

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE/ARCHITETTURA

Dipartimento di architettura

TESI DI LAUREA

in

ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE

L'impatto ambientale dei cantieri:

linee guida alla redazione del Piano di gestione ambientale

per il caso dell'ampliamento del plesso scolastico di Abbiategrasso (MI)

LAUREANDO
Francesco Roffi

RELATORE
Chiar.mo Dott. Ing. Marco Bragadin

CORRELATORI
Dott. Ing. Ugo Di Camillo
Dott. Ing. Marco Maglionico

Anno Accademico 2011/2012

Sessione III

Alla mia famiglia

SOMMARIO

| | |
|--------------------|---|
| INTRODUZIONE | 9 |
|--------------------|---|

PARTE PRIMA

Strumenti e processi di gestione ambientale nel settore delle costruzioni

| | |
|---|-----------|
| CAPITOLO 1..... | 13 |
| 1.1 – La questione della sostenibilità | 13 |
| 1.2 - I modelli di sostenibilità: valutazione di prodotto e sistemi di gestione ambientale..... | 16 |
| 1.3 – Valutazione ambientale dei prodotti: l’approccio LCA..... | 18 |
| 1.4 – La certificazione dei processi: il PDCA Cycle | 22 |
| 1.5 – Procedure di certificazione ambientale per le imprese: ISO14001 ed EMAS..... | 23 |
| 1.5.1 – Lo standard internazionale ISO14001..... | 26 |
| 1.5.2 – Il regolamento comunitario EMAS..... | 31 |
| CAPITOLO 2..... | 37 |
| 2.1 – La questione ambientale nel settore delle costruzioni..... | 37 |
| 2.2 - La sostenibilità come obiettivo di qualità e innovazione per le imprese | 38 |
| 2.3 - Gli strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici | 42 |
| 2.4 – Un esempio di <i>eco-tool</i> : il protocollo LEED..... | 46 |
| CAPITOLO 3..... | 49 |
| 3.1 – Premessa per uno strumento di valutazione della sostenibilità nei cantieri..... | 49 |
| 3.2 – Le questioni ambientali nei cantieri: la complessità nella gestione del processo | 52 |
| 3.3 – Valutazione delle macro-questioni ambientali nei cantieri..... | 56 |

CAPITOLO 4..... 63

4.1 – La normativa ambientale nel settore delle costruzioni 63

I. Rumore 64

II. Scarichi idrici..... 69

III. Emissioni in atmosfera 74

IV. Bonifica siti inquinati 77

V. Rifiuti..... 82

CAPITOLO 5..... 93

**5.1 – Uno strumento per l’analisi degli impatti sull’ambiente. La valutazione di impatto ambientale (VIA)
..... 93**

I. Scopi della VIA e aspetti principali delle procedure 94

II. La struttura della VIA..... 96

III. Fase di screening: verifica delle procedure 97

IV. Lo scoping e i contenuti dello Studio di Impatto Ambientale (SIA) 101

V. Dallo scoping alla VIA: un quadro sintetico sulle procedure 103

VI. Classificazione degli impatti ambientali e caratterizzazioni 106

VII. Liste di controllo per la valutazione delle azioni..... 111

PARTE SECONDA

Elaborazione del piano di gestione ambientale per il cantiere

CAPITOLO 6..... 121

6.1 – Premessa 121

6.2 – Il Piano di gestione ambientale 121

| | |
|--|------------|
| I. <i>La gestione dei processi secondo lo schema PDCA</i> | 121 |
| II. <i>Struttura del Piano di gestione ambientale</i> | 123 |
| 6.3 – Descrizione degli aspetti generali dell’organizzazione | 124 |
| 6.4 – Definizioni | 124 |
| 6.5 – Descrizione del progetto | 125 |
| CAPITOLO 7 | 129 |
| 7.1 – Analisi ambientale iniziale delle attività di cantiere | 129 |
| CAPITOLO 8 | 167 |
| 8.1 – Aspetti generali e obiettivi | 167 |
| 8.2 – SCHEDA 1 – Questioni locali: limitazione mobilità | 171 |
| I. <i>Impatti e mitigazione</i> | 174 |
| II. <i>Uso della navetta: calcolo del numero dei mezzi</i> | 178 |
| III. <i>Quantificazione dei mezzi durante le principali fasi lavorative</i> | 179 |
| - <i>Fase lavorativa: scavo di sbancamento e a sezione. Produzione dell’escavatore</i> | 179 |
| - <i>Fase lavorativa: getto di conglomerato cementizio in opera. Caratteristiche dei mezzi.</i> | 183 |
| - <i>Fase lavorativa: posa di solai prefabbricati tipo “predalles”. Quantificazione dei mezzi.</i> | 189 |
| 8.3 – SCHEDA 2 – Questioni locali: rumore | 191 |
| I. <i>Impatti e mitigazione</i> | 194 |
| II. <i>Procedura operativa per la scelta della mitigazione</i> | 194 |
| III. <i>Premessa</i> | 195 |
| IV. <i>Considerazioni sui risultati</i> | 208 |
| V. <i>Utilizzo di barriera fonoassorbente</i> | 209 |

| | |
|---|------------|
| VI. Ulteriori proposte di mitigazione | 210 |
| 8.4 – SCHEDA 3 – Questioni locali: polveri | 212 |
| I. Misure previste nelle aree di circolazione dei mezzi..... | 213 |
| II. Misure previste per il deposito e la movimentazione dei materiali..... | 215 |
| III. Misure previste per la riduzione delle polveri nelle lavorazioni | 216 |
| IV. Piano di gestione della qualità dell'aria indoor..... | 216 |
| 8.5 – SCHEDA 4 – Rifiuti..... | 219 |
| I. Misure ulteriori per il miglioramento della gestione dei rifiuti | 221 |
| II. Esempio di Waste Management Plan per il cantiere in oggetto di studio | 222 |
| III. Esempio di modulo di dichiarazione mensile dei rifiuti | 226 |
| IV. Analisi quantitativa ambientale dell'utilizzo di casseformi | 227 |
| 8.6 – SCHEDA 5 - Effetti su ecosistemi: corpi idrici, suolo, sottosuolo, vegetazione, fauna..... | 228 |
| I. Le linee fondamentali del Piano di controllo dell'erosione e della sedimentazione | 229 |
| II. Misure per la mitigazione degli impatti..... | 232 |
| III. Misure contro l'inquinamento dei corpi idrici | 232 |
| IV. Misure contro l'inquinamento del suolo e del sottosuolo..... | 235 |
| V. Misure per la protezione della vegetazione..... | 238 |
| VI. Misure per la salvaguardia della fauna..... | 238 |
| 8.7 – SCHEDA 6: scarichi idrici | 239 |
| I. Premessa | 239 |
| II. Scarichi dei reflui domestici nel cantiere..... | 242 |
| - Scarico dei reflui domestici in presenza di fognatura..... | 244 |
| - Scarico dei reflui domestici in assenza di fognatura | 244 |

| | |
|--|------------|
| <i>IV. Scarico delle acque di processo.....</i> | <i>246</i> |
| <i>- Sistema di trattamento delle acque derivanti dal lavaggio automezzi</i> | <i>247</i> |
| <i>- Scarico delle acque di dilavamento contaminate.....</i> | <i>249</i> |
| <i>- Trattamento acque meteoriche.....</i> | <i>250</i> |
| <i>- Impianto di trattamento</i> | <i>252</i> |
| <i>- Valori limiti di emissione per lo scarico in fognatura o in corpi superficiali.....</i> | <i>255</i> |
| CAPITOLO 9..... | 257 |
| 9.1 – Stima dei costi delle opere di mitigazione ambientale..... | 257 |
| CAPITOLO 10..... | 261 |
| 10.1 – Il controllo di conformità..... | 261 |
| <i>I. Le registrazioni ambientali</i> | <i>263</i> |
| <i>II. Lista di controllo delle conformità.....</i> | <i>266</i> |
| <i>III. Il responsabile al controllo ambientale</i> | <i>276</i> |
| <i>IV. La piattaforma Smart Safety</i> | <i>279</i> |
| <i>V. Sensori di monitoraggio ambientale</i> | <i>281</i> |
| CONCLUSIONI | 283 |
| RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI..... | II |

Introduzione

La sostenibilità nelle costruzioni è un tema di grande attualità, se si pensa che solo negli ultimi decenni si è cominciato a parlare di ecologia e di inquinamento prodotto dalle costruzioni e dai danni provocati nell'ambiente.

Oggi l'industria si è sensibilizzata molto rispetto al tema ambientale, e ha saputo innovarsi nella produzione di materiali e prodotti "ecologici"; i progettisti, d'altro canto, hanno puntato sulla ricerca di applicazioni ad alto risparmio energetico e ad alto contenuto di materiale "green". Nello stesso momento le istituzioni si sono introdotte nel mercato con richieste sempre più rigorose di progetti a basso consumo energetico, proponendo incentivi e detrazioni fiscali per le nuove costruzioni dotate di grandi prestazioni "ecologiche".

Nel tempo sono nati strumenti di certificazione energetica che misuravano la capacità prestazionale della costruzione rispetto alla questione del consumo di energia.

La stessa industria ha saputo innovarsi nella qualità del prodotto edilizio, e nella ricerca di materiali ecologici da introdurre nel mercato cosiddetto "green".

Il vero sviluppo di un pensiero sulla sostenibilità ha però riguardato principalmente il prodotto finito industriale o il manufatto edilizio. Infatti si parla di certificazione energetica dell'edificio e di certificazione di prodotto (etichettatura), che dà una misura dell'ecologia rispetto a vari parametri.

Si dà quindi un valore della sostenibilità al prodotto finito, ma si trascurano gli impatti sull'ambiente dell'intero processo, soprattutto nel settore delle costruzioni, che consuma più del 50% delle risorse mondiali di materie prime e produce enormi quantità di rifiuti.

Il settore industriale già da tempo si è invece innovato nella gestione ambientale dei processi produttivi.

I primi capitoli della tesi descrivono quindi l'evoluzione della questione della sostenibilità, approfondendo i criteri di certificazione di prodotto (attraverso modelli di tipo LCA) e di certificazione di processo, con le linee della ISO14001 e del Regolamento Emas, sui sistemi di gestione ambientale.

Ed è proprio sulla certificazione del processo che si fisserebbero gli obiettivi di tale tesi, ovvero della ricerca di strumenti per l'elaborazione di un modello di sostenibilità ambientale applicato alla fase di cantiere, cioè al processo di costruzione.

Nella ricerca si cerca di dare importanza agli impatti ambientali non trascurabili delle attività di costruzione, questione di grande importanza rispetto al tema della sostenibilità.

Nel mondo si sono sviluppati protocolli di certificazione ambientale che tengono conto anche degli impatti ambientali delle fasi di cantiere (ad esempio BREEAM, LEED), ma sono strumenti volontari e poco applicati in Italia. Inoltre sono costruiti per poter ottenere una certificazione finale, data dalla somma di crediti raggiunti in tanti settori (ad.es. risparmio energetico, consumo di materie prime ecc...). Tali protocolli propongono soluzioni migliorative, ma delle volte non esaustive, se si considerano i problemi generati da tutti gli impatti derivanti dalle attività di cantiere.

Prima della creazione di uno strumento di gestione ambientale applicato a un cantiere, si è ritenuto utile approfondire la normativa in materia ambientale che interessa le attività di costruzione, in particolare il Testo unico o D.lgs 152/2006 e s.m.i.

Tale capitolo permette di selezionare le prescrizioni e gli adempimenti necessari da rispettare, in particolare rispetto al rumore, all'inquinamento dell'aria, del suolo, delle acque, e riguardo al tema di gestione dei rifiuti. Molto spesso, infatti, ciò che viene richiesto da normativa, rappresenta già un'operazione da pianificare e verificare nel cantiere.

Inoltre, in un altro capitolo, si descrivono le procedure definite dalla VIA, che rappresenta uno strumento di valutazione ambientale, soprattutto nell'impostazione di analisi degli impatti e dei danni connessi.

Tali strumenti rappresentano la prima parte della tesi, che trovano un'elaborazione ulteriore con l'applicazione a un cantiere esistente situato ad Abbiategrasso (MI).

L'obiettivo è quello di creare un piano di gestione ambientale applicato al cantiere. In tale modello si riscontrerebbero le linee della ISO14001 attraverso un'analisi iniziale delle attività e degli impatti con la loro significatività (di tipo matriciale come nella VIA), seguita da una pianificazione delle misure di mitigazione degli impatti nel cantiere e per ultimo dal controllo finale l'indicazione degli strumenti di monitoraggio e delle responsabilità.

In tale ricerca, lo scopo è di proporre metodologie di analisi, di mitigazione, di controllo degli impatti inquinanti generati nella fase di cantiere, nell'ottica di un miglioramento continuo del processo costruttivo e nella sensibilizzazione delle imprese costruttrici verso la questione ambientale, con l'auspicio che quest'ultima possa essere vista come investimento in qualità e innovazione del costruire.

PARTE PRIMA

Strumenti e processi di gestione ambientale nel settore delle costruzioni

CAPITOLO 1

1.1 – La questione della sostenibilità

Il concetto di sviluppo sostenibile è stato per la prima volta enunciato nel 1987 da Gro Harlem Brundtland¹, durante i lavori della Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo (WCED) presso le Nazioni Unite. Il rapporto prende il nome di “*Our common future*” noto come “*rapporto Brundtland*”².

La definizione comune e condivisa globalmente sul concetto di sostenibilità è possibile esprimerla attraverso il principio secondo cui si dovrebbe lasciare a chi viene dopo di noi un ambiente almeno non peggiore di quello che abbiamo trovato. Si accetta quindi la teoria della conservazione delle risorse pur soddisfacendo i bisogni che in ogni caso dovranno essere assicurati alle generazioni future.

Il tema della sostenibilità ambientale nasce in un contesto assolutamente industrializzato e di mercati globalizzati, dove però lentamente si stanno facendo studi sul problema dell'inquinamento e si elaborano report mondiali sui danni causati dalle sostanze inquinanti negli ecosistemi.

Lo sviluppo di un pensiero ecologico, di una dottrina ambientale porta alla luce i problemi derivanti dall'attività dell'uomo nei confronti dell'ambiente e di conseguenza delle eventuali azioni da intraprendere, necessarie per il futuro del pianeta.

L'obiettivo del documento è di superare la visione del concetto di sostenibilità come ottimizzazione di una situazione statica, basandosi sulla definizione di limiti, per definire la sensibilità come processo, in un'ottica dinamica, in cui la gestione del cambiamento garantisca di non alterare ulteriormente l'ambiente.³

La nascita dell'ecologia (letteralmente “scienza della casa” dal greco Ökologie, da oikos=casa) già a fine '800 portò alla luce lo studio dell'economia naturale, intesa come la scienza degli esseri viventi e degli spazi abitati, più in generale del territorio naturale e antropizzato, dell'ambiente dell'uomo e delle relazioni con lo spazio naturale.

Un esempio del concetto in ambito architettonico è quello di biologia, nota come la “scienza della vita”, ovvero lo studio delle proprietà di tutti gli esseri viventi, degli habitat e delle rela-

¹ Gro Harlem Brundtland, 1939, esponente politica norvegese e inviata speciale dell'Onu.

² “*Il futuro di tutti noi - Rapporto della Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo*”, Bompiani, Milano 1988.

³ M.Lavagna, “*Life cycle Assessment in edilizia*”, Hoepli, Milano 2008, pag. 32.

zioni. Ciò viene trasportata nell'architettura biologica o "bio-architettura" come la ricerca delle cause degli impatti dovute alle trasformazioni dell'uomo e l'applicazioni di tecniche e materiali nel progetto di architettura che cercano di limitare l'inquinamento e migliorare la salute degli esseri viventi e dell'ambiente circostante.

Le applicazioni attuali sono rivolte principalmente agli aspetti ambientali delle costruzioni, come la riduzione degli agenti inquinanti e l'uso di materiali verdi e a basso impatto.

Il tema entro cui si sta dibattendo è che la ricerca di un percorso totalmente naturale nelle costruzioni sia totalmente paradossale, contrariamente a ciò che invece viene affermato dagli ecologisti più convinti. L'uomo ha da sempre sfruttato le risorse del pianeta e le ha trasformate con ingegno rispetto alle proprie esigenze, emettendo scarti e generando impatti negativi su suolo, acqua e atmosfera. Le attività di costruzione sono per definizione attività di trasformazione, certamente artificiali e non naturali. Il calcestruzzo ad esempio è la trasformazione di elementi naturali forniti per l'impiego dell'uomo, così come quasi la totalità delle risorse prelevate in natura. Il riuso dei materiali, che rappresenta uno dei fattori importanti nella diminuzione di risorse vergini, prevede comunque la loro trasformazione, meccanica e industriale, con emissioni inquinanti.

Pertanto la questione si riassume nella consapevolezza che i processi di trasformazione, come spiegato dalle leggi termodinamiche, generano una forma degradata di energia, inutilizzabile, il calore, che è lo scarto assorbito negli ecosistemi.

La irreversibilità delle trasformazioni, prevede in ogni caso dispendio di risorse e di energia (lavoro), causando output sul sistema ambientale (inquinamento), ovvero l'entropia del sistema è in continuo aumento.

I processi entropici quindi sono sempre alla base delle trasformazioni dell'uomo e l'applicazione di principi naturali nelle costruzioni e nei progetti di architettura sono solamente valutabili attraverso politiche di controllo e di diminuzione degli impatti generati, sempre presenti e mai azzerabili.

L'esplosione industriale unita alla crescente domanda di energia, per il soddisfacimento dei bisogni, ha aumentato i consumi e di conseguenza gli impatti sull'ambiente con inevitabili disastri sugli ecosistemi. Sempre più si sono avviate ricerche sui danni generati all'uomo dai gas serra e dal surriscaldamento globale, come lo scioglimento dei ghiacciai, la desertificazione, le alluvioni, l'acidità dei suoli, la saturazione dell'atmosfera di agenti chimici inquinanti con conseguenze irrimediabili sulla salute dell'uomo e degli esseri animali. I processi di disboscamento per la ricerca di terreno fertile, l'uso incontrollato di materie prime per l'approvvigionamento dei settori manifatturieri ed industriali, il modello consumistico della

società occidentale a scapito del resto del mondo, hanno accentuato vertiginosamente i rischi di un punto di non ritorno, in cui non ci sarà spazio per le generazioni future.

Il rapporto Brundtland, come scritto nei primi paragrafi, rappresenta l'inizio di un percorso necessario per una nuova cultura di risparmio, di controllo dei limiti, di azione efficace, attraverso il principio della sostenibilità ambientale. Ci si rende conto che il benessere generato dalla rivoluzione industriale può essere rivisto e ripensato in termini di miglioramento della qualità dell'ambiente, di controllo degli impatti generati, di valutazione delle problematiche ambientali negli interi processi produttivi. Come già ribadito, scopo della sostenibilità non è azzerare le trasformazioni, perché irreversibili, ma creare un modello culturale di sviluppo che possa essere assorbito più facilmente dall'ambiente.

Secondo il rapporto Brundtland la nascita della sostenibilità passa necessariamente dalla riduzione del carico di risorse estratte e smaltite, modificando i cicli di utilizzo e riuso dei materiali e delle materie prime, adottando politiche di valorizzazione delle risorse rinnovabili e di uso sostenibile di quello non rinnovabili. Non si accettano ulteriori pressioni sull'ambiente e sulle risorse. Ciò non significa la fine di ogni tipo di attività dell'uomo, di trasformazione, ma un percorso di cambiamento culturale, sociale ed economico. Il processo viene globalmente accettato dai paesi industrializzati, convinti di potersi innovare grazie a nuove tecnologie in grado di coniugare produzioni maggiori e impatti ambientali minori, ma ignorato dai paesi "sottosviluppati", i quali difficilmente attuano politiche ambientali per povertà economica e culturale.

Il rapporto ha sottolineato tre approcci fondamentali nel concetto di sviluppo sostenibile: l'economia, l'ambiente naturale, le esigenze sociali. Ogni attività di trasformazione tipica dell'uomo deve essere progettata per garantire il consumo razionale delle risorse, la diminuzione degli impatti sull'ambiente e il benessere delle persone.

Il tema dell'uso razionale ed efficiente delle risorse ha evidenti spiegazioni sull'economie dei mercati. La scarsità delle materie prime, il conseguente aumento dei costi di produzione, la rincorsa allo sfruttamento di ogni risorsa, hanno inevitabilmente reso i mercati globali dei grandi paesi produttori e venditori gli unici proprietari dei beni scarsi che determinano le regole. Le politiche ambientali nascono anche per controllare queste dinamiche appena citate.

Il tema della sostenibilità deve pertanto creare un modello di economia non più caratterizzato dallo sfruttamento dei beni materiali, ma dalla consapevolezza che la ricerca di nuovi valori ambientali nella produzione siano fattori importanti di competitività e di business.

Le politiche intraprese nei paesi devono tenere conto degli effetti che possono ripercuotersi nei paesi vicini e ogni tipo di scelta in materia ambientale deve essere controllata in modo

globale. Il problema della valutazione della sostenibilità a livello di legislazione è anche la caratterizzazione culturale ed economica di ogni paese. Considerare prioritario il riciclaggio dei rifiuti in un territorio o addirittura in un comune potrebbe non essere fondamentale nelle scelte dei comuni limitrofi e il modello ecosostenibile può dare dei risultati non attesi. Le politiche partecipate che responsabilizza gli stati sembrano essere le strade più semplici, mai immediate, per la nascita di veri modelli sostenibili.

1.2 - I modelli di sostenibilità: valutazione di prodotto e sistemi di gestione ambientale

Nel Giugno del 1992 diversi capi di stato si ritrovano all'Earth Summit di Rio de Janeiro, organizzato dall'UNCED, sulla base del lavoro della Commissione Brundtland, per siglare accordi e convenzioni su questioni critiche e per tracciare un piano di lavoro sull'ambiente e lo sviluppo.⁴

Il primo protocollo d'intesa sulla limitazione dei gas serra nel pianeta, adottato a livello internazionale, un vero strumento attuativo, è quello di Kyoto del dicembre 1997.

I paesi industrializzati, responsabili di oltre il 70% delle emissioni, si impegnano a ridurre complessivamente del 5,2% le emissioni dei gas serra entro un periodo compreso tra il 2008 e il 2012.⁵ Numerosi sono stati i successivi protocolli, si ricorda il Protocollo di Göteborg del 1999 sulla riduzione degli inquinanti.

La Comunità Europea da sempre è protagonista delle politiche sull'ambiente e costruisce linee strategiche sul tema della sostenibilità. Lo sviluppo sostenibile⁶ è anche fra i Principi elencati all'articolo 2 del Trattato che istituisce la Comunità Europea (Maastricht). Si individuano 4 obiettivi specifici: la salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, la protezione della salute umana, l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali, la promozione sul piano internazionale di misure destinate a risolvere i problemi dell'ambiente a livello regionale o mondiale. Successivamente si parla anche dei principi sintetizzabili nella precauzione e nella prevenzione, nella correzione delle misure di controllo e dei limiti, nella responsabilità degli attori che inquinano.

⁴ P.Lafratta, "Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile", Franco Angeli Editore, 2004, pag. 57.

⁵ M.Lavagna, "Life cycle Assessment in edilizia", Hoepli, Milano 2008, pag. 43.

⁶ F.La Camera, "Sviluppo sostenibile, origini, teoria e pratica", Editori riuniti, 2003, pag. 134.

La consapevolezza dell'inquinamento o più in generale della produzione di impatti negativi per l'ambiente e le pene previste per le trasgressioni ha permesso al mondo produttivo di puntare sulla leva dell'innovazione e sulla qualità dei processi per garantirsi sostenibili.

Rispetto a meccanismi di imposizione dei primi anni Novanta, ora sono frequenti gli atti volontari di chi intraprende strategie per il controllo della produzione eco-sostenibile. E' perciò evidente come la sensibilizzazione riguardo le tematiche ambientali abbia responsabilizzato tutti gli operatori. Nel corso degli anni la tipicità del processo, caratterizzata da interventi "end of pipe"⁷, si è trasformata tramite meccanismi volontari pro-attivi degli stessi operatori. La distinzione tra economicità del processo, quindi crescita in termini di produzione, e criteri ambientali di processo, inizia a perdersi e la stessa volontarietà degli intenti, l'attuazione di procedure nuove per il controllo dell'inquinamento e per la riduzione di materia prima, diventa un elemento significativo di qualità e di innovazione per le imprese e gli operatori dell'industria.

Da modelli di tipo *command and control* si passa a modelli volontari, cioè percorsi attivi decisi all'interno delle imprese che spendono la questione ambientale in innovazione dei processi produttivi.

Il fattore economico che muove le imprese è la garanzia che attuare politiche ambientali rappresenta un elemento valorizzante e di qualità, da inserire tra i meccanismi di mercato. La potenzialità per gli operatori è il miglioramento continuo e volontario e l'interesse per la sostenibilità diventa certificazione dei processi, efficienza dei cicli produttivi. La possibilità di limitare i costi energetici e i costi relativi all'estrazione delle materie prime, alla loro trasformazione, e la necessità di abbattere i rifiuti prodotti, gli scarti di lavorazione, le emissioni in atmosfera, rappresentano meccanismi di qualità e di gestione efficiente dei bilanci economici ed ambientali.

I nuovi modelli di produzione, l'attuazione di politiche ambientali volontarie delle imprese, la certificazione del sistema produttivo, insieme alla ricerca di nuovi materiali eco-sostenibili, il riciclaggio dei rifiuti, la diminuzione degli impatti sull'ambiente, trasformano il mercato che si orienta sempre di più verso approcci di tipo LCA⁸, che tengono conto del ciclo di vita dei processi di produzione e dei prodotti. Più in generale si può parlare di *Life Cycle Design*, politiche improntate all'efficienza dei cicli produttivi a basso impatto ambientale.

⁷ Trad. "alla fine del tubo": processo produttivo che consiste nell'applicazione di procedure di correzione dell'inquinamento solo alla fine del processo stesso.

⁸ "Life Cycle Assessment", valutazione del ciclo di vita

Le richieste del mercato verso prodotti “green” ha spinto le imprese a sviluppare certificazioni ed etichettature, secondo protocolli internazionali, quali garanzia di qualità, associati a sistemi di gestione ambientali (SGA), strategici per l’elaborazione di nuove politiche ambientali.

1.3 – Valutazione ambientale dei prodotti: l’approccio LCA

La valutazione della sostenibilità ambientale dei prodotti è uno dei fattori caratteristici nella determinazione dei carichi ambientali, dell’inquinamento e dell’uso di materie prime necessarie. In ogni caso risulta tuttavia complesso stabilire i requisiti entro cui si può definire un materiale completamente ecologico.

Come già scritto precedentemente, l’attività di trasformazione industriale della materia prima prevede scarti di lavorazione e emissioni di agenti inquinanti nell’ambiente. Stessa cosa si può affermare per i materiali riciclati che devono in ogni modo essere introdotti nei cicli industriali per la trasformazione e il riuso efficace nel mercato. Il vero problema dunque non è nella definizione di materiale ecologico o non ecologico, ma nella classificazione di requisiti capaci di unire aspetti prestazionali ad aspetti di riduzione del carico ambientale.

Generalmente si trovano prodotti che hanno criteri capaci di riassumere degli indicatori ecologici, ma che del tutto ecologici non lo sono. I materiali per l’edilizia ad esempio sono utilizzati in forme complesse dato che si tratta quasi sempre di materiali assemblati (come i pannelli isolanti), nei quali si possono trovare contenuti in percentuale di riciclato, ma che subiscono sempre dei processi dispendiosi dal punto di vista energetico. Parlare in termini assoluti di eco-prodotti o di prodotti naturali dovrebbe essere circoscritto alle sole materie prime che si trovano in natura e che non hanno subito processi di trasformazione. Molte volte si considerano alcuni aspetti ecologici dei prodotti, mentre si trascurano i processi industriali di trasformazione, per poter applicare etichette “green” senza valutare la reale prestazione ambientale del prodotto in ogni fase, dall’estrazione alla fine vita.

Di seguito sono riportati alcuni requisiti di valutazione ambientale per i prodotti ecologici⁹:

- Materiali biologici: prodotti di origine naturale vegetale e animale e non minerale;

⁹ Da M.Lavagna, “*Life cycle Assessment in edilizia*”, Hoepli, Milano 2008, pag. 104.

- Materiali naturali: prodotti di origine naturale (animale, vegetale, minerale) e non di sintesi chimica;
- Materiali rinnovabili: prodotti di origine naturale vegetale e animale;
- Materiali che non emettano/contengano sostanze tossiche;
- Materiali biodegradabili: prodotti che a fine vita possono essere avviati al compostaggio;
- Materiali riciclabili: prodotti che a fine vita possono essere avviati al riciclaggio;
- Materiali recuperati e riusati: prodotti che provengono dalla demolizione di un altro edificio e vengano riutilizzati senza lavorazioni intermedie;
- Materiali locali/regionali;
- Materiali a bassa energia incorporata: prodotti che abbiano richiesto un ridotto consumo di energia in fase di pre-produzione e produzione;
- Prodotti in legno certificato: prodotti in legno proveniente da foreste certificate a prelievo controllato.

La creazione di una valutazione complessiva che tiene conto dei parametri di input , delle variabili del processo di trasformazione, dell'uso, dei parametri di output (su suolo, atmosfera, acqua), il carico energetico necessario per il riciclaggio e il riutilizzo, è l'approccio LCA, capace di evidenziare le criticità ambientali dal punto di vista prestazionale.

Pertanto l'applicazione di metodi di ciclo di vita dei prodotti e dei processi può portare certamente innovazione in termini industriali poiché si valutano le prestazioni coerentemente con la riduzione degli impatti generati.

L'economicità del processo LCA è garantita solo se si spaccettano tutte le fasi di vita del prodotto e si valutano attraverso degli indicatori ambientali sintetici i consumi e gli impatti generati nel sistema, procedendo sempre per analisi di controllo e revisione sulle prestazioni attese.

Il metodo LCA è estremamente flessibile, poiché si sviluppa sulla base dei criteri stabiliti inizialmente, dei requisiti richiesti, della specificità del prodotto o del processo che si sta valutando (può essere applicato all'intero edificio). Il vero ostacolo è la consapevolezza condivisa dei parametri di valutazione ambientale, dato che non esiste ancora una conoscenza approfondita e accessibile delle regole di valutazione per poter ottenere la certificazione dei prodotti.

Il tema della qualità ambientale dovrebbe oggi evolversi¹⁰: il nuovo obiettivo della produzione non dovrebbe essere solamente il miglioramento prestazionale dei propri prodotti, ma anche la riduzione degli impatti ambientali a parità di prestazione. Il nuovo obiettivo della produzione dovrebbe essere l'eco-efficienza, ossia l'incremento dell'efficienza di sistemi costruttivi, materiali e prodotti edilizi e dell'edificio nel suo complesso, in modo da ottenere un elevato grado di qualità, con una riduzione dei consumi e dell'inquinamento dell'ambiente. In quest'ottica devono essere letti anche gli attuali sforzi di tipo normativo: la direttiva 106/89/CEE sui materiali da costruzione, i sistemi di etichettatura ecologica, l'Environmental Management introdotto dalle ISO 14000 delineano uno scenario in cui i requisiti ambientali diventeranno tema chiave per le aziende, anche in termini di concorrenzialità.

Il metodo LCA tuttavia rimane carente per quanto riguarda i criteri di valutazione, che sono spesso specifici per ogni tipo di processo produttivo, di materiale, di fase costruttiva e deve essere in continua implementazione da parte degli operatori responsabili. L'approccio comunemente accettato è in ogni caso quello di input-output che definisce la strategia dei fattori negativi/positivi e determina i flussi di ingresso e uscita dal sistema in esame, compreso quello delle costruzioni e della produzione edilizia.

L'orientamento proposto dalla metodologia LCA è quello di poter creare una cultura del processo e/o del prodotto che tenga conto dell'equilibrio dei flussi di input/output nell'intero ciclo di vita, valutando gli impatti sull'ambiente in tutte le fasi. Applicato nell'edilizia potrebbe fornire informazioni riguardo l'estrazione dei materiali, il trasporto, la lavorazione, l'uso in vita, la possibilità di riciclaggio e la quantità di rifiuto prodotto non smaltibile. Una valutazione dei costi che si basa sul ciclo di vita è assai utile per poter dare indicazioni di progetto ai tecnici e alle imprese di costruzione.

Quindi il metodo LCA è l'analisi completa di ogni fase di processo durante tutto il suo ciclo di vita, tramite la valutazione del peso ambientale (carico) e le emissioni (output), compresa l'energia consumata per la trasformazione, e l'eventuale riciclaggio. Si usano spesso le diciture *from cradle to grave* nel caso di rifiuti non recuperabili, e di *from cradle to cradle*, cioè *dalla culla alla culla* per i prodotti che possono essere riutilizzati.

L'analisi LCA è comunque volontaria e solo adeguando le politiche ambientali all'interno dell'impresa e responsabilizzando gli operatori è possibile intraprendere valutazioni sul ciclo di vita. I passaggi necessari sono la definizione degli obiettivi, dei requisiti richiesti, i parame-

¹⁰ M.Lavagna, "Life cycle Assessment in edilizia", Hoepli, Milano 2008, pagg. 107-108.

tri necessari da utilizzare, le norme di riferimento e le prestazioni volute, prima di poter studiare un modello opportuno. I passi successivi sono la raccolta dei dati utili in ogni tipo di processo, selezionando solo ciò che è indispensabile nella valutazione; per ogni processo si generano tabelle di input ed output, quali risorse utilizzate, emissioni in atmosfera, suolo ed acqua; da un check delle attività si confrontano i dati con i requisiti di prescrizione richiesti dalla politica aziendale o dalle norme esistenti. Il controllo finale del sistema garantisce la correzione di fattori critici nell'analisi e possibili strategie di miglioramento.

L'acquisizione dei dati è certamente la fase più complessa della procedura LCA; questi vengono raccolti in diagrammi di flusso contenenti input, output e la descrizione dei processi.

Il *process flowchart*¹¹ è essenziale per la raccolta dei dati di inventari, ossia dei flussi in ingresso e in uscita di ciascun processo. Il passo successivo consiste nell'analisi dei processi e nell'identificazione e quantificazione dei flussi espressi in termini di consumi di risorse e di energia e di emissioni nell'ambiente e nella costruzione di un bilancio (inventario) di input e output in relazione a tutti i processi delle diverse fasi del ciclo di vita.

Il reperimento delle informazioni rappresenta una fase molto importante e al tempo stesso condizionata da variabili quali: il contesto geografico in cui vengono raccolti, i differenti processi produttivi, i criteri di valutazione degli impatti, i consumi di materie prime e di energia. Queste criticità influenzano conseguentemente la volontà delle imprese di servirsi di analisi LCA a causa della variabilità delle condizioni di partenza e dell'incertezza riguardo a certificazioni uniformemente accettate.

Le analisi LCA sono fondamentali per raggiungere certificazioni ambientali di prodotto (EPD¹²), documenti tecnici che nascono in seguito alla volontà di chi produce, per mezzo di un processo di verifica dei contenuti da parte di un ente certificante.

Le certificazioni di prodotto svolgono un ruolo primario nelle relazioni tra produttori poiché stabiliscono criteri comuni di valutazione ambientale in un contesto nel quale la tracciabilità dei singoli prodotti diventa difficoltosa e la garanzia di trasparenza e qualità delle etichettature risulta di fondamentale importanza. In ambito edilizio l'utilizzo della valutazione LCA per ottenere certificazioni EPD consiste nell'assemblare i risultati di ogni materiale, componenti e relative lavorazioni di tutta la filiera produttiva. La struttura di un EPD secondo la norma ISO 21930:2007 prevede l'acquisizione dei dati nelle diverse fasi di vita: fornitura del materiale,

¹¹ *Process flowchart* – diagramma di flusso contenenti descrizioni qualitative e quantitative delle unità di processo attraverso una rappresentazione grafica con rettangoli e frecce orientate che rappresentano i flussi.

M.Lavagna, “*Life cycle Assessment in edilizia*”, Hoepli, Milano 2008, pag. 131.

¹² Environmental Product Declaration

trasporto in stabilimento e processo di trasformazione, trasporto in cantiere, assemblaggio in loco, manutenzione, e infine dismissione con smaltimento e/o riciclaggio.

Il metodo LCA rappresenta certamente un modello virtuoso in quanto permette l'analisi dei fattori ambientali nelle varie fasi della filiera produttiva instaurando meccanismi di competitività ed innovazione nel mercato. Sono necessarie tuttavia politiche di incentivazione dalla pubblica amministrazione per gli operatori che adottano questa metodologia per poter sostenere i costi aggiuntivi derivanti.

Le criticità non ancora risolte riguardano la mancanza di una cultura condivisa relativa ai dati ambientali da analizzare per il conseguimento delle certificazioni di prodotto (EPD), l'assenza di regole accettate unanimemente, la necessità di collaborazione tra gli operatori e la consapevolezza della stessa idea di ecologia nei materiali e nei processi.

L'utilità vera e propria di una valutazione a ciclo di vita dei prodotti risiede nella sua struttura, ovvero considerare ogni singola fase del processo produttivo e i flussi di input e di output dal sistema. È possibile applicare questa metodologia all'interno di qualsiasi sistema, compreso quello edilizio, nel quale si dovranno valutare tutti i parametri utili per la determinazione degli impatti ambientali e integrare questa con valutazioni di processo.

1.4 – La certificazione dei processi: il PDCA Cycle

Nella valutazione della sostenibilità, oltre agli strumenti di certificazione dei prodotti e al loro ciclo di vita, importante ruolo rivestono i modelli gestionali dei processi produttivi. Rispetto al tema ambientale, nascono in ambito internazionale dei metodi di valutazione che tengono conto di ogni singola fase del processo produttivo, e tengono conto del concetto di qualità e di responsabilizzazione degli operatori, per la determinazione di un protocollo di sostenibilità.

Un primo approccio del concetto di qualità del processo lo si deve alla teoria di Deming¹³ e al suo ciclo che consiste nella successione delle fasi di pianificazione, attuazione, verifica, miglioramento, ovvero il PDCA Cycle¹⁴.

¹³ W. Edward Deming, 1908, americano, matematico e fisico. E' il primo a introdurre il concetto di qualità dei processi. E' sua la celebre frase "il cliente è la parte più importante di una linea di produzione". Lo schema di Deming è associato a tutte le norme internazionali di certificazione, quali ISO14001 e EMAS.

¹⁴ PDCA: Plan-Do-Check-Act Cycle

Il ciclo è così sintetizzato:¹⁵

- Plan: è il momento della pianificazione, e sintetizza il concetto di pensare e pianificare accuratamente prima di agire;
- Do: dopo aver ben pianificato, agisci, opera, realizza il tuo prodotto/servizio, fai funzionare il tuo impianto;
- Check: controlla il risultato del tuo operato e- se ci sono scostamenti rispetto a quanto pianificato-opera le necessarie correzioni;
- Act: alla luce dell'esperienza e dei dati acquisiti durante l'intera attività (pianificazione, produzione, controllo) opera gli opportuni e necessari miglioramenti del processo, consolidando le *best practices* acquisite in modo da poter iniziare un nuovo ciclo con specifiche più elevate. Nelle norme certificabili è il momento del *Riesame della Direzione*.

Uno dei contributi innovativi di Deming fu proprio quello di concepire questo processo come una specie di moto perpetuo, che mira incessantemente al miglioramento del processo e di conseguenza del prodotto (servizio) di un'organizzazione.

E' questa un'intuizione e una fondamentale novità nel panorama della cultura manageriale mondiale, che ha trovato piena attuazione nella normativa ISO14001.

Il tema innovativo di questa metodologia consiste nella schematizzazione in fasi semplici di un modello complesso, applicabile ad ogni tipo di sistema, purché se ne condividano gli obiettivi e le procedure, per il raggiungimento della certificazione.

1.5 – Procedure di certificazione ambientale per le imprese: ISO14001 ed EMAS

Il concetto di qualità del processo rappresenta lo strumento vero di innovazione, nel quale s'incardina la gestione e il controllo da parte di tutti gli operatori, a partire dalla direzione.

La qualità¹⁶ rappresenta oggi un fattore chiave per l'efficienza e la competitività del sistema economico e il benessere della società. L'elemento focale della cultura e della prassi della qualità è dato dalla soddisfazione del mix di esigenze, di tipo morale e materiale, sociale ed economico, proprie di tutte le parti aventi titolo in suddetti processi quali: clienti ed uten-

¹⁵ P.Lafratta, "Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile", Franco Angeli Editore, 2004, pag 25

¹⁶ P.Lafratta, "Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile", Franco Angeli Editore, 2004, pagg. 44-45

ti/consumatori, lavoratori, azionisti, fornitori, nonché la collettività in genere presente e futura (i cosiddetti *stakeholders*).

La qualità così definita deve essere costruita (come qualità progettata/attesa), garantita e mantenuta nel tempo (come qualità erogata/percepita), tramite adeguati processi di costruzione e assicurazione della qualità.

La realizzazione della qualità è un obiettivo strategico. La qualità deve essere assicurata al mercato (inteso, nella sua accezione più ampia come l'intero contesto socioeconomico a cui è destinata) mediante dimostrazione delle conformità ai requisiti applicabili (esigenze da soddisfare, obiettivi della qualità). Le motivazioni dell'assicurazione della qualità non sono solo di natura esterna all'organizzazione interessata (obblighi giuridici, esigenze contrattuali, promozione dell'immagine, conquista della fiducia del mercato, ecc...), ma anche e soprattutto di carattere interno (verifica oggettiva del modo di operare, identificazione e rimozione di anomalie e scostamenti rispetto agli obiettivi prefissati e stimolo al miglioramento).

Le certificazioni di sistema mirano a dare confidenza che il processo aziendale preso in considerazione sia articolato e svolto in conformità alla norma di riferimento.

La certificazione di un sistema di gestione per la qualità rappresenta una garanzia per il cliente/utente, in ordine a determinate capacità operative del produttore/fornitore, ed un fattore di miglioramento per il produttore stesso.

La certificazione di un sistema di gestione ambientale garantisce il rispetto dell'ambiente e come tale tutela non solo la collettività attuale ma anche le generazioni future.

Obiettivo importante per l'impresa è la creazione di una politica ambientale capace di racchiudere in sé l'intera struttura gestionale, quindi procedure, mezzi, interessi interni ed esterni, al fine di ottenere un sistema di qualità certificato secondo le norme internazionali. La cultura ambientale è il requisito fondamentale per poter intraprendere il percorso di valutazione dei processi e l'aggiornamento dell'intero sistema. I fattori ambientali diventano perciò parte importante al sistema organizzativo e rappresentano delle occasioni importanti di innovazione e marketing, e non solo dei costi aggiuntivi.

Le metodologie più importanti per la valutazione dei sistemi di gestione ambientale (SGA) sono lo standard internazionale ISO 14001 e la norma europea EMAS. Un sistema di gestione ambientale (definita dalla ISO 14001) è la parte del sistema di gestione di un'organizzazione utilizzata per sviluppare ed attuare la propria politica ambientale, ovvero le intenzioni e le direttive complessive relative alla propria prestazione ambientale decise negli obiettivi e nei traguardi ambientali. Un SGA comprende la struttura organizzativa, le attività di pianificazione, le responsabilità, le prassi, le procedure, i processi e le risorse.

In concomitanza¹⁷ con la preparazione della Conferenza di Rio, nel 1991, l'ISO (*International Organization for Standardization*) ha formato il SAGE (*Strategic Advisory Group on the Environment*), un gruppo di studio cui è stato attribuito l'incarico di valutare la possibilità di elaborare norme tecniche per lo sviluppo di sistemi di gestione ambientale, la misurazione ed il miglioramento delle prestazioni ambientali, l'agevolazione degli scambi e la rimozione delle barriere al commercio. A seguito del lavoro del SAGE, nel 1993 l'ISO ha creato il *Technical Committee 207 Environmental Management*, cui è stato affidato il compito di curare la creazione e lo sviluppo della famiglia delle norme ISO 14000 volte a specificare i requisiti di un sistema di gestione ambientale (EMS¹⁸ o SGA).

La standardizzazione della norma e l'uso internazionale permette lo sviluppo di un sistema di gestione ambientale adatto ad ogni tipo di sistema, ad organizzazioni di ogni genere e dimensione, non definisce quindi delle condizioni assolute, ma un riferimento univoco per il raggiungimento della certificazione.

Il modello concettuale utilizzato dalla ISO 14001 è quello di Deming, ovvero il PDCA, *Plan-Do-Check-Act*.

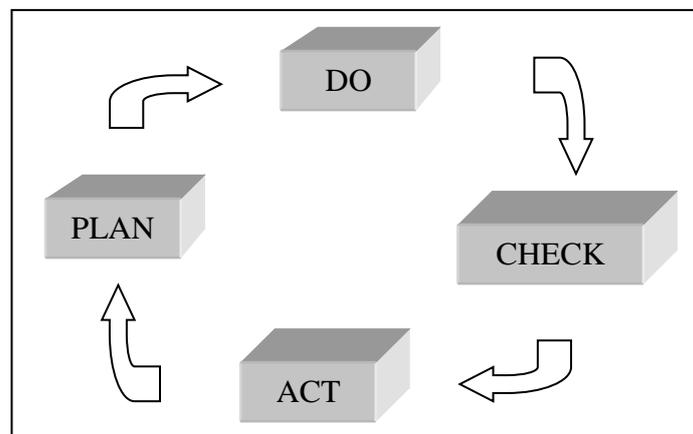


fig. 1: ciclo di Deming

¹⁷ P.Lafratta, “*Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile*”, Franco Angeli Editore, 2004, pag. 111

¹⁸ EMS: *Environmental Management System*

1.5.1 – Lo standard internazionale ISO14001

Di seguito si descrivono i punti principali della ISO 14001:2004, ovvero l'ultimo testo aggiornato disponibile.¹⁹

I. Scopo e campo di applicazione

La presente norma internazionale specifica i requisiti di un sistema di gestione ambientale per consentire ad un'organizzazione di sviluppare ed attuare una politica e degli obiettivi che tengano conto delle prescrizioni legali e delle altre prescrizioni che l'organizzazione stessa sottoscrive e delle informazioni riguardanti gli aspetti ambientali significativi.

[...] La presente norma è applicabile a ogni organizzazione che desideri:

- a) stabilire, attuare, e mantenere attivo e migliorare un sistema di gestione ambientale;
- b) assicurarsi di essere conforme alla propria politica ambientale stabilita;
- c) dimostrare la conformità alla presente norma internazionale:
 - 1) con auto-valutazione o una auto-dichiarazione, oppure
 - 2) richiedendo la conferma della propria conformità ad altri soggetti [...] oppure
 - 3) richiedendo ad una parte esterna rispetto all'organizzazione la conferma della propria auto dichiarazione, oppure
 - 4) richiedendo la certificazione/registrazione del proprio sistema di gestione ambientale presso un organismo esterno.

[...]

II. Politica ambientale

L'alta direzione deve definire la politica ambientale dell'organizzazione e assicurare che, all'interno del campo di applicazione definito per il proprio sistema di gestione ambientale, essa:

- a) sia appropriata alla natura, alla dimensione e agli impatti ambientali delle proprie attività, prodotti e servizi;
- b) includa un impegno al miglioramento continuo e alla prevenzione dell'inquinamento;

¹⁹ Testo di riferimento tratto dalla UNI EN ISO 14001:2004, *Sistemi di gestione ambientale. Requisiti e guida per l'uso*, versione Dicembre 2004. Alcune parti sono omesse con il seguente simbolo [...].

- c) includa un impegno al rispetto delle prescrizioni legali applicabili e delle altre prescrizioni che l'organizzazione sottoscrive, che riguardano i propri aspetti ambientali;
- d) fornisca il quadro di riferimento per stabilire e riesaminare gli obiettivi e i traguardi ambientali;
- e) sia documentata, attuata e mantenuta attiva;
- f) sia comunicata a tutte le persone che lavorano per l'organizzazione o per conto di essa;
- g) sia disponibile al pubblico.

III. Pianificazione

Aspetti ambientali

L'organizzazione deve stabilire, attuare e mantenere attive una o più procedure per identificare gli aspetti ambientali delle proprie attività, prodotti e servizi che [...] può tenere sotto controllo e quelli sui quali può esercitare un'influenza, tenendo conto degli sviluppi nuovi o pianificati, o di attività, prodotti e servizi nuovi o modificati; determinare quegli aspetti che hanno o possono avere impatto/i significativi/i sull'ambiente.

[...]

Prescrizioni legali e altre prescrizioni

L'organizzazione deve stabilire, attuare e mantenere attive una o più procedure per identificare e di accedere alle prescrizioni legali che [...] riguardano il proprio sistema di gestione ambientale.

Obiettivi, traguardi e programma/i

L'organizzazione deve, per ogni funzione e livello pertinente, stabilire, attuare e mantenere attivi obiettivi e traguardi ambientali documentati. Gli obiettivi e i traguardi devono essere misurabili, ove possibile, e devono essere coerenti con la politica ambientale, compresi gli impegni per la prevenzione dell'inquinamento [...].

IV. Attuazione e funzionamento

Risorse, ruoli, responsabilità e autorità

La direzione deve assicurare la disponibilità delle risorse ambientali indispensabili per stabilire, attuare, mantenere attivo e migliorare il sistema di gestione ambientale. [...] Al fine di age-

volare una gestione ambientale efficace, ruoli, responsabilità e autorità devono essere definiti, documentati e comunicati [...].

Competenza, formazione e consapevolezza

[...] L'organizzazione deve provvedere alla formazione e stabilire, attuare e mantenere attive una o più procedure affinché le persone che lavorano per l'organizzazione, o per conto di essa, siano consapevoli del sistema di gestione ambientale, degli aspetti ambientali significativi e dei relativi impatti, dei propri ruoli e responsabilità [...].

Comunicazione

L'organizzazione deve assicurare la comunicazione interna ed esterna [...].

Documentazione

La documentazione del sistema di gestione ambientale deve comprendere la politica ambientale, i campi di applicazione, la descrizione dei principali elementi, i documenti richiesti e necessari per assicurare una pianificazione, un funzionamento ed un controllo efficaci dei processi relativi ai propri aspetti ambientali significativi [...].

Controllo dei documenti

L'organizzazione deve identificare e pianificare le operazioni per tenere sotto controllo le procedure concernenti gli aspetti ambientali dei beni e servizi utilizzati dall'organizzazione e comunicando ai fornitori, compreso gli appaltatori, le procedure e i requisiti ad essi applicabili [...].

Controllo operativo

L'organizzazione deve identificare e pianificare le operazioni per tenere sotto controllo situazioni difformi alle procedure rispetto alla politica ambientale, a gli obiettivi e ai traguardi [...].

Preparazione e risposta alle emergenze

L'organizzazione deve stabilire, attuare e mantenere attive una o più procedure per individuare le potenziali situazioni di emergenza e i potenziali incidenti che possono avere un impatto sull'ambiente e le modalità di risposta ad essi. [...]

V. Verifica

Sorveglianza e misurazione

L'organizzazione deve stabilire, attuare e mantenere attive una o più procedure per sorvegliare e misurare, regolarmente, le principali caratteristiche delle proprie operazioni che possono avere un impatto significativo. [...]

Valutazione del rispetto delle prescrizioni

Coerentemente con il proprio impegno al rispetto delle prescrizioni, l'organizzazione deve stabilire, attuare e mantenere attive una o più procedure per la valutazione periodica del rispetto delle prescrizioni legali applicabili. [...]

Non conformità, azioni correttive e azioni preventive

L'organizzazione deve stabilire, attuare e mantenere attive una o più procedure per trattare le non conformità reali o potenziali e per intraprendere azioni correttive e azioni preventive. [...]

Controllo delle registrazioni

L'organizzazione deve stabilire, attuare e mantenere attive una o più procedure per l'identificazione, l'archiviazione, la protezione, la reperibilità, la conservazione e l'eliminazione delle registrazioni. [...]

Riesame della direzione

L'alta direzione deve riesaminare il sistema di gestione ambientale dell'organizzazione, ad intervalli pianificati, per assicurare che esso continui ad essere idoneo, adeguato ed efficace. I riesami devono comprendere la valutazione delle opportunità di miglioramento e la necessità di apportare modifiche al sistema di gestione ambientale, compresi politica, obiettivi e traguardi ambientali. [...]

La norma è pertanto strutturata in modo da condurre l'organizzazione, in particolare la direzione, nel processo preliminare di analisi delle politiche ambientali, ovvero la dichiarazione d'intenti, e successivamente di gestione dell'intero sistema, identificando i possibili fattori impattanti e il controllo delle azioni intraprese per il raggiungimento dei requisiti prefissati e il traguardo ambientale.

Gli strumenti indicati per il raggiungimento della certificazione sono, come già scritto, quelli di *Plan-Do-Check-Act*, che sono alla base dei processi gestionali.

Risultano necessarie tutte le operazioni iniziali di pianificazione ambientale come l'analisi dei fattori ambientali significativi in tutte le fasi del processo e che coinvolgono gli operatori interni ed esterni (ad es. i subappaltatori) e tutti i fornitori. L'organizzazione dovrebbe tenere conto di tutte le attività che rientrano nella valutazione del sistema di gestione ambientale, comprese nel campo di applicazione. La sua area di applicazione²⁰ dovrebbe essere chiaramente identificabile e dovrebbe riflettere unicamente la natura, le dimensioni e gli impatti ambientali delle attività, dei prodotti e dei servizi che rientrano nel campo di applicazione definito del sistema di gestione ambientale.

L'intera valutazione degli impatti ambientali è possibile sostenerla grazie ad analisi di tipo LCA, ovvero tenendo conto dei flussi di ingresso e di uscita nel sistema, rispetto ad ogni attività presente e in ogni fase del processo. Tra l'altro viene recepita dalla stessa normativa in questione.²¹

L'analisi del ciclo di vita si può rappresentare utilizzando dei modelli grafici tipo *flowchart*, nei quali si indicano da una parte le risorse materiali e i mezzi utilizzati e dall'altra gli output critici degli impatti ambientali generati. La LCA²² si presenta quindi come una tecnica quantitativa che permette di determinare i fattori di ingresso e di uscita del ciclo di vita di ogni prodotto valutandone i conseguenti impatti ambientali: in tal modo si possono individuare le fasi e i momenti in cui si verificano gli impatti ambientali, gli attori che devono prenderli in carico e le informazioni necessarie per i migliori interventi di mitigazione e miglioramento.

Il concetto del *Life Cycle Design*, come già ribadito, non riguarda solo i prodotti, ma l'intero processo ed è applicabile a servizi ed attività presenti nel sistema di valutazione. La progettazione a ciclo di vita include ogni tipo di fase considerata importante e di rilievo nella valutazione degli impatti ambientali, ed esclude dall'analisi ciò che risulta non idoneo (per quantità di dati o per caratteristica tipologica), ovvero ciò che è all'esterno dai confini del sistema.

Una possibile selezione dei fattori ambientali potrebbe essere la seguente:

- a) emissione in atmosfera;
- b) inquinamento del suolo;
- c) inquinamento delle acque;
- d) impatto acustico;
- e) utilizzo delle materie prime;

²⁰ UNI EN ISO 14001:2004, *Politica ambientale*, par. A.2

²¹ UNI EN ISO 14040-14049

²² P.Lafratta, "*Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile*", Franco Angeli Editore, 2004, pag. 176

- f) impatti verso l'ambiente naturale;
- g) energia consumata durante tutte le attività;
- h) utilizzo dei macchinari e dei trasporti;
- i) gestione dei rifiuti.

L'organizzazione che ha creato un proprio sistema di gestione ambientale conformemente al regolamento e alle procedure della ISO 14001 può affidarsi ad un ente accreditato per la certificazione. Gli organismi certificatori (ad es. *Accredia s.p.a.*, *Certiquality S.r.l.*, *Tüv Italia S.r.l* ecc..) sono autorizzati dall'Ente Italiano di Accreditamento²³ (ex SINCERT), unico ente responsabile nazionale.

Alla richiesta da parte dell'impresa della domanda di certificazione segue la consegna di tutti i materiali e i documenti necessari per la valutazione del sistema di gestione ambientale secondo le procedure indicate dalla norma ISO 14001. Successivamente sono previste visite di controllo da parte dei certificatori direttamente all'interno dell'impresa per la valutazione di quanto stabilito nelle procedure e nell'SGA. Vengono perciò verificate eventuali incongruenze e riportate nel verbale finale. La fase di *check* ha termine positivo se sono state rispettate le prescrizioni; a seguito dell'esito favorevole si rilascia la certificazione, che rimane valida per un triennio. Sono effettuate inoltre visite periodiche annuali, al fine di garantire la conformità del Sistema alla norma di riferimento, nell'ottica del miglioramento continuo.²⁴

1.5.2 – Il regolamento comunitario EMAS

L'altro importante strumento di certificazione ambientale a carattere volontario è l'EMAS, acronimo di *Eco Management and Audit Scheme*, ovvero *Sistema Comunitario di Ecogestione ed Ecoaudit*.

La prima versione²⁵ del regolamento EMAS sull'adesione volontaria delle imprese del settore industriale a un sistema comunitario di ecogestione e audit, introdotto nel 1993 (Regolamento CE n.1836/1993), era rivolta solamente alle imprese del settore industriale. Per ottenere questa certificazione le aziende dovevano dimostrare di aver applicato un Sistema di Gestione Ambientale. Con il nuovo Regolamento EMAS II (Regolamento CE n.761/2001), la registra-

²³ Accredia, *Ente italiano di accreditamento*. Il database degli organismi certificatori è consultabile all'indirizzo: http://www.accredia.it/ppsearch/accredia_orgmask.jsp?ID_LINK=265&area=7

²⁴ Fonte : http://www.tuv.it/servizi/prof/sistema_02_b.asp

²⁵ M.Lavagna, *“Life cycle Assessment in edilizia”*, Hoepli, Milano 2008, pag. 66.

zione ambientale è stata estesa “a qualsiasi organizzazione che intenda migliorare la sua efficienza ambientale globale”.

Mentre la certificazione ISO 14001 ha un riconoscimento internazionale, l’EMAS è un Regolamento riconosciuto solo all’interno della Comunità Europea²⁶; quest’ultimo recepisce in pieno le richieste della ISO 14001, aggiungendo l’obbligatorietà dell’Analisi Ambientale Iniziale e della diffusione al pubblico di una Dichiarazione Ambientale Iniziale.

La caratteristica importante è che nella procedura EMAS, a differenza della ISO 14001, si devono rendere accessibili i dati e le analisi dell’impresa, compresi tutti gli aspetti ambientali e gli impatti generati da tutta la filiera interessata, subappaltatori, fornitori, clienti, amministrazioni locali.

L’Italia²⁷ ha istituito nel 1995 (con Decreto del Ministero dell’ambiente DM 413/95) il proprio organismo competente, il Comitato Ecolabel ed Ecoaudit attribuendogli anche le funzioni di organismo di accreditamento e controllo dei verificatori ambientali.

Con EMAS II²⁸ anche le amministrazioni pubbliche possono aderire a EMAS, soprattutto in relazione alla gestione del territorio, attraverso l’emanazione di apposite linee guida (Decisione della Commissione 2001/681/CE e Raccomandazione della Commissione 2001/680/CE).

EMAS non si discosta dalla ISO14001, anzi la recepisce globalmente, ma introduce passaggi ulteriori, come la convalida della dichiarazione ambientale da parte del soggetto accreditato (verificatore ambientale), e l’informazione al pubblico della dichiarazione ambientale convalidata e della registrazione. Al termine del procedimento viene concesso alle organizzazioni l’utilizzo di un logo caratteristico che garantisce la certificazione.

Si riportano di seguito alcuni articoli (fino al 4) tratti dal Regolamento Comunitario (CE) n° 761/2001 (EMAS)²⁹.

1. Articolo 1. Il sistema di ecogestione e audit e i suoi obiettivi

L’obiettivo di EMAS consiste nel promuovere miglioramenti continui delle prestazioni ambientali delle organizzazioni mediante: l’introduzione e l’attuazione di sistemi di gestione ambientale, la valutazione sistematica, obiettiva e periodica dell’efficacia di tali sistemi,

²⁶ P.Lafratta, “*Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile*”, Franco Angeli Editore, 2004, pag. 122

²⁷ Ester Marino, *Il cantiere e l’ambiente*, EPC Libri, Roma, 2002, pag. 142

²⁸ M.Lavagna, *Life cycle Assessment in edilizia*, Hoepli, Milano, 2008, pag. 68.

²⁹ Testo tratto da: <http://www.isprambiente.gov.it/it/certificazioni/emas/documentazione/normativa-comunitaria>

l'informazione sulle prestazioni ambientali e un dialogo aperto con il pubblico ed altri soggetti interessati, la partecipazione attiva dei dipendenti all'organizzazione nonché una formazione professionale di base e un perfezionamento adeguato tale da rendere possibile la partecipazione attiva [...].

II. Articolo 3. Partecipazione a EMAS

La partecipazione a EMAS è aperta a qualsiasi organizzazione che intenda migliorare le sue prestazioni ambientali complessive.

Per la registrazione EMAS un'organizzazione deve:

- a) effettuare un'analisi ambientale delle sue attività, dei suoi prodotti e servizi e, alla luce dell'esito di tale analisi, attuare un sistema di gestione ambientale che soddisfi tutti i requisiti [...];
- b) effettuare o far effettuare audit ambientali che siano impostati in modo da valutare le prestazioni ambientali dell'organizzazione;
- c) elaborare una dichiarazione ambientale nella quale sia riservata un'attenzione particolare ai risultati dell'organizzazione in relazione ai suoi obiettivi e target ambientali e al miglioramento continuo della sua prestazione ambientale e nella quale si tenga conto delle necessità in materia di informazione dei soggetti interessati;
- d) aver fatto esaminare la sua analisi ambientale, il sistema di gestione, la procedura di audit e la dichiarazione ambientale per verificarne la conformità ai pertinenti requisiti e far convalidare da parte del verificatore ambientale la dichiarazione ambientale per garantire il rispetto dei requisiti [...];
- e) trasmettere la dichiarazione ambientale convalidata all'organismo competente dello Stato e, dopo la registrazione, metterla a disposizione del pubblico [...].

Per mantenere la registrazione EMAS un'organizzazione deve:

- a) far verificare il sistema di gestione ambientale e il programma di audit entro i successivi 36 mesi [...];
- b) trasmettere i necessari aggiornamenti annuali convalidati della sua dichiarazione ambientale all'organismo competente e metterli a disposizione del pubblico [...].

III. Articolo 4. Sistema di accreditamento

Gli stati membri istituiscono un sistema per l'accreditamento di verificatori ambientali indipendenti e per la sorveglianza delle loro attività [...].

Alla presente normativa seguono degli allegati con le indicazioni necessarie per la procedura di certificazione, l'elaborazione del sistema di gestione ambientale (previsto dalla ISO14001), gli aspetti giuridici, i requisiti concernenti l'audit ambientale interno, i criteri per la dichiarazione ambientale, il ruolo degli organismi accreditati e le funzioni dei soggetti verificatori.

Si descrivono invece le questioni ambientali generali così come riportate nell'*Allegato VI-Aspetti ambientali*.

Osservazioni generali. Un'organizzazione deve considerare tutti gli aspetti ambientali delle sue attività e dei suoi prodotti e servizi e decidere, sulla base di criteri che tengono conto della normativa comunitaria, quali aspetti ambientali abbiano un impatto significativo e da lì muovere per stabilire i suoi obiettivi e target ambientali. Detti criteri devono essere pubblicamente disponibili.

Aspetti ambientali diretti

Si annoverano tra questi aspetti le attività dell'organizzazione sotto il suo controllo gestionale; essi possono includere:

- a) emissioni nell'aria;
- b) scarichi nell'acqua;
- c) limitazione, riciclaggio, riutilizzo, trasporto e smaltimento dei rifiuti solidi e di altro tipo, specialmente dei rifiuti pericolosi;
- d) uso e contaminazione del terreno;
- e) uso delle risorse naturali e delle materie prime (compresa l'energia);
- f) questioni locali (rumore, vibrazioni, odore, polvere, impatto visivo ecc...);
- g) questioni di trasporto (per le merci, i servizi e i dipendenti);
- h) rischi di incidenti ambientali e di impatti sull'ambiente conseguenti, o potenzialmente conseguenti, agli incidenti e situazioni di potenziale emergenza;
- i) effetti sulla biodiversità.

[...]

Le organizzazioni devono poter dimostrare che gli aspetti ambientali significativi associati alle loro procedure d'appalto sono stati identificati e che gli impatti importanti ad essi collegati

sono trattati nel loro sistema di gestione. L'organizzazione dovrebbe cercare di assicurare che i suoi fornitori e coloro che agiscono per suo conto si conformino alla politica ambientale dell'organizzazione quando svolgono le attività oggetto del contratto.

In caso di aspetti ambientali indiretti un'organizzazione deve esaminare l'influenza che essa può avere su questi aspetti e le possibili misure per ridurre l'impatto.

Tutte le procedure di analisi ambientale devono essere valutate attraverso dei criteri di significatività, cioè rispetto al loro effettivo impatto ambientale e alla loro importanza nel sistema in ogni fase del processo e per le attività interessate; essi devono poter essere controllati in modo generale dall'esterno ed essere pubblicamente disponibili.

CAPITOLO 2

2.1 – La questione ambientale nel settore delle costruzioni

L'interesse crescente verso i principi della sostenibilità (economici, ambientali, sociali) ha coinvolto soprattutto il sistema delle costruzioni e in tutta l'industria legata ad esso. E' questo un settore-chiave in Europa, con la più alta occupazione, 7,5% del totale, e il 9,7% del prodotto interno lordo e il 47,6% del capitale fisso lordo³⁰.

In Italia ³¹il sistema delle costruzioni nel 2011 ha prodotto 373 miliardi di euro, un risultato stabile rispetto al 2010, con un lieve calo, contenuto dall'esportazione. La realtà del settore impiega direttamente tre milioni di addetti, distribuiti in tutto il territorio. La consistenza è spiegata, oltre che dall'occupazione, anche dalla capacità di attivare l'80% dei settori economici, attraverso i beni e i servizi, e dall'effetto moltiplicatore su altri sistemi produttivi.

Gli impatti economici del settore sono pertanto consistenti e ad essi sono legati inevitabilmente degli impatti ambientali. L'attività del settore ³² comporta un altissimo consumo di risorse naturali (più del 50%-in peso- di tutti i materiali estratti dalla crosta terrestre sono trasformati in materiali e prodotti da costruzione) e la produzione di un'enorme quantità di rifiuti (generati soprattutto dalla attività di demolizione e compresi tra il 40-50%-in peso- della produzione totale di rifiuti generati dalle attività umane). Se si considera anche la fase di utilizzo si aggiungono i consumi di energia e le emissioni relative di gas inquinanti in atmosfera. In Europa³³, il riscaldamento e l'illuminazione degli edifici assorbono la maggior parte del consumo di energia (42%, di cui il 70% per il riscaldamento) e producono il 35% di gas serra; a questi si aggiungono gli impatti diretti nel suolo e nelle acque.

Gli effettivi impatti sull'ambiente ha sensibilizzato il settore delle costruzioni e sono state promosse, anche grazie agli organi istituzionali, politiche ed azioni per lo sviluppo di una cultura della sostenibilità nelle costruzioni, che ha coinvolto l'intera industria dell'edilizia.

Le innovazioni tecnologiche e la continua ricerca verso dei prodotti ecosostenibili ha determinato nuove frontiere di competitività per le imprese del settore.

³⁰ Dati tratti dal rapporto *The final report on sustainable construction*, presentato dal Gruppo di Lavoro composto da rappresentanti della Commissione Europea, degli Stati Membri e dell'industria nel maggio 2001.

³¹ Dati tratti dal *Rapporto 2012. Il sistema delle costruzioni in Italia* presentato da Federcostruzioni a Ottobre 2012.

³² E.Marino *Il cantiere e l'ambiente*, EPC Libri, Roma, 2002, pag.9

³³ M.Lavagna, *"Life cycle Assessment in edilizia"*, Hoepli, Milano 2008, pag. 70.

Nel 1997 la Commissione Europea ha reso pubblica la Comunicazione COM(97)539³⁴, nota come *The competitiveness of the Construction Industry*³⁵, nel quale si analizza l'intero sistema dell'industria delle costruzioni (produzione, mercato, metodi, processi, ecc..) e si elencano delle criticità da risolvere con azioni comunitarie e condivise per il miglioramento della qualità e della competitività.

A livello globale, si legge nel documento, il processo di costruzione è in continuo cambiamento, guidato dalla necessità di innovarsi tecnologicamente e nella pratica del costruire. Una delle condizioni di partenza per migliorare l'efficienza complessiva è l'integrazione di tutti gli attori del processo, il coinvolgimento degli operatori, unitamente a un incremento degli aspetti comunicativi e decisionali in tutte le fasi di gestione. In primo luogo vi è l'esigenza di ricercare nuove forme di collaborazione, di intrattenere rapporti con gli interessati del processo di costruzione, per migliorare la qualità del lavoro e del prodotto, riducendo i costi e puntando sull'efficacia delle decisioni nella progettazione e nell'attività di costruzione.

Le stesse procedure per la scelta dei requisiti nelle gare d'appalto dovrebbero tenere conto dell'innovazione del progetto, della qualità dei materiali usati, e se sono presenti valutazioni di tipo LCA, della salute e della sicurezza, e del processo di costruzione e dei relativi impatti sull'ambiente. La cooperazione tra gli attori del processo, gli stakeholders, i clienti, le imprese di costruzione, i fornitori, i subappaltatori, i progettisti e i tecnici, porterebbe a un aumento di efficienza e di capacità di condivisione delle azioni e degli obiettivi.

La progettazione integrata deve essere un modello di sviluppo, capace di innovare l'intero mercato e i processi gestionali di costruzione, poiché punta a criteri di prestazione e qualità, e migliorerebbe la competitività delle imprese dell'industria, grazie a benefici in termini di efficienza e riduzione dei costi.

2.2 - La sostenibilità come obiettivo di qualità e innovazione per le imprese

La sostenibilità ambientale deve essere una condizione non limitante per le imprese del settore. La volontà di intraprendere azioni per il risparmio dell'energia, delle materie prime, delle risorse naturali e per la riduzione dei rifiuti su suolo ed acqua e delle emissioni in atmosfera, è un fattore determinante per essere competitivi nei mercati. I processi di produzione e di co-

³⁴ Testo consultato all'indirizzo web: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/files/compet/com-97-539-commcompconstr_en.pdf

³⁵ trad. *La competitività nell'industria delle costruzioni*

struzione devono pertanto includere dentro di sé la questione ambientale, ed elaborare strumenti innovativi per poter ottenere certificazioni di qualità dei sistemi di gestione.

La consapevolezza globale degli attori sulle questioni ambientali delle attività legate all'industria delle costruzioni è possibile grazie alla formazione e all'istruzione all'interno delle organizzazioni e nell'intero sistema ad esse collegato, attraverso la responsabilizzazione degli operatori e l'elaborazione di audit interni ed esterni per la valutazione delle criticità e della rispondenza con gli obiettivi fissati.

La maggiore consapevolezza delle questioni ambientali portano a benefici rispetto alla politica interna delle organizzazioni, un maggiore controllo delle proprie procedure e un sistema di gestione che deve rispondere a principi prestazionali e di qualità. Inoltre nascerebbero nuovi interessi di mercato orientati al marketing di prodotti e processi sostenibili, sempre più richiesti dai clienti, e nuove opportunità di lavoro per gli operatori del settore.

I nuovi modelli di progettazione integrata devono comprendere tutto il settore dei professionisti, che dovranno dialogare con tutti gli attori del sistema delle costruzioni e attivarsi verso discipline multi settoriali, comprendere l'importanza dell'integrazione delle competenze, nel miglioramento della qualità del progetto e per il raggiungimento dei requisiti prestazionali, in termini di costi, di impatti ambientali, di ottimizzazione dei processi.

Per qualità si intendono migliori caratteristiche costruttive nell'uso dei prodotti e nell'esecuzione delle attività di cantiere, raggiungimento degli obiettivi di risparmio nell'uso delle materie prime e dell'energia, aumento della salubrità degli ambienti, controllo delle attività di esecuzione e procedure per la diminuzione degli impatti durante tutta la vita dell'edificio, dalla fase di costruzione alla gestione, alla demolizione finale. La revisione del processo in termini di requisiti di prestazione porterebbe certamente a un aumento di costi iniziali per le imprese e per la committenza, ma recuperati dai minori interventi manutentivi durante la vita dell'edificio.

Inoltre gli nuovi scenari innovativi nel settore delle costruzioni, come più volte ribadito, sono la ricerca di azioni volontarie e proattive per il miglioramento dei processi di produzione ed esecuzione, rispetto le questioni ambientali, per la creazione di nuovi mercati competitivi incentrati sulla sostenibilità.

I profondi cambiamenti nel settore delle costruzioni, la ricerca di innovazione tecnologica, la sempre crescente esigenza del controllo ambientale dei processi, hanno generato organizzazioni capaci di rispondere ad obiettivi di sostenibilità. L'orientamento dell'industria delle costruzioni è verso la progettazione integrata, caratterizzata da una metodologia che tiene conto di tutti gli aspetti ambientali dei processi, dalla scelta dei materiali, alla selezione dei fornitori,

ma soprattutto nelle attività di produzione e nell'esecuzione dei lavori in cantiere, fino alla gestione dell'edificio e alla sua demolizione.

Nel febbraio 2001³⁶ la Commissione Europea ha pubblicato il Libro Verde sulla Politica Integrata di Prodotto (*Green Paper on Integrated Product Policy*); la Integrated Product Policy (IPP) ha come obiettivo quello di orientare il mercato verso prodotti sostenibili grazie alla promozione di strumenti di politica integrata orientati alla committenza verde (*demand side*) e allo sviluppo di prodotti sostenibili (*supply side*), grazie ad analisi di tipo LCA.

Il concetto di valutazione del ciclo di vita si introduce anche nella gestione dei processi, soprattutto nell'industria delle costruzioni, attraverso l'elaborazione di sistemi di gestione ambientale e la definizione di prestazioni in termini ambientali. Le norme internazionali ISO14001 e il regolamento EMAS vanno in questo senso.

Nel maggio 2001³⁷ è stato pubblicato il Rapporto sulla sostenibilità nelle costruzioni. Tale rapporto si basa sul presupposto che realizzare l'obiettivo del miglioramento della sostenibilità ambientale nel settore richiederà innanzitutto un'industria delle costruzioni altamente competitiva e, in secondo ordine strategie accuratamente studiate sotto l'aspetto ambientale per il settore. Il coinvolgimento di tutti gli stakeholder, in particolare i governi nazionali, con le istituzioni europee giocanti un significativo ruolo di coordinamento, è ritenuto cruciale nello sforzo di un reale miglioramento del livello di sostenibilità del settore.

Pertanto per rispondere alle esigenze di cambiamento del mercato delle costruzioni è fondamentale la più ampia collaborazione tra tutti gli attori del processo, ovvero la realizzazione di una progettazione integrata (IPD, *Integrated Project Delivery*). Questo approccio integra le persone, le competenze, le strutture, le risorse interne, il management aziendale, e assorbe le qualità e le professionalità di tutti i partecipanti per il miglioramento del progetto.

Nell'industria delle costruzioni i ruoli dei diversi attori sono fondamentali e devono rispondere agli obiettivi della progettazione integrata. Gli organismi pubblici e le istituzioni devono produrre normative e regole, in ogni caso incentivi allo sviluppo sostenibile, e poter garantire i controlli sulle certificazioni di prodotto e di processo. E' inoltre necessario una revisione delle procedure di selezione dei contraenti attraverso l'inserimento di requisiti e condizioni di qualità e di sostenibilità nelle gare da appalto, e le successive azioni di controllo durante l'esecuzione, in modo da poter valutare non solo attraverso modelli economici al ribasso le offerte presentate. L'industria dei fornitori e dei produttori di materie prime per l'edilizia deve

³⁶ M.Lavagna, *Life cycle Assessment in edilizia*, Hoepli, Milano 2008, pag. 113.

³⁷ E.Marino *Il cantiere e l'ambiente*, EPC Libri, Roma, 2002, pag.10.

puntare alla riduzione degli impatti sull'ambiente, delle risorse primarie e degli scarti da lavorazione, dotarsi di sistemi di gestione ambientale interni, applicare marchi di qualità ai prodotti edili.

Protagonisti altresì sono i professionisti, i tecnici progettisti che devono produrre manufatti sostenibili in tutte le fasi di vita, dalla fase di esecuzione, di utilizzo, alla gestione, alla demolizione. Questo si deve tradurre in riduzione dei consumi energetici, nella scelta di materiali ad alto contenuto di riciclato e di materiali riciclabili, nelle soluzioni tecniche dei particolari costruttivi (ad esempio possibilità e facilità di smontaggio e riuso dei componenti a fine vita), nella riduzione dei rifiuti da costruzione e demolizione da conferire in discarica, nella riduzione delle emissioni in atmosfera, suolo, acqua, nella salubrità degli ambienti. Deve essere anche posta l'attenzione sulla riduzione dei costi di gestione e di manutenzione durante la vita dell'edificio.

Infine le imprese di costruzione e tutti gli operatori legati ad esse. In tutte le fasi del processo è necessario valutare ogni tipo di impatto ambientale prodotto dalle attività di costruzione. In primo luogo occorre una corretta pianificazione delle procedure e delle azioni prima dell'allestimento del cantiere, per poter controllare successivamente ogni tipo di intervento ritenuto critico dal punto di vista ambientale. Ogni fase del processo nel cantiere deve essere programmata e devono essere formati tutti gli operatori, compresi i subappaltatori, in modo da prevenire eventuali criticità. Ogni attività svolta nella costruzione è potenzialmente dannosa nei confronti dell'ambiente. Infatti le opere di trasformazione degli elementi edilizi, la produzione in sito o all'esterno, il trasporto dei prodotti, la movimentazione dei mezzi meccanici in ogni fase del processo, il consumo inevitabile di risorse come energia, combustibile, acqua, materie primarie, le emissioni in atmosfera di polveri e inquinanti, la produzione di enormi quantità di rifiuti da costruzione e demolizione sono solo alcuni dei fattori che direttamente impattano sull'ambiente.

Pertanto l'elaborazione di procedure che prevedano azioni di mitigazione e controllo degli impatti in ogni fase della costruzione, compresa lo smobilizzo del cantiere a fine lavori, devono essere inserite nel sistema di gestione ambientale delle imprese di costruzione, come garanzia della sostenibilità delle attività nei cantieri e come marchio di qualità dell'organizzazione.

2.3 - Gli strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici

La valutazione della sostenibilità ambientale risulta una procedura molto complessa, poiché non esiste un quadro ancora definito su quali siano i fattori determinanti da tenere in considerazione. Inoltre la difficoltà risiede anche nella frammentarietà dell'intero settore, che per le sue dimensioni e per gli interessi e le professionalità differenti che sono in campo, non elabora strategie di condivisione unitarie e gli obiettivi nell'ambito della valutazione della sostenibilità ambientale sono molto discussi. Inoltre quando si parla di progettazione integrata, molto spesso vengono trascurati quei processi di condivisione del metodo di lavoro, generando conseguentemente confusione tra gli operatori del settore. Solo l'integrazione delle professionalità e la consapevolezza di processi progettuali condivisi porterebbero a definire dei criteri ambientalmente sostenibili, per il raggiungimento di requisiti prestazionali e di miglioramento.

I criteri di valutazione, comunemente conosciuti come *indicatori di sostenibilità*, sono necessari per poter avviare dei percorsi comuni e misurare le prestazioni del settore delle costruzioni e dell'industria legata ad esso. Parallelamente sono nate richieste volontarie da parte degli operatori e dei progettisti di disporre di strumenti di riferimento, di indicazioni progettuali ed operative per ottenere le certificazioni ambientali delle costruzioni. L'esigenza di strumenti di analisi, di valutazione dei parametri ambientali, di procedure di controllo e di revisione, di orientamento, ha fortemente cambiato gli interessi del mercato, coinvolgendo ogni settore produttivo fino al consumatore finale.

Gli strumenti³⁸ messi a punto per rispondere a queste esigenze sono in genere articolati secondo una serie di requisiti ambientali rispetto a cui viene definita la prestazione attesa, verificabile tramite indicatori. Agli indicatori viene associato un punteggio e dalla somma pesata dei punteggi si ottiene la valutazione finale complessiva dell'edificio. I sistemi di valutazione degli edifici così strutturati sono definiti *sistemi a punteggio* poiché si presentano sotto forma di *check-list* e prevedono a ogni voce (indicatore) l'abbinamento di un punteggio in relazione al rispetto di criteri prestabiliti: l'edificio totalizza un certo punteggio dalla somma delle singole voci e in questo modo è possibile valutarne il grado di *sostenibilità* dell'edificio, creando anche una graduatoria di merito.

L'obiettivo di questi metodi di valutazione è quello di modellare il processo di progettazione al fine di raggiungere le prestazioni previste; essi infatti devono rappresentare uno strumento

³⁸ M.Lavagna, "Life cycle Assessment in edilizia", Hoepli, Milano 2008, pag. 82.

di lavoro, di condivisione degli obiettivi, di sensibilizzazione di tutti gli attori del processo edilizio verso la sostenibilità ambientale, nell'ottica di un miglioramento della qualità generale in tutte le fasi.

La difficoltà vera nell'uso di tali strumenti è il calcolo della prestazione richiesta dai criteri di valutazione, poiché molto spesso dare un giudizio quantitativo e comparabile può determinare errori e incomprensioni.

Non è poi da sottovalutare la specificità di ogni progetto edilizio. Le diverse caratteristiche ambientali iniziali, le differenti tipologie costruttive, i materiali usati, gli obiettivi di riduzione degli impatti ambientali, in generale, gli indicatori di valutazione richiesti da tali strumenti non sarebbero validi per una certificazione in grado di uniformare il concetto di sostenibilità. Attribuire un punteggio a un fattore può non dare gli stessi risultati a due edifici che hanno caratteristiche differenti. Il criterio, ad esempio, di risparmio energetico può avere un peso maggiore nelle costruzioni dove sono maggiori le escursioni termiche, ma essere poco significativo per edifici che risiedono in climi più temperati.

Pertanto lo sviluppo e l'uso degli strumenti di certificazione ambientale devono tenere conto delle condizioni tipiche di ogni costruzione, e devono indirizzare verso una progettazione integrata, in cui, già nelle fasi iniziali, si valutano le prestazioni da ottenere e si applicano politiche di azione, controllo e di responsabilizzazione di tutti gli attori, durante tutte le fasi del processo edilizio.

Il primo sistema di valutazione ambientale ad essere elaborato è stato l'inglese BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), creato nel 1988 dall'ente BRE (*Building Research Establishment*). Esso è uno strumento volontario per valutare la sostenibilità dell'edificio sulla base di un punteggio attribuito a sette aree differenti, a loro volta suddivise in capitoli. Le aree di valutazione sono energia, trasporto, inquinamento, materiali, acqua, uso del territorio, salute. I crediti assegnati ad ogni area sono sommati in modo pesato, a seconda delle priorità dell'intervento, e al termine si ottiene un punteggio che stabilisce il riconoscimento di sostenibilità dell'edificio (da *Pass* a *Excellent*). Il sistema BREEAM viene applicato a fabbricati con diverse destinazioni d'uso: residenza (versione *EcoHomes*), uffici, supermercati, scuole, industrie.

Pochi anni dopo, nel 1993, negli Stati Uniti, in seguito³⁹ alla richiesta da parte di aziende private di avere una garanzia di qualità nell'acquisto di edifici e in seguito alla crescente doman-

³⁹ M.Lavagna, "Life cycle Assessment in edilizia", Hoepli, Milano 2008, pag. 84.

da di mercato di edifici ecologici ad alte prestazioni, con il sostegno del governo, viene fondato il *U.S. Green Building Council* (USGBC), un gruppo di lavoro che ha sviluppato in cinque anni uno standard per la valutazione degli edifici sotto il profilo dell'efficienza nell'uso delle risorse e degli impatti ambientali generati. Il protocollo sviluppato, il *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED)⁴⁰ è attivo dal 2000, è volontario e si basa sul consenso, è guidato dal mercato che ne determina i criteri di valutazione e verifica le certificazioni.

La tipicità di questo strumento è la proiezione verso le esigenze degli operatori del settore delle costruzioni, nell'ottica di innovare i processi produttivi legati all'edilizia e per un miglioramento della qualità dei progetti, garantendo i vantaggi delle prestazioni sull'utilizzatore finale. Il protocollo LEED è applicabile ad ogni categoria (nuove costruzioni, edifici commerciali, residenze, aree di insediamento, scuole, strutture mediche), è suddiviso in sette capitoli di valutazione (sostenibilità del sito, gestione delle acque, energia e atmosfera, materiali e risorse, qualità ambientale interna, innovazione nella progettazione, priorità regionale), a cui sono associati dei crediti. La somma finale permette il raggiungimento di un riconoscimento. Nei successivi capitoli verrà approfondito più dettagliatamente il protocollo LEED.

L'esigenza di nuovi modelli di valutazione della sostenibilità ambientale delle costruzioni ha trainato l'intero mercato, mosso dalle richieste dei progettisti di strumenti guida per la progettazione e il controllo degli impatti ambientali e dalle imprese che cercavano nuove proposte innovative per il consumatore. Oltre a questi due protocolli (BREEAM e LEED), nel tempo i Paesi più sviluppati hanno elaborato dei propri strumenti di valutazione che si evidenziano nell'elenco di seguito:

- *Total Quality* (Austria);
- *HQE, Haute Qualité Environnementale* (Francia);
- *ITACA, Istituto per la Trasparenza, l'Aggiornamento e la Certificazione degli Appalti* (Italia);
- *MINERGIE-ECO* (Svizzera);
- *VERDE* (Spagna);
- *DGNB* (Germania);
- *Green Star* (Australia);

⁴⁰ <https://new.usgbc.org/leed>

- *CASBEE, Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (Giappone);
- *THREE STAR* (Cina);
- *GBTTool* (California, Usa).

Per quanto riguarda il panorama italiano, nel 2001 è stato creato il protocollo ITACA (*Istituto per la Trasparenza, l'Aggiornamento e la Certificazione degli Appalti*) da un gruppo di lavoro per la bioedilizia, promosso da alcune Regioni italiane. L'obiettivo principale era quello di condividere i fattori di impatto ambientale delle costruzioni, il consumo di risorse, e attivare azioni per il miglioramento della qualità e dell'efficienza delle prestazioni.

Inoltre, essendo uno strumento promosso dalle Amministrazioni regionali, tendeva a uniformare le regole e i criteri esistenti nelle diverse realtà locali, per avere un protocollo comune di valutazione utilizzabile nel contesto italiano. ITACA nasce appunto con questi presupposti e viene strutturato per poter essere usato soprattutto dalla Pubblica Amministrazione nei documenti attuativi urbanistici e nei regolamenti edilizi.

Il protocollo ITACA⁴¹ permette di verificare la sostenibilità ambientale dell'edificio. La valutazione avviene tramite due gruppi di schede di valutazione: il primo gruppo riguarda il *consumo delle risorse* e contiene le schede di valutazione del contenimento di consumi energetici invernali ed estivi, della produzione di acqua calda sanitaria, dell'illuminazione naturale, della quantità di energia elettrica da fonti rinnovabili, dell'uso di materiali eco-compatibili, dei consumi di acqua potabile e del mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio. Il secondo gruppo verifica l'incidenza dei *carichi ambientali*, analizzando, come fattori: l'emissione di gas serra, i rifiuti solidi e liquidi prodotti e la permeabilità delle aree esterne. Quindi si assegnano dei punteggi sulla base della prestazione raggiunta (da -1 a 5).

La diffusione di questi strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale, comunemente chiamati *eco-tools*, ha certamente sensibilizzato i progettisti e le imprese verso le questioni ambientali, con il rischio, tuttavia, di una semplificazione dell'innovazione e della ricerca nel campo delle costruzioni, troppo spesso condizionati dal rispetto dei requisiti richiesti da tali strumenti. E' d'altra parte riconoscibile una difficoltà nel reperimento di ogni informazione per il soddisfacimento dei requisiti, dato che molto spesso si dispongono di dati frammentari e non ancora condivisi per il calcolo delle prestazioni ambientali.

⁴¹ A.S.Pavesi, E.Verani, *Introduzione alla certificazione LEED: progetto, costruzione, gestione*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN) 2012, pag. 46.

2.4 – Un esempio di *eco-tool*: il protocollo LEED

Nel⁴² 1993 si costituisce negli Stati Uniti l'associazione no-profit USGBC (*U.S. Green Building Council*), con l'obiettivo principale di trasformare il mercato delle costruzioni e con la necessità di avere a disposizione un sistema per definire dei criteri di sostenibilità e misurarne l'efficienza, per promuovere una migliore qualità della vita. Dopo diversi anni di confronti con le associazioni di categoria, i professionisti e gli operatori del settore (imprese di costruzione, immobiliare, ambientalisti, industriali), nel 1998 si giunge all'elaborazione del primo programma pilota LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) per edifici di nuova realizzazione o ristrutturazione di edifici esistenti. Ad oggi, con i successivi aggiornamenti del protocollo la versione più recente è LEED 2009, e sono nate anche versioni per le diverse categorie di edifici (*LEED for Commercial Interiors, LEED for Homes, LEED for Schools, LEED for Healthcare, LEED for Core & Shell, LEED for Neighborhood Development, LEED for Retail*).

Nel 2008 è stato creato il GBCI (*Green Building Certification Institute*), un ente indipendente supportato da USGBC, dedicato alla gestione delle procedure di certificazione e a tutte le attività di amministrazione legate ai programmi di sostenibilità degli edifici; esso è un organismo totalmente indipendente che garantisce la qualità della certificazione e l'imparzialità propria di un ente terzo.

In Italia si costituisce nel 2008 l'associazione no-profit GBCI (*Green Building Council Italia*), con l'obiettivo di “favorire ed accelerare la diffusione di una cultura dell'edilizia sostenibile, guidando la trasformazione del mercato, sensibilizzare l'opinione pubblica e le istituzioni sull'impatto che le modalità di progettazione e costruzione degli edifici hanno sulla qualità della vita dei cittadini, fornire parametri di riferimento chiari agli operatori del settore, incentivare il confronto tra gli operatori del settore creando una community dell'edilizia sostenibile”. La principale attività di GBCI è quella dell'adattamento dei sistemi di rating LEED al contesto italiano, attraverso il lavoro dei gruppi di sezione del Comitato LEED (ora Comitato Standard) e del Comitato Tecnico Scientifico. LEED Italia è il primo caso di localizzazione approvata da USGBC, poiché fortemente legato alla realtà costruttiva, normativa e produttiva italiana.

⁴² Tratto da: <http://www.gbciitalia.org/>

Come per la maggior parte dei protocolli di sostenibilità ambientale, anche LEED è un sistema volontario, basato sul consenso del mercato. LEED valuta le prestazioni ambientali complessive dell'edificio in tutte le fasi del processo, durante la progettazione, la costruzione e l'esercizio.

Il sistema di valutazione è suddiviso per categorie ambientali, che trattano diversi aspetti durante le fasi dei processi di progettazione, costruzione e gestione. Le categorie ambientali sono cinque:

- Sostenibilità del Sito (*Sustainable Sites*);
- Gestione delle Acque (*Water Efficiency*);
- Energia e Atmosfera (*Energy & Atmosphere*);
- Materiali e Risorse (*Materials & Resources*);
- Qualità ambientale interna (*Indoor Environmental Quality*).

Se ne aggiungono due ulteriori, che trattano di questioni non concepite nelle restanti categorie ovvero:

- Innovazione nella progettazione (*Innovation in Design*);
- Priorità regionale (*Regional Priority*).

Ogni categoria⁴³ è a sua volta composta da *prerequisiti* e crediti ai quali è attribuito un punteggio in funzione della prestazione dell'edificio. I prerequisiti e crediti definiscono le esigenze ambientali che devono essere soddisfatte (finalità) attraverso le risposte ai requisiti. Le strategie e le tecnologie rappresentano le possibili soluzioni che possono essere implementate per raggiungere le finalità. I prerequisiti rappresentano le prestazioni minime obbligatorie che l'edificio deve possedere per essere certificabile. In quanto prescrizioni minime, ad esse non è associato nessun punteggio. I crediti esprimono le prestazioni più o meno avanzate che l'edificio possiede nell'ambito di ciascuna categoria. Ad essi è attribuito un punteggio variabile (minimo 1 punto).

I sistemi LEED prevedono un massimo di 100 punti tra le cinque categorie base più 10 punti di bonus per le categorie *Innovazione nella progettazione* e *Priorità regionale*, per un punteggio massimo totale di 110 punti. La somma finale dei crediti assegna un livello di certificazione LEED:

⁴³ A.S.Pavesi, E.Verani, *Introduzione alla certificazione LEED: progetto, costruzione, gestione*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN) 2012, pag. 66.

- *Certified* (Base): 40-49 punti;
- *Silver* (Argento): 50-59 punti;
- *Gold* (Oro): 60-79 punti;
- *Platinum* (Platino): 80-110 punti.

Il sistema di attribuzione del valore a ciascun credito è di tipo pesato. Si stimano cioè gli impatti ambientali dell'edificio nelle diverse categorie di impatti ambientali (es. emissioni di gas serra, uso di risorse, inquinanti nell'acqua e nel suolo, trasporti etc...), valutati attraverso modellazioni energetiche o analisi LCA, e si attribuisce un peso maggiore agli impatti che influiscono maggiormente nelle principali categorie. Questo sistema, per LEED, incentiverebbe gli strumenti per la riduzione dei consumi e di emissioni inquinanti e dei rifiuti prodotti.

La certificazione dell'edificio secondo il protocollo LEED è rilasciata dall'organismo indipendente GBCI, al termine della costruzione e dopo i controlli di tutti i requisiti indicati da parte di un team di esperti specializzati.

Il processo di certificazione è volontario e la prima fase consiste nella registrazione del progetto su LEED Online⁴⁴, da parte dell'incaricato nel gruppo di progettazione, il *Project Team Administrator*, il responsabile delle procedure di certificazione e di coordinamento delle attività. Vengono inviate tutte le documentazioni necessarie che descrivono il progetto e contemporaneamente si ha l'accesso a tutte le guide LEED per il raggiungimento degli obiettivi e dei crediti richiesti. Nell'ottica di una progettazione integrata, si assegnano a tutti i componenti le direttive per la produzione di elaborati grafici, dati e documenti da allegare e inviare per la revisione dei prerequisiti e dei crediti. Il processo prosegue fino alla costruzione in cui si implementano le categorie dedicate e non ancora valutate nel processo di progettazione. Al termine della costruzione e di tutte le attività connesse si conclude la procedura con gli ultimi documenti e si attende per la revisione. L'organo competente di GBCI preposto al controllo può dare suggerimenti circa i requisiti e pronunciarsi in modo negativo rispetto all'ottenimento dei crediti, con opportune giustificazioni.

Non appena concluso il processo di certificazione, il progetto che ottiene almeno 40 punti risulta essere certificato LEED, riceve una lettera formale, e viene inserito nel database internazionale del USGBC.

⁴⁴ <https://leedonline.usgbc.org/>

CAPITOLO 3

3.1 – Premessa per uno strumento di valutazione della sostenibilità nei cantieri

Gli strumenti finora descritti si sono sviluppati sulla base di profondi cambiamenti culturali sui temi ambientali e rispetto alle necessità dell'industria delle costruzioni di modelli innovativi per il miglioramento della qualità dei prodotti e per una maggiore competitività nel mercato. La continua ricerca tecnologica ha inoltre supportato il rinnovamento industriale verso standard di compatibilità ambientale, universalmente accettati, come la riduzione delle materie prime e dei consumi energetici, la diminuzione delle emissioni in atmosfera e dei rifiuti nelle discariche. Si sono poi accettati nuovi strumenti di valutazione degli impatti ambientali grazie ad analisi di tipo LCA a ciclo di vita che tengano conto degli effettivi carichi inquinanti dei prodotti durante tutte le fasi di vita, dalla produzione alla dismissione.

Gradualmente si assiste a una crescente consapevolezza delle questioni ambientali, ma l'applicazione di procedure per la riduzione degli impatti risulta ancora molto settoriale e legata quasi totalmente all'industria dei prodotti e dei componenti.

Come scritto nei precedenti capitoli, le analisi a ciclo di vita hanno creato un modello basato sulla valutazione degli impatti inquinanti in input e in output dal sistema durante tutte le fasi del processo, utilizzando dati sintetici per la descrizione dei bilanci ambientali, comparando inoltre l'aspetto di efficienza di prestazione con quello di economicità. Un possibile utilizzo di tale strumento, nella logica della valutazione a ciclo di vita, potrebbe essere utile nei sistemi legati alle costruzioni, come il cantiere. Esso viene definito come il sistema entro cui valutare i dati di ingresso, ovvero tutto ciò che entra nel sistema, e da cui escono i fattori più determinanti per gli impatti ambientali. Le analisi di questo tipo permettono di suddividere in categorie tutte le variabili importanti e definire quindi le responsabilità per il controllo e le azioni da intraprendere.

Uno degli aspetti negativi delle analisi di questo tipo è la complessità nel calcolo degli impatti. La caratteristica tipica della valutazione LCA è proprio quella di definire degli indicatori ambientali significativi e applicare le procedure di calcolo degli impatti in ogni fase del processo, per ogni tipologia di prodotto/processo presente, per avere un risultato che risponde a condizioni vere; in caso contrario si rischia di approssimare il risultato con conseguenze negative sulla valutazione finale.

Tuttavia rispetto ai processi complessi dell'industria dell'edilizia, in particolar modo a ciò che riguarda il cantiere e le attività legate all'esecuzione, non è necessario arrivare a risultati pre-

cisi che tengano conto di ogni tipo di variabile in gioco, essendo pressoché impossibile il controllo di ogni fattore durante tutte le fasi del cantiere.

Gli strumenti di gestione del processo devono essere utilizzati dalle imprese, unitamente agli studi di tipo LCA, per una corretta valutazione di ogni attività durante tutte le fasi di esecuzione. Un supporto fondamentale alla progettazione e al controllo è rappresentato dalla politica del sistema di gestione ambientale dell'azienda, come previsto dalla norma internazionale ISO 14001 e da quella comunitaria EMAS che ne recepisce le linee guida. E' importante sottolineare che l'adozione di un SGA è di natura volontaria e proprio per tale motivo riflette l'impegno della direzione aziendale al rispetto delle prescrizioni e degli obiettivi prefissati, coinvolgendo tutti gli operatori, compresi i subappaltatori e responsabilizzando nel controllo delle attività di esecuzione.

Adottare una politica ambientale che stabilisce dei traguardi rispetto alla riduzione degli impatti ambientali è perciò fondamentale per le imprese che lavorano nel settore delle costruzioni e i procedimenti di pianificazione, attuazione e funzionamento, verifica e riesame, ovvero il modello PDCA, sono la base per strutturare i protocolli di sostenibilità, applicabili a ogni sistema industriale, compreso il cantiere.

La strutturazione del sistema di gestione ambientale può tenere conto di analisi di tipo LCA, ad esempio identificando i flussi di ingresso e di uscita dal sistema cantiere, valutando quindi le cause di impatto ambientale collegate alle attività di esecuzione, e attuando procedure di controllo e miglioramento. La valutazione di tipo LCA dovrà essere semplificata per la complessità delle misurazioni e per la difficoltà di controllo di tutte le attività nelle fasi esecutive. Essa però determina un percorso di verifica dei flussi che sulla base di alcuni indicatori ambientali, permette la determinazione finale degli impatti ambientali e quindi delle azioni che l'organizzazione deve intraprendere.

Gli indicatori ambientali o indicatori di significatività possono essere i seguenti:

- emissioni in atmosfera;
- inquinamento del suolo e rifiuti;
- uso delle risorse;
- inquinamento dei corpi idrici;
- consumo di energia;
- impatti verso l'ambiente circostante naturale o antropizzato;
- inquinamento acustico e visivo.

Gli impatti generati possono in ogni caso variare per ogni tipo di progetto (dimensione, costo, ubicazione delle attività, caratteristiche fisiche del territorio) e spetta all'organizzazione selezionare gli indicatori più adatti da integrare nelle procedure esecutive dei cantieri. La frammentarietà dei processi all'interno del cantiere, la varietà delle attività di costruzione e le piccole dimensioni delle imprese edili rendono difficili le operazioni di controllo degli impatti ambientali. Se si aggiunge una cultura non ancora consolidata alla progettazione integrata, alla collaborazione tra gli attori del processo, e alla sensibilità verso le questioni ambientali legate alle attività di costruzione, è facile riconoscere la scarsa diffusione dei sistemi di gestione ambientale per le imprese edili. Dai dati ufficiali rilasciati dall'ente nazionale di accreditamento⁴⁵ a marzo 2012, in Italia, tra le 29574 aziende certificate di categoria EA28 (imprese di costruzione, installatori di impianti e servizi) si legge che solo 1220 hanno ottenuto la certificazione alla norma ISO14001 (circa il 4%), quindi si sono dotate di un sistema di gestione ambientale. La certificazione rappresenta certamente un traguardo di eccellenza, tanto più raggiungibile se l'azienda ha capacità economiche importanti e interessi di miglioramento dei processi interni e della qualità delle lavorazioni, ed è dotata di gruppi di professionisti in grado di collaborare durante tutte le fasi dei processi. E' inoltre necessario che l'organizzazione eserciti la capacità direzionale verso tutti gli attori della filiera, per portare a termine gli obiettivi stabiliti nella politica ambientale.

Il tema su cui è possibile ottenere significativi passi avanti rispetto all'uso di strumenti di sostenibilità per i processi esecutivi, è rappresentato dall'elaborazione di procedure di buona pratica strutturate sulla base delle norme internazionali e nazionali esistenti, che analizzano le questioni ambientali e i conseguenti impatti dalle attività cantieristiche, e che possano servire da guida per un'integrazione delle professionalità, per il raggiungimento di obiettivi di qualità dei processi e per il miglioramento continuo del progetto.

Misurare la sostenibilità per un'impresa edile significa accettare le questioni ambientali e dotarsi di procedure attuative per il controllo e la mitigazione degli impatti nella fase esecutiva, disporre di professionisti e di operatori che collaborino al controllo e alla revisione del protocollo, monitorare l'efficienza delle operazioni e predisporre corsi di formazione all'interno e incontri di informazione per la comunità esterna coinvolta dalle attività cantieristiche.

⁴⁵ fonte dal sito Accredia:

http://www.accredia.it/accredia_stats.jsp?ID_LINK=272&area=7&date=20123&type=Settore&submit=cerca

3.2 – Le questioni ambientali nei cantieri: la complessità nella gestione del processo

La diffusione di una cultura della sostenibilità tra i diversi settori dell'industria ha certamente cambiato il modello della produzione, coinvolgendo i temi ambientali, grazie alla ricerca tecnologica da un lato e a strumenti di controllo degli impatti dall'altro. Questi cambiamenti hanno prodotto nuovi mercati competitivi di vendita di beni e servizi e di scambio di professionalità, che hanno anche migliorato dal punto di vista economico i costi iniziali necessari per le trasformazioni ambientalmente sostenibili.

Nel settore delle costruzioni si sono sviluppate, come già ribadito precedentemente, delle teorie ecologiche e delle soluzioni tecniche costruttive, volte al risparmio energetico, alla riduzione dei materiali vergini, e all'uso di prodotti con alto contenuto di riciclato, a elementi smontabili e riutilizzabili a fine vita, che hanno notevolmente migliorato la qualità e la durata degli edifici.

Il tema della sostenibilità si è però letto, in molti settori industriali, dal punto di vista del prodotto finale finito. Rispetto ai progetti, si tiene spesso conto del risparmio energetico calcolato durante la vita dell'edificio, motivato da effettivi parametri di consumo (richiesti anche dalla normativa vigente), ma non si tiene conto di tutti i processi di trasformazione e delle attività esecutive da cantiere che hanno prodotto l'oggetto e che invece causano impatti non irrilevanti sull'ambiente. L'innovazione degli strumenti multi criteri, o eco-tools, risiede proprio nel scompattare il processo nelle sue fasi di vita (dall'esecuzione, alla gestione, all'uso), valutando attraverso indicatori ambientali i relativi impatti, e calcolare del prodotto finito i consumi energetici e tutto ciò che può essere determinante per la certificazione.

La valutazione del processo molto spesso viene trascurata, ma gli effetti negativi delle attività di trasformazione da cantiere sull'ambiente sono la base per l'elaborazione di codici o protocolli che diano soluzioni innovative nel campo delle costruzioni.

Una gestione dei processi non sostenibile per le imprese significa consumare molte risorse materiali, maggiori consumi energetici, inefficienza dei sistemi dei trasporti e degli approvvigionamenti, produzione elevata di rifiuti da costruzione e/o demolizione da conferire in discarica, rischio di sanzioni per il non rispetto delle norme ambientali, ovvero tutto questo si riasume in costi più elevati. Il processo non-sostenibile diventerebbe pertanto antieconomico.

Uno dei problemi maggiori nella diffusione di un modello sostenibile delle attività di costruzione è la quantità e la complessità del settore delle imprese edili. La conoscenza delle questioni ambientali dovrebbe superare la frammentazione esistente tra gli attori del processo edilizio. Rispetto a qualsiasi settore industriale, dove sono più chiari i confini di produzione e

dove sono più semplici la responsabilizzazione e il controllo delle fasi, in edilizia si ha a che fare con organizzazioni, professionalità, modelli di lavoro, dimensioni economiche, compiti e attività molto differenti e variabili da progetto a progetto. Il controllo di un processo così complesso e mutevole è difficile se non si ha la collaborazione degli operatori e la condivisione degli obiettivi. I rapporti che intercorrono tra committenza, progettisti e costruttori, devono essere studiati sulla base di criteri di miglioramento del processo e di efficienza delle prestazioni in termini economici e ambientali.

La diversità delle attività e dei compiti di tutti gli operatori all'interno dei cantieri genera difficoltà nella condivisione delle istanze ambientali, se mancano azioni di formazione e di diffusione di una cultura di collaborazione del processo edilizio, intraprese dalla direzione dell'organizzazione. La non percezione dell'unitarietà del processo e del prodotto finito produce incomprensioni, errori procedurali, scarsa responsabilizzazione di tutti gli attori e maggiori costi finali.

Le questioni ambientali nei cantieri devono perciò fare parte di un sistema più grande in cui le imprese adottano politiche di trasformazione dei processi esecutivi nei cantieri e ci siano gli stimoli per diffondere i temi della sostenibilità, con la consapevolezza degli impatti ambientali in ogni fase del processo, la promozione di tecniche innovative per il controllo e la mitigazione di questi, e la volontà di miglioramento della qualità finale.

Gli strumenti di certificazione ambientali come LEED propongono, nella loro struttura e forma, un tipo di progettazione integrata che rinnovi i processi produttivi e possa essere una guida per raggiungere criteri di sostenibilità e obiettivi di competitività per il mercato delle costruzioni. Il carattere volontario di questi protocolli è però solo un primo passo per avvicinare le imprese e i progettisti verso una valutazione complessiva del processo/prodotto rispetto alle questioni ambientali e agli impatti. Le stesse norme internazionali e comunitarie nate recentemente vanno in questa direzione.

La scelta autonoma da parte delle organizzazioni di adottare procedure e strumenti che guidino nella valutazione delle attività da cantiere e stabiliscano i requisiti di prestazione e le azioni necessarie per la mitigazione degli impatti generati, individuino le responsabilità interne per la formazione e il controllo, è certamente un tema innovativo e qualificante che dovrebbe essere valorizzato nella scelta dei lavori e nelle procedure degli appalti. La certificazione finale del cantiere sostenibile è quindi condizione determinante per la creazione di un nuovo mercato delle costruzioni e delle imprese, nell'ottica di un miglioramento dell'efficienza del processo, per la riduzione degli impatti ambientali dalle attività di esecuzione.

Il cantiere è un sistema complesso di produzione nella quale si realizzano le opere di costruzione e nel quale lavorano numerosi operatori e professionisti. La difficoltà della gestione del cantiere risiede proprio nella quantità e nella diversità delle attività che si svolgono dentro il sito e che coinvolgono anche lo spazio esterno naturale o antropizzato.

Per quanto sia difficile esaminare ogni variabile che compone l'intero organismo, per il fatto che i cantieri sono diversi rispetto a ciò che si dovrà realizzare, tuttavia è possibile elencare degli elementi comuni che caratterizzano il cantiere.

In primo luogo è bene sottolineare come l'organismo cantiere rappresenta il luogo di produzione di lavoro, di beni materiali e di trasformazione, che occupa territorio all'interno di un centro già edificato o naturale, e spazi per le attività anche al di fuori dei suoi confini, essendo questo in collegamento, ad esempio, con i centri di produzione di materiali, tramite i percorsi stradali. Il cantiere inoltre prevede lavorazioni che variano molto, che usano macchinari differenti e figure professionali diverse durante tutte le fasi del processo di costruzione. Sono inoltre presenti luoghi dedicati all'approvvigionamento dei materiali per la messa in opera e spazi dedicati ai rifiuti da imballaggio, costruzione e demolizione. Altro fattore comune è la presenza di tante imprese e maestranze che usano gli spazi e i mezzi per le lavorazioni. Il cantiere rappresenta il luogo di produzione in continua evoluzione (può durare anche molti anni) in cui inevitabilmente si concentrano variabili da tenere sotto controllo e in cui le attività devono essere programmate in anticipo e in cui si devono evitare problemi relativi alla sicurezza di tutti gli operatori.

Tali caratteristiche sono comuni in tutti i cantieri e per quanto riguarda le problematiche ambientali si riesce a fare preliminarmente, in fase progettuale, una valutazione degli impatti, da monitorare successivamente nelle fasi esecutive.

Le principali tematiche possono essere elencate nei seguenti punti⁴⁶:

- a) ogni attività presente in cantiere determina consumo di risorse (energetiche come combustibili per i macchinari, luce elettrica, acqua, e di materie prime);
- b) le operazioni di scavo e di movimento terra causano possibili frane e problemi di stabilità e trasformano la morfologia del territorio;
- c) i macchinari, le lavorazioni del cantiere, i mezzi di trasporto, i processi di produzione e di trasformazione dei materiali (centrali di betonaggio, impasto dei leganti), le operazioni di ca-

⁴⁶ cfr. con E.Marino *Il cantiere e l'ambiente*, EPC Libri, Roma, 2002, pag.13.

rico e scarico materiali producono emissioni di gas di scarico inquinanti e polveri dannose che si riversano nelle aree di cantiere e all'esterno verso i centri abitati;

d) l'eventuale sversamento accidentale di sostanze pericolose (vernici, solventi, bitumi, oli minerali, combustibili, ecc..) potrà causare inquinamento del suolo e delle acque superficiali prossime all'area dei lavori o addirittura delle acque sotterranee (in caso di infiltrazioni attraverso il terreno); sono possibili inoltre accumuli di sedimenti nelle fognature pubbliche provocandone l'intasamento e alterazioni del drenaggio ed effetti erosivi sui terreni provocati dal deflusso delle acque meteoriche;

e) i mezzi di trasporto e i macchinari producono emissioni inquinanti e residui di materiale che imbrattano le strade pubbliche vicine al cantiere;

f) le operazioni di scavo, di carico/scarico dei materiali, di taglio dei materiali, di impasto dei leganti, di movimentazione dei macchinari e le lavorazioni, generano rumore e vibrazioni;

g) le attività di costruzione e demolizione generano enormi quantità di rifiuti;

h) le attività da cantiere producono scarti di lavorazione, rifiuti da imballaggi e materiali inutilizzati;

i) molte lavorazioni producono emissioni nocive per gli operai e arrecare danni alla salute;

j) il cantiere provoca un impatto diretto sull'ambiente naturale e sulla fauna;

k) il cantiere genera impatto visivo.

Tutti questi aspetti elencati costituiscono degli impatti ambientali non trascurabili in fase di progettazione del cantiere e durante l'esecuzione della costruzione. Spesso le incidenze inquinanti del sistema cantiere si ripercuotono all'esterno, dove sono presenti centri abitati, causando non pochi disagi ai residenti e al traffico stradale. Il cantiere infatti produce impatto visivo perché trasforma il territorio esistente o altera le zone già urbanizzate e costituisce un sistema di insediamento importante, produce polveri inquinanti che si depositano nelle vicinanze, vi sono limitazioni di mobilità dovuti ai passaggi dei mezzi da cantiere, si producono inoltre vibrazioni e aumenta sensibilmente il rumore. Da non dimenticare l'aspetto temporale: il cantiere è un sistema di produzione che ha una durata limitata rispetto alla vita dell'edificio, ma causa molti impatti negativi sull'ambiente.

Il controllo delle operazioni in tutte le fasi del processo di realizzazione è perciò determinante per ottenere maggiori garanzie di qualità costruttiva e obiettivi di prestazione e di efficienza, nell'ottica di un miglioramento della sostenibilità delle attività di costruzione.

3.3 – Valutazione delle macro-questioni ambientali nei cantieri

Nel prosieguo della trattazione si ritiene utile descrivere in modo più esauriente i temi ambientali più significativi del cantiere edile/civile, per una successiva elaborazione di procedure standard di controllo e mitigazione degli impatti da attività da costruzione⁴⁷.

1. I trasporti dallo stabilimento in cantiere: valutazione degli impatti

L'incidenza dei trasporti dei materiali e dei componenti edilizi dallo stabilimento al cantiere non è assolutamente trascurabile. La quantità dei materiali trasportati e il loro peso incidono fortemente sul numero di viaggi e sul consumo di carburante necessario per il trasporto. Per questo appare importante l'orientamento verso l'alleggerimento dei materiali da costruzione e le strategie di ottimizzazione dello spazio di carico per il trasporto. Rispetto alla produzione e all'uso di elementi di grandi dimensioni, che richiedono mezzi imponenti, sarebbe più opportuno scegliere elementi prefabbricati di piccole dimensioni, da assemblare in opera: il trasporto di elementi lineari consente una maggiore ottimizzazione del carico. La scelta del mezzo risente di eguale importanza: attualmente viene privilegiato il trasporto su gomma, per poter raggiungere comodamente ogni sito, pur essendo molto impattante dal punto di vista ambientale, se paragonato al trasporto su treno e su nave (rapporto 1:10).

Una ulteriore questione è la localizzazione dello stabilimento rispetto al cantiere e quindi le distanze da percorrere. In genere gli strumenti di valutazione ambientale degli edifici, promuovono la scelta di materiali locali al fine di ridurre gli impatti relativi ai trasporti. Il protocollo LEED ad esempio nella categoria *Materiali e risorse* promuove l'uso di materiali regionali e locali entro distanze limitate per la riduzione degli impatti da trasporto.

Conoscere la provenienza dei prodotti per l'approvvigionamento in cantiere è parte integrante del processo esecutivo ed è utile per la scelta dei fornitori e per conoscere le distanze dal luogo di produzione al sito e valutarne gli impatti generati dai mezzi di trasporto. Ulteriore questione è l'individuazione dell'operatore che "attesta" la provenienza dei materiali: il progettista in genere fornisce le specifiche tecniche relative ai prodotti, ma non si occupa della scelta

⁴⁷alcuni paragrafi sono tratti da: M.Lavagna, "Life cycle Assessment in edilizia", Hoepli, Milano 2008, pagg. 226-235.

dei fornitori, che è compito dell'impresa di costruzione. La responsabilità dunque ricadrebbe sul direttore lavori, che è il supervisore delle forniture in cantiere.

Gli indicatori necessari per la valutazione dei carichi ambientali non sono sola la distanza dal sito di produzione o il consumo del mezzo di trasporto, ma si potrebbero utilizzare anche il peso e gli ingombri nella scelta più vantaggiosa per i prodotti da costruzione. In analisi di tipo LCA si usa come indicatore la distanza moltiplicata per il peso, la tonnellata per km percorso. Il limite di questo indicatore è di non far emergere il vantaggio derivato dalla compattazione degli ingombri e dall'ottimizzazione del carico del singolo mezzo.

II. Uso del suolo e lavori di movimentazione terra

Prima di eseguire i lavori di scavo e di installazione del cantiere, la scelta del sito su cui sorgerà l'edificio ha delle conseguenze importanti sugli impatti ambientali generati. L'attenzione verso dei criteri ambientali di insediamento sostenibile è motivata dall'esigenza di un minor consumo di territorio vergine e a scelte che non alterino gli equilibri dell'ecosistema locale, rispetto agli aspetti geologici, topografici, idrologici, climatici. L'area di costruzione dovrebbe essere possibilmente un'area da riqualificare o addirittura bonificare; è inoltre preferibile l'operazione di riuso di spazi esistenti con recupero, piuttosto che costruzione ex-novo, per ridurre l'uso di risorse e produzione di rifiuti. Un'altra scelta sostenibile è quella di utilizzare suoli già dotati di infrastrutture e allacciamenti impiantistici, oltre che di dotazioni territoriali, per evitare costi e lavori aggiuntivi e ridurre al minimo l'impatto delle opere nuove.

Un primo determinante impatto prodotto dall'edificio al momento della sua realizzazione è lo scavo del terreno per le fondazioni e le parti interrato, come garage, cantine, rampe di accesso, muri di sostegno. La produzione di rifiuti nel settore edile è per il 78% proveniente dagli scavi e per il 14% dalla demolizione degli edifici. Spesso sono necessarie delle bonifiche per ripristinare i terreni contaminati da inquinanti e rifiuti, spesso di derivazione industriale.

Tutte le operazioni di movimentazione terra per la realizzazione dell'edificio sono determinanti in termini di impatti ambientali: da un lato le operazioni di scavo comportano una notevole movimentazione terra, che deve essere conferita in discarica, dall'altro la realizzazione di strade e infrastrutture impiantistiche determina la colonizzazione di ulteriori porzioni di suolo. Le operazioni di scavo e di movimentazione alterano l'equilibrio idrico dei terreni, modificandone il naturale drenaggio e causando instabilità e possibili frane. Inoltre sono necessari interventi per il controllo dei fenomeni di erosione del suolo, che portano alla disgregazione della superficie, provocate dalle acque meteoriche o da vento e ghiaccio. Altra questione è la

sedimentazione dovuta alle precipitazioni ovvero il trasporto e l'accumulo di materiale inquinante o di vario genere derivante dalle attività di cantiere negli scarichi pubblici o negli ambienti naturali.

III. Macchinari da cantiere e lavorazioni: valutazione degli impatti ambientali

Il cantiere è luogo di lavorazioni e, come tale, luogo in cui si determinano consumi di risorse (energia, acqua, combustibili e materie prime) e impatti ambientali, la cui incidenza è più o meno consistente in relazione ai tipi di operazione svolti. Innanzitutto, come già scritto, le operazioni di scavo e di movimentazione terra producono rifiuti da conferire in discarica.

Il cantiere è inoltre dotato di macchinari e mezzi, che consumano energia come elettricità e carburante (gasolio). I macchinari producono notevole rumore e inquinamento nelle zone circostanti; lo stesso sistemi dei trasporti legati al cantiere genera emissioni inquinanti, polveri, vibrazioni e rumore nel sito e all'esterno, durante tutte le operazioni di carico/scarico/deposito dei materiali. Il tipo di macchinari che si rendono necessari per le lavorazioni e movimentazioni del cantiere dipendono dal tipo di realizzazione, dalla dimensione dell'intervento, dalla dimensione e peso dei componenti da movimentare.

Durante la gestione del cantiere, soprattutto se si tratta di un cantiere tradizionale, gli impatti sono generati dalle lavorazioni in opera, che richiedono energia e acqua e producono rifiuti (taglio dei materiali, impasto di inerti e leganti ecc...).

Alcuni materiali edilizi possono arrecare danni alla salute degli operai per contatto durante il maneggiamento o per inalazione. Per esempio i materiali isolanti fibrosi possono rilasciare polveri o fibre che possono essere inalate e possono essere urticanti se toccati. Altro aspetto rilevante è l'uso di collanti e additivi e di sostanze pericolose per la salute.

Le lavorazioni possono determinare inquinamento per l'uso di sostanze chimiche, vernici, solventi, combustibili, primer e prodotti sintetici, che si infiltrano all'interno dei materiali da posa nell'edificio o penetrano nei corpi idrici o nelle falde acquifere attraverso il terreno.

Sempre riguardo alle operazioni, un'ulteriore questione è determinata dalla produzione di scarti di lavorazioni, sfridi, rifiuti di materiale non utilizzati, che spesso finiscono in discarica. Un controllo di tipo LCA è pressoché impossibile, ma la valutazione globale dell'impatto potrebbe essere calcolata sulla base della quantità di rifiuti che invece viene riciclato e recuperato dalle aziende produttrici.

I cantieri di tipo tradizionale sono caratterizzati da una serie di operazioni che possono avere una incidenza significativa sugli impatti ambientali complessivi. Spesso si usano strutture ausiliarie (ponteggi, casseri, puntelli ecc...), che non sempre vengono recuperate e riutilizzate, e che quindi vanno a pesare sul bilancio di input/output complessivo. Si ritiene che un ingegnerizzazione delle procedure, con l'ausilio di elementi riutilizzabili possa generare maggiori economie.

Il controllo di tutte le operazioni interne del cantiere dovrebbe essere affidato alla direzione lavori, che coinvolgerebbe l'impresa e gli operatori a una gestione efficiente delle lavorazioni, al fine di una massima riduzione degli scarti e dei rifiuti.

Infine una valutazione sugli impatti generati dalle tipiche lavorazioni a umido che caratterizzano la maggior parte dei cantieri edili (centrali di betonaggio, impasti, getti di calcestruzzo, intonaci ecc...) sono inutili poiché non vi sono indicatori ambientali che rappresentano il carico inquinante sull'ambiente.

IV. La questione rifiuti: dagli imballaggi ai rifiuti di costruzione e demolizione

Gli imballaggi servono a proteggere i materiali sia durante il periodo di stoccaggio in stabilimento sia durante le fasi di trasporto e stoccaggio in cantiere prima della messa in opera. Molti materiali devono essere accuratamente protetti dall'imballaggio perché sensibili all'umidità, ai raggi UV del sole e agli agenti atmosferici. Sono quindi necessarie delle aree protette e sicure predisposte per il deposito in cantiere. Un imballaggio poco protettivo oppure una rottura nell'imballaggio possono alterare la qualità prestazionale dei materiali e deteriorarli ancora prima della messa in opera.

Inoltre i materiali devono essere protetti da umidità e sostanze contaminanti, ai fini della qualità dell'aria interna: in cantiere sono presenti diversi tipi di contaminanti aerei (polvere, fibre, composti organici volatili, sostanze derivate da combustione, agenti biologici) prodotti dalle attività costruttive (maneggiamento di materiali fibrosi, emissioni da pitture e solventi, particolato derivante dalla combustione per azionare i macchinari). Gli imballaggi assorbono questi inquinanti, si formano muffe e batteri, e si danneggiano i prodotti contenuti.

Durante i lavori interni alla costruzione è bene riparare gli impianti di areazione, le canalizzazioni e le macchine termiche, da polveri e sostanze volatili per non compromettere le condizioni igieniche.

Pertanto sono necessari gli imballaggi, ma rappresentano uno scarto che incrementa l'impatto inquinante sull'ambiente. Infatti si tratta quasi sempre di materiali "usa e getta", normalmente fogli di polietilene, quindi plastici e di elevato impatto, che divengono, dopo un brevissimo ciclo di vita, rifiuto di cantiere. Insieme a questi, vengono usati i pallets, solitamente di legno, che sono bruciati in cantiere senza recupero energetico.

Tra le questioni ambientali nel cantiere, la gestione rifiuti⁴⁸ costituisce la problematica di maggior rilievo. Le caratteristiche dei rifiuti variano in funzione del tipo di lavori:

V. Attività di costruzione

Si tratta, in generale, di rifiuti "puliti" quali rimanenze di materiali vari (dovute a esuberi negli ordini/forniture), scarti di lavorazione, materiali/prodotti difettati, imballaggi vari. Alcuni di essi possono essere pericolosi (com'è il caso dei residui di vernici, dei prodotti impermeabilizzanti contenenti catrame, dei contenitori di sostanze pericolose, ecc...).

Ammontano a circa il 10-20% del totale dei rifiuti di costruzione e demolizione.

VI. Attività di demolizione

Si tratta di "rifiuti misti di natura varia", costituiti principalmente da materiale inerte (laterizi, intonaci, calcestruzzo armato e non, sfridi e rottami di ceramica cotta provenienti da scarti di produzione, materiale lapideo di grossa/media pezzatura, conglomerato bituminoso, residuo di pietrisco, prefabbricati cementizi, residui di lavorazione di rocce da cava, terre di scavo). Essi ammontano a circa il 30-50% del totale dei rifiuti di costruzione/demolizione.

VII. Attività di recupero del patrimonio edilizio esistente

I rifiuti di questo tipo di attività sono molto simili a quelli di demolizione ma contengono, in percentuale, maggiori quantità di materiali per finiture e di materiale lapideo di grossa/media pezzatura. L'attività di recupero produce anche (in quantità minori rispetto all'attività di co-

⁴⁸ E.Marino *Il cantiere e l'ambiente*, EPC Libri, Roma, 2002, pagg.13 e 14.

struzione) rimanenze di materiali, scarti di lavorazione, materiali/prodotti difettati e imballaggi vari.

I rifiuti dovuti all'attività di recupero del patrimonio edilizio esistente ammontano a circa il 40-50% del totale dei rifiuti di costruzione/demolizione.

Una corretta gestione dei rifiuti prodotti in cantiere è di fondamentale importanza: occorre puntare alla prevenzione e al recupero. La prevenzione deve essere attuata principalmente in fase di progettazione dell'opera (la quantità di rifiuti prodotti nelle attività di costruzione/recupero/demolizione dipende, infatti, in gran parte dalle scelte progettuali iniziali); in fase di realizzazione si può intervenire sulle rimanenze di magazzino (effettuando un'accorta gestione degli ordini), sugli sfridi e sugli scarti di lavorazione (eseguendo i lavori con accuratezza), sui materiali inutilizzabili perché difettati (controllando attentamente la merce in entrata). Il recupero dei materiali consente il riuso o il riciclo e porta due vantaggi: una riduzione di grandi volumi di rifiuti destinati alla discarica e la conservazione delle risorse naturali.

Molti dei rifiuti prodotti in un cantiere sono recuperabili (possono cioè essere trasformati, previ opportuni trattamenti in nuovi materiali o prodotti), in particolare i rifiuti derivanti dall'attività di demolizione.

Per un recupero ottimale dei rifiuti di questo tipo di attività è fondamentale procedere ad una demolizione selettiva. Essa deve essere preceduta dalla fase di smantellamento di tutti quegli elementi finiti atti al ri-uso (ad esempio tegole, soglie, infissi, cancelli, elementi in pietra e ceramica, pannelli prefabbricati, ecc...). Le successive operazioni di demolizione devono mirare ad ottenere rifiuti separati per tipologia (inerti, metalli, vetro, legname, plastica, ecc...).

Una frazione pari ad almeno il 70% del totale dei rifiuti derivanti dalle attività di costruzione/demolizione/recupero è costituita dai rifiuti inerti i quali, pur contenendo percentuali di inquinanti relativamente basse, creano seri problemi ambientali per i volumi in gioco e perché spesso illegalmente smaltiti.

Il Decreto Ministeriale del 5 febbraio 1998⁴⁹ consente il riutilizzo di rifiuti inerti nel comparto edilizio e nel recupero ambientale dopo opportuni trattamenti di macinazione, vagliatura, selezione granulometrica e separazione della frazione metallica e delle frazioni leggere (carta, plastica, legno).

I materiali provenienti dal riciclaggio degli scarti delle attività di costruzione/demolizione possono essere considerati equivalenti alle terre di origine naturale e alle miscele di aggregati

⁴⁹ Decreto "Ronchi".

naturali frantumati; attualmente essi trovano impiego nella costruzione delle strade (corpo dei rilevati, sottofondi stradali, riempimenti e colmate, strati accessori, strati di fondazione, strati cementati o nella costruzione del corpo dei rilevati ferroviari).

Il riciclo degli inerti rappresenta un modello sostenibile per la riduzione dei volumi da conferire in discarica, per il riutilizzo in altri settori costruttivi e per il risparmio delle attività di estrazione da cava.

CAPITOLO 4

4.1 – La normativa ambientale nel settore delle costruzioni

Premessa

La valutazione degli aspetti ambientali significativi per la gestione del cantiere deve presupporre il rispetto degli adempimenti normativi vigenti nazionali e comunitari (questi sono recepiti dai nazionali).

Il complesso quadro giuridico rispetto alla normativa sull'ambiente, talvolta molto restrittivo nelle norme, viene descritto di seguito nelle sue indicazioni principali, ovvero nei termini di riferimento per le imprese di costruzione.

Gli adempimenti ambientali⁵⁰ sono relative ai seguenti aspetti:

- RUMORE
- SCARICHI IDRICI
- EMISSIONI IN ATMOSFERA
- BONIFICA DEI SITI INQUINATI
- RIFIUTI

Per ciascuno aspetto viene riportato uno schema così strutturato:

- PREMESSA sulla rilevanza di quell'aspetto ambientale nelle attività di cantiere;
- DEFINIZIONE dell'aspetto ambientale secondo la normativa;
- PRINCIPALI NORMATIVE IN MATERIA;
- GENERALITA' su quanto previsto dal quadro normativo di riferimento;
- ADEMPIMENTI delle imprese e dei responsabili in cantiere;
- MODALITA' DI VERIFICA E CONTROLLO delle autorità competenti;
- SANZIONI previste in caso di inadempienze, con riferimento alle attività di cantiere.

⁵⁰ La struttura del testo e alcuni capitoli sono tratti da E.Marino *Il cantiere e l'ambiente*, EPC Libri, Roma, 2002, pagg. 93 e seguenti; i testi delle normative sono stati consultati in rete, sul sito della Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana o sul sito web: <http://www.normattiva.it/>

I. Rumore

Il rumore costituisce un aspetto ambientale rilevante in cantiere, anche se sono possibili delle deroghe ai limiti fissati dalla normativa, richieste dalle imprese di costruzione per le attività di cantiere.

Di norme sul rumore se ne trovano nel codice civile (art.844) riguardante il diritto alla salute sulla tollerabilità del rumore nelle proprietà private, e nel codice penale (art. 659) in cui si indica la pena per il disturbo arrecato. L'indeterminatezza di tali norme circa la definizione di rumore, di disturbo e l'incompletezza sul metodo di misura ha causato l'esigenza di una più profonda regolamentazione sulla materia.

La prima normativa tecnica è stato il D.P.C.M. 1/3/1991 - *Limiti massimi di esposizione al rumore⁵¹ negli ambienti abitativi⁵² e nell'ambiente esterno* – che ha stabilito i limiti di accettabilità per l'inquinamento acustico sia in via transitorio che definitiva.

Il Decreto 01/03/91 è però un atto normativo prettamente tecnico e pertanto carente di indicazioni di altra natura; si è così emanata una legge-quadro per regolamentare l'intera materia, fissando competenze, definendo i tipi di sorgente, le modalità autorizzative, le sanzioni in caso di violazioni: è nata così la Legge 447/95, cui hanno fatto seguito numerosi decreti attuativi e recepimenti da parte delle Regioni.

DEFINIZIONI

Inquinamento acustico (art. 2 Legge 447/95)

L'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi.

Sorgenti sonore fisse (art. 2 Legge 447/95)

Gli impianti tecnici degli edifici e le altre installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore; le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime, industriali, artigianali, commerciali ed agricole; i parcheggi; le aree adibite a stabi-

⁵¹ *Rumore*: qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderati, disturbanti o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente.

⁵² *Ambienti abitativi*: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane: vengono esclusi gli ambienti di lavoro salvo quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti esterne o interne non connesse con attività lavorativa.

limitanti di movimentazione merci; i depositi dei mezzi di trasporto di persone e merci; le aree adibite ad attività sportive e ricreative.

Valori limite di emissione (art. 2 Legge 447/95)

Il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.

Valori limite di immissione (art. 2 Legge 447/95)

Il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori.

PRINCIPALI NORMATIVE IN MATERIA DI INQUINAMENTO ACUSTICO

Normative nazionali

- D.P.C.M. 1/3/91 – *Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.*
- Legge n°447 del 26 ottobre 1995 – *Legge quadro sull'inquinamento acustico.*
- D.P.C.M. 14/11/1997 – *Aggiornamento del D.P.C.M 1/3/91- Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.*

Normativa della Regione Emilia Romagna

- Circolare dell'Assessore n°23 del 01/08/1991 – *Applicazione del D.P.C.M. 1/3/91- Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.*

GENERALITÀ

Criteri di base

- Tutti i Comuni devono suddividere il proprio territorio in zone omogenee in relazione alla diversa destinazione d'uso.
- Devono essere rispettati i limiti massimi di rumorosità per ciascuna zona omogenea.
- Si può tenere conto del criterio differenziale per alcune zone.
- Per alcune attività temporanee e/o all'aperto sono previste deroghe ai limiti di rumorosità.

Zonizzazione (D.P.C.M. 1/3/91 tabella 1)

I Comuni devono suddividere il territorio in zone in relazione alla diversa classe di destinazione:

- Classe I - Aree particolarmente protette

Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione; aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc...

Classe II - Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali.

Classe III - Aree di tipo misto

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione con presenza di attività commerciali ed con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.

Classe IV - Aree di intensa attività umana

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali; le aree con limitata presenza di piccole industrie.

Classe V - Aree prevalentemente industriali

Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.

Classe VI - Aree esclusivamente industriali

Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi

Valori dei limiti massimi del livello sonoro equivalente $L_{eq}(A)^{53}$ relative alle classi di destinazione d'uso del territorio di riferimento (D.P.C.M. 1/3/91 tabella 2)

| CLASSI DI DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO | TEMPI DI RIFERIMENTO | |
|--|----------------------|-----------------|
| | <i>Diurno</i> | <i>Notturmo</i> |
| I Aree particolarmente protette | 50 | 40 |
| II Aree prevalentemente residenziali | 55 | 45 |
| III Aree di tipo misto | 60 | 50 |
| IV Aree di intensa attività umana | 65 | 55 |
| V Aree prevalentemente industriali | 70 | 60 |
| VI Aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

⁵³ Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, misurato in decibel (dB), definito secondo l'allegato A, comma 8 del D.P.C.M. 1/3/91

In attesa della suddivisione del territorio comunale nelle zone di cui alla tabella 1, si applicano per le sorgenti sonore fisse i seguenti limiti di accettabilità (art.6 D.P.C.M. 1/3/91):

| Zonizzazione | Limite diurno L_{eq} (A) | Limite notturno L_{eq} (A) |
|---|----------------------------|------------------------------|
| Tutto il territorio nazionale | 70 | 60 |
| Zona A ^(*) | 65 | 55 |
| Zona B ^(*) | 60 | 50 |
| Zona esclusivamente industriale | 70 | 70 |
| ^(*) Zone di cui all'art.2 del decreto ministeriale 2 aprile 1968 | | |

CRITERIO DIFFERENZIALE (art.6 comma 2 D.P.C.M. 1/3/91)

Per le zone non esclusivamente industriali indicate in precedenza, oltre ai limiti massimi in assoluto per il rumore, sono stabilite anche le seguenti differenze da non superare tra il livello equivalente del rumore ambientale e quello del rumore residuo (criterio differenziale): 5 dB (A) per il L_{eq} (A) durante il periodo diurno: 3 dB (A) per il L_{eq} (A) durante il periodo notturno. La misura deve essere effettuata nel tempo di osservazione del fenomeno acustico negli ambienti abitativi.

DEROGHE (art.1 comma 4 D.P.C.M. 1/3/91)

Le attività temporanee, quali cantieri edili, le manifestazioni in luogo pubblico o aperto al pubblico, qualora comportino l'impiego di macchinari ed impianti rumorosi, debbono essere autorizzate anche in deroga ai limiti dal sindaco, il quale stabilisce le opportune prescrizioni per limitare l'inquinamento acustico sentita la competente USL.

COMPETENZE (art.4 Legge 447/95)

Regioni: definiscono con legge i criteri in base ai quali i comuni devono tenere conto delle preesistenti destinazioni d'uso del territorio e indicare altresì le aree da destinarsi a spettacolo a carattere temporaneo, ovvero mobile, ovvero all'aperto procedendo alla classificazione del proprio territorio nelle zone previste e stabilendo il divieto di contatto diretto di aree, anche appartenenti a comuni confinanti, quando esse comportino l'impiego di macchinari o impianti rumorosi.

Comuni: devono provvedere alla zonizzazione del territorio comunale e alla classificazione e controllare il rispetto della normativa di tutela dell'inquinamento acustico all'atto del rilascio delle concessioni edilizie e anche per tutte le attività temporanee in deroga ai valori limite.

RILASCIO DELLE AUTORIZZAZIONI E ADEMPIMENTI

Un'impresa che svolga attività di cantiere è tenuta a richiedere al Sindaco o all'ufficio tecnico competente l'autorizzazione in deroga al superamento dei valori limite di emissioni sonore.

La richiesta normalmente viene firmata da un legale rappresentante dell'impresa esecutrice.

Generalmente i moduli per l'autorizzazione in deroga presentano le stesse richieste e gli adempimenti necessari con la documentazione da allegare:

a) Elaborati grafici contenenti:

1. stralcio della mappa topografica (in scala adeguata) nella quale siano evidenziate l'area di cantiere e le aree circostanti, con la destinazione d'uso degli edifici;
2. planimetria dell'area di cantiere;
3. stralcio della zonizzazione acustica relativa alla zona di intervento ed alle zone limitrofe potenzialmente interessate dalle emissioni sonore del cantiere;

b) Relazione tecnica illustrativa contenente:

1. dettagliata descrizione delle lavorazioni eseguite all'interno del cantiere, nonché dei macchinari utilizzati, tempi di utilizzo delle principali sorgenti, livelli di potenza sonora e di pressione sonora a distanza nota, eventuale presenza di componenti tonali, a bassa frequenza o impulsive. Se presenti dovranno essere descritti dimensioni e natura di ostacoli sui percorsi di propagazione del rumore verso i ricettori.
2. valutazione del periodo (giorni, orari, lavorazioni e macchinari) in cui è prevista la massima immissione di rumore all'interno dell'attività di cantiere, con indicazione dei livelli di pressione sonora previsti in facciata ai più vicini ricettori.
3. indicazione degli ambienti abitativi (ricettori), degli spazi utilizzati da persone o comunità presumibilmente più esposti al rumore proveniente dall'attività di cantiere (tenendo conto della classificazione acustica, della distanza, della direzionalità e dell'altezza delle sorgenti sonore, della propagazione del rumore, dell'altezza delle finestre degli edifici esposti, ecc.).
4. descrizione degli interventi di bonifica acustica eventualmente previsti per minimizzare il disturbo prodotto dalle sorgenti rumorose oggetto di richiesta di deroga, supportata da ogni informazione utile a specificarne le caratteristiche ed individuarne le proprietà per la riduzione dei livelli sonori, nonché l'entità prevedibile delle riduzioni stesse.
5. indicazione delle giornate e degli orari per i quali si richiede la deroga.
6. recapito del responsabile di cantiere.

L'autorizzazione deve essere esposta sul luogo dove si svolge l'attività ed esibita agli organi di vigilanza preposti al controllo.

CONTROLLI (art.14 Legge 447/95)

Le amministrazioni provinciali, al fine di esercitare le funzioni di controllo e di vigilanza per l'attuazione della presente legge in ambiti territoriali ricadenti nel territorio di più comuni ricompresi nella circoscrizione provinciale, utilizzano le strutture delle agenzie regionali dell'ambiente (ARPA).

Il comune esercita le funzioni amministrative relative al controllo sull'osservanza della disciplina stabilita relativamente al rumore prodotto dall'uso di macchine rumorose e da attività svolte all'aperto (attività di cantiere).

Il personale incaricato dei controlli di cui al presente articolo ed il personale delle agenzie regionali dell'ambiente, nell'esercizio delle medesime funzioni di controllo e di vigilanza, può accedere agli impianti ed alle sedi di attività che costituiscono fonte di rumore, e richiedere i dati, le informazioni e i documenti necessari per l'espletamento delle proprie funzioni. Tale personale è munito di documento di riconoscimento rilasciato dall'ente o dall'agenzia di appartenenza. Il segreto industriale non può essere opposto per evitare od ostacolare le attività di verifica o di controllo.

SANZIONI (art. 10 Legge 447/95)

Le violazioni sono punite, ai sensi del comma 3 dell'art. 10 della Legge 447/95, con la sanzione amministrativa da € 258,00 a € 10.329,00.

II. Scarichi idrici

Il quadro normativo in materia di acque è molto complesso e in continua evoluzione.

La principale normativa sugli scarichi idrici e sulle acque è il D.lgs. 11 maggio 1999 n. 152, recante "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole".

Oggi tale normativa risulta essere abrogata e superata dal Decreto legislativo 3 aprile 2006 n°152 *Norme in materia ambientale*, un complesso codice normativo che sostituisce le principali norme del settore ambientale. In esso si recepisce la Direttiva Quadro europea in materia di acque (Dir 2000/60/CE).

Rispetto alle attività cantieristiche è evidente che la normativa da seguire è quella relativa agli scarichi, ovvero la immissione diretta in condotte di acque reflue liquide, semiliquide convogliabili in superficie, nel sottosuolo e in rete fognaria.

Le acque di scarico di un cantiere edile sono quelle derivanti dall'uso di servizi igienici e della mensa (se prevista) da parte delle maestranze. Lo smaltimento avviene con modalità differenti in funzione dell'ubicazione del cantiere, delle caratteristiche geofisiche del terreno, della durata dei lavori, del numero di operai.

Generalmente è possibile l'allacciamento alla rete fognaria comunale per tutta la durata dei lavori del cantiere o si provvede a soluzioni alternative come l'uso di bagni chimici che raccolgono il refluo in una fossa settica, periodicamente svuotata da aziende specializzate.

DEFINIZIONI (art. 74 D.lgs. 152/2006)

Acque reflue domestiche

Acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche.

Acque reflue industriali

Qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici od impianti in cui si svolgono attività commerciali o di produzioni di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento.

Acque sotterranee

Tutte le acque che si trovano al di sotto della superficie del suolo, nella zona di saturazione e in diretto contatto con il suolo e il sottosuolo.

Inquinamento

L'introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana di sostanze o di calore nell'acqua che possono nuocere alla salute umana o alla qualità degli ecosistemi acquatici, perturbando, deturpando o deteriorando i valori ricreativi o altri legittimi usi dell'ambiente.

Scarico

Qualsiasi immissione effettuata esclusivamente tramite un sistema stabile di collettamento che collega senza soluzione di continuità il ciclo di produzione del refluo con il corpo ricevente acque superficiali, sul suolo, nel sottosuolo e in rete fognaria, indipendentemente dalla loro natura inquinante, anche sottoposte a preventivo trattamento di depurazione.

PRINCIPALI NORMATIVE IN MATERIA DI SCARICHI IDRICI

Normative nazionali

- D.lgs. 152/99 *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento da nitrati provenienti da fonte agricole.*
- D.lgs 152/2006 *Norme in materia ambientale* – Parte terza: norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche.

GENERALITÀ

Finalità (art. 73 D.lgs. 152/2006)

Le disposizioni definiscono la disciplina generale per la tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee perseguendo i seguenti obiettivi:

- prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati;
- conseguire il miglioramento dello stato delle acque ed adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi;
- perseguire usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, con priorità di quelle potabili;
- mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate;
- mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

Il raggiungimento degli obiettivi si realizza attraverso i seguenti strumenti:

- l'individuazione di obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione dei corpi idrici;
- la tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi nell'ambito di ciascun distretto idrografico ed un adeguato sistema di controlli e sanzioni;
- il rispetto dei valori limite agli scarichi fissati dallo Stato, nonché la definizione di valori limite in relazione agli obiettivi di qualità del corpo recettore;
- l'adeguamento dei sistemi di fognatura, collegamento e depurazione degli scarichi idrici, nell'ambito del servizio idrico integrato;
- l'individuazione di misure per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento nelle zone vulnerabili e nelle aree sensibili;
- l'individuazione di misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche;

- l'adozione di misure per la graduale riduzione degli scarichi;
- l'adozione delle misure volte al controllo degli scarichi e delle emissioni nelle acque superficiali.

VALORI LIMITE DI EMISSIONE

S'intende il limite di accettabilità di una sostanza inquinante contenuta in uno scarico, misurata in concentrazione, oppure in massa per unità di prodotto o di materia prima lavorata, o in massa per unità di tempo. I valori limite di emissione si applicano di norma nel punto di fuoriuscita delle emissioni dall'impianto, a condizione di garantire un livello equivalente di protezione dell'ambiente nel suo insieme e di non portare carichi inquinanti maggiori nell'ambiente.

Il D.lgs. 152/2006, nella Parte III Allegato 5, fissa i valori limite di emissione per le varie sostanze per ogni tipologia di scarico idrico.

I valori limite di emissione non possono in alcun caso essere conseguiti mediante diluizione con acque prelevate esclusivamente allo scopo (art.101 comma 5 D.lgs. 152 /2006).

DISCIPLINA DEGLI SCARICHI (D.lgs. 152/2006)

Tutti gli scarichi sono disciplinati in funzione del rispetto degli obiettivi di qualità dei corpi idrici e devono comunque rispettare i valori limite di emissione.

Scarichi sul suolo

E' vietato lo scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo (con alcune eccezioni).

Scarichi nel sottosuolo e nelle acque sotterranee

E' vietato lo scarico diretto nelle acque sotterranee e nel sottosuolo.

Scarichi in acque superficiali (corpi idrici, fiumi, mare)

Gli scarichi di acque reflue industriali devono rispettare i valori limite di emissione.

Gli acque reflue urbane devono essere sottoposte, prima dello scarico, ad un trattamento appropriato.

Scarichi in rete fognaria

Scarichi industriali: ferma restando l'inderogabilità dei valori limite di emissione, gli scarichi di acque reflue industriali che recapitano in reti fognarie sono sottoposti alle norme tecniche, alle prescrizioni regolamentari e ai valori limite adottati dall'Autorità d'ambito competente in

base alle caratteristiche dell'impianto, e in modo che sia assicurata la tutela del corpo idrico ricettore nonché il rispetto della disciplina degli scarichi di acque reflue urbane.

Scarichi di acque reflue domestiche: sono sempre ammessi purché osservino i regolamenti emanati dal soggetto gestore del servizio idrico integrato ed approvati dall'Autorità d'ambito competente.

Rifiuti: non è ammesso lo smaltimento dei rifiuti, anche se triturati, in fognatura.

AUTORIZZAZIONI E ADEMPIMENTI (D.lgs. 152/2006)

Tutti gli scarichi devono essere preventivamente autorizzati. L'autorizzazione è rilasciata al titolare dell'attività da cui origina lo scarico.

Scarichi di acque reflue domestiche

Il regime autorizzatorio degli scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie, servite o meno da impianti di depurazione delle acque reflue urbane, è definito dalle regioni. Gli scarichi di acque reflue domestiche in reti fognarie sono sempre ammessi nell'osservanza dei regolamenti fissati dal gestore del servizio idrico integrato ed approvati dall'Autorità d'ambito.

L'autorizzazione è valida per quattro anni dal momento del rilascio. Un anno prima della scadenza ne deve essere chiesto il rinnovo. Nel caso di insediamenti abitativi nuovi o di insediamenti soggetti a modifiche dello schema fognario, l'autorizzazione all'allacciamento in fognatura è compresa nelle concessioni edilizie/DIA.

Le spese occorrenti per l'effettuazione di rilievi, accertamenti, controlli e sopralluoghi necessari per l'istruttoria delle domande di autorizzazione allo scarico sono a carico del richiedente. L'autorità competente determina, preliminarmente all'istruttoria e in via provvisoria, la somma che il richiedente è tenuto a versare, a titolo di deposito, quale condizione di procedibilità della domanda.

La medesima Autorità, completata l'istruttoria, provvede alla liquidazione definitiva delle spese sostenute.

Scarichi di acque reflue industriali

La domanda di autorizzazione agli scarichi di acque reflue industriali deve essere corredata dall'indicazione delle caratteristiche quantitative e qualitative dello scarico e del volume annuo di acqua da scaricare, dalla tipologia del ricettore, dalla individuazione del punto previsto per effettuare i prelievi di controllo, dalla descrizione del sistema complessivo dello scarico ivi comprese le operazioni ad esso funzionalmente connesse, dall'eventuale sistema di misurazione del flusso degli scarichi, ove richiesto, e dalla indicazione delle apparecchiature im-

piegate nel processo produttivo e nei sistemi di scarico nonché dei sistemi di depurazione utilizzati per conseguire il rispetto dei valori limite di emissione.

CONTROLLI (art.128-132 D.lgs. 152/2006)

L'autorità competente (ARPA) effettua il controllo degli scarichi sulla base di un programma che assicuri un periodico, diffuso, effettivo ed imparziale sistema di controlli. Essa è autorizzata a effettuare le ispezioni, i controlli e i prelievi necessari all'accertamento del rispetto dei valori limite di emissione, delle prescrizioni contenute nei provvedimenti autorizzatori o regolamentari e delle condizioni che danno luogo alla formazione degli scarichi. Il titolare dello scarico è tenuto a fornire le informazioni richieste e a consentire l'accesso ai luoghi dai quali origina lo scarico.

SANZIONI (art.133-140 D.lgs. 152/2006)

Le sanzioni possono essere, a seconda della gravità, di tipo amministrativo o penale.

Chiunque, nell'effettuazione di uno scarico, superi i valori limite di emissione fissati nelle tabelle del D.lgs. 152/2006 oppure i diversi valori limite stabiliti dalle regioni, o quelli fissati dalla autorità competente, è punito con la sanzione amministrativa da tremila euro a trentamila euro.

Chiunque apra o comunque effettui scarichi di acque reflue domestiche o di reti fognarie, servite o meno da impianti pubblici di depurazione, senza l'autorizzazione, oppure continui ad effettuare o mantenere detti scarichi dopo che l'autorizzazione sia stata sospesa o revocata, è punito con la sanzione amministrativa da seimila a sessantamila euro.

Il titolare di uno scarico che non consente l'accesso agli insediamenti da parte del soggetto incaricato del controllo, è punito con la pena dell'arresto fino a due anni.

III. Emissioni in atmosfera

Il quadro normativo nazionale in materia di emissioni atmosferiche è molto complesso. La normativa principale è il D.P.R. 203/88 relativa all'inquinamento atmosferico prodotto dagli impianti industriali di produzione di beni e servizi, comprese le imprese artigiane per la protezione della salute e dell'ambiente. Tale decreto risulta ad oggi abrogato dal più recente D.lgs. 152/2006 *Norme in materia ambientale*.

Le attività svolte in un cantiere, per la maggior parte dei casi, non prevedono impianti fissi che generano emissioni inquinanti. L'applicazione della normativa è però necessaria nel caso si utilizzino centrali di produzione del calcestruzzo all'interno dell'area di cantiere.

L'altra questione ambientale è caratterizzata dalle polveri, intese come particelle solide disperse in aria organiche o inorganiche, anche tossiche, prodotte da differenti attività di cantiere (movimentazione terre e sabbie, produzione di calcestruzzo, trasporti interni, carico e scarico materiali, lavorazioni edili generiche). Molto spesso si tratta di polveri generate da attività meccaniche di demolizione, scavo, costruzione, taglio dei materiali e composte da elementi lapidei, da gesso e calce o frammenti di laterizi o piastrelle. La maggior parte delle polveri di cantiere sono composte da silicati e silice. La normativa italiana⁵⁴ e comunitaria non prevede un valore limite di riferimento per l'esposizione a silice libera cristallina. La comunità scientifica internazionale è concorde nel riconoscere la SLC come sostanza pericolosa per la salute dell'uomo e potenziale cancerogeno.

DEFINIZIONI (art.268 D.lgs. 152/2006)

Inquinamento atmosferico

Ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o di più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell'ambiente oppure tali da ledere i beni materiali o compromettere gli usi legittimi dell'ambiente.

Emissione

Qualsiasi sostanza solida, liquida o gassosa introdotta nell'atmosfera che possa causare inquinamento atmosferico e qualsiasi scarico di COV⁵⁵ nell'ambiente.

Stabilimento

Il complesso unitario e stabile, che si configura come un complessivo ciclo produttivo, sottoposto al potere decisionale di un unico gestore, in cui sono presenti uno o più impianti o sono effettuate una o più attività che producono emissioni attraverso, per esempio, dispositivi mobili, operazioni manuali, deposizioni e movimentazioni. Si considera stabilimento anche il luogo adibito in modo stabile all'esercizio di una o più attività.

⁵⁴ fonte ARPA Emilia Romagna: http://www.arpa.emr.it/pubblicazioni/amianto/generale_1367.asp

⁵⁵ COV: composti organici volatili

PRINCIPALI NORMATIVE IN MATERIA DI EMISSIONI ATMOSFERICHE

Normative nazionali

- D.P.R. 203/88 *Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali.*
- D.lgs 152/2006 *Norme in materia ambientale* – Parte quinta: norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera.

GENERALITÀ

Per tutti gli stabilimenti che producono emissioni deve essere richiesta un'autorizzazione agli enti competenti in cui si stabilizzano i valori limite da rispettare, le prescrizioni, i metodi di controllo degli impianti.

VALORI DI EMISSIONE (art. 271 D.lgs. 152/2006)

I valori limite minimi e massimi di emissione sono descritti negli allegati alla parte quinta del decreto; vengono raggruppati in categorie sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche e del livello di tossicità:

- sostanze ritenute cancerogene e/o tossiche per la riproduzione e/o mutagene;
- sostanze di tossicità e cumulabilità particolarmente elevate;
- sostanze inorganiche che si presentano prevalentemente sotto forma di polvere;
- sostanze inorganiche che si presentano prevalentemente sotto forma di gas o vapore;
- composti organici sotto forma di gas, vapori o polveri;
- polveri totali.

Si definiscono tali limiti per ogni genere di impianto di produzione.

Le autorità regionali e/o locali attraverso le normative sulla qualità dell'aria possono tuttavia imporre limiti ulteriori rispetto al decreto di cui sopra.

AUTORIZZAZIONI E ADEMPIMENTI (art. 269 D.lgs. 152/2006)

Il gestore che intende installare uno stabilimento nuovo o trasferire uno stabilimento da un luogo ad un altro presenta all'autorità competente (Regione o Provincia) una domanda di autorizzazione, accompagnata:

- dal progetto dello stabilimento in cui sono descritti gli impianti e le attività, le tecniche adottate per limitare le emissioni e la quantità e la qualità di tali emissioni, le modalità di esercizio, la quota dei punti di emissione individuata in modo da garantire l'adeguata dispersione

degli inquinanti, i parametri che caratterizzano l'esercizio e la quantità, il tipo e le caratteristiche merceologiche dei combustibili di cui si prevede l'utilizzo;

- da una relazione tecnica che descrive il complessivo ciclo produttivo in cui si inseriscono gli impianti e le attività ed indica il periodo previsto intercorrente tra la messa in esercizio e la messa a regime degli impianti.

L'autorizzazione ha la durata di quindici anni. La domanda di rinnovo deve essere presentata almeno un anno prima della scadenza.

CONTROLLI

Durante il periodo autorizzato di regime dell'impianto, l'autorità competente per il controllo (normalmente l'ARPA) è autorizzata ad effettuare presso gli impianti tutte le ispezioni che ritenga necessarie per accertare il rispetto dell'autorizzazione.

SANZIONI (art. 279 D.lgs. 152/2006)

Chi inizia a installare o esercisce uno stabilimento in assenza della prescritta autorizzazione ovvero continua l'esercizio con l'autorizzazione scaduta, decaduta, sospesa o revocata è punito con la pena dell'arresto da due mesi a due anni o dell'ammenda da 258 euro a 1.032 euro.

Chi, nell'esercizio di uno stabilimento, viola i valori limite di emissione o le prescrizioni stabiliti dall'autorizzazione, dai piani e dai programmi o dalla normativa o le prescrizioni altrimenti imposte dall'autorità competente è punito con l'arresto fino ad un anno o con l'ammenda fino a 1.032 euro.

IV. Bonifica siti inquinati

Le attività di cantiere possono determinare inquinamento del suolo o, per infiltrazione, del sottosuolo o delle acque sotterranee. Nel cantiere si effettuano infatti lavorazioni che accidentalmente causerebbero effetti negativi sull'ambiente: sversamento di sostanze pericolose sul suolo, rottura di materiali inquinanti durante il trasporto o lo stoccaggio in cantiere, deposito di residui tossici.

Rispetto al quadro normativo, l'inquinamento dei siti ritrova importanti adempimenti nella prima legge sull'ambiente, il D.lgs. del 5 febbraio 1997 n°22 o *Decreto Ronchi*, nell'art.17 ri-

guardante la bonifica dei siti contaminati. Tale legge ha trovato attuazione nel 1999 con il D.M. 471/99.

Il D.lgs 22/97 risulta essere abrogato dal D.lgs 152/2006 *Norme in materia ambientale*, ma rimane in vigore il decreto ministeriale 471/99 in quanto non ancora superato dalle disposizioni attuali.

La normativa sull'inquinamento dei siti è molto severa per gli interventi di bonifica richiesti e per il controllo delle attività connesse ad eventuali danni ambientali del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee.

DEFINIZIONI

Sito (art.240 D.lgs. 152/2006)

L'area o porzione di territorio, geograficamente definita e determinata, intesa nelle diverse matrici ambientali (suolo, sottosuolo ed acque sotterranee) e comprensiva delle eventuali strutture edilizie e impiantistiche presenti.

Sito inquinato (art.2 D.M. 471/99)

Sito che presenta livelli di contaminazione o alterazioni chimiche, fisiche o biologiche del suolo o del sottosuolo o delle acque superficiali o delle acque sotterranee tali da determinare un pericolo per la salute pubblica o per l'ambiente naturale o costruito. E' inquinato il sito nel quale anche uno solo dei valori di concentrazione delle sostanze inquinanti nel suolo o nel sottosuolo o nelle acque sotterranee o nelle acque superficiali risulta superiore ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti.

Bonifica (art.2 D.M. 471/99)

L'insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o a ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti presenti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque superficiali o nelle acque sotterranee ad un livello, uguale o inferiore ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti.

Ripristino e ripristino ambientale (art. 240 D.lgs. 152/2006)

Gli interventi di riqualificazione ambientale e paesaggistica, anche costituenti complemento degli interventi di bonifica o messa in sicurezza permanente, che consentono di recuperare il sito alla effettiva e definitiva fruibilità per la destinazione d'uso conforme agli strumenti urbanistici.

PRINCIPALI NORMATIVE IN MATERIA DI BONIFICA DI SITI INQUIANTI

Normative nazionali

- D.lgs. 22/97 – *Attuazione delle Dir. 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio (Decreto Ronchi), art.17 Bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati da rifiuti.* Tale decreto è abrogato dal D.lgs. 152/2006.
- D.M. 471/99 – *Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati.*
- D.lgs 152/2006 *Norme in materia ambientale* – Parte quarta, Titolo V: bonifica di siti contaminati.

GENERALITÀ

Principi e campo di applicazione (art. 239 D.lgs. 152/2006)

Il presente titolo disciplina gli interventi di bonifica e ripristino ambientale dei siti contaminati e definisce le procedure, i criteri e le modalità per lo svolgimento delle operazioni necessarie per l'eliminazione delle sorgenti dell'inquinamento e comunque per la riduzione delle concentrazioni di sostanze inquinanti, in armonia con i principi e le norme comunitari, con particolare riferimento al principio "chi inquina paga".

Il responsabile dell'inquinamento è perciò tenuto, per legge, a procedere alla comunicazione dei danni prodotti alle autorità competenti e ad effettuare a proprie spese ogni intervento di messa in sicurezza, di bonifica e di ripristino ambientale delle aree inquinate.

VALORI LIMITE (allegato 1 del D.M. 471/99)

Il decreto nell'allegato 1 fissa in diverse tabelle i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti (verde pubblico, verde privato, residenziale, industriale, commerciale) e i criteri di accettabilità per le acque superficiali. I suddetti valori si applicano per tutta la profondità che si ritiene necessario campionare ed analizzare per definire l'estensione dell'inquinamento e per progettare interventi di bonifica che garantiscano l'eliminazione dell'inquinamento delle matrici ambientali.

INTERVENTI

Tipologie (art. 2 D.M. 471/99)

Messa in sicurezza permanente: insieme degli interventi atti a isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti qualora le fonti inquinanti siano costituite da rifiuti stoccati e non sia possibile procedere alla rimozione degli stessi pur appli-

cando le migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili. In tali casi devono essere previste apposite misure di sicurezza, piani di monitoraggio e di controllo.

Messa in sicurezza d'emergenza: ogni intervento necessario ed urgente per rimuovere le fonti inquinanti, contenere la diffusione degli inquinanti e impedire il contatto con le fonti inquinanti presenti nel sito, in attesa degli interventi di bonifica e ripristino ambientale o degli interventi di messa in sicurezza permanente.

Bonifica: l'insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o a ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti presenti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque superficiali o nelle acque sotterranee ad un livello uguale o inferiore ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti.

Ripristino ambientale: gli interventi di riqualificazione ambientale e paesaggistica che consentono di recuperare il sito alla effettiva e definitiva fruibilità per la destinazione d'uso conforme agli strumenti urbanistici, assicurando la salvaguardia della qualità delle matrici ambientali.

Progetto degli interventi (art. 10 D.M. 471/99)

Gli interventi di bonifica e ripristino ambientale e di messa in sicurezza permanente sono effettuati sulla base di apposita progettazione, che si articola nei seguenti tre livelli di approfondimenti tecnici progressivi: piano della caratterizzazione, progetto preliminare e progetto definitivo.

- *Piano della caratterizzazione:* consiste nella raccolta e sistematizzazione dei dati (mappatura impianti, fognature, descrizione dell'ambiente e dei processi produttivi); caratterizzazione del sito e formulazione del Modello Concettuale (misura della concentrazione, flussi contaminanti, modelli di trasporto e dosi di esposizione), Piano di investigazione iniziale (strategia di campionamento, localizzazione dei punti prelievo, formazione del campione, analisi di laboratorio).

- *Progetto preliminare:* consiste nell'analisi dei livelli di inquinamento, eventuale investigazione di dettaglio, analisi comparativa delle possibili tecnologie adottabili.

- *Progetto definitivo:* descrizione di dettaglio della tecnologia scelta e degli interventi proposti, interventi da realizzare per l'attuazione delle prescrizioni e delle limitazioni all'uso del suolo, piani dei controlli e monitoraggio.

AUTORIZZAZIONI E ADEMPIMENTI (art. 242 D.lgs. 152/2006)

- Al verificarsi di un evento che sia potenzialmente in grado di contaminare il sito, il responsabile dell'inquinamento mette in opera entro ventiquattro ore le misure necessarie di prevenzione e ne dà immediata comunicazione.
- Il responsabile dell'inquinamento, attuate le necessarie misure di prevenzione, svolge, nelle zone interessate dalla contaminazione, un'indagine preliminare sui parametri oggetto dell'inquinamento e, ove accerti che il livello delle concentrazioni soglia di contaminazione non sia stato superato, provvede al ripristino della zona contaminata, dandone notizia, al comune ed alla provincia competenti entro quarantotto ore dalla comunicazione.
- Qualora l'indagine preliminare accerti l'avvenuto superamento dei limiti anche per un solo parametro, il responsabile dell'inquinamento ne dà immediata notizia al comune ed alle province competenti con la descrizione delle misure di prevenzione e di messa in sicurezza di emergenza adottate. Entro i trenta giorni successivi la regione, convocata la conferenza dei servizi, autorizza il piano di caratterizzazione con eventuali prescrizioni integrative e si avviano tutte le procedure di analisi del rischio e di monitoraggio delle concentrazioni.
- Qualora gli esiti della procedura dell'analisi di rischio dimostrino che la concentrazione dei contaminanti presenti nel sito è superiore ai valori di concentrazione soglia di rischio, il soggetto responsabile sottopone alla regione, nei successivi sei mesi dall'approvazione del documento di analisi di rischio, il progetto operativo degli interventi di bonifica o di messa in sicurezza, operativa o permanente, e, ove necessario, le ulteriori misure di riparazione e di ripristino ambientale.
- La procedura di approvazione della caratterizzazione e del progetto di bonifica si svolge in Conferenza di servizi convocata dalla regione e costituita dalle amministrazioni ordinariamente competenti a rilasciare i permessi, le autorizzazioni e le concessioni per la realizzazione degli interventi compresi nel piano e nel progetto.

CONTROLLI (art. 248 D.lgs. 152/2006)

La documentazione relativa al piano della caratterizzazione del sito e al progetto operativo, comprensiva delle misure di riparazione, dei monitoraggi da effettuare, delle limitazioni d'uso e delle prescrizioni è trasmessa alla provincia e all'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente (ARPA) competenti ai fini dell'effettuazione dei controlli sulla conformità degli interventi ai progetti approvati. Gli stessi organismi di controllo accertano la conformità al progetto approvato degli interventi di bonifica, di messa in sicurezza permanente e di messa in sicurezza operativa, mediante apposita certificazione e relazione tecnica.

SANZIONI (art. 257 D.lgs. 152/2006)

Chiunque cagioni l'inquinamento del suolo, del sottosuolo, delle acque superficiali o delle acque sotterranee con il superamento delle concentrazioni soglia di rischio è punito con la pena dell'arresto da sei mesi a un anno o con l'ammenda da duemilaseicento euro a ventiseimila euro, se non provvede alla bonifica in conformità al progetto approvato dall'autorità competente.

In caso di mancata effettuazione della comunicazione il trasgressore è punito con la pena dell'arresto da tre mesi a un anno o con l'ammenda da mille euro a ventiseimila euro.

Si applica la pena dell'arresto da un anno a due anni e la pena dell'ammenda da cinquemila- duecento euro a cinquantaduemila euro se l'inquinamento è provocato da sostanze pericolose.

V. Rifiuti

Il tema dei rifiuti rappresenta una delle principali questioni ambientali nelle attività di cantiere. Le attività di costruzione e demolizione producono infatti grandi quantità di rifiuti di ogni genere che devono essere smaltiti in discarica o recuperati per introdurli nuovamente in cicli industriali e riutilizzarli successivamente. Come già scritto, è possibile puntare ad un aumento del recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione, per diminuire gli impatti inquinanti generato dalle discariche e l'uso di materie vergini per la produzione di materiali per l'edilizia.

La normativa italiana sui rifiuti è molto chiara: essa distingue, tra le varie tipologie di rifiuti, quelli che sono pericolosi per l'ambiente e necessitano di opportuni trattamenti, quelli non pericolosi da smaltire e i rifiuti recuperabili.

La principale legge in materia dei rifiuti è il D.lgs. 22/97 o *Decreto Ronchi*, aggiornato da successive disposizioni, anche comunitarie. Tale decreto è stato poi abrogato dal D.lgs. 152/2006 *Norme in materia ambientale*, che nella parte quarta disciplina la materia dei rifiuti, anche negli aggiornamenti più recenti (D.lgs. 205/2010).

La gestione dei rifiuti, come stabiliscono il D.lgs. 152/2006 e le direttive comunitarie, costituisce attività di pubblico interesse, e devono essere presi tutti i provvedimenti necessari per proteggere l'ambiente e la salute umana.

DEFINIZIONI (art. 183 D.lgs. 152/2006)

Rifiuto

Qualsiasi sostanza od oggetto che rientra nelle categorie riportate nel decreto e di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi.

Gestione dei rifiuti

La raccolta, il trasporto, il recupero e lo smaltimento dei rifiuti, compresi il controllo di tali operazioni e gli interventi successivi alla chiusura dei siti di smaltimento, nonché le operazioni effettuate in qualità di commerciante o intermediario.

Raccolta

Il prelievo dei rifiuti, compresi la cernita preliminare e il deposito, ivi compresa la gestione di centri di raccolta, ai fini del loro trasporto in un impianto di trattamento.

Raccolta differenziata

La raccolta in cui un flusso di rifiuti è tenuto separato in base al tipo ed alla natura dei rifiuti al fine di facilitarne il trattamento specifico.

Riutilizzo

Qualsiasi operazione attraverso la quale prodotti e componenti che non sono rifiuti sono reimpiegati per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti.

Trattamento

Operazioni di recupero o smaltimento, inclusa la preparazione prima del recupero o dello smaltimento.

Recupero

Qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile, sostituendo altri materiali che sarebbero stati altrimenti utilizzati per assolvere una particolare funzione o di prepararli ad assolvere tale funzione, all'interno dell'impianto o nell'economia in generale.

Riciclaggio

Qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i rifiuti sono trattati per ottenere prodotti, materiali e sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini.

Smaltimento

Qualsiasi operazione diversa dal recupero anche quando l'operazione ha come conseguenza secondaria il recupero di sostanze o di energia.

PRINCIPALI NORMATIVE IN MATERIA DI RIFIUTI

Normative nazionali

- Legge 70/94 - *Norme per la semplificazione degli adempimenti in materia ambientale, sanitaria e di sicurezza pubblica, nonché per l'attuazione del sistema di ecogestione e di audit ambientale.*
- D.lgs. 22/97 – *Attuazione delle Dir. 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio (Decreto Ronchi), art.17 Bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati da rifiuti.* Tale decreto è abrogato dal D.lgs. 152/2006.
- *Direttiva del Ministero dell' Ambiente del 9 aprile 2002 – Indicazione per la corretta e piena applicazione del Regolamento Comunitario n° 2557/2001 sulle spedizioni dei rifiuti ed in relazione al nuovo elenco di rifiuti.*
- D.lgs. 36/2003 *Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.*
- D.lgs. 152/2006 *Norme in materia ambientale* – Parte quarta: norme in materia di gestione dei rifiuti.
- D.lgs. 305/2010 *Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.*

GENERALITÀ

Principi (art. 178 D.lgs. 152/2006 e s.m.i.)

La gestione dei rifiuti è effettuata conformemente ai principi di precauzione, di prevenzione, di sostenibilità, di proporzionalità, di responsabilizzazione e di cooperazione di tutti i soggetti coinvolti nella produzione, nella distribuzione, nell'utilizzo e nel consumo di beni da cui originano i rifiuti, nonché del principio chi inquina paga. A tale fine la gestione dei rifiuti è effettuata secondo criteri di efficacia, efficienza, economicità, trasparenza, fattibilità tecnica ed economica, nonché nel rispetto delle norme vigenti in materia di partecipazione e di accesso alle informazioni ambientali.

Criteri nella gestione dei rifiuti (art. 179 e seguenti D.lgs. 152/2006 e s.m.i.)

La gestione dei rifiuti avviene secondo i seguenti principi:

- *prevenzione*: riduzione della produzione e della pericolosità dei rifiuti attraverso la promozione di strumenti economici, eco-bilanci, sistemi di certificazione ambientale, analisi del ciclo di vita dei prodotti, azioni di informazione e di sensibilizzazione dei consumatori, l'uso di sistemi di qualità, attuazione di protocolli di intesa finalizzati alla prevenzione ed alla riduzione della pericolosità dei rifiuti;

- *preparazione per il riutilizzo*: effettuare le operazioni per il controllo, la pulizia, lo smontaggio e la riparazione attraverso cui i prodotti o i componenti diventati rifiuti sono preparati in modo da essere reimpiegati senza altro pretrattamento;
- *riciclaggio e recupero dei rifiuti*: operazioni in cui i rifiuti vengono usati come materia prima nei cicli produttivi;
- *recupero energetico*: utilizzo dei materiali di scarto come combustibile;
- *smaltimento*: i rifiuti da avviare allo smaltimento finale devono essere il più possibile ridotti sia in massa che in volume, potenziando la prevenzione e le attività di riutilizzo, di riciclaggio e di recupero e prevedendo, ove possibile, la priorità per quei rifiuti non recuperabili generati nell'ambito di attività di riciclaggio o di recupero.

Responsabilità della gestione dei rifiuti (art. 188 D.lgs.152/2006 e s.m.i.)

Il produttore iniziale o altro detentore di rifiuti provvedono direttamente al loro trattamento, oppure li consegnano ad un intermediario, ad un commerciante, ad un ente o impresa che effettua le operazioni di trattamento dei rifiuti, o ad un soggetto pubblico o privato addetto alla raccolta dei rifiuti.

CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI (art. 184 D.lgs. 152/2006 e s.m.i.)

I rifiuti sono classificati, secondo l'origine, in rifiuti urbani e rifiuti speciali e, secondo le caratteristiche di pericolosità, in rifiuti pericolosi e rifiuti non pericolosi.

Rifiuti urbani

- domestici, anche ingombranti, provenienti da locali ad uso abitativo e non; provenienti dallo spazzamento delle strade; di qualunque natura o provenienza giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle spiagge o rive dei fiumi; provenienti da aree verdi, quali giardini, parchi; da attività cimiteriali.

In base alla pericolosità essi possono essere:

- rifiuti urbani non pericolosi;
- rifiuti urbani pericolosi (ad esempio batterie scariche, farmaci scaduti, tubi catodici ecc...).

Rifiuti speciali

- da attività agricole e agro-industriali; dalle attività di demolizione e costruzione; rifiuti pericolosi da attività di scavo; da lavorazioni industriali; dal lavorazioni artigianali; da attività commerciali; da attività di servizio; dalle attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque dalla depurazione delle ac-

que reflue e da abbattimento di fumi; da attività sanitarie; macchinari e apparecchiature deteriorati ed obsoleti; veicoli a motore, rimorchi e simili.

In base alle caratteristiche di pericolosità essi possono essere:

- rifiuti speciali non pericolosi;
- rifiuti speciali pericolosi (ad esempio oli esauriti, rifiuti provenienti da trattamenti termici o chimici, adesivi, pitture, vernici, materiali contenenti amianto ecc...).

SMALTIMENTO DEI RIFIUTI (art. 182 D.lgs. 152/2006 e s.m.i.)

Lo smaltimento dei rifiuti è effettuato in condizioni di sicurezza e costituisce la fase residuale della gestione dei rifiuti.

Le attività di smaltimento in discarica dei rifiuti sono disciplinate secondo le disposizioni del decreto legislativo 13 gennaio 2003, n°36, di attuazione della direttiva 1999/31/CE.

Tale decreto stabilisce requisiti operativi e tecnici per i rifiuti e le discariche, misure, procedure e orientamenti tesi a prevenire o a ridurre il più possibile le ripercussioni negative sull'ambiente, in particolare l'inquinamento delle acque superficiali, delle acque sotterranee, del suolo e dell'atmosfera, e sull'ambiente globale, compreso l'effetto serra, nonché i rischi per la salute umana risultanti dalle discariche di rifiuti, durante l'intero ciclo di vita della discarica.

Ciascuna discarica è classificata in una delle seguenti categorie:

- discarica per rifiuti inerti;
- discarica per rifiuti non pericolosi;
- discarica per rifiuti pericolosi.

ADEMPIMENTI

Responsabilità della gestione dei rifiuti (art.188 D.lgs. 152/2006 e s.m.i.)

Il produttore iniziale di rifiuti o altro detentore conserva la responsabilità per l'intera catena di trattamento. Essi devono essere iscritti e devono adempiere agli obblighi del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI).

Controllo della tracciabilità dei rifiuti (art. 188-bis D.lgs. 152/2006 e s.m.i.)

La tracciabilità dei rifiuti deve essere garantita dalla loro produzione sino alla loro destinazione finale.

La gestione dei rifiuti deve avvenire:

- nel rispetto degli obblighi istituiti attraverso il sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRi);
- nel rispetto degli obblighi relativi alla tenuta dei registri di carico e scarico nonché del formulario di identificazione dei rifiuti.

Sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRi) (art. 188-ter D.lgs. 152/2006 e s.m.i.)

Sono tenuti ad aderire al sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRi):

- a) gli enti e le imprese produttori di rifiuti speciali;
- b) le imprese e gli enti produttori di rifiuti speciali non pericolosi, con più di dieci dipendenti, nonché le imprese e gli enti che effettuano operazioni di smaltimento o recupero di rifiuti e che producano per effetto di tale attività rifiuti non pericolosi, indipendentemente dal numero di dipendenti;
- c) i commercianti e gli intermediari di rifiuti;
- d) i consorzi istituiti per il recupero o il riciclaggio di particolari tipologie di rifiuti che organizzano la gestione di tali rifiuti per conto dei consorziati;
- e) le imprese e gli enti che effettuano operazioni di recupero o smaltimento di rifiuti;
- f) gli enti e le imprese che raccolgono o trasportano rifiuti speciali a titolo professionale.

Il soggetto che non aderisce al sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRi) deve adempiere agli obblighi relativi alla tenuta dei registri di carico e scarico, nonché dei formulari di identificazione dei rifiuti.

Registri di carico e scarico (art.190 D.lgs. 152/2006 e s.m.i.)

I soggetti che non hanno aderito su base volontaria al sistema di tracciabilità dei rifiuti (SISTRi) hanno l'obbligo di tenere un registro di carico e scarico su cui devono annotare le informazioni sulle caratteristiche qualitative e quantitative dei rifiuti. Le annotazioni devono essere effettuate almeno entro dieci giorni lavorativi dalla produzione del rifiuto e dallo scarico del medesimo. I registri di carico e scarico sono tenuti presso ogni impianto di produzione e integrati con i formulari di identificazione relativi al trasporto dei rifiuti, o con la copia della scheda del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRi) e sono conservati per cinque anni dalla data dell'ultima registrazione.

I soggetti la cui produzione annua di rifiuti non pericolosi non eccede le dieci tonnellate, possono adempiere all'obbligo della tenuta dei registri di carico e scarico dei rifiuti anche tramite le associazioni imprenditoriali interessate che provvedono ad annotare i dati previsti con ca-

denza mensile, mantenendo presso la sede dell'impresa la copia dei dati trasmessi. Le informazioni contenute nel registro di carico e scarico sono rese disponibili in qualunque momento all'autorità di controllo qualora ne faccia richiesta.

I registri di carico e scarico sono numerati e vidimati dalle Camere di commercio territorialmente competenti.

Modello Unico di Dichiarazione dei rifiuti, MUD (Legge 70/94)

Il MUD è istituito con la Legge del 25 gennaio 1994 n°70, è un modello attraverso il quale denunciare i rifiuti prodotti dalle attività economiche o dai Comuni. Secondo quanto disposto dal D.lgs. 152/2006 i soggetti tenuti a presentare il modello unico di dichiarazione dei rifiuti alle Camere di commercio territorialmente competenti (entro il 30 aprile di ogni anno) sono principalmente i produttori di rifiuti pericolosi.

Trasporto dei rifiuti (art. 193 D.lgs. 152/2006)

Per gli enti e le imprese che raccolgono e trasportano i propri rifiuti non pericolosi e che non aderiscono su base volontaria al sistema SISTRI i rifiuti devono essere accompagnati da un formulario di identificazione dal quale devono risultare almeno i seguenti dati:

- a) nome ed indirizzo del produttore dei rifiuti e del detentore;
- b) origine, tipologia e quantità del rifiuto;
- c) impianto di destinazione;
- d) data e percorso dell'istradamento;
- e) nome ed indirizzo del destinatario.

Il formulario di identificazione deve essere redatto in quattro esemplari, compilato, datato e firmato dal produttore dei rifiuti e controfirmate dal trasportatore che in tal modo dà atto di aver ricevuto i rifiuti. Una copia del formulario deve rimanere presso il produttore e le altre tre sono acquisite una dal destinatario e due dal trasportatore. Le copie del formulario devono essere conservate per cinque anni. I formulari di identificazione devono essere numerati e vidimati dagli uffici dell'Agenzia delle entrate o dalle Camere di Commercio o dagli uffici regionali e provinciali competenti in materia di rifiuti.

CONTROLLI (art. 197 D.lgs. 152/2006 e s.m.i.)

Il controllo periodico su tutte le attività di gestione, di intermediazione e di commercio dei rifiuti, ivi compreso l'accertamento delle violazioni nonché la verifica e il controllo dei requisiti previsti per l'applicazione delle procedure semplificate di recupero sono di competenza delle Province.

Ai fini dell'esercizio delle proprie funzioni le province possono avvalersi, mediante apposite convenzioni, di organismi pubblici, ivi incluse le Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente (ARPA).

Gli addetti al controllo sono autorizzati ad effettuare ispezioni, verifiche e prelievi di campioni all'interno di stabilimenti, impianti o imprese che producono o che svolgono attività di gestione dei rifiuti. Il segreto industriale non può essere opposto agli addetti al controllo, che sono, a loro volta, tenuti all'obbligo della riservatezza ai sensi della normativa vigente.

Anche il personale appartenente al Comando carabinieri tutela ambiente (C.C.T.A.) è autorizzato ad effettuare le ispezioni e le verifiche necessarie.

SANZIONI (art. 254 e seguenti D.lgs. 152/2006 e s.m.i.)

Si elencano di seguito le principali sanzioni in materia di gestione di rifiuti.

Abbandono di rifiuti: chiunque abbandona o deposita rifiuti ovvero li immette nelle acque superficiali o sotterranee è punito con la sanzione amministrativa pecuniaria da trecento euro a tremila euro. Se l'abbandono riguarda rifiuti pericolosi, la sanzione amministrativa è aumentata fino al doppio.

Attività di gestione non autorizzata: chiunque effettua una attività di raccolta, trasporto, recupero, smaltimento, commercio ed intermediazione di rifiuti in mancanza della prescritta autorizzazione, iscrizione o comunicazione è punito con la pena dell'arresto da tre mesi a un anno o con l'ammenda da duemilaseicento euro a ventiseimila euro se si tratta di rifiuti non pericolosi, aumentata per rifiuti pericolosi. Tali sanzioni si applicano ai titolari d'impresa ed ai responsabili di enti che abbandonano o depositano in modo incontrollato i rifiuti.

Violazione dei registri: i soggetti che omettano di tenere ovvero tengano in modo incompleto il registro di carico e scarico sono puniti con la sanzione amministrativa pecuniaria da duemilaseicento euro a quindicimila euro.

Le imprese che raccolgono e trasportano i propri rifiuti non pericolosi, che non aderiscono al SISTRI, ed effettuano il trasporto dei rifiuti senza il formulario o con formulario inesatto o incompleto sono puniti con la sanzione amministrativa pecuniaria da milleseicento euro a novemilatrecento euro.

TABELLA: classificazione CER dei principali rifiuti da cantiere⁵⁶

| <i>Codice</i> | <i>Tipo di rifiuto</i> |
|---------------|--|
| 17 | RIFIUTI DELLE OPERAZIONI DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE |
| 1701 | Cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche |
| 170101 | Cemento |
| 170102 | Mattoni |
| 170103 | Mattonelle e ceramiche |
| 170106* | Miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, contenenti sostanze pericolose |
| 170107 | Miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche diverse da quelle di cui alla voce 170106* |
| 1702 | Legno, vetro e plastica |
| 170201 | Legno |
| 170202 | Vetro |
| 170203 | Plastica |
| 170204* | Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati |
| 1703 | Miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame |
| 170301* | Miscele bituminose contenenti catrame di carbone |
| 170302 | Miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 170301* |
| 170303* | Catrame di carbone e prodotti contenenti catrame |
| 1704 | Metalli (incluse le loro leghe) |
| 170401 | Rame, bronzo, ottone |
| 170402 | Alluminio |
| 170403 | Piombo |
| 170404 | Zinco |
| 170405 | Ferro e acciaio |

⁵⁶ I numeri a sei cifre corrispondono ai codici dell'Elenco europeo dei rifiuti integrato nella Direttiva ministeriale del 9 aprile 2002 - *Indicazione per la corretta e piena applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti.*

| | |
|--|---|
| 170406 | Stagno |
| 170407 | Metalli misti |
| 170409* | Rifiuti metallici contaminati da sostanze pericolose |
| 170410* | Cavi impregnati di olio, di catrame, di carbone o di altre sostanze pericolose |
| 170411 | Cavi, diversi da quelli di cui alla voce 170410* |
| 1705 Terra (compreso il terreno proveniente da siti contaminati), rocce e fanghi di dragaggio | |
| 170503* | Terra e rocce contenenti sostanze pericolose |
| 170504 | Terra e rocce, diverse da quelli di cui alla voce 170503* |
| 170505* | Fanghi di dragaggio, contenenti sostanze pericolose |
| 170506 | Fanghi di dragaggio, diversi da quelli di cui alla voce 170505* |
| 170507* | Pietrisco per massicciate ferroviarie, contenente sostanze pericolose |
| 170508 | Pietrisco per massicciate ferroviarie, diverso da quello di cui alla voce 170507* |
| 1706 Materiali isolanti e materiali da costruzione contenenti amianto | |
| 170601* | Materiali isolanti contenenti amianto |
| 170603* | Altri materiali isolanti contenenti o costituiti da sostanze pericolose |
| 170604 | Materiali isolanti diversi da quelli di cui alle voci 170601* e 170603* |
| 170605* | Materiali da costruzione contenenti amianto |
| 1708 Materiali da costruzione a base di gesso | |
| 170801* | Materiali da costruzione a base di gesso contaminati da sostanze pericolose |
| 170802 | Materiali da costruzione contenenti gesso diversi da quelli di cui alla voce 170801* |
| 1709 Altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione | |
| 170901* | Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione contenenti mercurio |
| 170902* | Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti PCB (ad esempio sigillanti contenenti PCB, pavimentazioni a base di resina contenenti PCB, elementi stagni in vetro contenenti PCB, condensatori contenenti PCB) |
| 170903* | Altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione (compresi i rifiuti misti) contenenti sostanze pericolose |
| 170904 | Rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione diversi da quelli di cui alle voci 170901*, 170902*, 170903* |

| | |
|--|---|
| 03 | RIFIUTI DELLA LAVORAZIONE DEL LEGNO E DELLA PRODUZIONE DI PANNELLI, MOBILI, POLPA, CARTA E CARTONE – e relative sottovoci |
| 08 | RIFIUTI DELLA PRODUZIONE, FORMULAZIONE, FORNITURA ED USO DI RIVESTIMENTI (PITTURE, VERNICI E SMALTI VETRATI), ADESIVI, SIGILLANTI E INCHIOSTRI PER STAMPA – e relative sottovoci |
| 12 | RIFIUTI PRODOTTI DALLA LAVORAZIONE E DAL TRATTAMENTO FISICO E MECCANICO SUPERFICIALE DI METALLI E PLASTICA – e relative sottovoci |
| 13 | OLI ESAURITI E RESIDUI DI COMBUSTIBILI LIQUIDI (TRANNE OLII COMMESTIBILI, 05 E 12) – e relative sottovoci |
| 15 | RIFIUTI DI IMBALLAGGIO, ASSORBENTI, STRACCI, MATERIALI FILTRANTI E INDUMENTI PROTETTIVI (NON SPECIFICATI ALTRIMENTI) – e relative sottovoci |
| 16 | RIFIUTI NON SPECIFICATI ALTRIMENTI NELL' ELENCO – e relative sottovoci |
| 20 | RIFIUTI URBANI (RIFIUTI DOMESTICI E ASSIMILABILI PRODOTTI DA ATTIVITÀ COMMERCIALI E INDUSTRIALI NONCHÉ DALLE ISTITUZIONI) INCLUSI I RIFIUTI DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA – e relative sottovoci |
| <p><i>Note alla tabella:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - il codice a 2 cifre definisce l'attività che genera il rifiuto; - il codice a 4 cifre definisce la famiglia dei rifiuti; - il codice a 6 cifre definisce il singolo rifiuto; - il codice contrassegnato con l'asterisco * indica un rifiuto pericoloso | |

CAPITOLO 5

5.1 – Uno strumento per l'analisi degli impatti sull'ambiente. La valutazione di impatto ambientale (VIA)

Le procedure di valutazione di impatto ambientale nascono quali strumenti preventivi di analisi, controllo e gestione delle questioni ambientali per le grandi opere di costruzione e di trasformazione del territorio. La VIA obbliga tutti gli attori del sistema, cittadini, progettisti, esecutori e pubblica amministrazione alla collaborazione per la valutazione degli impatti ambientali dell'intervento e per la ricerca di soluzioni alternative. E' quindi uno strumento che permette di informare preventivamente le amministrazioni sui possibili impatti inquinanti ed è allo stesso tempo uno strumento normativo che integra tutti gli adempimenti necessari in materia di ambiente. Per la sua struttura, la VIA è certamente complessa, perché prevede procedure di analisi tecniche sui principali temi ambientali, necessita di informazioni specifiche sugli aspetti impattanti della costruzione, nel conseguimento di azioni mirate alla mitigazione dei carichi ambientali, da inserire nel progetto esecutivo.

L'importanza della valutazione di impatto ambientale, oltre all'analisi complessiva degli effetti negativi sull'ambiente, consiste nel modello di gestione del processo, ovvero nell'insieme degli interessi, delle professionalità, della condivisione delle azioni e degli obiettivi, nell'ottica di trasparenza e di innovazione.

E' evidente⁵⁷ che, essendo quindi uno strumento che deve servire per prendere decisioni, la VIA non deve tanto preoccuparsi di individuare degli effetti assoluti sull'ambiente, quanto di mettere in evidenza le differenze, ovvero sottolineare le modifiche dello stato iniziale e verificare l'accettabilità di esse.

La successiva trattazione è stata ritenuta utile al fine di rendere più chiaro che la questione ambientale nelle attività di cantiere è integrata nelle procedure di valutazione di impatto ambientale, nonostante lo strumento VIA sia obbligatorio, per legge, per alcune opere. L'approccio procedurale, connesso agli aspetti di condivisione degli impatti ambientali e alle disposizioni normative, è il vero obiettivo dei successivi paragrafi, per poter inquadrare il problema degli impatti dalle attività di costruzioni in un sistema più generale, caratterizzato dall'analisi preventiva delle informazioni e da azioni correttive programmate prima dei lavori,

⁵⁷ A.Zepetella, M.Bresso, G.Gamba, *Valutazione ambientale e processi di decisione*, la Nuova Italia Scientifica, Roma 1992, pag 11.

per una gestione più efficiente dell'intero processo e per la protezione dell'ambiente in fase esecutiva.

I. Scopi della VIA e aspetti principali delle procedure⁵⁸

Tra le motivazioni che hanno portato all'introduzione della VIA, seppur con modalità e procedure parzialmente diverse nei vari Paesi, ve ne sono alcune particolarmente rilevanti che possono essere così sintetizzate:

- il progressivo degrado ambientale, per il quale occorre invertire la linea di tendenza attraverso opportuni correttivi;
- la scarsa considerazione degli aspetti ambientali nella programmazione degli interventi in materia di sviluppo industriale;
- i limiti intrinseci di metodologie scientifiche (ad es. l'analisi rischi benefici) per valutare l'accettabilità di interventi a potenziale elevato impatto ambientale;
- la necessità di tener conto del parere dell'opinione pubblica (e quindi implicitamente degli aspetti di percezione del rischio) nei processi decisionali;
- la considerazione che molti processi decisionali, in assenza di uno strumento quale la procedura di VIA, si trovano in una situazione di sostanziale immobilismo.

La Valutazione di Impatto Ambientale venne definita, fin dai primi tentativi di normativa a livello internazionale, come "analisi e valutazione preventiva degli effetti indotti da un determinato progetto sull'ambiente, cioè sul complesso dei fattori naturali, sociali, culturali ed economici che caratterizzano l'area circostante il sito coinvolto nel progetto stesso.

I principali scopi della VIA furono già stabiliti dal *National Environmental Policy Act* (NEPA), emanato dagli USA nel 1970 e sono tuttora validi:

- assicurare che ogni generazione sia garante dell'ambiente nei riguardi delle generazioni future;
- assicurare a tutti i cittadini un ambiente sicuro, sano, produttivo, esteticamente e culturalmente confortevole;
- ottenere dall'ambiente il massimo beneficio, senza provocarne il degrado sia temporaneo che permanente;
- preservare gli aspetti storici, culturali e naturali del patrimonio nazionale e salvaguardare, per quanto possibile, al diversità delle scelte individuali;

⁵⁸ L.Bruzzi, *Valutazione di impatto ambientale*, Maggioli Editore, Rimini 1999, pagg. 13-15.

- realizzare un equilibrio fra popolazione e uso delle risorse che permetta elevate condizioni di vita e ampia redistribuzione delle condizioni di benessere;
- favorire un crescente ricorso alle risorse rinnovabili e ricercare metodi e processi per il riciclo di risorse esauribili.

Caratteristiche principali della procedura di VIA

Gli elementi caratterizzanti e, spesso innovativi, della procedura di VIA sono essenzialmente i seguenti:

- la VIA risulta utile e positiva solo a condizione che venga attivata nella fase di elaborazione e definizione del progetto, comunque prima della formalizzazione della decisione;
- la VIA riguarda tutte le fasi di un progetto (costruzione, esercizio, manutenzione e smantellamento); in particolare, essa deve garantire, attraverso un idoneo monitoraggio durante l'esercizio, il controllo dello stato dell'ambiente nelle fasi operative;
- l'approccio analitico della VIA è interdisciplinare: il tipo e la qualità delle informazioni e delle competenze necessarie spaziano dalla fisica alla chimica, dalla biologia alla geologia, dall'economia alla sociologia, dall'urbanistica alle discipline storico-artistiche, ecc...;
- la VIA si propone di valutare e confrontare soluzioni diverse attraverso l'analisi delle alternative che permettono di realizzare l'obiettivo che l'opera si propone, avendo come scopo la prevenzione e la protezione dell'ambiente, compatibilmente con le necessità dello sviluppo economico;
- la VIA può costituire un'occasione non solo per prevenire danni ambientali, ma anche per migliorare situazioni ambientali degradate;
- vengono coinvolti direttamente o indirettamente tutti i soggetti sociali interessati all'intervento proposto, cercando di evidenziarne i conflitti in fasi precedenti la decisione, di rendere massima l'accettabilità dell'impresa e quindi più trasparente il processo decisionale.

Rispetto al tema degli strumenti di valutazione dei processi, rispetto alle questioni ambientali, è utile considerare i vari sistemi di gestione ambientale a carattere volontario definiti dalle ISO14001 o dal regolamento EMAS, come già trattato in precedenza. Le norme introdotte da questi strumenti comportano la necessità di perseguire obiettivi di miglioramento dei processi, definendo strategie e responsabilità all'interno dell'intera organizzazione.

Nonostante possano sembrare differenti, la VIA potrebbe essere uno strumento che con le sue procedure certifica di fatto il processo di un intervento nella sua complessità, e determina soluzioni progettuali e azioni per la mitigazione degli impatti ambientali.

II. La struttura della VIA

La procedura di valutazione dell'impatto ambientale deve essere avviata prima della definizione del progetto, per poter analizzare tutte le questioni ambientali del territorio in cui si deve inserire l'opera, e i dati fondamentali dell'intervento (dimensioni, processi costruttivi, tempi, ecc...).

Oggetto⁵⁹ della valutazione sono le interazioni fra le azioni previste da un progetto e l'ambiente che lo riceve. Queste interazioni producono delle modificazioni dell'ambiente, sia direttamente (effetti diretti delle azioni previste dal progetto), sia indirettamente (effetti indiretti e indotti). Una buona valutazione presuppone, quindi, anzitutto una caratterizzazione del progetto ben fatta ed esauriente, che descriva con chiarezza le potenziali interferenze, sia nella fase di costruzione che in quella di esercizio e sia abituali che conseguenti a possibili eventi accidentali. In secondo luogo presuppone una buona descrizione dell'ambiente che riceverà le interferenze prodotte dal progetto, descrizione che deve riguardare sia le sue caratteristiche strutturali (qualità e valore delle risorse ambientali), sia le sue condizioni attuali (stato di carico – o di stress – delle risorse). In terzo luogo presuppone l'utilizzo di tecniche di previsione degli impatti prodotti sulle risorse dalle interferenze descritte, capaci di fornire delle stime attendibili delle variazioni quali - quantitative subite dall'ambiente ricettore a seguito della realizzazione e dell'esercizio dell'opera oggetto della valutazione.

Ciò che sembra più opportuno approfondire, rispetto al quadro generale molto complesso della VIA, è il tema dell'interazioni tra attività di cantiere e ambiente ricettore dell'opera (comprese quelle per cui non è necessaria per legge la VIA), ovvero gli studi preliminari degli impatti e le normative a cui fare riferimento. Si sottolinea pertanto l'importanza di tale approccio metodologico, indicato come linea guida, per l'elaborazione di soluzioni per il controllo e la mitigazione degli impatti ambientali degli interventi.

Si individuano delle fasi principali che identificano le procedure consuete della VIA così di seguito sintetizzate⁶⁰:

- Verifica della obbligatorietà della VIA, tenuto conto della normativa vigente a livello nazionale, regionale e locale.

⁵⁹ A.Zepetella, M.Bresso, G.Gamba, *Valutazione ambientale e processi di decisione*, la Nuova Italia Scientifica, Roma 1992, pag g 38-39.

⁶⁰ L.Bruzzi, *Valutazione di impatto ambientale*, Maggioli Editore, Rimini 1999, pag. 34.

- Individuazione, per le opere non soggette a VIA per legge, delle motivazioni che inducono il committente o indirizzano il progettista verso l'opportunità di svolgere una valutazione di impatto ambientale.
 - Individuazione, per le opere soggette a VIA per legge, del quadro normativo di riferimento per la specifica opera in esame.
 - Verifica del livello di definizione della *localizzazione* dell'opera in esame e, ove necessario ed opportuno, valutazione dei *siti alternativi*.
 - Identificazione preliminare delle interazioni più importanti tra opera ed ambiente, per restringere il campo di indagine sugli impatti più significativi (*scoping*).
- Le prime tre fasi costituiscono di fatto un metodo di selezione delle procedure da adottare che viene denominato *screening*.

III. Fase di screening: verifica delle procedure

Lo *screening* rappresenta la prima fase richiesta dalla VIA. La normativa vigente della Regione Emilia Romagna, con la legge regionale 9/99 (modificata dalla più recente legge regionale n°35 del 16 Novembre 2000), determina all'art.4 le condizioni di verifica (*screening*) per le opere soggette a VIA. Negli allegati si identificano le opere con VIA obbligatoria.

Quindi una prima domanda per la valutazione d'impatto ambientale è proprio quella di chiedersi se c'è l'obbligo di valutazione d'impatto ambientale per l'opera in esame. Il campo di applicazione della normativa in materia di valutazione di impatto ambientale comprende le opere pubbliche e le attività produttive delle tipologie elencate negli allegati alla legge regionale 35/2000.

Per i progetti assoggettati a procedura di verifica (*screening*) il proponente presenta all'autorità competente (Regione, Provincia o Comune a seconda della tipologia dell'intervento) la domanda allegando il progetto preliminare e una relazione sull'individuazione degli impatti ambientali e sulla conformità del progetto alle previsioni in materia urbanistica, ambientale e paesaggistica.

Tali elaborati sono depositati per 30 giorni presso l'autorità competente ed i comuni interessati (e ne viene dato avviso sul Bollettino Ufficiale della Regione), entro i quali chiunque può prenderne visione e presentare osservazioni scritte.

La procedura di verifica (*screening*) si conclude entro 60 giorni con la decisione di esclusione dalla ulteriore procedura di VIA, eventualmente con prescrizioni per la mitigazione degli impatti, oppure con la decisione di assoggettamento del progetto alla ulteriore procedura di VIA.

In caso di scadenza del termine di 60 giorni, il progetto si intende in ogni caso escluso dall'ulteriore procedura di VIA. Inoltre le eventuali prescrizioni contenute nella decisione sono vincolanti per il proponente che deve conformare ad esse il progetto e sono vincolanti per le amministrazioni competenti al rilascio di intese, concessioni, autorizzazioni, licenze, pareri, nulla osta, assensi comunque denominati, necessari per la realizzazione del progetto (legge regionale 35/2000). Lo schema della procedura è indicato nell'immagine successiva.

IV. Opere e processi assoggettati a VIA obbligatoria

Per un'opportuna chiarezza si evidenziano di seguito alcuni degli interventi assoggettati a procedura obbligatoria di VIA, così come definito dagli allegati del D.lgs 152/2006 e del D.lgs. 4/2008, e dalla L.R. 35/2000.

Progetti

- Raffinerie di petrolio greggio nonché impianti di gassificazione e di liquefazione nonché terminali di rigassificazione di gas naturale liquefatto.
- Centrali termiche ed altri impianti di combustione con potenza termica di almeno 300 MW.
- Centrali per la produzione dell'energia idroelettrica con potenza di concessione superiore a 30 MW incluse le dighe ed invasi direttamente asserviti.
- Impianti per l'estrazione dell'amianto, nonché per il trattamento e la trasformazione dell'amianto e dei prodotti contenenti amianto.
- Centrali nucleari e altri reattori nucleari.
- Elettrodotti aerei.
- Acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio.
- Cokerie.
- Impianti di produzione di clinker.
- Impianti chimici integrati.
- Impianti per la produzione di pesticidi, prodotti farmaceutici, vernici
- Stoccaggio di prodotti chimici, petrolchimici, gas naturali, GPL, prodotti petroliferi.
- Oleodotti, gasdotti o condutture per prodotti chimici di lunghezza superiore a 40 km.
- Tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza nonché aeroporti con piste di atterraggio superiori a 1.500 metri di lunghezza.
- Autostrade e strade riservate alla circolazione automobilistica o tratti di esse.
- Strade extraurbane a quattro o più corsie.

- Parcheggi interrati che interessano superfici superiori ai 5 ha, localizzati nei centri storici o in aree soggette a vincoli paesaggistici.
 - Porti marittimi commerciali, nonché vie navigabili e porti per la navigazione interna.
 - Terminali per il carico e lo scarico degli idrocarburi e sostanze pericolose.
 - Piattaforme di lavaggio delle acque di zavorra delle navi.
 - Condotte sottomarine per il trasporto degli idrocarburi.
 - Interporti finalizzati al trasporto merci.
 - Stoccaggio di gas combustibile e di CO₂ in serbatoi sotterranei naturali.
 - Impianti per l'allevamento intensivo di animali.
 - Impianti industriali destinati alla fabbricazione di carta e cartone.
 - Cave e attività minerarie a cielo aperto.
 - Impianti per la concia del cuoio e del pellame.
 - Impianti di smaltimento di rifiuti non pericolosi.
- [...]

Questa lista rappresenta una minima parte dei progetti assoggettati a procedura di VIA obbligatoria. Come è evidente, si tratta di progetti di rilevanza importante dal punto di vista della tipologia produttiva, economica e degli impatti ambientali generati.

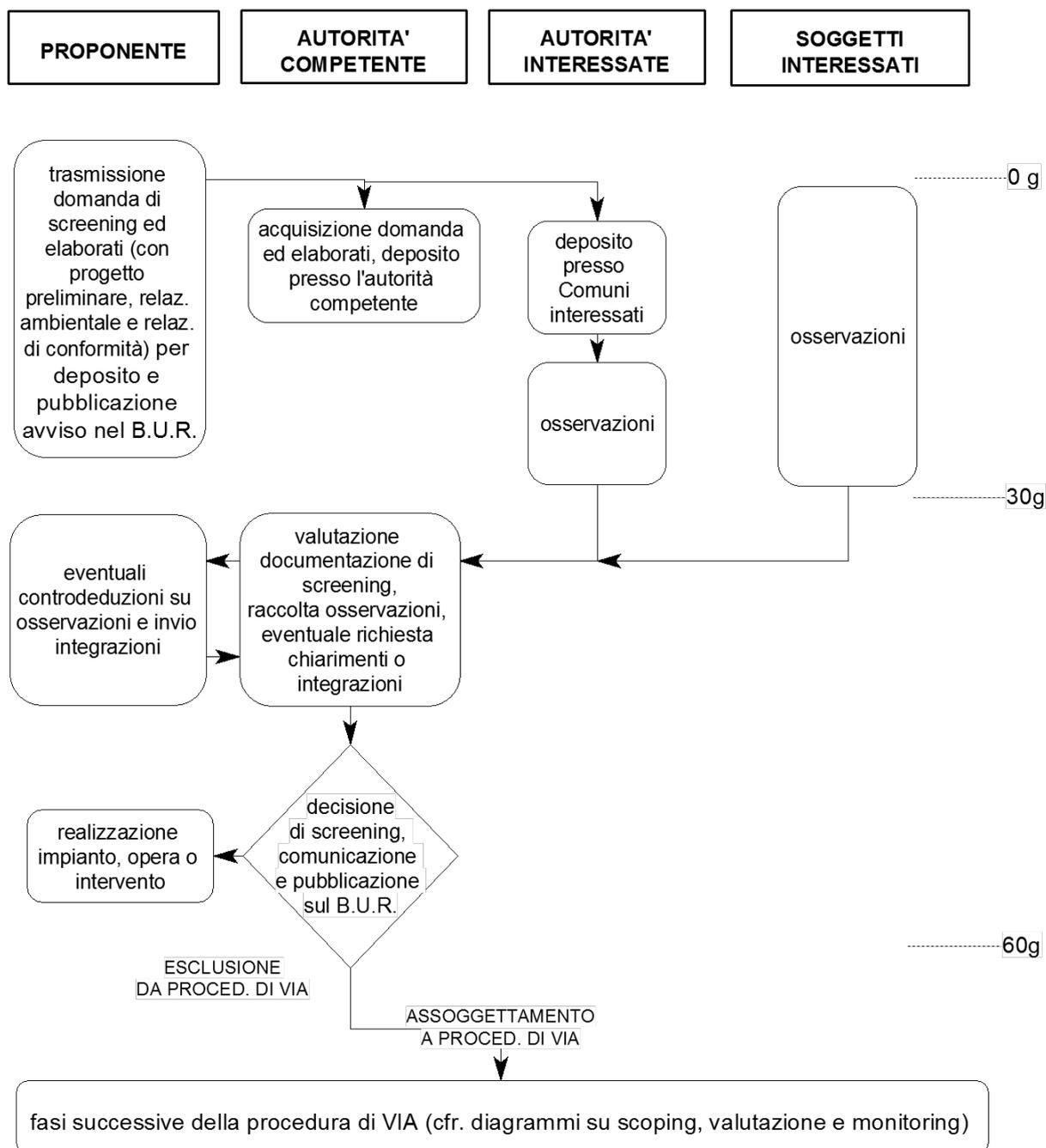


fig. 2: procedure di verifica o screening per le opere pubbliche. Fonte: legge regionale Emilia Romagna 35/2000

IV. Lo scoping e i contenuti dello Studio di Impatto Ambientale (SIA)

Con il termine *scoping*⁶¹ viene usualmente indicato il processo di analisi preliminare e di determinazione del quadro informativo per l'identificazione dei potenziali impatti significativi del progetto in esame sull'ambiente dell'area interessata.

Le funzioni principali dello *scoping* sono le seguenti:

- individuazione delle parti e/o delle fasi del progetto che maggiormente interessano le problematiche ambientali, e che devono essere trattate nello Studio di Impatto Ambientale;
- individuazione delle possibili alternative di localizzazione e/o di progetto;
- individuazione delle problematiche significative dal punto di vista ambientale, tenendo conto delle caratteristiche del progetto e della sensibilità del sito.

Al fine di individuare gli impatti maggiormente significativi è necessario definirne i criteri di selezione, tenendo in considerazione, ove possibile, il livello minimo degli impatti considerati accettabili per il sito nel quale l'opera in esame sarà installata.

I principali fattori chiave che costituiscono le caratteristiche qualificanti degli impatti sono in genere i seguenti:

- grandezza: è definita in relazione alla dimensione e all'intensità dell'impatto;
- reversibilità: l'intensità dell'impatto viene messa in relazione con la sua irreversibilità o con il suo grado di reversibilità;
- prevalenza: è definita come la possibilità che un impatto irrilevante assuma importanza per effetto cumulativo o sinergico;
- importanza: è valutata in rapporto al grado di compatibilità o incompatibilità (sino alla preclusione) dell'area ad essere utilizzata per altri scopi;
- durata e frequenza: sono definite in rapporto alla durata dell'attività e al suo carattere continuativo o saltuario;
- rischi: sono definiti in relazione alla probabilità che si verifichino gravi conseguenze ambientali;
- mitigazione: è definita come possibilità di ridurre o minimizzare gli impatti attraverso una diversa situazione localizzativa o una particolare tecnologia.

La fase di *scoping*, come descritto in normativa (art. 12 LR 9/99 e s.m.i.), è facoltativa e rappresenta un passo preliminare per la definizione puntuale dei contenuti dello Studio di Impatto Ambientale e della documentazione con gli elaborati progettuali richiesti dalla normativa

⁶¹ L. Bruzzi, *Valutazione di impatto ambientale*, Maggioli Editore, Rimini 1999, pag. 39-42.

vigente per il rilascio di intese, concessioni, autorizzazioni pareri, nulla osta, assensi che vengono acquisiti nell'ambito della Conferenza di servizi.

Per i progetti sottoposta a VIA il richiedente che decide di effettuare la fase preliminare di *scoping* deve presentare all'autorità competente, per le opere di interesse pubblico, o allo sportello unico, per le attività produttive, un elaborato che identifica gli impatti ambientali attesi e comprende i contenuti del SIA di seguito elencati (tratti dalla legge regionale dell'Emilia Romagna 35/2002):

- a) la descrizione delle condizioni iniziali dell'ambiente fisico, biologico ed antropico;
- b) la descrizione del progetto di impianti, opere o interventi proposti, delle modalità e tempi di attuazione, ivi comprese la descrizione delle caratteristiche fisiche dell'insieme del progetto, delle sue interazioni con il sottosuolo e delle esigenze di utilizzazione del suolo, durante le fasi di costruzione e funzionamento a impianti, opere o interventi ultimati nonché la descrizione delle principali caratteristiche dei processi produttivi, con l'indicazione della natura e delle quantità dei materiali impiegati;
- c) una valutazione del tipo e della quantità dei residui e delle emissioni previsti (inquinamento dell'acqua, dell'aria e del suolo, rumore, vibrazioni, luce, calore, radiazioni, ecc...) risultanti dall'attività del progetto proposto;
- d) la descrizione della tecnica prescelta, con riferimento alle migliori tecniche disponibili a costi non eccessivi, e delle altre tecniche previste per prevenire le emissioni degli impianti e per ridurre l'utilizzo delle risorse naturali, confrontando le tecniche prescelte con le migliori tecniche disponibili;
- e) l'esposizione dei motivi della scelta compiuta anche con riferimento alle principali soluzioni alternative possibili di localizzazione e di intervento, compresa quella di non realizzare l'impianto, l'opera o l'intervento, tenendo conto dell'impatto sull'ambiente;
- f) l'illustrazione della conformità delle opere e degli interventi proposti alle previsioni in materia urbanistica, ambientale e paesaggistica;
- g) l'analisi della qualità ambientale con riferimento alla descrizione delle componenti dell'ambiente potenzialmente soggette ad impatto ambientale importante, con particolare rife-

rimento ai seguenti fattori: l'uomo, la fauna e la flora, il suolo, l'acqua, l'aria, il clima ed il paesaggio, le condizioni socio-economiche, il sistema insediativo, il patrimonio storico, culturale e ambientale ed i beni materiali, le interazioni tra i fattori precedenti;

h) la descrizione e la valutazione dei probabili impatti ambientali significativi, positivi e negativi, nelle fasi di attuazione, di gestione e di eventuale abbandono degli impianti, delle opere e degli interventi, con particolare riferimento alle aree di cantiere e di discarica di materiali delle opere infrastrutturali, e derivanti da possibili incidenti, dovuti all'esistenza del progetto, alla utilizzazione delle risorse naturali, alla emissione di inquinanti, alla produzione di sostanze nocive, di rumore, di vibrazioni, di radiazioni e allo smaltimento dei rifiuti;

i) la descrizione e la valutazione delle misure previste per ridurre, compensare od eliminare gli impatti ambientali negativi, nonché delle misure di monitoraggio;

j) una sintesi in linguaggio non tecnico dei punti precedenti;

k) un sommario contenente la descrizione dei metodi di previsione utilizzati per valutare gli impatti ambientali, nonché l'indicazione delle eventuali difficoltà (lacune tecniche o mancanza di conoscenze) incontrate dal proponente nella raccolta dei dati richiesti.

A seguito della presentazione dei documenti e degli elaborati contenuti nella fase di *scoping* all'autorità competente o allo sportello unico, si convoca la conferenza dei servizi, la quale entro 60 giorni può esprimersi in merito al piano di lavoro sulle definizioni dello studio di impatto ambientale. Prima della scadenza di questo periodo, se accettato lo *scoping*, si può procedere all'attivazione delle fasi di VIA.

V. Dallo scoping alla VIA: un quadro sintetico sulle procedure

La domanda per attivare la VIA, presentata all'autorità competente ovvero allo sportello unico, deve contenere lo Studio d'Impatto Ambientale e il relativo progetto definitivo, in conformità agli eventuali esiti di verifica della fase di *scoping*. Tali elaborati sono depositati per 45 giorni presso la Regione, le Province, i Comuni e agli enti interessati e si attuano tutte le procedure per la pubblicazione di avvenuto deposito nel Bollettino Ufficiale della Regione e

su un quotidiano. Entro il termine del deposito chiunque può prendere visione degli elaborati e può presentare osservazioni scritte.

Entro 10 giorni viene indetta la Conferenza dei Servizi, un tavolo partecipato dalle amministrazioni competenti e dagli enti interessati, oltre che dal proponente, nel quale vengono valutate le osservazioni pervenute, si formulano osservazioni, si applicano integrazioni e il progetto viene esaminato in tutti i suoi contenuti.

Nei casi di particolare rilievo l'autorità può promuovere un'istruttoria pubblica con le amministrazioni e i soggetti interessati per fornire una completa informazione sul progetto e sul SIA e per acquisire elementi di conoscenza e di giudizio in funzione della valutazione di impatto ambientale. Entro 60 giorni l'ufficio competente dell'autorità deve predisporre un rapporto sull'impatto ambientale da inviare ai partecipanti della Conferenza dei Servizi.

La Conferenza dei Servizi dopo aver raccolto tutte le informazioni necessarie, compreso il rapporto sugli impatti, deve concludere i lavori per legge entro 100 giorni ed assumere le decisioni sulla VIA.

Entro 120 giorni la delibera di attuazione della Valutazione di Impatto Ambientale viene formulata da parte dell'autorità competente sulla base delle autorizzazioni recepite dalla Conferenza dei Servizi.

La valutazione di impatto negativa preclude la realizzazione dell'opera o dell'intervento.

La VIA positiva, d'altra parte, comprende e sostituisce tutte le autorizzazioni, le concessioni edilizie, gli atti di assenso, i nulla osta, le licenze, i pareri di qualsiasi altro strumento urbanistico e della normativa in materia ambientale, paesaggistica e storica.

Infine la valutazione di impatto ambientale positiva obbliga il proponente a conformare il progetto alle eventuali prescrizioni in essa contenute per la realizzazione ed il monitoraggio nel tempo dell'impianto, opera o intervento.

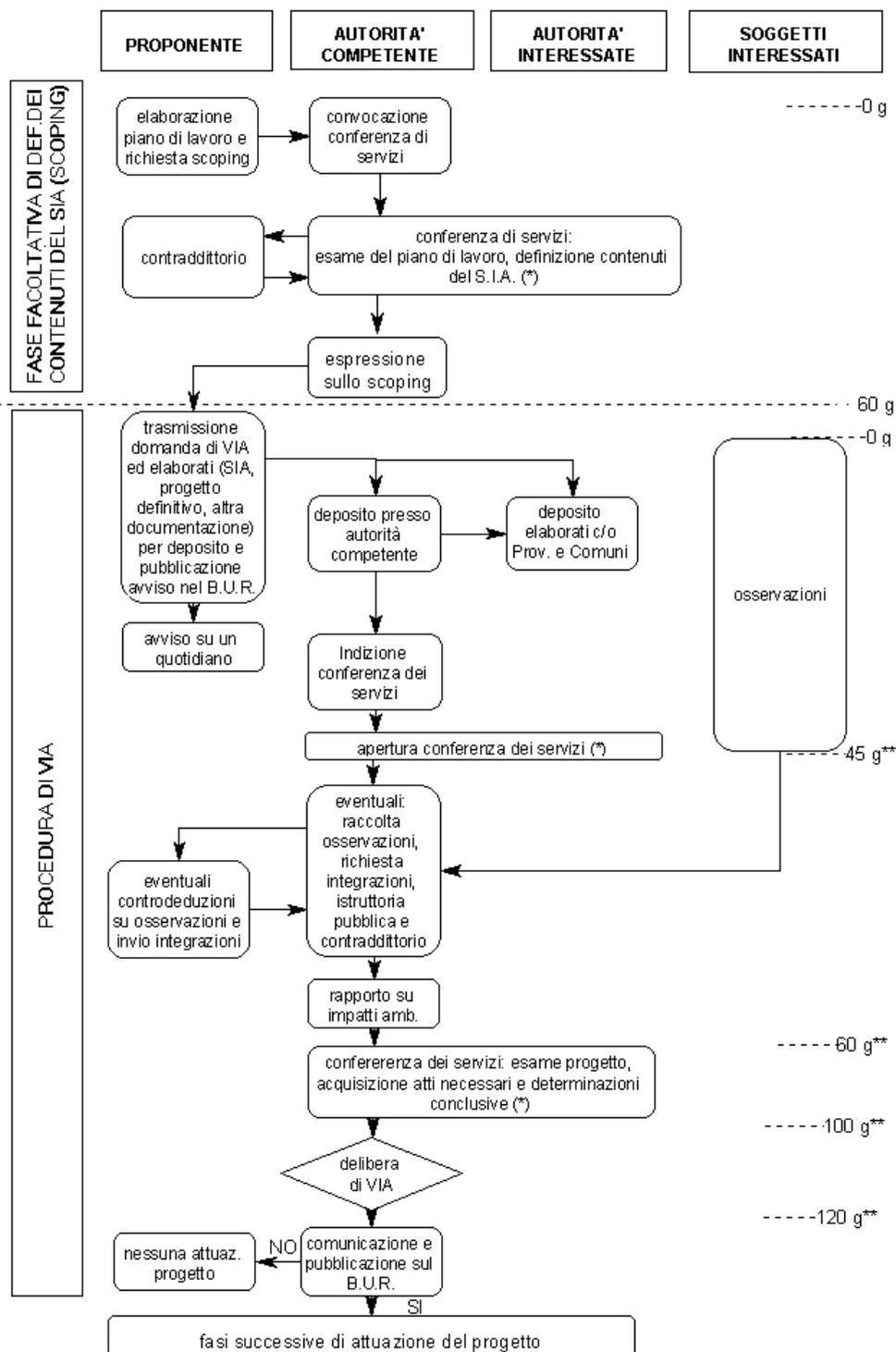


fig. 3: fase di scoping/VIA per opere pubbliche. Fonte: legge regionale Emilia Romagna 35/2000

VI. Classificazione degli impatti ambientali e caratterizzazioni

Lo Studio di Impatto Ambientale necessario per il procedimento di VIA comprende l'identificazione di tutte le componenti naturali ed antropiche utili per la valutazione degli impatti di un intervento o di un'opera verso l'ambiente esterno.

Le principali indicazioni normative sono definite dalla Direttiva 97/11/CE, riprese dal DPCM del 27/12/88 e dalla Legge quadro in materia ambientale, il d.lgs. 152/2006, con le successive modifiche apportate dal d.lgs. n°4 del 16 gennaio 2008.

Si definiscono in seguito le componenti ambientali indicate in normativa⁶²:

- a) atmosfera : qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica;
- b) ambiente idrico : acque sotterranee e acque superficiali (dolci, salmastre e marine), considerate come componenti, come ambienti e come risorse;
- c) suolo e sottosuolo : intesi sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame, ed anche come risorse non rinnovabili;
- d) vegetazione, flora, fauna : formazioni vegetali ed associazioni animali, emergenze più significative, specie protette ed equilibri naturali;
- e) ecosistemi: complessi di componenti e fattori fisici, chimici e biologici tra loro interagenti ed interdipendenti, che formano un sistema unitario e identificabile (quali un lago, un bosco, un fiume, il mare) per propria struttura, funzionamento ed evoluzione temporale);
- f) salute pubblica: come individui e come comunità;
- g) rumore e vibrazioni: considerati in rapporto all'ambiente sia naturale che umano;
- h) radiazioni ionizzanti e non ionizzanti: considerati in rapporto all'ambiente sia naturale che umano;

⁶² Allegato I DPCM del 27/12/1988

i) paesaggio: aspetti morfologici e culturali del paesaggio, identità delle comunità interessate e relativi beni culturali.

Le questioni ambientali di cui sopra disegnano un quadro molto complesso di valutazione e indagine per lo Studio d'Impatto Ambientale. Resta comunque inteso che il SIA non deve contenere tutti i parametri, ma solo quelli che effettivamente interessano l'intervento o l'opera in esame.

Si utilizzano pertanto procedure semplificate, caratterizzate da liste di controllo o *check list*, da tabelle matriciali contenenti gli *standards* necessari per la valutazione sintetica degli impatti, in modo da poter raggiungere risultati comparabili e facilmente comunicabili.

Gli indicatori di impatto vengono generalmente definiti dalle normative ambientali di settore o da linee guida degli enti di protezione dell'ambiente o da direttive di tipo igienico-sanitario.

Ogni settore di valutazione richiede pertanto parametri certi attraverso adempimenti di legge, modelli di calcolo e cartografie, che indirizzano lo studio verso la formulazione di un rapporto tecnico-scientifico degli impatti dell'opera sull'ambiente.

Nella fase di scoping⁶³ il valutatore ha già effettuato una prima identificazione dei prevedibili impatti significativi dell'intervento sul sistema ambientale. Sulla base di questi risultati egli deve quindi analizzare con maggiore o minore approfondimento le diverse componenti ambientali, caratterizzando con maggiore dettaglio quelle componenti, o quei fattori ambientali, che presumibilmente saranno maggiormente interessati dalla realizzazione dell'opera.

Nel corso della trattazione si ritiene utile soffermarsi e descrivere le caratteristiche principali degli impatti ambientali che riguardano la fase di cantiere, come concepite nella formulazione degli Studi di Impatto Ambientale nelle procedure di VIA, e si omettono gli ambiti per cui invece sarebbero necessari approfondimenti ulteriori.

Nella tabella di seguito⁶⁴ si descrivono le linee di impatto e l'ambito ambientale corrispondente: essa rappresenta un modello sintetico di valutazione preliminare che indirizza tuttavia la valutazione in precise questioni di indagine e intervento nella fase di cantierizzazione dell'opera.

⁶³ L. Bruzzi, *Valutazione di impatto ambientale*, Maggioli Editore, Rimini 1999, pag. 48.

⁶⁴ fonte: *Linee guida V.I.A* del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 18 Giugno 2001.

| |
|---|
| Ambito: ARIA |
| <p><i>Produzioni significative di impatto atmosferico durante la fase di cantiere</i></p> <p>Un cantiere di grandi dimensioni comporterà un consistente impiego di mezzi pesanti che produrranno gas di scarico e, muovendosi su superfici sterrate, l'innalzamento di polveri; la presenza nelle zone limitrofe di abitazioni o di vegetazione sensibile potrà comportare l'insorgenza di effetti negativi.</p> |
| <p>Ambito: CLIMA</p> <p>Non vi sono considerazioni a riguardo durante la fase di cantiere</p> |
| Ambito: ACQUE |
| <p><i>Deviazione temporanea dei corsi d'acqua per esigenze di cantiere ed impatti conseguenti</i></p> <p>Il cantiere potrà prevedere lo spostamento temporaneo di corsi d'acqua o comunque un impegno significativo degli alvei attuali. Azioni di questo tipo possono essere causa di significative alterazioni di ecosistemi acquatici, di cui dovranno essere analizzate le implicazioni.</p> |
| <p><i>Inquinamento di corsi d'acqua superficiali da scarichi di cantiere</i></p> <p>Qualora il cantiere preveda lavori direttamente in alvei di corsi d'acqua naturali, potranno prodursi intorbidamenti a valle causati dalla messa in sospensione di sedimenti del fondo. A loro volta gli intorbidamenti potranno essere premessa per successivi effetti indesiderati sulla qualità delle acque e degli ambienti a valle. La stessa attività di cantiere, con la presenza di maestranze, è produttrice di acque di scarico che possono, se non regolarmente smaltite, inquinare corpi idrici vicini.</p> |
| <p><i>Inquinamento di corpi idrici superficiali per dilavamento meteorico di superfici inquinate</i></p> <p>Sulle superfici esterne di stabilimenti, compresi i cantieri, ove avvengono movimentazioni di sostanze pericolose, possono verificarsi nel tempo depositi di sostanze a rischio che possono essere rimosse e veicolate all'esterno attraverso le acque di dilavamento meteorico. Pur non essendo di solito tali rischi ben quantificabili, occorrerà verificarne almeno qualitativamente la sussistenza e minimizzarne i potenziali effetti negativi.</p> |
| <p><i>Rischi di inquinamento di corpi idrici a causa di sversamenti incidentali di sostanze pericolose da automezzi</i></p> <p>Il movimento di automezzi sulla viabilità ordinaria, può comportare, in aree sensibili attraversate, rischi ambientali in caso di rovesciamento di sostanze pericolose che potrebbero finire nei suoli o in corpi idrici adiacenti con effetti negativi sulle matrici ambientali coinvolte.</p> |

| |
|--|
| <p>Ambito: ACQUE SOTTERRANEE</p> |
| <p><i>Interferenze negative con le acque sotterranee durante le fasi di cantiere</i></p> <p>Vi potranno essere cantieri che richiedano la realizzazione di opere sotterranee in grado di interferire con lo scorrimento delle prime falde acquifere. Occorrerà valutare le implicazioni di tali interferenze.</p> |
| <p><i>Inquinamento delle acque di falda da percolazione di sostanze pericolose conseguente ad accumuli temporanei di materiali di processo o a deposito di rifiuti</i></p> <p>Progetti che prevedono il deposito sul suolo di sostanze pericolose (effettivamente o potenzialmente) possono produrre rischi di inquinamento delle acque di falda a causa della percolazione di tali sostanze. Ad esempio discariche o altri impianti per lo smaltimento dei rifiuti. Rischi di questo tipo potranno essere tecnicamente governati attraverso dispositivi specifici (es. teli impermeabili), ed in questo caso gli impatti potenziali diventano funzione delle garanzie tecnico-gestionali.</p> |
| <p><i>Inquinamento delle acque di falda da percolazione di sostanze pericolose attraverso la movimentazione di suoli contaminati</i></p> <p>Progetti che prevedono la movimentazione di suoli che sono stati sede di precedenti attività contaminanti, possono costituire occasione per una ritorno in circolo di sostanze pericolose. Rischi di questo tipo sono ad esempio frequenti in aree con impianti industriali dismesse. L'assenza di specifiche precauzioni, unitamente a condizioni di permeabilità dei suoli, può costituire premessa per la percolazione nel sottosuolo di sostanze contaminanti e l'inquinamento delle acque sotterranee.</p> |
| <p>Ambito: SUOLO, SOTTOSUOLO, ASSETTO IDRO -GEOMORFOLOGICO</p> |
| <p><i>Impegni indebiti di suolo per lo smaltimento di materiali di risulta</i></p> <p>La realizzazione di opere civili di grandi dimensioni potranno comportare la produzione di quantità più o meno rilevanti di materiali di risulta che richiederanno uno specifico smaltimento che tenda anche conto delle legislazioni vigenti in materia di rifiuti. Se non adeguatamente programmate, tali azioni potranno comportare impegni indebiti di suolo nelle aree di progetto o in altre aree.</p> |
| <p><i>Inquinamento di suoli da parte di depositi di materiali con sostanze pericolose</i></p> <p>Progetti che prevedono il deposito sul suolo di sostanze effettivamente o potenzialmente pericolose possono produrre rischi di inquinamento dei suoli stessi, che potranno in certi casi</p> |

interessare anche le sottostanti acque di falda. Particolari sostanze possono impregnare e contaminare in modo più o meno permanente i suoli superficiali, ponendo le premesse per seri problemi successivi di bonifica.

Ambito: RUMORE

Impatti da rumore durante le fasi di cantiere

L'esistenza più o meno prolungata di un cantiere con presenza consistente di strumenti di perforazione e mezzi pesanti potrà comportare significativi disturbi da rumore su ricettori sensibili posti nelle vicinanze (abitazioni, stazioni con presenza di fauna sensibile).

Ambito: VIBRAZIONI

Possibili danni a edifici e/o infrastrutture derivanti dalla trasmissione di vibrazioni in fase di cantiere

L'esistenza più o meno prolungata di un cantiere con presenza consistente di mezzi pesanti potrà comportare disturbi o rischi da vibrazione su ricettori sensibili (abitazioni, monumenti ecc.) posti nelle vicinanze.

La trasmissione attraverso il suolo di onde di pressione potenzialmente nocive potrà esserci anche nei casi in cui si prevedranno azioni particolari quali battipalo, sbancamenti con esplosivi ecc...

Ambito: RADIAZIONI NON IONIZZANTI E IONIZZANTI

Non vi sono considerazioni a riguardo durante la fase di cantiere

Ambito: FLORA E VEGETAZIONE

Eliminazione diretta o danneggiamento del patrimonio arboreo

La realizzazione dei nuovi interventi sulle aree di progetto potrà comportare, nelle fasi di cantiere, l'eliminazione o il danneggiamento di vegetazione esistente.

Ambito: FAUNA

Danni o disturbi ad animali in fase di cantiere

Le azioni di cantiere (sbancamenti, movimenti di mezzi pesanti) potranno comportare danni o disturbi ad animali di specie sensibili presenti nelle aree coinvolte. Il problema può porsi in modo significativo nei casi di progetti che comportano trasformazioni più o meno cospicue (grandi infrastrutture ecc.) di aree con presenze faunistiche significative.

| |
|--|
| Ambito: ECOSISTEMI Non vi sono considerazioni a riguardo durante la fase di cantiere |
| Ambito: SALUTE E BENESSERE |
| <i>Rischi alla salute da contatto potenziale con sostanze pericolose presenti nei suoli</i> La presenza di sostanze inquinanti nel suolo può creare condizioni di pericolo per la salute di persone che utilizzino tale aree per attività varie, compresi i lavori di cantiere. Una data attività potrebbe comportare la movimentazione dei suoli contaminati, e provocare le condizioni di pericolo indicate. |
| Ambito: PAESAGGIO Non vi sono considerazioni a riguardo durante la fase di cantiere |
| Ambito: BENI CULTURALI |
| <i>Eliminazione e/o danneggiamento di beni storici o monumentali durante le fasi di cantiere</i> Un progetto potrà essere causa di eliminazione o danneggiamento di beni culturali, durante le attività di cantiere. Ad esempio un progetto di infrastruttura stradale (o ferroviaria) potrebbe richiedere l'abbattimento di manufatti esistenti, alcuni dei quali di interesse di carattere storico o monumentale; o potrebbe produrre vibrazioni in grado di indurre in essi crepe e lesioni. |
| Ambito: ASSETTO TERRITORIALE |
| <i>Impegno temporaneo di viabilità locale da parte del traffico indotto in fase di cantiere</i> Impegni significativi della viabilità locale, ad esempio da parte di traffico pesante nella realizzazione di grandi opere infrastrutturali, potranno avvenire durante la fase di cantiere. |

VII. Liste di controllo per la valutazione delle azioni

Le *checklist* sono utilizzate nelle procedure di SIA per elencare i principali impatti ambientali di un'opera. Sono caratterizzate da diverse metodologie di tabulazione, possono essere descrittive o sintetiche, costituite da matrici di interazione o da linee guida, essere qualitative o quantitative e integrare schemi di calcolo pesato per i vari carichi ambientali.

Esistono, inoltre, diverse tecniche di analisi multicriteriale⁶⁵ per valutare impatti complessivi di ciascuna alternativa che si basano sulla costruzione di matrici di impatto o di grafi. Tali tecniche comportano la necessità di determinare:

- punteggi di impatto in una scala normalizzata (per esempio, definiti attraverso la definizione di “funzioni di utilità”);
- livelli d’importanza relativa tra diversi tipi di impatto (“pesi”, per esempio definiti attraverso i confronti a coppie).

Si riporta di seguito una lista di controllo sintetica per le azioni da cantiere, in cui si elencano le principali fasi potenzialmente critiche per la produzione di impatti ambientali.

La lista è stata creata dalla Società Italiana di Ecologia (SItE) nel 1990⁶⁶.

AZIONI ELEMENTARI

- Cantiere

- 1) Prospezioni geologiche
- 2) Eliminazioni di elementi esistenti
 - 1- Taglio di vegetazione esistente
 - 2- Demolizione manufatti esistenti
- 3) Movimenti di terra interni
 - 1- Sbancamenti di suolo e sottosuolo
 - 2- Scavi di gallerie
 - 3- Riporti di terreno su versanti
 - 4- Formulazione di rilevati
 - 5- Creazione di accumuli temporanei
- 4) Spostamenti di elementi esistenti
 - 1- Persone
 - 2- Strade
 - 3- Linee elettriche
- 5) Realizzazione di opere per il cantiere
 - 1- Strade per il cantiere
 - 2- Baracche per il cantiere
- 6) Realizzazione di opere permanenti

⁶⁵ come definito dalla LR 35/2000

⁶⁶ tratta da L.Bruzzi, *Valutazione di impatto ambientale*, Maggioli Editore, Rimini 1999, pag. 244-245.

- 1- Componenti dell'impianto
 - 2- Capannoni per depositi
 - 3- Piazzali per depositi
 - 4- Edifici per uffici
 - 5- Edifici di portineria
 - 6- Impianti di trattamento reflui
- 7) Opere di assetto idrogeologico
- 1- Dragaggi in corpi idrici
 - 2- Sbarramento corsi d'acqua
 - 3- Deviazioni corsi d'acqua
 - 4- Opere permanenti in alveo
 - 5- Guadi temporanei
 - 6- Difese spondali
 - 7- Arginature
 - 8- Canali di bonifica
 - 9- Canalizzazioni acque piovane
 - 10- Interramenti di corpi idrici attuali
 - 11- Paravalanghe
 - 12- Muri consolidamento versanti
- 8) Scarichi in atmosfera durante il cantiere
- 9) Scarichi idrici durante il cantiere
- 10) Uso di mezzi
- 1- Ruspe
 - 2- Automezzi pesanti
 - 3- Elicotteri
 - 4- Autoveicoli del personale
- 11) Presenze umane durante il cantiere

Nella valutazione dei contenuti degli impatti ambientali nel SIA è pertanto necessario predisporre linee guida e liste di controllo che indirizzano le procedure esecutive e permettono al proponente di utilizzarle come strumento di verifica e di guida delle attività esecutive di cantiere. Analogamente⁶⁷ la lista di controllo va utilizzata da parte dell'autorità competente e

⁶⁷ come definito dalla LR 35/2000.

dell'ufficio competente e di chi deve condurre l'esame e l'istruttoria tecnica sugli elaborati presentati per l'effettuazione della procedura di VIA come uno strumento per valutare gli aspetti rilevanti e quindi per assicurare la dovuta attenzione a una gamma di fattori che possono influire sulla decisione finale in materia di impatto ambientale.

Si riporta di seguito un altro tipo di lista di controllo, differente da quella precedente, concepita nelle linee fondamentali di elaborazione dello Studio di Impatto Ambientale dalla LR 35/2000 dell'Emilia Romagna.

| |
|--|
| AZIONI DI CANTIERE (<i>descrizione delle pressioni ambientali dirette sulle componenti ambientali nelle fasi di costruzione delle opere</i>) |
| SISTEMAZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO E STRUTTURE DI CANTIERE |
| Descrizione dei criteri adottati per il dimensionamento dei cantieri |
| Descrizione dei programmi di cantiere (con indicazione della tempistica delle fasi di sistemazione iniziale, costruzione, smantellamento dei cantieri) |
| Nel caso di progetti di modifica ad interventi esistenti, descrizione delle modalità di gestione del cantiere rispetto all'intervento esistente |
| Planimetrie, sezioni rappresentative dei siti di cantiere |
| Descrizione dei rilevamenti e prove (capisaldi di riferimento, prove geognostiche in situ e in laboratorio, analisi geotecniche, ecc.) |
| Descrizione delle sistemazioni superficiali durante i lavori di costruzione (pavimentazioni, impermeabilizzazioni, ecc.) |
| Descrizione delle aree funzionali nel perimetro dei cantieri |
| Descrizione dell'eliminazione della vegetazione nelle fasi di cantiere |
| Descrizione delle demolizioni di manufatti preesistenti |
| Descrizione delle modalità di smaltimento dei reflui dai siti di cantiere |
| Descrizione degli sbancamenti di terreno |
| Descrizione degli scavi di gallerie |
| Descrizione dei movimenti di terra interni alle aree di cantiere |
| Descrizione di scavi o dragaggi in acqua durante i lavori di costruzione |
| Descrizione dell'accumulo temporaneo in cantiere di materiali di scavo |
| Descrizione di sbarramenti e/o deviazioni temporanei di corsi d'acqua |

| |
|---|
| Descrizione delle aree funzionali nel perimetro dei cantieri |
| Descrizione dell'eliminazione della vegetazione nelle fasi di cantiere |
| Descrizione delle demolizioni di manufatti preesistenti |
| Descrizione delle modalità di smaltimento dei reflui dai siti di cantiere |
| Descrizione degli sbancamenti di terreno |
| Descrizione degli scavi di gallerie |
| Descrizione dei movimenti di terra interni alle aree di cantiere |
| Descrizione di scavi o dragaggi in acqua durante i lavori di costruzione |
| Descrizione dell'accumulo temporaneo in cantiere di materiali di scavo |
| Descrizione di sbarramenti e/o deviazioni temporanei di corsi d'acqua |
| Descrizione di guadi temporanei e modalità di attraversamento dei corsi d'acqua da parte di mezzi di costruzione |
| Descrizione dei prelievi da corsi d'acqua per i lavori di costruzione |
| Descrizione delle modalità di regolazione delle portate dei corsi d'acqua interessati da attività di cantiere |
| Descrizione delle modalità di controllo dell'accesso alle zone di cantiere |
| Descrizione della cartellonistica agli accessi e lungo la recinzione dei cantieri |
| Descrizione degli edifici a servizio dei cantieri (casotti esterni per servizi igienici, alloggi, officine, magazzini, pesa, ecc.) |
| Descrizione del traffico per il raggiungimento del cantiere da parte del personale (con i relativi volumi di traffico, n. veicoli/giorno per ciascun tracciato) |
| Planimetria tracciati, sezioni rappresentative e profili longitudinali delle strade di cantiere |
| Disegno dei ponti provvisori |
| Disegno dei piazzali e degli spianamenti di cantiere |
| Disegni degli alloggi e degli edifici accessori provvisori |
| Disegni dei guadi provvisori |
| Disegni di funicolari e di altri impianti provvisori a fune |
| Disegni delle opere di sbarramento e/o deviazione provvisoria di corsi d'acqua |
| Disegni delle opere provvisorie di consolidamento di versanti, di rive o di gallerie |
| Descrizione degli accumuli temporanei di materiali, discariche speciali per i materiali di risulta, depositi di carburante, depositi di materiali di scarto |
| Disegno degli accumuli temporanei di materiali, discariche speciali per i materiali di risulta, depositi di carburante, depositi di materiali di scarto |

| |
|--|
| Disegni di recinzioni esterne delle aree di cantiere |
| Disegni degli impianti per l'illuminazione notturna cantieri |
| Descrizione di altre sistemazioni e modalità di utilizzo dei siti di cantiere |
| MATERIALI E RISORSE NECESSARI PER LE COSTRUZIONI |
| Descrizione delle tipologie e dei volumi degli inerti di cava, di acqua, di materie prime utilizzate per la costruzione |
| Descrizione dei materiali litoidi necessari per la realizzazione dei rilevati e opere accessorie |
| Descrizione del bilancio energetico delle opere di cantiere |
| Mappa con cave presumibilmente utilizzate |
| Mappa con impianti di adduzione idrica |
| Mappa con impianti di trasporto d'energia elettrica o di gruppi elettrogeni |
| Mappa con opere di protezione (recinzioni esterne, impianti per l'illuminazione notturna) |
| Mappa con indicate le condotte o i collettori di fluidi |
| Mappa con indicate le derivazioni da corpi idrici superficiali o bacini idrici di accumulo |
| Descrizione dei tipi di mezzi o veicoli usati per i cantieri con i relativi volumi di traffico per l'approvvigionamento di materiali, per lo smaltimento dei materiali di risulta (n. veicoli/giorno per ciascun tracciato, mappatura con strade di accesso, strade di servizio, piazzali di servizio, ecc.) |
| Descrizione degli automezzi per l'approvvigionamento di materiali, per lo smaltimento dei materiali di risulta |
| Indicazione del tipo di mezzi di cantiere che vengono utilizzati: ruspe escavatori, automezzi pesanti, ecc. |
| SMALTIMENTO DI RIFIUTI IN FASE DI CANTIERE |
| Descrizione delle quantità e del tipo di materiali di risulta dai cantieri, con le relative modalità di smaltimento dei rifiuti (con indicate le misure per la limitazione o il riutilizzo dei rifiuti) |
| Disegni delle opere di raccolta e di stoccaggio provvisorio dei rifiuti e dei materiali di risulta dei cantieri |
| SMALTIMENTO DI REFLUI E DI ACQUE DI SCORRIMENTO IN CANTIERE |
| Descrizione delle modalità di organizzazione del drenaggio nei siti di cantiere, con indicate le azioni di mitigazione previste per limitare il rilascio di reflui inquinati (p.e. bacini di de- |

| |
|---|
| cantazione o lagunaggi, neoecosistemi-filtro, impianti di fitodepurazione, riciclo dei reflui) |
| Mappa del drenaggio dei siti di cantiere (canalizzazioni e opere per lo smaltimento degli effluenti, reti di drenaggio) |
| EMISSIONI NELL' ATMOSFERA IN FASE DI CANTIERE |
| Descrizione delle emissioni di polvere e di gas inquinanti prevedibili nella fase di cantiere, con indicate le azioni di mitigazione previste (indicare i fattori di emissione anche nel caso peggiore in relazione ai ricettori impattati) |
| Disegni delle opere di mitigazione per limitare le emissioni di gas inquinanti o di polvere nella fase di cantiere (p.e. vasche di lavaggio dei pneumatici degli automezzi di cantiere, impianti di depurazione fumi, ecc.) |
| PRODUZIONE DI RUMORE IN FASE DI CANTIERE |
| Descrizione del rumore prodotto dalle attività di scavo, trasporto e sistemazione dei materiali di cantiere, con indicate le azioni di mitigazione previste (indicare i fattori di emissione dei mezzi e delle operazioni, anche nel caso sfavorevole peggiore in relazione ai ricettori impattati) |
| Disegni delle opere di mitigazione previste per limitare il rumore prodotto in fase di cantiere (barriere, ecc.) |
| PRODUZIONI DI VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE |
| Descrizione delle vibrazioni emesse nel terreno dalle attività di cantiere, con indicate le azioni di mitigazione previste (indicare i fattori di emissione dei mezzi e delle operazioni nelle condizioni normali e peggiori in relazione ai ricettori impattati) |
| Disegni delle opere di mitigazione previste per limitare le vibrazioni prodotte nel terreno in fase di cantiere |
| RISCHI DI INCIDENTI DURANTE LA FASE DI CANTIERE |
| Descrizione delle possibilità di incidente nella fase di cantiere in riferimento ad esondazioni (effetti, danni e possibilità di accadimento) |
| Descrizione delle possibilità di incidente nella fase di cantiere in riferimento a franamenti di versante (effetti, danni e possibilità di accadimento) |

| |
|---|
| Descrizione delle possibilità di incidente nella fase di cantiere in riferimento ad incendi o esplosioni in ambiti di cantiere (cause, p.e. connessi a materiale bellico disperso, effetti, danni e probabilità di accadimento) |
| Descrizione delle possibilità di incidente nella fase di cantiere in riferimento ad interazione dei lavori con gasdotti, oleodotti, elettrodotti interrati (effetti, danni e possibilità di accadimento) |
| OPERE DI MITIGAZIONE PER L'INSERIMENTO DELLE OPERE DI CANTIERE |
| Descrizione delle misure che si sono considerate nella fase di cantiere per mitigare gli impatti prodotti e per migliorare l'inserimento nel paesaggio (come piantagioni arboree ed arbustive, opere di ingegneria naturalistica, ecc.) |
| Mappa delle misure che si sono considerate nella fase di cantiere per la mitigazione degli impatti prodotti e per l'inserimento nel paesaggio (p.e. opere a verde, ecc.) |
| Descrizione di sistemazioni di restituzione e modalità di utilizzo finale dei siti di cantiere (p.e. riutilizzo di suolo fertile asportato, creazione di tappeti erbosi, ecc.) |
| COSTI DI COSTRUZIONE |
| Descrizione dei costi di costruzione (dettagliando soprattutto le voci per le azioni di mitigazione e d'inserimento ambientale) |
| Descrizione della durata dei cantieri e dei lavori di costruzione |

PARTE SECONDA

Elaborazione del piano di gestione ambientale per il cantiere

CAPITOLO 6

6.1 – Premessa

Le procedure di gestione del processo, gli strumenti di valutazione ambientale, unitamente alla normativa in materia ambientale, descritti precedentemente, verranno in seguito tradotti per l'elaborazione di un vero e proprio Piano di gestione ambientale.

Il Piano verrà misurato sulla base di un progetto esistente, l'ampliamento di un plesso scolastico situato ad Abbiategrasso (MI).

L'elaborato è stato strutturato seguendo le linee della ISO14001 (o dell'EMAS) riguardo alla creazione di un sistema di gestione ambientale (SGA) e ha l'obiettivo di tradurre in operazioni attuative ciò che risulta essere più utile per il miglioramento della questione ambientale e per la riduzione degli impatti inquinanti nel cantiere in esame.

La scelta delle opere di mitigazione e delle misure di controllo degli impatti verrà elaborata sulla base dei riferimenti normativi in materia ambientale e, in certi casi, rispetto agli interventi prestazionali definiti dai protocollo di sostenibilità ambientale quali il LEED o il HQE. In altri casi l'adozione di miglioramenti dell'organizzazione del cantiere porterà a soluzioni ambientalmente compatibili.

6.2 – Il Piano di gestione ambientale

I. La gestione dei processi secondo lo schema PDCA

Lo sviluppo del sistema di gestione ambientale⁶⁸ richiede l'impegno e il coinvolgimento di tutti i livelli e di tutte le funzioni dell'impresa (soprattutto dei vertici aziendali) e comporta investimenti non indifferenti in termini di risorse, tempi, costi. Si articola nelle seguenti fasi:

- *politica ambientale*, cioè la definizione della strategia generale dell'azienda nei confronti dell'ambiente;
- *pianificazione*, che richiede l'analisi di tutte le possibili conseguenze dell'attività dell'azienda sull'ambiente;

⁶⁸ E.Marino *Il cantiere e l'ambiente*, EPC Libri, Roma, 2002, pag.126.

- *attuazione e funzionamento*, che consiste nell'implementazione ed avvio del sistema e che prevede l'assegnazione di ruoli e responsabilità, la formazione e/o addestramento del personale, l'elaborazione e il controllo di tutta la documentazione del sistema, la predisposizione delle azioni da intraprendere in casi di emergenza;
- *controlli ed azioni correttive*, cioè la misurazione, la sorveglianza e la valutazione continue delle prestazioni ambientali dell'azienda;
- *riesame della direzione*, cioè la valutazione sistematica del sistema, al fine di assicurare un miglioramento continuo delle prestazioni ambientali dell'impresa.

L'elaborato in seguito descritto verrà strutturato secondo lo schema PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) in cui si evidenzieranno le seguenti parti fondamentali:

- Analisi ambientale delle attività di cantiere e valutazione delle significatività
- Progetto delle misure di mitigazione ambientale
- Controllo/monitoraggio delle operazioni e degli impatti

Tale modello permetterà in primo luogo una valutazione complessiva degli interventi esecutivi effettuati durante la fase di cantiere; in secondo luogo si evidenzieranno gli impatti maggiori e saranno classificati secondo una scala di significatività (sullo schema ricorrente introdotto nelle valutazioni di impatto ambientale, VIA); successivamente saranno elencati gli interventi di mitigazione per il media ambientale più rilevante, unitamente a una valutazione di tipo quantitativo, dove possibile, sulla misura dell'impatto; infine si pianificano le attività di controllo e gli strumenti per la misura degli impatti e il monitoraggio interno della conformità, indicando le figure responsabili all'interno del cantiere.

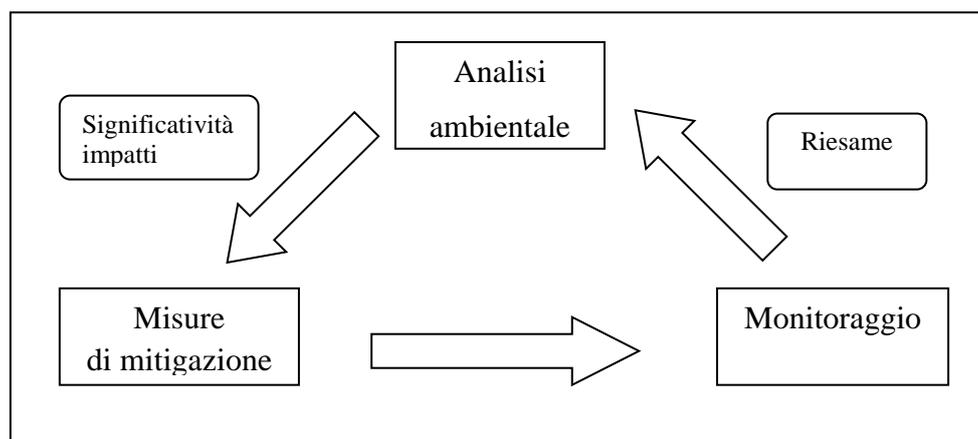


fig. 4: schema del flusso delle azioni

II. Struttura del Piano di gestione ambientale

1. Introduzione

Descrizione degli aspetti generali dell'organizzazione

- *Anagrafica dell'organizzazione principale e delle imprese coinvolte*
- *Descrizione delle attività e delle aree produttive*
- *Descrizione del progetto e dell'ambiente circostante*

Definizioni

2. Politica ambientale

3. Pianificazione

Analisi ambientale iniziale delle attività di cantiere

- *Valutazione degli aspetti ambientali*
- *Valutazione della significatività degli impatti ambientali*

Definizione degli obiettivi

Pianificazione delle misure di mitigazione

- *Definizione delle procedure e degli interventi da attuare in cantiere relativi a:*
 - *Questioni locali: limitazione mobilità*
 - *Questioni locali: rumore*
 - *Questioni locali: polveri*
 - *Rifiuti*
 - *Effetti su ecosistemi: corpi idrici, suolo, sottosuolo, vegetazione, fauna*
 - *Scarichi idrici*
- *Valutazione dei costi*

4. Attuazione e funzionamento

Attuazione in cantiere delle procedure e degli interventi di mitigazione

5. Controllo e riesame

Definizione delle procedure di controllo

- *Verifica delle conformità delle procedure*
- *Definizione del responsabile ambientale*
- *Strumenti di monitoraggio*
- *Riesame delle procedure*

6.3 – Descrizione degli aspetti generali dell'organizzazione

In tale capitolo introduttivo del Piano di gestione ambientale (qui elaborato in maniera sintetica poiché esclusivo e personale dell'azienda) l'organizzazione deve descrivere la propria struttura aziendale, deve indicare i dati societari e anagrafici, specificare inoltre le attività e i campi di applicazione del Piano di gestione.

E' poi necessario indicare i dati delle imprese coinvolte durante tutto il processo costruttivo, compresi i subappaltatori.

Infine è opportuno segnalare le risorse disponibili interne e la loro funzione (persone, responsabilità, rapporti) soprattutto in termini di gestione ambientale dei processi.

6.4 – Definizioni

Ambiente

Contesto nel quale un'organizzazione opera, comprendente l'aria, l'acqua, il terreno, le risorse naturali, la flora, la fauna, gli esseri umani e le loro interrelazioni.

Aspetto ambientale

Elemento delle attività o dei prodotti o dei servizi di un'organizzazione che può interagire con l'ambiente. Un aspetto ambientale significativo è un aspetto ambientale che ha, o può avere, un impatto ambientale significativo.

Impatto o effetto ambientale

Qualunque modificazione dell'ambiente, negativa o benefica, causata totalmente o parzialmente dagli aspetti ambientali di un'organizzazione.

Sistema di gestione

Parte del sistema di gestione di un'organizzazione utilizzata per sviluppare ed attuare la propria politica ambientale e di salute e sicurezza sul lavoro e gestire i propri aspetti ambientali ed i rischi di salute e sicurezza sul lavoro.

Audit ambientale

Processo di verifica sistematico e documentato per conoscere e valutare, con oggettiva evidenza, se il sistema di gestione integrato di un'organizzazione è conforme ai criteri definiti dall'organizzazione stessa per l'audit del sistema di gestione integrato e per comunicare i risultati di questo processo alla direzione.

6.5 – Descrizione del progetto⁶⁹



fig. 5: rendering progetto. Vista aerea lato Nord-Ovest

Il progetto in esame prevede l'ampliamento di una scuola esistente situata nel Comune di Abbiategrasso (MI), in Via Colombo. L'attuale edificio scolastico di via Colombo è inserito in una vasta area di proprietà comunale sulla quale insistono, oltre alla scuola elementare che attualmente ospita temporaneamente la scuola materna, la piscina pubblica e la cucina centralizzata.

L'edificio si articola in due corpi principali a pianta quadrata, che ospitano gli spazi didattici e la palestra, collegati da un corpo più basso ad un solo piano, dove sono collocati i servizi comuni (segreteria, sala medica, direzione didattica ecc.).

Un corpo ulteriore, realizzato sul lato est nel 2006, ha ampliato la capacità ricettiva dell'edificio.

Il progetto di ampliamento in oggetto nasce dalla necessità di risolvere, attraverso fasi successive di attuazione degli interventi, una serie di problematiche legate a più edifici: l'esigenza di

⁶⁹ Descrizione del progetto e immagine sono state concesse gentilmente dallo studio T.H.E.MA srl.

ampliamento della scuola elementare e l'esigenza di trovare una collocazione della scuola materna, già esistente sull'area in esame e demolita per problemi conservativi, con la possibilità di unificare all'interno della stessa area i due livelli scolastici (materna – elementare).

Obiettivo, quindi, di questo progetto è quello di soddisfare tutte le esigenze per offrire un edificio strutturalmente realizzato con criteri e materiali moderni, pensato per dare il massimo conforto ai futuri fruitori ed architettonicamente omogeneo, per contribuire, laddove tutte le attività assumono carattere eminentemente educativo allo sviluppo delle sensibilità del bambino.

La scelta di realizzare l'edificio su più livelli e di collegarlo con quello esistente persegue la finalità di compattare i volumi, garantendo economicità costruttiva e soprattutto risparmio nel consumo di aree libere, lasciando ampi spazi esterni da dedicare all'attività scolastica all'aperto.

Il progetto perciò prevede la realizzazione di un nuovo corpo su tre piani di cui uno seminterrato e due fuori terra: al piano interrato è presente il refettorio, un laboratorio, un'aula polivalente e i locali tecnici, al piano rialzato è collocato lo spazio dedicato alla materna con 9 aule e 1 laboratorio che condivide le altezze di interpiano con l'esistente, al piano primo si trova l'ampliamento della scuola elementare che comprende 7 aule.

Il nuovo edificio si sviluppa su una superficie di circa 1.360,00 mq per piano ed è addossato alla scuola elementare esistente, collegato ad essa mediante un corridoio che si sviluppa sia al piano rialzato che al piano primo. La maglia strutturale riprende il passo di quella esistente individuando gli spazi idonei per una distribuzione razionale delle aule. Pertanto il nuovo edificio sorgerà adiacente al lato Ovest del corpo "didattico" esistente, ponendosi in continuità con questo, sia dal punto di vista volumetrico, sia per quanto riguarda la distribuzione degli spazi e lo schema strutturale.

6.6 – Politica ambientale

Il principio per il quale l'organizzazione intende definire un Piano di gestione ambientale è quello del raggiungimento della qualità delle attività di cantiere, nel rispetto dell'ambiente e della sicurezza per gli operatori e per il vicinato interessato.

Il Piano di gestione ambientale deve essere costantemente aggiornato e comunicato agli operatori del processo per un completo rispetto e nell'ottica di un miglioramento continuo.

Il Piano è elaborato contestualmente all'oggetto di progetto e l'organizzazione deve adeguare, ogni volta, gli obiettivi e i traguardi ambientali alla natura, alla dimensione e agli impatti ambientali delle proprie attività di cantiere e dei rischi ambientali connessi.

Principi comuni

- impegno dell'organizzazione al miglioramento continuo rispetto ai propri processi, ai sistemi gestionali e alle prestazioni ambientali;
- verificare costantemente i metodi di lavoro e le procedure operative loro e la conformità al sistema di gestione;
- perseguire l'ulteriore riduzione degli impatti ambientali durante i processi costruttivi; individuare le misure idonee per eliminare, dove possibile, il rischio di danno ambientale e adottare le precauzioni per prevenire eventuali incidenti;
- mantenere l'impegno verso il rispetto degli adempimenti in materia ambientale e in materia di sicurezza sul posto di lavoro; mantenere attive ed esigere il rispetto delle procedure concernenti gli aspetti ambientali (compresi i subappaltatori esterni all'azienda);
- mettere in atto e mantenere un sistema affidabile e completo per la rilevazione dei dati necessari per la gestione e attuare le azioni per il controllo delle attività e il monitoraggio degli impatti ambientali;
- minimizzare, ed eliminare ove possibile, i rischi generati dai propri processi;
- promuovere la condivisione degli obiettivi aziendali, favorendo la formazione, la consapevolezza del ruolo, la responsabilizzazione individuale, la comunicazione interna;
- mantenere un dialogo aperto con tutti i collaboratori del processo;
- effettuare verifiche, ispezioni e audit atti a identificare e a prevenire eventuali situazioni di non conformità con i requisiti dei sistemi di gestione di riferimento e con la normativa;
- in generale, sviluppare e migliorare costantemente il proprio Piano di gestione ambientale, conformemente alla ISO 14001 sul sistema di gestione e alla normativa ambientale cogente.

CAPITOLO 7

7.1 – Analisi ambientale iniziale delle attività di cantiere

La prima azione necessaria per l'elaborazione di un sistema di gestione ambientale è la valutazione degli aspetti ambientali connessi alle attività di cantiere, quindi dei possibili impatti che possono generarsi e della probabilità dei rischi derivanti.

La relazione⁷⁰ tra aspetto e impatto ambientale è un rapporto causa-effetto: “aspetto ambientale” è ogni elemento di un'attività dell'azienda che può interagire con l'ambiente; “impatto ambientale” è invece qualsiasi modifica all'ambiente, positiva o negativa, derivante in tutto o in parte dalle attività dell'azienda.

Gli aspetti ambientali sui quali l'azienda può esercitare un controllo gestionale diretto si definiscono aspetti ambientali diretti; quelli sui quali, pur non avendo il controllo gestionale totale, può in qualche modo avere una certa influenza si definiscono aspetti ambientali indiretti (ad es. il comportamento ambientale di sub-appaltatori e fornitori).

Per la valutazione degli impatti ambientali durante il cantiere sono state elencate le fasi lavorative, come descritte dal cronoprogramma dei lavori.

Di seguito si elencano le fasi lavorative previste per la realizzazione della suddetta opera:

- I Fase, accantieramento + demolizione;
- II Fase, berlinese + scavi;
- III Fase, realizzazione del nuovo complesso scolastico;
- IV Fase, opere di urbanizzazione;
- V Fase, ristrutturazione di porzione del complesso scolastico esistente (piano terra);
- VI Fase, collegamento tra la scuola esistente e la nuova.

Dal cronoprogramma sono state estratte tutte le attività di cantiere e si è proseguito nell'elaborazione dell'analisi ambientale.

Per la valutazione degli aspetti ambientali derivanti dalle attività si sono creati dei documenti a matrice, così strutturate:

- le schede sono suddivise per MACROATTIVITA' (ad es. scavi di fondazione, strutture in elevazione, impianti ecc.);

⁷⁰ E.Marino *Il cantiere e l'ambiente*, EPC Libri, Roma, 2002, pag.128.

- per ogni scheda di macroattività sono descritte sinteticamente in ordinata le attività esecutive fondamentali in sequenza;
- per ogni scheda di macroattività sono descritti in ascissa i principali aspetti ambientali suddivisi per tipologia così come riportate di seguito:
 - 1) consumo di risorse energetiche (carburante, energia elettrica, altri combustibili);
 - 2) consumo di materie prime (acqua, inerti, leganti, ferro, legno);
 - 3) emissioni;
 - 4) scarichi idrici;
 - 5) rifiuti (demolizione, scarti di lavorazione, terra di scavo, imballaggi, residui materiali vari, rifiuti pericolosi);
 - 6) questioni locali (rumore, vibrazioni, polveri, impatto visivo, limitazione mobilità);
 - 7) effetti su ecosistemi (corpi idrici, suolo e sottosuolo, vegetazione, fauna).
- Ogni aspetto ambientale viene valutato dall'impresa secondo un criterio di significatività o magnitudo, che tiene conto degli effetti negativi verso l'esterno, dei possibili danni, della frequenza con cui si presenta, dell'importanza dell'impatto sull'ambiente, contestualizzando ogni elemento al cantiere in esame e considerando le interferenze verso l'esterno.

I criteri per la valutazione della significatività sono riassunti nei seguenti punti:

- 1) aspetto regolato da norme di legge, adempimenti;
- 2) rilevanza quantitativa e frequenza dell'impatto relativamente all'ambiente e alle caratteristiche del sito;
- 3) possibili danni ambientali e/o situazioni di pericolo;
- 5) impatti verso gli operatori e la collettività (proteste, disagi ecc.).

Gli impatti ambientali vengono segnalati con tre colorazioni differenti:

- colore verde: bassa significatività;
- colore giallo: media significatività;
- colore rosso: alta significatività.

MACRO ATTIVITA': IMPIANTO DI CANTIERE E OPERE PROPEDEUTICHE

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|-----------------------|----------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| RECINZIONE CANTIERE - Installazione recinzione area di cantiere con pannelli e cancello - Installazione recinzione a blocchi di cls a terra e rete elettrosaldata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IMPIANTI DI CANTIERE - Installazione di impianto elettrico - Allacciamento impianto idrico e rete fognaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OPERE PROPEDEUTICHE - Abbattimento alberi - Demolizione scala esistente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

MACRO ATTIVITA': STRUTTURE IN ELEVAZIONE PIANO TERRA

| <i>Descrizione del processo</i> | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | |
|---|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| RACCOLTA/ DEPOSITO/ TRASPORTO RIFIUTI - Raccolta/deposito/ trasporto di materiale in aree predisposte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

MACRO ATTIVITA': TRAVI E PRIMO SOLAIO A QUOTA +0,50

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|-----------------------|----------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| GETTI - Getto in opera di cls e stagionatura - Disarmo e recupero casseri a stagionatura effettuata - Lavaggio mezzi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PONTEGGIO - Montaggio ponteggio perimetrale in loco e attrezzature - Installazione gru di cantiere | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RACCOLTA/ DEPOSITO/ TRASPORTO RIFIUTI - Raccolta/deposito/ trasporto di materiale in aree predisposte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

MACRO ATTIVITA': STRUTTURE IN ELEVAZIONE PIANO RIALZATO

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| MACCHINARI E MATERIALI - Trasporto macchinari e materiali in cantiere | Yellow | | Green | | | | | | | | | | | | Yellow | | Yellow | | Yellow | | | | | |
| CASSERATURE - Lavorazione tavole di legno e disposizione casserature in loco | | Green | | | | | Red | | | | Green | | | | Yellow | | Yellow | | | | | | | |
| ARMATURE - Taglio e sagomatura tondini di ferro - Disposizione armatura setti, pareti e pilastri piano rialzato | | Green | | | | Red | | | | | Green | | | | Yellow | | | | | | | | | |
| GETTI - Getto in opera di cls e stagionatura - Disarmo e recupero casseri a stagionatura effettuata - Lavaggio mezzi | Green | Green | | Red | Red | Red | | | Red | | | | Yellow | Green | Red | Yellow | | Yellow | Red | | Yellow | | | |

MACRO ATTIVITA': STRUTTURE IN ELEVAZIONE PIANO RIALZATO

| <i>Descrizione del processo</i> | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | |
|---|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| RACCOLTA/ DEPOSITO/ TRASPORTO RIFIUTI - Raccolta/deposito/ trasporto di materiale in aree predisposte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

MACRO ATTIVITA': TRAVI E SOLAIO A QUOTA +3,95

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | |
|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-------|-----------|-----------------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | Legno | | | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo |
| MACCHINARI E MATERIALI - Trasporto macchinari e materiali in cantiere | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CASSERATURE - Lavorazione tavole di legno e disposizione casserature in loco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ARMATURE/ CARPENTERIE - Taglio e sagomatura tondini di ferro - Disposizione armatura travi e scale e carpenteria scala in acciaio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOLAIO - Fornitura e posa in opera di solaio prefabbricato tipo "predalles" e relativo banchinaggio - Armatura aggiuntiva | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

MACRO ATTIVITA': TRAVI E SOLAIO A QUOTA +3,95

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| GETTI - Getto in opera di cls e stagionatura - Disarmo e recupero casseri a stagionatura effettuata - Lavaggio mezzi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RACCOLTA/ DEPOSITO/ TRASPORTO RIFIUTI - Raccolta/deposito/ trasporto di materiale in aree predisposte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

MACRO ATTIVITA': STRUTTURE IN ELEVAZIONE FINO A QUOTA COPERTO

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| MACCHINARI E MATERIALI - Trasporto macchinari e materiali in cantiere | Yellow | | Green | | | | | | | | | | | | Yellow | | Yellow | | Yellow | | | | | |
| CASSERATURE - Lavorazione tavole di legno e disposizione casserature in loco | | Green | | | | | Red | | | | Green | | | | Yellow | | Yellow | | | | | | | |
| ARMATURE - Taglio e sagomatura tondini di ferro - Disposizione armatura setti, pareti e pilastri fino a quota coperto | | Green | | | | Red | | | | | Green | | | | Yellow | | | | | | | | | |
| GETTI - Getto in opera di cls e stagionatura - Disarmo e recupero casseri a stagionatura effettuata - Lavaggio mezzi | Green | Green | | Red | Red | Red | | | Red | | | | Yellow | Green | Red | Yellow | | Yellow | Red | | Yellow | | | |

MACRO ATTIVITA': STRUTTURE IN ELEVAZIONE FINO A QUOTA COPERTO

| <i>Descrizione del processo</i> | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | |
|---|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| RACCOLTA/ DEPOSITO/ TRASPORTO RIFIUTI - Raccolta/deposito/ trasporto di materiale in aree predisposte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

MACRO ATTIVITA': TRAVI E SOLAIO A QUOTA +7,40

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|--------|--------|-----------|-----------------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | Legno | | | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| MACCHINARI E MATERIALI - Trasporto macchinari e materiali in cantiere | Yellow | | Green | | | | | | | | | | | | Yellow | | Yellow | | Yellow | | | | | |
| CASSERATURE - Lavorazione tavole di legno e disposizione casserature in loco | | Green | | | | | Red | | | | Green | | | | Yellow | | Yellow | | | | | | | |
| ARMATURE/ CARPENTERIE - Taglio e sagomatura tondini di ferro - Disposizione armatura travi | | Green | | | | | Red | | | | Green | | | | Yellow | | | | | | | | | |
| SOLAIO - Fornitura e posa in opera di solaio prefabbricato tipo "predalles" e relativo banchinaggio - Armatura aggiuntiva | Yellow | Green | | | | | Yellow | Yellow | | | | | | | Yellow | | | | | Yellow | | | | |

MACRO ATTIVITA': TRAVI E SOLAIO A QUOTA +7,40

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| GETTI - Getto in opera di cls e stagionatura - Disarmo e recupero casseri a stagionatura effettuata - Lavaggio mezzi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RACCOLTA/ DEPOSITO/ TRASPORTO RIFIUTI - Raccolta/deposito/ trasporto di materiale in aree predisposte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

MACRO ATTIVITA': COPERTURA E OPERE DA LATTONIERE

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | Questioni locali | | | | Effetti su ecosistemi | | | | |
|---|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------------|-------|-----------------|-----------|-----------------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti ferro | Legno | Altri materiali | | | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| MACCHINARI E MATERIALI - Trasporto macchinari e materiali in cantiere | Yellow | | Green | | | | | | Red | | | | | | Red | | Red | | Red | | | | | |
| STRUTTURA PORTANTE IN LEGNO - Posa in opera di travi portanti e arcarecci in legno lamellare - Posa del tavolato in legno sulle travi portanti | | Yellow | | | | | Red | | | | | | Green | | Yellow | | Yellow | Yellow | | | | | | |
| ISOLAMENTO - Posa del pacchetto di isolamento termico di copertura | | | | | | | | Red | | | | | Green | | Green | | | | | | | | | |
| COPERTURA - Posizionamento e montaggio dei pannelli metallici tipo RIVERCLACK eseguito in opera | | Yellow | | | | Red | | Red | | | | | Green | | Yellow | | | Yellow | | | | | | |

MACRO ATTIVITA': TINTEGGIATURE INTERNE ED ESTERNE

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | | Questioni locali | | | | | Effetti su ecosistemi | | | |
|--|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|----------------|-----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| MACCHINARI E MATERIALI - Trasporto macchinari e materiali in cantiere | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PREPARAZIONE - Preparazione pitture, diluizione con acqua e/o prodotti, impasto - Rasatura, pulizia delle superfici | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PITTURE - Esecuzione delle pitture delle superfici interne ed esterne a varie mani - Eventuali stuccature | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PULIZIA - Pulizia degli attrezzi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RACCOLTA/ DEPOSITO/ TRASPORTO RIFIUTI - Raccolta/deposito/ trasporto di materiale in aree predisposte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

MACRO ATTIVITA': OPERE DI URBANIZZAZIONE

| Descrizione del processo | Consumo di risorse energetiche | | | Consumo di materie prime | | | | Emissioni | Scarichi idrici | Rifiuti | | | | | Questioni locali | | | | | Effetti su ecosistemi | | | | |
|---|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|---------|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|--------|------------|---------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Carburante | Energia elettrica | Altri combustibili | Acqua | Inerti | leganti | ferro | | | Legno | Demolizione | Scarti di lavorazione | Terra di scavo | Imballaggi | Residui materiali vari | Rifiuti pericolosi | Rumore | Vibrazioni | Polveri | Impatto visivo | Limitazione mobilità | Corpi idrici | Suolo e sottosuolo | Vegetazione |
| IMPIANTO DI IRRIGAZIONE - Eventuali scavi per posa tubazioni e apparecchiature idrauliche e successivo riempimento - Realizzazione impianto di irrigazione | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DOTAZIONI - Posizionamento arredi da giardino e giochi - Eventuali opere di completamento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RACCOLTA/ DEPOSITO/ TRASPORTO RIFIUTI - Raccolta/deposito/ trasporto di materiale in aree predisposte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

CAPITOLO 8

8.1 – Aspetti generali e obiettivi

Il presente documento tecnico ha l'obiettivo di individuare gli interventi di mitigazione degli impatti verso l'ambiente circostante causati durante le attività di cantiere e di proporre soluzioni di miglioramento dell'area circostante interessata dal sito, per limitare al massimo le interferenze e i disagi prodotti dai processi costruttivi.

La scelta degli interventi da adottare durante la fase di cantiere è diretta conseguenza dell'analisi degli impatti ambientali durante il processo costruttivo, elaborata attraverso le schede dei macroprocessi costruttivi di cantiere, nelle quali si evidenziano, con dei colori differenti, le classi di significatività (o magnitudo) delle voci di intervento.

La valutazione dell'importanza degli impatti ambientali è infatti la base per formulare proposte migliorative idonee all'area di cantiere del progetto in esame e adeguate al contesto urbanistico e insediativo in cui si inserisce il sito di costruzione.

La complessità delle attività di cantiere, tuttavia, non permette di valutare ogni singolo aspetto ambientale in modo analitico e quantitativo. L'obiettivo finale infatti non è determinare un valore di inquinamento del cantiere, o un punteggio che misuri la qualità ambientale della costruzione, ma produrre soluzioni operative e azioni prestazionali che risolvano problemi di inserimento del cantiere nel contesto urbano e migliorino l'ambiente circostante, mitigando gli impatti generati durante la fase di cantiere.

I documenti che seguono sono suddivisi per tema ambientale, inquadrando le principali problematiche e proponendo interventi attuativi risolutivi e di mitigazione degli impatti. Le scelte adottate nella presente relazione tecnica vengono inoltre comunicate attraverso disegni o immagini significative per poter comunicare in modo diretto la caratteristica dell'intervento.

Sulla base dell'analisi del quadro ambientale iniziale degli impatti generati dalle attività di cantiere descritto nelle schede dei macroprocessi, si individuano sei tematiche principali ambientali in cui inquadrare l'elaborazione dei documenti. Esse sono:

- Scheda 1: Questioni locali: limitazione mobilità
- Scheda 2: Questioni locali: rumore
- Scheda 3: Questioni locali: polveri
- Scheda 4: Rifiuti
- Scheda 5: Effetti su ecosistemi: corpi idrici, suolo e sottosuolo, vegetazione, fauna
- Scheda 6: Scarichi idrici

Le scelte introdotte all'interno dei documenti sono azioni operative che hanno l'obiettivo di risolvere alcune criticità dovute alle caratteristiche proprie dell'insediamento in esame e di migliorare in seconda istanza gli impatti negativi sull'ambiente prodotti dalle attività di cantiere, così come analizzati dalle schede.

Gli elaborati che seguono sono il frutto dell'integrazione di adempimenti normativi esistenti in materia ambientale, così come definiti dalle disposizioni più recenti, del regolamento edilizio locale, di elementi raccolti dalle procedure di valutazione di impatto ambientale, unitamente agli elementi trattati dai protocolli di sostenibilità ambientale come il LEED americano e il HQE francese, riguardo alla fase di cantiere, e a criteri di buona pratica costruttiva e di gestione della costruzione.

Tale approccio ha permesso l'elaborazione di un documento tecnico che descrive le scelte operative idonee al raggiungimento di obiettivi di prestazione ambientale e di miglioramento degli impatti negativi generati dalle attività di costruzione durante la fase di cantiere.

| <i>Piano di gestione ambientale</i> | |
|---|--|
| OBIETTIVI | |
| Riferimento scheda | Obiettivi |
| Scheda 1 Questioni locali: limitazione mobilità | |
| S1.1 | Riduzione degli impatti derivanti dalla circolazione dei mezzi di cantiere sulla viabilità cittadina |
| S1.2 | Adozione di un piano di gestione del traffico dei mezzi di cantiere |
| S1.3 | Riduzione delle interferenze con la mobilità |
| S1.4 | Riduzione dei disagi negli orari critici |
| S1.5 | Eliminazione delle criticità e dei pericoli dovute allo spostamento nel cantiere e all'esterno |
| S1.6 | Adozione delle migliori misure per la diminuzione del carico di traffico, compreso quello generato dai mezzi dei lavoratori |
| S1.7 | Rispetto dei limiti di velocità e delle prescrizioni del Codice della strada |
| S1.8 | Riduzione dell'inquinamento atmosferico e delle emissioni di particolato |
| Scheda 2 Questioni locali: rumore | |
| S2.1 | Adozione delle misure necessarie per la riduzione degli impatti sonori all'interno del cantiere e verso l'esterno |
| S2.2 | Monitoraggio dei livelli sonori dei mezzi e delle apparecchiature |
| S2.3 | Minimizzare i disagi da rumore nel cantiere e all'esterno |
| S2.4 | Scelta delle macchine più idonee alla lavorazione e limitazione della contemporaneità dei lavori più rumorosi |
| S2.5 | Adottare le misure più idonee per il rispetto della normativa in materia di rumore (classificazione acustica del sito e limiti di emissione) |
| Scheda 3 Questioni locali: polveri | |
| S3.1 | Adozione delle misure necessarie per la riduzione delle polveri derivante dal transito dei mezzi e dalle lavorazioni |
| S3.2 | Limitare le interferenze dei mezzi e la contemporaneità delle lavorazioni polverose |

| OBIETTIVI | |
|---|---|
| Riferimento scheda | Obiettivi |
| S3.3 | Protezione dei lavoratori dalla polvere |
| S3.4 | Elaborazione di un piano di qualità dell'aria |
| S3.5 | Monitoraggio dei livelli di emissione di inquinanti (particolato, COV) |
| S3.6 | Rispetto della normativa in materia di polveri |
| Scheda 4 Rifiuti | |
| S4.1 | Elaborazione di un piano di gestione rifiuti e rispetto delle procedure |
| S4.2 | Misure per la limitazione della produzione di rifiuti in cantiere |
| S4.3 | Formazione e controllo degli addetti sulle procedure di gestione dei rifiuti |
| S4.4 | Riduzione dei rifiuti pari al 50% del totale |
| S4.5 | Adempimenti normativi in materia di trasporto e smaltimento dei rifiuti e applicazione del protocollo sulla tracciabilità |
| Scheda 5 Effetti su ecosistemi: corpi idrici, suolo, sottosuolo, vegetazione, fauna | |
| S5.1 | Adozione delle misure per la mitigazione degli impatti su corpi idrici, suolo, sottosuolo, vegetazione, fauna |
| S5.2 | Controllo degli eventi meteorici che possono causare erosione, dilavamento delle superfici, filtrazione di acque inquinate nel suolo o nel sottosuolo |
| S5.3 | Misure per la pulizia costante dei mezzi e le postazioni di lavoro |
| S5.4 | Rispetto degli adempimenti in materia di inquinamento sul suolo, sottosuolo e corpi idrici |
| S5.5 | Azioni per l'annullamento dei rischi di inquinamento su suolo, sottosuolo, corpi idrici |
| Scheda 6 Scarichi idrici | |
| S6.1 | Progettazione di interventi per la gestione degli scarichi delle acque nere e delle acque meteoriche/di lavaggio e di soluzioni per il loro trattamento |
| S6.2 | Verifica dei limiti di emissione per le acque inquinate prima dello scarico in fognatura o in corpo idrico nel rispetto delle normative cogenti |

8.2 – SCHEDA 1 – Questioni locali: limitazione mobilità

L'opera in oggetto consiste nella costruzione di un fabbricato ad uso scolastico su tre livelli (piano interrato, piano terra e piano primo) e relative opere di urbanizzazione, in adiacenza ad un complesso scolastico già esistente ed attualmente in funzione.

L'oggetto in esame è situato ad Abbiategrasso (MI), in Via Cristoforo Colombo.

Il cantiere è posizionato in un'area limitrofa a est rispetto al centro storico della città, in una zona densamente urbanizzata e prettamente costituita da edifici residenziali. Nelle immediate vicinanze, verso ovest, è collocata la stazione FS di Abbiategrasso.

L'area di cantiere è inserita in un quartiere residenziale e l'unico collegamento per l'accesso è costituito da Via Colombo, che è una strada di quartiere a senso unico e di larghezza limitata, ma poco trafficata (figg.1 e 2).



fig. 6: foto aerea con evidenziata l'area di cantiere e il suo inserimento nel contesto urbano della città di Abbiategrasso



fig. 7: foto aeree e inquadramento del cantiere nel quartiere

Il cantiere in cui sorgerà il nuovo plesso scolastico è situato in un'area di proprietà comunale, definita dal Prg vigente come zona destinata ad attrezzature collettive. Oltre alla scuola esistente e alla palestra di pertinenza della scuola è presente più a sud la piscina comunale, che si affaccia verso Via Saffi (fig.3). Era presente anche una scuola materna proprio all'interno dell'area di cantiere, che però è stata demolita per motivi conservativi.

In adiacenza all'area di cantiere a sud è inoltre presente un'area edificata residenziale con fabbricati di pregio, come definita da Prg.

All'esterno del quartiere c'è una rete di collegamento stradale principale, che si unisce alla viabilità periferica della città. La via principale di accesso al quartiere e a Via Colombo è Via Giramo, a doppio senso di circolazione, che collega alla viabilità principale della città. La strada a maggior traffico che si allaccia al quartiere e a Via Giramo è Viale Mazzini più a nord. E' inoltre presente una strada di scorrimento principale, Via Alighieri, più a sud, che si collega a Viale Mazzini e alla periferia cittadina, diventando SS 494. Essa rappresenta il collegamento principale per la tangenziale di Milano, distante 12 km.

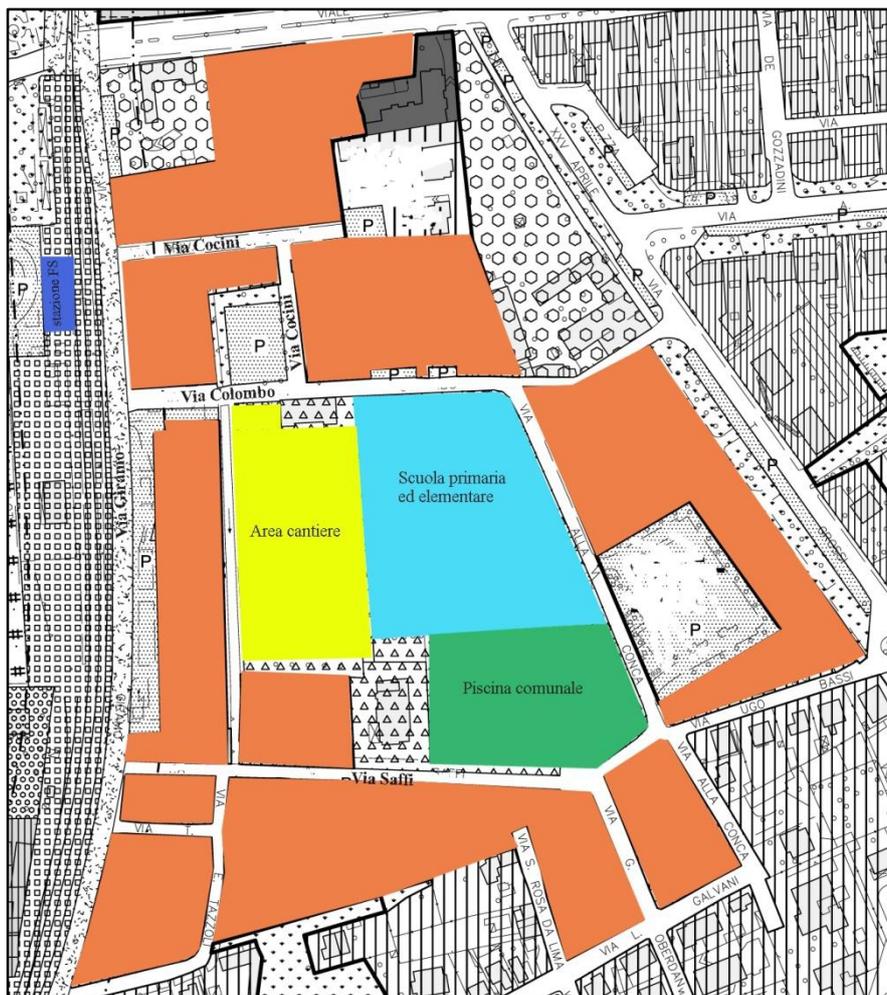


fig. 8: inquadramento dell'area di cantiere e destinazioni d'uso del quartiere; in arancio sono visualizzati i fabbricati residenziali

I. Impatti e mitigazione

Il carattere straordinario degli interventi di cantierizzazione è costituito da attività saltuarie e il traffico all'esterno dell'area è causato dall'approvvigionamento dei materiali e dal passaggio dei mezzi per le lavorazioni.

La limitata larghezza di Via Colombo, ad unico senso di circolazione, potrebbe essere causa di ingorgo veicolare soprattutto durante le ore di apertura e chiusura della scuola e dal passaggio di veicoli di residenti nel quartiere.

I mezzi hanno pertanto limitato spazio di manovra all'esterno del cantiere e non è possibile eseguire inversione di marcia in Via Colombo e sostare ai margini della strada.

Sono presenti parcheggi adiacenti all'area (cfr. fig.4), ma utilizzati principalmente dai residenti. Il primo è collocato proprio davanti all'accesso del cantiere e il secondo a est della scuola esistente, anch'esso utilizzato dai residenti.

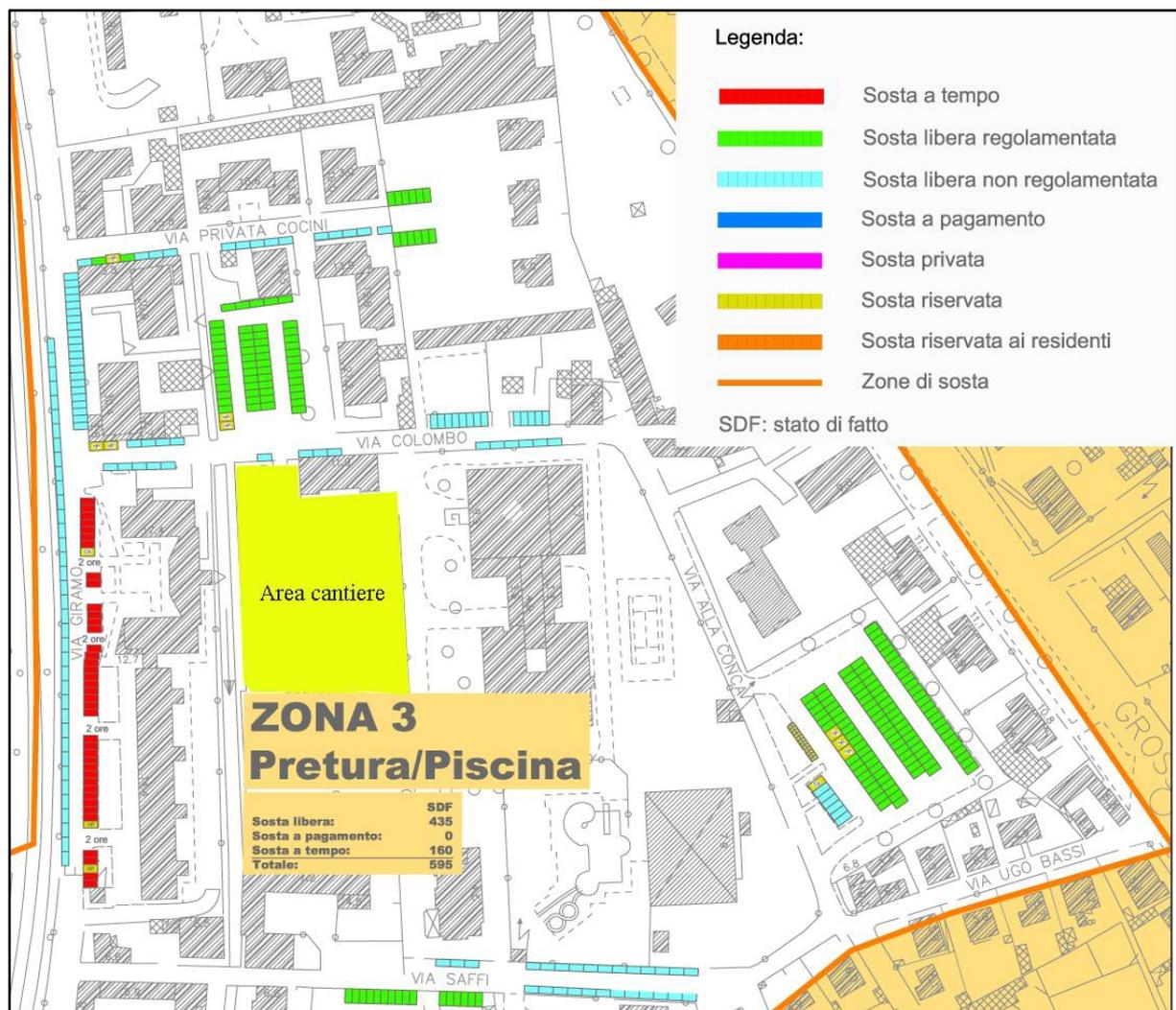


fig. 9: planimetria dei parcheggi (da PGTU del Comune di Abbiategrasso)

L'esistenza di vegetazione all'interno dell'area di cantiere, costituita da numerosi fusti arborei medio – alti non permette spazi di manovra per i mezzi autoarticolati e non garantisce lo spazio per la sosta dei mezzi dei lavoratori.

Sulla base delle criticità riscontrate rispetto alla mobilità esterna ed interna al cantiere e sui possibili disagi provocati dal passaggio e dalle manovre degli automezzi si prevede di risolvere le interferenze attraverso le seguenti operazioni:

- per quanto riguarda l'accesso al cantiere si è preso in considerazione il cancello esistente situato in Via Colombo (ingresso utilizzato dalla vecchia scuola ora demolita), che verrà allargato e arretrato di 5 m per consentire ai mezzi di effettuare la manovra (cfr fig.6); la mobilità non viene compromessa poiché l'accesso sarà dotato di moviere per regolare l'ingresso e l'uscita e i baraccamenti per i servizi igienico - assistenziali saranno posizionati all'interno dell'area verde, che non viene utilizzata dalla scuola ed è già delimitata da recinzione;
- la via di uscita dal cantiere per i mezzi sarà Via Cocini, a senso unico, per evitare il passaggio davanti all'ingresso del plesso scolastico esistente e non causare disagi (cfr fig.6);
- la viabilità dei mezzi di cantiere non interferirà con il passaggio dei veicoli del quartiere e sarà utilizzato il percorso di ingresso in Via Colombo e di uscita in Via Cocini;
- all'ingresso del cantiere sarà posizionata tutta la segnaletica di avviso e di pericolo senza intralciare la circolazione di veicoli e di pedoni (cfr. fig.5);



fig. 10:esempi di segnaletica e a destra esempio di moviere all'accesso del cantiere

- si cercherà di limitare l'ingresso di mezzi ingombranti all'interno dell'area di cantiere e di effettuare il carico/scarico in prossimità dell'accesso e utilizzare mezzi meno ingombranti per la movimentazione e il deposito all'interno dell'area di cantiere;
- si posizionerà l'area di carico/scarico nella zona di manovra della gru e quest'ultima sarà dimensionata per il sollevamento del massimo carico e non si dovrà utilizzare autogru;



fig. 11: planimetria dei percorsi dei mezzi e accesso al cantiere

- vista la presenza di alberature nell'area di cantiere si useranno mezzi di piccole dimensioni per evitare congestione e possibili urti o danneggiamenti;
- i mezzi impossibilitati di effettuare l'inversione di marcia nel cantiere, per il limitato spazio, dovranno procedere in retromarcia fino all'uscita e saranno aiutati dal moviere per le manovre;
- i mezzi dovranno percorrere Via Colombo e la viabilità del quartiere ad una velocità massima limitata a 30 km/h e all'interno dell'area di cantiere ad una velocità massima di 10 km/h;
- si cercherà di effettuare i principali spostamenti in ingresso e in uscita dal cantiere adottando un piano del traffico che consenta di verificare gli orari di minore congestione delle vie adiacenti, evitando gli orari di punta di apertura e chiusura della scuola (apertura ore 8.00 del mattino e chiusura alle 16.30) e di spostamento dei residenti;
- sarà predisposto un altro ingresso a sud del cantiere in Via Saffi esclusivamente destinato al passaggio dei mezzi e del personale di soccorso;
- per evitare di utilizzare i parcheggi del quartiere, a uso dei residenti e della scuola, e limitarne la disponibilità e per ridurre il traffico indotto dai mezzi, i lavoratori avranno a disposizione un servizio navetta collegato tramite la SS 494 a un parcheggio scambiatore situato al di fuori dal centro abitato da Abbiategrasso, presso la stazione ferroviaria di Albairate – Vermezzo, a soli 4 km dall'area di cantiere, che li trasporterà a inizio e fine turno; tale scelta permetterà di alleggerire il traffico indotto dai veicoli all'interno del quartiere, evitando quindi maggiori emissioni inquinanti nell'area residenziale (cfr. fig.7).



fig. 12: planimetria del percorso della navetta dal parcheggio scambiatore al cantiere

II. Uso della navetta: calcolo del numero dei mezzi

Dall'importo lavori è possibile ricavare il numero di addetti giornalieri conoscendo l'intera durata dei lavori (380 gg) e il costo orario della manodopera (circa 35€/h).

Si stima che la manodopera incida per il 40 % rispetto all'importo complessivo dei lavori e che ciascun addetto giunga all'area di lavoro con il proprio mezzo.

Sulla base delle considerazioni si descrivono i calcoli di seguito:

Importo lavori (IL): 3.925.000 €

Costo manodopera (CM): $40\%IL = 1.570.000$ €

Costo giornaliero addetto (CGA): $35€/h \times 8h/g = 280$ €

Uomini giorno (UG): $CM/CGA = 1.570.000/280$ gg ≈ 4132 uomini giorno

Numero addetti giornalieri: $4132/380gg \approx 11$

Dal calcolo si ricava una presenza di circa 11 addetti giornalieri in cantiere.

Tale valutazione rappresenta un indice medio, poiché durante le differenti fasi si avrà un valore minore (es. durante gli scavi) o maggiore (es. durante le lavorazioni) di addetti.

Presupponendo un mezzo per ciascun addetto si ricavano 11 mezzi al giorno necessari.

Rispetto all'anno, considerando 220 giorni lavorativi, al netto delle ferie, si calcola che il numero di mezzi che dovrebbe interessare l'area circostante al cantiere sia di 2420 mezzi.

Tali mezzi possono essere risparmiati utilizzando la navetta per il trasporto degli addetti a inizio e fine turno, abbassando notevolmente l'impatto negativo sul traffico nel quartiere.

La scelta di un mezzo navetta permetterebbe l'alleggerimento del traffico prodotto nei parcheggi adiacenti al cantiere e lungo la viabilità, migliorando sensibilmente l'impatto atmosferico.

Tuttavia non sempre è possibile coordinare gli accessi e gli spostamenti perché dipendenti dal tipo e dalla quantità di lavoro necessari, differenti in ogni fase di cantiere. Inoltre per certe attività l'impresa esecutrice incarica numerosi artigiani, liberi professionisti, lavoratori autonomi, che dispongono dei propri mezzi per il trasferimento in cantiere e per il trasporto delle loro attrezzature per eseguire le lavorazioni. In questi casi l'uso della navetta potrebbe essere utile per i soli dipendenti dell'impresa.

III. Quantificazione dei mezzi durante le principali fasi lavorative

Per un'opportuna valutazione dei mezzi che operano durante il cantiere, al fine di un maggiore controllo e per il miglioramento nella gestione delle interferenze, si prendono in esame i seguenti processi con i rispettivi mezzi che verranno computati.

| <i>Fase lavorativa</i> | <i>Quantificazione mezzo</i> |
|--|------------------------------|
| Scavo di sbancamento e a sezione | Escavatore idraulico |
| Getto di conglomerato cementizio in opera | Betoniera |
| Posa di solai prefabbricati tipo "predalles" | Autocarro |

- Fase lavorativa: scavo di sbancamento e a sezione. Produzione dell'escavatore

L'escavatore idraulico⁷¹ sta assumendo un'importanza sempre maggiore e un grande rilievo negli impegni operativi nei movimenti terra, oltre che nell'uso precipuo per gli scavi a sezione obbligata, anche in quelli di sbancamento.

L'equipaggiamento di un escavatore prevede l'adozione di un utensile di scavo a cucchiaio rovescio o frontale, oppure verticale con un cucchiaio mordente su un carro cingolato o gommato.

Il carro è costituito da una robusta struttura in acciaio che scarica a terra le sollecitazioni dell'utensile tramite i cingoli o gli stabilizzatori per gli escavatori gommati.

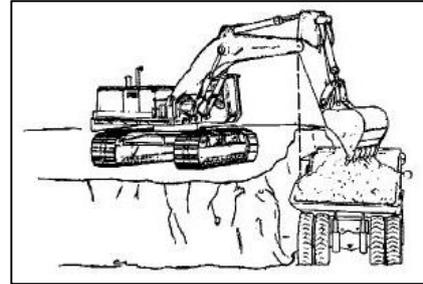
L'utensile di scavo è costituito da un braccio in acciaio, articolato da pistoni idraulici, nella cui estremità è posizionata una benna di varie dimensioni.

L'escavatore idraulico del tipo a cucchiaio rovescio lavora nello scavo procedendo a ritroso del fronte di avanzamento.

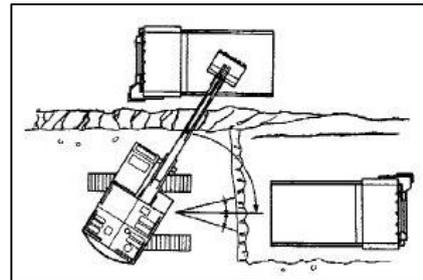
Per raggiungere un migliore rendimento operativo la Maia-Caterpillar fornisce questi suggerimenti riguardo a:

⁷¹ tratto da M.Lacava, C.Solustri, *Progetto e sicurezza del cantiere*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1997, pagg. 208-209

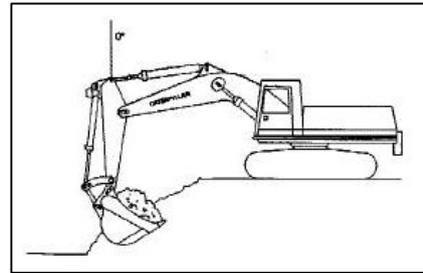
- altezza e distanza ottimali. Nei materiali stabili e consolidati l'altezza del gradone dovrebbe essere più o meno uguale alla lunghezza dell'avambraccio. La posizione migliore per l'autocarro è quando la sponda interna del cassone si trova in linea perpendicolare con il perno di articolazione della benna;



- zona di scavo e angolo di rotazione ottimali. Per ottenere il massimo rendimento produttivo l'area di scavo non dovrebbe superare un angolo di 15° a destra e a sinistra della mezzeria dell'escavatore, oppure essere più o meno uguale alla larghezza del carro;



- distanza ottimale dal margine dello scavo. Posizionare la macchina in modo che l'avambraccio sia verticale quando la benna è piena. Se l'escavatore si trova più indietro, la forza di strappo risulta ridotta. Se è troppo vicino al margine, la benna penetra troppo nel banco creando un sottoscavo e si perde tempo nel richiamarla.



Nel cantiere verranno adottate tali misure per ottimizzare al massimo il carico e ridurre i tempi di ciclo operativo del mezzo.

Il ciclo operativo è composto dalle fasi di:

- carico benna (scavo);
- rotazione a pieno carico ed eventuale spostamento;
- scarico benna;
- rotazione a vuoto.

La produzione di un escavatore è legata in maniera fondamentale al tipo di materiale da scavare, al relativo tipo e grandezza della benna, nonché alle operazioni di rotazione o spostamento che deve eseguire per lo scarico del materiale.

Calcolo

Per effettuare la valutazione sul rendimento di produzione delle macchine escavatrici sono disponibili delle tabelle con le caratteristiche prestazionali e operative fornite dalla case produttrici.

Nel caso in esame si vuole stabilire, attraverso un'analisi comparativa, la scelta dello scavatore più idoneo, a parità di quantità di volume di terra esportato e di giorni lavorativi previsti.

In progetto sono previsti scavi di sbancamento e a sezione per un totale di 23100 m³, di cui 13600 m³ di terreno di scotico, e i rimanenti 9500 m³ di terreno naturale.

La durata dell'operazione di scavo, come pianificata dall'impresa, è di 15 giorni lavorativi di 8 ore giornaliere.

Si stabilisce che l'efficienza del cantiere è pari a circa 50 minuti lavorativi ogni ora effettiva, quindi equivalente all'83% (50 min/60 min).

Si considera inoltre un fattore di costipamento del terreno pari al 30%. Il volume reale dello scavo risulta quindi maggiorato del 30% ed equivale a:

$$V_{\text{reale}} = 23100 \times 1,3 = 30030 \text{ m}^3$$

L'escavatore dovrà produrre un volume giornaliero pari a:

$$V_g = 30030/15 = 2002 \text{ m}^3$$

Considerando 8 ore lavorative si stima che la produzione oraria (60 min) dell'escavatore sia circa:

$$V_h = 250 \text{ m}^3/\text{h}$$

Essendo prevista l'efficienza pari all'83% (50 min lavorativi per ora) la produzione dell'escavatore dovrà essere pari a:

$$V_{50} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$$

Valutazione comparativa

Si vuole valutare il rendimento migliore, a parità di volume prodotto, effettuando una comparazione tra un primo escavatore dotato di un cucchiaio di 1,3 m³ (ad es. modello CAT 320B, 96 kW, 19,4 t) e un secondo escavatore dotato di un cucchiaio di 2,5 m³ (ad es. modello CAT 350, 213 kW, 48 t).

Dalle schede tecniche sulla capacità produttiva oraria degli escavatori fornite da CAT relativa ai tempi di ciclo ottimali si evidenzia che:

- il primo escavatore (CAT 320B), dotato di cucchiaio di 1,3 m³, produce la quantità di volume richiesta in un tempo di ciclo di 15 secondi (prima tabella), quindi con produttività prossima ai valori massimi, come si può evincere dalla seconda tabella;

- il secondo escavatore (CAT 350), dotato di cucchiaio di 2,5 m³, produce la quantità di volume richiesta in un tempo di ciclo in 30 secondi (prima tabella), ottimale rispetto al carico di lavoro richiesto (seconda tabella).

In tutti e due i casi si rispetteranno i volumi richiesti di scavo di 300 m³/h.

La scelta ricadrà sull'escavatore dotato di cucchiaio maggiore, che permette di effettuare lo scavo con tempi di ciclo più larghi rispetto al primo escavatore, ma certamente più in sicurezza per le minori manovre durante le operazioni.

Tuttavia la maggiore dimensione dell'escavatore e la maggior potenza si traducono in costi maggiori di trasporto e di funzionamento, a carico dell'impresa.

| Cubic Meters per 60 Minute Hour* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------------------|----------------|-----|
| ESTIMATED CYCLE TIMES | | ESTIMATED BUCKET PAYLOAD** — LOOSE CUBIC METERS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ESTIMATED CYCLE TIMES | | |
| Cycle Time | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Cycles Per Min. | Cycles Per Hr. | |
| Seconds | Min. | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 2.9 | 3.1 | 3.3 | 3.5 | 4.0 | | | |
| 10.0 | 0.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6.0 | 360 |
| 11.0 | 0.18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5.5 | 330 |
| 12.0 | 0.20 | 60 | 90 | 150 | 210 | 270 | | | | | | | | | | | | | | | | 5.0 | 300 |
| 13.3 | 0.22 | 54 | 81 | 135 | 189 | 243 | 297 | 351 | 405 | 459 | 513 | 567 | 621 | 675 | 729 | 783 | 837 | 891 | 945 | 1080 | | 4.5 | 270 |
| 15.0 | 0.25 | 48 | 72 | 120 | 168 | 216 | 264 | 312 | 360 | 408 | 456 | 504 | 552 | 600 | 648 | 696 | 744 | 792 | 840 | 960 | | 4.0 | 240 |
| 17.1 | 0.29 | 42 | 63 | 105 | 147 | 189 | 231 | 273 | 315 | 357 | 399 | 441 | 483 | 525 | 567 | 609 | 651 | 693 | 735 | 840 | | 3.5 | 210 |
| 20.0 | 0.33 | 36 | 54 | 90 | 126 | 162 | 198 | 234 | 270 | 306 | 342 | 378 | 414 | 450 | 486 | 522 | 558 | 544 | 630 | 720 | | 3.0 | 180 |
| 24.0 | 0.40 | 30 | 45 | 75 | 105 | 135 | 165 | 195 | 225 | 255 | 285 | 315 | 345 | 375 | 405 | 435 | 465 | 495 | 525 | 600 | | 2.5 | 150 |
| 30.0 | 0.50 | 24 | 36 | 60 | 84 | 108 | 132 | 156 | 180 | 204 | 228 | 252 | 276 | 300 | 324 | 348 | 372 | 396 | 420 | 480 | | 2.0 | 120 |
| 35.0 | 0.58 | 20 | 31 | 51 | 71 | 92 | 112 | 133 | 153 | 173 | 194 | 214 | 235 | 255 | 275 | 296 | 316 | 337 | 357 | 408 | | 1.7 | 102 |
| 40.0 | 0.67 | | | | | 81 | 99 | 177 | 135 | 153 | 171 | 189 | 207 | 225 | 243 | 261 | 279 | 297 | 315 | 360 | | 1.5 | 90 |
| 45.0 | 0.75 | | | | | | | | | 133 | 148 | 164 | 179 | 195 | 211 | 226 | 242 | 257 | 273 | 312 | | 1.3 | 78 |
| 50.0 | 0.83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.2 | 72 |

| CYCLE TIME ESTIMATING CHART | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|------|------|------|---------|------|------|------|------|-------|-----|-----|----------|---------|--|------------|
| CYCLE TIME | MACHINE SIZE CLASS | | | | | | | | | | | | | | | CYCLE TIME |
| | 307 | 311B | 312B | 315B | 318B L* | 320B | 322B | 325B | 330B | 345B* | 350 | 375 | 5130B ME | 5230 ME | | |
| 10 SEC. | | | | | | | | | | | | | | | | 0.17 min. |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | 0.25 min. |
| 20 SEC. | | | | | | | | | | | | | | | | 0.33 min. |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | 0.42 min. |
| 30 SEC. | | | | | | | | | | | | | | | | 0.50 min. |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | 0.58 min. |
| 40 SEC. | | | | | | | | | | | | | | | | 0.67 min. |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | 0.75 min. |
| 50 SEC. | | | | | | | | | | | | | | | | 0.83 min. |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | 0.92 min. |
| 60 SEC. | | | | | | | | | | | | | | | | 1.0 min. |

fig. 13: tabelle dei valori di ciclo per gli escavatori e di rendimento ottimale.

Fonte: *Caterpillar Performance Handbook. Edition 29*

- Fase lavorativa: getto di conglomerato cementizio in opera. Caratteristiche dei mezzi.

Per effettuare i getti in opera è necessario disporre di mezzi che trasportino il conglomerato cementizio in cantiere dal sito di produzione (centrale di betonaggio).

Inoltre è necessario scegliere delle macchine che siano dimensionate per la quantità di volume da gettare e idonee a muoversi negli spazi di lavorazione, in piena sicurezza.

Riguardo alla prima considerazione, si pianifica di produrre il calcestruzzo in una centrale di betonaggio esterna, poiché non vi è lo spazio necessario nell'area di cantiere. Le centrali di betonaggio installate all'interno del cantiere renderebbero infatti più complesse le operazioni di controllo delle interferenze e di organizzazione degli spazi.

L'approvvigionamento esterno garantisce in ogni caso la qualità del prodotto e la tempistica dei lavori, oltre che dei costi minori di installazione. Essendo poi il cantiere collocato in area urbana, dove sono presenti aree sensibili, quali residenze e scuola, costruire una centrale di betonaggio creerebbe disagi per il rumore costante e le polveri innalzate durante lo stoccaggio degli inerti e la produzione del conglomerato cementizio.

Il trasporto di calcestruzzo⁷² dalla centrale di betonaggio al piano di posa avviene fondamentalmente con quattro metodi:

- 1) Gru e secchione, usati qualora il raggio di azione della gru copra sia la centrale di betonaggio sia il piano di posa del conglomerato.
- 2) Autobetoniera, usata in tutti i casi in cui la distanza tra centrale di betonaggio e il piano di posa non permetta l'uso del gru.
- 3) Pompa, usata nei trasporti verticali oltre i 30 metri di altezza e orizzontali sino a 50 metri.
- 4) Nastri trasportatori, per grandi quantità.

Nel cantiere in esame non sarà prevista la centrale di betonaggio, pertanto il trasporto del calcestruzzo sarà affidato alla betoniera.

In ogni caso, per getti di modeste dimensioni sarà utilizzata la gru, prevista tra i macchinari da installare nel cantiere, che permetterà di movimentare il secchione nelle aree necessarie, anche a quote diverse. Il secchione ha una capacità variabile, in relazione alla portata del mezzo di sollevamento (gru), da 0,5 m³ a 2 m³.

⁷² tratto da M.Lacava, C.Solustri, *Progetto e sicurezza del cantiere*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1997, pagg. 426-430.

Betoniera

L'autobetoniera è il sistema di trasporto più usato quando le distanze superano i 500 metri sia su un percorso esterno al cantiere, sia su un percorso interno, in quanto il calcestruzzo tende a segregare separando il cemento dagli inerti e pertanto è necessaria una rimescolanza continua. Questa attrezzatura è costituita da un telaio di autocarro, di tipo stradale o fuoristrada, su cui viene montato un contenitore a tamburo tronco-conico doppio, ruotante secondo un asse suborizzontale, alimentato da un proprio gruppo motore e trasmissione.

Il calcestruzzo viene immesso alla bocca dell'impianto e subisce un ciclo di muscolazione ausiliario nel caso di premiscelazione in centrale o integrale.

La capacità di questo contenitore denominato betoniera, varia dai 6 ai 10 m³ di calcestruzzo resi sino a 14 m³ per il modello a semirimorchio.

Nelle immagini seguenti si riportano i dati tecnici e dimensionali di un modello di betoniera.

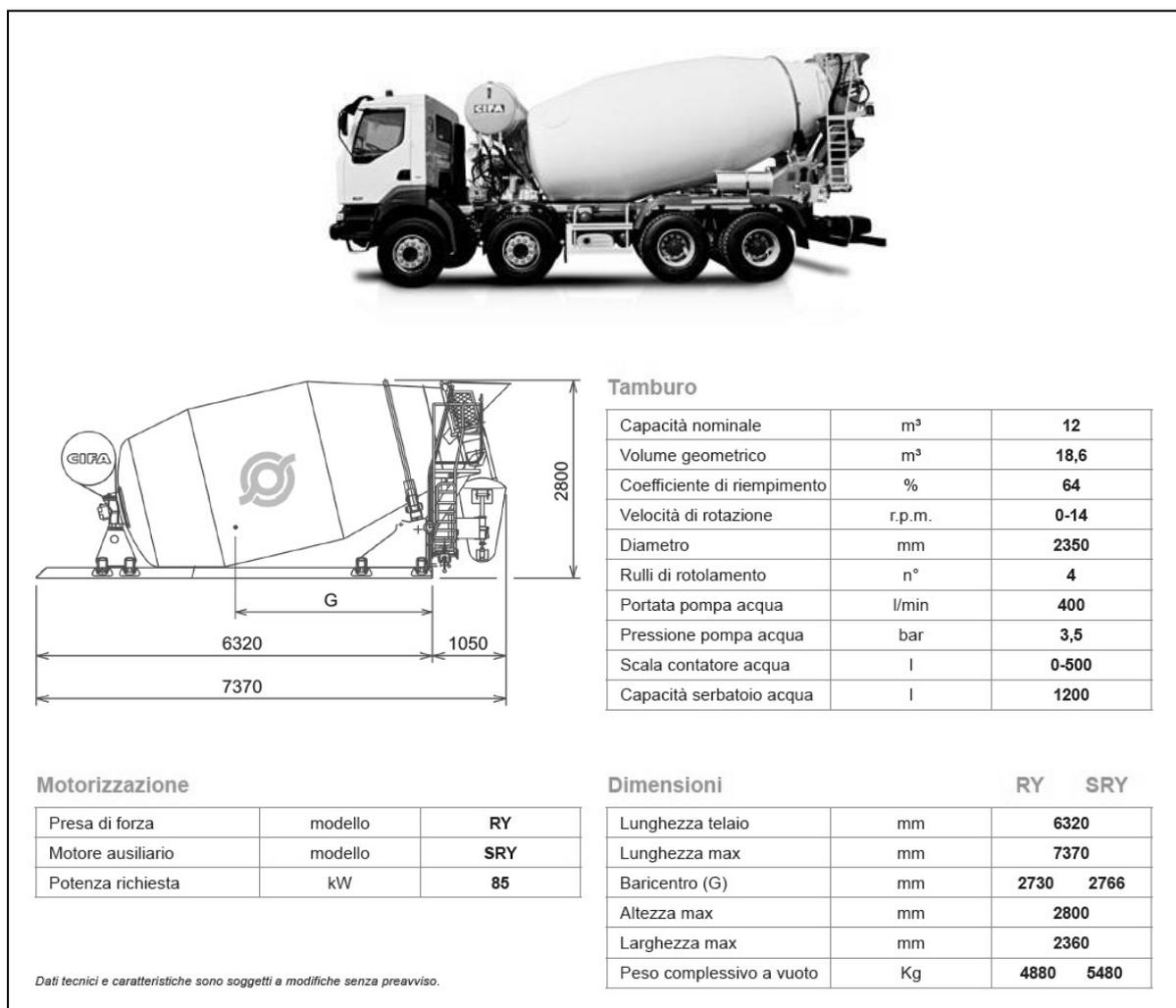


fig. 14: Betoniera CIFA RY-SRY 1300. Immagini tratte dal sito www.cifa.com

Pompa autocarrata

Il trasporto con pompa del conglomerato sul piano di posa è oggi il sistema più economico e usato nei cantieri di costruzioni civili, specialmente con la versione di pompa autocarrata. Questa attrezzatura si compone di un telaio di autocarro ove è posizionato un gruppo comprendente la pompa (funzionante a pistoni idraulici a stantuffo), una tramoggia di carico, un braccio idraulico brandeggiabile – portante la tubazione in grado di servire un'ampia zona, sia in orizzontale che in verticale – e un gruppo motore autonomo.

La capacità di trasporto del conglomerato varia, a seconda dei modelli tra i 70 e i 180 m³/h con un raggio d'azione compreso tra i 16 e i 57 metri per i modelli più grandi (fino a 5 assi).

La pompa autocarrata viene utilizzata in abbinamento all'autobetoniera. Il conglomerato viene infatti versato nella tramoggia dell'autopompa che provvede al trasferimento ad alta pressione del calcestruzzo tramite tubazioni fino al luogo desiderato per la posa.

Nelle immagini seguenti si riportano i dati tecnici e dimensionali di un modello di pompa autocarrata.

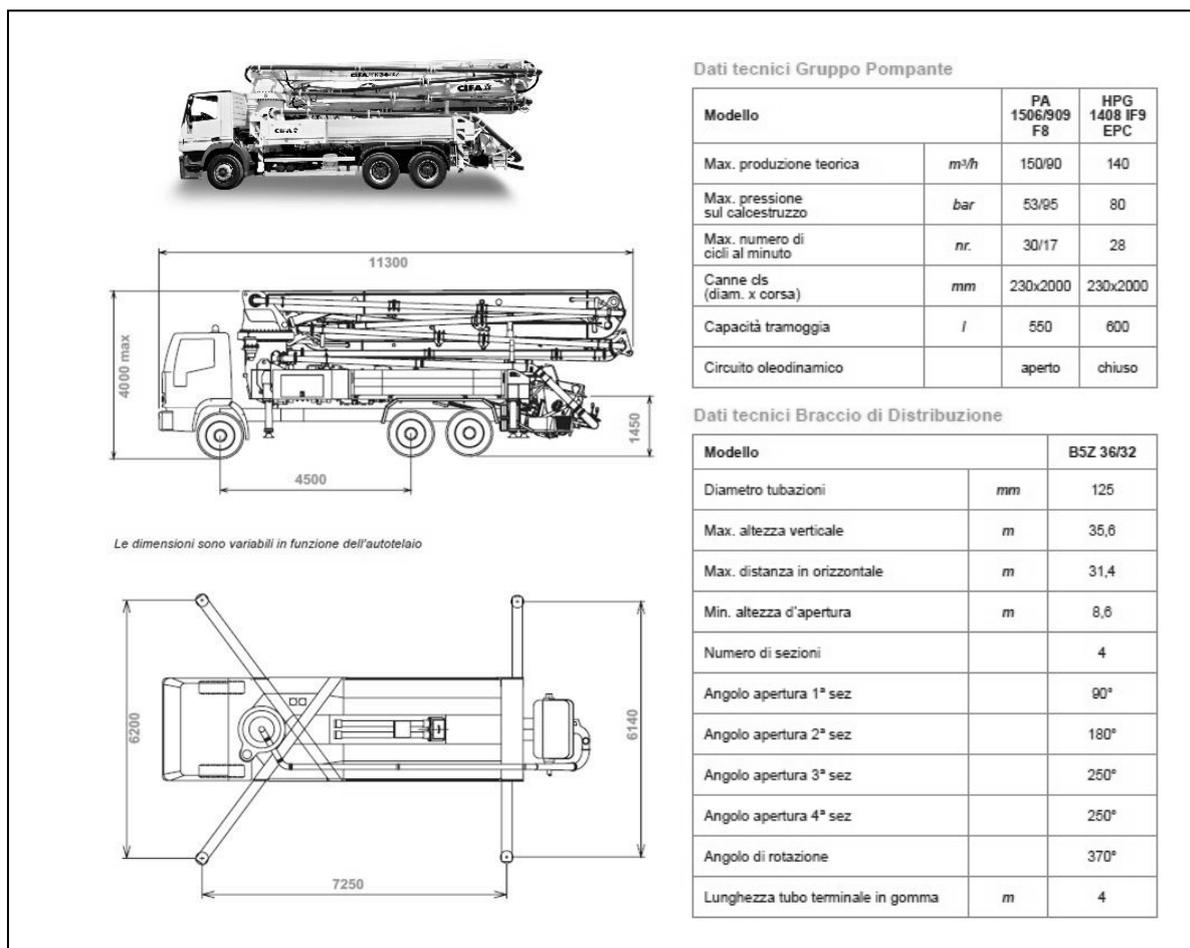


fig. 15: Pompa autocarrata CIFA K36 XZ. Immagini tratte dal sito www.cifa.com

Pompa con betoniera

Un'ulteriore soluzione operativa per effettuare il getto di calcestruzzo è la scelta di una pompa con betoniera, in un unico mezzo. Sono molte le aziende produttrici che offrono questa macchina, capace di integrare un tamburo per il mescolamento del calcestruzzo e un gruppo pompante in un braccio a più sezioni brandeggiabile, montati su un telaio di autocarro a 3,4 assi.

La compattezza del mezzo, che ha le dimensioni di una tradizionale betoniera, consente di operare in spazi angusti urbani e, grazie alla possibilità di estensione del braccio, permette di effettuare getti a discrete distanze dalla macchina.

Di contro, l'autobetonpompa ha una capacità di carico più ridotta del tamburo (5-7 m³) e un raggio di operatività del braccio che arriva al massimo a 25 metri, in orizzontale e in verticale. Tale mezzo è idoneo per piccoli getti e laddove non vi siano spazi sufficienti per utilizzare pompe autocarrate di dimensioni meno contenute. E' inoltre evidente che una minore capacità di volume di carico significa maggior numero di mezzi in circolazione per il trasporto, a pari quantità di volume di getto giornaliero.

In certi casi l'uso di un unico mezzo in cantiere che unisce le caratteristiche di una betoniera (trasporto di calcestruzzo dalla centrale al sito di costruzione) e di una pompa con braccio estendibile (possibilità di raggiungere il sito di posa con rapidità e in sicurezza) potrebbe rappresentare la scelta migliore.

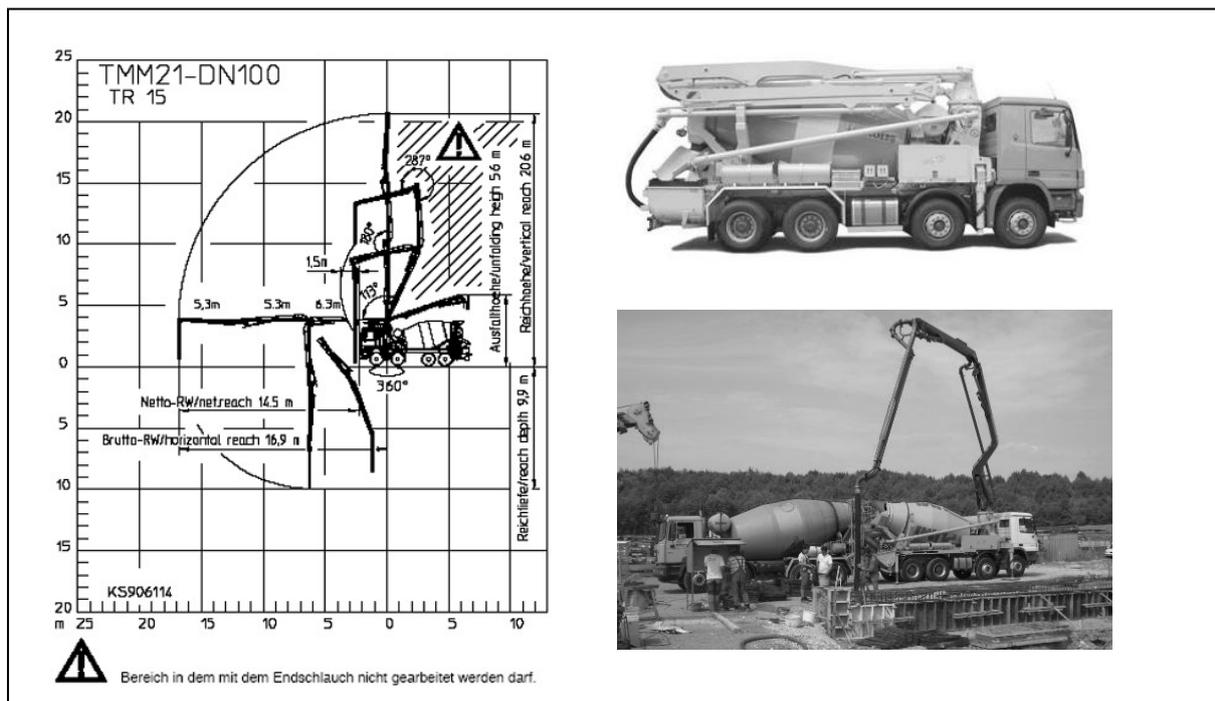


fig. 16: esempio di betoniera con pompa. Immagine tratte dal sito www.putzmeister.it

Calcolo

Per effettuare la valutazione sul tipo di mezzo da utilizzare per effettuare la fase di getto del calcestruzzo si considerano le due seguenti ipotesi operative:

- 1) uso di betoniera e pompa autocarrata distinti;
- 2) uso di autobetonpompa.

Nel caso in esame si vuole stabilire, attraverso un'analisi comparativa, la scelta della soluzione operativa più idonea, a parità di quantità di volume di calcestruzzo gettato e di giorni lavorativi previsti da cronoprogramma nella fase di getto delle fondazioni. Si trascura il calcolo delle altre fasi di getto poiché verranno adottate le stesse misure operative.

In progetto è previsto il getto delle fondazioni per un volume totale di 735 m³ della durata di 4 giorni consecutivi lavorativi di 8 ore giornaliere, come pianificato dall'impresa.

Alla luce di tale quantità si vuole pertanto stabilire se per il cantiere in esame sia più coerente la scelta di utilizzare due mezzi (autobetoniera e pompa autocarrata) oppure uno (autobetonpompa), dal punto di vista dell'efficienza del lavoro e della mobilità interna del cantiere ed esterna durante il trasporto del calcestruzzo.

Si evidenzia che la centrale di betonaggio individuata per l'approvvigionamento del calcestruzzo è situata a 5 km dal sito di cantiere (località Caselle) e si stima che il tempo di trasporto sia di circa 10-12 minuti a tratta. La limitata distanza della centrale permette una migliore gestione dei trasporti, la garanzia di qualità del prodotto, e un ridotto impatto di inquinamento atmosferico da CO₂ e da particolato fine.

Non esistono particolari limitazioni alla mobilità poiché i mezzi saranno tutti di dimensioni idonee per gli spazi di manovra e di transito all'interno del cantiere e sulla via pubblica.

Sulla base del volume di calcestruzzo di stima una produzione giornaliera di:

$$V_g = 735/4 = 184 \text{ m}^3$$

Considerando 8 ore lavorative si stima che la produzione oraria (60 minuti) sia:

$$V_h = 23 \text{ m}^3/\text{h}$$

Valutazione comparativa

Vista la quantità di 23 m³/h di getto di conglomerato da effettuare per 8 ore giornaliere per quattro giorni consecutivi si stima che:

- nel caso della prima ipotesi verrà utilizzata una pompa autocarrata con braccio tale da coprire la maggior area possibile di getto senza limitarne la mobilità (raggio di 30-35 m). Nei primi

due giorni verranno gettate le fondazioni lato ovest e nei rimanenti due giorni le fondazioni lato est, effettuando un solo spostamento del mezzo nell'area di cantiere.

Inoltre verrà scelta un modello di betoniera con capacità di 12 m^3 . Per tale caratteristica si stima una quantità di 2 betoniere orarie per un totale di $24 \text{ m}^3/\text{h}$ di getto, quindi circa 16 betoniere giornaliere per un totale di 192 m^3 al giorno e un totale di 62 betoniere per la durata del getto.

Si calcolano quindi 62 betoniere e 1 pompa autocarrata nella prima ipotesi.

- nel caso della seconda ipotesi verrà utilizzato un modello di autobetonpompa dotato di un tamburo di 7 m^3 e braccio di 20 m.

Per rispettare il cronoprogramma dei lavori e produrre i $23 \text{ m}^3/\text{h}$ di getto saranno necessarie 4 mezzi orari per un totale di $28 \text{ m}^3/\text{h}$, quindi circa 32 mezzi giornalieri per un totale di 224 m^3 al giorno e un totale di 105 betoniere per la durata del getto.

Si calcolano quindi 105 mezzi nella seconda ipotesi.

Considerazioni

La scelta di un unico mezzo tipo autobetonpompa può essere motivata solo nel caso di piccoli getti, in cui si ha la possibilità di sfruttare la pompa per raggiungere aree distanti.

Nel calcolo sono state fatte delle semplificazioni operative, in quanto si è trascurata l'ipotesi di adottare una autobetonpompa con funzioni di pompa integrata con una betoniera come secondo mezzo. Tale soluzione però risulta essere meno adatta della scelta di una pompa autocarrata che garantisce invece raggi di manovra molto più estesi, riuscendo a coprire aree più lontane.

Obiettivo di tale calcolo è verificare di scegliere il minor numero di mezzi per effettuare i lavori nello stesso tempo e in maniera più controllata. Ciò giustificherebbe la scelta della prima ipotesi, in cui si prevede l'abbinamento di un mezzo pompante che verrà collocato in cantiere e che provvederà al pompaggio del calcestruzzo dalle betoniere che giungono dalla centrale di betonaggio con un ciclo di 2 mezzi ogni ora di lavoro. Durante tale ciclo il lavoro risulterebbe più gestibile e meno sbrigativo, quindi più in sicurezza.

Verrà in ogni caso sfruttata la gru con tramoggia per l'esecuzione dei getti laddove vi siano particolari difficoltà nell'uso della pompa autocarrata.

- Fase lavorativa: posa di solai prefabbricati tipo “predalles”. Quantificazione dei mezzi.

Per il trasporto delle lastre prefabbricate predalles in cantiere sarà utilizzato come mezzo l'autotreno costituito da una motrice e da un semirimorchio cassonato.

Tale mezzo permette quindi l'intero trasporto del materiale dal sito di produzione al cantiere. Tramite la gru fissa collocata all'interno sarà possibile la movimentazione delle lastre e lo stoccaggio nell'area predisposta, senza particolari problemi e in completa sicurezza.

Il trasporto delle lastre predalles avviene nel rispetto del Codice della strada e il carico viene opportunamente ancorato al mezzo di trasporto con cavi o fasciature.

Inoltre per evitare di danneggiare le lastre, si interpongono tra queste degli spessori in legno come distanziatori, e le lastre devono appoggiare su una superficie livellata, nel piano del rimorchio e nell'area di stoccaggio in cantiere.

Da progetto verranno previste delle lastre tipo predalles 30+5 cm con larghezza unica pari a 120 cm e con travetti di differenti dimensioni.

Si indicano le quantità computate per il solaio del piano primo:

- n° 34 solai predalles con travetto pari a 7 m.;
- n° 18 solai predalles con travetto pari a 5 m.;
- n° 17 solai predalles con travetto pari a 7,5 m.;
- n° 15 solai predalles con travetto pari a 8,5 m.;
- n° 8 solai predalles con travetto pari a 4 m.

Per il trasporto si prevede di adottare un semirimorchio cassonato collegato a una motrice.

Le dimensioni del semirimorchio sono: lunghezza interna pari a 12,5 m, larghezza interna pari a 2,5 m, per un totale di 31 m².

Le lastre devono essere collocate all'interno del semirimorchio e possono essere accatastate, facendo attenzione di non superare altezze tali da risultare troppo ingombranti e poco stabili durante il trasporto.

Per un solaio del tipo 30+5 si può effettuare l'accatastamento fino a 3 pezzi; considerando la larghezza della lastra di 120 cm e la dimensione interna del cassone di 250 cm si valuta di occupare lo spazio interno con due lastre affiancate.

Nella configurazione migliore, dopo aver effettuato le combinazioni di carico e considerando di dover occupare esclusivamente lo spazio interno del cassone, senza ingombrare la sagoma esterna, si stima l'uso di 12 autocarri per il trasporto in cantiere.

Considerazioni conclusive

La valutazione dell'impatto della mobilità è certamente uno dei temi che può creare disagi verso le aree esterne al cantiere e sulla viabilità cittadina.

In questo capitolo si sono considerati tutti gli effetti potenziali che gli spostamenti del cantiere dei mezzi di lavoro provocano, e si sono proposte delle misure, talvolta di buona pratica, che permettono un miglioramento dell'aspetto legato alla mobilità.

Molto spesso, una valutazione errata del numero di mezzi utilizzati, produce sovradimensionamenti non necessari e onerosi per l'impresa e il committente.

Una quantificazione corretta della produzione di un escavatore o di una betoniera, o la disposizione dei solai in un autocarro, significa scegliere i modelli più idonei ed evitare che vengano utilizzati inutilmente o con tempi di lavoro troppo corti per effettuare i lavori in tutta sicurezza. Quindi la scelta di mezzi congruenti al lavoro significa evitare spostamenti interni troppo frequenti, quindi minore innalzamento di polveri e minore rumore, o adottare autocarri per il trasporto ottimizzati per il carico, quindi con minor impatto sulla viabilità cittadina.

La quantificazione dei mezzi viene poi integrata con misure di buona pratica, come la scelta dei percorsi migliori per raggiungere il cantiere, l'utilizzo di segnaletica idonea, la pianificazione degli accessi comandati anche elettronicamente, o lo studio delle fasce orarie migliori per i trasporti senza creare disagi sul traffico cittadino e nelle immediate vicinanze.

8.3 – SCHEDA 2 – Questioni locali: rumore

L'inquinamento dovuto al rumore rappresenta uno degli impatti maggiormente significativi nel progetto in esame. L'area di cantiere, infatti, è nelle immediate vicinanze di centri sensibili quali la scuola esistente con la palestra, disposta a est, e la piscina comunale a sud-est. Inoltre il quartiere è densamente urbanizzato con edifici residenziali che dovranno essere riparati dalle sorgenti rumorose proveniente dalle attività di cantiere.

Premesso che verranno dotati tutti i sistemi per la prevenzione del rumore per i lavoratori, come stabilito dal Testo Unico sulla sicurezza, il D.lgs 81/2008 e s.m.i., con questo documento si valuteranno le possibili opere di mitigazione degli impatti da rumore nel cantiere verso i recettori sensibili della scuola, della palestra e delle residenze in prossimità dei confini del cantiere.

Sulla base dell'analisi delle attività che maggiormente risultano essere sorgenti di rumore, si prenderà in considerazione la normativa nazionale sull'inquinamento da rumore e quella locale sulla zonizzazione acustica per determinare le soluzioni migliori per la riduzione degli impatti da rumore verso l'ambiente circostante.

Essendo il cantiere situato in una zona particolarmente sensibile per la presenza di recettori critici (scuola, piscina, centro abitato) si dovranno tenere in considerazione le fasce orarie maggiormente impattate dal rumore (orario attività scolastica) per limitare i disagi procurati.

L'analisi delle attività eseguita precedentemente permette di evidenziare le fasi più critiche di cantiere in cui si genera rumore; si elencano le più significative:

- abbattimento di alberi;
- creazione di un berlinese mediante affissione di pali nel terreno;
- scavi;
- utilizzo di mezzi per getto di conglomerato cementizio per esecuzione strutture;
- carico/scarico/movimentazione materiali e mezzi;
- montaggio/smontaggio/lavorazioni elementi.

Le attività interne che prevedono lavorazioni manuali e attrezzi che producono rumore hanno un impatto locale sull'ambiente di lavoro e sull'operatore, trascurabili rispetto al recettori esterni sensibili.

Tuttavia verranno previste opere di mitigazione per le attività che verranno svolte al di fuori degli ambienti costruiti (es. taglio tondini o laterizi), poiché sorgenti di rumore significativi.

L'area di intervento, in base al Piano di classificazione acustica del Comune di Abbiategrasso (ultimo aggiornamento maggio 2012), ricade all'interno della classe III (aree di tipo misto-

definite come D.P.C.M. 14 novembre 1997). Tuttavia l'area adiacente in cui è collocata la scuola (eccetto la palestra) è classificata di tipo II (aree destinate ad uso residenziale), con limiti acustici differenti rispetto all'area di cantiere (cfr. fig.8). Tale classificazione non risulta omogenea, ma rispetta le destinazioni d'uso dei fabbricati, poiché gli edifici scolastici vengono tutelate maggiormente dall'inquinamento da rumore.

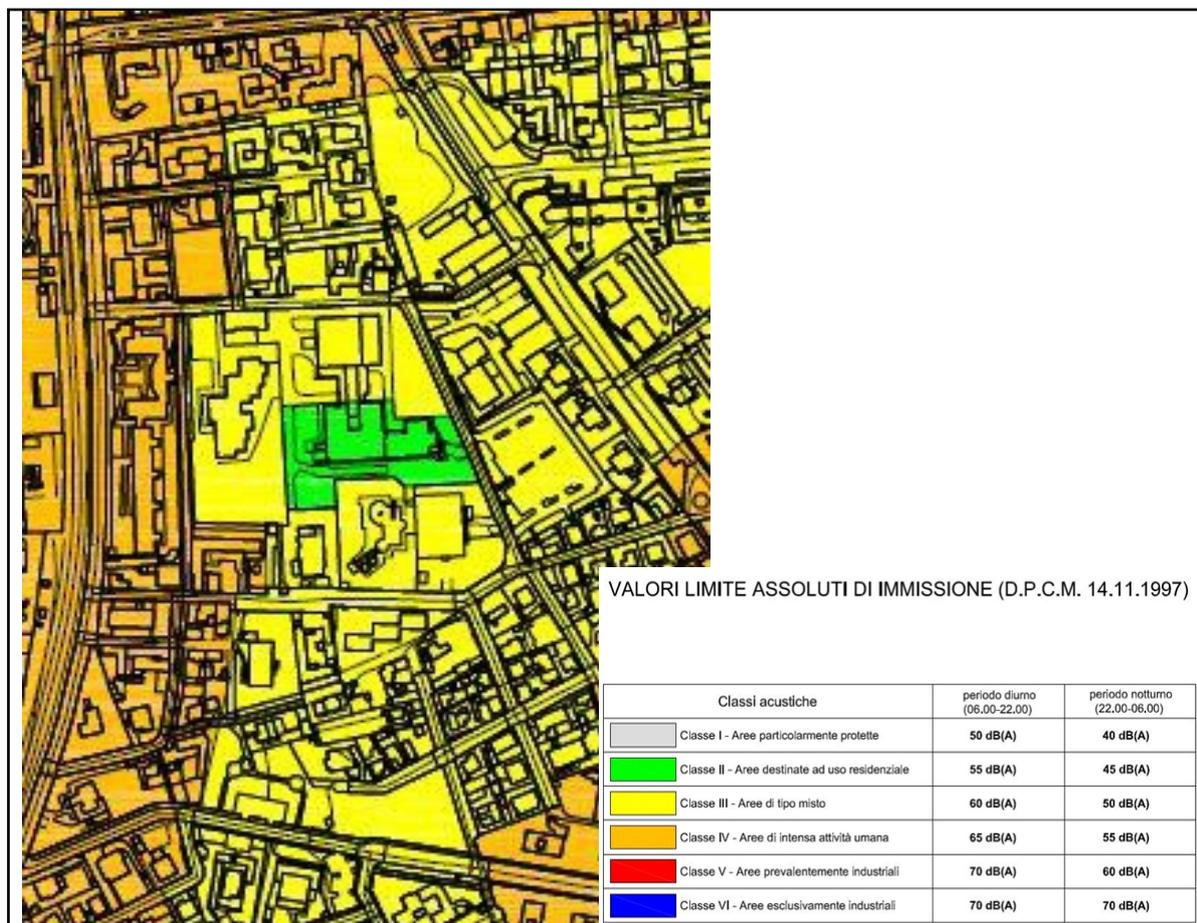


fig. 17: zonizzazione acustica dell'area

Sulla base del regolamento locale d'igiene del Comune di Abbiategrasso (aggiornato al 18/3/2004) si definiscono gli adempimenti in materia di inquinamento acustico.

Infatti⁷³ si definisce l'attività di cantiere come sorgente fissa ancorché di carattere temporaneo ed è soggetta alle disposizioni di cui alla legge 447/95 e al D.P.C.M. del 1991. Qualora l'attività di cantiere edile comporti l'uso di macchinari o impianti rumorosi, a cura dell'impresa deve essere presentata domanda di autorizzazione al Sindaco ai sensi dell'art.1, comma 4, del D.P.C.M. 1.3.1991. Qualora l'attività presupponga il superamento dei limiti

⁷³ Tratto dal Regolamento di igiene del comune di Abbiategrasso

massimi di esposizione nell'ambiente esterno e negli ambienti abitativi, il Sindaco, previo parere del Responsabile della competente Struttura Tecnica dell'ASL, può concedere deroghe ai limiti ai sensi dell'art.1, comma 4, del. 1.3.1991 nel rispetto delle seguenti condizioni:

- a) siano previsti ed attuati tutti gli accorgimenti possibili finalizzati a limitare le emissioni sonore;
- b) le fasi e/o le operazioni che determinano livelli di rumorosità superiori a quelli stabiliti dal D.P.C.M e dalle disposizioni attuative della legge 447/95, siano svolte unicamente (dalle ore 8 alle ore 12 e dalle ore 15 alle ore 17) dei giorni feriali escluso il sabato.

Rispetto alle disposizioni di legge nazionali e comunali sui livelli di inquinamento acustico si prevede in genere un'autorizzazione in deroga alla zonizzazione acustica, per il superamento dei limiti, esclusivamente nelle fasce orarie consentite, ma si adotteranno tutti gli accorgimenti per la mitigazione e l'abbattimento del livello di rumore diurno di immissione (misurato in prossimità dei ricettori sensibili, nel caso in esame la scuola, la piscina e le abitazioni più vicine), ovvero un massimo $L_{eq}(A)$ pari a 55 dB(A). Non si considera il periodo notturno perché non verranno eseguiti lavori durante tale fascia oraria.

Tale obiettivo garantirà il clima acustico abituale senza causare disagi ai residenti e ai fruitori degli edifici, principalmente la scuola e la piscina.

Per la valutazione dei livelli di emissione sonora dei mezzi principali utilizzati durante il cantiere si adottano le schede elaborate in banche dati dal CPT di Torino (Comitato Paritetico Territoriale per la Prevenzione Infortuni, l'Igiene e l'Ambiente di Lavoro di Torino e Provincia). L'uso di questi dati risulta essere più idoneo e i valori di potenza sonora sono rilevati attraverso strumentazioni omologate e misurazioni effettuate in condizioni realistiche.

| <i>Mezzo/attrezzatura</i> | <i>Livelli potenza sonora dB(A)</i> |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Escavatore cingolato | Lw=104 dB(A) |
| Autobetoniera | Lw=90 dB(A) |
| Pala meccanica | Lw=102 dB(A) |
| Autocarro a 4 assi | Lw=103 dB(A) |
| Manitou | Lw=102 dB(A) |
| Finitrice | Lw=106 dB(A) |
| Gru a torre | Lw=101 dB(A) |
| Betoniera | Lw=88 dB(A) |
| Impastatrice | Lw=85 dB(A) |
| Rullo compressore | Lw=103 dB(A) |
| Sega circolare | Lw=108 dB(A) |
| Taglia laterizi | Lw=110 dB(A) |

I. Impatti e mitigazione

Le attività che saranno effettuate nell'area di cantiere produrranno certamente impatto acustico rumoroso ed è opportuno predisporre opere di mitigazione e adottare accorgimenti per abbassare il livello sonoro verso le aree sensibili nelle immediate vicinanze, come la scuola e gli edifici residenziali.

L'impatto acustico è una delle componenti più inquinanti nelle attività di cantiere e coinvolge direttamente gli operatori e in modo più basso, ma non trascurabile, l'ambiente circostante. Nel sito in esame si trovano fabbricati sensibili molto vicini, ad esempio la scuola, in cui è importante mantenere livelli di rumore più bassi rispetto alle altre zone, come classificato dal piano di zonizzazione acustica. E' altresì fondamentale rispettare gli orari di attività didattica, limitando certe lavorazioni rumorose durante le fasce di apertura della scuola, per non arrecare disturbi. Un'esposizione prolungata a rumori che superano i 65 dB (prodotti dalla maggior parte dei mezzi e delle attrezzi da cantiere) potrebbero causare interferenze di apprendimento e squilibri al benessere psicofisico degli utenti della scuola.

Sulla base delle criticità riscontrate nell'area circa la disposizione delle aree sensibili e sull'analisi della zonizzazione acustica si adotteranno le misure più adeguate per la riduzione degli impatti da inquinamento acustico fino a un livello accettabile e, quando possibile, si eviterà di superare i limiti nonostante le deroghe previste per le attività di cantiere dal regolamento comunale.

II. Procedura operativa per la scelta della mitigazione

Per la scelta delle soluzioni di mitigazione è stata effettuata una verifica preliminare per valutare la possibile propagazione del rumore verso l'ambiente circostante, in modo tale da esprimere in modo quantitativo l'effettivo impatto ed elaborare una proposta progettuale rispetto all'organizzazione del cantiere (macchine e aree di lavoro).

La verifica è stata condotta in due fasi:

- 1) propagazione del rumore e verifica dei livelli sonori senza schermature;
- 2) propagazione del rumore e verifica dei livelli sonori con schermature.

In entrambi i casi è stata considerata l'ipotesi di differente collocazione delle sorgenti di rumore per giungere a conclusioni circa l'organizzazione del cantiere.

Si descrive in seguito la procedura di calcolo inerente alla teoria della propagazione del suono in ambiente esterno con opportune approssimazioni.

III. Premessa

La sorgente del suono è stata considerata puntiforme, ovvero sferica, omnidirezionale. In un campo libero la legge di propagazione è data dalla seguente relazione:

$I = W / 4\pi r^2$, in cui I è l'intensità, W la potenza e r il raggio.

Il livello sonoro è dato dalla relazione:

$L_1 = L_w + 10 \log(Q / 4\pi r^2)$ [dB] in cui Q è il coefficiente di direttività.

In campo libero, ovvero un ambiente privo di schermature e caratteristiche naturali, per una sorgente puntiforme si ha una perdita di potenza di 6 dB ogni raddoppio di distanza dalla sorgente.

Nella seguente trattazione si sono trascurati, per motivi semplificativi, tutti gli aspetti ambientali che influiscono sulla propagazione del suono (assorbimento dell'aria, vegetazione, vento, gradiente di temperatura) eccetto la riflessione dovuta dal terreno, comunque significativa. Si è scelto di utilizzare pochi parametri di valutazione per poter giungere a conclusioni accettabili e facilmente calcolabili.

1) Propagazione del rumore e verifica dei livelli sonori senza schermatura

Data la sorgente puntiforme si calcola il livello del suono diretto e il livello del suono riflesso dal terreno, che viene considerato piano, per motivi di semplificazione.

Si evidenzia nella figura seguente lo schema di diffusione del rumore e le incognite, ovvero L_{dir} e L_{rif} .

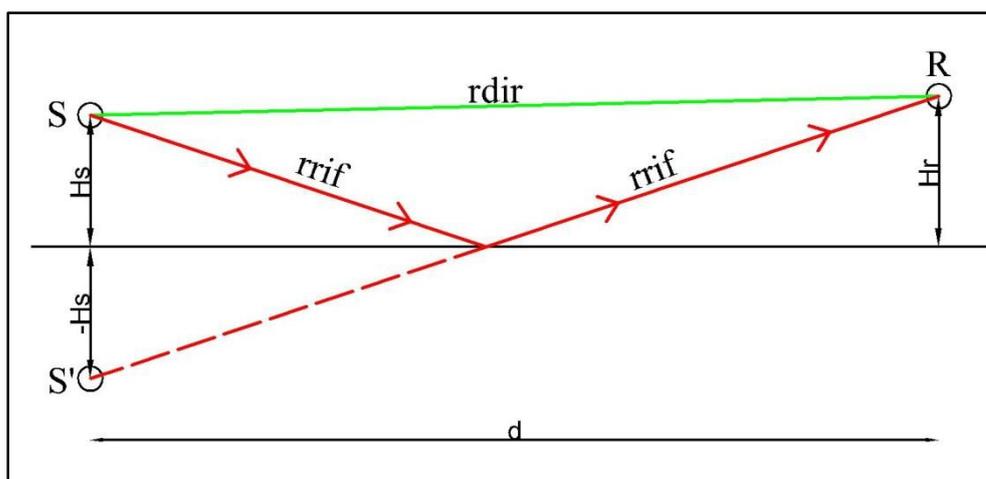


fig. 18:schema di propagazione del rumore e riflessione sul terreno

Si trascurano eventuali fenomeni di interferenza che renderebbero complessa il calcolo e si ricavano i valori di L_{dir} (livello di rumore diretto) e L_{rif} (livello di rumore riflesso) con le seguenti relazioni:

$$L_{dir} = L_w + 10 \log \left(\frac{Q_{dir}}{4\pi r_{dir}^2} \right)$$

$$L_{rif} = L_w + 10 \log \left(\frac{Q_{rif}(1 - \alpha)}{4\pi r_{rif}^2} \right)$$

dove α è il coefficiente acustico del terreno.

Infine si calcola il valore di livello di rumore totale dalla seguente relazione:

$$L_{tot} = 10 \log [10^{L_{dir}/10} + 10^{L_{rif}/10}]$$

L'espressione permette di valutare i livelli sonori a qualsiasi distanza dalla sorgente in ambiente esterno, considerando il contributo di riflessione del terreno, ma avendo trascurato gli altri fattori fisici sopra elencati, pur avendo un risultato accettabile per le opportune valutazioni successive.

2) Propagazione del rumore e verifica dei livelli sonori con schermatura

Nella propagazione del suono, se sono presenti ostacoli, quali schermature artificiali ed ostacoli, si generano effetti di diffrazione, ovvero le onde vengono deformate in differenti direzioni dai bordi stessi delle schermature, come schematizzato nella figura seguente.

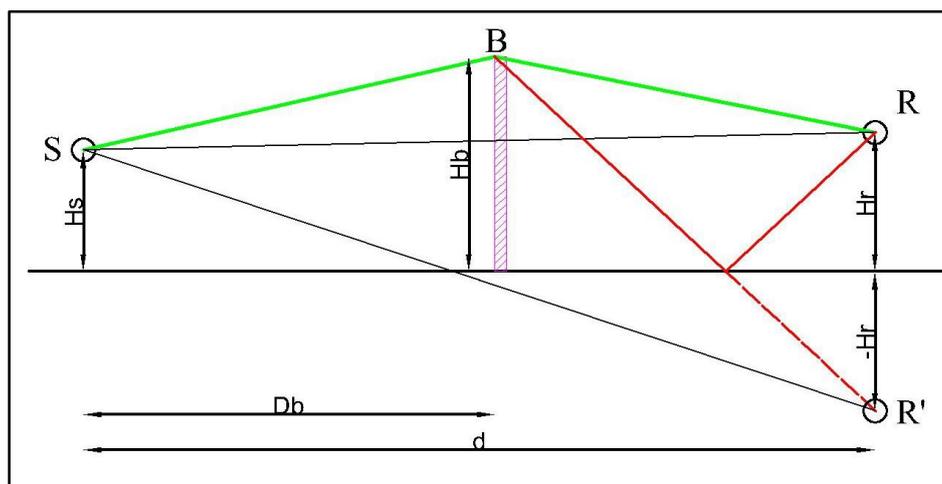


fig. 19: propagazione del suono in ambiente esterno con schermatura

Una barriera acustica⁷⁴ è un ostacolo solido, sufficientemente fonoisolante, che blocca la linea di vista tra la sorgente di rumore ed il ricevitore. Il fenomeno chiave è quello della diffrazione, per cui le onde sonore, quando incontrano la barriera, si propagano oltre ed anche dietro la stessa, ma con intensità attenuata. In genere le prestazioni estrinseche di una barriera vengono espresse tramite la grandezza *insertion loss*, simbolo IL, definita, in un determinato punto di ricezione, dalla differenza tra i livelli di pressione sonora misurati prima (L_{p1}) e dopo (L_{p2}) l'inserzione della barriera:

$$IL = L_{p2} - L_{p1}$$

L'*insertion loss* è funzione della frequenza del suono incidente e può essere espresso sia per bande di frequenza, sia con un valore globale relativo all'intero intervallo di frequenze considerato. Questo parametro è quello di maggior interesse pratico, in quanto tiene conto di tutti gli effetti legati alla presenza della barriera, non solo quelli legati alla diffrazione ma anche, ad esempio, quelli legati alla riduzione, dopo l'inserzione della barriera, dell'attenuazione dovuta al terreno. La presenza del terreno crea riflessioni che interferiscono in modo costruttivo o distruttivo con le onde sonore generate dalla sorgente. L'onda riflessa viene modificata sia in ampiezza che in fase. L'attenuazione dovuta al terreno varia fortemente con la frequenza, in funzione del tipo di sorgente, delle caratteristiche del terreno, delle altezze e della distanza relativa tra sorgente e ricevitore. L'effetto è particolarmente rilevante alle frequenze medio-basse per terreni "soffici" e quando la sorgente si trova al di sopra del terreno di almeno un metro. Se la sorgente è vicina al terreno tutti i suoni con frequenza superiore ai 500 Hz vengono attenuati.

Nel caso in esame per il calcolo dei livelli sonori, si tiene conto della presenza del terreno come superficie attenuante, ma si trascurano eventuali effetti dipendenti dalla caratteristica del terreno e della sorgente.

Inoltre si calcolerà l'*insertion loss* come funzione della sola frequenza globale di 500 Hz, poiché più rappresentativa degli effetti di disturbo.

Pertanto la differenza di livello sonoro (*insertion loss*) viene ricavata dalla seguente espressione:

$$L_{diff} = L_{dir} - \Delta L$$

in cui L_{dir} rappresenta il livello sonoro diretto e ΔL la quota parte di attenuazione.

⁷⁴ M.Garai, G.Semprini, *Barriere acustiche, come valutarne le prestazioni*, articolo tratto da *Costruire in laterizio*, numero 58, 1997, pagg. 288-295.

Attraverso la trattazione di Maekawa è possibile calcolare l'attenuazione della barriera; essa dipende dal numero di Fresnel, a sua volta dipendente dalla frequenza del suono e dalla velocità di propagazione dell'onda sonora.

Nel caso di sorgente puntiforme l'espressione risolutiva per il calcolo dell'attenuazione della schermatura è la seguente (Maekawa):

$$\Delta L = 10 \log(3 + 20N)$$

in cui N è il numero di Fresnel:

$$N = \frac{2\delta}{\lambda} = 2\delta f/c$$

in cui f è la frequenza e c è la velocità di propagazione dell'onda sonora.

E' possibile giungere al risultato utilizzando il grafico di Maekawa nel quale sono rappresentate le curve funzioni di N e dell'attenuazione (dB) (crf fig.11).

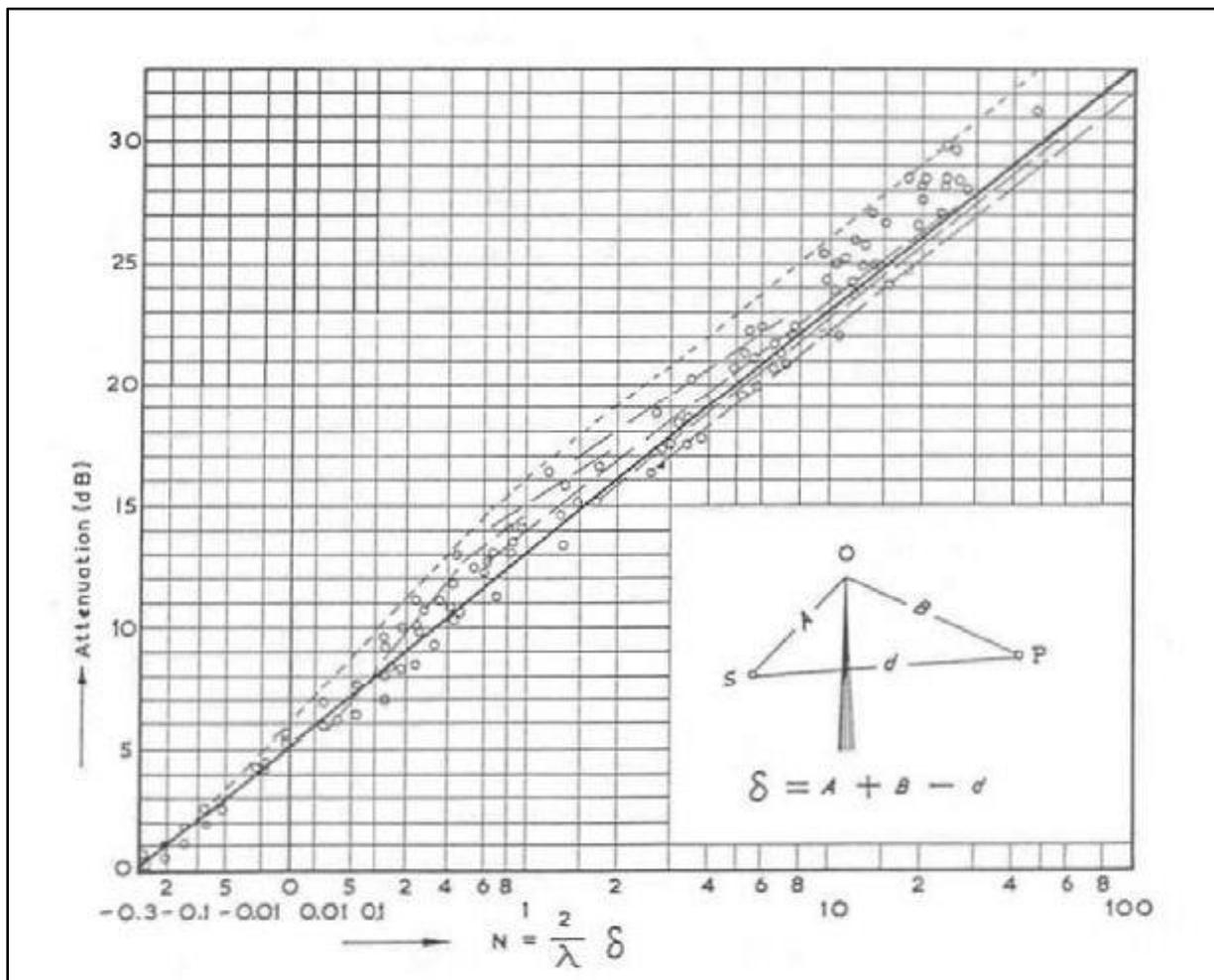


fig. 20: grafico di Maekawa (tratto da: M.Garai, M.Berengier, Propagazione del rumore in ambiente esterno, seminario Noise mapping, Bologna 21-22 giugno 2001)

Nel calcolo dei livelli di propagazione del rumore con la schermatura non sono state prese in considerazione le caratteristiche prestazionali di fonoassorbimento o di *transmission loss*, ovvero la capacità di assorbimento delle onde sonore. La presenza di materiale fonoassorbente incrementa certamente le prestazioni della barriera, unitamente alla forma e alle caratteristiche superficiali, geometriche e fisiche.

Tale approssimazione permette tuttavia di considerare il caso generale di schermatura, attraverso i calcoli visti sopra, e di valutarne le prestazioni estrinseche.

E' stato quindi elaborato un foglio di calcolo (utilizzando Maekawa) per la valutazione approssimata della propagazione del rumore in ambiente esterno, con e senza schermatura, in presenza del terreno.

Obiettivo di questa analisi è la valutazione dei livelli sonori dei principali mezzi e delle attrezzature e la loro propagazione nell'area di cantiere, per potere trarre conclusioni circa la migliore collocazione, al fine di limitare al massimo il rumore verso le aree sensibili presenti nelle immediate vicinanze (scuola e residenze) e rispettare la zonizzazione acustica definita dal comune di Abbiategrasso.

Procedura di calcolo

Nella pagine seguenti sono state riportate delle tabelle con indicati i livelli sonori propagati nell'ambiente esterno, calcolati per diverse tipologie di macchine usate in cantiere (gli schemi di calcolo sono indicati nei capitoli precedenti). L'obiettivo è stabilire se è possibile ridurre il livello di rumore rispetto ai ricevitori sensibili esterni e indicare le migliori aree in cui collocare le macchine.

In una tabella viene calcolato il livello di rumore in assenza di schermature; in una seconda tabella viene calcolato il livello di rumore con una barriera alta 2 m e in una terza tabella con una barriera alta 4 m (procedura di Maekawa e secondo le ISO 9613).

Nel calcolo tuttavia si tiene conto di una sorgente alla volta, e non si considerano le eventuali interferenze dovute alla simultaneità delle sorgenti.

Sono state presi in considerazione i seguenti dati fissi:

- altezza sorgente: 1 m dal suolo;
- altezza ricevitore: 2 m dal suolo;
- distanza ricevitore dalla barriera: 2 m.

Le variabili invece sono le seguenti:

- distanze variabili sorgente - ricevitore;
- altezza pannello schermante: 2 e 4 m.

MEZZO/ATTREZZATURA: AUTOBETONIERA Lw(A): 90 dB

Livelli sonori senza barriera acustica

| Lw (dB) | Hs (m) | Hr (m) | d (m) | Q | α | rdir (m) | rrif (m) | Ldir (dB) | Lrif (dB) | Ltot (dB) |
|------------|-----------|-----------|----------|---|----------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 90 | 1 | 2 | 10 | 1 | 0.2 | 10.0 | 10.4 | 59.0 | 57.7 | 61.4 |
| 90 | 1 | 2 | 20 | 1 | 0.2 | 20.0 | 20.2 | 53.0 | 51.9 | 55.5 |
| 90 | 1 | 2 | 30 | 1 | 0.2 | 30.0 | 30.1 | 49.5 | 48.5 | 52.0 |
| 90 | 1 | 2 | 40 | 1 | 0.2 | 40.0 | 40.1 | 47.0 | 46.0 | 49.5 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 2 m

| f (Hz) | c (m/s) | Db (m) | Hb (m) | SB (m) | BR (m) | SR' (m) | BR' (m) | Ndir | Nrif | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------|
| 500 | 340 | 8 | 2 | 8.1 | 2.0 | 10.4 | 2.83 | 0.18 | 1.32 | | |
| 500 | 340 | 18 | 2 | 18.0 | 2.0 | 20.2 | 2.83 | 0.08 | 1.86 | | |
| 500 | 340 | 28 | 2 | 28.0 | 2.0 | 30.1 | 2.83 | 0.05 | 2.05 | | |
| 500 | 340 | 38 | 2 | 38.0 | 2.0 | 40.1 | 2.83 | 0.04 | 2.14 | | |
| | | | | | | | | Δ dir (dB) | Δ lrif (dB) | Δ tot (dB) | Ltot (dB) |
| | | | | | | | | 8.2 | 14.7 | 7.4 | 54.0 |
| | | | | | | | | 6.7 | 16.0 | 6.2 | 49.3 |
| | | | | | | | | 6.1 | 16.4 | 5.7 | 46.3 |
| | | | | | | | | 5.8 | 16.6 | 5.4 | 44.1 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 4 m

| f (Hz) | c (m/s) | Db (m) | Hb (m) | SB (m) | BR (m) | SR' (m) | BR' (m) | Ndir | Nrif | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------|
| 500 | 340 | 8 | 4 | 8.5 | 2.8 | 10.4 | 4.47 | 4.04 | 7.58 | | |
| 500 | 340 | 18 | 4 | 18.2 | 2.8 | 20.2 | 4.47 | 3.17 | 7.34 | | |
| 500 | 340 | 28 | 4 | 28.2 | 2.8 | 30.1 | 4.47 | 2.91 | 7.30 | | |
| 500 | 340 | 38 | 4 | 38.1 | 2.8 | 40.1 | 4.47 | 2.78 | 7.29 | | |
| | | | | | | | | Δ dir (dB) | Δ lrif (dB) | Δ tot (dB) | Ltot (dB) |
| | | | | | | | | 19.2 | 21.9 | 16.6 | 44.8 |
| | | | | | | | | 18.2 | 21.8 | 16.0 | 39.5 |
| | | | | | | | | 17.9 | 21.7 | 15.8 | 36.2 |
| | | | | | | | | 17.7 | 21.7 | 15.7 | 33.8 |

MEZZO/ATTREZZATURA: ESCAVATORE L_w(A): 104 dB

Livelli sonori senza barriera acustica

| L _w (dB) | H _s (m) | H _r (m) | d (m) | Q | α | r _{dir} (m) | r _{rif} (m) | L _{dir} (dB) | L _{rif} (dB) | L _{tot} (dB) |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|---|-----|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 104 | 1 | 2 | 10 | 1 | 0.2 | 10.0 | 10.4 | 73.0 | 71.7 | 75.4 |
| 104 | 1 | 2 | 20 | 1 | 0.2 | 20.0 | 20.2 | 67.0 | 65.9 | 69.5 |
| 104 | 1 | 2 | 30 | 1 | 0.2 | 30.0 | 30.1 | 63.5 | 62.5 | 66.0 |
| 104 | 1 | 2 | 40 | 1 | 0.2 | 40.0 | 40.1 | 61.0 | 60.0 | 63.5 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 2 m

| f (Hz) | c (m/s) | D _b (m) | H _b (m) | S _B (m) | B _R (m) | S _{R'} (m) | B _{R'} (m) | N _{dir} | N _{rif} | | |
|-----------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 500 | 340 | 8 | 2 | 8.1 | 2.0 | 10.4 | 2.83 | 0.18 | 1.32 | | |
| 500 | 340 | 18 | 2 | 18.0 | 2.0 | 20.2 | 2.83 | 0.08 | 1.86 | | |
| 500 | 340 | 28 | 2 | 28.0 | 2.0 | 30.1 | 2.83 | 0.05 | 2.05 | | |
| 500 | 340 | 38 | 2 | 38.0 | 2.0 | 40.1 | 2.83 | 0.04 | 2.14 | | |
| | | | | | | | | Δ_{dir} (dB) | Δ_{rif} (dB) | Δ_{tot} (dB) | L_{tot} (dB) |
| | | | | | | | | 8.2 | 14.7 | 7.4 | 68.0 |
| | | | | | | | | 6.7 | 16.0 | 6.2 | 63.3 |
| | | | | | | | | 6.1 | 16.4 | 5.7 | 60.3 |
| | | | | | | | | 5.8 | 16.6 | 5.4 | 58.1 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 4 m

| f (Hz) | c (m/s) | D _b (m) | H _b (m) | S _B (m) | B _R (m) | S _{R'} (m) | B _{R'} (m) | N _{dir} | N _{rif} | | |
|-----------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 500 | 340 | 8 | 4 | 8.5 | 2.8 | 10.4 | 4.47 | 4.04 | 7.58 | | |
| 500 | 340 | 18 | 4 | 18.2 | 2.8 | 20.2 | 4.47 | 3.17 | 7.34 | | |
| 500 | 340 | 28 | 4 | 28.2 | 2.8 | 30.1 | 4.47 | 2.91 | 7.30 | | |
| 500 | 340 | 38 | 4 | 38.1 | 2.8 | 40.1 | 4.47 | 2.78 | 7.29 | | |
| | | | | | | | | Δ_{dir} (dB) | Δ_{rif} (dB) | Δ_{tot} (dB) | L_{tot} (dB) |
| | | | | | | | | 19.2 | 21.9 | 16.6 | 58.8 |
| | | | | | | | | 18.2 | 21.8 | 16.0 | 53.5 |
| | | | | | | | | 17.9 | 21.7 | 15.8 | 50.2 |
| | | | | | | | | 17.7 | 21.7 | 15.7 | 47.8 |

MEZZO/ATTREZZATURA: AUTOCARRO A 4 ASSI L_w(A): 103 dB

Livelli sonori senza barriera acustica

| L _w (dB) | H _s (m) | H _r (m) | d (m) | Q | α | r _{dir} (m) | r _{rif} (m) | L _{dir} (dB) | L _{rif} (dB) | L _{tot} (dB) |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|---|-----|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 103 | 1 | 2 | 10 | 1 | 0.2 | 10.0 | 10.4 | 72.0 | 70.7 | 74.4 |
| 103 | 1 | 2 | 20 | 1 | 0.2 | 20.0 | 20.2 | 66.0 | 64.9 | 68.5 |
| 103 | 1 | 2 | 30 | 1 | 0.2 | 30.0 | 30.1 | 62.5 | 61.5 | 65.0 |
| 103 | 1 | 2 | 40 | 1 | 0.2 | 40.0 | 40.1 | 60.0 | 59.0 | 62.5 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 2 m

| f (Hz) | c (m/s) | D _b (m) | H _b (m) | S _B (m) | B _R (m) | S _{R'} (m) | B _{R'} (m) | N _{dir} | N _{rif} | | |
|-----------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 500 | 340 | 8 | 2 | 8.1 | 2.0 | 10.4 | 2.83 | 0.18 | 1.32 | | |
| 500 | 340 | 18 | 2 | 18.0 | 2.0 | 20.2 | 2.83 | 0.08 | 1.86 | | |
| 500 | 340 | 28 | 2 | 28.0 | 2.0 | 30.1 | 2.83 | 0.05 | 2.05 | | |
| 500 | 340 | 38 | 2 | 38.0 | 2.0 | 40.1 | 2.83 | 0.04 | 2.14 | | |
| | | | | | | | | Δ _{dir} (dB) | Δ _{rif} (dB) | Δ _{tot} (dB) | L _{tot} (dB) |
| | | | | | | | | 8.2 | 14.7 | 7.4 | 67.0 |
| | | | | | | | | 6.7 | 16.0 | 6.2 | 62.3 |
| | | | | | | | | 6.1 | 16.4 | 5.7 | 59.3 |
| | | | | | | | | 5.8 | 16.6 | 5.4 | 57.1 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 4 m

| f (Hz) | c (m/s) | D _b (m) | H _b (m) | S _B (m) | B _R (m) | S _{R'} (m) | B _{R'} (m) | N _{dir} | N _{rif} | | |
|-----------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 500 | 340 | 8 | 4 | 8.5 | 2.8 | 10.4 | 4.47 | 4.04 | 7.58 | | |
| 500 | 340 | 18 | 4 | 18.2 | 2.8 | 20.2 | 4.47 | 3.17 | 7.34 | | |
| 500 | 340 | 28 | 4 | 28.2 | 2.8 | 30.1 | 4.47 | 2.91 | 7.30 | | |
| 500 | 340 | 38 | 4 | 38.1 | 2.8 | 40.1 | 4.47 | 2.78 | 7.29 | | |
| | | | | | | | | Δ _{dir} (dB) | Δ _{rif} (dB) | Δ _{tot} (dB) | L _{tot} (dB) |
| | | | | | | | | 19.2 | 21.9 | 16.6 | 57.8 |
| | | | | | | | | 18.2 | 21.8 | 16.0 | 52.5 |
| | | | | | | | | 17.9 | 21.7 | 15.8 | 49.2 |
| | | | | | | | | 17.7 | 21.7 | 15.7 | 46.8 |

MEZZO/ATTREZZATURA: GRU Lw(A): 101 dB

Livelli sonori senza barriera acustica

| Lw (dB) | Hs (m) | Hr (m) | d (m) | Q | α | rdir (m) | rrif (m) | Ldir (dB) | Lrif (dB) | Ltot (dB) |
|------------|-----------|-----------|----------|---|----------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 101 | 1 | 2 | 10 | 1 | 0.2 | 10.0 | 10.4 | 70.0 | 68.7 | 72.4 |
| 101 | 1 | 2 | 20 | 1 | 0.2 | 20.0 | 20.2 | 64.0 | 62.9 | 66.5 |
| 101 | 1 | 2 | 30 | 1 | 0.2 | 30.0 | 30.1 | 60.5 | 59.5 | 63.0 |
| 101 | 1 | 2 | 40 | 1 | 0.2 | 40.0 | 40.1 | 58.0 | 57.0 | 60.5 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 2 m

| f (Hz) | c (m/s) | Db (m) | Hb (m) | SB (m) | BR (m) | SR' (m) | BR' (m) | Ndir | Nrif | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| 500 | 340 | 8 | 2 | 8.1 | 2.0 | 10.4 | 2.83 | 0.18 | 1.32 | | |
| 500 | 340 | 18 | 2 | 18.0 | 2.0 | 20.2 | 2.83 | 0.08 | 1.86 | | |
| 500 | 340 | 28 | 2 | 28.0 | 2.0 | 30.1 | 2.83 | 0.05 | 2.05 | | |
| 500 | 340 | 38 | 2 | 38.0 | 2.0 | 40.1 | 2.83 | 0.04 | 2.14 | | |
| | | | | | | | | Δ ldir (dB) | Δ lrif (dB) | Δ ltot (dB) | Ltot (dB) |
| | | | | | | | | 8.2 | 14.7 | 7.4 | 65.0 |
| | | | | | | | | 6.7 | 16.0 | 6.2 | 60.3 |
| | | | | | | | | 6.1 | 16.4 | 5.7 | 57.3 |
| | | | | | | | | 5.8 | 16.6 | 5.4 | 55.1 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 4 m

| f (Hz) | c (m/s) | Db (m) | Hb (m) | SB (m) | BR (m) | SR' (m) | BR' (m) | Ndir | Nrif | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| 500 | 340 | 8 | 4 | 8.5 | 2.8 | 10.4 | 4.47 | 4.04 | 7.58 | | |
| 500 | 340 | 18 | 4 | 18.2 | 2.8 | 20.2 | 4.47 | 3.17 | 7.34 | | |
| 500 | 340 | 28 | 4 | 28.2 | 2.8 | 30.1 | 4.47 | 2.91 | 7.30 | | |
| 500 | 340 | 38 | 4 | 38.1 | 2.8 | 40.1 | 4.47 | 2.78 | 7.29 | | |
| | | | | | | | | Δ ldir (dB) | Δ lrif (dB) | Δ ltot (dB) | Ltot (dB) |
| | | | | | | | | 19.2 | 21.9 | 16.6 | 55.8 |
| | | | | | | | | 18.2 | 21.8 | 16.0 | 50.5 |
| | | | | | | | | 17.9 | 21.7 | 15.8 | 47.2 |
| | | | | | | | | 17.7 | 21.7 | 15.7 | 44.8 |

MEZZO/ATTREZZATURA: SEGA CIRCOLARE Lw(A): 108 dB**Livelli sonori senza barriera acustica**

| Lw (dB) | Hs (m) | Hr (m) | d (m) | Q | α | rdir (m) | rrif (m) | Ldir (dB) | Lrif (dB) | Ltot (dB) |
|------------|-----------|-----------|----------|---|----------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 108 | 1 | 2 | 10 | 1 | 0.2 | 10.0 | 10.4 | 77.0 | 75.7 | 79.4 |
| 108 | 1 | 2 | 20 | 1 | 0.2 | 20.0 | 20.2 | 71.0 | 69.9 | 73.5 |
| 108 | 1 | 2 | 30 | 1 | 0.2 | 30.0 | 30.1 | 67.5 | 66.5 | 70.0 |
| 108 | 1 | 2 | 40 | 1 | 0.2 | 40.0 | 40.1 | 65.0 | 64.0 | 67.5 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 2 m

| f (Hz) | c (m/s) | Db (m) | Hb (m) | SB (m) | BR (m) | SR' (m) | BR' (m) | Ndir | Nrif | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| 500 | 340 | 8 | 2 | 8.1 | 2.0 | 10.4 | 2.83 | 0.18 | 1.32 | | |
| 500 | 340 | 18 | 2 | 18.0 | 2.0 | 20.2 | 2.83 | 0.08 | 1.86 | | |
| 500 | 340 | 28 | 2 | 28.0 | 2.0 | 30.1 | 2.83 | 0.05 | 2.05 | | |
| 500 | 340 | 38 | 2 | 38.0 | 2.0 | 40.1 | 2.83 | 0.04 | 2.14 | | |
| | | | | | | | | Δ ldir (dB) | Δ lrif (dB) | Δ ltot (dB) | Ltot (dB) |
| | | | | | | | | 8.2 | 14.7 | 7.4 | 72.0 |
| | | | | | | | | 6.7 | 16.0 | 6.2 | 67.3 |
| | | | | | | | | 6.1 | 16.4 | 5.7 | 64.3 |
| | | | | | | | | 5.8 | 16.6 | 5.4 | 62.1 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 4 m

| f (Hz) | c (m/s) | Db (m) | Hb (m) | SB (m) | BR (m) | SR' (m) | BR' (m) | Ndir | Nrif | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| 500 | 340 | 8 | 4 | 8.5 | 2.8 | 10.4 | 4.47 | 4.04 | 7.58 | | |
| 500 | 340 | 18 | 4 | 18.2 | 2.8 | 20.2 | 4.47 | 3.17 | 7.34 | | |
| 500 | 340 | 28 | 4 | 28.2 | 2.8 | 30.1 | 4.47 | 2.91 | 7.30 | | |
| 500 | 340 | 38 | 4 | 38.1 | 2.8 | 40.1 | 4.47 | 2.78 | 7.29 | | |
| | | | | | | | | Δ ldir (dB) | Δ lrif (dB) | Δ ltot (dB) | Ltot (dB) |
| | | | | | | | | 19.2 | 21.9 | 16.6 | 62.8 |
| | | | | | | | | 18.2 | 21.8 | 16.0 | 57.5 |
| | | | | | | | | 17.9 | 21.7 | 15.8 | 54.2 |
| | | | | | | | | 17.7 | 21.7 | 15.7 | 51.8 |

MEZZO/ATTREZZATURA: TAGLIA LATERIZI Lw(A): 110 dB

Livelli sonori senza barriera acustica

| Lw (dB) | Hs (m) | Hr (m) | d (m) | Q | α | rdir (m) | rrif (m) | Ldir (dB) | Lrif (dB) | Ltot (dB) |
|------------|-----------|-----------|----------|---|----------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 110 | 1 | 2 | 10 | 1 | 0.2 | 10.0 | 10.4 | 79.0 | 77.7 | 81.4 |
| 110 | 1 | 2 | 20 | 1 | 0.2 | 20.0 | 20.2 | 73.0 | 71.9 | 75.5 |
| 110 | 1 | 2 | 30 | 1 | 0.2 | 30.0 | 30.1 | 69.5 | 68.5 | 72.0 |
| 110 | 1 | 2 | 40 | 1 | 0.2 | 40.0 | 40.1 | 67.0 | 66.0 | 69.5 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 2 m

| f (Hz) | c (m/s) | Db (m) | Hb (m) | SB (m) | BR (m) | SR' (m) | BR' (m) | Ndir | Nrif | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| 500 | 340 | 8 | 2 | 8.1 | 2.0 | 10.4 | 2.83 | 0.18 | 1.32 | | |
| 500 | 340 | 18 | 2 | 18.0 | 2.0 | 20.2 | 2.83 | 0.08 | 1.86 | | |
| 500 | 340 | 28 | 2 | 28.0 | 2.0 | 30.1 | 2.83 | 0.05 | 2.05 | | |
| 500 | 340 | 38 | 2 | 38.0 | 2.0 | 40.1 | 2.83 | 0.04 | 2.14 | | |
| | | | | | | | | Δ ldir (dB) | Δ lrif (dB) | Δ ltot (dB) | Ltot (dB) |
| | | | | | | | | 8.2 | 14.7 | 7.4 | 74.0 |
| | | | | | | | | 6.7 | 16.0 | 6.2 | 69.3 |
| | | | | | | | | 6.1 | 16.4 | 5.7 | 66.3 |
| | | | | | | | | 5.8 | 16.6 | 5.4 | 64.1 |

Livelli sonori con barriera acustica alta 4 m

| f (Hz) | c (m/s) | Db (m) | Hb (m) | SB (m) | BR (m) | SR' (m) | BR' (m) | Ndir | Nrif | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| 500 | 340 | 8 | 4 | 8.5 | 2.8 | 10.4 | 4.47 | 4.04 | 7.58 | | |
| 500 | 340 | 18 | 4 | 18.2 | 2.8 | 20.2 | 4.47 | 3.17 | 7.34 | | |
| 500 | 340 | 28 | 4 | 28.2 | 2.8 | 30.1 | 4.47 | 2.91 | 7.30 | | |
| 500 | 340 | 38 | 4 | 38.1 | 2.8 | 40.1 | 4.47 | 2.78 | 7.29 | | |
| | | | | | | | | Δ ldir (dB) | Δ lrif (dB) | Δ ltot (dB) | Ltot (dB) |
| | | | | | | | | 19.2 | 21.9 | 16.6 | 64.8 |
| | | | | | | | | 18.2 | 21.8 | 16.0 | 59.5 |
| | | | | | | | | 17.9 | 21.7 | 15.8 | 56.2 |
| | | | | | | | | 17.7 | 21.7 | 15.7 | 53.8 |

Tabelle riassuntive dei risultati ottenuti (soluzioni con schermatura):

| MEZZO: AUTOBETONIERA $L_w(A)$: 90 dB | | |
|--|--|---|
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 2 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 10 | 54.0 |
| | 20 | 49.3 |
| | 30 | 46.3 |
| | 40 | 44.1 |
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 4 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 10 | 44.8 |
| | 20 | 39.5 |
| | 30 | 36.2 |
| | 40 | 33.8 |

| MEZZO: ESCAVATORE $L_w(A)$: 104 dB | | |
|--|--|---|
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 2 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 10 | 68.0 |
| | 20 | 63.3 |
| | 30 | 60.3 |
| | 40 | 58.1 |
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 4 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 10 | 58.8 |
| | 20 | 53.5 |
| | 30 | 50.2 |
| | 40 | 47.8 |

| MEZZO: AUTOCARRO A 4 ASSI $L_w(A)$: 103 dB | | |
|--|--|---|
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 2 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 10 | 67.0 |
| | 20 | 62.3 |
| | 30 | 59.3 |
| | 40 | 57.1 |
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 4 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 10 | 57.8 |
| | 20 | 52.5 |
| | 30 | 49.2 |
| | 40 | 46.8 |

| MEZZO: GRU L_w(A): 101 dB | | |
|--|--|--|
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 2 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 10 | 65.0 |
| | 20 | 60.3 |
| | 30 | 57.3 |
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 4 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 10 | 55.8 |
| | 20 | 50.5 |
| | 30 | 47.2 |
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 4 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 40 | 55.1 |
| | 40 | 44.8 |

| MEZZO: SEGA CIRCOLARE L_w(A): 108 dB | | |
|---|--|--|
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 2 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 10 | 72.0 |
| | 20 | 67.3 |
| | 30 | 64.3 |
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 4 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 40 | 62.1 |
| | 10 | 62.8 |
| | 20 | 57.5 |
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 4 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 30 | 54.2 |
| | 40 | 51.8 |

| MEZZO: TAGLIA LATERIZI L_w(A): 110 dB | | |
|--|--|--|
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 2 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 10 | 74.0 |
| | 20 | 69.3 |
| | 30 | 66.3 |
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 4 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 40 | 64.1 |
| | 10 | 64.8 |
| | 20 | 59.5 |
| <i>Barriera acustica</i> <i>Hb= 4 m</i> | Distanza sorgente- ricevitore (m) | Livello sonoro L_{tot} (dB) |
| | 30 | 56.2 |
| | 40 | 53.8 |

IV. Considerazioni sui risultati

La procedura di calcolo dei livelli sonori ha permesso una valutazione quantitativa della riduzione dei livelli sonori per mezzo dell'inserimento di una schermatura nel perimetro di cantiere. Tale opera di mitigazione permetterebbe un notevole abbassamento del rumore verso l'ambiente esterno, avvicinandosi ai limiti consentiti dalla zonizzazione acustica del Comune di Abbiategrasso (55 dB diurni per la scuola, 60 dB diurni per la restante area). Si verificano dei superamenti soprattutto durante la fase di scavo, in cui i mezzi si avvicinano a pochi metri dalla scuola, e i livelli di rumore salgono conseguentemente (vedere allegati).

Sarebbe possibile, a fronte di questa negatività, pianificare la fase di scavo durante le fasce orarie non interferenti con l'attività didattica, per non arrecare disturbi maggiori.

Come conseguenza della scelta di inserimento della barriera antirumore, sarebbe pertanto evitabile la richiesta di deroga ai limiti sonori consentiti.

In ogni caso sono state valutate tutte le postazioni con i mezzi sorgenti di rumore e si sono pianificate le aree idonee per limitare al massimo l'impatto acustico verso l'ambiente circostante, nell'ottica di una migliore organizzazione del cantiere.

Infine un'ultima considerazione. Come già scritto in premessa, si sono calcolati i livelli sonori di una sorgente alla volta, trascurando alcuni parametri ambientali, e non considerando le eventuali contemporaneità delle sorgenti. Tale semplificazione, che permette in ogni caso una valutazione quantitativa discreta della propagazione del suono, potrebbe trascurare effetti che generano livelli sonori maggiori. Nonostante questo, come già evidenziato, si possono ottenere decisi miglioramenti considerando le capacità fonoassorbenti della barriera antirumore, ovvero le prestazioni intrinseche, date dal materiale, dalla forma e dal tipo di posizionamento, caratteristiche queste non inserite nel calcolo.

V. Utilizzo di barriera fonoassorbente

Nel caso di un intervento più mirato alla riduzione del rumore del cantiere è possibile adottare la soluzione di una barriera mobile fonoassorbente, quindi capace di abbassare i livelli sonori, grazie al materiale di cui è composta.

Nel caso in esame si valuta di utilizzare la barriera mobile di CIR Ambiente in calcestruzzo e legno mineralizzato (altezza 4 m).

La barriera acustica⁷⁵ è costituita da pannelli tipicamente monoassorbenti, costituiti da un elemento monolitico in cls prefabbricato su cui vengono posizionati, in stabilimento, gli elementi fonoassorbenti CIR Mineral in cemento e legno mineralizzato. Il pannello, con dimensioni standard lunghezza 2500 mm e altezze che variano dai 3000 ai 6000 mm, viene adagiato nelle sedi predisposte di blocchi di base e immobilizzato con malta autobloccante. Ogni pannello possiede idonee conformazioni per l'incastro maschio-femmina tra elementi accostati, al fine di garantire l'ermeticità acustica. Non avendo fondazioni, la barriera è mobile e spostabile in cantiere, avendo cura di ripetere le operazioni di posa. La barriera permette, se necessario, anche il recupero dei pannelli verticali che possono essere, al termine del cantiere, separati dai loro blocchi di base per essere posizionati in fondazioni dedicate bordo opera per la loro collocazione definitiva.

Caratteristiche acustiche di fonoassorbimento degli elementi in legno mineralizzato CIR Mineral 100/250.
Indice di valutazione dell'assorbimento acustico, in accordo alla norma UNI EN 1793-1 e UNI EN 1793-3
Fonoassorbimento: DLa (Autostradale)= 8 dB - categoria A3
DL a (FS Classic)= 9 dB - categoria A3
DL a (Alta Velocità)= 8 dB - categoria A3



fig. 21: barriera fonoassorbente CIR Ambiente Mobile

⁷⁵ descrizione e immagini del prodotto sono proprietà di CIR Ambiente

VI. Ulteriori proposte di mitigazione

Durante la fase di cantiere verranno proposte ulteriori accorgimenti di mitigazione dell'impatto acustico per limitare al massimo il disagio verso le aree esterne adiacenti, che riguarderanno la dotazione dei mezzi e le caratteristiche delle lavorazioni.

Tali accorgimenti saranno adottati anche per un miglioramento delle condizioni di lavoro nel cantiere, con benefici per gli addetti.

Prima di effettuare l'installazione del cantiere si pianificheranno le attività di costruzione in modo da evitare, quando possibile, la contemporaneità tra i lavori e l'attività didattica scolastica e limitare impatti acustici superiori rispetto ai limiti consentiti. In specifico si organizzeranno le attività più rumorose e si pianificheranno i trasporti da e per il cantiere durante le fasce orarie meno critiche.

Nella fase di cantiere come già anticipato si delimiterà l'intera area di costruzione con pannelli antirumore di altezza 4 m che garantiranno un abbassamento dei livelli di rumore percepiti all'esterno unitamente alla collocazione dei mezzi e delle aree di lavorazione più rumorose a distanza tale da non creare impatti acustici negativi verso l'esterno.

Per un miglioramento dell'inquinamento da rumore si prevedranno pertanto le seguenti misure di mitigazione degli impatti:

- dotazione di mezzi destinati a lavorare all'aperto, conformi alle direttive CE in materia di emissione acustica ambientale;
- limitazione del tempo di accensione delle macchine rumorose rigorosamente al tempo di effettivo utilizzo;
- uso di mezzi dotati di silenziatori sugli scarichi;
- nella scelta dei mezzi si privilegeranno macchine gommate piuttosto che cingolate con equivalenti prestazioni e caratteristiche;
- ove possibile si sceglieranno mezzi alimentati a motore elettrico piuttosto che a motore a combustione;
- verranno adottate soluzioni tecniche per la schermatura e/o l'insonorizzazione di mezzi quali pompe e gruppi elettrogeni;
- si collocheranno le attrezzature su piastre di gomma che assorbiranno le vibrazioni;
- verranno effettuate tutte le operazioni necessarie di manutenzione e di revisione dei mezzi per la riduzione degli attriti e delle vibrazioni;
- per quanto riguarda le opere di demolizione si sceglierà un mezzo demolitore dotato di pinza idraulica;

- per ciò che concerne le postazioni di lavoro, queste saranno schermate da pannellature fonoassorbenti che proteggeranno da livelli di rumore elevati i lavoratori all'interno del cantiere;
- per quanto possibile si eviteranno le lavorazioni più rumorose contemporanee;
- per evitare il rumore prodotto da apparecchi vibratorii durante la fase di getto sarebbe auspicabile l'uso di calcestruzzo auto-compattante;
- per limitare il rumore durante il montaggio e lo smontaggio delle cassature in legno verranno scelti casseri prefabbricati e direttamente montati in opera;
- i lavoratori saranno dotati di attrezzi certificati per le emissioni di rumore; ove possibile si potrebbero utilizzare mazze di gomma per ridurre le vibrazioni e walkie-talkie per le comunicazioni a distanza.
- limitazione dell'utilizzo di avvisi acustici, ove possibile sostituiti da avvisi luminosi;
- monitoraggio dei livelli di rumore, effettuato in particolare nelle fasi più rumorose, e in caso di superamento dei valori previsti, attuazione di ulteriori misure di mitigazione.

8.4 – SCHEDA 3 – Questioni locali: polveri

Un tema di grande importanza che può generare impatti significativi di inquinamento nel cantiere è la produzione di polvere.

Le attività presenti nel presente sito di costruzione, infatti, sono effettuate attraverso mezzi, lavorazioni, materiali che producono polveri di ogni tipo.

Scopo di questa sezione è quella di proporre soluzioni di mitigazione dell'impatto generato dalle polveri derivante dalle attività cantieristiche, per il miglioramento della qualità dell'aria per i lavoratori all'interno e per le aree esterne, in particolare proteggendo le zone più sensibili come la scuola e le residenze in prossimità.

Si identificheranno pertanto le soluzioni che l'impresa adotterà per la riduzione delle polveri nel cantiere in esame.

Dalle schede di analisi iniziale si sono identificate le principali fasi che produrranno polveri, di seguito elencate sinteticamente:

- scavi e movimento terra;
- creazione di un berlinese;
- circolazione mezzi nell'area di cantiere;
- movimento e deposito materiali;
- lavorazioni esterne ed interne.

Rispetto ad una valutazione qualitativa, che prevede l'elenco delle misure di miglioramento dell'impatto, è tuttavia complesso effettuare analisi quantitative, dato che non esistono parametri di inquinamento generali facilmente riassumibili, ma valori limite per ogni concentrazione di inquinante compreso nelle polveri innalzate durante le attività.

Per tali motivi si proporranno interventi migliorativi che permetteranno di evitare, quando e dove possibile, la potenziale alterazione dei livelli di qualità dell'aria, determinata dalla emissione delle polveri in seguito allo svolgimento delle attività di realizzazione delle opere di progetto, nonché della movimentazione di materiali da costruzione e di risulta lungo la viabilità di cantiere e sulle sedi stradali ordinarie e infine una valutazione della qualità dell'ambiente interno, con le peculiarità introdotte dal protocollo LEED nel prerequisito 3.

Si è ritenuto utile suddividere in alcune tipologie di attività, particolarmente significative, le misure di mitigazione previste, che dovranno essere gestite e controllate in cantiere.

Tali proposte saranno, in ogni caso, integrate da ogni pratica di buona gestione, per la riduzione delle polveri durante la fase di cantiere.

La classificazione delle attività è una semplificazione del processo, ma tiene conto, al suo interno delle fasi, indicate precedentemente, nelle quali si producono polveri.

Lo schema è il seguente:

- I. misure previste nelle aree di circolazione dei mezzi;
- II. misure previste per il deposito e la movimentazione dei materiali;
- III. misure previste per la riduzione delle polveri nelle lavorazioni;
- IV. misure previste per la qualità dell'aria interna.

Per ciascun capitolo si elencheranno le misure necessarie per la riduzione dell'impatto atmosferico causato dalle polveri.

I. Misure previste nelle aree di circolazione dei mezzi

- limitare il numero dei mezzi contemporaneamente operanti e la loro circolazione all'interno del cantiere;
- limitare la velocità di circolazione nell'area di cantiere (per. es. a 10 km/h) e all'esterno sulle strade pubbliche (per es. a 30 km/h);
- copertura dei mezzi che trasportano materiali polverulenti, che possono essere dispersi nella fase di trasporto da e per il cantiere, utilizzando a tale proposito dei teli aventi adeguate caratteristiche di impermeabilità e di resistenza agli strappi. Nei contratti di fornitura e di noleggio dei mezzi si sceglieranno pertanto macchine dotate di telo avvolgibile che ricopre il cassone;
- sui percorsi di accesso al cantiere sarà posizionato del pietrisco per ridurre la quantità di fango e polvere sollevata al passaggio dei mezzi;
- le aree di circolazione dei mezzi e le aree carrabili in prossimità del cantiere (accesso di Via Colombo) saranno periodicamente irrorati di acqua dal personale preposto, manualmente o attraverso autobotti, o impianto di irrigazione automatico, soprattutto nella stagione più secca, per contenere il sollevamento delle polveri nel cantiere;
- pulizia ad umido dei pneumatici degli autoveicoli in uscita dal cantiere, da effettuarsi manualmente, o tramite impianti di lavaggio automatico dotati di ugelli ad alta pressione e vasca per il contenimento e il ricircolo dell'acqua di scarico, da posizionarsi in prossimità dell'uscita del cantiere.



fig. 22: esempi di misure di mitigazione delle polveri (da sinistra: telo avvolgibile sui cassoni dei mezzi, pulizia delle strade, sistema automatizzato per lavaggio delle ruote dei mezzi)



fig. 23: due differenti situazioni. In alto, immagine di ingresso senza pietrisco; in basso, ingresso con pietrisco. Foto tratte da : <http://ehs.virginia.edu/ehs/ehs.esc/examples.html>

II. Misure previste per il deposito e la movimentazione dei materiali

- eventuale predisposizione di impianti a pioggia per le aree destinate al deposito temporaneo di inerti (ghiaia, sabbia) o periodica irrorazione eseguita manualmente o con l'ausilio di autobotti o cannoni nebulizzatori;
- proteggere i depositi di materiali esposti al vento con appositi teli o stuoie o coperture verdi o pannellature mobili;
- effettuare processi di getto o di movimentazione del materiale ad altezze adeguate alla finalità dell'operazione e a bassa velocità;
- effettuare lo scarico/carico dei materiali in aree riparate dai venti e comunque lontano dalle aree sensibili esterne, per evitare polveri.

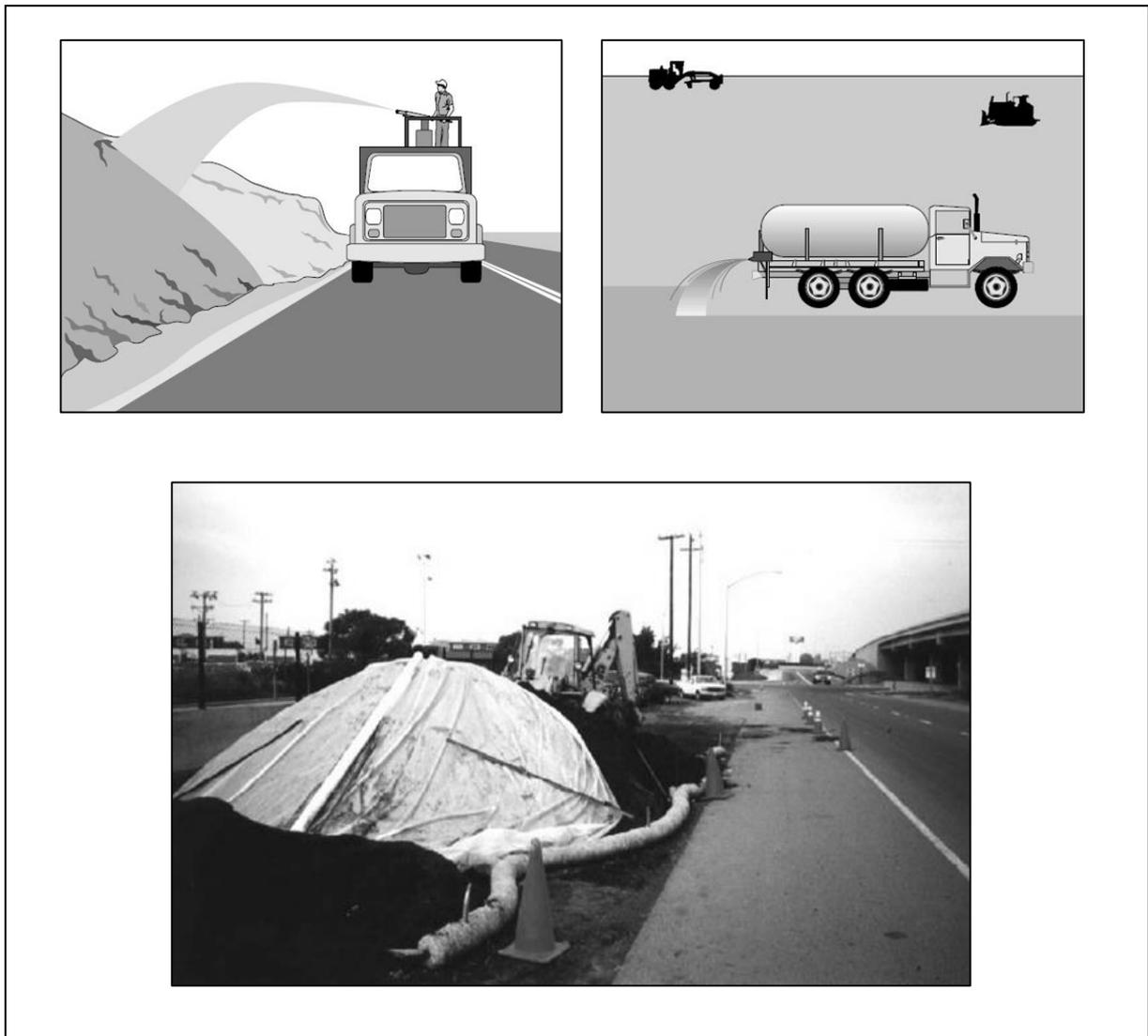


fig. 24: esempi di misure per la riduzione delle polveri. Immagini tratte da *California Stormwater Quality Association Stormwater Best Management Practice*

III. Misure previste per la riduzione delle polveri nelle lavorazioni

- evitare di effettuare più lavorazioni polverose contemporaneamente;
- effettuare le lavorazioni polverose in aree idonee, riparate con schermature mobili antipolvere, possibilmente lontano dai ricettori più sensibili;
- per il taglio dei laterizi, dei mattoni e di altri materiali lapidei, dotarsi di macchine con lama ad acqua o con aspiratore per la dispersione delle polveri;
- impiego di impermeabilizzanti bituminosi a bassa tendenza all'esalazione di fumi, tossici per gli addetti;
- ricoprire il ponteggio con telo antipolvere.

IV. Piano di gestione della qualità dell'aria indoor⁷⁶

In tale capitolo si individuano le misure per la prevenzione e il controllo di polveri dannose per gli operatori che si possono manifestare durante le lavorazioni.

Nella elaborazione delle proposte si integrano le misure di gestione della qualità dell'aria interna recepite dal protocollo LEED nel credito 3 dell'IEQ (*Indoor Environmental Quality*).

L'obiettivo del credito 3EQ è ridurre i problemi di qualità dell'aria derivanti dai processi di costruzione/ristrutturazione al fine di garantire il comfort e il benessere degli operai al lavoro e degli occupanti l'edificio, sviluppando e implementando un piano di gestione della qualità dell'aria interna (*indoor air quality management plan, IAQ Plan*) per la fase costruttiva e quella precedente l'occupazione dell'edificio, articolato come segue:

- in fase costruttiva, raggiungere o superare i requisiti (control measures) indicati nel capitolo 3 delle "IAQ Guidelines for Occupied Building under Construction";
- proteggere i materiali assorbenti, installati o stoccati sul sito, da danni derivanti dall'umidità;
- se, in fase costruttiva, si utilizzano unità di trattamento aria installate in maniera permanente, su ogni griglia dell'aria di ritorno vanno previsti filtri [...];
- prima dell'occupazione è necessario sostituire tutti i sistemi di filtrazione.

La documentazione richiesta per l'ottenimento del credito comprende:

⁷⁶ tratto da *Schema di certificazione LEED: analisi della struttura di crediti*, di A.Lodi, E.Roncalli e I.Minora, articolo pubblicato in *Ambiente&Sicurezza* n.22, 6 dicembre 2011, il sole 24 ore, pag g.103-104.

- una copia del piano di gestione della qualità dell'aria indoor relativo al progetto;
- fotografie che evidenziano le pratiche implementate per lo IAQ Plan;
- una lista dei filtri installati durante la costruzione, con dimostrazione che esse sono stati sostituiti prima dell'occupazione.

Al fine di garantire un elevato livello di qualità dell'aria interna, prima e durante le fasi di cantiere è perciò necessario:

- identificare le principali sorgenti di inquinamento all'interno del cantiere;
- identificare i materiali la cui lavorazione produca odori e/o polvere;
- sviluppare e implementare le misure idonee per minimizzare la produzione di inquinanti e per contenere la dispersione;
- proteggere tutte le attrezzature appartenenti ai sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento (HVAC), prima e dopo l'installazione;
- supervisionare quotidianamente le attività di controllo della qualità dell'aria interna al cantiere con i subappaltatori per assicurare il progresso dei lavori nei tempi stabiliti;
- effettuare ispezioni per il controllo della qualità dell'aria interna, identificando le eventuali misure correttive.

Il metodo più efficace per il controllo dell'inquinamento è generalmente il suo controllo alla fonte. Le diverse opzioni disponibili per il processo di costruzione sono:

- sostituzione di prodotto: utilizzare prodotti a basso contenuto di composti organici volatili (VOC), quali rivestimenti, adesivi, pitture, sigillanti, prodotti per la pulizia e arredi;
- modifica alle attrezzature: limitare l'utilizzo di veicoli e attrezzature a motore e, dove possibile, utilizzare veicoli funzionanti con combustibili alternativi o elettrici;
- scarico locale: le fonti di inquinamento devono essere preferibilmente scaricate all'esterno dell'edificio attraverso sistemi di ventilazione portatili;
- qualità dell'aria: i contenitori dei prodotti liquidi devono essere mantenuti in luogo chiuso; i rifiuti che possono rilasciare odori o polvere devono essere ricoperti o sigillati e ogni emissione verso l'esterno deve essere conforme ai regolamenti locali applicabili e dovrebbe essere diretta lontano da possibili recettori sensibili.

Un'altra strategia utile è adottare apposite regole e comportamenti affinché si riduca il più possibile l'emissione e la dispersione degli inquinanti, tra le quali:

- contenere la dispersione di polvere;
- prevenire l'accumulo di sporcizia e umidità sulle materie prime, coprendo i materiali e tenendoli sollevati dal terreno e, se necessario, utilizzare sistemi di deumidificazione/ventilazione per controllare i livelli di umidità;

- contenere le emissioni inquinanti prodotte da materiali con forti odori, usando ventilatori portatili per lo scarico verso l'esterno degli inquinanti e depressurizzando le aree con sistemi di ventilazione temporanei o permanenti;
- minimizzare l'inquinamento proveniente da lavori in siti esterni, tenendo ben chiuse le porte e le finestre;
- vietare il fumo di tabacco all'interno dell'edificio durante tutto il periodo della costruzione.

8.5 – SCHEDA 4 – Rifiuti

La gestione dei rifiuti derivanti dalle attività di cantiere rappresenta una delle questioni maggiormente impattanti dal punto di vista ambientale, ma tuttavia facilmente pianificabile e controllabile. Obiettivo di tale sezione è la creazione di un piano di gestione dei rifiuti per il cantiere in esame, secondo le prescrizioni normative del D.lgs. 152/2006 e s.m.i. in materia dei rifiuti, e attraverso i miglioramenti prestazionali definiti dalle linee del protocollo americano LEED.

Il protocollo LEED infatti descrive nei crediti 2.1 e 2.2. i requisiti da perseguire per il miglioramento della gestione ambientale nella produzione, nella raccolta, e nel conferimento in discarica dei rifiuti derivanti dalle attività di costruzione e demolizione ed ottenere di conseguenza il punteggio relativo.

L'obiettivo di questi due crediti⁷⁷ è evitare che i rifiuti da costruzione, demolizione e pulizia del terreno siano conferiti in discarica e negli inceneritori, in modo da favorire la re-immissione delle risorse riciclabili nel processo produttivo, conferendo i materiali riutilizzabili in appositi siti di raccolta.

Per poter conseguire questi due crediti, è necessario riciclare e/o recuperare almeno il 50% (credito 2.1) o il 75% (credito 2.2) dei materiali di costruzione e demolizione non pericolosi. Ciò si ottiene sviluppando e implementando un piano di gestione dei rifiuti di costruzione. Il terreno di scavo e le macerie di risulta dalla pulizia del terreno non contribuiscono a questi crediti. I calcoli possono essere fatti secondo il peso o il volume. La documentazione da presentare deve comprendere:

- le tabelle per il calcolo dei rifiuti da costruzione adeguatamente compilate con la descrizione di ogni tipo/categoria di rifiuti prodotti, la localizzazione del riciclatore/discarica e le quantità;
- una relazione che descriva l'approccio di gestione dei rifiuti del progetto di costruzione e che deve comprendere il piano di gestione rifiuti.

Le strategie per l'ottenimento di questi crediti comprendono la dichiarazione dell'obiettivo in merito ai quantitativi di materiale che non saranno conferiti in discarica o in inceneritore, adottando un piano di gestione dei rifiuti per raggiungere questo obiettivo.

Nel piano è necessario considerare il riciclaggio di cartone, metallo, mattoni, pannelli isolanti, cemento, plastica, legno pulito, vetro, pannelli in cartongesso, teli e materiali da coibentazio-

⁷⁷ tratto da *Schema di certificazione LEED: analisi della struttura di crediti*, di A.Lodi, E.Roncalli e I.Minora, articolo pubblicato in *Ambiente&Sicurezza* n.22, 6 dicembre 2011, il sole 24 ore, pag 99.

ne, destinando una o più aree specifiche in cantiere per la raccolta separata o indifferenziata di materiali riciclabili e documentando, altresì, gli sforzi attuati per il riciclaggio durante le fasi di costruzione.

Questo processo di gestione di materiali include l'identificazione dei soggetti che effettueranno trasporto e riciclo dei materiali designati, ma anche la possibilità di donare materiali a enti caritatevoli o di recuperare i materiali all'interno del sito di costruzione.

In termini strategici, il piano di gestione dei rifiuti deve essere periodicamente revisionato e aggiornato in relazione al progredire delle fasi di cantiere, poiché, in funzione delle attività svolte, devono essere valutati, per esempio, la nuova localizzazione e il numero dei cassoni di raccolta, sulla base delle tipologie di rifiuti prodotte nelle diverse fasi. Per quanto riguarda la verifica del rispetto da parte di tutti i subappaltatori delle procedure di raccolta differenziata, è necessario eseguire controlli periodici, durante i quali vengono compilate apposite schede di valutazione, per monitorare e documentare il corretto andamento del piano di gestione dei rifiuti. Tutti i formulari di accompagnamento dei rifiuti in uscita dal cantiere devono essere raccolti e archiviati al fine di ricostruire inequivocabilmente:

- il codice CER di identificazione;
- i quantitativi di rifiuti prodotti;
- i soggetti trasportatori;
- i destinatari finali.

La complessità è data dalla necessità di coordinamento tra:

- i subappaltatori, che hanno l'onere di servirsi degli appositi cassoni presenti nelle aree di raccolta, di separare i rifiuti secondo le frazioni stabilite e fornire tutta la documentazione relativa al processo di gestione dei rifiuti;
- i soggetti trasportatori e riciclatori/smaltitori dei rifiuti, ai quali è richiesto di massimizzare la percentuale di rifiuti avviati al recupero/riciclo e di fornire, con cadenza mensile, una dichiarazione che descriva la situazione dei rifiuti prodotti, in termini sia di tipologie e quantitativi sia di obiettivi di riciclaggio raggiunti, riportando nello specifico:
 - il luogo di ricezione dei rifiuti;
 - i quantitativi, per ogni tipologia di rifiuti, inviati a recupero/riciclo;
 - indicazione del destinatario finale che riceve le frazioni recuperate/riciclate in uscita dall'impianto di riciclo/recupero.

Sulla base delle procedure definite da tali requisiti, sarà elaborato un Piano di gestione dei rifiuti, ovvero *Waste management plan*.

I miglioramenti introdotti nel Piano di gestione dei rifiuti, prescindono dalle prescrizioni nazionali in materia di rifiuti, dal D.lgs. 152/2006 e s.m.i., e dalle ordinanze locali definiti nel regolamento d'igiene del Comune di Abbiategrasso, o dai regolamenti della AUSL locale e dell'ARPA regionale.

I. Misure ulteriori per il miglioramento della gestione dei rifiuti

Si pianificheranno tutte le misure per il miglioramento della gestione dei rifiuti prodotti dalle attività di cantiere con l'obiettivo principale della riduzione.

A fronte di tale obiettivo è importante integrare nella fase progettuale la selezione di materiali che siano costituiti da percentuali alte di contenuto di riciclo (nell'ottica del life cycle assessment), e vengano adottate soluzioni tecniche con sistemi costruttivi che generano pochi rifiuti in fase di assemblaggio.

Per una corretta gestione dello smaltimento, si studieranno le migliori aree di conferimento dei materiali, selezionando i siti più vicini, e acquisendo le informazioni necessarie sulla presenza di impianti di trattamento o riciclaggio.

Inoltre si effettueranno tutte le procedure per la consegna dei rifiuti a ditte specializzate che provvederanno al trasporto e al conferimento in aree apposite. Tali procedure saranno stabilite nel *Waste management plan*.

Altri interventi migliorativi sono descritti in seguito:

- intervenire con azioni verso fornitori di materiali per la scelta di soluzioni che producano ridotti rifiuti da imballaggio o da lavorazione;
- prevedere un reimpiego delle terre di scavo (se non contaminate da sostanze pericolose) all'interno delle aree di cantiere per riempimenti e sistemazioni a verde;
- evitare di maneggiare rifiuti pericolosi.

II. Esempio di Waste Management Plan per il cantiere in oggetto di studio

1. Obiettivi

Predisporre metodi per il recupero/riciclaggio di rifiuti dalle attività di cantiere, minimizzare il quantitativo da conferire in discarica. L'obiettivo minimo di recupero è del 50% del peso totale, con l'ambizione di migliorare il quantitativo fino al 75%.

Le tipologie di rifiuto considerate sono:

- carta e cartone;
- legno;
- metalli;
- vetro;
- plastica;
- materiali isolanti;
- cartongessi;
- rifiuti derivanti dalla demolizione (asfalto, materiale lapideo, laterizio, cemento, ecc...).

Nel progetto in esame si considerano nel calcolo i seguenti rifiuti:

- imballaggi e plastiche;
- legno;
- ferro e metalli;
- cartongessi;
- materiale lapideo e cementi;
- rifiuti alimentari (il vetro consumato viene inserito a parte tra i rifiuti alimentari);
- carta e cartone derivanti da attività di ufficio.

2. Procedure

Contenitori temporanei: i rifiuti prodotti dalle attività di cantiere saranno raccolti direttamente dagli operatori dell'impresa costruttrice e da i sub-appaltatori in contenitori temporanei collocati in prossimità delle postazioni di produzione rifiuti.

Con una cadenza di 2-3 volte a settimana i rifiuti raccolti nei contenitori temporanei saranno introdotti in appositi contenitori più grandi differenziati per tipologia di rifiuto, collocati in apposite aree che non interferiranno con le attività di cantiere.

Tali contenitori, di proprietà dell'impresa che si aggiudicherà la gestione dei rifiuti, verranno svuotati e i rifiuti saranno inviati a discarica o agli impianti di trattamento o al riciclaggio, se-

condo le modalità previste dalla normativa nazionale sulla gestione dei rifiuti e sulla tracciabilità SISTRI (D.lgs. 152/2006 e s.m.i.).

I contenitori sono diversi per ogni tipologia di rifiuto e di numero variabile a seconda della fase esecutiva. Sono inoltre presenti planimetrie in cantiere con la disposizione dei contenitori e la descrizione dei rifiuti raccolti.

Le categorie di rifiuti verranno descritti con il codice C.E.R. identificativo, ad esempio:

| Tipologia di rifiuto <i>Waste typology</i> | C.E.R. <i>E.W.C.</i> |
|---|-------------------------|
| Plastica <i>Plastic</i> | 17.02.03 |
| Legno <i>Wood</i> | 17.02.01 |
| Ferro <i>Iron</i> | 17.04.05 |
| Imballaggi <i>Packaging</i> | 15.01.06 |
| Carta e cartone <i>Paper and cardboard</i> | 15.01.01 |

Il deposito nei contenitori⁷⁸ deve essere effettuato per categorie omogenee di rifiuti e nel rispetto delle relative norme tecniche, nonché per i rifiuti pericolosi nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute (art.183, comma 4 D.lgs. 152/2006).

I rifiuti speciali non possono essere abbandonati o depositati in modo incontrollato sul suolo e nel suolo (art. 192, comma 1 D.lgs. 152/2006).

Non devono essere miscelate categorie diverse di rifiuti speciali pericolosi di cui all'Allegato G o rifiuti speciali pericolosi con rifiuti speciali non pericolosi (art.187 D.lgs. 152/2006).

I rifiuti devono essere raccolti ed avviati ad operazioni di recupero o di smaltimento secondo una delle seguenti modalità alternative:

- a scelta del produttore;

⁷⁸ Testo e immagini tratte da *Rifiuti da cantiere. Come gestirli correttamente*, di D.Romeo, P.Zambianchi, G.Romeo, articolo pubblicato in *Tecnologie & soluzioni per l'ambiente* n.4, Ottobre/Novembre 2009, il Sole 24 ore, pag IV-V.

- con cadenza almeno trimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito;
 - quando il quantitativo di rifiuti in deposito raggiunge complessivamente i 10 metri cubi, nel caso di rifiuti pericolosi, o i 20 metri cubi, nel caso di rifiuti non pericolosi.
- In ogni caso, allorché il quantitativo di rifiuti non superi i 10 metri cubi l'anno e quello di rifiuti non pericolosi non superi i 20 metri cubi l'anno, il deposito temporaneo non può avere durata superiore a un anno (art. 183 comma 2 D.lgs.152/2006).

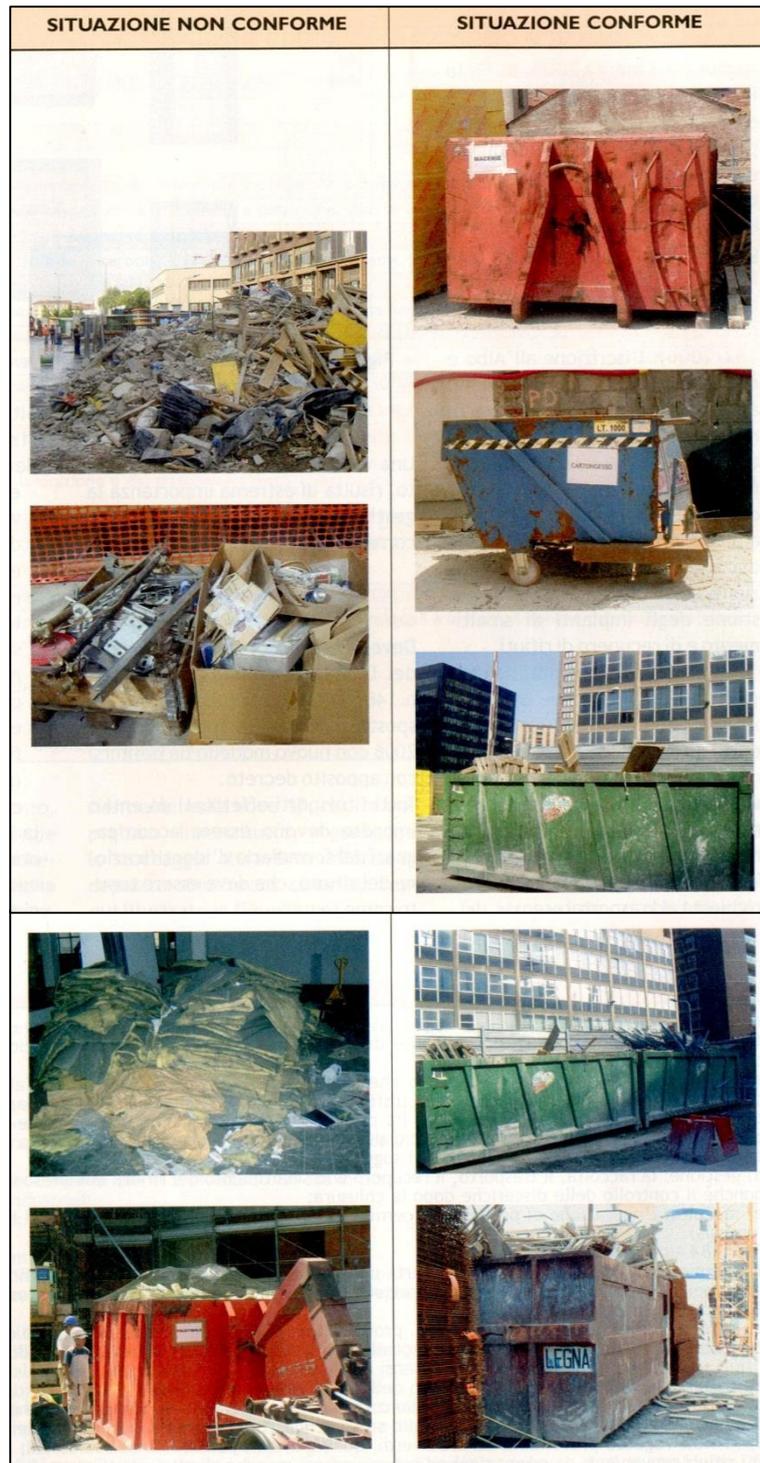
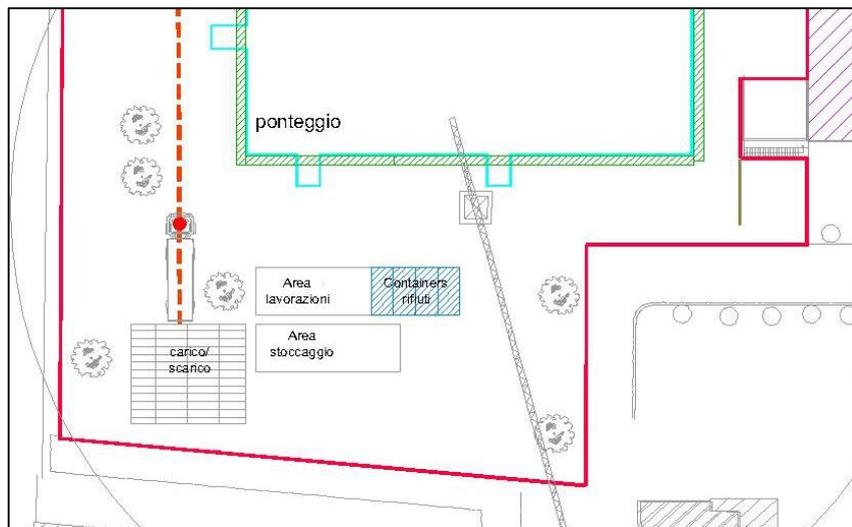


fig. 25:esempi di raccolta dei rifiuti

3. Collocazione dei containers di raccolta dei rifiuti



4. Monitoraggio

Durante le fasi di recupero e di raccolta dei rifiuti in cantiere, si dovranno attuare gli accertamenti necessari verso tutto il personale perché ci sia una corretta gestione.

Obiettivo per un miglioramento delle pratiche di gestione è quindi il rispetto delle regole di raccolta dei rifiuti e di comportamenti ambientalmente corretti anche da parte dei sub-appaltatori.

E' dovere dell'impresa aggiudicatrice predisporre una corretta informazione sulla gestione dei rifiuti a tutti gli operatori che lavoreranno nel cantiere e istruire sulle pratiche di raccolta.

III. Esempio di modulo di dichiarazione mensile dei rifiuti

Dati societari

DITTA E LOGO

Spett.le <<Impresa di costruzione>>
Messrs.

Luogo, data

Place, date

OGGETTO: Dichiarazione mensile. Percentuale di rifiuti avviata a recupero e riciclo.

OBJECT: Periodic declaration. Percentage of waste recovery and recycling.

Con la presente si dichiara che i rifiuti raccolti secondo le modalità previste da normativa attuale per il riciclaggio, derivanti dal cantiere situato in Via, sono stati ricevuti e avviati a riciclo. In seguito sono indicate le quantità:

We hereby state that the waste collected in accordance with prescribed law cur for recycling, resulting from the construction site located in Via, have been received and sent for recycling. In the following are the amounts:

ANNO:..... MESE:.....

YEAR:..... MONTH:.....

| Tipologia di rifiuto <i>Waste typology</i> | C.E.R. <i>E.W.C.</i> | Quantità di rifiuti (kg) <i>Waste amount (kg)</i> | Quantità di rifiuti riciclata (kg) <i>Recycled amount (kg)</i> |
|---|-------------------------|--|---|
| Plastica <i>Plastic</i> | 17.02.03 | | |
| Legno <i>Wood</i> | 17.02.01 | | |
| Ferro <i>Iron</i> | 17.04.05 | | |
| Imballaggi <i>Packaging</i> | 15.01.06 | | |
| Carta e cartone <i>Paper and cardboard</i> | 15.01.01 | | |

Distinti saluti,

Yours faithfully,

FIRMA E TIMBRO:.....

IV. Analisi quantitativa ambientale dell'utilizzo di casseformi

In fase di progettazione e di pianificazione del cantiere per effettuare una valutazione sulla riduzione dei rifiuti prodotti durante le fasi di costruzione, si prende in considerazione il parametro della quantità delle casseformi per effettuare scelte sulla tipologia e sul risparmio ambientale che ne deriverebbe.

Pertanto nel cantiere in esame si effettuerà la scelta di adottare casseformi prefabbricate a telaio in acciaio, assemblate in opera, per le opere strutturali, piuttosto che utilizzare le classiche casseformi in legno (cfr. fig.2).

Obiettivo del calcolo è valutare la quantità di legno risparmiata, grazie all'adozione di casseforme prefabbricate.

E' evidente che, rispetto a una valutazione economica, l'uso di casseforme prefabbricate hanno un'incidenza di costo maggiore, ma sono riutilizzabili per sempre, a differenza delle casseforme in legno che dopo i getti devono essere pulite dai residui di cemento e vengono successivamente conferite in discarica a fine utilizzo.



fig. 26: esempi di cassature prefabbricate in acciaio (Produttore:PERI, www.peri.it)

Calcolo delle quantità

- Quantità casseforme (da computo metrico): 4537 m²;
- considerando un peso specifico per il legno di 0,9 t/m³= 900 kg/m² e uno spessore delle tavole di 2 cm (0,02 m) si calcola il peso al metro quadrato: 18 kg/m²;
- totale quantità casseforme (espresso in kg): 81666 kg.

Tale valore finale esprime il risparmio di circa 82 tonnellate di legno per la fabbricazione delle casseforme necessarie nel cantiere in esame ed equivale circa alla quantità in peso evitata per il conferimento in discarica come rifiuto non più riutilizzabile. L'uso di tale soluzione tecnica permette quindi un beneficio ambientale rispetto alla scelta delle casseformi in legno.

8.6 – SCHEDA 5 - Effetti su ecosistemi: corpi idrici, suolo, sottosuolo, vegetazione, fauna.

Tra gli impatti maggiormente presenti e molto spesso trascurati durante le fasi di cantierizzazione si elencano tutte le problematiche relative all'inquinamento dei corpi idrici, del suolo e del sottosuolo, della vegetazione esistente e della fauna, così come indicate anche negli studi di impatto ambientale. Nel caso in esame si definiscono questi temi ambientali nel capitolo "ecosistemi".

Sulla base dell'analisi ambientale delle macro attività, non si riconoscono fasi particolarmente critiche, ma tutte, in ogni caso, presentano caratteristiche di inquinamento non trascurabili verso le aree sensibili che devono essere pianificate e controllate.

Le attività di cantiere determinano trasformazioni del suolo e movimentazione delle terre che devono essere gestite in modo da non interferire negativamente con le acque sotterranee e modificare l'assetto idrogeologico del terreno, con il rischio di frane, di erosione superficiale e di deviazioni del naturale corso delle falde e delle acque meteoriche.

Nel caso in esame saranno previsti interventi di taglio di alcune alberature e inoltre dovranno essere pianificate misure per la protezione della vegetazione esistente durante le fasi di cantiere e gestire i percorsi dei mezzi in modo da non danneggiare le essenze che verranno preservate.

Inoltre è necessario proteggere il suolo da possibili inquinanti, come materiali cementizi, malte, residui di oli e carburanti, prodotti tossici come vernici, solventi, sigillanti e altri composti pericolosi.

E' poi fondamentale progettare canalizzazioni per la raccolta di acque meteoriche che dilavano i piazzali del cantiere raccogliendo possibili agenti inquinanti e anche condotte per le acque nere, collegate alle baracche, da allacciare direttamente alla fognatura comunale.

La conformazione e le caratteristiche del sito non determinano un particolare rischio di erosione né la possibilità di dilavamento da aree esterne; verranno previsti invece provvedimenti per evitare il dilavamento delle acque meteoriche all'interno dell'area e raccogliere le acque contaminate e i sedimenti in modo che non confluiscono nei corsi d'acqua; infatti i sedimenti potrebbero otturare eventuali canali di smaltimento e le acque che interferiscono con alcune aree di cantiere potrebbero essere contaminate da agenti inquinanti.

Nel cantiere in esame si prevedranno pertanto tutte le misure per il controllo dell'inquinamento di suolo, sottosuolo, corpi idrici, vegetazione e fauna, nell'ottica di un miglioramento della qualità ambientale del sito di costruzione.

Rispetto a questo tema si ritiene utile descrivere le linee procedurali del *Piano di controllo dell'erosione e della sedimentazione*, elaborazione di GBC Italia sulla base del *Sediment and erosion control* americano, integrato nel protocollo LEED.

Inoltre preliminarmente alla cantierizzazione, prima di iniziare i lavori, saranno effettuate le indagini necessarie per la ricerca di eventuali agenti inquinanti e per la rimozione di serbatoi interrati di gasolio rilasciati da un precedente insediamento industriale.

Sarà pertanto fondamentale eseguire interventi di bonifica dell'area inquinata da parte di ditte specializzate supervisionate dall'Arpa regionale, come stabilito dalle prescrizioni del D.lgs. 152/2006 e s.m.i.

Tale procedura verrà illustrata sinteticamente in una scheda apposita.

Inoltre si è ritenuto utile inserire all'interno di questo capitolo le misure per la mitigazione degli impatti inquinanti nei ricettori relativi agli scarichi in fognatura pubblica, poiché i sedimenti raccolti dalle acque meteoriche, oltre ad essere potenziali inquinanti per il suolo ed il sottosuolo, risultano essere negativi per gli scarichi.

Quindi nel proseguo della trattazione si considererà l'intero sistema di captazione degli agenti inquinanti nelle acque, considerando le opere di mitigazione come un unico intervento da adottare durante i lavori.

1. Le linee fondamentali del Piano di controllo dell'erosione e della sedimentazione

I controlli dell'erosione del suolo e della sedimentazione dei materiali sono le misure che vengono adottate per la riduzione delle particelle trasportate dalle acque e depositate in ricettori che possono essere inquinati (suolo, sottosuolo, corpi idrici, vegetazione).

Il prerequisito 1 "Sostenibilità del sito" del protocollo LEED esige l'elaborazione del PCES (Piano di controllo dell'erosione e della sedimentazione) per le attività di cantiere.

Nel documento si richiedono anche le misure per la riduzione delle polveri, che invece, sono state già trattate in un capitolo a parte.

Il prerequisito 1 SS⁷⁹, il cui ottenimento è obbligatorio, focalizza l'attenzione su tutta quella serie di attività e sorgenti che possono produrre inquinamento durante le attività di costruzione. L'inquinamento prodotto dalle attività di escavazione nell'ambito del cantiere edile del progetto in esame si riferisce principalmente:

- all'erosione, che può essere provocata da eventi metereologici contingenti, accumulo di acqua o movimentazione eolica;
- alla polverosità prodotta dalla movimentazione delle terre e dei mezzi in entrata/uscita dal cantiere (esaminata nel precedente capitolo).

Queste attività possono avere un impatto importante sull'area circostante e recare forte disturbo verso le strade e le case limitrofe; di conseguenza, individuare ed eliminare queste cause può ridurre al minimo la perdita di suolo, preservare la qualità del corpo idrico ricevente ed evitare l'insorgenza di lamentele e reclami da parte di cittadini.

L'obiettivo del prerequisito è ridurre l'inquinamento generato dall'attività di costruzione controllando i fenomeni di erosione del suolo e di produzione di polveri, nonché la sedimentazione nei canali riceventi.

A questo fine, è necessario sviluppare e implementare un *erosion and sediment control* (ESC Plan), piano per il controllo dell'erosione e della sedimentazione, per tutte le attività costruttive legate alla realizzazione del progetto.

L'ESC plan deve descrivere le misure implementate per raggiungere i seguenti obiettivi:

- evitare la perdita di terreno durante la costruzione causata dal deflusso superficiale delle acque meteoriche e/o dall'erosione dovuta al vento, includendo la protezione del terreno superficiale rimosso e accumulato per il riuso;
- prevenire la sedimentazione nel sistema di raccolta delle acque meteoriche o nei corpi idrici recettori;
- prevenire l'inquinamento dell'aria causato da polveri o particolati (misure già evidenziate nella precedente scheda).

⁷⁹ tratto da *Schema di certificazione LEED: analisi della struttura di crediti*, di A.Lodi, E.Roncalli e I.Minora, articolo pubblicato in *Ambiente&Sicurezza* n.22, 6 dicembre 2011, il sole 24 ore, pag . 96

Solitamente, l'ingegnere civile individua le aree soggette a erosione e le misure di stabilizzazione del suolo realizzabili.

L'impresa di costruzione adotta, quindi, un piano per attuare le misure presentate dall'ingegnere civile e risponde di eventuali eventi meteorici e, di conseguenza, della altre attività.

L'ESC plan deve riportare, in allegato, i disegni di costruzione e le specifiche, con istruzioni chiare per quanto riguarda le responsabilità, la pianificazione e le ispezioni.

Per il perseguimento degli obiettivi prefissati e il soddisfacimento dei criteri LEED è necessario adottare misure che siano il più possibile specifiche alle caratteristiche dell'area di cantiere e alla tipologia delle attività svolte, dopo attenta analisi delle misure suggerite dallo standard di riferimento, rappresentata dal 2003 EPA Sediment and Erosion Control chapter 3.

In particolare, è necessario scegliere interventi che forniscano effettivi benefici a costi adeguati, evitando i più onerosi, meno gestibili e a bassa resa.

II. Misure per la mitigazione degli impatti

Si individuano di seguito le misure per la mitigazione degli impatti relativi al capitolo “ecosistema”, classificati secondo la tipologia, così come studiati nelle schede di analisi degli impatti ambientali:

I. Misure contro l'inquinamento dei corpi idrici;

II. Misure contro l'inquinamento del suolo e del sottosuolo;

III. Misure per la protezione della vegetazione;

IV. Misure per la salvaguardia della fauna.

Per ciascun capitolo si elencheranno le misure necessarie per la riduzione degli impatti, idonee per il cantiere in esame. Sarà inoltre introdotta una scheda inerente alla bonifica del suolo inquinato da serbatoi di gasolio interrati. Inoltre, come già precisato, saranno considerati gli interventi per il controllo della sedimentazione di agenti inquinanti verso i ricettori delle acque, naturali (fosso) ed artificiali (fognatura pubblica).

III. Misure contro l'inquinamento dei corpi idrici

- per quanto riguarda la potenziale alterazione della qualità delle acque dei corsi d'acqua limitrofi alle aree di intervento (è presente infatti un fosso in prossimità della recinzione del cantiere, ad ovest), che potrebbe avvenire in seguito allo sversamento accidentale di sostanze inquinanti, sarà prevista una corretta gestione dei materiali movimentati;
- si prevedrà l'installazione di una barriera costituita da materiale plastico tipo PVC, che ricoprirà la parte più bassa della recinzione di cantiere; il telo permetterà l'impermeabilizzazione e impedirà il percolamento dei detriti inquinanti trasportati dalle acque meteoriche di dilavamento nel fosso esistente, preservandone la qualità;
- per quanto riguarda eventuali sversamenti di acqua nei tombini si adotteranno soluzioni per la protezione e l'impermeabilizzazione per prevenirne l'otturazione ed evitare depositi di materiale all'interno.

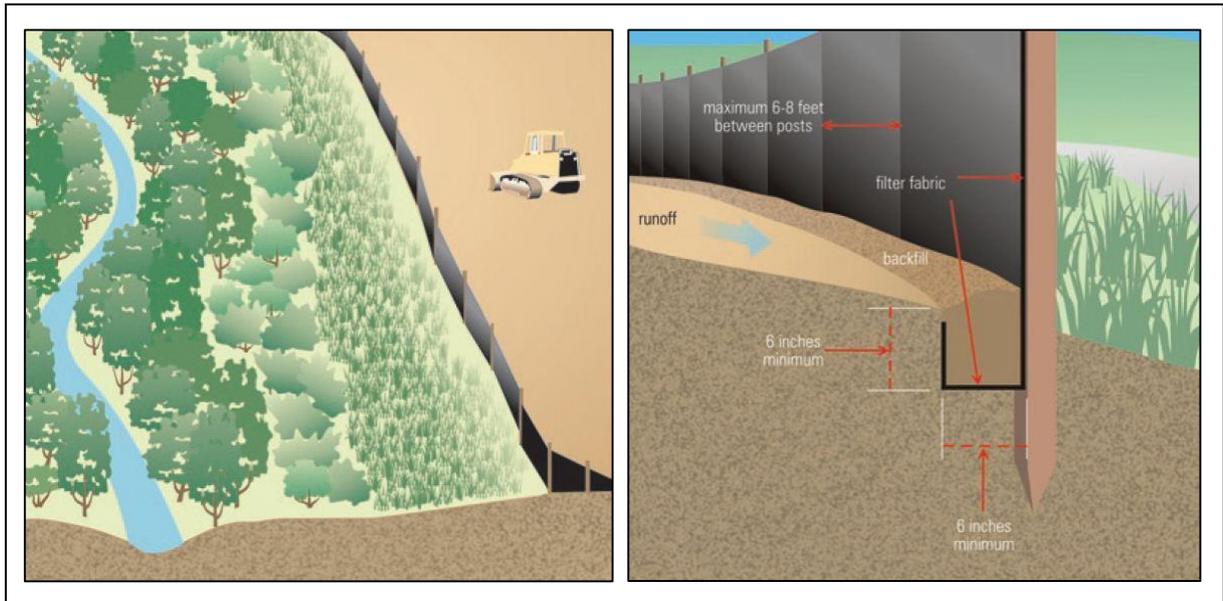


fig. 4: esempio di recinzione impermeabilizzante e particolare dell'installazione. Immagini tratte da : *Developing Your Stormwater Pollution Prevention Plan. A Guide for Construction Sites*



fig. 5: contenimento dei sedimenti nell'area di cantiere. Foto tratta da: <http://ehs.virginia.edu/ehs/ehs.esc/examples.html>

Situazioni non conformi



Proposte di riduzione dei sedimenti mediante soluzioni di filtraggio

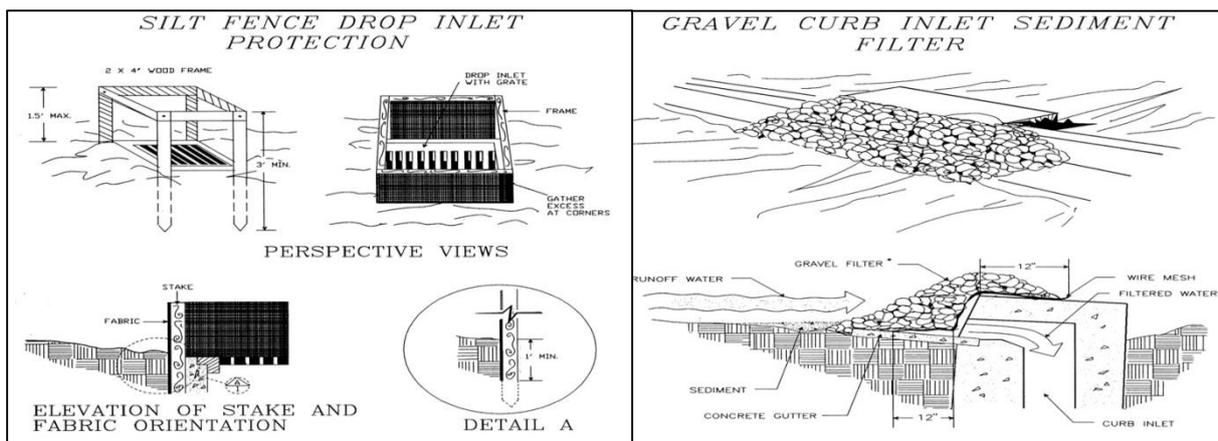


fig. 6: problemi di accumulo detriti nei tombini e possibili soluzioni di interventi. Immagini tratte da: <http://ehs.virginia.edu/ehs/ehs.esc/examples.html>

IV. Misure contro l'inquinamento del suolo e del sottosuolo

Le attività del cantiere impattano soprattutto con il suolo e se non si prevedono interventi di controllo, esiste il rischio potenziale di frane e anche di ruscellamenti di acqua meteorica che trasporta possibili agenti inquinanti nelle parti più profonde del sottosuolo, interessando anche le falde acquifere.

Sulla base dei possibili rischi ambientali connessi alle attività di cantiere si prevedono misure di gestione della sedimentazione, nel rispetto della normativa ambientale sull'inquinamento del suolo e del sottosuolo (D. lgs. 152/2006 e s.m.i.).

Si progetteranno quindi opere di mitigazione collegate al sistema di captazione e smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento del sito di cantiere.

Inoltre, saranno necessarie delle aree appositamente collocate all'interno del cantiere per la manutenzione dei mezzi e il rifornimento, oltre che per il lavaggio. Tali aree saranno impermeabilizzate e l'acqua meteorica di dilavamento, contenente agenti inquinanti, come grassi, oli, residui di malta e cemento, saranno captate e inviate a un sistema disoleatore prima di essere immesse in fognatura.

Le aree di stoccaggio verranno riparate e i piazzali delle lavorazioni saranno impermeabilizzati con teli in PVC per impedire lo sversamento sul terreno di sostanza pericolose.

Per le proposte di miglioramento si integrano alcune soluzioni importanti previste dall'agenzia americana di protezione dell'ambiente EPA (*Environmental Protection Agency*), sulla prevenzione e il controllo dell'inquinamento del suolo durante le attività di costruzione.

Si elencano quindi, di seguito, le misure adottate per la mitigazione degli impatti su suolo e sottosuolo nel cantiere in esame:

- per la protezione degli scavi, in particolare per prevenire il dilavamento della superficie causato dalle acque meteoriche e di conseguenza il trasporto e il deposito di detriti in aree differenti, si utilizzeranno stuoie di materiale geotessile tipo tessuto-non tessuto, temporaneamente depositati per tutta la durata della fase delle fondazioni, in cui ci potrebbero essere rischi di erosione e di frane. I geotessili consentono di trattenere il terreno, tuttavia permettendone il corretto assorbimento dell'acqua, in maniera regolare. Per un miglioramento della resistenza della scarpata ed evitare frane nei punti più critici, è possibile abbinare alla stuoia di geotessile delle griglie in fibre di poliestere rivestite in PVC, direttamente collocate in opera;
- è inoltre possibile effettuare semina di erba sul terreno depositato temporaneamente in cantiere per il contenimento dell'erosione.

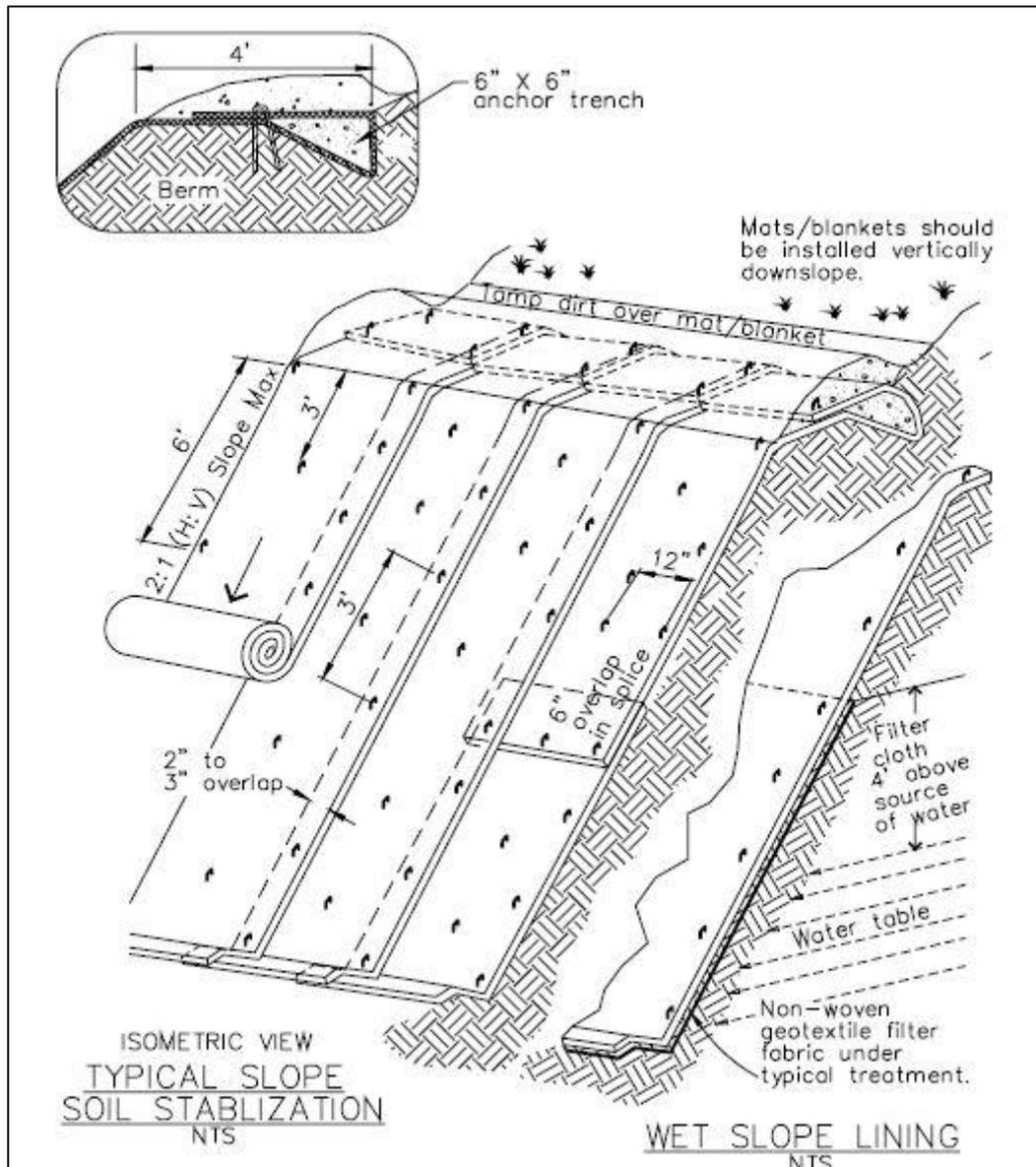


fig. 7: esempio di collocazione di stuoia geotessile. Immagine tratta da: *California Stormwater Quality Association Stormwater Best Management Practice*



fig. 8: impiego di rete di contenimento e di tessuto geotessile. Foto tratte da: <http://www.geosiderservizi.com/punto1.html>

- saranno adottate le misure per prevenire, ridurre o eliminare i depositi di inquinanti derivanti dalle aree di scarico e di stoccaggio dei materiali; tali aree saranno delimitate dall'esterno e verranno impermeabilizzate per evitare contatti diretti con il suolo e per essere meno soggette a dilavamento dalle acque piovane. Particolare attenzione dovrà essere rivolta verso i materiali più pericolosi quali composti chimici, oli disarmanti, grassi derivanti dal petrolio, plastiche, solventi, vernici, bitumi. Il personale dipendente e i subappaltatori sono tenuti ad avere un comportamento ambientalmente corretto per prevenire inquinamento accidentale sul suolo;

- nel cantiere saranno collocate delle aree apposite in cui effettuare la manutenzione, il rifornimento e il lavaggio dei mezzi con cadenza regolare (in particolare è fondamentale la pulizia delle betoniere da residui di cemento e inerti che possono imbrattare le strade pubbliche). Tali aree dovranno essere utilizzate esclusivamente per le attività di cui sopra e saranno protette dall'esterno con impermeabilizzazioni per evitare dispersioni di sostanze nocive sul suolo. Inoltre per queste aree si prevedrà un sistema di raccolta delle acque meteoriche e di lavaggio, inquinate, in una vasca per la dissabbiatura e per il trattamento con disoleatore, prima di inviarle alla fognatura comunale. Tale opera di mitigazione verrà descritta più avanti.

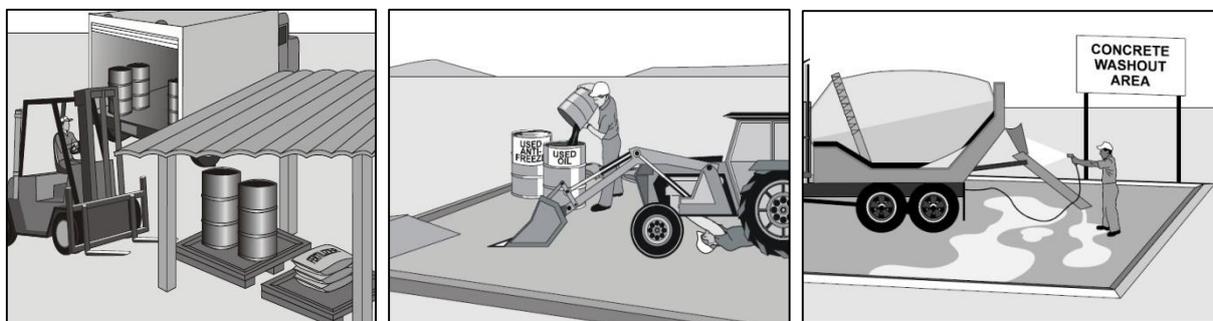


fig. 9: stoccaggio dei materiali con misure di protezione dall'acqua meteorica e attività di manutenzione e pulizia mezzi in aree dedicate all'interno del cantiere. Immagini tratte da: *California Stormwater Quality Association Stormwater Best Management Practice*

V. Misure per la protezione della vegetazione

- tra le attività previste preliminarmente all'installazione del cantiere, ci sarà il taglio di alcune alberature per liberare spazio nel sito e non intralciare i mezzi. Saranno in ogni caso adottate tutte le misure di prevenzione contro la caduta e la proiezione di schegge.

Prima di procedere alla lavorazione del terreno, si dovrà quindi provvedere come da progetto all'abbattimento delle piante da non conservare, al decespugliamento, all'estirpazione delle ceppaie e alla ripulitura e sgombero dell'area di cantiere da materiali impropri e residui vari.

Nel caso delle alberature esistenti verranno adottate particolari cautele quali:

- protezione delle radici, evitando l'accumulo di materiali ed il compattamento del terreno in un raggio pari alla chioma aumentata di 1,5m;

- protezione del tronco e della chioma, recintando l'intorno dell'albero, per evitare urti accidentali da parte di mezzi in manovra, effettuando inoltre una idonea potatura di rami troppo bassi (senza scosciature della corteccia, con tagli lisci ed opportunamente inclinati) e, infine, evitando che mezzi di altezza elevata (quali, ad esempio, le gru) urtino le chiome.

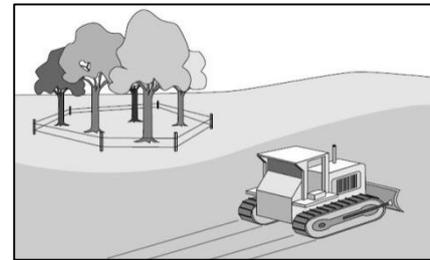


fig. 10: protezione alberature.
Immagine tratta da: *California Stormwater Quality Association Stormwater Best Management Practice*

VI. Misure per la salvaguardia della fauna

Il sito in cui verrà installato il cantiere non presenta tipicità di habitat naturale idoneo per l'esistenza di fauna selvaggia. Tuttavia verranno adottati tutti gli accorgimenti per non chiudere o ostruire passaggi e/o attraversamenti.

- Qualora, nel corso delle attività di movimentazione delle terre venissero alla luce animali in letargo o cucciolate, si avrà cura di trasportarli in luogo idoneo.

- Nelle aree di cantiere si dovrà evitare di lasciare al suolo rifiuti organici (avanzi di cibo, scarti, ecc.) allo scopo di non attirare animali.

8.7 – SCHEDA 6: scarichi idrici

I. Premessa

Nel cantiere si dovrà prestare attenzione alla gestione degli scarichi, per evitare che i reflui e le acque contaminate possano inquinare la fognatura.

Dovranno essere progettate le opere necessarie per la raccolta delle acque nere provenienti dai servizi igienici delle baracche; queste verranno prelevate e collegate attraverso tubazioni in PVC direttamente alla fognatura comunale. Per tale intervento dovrà essere richiesta l'autorizzazione agli scarichi così come previsto dal Regolamento d'Igiene del Comune di Abbiategrasso e dalla normativa nazionale e regionale in materia di scarichi, in particolare:

- D.lgs.152/2006 e s.m.i.;
- L.R. Regione Lombardia n.62/1985;
- AATO competente;
- ARPA regionale.

Gli scarichi idrici decadenti dai fabbricati sono costituiti da⁸⁰:

- acque meteoriche, di dilavamento delle coperture e delle superfici pavimentate esterne;
- acque nere (o cloacali), derivanti dai servizi igienici, dalle cucine/cotture e dai lavandini;
- acque di processo, derivanti dall'esercizio di attività di produzione di beni e/o prestazioni di servizio che presuppongono l'utilizzo di acqua nei cicli di lavorazione.

Si ritiene utile riportare nuovamente le definizioni di scarico domestico e industriale, così come riportate nel D.lgs. 152/2006:

Acque reflue domestiche

Acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche.

Acque reflue industriali

Qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici od impianti in cui si svolgono attività commerciali o di produzioni di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento.

Sulla base di tali definizioni si dovranno pertanto prevedere un sistema di raccolta delle acque nere, derivanti dai servizi igienici delle baracche, e un sistema di raccolta e trattamento delle

⁸⁰ Dal Regolamento locale d'igiene del Comune di Abbiategrasso

acque inquinate che interessano le aree di lavaggio e di manutenzione dei mezzi, che verranno considerate come reflui industriali.

Si ritiene utile distinguere le due tipologie di scarico poiché sono caratterizzate da sistemi differenti di trattamento e rappresentano un problema di notevole impatto se non si adottano soluzioni tecniche adeguate.

Per quanto riguarda il primo tema, si deve considerare che in cantiere devono, per legge, essere collocati i servizi igienici dimensionati per il numero di addetti: gabinetti, lavabi e docce. Tale dotazione è normalmente presente nelle tradizionali baracche prefabbricate che vengono posizionate nei cantieri.

Tuttavia quando il cantiere è molto piccolo ed è di durata di poche settimane, si preferisce adottare bagni chimici, che vengono igienizzati e svuotati regolarmente dal fornitore.

Le prescrizioni per le dotazioni igienico-sanitarie sono fornite dal Testo unico in materia di salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (D.lgs. 81/2008 e s.m.i.), nell'allegato XIII.

E' evidente che i servizi delle baracche devono essere dotati di scarico opportunamente dimensionato per il numero di addetti; le acque sono considerati dei reflui domestici quindi assoggettati alla normativa sugli scarichi dei reflui civili, e di conseguenza ai sistemi di trattamento previsti.

Per lo scarico sono pertanto considerate due eventualità:

- se presente fognatura, è obbligatorio l'allacciamento alla stessa;
- se non è possibile tecnicamente l'allacciamento in fognatura, è ammesso lo scarico nei recapiti con i limiti previsti dal D.lgs. 152/2006.

Rispetto alla questione degli scarichi delle acque di processo, si dovrà considerare il cantiere come un sito industriale in cui si producono beni e che dovrà essere soggetto alla disciplina degli scarichi industriali.

Infatti in cantiere si collocheranno aree in cui saranno previsti lavaggi di automezzi da cementi e sabbie e nel quale potranno depositarvi grassi, oli, solventi e residui pericolosi derivanti da interventi di manutenzione e di rifornimento carburante.

Inoltre si dovrà prestare attenzione alle acque di dilavamento meteoriche che interferiscono con le aree inquinate citate sopra, progettando un impianto di raccolta e di trattamento di tali reflui prima dello scarico nella fognatura pubblica.

Per completezza, su questo tema si è pronunciata con una sentenza la Suprema Corte di Cassazione, sezione penale, (sentenza n.40191/2007), nella quale si ribadisce che lo scarico di acque meteoriche di dilavamento contaminate da sostanze derivanti dell'attività produttiva è

equiparabile a refluo industriale, quindi sottoposto anche alle sanzioni penali previste in caso di mancati adempimenti e autorizzazioni.

Inoltre la Corte ribadisce (nella sentenza 47833/2011) che il liquame residuale delle betoniere è considerato di fatto rifiuto liquido e non semplice scarico, quindi soggetto a sanzioni molto più severe se sversato nei corpi ricettori.

Dovrà essere presentata la domanda di autorizzazione alla Provincia competente (Milano), contenente tutte le caratteristiche quantitative e qualitative dello scarico, i volumi prelevati e trattati, i sistemi di depurazione utilizzati prima dell'immissione in fognatura, la planimetria del tracciato e gli elaborati progettuali in scala degli elementi installati.

La scelta di utilizzare un sistema di trattamento delle acque meteoriche di dilavamento dei piazzali contaminati dagli agenti inquinanti derivanti dal lavaggio e dalla manutenzione dei mezzi rappresenta una misura migliorativa del sistema di gestione ambientale delle acque di scarico del cantiere.

Il vero elemento "culturalmente" e operativamente più importante è considerare l'intero sistema di gestione delle acque del cantiere come tipico di un processo industriale, in cui è necessario prevedere aree di raccolta e progettare quindi opere di trattamento, che avranno certamente un costo maggiore per l'impresa, ma eviteranno pesanti sanzioni per mancati adempimenti, e miglioreranno la qualità dello scarico in pubblica fognatura.

In conclusione si adotteranno le seguenti misure:

- impianto di scarico dei reflui domestici derivanti dai servizi igienici e immissione diretta in fognatura pubblica;
- impianto di raccolta delle acque meteoriche contaminate del cantiere e trattamento prima dello scarico in fognatura pubblica.

II. Scarichi dei reflui domestici nel cantiere

Il cantiere dovrà essere dotato di servizi igienico-assistenziali, dimensionati per essere adeguati al numero di addetti mediamente presenti al giorno, e nel rispetto dei requisiti del D.lgs 81/2008, nell'allegato XIII.

Si riportano di seguito le caratteristiche base riportate nell'allegato XIII del Testo unico, con riferimento ai servizi in cui si prevede lo scarico.

Docce

I locali docce devono essere riscaldati nella stagione fredda, dotati di acqua calda e fredda e di mezzi detergenti e per asciugarsi ed essere mantenuti in buone condizioni di pulizia. Il numero minimo di docce è di uno ogni dieci lavoratori impegnati nel cantiere.

Gabinetti e lavabi

I locali che ospitano i lavabi devono essere dotati di acqua corrente, se necessario calda e di mezzi detergenti e per asciugarsi. I servizi igienici devono essere costruiti in modo da salvaguardare la decenza e mantenuti puliti.

I lavabi devono essere in numero minimo di uno ogni 5 lavoratori e 1 gabinetto ogni 10 lavoratori impegnati nel cantiere.

Quando per particolari esigenze vengono utilizzati bagni mobili chimici, questi devono presentare caratteristiche tali da minimizzare il rischio sanitario per gli utenti.

Per completezza si vuole riportare di seguito anche le definizioni della *Nota interregionale Campi base n.12 della Regione Emilia Romagna e della Regione Toscana*.⁸¹

Servizi igienici

Devono essere distinti per sesso nelle attività che occupano più di 10 addetti, in numero non inferiore a 1 ogni 10 (o frazione di 10) lavoratori occupati e contemporaneamente presenti.

I servizi igienici devono avere dimensioni minime secondo quanto previsto dai regolamenti locali, con il lato minore non inferiore a 0,90 m e altezza minima di 2,40 m. e devono essere collocati in prossimità dei posti di lavoro, dell'eventuale locale di riposo, degli spogliatoi, delle docce o lavabi.

⁸¹Principali requisiti igienico sanitari e di sicurezza da adottare nella realizzazione dei campi base per la costruzione di grandi opere pubbliche quali la linea ferroviaria ad Alta Velocità e la Variante Autostradale di Valico.

Quando l'accesso avviene da un locale di lavoro, i servizi igienici devono essere accessibili attraverso un antibagno, nel quale di norma è collocato un lavandino.

Le separazioni e le partizioni interne devono essere a tutta altezza, eventualmente con sopra-luce fisso al fine di consentire l'illuminazione del disimpegno.

L'illuminazione e la ventilazione devono essere realizzate secondo quanto previsto dai regolamenti locali.

Lavandini

Devono essere in numero minimo di uno ogni 5 lavoratori contemporaneamente presenti, dotati di mezzi detergenti e per asciugarsi.

Docce

Sono previste quando vengono eseguite lavorazioni insudicianti o che espongono a polverosità, in numero di almeno una ogni 5 lavoratori contemporaneamente presenti per i primi 20, una ogni 10 per i successivi, distinte per sesso o con una utilizzazione separata.

I locali doccia devono avere superficie minima di 1,60 m², comprensiva dello spazio necessario per rivestirsi, altezza di almeno 2,40 m ed essere in comunicazione con gli spogliatoi.

L'aerazione delle docce deve essere realizzata secondo quanto previsto dai regolamenti locali.

La nota interregionale precisa inoltre lo smaltimento delle acque reflue nel punto 2.12:

- le acque reflue domestiche e quelle meteoriche devono essere smaltite mediante modalità tali da evitare, prevenire e ridurre l'inquinamento del suolo, delle falde e delle acque superficiali nel rispetto delle prescrizioni vigenti in materia. Qualora la zona sia servita da pubblica fognatura è obbligatorio l'allacciamento alla stessa; nel caso in cui l'allacciamento sia tecnicamente non realizzabile si deve individuare altro idoneo sistema di smaltimento nel rispetto delle norme vigenti. Inoltre le reti di scarico delle unità immobiliari devono essere opportunamente dimensionate, ventilate ed ubicate in modo da garantire una buona evacuazione.

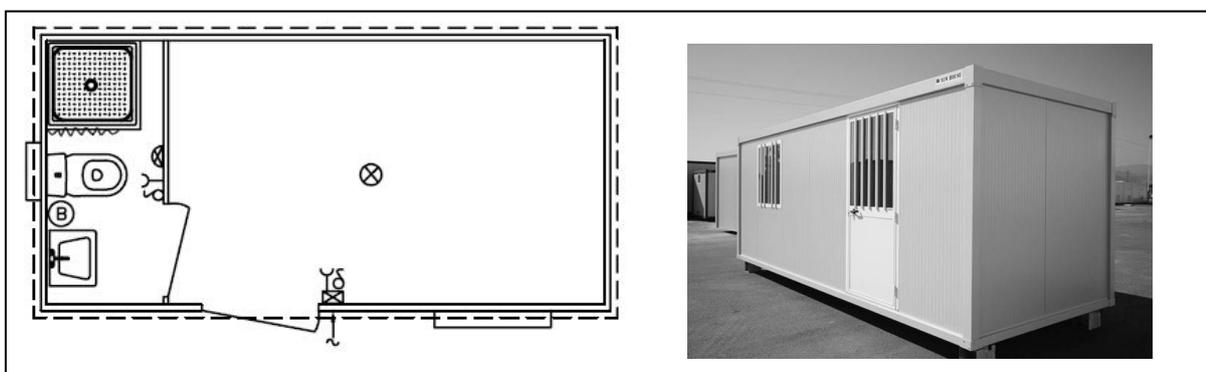


fig. 27: pianta e foto di una baracca da cantiere. Immagini tratte da www.newhouse.it

- Scarico dei reflui domestici in presenza di fognatura

Per legge gli scarichi di acque reflue domestiche devono essere autorizzati al gestore e l'ammissione al servizio di depurazione e fognatura è regolata secondo il regolamento della AATO competente. L'autorizzazione può contenere le modalità di realizzazione degli allacciamenti, le caratteristiche degli elementi di scarico.

Gli scarichi che provengono dalle utenze sanitarie delle baracche (wc, docce, lavabi) sono assimilabili a reflui di tipo domestico, anche se il cantiere rappresenta carattere temporaneo.

In presenza di fognatura è obbligatorio l'allacciamento a questa e deve essere fatta domanda di autorizzazione al gestore competente.

In generale le baracche vengono fornite con gli attacchi idonei per le tubazioni tradizionali in polipropilene per l'approvvigionamento idrico e per lo scarico, realizzate sotto il pavimento.

In cantiere vengono effettuati gli allacciamenti necessari con tubazioni in polipropilene fino alla fognatura comunali, dopo avere creato gli scavi necessari.

Per quanto riguarda la parte finale dello scarico si utilizza un pozzetto tipo "firenze" sifonato (anche ispezionabile) prima dell'allacciamento al collettore fognario.

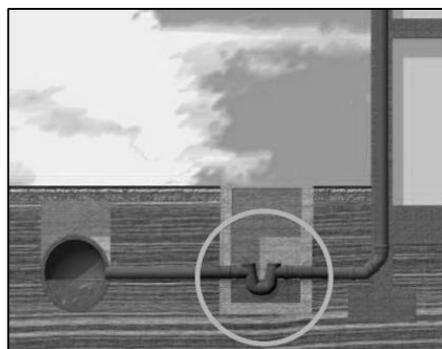


fig. 28: esempio di sifone "firenze".
Immagine tratta da www.redi.it

- Scarico dei reflui domestici in assenza di fognatura

Molto spesso nei cantieri non c'è la possibilità di avere un collettore fognario nelle vicinanze e in questo caso è necessario progettare sistemi di trattamento idonei per i reflui di tipo domestico che provengono dai servizi igienici delle baracche.

Le modalità di scarico dipendono esclusivamente dalla qualità dell'acqua reflua e dalle condizioni del sito in cui è installato il cantiere, cioè la possibilità di smaltire sul suolo oppure il recapito in un corpo ricettore (fosso, fiume ecc.).

In tutti e due i casi, la normativa a cui far riferimento è il D.lgs. 152/2006 e s.m.i. che descrive, negli allegati della parte III, i limiti da rispettare per la qualità dell'acqua scaricata.

L'art. 105 del D.lgs. 152/2006 consente lo scarico in acque superficiali se vengono rispettati i limiti indicati nella tabella 3 dell'allegato V parte III del decreto.

Nel caso di scarico su suolo sono tuttora valide le modalità di trattamento prescritte dalla Delibera del Comitato Interministeriale del 4/2/1977, non abrogate dal Testo unico vigente.

La soluzione tecnica definita per il trattamento preliminare dell'acqua prima dello scarico è sostanzialmente la seguente:

- vasca di tipo Imhoff o simile con la possibilità di un secondo trattamento (fitodepurazione o ossidazione) per la depurazione totale al fine di prevenire problemi igienico-sanitari. La vasca sarà dotata di un compartimento di decantazione dei solidi sedimentabili e da un compartimento per la digestione anaerobica dei fanghi. La vasca sarà completa di chiusini in calcestruzzo per l'ispezione e degli idonei allacciamenti per lo scarico e il recapito verso il fosso.

E' inoltre possibile adottare, come soluzione alternativa, una vasca prefabbricata in calcestruzzo armato, da interrare nelle aree predisposte in cantiere, per la raccolta temporanea dei liquami dei servizi igienici delle baracche. Tale vasca verrà periodicamente svuotata da auto-spurgo e il contenuto verrà adeguatamente trasportato in impianto di trattamento autorizzato. Tale soluzione tecnica non necessita di tubazioni di scarico, ma richiede un periodico svuotamento da parte delle ditte specializzate, e una corretta gestione delle possibili interferenze con le attività cantieristiche.

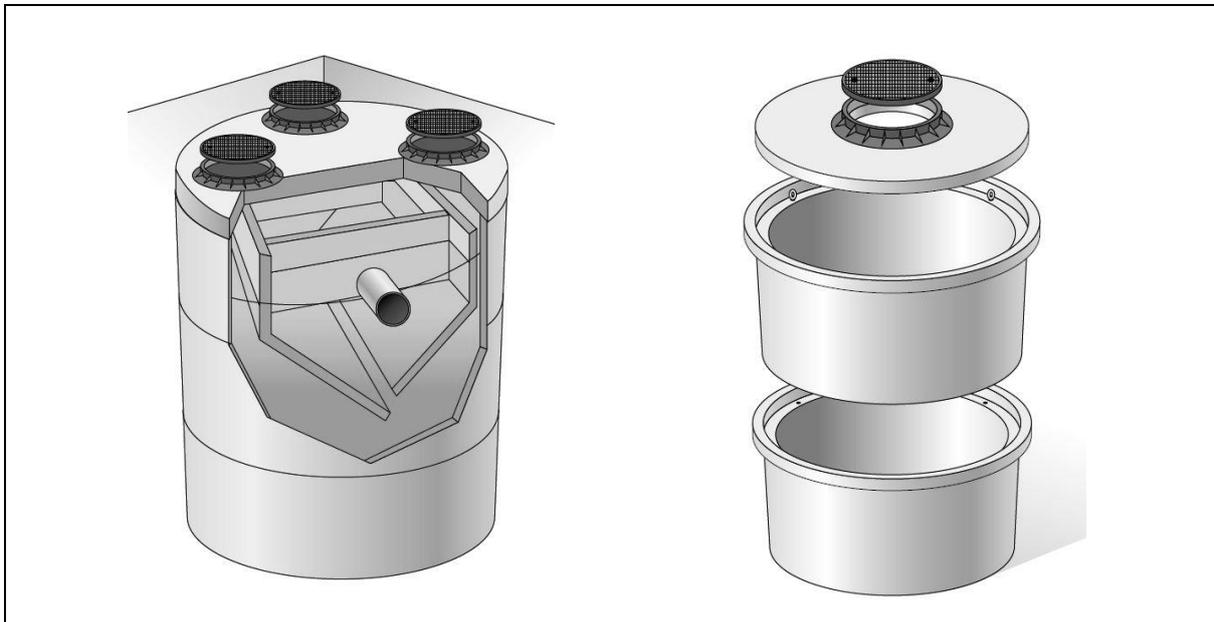


fig. 29: fossa tipo Imhoff, a sinistra, fossa tradizionale di raccolta liquami, a destra. Immagini tratte da: www.euomec.net

IV. Scarico delle acque di processo

Come già introdotto nella premessa, nel cantiere esistono potenziali pericoli di inquinamento delle acque, se queste interferiscono con le aree in cui vengono effettuati i lavaggi delle betoniere e dei mezzi, le manutenzioni meccaniche, i rabbocchi di lubrificante o di carburante.

Si individuano di seguito due temi principali, strettamente connessi tra di loro, che devono essere gestiti attraverso soluzioni tecniche per poter limitare il danno ambientale.

In cantiere le attività di costruzione e demolizione generano reflui di processo che devono essere smaltiti senza arrecare inquinamento su suolo e corpi idrici. La materia degli scarichi idrici diventa fondamentale per poter attuare misure di mitigazione efficaci a risolvere l'impatto ambientale nelle fasi di cantiere.

Le acque di cantiere⁸², infatti, a seconda delle attività che le hanno generate, possono avere caratteristiche particolari che rendono necessario un preventivo trattamento di queste acque e, pertanto, può non essere possibile riversarle direttamente nell'ambiente. Ad esempio, i reflui originati dai servizi igienico-assistenziali devono essere trattati separatamente. Tra i possibili inquinanti presenti nelle acque reflue di cantiere si individuano, in particolare:

- oli e idrocarburi (circuiti idraulici, manutenzione attrezzature, lavaggio motori, lavaggio mezzi ecc.);
- sostanze chimiche (additivi per calcestruzzo, ritardanti, acceleranti, vernici, solventi ecc.);
- parti solide in soluzione (sabbie, polveri, particelle di argilla o cemento ecc.).

Le acque reflue di cantiere non possono essere, quindi, versate nelle acque superficiali né possono essere lasciate in dispersione sul terreno, in quanto il progressivo percolamento può avere un effetto negativo e inquinante sul terreno stesso e sulle falde idriche sotterranee. Devono pertanto, essere evitati ristagni o accumuli di liquidi non impermeabilizzati al fine di evitare la percolazione nel suolo di acque potenzialmente inquinate.

Come descritto precedentemente, le due questioni principali da gestire rientrano nell'argomento delle acque di processo ed è fondamentale progettare sistemi di mitigazione riguardo a:

- lavaggio automezzi;
- acque di dilavamento inquinate.

⁸² tratto da *La tutela della falda idrica nelle attività di cantiere*, di D.Romeo, L.Asiani, D.De Sio, articolo pubblicato in *Tecnologie&Soluzioni* n.4,2012, il sole 24 ore, pag g. 12-17.

*- Sistema di trattamento delle acque derivanti dal lavaggio automezzi*⁸³

Particolare attenzione merita la fase di costruzione e getto calcestruzzo per costruzioni edili. È noto, infatti, che la maggior parte di calcestruzzo utilizzato per le costruzioni non viene prodotto direttamente in cantiere, ma arriva dai cementifici con autobetoniere, pronto per l'uso. Dopo l'utilizzo, l'autobetoniera vuota rientra al proprio stabilimento per un nuovo carico. Tra il momento dell'utilizzo del calcestruzzo (betoniera piena e getto) e il rientro presso lo stabilimento (betoniera vuota che deve essere nuovamente riempita) trascorre un certo lasso di tempo, spesso anche di molte ore. È necessario, quindi, provvedere direttamente in cantiere a uno svuotamento completo dell'autobetoniera e contestuale lavaggio della stessa per evitare che la solidificazione dei residui di calcestruzzo trasportati compromettano la meccanica e il buon funzionamento del mezzo stesso.

E' necessario, pertanto, individuare un'area comune per effettuare i lavaggi.

Si descrivono le fasi per il controllo della procedura di lavaggio e il contenimento e trattamento delle acque reflue (riferimento in nota).

Fase 1: svuotamento dei residui solidi su piazzola

La fase di svuotamento dei residui solidificati deve avvenire in una zona comune appositamente predisposta per tutti i mezzi di cantiere. Questa piazzuola di svuotamento dovrà essere allestita con un basamento in calcestruzzo realizzato previa posa di guaina impermeabile sul terreno.

Fase 2: lavaggio autobetoniera e convogliamento reflui in vasca a tenuta

Avvenuto lo svuotamento, l'autobetoniera raggiunge la vasca di raccolta reflui liquidi, appositamente predisposta in una zona comune del cantiere. Questa vasca di raccolta deve essere di tipo "a tenuta", al fine di impedire l'infiltrazione dell'acqua di lavaggio nel terreno; risulta, quindi, necessario posizionare una guaina impermeabile sul profilo della vasca da realizzare prima di realizzare la vasca vera e propria in calcestruzzo gettato in opera (o in metallo).

L'autobetoniera, dopo lo svuotamento dei residui solidi, può essere quindi, completamente lavata presso la vasca. Le acque di lavaggio vengono convogliate all'interno della vasca stessa, insieme a eventuali residui di cls, inerti, ecc.

⁸³ Testo e immagini tratti da *La tutela della falda idrica nelle attività di cantiere*, di D.Romeo, L.Asiani, D.De Sio, articolo pubblicato in *Tecnologie&Soluzioni* n.4,2012, il sole 24 ore, pagg. 12-17.

Fase 3: lavaggio ruote automezzi in uscita dal cantiere

L'impianto di lavaggio tipico è costituito da:

- zona di lavaggio realizzata su vasca con rulli mobili e ugelli per getto acqua in pressione;
- vasca di decantazione e riciclaggio acqua;
- pompa di estrazione fanghi dalla vasca di decantazione e loro immissione nella vasca di raccolta.



fig. 30: impianto di lavaggio ruote e vasca di scarico.

Fase 4: allontanamento dei residui dei lavaggi dal cantiere

Il lavaggio delle betoniere comporta la presenza di oli, grassi, additivi, cemento, sostanze chimiche ecc., nelle acque di lavaggio.

I fluidi raccolti nella vasca devono essere inviati a un impianto di decantazione.

I fanghi di risulta devono essere inviati in discariche autorizzate.

La parte solida deve essere periodicamente demolita e allontanata dal cantiere.

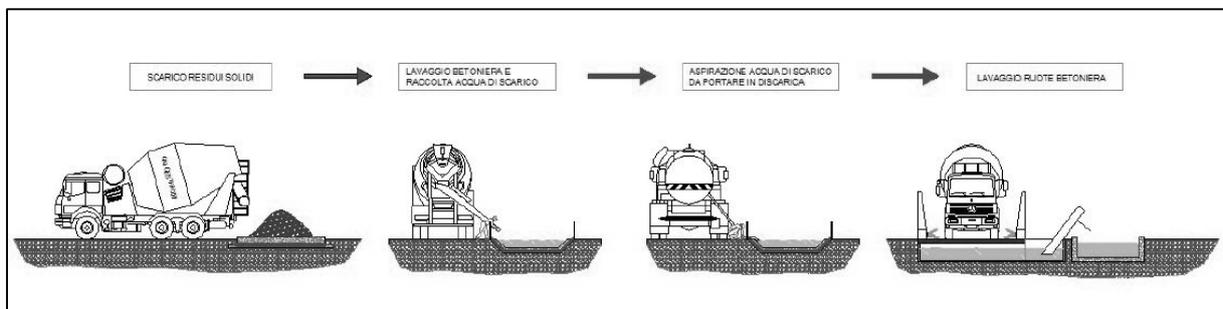


fig. 31: sequenza completa di lavaggio dell'automezzo

- Scarico delle acque di dilavamento contaminate

Oltre alle acque provenienti dal lavaggio degli automezzi, è opportuno considerare il rischio delle acque meteoriche che interferiscono con le aree inquinate del cantiere (aree lavaggio, manutenzioni dei mezzi) dilavando le superfici e trasportando gli agenti inquinanti verso i corpi idrici o in deposito sul suolo.

Come ribadito in precedenza, è necessario progettare e adottare dei sistemi di trattamento delle acque meteoriche che dilavano i piazzali contaminati, nel pieno rispetto della normativa in materia.

Se si considera la soluzione proposta nel capitolo precedente, ovvero l'uso di un impianto di lavaggio degli automezzi e un sistema di raccolta delle acque, è evidente che per riuscire a risolvere anche il problema delle acque meteoriche che interferiscono con i piazzali di lavaggio e di manutenzione, sarebbe più idoneo progettare una sola area all'interno del cantiere, in cui effettuare le operazioni di lavaggio e manutenzione, in cui inserire un sistema di raccolta delle acque inquinate, comprese quelle meteoriche di dilavamento, con un trattamento unico.

Le acque così depurate dai sedimenti, dalle particelle solide inquinate, dagli oli e dai grassi possono essere scaricate in fosso o in fognatura pubblica, nel pieno rispetto dei limiti previsti.

Nel cantiere in esame pertanto si adotteranno le misure per la gestione e il miglioramento della qualità degli scarichi, in presenza di acque di dilavamento contaminate.

Le acque meteoriche⁸⁴ di dilavamento, in genere, non sono annoverate tra gli scarichi, poiché non rappresentano una forma immediata e diretta di inquinamento. Tuttavia, quando queste acque dilavano aree esterne destinate ad attività produttive e loro pertinenze (piazzali, zone manovra ecc.) con trasporto dei residui, l'acqua meteorica finisce per perdere la sua natura e per caratterizzarsi come acqua di scarico, venendo così assoggettata alla relativa disciplina compreso l'eventuale regime autorizzativi.

Le acque meteoriche, a seconda delle superfici dilavate, nel loro percorso sono distinte in:

- *acque meteoriche di dilavamento*: le acque meteoriche o di lavaggio che dilavano superfici scoperte (piazzali, tetti, strade ecc), che si rendono disponibili al deflusso superficiale con recapito finale in corpi idrici superficiali, reti fognarie o suolo;

⁸⁴ tratto da *Come gestire la "prima pioggia negli insediamenti industriali*, di A.Festuccia, articolo pubblicato in *Ambiente&Sicurezza* n.3,2008, il sole 24 ore, pag g. 22-30.

- *acque di prima pioggia*: Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Ai fini del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti; i coefficienti di afflusso alla rete si assumono pari ad 1 per le superfici coperte, lastricate od impermeabilizzate e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate⁸⁵.

- *acque di seconda pioggia*: l'acqua meteorica di dilavamento derivante dalla superficie scolante servita dal sistema di drenaggio e avviata allo scarico nel corpo recettore in tempi successivi a quelli definiti per il calcolo delle acque di prima pioggia.

Sono definite "di lavaggio" le acque diverse dalle meteoriche (quindi attinte o recuperate) utilizzate per il lavaggio delle superfici scolanti. La gestione delle acque di prima pioggia è uno degli obiettivi primari ai fini della tutela dei corpi idrici ricettori. Queste acque, infatti, costituiscono il veicolo attraverso cui un significativo carico inquinante, costituito da un miscuglio eterogeneo di sostanze disciolte, colloidali e sospese, comprendente metalli, composti organici e inorganici, viene scaricato nei corpi idrici ricettori nel corso di rapidi transitori. Le acque di prima pioggia necessitano, pertanto, di opportuni trattamenti al fine di assicurare la salvaguardia degli ecosistemi acquatici conformemente agli obiettivi di qualità fissati dalle direttive europee 2000/60/CEE (direttiva quadro nel settore delle risorse idriche) e 91/271/CEE (concernente il trattamento delle acque reflue urbane).

- Trattamento acque meteoriche

Il trattamento delle acque di prima pioggia e delle acque di lavaggio deve essere effettuato per gli eventi meteorici che si distanziano tra loro di almeno 48 h di tempo asciutto. La separazione delle acque di prima pioggia dovrà avvenire separando un volume di acqua definito e indipendente dalla durata della precipitazione. Ai fini dei calcoli delle portate transitanti nel sistema di drenaggio, il dimensionamento delle opere di convogliamento e delle vasche di accumulo viene eseguito sulla base della superficie scolante (le vasche devono raccogliere i primi 15 minuti di acqua piovana che cadono sulla superficie scolante drenata per un'altezza

⁸⁵ art. 20 comma 2, Legge Regionale Lombardia n°62/1985.

complessiva di 5 mm). La funzione di queste vasche è quella di stoccare l'acqua di prima pioggia (acqua reflua) e di impedire, a quest'ultima, di essere scaricata direttamente sul suolo e immessa direttamente in falda.

Il funzionamento delle vasche si basa sui seguenti principi:

- disporre di una capacità di accumulo sulla base della superficie scolante;
- operare una chiarificazione di queste acque in modo da trattenere il materiale sedimentabile, come, ad es., le sabbie;
- separare gli oli e gli idrocarburi eventualmente presenti nelle acque di prima pioggia mediante flottazione e raccogliarli per il successivo smaltimento;
- svuotare l'acqua dopo un periodo prefissato (48 ore), per avere di nuovo a disposizione la vasca vuota per un successivo evento meteorico.

Nel caso di eventi meteorici rilevanti si potrebbe adottare un sistema con scolmatore per evitare la diluizione delle acque all'interno delle vasche. Le successive acque (chiamate di "seconda pioggia"), eccedenti, verranno direttamente sversate nei recapiti.

Si definisce un'area di raccolta acque pari a circa 1500 m² in cui verranno effettuate le operazioni di lavaggio. Tale area sarà pavimentata e costituita da una fondazione in misto granulare stabilizzato (30 cm) e da uno strato di base in conglomerato bituminoso ed eventuale additivo per l'impermeabilizzazione.

Si calcola l'intensità della precipitazione piovosa in un'ora, valutando 5 mm ogni 15 min, come indicato da normativa:

$$i = 20 \text{ mm/m}^2 \text{ in } 1 \text{ h} \rightarrow i = 20 \text{ mm/m}^2 / 3600 \text{ s} = 0,0056 \text{ l/s m}^2$$

Portata

$$Q = S \times i = 1500 \text{ m}^2 \times 0,0056 \text{ l/s m}^2 = 8,4 \text{ l/s}$$

Si considera un valore di portata pari a 10 l/s.

- Impianto di trattamento

Il sistema tipo adottato per la gestione delle acque di dilavamento e di prima pioggia è costituito dai seguenti processi:

- raccolta delle acque provenienti dal piazzale e decantazione del materiale sedimentabile (sabbie, inerti, residui di terra e cemento); le particelle solide, causa la loro maggiore densità rispetto all'acqua, tendono per gravità a sedimentare, portandosi a contatto della parete di fondo del canale. L'acqua chiarificata raggiunge la superficie libera alla sommità del decantatore e tracima in un vano di raccolta dalla quale è convogliata verso il trattamento successivo. Giunte al bacino di separazione oli e idrocarburi, le acque subiscono il processo di disoleatura per abbattere le sostanze oleose inquinanti presenti; le sostanze più leggere vengono raccolte in un'apposita camera. Il filtro a coalescenza assorbe gli inquinanti presenti che si depositano in superficie. Questi vengono periodicamente prelevati e smaltiti da ditte autorizzate.

Lo scarico del separatore viene automaticamente chiuso da un otturatore a galleggiante una volta che l'olio raggiunge un determinato livello.

- scarico in fognatura o in corpo idrico (scelta adottata nell'oggetto di studio).

L'impianto è composto da una prima vasca prefabbricata in calcestruzzo armato vibrato ad alta resistenza (ad anelli componibili da sigillare in opera) per la dissabbiatura e da un secondo bacino di separazione oli (monoblocco), completi di deflettori in acciaio inox, filtro a coalescenza, dispositivo di scarico munito di otturatore galleggiante con soletta di copertura carrabile. Il sistema è completo di chiusini di ispezione in ghisa classe D 400.

Tale impianto di trattamento consente il rispetto dei limiti di accettabilità previsti nella tabella 3 del D.lgs 152/2006, scarico in acque superficiali (cfr. tabella).

Nel caso ci fosse la necessità di scaricare maggiore portata d'acqua meteorica, si potrebbe considerare un impianto con pozzetto scolmatore che garantisce la separazione delle acque di prima pioggia inquinate da quelle di seconda pioggia non inquinate. Il sistema sarebbe dotato di collettore by-pass che recapita direttamente in corpo idrico superficiale o in fognatura.

Caratteristiche impianto di trattamento⁸⁶

(si vedano inoltre le planimetrie degli scarichi)

Portata: 10 l/s

Volume dissabbiatore: 3000 l

Volume disoleatore: 1900 l

Volume raccolta olio: 235 l

Diametro dissabbiatore (D1): 1,62 m

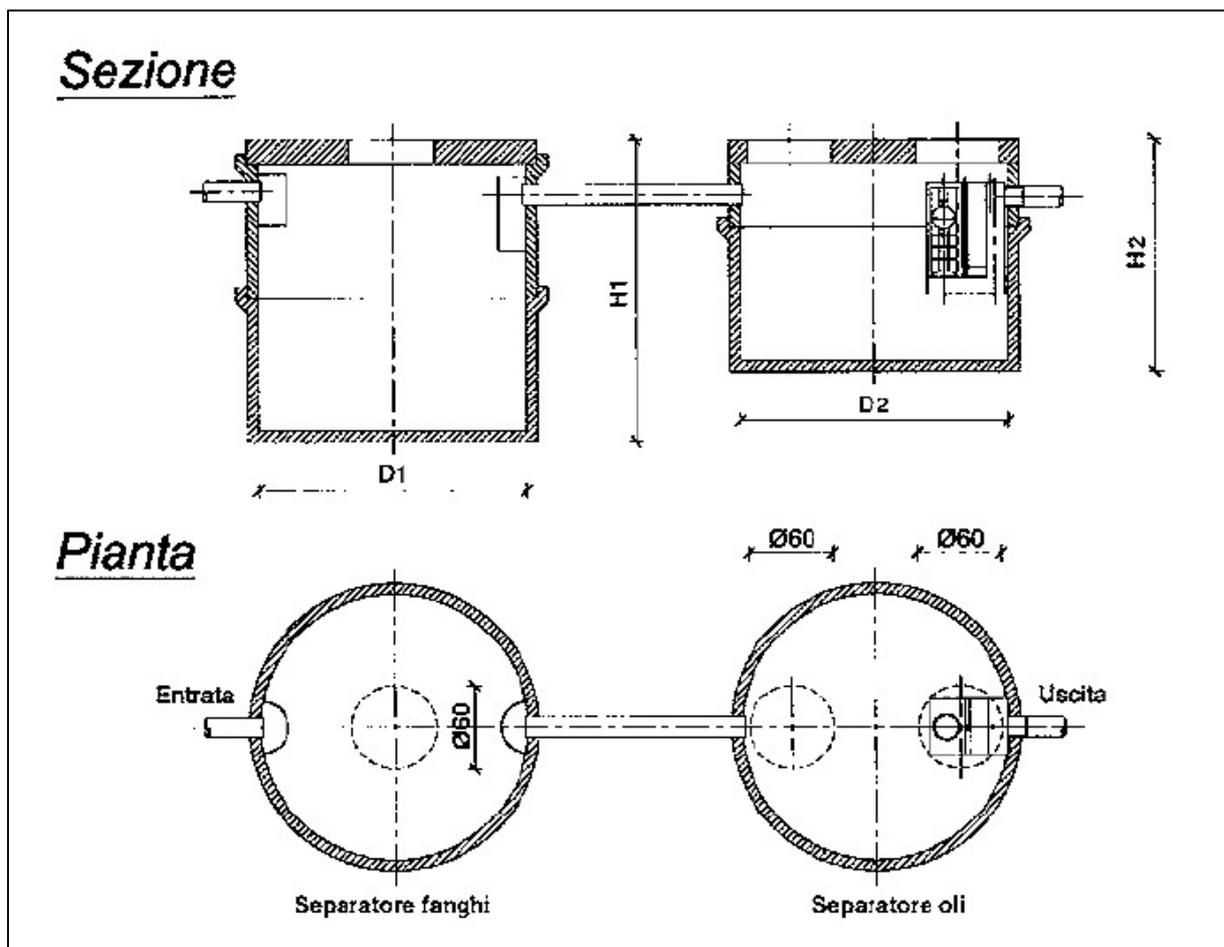
Diametro disoleatore (D2): 1,60 m

Altezza dissabbiatore (H1): 2,70 m

Altezza disoleatore (H2): 1,75 m

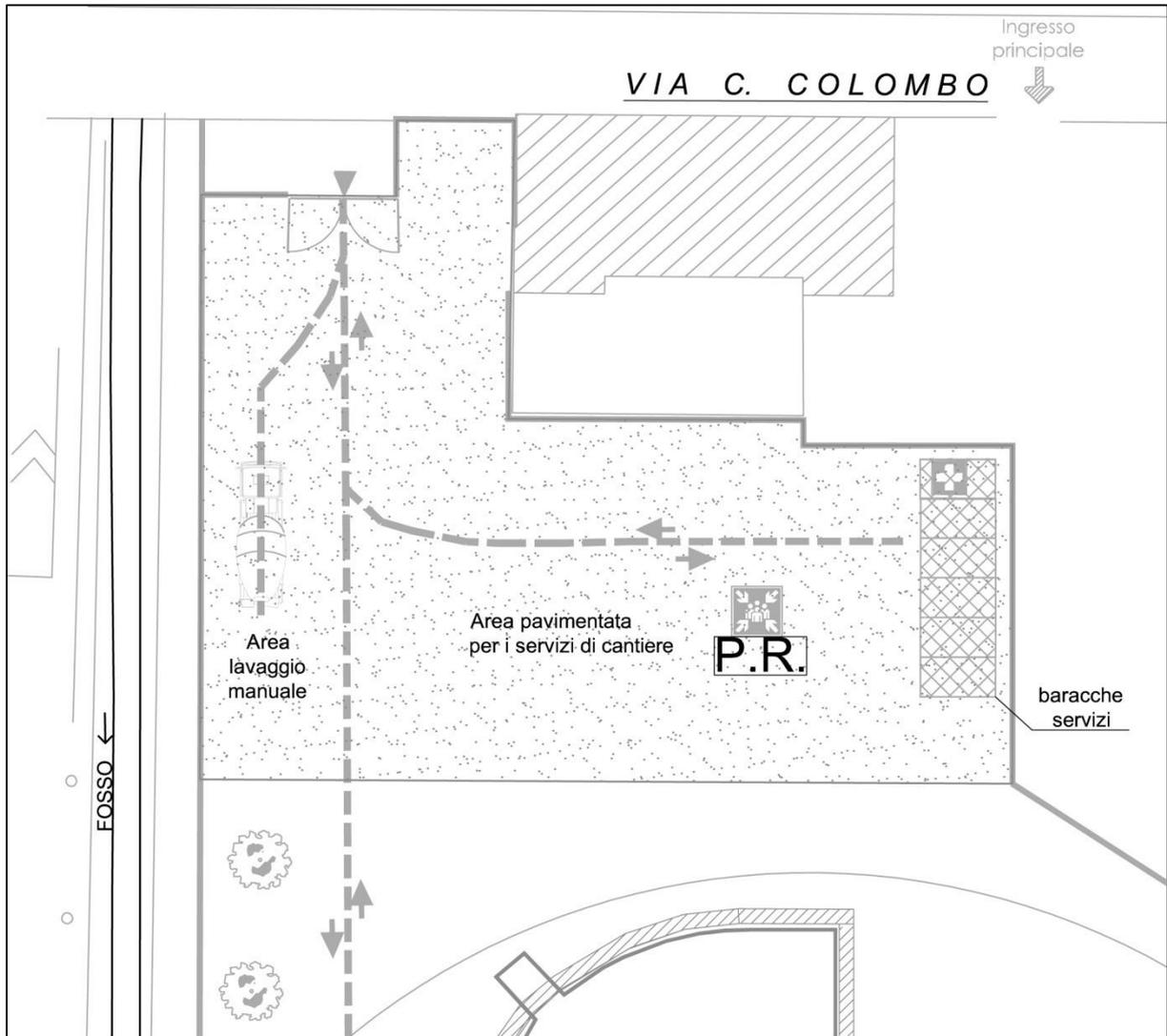
Diametro tubazioni ingresso/uscita: 160 mm

Peso complessivo: 63 q.li



⁸⁶ Dati e immagini dell'impianto di trattamento sono tratti da: www.euromec.net

Layout di cantiere: collocazione area di lavaggio automezzi



- Valori limiti di emissione per lo scarico in fognatura o in corpi superficiali

Tabella 3 Allegato 5, Parte Terza, D.lgs. 152/06

| Numero parametro | PARAMETRI | unità di misura | Scarico in acque superficiali | Scarico in rete fognaria (*) |
|------------------|--|-----------------|--|---|
| 1 | pH | 5,5-9,5 | 5,5-9,5 | |
| 2 | Temperatura | °C | [1] | [1] |
| 3 | colore | | non percettibile con diluizione 1:20 | non percettibile con diluizione 1:40 |
| 4 | odore | | non deve essere causa di molestie | non deve essere causa di molestie |
| 5 | materiali grossolani | | assenti | assenti |
| 6 | Solidi speciali totali [2] | mg/L | ≤80 | ≤200 |
| 7 | BOD5 (come O2) [2] | mg/L | ≤40 | ≤250 |
| 8 | COD (come O2) [2] | mg/L | ≤160 | ≤500 |
| 9 | Alluminio | mg/L | ≤1 | ≤2,0 |
| 10 | Arsenico | mg/L | ≤0,5 | ≤0,5 |
| 11 | Bario | mg/L | ≤20 | - |
| 12 | Boro | mg/L | ≤2 | ≤4 |
| 13 | Cadmio | mg/L | ≤0,02 | ≤0,02 |
| 14 | Cromo totale | mg/L | ≤2 | ≤4 |
| 15 | Cromo VI | mg/L | ≤0,2 | ≤0,20 |
| 16 | Ferro | mg/L | ≤2 | ≤4 |
| 17 | Manganese | mg/L | ≤2 | ≤4 |
| 18 | Mercurio | mg/L | ≤0,005 | ≤0,005 |
| 19 | Nichel | mg/L | ≤2 | ≤4 |
| 20 | Piombo | mg/L | ≤0,2 | ≤0,3 |
| 21 | Rame | mg/L | ≤0,1 | ≤0,4 |
| 22 | Selenio | mg/L | ≤0,03 | ≤0,03 |
| 23 | Stagno | mg/L | ≤10 | |
| 24 | Zinco | mg/L | ≤0,5 | ≤1,0 |
| 25 | Cianuri totali come (CN) | mg/L | ≤0,5 | ≤1,0 |
| 26 | Cloro attivo libero | mg/L | ≤0,2 | ≤0,3 |
| 27 | Solfuri (come H2S) | mg/L | ≤1 | ≤2 |
| 28 | Solfiti (come SO3) | mg/L | ≤1 | ≤2 |
| 29 | Solfati (come SO4) [3] | mg/L | ≤1000 | ≤1000 |
| 30 | Cloruri [3] | mg/L | ≤1200 | ≤1200 |
| 31 | Fluoruri | mg/L | ≤6 | ≤12 |
| 32 | Fosforo totale (come P) [2] | mg/L | ≤10 | ≤10 |
| 33 | Azoto ammoniacale (come NH4) [2] | mg/L | ≤15 | ≤30 |
| 34 | Azoto nitroso (come N) [2] | mg/L | ≤0,6 | ≤0,6 |
| 35 | Azoto nitrico (come N) [2] | mg/L | ≤20 | ≤30 |
| 36 | Grassi e olii animali/vegetali | mg/L | ≤20 | ≤40 |
| 37 | Idrocarburi totali | mg/L | ≤5 | ≤10 |
| 38 | Fenoli | mg/L | ≤0,5 | ≤1 |
| 39 | Aldeidi | mg/L | ≤1 | ≤2 |
| 40 | Solventi organici aromatici | mg/L | ≤0,2 | ≤0,4 |
| 41 | Solventi organici azotati [4] | mg/L | ≤0,1 | ≤0,2 |
| 42 | Tensioattivi totali | mg/L | ≤2 | ≤4 |
| 43 | Pesticidi fosforati | mg/L | ≤0,10 | ≤0,10 |
| 44 | Pesticidi totali (esclusi i fosforati) [5] | mg/L | ≤0,05 | ≤0,05 |
| | tra cui: | | | |
| 45 | - aldrin | mg/L | ≤0,01 | ≤0,01 |
| 46 | - dieldrin | mg/L | ≤0,01 | ≤0,01 |
| 47 | - endrin | mg/L | ≤0,002 | ≤0,002 |
| 48 | - isodrin | mg/L | ≤0,002 | ≤0,002 |
| 49 | Solventi clorurati [5] | mg/L | ≤1 | ≤2 |
| 50 | Escherichia coli [4] | UFC/ 100mL | nota | |
| 51 | Saggio di tossicità acuta [5] | | il campione non è accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore del 50% del totale | il campione non è accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore: è del 80% del totale |

CAPITOLO 9

9.1 – Stima dei costi delle opere di mitigazione ambientale

La progettazione di misure per la mitigazione ambientale comporta un costo economico che l'impresa deve sostenere e che successivamente deve assorbirsi la committenza.

Nel caso di alcune voci che presentino caratteristiche tali da essere necessarie alla tutela della salute e alla sicurezza dei lavoratori si rimanda a ciò che prescrive il Testo unico in materia di sicurezza (D.lgs. 81/08 e s.m.i.).

La stima viene fatta a misura o a corpo rispetto a prezziari specializzati o locali.

Secondo quanto stabilito dall'allegato XV del D.lgs. 81/08 e s.m.i. "contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili", si ritengono rispettate le voci indicate come minime obbligatorie e si considerano aggiuntive e migliorative le voci degli interventi di mitigazione ambientale.

Le opere che rientrano nei costi della sicurezza sono comprese nell'importo totale dei lavori e non sono soggette a ribassi d'asta nell'offerta presentata dall'impresa esecutrice.

Dal costo degli interventi di mitigazione ambientale (circa 73.000 €), e dal costo degli oneri della sicurezza (circa 83.000 €), considerando un importo lavori pari a circa 3.925.000 €, si stima un'incidenza di tali opere del 4%. Il costo degli interventi di mitigazione ambientale non incide in maniera rilevante sull'importo totale dei lavori.

Se si adottano pannellature fonoassorbenti nel perimetro di cantiere, il costo finale delle opere di mitigazione aumenta di circa 4 volte (265.000 €), con un'incidenza sul costo complessivo delle opere dell'8,9%. Tuttavia l'impresa può ammortizzare nel tempo la spesa iniziale, ponendo riutilizzare ogni volta gli elementi, poiché smontabili a fine cantiere.

Si riportano di seguito le tabelle con le descrizioni e il computo estimativo delle maggiori misure di mitigazione adottate nel cantiere oggetto di studio.

| Computo metrico delle opere di mitigazione ambientale | | | | | | |
|---|--|------------|----------|-----------------|-------------|------|
| Art. | Descrizione | U.M. | Quantità | Prezzo unitario | Importo | O.S. |
| A01 | Recinzione cieca provvisoria di cantiere, con tavolame in legno di altezza non inferiore a m 4.00 con sostegni in travi di abete o ponteggi metallici. Completa delle necessarie controventature, segnalazioni luminose diurne e notturne e tabelle segnaletiche. | mq | 1,520 | 14 € | 21,280.00 € | ✓ |
| A02 | Fornitura di schermatura mobile costituita da tre elementi 2x1 m, dotato di piedi per la stabilizzazione, per la protezione dal rumore nelle postazioni fisse di lavoro. Compresi il montaggio e lo smontaggio a fine lavori. Noleggio a mese o frazione di mese. (17 mesi). | cad.* mese | 10 | 4 € | 680.00 € | ✓ |
| A03 | Fornitura e posa in opera di telo in polietilene da mm 2, compreso il maggior onere per tagli, sfridi e sovrapposizioni, per impermeabilizzazioni aree lavorazioni e stoccaggio. | mq | 135 | 5 € | 675.00 € | ✓ |
| A04 | Cassone metallico scarrabile per contenimento di rifiuti speciali non pericolosi con capacità fino a 20 m³. Noleggio a mese o frazione di mese. E' escluso il trasporto a impianti di trattamento con autocarro. | cad.* mese | 4 | 80 € | 5,440.00 € | ✓ |
| A05 | Fornitura e posa di geotessile non tessuto per la protezione dei terreni da erosione dal vento, dall'azione della pioggia, dalla corrivazione delle acque superficiali; mantiene l'umidità del terreno e il drenaggio naturale. | mq | 760 | 10 € | 7,600.00 € | ✓ |
| A06 | Sifone tipo "Firenze" in cloruro di polivinile rigido con tappo di ispezione, in opera. Diametro 200 mm. | cad. | 1 | 95 € | 95.00 € | ✓ |
| A07 | Rete di scarico (acque bianche e nere) realizzata con tubazione (spessore 3,2 mm) in cloruro di polivinile rigido serie normale tipo 300 su sottofondo posata entro scavo, compreso giunzioni e pezzi speciali, scavo e rinterro. Diametro mm 200. | m | 90 | 40 € | 3,600.00 € | ✓ |
| A08 | Rete di scarico realizzata con tubazione (spessore 5 mm) in cloruro di polivinile rigido serie normale tipo 300 su sottofondo posata entro scavo, compreso giunzioni e pezzi speciali, scavo e rinterro. Diametro mm 315. | m | 13 | 59 € | 767.00 € | ✓ |
| A09 | Fornitura di un impianto di trattamento acque di lavaggio derivanti dal piazzale (portata 10 l/s) per scarico in corpo idrico o in fognatura realizzato con vasche prefabbricate monoblocco cilindriche in c.a. suddiviso in due elementi: uno di dissabbiatura e uno di separazione oli, completo di deflettori in acciaio inox, filtro a coalescenza, dispositivo di scarico munito di otturatore a galleggiante. e pozzetto di ispezione. Esclusi gli scavi e le tubazioni. | cad. | 1 | 5,000 € | 5,000.00 € | ✓ |
| A10 | Fornitura di caditoie in ghisa sferoidale classe D 400 carrabili, luce netta di 40 x 40 cm. | cad. | 8 | 85 € | 680.00 € | ✓ |
| A11 | Fornitura di pozzetti prefabbricati in cemento per la raccolta acque piovane. Dimensioni 40x 40 cm. | cad. | 9 | 10 € | 90.00 € | ✓ |
| A12 | Fornitura di chiusino in ghisa sferoidale classe D 400 carrabile per pozzetto di ispezione. | cad. | 1 | 60 € | 60.00 € | ✓ |
| A13 | Rivestimento della recinzione di cantiere con telo in pvc di sezione trapezia sino a 0,6 m². | m | 119 | 6 € | 714.00 € | ✓ |

| Art. | Descrizione | U.M. | Quantità | Prezzo unitario | Importo | O.S. |
|------|--|---------|----------|-----------------|--------------------|------|
| A14 | Fondazione stradale (30 cm) in misto granulare stabilizzato con legante naturale, compresa la eventuale fornitura dei materiali di apporto o la vagliatura per raggiungere la idonea granulometria, acqua, lavorazione e costipamento dello strato con idonee macchine, compresi ogni fornitura lavorazione ed onere per dare il lavoro compiuto secondo le modalità prescritte nelle Norme Tecniche, misurata in opera dopo costipamento. | mc | 503 | 22 € | 11,055.00 € | ✓ |
| A15 | Conglomerato bituminoso per strato di base (10 cm), costituito con materiale litoide proveniente da cave naturali, ovvero risultante dalla frantumazione di roccia calcarea, impastato a caldo con bitume solido in idonei impianti, con l'aggiunta di additivo impermeabilizzante, compresa la stesa in opera eseguita mediante spanditrice o finitrice meccanica e la costipazione a mezzo rulli. | mq | 1,675 | 9 € | 15,075.00 € | ✓ |
| A16 | Sistema smart safety completa di tutti i sensori per monitorare gli accessi, le presenze e la posizione in cantiere di mezzi e personale, per gestire la viabilità veicolare e per monitorare i parametri ambientali (rumore, vibrazioni, qualità dell'aria) completa di centralina di controllo e sistema di allarmistica/avviso. | a corpo | 1 | # | # | # |
| | | | | | | |
| | | | | TOTALE | 72,811.00 € | |

Descrizione e computo della pannellatura fonoassorbente:

| Art. | Descrizione | U.M. | Quantità | Prezzo unitario | Importo | O.S. |
|------|---|------|----------|-----------------|--------------|------|
| A01* | Fornitura e posa in opera di barriera antirumore mobile autostabile tipo CIR Mobile, realizzata con pannelli fonoassorbenti in calcestruzzo e legnoceamento costituiti da: -strato portante in calcestruzzo armato di sp. minimo 100 mm (finitura staggata lato ricettore, non colorata); -strato fonoassorbente (su entrambi i lati) in legnoceamento sp. 60+40(greca) mm, colore naturale senza aggiunta di pigmenti o vernici; Superficie fonoassorbente di altezza H=1,80 m. Struttura di sostegno, posta ad interasse i=2,50 m circa, costituita da plinto prefabbricato in calcestruzzo armato con incastro apposito per accogliere i pannelli soprastanti, larghezza indicativa plinto uguale/inferiore a L=1,60 m circa da posare su idoneo strato di magrone. Compreso il trasporto in cantiere. Metri lineari 380 m, altezza 4 m. | mq | 1,520 | 140 € | 212,800.00 € | ✓ |

CAPITOLO 10

10.1 – Il controllo di conformità

Nella fase finale di controllo è necessario pianificare le operazioni di monitoraggio degli impatti e accertarsi che vengano rispettati i limiti fissati dal programma operativo del cantiere riguardo la gestione ambientale dei lavori.

Pertanto, per ottenere una certificazione di qualità del processo, secondo le linee ISO14001 o del regolamento EMAS, è importante stabilire procedure per sorvegliare e misurare regolarmente le principali operazioni che possono avere un impatto significativo.

Come stabilito dalla ISO14001, l'organizzazione deve stabilire, attuare e mantenere attiva una o più procedure per la valutazione periodica del rispetto delle prescrizioni, coerentemente con gli impegni presi.

Pertanto risulta essere necessario per l'azienda (in questo caso, l'impresa costruttrice) dotarsi di strumenti di controllo interni e effettuare registrazioni per verificare il rispetto delle misure indicate per il miglioramento ambientale durante la fase di cantiere.

Il controllo di conformità ambientale diventa quindi fondamentale per poter attuare i propri obiettivi ambientali e migliorarsi nella gestione del processo.

Il monitoraggio continuo permette inoltre all'impresa di effettuare azioni preventive per evitare possibili rischi ambientali dovuti a situazioni non conformi con la normativa o con gli obiettivi pianificati. Tale funzione viene concepita nella procedura di *risk assessment*, ovvero di valutazione preventiva degli impatti/rischi collegati a operazioni che potrebbero causare danni ambientali per il sito o per i lavoratori e relative misure per ridurre al minimo la probabilità dell'occorrenza. In tale elaborato, tuttavia, non si effettua una valutazione del rischio, ma si adottano i principi procedurali che dovranno essere integrati nel piano di monitoraggio.

Avviato il sistema⁸⁷, l'impresa deve effettuare continui controllo ed intraprendere opportune azioni correttive per assicurare la rispondenza del proprio operato con quanto stabilito nel programma di gestione ambientale. A tal fine essa deve:

- monitorare e misurare con continuità le reali prestazioni ambientali dell'azienda verificandone la conformità agli obiettivi e ai traguardi prefissati e alle corrispondenti normative in materia ambientale;

⁸⁷ E.Marino, *Il cantiere e l'ambiente*, EPC Libri, Roma, 2002, pag 131.

- analizzare le eventuali non conformità, reali o potenziali, e decidere le azioni correttive e preventive da intraprendere;
- mantenere un sistema di registrazioni ambientali al fine di dimostrare che il sistema di gestione ambientale è operante. Tali registrazioni dovrebbero riguardare prescrizioni di legge, autorizzazioni e permessi, attività di formazione in materia ambientale, attività di ispezione e manutenzione, dati sulle non conformità, identificazione dei prodotti utilizzati, informazioni relative a sub-appaltatori e fornitori, audit ambientali e riesami della direzione, ecc...;
- effettuare periodicamente un audit del Sistema di gestione Ambientale, cioè un processo di verifica sistematico e documentato per conoscere e valutare, con evidenza oggettiva se il sistema è conforme a quanto pianificato, se è stato messo in funzione e se è mantenuto in modo appropriato.

L'organizzazione⁸⁸ deve prevedere un sistema di sorveglianza e di verifica sull'efficacia e adeguatezza del sistema di gestione/modello organizzativo e deve intervenire tempestivamente allo scopo di predisporre o ripristinare le condizioni gestionali, impiantistiche, organizzative necessarie a garantire, prioritariamente, la conformità alle prescrizioni di legge.

Le norme ISO 14001/EMAS prevedono strumenti di sorveglianza del sistema di gestione ambientale (monitoraggio delle prestazioni ambientali, verifica periodica del rispetto delle prescrizioni di legge, registrazioni, *audit* interni e gestione delle non conformità riscontrate) che possono risultare utili anche per la "verifica" del modello organizzativo.

In questa prospettiva risulta particolarmente importante il "riesame" periodico dell'alta direzione, contemplato dalle norme di gestione ambientale, chiamata a prendere le decisioni necessarie e opportune per assicurare nel tempo l'efficacia e l'adeguatezza del sistema di gestione ambientale, sulla base delle informazioni e dei dati che sono emersi dalla sorveglianza e dal monitoraggio.

Secondo le linee della ISO14001, il procedimento del riesame del Sistema di Gestione Ambientale deve essere finalizzato al miglioramento continuo, ovvero a rendere efficaci gli obiettivi iniziali in termini prestazionali e di conformità, unitamente ad azioni di monitoraggio continuo e di modifiche del processo, se venissero riscontrate criticità.

⁸⁸ tratto da *Imprese e reati ambientali*, di A.Romaniello, S.Aldini, articolo pubblicato in *Ambiente&Sicurezza* n.6, 27 Marzo 2012, il sole 24 ore, pag 64.

Attraverso tale procedimento la direzione dell'impresa dovrebbe⁸⁹:

- Individuare causa e concause delle non conformità o delle inefficienze.
- Studiare e mettere in atto azioni correttive o preventive.
- Verificare l'efficacia delle suddette azioni.
- Confrontare la prestazione ambientale globale dell'impresa con la sua politica ambientale e con i suoi obiettivi e traguardi.

I. Le registrazioni ambientali

Alla luce della necessità di procedure di controllo del processo si individuano strumenti operativi in grado di assicurare all'impresa il rispetto degli obiettivi iniziali e la conformità con le prescrizioni di riferimento.

Uno degli scopi del monitoraggio, come ribadito più volte, è quello di prevenire eventuali rischi interni con conseguenti danni ambientali e possibili reati.

Dall'impresa devono essere pertanto preparate delle registrazioni di controllo da effettuare periodicamente all'interno del sito per verificare l'applicazione delle misure previste per la mitigazione degli impatti ambientali durante il processo di cantiere.

Tali controlli vengono generalmente denominati *audit* e possono essere elaborati direttamente da un responsabile aziendale, oppure da enti esterni.

Gli *audit* dei sistemi di gestione⁹⁰, attuati in conformità alla norma UNI 19011:2003 (e successive modifiche), riguardano sia la stessa società (*audit* di prima parte) sia le altre società (*audit* di terza parte); gli *audit* sui fornitori per quanto riguarda i controlli dei servizi in *outsourcing* non verranno affrontati di seguito. Un *audit* interno ha lo scopo di verificare che il sistema di qualità venga attuato correttamente nella sua interezza sia dalle funzioni previste sia dalle sedi operative distaccate che rientrano nel campo di applicazione del sistema stesso; tuttavia, non dovrebbero essere verificati solo i requisiti della norma UNI 9001:2000, ma - anche e soprattutto - gli obiettivi che l'azienda vuole ottenere dal proprio sistema qualità siano compresi e attuati.

⁸⁹ E.Marino, *Il cantiere e l'ambiente*, EPC Libri, Roma, 2002, pag 131

⁹⁰ tratto da *Certificazione SGQ: analisi di approccio sistemico dalla progettazione al monitoraggio*, di E.Baresi, articolo pubblicato in *Tecnologie & soluzioni per l'ambiente* n.2 2012, il sole 24 ore, pag XII.

E' allora evidente che la qualità del processo si misura soprattutto con la verifica delle conformità e degli obiettivi iniziali, attraverso audit interni, ovvero ispezioni aziendali in cantiere, registrate in liste di controllo o *checklist*.

Il controllo delle operazioni durante le attività di cantiere viene effettuato tramite il processo di *audit ambientale*.

L'audit ambientale⁹¹, è uno strumento che permette all'azienda di ottenere una fotografia molto dettagliata del proprio stato di fatto in relazione alle norme ambientali e alla sostenibilità con riferimento ai potenziali impatti derivati dalle proprie attività nei confronti dei diversi comparti ambientali. Per farlo è necessario, perciò, verificare il rispetto delle normative vigenti, sia nazionali sia regionali, e valutare la sensibilità delle unità ambientali presenti nel sito di indagine in relazione alla gravità degli impatti causati o potenziali, tenendo conto che a maggiore sensibilità del comparto corrisponde anche un rischio più alto di comprometterlo.

Gli obiettivi dell'*audit* sono i seguenti:

- quantificare e monitorare gli impatti inquinanti stabiliti nella fase di analisi;
- definire le responsabilità per intervenire in caso di rischio e/o emergenza;
- assicurare la conformità alle leggi nazionali e locali;
- mantenere sotto controllo le operazioni;
- aumentare la consapevolezza ambientale all'interno e verso i sub-appaltatori e i fornitori;
- garantire la certezza di non ottenere sanzioni per la violazioni di norme o adempimenti in materia ambientale;
- coordinare i rapporti tra istituzioni, direzione lavori, CSE, impresa e committenza;
- verificare la correttezza delle attività di cantiere e gli obiettivi previsti;
- identificare, archiviare, far reperire i registri di controllo.

Indipendentemente da ispezioni puntuali⁹², un controllo dei processi e delle attività deve essere condotto in modo costante, in funzione delle necessità aziendali, della tipologia e della complessità dei rischi, delle procedure di lavoro. In linea di massima, ogni responsabile di

⁹¹ Tratto da *Audit ambientale. Esempio di applicazione operativa su come realizzare una linea guida* di E.Baresi, articolo pubblicato in *Tecnologie & soluzioni per l'ambiente* n.11 2008, il Sole 24 ore, pag 47.

⁹² tratto da *La verifica di conformità adempimentale in materia di sicurezza e ambiente*, di F.Fortunati, articolo pubblicato in *Ambiente&Sicurezza* n.1, 2 Gennaio 2011, il sole 24 ore, pag .3.

funzione deve prevedere appositi controlli periodici delle attività critiche e dei momenti che potrebbero dar luogo a infortuni o incidenti ambientali.

Registrazioni di queste ispezioni devono essere fatte in modo da verificare che siano stati svolti in modo corretto i compiti relativi alle figure deputate a questi controlli (in genere dirigenti e preposti). L'analisi della rilevazione delle non conformità e delle azioni correttive fornisce un indicatore dell'efficacia di questi controlli. L'utilizzo di *check list* è da sempre una modalità pratica e facile per effettuare le ispezioni o gli *audit* (in generale, le verifiche) e dimostrare la conformità con norme di riferimento (che siano volontarie o di legge).

La possibilità di registrare le cosiddette “evidenze oggettive”, ovvero le “pezze giustificative” che dimostrano la verifica fatta, è un altro vantaggio dell'uso delle *check list*. Un ulteriore aspetto positivo è la valenza formativa che spesso possono avere in quanto l'effettuazione di una verifica spesso diventa anche un momento di formazione per il personale.

Le *check list* riportate di seguito sono un esempio pratico di strumento di controllo utilizzato dal responsabile aziendale per l'ambiente all'interno del cantiere.

Le liste di controllo garantiscono una lettura totale delle misure previste dall'impresa per la gestione degli impatti ambientali durante le fasi costruttive, e permettono una verifica in loco delle conformità. Nel caso si riscontrassero criticità nelle procedure o eventuali rischi, il verificatore ha il dovere di proporre soluzioni per evitare situazioni non conformi.

Le ispezioni devono essere fatte almeno una volta a settimana e possono essere l'opportunità per tutti gli operatori e gli stakeholder interessati per la verifica della corrispondenza agli obiettivi iniziali e per eventuali proposte migliorative o cambiamenti nel processo.

II. Lista di controllo delle conformità

| <u>INFORMAZIONI GENERALI</u> | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| Progetto: _____ | Località: _____ |
| Fase costruttiva: _____ | |
| Data ispezione: _____ | Ora ispezione e durata: _____ |
| Ispezione effettuata da: _____ | |
| Firma e timbro verificatore: _____ | |

| Elementi di controllo | VERIFICA | | N/A | Commenti e azioni correttive |
|---|----------|----|-----|------------------------------|
| | SI | NO | | |
| 1. - SCHEDA 1 - Questioni locali: limitazione mobilità | | | | |
| Verifica: misure di mitigazione previste | | | | |
| 1.1. L'ingresso del cantiere è controllato da moviere? | | | | |
| 1.2. Si verificano problemi di mobilità nelle vie esterne al cantiere? | | | | |
| 1.3. I mezzi del cantiere ostruiscono il passaggio ai veicoli sulla strada pubblica? | | | | |
| 1.4. E' posizionata tutta la segnaletica di avviso e di pericolo all'ingresso e in prossimità del cantiere? | | | | |
| 1.5. Si rispettano i limiti di velocità previsti? | | | | |
| 1.6. Vengono utilizzate le strade definite da progetto per la mobilità dei mezzi all'esterno del cantiere? | | | | |
| 1.7. L'area di carico/scarico è posizionata nel raggio di manovra della gru? | | | | |

| Elementi di controllo | VERIFICA | | N/A | Commenti e azioni correttive |
|--|----------|----|-----|------------------------------|
| | SI | NO | | |
| 1.8. Si verificano criticità nelle manovre dei mezzi e negli spostamenti interni al cantiere? | | | | |
| 1.9. I trasporti vengono effettuati nelle fasce orarie di minore congestione del traffico? | | | | |
| 1.10. Si rispettano le limitazioni del traffico previste durante le fasce orarie di attività della scuola? | | | | |
| 1.11. E' stato predisposto un ulteriore ingresso ad uso esclusivo dei mezzi di soccorso? | | | | |
| 1.12. Esistono criticità nell'uso della navetta di trasferimento degli addetti nel luogo di lavoro? | | | | |
| 1.13. Sono rispettati i cicli di lavoro dell'escavatore e la produzione oraria come pianificato? | | | | |
| 1.14. Si manifestano problemi di mobilità interna durante l'uso dell'escavatore? | | | | |
| 1.15. Nel fase di getto, ci sono interferenze tra i mezzi scelti? | | | | |
| 1.16. Vengono rispettate le quantità orarie di getto come da previsione? | | | | |
| 1.17. I lavori di scavo e di getto vengono effettuati nei tempi definiti? | | | | |
| 1.18. Il trasporto dei solai predalles avviene nel rispetto del codice della strada e in sicurezza? | | | | |
| 1.19. Per il trasporto è utilizzato il numero di mezzi computato in progetto? | | | | |
| 1.20. Si effettuano i trasporti nelle fasce orarie meno congestionate? | | | | |
| 1.21. Si sono manifestati rischi e/o impatti non valutati preliminarmente? | | | | |

| Elementi di controllo | VERIFICA | | N/A | Commenti e azioni correttive |
|---|----------|----|-----|------------------------------|
| | SI | NO | | |
| 2. - SCHEDA 2 - Questioni locali: rumore | | | | |
| Verifica: misure di mitigazione previste, Legge 447/95, D.P.C.M 1/3/91, Zonizzazione acustica del Comune di Abbiategrasso | | | | |
| 2.1. Si esegue la verifica dei livelli sonori dei mezzi? | | | | |
| 2.2. E' stata installata correttamente la barriera antirumore sul perimetro del cantiere? | | | | |
| 2.3. I mezzi sono conformi alle direttive CE in materia di emissioni sonore? | | | | |
| 2.4. Se non utilizzate, si provvede allo spegnimento delle macchine? | | | | |
| 2.5. I mezzi sono dotati di silenziatori sugli scarichi? | | | | |
| 2.6. Si predilige l'uso di macchine gommate piuttosto che cingolate? | | | | |
| 2.7. L'area di carico/scarico è stata collocata come previsto per la limitazione del rumore? | | | | |
| 2.8. Le aree di lavorazione e di stoccaggio materiali sono state collocate come previsto per la limitazione del rumore? | | | | |
| 2.9. Si verificano discordanze con i valori di emissione sonora rispetto a quanto previsto all'interno del cantiere? | | | | |
| 2.10. Si evitano attività rumorose contemporanee? | | | | |
| 2.11. Si rispettano gli orari più sensibili all'inquinamento rumoroso? | | | | |
| 2.12. Le postazioni di lavoro sono schermate adeguatamente? | | | | |
| 2.13. Si effettua manutenzione delle macchine per la riduzione degli attriti? | | | | |

| Elementi di controllo | VERIFICA | | N/A | Commenti e azioni correttive |
|---|----------|----|-----|------------------------------|
| | SI | NO | | |
| 2.14. Si adottano superfici antivibranti per la base delle macchine? | | | | |
| 2.15. Si utilizzano segnali luminosi o walkie-talkie per le comunicazioni? | | | | |
| 2.16. Gli addetti sono dotati di dispositivi personali antirumore? | | | | |
| 2.17. Si effettuano monitoraggi dei livelli di rumore? | | | | |
| 2.18. In caso di superamento, si provvede a misure per la riduzione dei livelli sonori? | | | | |
| 2.19. Si sono registrati disagi o segnalazioni dalla popolazione residente? | | | | |

| Elementi di controllo | VERIFICA | | N/A | Commenti e azioni correttive |
|---|----------|----|-----|------------------------------|
| | SI | NO | | |
| 3. - SCHEDA 3 - Questioni locali: polveri | | | | |
| Verifica: misure di mitigazione previste, D.lgs. 152/2006 e s.m.i. | | | | |
| 3.1. Si effettuano lavorazioni polverose contemporaneamente? | | | | |
| 3.2. I mezzi transitano in cantiere a velocità limitata? | | | | |
| 3.3. I cassoni degli autocarri vengono sempre coperti con telone avvolgibile? | | | | |
| 3.4. Durante le attività di scavo l'escavatore rispetta il ciclo di lavoro stabilito? | | | | |
| 3.5. I piazzali carrabili sono periodicamente lavati dagli addetti? | | | | |
| 3.6. Le strade pubbliche sono imbrattate di fango? | | | | |
| 3.7. I mezzi vengono costantemente puliti e lavati per evitare dispersioni di fango e polvere? | | | | |
| 3.8. E' stato collocato del pietrisco in prossimità dell'ingresso del cantiere per evitare il sollevamento delle polveri? | | | | |
| 3.9. I materiali sono adeguatamente protetti dall'erosione causata dal vento? | | | | |
| 3.10. Si provvede all'irrorazione del materiale polverulento? | | | | |
| 3.11. Si effettua la movimentazione in maniera controllata e al riparo da vento e da aree sensibili? | | | | |
| 3.12. Si effettuano lavorazioni polverose contemporaneamente? | | | | |
| 3.13. Le postazioni di lavoro sono schermate con barriere antipolvere? | | | | |

| Elementi di controllo | VERIFICA | | N/A | Commenti e azioni correttive |
|---|----------|----|-----|------------------------------|
| | SI | NO | | |
| 3.14. Si utilizzano macchinari a bassa produzione di polvere (seghe ad acqua o con aspiratori)? | | | | |
| 3.15. Si producono fumi nelle lavorazioni con materiale bituminoso? | | | | |
| 3.16. Si utilizzano mezzi dotati di dispositivo antiparticolato? | | | | |
| 3.17. Il ponteggio è ricoperto con telo antipolvere? | | | | |
| 3.18. Si provvede alla protezione dalla polvere delle canalizzazioni e delle macchine di trattamento dell'aria? | | | | |
| 3.19. E' stato elaborato un piano di qualità dell'aria interna durante la costruzione? | | | | |
| 3.20. Si adottano tutte le misure per il miglioramento dell'aria durante le lavorazioni? | | | | |
| 3.21. Si utilizzano prodotti a basso contenuto di composti organici volatili? | | | | |
| 3.22. Si previene l'accumulo di sporcizia e di polvere all'interno dell'edificio? | | | | |
| 3.23. Durante le lavorazioni esterne, si mantengono chiuse le finestre e le porte? | | | | |
| 3.24. I materiali vengono protetti dalla polvere? | | | | |

| Elementi di controllo | VERIFICA | | N/A | Commenti e azioni correttive |
|---|----------|----|-----|------------------------------|
| | SI | NO | | |
| 4. - SCHEDA 4 - Rifiuti | | | | |
| Verifica: misure di mitigazione previste, D.lgs. 152/2006 e s.m.i. | | | | |
| 4.1. E' stato elaborato il Piano di gestione dei rifiuti? | | | | |
| 4.2. I rifiuti vengono correttamente depositati nei cassoni differenziati all'interno del cantiere? | | | | |
| 4.3. I cassoni di raccolta vengono periodicamente svuotati dall'azienda e trasferiti in discarica o in impianti di trattamento? | | | | |
| 4.4. I dipendenti e i subappaltatori sono correttamente istruiti sulle pratiche di raccolta dei rifiuti in cantiere? | | | | |
| 4.5. Vengono correttamente compilati e consegnati i moduli di dichiarazione mensile dei rifiuti? | | | | |
| 4.6. Si effettuano valutazioni sui dipendenti e sui subappaltatori per il controllo della gestione dei rifiuti? | | | | |
| 4.7. Vengono abbandonati i rifiuti o depositati sul suolo? | | | | |
| 4.8. Vengono riutilizzate le terre di scavo, se non pericolose? | | | | |
| 4.9. Sono rispettati tutti gli adempimenti per la tracciabilità dei rifiuti SISTRI? | | | | |
| 4.10. Si adottano le misure per la riduzione dei rifiuti da lavorazioni? | | | | |
| 4.11. Vengono rispettati gli obiettivi di quantità di materiale recuperato, secondo il piano di gestione dei rifiuti? | | | | |
| 4.12. Si registrano criticità nella gestione dei rifiuti in cantiere? | | | | |

| Elementi di controllo | VERIFICA | | N/A | Commenti e azioni correttive |
|--|----------|----|-----|------------------------------|
| | SI | NO | | |
| 5. – SCHEDA 5 - Effetti su ecosistemi: corpi idrici, suolo, sottosuolo, vegetazione, fauna | | | | |
| Verifica: misure di mitigazione previste, D.lgs. 152/2006 e s.m.i. | | | | |
| 5.1. Sono stati registrati eventi meteorologici che hanno causato erosione, sedimentazione, dilavamento delle superfici, accumulo di acqua all'interno del cantiere? | | | | |
| 5.2. Sono state adottate tutte le misure per la prevenzione del rischio inquinamento causato da sversamenti di prodotti pericolosi sul suolo? | | | | |
| 5.3. Si previene l'accumulo di sedimenti inquinati sul suolo e nei corpi idrici? | | | | |
| 5.4. Durante le attività di scavo si provvede alla stabilizzazione del suolo con telo drenante e rete, per evitare frane ed erosione da acqua? | | | | |
| 5.5. Si effettuerà una corretta movimentazione dei materiali per evitare residui inquinanti sul suolo? | | | | |
| 5.6. E' stata realizzata l'installazione di una barriera impermeabilizzante sul perimetro del cantiere? | | | | |
| 5.7. Sono state realizzate le impermeabilizzazioni necessarie nelle aree di lavorazione? | | | | |
| 5.8. So stati protetti i tombini e le caditoie pubbliche da sedimentazione di materiale? | | | | |
| 5.9. Si sono verificati sversamenti accidentali di sostanze inquinate? | | | | |
| 5.10. I mezzi vengono costantemente lavati e si effettuano manutenzioni nelle aree impermeabilizzate, come definito? | | | | |

| Elementi di controllo | VERIFICA | | N/A | Commenti e azioni correttive |
|---|----------|----|-----|------------------------------|
| | SI | NO | | |
| 5.11. Le betoniere vengono lavate regolarmente nelle aree apposite? | | | | |
| 5.12. Sono stati registrati degli sversamenti di materiale da betoniere nell'area di cantiere non impermeabilizzata? | | | | |
| 5.13. So presenti materiali pericolosi tali da causare danni ambientali? | | | | |
| 5.14. Si protegge la vegetazione esistente? | | | | |
| 5.15. Vengono abbandonati cibi tali da attirare animali selvatici in cantiere? | | | | |
| 5.16. Sono stati registrati ulteriori rischi non definiti preliminarmente? | | | | |
| 5.17. Si adottano tutte le misure richieste per la prevenzione dei danni ambientali su suolo, sottosuolo, corpi idrici, vegetazione, fauna? | | | | |

| Elementi di controllo | VERIFICA | | N/A | Commenti e azioni correttive |
|---|----------|----|-----|------------------------------|
| | SI | NO | | |
| 6. – SCHEDA 6 - Scarichi idrici | | | | |
| Verifica: misure di mitigazione previste, D.lgs. 152/2006 e s.m.i., Regolamenti regionali e locali sugli scarichi | | | | |
| 6.1. Si effettuano regolari lavaggi delle betoniere e dei mezzi nelle aree predisposte? | | | | |
| 6.2. Sono stati realizzati gli allacciamenti alla rete fognaria per le acque nere delle baracche? | | | | |
| 6.3. Sono stati realizzati gli impianti per la raccolta, il trattamento e lo scarico delle acque di dilavamento inquinate dai piazzali di lavaggio dei mezzi? | | | | |
| 6.4. Si effettuano controllo periodici della qualità dell'acqua di scarico? | | | | |
| 6.5. Si sono verificate perdite o altri problemi nella rete di scarico? | | | | |
| 6.6. I parametri di inquinamento delle acque di scarico sono nella norma? | | | | |

III. Il responsabile al controllo ambientale

Le *check list* sono un ottimo strumento di verifica dell'avanzamento dei processi e di controllo delle conformità rispetto agli obiettivi ambientali dell'Impresa.

L'*auditor* rappresenta pertanto la figura dell'Impresa che ha la responsabilità dell'attuazione delle misure di mitigazioni previste, del monitoraggio delle attività e di intraprendere azioni che possano evitare rischi ambientali imprevisti.

Dopo aver valutato⁹³ tutti gli aspetti connessi all'analisi dell'azienda dal punto di vista ambientale e dell'entità degli impatti connessi alle sue attività, il lavoro del l'*auditor* potrebbe dirsi concluso. Tuttavia, nel caso di una valutazione interna, l'*audit* dovrebbe avere uno scopo propositivo verso l'organizzazione e, quindi, dovrebbe essere aggiunta una parte riguardante le possibili migliorie e obiettivi nell'abbattimento dei possibili impatti che le sue attività hanno nei confronti dei diversi comparti ambientali. In queste circostanze, l'*auditor* dovrebbe indicare:

- soluzioni tecniche, tecnologiche ed economicamente sostenibili (che permettono di prevenire l'inquinamento) e, quindi, una loro priorità di intervento dovuta sia alla loro applicabilità sia alla loro disponibilità;
- piani di adeguamento e di miglioramento per ottimizzare l'uso di risorse ambientali e al contempo ridurre gli impatti generati (attuando, ad esempio, un *audit* energetico che evidenzi disponibilità e soluzioni presenti sul mercato);
- un piano di attività e i costi stimati per la loro attuazione.

Come conclusione l'*auditor* interno redige una relazione di *audit* che contiene:

- una valutazione e degli studi di adeguamento normativo (ove necessario nel caso siano state rilevate delle inadempienze normative);
- un rapporto conclusivo indicando le soluzioni per il ripristino di tutte le condizioni richieste per essere conformi a:
 - regolamenti e leggi ambientali;
 - piani di sviluppo del territorio;
 - piani di sviluppo della società.

⁹³ Tratto da *Audit ambientale. Esempio di applicazione operativa su come realizzare una linea guida* di E.Baresi, articolo pubblicato in *Tecnologie & soluzioni per l'ambiente* n.11 2008, il Sole 24 ore, pag 58.

Fondamentale è la definizione di un professionista addestrato che sia in grado di agire tempestivamente per evitare possibili danni ambientali non pianificati.

Come definito dalla ISO14001, l'Impresa, tramite il responsabile ambientale, deve provvedere alla formazione e stabilire, attuare e mantenere attive una o più procedure affinché le persone che lavorano per l'organizzazione, o per conto di essa, siano consapevoli del sistema di gestione ambientale, degli aspetti ambientali significativi e dei relativi impatti, dei propri ruoli e responsabilità.

Gli obiettivi⁹⁴ della formazione sono pertanto:

- la conformità con la politica ambientale;
- la responsabilità individuale nel processo di miglioramento rispetto agli impatti ambientali delle proprie attività;
- la consapevolezza delle conseguenze di azioni personali non conformi alle procedure;
- la preparazione in caso di anomalia/emergenza.

L'Impresa intende avvalersi, nel corso dei lavori, di un preposto (il ruolo e gli obblighi sono definiti nell'art.19 del D.lgs. 81/2008), un professionista denominato *Consulente Sicurezza e Ambiente (CSA)* che affiancherà il Direttore Tecnico di Cantiere occupandosi specificatamente di analizzare e risolvere le problematiche legate alla sicurezza e all'ambiente (cfr. fig.).

Tale figura sarà una presenza fissa in cantiere durante i lavori.

Il CSA si interfacerà con il Coordinatore della Sicurezza (CSE), verificherà preventivamente la documentazione di tutte le imprese subappaltatrici, vigilerà sull'applicazione di tutte le direttive del CSE e promuoverà metodologie e tecniche per svolgere le lavorazioni in sicurezza e ridurre al minimo gli impatti ambientali del cantiere.

Il CSA rappresenta una figura di coordinamento tra il committente, l'Impresa, la D.L. e il CSE.

Il CSA è responsabile della gestione ambientale del cantiere, in tutte le fasi, dalla pianificazione al monitoraggio e provvede alla formazione degli addetti in materia ambientale.

Nell'attività di monitoraggio, si avvale delle *checklist* di verifica delle conformità (per controlli regolari) e prende decisioni circa le azioni volte a ridurre i danni ambientali non pianificati preliminarmente.

⁹⁴ Tratto da *Audit ambientale. Esempio di applicazione operativa su come realizzare una linea guida* di E.Baresi, articolo pubblicato in *Tecnologie & soluzioni per l'ambiente* n.11 2008, il Sole 24 ore, pag 55.

Nell'ottica di un miglioramento del monitoraggio potrà dotarsi di dispositivi elettronici installati in cantiere per il controllo dei parametri di inquinamento necessari.

Avrà quindi a disposizione come supporto la piattaforma *Smart Safety*⁹⁵, uno strumento grazie al quale potrà vigilare sull'andamento dei lavori e sulla sicurezza e monitorare anche i parametri ambientali.

Riguardo al contesto esterno saranno attuati tutti i provvedimenti necessari a mitigare il più possibile gli impatti del cantiere e grazie all'impiego del sistema di gestione sicurezza-ambiente integrato *Smart Safety* saranno anche monitorati e tenuti sotto controllo parametri come la qualità dell'aria e il rumore, predisponendo eventuali misure correttive in caso di superamento dei limiti previsti.

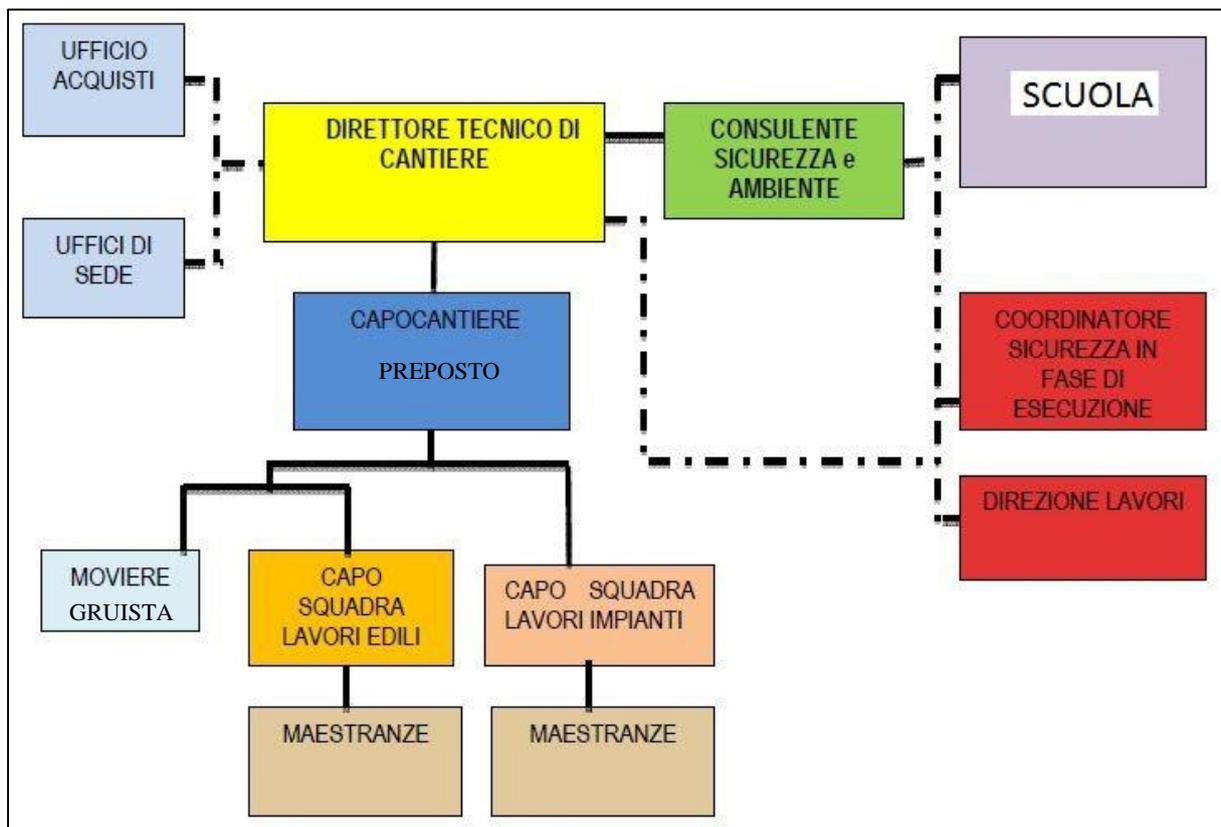


fig. 32: organigramma operativo di cantiere

⁹⁵Smart Space Solutions srl, Spin-off dell'Università Politecnica delle Marche. Sito: <http://www.smartspace.it>

IV. La piattaforma Smart Safety⁹⁶

La Piattaforma *Smart Safety* è un sistema integrato per la gestione della sicurezza nei grandi cantieri, che con strumentazione e infrastruttura completamente wireless e alimentazione autonoma a batteria, permette di:

- localizzare in tempo reale, sia in ambienti interni che esterni e con precisione migliore di un normale GPS, persone, mezzi d'opera e in genere asset che siano strumentati con un piccolo tag elettronico;
- monitorare in tempo reale l'impiego dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) contestualmente alle zone occupate dagli operai e alle attività svolte;
- integrare il monitoraggio in tempo reale di misure strumentali sensibili per la gestione della sicurezza;
- integrare dispositivi di acquisizione fotografica attivabili on-demand o da eventi rilevati da sensori;
- generare automaticamente segnalazioni di pericolo al verificarsi di specifiche situazioni contestuali nelle diverse zone operative;
- recapitare informazioni e segnali di pericolo verso dispositivi di comunicazione (anche telefonici) o pannelli a messaggio variabile per supportare le esigenze di applicazioni critiche;
- generare rapporti statistici di violazioni e registrazioni di criticità;
- integrare utility per la gestione operativa e per la security.

La piattaforma *Smart Safety* comprende un'infrastruttura dati wireless esclusiva (che non necessita di alimentazione esterna) progettata e realizzata per lo specifico impiego nei cantieri edili, una dotazione sensoristica ad essa collegata in grado di rilevare dati utili alla gestione della sicurezza e un sistema esperto che li analizza in tempo reale e supporta la gestione delle situazioni pericolose visualizzandole anche in remoto su una interfaccia georeferenziata.

⁹⁶ testo e immagini sono tratte da: *Descrizione Tecnica della Piattaforma SmartSafety per cantieri*, documento digitale tratto da: http://www.smartspace.it/support/support_overview.htm



fig. 22 schema di funzionamento della piattaforma

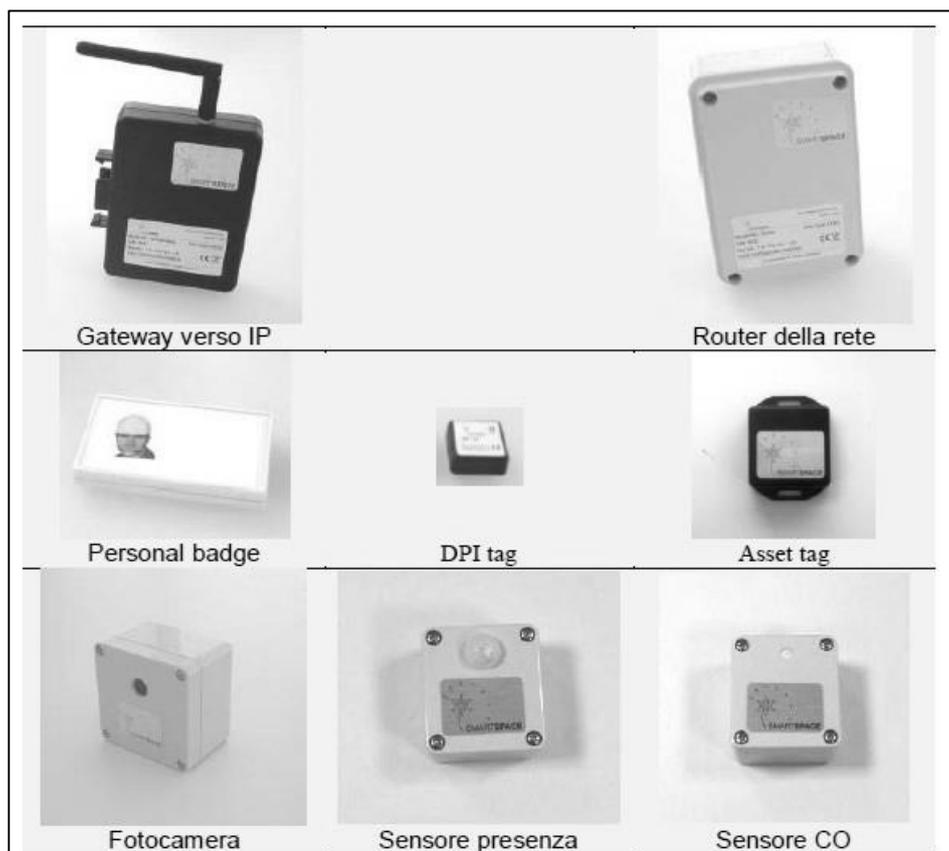


fig. 23: dotazioni della piattaforma *Smart Safety*

V. Sensori di monitoraggio ambientale

Sensori qualità aria:

Sono utilizzati per il monitoraggio della qualità dell'aria. I tipi disponibili sono:

- sensore di monitoraggio polveri e fumi (PTS);
- sensore di monitoraggio ossido di carbonio (CO);
- sensore di monitoraggio Ozono (O3);
- sensore di monitoraggio anidride carbonica (CO2);
- sensore di monitoraggio monossido di azoto (NO);
- sensore di monitoraggio biossido di azoto (NO2);
- sensore di monitoraggio anidride solforosa (SO2);
- sensore di monitoraggio gas combustibili;
- sensore di monitoraggio benzene;
- sensore monitoraggio fumi.

Sensori livello rumore

Sono sensori wireless per il monitoraggio del livello sonoro, al fine di monitorare la generazione del rumore in cantiere e predisporre interventi mirati atti a ridurre sia l'impatto sui ricettori cittadini più esposti sia l'esposizione degli operai.

Oltre al monitoraggio previsto dal PSC sarà effettuato un monitoraggio continuo direttamente sui siti di demolizioni, scavi, zone di produzione e pompaggio di CLS, e altre zone operative che generano in genere un elevato impatto di rumore.

Il monitoraggio continuo sarà effettuato con sensori integrati nella piattaforma *Smart Safety* e consentirà di evidenziare con sistematicità situazioni per le quali è necessario adottare particolari azioni di prevenzione.

Conclusioni

Il tema centrale su cui è stata elaborata la tesi è la consapevolezza che i processi di cantiere debbano essere pianificati in modo migliore per evitare, o quanto meno ridurre, i possibili impatti ambientali legati alle attività costruttive.

Misurare la sostenibilità ambientale di un intervento costruttivo è un'operazione complessa, ma deve essere integrata nell'intero processo edilizio. Come scritto nei primi capitoli, esiste una questione della sostenibilità, ma spesso viene associata ai concetti di "green" o di "basso consumo", tipici per un prodotto finito (edilizio o industriale). Generalmente vengono ignorate le fasi iniziali di costruzione del prodotto, nel quale però si consumano risorse, si trasformano i materiali e si producono impatti ambientali considerevoli.

Solo negli ultimi anni, con l'interesse degli operatori del settore delle costruzioni e dell'industria da un lato e della pubblica amministrazione dall'altro, si sono formulati dei protocolli di tipo volontario che cercassero di integrare gli aspetti ambientali della fase costruttiva, misurando complessivamente la prestazione e la qualità dell'intervento (ad es. LEED, BREEAM, HQE, ITACA ecc.). La questione ambientale è stata lentamente accettata dal mondo produttivo come un elemento di innovazione nella gestione dei processi e un valore aggiunto da spendere nel mercato, come fattore qualificante e competitivo.

Il processo di cantiere, tuttavia, non è mai stato pienamente rielaborato dal punto di vista ambientale. Spesso infatti, ne sono la prova gli stessi protocolli di sostenibilità ambientale, vengono richieste alcune misure di mitigazione e di miglioramento (riduzione rifiuti, controllo polveri ecc.), ma rappresentano una minima parte rispetto al punteggio totale necessario per ottenere la certificazione.

Il problema di tali strumenti è l'attribuzione di un valore, sotto forma di credito, calcolato secondo procedure standard e criteri prestazionali uguali per ogni tipologia di intervento. E' invece evidente come certi fattori non abbiano lo stesso peso in condizioni differenti.

I protocolli di cui si è descritto non possono essere utilizzati come strumento unico per la misura della sostenibilità del processo costruttivo, ma solo come guida e riferimento progettuale. L'innovazione della gestione ambientale del processo è invece delineata nelle norme internazionali ISO14001 e dal Regolamento comunitario EMAS, che definiscono le procedure per la creazione di un Sistema di Gestione Ambientale.

E' proprio tale modello che è stato adottato, nei principi e nella struttura, come base per l'elaborazione di un sistema di gestione ambientale per il cantiere.

Il cantiere rappresenta un sito produttivo e come tale deve essere pianificato e gestito secondo le linee PDCA (*plan-do-check-act*), integrando al suo interno tutti i criteri di buona pratica operativa, e tutti gli adempimenti ambientali del settore.

Una parte fondamentale di questa tesi è stata quindi elaborata sulla base della legislazione di settore in materia ambientale. Spesso infatti vengono creati strumenti nuovi di certificazione o di gestione, ma essi risultano inefficaci se non confrontati con la normativa d'ambito, che invece deve essere conosciuta e soprattutto rispettata.

Gli impatti generati dalle attività di cantiere possono essere molto rilevanti e causare danni verso l'ambiente circostante, con il rischio per la salute dei lavoratori e per gli abitanti a ridosso del sito. Si contano inoltre gli impatti economici che gravano sull'impresa, derivanti dal mancato rispetto della normativa ambientale, con sanzioni e sospensioni dei lavori, ed evidenti danni di immagine verso clienti, fornitori, committenza, amministrazioni pubbliche.

La consapevolezza ambientale delle attività connesse al cantiere è il tema centrale su cui si concentra l'innovazione e la qualità delle imprese del settore delle costruzioni. Rivedere i propri modelli gestionali in chiave ambientale può essere da traino al mercato delle costruzioni che tuttora risente della crisi economica. Lo stesso mercato dovrebbe inserire meccanismi incentivanti che premiano le imprese che dimostrano capacità di proporre soluzioni operative per la mitigazione degli impatti derivanti dalle attività di cantiere. In tal senso i bandi pubblici o le gare d'appalto dovrebbero richiedere proprio interventi migliorativi degli impatti ambientali tra i requisiti di selezione delle imprese.

L'aspetto normativo è certamente una parte fondamentale per la gestione delle opere di mitigazione, tanto che le imprese, attraverso le figure professionali all'interno del cantiere, sono responsabili per gli eventuali danni ambientali, e sono punibili penalmente; si contano inoltre i rischi connessi alla salute dei lavoratori e i disagi della popolazione residente a ridosso del sito di cantiere.

Per questi motivi, il sistema di gestione ambientale deve essere elaborato considerando gli aspetti normativi relativi ai media ambientali principali che interessano l'attività dell'impresa di costruzione in un cantiere.

I media ambientali, così come indicati nelle schede di valutazione degli impatti, devono essere contestualizzati al tipo di progetto e alle coordinate in cui si trova il cantiere. E' evidente che certi impatti possono avere pesi (o significatività) diversi a seconda della tipologia degli interventi. Un cantiere cittadino è certamente più impattante (dal punto di vista della mobilità, del rumore, delle polveri ecc.), rispetto a un sito periferico, in cui non sono presenti fabbricati residenziali. Oppure un cantiere situato in zone particolarmente protette, in cui coesistono

aree naturali, corsi d'acqua, zone sensibili, può essere gestito tenendo conto di certi impatti, piuttosto che di altri. Spetta alla direzione aziendale, nelle sue figure responsabili, definire l'importanza degli impatti e conseguentemente progettarne le misure di mitigazione.

Questo approccio è, in maniera più completa, definito negli Studi di impatto ambientale all'interno delle procedure di Valutazione di impatto ambientale (VIA).

La VIA, infatti, è strutturata in modo da contenere le fasi di valutazione degli impatti, diretti ed indiretti, e delle interazioni tra le azioni di costruzione (e di esercizio) e l'ambiente che riceve l'intervento. La metodologia scientifico-analitica sul quale è impostata la VIA presuppone capacità di analisi e di descrizione degli impatti e misurazione quantitativa delle variazioni negative/positive dell'ambiente durante e dopo l'inserimento dell'opera.

Gli studi di impatto sono molto complessi, ma all'interno si possono individuare le linee guida per l'analisi delle criticità ambientali legati all'attività di cantiere, suddivisi per media ambientali (ad es. aria, acque, rumore, ecosistemi ecc.).

Gli impatti derivanti dalle attività di costruzione sono pertanto integrati nel SIA, ma vengono considerati solamente per alcuni interventi, che sono assoggettati obbligatoriamente alla VIA, così come definito dal D.lgs 152/2006.

Nel corso della trattazione si è però ritenuto utile considerare un intervento tradizionale, un tipico cantiere di modeste dimensioni, che rappresenta tuttavia le caratteristiche della stragrande maggioranza dei siti di costruzione, per poter elaborare un modello di gestione ambientale, per certi versi innovativo, da adottare come linea guida.

La struttura del modello è stata elaborata con l'obiettivo di rispondere allo schema PDCA, in cui si individuano la fase di analisi iniziale degli impatti derivanti dalle attività di costruzione, la fase di pianificazione delle misure di mitigazione, e la fase di monitoraggio per il controllo delle azioni e gli eventuali riesami delle procedure.

Le tabelle di valutazione degli impatti rappresentano, come prima azione, la base con la quale l'impresa esprime giudizi di importanza rispetto agli impatti prodotti nel cantiere, per poterne progettare, fase per fase, le misure di mitigazione. Le tabelle sono uno strumento qualitativo che permettono una lettura dell'intero intervento di cantiere e indicano il grado di significatività degli impatti. L'impresa dovrebbe elaborare tabelle ogni volta che intraprende un intervento edilizio e progettare soluzioni sulla base delle sue caratteristiche ambientali.

Per ogni categoria di media ambientale è quindi necessario individuare le opere di miglioramento o le azioni mirate alla riduzione degli impatti. Questa fase è di estrema importanza, poiché deve essere pianificata prima dell'installazione del cantiere, dato che alcune scelte so-

no onerose e devono essere computate dall'impresa, talvolta come costi per la sicurezza, talvolta come costo aggiuntivo dei lavori.

Per ogni media ambientale, individuato come significativo, si propongono pertanto misure di mitigazione, con l'obiettivo del miglioramento degli impatti, dal punto di vista quantitativo e prestazionale. Il raggiungimento degli obiettivi, rappresenta per l'impresa un indice di qualità e di innovazione, e di capacità gestionale dei processi costruttivi.

E' stato dimostrato, in questa trattazione, come l'adozione di semplici misure contribuisca a ridurre in modo significativo gli impatti, all'interno e all'esterno del cantiere.

In molti casi è la buona pratica di organizzazione del cantiere a risolvere le questioni ambientali e a minimizzare i disagi della popolazione adiacente. Ad esempio, la gestione della mobilità dei mezzi può migliorare sensibilmente i disagi dal punto di vista del traffico, del rumore, delle polveri, dell'inquinamento atmosferico, della sicurezza dei lavori. Lo stesso vale per il rumore, che è fonte di disagio notevole: si può ridurre adottando perimetri di cantiere sufficientemente alti e distanti dalle principali aree di lavoro.

Le proposte progettuali sono state quindi elaborate per i temi ambientali considerati significativi per il cantiere oggetto di studio e sono stati individuate tutte le azioni per la riduzione o l'annullamento degli impatti.

Se da un lato sono sufficienti misure di "buona pratica di cantiere", dall'altro esistono questioni per le quali devono essere pianificati obiettivi mirati e devono essere progettate opere innovative.

Il tema degli scarichi idrici è certamente comune a tutti i cantieri, ma spesso non si individuano soluzioni per la gestione delle acque meteoriche o di lavaggio dei mezzi, che possono essere inquinate e possono recapitare in corsi d'acqua superficiali o sotterranei. Il progetto di aree dedicate in cui recapitare tali acque inquinate e la scelta di adottare impianti di trattamento che le depurino prima dello scarico è certamente un elemento innovativo, poco comune nei cantieri tradizionali. Con tale sistema l'impresa si tutela inoltre da possibili sanzioni e contribuisce al miglioramento della qualità delle acque.

Infine il modello di gestione deve essere facilmente monitorabile, durante ogni fase di cantiere. L'organizzazione deve individuare il responsabile di controllo (qui indicato come CSA), che coordina la gestione ambientale, effettua check di verifica nel cantiere, utilizza sistemi di monitoraggio dei parametri ambientali e istruisce le maestranze all'adempimento delle procedure e della normativa.

Il progetto di un piano di gestione ambientale, soprattutto applicato ai cantieri, è certamente un'operazione complessa, poiché sono tante le variabili e molto spesso ci si deve confrontare con tanti attori durante l'intero processo edilizio.

Inoltre l'adozione di misure per la mitigazione e il controllo degli impatti è oneroso per l'impresa e in un momento di crisi economica, è ancora più difficile accettare costi aggiuntivi. Sarebbe auspicabile un nuovo modo di pensare al processo edilizio, che integri la questione ambientale come strumento per la ricerca di nuove proposte progettuali e operative, soprattutto nella fase di costruzione. Il mercato dovrebbe, a sua volta, proporre strumenti che incentivino le scelte adottate per la riduzione degli impatti ambientali.

Il cantiere è una parte fondamentale della vita di una costruzione e, come un sito di produzione industriale, deve essere organizzato secondo modelli gestionali facilmente riproducibili e controllabili.

La gestione ambientale del cantiere è quindi possibile ed esistono tutti gli strumenti necessari per l'elaborazione di un piano di gestione ambientale innovativo e sostenibile del processo costruttivo.

Le imprese di costruzione, attraverso i propri piani di gestione, potrebbero innovare i processi costruttivi, migliorare la produzione, organizzare la struttura operativa, essere più competitive e raggiungere obiettivi di qualità, soprattutto dal punto di vista ambientale.

Riferimenti bibliografici

Bruzzi L. (1999), *Valutazione di impatto ambientale*, Maggioli Editore, Rimini.

Çengel Y. A. (2009), *Termodinamica e trasmissione del calore*, McGraw-Hill, Milano.

La Camera F. (2003), *Sviluppo sostenibile, origini, teoria e pratica*, Editori riuniti, Roma.

Lacava M. e Solustri C. (1997), *Progetto e sicurezza del cantiere*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.

Lafratta P. (2004), *Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile*, Franco Angeli Editore, Milano.

Lavagna M. (2008), *Life Cycle Assessment in edilizia*, Hoepli, Milano.

Marino E. (2002), *Il cantiere e l'ambiente*, EPC Libri, Roma.

Pavesi A.S. e Verani E. (2012), *Introduzione alla certificazione LEED: progetto, costruzione, gestione*, Maggioli Editore, Rimini.

Solenne D. (2011), *Codice dell'ambiente*, Maggioli Editore, Rimini.

Zeppetella A., Bresso M. e Gamba G. (1992), *Valutazione ambientale e processi di decisione*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.

Rapporti/Documenti vari

Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo (1988), *Il futuro di tutti noi - Rapporto della Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo*, Bompiani, Milano.

Federcostruzioni, Italia, (ottobre 2012), *Rapporto 2012. Il sistema delle costruzioni in Italia*.

Gruppo di Lavoro dei rappresentanti della Commissione Europea, degli Stati Membri e dell'industria (maggio 2001), *The final report on sustainable construction*.

Commissione europea (1997), *Comunicazione COM(97)539 The competitiveness of the Construction Industry*.

Caterpillar (1998), *Caterpillar Performance Handbook edition 29*.

California Stormwater Quality Association (January 2003), *California Stormwater BMP Handbook*.

GBC Italia (Ottobre 2011), *Green Building nuove costruzioni e ristrutturazioni. Sistema di valutazione LEED NC 2009 Italia. Per progettare, costruire e ristrutturare edifici istituzionali e commerciali. Ad uso pubblico e divulgativo*.

GBC Italia (2009), *Guida alla redazione del piano per il controllo dell'erosione e della sedimentazione (PCES)*.

United States Environmental Protection Agency (2003), *Sediment and Erosion Control, chapter 3*.

United States Environmental Protection Agency (2007), *Developing Your Stormwater Pollution Prevention Plan*.

ISPESL (revisione 7/11/2005), *Linee Guida per l'integrazione dei sistemi di gestione dell'ambiente e della Sicurezza e Salute sul Lavoro (S&SL) nelle Piccole e Medie Imprese*.

Articoli

Baresi E. (2008), "Audit ambientale. Esempio di applicazione operativa su come realizzare una linea guida", *Tecnologie & soluzioni per l'ambiente, Il Sole 24 ore*, n.11, pag. 47.

Baresi E. (2012), "Certificazione SGQ: analisi di approccio sistemico dalla progettazione al monitoraggio", *Tecnologie & soluzioni per l'ambiente, Il sole 24 ore*, n.2, pag. XII.

Festuccia A. (2008), "Come gestire la prima pioggia negli insediamenti industriali", *Ambiente & Sicurezza, Il sole 24 ore*, n.3, pp. 22-30.

Fortunati F. (2011), "La verifica di conformità adempimentale in materia di sicurezza e ambiente", *Ambiente & Sicurezza, Il sole 24 ore*, n.1, pag. 3.

Garai M., Berengier M. (Bologna 21-22 giugno 2001), "Propagazione del rumore in ambiente esterno", *seminario Noise mapping*.

Garai M., Semprini G. (1997), “Barriere acustiche, come valutarne le prestazioni”, *Costruire in laterizio*, numero 58, pagg. 288-295.

Lodi A., Roncalli E. e Minora I. (2001), “Schema di certificazione LEED: analisi della struttura di crediti”, *Ambiente & Sicurezza, Il sole 24 ore*, n.22, pp.103-104.

Romaniello A. e Aldini S. (2012), “Imprese e reati ambientali”, *Ambiente & Sicurezza, Il sole 24 ore*, n.6. pag. 64.

Romeo D., Zambianchi P., Romeo G. (2009), “Rifiuti da cantiere. Come gestirli correttamente”, *Tecnologie & soluzioni per l’ambiente, Il Sole 24 ore*, n.4, pp. IV-V.

Normativa

Comune di Abbiategrasso, *Piano di classificazione acustica*.

Comune di Abbiategrasso, *Piano generale del traffico urbano*.

Comune di Abbiategrasso, *Regolamento di igiene comunale*.

D.lgs 4/2008, *Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale*.

D.lgs. 152/1999, *Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento da nitrati provenienti da fonte agricole*.

D.lgs. 152/2006, *Norme in materia ambientale*.

D.lgs. 22/1997, *Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio*.

D.lgs. 81/2008, *Testo unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*.

D.M. 471/99, *Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati*.

D.P.C.M. 1/3/91, *Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.*

D.P.C.M. 14/11/1997, Aggiornamento del D.P.C.M 1/3/91, *Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.*

D.P.C.M. 27 dicembre 1988, Allegato I, *Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità.*

DECISIONE COMMISSIONE 2001/680/ CE.

Delibera del Comitato Interministeriale del 4/2/1977 per la tutela delle acque dall'inquinamento.

Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva

Direttiva ministeriale 9 aprile 2002, Indicazione per la corretta e piena applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti.

Direttiva quadro 2000/60/CEE nel settore delle risorse idriche.

Direttiva quadro 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane.

DM 413/95, *Regolamento recante norme per l'istituzione ed il funzionamento del Comitato per l'Ecolabel e l'Ecoaudit.*

Legge 447 del 26 ottobre 1995 – *Legge quadro sull'inquinamento acustico.*

Legge Regionale Emilia Romagna 35/2000, *Disciplina della procedura di valutazione dell'impatto ambientale.*

Legge Regionale Lombardia 62/1985, *Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle pubbliche fognature - Tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento.*

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 18 Giugno 2001, *Linee guida V.I.A.*

Principali requisiti igienico sanitari e di sicurezza da adottare nella realizzazione dei campi base per la costruzione di grandi opere pubbliche quali la linea ferroviaria ad Alta Velocità e

la Variante Autostradale di Valico, *Nota interregionale Campi base n.12 della Regione Emilia Romagna e della Regione Toscana.*

RACCOMANDAZIONE COMMISSIONE 2001/681/CE.

REGOLAMENTO CE N 761/2001 (EMAS II), *adesione volontaria delle imprese del settore industriale a un sistema comunitario di ecogestione e audit.*

UNI EN ISO 14001:2004, *Sistemi di gestione ambientale. Requisiti e guida per l'uso.*

UNI EN ISO 9613-2:2006, *Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto.*

Sitografia

ACCREDIA , Ente italiano di accreditamento: <http://www.accredia.it/>

ARPA Emilia-Romagna: <http://www.arpa.emr.it/>

Arpa Lombardia: <http://ita.arpalombardia.it/>

BREEAM, BRE Environmental Assessment Method: <http://www.breeam.org/>

California Stormwater Quality Association: <http://www.cabmphandbooks.com/>

Caterpillar: <http://www.cat.com/>

CIFA, Compagnia Italiana Forme Acciaio S.p.A: <http://www.cifa.com/>

CIR AMBIENTE: <http://www.cir-ambiente.it/>

Commissione Europea: <http://ec.europa.eu/>

Comune di Abbiategrasso: <http://www.comune.abbiategrasso.mi.it/>

EPA, Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/>

Euromec: <http://www.euromec.net/>

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana: <http://www.gazzettaufficiale.it/>

GBCI, Green Building Council Italia: <http://www.gbitalia.org/>

Geosider Servizi: <http://www.geosiderservizi.com/>

HQE, Haute Qualité Environnementale: <http://assohqe.org/>

ISPESL: <http://www.ispesl.it/>

ISPRA: <http://www.isprambiente.gov.it/>

ITACA: <http://www.itaca.org/>

LEED Online: <https://leedonline.usgbc.org/>

Normattiva: <http://www.normattiva.it/>

PERI: <http://www.peri.it/>

Provincia di Milano: <http://www.provincia.milano.it/>

Putzmeister Group: <http://www.putzmeister.it/>

REDI: <http://www.redi.it/>

Regione Emilia Romagna: <http://www.regione.emilia-romagna.it/>

Regione Lombardia: <http://www.regione.lombardia.it/>

Smart Space Solutions srl: <http://www.smartspace.it/>

TÜV ITALIA: <http://www.tuv.it/>

University of Virginia Environmental Health & Safety: <http://ehs.virginia.edu/>

USGBC, United States Green Building Council: <http://new.usgbc.org/>

Ringraziamenti

Giunti al termine della tesi, mi trovo ora a scrivere la pagina più personale, che vuole essere un contributo ulteriore al percorso che mi ha portato fino a qui. Un percorso lungo che mi ha dato tante soddisfazioni, ma anche momenti più negativi, che però mi ha fatto crescere e maturare e mi ha preparato alle nuove sfide che mi si presenteranno davanti in futuro.

Vorrei ringraziare in primo luogo chi mi ha sempre sostenuto (e sopportato) in questi anni di università ovvero la mia famiglia: mamma, papà, Ste, nonni, zii, Lorenzo. Se sono arrivato a questo traguardo è anche merito loro.

Un grazie sincero al mio relatore, Ing. Marco Bragadin, per la disponibilità, la professionalità, la competenza, l'interesse, i consigli che mi ha trasmesso nell'elaborazione di questa tesi.

Grazie all'Ing. Marco Maglionico, correlatore, che ha contribuito nella tesi con importanti suggerimenti e indicazioni progettuali.

Grazie all'Ing. Ugo Di Camillo, correlatore, titolare dello studio di ingegneria T.H.E.MA. s.r.l. di Bologna, nel quale ho svolto per alcuni mesi il tirocinio formativo, per la disponibilità, l'interesse, la professionalità con cui ha seguito i temi proposti nella tesi.

Un caro ringraziamento a tutto lo staff dello studio T.H.E.MA. srl., in particolare a Simona e a Massimo, ingegneri professionisti nell'area pianificazione e sicurezza dei cantieri, per i consigli, i suggerimenti, il materiale, i documenti che mi hanno fornito, e per avermi fatto sentire a mio agio in ogni momento. Ringrazio inoltre l'Ing. Pasquale Branca per la visita al cantiere di Porta Nuova Isola a Milano, un'esperienza straordinaria e unica.

Un ringraziamento va all'Ing. Luca Barbaresi, per la gentilezza con la quale ha collaborato nello sviluppo del tema di acustica nei cantieri.

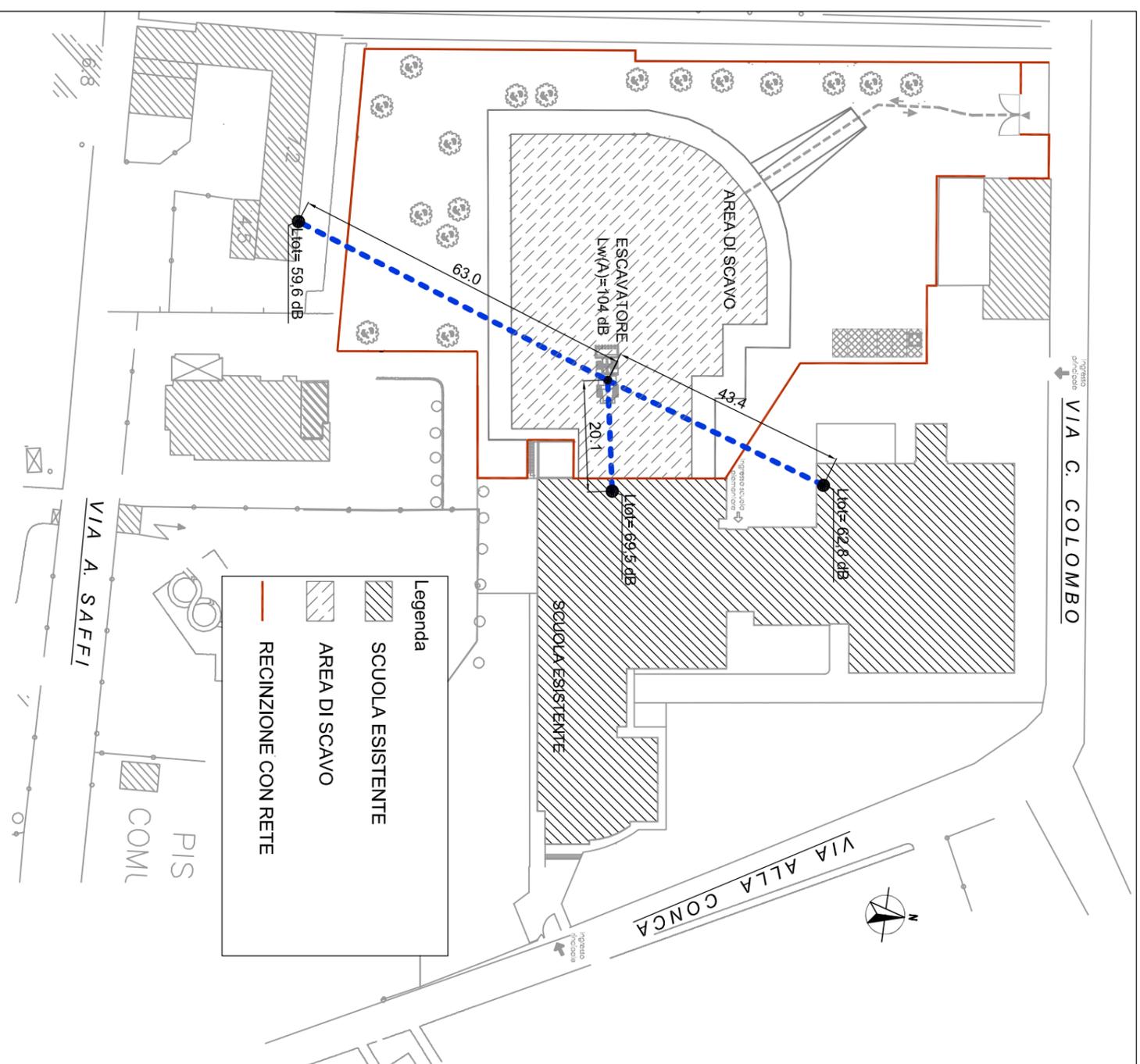
Veniamo agli amici. Grazie di cuore ai miei più stretti amici dell'Università con i quali ho condiviso tutto, tra cui gioie, fatiche, divertimenti, studio: a Giselle, Elena, Valentina, Chiara, Claudia, Margherita, Alberto e Stefano. Sono i compagni che tutti vorrebbero avere.

Grazie ai miei amici di infanzia, in particolare a Cate, Richi, Ale, Bizio, Lucio, Denni.

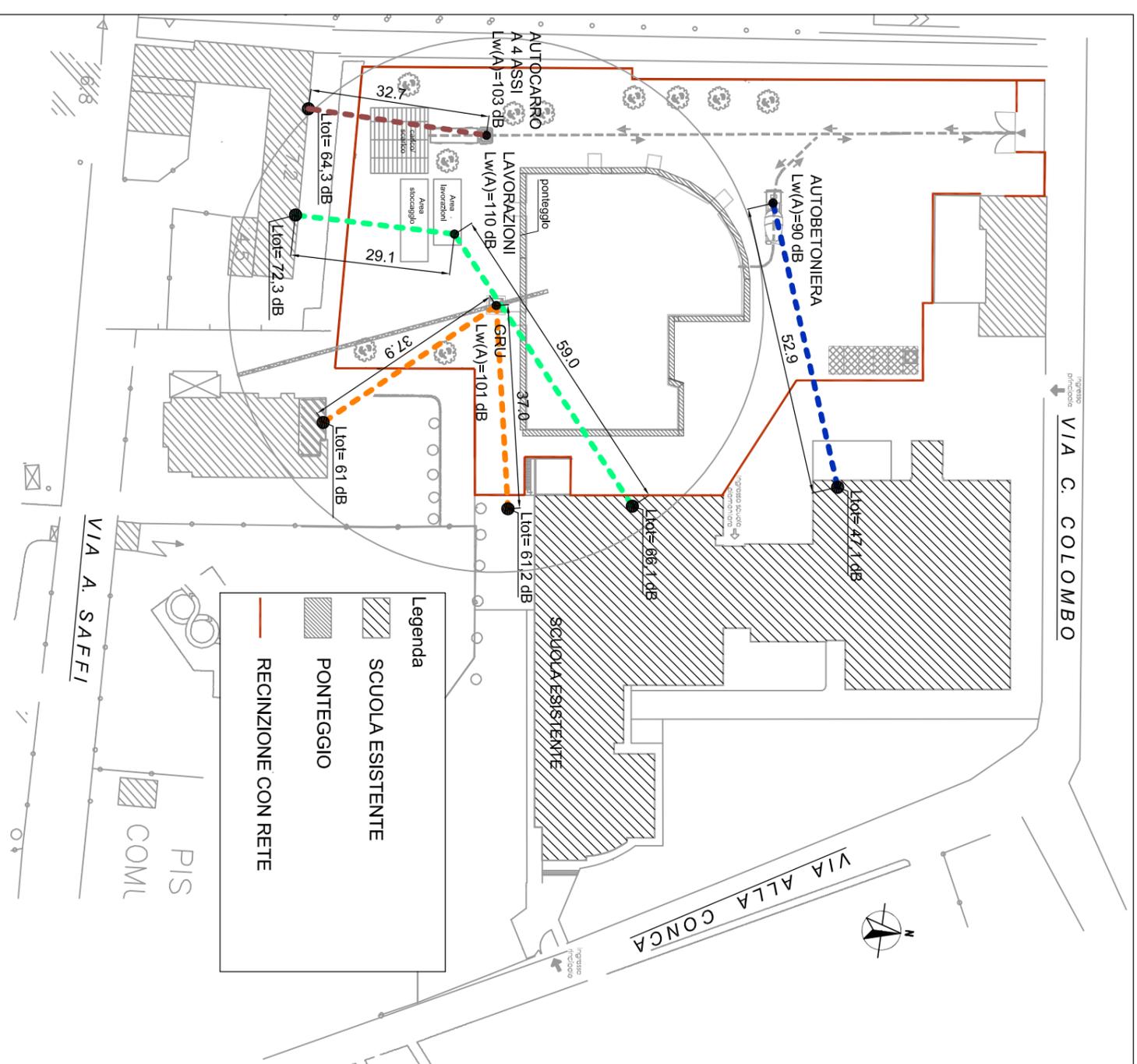
Infine un ringraziamento speciale che viene direttamente dal cuore. Dedico questo traguardo a Serena, la mia dolce metà, che da due anni sta al mio fianco e mi rende felice ogni giorno. Grazie per la fiducia che mi ha sempre dato, per avermi sopportato durante questi ultimi mesi di tesi, in cui abbiamo rinunciato a tanto altro, grazie per le parole sincere che mi hanno dato forza e orgoglio, per il coraggio che mi ha trasmesso. Non esistono frasi sufficienti per spiegare quanto sia importante per me.

Layout del cantiere: livelli sonori con recinzione a rete scala 1:1000

1) Layout del cantiere: fase di scavo

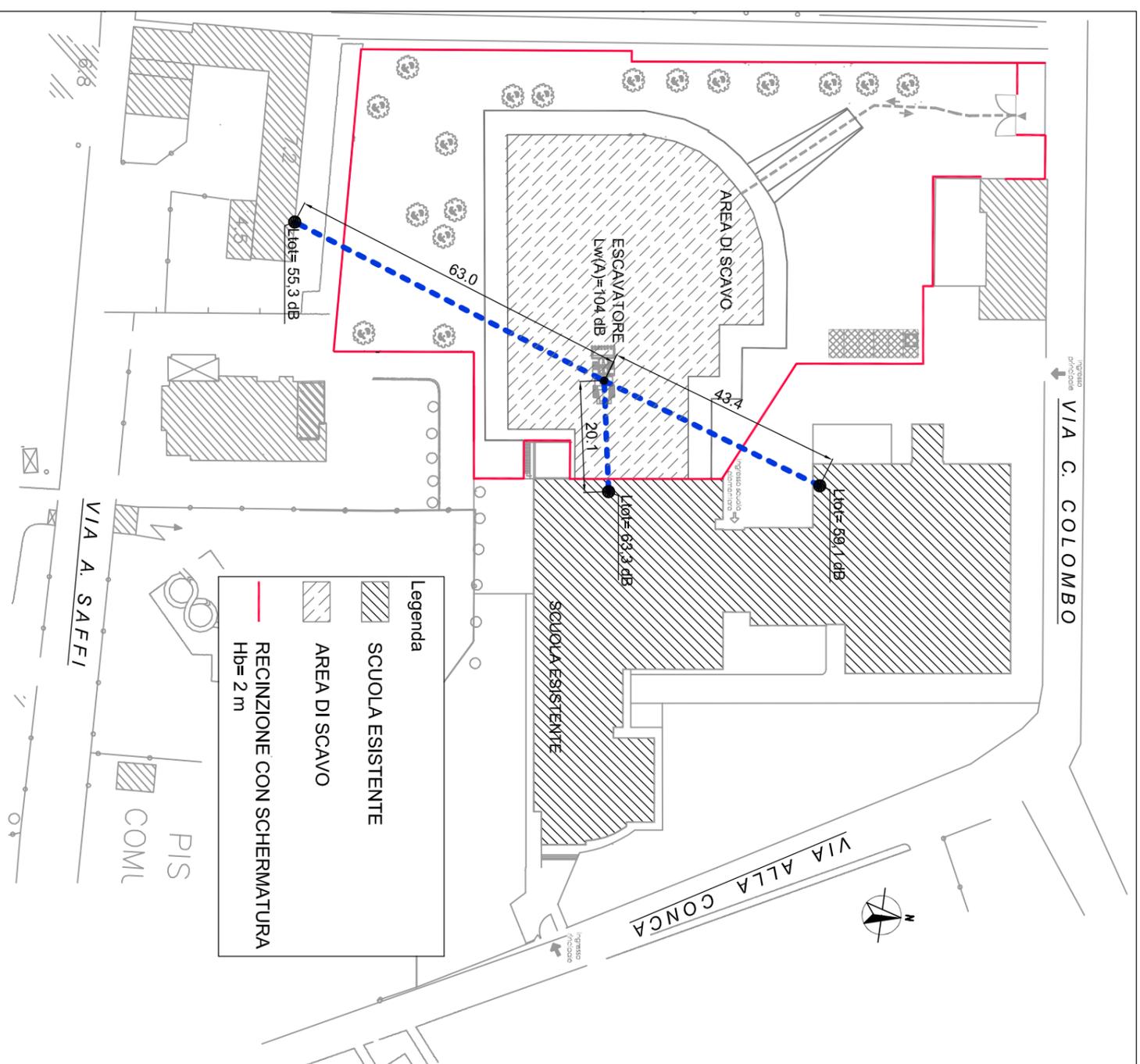


2) Layout del cantiere: fase di costruzione

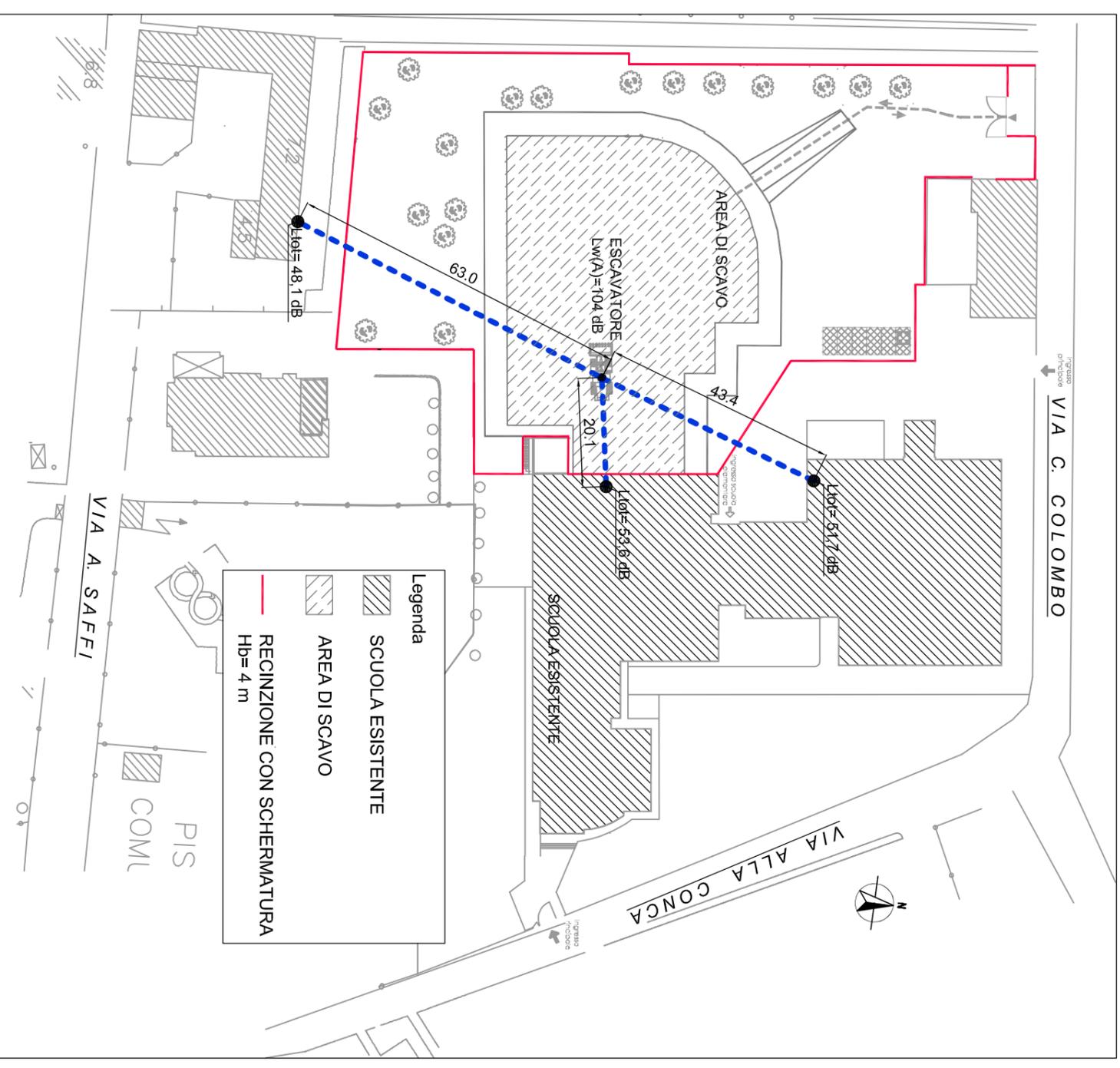


Layout del cantiere: livelli sonori nella fase di scavo scala 1:1000

1) Layout del cantiere: schermatura perimetrale $H_b=2$ m

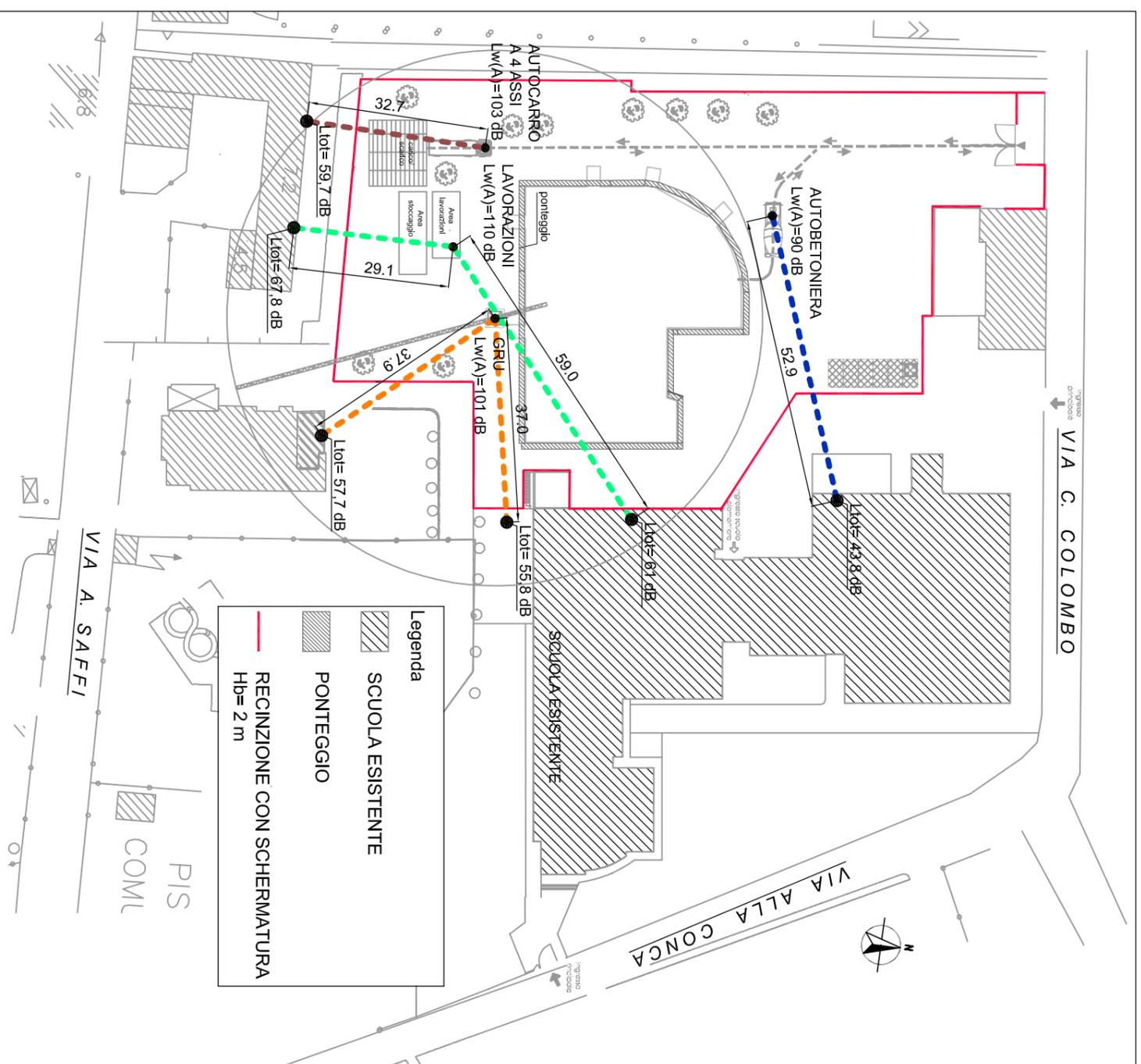


2) Layout del cantiere: schermatura perimetrale $H_b=4$ m

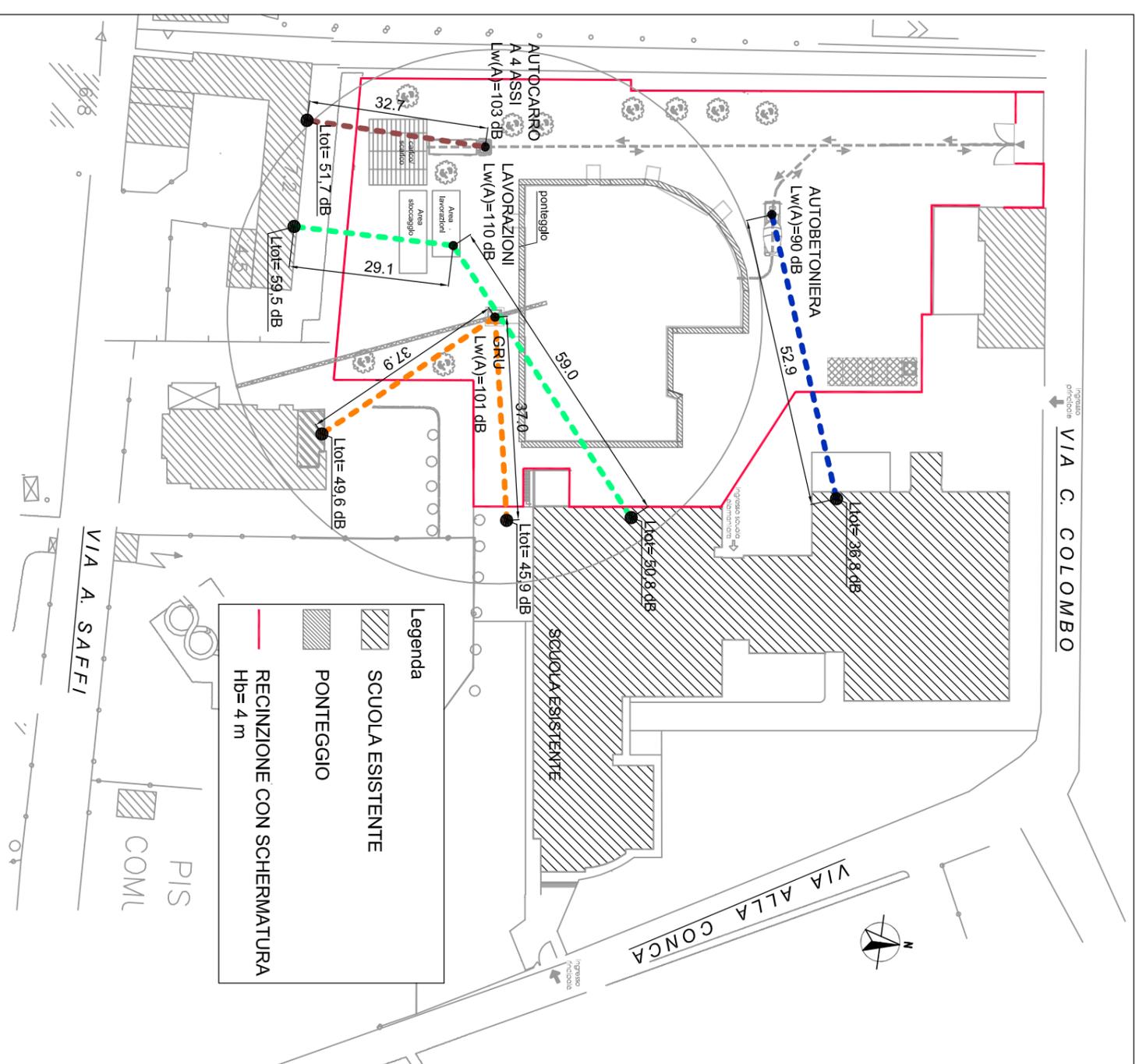


Layout del cantiere: livelli sonori nella fase di costruzione scala 1:1000

1) Layout del cantiere: schermatura perimetrale $H_b=2\text{ m}$



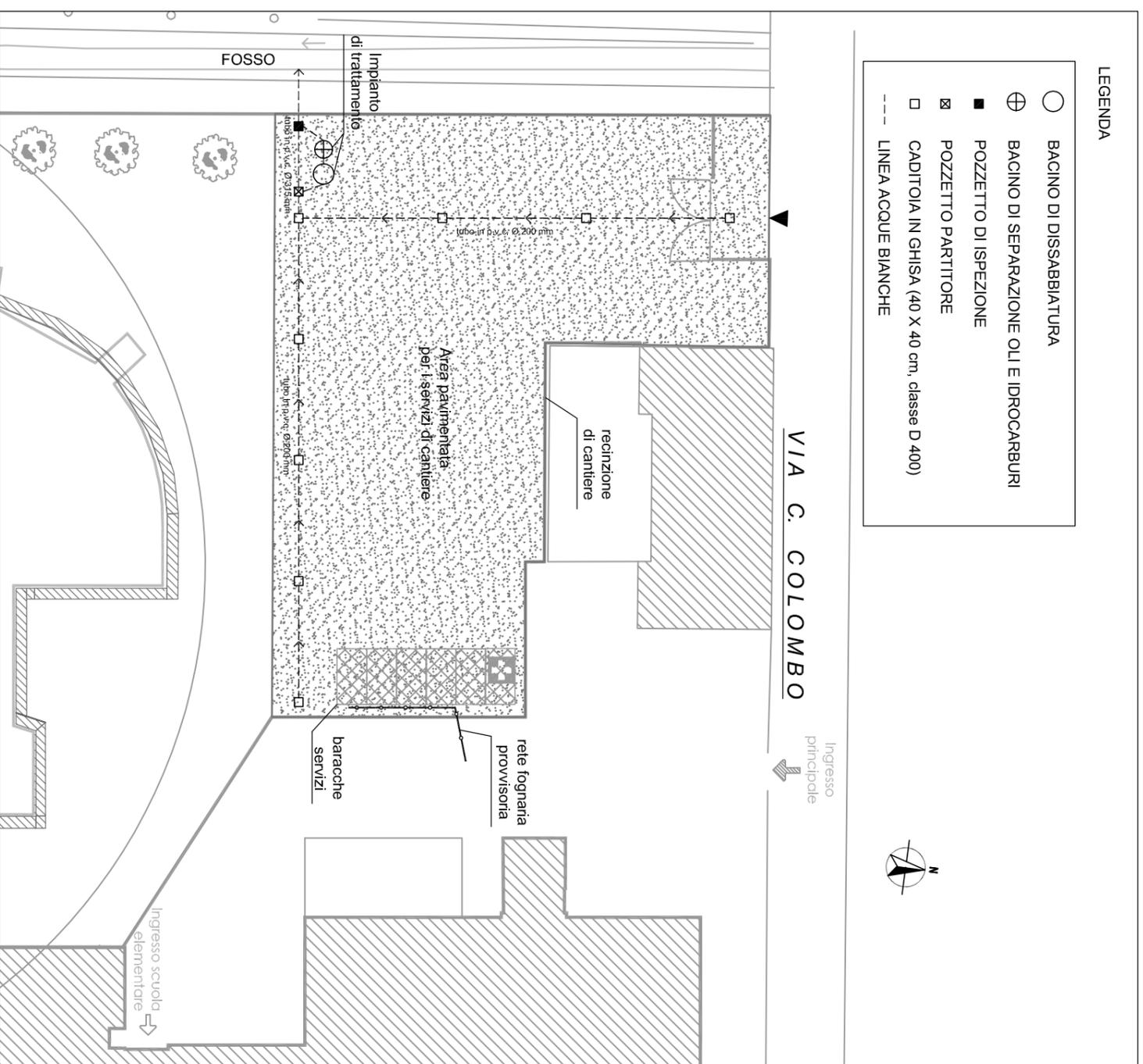
2) Layout del cantiere: schermatura perimetrale $H_b=4\text{ m}$



Planimetria scarichi

scala 1:500

1) Schema scarichi nella fase di cantiere



2) Schema scarichi nella fase di esercizio

