

# TESI DI LAUREA MAGISTRALE

candidato

ANDREA MONTALBANI

relatore

ALFREDO LIVERANI

corso di Laurea Magistrale in

ADVANCED DESIGN

oggetto

PROGETTO DI MOTOVEICOLO  
ELETTRICO DI TIPOLOGIA ENDURO

# IL CONCORSO DI ANCMA

Confindustria ANCMA (Associazione Nazionale Ciclo Motociclo ed Accessori) e ADI (Associazione per il Disegno Industriale), in collaborazione con EICMA (Esposizione Internazionale Ciclo e Motociclo), bandiscono nel Marzo 2018 un Concorso di idee dal titolo "Two Wheels Design". Il Concorso ha come obiettivo la presentazione di proposte progettuali elaborate da studenti o da gruppi di studenti delle Università e scuole di Design con sede in Italia, inerenti lo sviluppo di prodotti, sistemi di prodotto e servizi nell'ambito dei trasporti e della mobilità con specifico riferimento ai ciclomotori e motoveicoli.



CONFINDUSTRIA ANCMA  
Associazione Nazionale Ciclo Motociclo Accessori

Ho scelto di aderire all'iniziativa dando vita ad un progetto che soddisfi la prima categoria, ossia un motoveicolo elettrico. Il bando era privo di restrizioni particolari e si limitava a richiedere qualche schizzo su carta, accontentandosi di una forma originale, mai vista prima, senza dettagli approfonditi riguardo gli aspetti tecnici. Ho quindi colto l'occasione per ampliare il mio progetto e renderlo presentabile come tesi di Laurea Magistrale in Advanced Design.

# INTRODUZIONE

Nel secondo semestre del primo anno di Advanced Design presi parte al progetto di un autoveicolo elettrico biposto. Non essendo mai stato appassionato di automobili nel vero senso della parola, ho provato un forte entusiasmo nel cimentarmi in un progetto di quel calibro, approfondendo le mie conoscenze non solo per quel che riguarda l'aspetto progettuale al quale ero ormai abituato, ma acquisendo approfondite nozioni tecniche che hanno ulteriormente confermato il mio ingresso nel mondo dell'Advanced Design.

Analogamente, non ho mai nutrito passione per il mondo delle due ruote. Questo concorso si è presentato come un'occasione per ripercorrere i medesimi passi, documentarmi, ricercare, interessarmi, appassionarmi. E così è stato: cominciando con una ricerca preliminare che mi dipingesse un quadro più chiaro di quelle che sono le categorie di motoveicoli tuttora in produzione, mi sono poi spinto oltre, focalizzandomi sui modelli ad emissioni zero, per giungere così d'innanzi alla falla di mercato che il mio prodotto cerca di riempire. La ricerca ha quindi assunto un aspetto più tecnico, andando a coprire aspetti come alimentazione, propulsione, trasmissione, telaio, sospensioni e pneumatici.

Di seguito vediamo illustrati tutti gli step necessari che mi hanno portato al risultato finale.

Cominciamo con una ricerca approfondita su come si categorizzano i motoveicoli, suddividendoli nelle macrocategorie: strada, sterrato, utility.

A person wearing a helmet and a leather jacket is riding a motorcycle on a road. The motorcycle is a cruiser style with a large headlight. The background shows a blurred building and a utility pole. The word "STRADA" is overlaid in large, white, sans-serif capital letters across the center of the image.

STRADA

# STANDARD

I motoveicoli Standard, altresì detti “a nudo” o roadster, sono versatili e pensati per uso generico, purchè rimangano sul manto stradale.

Sono anche riconoscibili per l’inclinazione di chi le cavalca, a mezza via tra la seduta retta e quella sportiva delle moto da corsa.

Grazie alla loro flessibilità, economicità e relativamente bassa potenza, sono spesso preferite dagli utilizzatori meno esperti.

Esse sono perlopiù sprovviste di carenature o parabrezza e, nel caso in fossero presenti, sono di dimensioni ridotte.



# CRUISER

I motoveicoli Cruiser prendono la forma dai modelli apparsi sul mercato americano tra il '30 e il '60, in modo particolare quelli della Harley-Davidson.

I motori montati su questi modelli sono calibrati per fornire una coppia elevata anche a bassi regimi, per rendere la guida più confortevole.

La postura, quasi stereotipica, risulta essere del tutto eretta, se non addirittura tendente ad una lieve reclinazione, per alleviare il più possibile le tensioni del conducente anche durante viaggi molto lunghi.



# TOURING

Sebbene molti tipi di motoveicolo possano essere equipaggiate per coprire lunghe distanze, quelli che ricadono nella categoria touring sono fin dall'inizio progettati per quello scopo.

Sono tutti dotati di ampie protezioni per il vento, molto spazio per le gambe, serbatoi capienti, spaziosi alloggiamenti per i bagagli e garantiscono una postura retta e confortevole per il conducente.

La categoria comprende i modelli tra i più pesanti sul mercato, con pesi a vuoto che variano da 380 a 420kg.



# SPORT

I motoveicoli sportivi mettono al primo posto la performance a scapito della comodità o della riduzione dei consumi.

Il conducente è costretto a protendersi in avanti per garantire la massima aerodinamicità, tale postura risulta tuttavia priva di stress solamente oltre una certa velocità, quando l'attrito con l'aria ne compensa il peso.

La maggior parte di esse fa affidamento ad una carenatura che avvolge completamente il motore e ad un parabrezza di dimensioni ridotte, si preferiscono potenti motori con 4 cilindri in linea per mantenere rigidità del telaio e integrità strutturale.



# SPORT-TOURING

Come suggerisce il nome, i motoveicoli che ricadono in questa categoria sono il risultato del connubio tra sportività e comfort.

Il conducente si ritroverà quindi in una posizione assai più confortevole rispetto ad una moto sportiva, avrà più spazio per gambe, bagagli e, solitamente, un passeggero. Potrà tuttavia essere più aggressivo alla guida, specialmente in curva, avendo circa 50kg in meno di peso a vuoto.

La distinzione tra touring e sport-touring non è sempre chiara, il medesimo modello è stato visto apparire in categorie diverse, a seconda del mercato.



# DUAL-SPORT

Spesso denominati anche on/off road, i dual sport sono concepiti per essere adatti sia alla presenza che alla mancanza di manto stradale.

Spesso basati sul telaio delle moto da sterrato, sono dotate di tutti gli elementi che permettono legalmente di circolare in strada, come specchietti, segnali, fari e strumenti adeguati.

Essi risultano essere tendenzialmente più alti dei tipici motoveicoli da strada, stessa cosa vale per il centro di gravità. Montano inoltre lunghe e morbide sospensioni per agevolare la percorrenza anche su terreni accidentati, entro i limiti prestabiliti.v



# SCOOTER

I motori montati sugli scooter hanno cilindrata inferiore rispetto a quelli che si trovano sui motocicli, partendo da un minimo di 50cc per non eccedere gli 850cc.

La loro carrozzeria racchiude pressochè tutti i componenti, il che li rende più puliti e silenziosi dei motocicli, garantendo solitamente più spazio per i bagagli.

Le ruote montate sugli scooter sono più piccole di quelle che si trovano sui motocicli. Inoltre il motore fa sempre parte del forcellone, ciò implica che si muova assieme alle sospensioni posteriori.



# UNDERBONE

Gli underbone sono anch'essi motocicli di ridotte cilindrata caratterizzati da una carrozzeria "step-through" e priva di pedana per l'appoggio dei piedi, per i quali sono invece presenti appositi poggiapiedi laterali ed esterni.

I motocicli che ricadono in questa categoria si differenziano dagli scooter per via delle dimensioni maggiori delle ruote.

Spesso dispongono di un cambio automatico.



# MOPED

Lanciati sul mercato come un ibrido tra una bicicletta ed uno scooter, i moped montavano, oltre ai pedali e alla catena, un piccolo motore termico a due tempi fino a 50cc. Alcuni dei modelli più recenti montavano già un motore elettrico. Il moto era garantito dalla spinta del conducente, del motore o da entrambi.

Il loro successo commerciale si doveva anche alle ridotte limitazioni di percorrenza a cui erano soggetti, alle minori licenze richieste e alla crisi del petrolio degli anni '70.



# TRICICLI

Esistono alcuni veicoli a tre ruote che si classificano come motocicli. Molte case produttrici produssero varie versioni di questi veicoli, ma sono sempre stati trattati come motocicli per ragioni di registrazioni o licenze.

Alcuni di questi tricicli a motore hanno la capacità di piegarsi in curva pur mantenendo tutte e tre le ruote attaccate all'asfalto. Il modello più famoso è forse l'Mp3 della nostrana Piaggio, in cui le due ruote frontali sono dotate di sospensioni indipendenti per permettere di piegarsi, mentre esistono modelli analoghi in cui la coppia di ruote è montata sull'asse posteriore.



# CABINATI

I motocicli cabinati sono apparsi per la prima volta come prototipi futuristici nei primi decenni del '900 ed erano quasi totalmente "racchiusi". L'idea era di progettare il motoveicolo più veloce facendo leva sulla aerodinamicità.

Ai giorni nostri, seppur ormai fuori produzione da anni, l'unico modello di motoveicolo cabinato (semi-cabinato per l'esattezza) che si vede in circolazione è il BMW™ C1.



A motocross rider wearing a white and blue racing suit and a helmet with a red, white, and blue design is leaning into a turn on a dirt track. The rider is on a Yamaha motorcycle, and the word "STERRATO" is overlaid in large white letters across the center of the image. The background is a blurred dirt track with some green and red markings.

STERRATO

# MOTOCROSS

Le motocross sono esclusivamente concepite per la corsa su sterrato in circuiti chiusi a ostacoli.

Sono caratterizzate da una tanica di dimensioni assai ridotte per garantire leggerezza e compattezza e lunghe sospensioni per permettere la percorrenza a velocità elevata su terreni accidentati e, ai più esperti, di compiere acrobazie a mezz'aria.

Esse sono dotate di un motore monocilindrico a due o quattro tempi di cilindrata che variano da 50cc a 650cc.



# ENDURO

Si tratta di una versione modificata della motocross, dotata di tutti i dispositivi che garantiscono la licenza stradale, come indicatori direzionali, fari adeguati, targa, clacson e silenziatore.

Gli eventi che coinvolgono questa categoria possono durare a lungo, fino a sei giorni e spesso comprendono anche tratti su manto stradale.

I motori montati su questa tipologia di motoveicoli non presentano sostanziali differenze con quelli che si trovano sulle motocross, ma possono raggiungere cilindrata superiori, come nell'esempio in figura.



# TRAIL

L'unica sostanziale differenza che separa le moto da trail dalle enduro è l'utilizzo non competitivo, ricreazionale.

Anch'esse legalmente conducibili in strada e dotate dei dispositivi necessari.



# TRIAL

Probabilmente la prima cosa che salta all'occhio quando si osservano questi modelli è la totale mancanza di sedile. Le moto da trial sono infatti progettate per competizioni su sterrato in cui l'equilibrio gioca ruolo di rilievo a scapito della velocità.

Nelle moto da trial le priorità sono leggerezza, manovrabilità e velocità di risposta del motore, per queste ragioni montano monocilindrici che non superano i 300cc di cilindrata.

Il serbatoio è estremamente piccolo, il che costringe a competizioni di breve durata.



# RALLY

I motocicli rally sono una versione ulteriormente modificata della enduro, con taniche molto più ampie concepite per le competizioni a lunga distanza, nella maggior parte dei casi nel deserto.

Le cilindrata possono anche raggiungere i 750cc.



# TRACK

Le moto da track sono concepite per gareggiare in circuiti ovoidali, non hanno freni o sospensioni posteriori. I motori al metanolo sono a quattro tempi lunghi monocilindrici, con al più due marce soltanto. Alcune versioni come le speedway, o le grass-track, sono progettate per effettuare curve solamente verso sinistra.



A police officer wearing a white helmet and a high-visibility yellow vest is seated on a white and yellow checkered police motorcycle. The motorcycle has 'POLICE' written on the front fairing and 'HONDA' on the front panel. The officer is looking towards the camera. The background is a blurred, light-colored wall. The word 'UTILITY' is overlaid in large, white, sans-serif capital letters across the center of the image.

UTILITY

# UTILITY

I motoveicoli utility sono opportunamente modificati per svolgere un compito specifico, come pulizia, ambulanza, servizio militare ecc... La categoria include anche gli scooter adibiti alla consegna delle pizze.

E' una delle categorie più moderne di motoveicolo, avendo visto i suoi primi modelli non prima dei tardi anni 60.



# TERMICO vs ELETTRICO

“Sono semplicemente troppo grandi, troppo rumorose, troppo pericolose. Nessuno le vorrà comprare.”

Arthur R. Davidson, CEO Harley Davidson, riguardo alla produzione di motociclette più grandi, potenti e veloci.

“Sono semplicemente troppo poco prestanti, troppo silenziose e con troppa poca autonomia.”

Generale opinione riguardo l'entrata in commercio dei primi motoveicoli elettrici.

Queste citazioni sono un concreto esempio di come, negli anni, siano radicalmente cambiate le preoccupazioni delle case produttrici di motoveicoli.

L'avvento del motore elettrico ha inevitabilmente finito per inglobare anche il mondo del trasporto su due ruote, incontrando non meno ostacoli rispetto alle automobili, ma di diversa natura.

Di certo anche gli appassionati hanno fatto sentire la loro voce, esprimendo non poco scetticismo riguardo i fattori chiave come performance, autonomia, facilità di ricarica e così via. Alcuni temevano addirittura di sentire eccessivamente la mancanza di quel “ruggito” che li fece innamorare da giovani.

# TERMICO vs ELETTRICO

Il motore termico ed elettrico messi a diretto confronto

## PERFORMANCE

I motoveicoli elettrici e a combustibile di pari peso e dimensioni sono pressoché comparabili sulla performance. Nel 2013 la celeberrima rivista "Road and Track" ha giudicato le moto elettriche più potenti e facilmente controllabili rispetto alle rivali convenzionalmente alimentate. Esse hanno mostrato una maggiore accelerazione dovuta alla coppia massima sempre garantita del motore elettrico.

## AUTONOMIA

Quando si parla di autonomia, i motoveicoli elettrici si trovano in netto svantaggio, per via del fatto che l'energia immagazzinabile dalle batterie non potrà mai eguagliare la capienza di un serbatoio. Al giorno d'oggi, una autonomia di più di 200km è considerata eccellente. L'utilizzo ideale risulta quindi essere quello cittadino.

## MANUTENZIONE

I motoveicoli elettrici richiedono molta poca manutenzione. Necessitano di molti meno componenti rispetto ai corrispettivi alimentati a benzina e le uniche preoccupazioni sono gli elementi che si consumano come i dischi dei freni o gli pneumatici.

# TERMICO vs ELETTRICO

Il motore termico ed elettrico messi a diretto confronto

## COSTO DEL CARBURANTE

Con un costo di circa 1 o 2 centesimi di euro per km percorso, i motoveicoli elettrici permettono enormi risparmi sul carburante. Facendo una media dei costi nei paesi utilizzatori, si giunge a circa 0,80€ per 100km di percorrenza.

## TEMPI DI RICARICA

Anche servendosi di apparecchiature sofisticate, il tempo che richiede una completa ricarica non potrà mai essere paragonato a quello impiegato per rifornire un serbatoio di benzina, con tempi che si aggirano intorno alle 2 ore per le batterie più capienti. Per quanto questo aspetto possa non rappresentare un ostacolo per chi ne faccia un uso quotidiano, potendo lasciare il veicolo in carica per la notte, lo diventa di sicuro quando si tratti di viaggi lunghi.

## RUMORE

I motori elettrici sono significativamente più silenziosi di quelli termici, il che potrebbe rappresentare un pericolo per i pedoni intenti ad attraversare. E' però considerato un punto a favore per il conducente, che riesce ad avvertire meglio il traffico circostante.

# IL MERCATO

Al giorno d'oggi il mercato dei motoveicoli elettrici risulta essere tutt'altro che limitato. Le analisi condotte nel 2018 svelano l'esistenza di aziende, relativamente piccole, nate con il solo scopo di progettare e produrre motoveicoli alimentati esclusivamente a batterie ricaricabili agli ioni di litio, tra cui la ormai celebre Zero™ con sede in California ed Energica™ con sede a Modena.

Molte altre grandi aziende produttrici di veicoli da strada hanno aggiunto modelli ad emissioni zero ai loro cataloghi, notando una sempre più grande richiesta da parte del pubblico che sembra apprezzare le agevolazioni offerte da essi, specialmente per la circolazione in città, dove solo raramente sono soggetti alle regolamentazioni ZTL.

Le elevate prestazioni dei motori elettrici, capaci di offrire la coppia massima virtualmente a qualsiasi regime, rimangono il fiore all'occhiello per questa categoria di motoveicoli: le accelerazioni si avvicinano a quelle delle automobili sportive più costose e prestanti, anche se le velocità massime rimangono di gran lunga inferiori, così come l'autonomia. Le case produttrici danno infatti molta più importanza allo sviluppo di nuovi motori o batterie sempre più a lunga durata piuttosto che ad arricchire i propri cataloghi con un numero sempre maggiore di modelli.

La continua sensibilizzazione verso l'ambiente e la presenza sempre crescente di torrette di ricarica nelle città permettono a questo settore di essere in continua crescita, andando tra l'altro contro le aspettative più rosee. Molti appassionati ed entusiasti rimangono però fedeli al ruggito dei motori a combustione interna.



STRADA

ELETTRICHE

# STRADA

Il mercato dei motoveicoli elettrici è nato con i primi modelli da strada, in modo particolare per uso cittadino, rivelandosi estremamente efficienti nella corta percorrenza e, nella maggior parte dei casi e col passare del tempo, sempre meno soggetti alle restrizioni di circolazione.

Nel 2018 vi sono ormai 17 case produttrici di motocicli elettrici per uso stradale, tra le quali tro-neggiano la Zero™ Motorcycles, la Energica e altre ditte con sede in Cina, leader indiscusso in questa fetta di mercato. Molte altre case produttrici di mezzi a due ruote come la BMW, hanno pian piano introdotto i loro modelli ad emissioni zero come il C Evolution, mentre altri hanno semplicemente apportato modifiche ai modelli già esistenti per creare spazio adibito al vano batterie e al motore elettrico.

Prendiamo ora in analisi alcuni dei modelli che più si avvicinano al nostro target progettuale.



# ZERO™ S/SR

Una streetfighter dal design sportivo, simile a quello delle rivali a benzina perché le batterie sono tutte nascoste nella parte centrale. L'autonomia è da record: 317 km raggiunti grazie alla Power Tank opzionale. Monta il motore Z Force che eroga 54 CV e garantisce un'accelerazione immediata ma facilmente dosabile, si guida facilmente e si dimostra molto pronta tra le curve veloci. Il prezzo di questi motoveicoli (12.800 - 19.900€) è ritenuto allo stesso tempo elevato ed adeguato, a causa della grande qualità di componenti all'avanguardia. Un eventuale passeggero si vedrà riservato solo una piccola parte della sella, rendendo la permanenza assai sgradevole.



# ZERO™ DS/DSR

Questa dual sport ha ruote tassellate ed escursione delle sospensioni allungata che la differenziano dai modelli S ed SR e ciò rende la guida piacevole in tutte le condizioni, sterrati inclusi. Equipaggiata con il medesimo motore Z-Force, la Zero Motorcycles DS vanta prestazioni interessanti: 54 CV di potenza e 143 Nm di coppia istantanea e risponde in maniera incredibilmente veloce a ogni comando. Il telaio è in alluminio ed è agganciato a sospensioni regolabili Showa. Di qualità anche l'impianto freni, che utilizza l'ABS sviluppato da Bosch. Attraverso il Bluetooth si interagisce con la moto dallo smartphone tramite la app di Zero Motorcycle e si può intervenire nei settaggi di alcuni parametri del motore (accelerazione, velocità massima e frenata rigenerativa in base al proprio stile di guida).

Per quanto alcune riviste di appassionati la etichettino come Enduro, sospensioni, pneumatici, forcella e altri elementi la mantengono sempre più vicina alla categoria stradale/sportiva.



# ENERGICA EGO

Energica Motor Company srl è un'azienda italiana produttrice di motocicli elettrici appartenente al Gruppo CRP, che a sua volta formato da sei aziende che si occupano di 3d printing, lavorazione CNC, Fabbricazione Additiva e sinterizzazione con la Windform.

Il modello Ego è una delle poche superbike elettriche presenti sul mercato oggi, deriva dalle versioni racing schierate in gara dalla factory emiliana. Grazie al motore sincrono PMAC a magneti permanenti con una potenza di 107 kW e una coppia di 200 Nm, la Ego si può portare da 0 a 100 km/h in meno di 3 secondi. Le batterie garantiscono 150 km di autonomia a una media di 80 km/h e si ricaricano in 3,5 ore o in 30 minuti grazie ad un impianto a corrente continua. Nonostante l'ingente peso pari a 258kg, risulta essere molto bilanciata anche in curva. Il prezzo risulta elevato, ma consono alle prestazioni.



# ENERGICA EVA

Versione naked della super sportiva Energica, è una moto ad alte prestazioni estremamente curata nelle dotazioni e nell'assemblaggio. Equipaggiata con un motore trifase sincrono a magneti permanenti raffreddato ad olio, ha una potenza di 109 CV, una coppia di 180 Nm e velocità massima autolimitata a 200 km/h. Le batterie al litio permettono 1200 cicli di carica e forniscono un'autonomia di 200 km se si utilizza la mappatura più conservativa delle 4 disponibili. I tempi di ricarica variano a seconda del sistema utilizzato: con il fast charge (ancora poco diffuso in Italia) bastano 30 minuti per l'80% della carica. Il peso è elevato, ma per le manovre si può utilizzare la retromarcia. Le dotazioni comprendono sospensioni Bitubo regolabili e tre freni a disco Brembo gestiti da ABS Bosch.



A person wearing a full protective gear, including a helmet and goggles, is riding a yellow and white electric dirt bike on a gravel path. The rider is leaning forward, and the bike is kicking up a cloud of dust. The background features rolling hills and tall grasses under a clear sky. The text 'STERRATO' is overlaid in large white letters across the center of the image.

# STERRATO

ELETTRICHE

# ZERO FX/FXS

Dual-sport, pesa 140 kg, ha ruote da 21" e 18", freni a disco ben dimensionati per le prestazioni del potente motore elettrico, controllati dall'ABS sviluppato da Bosch. La potenza è di 44 CV ma è la coppia il fiore all'occhiello: 95 Nm disponibili fin da subito per un'accelerazione bruciante. Disponibile in due versioni con batterie da 2,9 kWh e 5,7 kWh che forniscono un'autonomia da 110 a 220 km. Rispetto ad altri modelli Zero, la FX ha le batterie rimovibili, evitando a chi ne ha una di scorta, così di rimanere fermi durante la ricarica. Anch'essa trova non poche critiche rivolte al prezzo di vendita, sempre sopra alla media.



# KTM E-XC

Il futuro dell'enduro, secondo KTM, è silenzioso ed elettrico: addio ai motori a benzina che turbano la quiete dei boschi. Ne è testimone la versione 2018 della Freeride E-XC, migliorata parecchio fuori e dentro specialmente per quanto riguarda l'autonomia che arriva a un'ora e mezza. Contribuisce a questo miglioramento il nuovo sistema di rigenerazione in frenata. Bastano 75 per arrivare all'80% di ricarica della batteria. Tre le modalità di guida: Economy, Enduro e Cross, con diverse risposte del motore. Cresce anche la potenza del motore, che passa da 22 a 24,5 CV con 42 Nm di coppia. Contenuto infine, il peso, considerato il carico di batterie: 111 kg in ordine di marcia. Quanto al prezzo, in KTM dicono che sarà in linea con quello della versione a benzina (7.860 euro), cui vanno aggiunti i 50 euro mensili per il noleggio della batteria.



# IL CONFRONTO

Mettiamo ora a confronto diretto i modelli di motoveicoli elettrici analizzati.

MARCA	MODELLO	DIMENSIONI LxWxH mm	INTERASSE mm	PESO kg	AUTONOMIA km	POTENZA kW	VELOCITA' km/h	PREZZO €
ZERO	S/SR	2190 x 850 x 1200*	1410	142 - 188	288 - 358	23-40 / 40-52	139 - 164	12.800 - 22.840
ZERO	DS/DSR	2190 x 850 x 1200*	1427	144 - 190	262 - 328	23-45 / 45-52	139 - 158	12.800 - 26.180
ZERO	ZERO	2100 x 820 x 1100*	1438	114 - 132	146 - 220	33	n.d.	12.500
ENREGICA	EGO	2140 x 830x x 1140	1465	258	150	107	a.l. 200	30.500
ENERGICA	EVA	2140 x 870x x 1220	1465	238	200	66 - 107	a.l. 200	26.801 - 31.537
KTM	E-XC	2236 x 786 x 925 (5)	1481	110	ca. 50	16,7	n.d.	11.800

\*la casa produttrice non mette a disposizione questi dati. Le misure sono state stimate dopo un confronto con modelli simili.

# IL TARGET

Non esiste ancora una vera e propria Enduro Electric. Molti dei modelli che vengono definiti come tale presentano caratteristiche che li rendono comunque più vicini alle naked street o alle motocross.

Il mio obiettivo è quindi il progetto di un motoveicolo elettrico equivalente ad una Enduro di grossa cilindrata, dotato di tutti gli elementi che permettano l'utilizzo sia stradale che su sterrato, senza evitare la postura eretta e comoda e dalle dimensioni che permettano la presenza di un pacco batterie grande abbastanza da garantire una certa autonomia.

La BMW GS 850 è un ottimo modello di motoveicolo Enduro da cui partire per il progetto di un equivalente totalmente elettrico, tuttora non presente sul mercato.



# IL TARGET - BMW GS 850

Prendiamo ora in analisi le caratteristiche tecniche del nostro modello di riferimento:



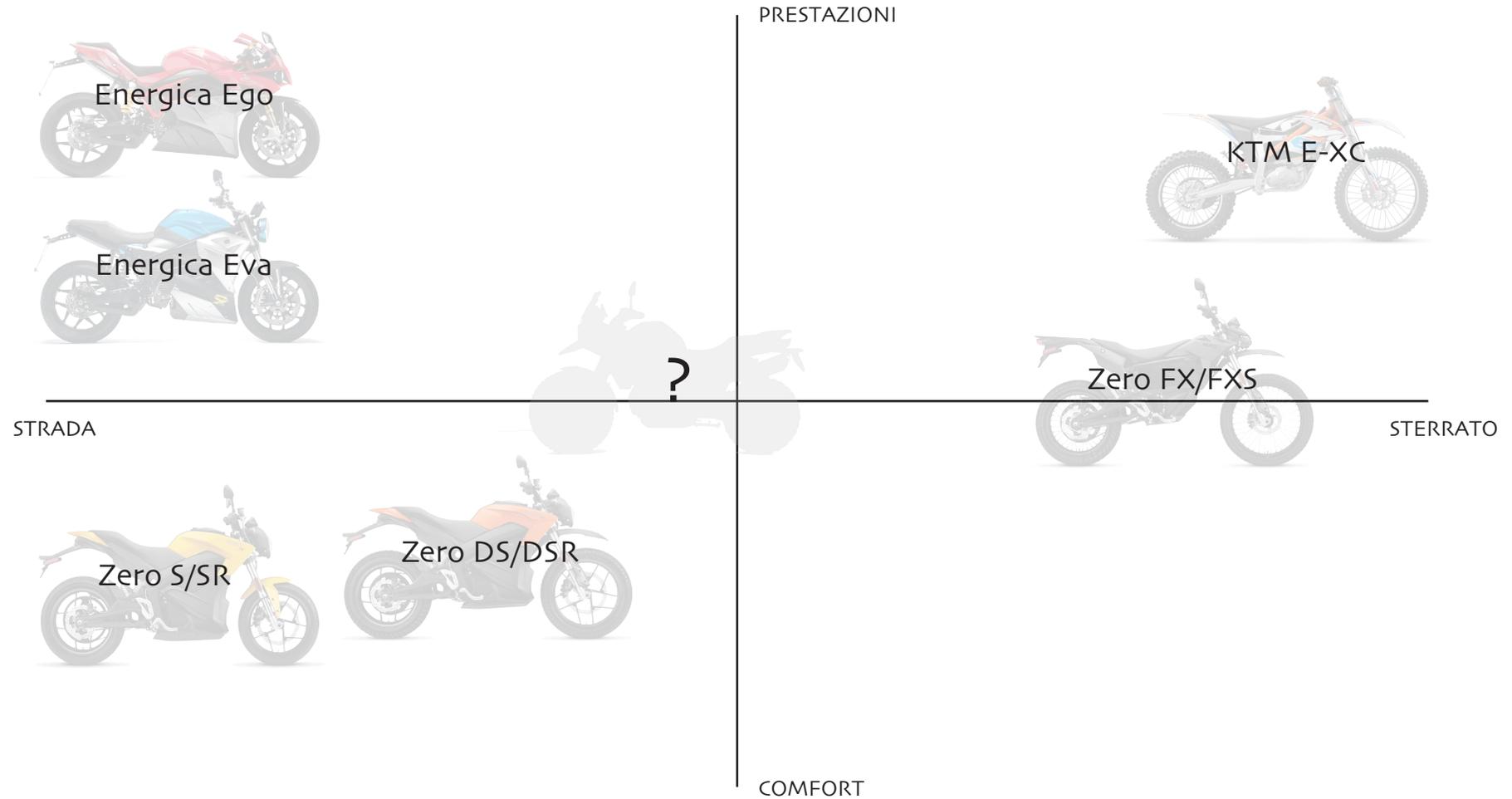
INFORMAZIONI GENERALI		MISURE		MOTORE	
MARCA:	BMW	LUNGHEZZA:	2280 mm	TIPOLOGIA:	Termico
MODELLO:	GS 850	LARGHEZZA:	880 mm	CILINDRI:	2
CATEGORIA:	ENDURO STRADALE	ALTEZZA:	1215 mm	CILINDRATA:	853cc
ANNO:	2017	ALTEZZA SELLA:	860 mm	POTENZA:	70kw/95cv
PREZZO:	12.800€	INTERASSE:	1562 mm	COPPIA:	92Nm a 6250 rpm
		PESO:	229 kg	VELOCITA':	200 km/h
		AUTONOMIA:	345/375 km		

# IL TARGET - VINCOLI

Di seguito sono riportati tutti i vincoli progettuali per meglio inquadrare il risultato finale.

INFORMAZIONI GENERALI		MISURE		MOTORE	
CATEGORIA:	ENDURO STRADALE	LUNGHEZZA:	2100 - 2350 mm	TIPOLOGIA:	Elettrico
ANNO:	n.d.	LARGHEZZA:	800 - 950 mm	CILINDRI:	n.d.
PREZZO:	13.000 - 18.000 €	ALTEZZA:	1100 - 1250 mm	CILINDRATA:	n.d.
		ALTEZZA SELLA:	800 - 850 mm	POTENZA:	45 - 60 kW
		INTERASSE:	1500 - 1600 mm	COPPIA:	n.d.
		PESO:	140 - 200 kg	VELOCITA':	130 - 170 km/h
		AUTONOMIA:	250 - 300 km		
		PNEUMATICI:	90/90 21",150/70 17"		

# IL BENCHMARKING



# RICERCA TECNICA

## Il motore elettrico: brushed vs brushless

Il motore brushless ("senza spazzole") è un motore elettrico a corrente continua (BLDCM) o alternata (PMSM) in base alla configurazione di costruzione. Monta un rotore a magneti permanenti e lo statore a campo magnetico stazionario (BLDCM) o rotante (PMSM). A differenza di un motore a spazzole non ha quindi bisogno di contatti elettrici striscianti sull'albero del rotore per funzionare. La commutazione della corrente circolante negli avvolgimenti dello statore, e quindi la variazione dell'orientamento del campo magnetico da essi generato, avviene elettronicamente. Ciò comporta una minore resistenza meccanica, una scarsa possibilità di formazione delle scintille e una notevole riduzione di manutenzione periodica.



Motore elettrico brushless a corrente alternata (sincrono)



Motore elettrico brushed a corrente diretta (asincrono)

# RICERCA TECNICA

## Il motore elettrico: brushed vs brushless

Il motore brushless viene spesso utilizzato in campo industriale, nelle macchine automatiche che necessitano di movimenti precisi e ingombri contenuti.

Recentemente sono stati introdotti sul mercato del condizionamento e della refrigerazione.

La progressiva diminuzione dei costi dei sistemi di controllo elettronici prodotta dalle economie di scala ha reso questa tipologia di motore sempre più conveniente, arrivando a sostituire i vecchi modelli a spazzole nell'industria dell'automotive. Oggi sono sempre più numerosi i veicoli elettrici che preferiscono il motore brushless a quello tradizionale, non solo per quel che riguarda le basse prestazioni dell'utilizzo cittadino, ma anche nel mondo della corsa, dove è nata una nuova categoria chiamata Formula E.



# RICERCA TECNICA

## Il motore elettrico: brushed vs brushless

Il primo notevole **vantaggio** dei motori elettrici brushless riguarda l'aspettativa di vita del motore: l'assenza di spazzole elimina la principale fonte di usura e di rumore, quindi un minor costo di manutenzione e di parti di ricambio. A parità di coppia e/o potenza erogata i motori elettrici brushless sono molto meno voluminosi. Sono estremamente efficienti: non necessitano di un campo magnetico rotorico, i magneti sono posizionati sul rotore e realizzati con speciali materiali che permettono un controllo estremamente preciso in velocità e in accelerazione.

Il principale **svantaggio** sta nel maggiore costo di produzione: questo tipo di motore monta magneti permanenti sul rotore, mentre quelli a campo variabile si trovano sullo statore. La commutazione della corrente che circola negli avvolgimenti dello statore, e quindi la variazione dell'orientamento del campo magnetico generato, avviene elettronicamente grazie ad un dispositivo non necessario nel motore a spazzole, il cui costo va aggiunto al totale. Inoltre questi ultimi possono essere controllati simultaneamente, mentre ogni motore brushless deve essere controllato singolarmente dal dispositivo.

In conclusione, questa tipologia di motore risulta **idonea** ai nostri vincoli progettuali e alle aspettative di performance del prodotto finale.

# RICERCA TECNICA

## Le batterie

Giungiamo quindi a quello che può essere considerato l'ostacolo più arduo da aggirare quando si parla di progettare un veicolo elettrico: l'alimentazione.

Nonostante gli innumerevoli vantaggi, non solo prestazionali, garantiti da un motore elettrico rispetto ad uno tradizionale a combustione interna, quando si parla di autonomia esso si ritroverà in svantaggio quasi a prescindere. Mentre un serbatoio da 15 litri relativamente leggero può tranquillamente garantire fino a 400km di autonomia al motoveicolo, un pesante pacco batterie agli ioni di litio presenta più limiti.

Oltre all'autonomia vi è inoltre un altro svantaggio immediato: i tempi di ricarica. Non vi è alcun bisogno di parlare di cifre quando si mette a confronto il tempo necessario per fare il pieno con quello richiesto per una ricarica completa di un pacco batterie.



# RICERCA TECNICA

## Le batterie: l'accumulatore agli ioni di Litio

La batteria ricaricabile, nota come accumulatore agli ioni di litio (a volte abbreviato Li-Ion) è un tipo di batteria comunemente impiegato nell'elettronica di consumo. È attualmente uno dei tipi più diffusi di batteria per laptop e telefono cellulare, nonché per alcune auto elettriche, con uno dei migliori rapporti peso/potenza, nessun effetto memoria e una lenta perdita della carica quando non è in uso. Queste batterie possono essere pericolose se impiegate impropriamente e se vengono danneggiate e comunque, a meno che non vengano trattate con cura, si assume che possano avere una vita utile più corta rispetto ad altri tipi di batteria.

Una versione più avanzata della batteria agli ioni di litio è l'accumulatore litio-polimero.



# RICERCA TECNICA

## Le batterie: l'accumulatore agli ioni di Litio

Gli accumulatori agli ioni di Litio presentano numerosi **vantaggi**: il vincolo della forma è praticamente assente, fatto che permette di riempire efficientemente gli spazi disponibili nei dispositivi che le utilizzano. Gli ioni di litio hanno una densità di carica molto elevata, la più alta tra tutti gli elementi che si sviluppano naturalmente, ciò significa che le batterie siano molto più leggere rispetto alle altre tipologie presenti sul mercato.

Le batterie Li-ion non soffrono dell'effetto memoria. Hanno anche un basso tasso di auto-scarica, circa il 5% mensile, rispetto all'oltre 30% mensile delle batterie all'idruro metallico di nichel e al 20% mensile di quelle al nichel-cadmio. Non hanno processi di auto-scarica, ma soffrono di una lenta perdita permanente di capacità.

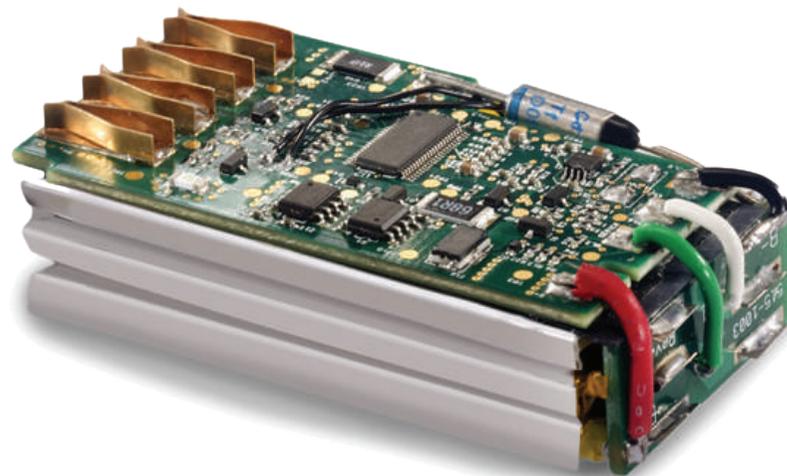
Il principale **svantaggio** della batteria agli ioni di litio è un degrado progressivo che si verifica anche col mancato utilizzo: ha una durata di conservazione fissa che non dipende dal numero di cicli di ricarica. Presentano una sensibilità alle alte temperatura relativamente forte e possono facilmente danneggiarsi senza le adeguate misure di sicurezza, il che le rende più pericolose. I modelli più sofisticati montano circuiti interni per il monitoraggio dei valori più rilevanti. Un problema delle batterie a base di litio è l'approvvigionamento della materia prima: il litio è disponibile in natura in quantità limitata e richiede processi di estrazione particolarmente complicati e costosi. Il mercato è in mano a pochi produttori.

# RICERCA TECNICA

## Le batterie: l'accumulatore Litio-Polimero

La batteria ricaricabile nota come accumulatore litio-polimero (abbreviato Li-Poly o, più comunemente, LiPo) è uno sviluppo tecnologico dell'accumulatore litio-ione.

La principale caratteristica che li differenzia è che l'elettrolita in sale di litio non è contenuto in un solvente organico, come nel molto diffuso disegno litio-ione, ma si trova in un composto di polimero solido, come ad esempio il poliacrilonitrile. Vi sono molti vantaggi in questo tipo di costruzione, che lo rendono superiore al disegno classico litio-ione, tra cui il fatto che il polimero solido non è infiammabile (a differenza del solvente organico utilizzato nelle cellule a Li-Ion) e queste batterie sono dunque meno pericolose se vengono danneggiate.



# RICERCA TECNICA

## Le batterie: l'accumulatore Litio-Polimero

Il primo **vantaggio** di questi accumulatori è che non necessitano di alcun tipo di contenitore in metallo: la batteria può essere più leggera e sagomata in modo da occupare efficientemente lo spazio. Questo permette di raggiungere il 20% di densità energetica in più rispetto a una Litio-Ione classica di pari volume e fino al 300% in più delle batterie NiCd e NiMH.

Alcuni recenti miglioramenti al design hanno aumentato la massima corrente di scarica da due a 15 o anche 20 volte la capacità della cella (corrente di scarica in ampere, capacità della cella in Ampereora "Ah"). Queste batterie devono ancora raggiungere il mercato di scala ma dovrebbero avere un effetto dirompente sui prodotti elettrici ed elettronici in particolare per le auto elettriche, elettronica di consumo e nello specifico nell'eliodmodellismo, aeromodellismo e automodellismo.

Il principale **svantaggio** nei confronti di una batteria agli ioni di Litio tradizionale sta in un tasso di degrado maggiore, anche se i continui sviluppi stanno sempre di più ovviando a questo problema. Alcuni modelli raggiungono più di 10 000 cicli di ricarica. Un altro aspetto negativo può essere la necessità di usare caricabatterie appositi, per evitare gravi danni causabili da un cortocircuito. Inoltre una cella Li-Poly può incendiarsi facilmente se forata, per cui le batterie sono, in varie applicazioni, ricoperte da un involucro plastico che dovrebbe prevenire le forature. In applicazioni specifiche (ad es. automobili radiocomandate), inoltre, sono richiesti controlli elettronici di coppia per i motori elettrici collegati alla cella, al fine di contenere le correnti di scarica e di conseguenza il danneggiamento della batteria.

# RICERCA TECNICA

## La scelta del drivetrain

Data la relativa semplicità nella realizzazione, quasi tutte le aziende nate con l'obiettivo di produrre motoveicoli elettrici progettano e producono i loro motori o drivetrain, in modo da dotarli delle caratteristiche adatte alle prestazioni target di ogni modello. Non essendo in possesso delle nozioni necessarie per fare lo stesso, ho ricorso a vari motori di ricerca per trovare un modello disponibile sul mercato.

A seguito di una lunga e accurata ricerca sui motori elettrici sincroni a magneti permanenti è stato trovato il modello che meglio fa al caso nostro: il drivetrain EMV 350/70 prodotto dalla ditta slovena Kolektor. Il motore è capace di erogare una potenza massima di **50kW** a 7000 rpm, ad un voltaggio di corrente continua di 350 V, per un peso di 34kg. La coppia è di 105 Nm.



# RICERCA TECNICA

## La scelta della cella

Vediamo a confronto diretto alcune delle celle prese in considerazione per l'alimentazione del veicolo

MARCA	MODELLO	VOLUME cm <sup>3</sup>	VOLTAGGIO V	CAPACITA' mAh	SCARICA C	PESO g	TIPOLOGIA	PREZZO €
All-Battery	5745135	36,45	3.7	3 000	15	78	Li - poly	6,08
All-Battery	9759156	91,55	3.7	10 000	10	210	Li - poly	11,74
+LiPoly Battery	LPHD3634101	12,36	3.7	1 000	30	46	Li - poly	4,79
+LiPoly Battery	LPHD4849135	31,75	3.7	3 200	15	77	Li - poly	7,88
+LiPoly Battery	LPHD7385155	97,18	3.7	10 000	15	231	Li - poly	16,85
Turingy	T5000.1S.20	53,76	3.7	5 000	20	114	Li - poly	6,63
Turingy	T5500.1R.15	66,36	3.7	7500	15	166	Li-poly	7,89

# IL PACCO BATTERIE

## Calcolo del numero celle

La cella **Turingy T5000.1S.20** ha una carica nominale di 5 000 mAh, ossia 5 Ah e una capacità di scarica di 20 C, il che significa che sia in grado di fornire una corrente massima di 100 A, ma per soli 3 minuti. Per le esigenze di un motoveicolo di questo tipo si considera una carica massima erogabile di 15 A.

Sappiamo inoltre che il drivetrain Kolektor necessita di un massimo di 350 V di corrente continua per funzionare. Le celle selezionate misurano 3.7 V ciascuna, il che significa che vanno connesse in serie in una quantità che permetta di raggiungere tale voltaggio:

$$350 \text{ V} / 3.7 \text{ V} = 95 \text{ celle connesse in serie (95 S)}$$

Resta ora da trovare la quantità di corrente che il pacco batterie deve essere in grado di fornire. Ora, dovendo erogare 50kW di potenza a 350 VDC, il motore elettrico avrà bisogno di 142 A. Nessun motoveicolo elettrico è progettato per funzionare a lungo al massimo delle sue potenzialità per varie ragioni tra cui il serio danneggiamento del motore o delle batterie, pertanto si adotta un tempo che si aggira sui 20 minuti (0,32 h) come fattore di conversione:

$$142 \text{ A} \times 0,32 = 45 \text{ A} \quad \longrightarrow \quad 45 \text{ A} / 15 \text{ A} = 3 \text{ serie di celle connesse in parallelo (3 p)}$$

# IL PACCO BATTERIE

Calcolo del numero celle

Riusciremo ora a calcolare facilmente il numero totale di celle di cui necessita il nostro motoveicolo:

$$\mathbf{Tot} = 3 P \times 95 S = 285 \text{ celle}; 32,5 \text{ kg}; 15,3 \text{ dm}^3$$

Risulta semplice calcolare anche il rendimento del pacco batterie al completo:

$$\mathbf{P} = 285 \times 3.7 \text{ V} \times 15 \text{ A} = 16 \text{ kWh}$$

Presumendo un peso finale che si aggiri attorno ai 200kg, il rendimento risulta idoneo alle aspettative di performance e autonomia, riuscendo a competere con gli altri modelli di motoveicolo elettrico presenti sul mercato.

Rimane ora da capire come meglio arrangiare le celle in base allo spazio disponibile; per fare ciò ci serviremo di un software CAD.

# IL PACCO BATTERIE

## I moduli

Per ragioni ergonomiche, il pacco batterie è stato suddiviso in quattro moduli identici, ognuno contenente 72 celle Turingy arrangiate in quattro colonne da 18 messe una accanto all'altra. Ogni modulo pesa circa 11kg e presenta maniglie sulle superfici laterali per facilitarne lo smontaggio quando necessario.

Come previsto dalle misure precauzionali delle batterie Litio-Polimero, le celle sono separate da un sottile strato di materiale isolante che serve sia a dissipare il calore che a contenere l'eventuale fuoriuscita di fluidi causata da un utilizzo in condizioni eccessive. Anche l'interno dell'involucro è opportunamente isolato, anche per non sprigionare troppo calore nei pressi del conducente.



# IL PACCO BATTERIE

## La disposizione

La suddivisione in quattro moduli presenta inoltre il seguente vantaggio: grazie all'elevata capacità di scarica delle celle Turingy, sarà possibile alimentare il motoveicolo montando solo due moduli. In questo modo l'autonomia sarà logicamente ridotta, ma il conducente avrà la possibilità di lasciare in carica i moduli rimanenti per poi sostituirli in modo semplice e veloce, riducendo drasticamente i tempi di inutilizzo. Avendo solo due moduli, inoltre, il mezzo risulterà più agile e leggero, soluzione ideale per competizioni o uso continuato.

Tutto ciò sarà reso possibile grazie da una disposizione 2x2 con estrazione orizzontale, agevolata da un'insenatura posta sulla superficie esterna di ogni modulo



# LA SCELTA DEI PNEUMATICI

Questo può essere definito forse il passaggio meno rilevante del progetto, in quanto ogni motociclista scelga i pneumatici in base ai suoi gusti o esigenze.

E' stata comunque effettuata una ricerca di mercato per dotare il motoveicolo di pneumatici adatti agli utilizzi prefissati. Il risultato è il modello Karoo 3 della ditta Metzler, uno dei più nuovi e apprezzati tuttora presenti sul mercato. La versione per ruota anteriore monta cerchi da 21" mentre quella per ruota posteriore da 19". I rapporti sono rispettivamente 90/90 e 150/70 ed entrambi di categoria R, ossia in grado di sopportare velocità fino a 170 km/h, il limite superiore di velocità target.



# LA SCELTA DELLA TRASMISSIONE

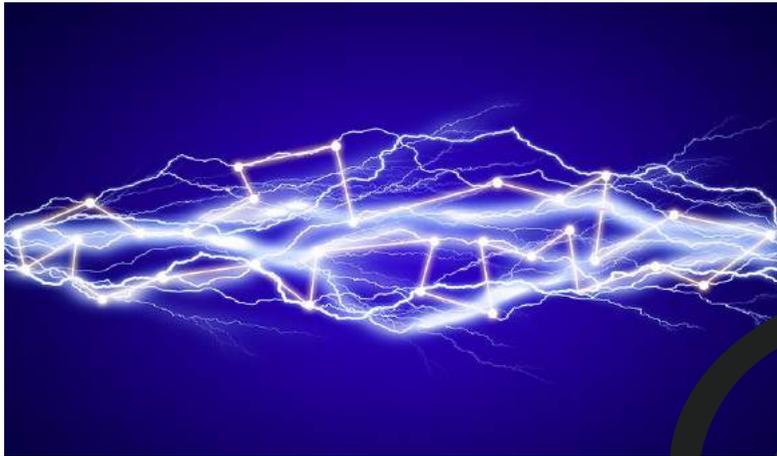
## Catena vs Cinghia

Per quanto possano risultare lievemente meno performanti, le cinghie presentano numerosi vantaggi rispetto alle catene in metallo. La prima differenza che possa notare anche un non esperto è di sicuro la quantità di rumore: accoppiata ad un silenzioso motore elettrico, una catena risulterebbe assai rumorosa. Al di là di questo, una cinghia è molto più leggera, non reagisce chimicamente ad alcun agente atmosferico e non necessita di alcun lubrificante. Per questa serie di ragioni la si trova su quasi tutti i modelli di motoveicolo elettrico, pertanto risulta idonea anche al nostro progetto.

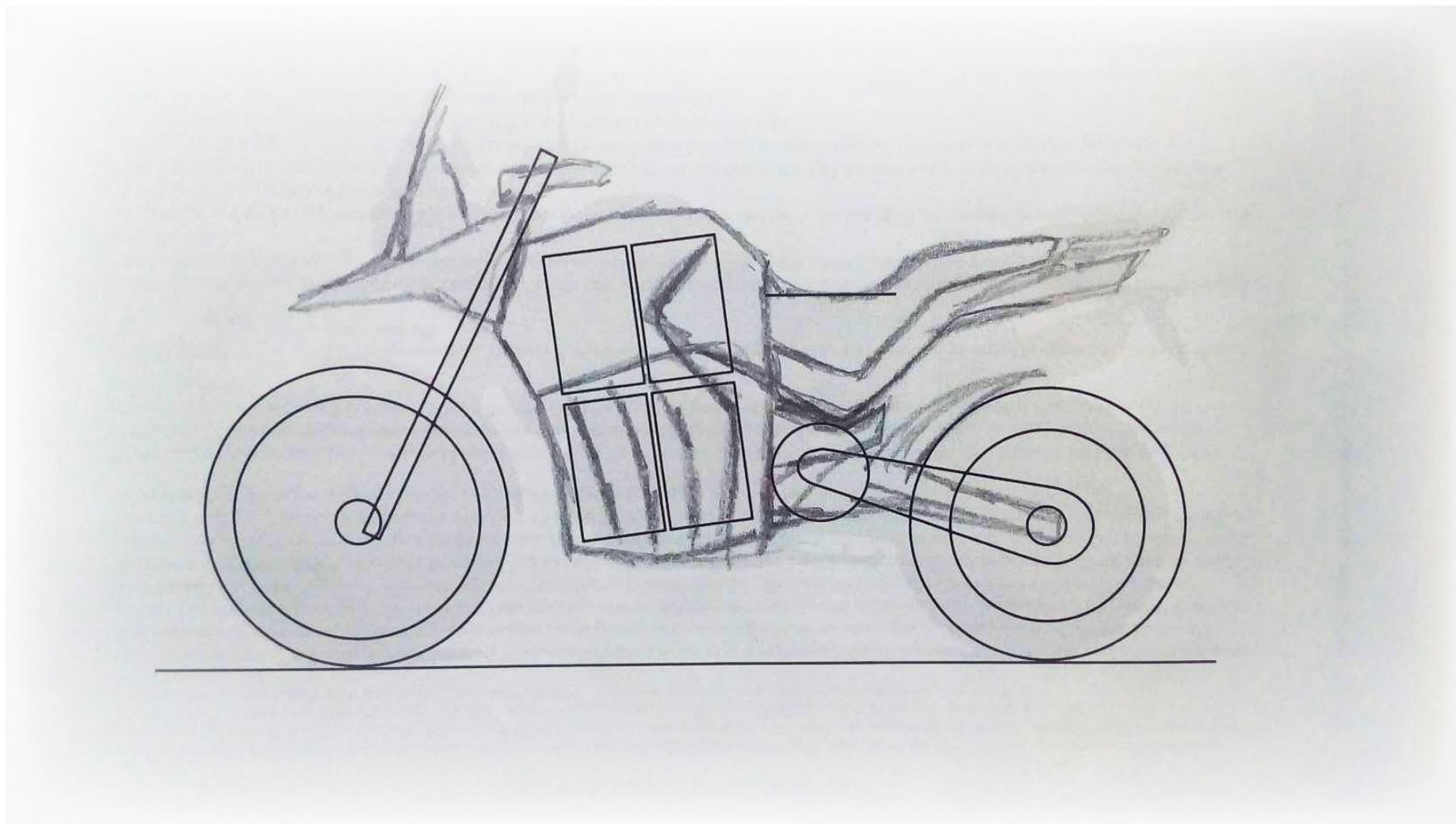
E' stato inoltre calcolato il rapporto tra le corone della ruota posteriore e quella sul mozzo del motore, tenendo a mente fattori come i giri massimi al minuto, il diametro dello pneumatico e la velocità massima target. Il rapporto risulta essere 1:4,5, pertanto le corone avranno diametri rispettivamente di 45 e 10cm, con 90 e 20 denti.



# MOODBOARD

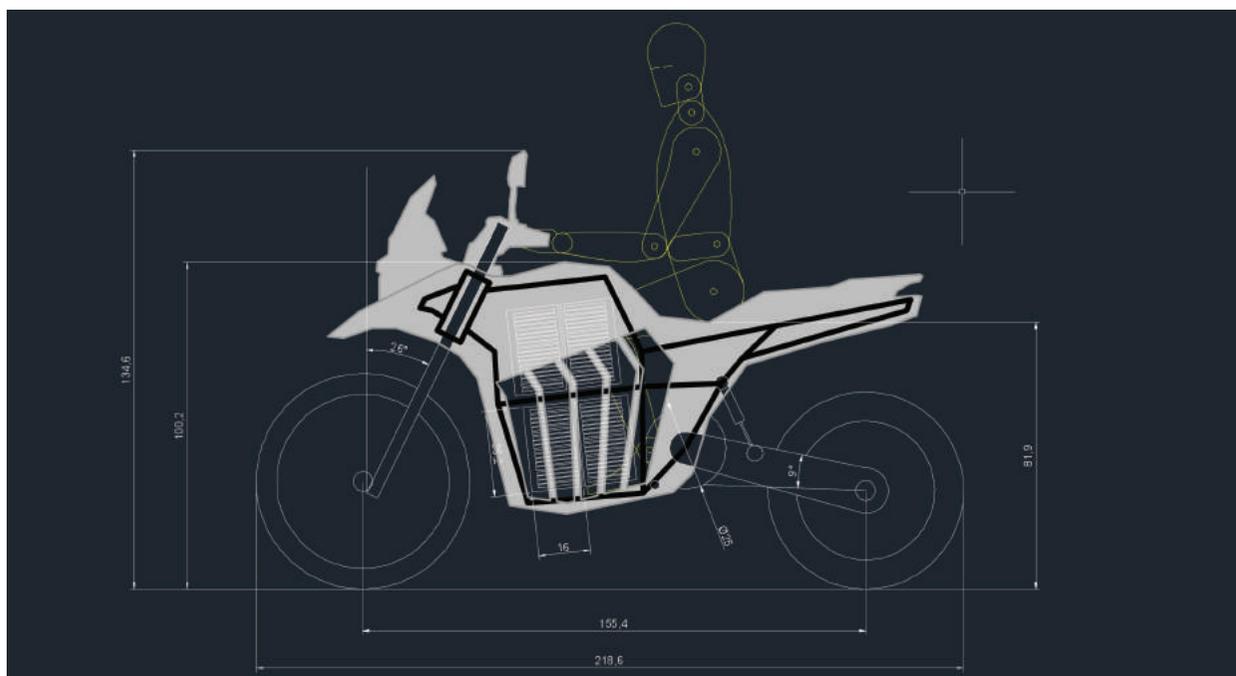


# SCHIZZO FINALE



# VERSO LA MODELLAZIONE: IL 2D

Una volta trovata a mano l'idea per la forma finale, mi sono servito del software AutoCAD per meglio definire forme e dimensioni, riuscendo a rimanere entro i limiti autoimposti nella fase metaprogettuale.



Saltano subito all'occhio gli elementi vincolanti del progetto, come la disposizione del pacco batterie calcolata tenendo a mente le dimensioni delle celle interne, e la forma più idonea del telaio, rappresentato dalle spesse linee nere. Rilevante anche la posizione del conducente ottenuta tramite l'uso di un manichino.

# IL TELAIO

Il vincolo più rilevante nel progetto del telaio è stato garantire l'estraibilità orizzontale dei moduli batteria. La soluzione che meglio fornisce anche una certa rigidità strutturale è quella in figura. La forma finale risulta essere un ibrido tra un telaio fisso e uno a traliccio, con una protuberanza frontale che serve per il tipico 'beak' delle enduro di grossa cilindrata e gli agganci appositamente studiati per il telaio del pacco batterie, la sella, la componentistica elettrica essenziale e il motore.



# IL TELAIO DI SUPPORTO

Risulta necessario e utile inserire un secondo telaio per accogliere i moduli batterie. Esso è stato studiato per essere facilmente imbullonato al telaio principale, con una quantità di giunti sufficiente per sopportare le sollecitazioni dovute alla condotta anche su terreni accidentati. Questo secondo telaio incorpora inoltre elementi elettronici essenziali al corretto funzionamento del motoveicolo, permettendo anche di risparmiare spazio: i moduli batterie si connettono direttamente alla colonna verticale, la quale contiene l'inverter necessario per il convoglio di energia elettrica a tre fasi al motore e un convertitore dc-ac nella parte superiore, permettendo la ricarica tramite presa convenzionale a 220 V.



# IL FORCELLONE

Il forcellone, non essendo prettamente design-driven, è stato comunque pensato in linea con le tematiche estetiche del motoveicolo, che risultano essere idonee alla sopportazione delle numerose sollecitazioni a cui è continuamente sottoposto il componente. La 'cuspidè' della parte superiore è un diretto richiamo alla linea spezzata presente in tutto il motoveicolo e compensa l'ingente pressione esercitata dall'ammortizzatore. Si può notare, verso la parte inferiore del semibraccio di destra, il supporto per la pinza del freno e la guida per il relativo cavo di fluido. Sul lato opposto, un solco rettangolare necessario per il passaggio della cinghia di trasmissione.



# L'ASSEMBLY

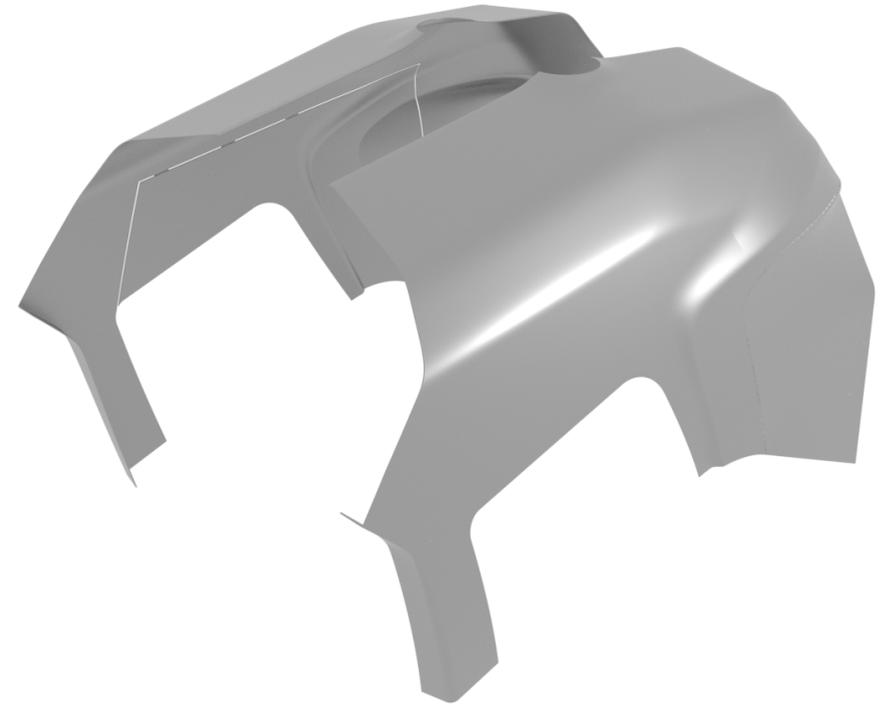
Vediamo come i componenti descritti fino ad ora si assemblano



# LE CARENE

Le carene principali sono state modellate affinché permettessero al conducente di tenere le ginocchia a debita distanza dal calore sprigionato dal pacco batterie durante l'utilizzo e una adeguata areazione di quest'ultimo per la medesima ragione. Esse permettono all'aria di incanalarsi sia dalla parte anteriore che lateralmente, garantendo un flusso pressochè identico su entrambi i moduli superiori, altrimenti fuori dalla portata delle prese d'aria inferiori.

I rigonfiamenti per le ginocchia sono stati disegnati per essere in continuità di forma con le 'costole' sottostanti, rimanendo consoni al tema della continuità.

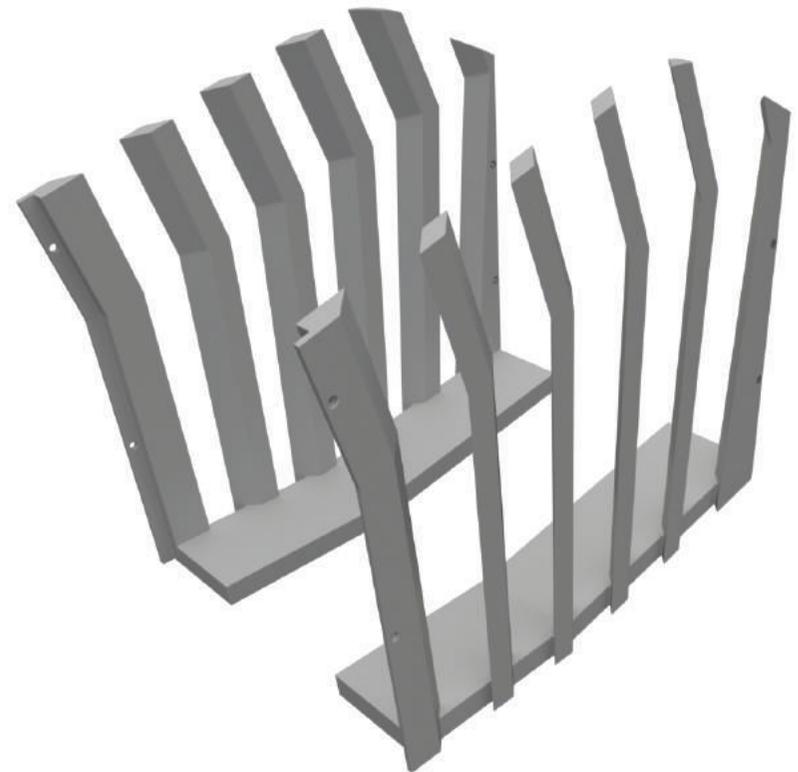


# LE COSTOLE

Le prese d'aria inferiori costituiscono la parte più originale e distinguibile del motoveicolo. Esse hanno ruolo sia estetico che funzionale: i grandi spazi tra di esse permettono un rapido raffreddamento del pacco batterie e di tutti i componenti interni che si surriscaldano durante la marcia, la praticità della rimozione riduce drasticamente i tempi di sostituzione dei moduli batterie nella configurazione 2 su 4 descritta in precedenza, il loro aspetto ricorda quello della gabbia toracica di un animale in corsa e rimane fedele al tema della linea spezzata.

La 'gabbia toracica' è inoltre la fonte di ispirazione principale per il nome del motoveicolo:

**Skeleton**



# IL LOGO

La texture metallica allude alla robustezza del materiale e quindi alla solidità e durevolezza del mezzo.

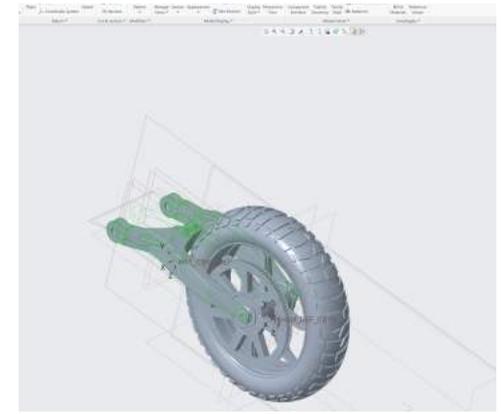
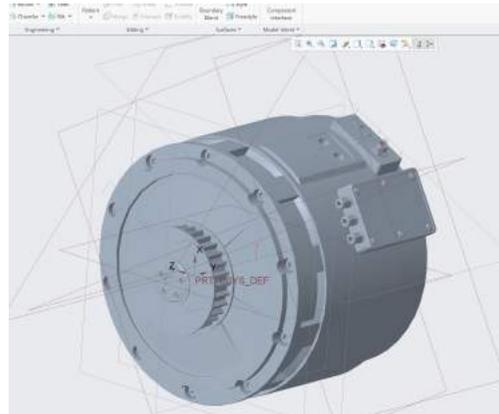
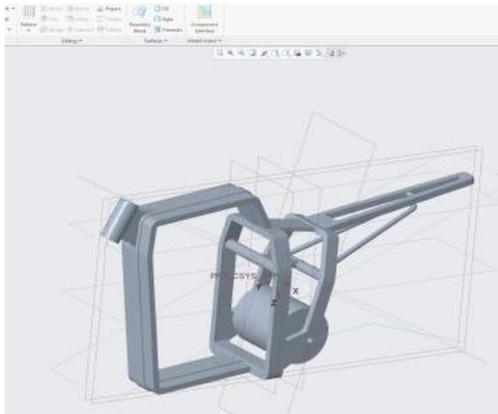


La 'O' è rappresentata da un simbolo di accensione, diretto richiamo alla immediata risposta di un motore elettrico una volta chiuso il circuito, senza che ci sia uno stato a regime come nel motore termico.

# LA MODELLAZIONE 3D

## Modellazione per solidi

I primi componenti ad essere stati modellati sono telaio, drivetrain, forcelle, ruote. Per la realizzazione di componenti meccanici e fortemente geometrici come questi mi sono servito di un software cad per la grafica tridimensionale che lavora per solidi, PTC Creo Parametric 5.0. Di seguito, alcune immagini del processo di modellazione:

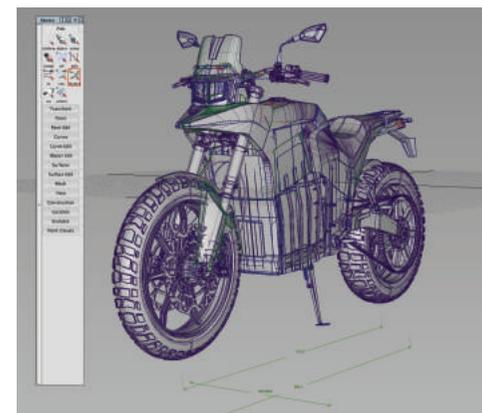
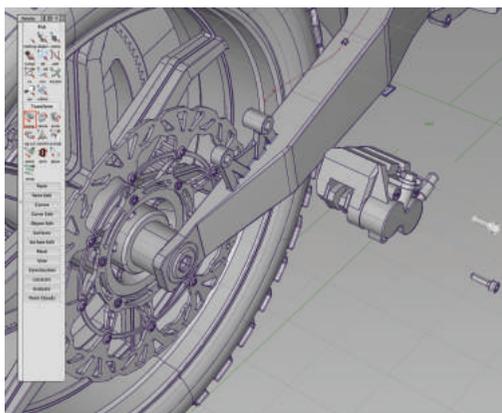
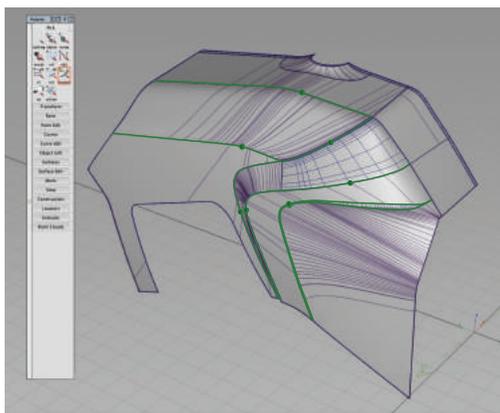


Il principale svantaggio nell'utilizzo di questo software sta nella ridotta libertà di movimento degli oggetti nello spazio, che avrebbe reso l'assemblaggio dei componenti successivi come le carene, la sella, le costole, i fanali ecc piuttosto lungo e complicato. Per la loro realizzazione e posizionamento sul modello finale mi servirò di un altro software.

# LA MODELLAZIONE 3D

## Modellazione per superfici

Per realizzare quasi tutti i componenti rimanenti mi sono servito di un software che lavora per superfici, ideale soprattutto per la modellazione delle carene, in cui è richiesta una continuità di curvatura ( $G_2$  in gergo) tra le superfici affinché il risultato sia considerato idoneo. Il software in questione è Alias Autostudio di Autodesk. Di seguito, alcune immagini del processo:



Il principale svantaggio nell'utilizzo di un software che ragiona per superfici è la creazione di un elemento solido, per il quale sarà richiesto un procedimento lungo e ripetitivo, se vogliamo anche controproducente. Tale svantaggio è compensato dalla enorme libertà nel gestire gli oggetti all'interno della scena, in termini di posizione o dimensione. Inoltre, questo software permette di esportare geometrie e materiali direttamente all'interno di un secondo software per i render fotorealistici: VRed.

# IL RENDER

## Verso il fotorealismo

Come accennato in precedenza, Alias Autostudio è in estrema sintonia con il programma utilizzato per i render dimostrativi del motoveicolo, riuscendo ad importare tutti i materiali conferiti alle geometrie, fatto che permette di risparmiare una notevole quantità di tempo. Oltre ai materiali, vengono anche importate le normali delle superfici, il cui corretto orientamento è essenziale per la riuscita del render.



La scena di default è racchiusa all'interno di un 'dome', una cupola sulla quale si può proiettare un'immagine bidimensionale appositamente distorta per creare uno sfondo a 360°. Esso non serve solo a conferire un piacevole background all'oggetto in questione, ma ne calcola texture, riflessi e finti luminose rendendo la scena prossima al fotorealismo.

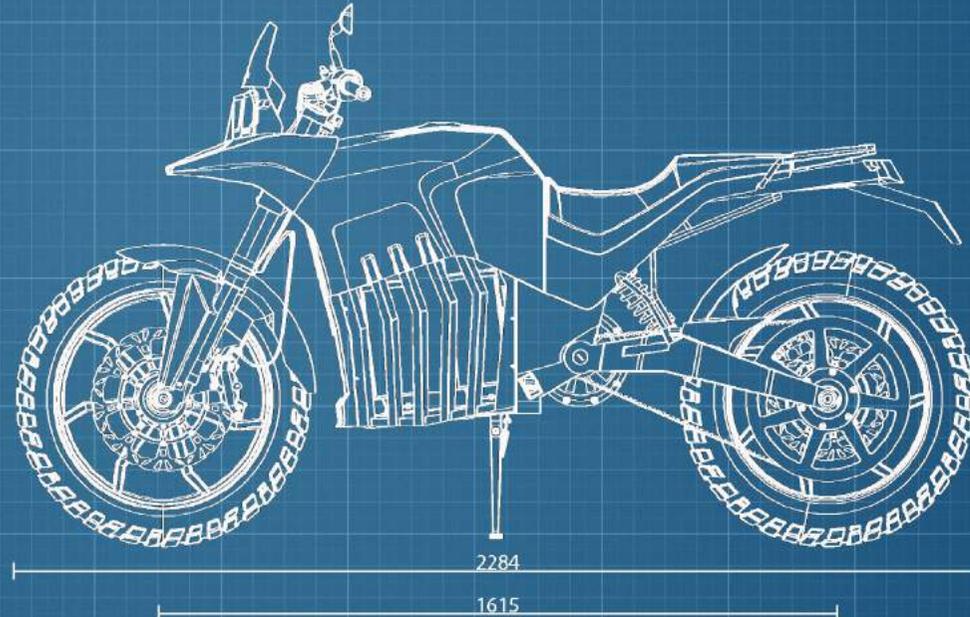
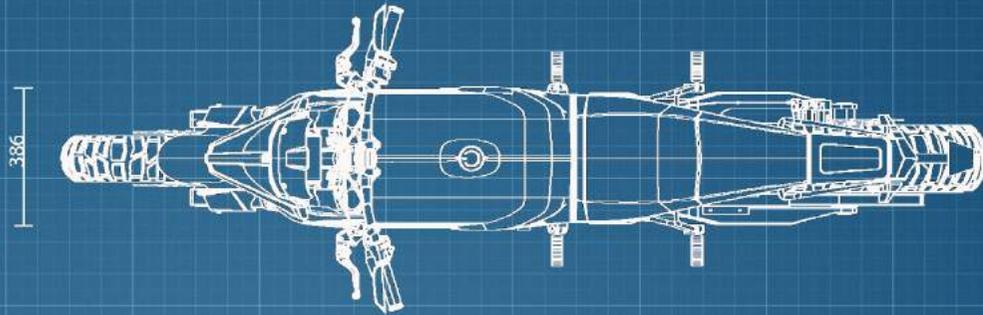
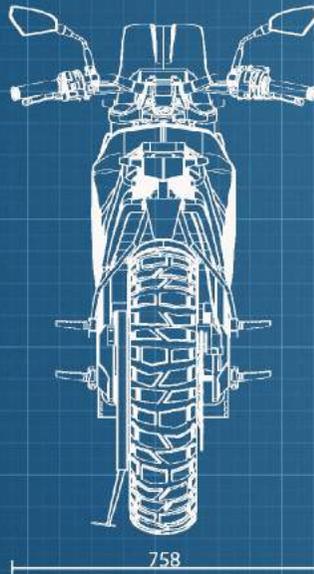
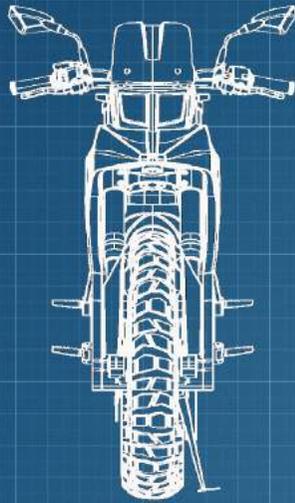
# LA FORMA FINALE



# I TEMI ESTETICI

Oltre alle costole, durante i disegni sono state seguite altre due temi: la continuità delle linee e la linea spezzata, diretto richiamo al fulmine o ai simboli dell'energia elettrica. Vediamo ora nel dettaglio dove questi aspetti sono stati applicati sul modello finale: in rosso sono evidenziate le linee spezzate in generale, in giallo la continuità di forma tra componenti diversi.





# SKELETON

Class	Enduro street
Engine	Brushless Electric
Power	Max 50 kW
Torque	105 NM
Top Speed	162 km/h

# L'ESPLOSO

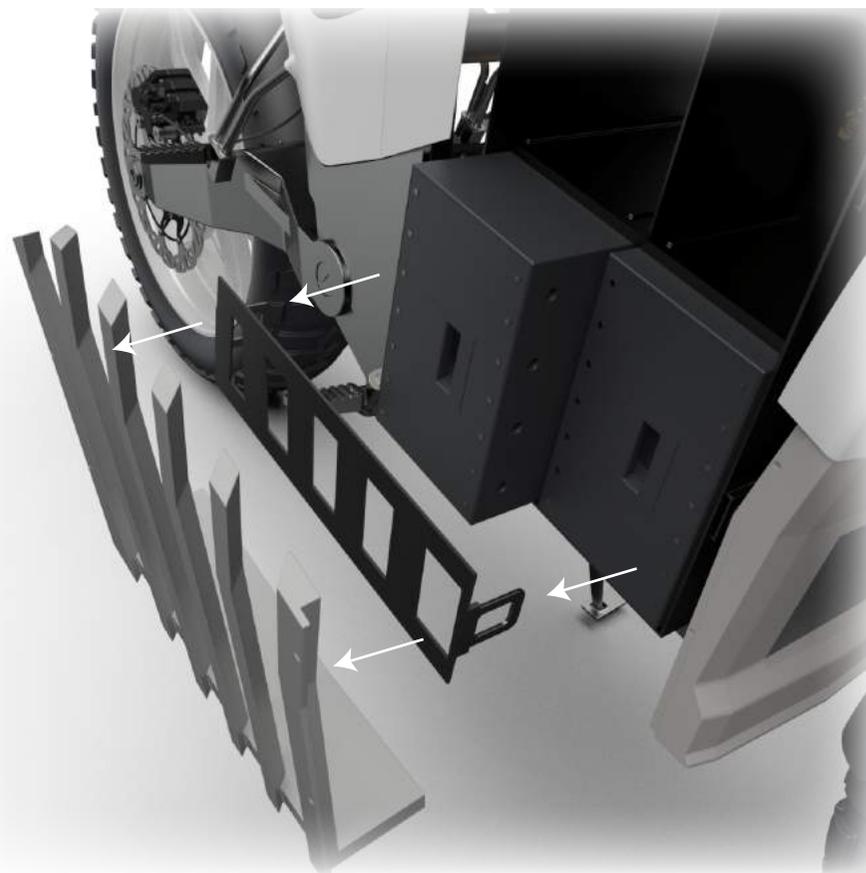


# L'ESTRAZIONE

Com'è facilmente intuibile, se si utilizzano solamente i due moduli inferiori sarà sufficiente svitare i quattro bulloni che fissano le costole al telaio, rimuoverle, estrarre le batterie scariche e sostituirle con le altre lasciate in carica durante la marcia.

Nel caso in cui sia necessaria l'estrazione di tutti e quattro i moduli, o per un qualsiasi intervento di manutenzione, sarà possibile aprire anche lo sportello superiore incorporato nella carena di destra.

I moduli batteria sono inoltre tenuti in posizione da due barriere che si attaccano direttamente al telaio di supporto tramite incastri simili a quelli delle cinture di sicurezza delle automobili.



# LA RICARICA

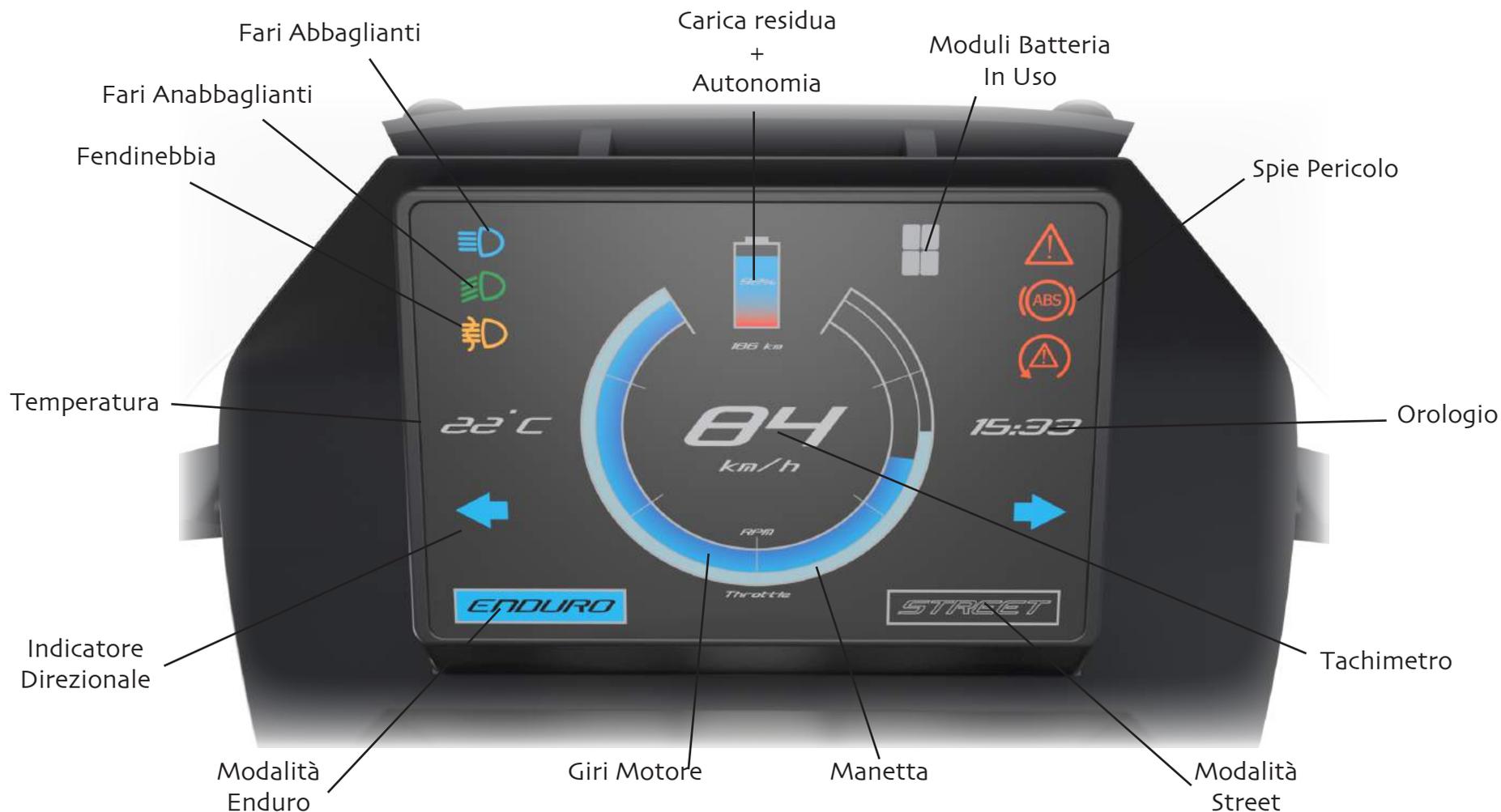
La presa di ricarica principale è situata sulla sommità della carena, in corrispondenza di quello che in un motoveicolo a combustione interna sarebbe il bocchettone del serbatoio. Lo sportello che riporta in rilievo il logo del progetto si potrà aprire esercitando una lieve pressione verso il basso, permettendo lo sgancio e lasciando che la molla renda il tutto automatico.

La presa di corrente installata è di tipologia C13F, per corrente alternata a 220V. Il cavo necessario per la ricarica è analogo a quello che utilizzano i PC, quindi facilmente reperibile. La presa è direttamente collegata alla parte superiore del telaio di supporto per le batterie in cui sono incorporati il convertitore di corrente AC/DC e l'inverter per convogliare la corrente nel formato e intensità giusta.



# IL CRUSCOTTO

Il cruscotto è in linea con gli ultimi standard tecnologici, completamente digitale e compreso di sensore touch per la selezione delle modalità. La forma centrale è un richiamo al logo.













# CONCLUSIONI

Durante lo sviluppo di questo progetto mi sono imbattuto in difficoltà mai affrontate in precedenza, è senza dubbio stato una ottima occasione per mettere alla prova tutte le mie abilità di progettista acquisite in questi cinque anni di studi.

Partire da zero e concludere con un motoveicolo di questo calibro senza far parte di un gruppo progettuale si è rivelato anche un importante traguardo personale, a livello morale.

Questo elaborato mi ha costretto ad esplorare nel dettaglio tutti gli aspetti del mondo del progetto industriale, dalla cura della grafica alla ricerca di mercato, dalla modellazione tridimensionale al render fotorealistico.

# RINGRAZIAMENTI

I miei ringraziamenti vanno al Professor Flaviano Celaschi per aver accolto a pieno la mia proposta di tesi, al Professor Alfredo Liverani per aver accettato di essere il mio relatore, aver seguito i mie progressi e avermi fornito consigli utili per la riuscita del progetto nel massimo delle mie capacità e al mio collega Francesco Calzolari per avermi trasmesso il suo interesse per il mondo delle due ruote.