**La pavimentazione stradale** (o sovrastruttura) è la struttura, sovrapposta al rilevato o al terreno in sito nelle trincee, idonea a garantire il transito dei veicoli secondo le previsioni progettuali. **Il sottofondo** non fa parte della sovrastruttura. **La sovrastruttura** è la parte più superficiale del corpo stradale che poggia sul sottofondo. Abbiamo bisogno della sovrastruttura perché gli strati inferiori non hanno le capacità per sopperire i carichi del traffico. Quindi grazie alla sovrastruttura possiamo garantire l'integrità funzionale e strutturale che dobbiamo avere durante l'esercizio. A differenza del sottofondo, la sovrastruttura durante il periodo di esercizio non subisce deformazioni dovute al traffico. Questo vuol dire che quanto più debole sia il sottofondo, tanto più robusta deve essere la sovrastruttura per dissipare i carichi.

Il sottofondo (terreno in sito) è la parte del corpo stradale su cui poggia la sovrastruttura stradale e all'interno del quale si risentono in misura apprezzabile le azioni dei carichi veicolari trasmesse dalla pavimentazione. Il sottofondo non ha spessore perché dipende dal bulbo delle tensioni prodotte dal traffico che a sua volta dipende dal volume di veicoli transitanti. Di conseguenza, i requisiti meccanici che si hanno nel sottofondo sono maggiori rispetto a quelli della parte inferiore del corpo stradale. I requisiti fondamentali della sovrastruttura sono: **requisiti strutturali** [ la pavimentazione deve essere costituita da elementi e strati di un certo spessore in modo da garantirmi un'ottima capacità di ripartizione dei carichi e di resistere ai fenomeni di degrado strutturale] **prestazioni funzionali** [ad esempio l'aderenza; può succedere che dal punto di vista strutturale non trovo problemi, però dal punto di vista del degrado dello strato di usura si; un altro esempio può essere il livello di drenaggio dell'acqua o livelli di intensità acustica bassa nelle zone urbane] **resistenza all'acqua e al gelo** [ a noi interessa che la nostra pavimentazione stradale sia impermeabile per

evitare che l'acqua penetri gli strati interni del corpo stradale; può succedere, principalmente nei periodi freddi che negli strati inferiori vi fosse una temperatura inferiore a 0°C, di conseguenza, un materiale sensibile al gelo, in seguito a diversi cicli di gelo e disgelo, può degradarsi] **sostenibilità ambientale** [ in breve tempo verranno introdotte, nell'ambito delle pavimentazioni, le cosiddette CAM (criteri minimi ambientali); quindi verrà imposto l'uso di minimi percentuali di materiali provenienti da altri processi produttivi]

Le prestazioni strutturali dipendono da: carichi da traffico; **condizioni climatiche** [se uso materiali sensibili alle variazioni di temperatura, il suo comportamento sarà diverso in estate o in inverno a parità di traffico] **tipologia della sovrastruttura** [a parità di traffico, il fatto di avere una pavimentazione con bitume tal quale è diversa da una pavimentazione con bitume modificato] **caratteristiche della sovrastruttura** (spessore strati, proprietà meccaniche dei materiali).

Dunque, la mia sovrastruttura deve essere in grado di assorbire e di dissipare il carico esercitato dall'asse della macchina. La dissipazione è dipendente dalla rigidezza degli strati; si tende a progettare con un'elevata rigidezza negli strati superiori per poi decrescere negli strati inferiori.

**I fenomeni di degrado** strutturale prodotto dallo strato tenso-deformativo generato da carichi ciclici e dalle sollecitazioni termiche devono essere di una entità tale da garantire l'esercizio dell'infrastruttura durante la sua vita utile. I materiali impiegati nella sovrastruttura tendono ad essere più resistenti a compressione che a trazione.

Possiamo evidenziare due tipi di degrado: **fatigue cracking e thermal cracking**.

**Il fatigue cracking** è correlato alle sollecitazioni e alle deformazioni indotte dal passaggio dei veicoli. La rottura non si ha a causa di un elevato valore di sollecitazione, bensì a causa di un elevato numero di cicli ripetuti di carico-scarico di intensità minori al valore di resistenza massima. Stesso problema si può avere per le **sollecitazioni termiche**. Durante l'anno possono evincersi temperature basse tali da poter creare uno stato di tensione all'interno della pavimentazione che la fa restringere e quindi creare fessure trasversali. Allo stesso modo, il caldo tenderebbe a creare uno stato di compressione. Dunque, anche qui dipende da cicli di temperatura. Può succedere anche che in una situazione dove abbiamo solo una bassa temperatura, quest'ultima raggiunge il valore massimo di resistenza e dunque si ha la rottura con una sola applicazione.

**Le prestazioni funzionali** devono garantire sicurezza e comfort alla circolazione. Come requisiti **abbiamo la regolarità della piattaforma** (non devo avere ad esempio ondulazioni longitudinali, dovute a livelli differenziali negli strati inferiori) **ed adeguati livelli di aderenza** (non devo avere eccesso di bitume).

**Resistenza all'acqua e al gelo**: strati superficiali impermeabili al fine di proteggere gli strati inferiori e impiego di materiali resistenti al gelo. Se ad esempio considero uno strato di pavimentazione drenata, l'acqua non va negli strati inferiori del corpo stradale. Bisogna che i materiali siano resistenti al gelo e che sia evitata la saturazione degli strati inferiori non legati (fondazioni in misto granulare, sottofondi) perché la loro rigidezza diminuisce con l'incremento del contenuto d'acqua. Se mi trovo nella situazione in cui ho una fessura per thermal cracking, conviene che trovo un modo per sigillarla in modo da non far passare l'acqua. Inoltre, a causa dei cicli di gelo e disgelo, si può avere un congelamento dell'acqua negli strati inferiori che, aumentando di volume, creano degrado una volta che torna allo stato liquido.

**Sostenibilità ambientale**: riduzione dell'impiego di risorse naturali non rinnovabili [bisogna andare a favorire l'uso di materie prime che possono provenire da altri processi industriali in discapito di materiali non rinnovabili]. Risparmio energetico [possiamo utilizzare materiali riciclati a freddo a sfavore di quelli a caldo che necessitano una maggiore quantità di energia; un conglomerato che va messo in opera ad una temperatura minore provocherà emissioni minori; anche l'uso di gomme frantumate] riduzione dell'inquinamento acustico [in ambito urbano, l'uso di pavimentazioni che riducono l'impatto acustico fa sì che ho molto meno rumore immesso nell'ambiente]

08.03.2021-la sovrastruttura

Oggi giorno abbiamo la possibilità di utilizzare tecnologie più avanzate in modo da rendere le strade più sostenibili dal punto di vista ambientale. Uno di questi metodi è quello di utilizzare materiali provenienti dalla demolizione di vecchie pavimentazioni. L'acronimo per il processo di fresatura, ovvero la rimozione della vecchia pavimentazione è RAP (recycled asphalt pavement). Il fresato, a differenza di altri materiali provenienti da processi industriali, può essere riciclato più volte. Il materiale fresato va modificato perché nel caso in cui andassimo a considerare un bitume tal quale, esso, in seguito al processo di invecchiamento dovuto agli agenti atmosferici, perde la parte oleosa che va ripristinata. Fino al 2018 il fresato veniva considerato come un rifiuto (codice CER), in seguito con un opportuno trattamento viene indicato con il nome di granulato di conglomerato bituminoso. Il trattamento consiste nell'effettuare una selezione granulometrica e in una serie di test di cessione (bisogna che non ci siano presenti alti contenuti di IPA [idrocarburi aromatici] e AMIANTO). Quest'ultimo viene effettuato su un campione di fresato ogni 3000 $m^3$.

Un altro metodo è l'impiego di materiali, opportunamente scelti (ceramici e lapidei), provenienti dalla demolizione di edifici. Questi vengono impiegati principalmente per la realizzazione della parte inferiore del corpo stradale. Altro processo può essere l'impiego di scorie provenienti dall'altoforno che, opportunamente frantumate, possono sostituire i materiali lapidei. Il vantaggio è che hanno una resistenza alla frantumazione perché hanno una maggior massa volumica. Quest'ultimo aspetto influisce sui numeri di viaggi che un mezzo deve effettuare dal punto dove si frantumano fino al cantiere. Questo perché a parità di massa, le scorie avranno un volume minore, quindi serviranno più viaggi per coprire una certa area. Occorre effettuare un compromesso tra quanto risparmio con l'impiego delle scorie e quanto costa fare i viaggi. Un ulteriore modo è l'uso di polvere di gomma da pneumatici fuori uso (PFU) sottoposti a diversi trattamenti. Quest'ultimo consiste nel togliere la parte metallica e una tessile dello pneumatico. Posso utilizzare la polverina per sostituire la sabbia (tecnologia dry), oppure il suo uso all'interno del conglomerato bituminoso per migliorare le prestazioni meccaniche [aderenza e inquinamento acustico] (tecnologia wet).

Un'altra tecnologia che rende possibile la sostenibilità ambientale è la tecnica del riciclaggio a freddo che consiste nel mescolare il fresato in sito con un'emulsione bituminosa o bitume schiumato insieme all'acqua. Quest'ultima ha il compito di offrire una maggiore lavorabilità. Prima di questo processo avviene la stesura di un legante idraulico (cemento) sulla vecchia pavimentazione che, in seguito al passaggio della fresa, viene mescolato al legante bituminoso di apporto. Dopo si ha il passaggio del rullo. La tecnologia warm ci permette di ridurre la temperatura del bitume di circa 30°C. Questo è dovuto all'utilizzo di bitumi ad alta lavorabilità. Come benefici principali abbiamo il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del bitume in quanto