

Vägkonstruktionens påverkan av belastning och nederbörd

En litteraturstudie



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

vid Campus Helsingborg
Institutionen för Teknik och samhälle

Examensarbete:
Erik Karlsson

© Copyright Erik Karlsson

LTH vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

Faculty of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2026

Förord

Detta examensarbete avslutar mina 3 år på högskoleingenjörsprogrammet inom byggteknik, infrastruktur, på Lunds universitet, Campus Helsingborg. Arbetet motsvarar 22,5 HP och har gjorts under våren 2026.

Jag vill tacka mina handledare Pajtim Sulejmani (LTH) som kommit med feedback på innehållet, och Anders Gudmarsson (Tyréns) som agerat bollplank men också kommit med feedback på innehållet.

Jag vill skicka ett extra stort tack till Tyréns kontoret i Malmö för att de lät mig sitta och skriva arbetet där.

Till sist vill jag tacka familj, släkt och vänner för stöttning.

Sammanfattning

Ett förändrat nederbörds klimat i kombination med ökade trafikbelastningar ställer nya krav på vägkonstruktioners utformning och funktion. Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka hur vägkonstruktioner påverkas av kraftig nederbörd och tung belastning, samt att analysera skillnader mellan moderna och äldre konstruktioner avseende lastupptagning och vattenhantering. Vidare behandlas hur dagens dräneringslösningar fungerar i relation till dagens klimat. Studien bygger på tidigare forskning, rapporter och styrdokument från bland annat Trafikverket och VTI.

Resultaten visar att moderna vägkonstruktioner generellt har bättre förmåga att hantera både belastning och vatten jämfört med äldre konstruktioner. Detta beror främst på förbättrade dimensioneringsmetoder, högre materialkrav samt ett ökat fokus på lokala förhållanden och klimatpåverkan. Äldre vägar är ofta dimensionerade enligt tidigare normer och innehåller i högre grad material med sämre dräneringsegenskaper, vilket gör dem mer känsliga för fuktrelaterade skador.

Kraftig nederbörd i kombination med trafikbelastning har en tydligt negativ påverkan på vägkonstruktioner. Vatten i konstruktionen reducerar materialens styvhet och bärrighet, vilket kan leda till deformationer, sprickbildning och i vissa fall allvarigare skador. Effekterna förstärks ytterligare vid förekomst av tung trafik och överlastade fordon, vilket bidrar till en accelererad nedbrytning av vägen.

Dagens dräneringslösningar utgör en central del av vägkonstruktionens funktion och omfattar både traditionella system, såsom diken och slänter, och mer avancerade lösningar som öppna överbyggnader och BGG-konstruktioner. Dessa syftar till att effektivt avleda eller magasinera vatten, men deras funktion är i hög grad beroende av kontinuerligt underhåll. Bristande underhåll av dräneringssystem identifieras som en av de främsta orsakerna till översvämningar och skador på vägkonstruktioner.

Sammanfattningsvis visar studien att moderna vägkonstruktioner har bättre förutsättningar att hantera framtida klimat- och belastningsutmaningar. Samtidigt kvarstår betydande utmaningar, särskilt kopplade till underhåll av befintliga vägar, ökade belastningar från tung trafik samt behovet av vidare utveckling av dräneringslösningar.

Nyckelord: vägkonstruktion, dränering, nederbörd, belastning, BK4, infiltration, klimatförändringar

Summary

A changing precipitation pattern, characterized by shorter but more intense rainfall events, combined with increasing traffic loads, places new demands on road construction design and performance. The aim of this literature study is to investigate how road structures are affected by heavy rainfall and increased loading, as well as to analyse differences between modern and older road constructions in terms of load-bearing capacity and water management. Additionally, the study examines how current drainage solutions function in relation to these stresses. The study is based on previous research, reports, and regulatory documents from authorities such as the Swedish Transport Administration and VTI.

The results indicate that modern road constructions generally perform better than older ones in handling both traffic loads and water. This is primarily due to improved design methods, stricter material requirements, and a greater consideration of site-specific conditions and climate factors. Older road constructions are often designed according to outdated standards and contain a higher proportion of fine-grained materials, resulting in poorer drainage capacity and increased sensitivity to moisture-related damage.

Heavy rainfall combined with traffic loading has a clearly negative impact on road performance and lifespan. Water infiltration reduces the stiffness and bearing capacity of materials, which may lead to deformation, cracking and severe damages. These effects are further intensified by heavy traffic, particularly from overloaded vehicles, which accelerates the deterioration process.

Modern drainage systems play a crucial role in maintaining road functionality and include both conventional solutions, such as ditches and slopes, and more advanced systems like permeable pavements and Blue-Green-Grey (BGG) constructions. These systems aim to efficiently remove or temporarily store water; however, their effectiveness is highly dependent on proper and continuous maintenance. Insufficient maintenance of drainage systems is identified as a major cause of flooding and structural damage.

In conclusion, modern road constructions are better equipped to meet future challenges related to climate change and increasing traffic loads. Nevertheless, significant challenges remain, particularly regarding the maintenance of existing infrastructure, the impact of heavy vehicles, and the need for further development of sustainable and efficient drainage solutions.

Keywords: road construction, drainage, precipitation, traffic load, BK4, infiltration, climate change

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Metodbeskrivning	2
1.4 Avgränsning	2
2 Metod	3
2.1 Litteraturstudie.....	3
2.2 Granskning styrdokument	4
3 Vägkonstruktion	5
3.1 Underbyggnad.....	5
3.2 Terrass	7
3.3 Överbyggnad	7
3.3.1 Förstärkningslager.....	8
3.3.2 Obundet bärlager	8
3.3.3 Bundet bärlager.....	9
3.3.4 Bindlager	9
3.3.5 Slitlager	9
3.4 Vägkonstruktionens tekniska egenskaper	10
3.4.1 Kornstorleksfördelning.....	10
3.5 Dränering	11
3.5.1 Diken och slänter.....	13
3.5.2 Öppna överbyggnader.....	13
3.5.3 Mäta infiltration	17
4 Regelverk och klimat.....	19
4.1 Regelverk.....	19
4.1.1 Lagstiftning	19
4.1.2 Kravdokument	20
4.1.2.1 Trafikverkets regler	23
4.2 Klimat	27
5 Effekter av belastning och väta.....	30
5.1 Vägkonstruktionens belastnings påverkan av BK4 klass ...	30
5.2 Vägkonstruktionens påverkan av fukt och vatten	34
5.2.1 Tjäle Och Tjällossning	36
6 Öppna beläggningar i Nederländerna	37
7 Resultat	39
7.1 Skillnad mellan modern och äldre vägkonstruktion kring vattenhantering och lastupptagning.....	39

7.2 Vägkonstruktionens påverkan av kraftignederbörd och belastning	40
7.3 Dagens dräneringslösningar.....	41
8 Diskussion	43
8.1 Resultat diskussion	43
8.2 Metoddiskussion	44
9 Slutsatser.....	46
9.1 Rekommendationer	47
Referenser	50

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Ett förändrat nederbördsklimat, med kortare men mer intensiva nederbördshändelser, skapar nya utmaningar på vägkonstruktionen (Olsson et al. 2017). De senaste årtiondena har inte endast prägats av förändring i nederbördsmönstret, det har även skett en ökning av både trafikmängder och fordonslaster (Natanaelsson & Ngo 2015). Nya EU-direktiv och regelverk medför ytterligare krav, och för att upprätthålla en hög standard måste vägarna anpassas efter dessa nya förutsättningar (Arvidsson et al. 2012). Det är därför av stor vikt att vägkonstruktioner utrustas med väl fungerande dräneringssystem som klarar dagens och framtidens påfrestningar för att säkerställa hela den avsedda livslängden.

Dagens dimensionering baseras i hög grad på en analytisk-empirisk modell, där den analytiska delen beräknar spänningar och töjningar, och den empiriska delen hanterar tillåtna värden på spänningar och töjningar (Agardh & Parhamifar 2014, s.117). Vid dimensionering i Sverige används programmet PMS objekt som bygger på att göra om all trafik till antalet standardaxlar genom fjärde potens regeln. Denna teori härstammar från de amerikanska AASHTO-tester som utfördes i slutet av 1950-talet (Erlingsson 2020). Den empiriska metodiken utvecklades för cirka 70 år sedan. Sedan dess har en betydande utvecklingen av byggmaterial, maskiner och lastbilar skett. Detta medför ett stort behov av att kontinuerligt hålla regelverken uppdaterade, för att dimensionering ska klara av dagens laster och klimatförändringar. Vägkonstruktion är ett komplext område där det finns omfattande forskning om olika påverkansfaktorer, men även faktorer som ännu inte är fullt kartlagda. Därför har modellerna succesivt behövt justerats och anpassas för att hantera de nya krav som utvecklingen medfört.

I dagsläget finns det bristande kunskap om hur den nya bärighetsklassen BK4 påverka vägar i praktiken (Natanaelsson & Ngo 2015). I samband med införandet av BK4 råder även osäkerhet kring hur överlastade fordon påverkar vägarnas underhållskostnader (Trafikverket 2022). Ytterligare kunskapsbrister rör dränering, där majoriteten av översvämningar generellt kan kopplas till bristande underhåll av dräneringssystem eller felaktig utformning av dessa (Arvidsson et al. 2012). Det finns dessutom ett behov av mer effektiva system för uppföljning och kontroll av dräneringsunderhåll.

1.2 Syfte

Ett förändrat nederbörds klimat i kombination av ökade trafikbelastningar ställer nya krav på vägkonstruktionen. Syftet med denna rapport är att undersöka hur vägkonstruktionen påverkas av kraftig nederbörd tillsammans med tyngre belastningar, vilka konsekvenser som kan uppstå till följd av detta.

Följande frågeställningar ligger till grund i rapporten:

- Hur skiljer sig moderna vägkonstruktioner från äldre avseende på lastupptagning och vattenhantering?
- Hur påverkas vägkonstruktionen av kraftig nederbörd och belastning?
- Hur fungerar dagens dräneringslösningar kring vägkonstruktionen?

1.3 Metodbeskrivning

Metoderna kommer till största del bestå av litteraturstudier för att kunna redovisa bakgrunds information kring hur vägen är uppbyggd och dess materiella hydrologiska egenskaper. Litteratur kommer letas i diverse databaser som Finn, Google scholar, VTI, Trafikverket och webbsidor. För att jämföra en nyare väg med en äldre behöver äldre dokument kollas igenom, och för de nyare vägarnas utformning kommer dagens dokument att vara till användning, expertis hjälp kommer kunna fås via Tyréns. Andra metoder som kommer användas är data från existerande experiment och rapporter. Om inte annat anges är illustrationen rapportförfattarens egna.

1.4 Avgränsning

Denna rapport fokuserar övergripande på generella vägar och inte på någon specifik väg. Då vägkonstruktion är ett komplext ämne med många faktorer som ska klaffa tillsammans har denna rapport avgränsats till att endast kolla på belastning och nederbördshantering. Rapporten riktar sig till flexibla överbyggnader, då dessa är mest vanliga. En annan avgränsning är vägkonstruktioner som rör broar och tunnlar.

2 Metod

Metoden har bestått av litteraturstudier där den inhämtade informationen har jämförts med frågeställningarna för att försöka få en bild av hur forskning kring området ligger till i nuläget. Informationen har bestått av genomförda tester på verkliga vägar och från laborationer, men också information generellt om hur det fungerar i teorin.

Vid bearbetning av text har AI använts, dock i mycket begränsad form och endast för att ändra språk, formuleringar och ordval i rapporten. AI:s ändringar har jämförts med den skrivna texten och använts som inspiration för att se till att budskapet lyfts fram på ett bättre sätt. All ändring från AI har jämförts med den skrivna texten för att säkerställa att innehållet inte ändras.

2.1 Litteraturstudie

Majoriteten av detta examensarbete bygger på tidigare genomförda studier och litteratur inom området. Litteraturen har legat som en grund för att bygga förståelse och kunna hitta bristande kunskap inom området. Fördelar med en litteraturstudie enligt Paulsson (2022) är att materialet är oftast lätt att få tag på via internet eller bibliotek, samt att mycket material kan inhämtas under en relativt kort period. Vetenskapliga texter ska dessutom ha en neutralitet i självaste innehållet. Detta gäller sällan för tidningar och tidskrifter, där ett politiskt motiv eller argument för en viss grupps intressen kan ligga som grund.

Litteraturen har inhämtats främst från sökmotorer på internet, men även från fysiska böcker, och källor som har givits från handledare.

Sökmotorer som har använts är: Google scholar, Finn, VTI, Diva portal, Trafikverket puben.

Sökord som har använts:

- Drainage system
- Infiltrationskapacitet
- BK4 klass
- BGG (Blå-Grön-Grå)
- 74 ton

2.2 Granskning styrdokument

Genom jämförelser av dagens kravdokument och äldre kravdokument har ändringar av olika parametrar kunnat identifierats. Skillnaderna har sedan legat till grund för att söka information om det finns relevant forskning som stödjer ändringar av parametrar. De nya ändringar och nya lagar i transportsektorn har legat till grund för jämförelserna. De främsta dokument som har jämförts är TRVK Väg och TRVINFRA-00224.

3 Vägkonstruktion

En vägkonstruktion består av flera lager som kräver noggrannhet vid utläggning. Brister i utförande eller felaktiga beräkningar av laster och lagertjocklekar kan få betydande konsekvenser för vägens funktion och livslängd. I boken Vägbyggnad (Agardh & Parhamifar 2014, s. 52–54) ges en beskrivning för vägens uppbyggnad och hur de olika lagren tillsammans ska säkerställa tillräcklig bärighet samt säkerställa säker trafik under lång tid. Författarna delar in vägkonstruktioner i tre kategorier: flexibla, styva och halvstyva. Flexibla konstruktioner är uppbyggda av bitumenbundna lager, styva konstruktioner utgörs av betongvägar och halvstyva konstruktioner är en kombination av dessa två.

Vägar dimensioneras i dag enligt Trafikverkets dokument TRVINFRA-00224 (tidigare TRVK väg), och beräkningar utförs genom beräkningsprogrammet PMS objekt. Livslängden för en vägkonstruktion varierar, men generellt anges dimensioneringsperioden för de bundna asfaltslagren till omkring 20 år, medan underbyggnaden normalt har en dimensioneringsperiod på 30–40 år. Underhåll och byte av slitlager sker dock vid behov.

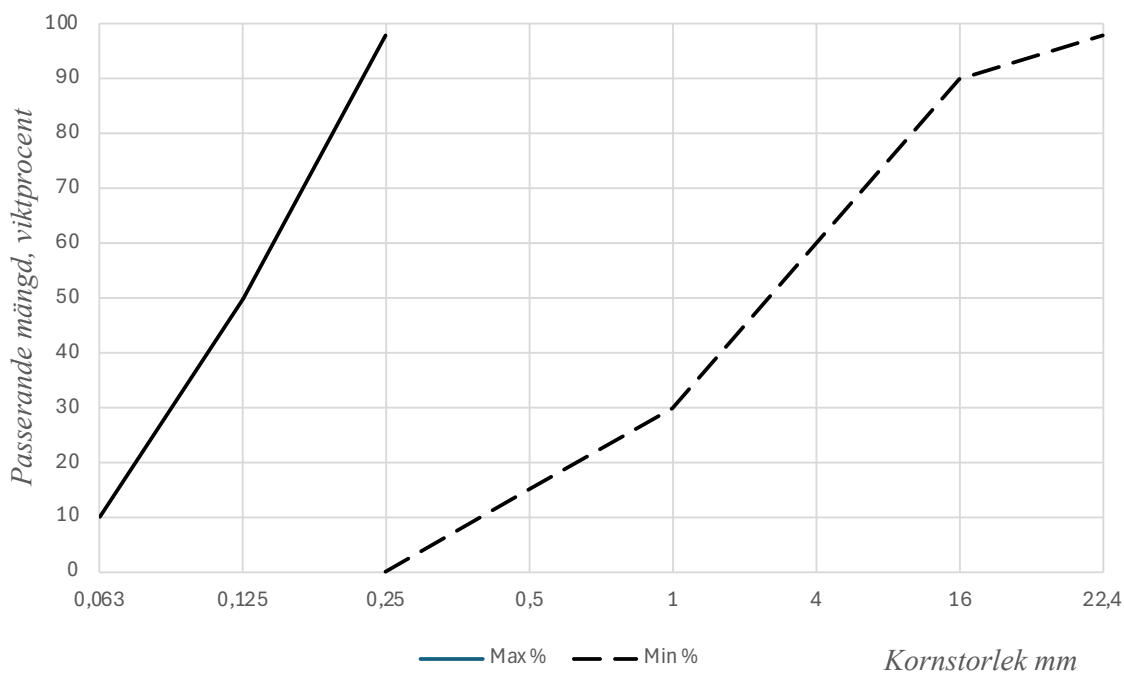
I moderna vägkonstruktioner används i allt högre grad återvunnet material (Dawson 2008, s. 12). Syftet är främst att minska miljöpåverkan. Återvunnet material kan innebära betydande fördelar, men även nackdelar som ibland förbises. Det är exempelvis viktigt att ha god kunskap om hur materialens egenskaper förändras vid återvinning, då deras vattenrelaterade egenskaper ofta skiljer sig markant från nya standardmaterial. En ytterligare aspekt är att många återvunna material hämtas från industriella processer och kan innehålla ämnen som klassas som miljöfarliga.

Det är därför av stor vikt att återvunna material regelbundet kontrolleras, hanteras korrekt och används på ett lämpligt sätt, för att minimera risken för skador och miljöproblem i de områden där materialen används.

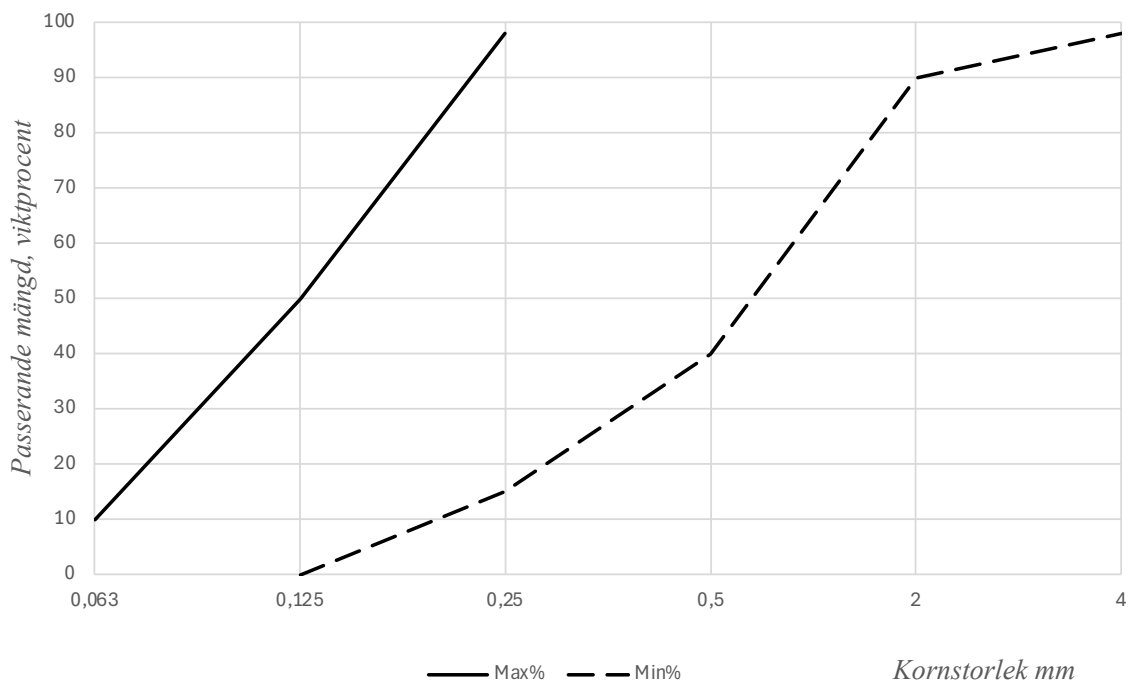
3.1 Underbyggnad

Underbyggnaden utgör det förstärkta området under överbyggnaden och kan användas för att uppföra en bank. Under denna ligger undergrunden, som består av den orörda marken (se Figur 3). Det vanligaste sättet att utforma en underbyggnad är att använda material som finns i anslutning till vägområdet. Trafikverket ställer dock krav på både kornstorlek och materialegenskaper (Trafikverket 1994, s. 11–27), likaså på hur materialet får läggas ut.

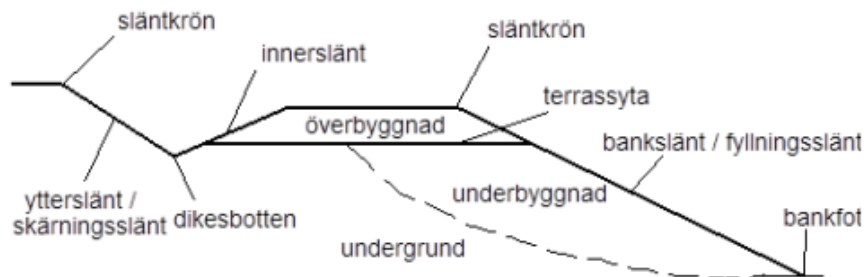
Utläggning får exempelvis inte ske vid nederbörd eller vid risk för tjäle, eftersom detta kan orsaka problem för de överliggande lagren i vägkonstruktionen. Underbyggnaden ska även förse med ett dränerande, materialskiljande lager för att förhindra beblandning av material med olika kornstorlekar. Detta lager består vanligtvis av jord eller av en geotextil. Om lagret utgörs av jord gäller de kornstorleksfördelningar som anges i Figur 1 och 2, där materialets kurva ska hamna mellan de två andra kurvorna.



Figur 1. Kornfördelnings krav, materialskiljande lager av typ 1 (Trafikverket 2005).



Figur 2. Kornfördelnings krav, materialskiljande lager av typ 2 (Ibid).



Figur 3. Förenklad bild över en vägkonstruktion (Trafikverket 2023, s. 12)

3.2 Terrass

Terrassens utgör ytan på undergrunden eller underbyggnaden. Terrassen ska vara väl packad och utformad med korrekt tvärfall för att förhindra stående vatten på terrassens yta (Agardh & Parhamifar 2014, s. 58). Stående vatten på terrassen kan leda till tjällyftning och försämrad bärighet. Det material som vanligtvis används utgörs av de bättre jordmassor som finns på plats, men större block och finsediment filtreras normalt bort innan materialet läggs ut.

Terrassens främsta egenskap är att bära upp överbyggnaden och säkerställa att vatten dräneras bort från denna (FIA 2005).

3.3 Överbyggnad

Överbyggnaden är, liksom underbyggnaden, uppbyggd av flera lager (se Figur 4). Dess funktion är att fördela trafiklasten mellan de olika materialen och att säkerställa en körbar yta (Wiman & Tholén u.å). Ett skyddslagret kan användas när underbyggnaden eller undergrunden består av exempelvis finkorniga material eller när det finns risk för tjällyftning. Skyddslagret fungerar då som ett materialskiljande lager och förhindrar att de finkorniga materialen tränger upp i förstärkningslagret (Agardh & Parhamifar 2014, s. 57). De flesta vägkonstruktioner ska vara byggda så att inget vatten kan tränga sig ner i konstruktionen, detta uppfylls genom att ha ett tätt asfaltslager med rätt tjocklek och tillräckligt tvärfall för att leda bort vattnet (Wågberg 2013).



Figur 4. Principiell uppbyggnad av vägöverbyggnad.

3.3.1 Förstärkningslager

Förstärkningslagret utgör det nedersta lagret i överbyggnaden om inte ett skyddslager används (Agardh & Parhamifar 2014, s. 56). Lagret kan bestå av bergkross eller sprängsten, alternativt av krossat eller okrossat grus. Materialet bör i möjligaste mån hämtas från en närliggande källa för att minimera transportkostnader. Det är även viktigt att materialet packas noggrant för att säkerställa god bärighet och stabilitet.

Förstärkningslagrets främsta egenskap är att fördela trafiklasten vidare ned i undergrunden samt att fungera som ett dränerande lager genom att leda bort vatten till avvattningsystemet (Agardh & Parhamifar 2014, s. 56).

3.3.2 Obundet bärlager

Det obundna bärlagret består av krossat grus eller sten (Agardh & Parhamifar 2014, s. 55–56). Materialet måste packas noggrant och det är särskilt viktigt att det läggs ut så att lagret blir homogent över hela ytan.

Den främsta egenskapen för det obundna bärlagret är att fördela trafiklasten vidare ned i de underliggande lagerna (Agardh & Parhamifar 2014, s. 55–56). En central egenskap är att materialet ska bibehålla sin hållfasthet under hela sin livslängd.

3.3.3 Bundet bärlager

Det bundna bärlagret består vanligtvis av ett asfaltsgrus och läggs i regel ut med en asfaltsläggare (Agardh & Parhamifar 2014, s. 55). Materialet omfattas av höga kvalitetskrav eftersom det måste motstå både utmattning och deformation.

Det bundna bärlagrets främsta egenskap är att fördela trafiklasten vidare ner i de underliggande lagren (Agardh & Parhamifar 2014, s. 55). Lagret ska även motverka att alltför stora spänningar eller deformationer uppstår i de underliggande lagren. Lagret har en mindre bitumenhalt vilket gör det mer känsligt mot vatten, då vatten bryter sönder bindningen mellan bitumen och sten aggregaten vilket leder till rörelse i konstruktionen som i sin tur ger deformationer (Wågberg 2013).

3.3.4 Bindlager

Bindlagret utgör det lager som ligger mellan det bundna bärlagret och det översta slitlagret. För flexibla överbyggnader är bindlagret inte ett krav enligt Trafikverket. Om ett cementbundet bärlager ska anläggas är bindlager däremot ett krav (Wiman & Tholén u.å).

Bindlager används i större utsträckning på vägsträckor med hög andel tung trafik (Trafikverket 2014). Syftet är att öka konstruktionens stabilitet och minska risken för deformationer i körbanan. Bindlager kan även användas när det finns betydande skillnader i stenstorlek mellan slitlagret och det bundna bärlagret. Lagret består av en asfaltsmassa och om vatten kommer in mellan slitlagret och bindlagret utan att dräneras vidare finns risk för deformationer (Dawson et al. 2008, s. 91). Lagret har en högre bindemedelshalt vilket ger en vattengenomsläpplighet (Wågberg 2013).

3.3.5 Slitlager

Slitlagret utgör vägens översta lager och är det som står i direkt kontakt med trafiklasten (Agardh & Parhamifar 2014, s. 54). Lagret består vanligen av varm asfaltbetong. I de flesta fall används en tät asfaltsmassa, vilken är konstruerad för att inte släppa igenom vatten. Vatten ska i stället med hjälp av tvärfallet kunna rinna av körbanan och vidare ner i dräneringssystemet.

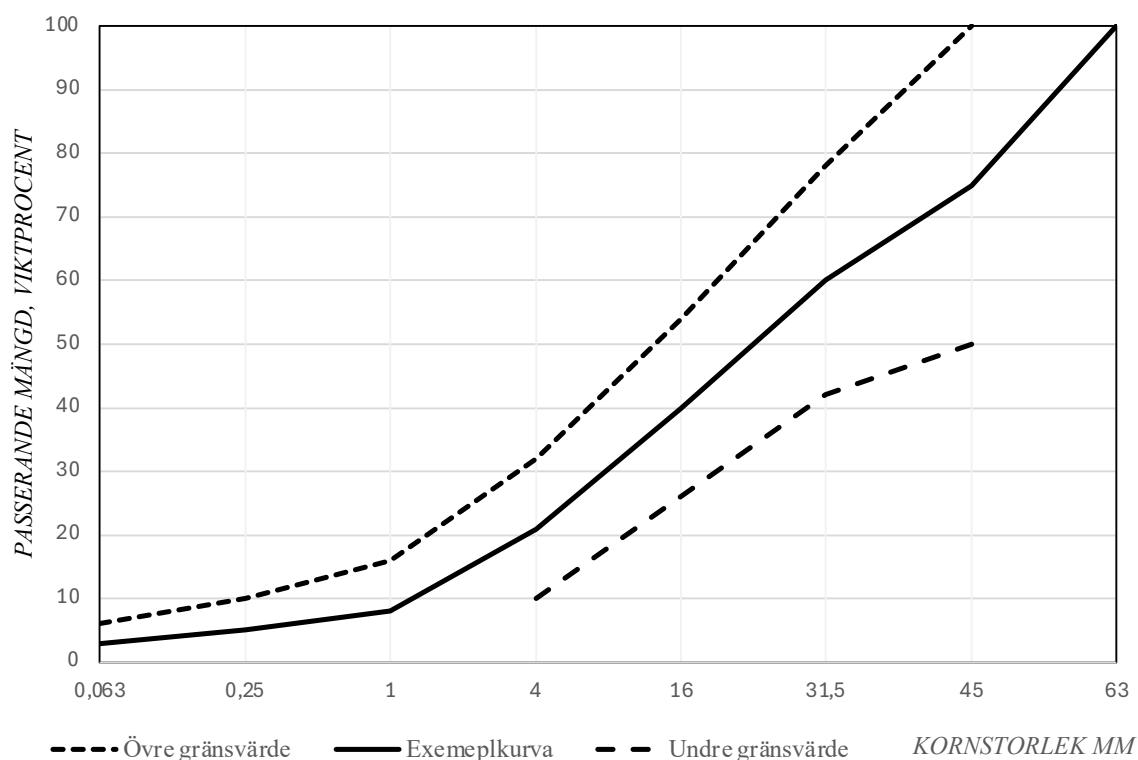
Slitlagrets främsta uppgift är att bidra till en trafiksäker och komfortabel körning (Agardh & Parhamifar 2014, s. 54). Eftersom lagret är i direkt kontakt med både klimatpåverkan och trafikbelastning utsätts det för betydande slitage. Lagret är oftast en tät asfalt för att motverka att vatten tränger sig ner i konstruktionen.

Slitlagret har en vattenkänslighet då vatten i kombination av trycket som skapas när ett fordon's däck kör över skapar sönderfall av bindemedel och stensläpp från asfalten (Dawson et al. 2008, s. 88). Därför kräver slitlagret normalt regelbundet underhåll och periodiska utbyten.

3.4 Vägkonstruktionens tekniska egenskaper

3.4.1 Kornstorleksfördelning

För att erhålla en tydligare förståelse för vägens egenskaper avseende bärighet och dräneringsförmåga kan ett kornfördelningsdiagram användas. Figur 5 visar ett exempel på ett sådant diagram för ett förstärkningslager.



Figur 5. Kornfördelningsdiagram för ett förstärkningslager med övre och undre normala gränsvärden samt en exempellinje.

Metoden för att bestämma kornfraktionerna baseras på siktning av provmaterialet. Provet vägs initialt och siktas därefter genom en serie siktar med varierande maskvidder (se X-axeln i Figur 5). Den mängd material som stannar på respektive sikt vägs, och dess procentuella andel beräknas genom att relatera fraktionens vikt till provets totalvikt. Resultaten kan sedan sammanställas i tabellform och visualiseras i ett diagram, där fraktionsstorlek redovisas på X-axeln och den kumulativa passerade viktprocenten på Y-axeln.

Resultatet från kornfördelningsdiagrammet kan användas för att fastställa vilken materialtyp proven ska klassificeras som samt för att bedöma dess känslighet för exempelvis tjäle och vatten.

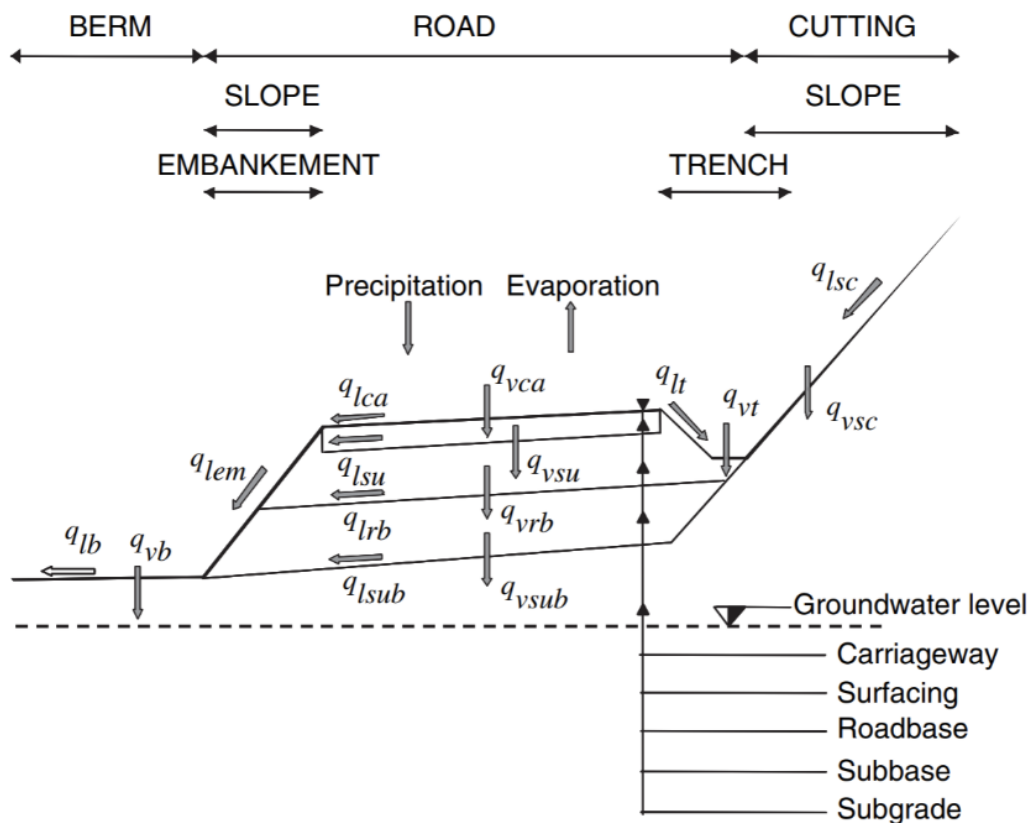
Krav på hur ett kornstorleksfördelningsdiagram ska vara utformat anges i Trafikverkets kravdokument TDOK 2013:0530. För ett förstärkningslager specificeras gränsvärden enligt Figur 5. Enligt Statens geotekniska institution (2025) beror permeabiliteten generellt på både kornstorlek och hur väl materialet är packat. Eftersom mindre fraktioner kan packas tätare minskar materialets vattengenomsläpplighet. Genom avläsning av ett kornstorleksfördelningsdiagram kan materialets dränerande förmåga tolkas. En hög andel finmaterial i ett prov kan indikera en lägre permeabilitet. Det finns dock ingen exakt gräns för när permeabiliteten klassificeras som otillräcklig. Generellt gäller att en ökad andel finkornig fraktion, det vill säga partiklar mindre än 0,063 millimeter, leder till en minskad vattengenomsläpplighet i materialet. För att erhålla en mer tillförlitlig bedömning av materialets dräneringsegenskaper kan infiltrationstester användas, eftersom dessa ger ett direkt mått på hur vatten transporteras genom materialet under realistiska förhållanden.

3.5 Dränering

Dränering utgör en central del av vägkonstruktionens funktion, då avledning av vatten minskar risken för deformationer och skador i vägen. Det är därför särskilt viktigt att de material som används uppvisar hög permeabilitet och effektivt kan transportera bort vatten. Under 1960- och 1970-talen uppstod problem kopplade till användningen av naturgrus i vägkonstruktioner (Hellman et al. 2025a, s. 12). Naturgrus innehåller vanligtvis höga sandhalter, och även om sand generellt har god permeabilitet minskar vattengenomsläppligheten markant när materialet packas hårt och provolymen reduceras. Vid frysning expanderar vattnet, vilket innebär att risken för tjälskador ökar proportionellt med mängden vatten i vägkroppen.

Sand är fortfarande ett material som är tillåtet i moderna vägkonstruktioner, men i en mindre passerad viktprocent. Material som silt och ler får endast förekomma i ännu lägre passerad viktprocent än sand. Kornstorlekstabeller i regelverk utgår vanligtvis från 0,063 mm, vilket motsvarar den nedre gränsen för sandfraktionen. I idealfallet skulle ingen vattenmängd finnas kvar i konstruktionen, men i praktiken är detta inte möjligt. Naturgrus används idag i mycket begränsad omfattning, eftersom det är en ändlig naturresurs som huvudsakligen utvinns från rullstensåsar. I stället har stenkross och bergkross i stor utsträckning ersatt naturgrus, då dessa material är mer tillgängliga.

I *Water in Road Structures* (Erlingsson et al. 2008, s. 24–25) introduceras begreppet “water balance”, vilket beskriver balansen mellan inflöde och utflöde av vatten i vägkonstruktionen. Konceptet innebär att det vatten som tillförs systemet måste avledas i motsvarande omfattning för att undvika ackumulering, vilket illustreras i Figur 6. En ytterligare viktig aspekt är att vägdagvatten ofta riskerar att kontamineras av miljöfarliga ämnen, såsom oljerester. Det är därför nödvändigt att dräneringsvattnet hanteras på ett korrekt sätt, så att infiltration och avledning sker under kontrollerade former.



Figur 6. Illustration av “water balance” i en vägkonstruktion (Erlingsson et al. 2008, s. 25).

En väl fungerande avvattning förbättrar friktionen mellan väg och fordon, ökar konstruktionens hållbarhet och är mer kostnadseffektiv ur ett konstruktions- och underhållsperspektiv. Med hänsyn till pågående klimatutvecklingen rekommenderar VTI (Arvidsson et al. 2012, s. 23) att nederbördsintensiteter motsvarande ett 10-årsregn bör förväntas inträffa vart femte år. Därutöver föreslås att större dräneringssystem installeras, eftersom sådana investeringar bedöms vara ekonomiskt fördelaktiga på längre sikt.

3.5.1 Diken och slänter

Väl fungerande diken och slänter är en central betydelse för avattningssystemet. Enligt Hellman et al. (2025a, s. 13–14) ligger de viktigaste delarna av dräneringen i innerslänten och diket, där innerslänten bedöms vara särskilt viktig eftersom dikesbotten riskerar att stå under vatten. Dikesfunktionen omfattar både att leda bort vattenmassor på ett kontrollerat sätt och att fungera som ett översvämningsskydd vid kraftig nederbörd.

Ett dikes vattenledningsförmåga bedöms vara tillräcklig för dikesbotten enligt Trafikverkets TRVINFRA-00231 placeras 0,3 meter under terrassytan. Vid åker- och ängsmarker med uppströmmande diken bör dessa däremot dimensioneras så att avvattningskan ske till ett djup av minst 1,2 meter. Vidare anger TRVINFRA-00231 att diken och innerslänter fungerar som naturliga infiltrationsfilter och ska kunna filtrera 85–90 % av vattnet på en årsbasis.

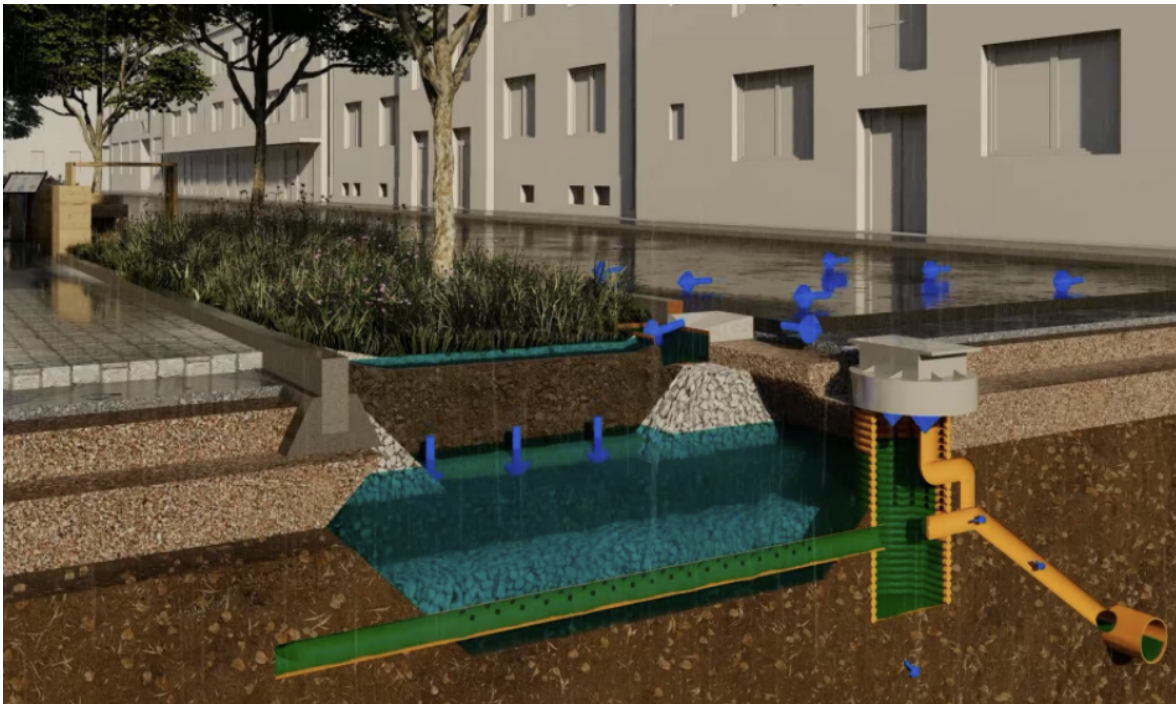
VTI-studien (Hellman et al. 2025a) lyfter också vikten av kontinuerligt underhåll av diken (dikning) och vägtrummor, då dessa behöver rensas och kontrolleras regelbundet. Infiltrationsegenskaperna måste dessutom följas upp över tid eftersom de kan försämrats genom exempelvis igensatta porer, vegetationstillväxt och isbildning. Arvidsson et al. (2012) visar att översvämningar ofta beror just på bristande underhåll av diken och trummor. Studien pekar även på att det saknas ett tillräckligt effektivt system för att övervaka dräneringsanläggningarnas underhållsstatus. Som en möjlig lösning nämns så kallad “blue spot-kartering”, där GIS-baserade analyser används för att identifiera platser som är särskilt känsliga för vattensamlingar.

3.5.2 Öppna överbyggnader

Öppna överbyggnader är konstruktioner som har potential att kunna magasinera vatten under en begränsad tidsperiod. Tester av sådana överbyggnader genomfördes bland annat i Malmö 1991, och resultaten visade att en öppen överbyggnad potentiellt kunde uppnå bättre bärighet än en motsvarande grus-bitumenöverbyggnad (Wahlman & Stahle 1995).

Tekniken för att magasinera vatten i överbyggnader har vidareutvecklats, och behovet av nya lösningar för dagvattenhantering har ökat, särskilt i urbana miljöerna där andelen hårdgjorda ytor är stora. I dag finns exempelvis ABD-asfalt (asfaltbetong, dränerande), som kan användas i sådana sammanhang. Denna typ av asfalt är dock känslig för högre belastningar och riskerar ofta att förlora sin dränerande funktion efter upprepade belastningar. Dräneringssystem med gatubrunnar är också vanligt förekommande, men dessa riskerar att sättas igen när skräp ansamlas i brunnens öppning. Gatubrunnar fungerar som en punktinfiltration, då vattnet leds bort enbart på specifika platser.

En annan konstruktion som fått ökad uppmärksamhet är BGG (multifunktionell konstruktion med öppen, obunden ballast, även kallad Blå-Grön-Grå yta). Denna konstruktion har ett förstärkningslager med hög hålrums halt, vilket möjliggör magasinering av vatten i överbyggnaden (Hellman et al. 2025b). Konstruktionen ska utformas så att allt vatten från en nederbördshändelse ska vara tömt inom 24 timmar, antingen genom infiltration i marken, via dagvattensystemet eller genom andra interna system i BGG-konstruktionen. Figur 7 visar ett exempel på en sådan konstruktion.



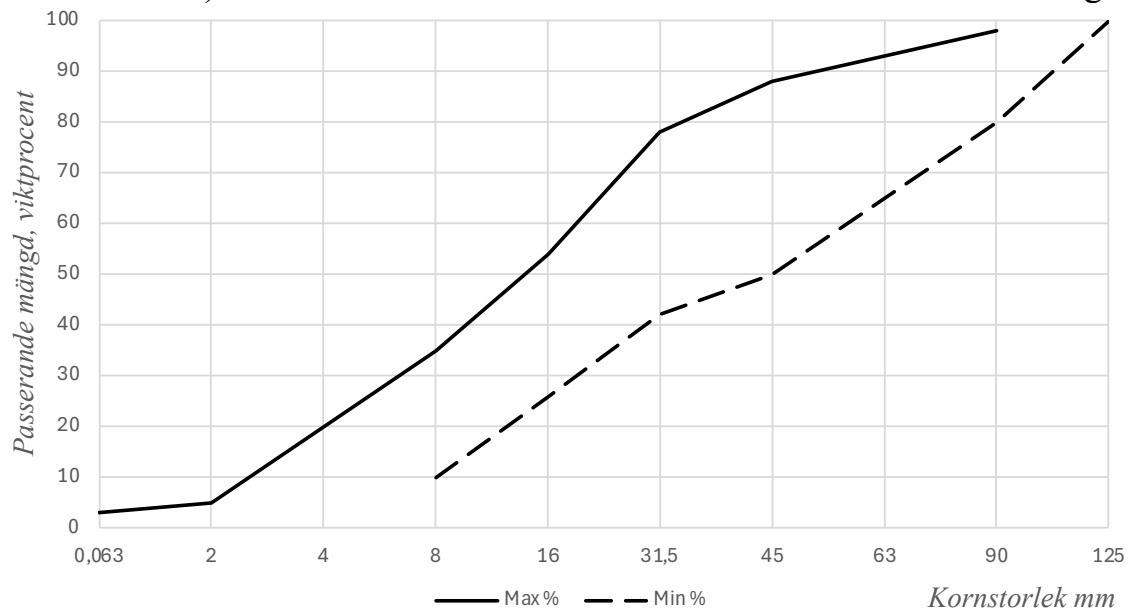
Figur 7. Exempel bild över en BGG-konstruktion (Hellman et al. u.å)

Konstruktionen består av ett öppet förstärkningslager av stenkross och makadam. Makadam och stenkross används eftersom materialen har skarpare kanter, vilket ger en ökad porositet (Hellman et al. 2025b). Material med mer rundade partiklar minskar däremot porositeten. BGG-konstruktionen används främst på lågtrafikerade ytor såsom parkeringsplatser, torg samt gång- och cykelbanor (Hellman et al. 2022).

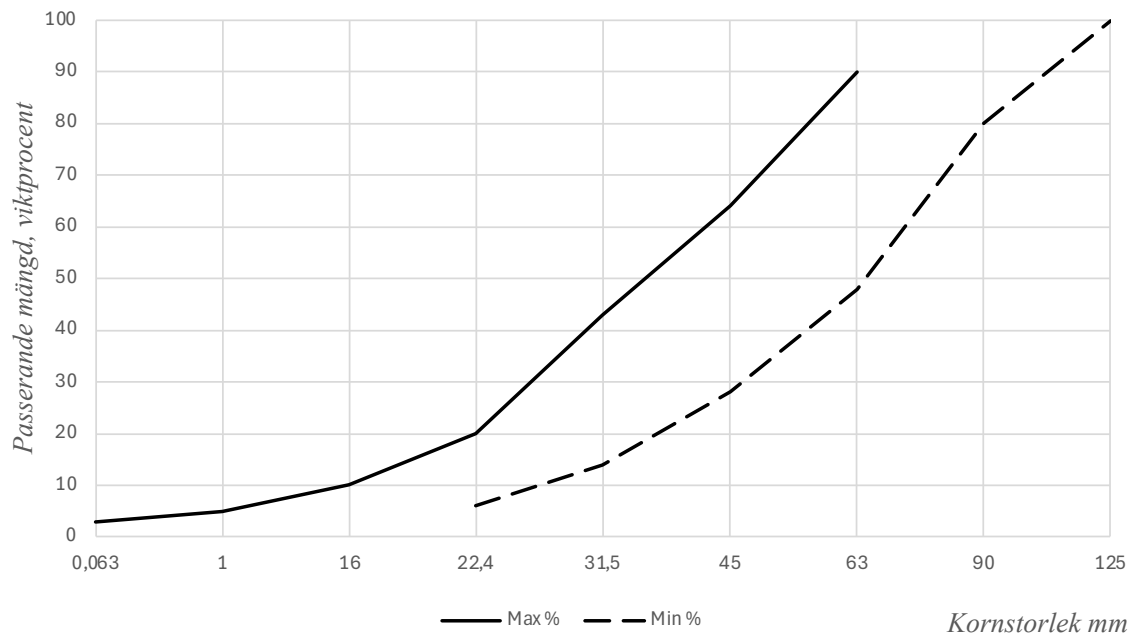
En fördel med konstruktionen är att makadam har en hålrums halt på 30–40 procent. Detta innebär att en gata med en bredd på 10 meter och ett öppet förstärkningslager på 50 centimeter kan magasinera cirka 2000 liter vatten per löpmeter.

Materialkraven för förstärkningslagret i en konstruktion med dagvattenhantering enligt AMA kod DCB.24 framgår av Figur 8 och 9. Om antalet dimensionerande standardaxlar understiger trafikklass 1a (det vill säga mindre än 250 000 standardaxlar) kan både fraktionerna 4/90 och 22/90 användas i det översta lagret.

Om antalet standardaxlar överstiger trafikklass 1a (mer än 250 000 standardaxlar) får däremot endast fraktion 4/90 användas i det översta lagret.



Figur 8. Kornfördelningsdiagram för förstärkningslager för dagvattenhantering 4/90.

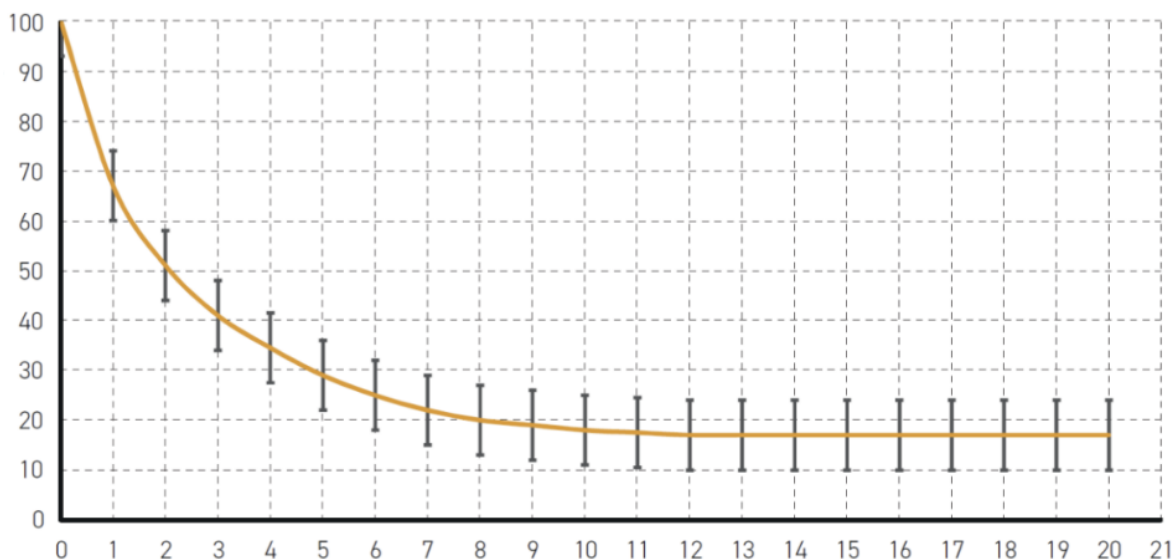


Figur 9. Kornfördelningsdiagram för förstärkningslager för dagvattenhantering 22/90.

I dagsläget finns BGG-konstruktioner på omkring 50 platser i Sverige. VTI har dessutom anlagt fyra referensanläggningar för att undersöka hur konstruktionens bärrighet och infiltration påverkas över tid. Resultaten blev följande för ytor belagda med marksten:

När det gäller bärrigheten kunde ingen större skillnad i styvhet observeras mellan öppna och traditionella förstärkningslager. Det rekommenderas att nya tester genomförs två år efter de första mätningarna för att följa utvecklingen.

När det gäller infiltrationskapaciteten beräknas konstruktionen förlora en betydande del av sin förmåga enligt Figur 10. Figuren baseras på forskning från hundratals mätstationer i Tyskland. Efter cirka 8–12 år sjunker infiltrationen asymptotiskt och stabiliseras därefter på omkring 10–25 procent av den initiala nivån. Detta beror på att konstruktionen förväntas sättas igen av smuts och partiklar. Likasom bärigheten behöver även infiltrationen följas upp för att säkerställa om antagandena stämmer med utvecklingen som illustreras i Figur 10.



Figur 10. Infiltrationskapacitet över tid för marksten. X-axel: År efter drifttagande (utan underhåll), Y-axel: Procent av initial infiltrationskapacitet (Hellman et al. 2022).

För ytor som är tungt belastade kan ett lager med ABD (asfaltbetong, dränerande) eller Ag (asfaltsgrus) användas (Hellman et al. 2022). Om ABD används ska det uppfylla trafikverkens krav enligt "Krav, Bitumenbundna lager". ABD brukar ha en porositet mellan 18–26 procent. Nackdelar med ett ABD lager tillskillnad från ett Ag är att ABD har generellt lägre stabilitet och kommer över tid att deformeras, vilket leder till sämre dräneringsegenskaper. Detta sker främst i hjulspåren. Från mätningar visar det sig att 50 procent av den dränerande egenskapen i hjulspåren går förlorad efter en hel livslängds belastning. Vad gäller dränerandeegenskap på övrig ABD asfalt så sker mindre försämringar, genom igensättning av smuts och partiklar. VTI rapporten nämner även att utomlands används oftast en hålrums halt på 35 procent på det dränerande cementstabiliserat bärlagret, medan i Sverige finns endast en begränsad kunskap om dränerande cementstabiliserat grus.

När det gäller förstärkningslagret i en BGG-överbyggnad finns tre materialegenskaper som måste balanseras: hålrums halt, permeabilitet och porstorlek (Hellman et al. 2025b).

Dessa egenskaper påverkar konstruktionens bärighet, vilket innebär att en balans mellan bärighet och vattenmagasinering behöver uppnås för att få en så hållbar konstruktion som möjligt.

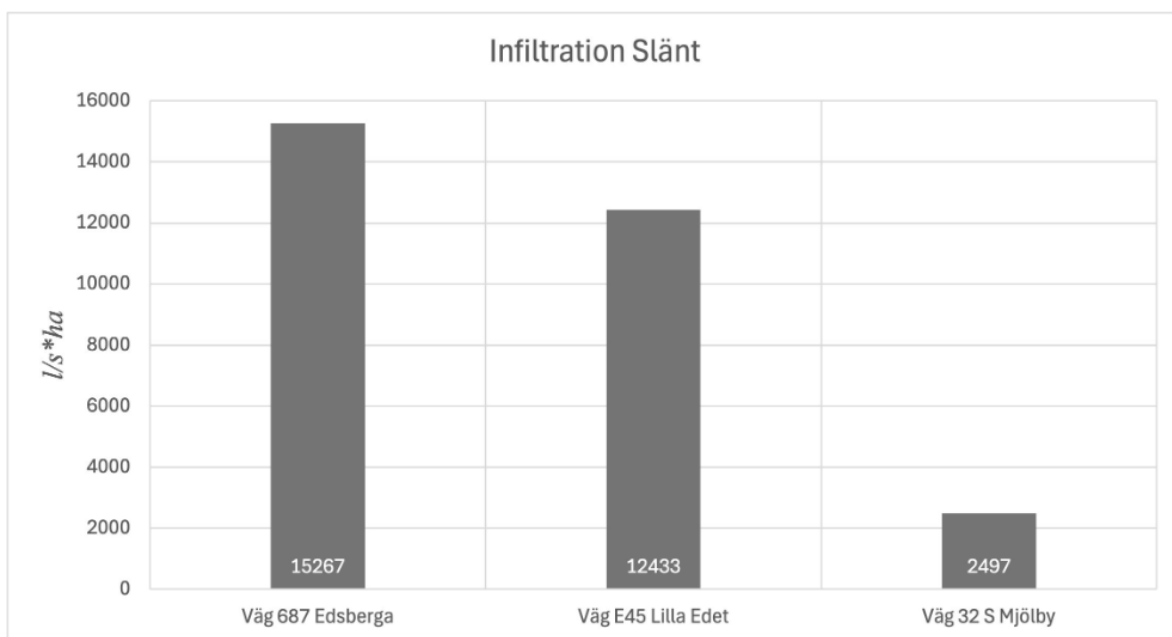
3.5.3 Mäta infiltration

Det finns olika metoder för att mäta infiltration i en vägkonstruktion. I en studie utförd av VTI (Hellman et al. 2025a, s. 17–21) beskrivs två metoder: dubbelringinfiltrimeter och MPD-infiltrimeter. Dubbelringsmetoden lämpar sig väl på jämna underlag utan större lutning, medan MPD-metoden kan användas på de flesta ytor, oavsett lutning. Nackdelarna är dock mer framträdande för MPD-metoden, då användningen kräver en kostsam prenumeration från företaget som tillhandahåller instrumentet. Dessutom är mätdata låst och lagras i företagets egen databas, vilket begränsar metodens användbarhet i forskningssammanhang.

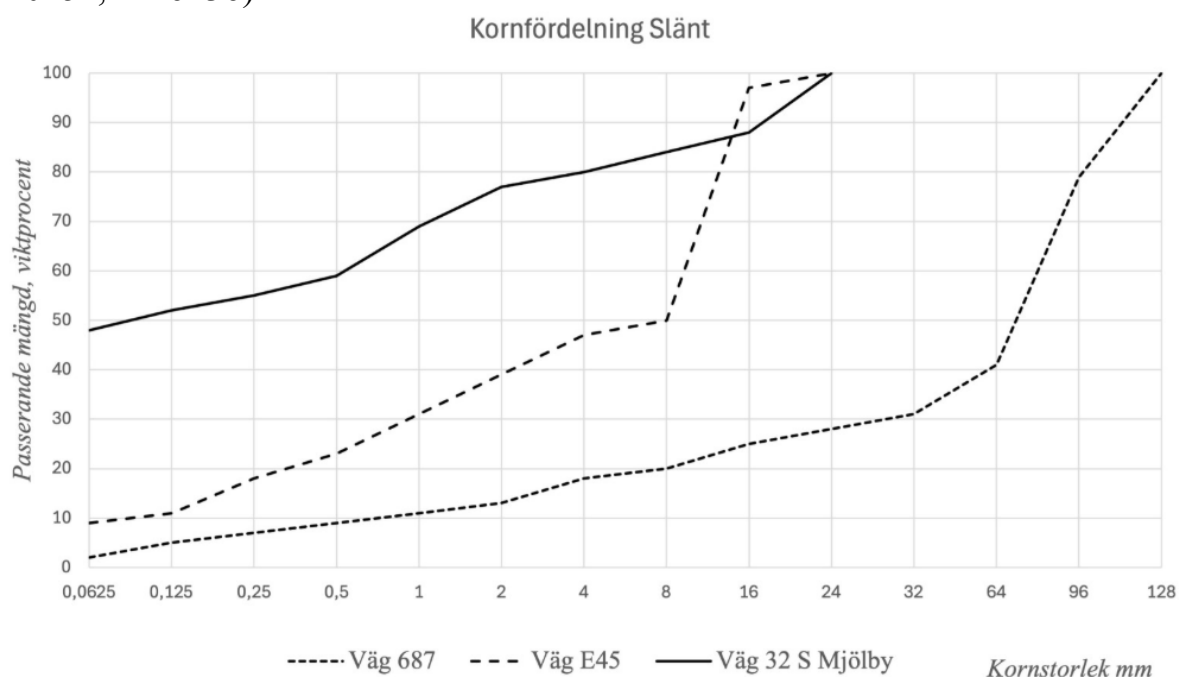
Hellman et al. (2025a, s. 38) genomförde infiltrationsmätningar på tre olika vägar med hjälp av MPD-metoden: en äldre landsväg (väg 32, byggd enligt krav från väg 94), en modern landsväg (väg 687, byggd enligt TRVINFRA00224 och Anläggning AMA) samt en riksväg (väg E45, byggd enligt TRVINFRA00224 och Anläggning AMA). Resultaten visade tydliga skillnader mellan vägarna. Den äldre vägen uppvisade generellt sämre infiltration (se Figur 11), vilket var särskilt tydligt i dikesbotten där mer finkorniga material förekom.

För den moderna landsvägen uppmättes hög infiltration i slänten, vilket indikerar att materialvalen ger goda infiltrationsmöjligheter.

Vid den äldre vägkonstruktionen (väg 32, Södra Mjölby) observerades en högre andel finsediment, såsom lera, sand och silt, vilket förklarar den lägre infiltrationskapaciteten. Rapporten betonar dock att metoder för att mäta infiltration i fält behöver vidareutvecklas, speciellt i samband med nybyggnation och underhåll av vägar. Figur 12 visar ett sammanställt kornfördelningsdiagram för de olika platserna.



Figur 11. Samlat resultat från infiltrations mätningar i slänter (Hellman et al. 2025a, s. 26–36).



Figur 12. Sammanställda kornfördelnings kurvor av prover för de tre olika vägarna (Hellman et al. 2025a, s. 26–36).

Som framgår av Figur 12 innehåller slänten vid väg 687 större kornfraktioner samt en mindre andel fina fraktioner. Vid jämförelse mellan kornfördelningsprovet och Figur 11 för väg 687 kan en hög infiltrationskapacitet observeras, vilket överensstämmer med sambandet mellan kornfördelning och infiltration. För väg 32 Södra Mjölby visar Figur 12 däremot en högre andel finkornigt material. Detta resulterar i en lägre infiltrationskapacitet, vilket även framgår av resultaten i Figur 11.

4 Regelverk och klimat

4.1 Regelverk

Regelverken för vägbyggnad genomgår kontinuerliga uppdateringar för att möta både dagens och framtidens krav. En utveckling som blivit alltmer framträdande i nuvarande lagar och föreskrifter är införandet av skärpta krav på vattenhantering samt en ökad anpassning till EU-standarder.

4.1.1 Lagstiftning

Nya föreskrifter om vägbyggnad från Transportstyrelsen trädde i kraft i slutet av 2021. Dessa bygger i sin tur på EU-direktiv från 2015 (Transportstyrelsen 2021). Några centrala bestämmelser som har tillkommit är följande:

Enligt 2 kap. 4§ (ibid., s. 7–8) ska en vägöverbyggnad dimensioneras så att dess bärförmåga, stadga och beständighet är tillräckliga för att klara både dagens klimat och framtida klimatförändringar, med avseende på nederbörd, flöden och vattennivåer.

I 2 kap. 5§ (ibid., s. 8) anges att olika säkerhetsklasser, baserade på återkomsttider för nederbörd, flöde och vattennivå, ska tillämpas vid dimensionering av överbyggnaden. Säkerhetsklasserna definieras enligt följande:

- Säkerhetsklass 1 och 2: minst 50 års återkomsttid.
- Säkerhetsklass 3: minst 100 års återkomsttid.
- Säkerhetsklass 4: minst 200 års återkomsttid.

Vidare framgår av 2 kap. 6§ (ibid., s. 8) att avvattningsystem ska dimensioneras med hänsyn till nederbörd samt nuvarande och framtida klimatförhållanden. Systemet ska kunna samla upp och avleda dagvatten från vägen eller överbyggnaden för att förhindra översvämning eller skadlig grundvattensänkning.

En särskilt relevant bestämmelse för detta arbete återfinns i kap 2. 8§ (ibid., s. 8–9), där det anges att dimensionerande nederbörd, flöden och vattennivåer för respektive återkomsttid ska fastställas med hänsyn till både dagens klimat och framtida klimatförändringar. I de allmänna råden anges att dimensionerande nederbörd bör bestämmas genom att värden för dagens klimat multipliceras med en klimatkfaktor. Valet av klimatkfaktor varierar beroende på geografisk region och konstruktionens livslängd. För korttidsnederbörd upp till 12 timmar rekommenderas en faktor o minst 1,2 användas.

Vid beräkningar och statistiska analyser kan en rapport från SMHI, publicerad 2017, användas som underlag (se vidare avsnitt 4.2 Klimat).

4.1.2 Kravdokument

När det gäller dokumentation och krav bygger dessa i stor utsträckning på empiriska modeller, där det amerikanska vägtestet från 1950-talet (AASHTO) utgör en central grund. Vid dimensionering av vägar används ofta programmet PMS-Objekt, vilket omvandlar trafikbelastningen till antal standardaxlar med hjälp av fyrpotensregeln. En utmaning i modern tid är dock att utvecklingen av trafiklaster, byggnadsmaterial och vägbyggnadsmaskiner har förändrats avsevärt jämfört med förhållandena under 1950-talet (Erlingsson 2020).

Dagens transporter har blivit allt tyngre och enligt en rapport från Trafikverket (Natanaelsson & Ngo 2015) har den tillåtna fordonsvikten ökat från 10-ton upptill 74 ton under en period av 118-år (1900–2018). Som en följd av detta har det svenska vägnätet klassificerats efter bärighet i så kallade bärighetsklasser (BK1-BK4). Dessa klasser definieras enligt följande:

- BK1 – Max 64 tons bruttovikt
- BK2 – Max 51,4 tons bruttovikt
- BK3 – Max 37,5 tons bruttovikt
- BK4 - Max 74 tons bruttovikt

Samma rapport (Ibid.) visar att cirka 80 procent av det svenska vägnätet består av vägar som byggdes innan införandet av BK1 (60 ton), vilket innebär att majoriteten av vägarna inte är dimensionerade för dagens tunga trafik.

Slitageeffekterna bedöms vara relativt begränsade på större Europavägar, eftersom dessa generellt har dimensionerats för högre bärighet (Ibid.). Däremot är effekterna mer påtagliga på det mindre vägnätet, särskilt på vägar med BK4, där ökat slitage och högre underhållskostnader har observerats än normalt (Natanaelsson & Ngo 2015, s.34). Införandet av BK4 har även medfört att vissa vägsträckor behöver omfattas av bärighetsrestriktioner för att skydda konstruktionen mot allvarliga skador. Dessa restriktioner kan innebära att vägar tillfälligt stängs för BK4-trafik, exempelvis under tjällossning eller vid perioder med kraftig nederbörd, som vid ett höstregn. Rapporten pekar vidare på att de största flaskhalsarna för den nya klassificeringen utgörs av broar, eftersom många befintliga broar är dimensionerade för tidigare trafiklaster.

Rapporten pekar vidare på att ett förändrat klimat i kombination med ökade transportflöden sannolikt kommer att leda till ännu högre krav på bärighet i framtiden (Ibid.).

De största konsekvenserna av tyngre fordon är en ökad belastning på de djupare delarna av den geotekniska konstruktionen, vilket ställer högre krav på materialens egenskaper i dessa lager. En ytterligare nackdel är nedbrytningen av materialegenskaper, där ett ökat antal axlar per tungt fordon bidrar till ökat slitage och nedbrytning. Samtidigt kan det ökade antalet axlar per fordon leda till en minskning av antalet standardaxlar, vilket i vissa fall kan reducera den totala nedbrytningen av vägar.

Trafikverket (2025a) framhåller att det finns ett betydande behov av vidare forskning kring hur BK4-vägar påverkas av slitage.

En tydlig empirisk bild av hur tyngre fordon påverkar vägar i praktiken är fortfarande begränsad. Teoretiskt sett förväntas påverkan vara liten, eftersom tyngre fordonslaster ofta kombineras med längre fordonsekipage och fler axlar, vilket bidrar till att fördela lasten (Erlingsson & Carlsson 2018).

För att undersöka de faktiska effekterna av 74-tonsfordon har två provsträckor utrustats med mätutrustning i Norrbotten. Syftet är att analysera hur tunga fordon påverkar vägöverbyggnaden i kallt klimat genom att mäta konstruktionens respons vid fordonsöverfarter. Resultaten visar att de största effekterna i de djupare delarna av konstruktionen uppstod vid passage av tunga fordon med enkelmonterade hjul, vilka gav större utslag än dubbelmonterade hjul. Vidare identifierades axellastens storlek som en avgörande faktor (Saliko & Erlingsson 2023, s. 10).

Temperatures inverkan var mest påtaglig i de övre delarna av konstruktionen. Flera slutsatser från studien visar att den vertikala dragspänningen i botten av asfaltslagret främst påverkas av asfaltens temperatur; vid lägre temperaturer minskar spänningen. En ytterligare slutsats är att en ökad fukthalt i de obundna lagren leder till minskad styvhet i materialen, vilket i sin tur resulterar i ökade vertikala dragspänningar.

Detta kan förklaras av att porvattentrycket ökar mellan stenarnas porer när materialet utsätts för trafikbelastning (Matroud & Mansoor 2024, s. 13). När porvattentrycket ökar reduceras det effektiva spänningstillståndet i materialets sten skelett, vilket innebär att dess förmåga att motstå belastning minskar. Som en följd av detta kan deformationer uppstå i vägkonstruktionen.

Ytterligare effekter som nämns med ökad fukthalt i de obundna lagren är att vattnet kan fungera som ett smörjmedel mellan sten aggregaten (Lekarp et al. 2000). Detta medför att partiklarna lättare kan röra sig i förhållande till varandra, vilket i sin tur leder till deformationer i konstruktionen.

Tester på de två vägsträckorna genomfördes under en begränsad temperatur- och belastningsperiod. VTI rekommenderar därför att framtida studier utförs vid högre temperaturer och under längre belastningsperioder, för att möjliggöra en bättre analys av asfaltens viskoelastiska egenskaper samt de icke-linjära beteendena hos de granulära material.

Eftersom många vägkonstruktioner är baserade på empiriska modeller lyfter Saliko och Erlingsson (2023) fram ett nytt beräkningsprogram som är under utveckling i Sverige. Programmet heter ERAPave och bygger på en klimatmodell som heter MLET (Multilayer elastic theory). Modellen tar hänsyn till mer realistiska klimatförhållanden för att justera styvhetsegenskaperna hos de olika lagren.

Programmet lanserades 2020 och utvecklas av VTI i samarbete med Trafikverket (Erlingsson 2020). Det bygger på en mekanistisk – empirisk dimensioneringsmodell (Natanaelsson & Ngo 2015, s.100). Grundprincip är att den faktiska axellasten appliceras, varefter vägens respons kan bestämmas utifrån det aktuella klimatet vid en given tidpunkt. Denna respons kan därefter kopplas till konstruktionens strukturella nedbrytning, vilket möjliggör analyser av hur nedbrytning och förändringar i mekaniska tillstånd utvecklas över tid.

Metoden skapar även möjligheter att simulera nya material i ett tidigt skede, för att undersöka hur dessa kan förväntas fungera i praktiken. Detta utgör en tydlig skillnad jämfört med tidigare metoder, där kunskapsutvecklingen i hög grad har varit beroende av empiriska observationer.

4.1.2.1 Trafikverkets regler

Vid dimensionering av vägar krävs en uppskattning av hur många standardaxlar en konstruktion ska klara under sin tekniska livslängd. Detta uttrycks som det ekvivalenta antalet standardaxlar och beräknas med hjälp av en dimensioneringsformel:

$$N_{ekv} = \text{ÅDT}_k \cdot 3,65 \cdot A \cdot B_{just} \cdot \sum_{j=1}^n \left(1 + \frac{k}{100}\right)^j$$

I denna beräkning definieras följande parametrar:

N_{ekv} = Ekvivalent antal standardaxlar

ÅDT_k = Årsdygnstrafik per körfält, uttryckt i antal fordon per dygn

A = Andel tunga fordon (%)

n = Dimensionerande teknisk livslängd (år)

j = tidsindex för respektive år ($j = 1, 2, 3, \dots, n$)

k = Antagen årlig trafikförändring för tunga fordon (%)

Vidare definieras justeringsfaktorn enligt:

$B_{just} = B \times f_a \times f_b \times f_c$

Där:

B = Uppmätt eller uppskattat ekvivalent antal standardaxlar per tungt fordon

f_a = justeringsfaktor för trafikens sidolägesplacering

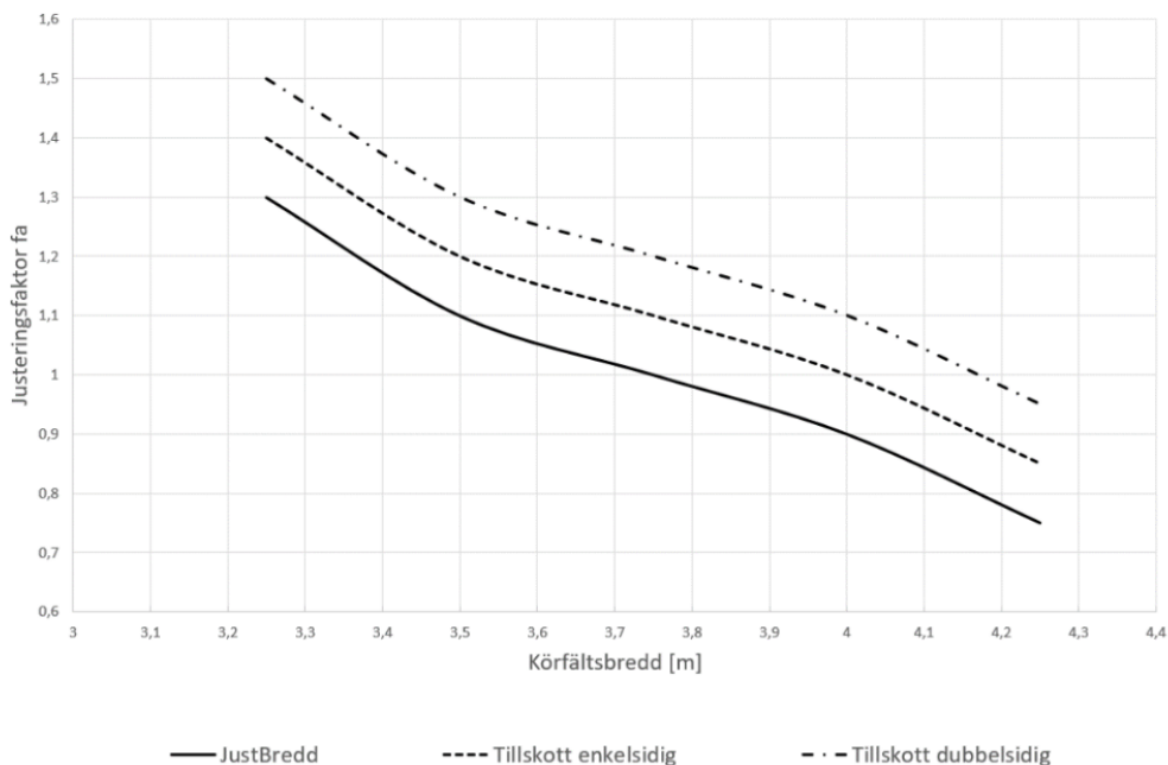
f_b = justeringsfaktor för trafikmängd och störningar vid åtgärd

f_c = justeringsfaktor för referenshastighet

En skillnad mellan det nya regelverket TRVINFRA-00224 och TRVK väg är hur justeringsfaktorn f_a bestäms. I de äldre dokumenten baserades f_a enbart på vägens bredd, där fasta värden angavs (se Figur 13). I de nya riktlinjerna används i stället en grafisk metod, där hänsyn även tas till förekomsten av räcken (se Figur 14).

Körfältsbredd (m)	f_a
> 4,25	0,75
4	0,9
3,75	1
3,5	1,1
< 3,25	1,3

Figur 13. Justeringsfaktorn f_a Enligt TRVK Väg (Trafikverket 2011, s. 39).



Figur 14. Justeringsfaktorn f_a Enligt TRVINFRA-00224 (Trafikverket 2023, s. 68).

Den nya modellen kan stödjas av en studie av Berntman et al. (2012), som visar att det inte finns något statistiskt samband mellan körfältsbredd och förekomst av räcken med avseende på bilförarens hastighet. Däremot indikerar studien att förarens val av sidolägesplacering på vägen påverkas av körfältsbredden.

För att uppnå en större sidolägespridning rekommenderas bredare körfält utan sidoräcken. Enligt studien minskar spridningen i närvaro av sidoräcken. Vidare framgår att en minskning av körfältsbredden från 3,75 meter till 3,25 meter medför en reducering av den tekniska livslängden med cirka 10–15 procent, med avseende på både sprickbildning och deformation. Detta kan användas som ett riktvärde i kalkylskedet vid planering av förändrade körfältsbredder.

Ytterligare faktorer som påverkar den tekniska livslängden är andelen tung trafik samt antalet möten mellan fordon. Tung trafik uppvisar en mindre sidolägespridning, vilket bidrar till snabbare nedbrytning av konstruktionen, men har samtidigt en annan sidolägesposition än personbilstrafik. Vid möten tenderar fordon att förskjutas något från mittlinjen, vilket leder till en ökad sidolägespridning.

Vidare kan en skillnad i justeringsfaktorn f_b identifieras mellan TRVINFRA-00224 och TRVK väg. I TRVK väg anges värden i tabellform beroende på vägtyp (se Figur 15). I TRVINFRA-00224 baseras faktorn i stället på trafikmängden som belastar det aktuella vägnittet, och den används även för att justera B-faktorn med avseende på BK4-trafik. Faktorn B (ekvivalent antal standardaxlar per tungt fordon) beräknas med hjälp av fyrpotensregeln, vilken bygger på AASHTO-testerna från 1950-talet.

Den nya faktorn beaktar dessutom stråkets prioritering samt dess känslighet för störningar (se Figur 16).

Vägtyp	f_b
Europaväg	1,15
Större riksväg ÅDT > 4000	1,1
Riksväg, ÅDT ≤ 4000	1,05
Riksväg, Länsväg, ÅDT > 2000	1
Länsväg, ÅDT ≤ 2000	0,97
Godsled, timmerränna	1,2
Pendlingsväg	0,95
Annan vägtyp än beskriven ovan	0,7-1,2

Figur 15. Justeringsfaktorn f_b Enligt TRVK Väg (Trafikverket 2011, s. 39).

ÅDT	f_b ÅDT
> 500	1,1
≤ 500	1,25
Justering med avseende på störningar, adderas till f_b vid användning	
Prioriterade stråk	+ 0,05
Omfattande störning vid åtgärd	+ 0,05

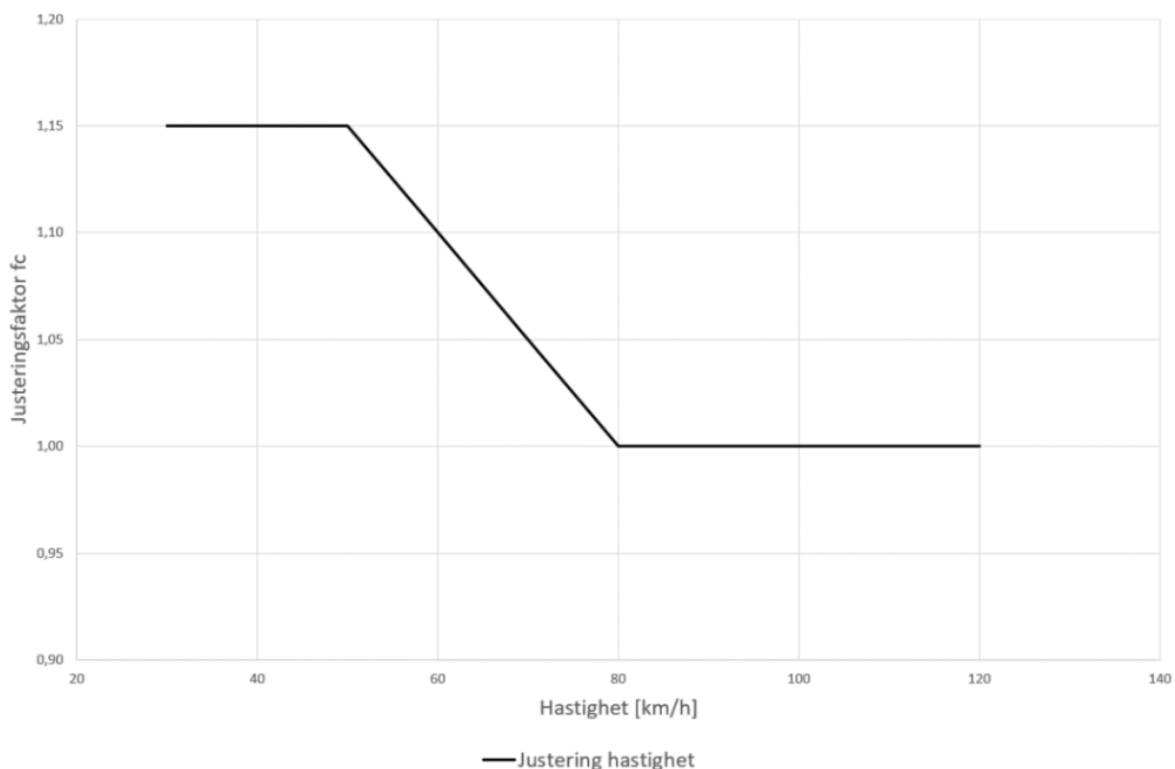
Figur 16. Justeringsfaktorn f_b Enligt TRVINFRA-00224 (Trafikverket 2023, s. 69).

Justeringsfaktorn f_c har genomgått en mindre förändring i TRVINFRA-00224 jämfört med TRVK väg. I TRVK väg bestäms faktorn med hjälp av en tabell (se Figur 17), medan den i TRVINFRA-00224 i stället bestäms med hjälp av en graf (se Figur 18).

Lägre hastigheter medför en högre korrigeringsfaktor, eftersom belastningstiden ökar och risken för deformationer därmed blir större (Agardh & Parhamifar 2014, s. 91, 101). Detta gäller särskilt för tunga fordon, där plastiska deformationer kan uppstå i asfalten vid låga hastigheter.

Referenshastighet VR (km/h)	f_c
≤ 30	1,35
40	1,2
50	1,1
60	1,06
70	1,03
80	1
90	0,95
≥ 100	0,9

Figur 17. Justeringsfaktorn f_c Enligt TRVK Väg (Trafikverket 2011, s. 40).



Figur 18. Justeringsfaktorn f_c Enligt TRVINFRA-00224 (Trafikverket 2023, s. 69).

Ytterligare en parameter som används vid dimensioneringsberäkningar är styvhetsmoduler. Dessa tar hänsyn till de olika lagrens egenskaper samt hur materialen påverkas av varierande klimatförhållanden under olika årstider. Tabell 1 visar styvhetsmodulerna för de obundna överbyggnadsmaterialen. I Trafikverkets dokument TRVINFRA-00224 (Trafikverket 2023, s. 59) presenteras en liknande sammanställning som i Tabell 6.

Tabell 1. Styvhetsmoduler (MPa) för olika materiallager. Tabellen är en kombination av en tabell från Agardh & Parhamifar (2014, s.131) och Trafikverket (2023, s.59).

Klimatperiod	Bärlager	Förstärkningslager	Skyddslager	Asfaltlager
Vinter +0 °C	1000	1000	1000	14 500
Tjällosningsvinter +1°C	150	1000	1000	13 000
Tjällosning +3 °C	300	200	70	13 000
Senvår +3 °C	450	300	85	11 000
Sommar +19,8 °C	450	300	100	3500
Höst +6,9 °C	450	300	100	9000

Styvhetsmoduler utgör viktiga parametrar vid beräkning av spänningar och töjningar i materialen (Ibid.). Som framgår av Tabell 1 varierar styvhetsmodulen beroende på årstid, vilket i huvudsak kan kopplas till temperaturvariationer. Ytterligare en faktor som påverkar styvhetsmodulen är fukthalten i materialen, där variationer i vatteninnehåll kan leda till förändringar i materialens mekaniska egenskaper. För de obundna lagren blir styvhetsmodulerna högre under vinterperioden, då dessa blir frusna.

4.2 Klimat

Klimatet har förändrats det senaste decennium, och av en rapport från SMHI (Olsson et al. 2017) kan en mindre nationell ökning av stora, utbredda 2-dygnsregn ha ökat sedan 1961. Från de resultat som presenterats av SMHI föreslår de att Sverige bör delas in i fyra större länsbaserade regioner. Trafikverket har i stället delat in Sverige i fem klimatzoner enligt Figur 19.

Statens väg och transportforskningsinstitution har med hjälp av GIS (geografiska informationssystem) kartor tagit fram områden som bedöms extra känsliga för kraftiga nederbörd (Olofsson 2015). För att systemet ska fungera behöver det kontinuerligt följa klimatförändringarna som sker och fortsätta att utvecklas. Systemet hjälper till att varna för områden som har förhöjda risker av översvämningar, ras, skred och erosion.



Figur 19. Karta över de fem klimatzonerna (Trafikverket 2011, s.14).

SMHI har med mätningar och empiriska samband samt från oberoende studier tagit fram en uppskattning av förändringen på 10-års dygnsnederbörd och korttidsnederbörd enligt Tabell 2. Detta bygger på FN:s klimatpanel (IPCC) som har utvecklat olika RCP-scenarier (Representative Concentration Pathways), vilka beskriver möjliga framtida koncentrationer av växthusgaser (SMHI u.å). Dessa scenarier sträcker sig från RCP 2,6, som representerar ett lågt utsläppsscenario, till RCP 8,5, som motsvarar ett högt utsläppsscenario. Scenarierna baseras på hur framtida utsläpp av växthusgaser påverkar strålningsdrivningen fram till år 2100.

Strålningsdrivning definieras som skillnaden mellan den inkommande solstrålningen till jorden och den utgående strålningen tillbaka till rymden (Ibid.). Denna storhet mäts i watt per kvadratmeter. Genom att analysera dessa scenarier kan framtida klimatförändringar och deras potentiella effekter modelleras och kvantifieras.

Tabell 2. Procentuell förändring av 10-års dygnsnederbörd och korttids nederbörd i Sverige, med medelvärde, hög och låg uppskattning (Olsson et al. 2017, sid. 62).

Varaktighet	Dagens klimat ==> 2050 (%)			Dagens klimat ==> 2100 (%)		
	Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög
≤ 1 tim	± 0	+ 10	+ 20	+ 15	+ 25	+ 35
1 dygn	± 0	+ 5	+ 15	+ 10	+ 20	+ 30

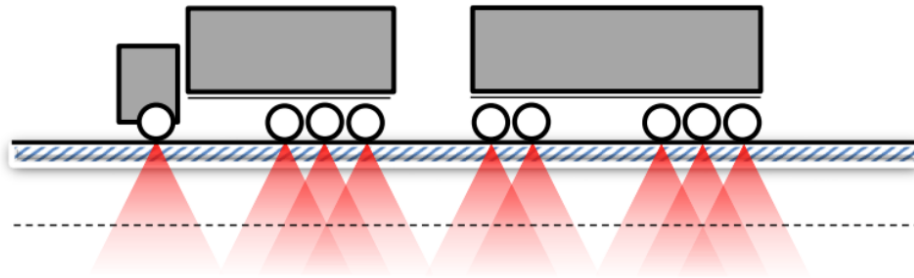
Vad gäller skyfall har SMHI (Olsson et al. 2017, s. 54) inte kunnat se någon tendens till att dessa skulle ha ökat sedan 1996, nationellt sett har medelvärdet legat relativt konstant. Definitionen av ett skyfall är att det minst ska ha kommit 50mm på en timme alternativt minst 1mm på en minut (Ibid, s. 63). Kombinationen av torka och intensivare regn kan leda till större risker för översvämningar.

Från VTI (Hellman et al. 2025a, s. 15) jämförs en torr krukväxt som vattnas, den torra jorden har svårare att ta upp och leda vattnet vidare ner i krukans. När jorden har nått sin maximala hydrologiska konduktivitet kan den leda vattnet mycket snabbare ner i krukans, samma tankesätt kan appliceras på jordmaterial. Beroende på material typ, permeabilitet och hur hydrologisk konduktiv materialet är så kan en bättre förståelse av hur jordmaterialet kommer fungera kring dränering.

5 Effekter av belastning och väta

5.1 Vägkonstruktionens belastnings påverkan av BK4 klass

När en vägkonstruktion utsätts för belastning så sprids lasten vidare ner i konstruktionen enligt Figur 20. Lasten sprids nedåt i konstruktionen och med tätare axlar blir belastningen större längre ner i konstruktionen.



Figur 20. Lastfördelning från fordons axlar ner i en vägkonstruktion (Natanaelsson & Ngo 2015).

För varje gång vägen belastas sker en mindre permanent deformation, detta då materialet i vägen inte är idealt elastiskt (Lundberg & Gonzales 2016).

Sjögren (2021) skriver om att en vägs huvudsakliga nedbrytning beror på tunga fordon och speciellt från den dynamiska belastningen. Hypotetiskt ökar belastningen i vissa punkter då det skapas en sinussvängning av fordonen när de kommer i gungning på grund av ojämnheter i körbanan, då en körbana inte är helt homogen. Vidare så anses alla tunga fordon färdas med samma hastighet och därav få samma svängningsdynamik. Detta medför ökad nedbrytning av vägen, det talas om en ökning av vägskador mer än 40 procent jämfört med en helt statisk last. Genom att upptäcka dessa ojämnheter i tid kan vägen återfå sin livslängd genom att göra kostnadseffektiva åtgärder.

För asfalts lagret är det inte den totala lasten som är ett problem, utan den upprepade lasten från täta axlar, dessa tenderar att skada beläggningen mer än en fristående axel då asfalten inte hinner få tillräcklig återhämtningstid (Koziarski 2018). Ett problem med PMS objekt nämns i rapporten där beräkningar i programmet räknar på ett linjärelastiskt sätt samt tenderar att förenkla beräkningarna genom att räkna belastningspunkterna på en cirkulärform i stället för en mer verklighetstrogen rektangulär form. Det saknas också beräkningar kring axelkonfigurationen, utan programmet räknar varje axel individuellt, detta gör att beräkningar för skadeinverkan från lastbilar blir en aning diffusa att bedöma.

Dessutom finns det problem med nuvarande dimensioneringsprogram då de i stor utsträckning utgår från att trafikbelastningar sker inom gällande regelverk. I praktiken avviker dock detta ofta från verkligheten. Enligt ett pressmeddelande från Trafikverket (2022) körde ungefär 42 procent av alla tunga lastbilar med en bruttovikt över 35 ton överlastade under år 2021. Denna avvikelse medför inte bara ökade trafiksäkerhetsrisker, utan leder även till en accelererad nedbrytning av vägkonstruktionen och en förkortad dimensioneringsperiod.

Trafikverkets mätningar av antalet överlastade tunga fordon har legat relativt konstant på cirka 34 procent mellan åren 2022–2025 (Melén & Lindström 2026). Vidare framhåller Sjögren (2021) att den tunga trafiken i Sverige fortsätter att öka, vilket ytterligare förstärker belastningen på vägnätet. Resultat från så kallad BWIM (Bridge weigh in motion), där fordon vägs i rörelse vid passage över broar, visar dessutom att andelen överlastade fordon inte har minskat under de senaste åren, vilket kan ses från Trafikverkets resultat mellan åren 2022–2025.

Ytterligare en problematik är risken för att 74-tonsfordon används på vägar som ännu inte är klassificerade enligt BK4, innan utbyggnaden av det anpassade vägnätet har slutförts (Natanaelsson & Ngo 2015). Detta kan leda till ökat slitage och skador på vägkonstruktioner som inte är dimensionerade för dessa belastningar. Sammantaget bidrar dessa faktorer till ökade underhållskostnader. Enligt Trafikverket (2022) kan detta i sin tur leda till att mindre prioriterade vägsträckor nedprioriteras i underhållsarbetet, då resurser i högre grad behöver koncentreras till mer belastade och strategiskt viktiga delar av vägnätet.

I och med ökad belastning ökar även behovet av underhåll, några av de vanligaste skador som brukar uppstå till följd av höga belastningar är dessa:

Sprickbildning – Sker oftast när vägens livslängd tagit slut, alternativt att den har varit för underdimensionerad (SKR 2019). Vad gäller tung trafik pressar den ned asfaltslagret och en dragtöjning orsakas, efter ett antal passager utmatas asfalten och en sprickbildning skapas i asfaltslagrets underkant. Sprickorna är oftast längsgående och utvecklas efter en tid med mer belastning till krackelering enligt Figur 21.

Strukturella förändringar - Dessa deformations skador kan ske i överbyggnadens obundna lager eller nere i undergrunden (Lundberg & Gonzales 2016). Deformationen kan bestå av spårbildningar, generellt brukar flackare spår betyda att skadan skett djupare ner i konstruktionen.

En annan typ av skada är plastisk deformation (se Figur 22), dessa skador brukar karaktiseras av dubbla spår som orsakas av de tunga fordonens par monterade hjul (SKR 2019).

Kantdeformationer – Sker oftast på mindre vägar där vägbredden är mindre än 7 m (SKR 2019). Orsaken är vanligast av att tung trafik belastar nära vägkanten där det är en sämre bärighet, följden blir kanthäng som Figur 23 demonstrerar.



Figur 21. Krackelerings skada på en väg (SKR 2019).



Figur 22. Spårbildning i beläggnigen efter tung trafik (SKR 2019).



Figur 23. Brett kanthäng (Lundberg & Henriksson 2002).

5.2 Vägkonstruktionens påverkan av fukt och vatten

En av vägkonstruktions största fiender är vatten. Några vanliga skador som kan uppstå i och med vatten är tjälskador, sprickbildning och deformationer.

Vid kraftigare nederbörd finns risker för bortspolning av vägar, detta då dräneringssystemen inte hinner med de höga vattenflöden (Trafikverket 2025b). Om avvattningsystemet skulle sättas igen ökar också risken för översvämningar, erosion, bortspolning av vägar eller ras och skred.

Vatten i konstruktionen minskar friktionen mellan kornfraktionerna, vilket i sin tur gör att materialen kan börja röra på sig. Vid översvämning blir hålrums utrymmena mättade av vatten och om det då läggs på ytterligare belastning från ett fordon så ökar vattentrycket och man får effekten “pumping action” enligt (Dawson et al. 2008, s.91). Det ökade vattentrycket kan leda till deformationer och skador. Skador som kan uppstå är sprickor och stensläpp, då materialen kan börja röra på sig.

Andra effekter av vatten på körbana är vattenplaning, sprayeffekten (dålig sikt), och om det fryser på finns risk för isbildning och igenfrusna porer (Ibid. s. 99). Det mekaniska uppförandet i samband med fukt och vatten är att desto mer fukt/ vatten som finns desto lägre blir styvheten, och lägre styvhet ger högre deflektion (Charlier et al. 2008, s. 192). Därför behövs ett effektivt dräneringssystem för att minska konstruktionens åldrande.

Otillräcklig avvattnings i kombination med trafiklast kan leda till att vatten pressas ned i konstruktionen genom mindre sprickor i de bundna lagren (Dawson 2008, s. 9–11). Detta kan orsaka en separation mellan stenmaterialet och bindemedlet, vilket i sin tur bidrar till ökad sprickbildning och stensläpp (Fahlström & Wallin u.å). De flesta stenmaterial är hydrofila, vilket innebär att deras ytor har högre dragningskraft till vatten än till bitumen. Vid förekomst av vatten i beläggningen trängs bitumen undan från stenmaterialet, vilket försämrar bindningen mellan komponenterna. Detta ökar risken för skador såsom sten lossning, spårbildning, sprickbildningar och deformationer i vägkonstruktionen. Det är därför avgörande att vägbanan utformas med ett tillräckligt tvärfall för att möjliggöra effektiv avledning av vatten. Avrinningen bör därefter ledas vidare till slänter och diken för att minimera vattensamling i konstruktionen.

Vid tillverkning av asfalt tillsätts olika typer av tillsatsmedel i syfte att modifiera specifika egenskaper hos materialet (Ibid.). Dessa tillsatser kan användas för att förbättra egenskaper såsom motstånd mot låga temperaturer, värmebeständighet och stabilitet, men även för att reducera produktionskostnader. Tillsatsmedel kan även påverka asfaltens vattentålighet.

Ett vanligt förekommande tillsatsmedel är vidhäftningsmedel, som ofta består av cement eller hydratkalk. Dessa ämnen förbättrar bindningen mellan stenmaterialet och bitumen, särskilt i närvaro av vatten. Fuktiga stenmaterial är i praktiken svåra att belägga med bitumen, eftersom vatten förhindrar en effektiv vidhäftning. Användningen av vidhäftningsmedel är därför avgörande för att säkerställa en god bindning och därmed minska risken för vattenrelaterade skador i asfaltbeläggningen.

För att undersöka asfaltbeläggningens vattenegenskaper kan ett ITSR-test (Indirect Tensile Strength Ratio) genomföras (Trafikverket 2001). Testet innebär att tio provkroppar borrar ut från en befintlig väg eller tillverkas i laboratorium. Därefter vattenmättas fem av provkropparna med hjälp av undertryck och lagras i ett vattenbad med en temperatur på 40 grader Celsius under sju dygn. De övriga fem provkropparna förvaras torra i rumstemperatur under samma tidsperiod. Draghållfastheten bestäms sedan genom att varje provkropp belastas tills brott uppstår, enligt Figur 24. Ett ITSR-index kan därefter fastställas med hjälp av följande formel:

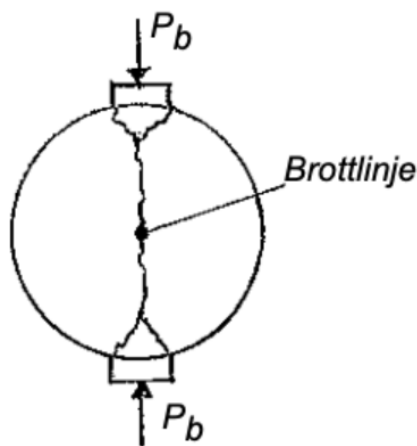
$$\text{ITSR} = 100 \frac{\sigma_d(\text{våt})}{\sigma_d(\text{torr})}$$

Där

$\sigma_d(\text{våt})$ = medelvärde, draghållfastheten hos de våta provkropparna

$\sigma_d(\text{torr})$ = medelvärde, draghållfastheten hos de torra provkropparna

ITSR = anges i % heltal där ett högre index innebär bättre draghållfasthet hos asfalten.



Figur 24. Belastad provkropp med brottlinje (Trafikverket 1999).

5.2.1 Tjäle Och Tjällossning

Tjäle uppstår när marken fryser, vilket sker under kalla klimatförhållanden (Trafikverket 2026). Tjäleens inverkan beror på flera faktorer, såsom markens vatten- och fukthalt, vinterperiodens längd, temperaturförhållanden samt jordmaterialets egenskaper. Vid långvariga perioder med låga temperaturer kan tjälen tränga djupare ner i marken.

När tjäle bildas expanderar marken, då is har en större volym än vatten.

Följande faktorer påverkar omfattningen av tjällyft:

- Nederbörds mängden under hösten
- Varaktigheten och intensiteten av kalla temperaturer
- Snömängd
- Hastigheten i temperaturförändringar under våren
- Jordmaterialets egenskaper

Vägarkonstruktioner som innehåller vattenkänsliga material i de obundna lagren kan ge upphov till undertryck i porvattnet, vilket leder till att vatten suges upp från underliggande lager (Tchekhim 2019). När detta vatten fryser bildas is, vilket orsakar tjällyft. Tjällyft innebär att marken expanderar och pressar upp överliggande material. Om materialens tjälegenskaper varierar eller om vattenfördelningen är ojäm i konstruktionen kan tjällyften bli ojämna. Detta leder i sin tur till rörelser i väggkroppen, vilket kan orsaka ojämnheter och sprickbildning.

När temperaturen stiger under våren börjar tjällossningen, vilket innebär att isen smälter och omvandlas till vatten (Ibid.). Detta kan medföra att väggkonstruktionen förlorar bärighet och sjunker. En särskild risk vid tjällossning är att material med hög andel finkorn blir vattenmättade av smältvattnet, vilket gör vägen mer känslig för tunga belastningar. Dessutom kan ojäm upptining leda till nivåskillnader i vägbanan.

Enligt Trafikverkets regelverk (TRVINFRA-00224, s. 27) ska vatten effektivt dräneras bort under tjällossningsperioden för att minimera risken för skador.

6 Öppna beläggningar i Nederländerna

Dawson (et al. 2008, s. 90) lyfter att den traditionella metoden för att undersöka asfaltens fuktkänslighet baseras på mekaniska tester av både torra och fuktutsatta provkroppar. Dessa metoder kan dock endast användas för att jämföra specifika asfaltblandningar under bestämda förhållanden och ger en begränsad förståelse för de bakomliggande processer som leder till vattenskador. Följaktligen bidrar dessa metoder inte heller i någon större utsträckning till utvecklingen av mer fundamentala och långsiktiga lösningar.

Under senare år har forskningen därför övergått mot mer grundläggande studier, där experimentella och analytiska metoder kombineras för att skapa en djupare förståelse för hur vatten påverkar asfaltkonstruktioner (Ibid.). Ett exempel på detta är beräkningsverktyget RoAM (Response of Asphaltic Materials). Detta beräkningsverktyg används för att analysera samspelet mellan de fysikaliska och mekaniska processer som bidrar till uppkomsten av vattenskador i asfaltblandningar.

Fram till 1990-talet bestod standardasfalten i Nederländerna huvudsakligen av tät asfaltbetong (Rijkswaterstaat u.å). I dag är den vanligaste beläggningstypen på landets motorvägar i stället ZOAB (Zeer Open Asphalt Beton), som kännetecknas av en hög hållrumshalt på cirka 20%. Den senaste varianten av ZOAB har resulterat i en mer hållbar och starkare konstruktion. Den höga hållrumshalten bidrar till att reducera bullernivån med omkring 3 decibel samt möjliggör effektiv avledning av vatten från vägytan. Asfalten består av en större mängd krossad sten och mindre mängd finmaterial, vilket skapar den öppna strukturen. En betydande nackdel med denna asfaltstyp är dock bituminets begränsade livslängd. Den öppna strukturen påskyndar bitumens åldrande jämfört med en tät asfaltbetong. Vidare är den maximalt tillåtna bruttovikten för lastbilar i Nederländerna 50 ton (Government of the Netherlands u.å). För så kallade LHV-fordon (Longer and Heavier Vehicles) tillåts en maximal bruttovikt på 60 ton, medan fordon som överskrider denna gräns kräver särskilt tillstånd från den nationella transportmyndigheten (RDW).

Ett av de senare projekten i Nederländerna är InnovA58, där en motorvägssträcka används för test av olika innovationer inom vägbyggnad (Rijkswaterstaat 2025). Inom projektet har bland annat ett test genomförts där regnvatten infiltreras och lagras under motorvägskonstruktionen. För att möjliggöra detta har en produkt som heter AquaBASE använts i konstruktionens fundament. AquaBASE har tidigare tillämpats i stads- och bostadsområden, men detta var första gången systemet testades under hårt trafikerade motorvägar.

Systemet består av en tvålayerskonstruktion, där det undre lagret fungerar som ett dränerande och vattenlagrande skikt, medan det övre lagret utgörs av ett bärlager bestående av hydromix eller blandgranulat. Materialen som används är tillverkade av återvunna restprodukter från avfallsförbränning, vilket innebär att lösningen har både hållbara och cirkulära egenskaper (COB 2024). Konstruktionen innehåller även geotextilier som kan fånga upp föroreningar, såsom oljor, och samtidigt möjliggör biologisk nedbrytning genom bakterier.

Testet pågick under en period av två år och resulterade i en relativt begränsad spårbildning på cirka 3 millimeter (Ibid.). Samtidigt lyfts problem kring konstruktionens funktion vid höga vattenmättnadsgrader, då risken för större deformationer ökar om systemet blir helt vattenmättat.

Denna typ av lösning representerar ett skifte från ett traditionellt synsätt, där vägkonstruktioner utformas för att skyddas från vatten, till ett nyare synsätt där konstruktionen i stället utformas för att aktivt hantera och magasinera vatten under en längre tid.

7 Resultat

7.1 Skillnad mellan modern och äldre vägkonstruktion kring vattenhantering och lastupptagning

När det gäller bärighet framgår det att moderna vägkonstruktioner generellt uppvisar en högre prestanda än äldre konstruktioner. Detta beror på att moderna vägar dimensioneras mer utifrån platsspecifika förhållanden, såsom markens jordarter, klimatförhållanden, trafikmängd, andel tung trafik samt högre materialkrav (se avsnitt 3 och 4). Det kommer dock ställas högre krav på framtidens vägar kring dessa faktorer men speciellt utifrån klimatkriterier, enligt avsnitt 4.1.2 Kravdokument. Vidare tar moderna regelverk hänsyn till ett större antal justeringsfaktorer vid beräkning av ekvivalent antal standardaxlar jämfört med äldre regelverk, som kan ses i avsnitt 4.1.2.1 Trafikverkets regler. Detta leder i många fall till högre dimensionerande belastningsnivåer, vilket i sin tur resulterar i mer robusta konstruktioner.

Nya beräkningsmodeller för mer specifika beräkningar är under uppbyggnad där ERAPave PP är ett av programmen som är under utveckling. För de moderna vägarna ställs allt högre krav kring material, dränering och bärighet enligt avsnitt 4.1.1 Lagstiftning.

För äldre vägkonstruktioner är de dimensionerade enligt äldre normer. I vissa fall har dessa vägar anlagts på befintliga stråk, exempelvis äldre stigar, och materialkravet var inte lika högt som idag. Detta kan bidra till bristande bärighet i förhållande till dagens belastningar.

Avseende vattenhantering finns tydliga skillnader mellan moderna och äldre konstruktioner, vilket kan ses i avsnitt 3.5.3 mäta infiltration. Moderna vägkonstruktioner är utformade med större fokus på effektiva dräneringssystem, men det ställs även högre krav på dräneringsegenskaper och materialkrav hos moderna vägar, vilket framgår i avsnitt 4.1.1 lagstiftning. Äldre konstruktioner innehåller i högre utsträckning finkorniga material och naturgrus, vilket kan leda till sämre infiltrationsförmåga och ökad risk för vattensamling. Detta medför i sin tur en ökad känslighet för fuktrelaterade skador, vilket framgår i avsnitt 3.5 Dränering.

Sammanfattningsvis så finns det mer kunskap kring de modernare vägkonstruktionerna. Högre krav ställs på de nya konstruktionerna och flera faktorer tas med i beräkningarna vid utformning. Vad gäller de äldre konstruktionerna är de utformade utifrån äldre normer som inte alltid skulle fungera på dagens situationer.

Detta gäller främst material kraven och de nya bärighetsklasserna, enligt avsnitt 4.1.2 kravdokument. Vidare finns inte alltid samma kunskap om konstruktionsförhållandet i de äldre konstruktionerna, då mycket av Sveriges vägnät är belagt på äldre vägstråk såsom stigar, grusvägar och befintliga vägar.

7.2 Vägkonstruktionens påverkan av kraftignederbörd och belastning

Kraftig nederbörd i kombination med hög trafikbelastning har en tydlig negativ inverkan på vägkonstruktionens funktion och livslängd, enligt avsnitt 5 Effekter av belastning & väta. Vid intensiva regn kan dräneringssystemens kapacitet överskridas, vilket leder till att vatten tränger in i konstruktionen eller ansamlas på och kring vägbanan. Detta vatten kan ge upphov till vattenplaning, sämre sikt på grund av sprayeffekten eller tjälskador om temperaturen blir så pass låg. De främsta effekterna kan bli förkortad livslängd och väg skador som kräver extra underhåll. När vatten tränger in i väggroppen minskar friktionen mellan materialpartiklarna, vilket resulterar i reducerad styvhet och bärighet. Vid dessa förhållanden tillsammans med belastning från trafik blir risken för deformationer, sprickbildning extra stor. I vissa fall kan detta leda till allvarliga skador såsom erosion eller bortspolning av material.

Vid vattenmättade förhållanden kan även ett ökat porvattentryck uppstå i de obundna lagren, särskilt vid upprepade belastning. Detta kan leda till så kallad "pumping action", där finmaterial transporteras bort, vilket successivt försämrar konstruktionens stabilitet.

Utöver detta medför ökad trafikbelastning, särskilt från tunga fordon, en accelererad nedbrytning av vägkonstruktionen. Upprepade laster bidrar till utmattning i de bundna lagren och leder till skador såsom sprickbildning, spårbildning och deformationer. Problem finns dock kring belastning där studier pekar på att antalet lastbilar med bruttovikt över 35 ton som kör överlastade ligger på en nivå av cirka 34 procent. Detta påverkar vägkonstruktionen negativt då underhållskostnaden blir högre och risken för förkortad livslängd ökar.

Kring belastning och främst den nya BK4 klassen saknas kunskap om hur detta påverkar underhållskostnader och på vilket sätt livslängden kommer påverkas. Broar har identifierats som kritiska flaskhalsar vid införandet av bärighetsklass BK4. Detta beror på att många äldre brokonstruktioner är dimensionerade enligt tidigare trafikklasser och därmed inte nödvändigtvis uppfyller de krav som ställs av den nya klassen.

För att möjliggöra införandet av BK4 krävs därför en systematisk inventering och utvärdering av befintliga broar, i syfte att bedöma deras bärförmåga och avgöra om förstärkningar eller begränsningar behöver införas.

7.3 Dagens dräneringslösningar

Moderna dräneringslösningar utgör en central del av vägkonstruktionens funktion och syftar till att effektivt avleda vatten från vägkroppen och dess omgivning (avsnitt 3.5 Dränering). Det är dock av stor vikt att dräneringsvatten hanteras på ett korrekt sätt då detta vatten kan innehålla miljöfarliga ämnen såsom oljerester. Idag ställs höga krav på en tillräcklig dränering, men för att möta de förutsatta framtida klimatkraven rekommenderas att dräneringssystemen byggs större, då investeringarna anses vara mer ekonomiskt gynnsamma på längre sikt.

Traditionella lösningar inkluderar diken och slänter, vilka har en viktig funktion både för att leda bort vatten och möjliggöra infiltration, enligt avsnitt 3.5.1 Diken och slänter. Diken fungerar även som ett skydd mot översvämning vid kraftig nederbörd, förutsatt att de underhålls regelbundet. Bristande underhåll, såsom igensättning av vegetation eller sediment, kan dock kraftigt försämra funktionen. Vidare finns en brist på effektiva system som övervakar dräneringsanläggningarnas underhållstatus.

Utöver traditionella system har mer avancerade lösningar utvecklats, såsom öppna överbyggnader och så kallade BGG-konstruktioner (Blå-Grön-Grå), enligt avsnitt 3.5.2 Öppna överbyggnader. Dessa konstruktioner möjliggör tillfällig magasinering av vatten i vägkroppen och bidrar därigenom till att minska belastningen på dagvattenssystemet vid intensiva regn. Dränerande asfaltlager, såsom asfaltbetong dränerande (ABD), används också i vissa fall för att förbättra vattenavledning från vägytan. Dessa lösningar är dock känsliga för igensättning och tenderar att deformeras över tid, särskilt vid hög trafikbelastning, vilket leder till minskad funktion. Vid högre belastning kan ett Asfaltgrus lager användas men då blir infiltrationen genom asfalten mer begränsad, och vatten får ledas bort till dräneringsanläggningar som i sin tur kan leda vattnet ner i den öppna överbyggnaden.

Andra lösningar är att använda marksten i stället för ABD på platser där mindre belastning sker, som på en gång- och cykelbanor, parkeringsplatser eller torg. Öppna överbyggnader är mer lönsamma i urbana miljöer där mycket hård yta existerar, lösningarna kan på så sätt fördröja risken för vattensamlingar och översvämningar.

Från tester gav de moderna vägkonstruktionerna god infiltration i slänterna, och detta backas upp med materialegenskaperna enligt kornfördelningskurvan i figur 8. Det är dock av stor vikt att infiltrationen fortsatt mäts i fält då infiltrationsegenskaperna förändras över tid.

Kravet av en god dränering är en av de främsta egenskaperna hos en vägkonstruktion. På platser där det finns risk för tjäle är dräneringen extra viktig. Detta för att motverka risken av vägskador, enligt avsnitt 5.2.1 Tjäle och tjällossning.

Sammanfattningsvis kännetecknas dagens dräneringslösningar av en kombination av traditionella och innovativa metoder, där fokus ligger på att hantera ökade vattenmängder till följd av klimatförändringar. Samtidigt kvarstår utmaningar kopplade till underhåll, långsiktig funktion och systemens kapacitet vid extrema nederbördshändelser.

8 Diskussion

8.1 Resultat diskussion

Resultaten visar att befintlig kunskap inom vägteknik är i god linje med dagens utmaningar. Forskning och vidare utveckling är dock mycket viktiga aspekter för att vägtekniken inte ska bli sämre för framtida utmaningar. Av resultatet framgår en stor koppling mellan vatten, material och trafikbelastning. Dessa har identifierats som avgörande faktorer för en vägkonstruktions funktion och livslängd. Rapportens syfte har varit att undersöka hur vägkonstruktioner påverkas av kraftig nederbörd i kombination med ökade trafikbelastningar, där visar resultaten tydligt att dessa faktorer samverkar och förstärker varandras negativa effekter.

En central slutsats är att moderna vägkonstruktioner generellt har bättre förutsättningar att hantera både höga laster och ökad nederbörd jämfört med äldre konstruktioner. Detta bekräftar tidigare forskning som lyfter fram betydelsen av förbättrade dimensioneringsmetoder och högre krav på materialegenskaper. Moderna konstruktioner tar i större utsträckning hänsyn till platsspecifika förhållanden såsom klimat, jordarter och trafikmängd, vilket ger en mer robust konstruktion. Samtidigt visar resultaten att stora delar av det befintliga vägnätet fortfarande består av äldre konstruktioner som dimensionerats enligt äldre normer och med begränsad kunskap om dagens belastningsnivåer. Detta innebär att det finns en tydlig skillnad mellan dagens krav och den faktiska standarden i många befintliga vägar, vilket är i linje med tidigare studier som pekar på ett eftersläpande underhållsbehov.

När det gäller påverkan från kraftig nederbörd och belastning visar resultaten att vattnets effekter är en av de mest kritiska faktorerna för nedbrytning av vägkonstruktioner. Vatten i vägkroppen minskar friktionen mellan materialpartiklar, vilket leder till reducerad styvhet och bärighet. I kombination med upprepade belastning, särskilt från tung trafik, uppstår deformationer, sprickbildning och spårbildning. Studier nämner begreppet ”pumping action” vilket kopplas samman till belastning och stilla stående vatten på körbanan, detta leder i sin tur till utmattning i vägkonstruktioner. Resultaten visar även att ökade mängder överlastade fordon ytterligare accelererar denna nedbrytning, vilket väcker frågor kring effektiviteten i nuvarande regelverk och kontrollsystem.

Vidare framgår det att mer korta och intensivare regn, förväntas öka i framtiden. Ett förändrat nederbördsklimat ställer nya krav på vägkonstruktioner. Resultaten tyder på att dagens dimensioneringsmetoder i vissa fall kan vara otillräckliga för framtida klimatförhållanden, särskilt med tanke på osäkerheter kring nya trafikklasser som BK4.

Detta indikerar ett behov av fortsatt forskning och utveckling av dimensioneringsmodeller som bättre beaktar extrema klimatförhållanden.

Dräneringssystemens funktion framstår som en avgörande faktor, vilket också är väl förankrat i tidigare forskning. Resultaten visar att moderna dräneringslösningar, inklusive innovativa system som öppna överbyggnader och BGG-konstruktioner, har stor potential att hantera ökade vattenmängder genom infiltration och magasinering. Detta markerar en förändring i synsätt från att enbart avleda vatten till att även hantera och lagra det. Nederländerna har utvecklat liknande system där mycket återvunnet material använts. Skillnad finns dock mellan länderna där Sverige har i större utsträckning problem med tjäle. En annan skillnad är fordonens maximala bruttovikt där Sverige har en max vikt på 74-ton och Nederländerna 60-ton. Detta gör att jämförelsen inte blir helt korrekt. De metoder som fungerar i Nederländerna behöver inte alltid fungera på det svenska vägsystemet, då det finns skillnader i markförhållanden, temperaturer och belastningar. Vidare hittades inget konkret resultat från testerna i Nederländerna, en vidare utredning skulle vara nödvändig för att en jämförelse ska vara möjlig.

Vidare kring dränering kvarstår betydande utmaningar, framför allt kopplade till underhåll. Resultaten visar att bristande underhåll i många fall är en avgörande orsak till vatten- och fuktrelaterade problem. Kunskapen visar även att väl utformade system tappar effektivitet över tid om de inte sköts korrekt. Begränsningar med de moderna lösningarna hittas exempelvis hos dränerande beläggningar där de är känsliga för igensättning och deformation, särskilt under hög belastning. Detta tyder på att det inte finns någon universallösning, utan val av dräneringssystem måste anpassas efter lokala förutsättningar och belastningsnivåer.

8.2 Metoddiskussion

Metodmässigt baseras denna studie på en litteraturgenomgång, vilket innebär att resultaten är beroende av tillgänglig forskning och tidigare genomförda studier. En begränsning med denna metod är avsaknaden av egna fältstudier eller experimentella data, vilket hade kunnat bidra till en mer direkt koppling till verkliga förhållanden. Samtidigt möjliggör litteraturstudien en bred översikt av ämnesområdet och ger möjlighet att sammanställa och analysera resultat från ett flertal olika källor.

Felkällor kan förekomma i litteratur beroende på källornas ursprung och kvalitet. Vetenskapliga artiklar förväntas generellt vara objektiva och baserade på fakta, utan påverkan av personliga åsikter. Detta gäller dock inte alltid för tidningar eller andra internetbaserade källor.

Vetenskapliga artiklar och rapporter är ofta utformade för att undersöka specifika frågeställningar. Även om dessa kan ligga nära det aktuella ämnesområdet i denna rapport, finns det en risk att vissa aspekter inte behandlas fullt ut, vilket kan skapa kunskapsluckor.

För att reducera dessa begränsningar hade alternativa metoder kunnat användas, exempelvis egna laboratorieundersökningar eller fältstudier med fokus på infiltration eller belastning. Ytterligare en felkälla är att delar av litteraturen kan vara inaktuell, då kunskap och metoder utvecklas över tid.

9 Slutsatser

- Hur skiljer sig moderna vägkonstruktioner från äldre avseende på lastupptagning och vattenhantering?

Moderna vägkonstruktioner har generellt bättre förutsättningar avseende både lastupptagning och vattenhantering jämfört med äldre konstruktioner.

Samtidigt består en stor del av det svenska vägnätet av vägar som är dimensionerade enligt äldre normer. Det är därför av stor vikt att dessa konstruktioner underhålls och, vid behov, anpassas för att kunna hantera dagens trafikbelastningar och nederbördsmönster. En ytterligare central aspekt är att forskning och utveckling inom området fortsätter, så att vägkonstruktioner även i framtiden kan dimensioneras för att klara ökade laster och förändrade klimatförhållanden.

- Hur påverkas vägkonstruktionen av kraftig nederbörd och belastning?

Resultaten visar att en kombination av belastning och nederbörd leder till en försämrad vägkonstruktion. Om vatten inte kan dräneras bort tillräckligt uppstår i sig inga större deformationer, men när trafikbelastning tillkommer ökar risken för större belastningsskador. Om vattnet däremot dräneras bort på ett tillräckligt sätt och konstruktionen utsätts för belastning uppstår endast mindre deformationer. Samtidigt lyfts problem kopplade till överlastade fordon, vilka bidrar till ökat slitage och större deformationer, vilket i sin tur leder till ökade underhållskostnader. Kombinationen av överlastade fordon och vatten i konstruktionen påskyndar därmed nedbrytningsprocessen ytterligare.

- Hur fungerar dagens dräneringslösningar kring vägkonstruktionen?

Dagens dräneringslösningar är generellt väl dimensionerade och har kapacitet att hantera stora nederbördsmängder. Samtidigt identifieras brister kopplade till underhåll, där det finns ett behov av mer effektiva system för att övervaka och säkerställa dräneringens funktion över tid. Moderna lösningar innebär ett skifte från det traditionella synsättet, där vägkonstruktioner utformas för att skyddas från vatten, till i stället utformas för att aktivt hantera och magasinera vatten under en längre period. Ett exempel på en sådan lösning är öppna överbyggnader, vilka har utvecklats och kan utgöra en möjlig framtida strategi för att hantera ökade vattenmängder. Dessa konstruktioner har dock ännu inte testats i någon större omfattning på tungt belastade vägar i Sverige, till skillnad från Nederländerna där liknande lösningar har prövats på motorvägar. En fortsatt utveckling och utvärdering av öppna överbyggnader bedöms därför vara en viktig del i arbetet med att anpassa vägkonstruktioner till framtida klimatförhållanden och ökade nederbördsmängder.

9.1 Rekommendationer

Rekommenderade områden för framtida studier:

- Påföljden av BK4 klassen, hur har den påverkat befintliga konstruktioner kring kostnad av underhåll och slitage.
- Vad är effekterna med hänsyn på samhällskostnad och slitage av tunga fordon som kör överlastade och hur omfattande är konsekvenserna.
- Jämförelse mellan beräkningar med ERAPave PP och dagens beräkningsprogram.

Referenser

Agardh, S. & Parhamifar, E. (2014). *Väggbyggnad*. 1 Uppl., Libre

Arvidsson, K, A., Blomqvist, G., Erlingsson, S., Hellman, F., Jägerbrand, A. & Öberg, G. (2012). *Klimatanpassning av vägkonstruktion, drift och underhåll*. Diarienummer: 2011/0352–29. VTI.

Berntman, M., Jonsson, T., Anund, A., Ekdahl, P. & Harmannus, M. (2012). *Dimensionerande körfältsbredder - Slutrapport*. Bulletin 271 / 3000, vol. 271, Lunds universitet, LTH, institutionen för teknik och samhälle, trafik och väg.

Charlier, R., Horny, P., Srsen, M., Hermansson, Å., Bjarnason, G., Erlingsson, S. & Pavsic, P. (2008). Water influence on bearing capacity and pavement performance: field observations. I Dawson, A. (red). *Water in Road Structures: Movement, Drainage & Effects*. Springer Science & Business Media. s. 192.

COB. (2024). *Waterbergend vermogen onder de snelweg*.
<https://www.cob.nl/nieuws/waterbergend-vermogen-onder-de-snelweg/>
[Hämtad 2026-05-19]

Dawson, A. (2008). Water and alternative materials. I Dawson, A. (red). *Water in Road Structures: Movement, Drainage & Effects*. Springer Science & Business Media. s. 12.

Dawson, A., Kringos, N., Scarpas, T. & Pavsic, P. (2008). Water in pavement surfacing. I Dawson, A. (red). *Water in Road Structures: Movement, Drainage & Effects*. Springer Science & Business Media. s. 91.

Erlingsson, S. (2020). *BVFF ME dimensionering – Vidareutveckling av ERAPave PP (BVFF ME design - Development of ERAPave PP models)*. Diarienummer: Trafikverket 2020/82078. VTI [Hämtad 2026-04-10]

Erlingsson, S., Brencic, M. & Dawson, A. (2008). Water balance. I Dawson, A. (red). *Water in Road Structures: Movement, Drainage & Effects*. Springer Science & Business Media. s. 24–25.

Erlingsson, S. & Carlsson, H. (2018). *Testplatser för 74 ton tunga fordon – två instrumenterade tunna vägkonstruktioner*. Diarienummer: 2017/0450-9.2. VTI.

Fahlström, S. & Wallin, T. (u.å). *Tillsatsmedel*. Asfaltboken.
<https://asfaltboken.se/tillsatsmedel/> [Hämtad 2026-05-18]

FIA Sverige. (2005). *Vägbyggnad: kvalitet i byggskedet*. Göteborg [Hämtad 2026-02-20]

Government of the Netherlands. (u.å). *Requirements for lorries*.
<https://www.government.nl/themes/transport/freight-transportation/requiremenst-for-lorries> [Hämtad 2026-05-19]

Hellman, F., Arvidsson, H. & Nordin, L. (2025a). *Undersökning av infiltrationskapacitet i vägens sidoområde*. Diarienummer: 2024/0080–9.2. VTI.

Hellman, F., Schouenborg, B., Simonsen, E., Fridell, K., Sulejmani, P. & Althage, J. (u.å). *MULTIFUNKTIONELLA KONSTRUKTIONER BGG - FUNKAR DOM?*. <https://infrasweden.nu/wp-content/uploads/2025/08/Byggnation-funktion-och-uppfoljning-av-multifunktionella-konstruktioner.pdf> [Hämtad 2026-04-20]

Hellman, F., Simonsen, E., Fridell, K., Rahman, S. & Schouenborg, B. (2025b). *Funktion och uppföljning av BGG (Blå-Grön-Grå) infrastruktur för klimatanpassning (del 1)*. Diarienummer: 2023/0052-9-2. VTI

Hellman, F., Simonsen, E., Rahman, S., Döse, M. & Schouenborg, B. (2022). *Dimensionering, bärighet och infiltration*. Diarienummer: 2019–00175.

Koziarski, M. (2018). *Införande av BK4 - Utvärdering av skadeinverkan på de bitumenbundna lagren*. Lunds universitet, LTH, institutionen för teknik och samhälle.

Lekarp, F. Isacsson, U. & Dawson, A. (2000). *State of the art. I. RESILIENT RESPONSE OF UNBOUND AGGREGATES*. Journal of Transportation Engineering, 126(1), 66. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2000\)126:1\(66\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2000)126:1(66)) [Hämtad 2026-05-18]

Lundberg, K. & Gonzales, E. (2016). *Vägsador av tung trafik : Upplåtande av vägnätet för 74-tons lastbilar*. Serienummer: BD 2016:14. KTH.

Lundberg, T. & Henriksson, P. (2002). *Automatiserad metod för detektering av kantdeformationer*. Projektnummer 80383. VTI. Väg- och transportforskningsinstitutet.

Matroud, A. & Mansoor, N. (2024). *Multifunktionella ytor*. Lunds universitet, LTH, institutionen för teknik och samhälle, trafik och väg. Thesis. 389

Melén, P. & Lindström, Y. (2026). *Vägtrafiklaster – Tunga fordon vikt i rörelse Nationell sammanställning, korttidsmätningar (7 dygn)*. 1 Uppl. Borlänge.

Natanaelsson, K. & Ngo, P. (2015). *Fördjupade analyser av att tillåta fordon på det allmänna vägnätet*. TRV2015/40563. Trafikverket Borlänge.

Olofsson, C. (2015). *Konstruktion av kustnära vägar till följd av klimatförändringar*. Lund, Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg. Thesis. 270

Paulsson, U. (2020). *Examensarbeten – Att skriva uppdragsbaserade uppsatser och rapporter*. 1:a upplagan red. Lund: Studentlitteratur.

Rijkswaterstaat. (2025). *Water retention under highways*. <https://www.rijkswaterstaat.nl/en/news/archive/2025/01/water-retention-under-highways> [Hämtad 2026-05-19]

Rijkswaterstaat. (u.å). *ZOAB*. <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/wegbeheer/aanleg-wegen/zoab> 8 [Hämtad 2026-05-19]

Saliko, D. & Erlingsson, S. (2023). *Evaluation of the structural response of two in-service thin flexible pavements under heavy vehicle loading during different seasons by built-in sensors*. International Journal of Pavement Engineering, 24(2). <https://doi.org/10.1080/10298436.2022.2138875>

Sjögren, L. (2021). *Dynamisk belastning och längsgående ojämnheters betydelse för vägnedbrytningen*. Diarienummer: Vägverket AL90 B 2005:17512. VTI.

SKR. (2019). *Bära eller brista - HANDBOK I TILLSTÅNDSBEDÖMNING AV BELAGDA GATOR OCH VÄGAR*. Sveriges kommuner och regioner. Stockholm.

SMHI. (u.å). *Klimatscenarier används för hydrologiska effektstudier*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/klimatscenarier-anvands-for-hydrologiska-effektstudier> [Hämtad 2026-05-16]

Statens Geotekniska Intuition. (2025). *Jordarter*. <https://www.sgi.se/vara-expertomraden/skred-ras-och-erosion/vad-ar-geoteknik/jordarter> [Hämtad 2026-02-26]

Tchekhim, R, S. (2019). *Vatten i vägkonstruktioner En analys av brister och åtgärder*. Lund, Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg. Thesis. 326

Trafikverket. (1994). *Kap 4 Utförande av underbyggnad*. VV Publ 1994:86. [Hämtad 2026-03-09].

Trafikverket. (1999). *ASFALTBELÄGGNING OCH –MASSA: Bestämning av draghållfasthet genom pressdragprovning*. FAS Metod 449-99.

Trafikverket. (2001). *ASFALTBELÄGGNING OCH -MASSA Bestämning av vattenkänslighet genom pressdragprovning*. Trafikverket. Fas metod 446-01.

Trafikverket. (2005). *Kapitel E Obundna material*. VV Publ 2005:112. [Hämtad 2026-03-24].

Trafikverket. (2011). *TRVK Väg*. TDOK 2011:264.

Trafikverket. (2014). *Val av beläggning*. Borlänge. [Hämtad 2026-03-26].

Trafikverket. (2017). *KRAV Obundna lager för vägkonstruktioner*. TDOK 2013:0530. V3.

Trafikverket. (2022). *Nästan hälften av alla tunga fordon kör överlastade* [Pressmeddelande], 17 maj. <https://via.tt.se/pressmeddelande/3322663/nastan-halften-av-alla-tunga-fordon-kor-overlastade?publisherId=44450> [Hämtad 2026-04-21]

Trafikverket. (2023). *Överbyggnad väg, Dimensionering och utformning (KRAV TRVINFRA-00224)*. V4. Borlänge.

Trafikverket. (2025a). *Bärighetsklasser (BK) på vägar och broar*. <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/vag/bk--barighetsklasser-pa-vagar-och-broar/> [Hämtad 2026-04-10]

Trafikverket. (2025b). *Kraftiga regn och skyfall – så kan det påverka infrastrukturen*. https://www.trafikverket.se/om-oss/skydda-klimat-miljo-och-halsa-i-vart-arbete/kraftiga-regn-och-skyfall--sa-kan-det-paverka-infrastrukturen/#sa_paverkas_vagarna [Hämtad 2026-05-03]

Trafikverket. (2026). *Tjällossning, tjälskador och potthål*.
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall/sa-skotervivagar/vintervaghallning/tjallossning-tjalskador-och-potthal/> [Hämtad 2026-05-05]

Transportstyrelsen. (2021). *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om egenskapskrav för vägar, gator, spårvägar och tunnelbanor (byggregler)*. TSFS 2021:122

Olsson, J., Berg, P., Eronn, A., Simonsson, L., Södling, J., Wern, L. & Yang, W. (2017). *Extremregn i nuvarande och framtida klimat: Analyser av observationer och framtidsscenarier*. SMHI (Klimatologi nr 47).

Wahlman, T. & Stahle, F. (1995). *Öppna överbyggnader och dränerande bärlager*. SBUF projekt 0115. [Hämtad 2026-03-24]

Wiman, G, L. & Tholén, O. (u.å). *3 vägens uppbyggnad*. Asfaltsboken.
<https://asfaltboken.se/vagens-uppbyggnad/#3.6> [Hämtad 2026-02-10]

Wågberg, L-G. (2013). *7 val av beläggning*. Asfaltsboken.
<https://asfaltboken.se/val-av-belaggning/> [Hämtad 2026-05-02]