

Tankbeläggningar

Långtidsuppföljning och kravställning

Henrik Bjurström
Claudia Bratu
Thomas Lundberg
Johan Egeskog

vti

VTI resultat 2026:8
Utgivningsår 2026
vti.se/publikationer

VTI resultat 2026:8

Tankbeläggningar

Långtidsuppföljning och kravställning

Henrik Bjurström

Claudia Bratu

Thomas Lundberg

Johan Egeskog



Om inget annat anges är publikationen licensierad enligt [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/), omslaget omfattas inte av licensen./Unless otherwise stated, the publication is licensed under [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/), the cover is not included in the license.

Författare: Henrik Bjurström (VTI), Claudia Bratu (VTI), Thomas Lundberg (VTI), Johan Egeskog (VTI)

Diarienummer: 2021/0360-9.1

Publikation: VTI resultat 2026:8

Utgiven av VTI 2026

Publikationsuppgifter – Publication Information

Titel/Title

Tankbeläggningar. Långtidsuppföljning och kravställning./Sprayed road treatments. Long term monitoring and performance requirements.

Författare/Author

Henrik Bjurström (VTI, orcid.org/0000-0002-5665-8288)

Claudia Bratu (VTI, orcid.org/0009-0008-1782-3421)

Thomas Lundberg (VTI, orcid.org/0000-0002-9893-0067)

Johan Egeskog (VTI, orcid.org/0000-0001-6451-0817)

Utgivare/Publisher

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut/
Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)
www.vti.se/

Serie och nr/Publication No.

VTI resultat 2026:8

Utgivningsår/Published

2026

VTI:s diarienummer/Reg. No., VTI

2021/0360-9.1

ISSN

3035-9805

DOI

<https://doi.org/10.65151/vti933157>

Projektnamn/Project

Tankbeläggningar – optimering och utveckling av tekniken/Sprayed road treatments – optimization and developing the method

Uppdragsgivare/Commissioned by

Trafikverket/Swedish Transport Administration

Kort sammanfattning

I denna rapport sammanställs resultat från långtidsuppföljning av 47 tankbeläggningar utförda mellan 2003 och 2024. De tankbeläggningar som har studerats består av ytbehandlingar (Y1B, Y2B och Racked-in) och indränkt makadam (IM, IMT, JIM och JIMT). Syftet är att öka kunskapen om hur olika typer av tankbeläggningar presterar över tid, och att ge rekommendationer för framtida kravställning.

Tillståndsutveckling för uppföljda objekt har analyserats utifrån långsgående ojämnheter (IRI), makrotextur (MPD) och spårdjup. Resultaten visar att IRI- och spårdjupsutvecklingen generellt varierar lite mellan beläggningstyperna, medan utvecklingen av makrotexturen uppvisar stora skillnader. Y1B har hög initial textur som minskar snabbt de första åren, medan Racked-in ger lägre initial textur och når lägre nivåer snabbare, vilket ger bättre energieffektivitet med avseende på bränsleförbrukning. Indränkt makadam har lägst initial textur och en minskande texturutveckling som är långsammare än ytbehandlingarnas. Mätdata jämförd med prognosvärden från kontrollgrupper har inte en tydlig överensstämmelse och vissa objekt frångår prognosvärdena med stora marginaler, både på grund av bättre och sämre utveckling än prognos.

Kravställningen för ytbehandlingar är mer utförlig jämfört med indränkt makadam, som saknar krav på maximalt tillåtna defekter och makrotextur. Det föreslås att homogenisera kraven mellan olika tankbeläggningar för att säkerställa liknande kvalitet, antingen genom att utöka kraven på indränkt makadam eller genom att ställa olika krav på tankbeläggningar baserat på vägens ÅDT.

Rapporten diskuterar vikten av bättre dokumentation av utförande och hur materialvalet påverkar beläggningens livslängd. Exempel från två ytbeläggningar illustrerar hur skillnader i stenmaterial, läggningstidpunkt och typ av trafikflöde påverkar resultatet kraftigt.

Tankbeläggningar har potential att bidra till minskad klimatpåverkan, men mer detaljerad forskning kring olika komponenters utsläppsbidrag och framtagande av uppdaterade emissionsciffror behövs för att avgöra hur olika beläggningar står sig mot varandra och hur processen kan optimeras. Vidare forskning behövs även för att förstå vilka förhållanden under läggning som ger tankbeläggningar med god beständighet.

Nyckelord

Tankbeläggning, ytbehandling, indränkt makadam, Racked-in, makrotextur, koldioxidutsläpp, kravställning, IRI, spårdjup

Innehållsförteckning

Publikationsuppgifter – Publication Information	5
Kort sammanfattning.....	6
Förord.....	9
1. Bakgrund och syfte	10
2. Tankbeläggningar	11
2.1. Olika typer av tankbeläggningar	11
2.1.1. Ytbehandlingar.....	11
2.1.2. Racked-in	13
2.1.3. Spårytbehandling	14
2.1.4. Försegling	14
2.1.5. Indränkt makadam	14
2.2. Olika typer av skador på tankbeläggningar.....	15
2.2.1. Uppfettning och blödning	15
2.2.2. Avskalning och släppor.....	16
2.2.3. Utglesning.....	17
2.2.4. Randning.....	17
3. Uppföljda objekt.....	18
4. Kravställning	21
4.1. Allmän kravställning.....	21
4.2. Kravställning på ytbehandlingar	21
4.3. Kravställning på indränkt makadam	21
5. Koldioxidutsläpp och energiåtgång	22
6. Tillståndsutveckling på uppföljda objekt	24
6.1. Dataunderlag	24
6.2. Allmän statistik över tillståndet	24
6.3. Tillståndsutveckling	24
6.4. Makrotexturutveckling för ytbehandlingar	27
6.5. Tillståndsutveckling hos IM-beläggningarna.....	31
7. Objektens tillstånd jämfört med likvärdiga objekt.....	32
7.1. Komplikationer vid jämförelser	35
7.2. IRI - Jämförelse mot kontrollgrupper	37
7.3. Makrotexturnivåer för tankbeläggningar	40
7.4. Detaljstudie av lyckad och misslyckad ytbehandling	40
8. Diskussion och slutsats.....	46
8.1. Diskussion.....	46
8.1.1. Kravställning.....	46
8.1.2. Miljöaspekter av tankbeläggningar	47
8.1.3. Objektens tillståndsutveckling samt jämförelse med andra beläggningar	47
8.1.4. Makrotextur för Racked-in	48
8.1.5. Lärdomar från detaljstudie	49
8.1.6. Lärdomar till framtida studier av tankbeläggningar	49
8.2. Slutsats	50
8.2.1. Kravställning av tankbeläggningar	50

8.2.2. Koldioxidutsläpp och energiåtgång för tankbeläggningar	50
8.2.3. Tankbelägningars beständighet.....	50
8.2.4. Tankbelägningars makrotextur	50
Referenser	51
Standarder	52
Bilaga 1 Medelvärden och standardavvikelse för objekten.....	53
Bilaga 2 Medelutveckling för objekten.....	63
Bilaga 3 Tankbelägningars makrotextur - data från PMSv4.....	65

Förord

Detta projekt har möjliggjorts med hjälp av finansiering från branschprogrammet BVFF – Bana Väg För Framtiden. Projektet initierades av Nils-Gunnar Göransson på VTI tillsammans med Kenneth Lind på Trafikverket och är en fortsättning efter flertalet tidigare projekt. Efter Nils-Gunnar har även Mattias Tunholm, Henrik Bjurström och Claudia Bratu varit projektledare på grund av personalomsättning och föräldraledighet.

Ett stort tack riktas till medarbetarna på VTI som bidragit till projektet genom att genomföra vägytemätningar och bearbeta data ifrån dessa. Tack riktas även till samtliga medlemmar i Tankgruppen som bidragit till givande diskussioner och insikter under gruppens möten.

Linköping, februari 2026

Henrik Bjurström och Claudia Bratu
Projektledare

Granskare/Examiner

Christian Glantz, VTI.

De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning./The conclusions and recommendations in the report are those of the authors and do not necessarily reflect the views of VTI as a government agency.

Publikationen godkänd för publicering/ Publication approved for publication

Lina Nordin, VTI.

1. Bakgrund och syfte

Mängden tankbeläggningar som årligen läggs i Sverige är mellan 1000–2000 kilometer och uppgår till ca 20 procent av det nylagda beståndet, räknat i löpmeter, över de tre gångna åren 2023–2025. En betydande del av tankbeläggningarna läggs på länsvägnätet där trafikvolymen och slitaget är begränsat. Ytbehandlingar kan dock läggas på medeltrafikerade vägar med årsmedeldygnstrafik (ÅDT) på upp till ~5000, vilket ställer högre krav på framför allt motstånd mot nötning. Det finns flera uppenbara fördelar med tankbeläggningar: enklare läggning, billig tillverkning och lägre klimatbelastning gentemot konventionella varmassabeläggningar. Med tankbeläggningar kan alltså mer vägar underhållas för en given budget.

Det finns önskemål om att öka användandet av tankbeläggningar i landet, men för att det ska bli verklighet behövs ökad kunskap om vilka beläggningar och utförandemetoder som skapar tankbeläggningar med lång livslängd och liten klimat- och miljöpåverkan. Det behövs även en vidareutveckling av kravställning i regelverken för att skapa långlivade beläggningar.

Detta projekt syftar till att ge rekommendationer för vidareutveckling av kravställningen för tankbeläggningar samt att undersöka och jämföra olika tankbeläggningar med avseende på livslängd, energieffektivitet och klimatbelastning. Förhoppningen är att detta ska bidra till Trafikverkets mål att minska klimatpåverkan vid byggande och underhåll.

2. Tankbeläggningar

Tankbeläggningar är ett paraplybegrepp och omfattar olika typer av beläggningar. Gemensamt för dessa är att ballastmaterial och bitumen läggs på vägen separat och kräver således ingen blandning på asfaltverk. Ballastmaterialen värms dessutom inte upp alls och bituminet värms endast måttligt vilket medför att materialhanteringen underlättas avsevärt.

I detta projekt har det studerats ett urval av olika tankbeläggningar under åren 2021–2024. Data från tidigare VTI-projekt gällande tankbeläggningar har sammanställts och tagits med i detta projekt i syfte att ge en större datamängd för att kunna förbättra möjligheten att dra slutsatser. På så sätt fås möjlighet att följa objekt under längre tid för att kunna se långtgående effekter. Totalt sett har data från åren 2003–2024 använts i projektet.

2.1. Olika typer av tankbeläggningar

Tankbeläggningar kan delas in i olika typer. Nedan beskrivs ytbehandlingar (Y1B, Y2B, Y1G, Y2G och varianter av Racked-in) samt indränkt makadam i olika utföranden (IM, IMT, JIM och JIMT) enligt gällande svenska regelverk (Trafikverket, 2020; Vägverket, 1994).

Ytbehandlingar och försegling används i huvudsak som underhållsåtgärder, medan indränkt makadam (IM) främst utnyttjas för förstärkning (Wågberg, 1994). Olika typer av IM används både som bärlager och som slitlager på framför allt låg- och medeltrafikerade vägar, men kan även fungera som bärighetsförstärkning på mer trafikerade sträckor. Under senare år har intresset särskilt riktats mot de varianter som fungerar som slitlager eller som kombinerat slit- och bärlager (IMT) samt som används för justering (JIMT). Tillägget T (som i *tät*) anger att ytan förseglas genom ett extra påslag av bindemedel och en finare sortering av ballast (Göransson, 2024).

Tankbeläggningar har en lång historik i Sverige och introducerades redan kring sekelskiftet 1900 i form av indränkningar och ytbehandlingar på makadamvägar. Utvecklingen har därefter lett till ett stort antal varianter, exempelvis indränkt makadam, olika typer av ytbehandling, försegling/slurry samt mer lokala åtgärder såsom tankklappning och snabellagning för potthål och mindre skador (Asfaltskolan, n.d.; von Matérn, 1931).

Tankbeläggningar betraktas ofta som ett kostnadseffektivt alternativ till konventionella varmbeläggningar. De kan läggas i tunna skikt, med relativt låg åtgång av både bindemedel och stenmaterial, samtidigt som de ger en vägyta med god friktion och makrotextur. Genom att täta porösa ytskikt och skydda underliggande konstruktion minskar inträngning av vatten och luft, vilket bromsar nedbrytningen och förlänger vägens tekniska livslängd (Asfaltskolan, n.d.; Vägverket, 1994; von Matérn, 1931).

De vanligaste problem med tankbeläggningar som uppmärksammas är stensläpp, utglesning och blödning, särskilt under det första året efter utförande. Dessa skador uppträder framför allt när dimensionering, materialval eller utförandetidpunkt inte är optimalt anpassade till underlag, klimat och trafikbelastning. Brister i ballastkvalitet, bindemedelsmängd, spridningsjämnhet eller packning kan också leda till förkortad livslängd och ökat underhållsbehov. För att uppnå god och långsiktigt hållbar funktion krävs därför väl anpassad utformning, god kontroll av utrustning, bindemedel och stenmaterial samt kunskap om väg- och trafikförutsättningar (Trafikverket, 2020; Arnerlov & Jönsson, 1985; Vägverket, 1994).

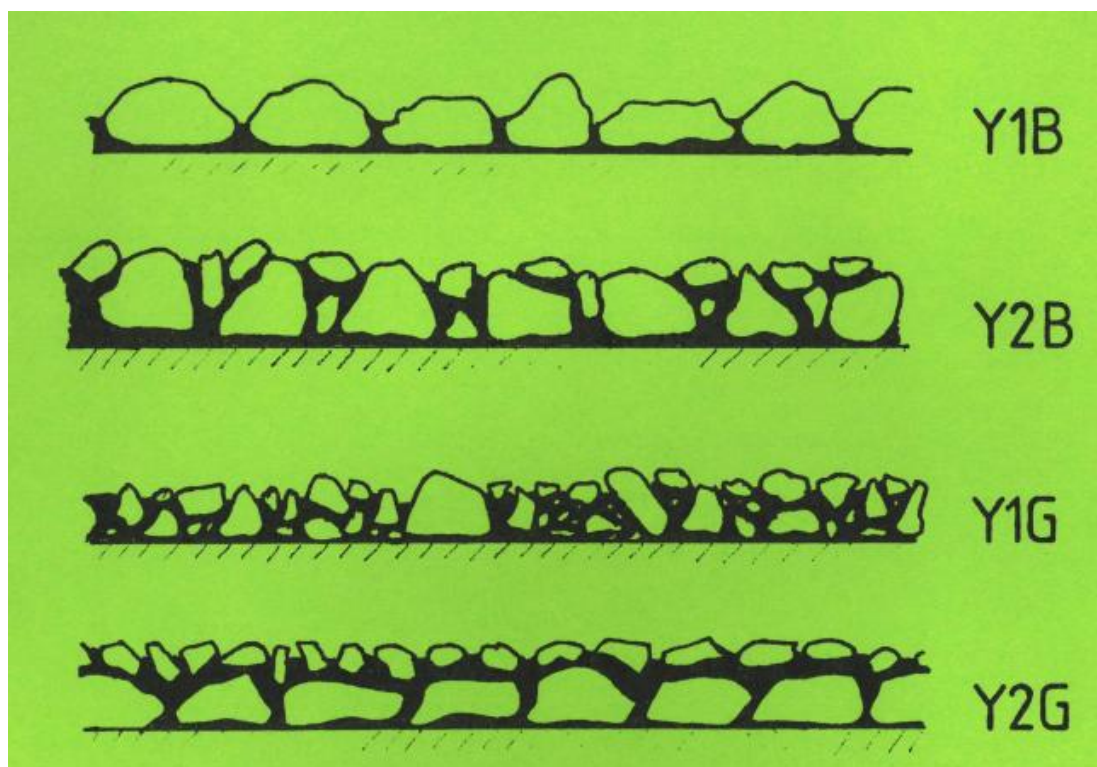
2.1.1. Ytbehandlingar

Ytbehandling läggs på vägar som börjat brytas ned, bland annat i syfte att förbättra vägytans nötningsmotstånd, säkerställa god friktion, samtidigt som ytan tätas och underliggande lager skyddas mot vatten- och luftpåverkan (Arnerlov & Jönsson, 1985; Vägverket, 1994). Det porösa ytskiktet hos den slitna beläggningen förseglas och binds ihop, vilket minskar damm- och slamproblem samt i vissa

fall reducerar risken för vattenplaning (Arnerlöv & Jönsson, 1985; von Matérn, 1931). För att funktionen ska bli god betonas i anvisningar och kravdokument vikten av att ytbehandling utförs på en väl avjämnad vägyta med god tvär- och längsfall så att vatten dräneras bort effektivt (Vägverket, 1994; Trafikverket, 2020).

Benämningarna för standardiserade ytbehandlingstyper följer en enkel syntax där beteckningen YnX används, där n anger antalet lager (1 = enkel, 2 = dubbel) och X anger underlagstyp (B = bitumenbundet underlag, G = grusunderlag) (Arnerlöv & Jönsson, 1985; Vägverket, 1994).

Exempelvis är Y1B en enkel ytbehandling på ett bitumenbundet underlag, medan Y2G betecknar en dubbel ytbehandling på grusväg eller annat obundet underlag. Dessa benämningar återkommer både i äldre handböcker och i dagens kravdokument och typblad för bitumenbundna lager (Vägverket, 1994; Trafikverket, 2020).



Figur 1. Visualisering av ytbehandlingar. Bild från Arnerlöv & Jönsson (1985). Figuren omfattas inte av licensen CC BY-SA 4.0.

I de svenska regel- och rekommendationsdokumenten definieras ytbehandling som en bituminös beläggning där bindemedel och stenmaterial sprids var för sig. Huvudprincipen är att ett bindemedel – vanligen en bitumenemulsion – sprids med ramp från tankbil, varefter finmakadam eller grus läggs ut som pågrus och vältas in (Arnerlöv & Jönsson, 1985; Trafikverket, 2020). Bindemedlet har flera funktioner: att binda upp finmaterial, stabilisera och täta underliggande yta, fylla ythålrum i äldre bituminösa beläggningar, skapa en mer homogen yta samt binda samman grus och underlag till ett sammanhängande skikt, medan stenmaterialet dels skyddar bindemedelshinnan mot trafikens slitage, dels fungerar lastfördelande mot underliggande lager (Arnerlöv & Jönsson, 1985; von Matérn, 1931).

Ytbehandlingar används i dag i första hand som underhållsbeläggning, snarare än som slitlager vid nybyggnad, och betraktas i såväl äldre handböcker som nyare kravdokument som ett resurssnålt och kostnadseffektivt alternativ till traditionella varma beläggningar (Trafikverket, 2020; von Matérn, 1931). De tunna skikten innebär begränsad materialåtgång, samtidigt som relativt lång teknisk livslängd och goda friktionsegenskaper kan uppnås (Arnerlöv & Jönsson, 1985). Svenska dimensioneringsrekommendationer anger tillämpningsområden kopplade till bland annat trafikflöde,

där exempelvis Y1B är avsedd för låg till medelhög trafikbelastning, medan Y2B kan motiveras där krav på lägre bullernivå eller robustare yta är större (Arnerlov & Jönsson, 1985; Vägverket, 1994).

Det finns samtidigt ett antal begränsningar och risker som behöver hanteras. Ytbehandling ger i princip inget tillskott till vägens bärighet och förbättrar inte jämnheten utöver den som redan finns i underlaget (Vägverket, 1994). Beläggningstypen är känslig för mekanisk påverkan under byggskedet, kan upplevas bullrig och innebär alltid en viss risk för stenlossning, särskilt tidigt efter utförandet (Arnerlov & Jönsson, 1985; Vägverket, 1994). Typiska skador som stensläpp, utglesning och blödning uppträder ofta om bindemedels- eller pågrusmängd inte är korrekt dimensionerade, om materialkvaliteten brister eller om arbetet genomförs under olämpliga förhållanden. Därför betonas krav på väl anpassad proportionering, kvalitetskontroll av bindemedel och ballast samt noggrann egenkontroll under utförandet (Arnerlov & Jönsson, 1985).

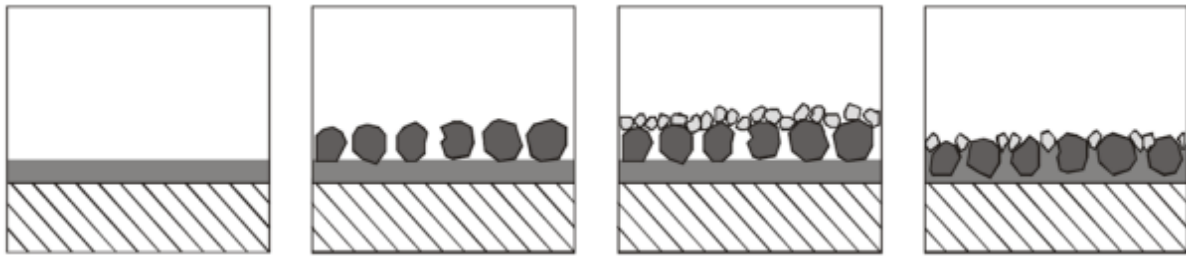
Bindemedelstekniken har också utvecklats över tid. Äldre anvisningar beskriver omfattande användning av bitumenlösning vid ytbehandling, medan senare regelverk framför allt av miljöskäl rekommenderar bitumenemulsion som förstahandsval (Arnerlov & Jönsson, 1985).

Bitumenemulsioner och bitumenlösningar är båda sätt att få ett annars trögflytande bindemedel att spridas, men de bygger på helt olika principer. En bitumenlösning består av bitumen upplöst i ett organiskt lösningsmedel (till exempel nafta), och blir hanterbar genom att viskositeten sänks så länge lösningsmedlet finns kvar. När lösningsmedlet avdunstar hårdnar bindemedlet och bildar en sammanhängande film (Redelius, n.d.; von Matérn, 1931). Bitumenemulsion är i stället en vattenbaserad produkt där finfördelade bitumendroppar hålls i en flytande fas med hjälp av emulgeringsmedel. När emulsionen bryts och vattnet dräneras bort eller avdunstar bildas ett bitumenskikt (Redelius, n.d.; Trafikverket, 2020).

Skillnaderna märks i användning, arbetsmiljö och miljöpåverkan. Bitumenlösningar ger god inträngning i torra, öppna stenlager och har historiskt haft stor betydelse vid indränkning och ytbehandling, men medför utsläpp av flyktiga organiska lösningsmedel, lukt, brandrisk och arbetsmiljöproblem (Vägverket, 1994; von Matérn, 1931). Bitumenemulsioner kan däremot användas vid lägre temperaturer, ofta på lätt fuktiga underlag, med betydligt lägre energibehov och utan organiska lösningsmedel, vilket gör dem mer lämpade ur både klimat- och arbetsmiljösynpunkt (Arnerlov & Jönsson, 1985; Redelius, n.d.; Trafikverket, 2020). Därför rekommenderar dagens svenska krav och handböcker bitumenemulsion som förstahandsval för ytbehandling, försegling och indränkt makadam, medan användningen av bitumenlösning i princip har fasats ut av miljöskäl (Trafikverket, 2020; Vägverket, 1994).

2.1.2. Racked-in

Racked-in är en modifierad ytbehandling där ett lager bitumenemulsion sprids, varefter två olika stenstorlekar läggs ut i följd: först en grövre fraktion med cirka 90 % täckning, sedan en finare fraktion som fyller mellanrummen innan avsandning och vältning. Innan färdigställande sopas ytan för att ta bort löst sittande småfraktioner (Göransson, 2014). Den finare fraktionen låser den grövre och därigenom förbättras stabilitet, textur och komfort jämfört med en konventionell enkel ytbehandling (Lindroth et al., 2009), se Figur 2.



Figur 2. Skiss över de olika arbetsmomenten vid läggning med metoden Racked-in. Bild från (Göransson, 2014).

För att metoden ska fungera krävs polymermodifierat bindemedel med lämplig viskositet, hög ballastkvalitet (särskilt vid dubbdäckstrafik), noggrant anpassad bindemedelsmängd – något lägre än för en vanlig Y1 – samt mycket jämn spridning av båda ballastfraktionerna och väl intrimmad logistik så att kedjan bindemedel–ballast 1–ballast 2–avsandning–vältning kan genomföras utan onödiga stopp. Erfarenheterna från provsträckan på länsväg 1640 mellan Gärds Köpinge och Norra Åsum visar att Racked-in kan ge en slitstark ytbehandling med god textur och begränsat stensläpp, men också att för mycket material i andra ballastspredningen kan leda till grov textur och kvarliggande lös sten i vädkanten (Göransson, 2014).

2.1.3. Spårytbehandling

Spårytbehandling (SPY) är ytbehandling (Y1B) som begränsas till hjulspåren. Metoden kan användas om vägen blivit spårig till följd av nötning (dubbdäck) eller utsatts för mycket tung trafik men i övrigt är i gott skick. Spårytbehandlingen är en beläggningstyp som inte är så särskilt vanlig, de senaste fem åren har mellan tre och sex objekt per år registrerats i PMSv4¹.

2.1.4. Försegling

Försegling är inte ämnat som ett slitlager utan en metod för att underhålla redan belagda ytor. Bitumenemulsion sprids ut och avsändas, vilket tätar den existerande beläggningen och fyller igen slitage eller skador som uppstått. Som en variant på detta finns slamförsegling, där bitumenemulsionen blandas med krossad sten, cement, vatten och additiv (Lindroth et al., 2009).

2.1.5. Indränkt makadam

Indränkt makadam är en tankbeläggning där ett lager grovt stenmaterial läggs ut, packas och därefter indränks med bituminöst bindemedel, ofta följt av ett tunnare skikt med finare sten (Trafikverket, 2020; Vägverket, 1994). I dagens svenska regelverk omfattar begreppet flera närbesläktade typer av läggningar.

Indränkt makadam används främst som bärlagerförstärkning på befintliga vägar eller som bärlager i överbyggnader med bitumenbundna slitlager, särskilt på låg- och medeltrafikerade vägar där kombinationen bärighet, dräneringsförmåga och flexibilitet är viktig (Lindroth et al., 2009; Vägverket, 1994). Både äldre handböcker och nuvarande kravdokument betonar att funktionen är starkt beroende av rätt dimensionering, ballastkvalitet, bindemedelstyp (numera i första hand bitumenemulsion) och god utförandekontroll. Brister kan leda till exempelvis deformationer, stensläpp eller otillräcklig bärighet (Trafikverket, 2020; Vägverket, 1994). Samtidigt lyfts indränkt makadam fram som en resurssnål och tekniskt robust lösning för förstärkning och justering av vägar där högsta möjliga jämnhet och styvhet inte är det primära målet (Lindroth et al., 2009; Trafikverket, 2020).

¹ PMSv4 – ”Pavement Management System version 4” – är ett verktyg tillhandahållet av Trafikverket som innehåller information om de statliga vägarna i Sverige och åtgärder gjorda på vägnätet (Trafikverket, 2024).

Standardtyper som IM 40 och IM 60 är dränerande, vilket innebär att vatten kan passera genom lagret. Dessa används främst som förstärkningslager vid nybyggnad eller förstärkning av befintlig väg i konstruktioner med bitumenbundna överbyggnader (Vägverket, 1994).

IMT (indränkt makadam tät) är en tätad variant där den indränkta makadamen kompletteras med ett tätande skikt och högre bindemedelspåslag, så att lagret kan fungera som slitlager på lågtrafikerade vägar; i de äldre typbladen anges till exempel att IMT kan användas som slitlager vid ÅDT < 500 (Vägverket, 1994), medan nuvarande kravdokument specificerar detaljerade krav på ballastkvalitet, bindemedelstyp och minsta bindemedelspåslag för olika IMT-typer (Trafikverket, 2020) och tillåter trafikvolymmer upp till ÅDT ≤ 1000.

JIM och JIMT utgör justeringslager av indränkt makadam som används för att utjämna spår och ojämnheter i vägytan innan nytt bär- eller slitlager läggs. JIM används typiskt när uppmätta ojämnheter överstiger cirka 15 mm och finns i flera standardiserade sorteringar (till exempel JIM 8/16, JIM 8/22, JIM 16/22), där stenstorlek väljs i relation till ojämnhetens storlek (Vägverket, 1994). I Trafikverkets nuvarande kravdokument definieras JIM som justeringslager av indränkt makadam och JIMT som en tätad variant, med specificerade krav på kornfördelning, stenmaterialkvalitet (bland annat flisighetsindex, Los Angeles-värde, kulkvarnsvärde/Micro-Devalvärde) och minsta bindemedelspåslag, så att lagret både kan jämna ut underlaget och vid behov fungera som tillfälligt slitlager på lågtrafikerade vägar (Trafikverket, 2020). Efter några år krävs normalt en försegling eller ytbehandling för att bibehålla funktionen.

Jämfört med massabeläggningar lyfts IM/IMT/JIM fram som en kostnadseffektiv metod som ökar bärigheten, tål rörelser vid tjällossning och ger möjlighet till sidledes dränering. Dessa metoder är dock också mer känsliga för mekanisk åverkan, vatten i körspår, svaga kanter och snabb potthålsutveckling om förutsättningarna inte är gynnsamma (Lindroth et al., 2009).

2.2. Olika typer av skador på tankbeläggningar

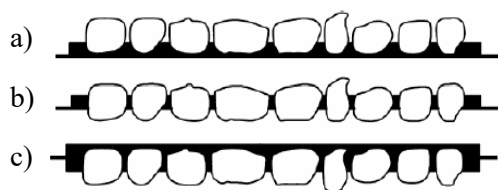
2.2.1. Uppfettning och blödning

En nylagd ytbehandling har all sten ovanpå bitumenemulsionen. Beläggningen vältas framför allt för att få stenarna att orientera sig och lägga sig på plats men stenarna bäddas inte in nämnvärt i bindemedlet. Det efterföljande trafikarbetet som följer bäddar in stenmaterialet i emulsionen. Detta sker främst under sommartid när temperaturerna är högre och får beläggningen att stabiliseras. Under inbäddningen sjunker beläggningens makrotextur snabbt och stabiliseras sen när inbäddningen avstannar.

Om stenmaterialet pressas för långt ner i bitumenet och helt bäddas in erhålls en uppfettad yta. En uppfettad eller blödande yta kännetecknas av att den är mer eller mindre helt svart och mycket hal, särskilt i samband med nederbörd, och risken för sladd ökar markant.

Även indränkt makadam kan få uppfettade ytor om bindemedelsmängden är för stor eller om hålrumshalten är för liten, då pressas bindemedlet upp och lägger sig ovanpå makadamen och blir mycket hal.

I Figur 3 och Figur 4 visas olika grader av stenarnas inbäddning i bindemedlet. Båda figurerna visar stenarna utan inbäddning vilket är typiskt precis efter läggning av en ytbehandling, normal inbäddning som typiskt åstadkoms efter några års trafik och slutligen total inbäddning, vilket är resultatet av för mycket och/eller för mjukt bindemedel.



Figur 3. Schematisk bild som visar olika grader av inbäddning, a) ingen inbäddning, b) normal inbäddning och c) total inbäddning. Figur från (Jacobson, 2006).



Figur 4. Foton som visar tre olika grader av stenarnas inbäddning i bindemedlet, a) ingen inbäddning, b) normal inbäddning efter några års trafikarbete och c) total inbäddning. Foton från Jacobson (2006).

2.2.2. Avskalning och släppor

Avskalning kallas det när stenmaterialet tillsammans med bindemedlet släpper från beläggningen. Avskalningen kan bero på att underliggande vägyta var smutsig eller fuktig vid arbetet med den nya beläggningen. Skadan kan också orsakas av att dubbdäckstrafiken river loss material från vägytan.

Släppor är en mer lokal förlust av stenmaterial, se Figur 5, och kan orsakas av bland annat plogning.



Figur 5. Foto visar ett vägvagnsnitt med släppor nära mittfoggen och i ena hjulspårets kant. Foto från Göransson (2015).

2.2.3. Utglesning

Med utglesning avses en glesare typ av stensläpp från en ytbehandling. Något enstaka stensläpp uppstår nästan alltid och anses normalt men om ett område har lite mer omfattande slumpvis stensläpp här och där benämns det som utglesning, se Figur 6. Utglesning orsakas i regel av alltför låg bindemedelsgiva eller att ytbehandlingen inte hunnit stabilisera sig innan vintern. Utglesning kan även orsakas av att stenmaterialet vid läggning varit smutsigt eller alltför blött.



Figur 6. Ett område med utglesning där stenar släppt från ytbehandlingen. Foto från Jacobson (2006).

2.2.4. Randning

Med randning avses stensläpp i form av en eller flera ränder i ytbelägningens utföranderiktning. Ett exempel på detta visas i Figur 7. Orsakerna till randning är främst ojämn spridning av bindemedel ifrån spridarrampen eller otillräcklig överlapp av bindemedel i längsgående fogar.



Figur 7. Stensläpp på grund av randning i en spårytbehandling. Foto från Jacobson (2006).

3. Uppföljda objekt

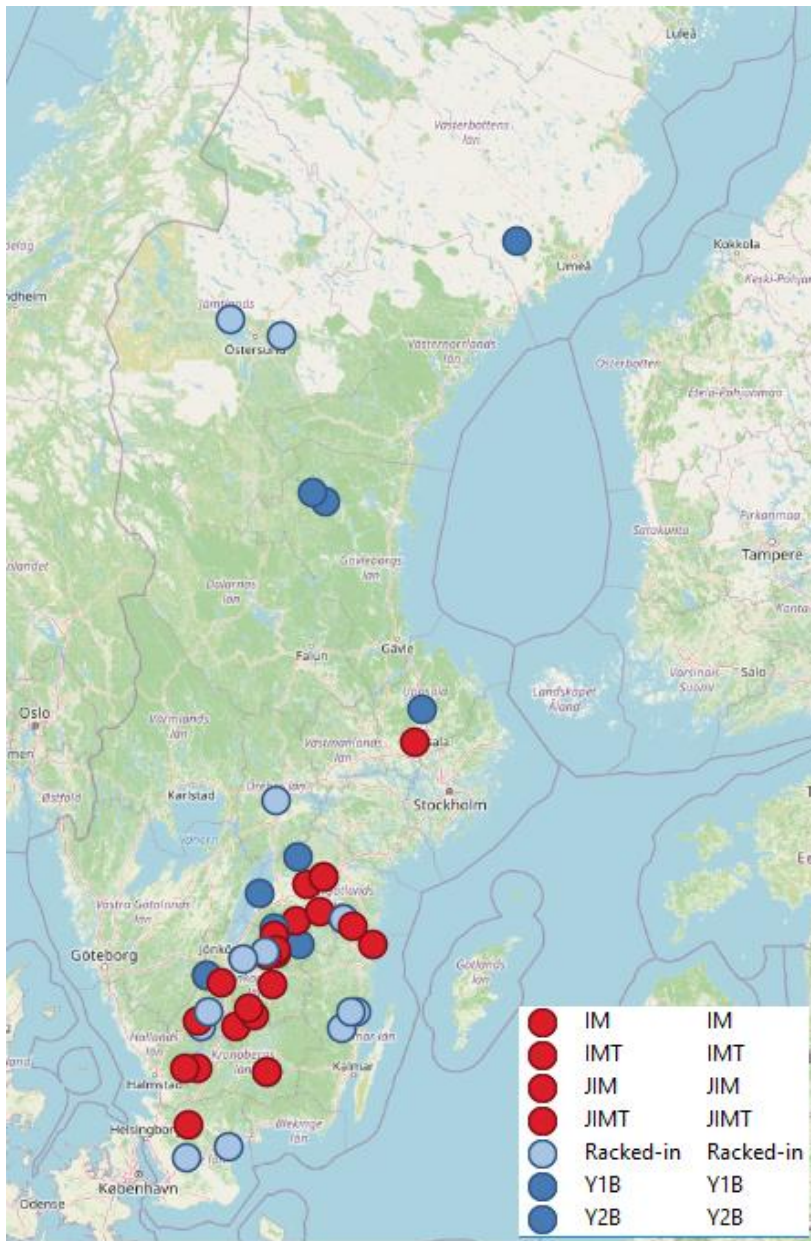
Totalt har 47 olika objekt med tankbeläggningar följts upp mellan åren 2003 och 2024. I Tabell 1 redovisas de olika objekten och i Figur 8 visas de på en Sverigekarta. Det rör sig om 22 ytbehandlingar, varav 13 är Racked-in och resterande är olika varianter av indränkt makadam. Inga förseglingar eller spårytbehandlingar har analyserats. Objekten är namngivna efter län, väg och ort. I det fall där flera objekt ligger längs samma väg anges det med en siffra, till exempel F1047-1_Trånås, F1047-2_Bordsjö och F1047-3_Bordsjö. I vissa fall har objektet lagts om under mätperioden. I dessa fall är mätserierna separerade som om det rörde sig om två skilda objekt. I tabellen anges dessa med A och B, till exempel E1136-1A-Grensholm och E1136-1B-Grensholm.

Objekten är i sin tur ibland uppdelade i sektioner, till exempel för att tankbeläggningen har lagts på vissa segment av vägen och endast dessa ska följas upp. Längdangivelsen i Tabell 1 avser den summerade längden för alla dessa sektioner. Notera att antalet sektioner per objekt i Tabell 1 är per riktning, varför minsta antal i tabellen är två.

Tabell 1. Tabellen visar alla objekt som har följts upp och analyserats i detta projekt. Sektionerna är beräknade per riktning. Ett objekt med två sektioner är således en och samma sträckning med en sektion i vardera riktningen. Totala längden är summan av längden för alla sektioner, det vill säga längden i båda riktningar.

Objekt	Total längd	GPSE	GPSN	Började mätas	Senaste mätning	Beläggningstyp	Antal Sektioner
AC92_Bjurholm	30457	707539,1	7096337	2012	2014	Y1B	8
C591_Balingsta	5420	637069,3	6626849	2024	2024	JIM	2
C600_Månkarbo	41944	642063,2	6658991	2020	2024	Y2B	8
E1045_Berg	4069	530888,6	6480905	2016	2024	IMT	2
E1128_Tjällmo	4002	521429,8	6509342	2010	2023	Y1B	2
E1136-1A_Grensholm	2532	548554,7	6488956	2009	2022	IMT	2
E1136-1B_Grensholm	2531	548549,9	6488947	2023	2024	IMT	2
E134_Pinnarp	23489	524473,1	6419276	2013	2017	Y1B	8
E594_Önnebo	18345	519171,7	6442523	2012	2024	IMT	2
E691_Bestorp	3380	544469,7	6453931	2010	2023	IMT	2
E731-1A_Falerum	6624	570136,4	6445659	2010	2013	IM	2
E731-1B_Falerum	6606	570129,2	6445659	2014	2015	Racked-in	2
E932_Borghamn	5008	482245,9	6471259	2011	2014	Y1B	4
F1009_Trånås	11310	497039,9	6435189	2011	2014	Y1B	4
F1047-1_Trånås	5177	497884	6427960	2008	2017	IMT	10
F1047-2_Bordsjö	2956	499956,3	6408273	2009	2024	IMT	2
F1047-3_Bordsjö	1306	499193,2	6412340	2011	2024	IMT	6
F515_Ås	14446	419601,1	6331728	2017	2024	Racked-in	2
F599_Reftele	16174	414875,5	6338562	2018	2024	IMT	2
F621_Kulltorp	15690	426434,7	6347963	2016	2024	Racked-in	2
F654-1A_Bondstorp	9470	426338,3	6386470	2008	2014	IMT	2

Objekt	Total längd	GPSE	GPSN	Började mätas	Senaste mätning	Beläggningstyp	Antal Sektioner
F654-1B_Bondstorp	9872	426243,7	6386439	2015	2024	Y1B	2
F654-2_Bondstorp	2619	441298	6379684	2010	2019	IMT	2
F707_Gällaryd	14414	456964,7	6332621	2019	2024	IMT	2
F744_Rörvik	6434	475485,3	6344484	2008	2016	IMT	2
F761_Gamla_Hjälmseryd	8128	470786,5	6351796	2008	2011	IMT	2
F886_Björköby	4253	495101,9	6375644	2013	2024	IMT	2
F967_Aneby	1397	489864,6	6407791	2008	2016	IMT	2
F976_Aneby	19259	487956	6411672	2018	2024	Racked-in	6
F986_Lekeryd	14527	465419,1	6404327	2015	2024	Racked-in	4
G527_Rya	6541	413807,5	6287692	2016	2024	IMT	2
G536_Lidhult	23426	400168	6288006	2015	2024	IMT	2
G693-1A_Jät	6694	489447,3	6282745	2011	2018	JIMT	2
G693-1B_Jät	6705	489444,9	6282745	2019	2024	JIMT	2
H_Oskarshamn	4889	584542,5	6348139	2015	2024	Racked-in	2
H641_Fliseryd	17763	568926,3	6330195	2020	2024	Racked-in	2
H711_Kristdala	33453	579358,6	6347486	2020	2024	Racked-in	2
H874_Loftahammar	7241	600199,8	6420465	2012	2024	JIMT	2
H888_Ukna	17954	579782,9	6438477	2019	2024	IMT	2
M1640_Gärds_Köpinge	8576	447162,8	6201015	2014	2024	Racked-in	4
M17_Kastberga	4842	400230,7	6190748	2014	2023	Racked-in	2
M1873_Perstorp	6168	403455,6	6226555	2014	2024	IMT	2
T691_Örebro	2166	499906,7	6567088	2014	2024	Racked-in	2
X723_Östra_Föne	3367	544785,5	6856418	2004	2024	Y1B	2
X84_Laforsen	8662	533101,4	6864146	2003	2024	Y1B	16
Z87_Stugun	34565	503268,2	7007405	2019	2024	Racked-in	6
ZE14_Ytterån	12693	458643,4	7021327	2013	2018	Racked-in	10



Figur 8. Objektens position i landet. Ytbehandlingar är markerade som mörkblå, Racked-in som ljusblå och olika varianter av indrånkt makadam som röda. Majoriteten av objekten ligger i Östergötlands län, Jönköpings län, Kronobergs län och Kalmar län. De nordligare objekten är alla ytbehandlingar eller Racked-in. Kartbilden är skapad i OpenStreetMap.

4. Kravställning

Idag finns en del kravställning på tankbeläggningar, men dessa skiljer sig åt beroende på beläggningstyp. Ytbehandlingar krävstalls mer än indränkt makadam.

4.1. Allmän kravställning

Likt konventionella bitumenbundna slitlager, ställs krav på friktion, jämnhet och tvärfall även för tankbeläggningar. Dessa beskrivs i TDOK 2013:0529 *Bitumenbundna lager* och kravnivåerna är desamma som för övriga bitumenbundna slitlager.

4.2. Kravställning på ytbehandlingar

För ytbehandlingar ställs det krav på ingående material, maximalt tillåten mängd defekter samt den färdiga beläggningens makrotextur.

Ingående material består av ballast och bitumenemulsion. För bitumenemulsionen ställs krav på bland annat innehåll och mjukpunkt enligt tabell 2.2.4-5 *Specifikationer bitumenemulsioner för ytbehandling*. För ballasten ställs förutom krav på kornstorleksfördelning, även krav på egenskaper i form av flisighetsindex, krossytegrad, kulkvarnsvärde (KKV) samt Los Angeles-värde (Trafikverket, 2020). Den färdiga beläggningen får inte ha större defekter än tillåtna gränsvärden avseende uppfettning och blödning, avskalning och släppor, utglesning samt randning. Bedömningen av defekter görs visuellt enligt SS-EN 12272-2 *Visuell bedömning av defekter* 11–13 månader efter beläggningen trafikerades, på 100 m-sträckor där kravnivån bestäms utifrån vägens trafikvolym. Ovan nämnda gränsvärden framgår av Tabell 2.

Tabell 2. Största tillåtna defekter på ytbehandlingar.

Typ av ytbehandling	Y1G	Y1B		Y2B	
ÅDT _k	< 500	< 500	501 – 1000	> 1000	> 1000
P1 Uppfettning och blödning, %	≤ 1,0	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5
P2 Avskalning och släppor, %	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2
P3 Utglesning, %	≤ 6	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3
P4 Randning, m	≤ 10	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2

Kontroll avseende ytans makrotextur sker även denna 11–13 månader efter att beläggningen trafikerades. Texturen ska bestämmas genom Mean Texture Depth (MTD) (EN 13036-1) eller Mean Profile Depth (MPD) (EN-ISO 13473-1, part 1). Kraven på makrotextur är MTD ≥ 0,5 mm alternativt MPD ≥ 0,4 mm och avser 20 m-värden i hjulspåren.

4.3. Kravställning på indränkt makadam

I fallet med indränkt makadam och dess varianter krävstalls enbart ingående material. Kontroll av defekter eller makrotextur görs ej. Kraven på ingående material återfinns i TDOK 2013:0529 *Bitumenbundna lager* (Trafikverket, 2020). Avseende ballast ställs krav på kornstorleksfördelning samt egenskaper såsom flisighetsindex, krossytegrad, Micro-Deval, Los Angeles-värde samt kulkvarnsvärde. Gällande bindemedel ställs krav på mängder för de olika påslagen för olika IM-lager.

5. Koldioxidutsläpp och energiåtgång

Tankbeläggningar lyfts ofta fram som bra alternativ till konventionella varmblandade beläggningar då de kommer till ett förhållandevis lågt pris och med signifikant mindre koldioxidutsläpp och energianvändning vid tillverkning och utläggning. Enligt Trafikverket ger en beläggning med varmmassa ungefär fyra till fem gånger så stora utsläpp av koldioxid som tankbeläggning vid tillverkning och utläggning (Trafikverket, 2026). I en rapport från NCC redogör (R. Lundberg, 2013) för ett exempel på koldioxidutsläpp och energianvändning för 100 000 m² beläggning av olika typer. Vid liknande beräkningar görs en rad antaganden och för aktuellt fall har följande förutsättningar antagits:

- Objektets storlek är 100 000 m²
- Asfaltfabriken ligger i täkt med An14 material
- Transport till lägningsplats är 20 km i snitt
- Bitumendepå är belägen 30 km från fabrik
- Emulsionsfabrik är belägen 30 km från lägningsplats/fabrik
- Drivmedelstransporter är 30 km
- Kvalitetssten An7 transporteras 100 km

Koldioxidutsläpp och energiåtgång för fyra olika beläggningstyper samt för en konventionell ABT från det aktuella räkneexemplet redovisas i Tabell 3 respektive Tabell 4. Från tabellerna framgår att såväl koldioxidutsläppen som energianvändningen är flera gånger större för ABT-beläggningen jämfört med de olika tankbeläggningarna under deras livstid. Det ska noteras att dessa siffror kan ha ändrats sedan rapporten skrevs, eller kan komma att förändras i framtiden, till exempel på grund av förändrade drivmedel i fordonsflottan eller prissättning på växthusgasutsläpp och energianvändning.

Tabell 3. Koldioxidutsläpp för fyra olika beläggningar (Y1B, IMT, JIM och ABT), fördelat per vikt beläggning och per yta belagd väg. Mängderna är beräknade med en egenutvecklad (NCC) programvara för livscykelanalyser.

Massatyp	kg CO2 tot.	kg CO2/ ton massa	kg CO2/m2	Livslängd (år)	kg CO ₂ /m2/år
Y1B 8/11, 2,4 kg/m2 BE65R	96 392	66,2	1,0	20	0,05
IMT 40, 4,7 kg/m2 BE60R	240 774	42,6	2,4	20	0,12
JIM 8/22, 4,0 kg/m2 BE60R	201 039	39,4	2,0	20	0,10
100 ABT16, 70/100	380 763	54,2	3,8	10	0,38

Tabell 4. Energiåtgång för fyra olika beläggningar (Y1B, IMT, JIM och ABT), fördelat per vikt beläggning och per yta belagd väg. Mängd kWh el är enbart specificerat för varmmassor, inte för tankbeläggning, vilket innebär att det sannolikt handlar om uppvärmning av material.

Massatyp	kWh el	Drivmedel (l)	Tot. kWh	kWh/ton	kWh/m2
Y1B 8/11, 2,4 kg/m2 BE65R	-	12 727	121 033	75,6	1,1
IMT 40, 4,7 kg/m2 BE60R	-	40 589	386 001	48,3	3,9

Massatyp	kWh el	Drivmedel (l)	Tot. kWh	kWh/ton	kWh/m2
JIM 8/22, 4,0 kg/m2 BE60R	-	33 291	316 597	45,2	3,2
100 ABT16, 70/100	80 000	103 412	1 063 448	106	10,6

Utläggningen av tankbeläggningar går avsevärt mycket snabbare jämfört med varma och halvvarma massor, vilket ger kortare avstängningar som följd. En många gånger upplevd nackdel med tankbeläggningarna är risken för stenskott efter utläggning. Under ett par veckors tid behöver vägen sopas upprepade gånger och risken för stenskott under denna tid är stor. Under samma period begränsas hastigheten också för att minska risken för stensprut (Trafikverket, 2026).

6. Tillståndsutveckling på uppföljda objekt

Tankbeläggningarnas tillståndsutveckling följs i detta projekt upp framför allt i form av långsgående ojämnheter (IRI) och makrotextur (MPD). Även spårdjup används i uppföljningen, men då detta mycket sällan är den avgörande orsaken till underhåll på lågtrafikerade vägar blir dessa resultat sekundära. Istället är det framför allt långsgående ojämnheter och ytskador som i första hand avgör behovet av underhåll för sträckor med tankbeläggning. På vägar med högre trafikmängd är dock även spårdjupsutvecklingen intressant att studera.

6.1. Dataunderlag

Den insamlade datan från 2003–2024 har bearbetats och värden på IRI, makrotextur (MPD) och spårdjup har tagits fram per 20 meter. I detta fall avser IRI mätning i höger spår, makrotextur mätning i vänster hjulspår, och spårdjupsvärden är maximala spårdjupet beräknat från en tvärprofil bestående av 15-punkter över en bredd på 2,6 meter. Spårdjupet beräknas på en tvärprofil på 2,6 meter istället för den bredare på 3,2 meter med anledning av att många objekt är smala landsbygdsvägar och det finns därför risk att gräs, buskar och annat icke-önskvärt utanför vägbanan fångas upp i måttet. Anledningen till att IRI beräknas i höger hjulspår är för att variationen tenderar att vara högre i höger hjulspår än i vänster. Dataunderlaget består från början av 188 662 tjugometerssträckor.

6.2. Allmän statistik över tillståndet

Statistik över sträckornas IRI, makrotextur och spårdjup i medel samt standardavvikelse redovisas i Bilaga 1. Ett värde visas per mättillfälle vilket ger en möjlighet att följa sträckans utveckling över tid.

6.3. Tillståndsutveckling

För att analysera det insamlade datamaterialet tas IRI-, textur-, och spårutvecklingen fram från år till år, beskriven som utveckling per år (det vill säga per 365 dagar). I de fall där två mätningar ligger för nära i tid till varandra (inom 100 dagar) utesluts den ena av mätningarna. Detta för att även små förändringar från mätning till mätning kan resultera i en stor skillnad i den årliga förändringen.

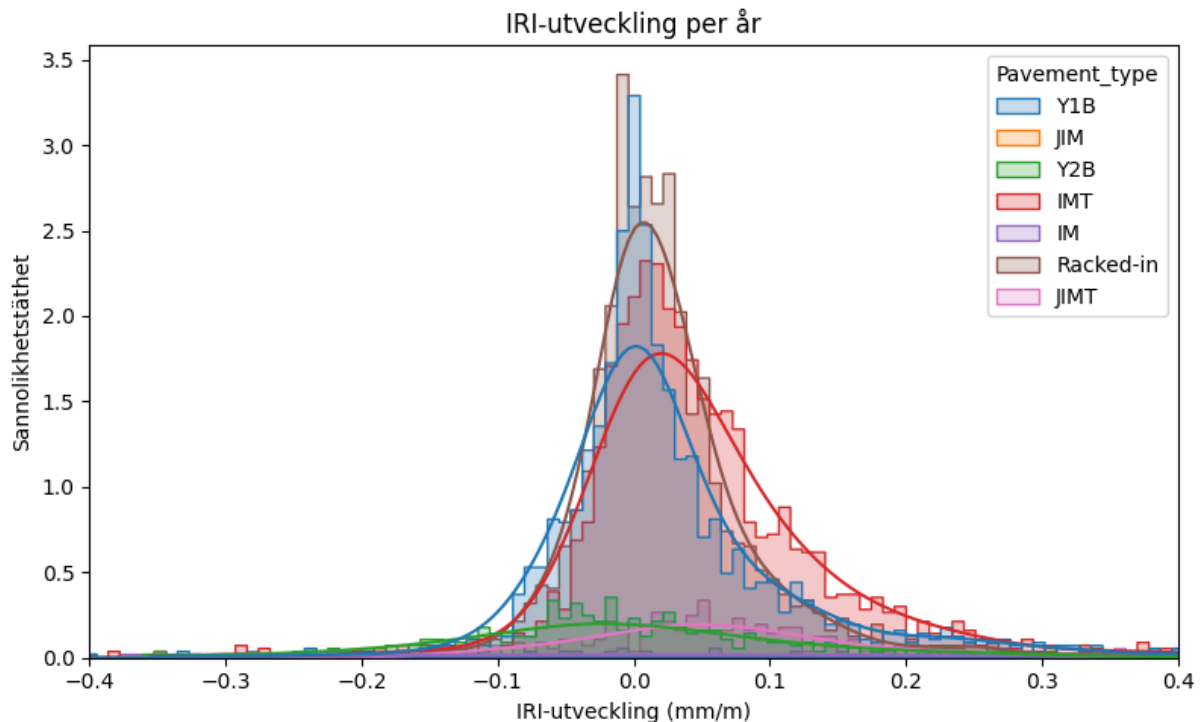
Utvecklingen är sammanställd på två olika nivåer. Dels är utvecklingen beskriven i histogramform med en uppskattad sannolikhetsfördelning där utvecklingen för varje tjugometerssträcka beräknas, se Figur 9–Figur 11, dels är utvecklingen beskriven som ett snitt per objekt, se Tabell 10 i Bilaga 2. På tjugometersnivå kan det genom fördelningen utläsas intressant information men det finns en risk att mätfel och matchningsproblematik på detaljnivå slår igenom starkt. För att minska dessa effekter används enbart de första 1000 meter väg per sektion för att skapa Figur 9–Figur 11. Att studera utvecklingen av snittvärden för sträckan som helhet, se Tabell 9 i Bilaga 1, ger ett bättre mått för utvecklingen men övrig information som kan utläsas ur en fördelningskurva går då förlorad.

I graferna visas även negativ utveckling för IRI och spårdjup. Negativa utvecklingar uppstår sällan i verkligheten, men på grund av osäkerheter i mätningen är det vanligt förekommande i praktiken. Exempelvis är det välkänt att spårdjupsmätningar kan vara mycket känsliga för små ändringar i mätbilens sidoläge.

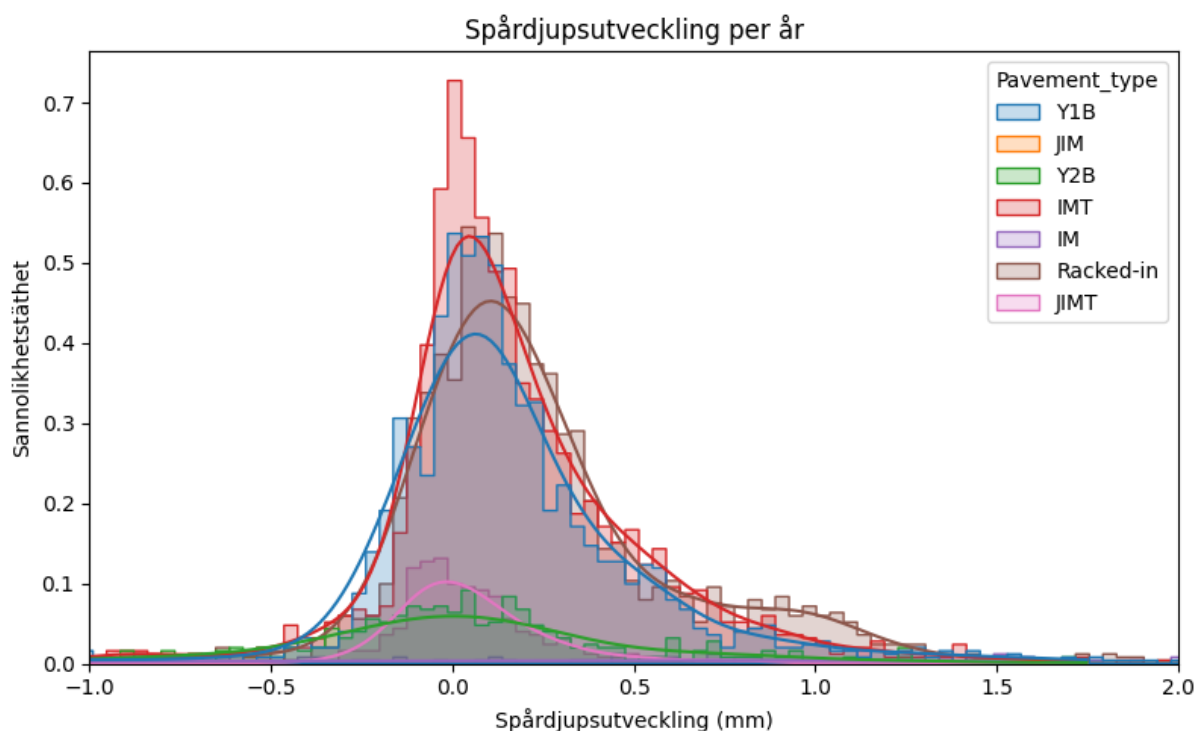
Fördelningskurvorna i Figur 9 - Figur 11 är uppskattade från underliggande histogram enligt metoden *Kernel Density Estimation* (KDE). Y-axeln angiven som sannolikhetstäthet. Det innebär att området under varje fördelningskurva har en area på 1, det vill säga 100 % sannolikhet. Vanligtvis när två histogram visas i samma graf fås en storleksskillnad baserat på hur många värden som ingår i varje grupp; grupper med många värden får ett högt histogram och grupper med få värden får ett lågt histogram. Genom att skala om grafen till sannolikhetstätheten försvinner detta problem och varje grupp skalas om till samma höjd, förutsatt att fördelningarna ser likadana ut. I Figur 9 ses fördelningskurvan för Racked-in vara mycket hög och spetsig, medan fördelningskurvan för Y2B är

mycket låg och bred. Eftersom dessa båda visas mot sannolikhetstätheten är alltså anledningen till att kurvan för Y2B är så bred inte att gruppen innehåller färre värden (vilket den dock också gör), utan för att spridningen av värdena för Y2B är mycket stor.

Från Figur 9–Figur 11 kan det utläsas att IRI och spårdjup inte förändras mycket, och att de olika beläggningstyperna inte skiljer sig mycket åt. Y2B, IM, JIM och JIMT har mycket bred sannolikhetsfördelning, troligen en effekt av ett för litet underlag för att forma en sannolikhetsfördelning. Utifrån detta dataunderlag verkar ytbehandlingar ha något mindre IRI-utveckling per år men däremot något större spårdjupsutveckling per år jämför med IMT. En observation är att Racked-in har en smalare och högre sannolikhetsfördelning, vilket antyder att utvecklingen ser liknande ut över alla de mätta objekten.

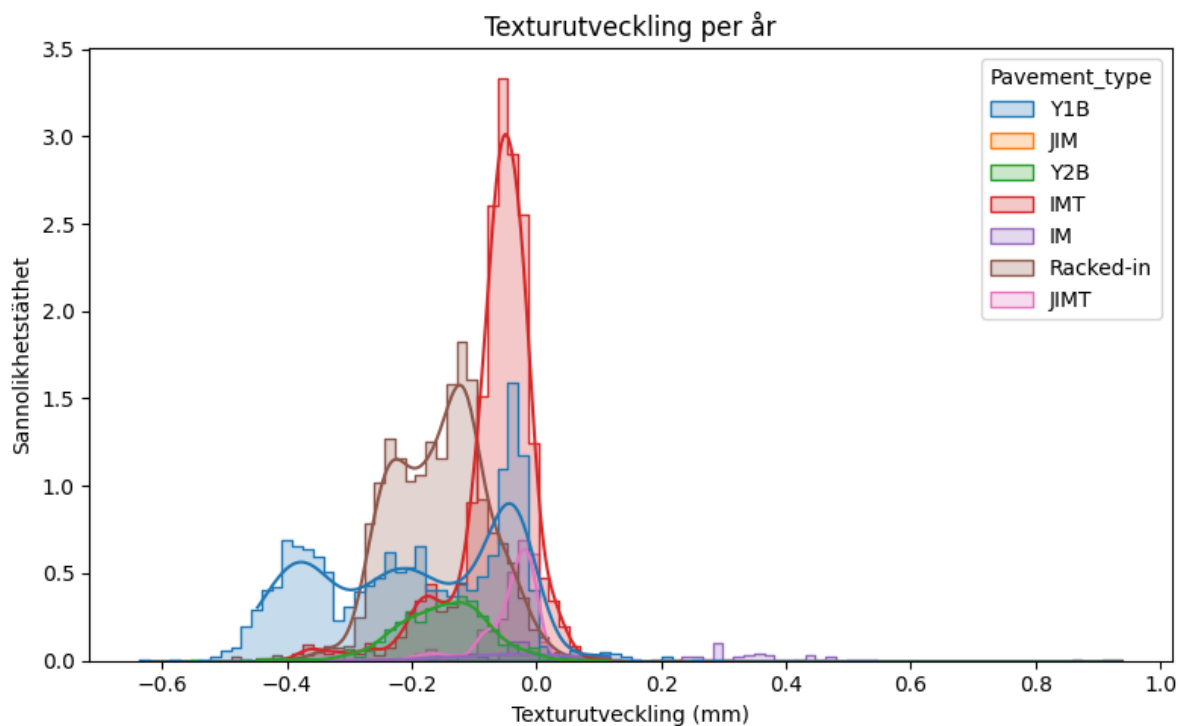


Figur 9. Histogram och sannolikhetsfördelning för IRI-utvecklingen på tjugometersnivå, fördelad mellan de olika beläggningskategorierna. Dataunderlaget är baserat på varje sträckas första 1000 meter. Extremvärden visas ej i grafen.



Figur 10. Histogram och sannolikhetsfördelning för spårdjupsutvecklingen på tjugometersnivå, fördelad mellan de olika beläggningskategorierna. Dataunderlaget är baserat på varje sträckas första 1000 meter. Extremvärden visas ej i grafen.

Utvecklingen av makrotextur varierar däremot mycket beroende på beläggningstyp. I detta projekt har objekt följts från nyläggning vilket innebär att den kraftiga förändringen av textur under beläggningsens första år fångas. Det framgår tydligt i Figur 11 att Y1B har en textur som minskar kraftigt jämfört med IMT men även jämfört med Racked-in. En annan observation är att sannolikhetsfördelningen för IMT, Racked-in och Y1B visar två till tre distinkta toppar. För IMT finns en topp utan texturförändring och en med en texturförändring på cirka -0,2 mm/år. Racked-in har två toppar på cirka -0,25 och -0,1 mm/år. Y1B har tre toppar på cirka -0,4, -0,2 och -0,05 mm/år.

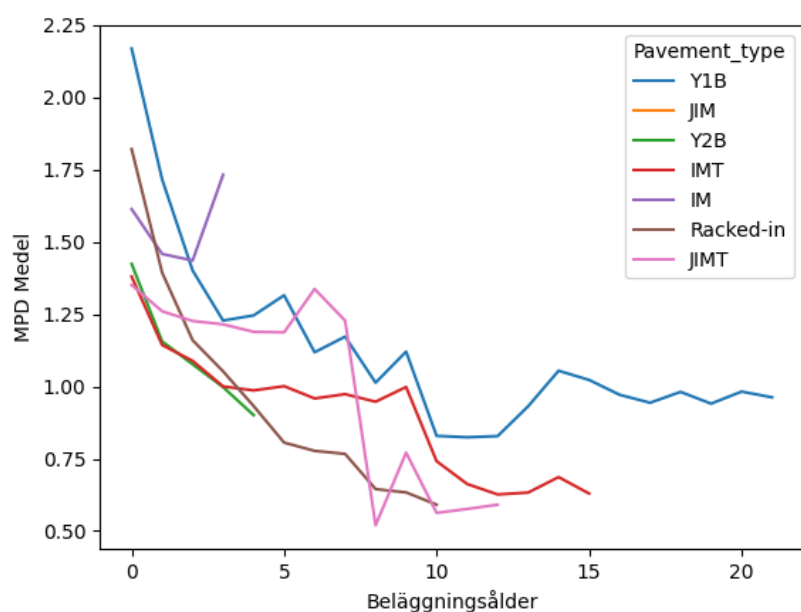


Figur 11. Histogram och sannolikhetsfördelning för makrotexturutvecklingen på tjugometersnivå, fördelad mellan de olika beläggningstyperna. Dataunderlaget är baserat på varje sträckas första 1000 meter. Extremvärden visas ej i grafen.

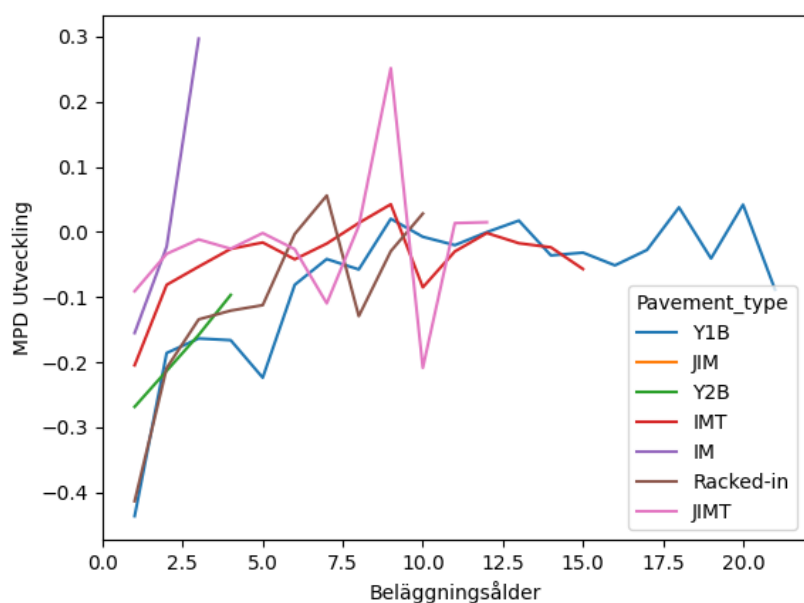
6.4. Makrotexturutveckling för ytbehandlingar

Beläggningars makrotextur ändras med tiden till följd av trafikarbetet. Hur snabbt makrotexturen ändras beror på en rad faktorer, såsom trafikmängd, stenstorlek, beläggningstyp, mm. Ytbehandlingar har generellt höga texturvärden jämfört med andra beläggningar då dessa endast består av pågrus ovanpå en bitumenemulsion. Texturen är som högst den första tiden efter läggning, men sedan reduceras texturvärdena kraftigt genom att pågruset arbetas ned i beläggningen av trafikarbetet. I Figur 12 kan beläggningarna Y1B och Racked-in ses ha en hög textur direkt efter läggning (år 0) som sedan snabbt minskar de kommande åren. Båda dessa beläggningar har en märkbart högre initial makrotextur jämfört med IMT. Figur 13 visar att makrotexturen förändras mycket under beläggningens första fem år för att sedan stabiliseras med en minskning på 0,05–0,1 mm/år därefter. Utifrån det begränsade underlaget i projektet tycks Racked-in vara den beläggningstyp där texturen sjunker snabbast för att nå en låg nivå ett tiotal år efter läggning. Dock saknas lika långa mätserier som för Y1B och IM-varianterna så jämförelser mellan beläggningarna efter deras beräknade livslängd (ca 20 år) får vänta ytterligare ett antal år.

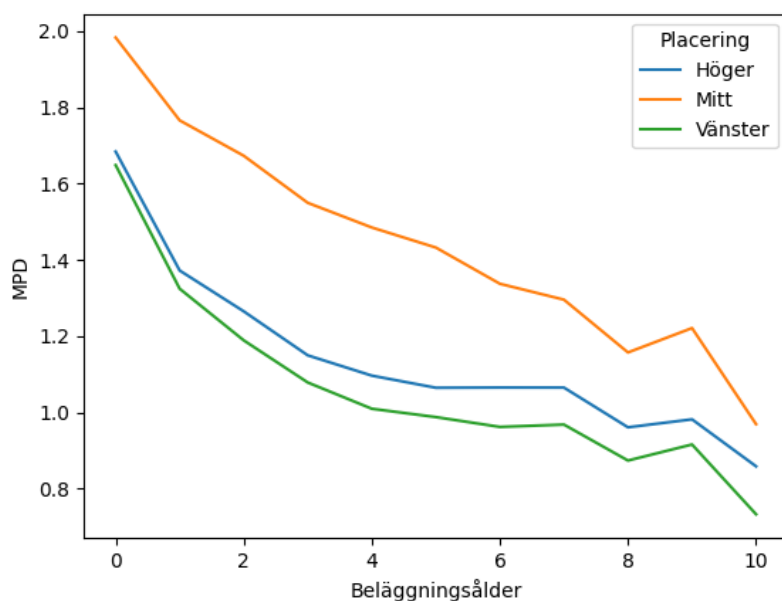
Texturutvecklingen varierar också över vägens bredd. Beläggningarnas textur skiljer sig mycket i och mellan hjulspåren, där en insliten väg har en mycket högre textur mellan hjulspåren jämfört med i hjulspåren, se Figur 14. Detta kan jämföras med en ABT som efter att den är insliten ofta har en högre textur i hjulspåren jämfört med mellan hjulspår (Jacobson, 2012).



Figur 12. Medeltextur i vänster hjulspår för de olika beläggningstyperna. Kurvorna är baserade på samtliga objekt inom respektive beläggningstyp. I slutet av graferna dominerar resultatet av enstaka objekt, då enbart en begränsad mängd objekt har mätts över tio till tjugo år. Likaså domineras de mindre grupperna JIM, JIMT och IM av några få objekt.



Figur 13. Medeltexturutveckling för respektive beläggningstyp. Utvecklingen för ytbehandlingarna kan ses minska snabbt de första åren för att hamna på en relativt stabil nivå efter drygt fem år. I slutet av graferna dominerar resultatet av enstaka objekt, då enbart en begränsad mängd objekt har mätts över tio till tjugo år. Likaså domineras de mindre grupperna JIM, JIMT och IM av några få objekt.



Figur 14. MPD-värden medelvärdesbildade från alla studerade objekt, uppdelade efter placering i vägens bredd. Makrotexturen är betydligt högre i mitten av vägen jämfört med i hjulspåren. Enbart värden upp till och med en beläggningens ålder på tio år togs med för att underlaget är för litet för äldre beläggningar.

Studeras sträckorna individuellt över längre tid visas det också tydligt att texturen hos de ytbehandlade sträckorna relativt snabbt minskar för att hamna på nivåer jämförbara med ABS-beläggningar. Större delen av vägens livslängd har alltså ytbehandlingarna en låg textur som säkerställer god energieffektivitet. I

Figur 15 och Figur 16 visas hur texturen förändras över de år där ytbehandlingarna har följts upp. Generellt kan sägas att texturen hos sträckorna med Racked-in har en lägre textur såväl vid läggning som efter ett antal år, flera sträckor med Racked-in kan ses ha ett MPD-värde på ca 0,5 mm efter fyra-fem år. Som en jämförelse anges i Tabell 5 data för ABT- och ABS-beläggningar, insamlade oavsett beläggningarnas ålder mellan 2005 och 2009. Medianvärdena visar alltså typiska MPD-värden för relativt högtrafikerade vägar (där ABS-beläggningar är standard) som ligger på 0,91 och 0,95 för ABS11 respektive ABS16. Makrotexturen för Y1B-beläggningarna kan därför sägas ligga helt i paritet med andra beläggningar när de väl är inslitna. I Bilaga 3 redogörs också normalvärden för makrotextur på olika beläggningstyper vid olika åldrar.

6.5. Tillståndsutveckling hos IM-beläggningarna

Gällande IM-beläggningarna och dess olika varianter har dessa följts upp fram t.o.m. 2024 om de inte lagts om. Beläggningstypen och kravställning beskrivs i avsnitt 2.1.5 resp. avsnitt 4.3 och resultaten från vägytemätningar finns med i jämförelserna med övriga beläggningstyper i Figur 9–Figur 13. En mer ingående beskrivning av dessa sträckor och dess beläggningar, samt utlåtanden från okulärbesiktningar genomförda på plats finns publicerade i VTI PM 2024:19 (Göransson, 2024).

7. Objektens tillstånd jämfört med likvärdiga objekt

För att bedöma objektens beständighet har jämförelser gjorts med liknande objekt i närliggande geografiskt område. Objekten har dels jämförts med samma beläggningskategori i samma geografiska område med liknande ÅDT, dels med vägar belagda med ABT i samma geografiska område med liknande ÅDT. Att använda indelning i geografiskt område innebär att klimat och andel fordon med dubbdäck är likvärdigt mellan kontrollgrupp och de objekt som följts upp. ABT används ofta på samma typ av vägar där tankbeläggningar används, och får därför motsvara en ”konventionell” beläggning i denna jämförelse. Kontrollgruppen med samma beläggningskategori som objektet kallas nedan för *Kontrollgrupp Liknande* i Tabell 7 och kontrollgruppen med ABT kallas nedan för *Kontrollgrupp ABT*. Kontrollgrupperna har identifierats utifrån geografiskt läge, trafikmängd samt beläggningstyp och uttag har gjorts från PMSv4 med detta som kriterier. Det innebär att alla vägar som matchar kriterierna ingår i kontrollgruppen. Tabell 6 visar alla kontrollgrupper som använts. I tabellen visas de beteckningar som kommer användas i resten av rapporten för att referera till specifika kontrollgrupper. Kontrollgrupperna M# och Y# inkluderar sträckor med beläggning av indränkt makadam respektive ytbehandlingar. Kontrollgruppen A# inkluderar sträckor på ABT-beläggningar.

Tabell 6. Beskrivning över alla kontrollgrupper som använts. De är definierade av geografiskt område, trafikmängd (ÅDT) samt beläggningstyp.

Beteckning	Regioner	ÅDT	Beläggningstyper
Y1	Mellersta	1200-1800	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
Y2	Mellersta	300-600	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
Y3	Mellersta	800-1200	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
Y4	Norra	1300-2100	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
Y5	Norra	1300-3500	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
Y6	Södra	1100-2700	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
Y7	Sydöstra + Södra	900-1500	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
Y8	Sydöstra	10-130	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
Y9	Sydöstra	300-700	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
Y10	Sydöstra	600-1100	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
Y11	Sydöstra + Södra + Västra	2000-4000	Y1B+Y1G+Y2B+Y2G
M1	Södra	100-400	IM+IMT+JIM+JIMT
M2	Sydöstra + Mellersta	500-900	IM+IMT+JIM+JIMT
M3	Sydöstra	100-400	IM+IMT+JIM+JIMT
M4	Sydöstra	300-700	IM+IMT+JIM+JIMT
M5	Sydöstra	500-1500	IM+IMT+JIM+JIMT
A1	Mellersta	1200-1800	ABT
A2	Mellersta	300-600	ABT
A3	Mellersta	500-900	ABT
A4	Mellersta	800-1200	ABT
A5	Norra	1300-2100	ABT
A6	Norra	1300-3500	ABT
A7	Södra	100-400	ABT
A8	Södra	1100-2700	ABT
A9	Sydöstra + Södra	10-130	ABT
A10	Sydöstra + Södra	2000-4000	ABT
A11	Sydöstra	300-700	ABT

Beteckning	Regioner	ÅDT	Beläggningstyper
A12	Sydöstra	100-400	ABT
A13	Sydöstra	300-700	ABT
A14	Sydöstra	500-1500	ABT
A15	Sydöstra	600-1100	ABT
A16	Sydöstra	900-1500	ABT

För att få tillräckligt stora kontrollgrupper slogs alla typer av ytbehandlingar (Y1B + Y1G + Y2B + Y2G) ihop och alla typer av indränkt makadam (IM + IMT + JIM + JIMT) ihop. De individuella beläggningarna inom varje grupp är förhållandevis lika varandra då de läggs med liknande material och metod. För objekten med beläggningstyp Racked-in utgör ytbehandlingar (Y1B + Y1G + Y2B + Y2G) kontrollgruppen ”Liknande” eftersom Racked-in klassas som en ytbehandling i PMSv4.

Vägens längsgående jämnhet är ofta den variabel i underhållsstandard som triggar en åtgärd på de vägkategorier som omfattas av tankbeläggningar. Därför har IRI valts ut som mätstorhet att jämföra mellan objekten och deras kontrollgrupper. För varje kontrollgrupp togs data ut från PMSv4 för de vägar som ingår i kontrollgruppen, och vägarnas prognosticerade utveckling för IRI (den så kallade *riktningskoefficienten*) jämfördes med de uppföljda objektens faktiska utveckling. Detta beskrivs vidare i avsnitt 7.2. Tabell 7 visar vilka kontrollgrupper som paras ihop med vilket objekt.

Tabell 7. Kontrollgrupper för objekten, beskrivna med sin beteckning enligt Tabell 6.

Objekt	Kontrollgrupp Liknande	Kontrollgrupp ABT
AC92_Bjurholm	Y4	A5
C591_Balingsta	M2	A3
C600_Månkarbo	Y1	A1
E1045_Berg	M3	A12
E1128_Tjällmo	Y9	A11
E1136-1A_Grensholm	M3	A12
E1136-1B_Grensholm	M3	A12
E134_Pinnarp	Y10	A15
E594_Önnebo	Y8	A9
E691_Bestorp	M4	A11
E731-1A_Falerum	M5	A14
E731-1B_Falerum	M5	A14
E932_Borghamn	Y9	A11
F1009_Tranås	Y7	A16
F1047-1_Tranås	M4	A11
F1047-2_Bordsjö	M3	A12
F1047-3_Bordsjö	M3	A12
F515_Ås	Y10	A15
F599_Reftele	M5	A14
F621_Kulltorp	Y9	A11
F654-1A_Bondstorp	M3	A12

Objekt	Kontrollgrupp Liknande	Kontrollgrupp ABT
F654-1B_Bondstorp	Y9	A11
F654-2_Bondstorp	M4	A11
F707_Gällaryd	M4	A11
F744_Rörvik	M3	A12
F761_Gamla_Hjälmseryd	M4	A11
F886_Björköby	M4	A11
F967_Aneby	M4	A11
F976_Aneby	Y7	A16
F986_Lekeryd	Y9	A11
G527_Rya	M1	A7
G536_Lidhult	M1	A7
G693-1A_Jät	M1	A7
G693-1B_Jät	M1	A7
H_Oskarshamn	Y7	A16
H641_Fliseryd	Y7	A16
H711_Kristdala	Y7	A16
H874_Loftahammar	M3	A12
H888_Ukna	M4	A11
M1640_Gärds_Köpinge	Y6	A8
M17_Kastberga	Y11	A10
M1873_Perstorp	M1	A7
T691_Örebro	Y3	A4
X723_Östra_Föne	Y2	A2
X84_Laforsen	Y4	A5
Z87_Stugun	Y4	A5
ZE14_Ytterån	Y5	A6

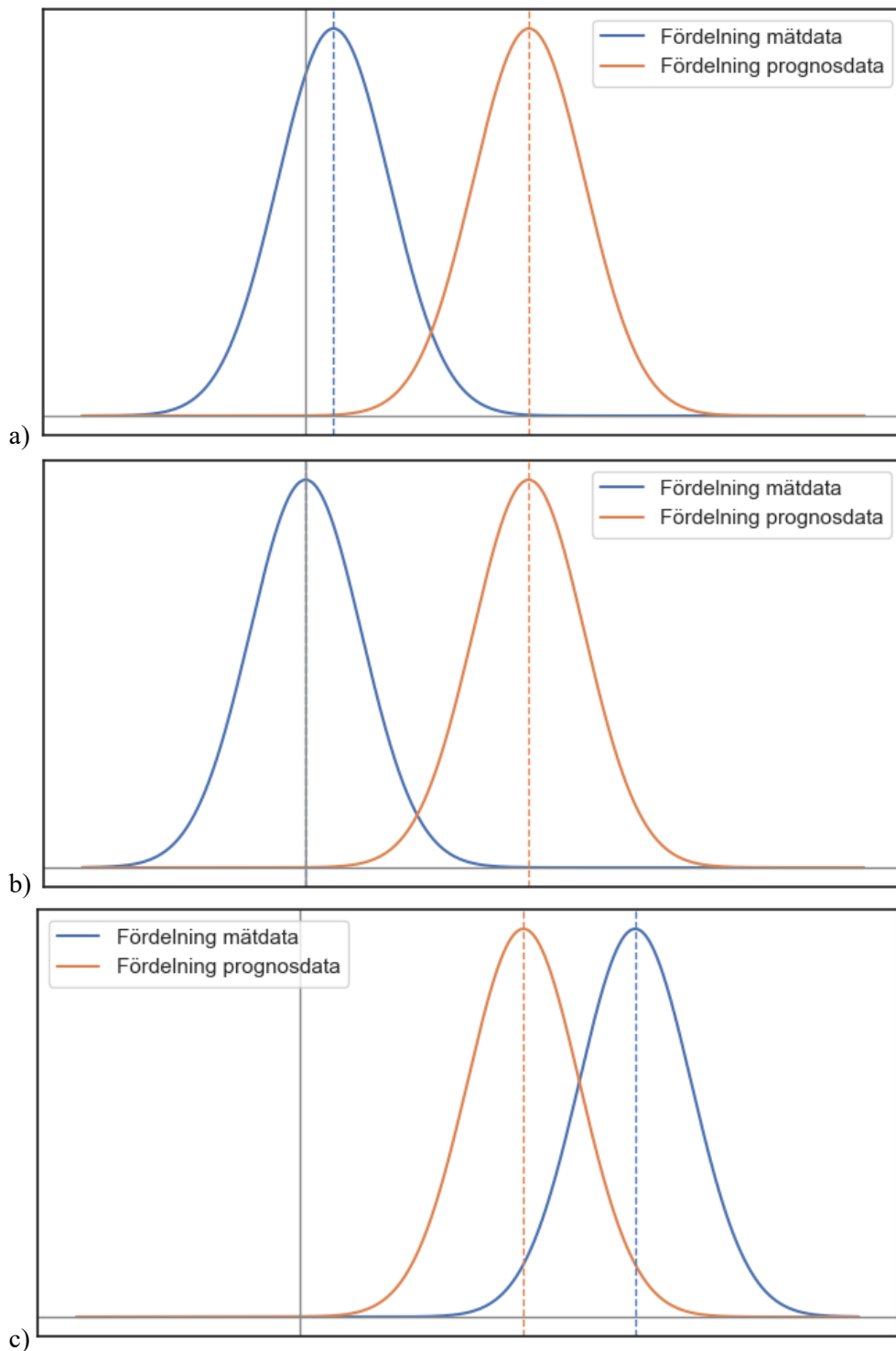
Notera att för samma objekt kan valda regioner i Kontrollgrupp Liknande och Kontrollgrupp ABT skilja sig åt. Anledningen till detta är att en enstaka region kan ge för liten datamängd för liknande beläggningar. I dessa fall utökas det geografiska området till områden med likande klimatförhållanden för att ge en större datamängd och därmed säkrare statistik. På ett liknande sätt kan det noteras i Tabell 6 att vissa kontrollgrupper liknar varandra. Till exempel är Y4, med ÅDT 1300–2100, en undergrupp av Y5, med ÅDT 1300–3500. Även här är orsaken att gruppen utökats för att få en större datamängd. ZE14-Ytterån har en ÅDT på 3181 men en kontrollgrupp med till exempel ÅDT på 2100–3500 ger en för liten datamängd då ytbehandlingar i regel inte läggs på vägar med så hög ÅDT. Därför utökas ÅDT för att jämförelsen ska bli bättre. Som en tumregel har grupperna valts så att varje grupp innehåller minst 300 km väg.

7.1. Komplikationer vid jämförelser

Data för de olika kontrollgrupperna hämtades från PMSv4. Det finns ett antal punkter som komplicerar jämförelserna med uttagen ur PMSv4. Ett problem är att jämförelsen gjorts mellan prognosticerad utveckling i kontrollgrupperna och uppmätt utveckling hos mätobjekten. För uppmätt utveckling fås en fördelningskurva centrerad i närheten av nollan på grund av diverse osäkerheter i mätningarna. Den prognosticerade utvecklingen däremot är alltid en fördelningskurva placerad till fullo på den positiva sidan då utvecklingen av IRI och spårdjup av naturliga skäl förväntas vara positiv. Detta leder inte nödvändigtvis till en korrekt prognos eftersom det förutsätter att föregående mätning inte innehåller några mätosäkerheter. För att göra en korrekt jämförelse skulle båda datagrupperna behöva baseras på samma typ av data, det vill säga mätdata inklusive mätosäkerheter.

Även om jämförelsen blir svårare så kan betydelsefull information fortfarande utläsas ur resultatet. Figur 17 visar principen för hur jämförelsen av mätobjektets utvecklingstakt och kontrollgruppens förväntade utvecklingstakt kan analyseras. Såväl mätobjektets som kontrollgruppens utvecklingstakt representeras av en fördelning av utvecklingsvärden, likt graferna i Figur 9–Figur 11, som kommer att skilja sig åt beroende av hur utvecklingstakten beräknats. I Figur 17 visas tre fall:

- a) Visar normalfallet med en låg utvecklingstakt för mätobjektet. Då ligger de uppmätta mätvärdena nära noll men lite åt det positiva hållet. Prognosvärdena är av sin natur alltid positiva och har därmed en förskjuten kurva åt det positiva hållet, med ett större medelvärde.
- b) Visar ett objekt där mätvärdena inte har förändrats över mätserien. Medelvärdet av utvecklingstakten för mätobjektet ligger i dessa fall nära noll och den kvarstående fördelningen kan helt förklaras av mätosäkerheter.
- c) Visar ett objekt med en mycket kraftig utvecklingstakt. I detta fall passerar den uppmätta utvecklingen för mätobjektet den prognosticerade utvecklingstakten för kontrollgruppen.



Figur 17. Principbild av mätvärdens (blå, projektets mätningar) och prognosvärdens (orange, PMSv4) fördelningar. Grå linjer motsvarar noll. Streckade linjer motsvarar beräknade medelvärden utifrån fördelningen. a) Normalfallet. Den uppmätta utvecklingen ligger nära noll men svagt positiv (förutsatt IRI eller spår djup, MPD har ofta negativ utveckling) medan prognosvärdena är strikt positiva. b) Ett typiskt objekt där ingen förändring i mätvärdet skett. c) Ett objekt med kraftig utveckling där uppmätt utveckling passerat prognosticerad. För att detta ska ske måste utvecklingen på detta objekt vara betydligt större än normalfallet i a).

Eftersom det är känt att den prognosticerade utvecklingen alltid kommer att vara större än den uppmätta kan det därför förutsättas att om den uppmätta utvecklingen närmar sig eller passerar den prognosticerade utvecklingen så indikerar det att objektet i fråga har haft en betydligt större utvecklingstakt än standardfallet. På så sätt går det att uttala sig om huruvida objektet har haft en snabb utvecklingstakt eller inte genom att jämföra dessa värden, även om det inte går att uttala sig om de exakta skillnaderna.

7.2. IRI - Jämförelse mot kontrollgrupper

I PMSv4 beräknas prognoser för tillståndsutvecklingen för IRI, spårdjup och kantdjup. En parameter som beskriver utvecklingstakten är riktningskoefficienten för utvecklingen. Riktningskoefficienten kan vara beräknad enligt olika modeller: 1, 2, 3 eller 4. Modell 3 innebär att riktningskoefficienten är beräknad som lutningen av den linjära regressionen från minst tre mätningar. Riktningskoefficienten för modell 1, 2 och 4 är baserad på färre mätningar. I denna jämförelse har enbart riktningskoefficienten från modell 3 använts. För riktningskoefficienterna fås ett värde per 100 meter väg. Tabell 8 visar en sammanställning av medelvärdet av riktningskoefficienterna i respektive kontrollgrupp. Det finns en variation mellan 0,35 (Y11) och 0,78 mm/m*år (A9).

Tabell 8. Sammanställning av prognosticerade utvecklingsvärden baserad på minst tre mätningar. Källa PMSv4.

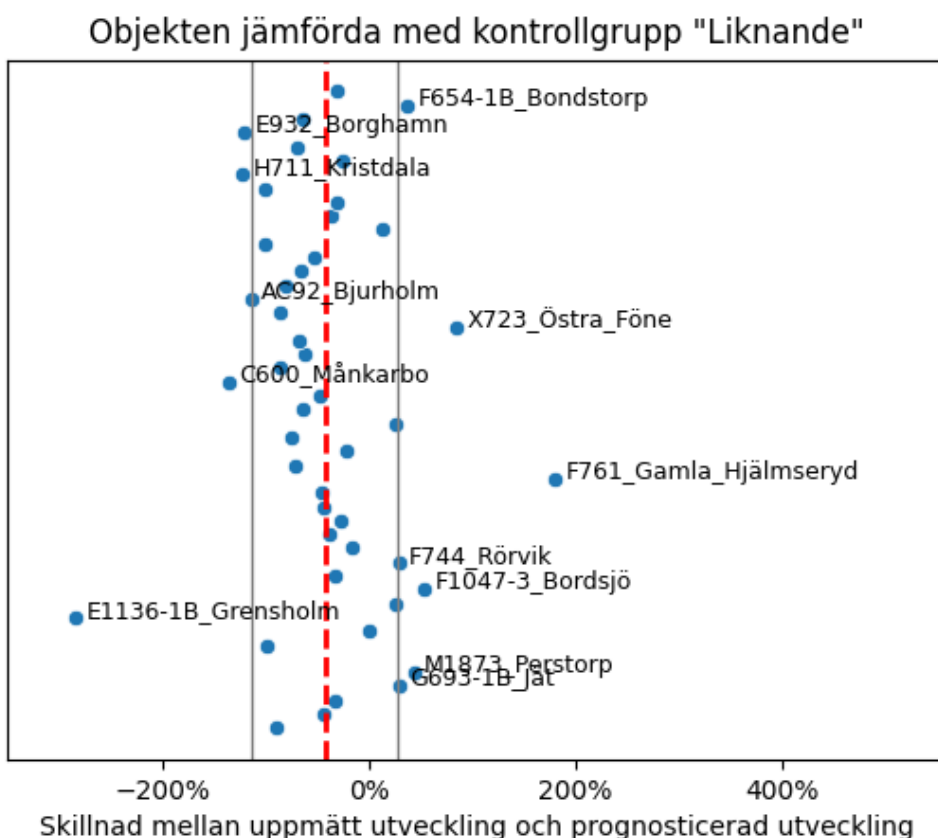
Kontrollgrupp	Riktningskoefficient IRI (mm/(m*år)), Medelvärde
M1	0,065
M2	0,058
M3	0,076
M4	0,063
M5	0,056
Y1	0,058
Y10	0,049
Y11	0,035
Y2	0,077
Y3	0,067
Y4	0,058
Y5	0,056
Y6	0,037
Y7	0,041
Y8	0,084
Y9	0,058
A1	0,054
A10	0,039
A11	0,049
A12	0,063
A14	0,039
A15	0,038
A16	0,036
A2	0,074
A3	0,063
A4	0,065

Kontrollgrupp	Riktningkoefficient IRI (mm/(m*år)), Medelvärde
A5	0,052
A6	0,054
A7	0,066
A8	0,042
A9	0,078

Tabell 10 i Bilaga 2 visar den beräknade genomsnittliga utvecklingstakten för varje objekt utifrån insamlade mätdata. För att jämföra dessa värden med riktningkoefficienten för kontrollgrupperna har skillnaden mellan objektens utveckling och kontrollgruppens utveckling (riktningkoefficient) beräknats. Detta divideras sedan med kontrollgruppens riktningkoefficient som ett sätt att normalisera värdena. Formeln blir alltså följande:

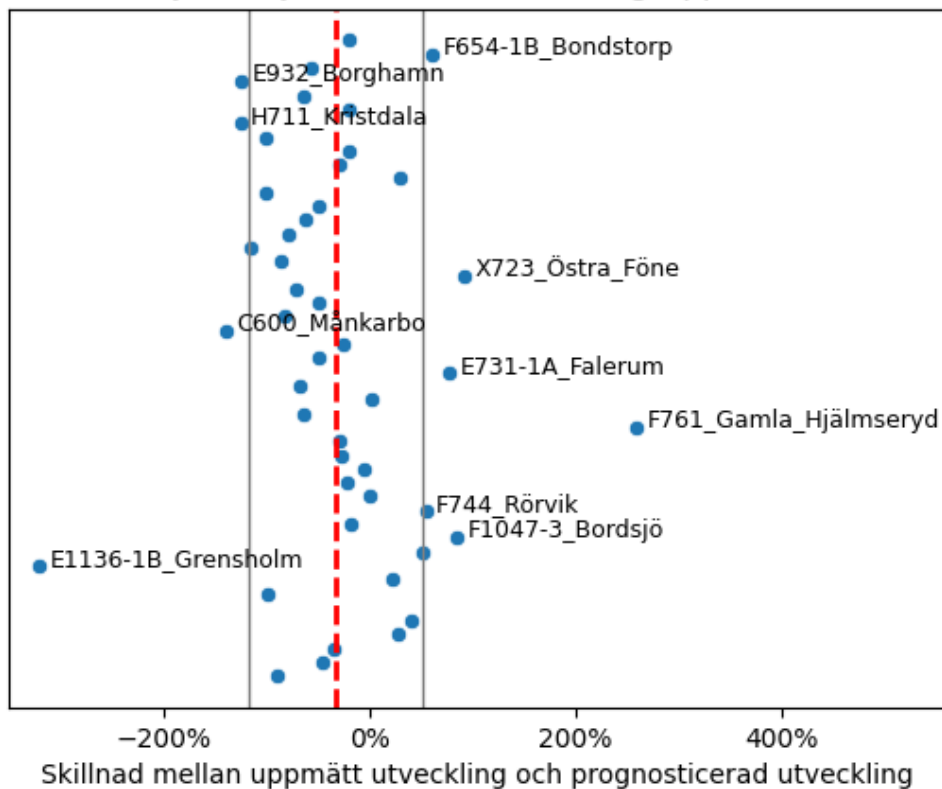
$$\frac{utveckling_{objekt} - utveckling_{kontroll}}{utveckling_{kontroll}} \quad (1)$$

För enkelhetens skull presenteras resultatet i procentform där positivt värde innebär att objektets utveckling är större än kontrollgruppens och negativt värde innebär att objektets utveckling är lägre än kontrollgruppens. Enligt resonemanget i avsnitt 7.1 är normalfallet att objektets utveckling är lägre än kontrollgruppens, det vill säga ett negativt värde. Resultatet av jämförelsen ses i Figur 18 och Figur 19.



Figur 18. De uppföljda objektens utvecklingstakt för IRI jämförd med kontrollgruppen med liknande beläggningar (tankbeläggningar). Den röda streckade linjen visar medelvärdet som ligger på -42 procent. De grå linjerna visar gränsen för en standardavvikelse, som ligger på 70 procentenheter, från medel. De punkter som ligger utanför detta område är markerade med namn.

Objekten jämförda med kontrollgrupp "ABT"



Figur 19. De uppföljda objektens utvecklingstakt för IRI jämförd med kontrollgruppen med ABT-beläggning (konventionell massabeläggning). Den röda streckade linjen visar medelvärdet som ligger på -32 procent. De grå linjerna visar gränsen för en standardavvikelse, som ligger på 84 procentenheter, från medel. De punkter som ligger utanför detta område är markerade med namn.

Jämförelsen mellan prognosticerad utvecklingstakt från PMSv4-data och utvecklingstakten hos de objekt som följts upp inom projektet visar generellt en lägre utvecklingstakt för objekten inom projektet. I snitt har dessa en utvecklingstakt som är cirka 30–40 procent lägre än det prognosticerade värdet. Skillnaden avspeglar sannolikt mer sättet att beräkna utvecklingstakten än den faktiska skillnaden, se resonemanget i avsnitt 7.1. En noterbar skillnad mellan dessa uppskattade utvecklingstakter är att beräkningen av riktningskoefficienten görs från medelvärdebildade sträckor över 100 m. Den utvecklingstakt som är beräknad inom projektet (från egna mätningar) baseras på 20 m-sträckor.

Utifrån denna jämförelse finns det flera objekt som sticker ut både i jämförelse med liknande tankbeläggningar och med konventionella ABT-beläggningar. De som sticker ut med höga värden, det vill säga en mycket kraftigare utvecklingstakt än väntat (se Figur 17c) är:

- | | | |
|-------------------------|-----|---------|
| • F761_Gamla_Hjälmseryd | IMT | ÅDT 302 |
| • F654-1B_Bondstorp | Y1B | ÅDT 315 |
| • X723_Östra_Föne | Y1B | ÅDT 469 |
| • F744_Rörvik | IMT | ÅDT 206 |
| • F1047-3_Bordsjö | IMT | ÅDT 183 |

Dessa objekt kan anses ha haft dålig utveckling med avseende på IRI. De objekt som sticker ut med mycket lägre utvecklingstakt än väntat (se Figur 17b) är:

- | | | |
|----------------------|-----------|---------------|
| • E1136-1B_Grensholm | IMT | ÅDT 283 |
| • E932_Borghamn | Y1B | ÅDT 488 |
| • H711_Kristdala | Racked-in | ÅDT 1205 |
| • C600_Månkarbo | Y2B | ÅDT 1048–2376 |

Dessa objekt kan anses ha haft en god utveckling med avseende på IRI.

De objekt som följts upp inom projektet uppvisar alltså både bra och mindre bra utvecklingstakt för IRI, i jämförelse med kontrollgrupperna. En ytbehandlad väg ger ingen förstärkning av vägens bärförmåga, vilket däremot en IM gör. Det finns inget mönster att någon beläggningstyp klarar sig bättre än någon annan.

7.3. Makrotexturnivåer för tankbeläggningar

Figur 12–Figur 16 i avsnitt 6.4 visar hur makrotexturnivåer utvecklas efter hand som beläggningen åldras, uppdelat efter beläggningstyp. Vägar med Y1B har generellt en hög initial makrotextur, högst av de studerade tankbeläggningarna. Som komplement till detta finns även en sammanställning av data från PMSv4, se Tabell 11–Tabell 14 i Bilaga 3. Enligt sammanställningen har en Y1B11 initialt hög makrotextur, medianen för MPD ligger väl över 2 mm, vilket matchar värdena i Figur 12 väl. Båda datakällorna visar att med tiden sjunker nivåerna väldigt kraftigt. Exempelvis är medianen av MPD för Y1B11 i höger hjulspår enligt Bilaga 3,

- 0–6 månader efter åtgärd – 2,36 mm
- 0 till 5 år efter åtgärd – 1,57 mm
- 5 till 10 år efter åtgärd – 1,03 mm
- Mer än 10 år – 1,04 mm

Efter fem till tio år är nivåerna för MPD nere på ungefär samma nivåer som en ABT-beläggning har i spåren, se Tabell 13 i Bilaga 3. För IM-beläggningar är den initiala makrotexturen desto lägre, i snitt runt 1,4 mm, se Figur 12. Efter cirka tre år har makrotexturen stabiliserats runt 1 mm.

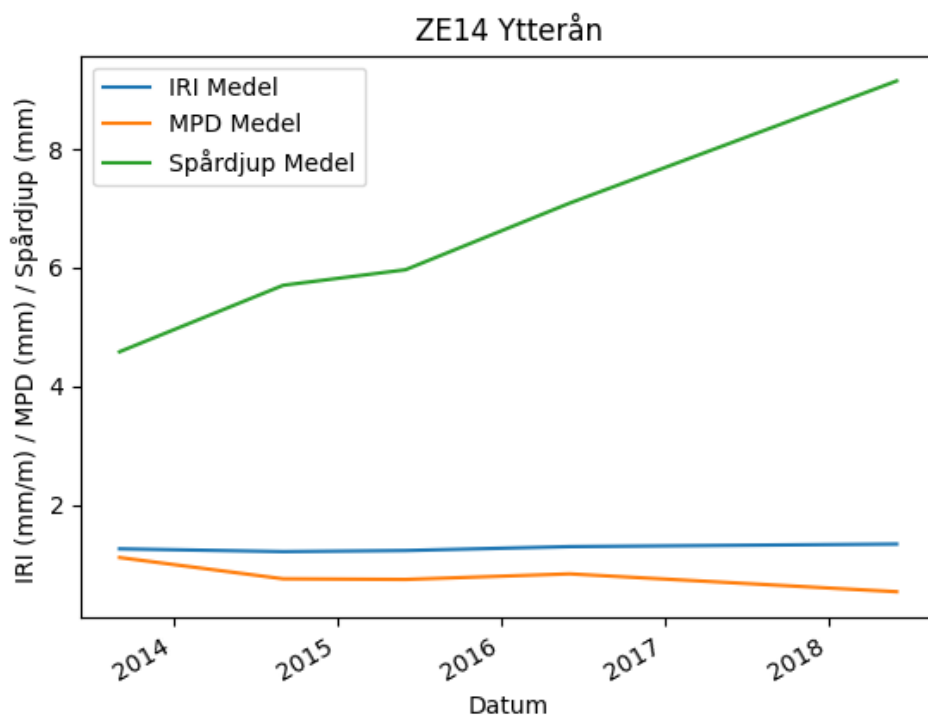
Eftersom makrotexturen har stor inverkan på bränsleförbrukningen (Eriksson & Carlson, 2021) och energieffektiviteten är det viktigt med en rimligt låg textur under så stor del som möjligt av beläggningens livslängd.

7.4. Detaljstudie av lyckad och misslyckad ytbehandling

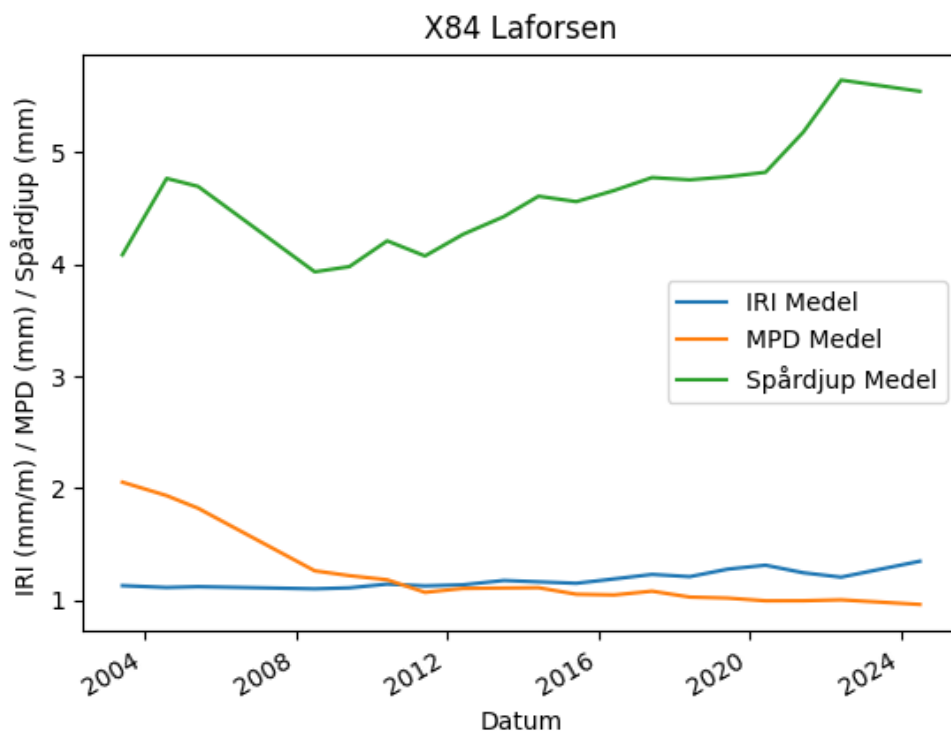
Ett par av de objekt som följts upp inom projektet är av speciellt intresse. Vid ZE14-Ytterån (Jämtlands län) lades en sträcka där beläggningen Racked-in på bituminöst underlag användes på en relativt högtrafikerad väg (ÅDT ca 3 400 fordon/dygn). Uppgifterna i PMSv4 säger att åtgärden utfördes under hösten, vilket normalt inte är optimalt för en ytbehandling, som bör utsättas för en varm period med trafik för att få god vidhäftning hos ballasten. Ett annat objekt är X84-Laforsen (Gävleborgs län), där en ytbehandling på bituminöst underlag lades. De är intressanta av olika anledningar, objektet vid Ytterån höll relativt kort tid innan ytbehandlingen nöttes bort medan objektet vid Laforsen tvärtom har hållit exceptionellt länge utan större underhållsåtgärder.

ZE14-Ytterån är ett objekt som har skyltad hastighet 80 km/h och en vägbredd på 9 m. En ytbehandling (Racked-in) lades hösten 2012, max stenstorlek 11 mm (BE 65R 160/220). Åtgärden gjordes på en sju år gammal ABT11 (40 mm) som föregicks av en fläckvis justering med en AG16 och ett heltäckande 30 mm lager AG16. Dubbdäcksandelen i region mitt ligger på ca 87 procent

Utvecklingen för de respektive objekten visas i Figur 22 och Figur 23. Utvecklingen av IRI är låg för båda objekten, i synnerhet för ZE14. Utvecklingstakten för spårdjup är det som skiljer objekten åt, där spårtillväxten för ZE14 är hög och för XRv84 låg (observera att skalorna på såväl x- som y-axlarna är olika i figurerna).



Figur 22. Utveckling av IRI, makrotextur (MPD) och spårdjup för ZE14-Ytterån.

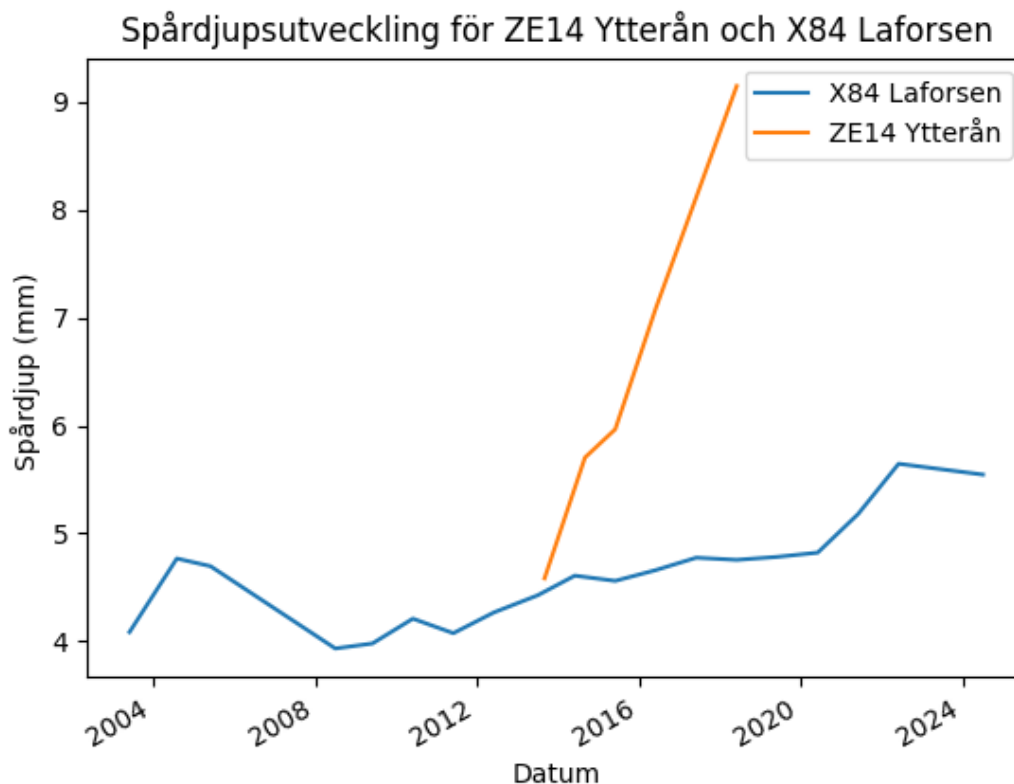


Figur 23. Utveckling av IRI, makrotextur (MPD) och spårdjup för X84-Laforsen.

Stenmaterialet vid Laforsen motstår avnötning och håller för den trafik som går på vägen, medan objektet vid Ytterån är så gott som genomslitet efter fyra år. Ytterligare ett tecken på stenmaterialets

motståndskraft mot dubbdäcken är utvecklingen av makrotexturen (MPD). Ytbehandlingen i Ytterån följer den normala MPD-utvecklingen men tillståndet vid Laforsen har ett mycket långsammare förlopp då MPD reduceras till en stabil nivå först efter ca 8 år.

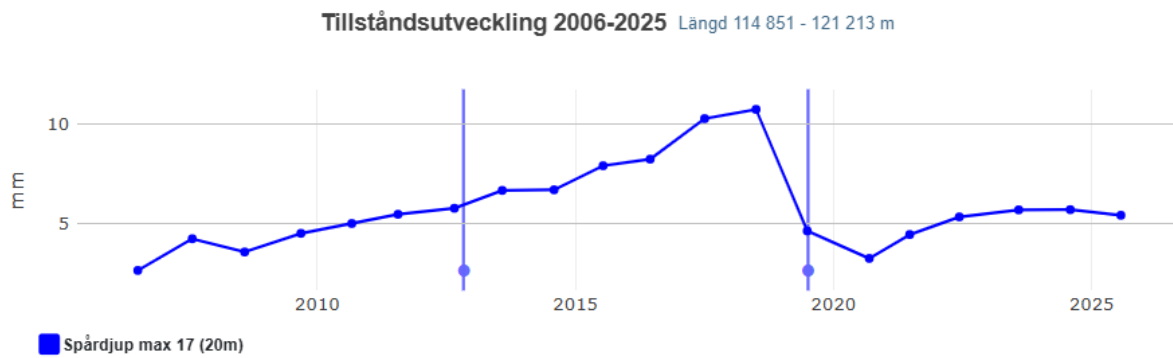
Ett tecken på att spårbildningen i första hand orsakas av dubbdäcksavnötning i fallet ZE14-Ytterån visar variabeln avståndet mellan spårbottenar³, som ligger på ca 1 700 mm, medan X84-Laforsen har ett spårbottenavstånd över 1 900 mm i genomsnitt. Ett högt värde indikerar att den tunga trafiken orsakar spårbildningen medan låga värden indikerar att personbilars slitage är orsaken till spårbildningen.



Figur 24. Spårdjupsutveckling för ZE14-Ytterån och X84-Laforsen.

Spårutvecklingen för de båda objekten visas sida vid sida i Figur 24. Här syns att spårdjupstillväxten på ZE14-Ytterån är betydligt högre än på X84-Laforsen. I Figur 25 visas spårutvecklingen för ZE14-Ytterån både före, under och efter perioden med Y1B. Här syns det att det redan fanns utvecklade spår om cirka 6 mm vid tiden för läggning. Spåren kvarstår efter läggning och spårutvecklingen fortsätter på ytbehandlingen, med en något ökad takt. Notera att i Figur 24 har båda objekten ungefär samma spårdjup vid starten på mätningen av ZE14-Ytterån, så de redan existerande spåren på ZE14 är inte förklaringen till den fortsatt snabba utvecklingstakten. I och med omläggning av ZE14 till ABT fylls spåren igen och spårutvecklingen håller sig därefter låg. I båda fallen då vägen är belagd med ABT har dessa maximal stenstorlek 16.

³ En variabel som beskriver avståndet mellan djupaste mätpunkterna i vänster och höger hjulspår, måttet kan tas fram i PMSv4.



Figur 25. Spårdjupsutvecklingen för ZE14-Ytterån mellan åren 2006 och 2025, bild och data taget från PMSv4. Mätningen har skett enbart i medriktning. De vertikala strecken anger beläggningsbyte, först 2012 från en ABT till Y1B och sedan 2019 från Y1B till ABT.

8. Diskussion och slutsats

8.1. Diskussion

8.1.1. Kravställning

Kravställningen för tankbeläggningar ser lite olika ut beroende på beläggningstyp. Framför allt skiljer det sig när det gäller tillåtna defekter på färdig yta, där det finns specificerade tillåtna nivåer vad gäller ytbehandlingar men inte för de olika IM-varianterna. Flera av de krävda parametrarna hos ytbehandlingar är beläggningstypspecifika och kravställningen gällande ytbehandling känns mer genomarbetad jämfört med den gällande IM. Det betyder dock inte att IM-beläggningar inte är utsatta för dessa typer av defekter, se kapitel 2.2. För att säkerställa god kvalitet på dessa vägar bör det övervägas om även IM-beläggningar borde ha krav på mängd tillåtna defekter. Eventuellt skulle en kompromiss kunna göras där krav endast ställs på vägar med högre ÅDT, med samma regler för ytbehandlingar.

På liknande sätt specificeras inte heller några krav på makrotextur för IM-beläggningar medan texturen hos en ytbehandling måste uppfylla ett minimumvärde för att beläggningen ska uppfylla kraven. Texturkravet som ställs på ytbehandlingar är i enlighet med europastandarden EN-ISO 13473-1 och har ett gällande minimumvärde på $\geq 0,40$ mm. Likt som för defekter är frågan om även IM borde krävställas med avseende på textur, eller om kraven kan generaliseras för de olika tankbeläggningarna med avseende på ÅDT. I och med frågan om energieffektivitet och att nå klimatmålen är högaktuell vore det även intressant att utvärdera möjligheterna att införa även ett maximumvärde för att erhålla lågt rullmotstånd. I TDOK 2016:0271 *Kontroll av nya beläggningars makrotextur med mätbil* ställs krav på maximala värden av makrotextur för konventionella beläggningar (ABT, ABS, TSK och MJOG) (Trafikverket, 2017). Liknande krav skulle kunna ställas för olika typer av tankbeläggningar.

I Tabell 2 visas kraven på defekter för Y1B, som är tagna ur TDOK 2013:0529, kap. 9 *Ytbehandling*. En intressant observation är att kraven är detsamma för alla Y1B och Y2B oavsett ÅDT. Detta skulle kunna omformuleras för att undvika förvirring.

Utöver mindre förändringar i nuvarande kravställningar så är en central frågeställning hur det går att följa upp att genomförandet vid läggning är bra. Till exempel är det känt att ytbeläggningar är väderkänsliga vid läggningen, men att krävställa väder vid läggning är svårt. Det är lättare att krävställa mätbara effekter av dåligt genomförd läggning. Idag saknas dokumenterad kunskap om vad som händer i olika fall av missöden under läggning. Det skulle behöva studeras och dokumenteras vad som händer om bitumen är för varmt eller för kallt, vilken typ av konsekvenser olika väderförhållanden under läggning ger, om det har använts för mycket eller för lite bitumen, om spridningen av sten är ojämn, etcetera. Det skulle alltså kunna bli en slags guide till hur utföraren bör agera för att åstadkomma en bra och hållbar beläggning och vilka riskerna är om riktlinjerna inte följs. Resultatet av en sådan undersökning skulle kunna användas för att utforma relevanta och mätbara krav som kan ställas på den färdiga beläggningen.

När det gäller tankbeläggningar är det inte helt tydligt idag vad som leder till en lyckad eller misslyckad beläggning. Då är det oerhört viktigt med öppenhet, ärlighet och flexibilitet mellan utförare och uppdragsgivare. Om en tankbeläggning av en eller annan anledning blir dålig är det viktigt att den informationen kommer fram till uppdragsgivaren, särskilt om det finns misstankar om vad som gjorde att det inte fungerade, som en del av lärandeprocessen. Det skulle även ge uppdragsgivaren en chans att planera om kommande projekt och förstärka existerande väg. För att det ska fungera behövs att utföraren har en möjlighet att lämna ifrån sig sådan information utan rädsla för bestraffning.

8.1.2. Miljöaspekter av tankbeläggningar

Det är tydligt att framställning och läggning av tankbeläggningar ger upphov till lägre koldioxidutsläpp och lägre energianvändning jämfört med konventionella varmblandade beläggningar. Trots att det finns studier som visar hur mycket koldioxidutsläpp och energi som går åt till olika beläggningar så måste det noteras att dessa uppgifter i sammanhanget börjat bli gamla och sannolikt har förändrats med tiden. Idag finns nya metoder för framställning, fordon är mer effektiva, eller drivs av alternativa bränslen. För att ta reda på skillnaden i växthusgasutsläpp och energiåtgång mellan olika typer av beläggningar, oavsett om det handlar om kallblandade eller varmblandade, eller mellan olika tankbeläggningar, så skulle uppdaterade siffror över koldioxidutsläpp och energiåtgång för tillverkning av bitumen, brytning av sten, transporter av material och läggning behöva tas fram och tillgängliggöras på ett överskådligt sätt. Detta är extra intressant när det kommer till att bedöma vikten av att minska transportsträckan för material. Enligt (R. Lundberg, 2013) ökar koldioxidutsläppen med ungefär 6,9 kg CO₂ per ton för varje 100 km som stenmaterialet behöver transporteras till utläggningsplatsen. I relation till att totala koldioxidutsläppet på ca 42 kg CO₂ per ton massa är detta en betydande andel. Vikten av lokala material kan förändras kraftigt om någon av dessa siffror ändrat sig sedan rapporten skrevs.

Om det i dagens siffror är av stor vikt hur långt material transporteras så blir det en fråga om att kompromissa mellan beläggningens livslängd och beläggningens miljövänlighet. Idag finns många krav kring den ingående stenen, så som flisighetsindex, KKV, Micro-Deval med mera. Om den lokala stenen inte uppfyller kraven blir konsekvensen att stenen tas från täkter längre bort. Ett förslag är att beräkna mängden koldioxid som går åt för att använda sten från olika täkter i projektets planeringsskede, tillsammans med en redovisning över skillnaderna i stenkvalitet och, om möjligt, hur detta påverkar vägens livslängd. På så sätt blir det en avvägning i valet mellan miljövänlighet och slitstyrka.

I framtida projekt vore det intressant att titta närmare på hur koldioxidutsläppen och energianvändningen ser ut idag. Ett sätt att göra detta skulle kunna vara att samla in deklARATIONER om produkternas emissioner och energianvändning från samtliga beläggningar som tas med i projektet. Det skulle skapa ett mer tillförlitligt underlag utifrån vilket slutsatser kan dras kring energieffektivitet och klimatprestanda för beläggningstyperna. I ett sådant projekt skulle det kunna differentieras mellan olika typer av tankbeläggningar och även olika bitumen. Även halvvarma massor har blivit mer populära och vore intressanta att studera som ett mellanting mellan en konventionell varm beläggning och en tankbeläggning. Trafikverkets verktyg Klimatkalkyl för investeringsobjekt skulle kunna användas för att göra teoretiska experiment, och dessa kan jämföras med de siffror som fås från verkliga objekt.

8.1.3. Objektens tillståndsutveckling samt jämförelse med andra beläggningar

Resultatet i avsnitt 6 visar att ytbehandlingar verkar ha något lägre IRI-utveckling per år, men däremot något högre spårdjupsutveckling per år jämfört med IMT. På det stora hela är skillnaderna små och det går inte att hävda att en typ av tankbeläggning skulle vara tåligare än en annan. När tankbeläggningar studeras bör det också hållas i åtanke att olika tankbeläggningar fyller olika funktion under en vägs livstid och det är därför svårt att jämföra dem rakt av utan att ta hänsyn till vad som ligger under tankbeläggningen och vad som orsakade skadorna som gav upphov till underhållsätgårderna från första början.

Makrotexturen visar desto större skillnader där Y1B och Racked-in har mycket större förändringar än IMT. Fördelningarna visar också tydliga toppar runt specifika värden. En teori är att dessa toppar motsvarar de kraftiga förändringar i makrotexturen som sker under beläggningens första år. Utifrån detta skulle det i så fall utläsas att Y1B har en makrotexturminskning i tre steg, först med ca -0,4 mm/år, sedan -0,2 mm/år och sedan stabiliseras minskningen per år till cirka -0,05 mm/år. Dock så syns det i Figur 13 att förloppet som helhet är långsammare än så. Med hjälp av dessa grafer samt

Figur 12 kan det konstateras att Y1B har generellt en hög initial textur. Racked-in har en något lägre initial textur och IMT har ännu lägre initial textur. Under belägningens första fem år minskar makrotexturen snabbt för att sedan stabiliseras med en minskning på 0,05–0,1 mm/år därefter. Data från PMSv4 visade att efter fem till tio år har en ytbehandling ungefär samma textur som en ABT-beläggning, med MPD-värden runt 1.

Utifrån jämförelser med kontrollgrupper har objekt som har haft god respektive dålig utveckling gällande IRI kunnat identifierats. IRI är ofta triggande för åtgärd på lågtrafikerade vägar, varför detta är extra intressant att studera. Då dessa objekt sticker ut, både i jämförelser med liknande tankbeläggningar och ABT, samt att det bland dessa objekt finns olika typer av tankbeläggningar så verkar det inte vara valet av beläggning som är den avgörande orsaken till ett bra eller dåligt resultat. Den enda gemensamma faktorn verkar vara att objekten med högre IRI-utveckling än väntat generellt ligger på vägar med låg ÅDT. Det skulle kunna indikera att det är prognosen för vägar med låg ÅDT som är oralistisk. Å andra sidan så verkar det omvända inte stämma – att objekt som haft en låg utveckling skulle ha högre ÅDT. För att förstå exakt varför just dessa objekt sticker ut skulle objekten och deras förutsättningar behöva studeras mer i detalj. Ligger skillnaden i omgivningen? Har de olika kvalitet på ingående material? Är det ett visst trafikslag som dominerar?

Några fall som vore intressanta att studera mer i detalj är objekten E1136-1A_Grensholm (IMT) och E1136-1B_Grensholm (IMT), E731-1A_Falerum (IM) och E731-1B_Falerum (Y1B), F654-1A_Bondstorp (IMT) och F654-1B_Bondstorp (Y1B) samt G693-1A_Jät (JIMT) och G693-1B_Jät (JIMT). I dessa fall har vägen lagts om under projektets gång, och i vissa fall har typen av tankbeläggning bytts. Här elimineras många osäkerheter så som omgivning och generellt trafikslag på vägen eftersom det är samma väg, därmed vore det eventuellt lättare att dra slutsatser utifrån uppmätt utveckling.

PMSv4 innehåller i sig ingen beräknad utvecklingstakt, vilket var anledningen till att den prognosticerade användes eftersom den uppgavs vara en linjär regression av historiska mätdata. Som avsnitt 7.1 visar så finns komplicerande faktorer vid jämförelse mellan prognosticerad utvecklingstakt och mätdata. Ett bättre alternativ hade varit att använda sig av uppmätta 100m-värden från PMSv4 och beräkna utvecklingstakten utifrån dem, samt aggregera de egna mätningarna från 20m-värden till 100m-värden. Troligen hade detta gett resultat som var lättare att jämföra med varandra då faktiska mätvärden jämförs med varandra istället för att mätvärden jämförs mot prognosvärden.

I denna rapport har främst IRI, MPD och spårdjup undersökts som indikatorer för beständigheten av olika tankbeläggningar. Men för att erhålla vägar med lång livslängd är underarbetet, justering och förstärkning av yttersta vikt, vilket inte har kunnat undersökas här. En annan egenskap som är triggande för underhåll är sprickbildning och andra ytskador. Data om sprickor började samlas in på vägnätets nivå 2020. Dessa variabler har inte kunnat samlas in med den utrustning som användes inom projektet. Från mätningarna har i stället makrotexturen analyserats för att beskriva ytans förändring.

8.1.4. Makrotextur för Racked-in

En anledning till att använda Racked-in i stället för en vanlig Y1B är förhoppningen om att skapa en ytbehandling med lägre textur än Y1B. Detta verkar ha uppfyllts, se Figur 12 samt

Figur 15–Figur 16. Racked-in har upprepat lägre textur än Y1B, även om texturen fortfarande kan anses hög för vissa sträckor. Makrotexturen minskar i samma takt som för Y1B och går mot liknande slutvärden efter cirka 5 års minskning, där makrotexturvärdena då är i nivå med andra beläggningar. Det innebär också att Racked-in har en bättre energieffektivitet eftersom trafiken får en lägre bränsleförbrukning jämfört med Y1B. Den verkar inte heller ha ett nämnvärt annorlunda slitage än Y1B, då fördelningskurvorna för IRI-utveckling och spårdjupsutveckling har ungefär samma form och placering i Figur 9 och Figur 10.

I Figur 16 kan det anas att det finns två grupperingar av beläggningar, med initialtextur kring antingen 2-2,5 mm eller 1-1,5 mm. Det hade varit intressant att studera närmre vad detta beror på, en hypotes är att stenstorleken inverkar.

8.1.5. Lärdomar från detaljstudie

Detaljstudien av ZE14-Ytterån och X84-Laforsen ger en del intressanta indikationer på vad som resulterar i en lyckad ytbehandling, särskilt vid läggning på högre trafikerade vägar. Båda dessa vägar har för en ytbehandling ovanligt tuffa förhållanden, med kallt klimat, utbredd dubbdäcksanvändning, medelhög hastighetsgräns och hög ÅDT. En förutsättning är att själva läggningen är noggrant genomförd. Ytterån lades inte under den optimala perioden för ytbehandling, medan Laforsen visade tecken på god läggningsteknik i och med den tydliga svärtingen i spåren. Det som troligen haft störst inverkan på beläggningarnas slitage är stenkvaliteten och stenstorleken.

I dagsläget används inte maximal stenstorlek 16 mm i någon större utsträckning för ytbehandlingar. I region Norr finns 1 840 km ytbehandlingar med maximal stenstorlek 11 mm, varav 210 km har lagts sedan 2023. Motsvarande längder för ytbehandlingar med maximal stenstorlek 16 mm är 316 km. där inga nya sträckor tillkommit med 16 mm stenstorlek de senaste tre åren (2023 – 2025). Några sannolika orsaker till detta är högre textur (ger ökad bränsleförbrukning), högre buller och en mindre komfortabel färd. En annan orsak som ibland uppkommer i diskussioner med entreprenörer är att stenstorlek 16 ger mycket stensprut och därmed stenskott hos trafikanter, och för att undvika det läggs istället stenstorlek 11.

Om ytbehandlingar ska läggas på högtrafikerade vägar, ÅDT större än 3 000, eller i områden med hög dubbdäcksanvändning bör nog ändå övervägas om 16 mm högkvalitativ stenstorlek ska användas. I och med att stenen ”klistras” fast på beläggningen exponeras den extra mycket för dubbdäcksavnötning i jämförelse med massabeläggningar. På vägar med lägre ÅDT och liten dubbdäcksandel, eller nära bebyggelse känslig för buller, kan stenstorlek 11 fortfarande vara ett gott alternativ för att undvika buller.

Om det stämmer att stenstorlek 16 orsakar mycket stensprut så bör det undersökas om det finns genomförbara metoder för att få 16-mm sten att fästa bättre i emulsionen, till exempel genom att lägga en tunn emulsionsskiva ovanpå eller pröva att välta in stenen.

8.1.6. Lärdomar till framtida studier av tankbeläggningar

I denna rapport blev det ett stort fokus på vägytedata och vad det kan säga oss om hur de olika tankbeläggningarna slits över tid. I efterhand har en reflektion varit att det även är av värde att observera vägarna över tid i fält. I fält kan det vara lättare att upptäcka orsakerna till slitaget och fånga upp faktorer som inte fångas in vid vägytemätning, så som kringliggande natur och skadebildning i vägytan. Det är också av stor vikt att vara närvarande vid läggning av objekten och att noggrant dokumentera alla svårigheter som stöts på vid genomförandet, annars blir det mycket gissningar i efterhand.

Att involvera utförare mer i diskussionen om tankbeläggningar, tror vi skulle ha kunnat ge oss ytterligare värdefull information. Ett problem med detta område är att en stor del av den samlade kunskapen inte finns nedtecknad, och därmed är svårt att finna och gå därmed inte att referera till. En rekommendation i framtida projekt är att inkludera flera workshops med Tankgruppen där både utförare och beställare ingår för att diskutera specifika frågeställningar för att fånga upp branschens lärdomar. En viktig del av det skulle vara att noga anteckna ned vad som diskuteras så att kunskapen bevaras och kan byggas vidare på.

En annan lärdom är att en smalare frågeställning, som kunnat dykas djupare i, förmodligen hade varit mer givande och gett ett bättre underlag för diskussion med utförare för att komma framåt i utvecklingen av tankbeläggningar.

Med hjälp av Trafikverkets verktyg *Klimatkalkyl* kan ett projekts utsläpp av växthusgaser samt energianvändning beräknas. Med verktyget kan kalkyler baserade på antingen ingående typåtgärder eller projektspecifika mängdförteckningar genomföras. Trafikens klimatbelastning medräknas dock inte i kalkylen. I framtida projekt bör detta verktyg kunna användas för att uppskatta projektets växthusgasutsläpp och energianvändning samt jämföra desamma med konventionella vägbeläggningar.

8.2. Slutsats

Utifrån ovanstående diskussion dras följande slutsatser med rekommendationer för framtida kravställning.

8.2.1. Kravställning av tankbeläggningar

Nedanstående är rekommendationer för utökning av kravställning av tankbeläggningar.

- Homogenisera krav för tankbeläggningar genom att:
 - Ställ krav på mängd tillåtna defekter även för indränkt makadam, alternativt ställ samma krav för ytbehandlingar och indränkt makadam baserat på vägens ÅDT.
 - Ställ krav på indränkt makadam i enlighet med europastandarden EN-ISO 13473-1
- För att undvika missförstånd, omformulera kraven på mängd tillåtna defekter för ytbehandlingar i TDOK 2013:0529 då dessa är detsamma för alla Y1B och Y2B oavsett ÅDT.
- Överväg att ställa krav på maximal makrotextur för alla typer av tankbeläggningar.
- Samla information om hur lägningsförhållanden påverkar resultatet på olika typer av tankbeläggningar. Använd resultatet för att utforma relevanta och mätbara krav på den färdiga beläggningen.

8.2.2. Koldioxidutsläpp och energiåtgång för tankbeläggningar

Alla tillgängliga data pekar mot att framställning och lagging av tankbeläggningar ger upphov till lägre koldioxidutsläpp och lägre energianvändning jämfört med konventionella varmblandade beläggningar, men för att kunna förstå hur stor skillnaderna är idag behöver uppdaterade siffror för koldioxidutsläpp och energiåtgång tas fram och sammanställas för de ingående delarna i vägen, så som tillverkning av bitumen, brytning av sten, transporter av material och energikostnader relaterade till lagging.

8.2.3. Tankbeläggningars beständighet

Skillnaderna i nedbrytning med hänsyn till IRI och spår djup mellan olika tankbeläggningar är små och det går inte att hävda att typen av tankbeläggning är avgörande för vägens beständighet.

Lägningsförhållandena och deras inverkan på tankbeläggningarnas beständighet behöver studeras mer ingående. Det finns ett behov av att klarlägga vilka konsekvenser olika händelser får, så som för varmt respektive kallt bitumen, olika väderförhållanden vid utförandet, för mycket eller för lite bitumen eller en ojämn spridning av sten respektive bindemedel.

8.2.4. Tankbeläggningars makrotextur

Racked-in har i denna studie upprepat en lägre textur än Y1B. Båda dessa har en initialt högre textur än IM, men texturen minskar snabbt under beläggningens första fem år. Efter denna period är makrotexturen jämförbar med andra beläggningar, både IM och konventionella varma beläggningar.

Referenser

- Arnerlöf, D., & Jönsson, P.-O. (1985). *Ytebehandling*.
- Asfaltskolan. (n.d.). *Tankbeläggningar*. Retrieved November 27, 2025, from <https://asfaltskolan.se/asfaltteknik/tankbelagningar/>
- Eriksson, O., & Carlson, A. (2021). *Förenklad bränsleförbrukningsfunktion Fokus på vägytans betydelse VTI rapport 1076*. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-198339>
- Göransson, N.-G. (2014). *M1640, Gärds Köpinge – Norra Åsum Försök med Racked-in 2014-08-12/13*. <https://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1745262/FULLTEXT01.pdf>
- Göransson, N.-G. (2015). *Ytebehandlingar – Försök med modifierade emulsioner och långa fraktioner*. www.vti.se
- Göransson, N.-G. (2024). *Indränkta makadam IMT, JIM, JIMT - VTI PM 2024:19*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2%3A1918171/FULLTEXT01.pdf>
- Jacobson, T. (2006). *Tillståndsbedömning av ytebehandling-defekter*.
- Jacobson, T. (2012). *Inventering av makrotextur - asfaltbeläggningar FOI-projekt Id 3723*. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1960306&dswid=-199>
- Lindroth, R., Yrmark, C., & Simonsson, B. (2009). *Asfaltboken 15 Tankbeläggning*. <https://asfaltboken.se/tankbelagning/>
- Lundberg, R. (2013). *Energieffektiv asfaltbeläggning. Rapport 2011–2012. Energiåtgång/emissioner av koldioxid vid tillverkning och utläggning av de asfalttyper som ingår i TRVMB 10 Bitumenbundna lager*.
- Lundberg, T. (2012). *Kontrollmetod för nya vägbeläggningar - Makrotextur*. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:vti:diva-597>
- Redelius, P. (n.d.). *Asfaltboken Kap. 5 Bindemedel*. Retrieved December 1, 2025, from <https://asfaltboken.se/bindemedel/>
- Trafikverket. (2017). *TDOK 2016:0271 Kontroll av nya beläggningsmakrotextur med mätbil*. <https://trvdokument.trafikverket.se/fileHandler.ashx?typ=showdokument&id=0faaeb63-5bcf-4bd6-9b43-e3a2c4158e15>
- Trafikverket. (2020a). *KRAV Bitumenbundna lager TDOK 2013:0529*. <https://trvdokument.trafikverket.se/fileHandler.ashx?typ=showdokument&id=b5efecce-530d-4087-b149-a6f61d8362ba>
- Trafikverket. (2020b). *KRAV Bitumenbundna lager TDOK 2013:0529*. <https://trvdokument.trafikverket.se/fileHandler.ashx?typ=showdokument&id=b5efecce-530d-4087-b149-a6f61d8362ba>
- Trafikverket. (2023). *Undersökning av däcktyp i Sverige vintern 2024 (januari-mars)*. <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1904380/FULLTEXT01.pdf>
- Trafikverket. (2024). *Information om statliga vägar, verktyget PMSv4*. <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/vag/information-om-statliga-vagar-verktyget-pmsv4>
- Trafikverket. (2026, February 10). *Beläggningar*. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall/sa-skotervi-vagar/underhall-av-belagda-vagar/belaggningar/>

- Vägverket. (1994). *BITUMENBUNDNA LAGER VV Publ 1994:26*.
https://bransch.trafikverket.se/contentassets/46aaaeff7d264c71b8ec953091e24ace/1994_26_bitumenbundna_lager.pdf
- von Matérn, N. (1931). *Om indränkning och ytbehandling*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:867396/FULLTEXT01.pdf>
- Wågberg, L.-G. (1994). *I valet och kvalet: handbok för val av beläggningsåtgärd*.
<https://libris.kb.se/bib/7601618>

Standarder

- SIS, Svenska Institutet för Standarder. (2003). SS-EN 12272-2 *Visuell bedömning av defekter*.
<https://www.sis.se/produkter/anlaggningsarbete/vagbyggnad/korbana/ssen122722/>.
- SIS, Svenska Institutet för Standarder. (2010). SS-EN 13036-1 *Ytegenskaper för vägar och flygfält - Provningsmetoder - Del 1: Mätning av makrotexturens djup hos en beläggningsyta medelst en volumetrisk metod*. <https://www.sis.se/produkter/metrologi-och-matning-fysikaliska-fenomen/langd-och-vinkelmatning/ytstruktur/ssen1303612010/>.
- SIS, Svenska Institutet för Standarder. (2019). SS-EN ISO 13473-1 *Karaktärisering av vägytans struktur med hjälp av profilkurvor – Del 1: Bestämningen av medelprofildjup*.
<https://www.sis.se/produkter/anlaggningsarbete/vagbyggnad/korbana/ss-en-iso-13473-12019/>.

Bilaga 1 Medelvärden och standardavvikelse för objekten

Tabell 9. Medelvärden och standardavvikelse (stdav) för IRI, makrotextur (MPD) samt spår djup för objekten. Värdena redovisas som medelvärden över hela det aktuella objektet och mätillfället.

Objekt	Datum	IRI medel	MPD medel	Spår djup medel	IRI stdav	MPD stdav	Spår djup stdav
AC92_Bjurholm	2012-09	1,375	1,722	5,036	0,652	0,307	2,010
	2013-09	1,362	1,123	5,358	0,699	0,209	2,143
	2014-09	1,359	0,914	5,751	0,662	0,177	2,327
C591_Balingsta	2024-07	2,643	1,767	4,154	1,087	0,206	2,994
C600_Månkarbo	2020-06	1,350	1,424	7,220	0,578	0,350	2,993
	2021-06	1,313	1,156	7,004	0,578	0,343	2,863
	2023-10	1,293	0,998	7,289	0,574	0,263	2,841
	2024-07	1,288	0,901	7,494	0,553	0,233	2,917
E1045_Berg	2016-09	1,963	1,129	2,015	1,008	0,105	0,798
	2017-09	1,954	0,761	2,005	1,059	0,093	0,923
	2018-05	1,841	0,636	2,019	1,020	0,095	1,233
	2019-11	1,867	0,661	1,912	1,051	0,090	0,955
	2020-11	1,890	0,696	2,130	1,089	0,091	1,148
	2021-10	1,912	0,735	1,965	1,043	0,092	1,598
	2022-11	1,895	0,736	1,948	1,108	0,079	1,136
	2023-11	1,810	0,792	2,196	1,009	0,090	1,229
	2024-11	1,971	0,818	2,292	1,101	0,112	1,381
E1128_Tjällmo	2010-09	1,862	2,515	2,492	0,665	0,123	0,859
	2011-04	1,783	2,021	2,104	0,678	0,223	0,812
	2011-06	1,774	1,505	1,913	0,667	0,237	0,817
	2011-11	1,811	1,483	1,863	0,701	0,211	0,757
	2012-05	1,912	1,293	1,943	0,755	0,202	0,955
	2012-09	1,880	1,176	1,831	0,762	0,220	0,945
	2013-05	2,000	1,167	1,995	0,813	0,190	1,064
	2013-09	1,850	0,928	1,720	0,778	0,189	0,936
	2014-05	1,947	0,933	1,825	0,813	0,182	1,068
	2014-09	1,878	0,724	1,750	0,812	0,194	1,037
	2015-05	2,010	0,846	1,899	0,881	0,147	1,157
	2015-06	1,930	0,713	1,814	0,811	0,172	1,025
	2016-04	2,034	0,736	1,890	0,858	0,188	1,142
	2016-09	2,072	0,663	1,964	0,914	0,213	1,259
	2017-05	2,057	0,689	1,928	0,918	0,199	1,065
	2018-05	1,988	0,665	1,917	0,866	0,197	1,157
	2018-10	2,097	0,544	2,095	0,922	0,208	1,277
	2019-05	1,933	0,546	1,829	0,840	0,131	1,139
	2020-06	2,022	0,492	1,968	0,916	0,138	1,292
	2020-10	2,273	0,540	2,352	1,006	0,167	1,438
2021-04	2,092	0,555	2,113	0,943	0,129	1,439	
2021-09	2,277	0,521	2,369	1,012	0,157	1,628	

Objekt	Datum	IRI medel	MPD medel	Spårdjup medel	IRI stdav	MPD stdav	Spårdjup stdav
	2022-05	2,340	0,572	2,542	1,044	0,144	1,777
	2022-09	2,300	0,551	2,398	1,049	0,139	1,626
	2023-04	2,296	0,613	2,714	1,054	0,124	1,777
E1136-1A_Grensholm	2009-09	2,274	1,286	2,103	0,647	0,106	1,023
	2010-09	2,295	1,283	1,942	0,651	0,107	0,987
	2011-09	2,369	1,132	2,055	0,630	0,112	1,061
	2012-10	2,389	1,097	2,112	0,666	0,093	1,127
	2013-10	2,475	1,099	2,219	0,680	0,092	1,096
	2014-06	2,480	0,997	2,139	0,708	0,135	1,114
	2015-05	2,584	0,859	2,434	0,755	0,173	1,361
	2016-09	2,782	0,780	2,526	0,862	0,209	1,531
	2017-09	2,787	0,817	2,559	0,832	0,254	1,459
	2018-10	2,928	0,803	2,694	0,931	0,232	1,666
	2019-11	2,942	0,783	2,822	0,934	0,250	2,167
	2020-11	3,055	0,732	3,568	1,045	0,242	2,495
	2021-10	3,195	0,741	3,592	1,119	0,256	3,007
	2022-11	3,278	0,667	4,119	1,165	0,147	3,225
E1136-1B_Grensholm	2023-11	2,071	1,604	2,803	0,728	0,090	0,790
	2024-09	1,931	1,505	2,252	0,622	0,096	0,790
E134_Pinnarp	2013-10	2,042	1,727	4,791	0,863	0,255	1,538
	2014-07	2,017	1,393	5,126	0,874	0,246	1,689
	2015-05	2,052	1,227	5,292	0,909	0,234	1,666
	2016-10	2,056	1,041	5,511	0,922	0,203	1,782
	2017-10	2,072	0,961	5,924	0,931	0,175	1,813
E594_Önnebo	2012-10	1,684	1,233	1,550	0,791	0,116	1,016
	2013-09	1,752	1,170	1,551	0,862	0,138	1,036
	2014-09	1,770	1,128	1,692	0,867	0,147	1,293
	2015-09	1,824	1,069	1,764	0,923	0,127	1,361
	2016-10	1,890	1,024	1,688	0,986	0,132	1,339
	2017-10	2,002	0,987	1,911	1,021	0,144	1,450
	2018-10	2,010	0,981	2,205	1,061	0,164	1,967
	2019-09	2,103	0,919	2,171	1,135	0,130	1,947
	2020-09	2,222	0,952	2,338	1,181	0,195	2,035
	2021-11	2,210	1,074	2,340	1,198	0,270	2,110
	2022-11	2,255	0,841	2,303	1,188	0,139	2,090
	2023-10	2,370	0,794	2,791	1,263	0,185	2,625
	2024-11	2,443	0,742	2,813	1,318	0,188	2,582
E691_Bestorp	2010-09	3,066	1,193	3,395	1,171	0,085	1,699
	2011-04	3,332	0,709	3,371	1,370	0,141	1,830
	2011-07	3,076	0,605	3,021	1,388	0,207	1,837
	2011-11	3,239	0,572	3,198	1,419	0,177	1,761
	2012-05	3,162	0,608	3,322	1,371	0,190	1,968
	2013-05	3,466	0,648	3,689	1,492	0,184	2,092

Objekt	Datum	IRI medel	MPD medel	Spårdjup medel	IRI stdav	MPD stdav	Spårdjup stdav
	2013-09	3,461	0,654	3,585	1,517	0,189	2,105
	2014-05	3,545	0,682	3,889	1,592	0,190	2,436
	2014-06	3,575	0,692	3,851	1,538	0,161	2,308
	2014-11	3,474	0,635	3,750	1,485	0,154	2,219
	2016-04	3,637	0,490	3,847	1,600	0,117	2,186
	2016-10	3,616	0,382	3,831	1,550	0,145	2,105
	2017-05	3,750	0,480	4,041	1,590	0,153	2,325
	2017-09	3,748	0,413	4,068	1,605	0,159	2,554
	2018-05	3,893	0,559	4,513	1,686	0,231	2,906
	2018-10	3,674	0,524	3,909	1,667	0,222	2,388
	2019-07	3,802	0,525	4,020	1,640	0,150	2,412
	2020-04	3,713	0,410	3,955	1,745	0,101	2,333
	2020-09	3,807	0,310	4,339	1,740	0,132	2,634
	2021-06	3,670	0,335	4,020	1,720	0,137	2,470
	2021-09	3,973	0,344	4,601	1,704	0,142	3,029
	2022-06	3,836	0,416	4,427	1,753	0,159	2,687
2022-11	3,652	0,454	4,118	1,747	0,105	2,491	
2023-05	3,958	0,473	5,217	1,713	0,145	3,073	
E731-1A_Falerum	2010-09	2,380	1,614	7,023	0,963	0,147	2,365
	2011-09	2,350	1,458	7,206	0,936	0,131	2,884
	2012-09	2,447	1,436	7,085	0,976	0,130	2,621
	2013-09	2,590	1,732	7,354	1,058	0,356	2,730
E731-1B_Falerum	2014-07	2,539	1,101	7,984	1,060	0,407	2,932
	2015-05	2,559	1,051	8,323	1,064	0,327	3,139
E932_Borghamn	2011-09	1,599	1,992	1,821	0,583	0,170	0,675
	2012-09	1,565	1,401	1,638	0,600	0,157	0,702
	2013-09	1,585	1,042	1,549	0,635	0,149	0,734
	2014-07	1,562	0,901	1,535	0,620	0,161	0,850
F1009_Tranås	2011-09	2,085	2,265	4,219	0,933	0,181	1,483
	2012-10	2,157	1,708	4,270	1,007	0,228	1,559
	2013-09	2,257	1,485	4,292	1,128	0,238	1,918
	2014-09	2,228	1,195	4,294	1,128	0,253	1,906
F1047-1_Tranås	2008-08	2,048	1,549	3,250	1,103	0,409	2,244
	2009-09	2,019	1,429	3,280	1,049	0,409	1,987
	2010-09	2,090	1,365	3,120	1,086	0,403	1,952
	2011-09	2,181	1,288	3,173	1,035	0,426	1,880
	2012-09	2,202	1,196	3,133	1,115	0,401	1,826
	2013-09	2,353	1,303	3,072	1,048	0,423	1,685
	2014-09	2,364	1,099	3,134	1,121	0,323	1,788
	2015-09	2,357	1,062	3,130	1,050	0,313	1,684
	2016-09	2,455	1,081	3,281	1,088	0,314	1,699
2017-09	2,460	1,115	3,242	1,122	0,297	1,740	
F1047-2_Bordsjö	2009-09	2,070	0,958	1,796	0,729	0,151	0,855

Objekt	Datum	IRI medel	MPD medel	Spårdjup medel	IRI stdav	MPD stdav	Spårdjup stdav
	2010-09	2,104	0,987	1,829	0,779	0,206	1,339
	2011-09	2,386	0,862	2,061	0,984	0,226	1,754
	2012-09	2,453	0,895	2,261	0,998	0,266	1,820
	2013-09	2,718	0,925	2,410	1,174	0,307	2,035
	2014-09	2,724	1,004	2,586	1,160	0,354	2,059
	2015-09	2,699	1,073	2,548	1,094	0,381	2,180
	2016-09	2,793	0,967	2,821	0,981	0,288	2,145
	2017-09	2,790	0,950	2,704	0,980	0,312	2,035
	2018-09	2,962	0,948	3,097	1,082	0,224	2,279
	2019-09	2,870	0,815	2,923	1,060	0,179	2,249
	2020-09	3,124	0,729	3,689	1,123	0,157	2,812
	2021-11	3,082	0,704	3,759	1,154	0,191	3,018
	2022-11	3,078	0,710	3,686	1,128	0,129	2,509
	2023-10	3,218	0,687	4,245	1,195	0,101	2,839
2024-10	3,512	0,630	5,190	1,259	0,103	3,909	
F1047-3_Bordsjö	2011-11	1,629	1,542	2,712	0,692	0,098	0,871
	2012-09	1,729	1,078	2,952	0,717	0,099	1,078
	2013-09	2,043	0,982	3,846	0,834	0,131	1,653
	2014-09	2,055	0,922	4,345	0,869	0,142	2,204
	2015-09	2,092	0,877	4,206	0,914	0,146	2,123
	2016-09	2,297	0,866	5,467	1,074	0,167	3,210
	2017-09	2,289	0,822	5,271	0,940	0,178	2,353
	2018-09	2,333	0,841	4,924	0,967	0,225	2,435
	2019-09	2,379	0,810	4,881	1,005	0,231	2,429
	2020-09	2,634	0,816	6,847	1,143	0,164	4,311
	2021-11	2,552	0,777	6,413	0,955	0,203	3,746
	2022-11	2,544	0,755	5,592	0,930	0,143	2,741
	2023-10	2,643	0,702	6,293	0,974	0,138	3,164
	2024-10	3,154	0,682	9,719	1,317	0,134	6,677
F515_Ås	2017-10	1,867	1,964	2,646	0,776	0,204	1,107
	2018-09	1,883	1,231	2,679	0,834	0,212	1,233
	2019-10	1,909	1,011	2,510	0,900	0,174	1,212
	2020-09	1,911	0,870	2,813	0,914	0,155	1,472
	2021-10	1,917	0,783	2,879	0,917	0,146	1,471
	2022-09	1,980	0,759	3,267	0,951	0,147	1,627
	2023-10	2,074	0,767	3,817	0,995	0,150	2,241
	2024-10	2,002	0,722	3,419	1,030	0,119	1,793
F599_Reftele	2018-09	1,620	0,786	3,699	0,566	0,107	1,462
	2019-10	1,656	0,559	4,185	0,591	0,093	1,600
	2020-09	1,752	0,476	4,466	1,077	0,078	1,833
	2021-10	1,690	0,433	4,988	0,670	0,067	1,766
	2022-09	1,714	0,444	5,805	0,708	0,069	2,020
	2023-10	1,693	0,434	6,052	0,707	0,075	2,094

Objekt	Datum	IRI medel	MPD medel	Spårdjup medel	IRI stdav	MPD stdav	Spårdjup stdav
	2024-10	1,793	0,432	6,606	0,754	0,090	2,382
F621_Kulltorp	2016-10	1,716	2,288	3,211	0,727	0,217	1,205
	2017-10	1,692	1,916	3,124	0,742	0,271	1,008
	2018-09	1,707	1,529	2,929	0,804	0,275	1,131
	2019-10	1,717	1,373	2,993	0,801	0,246	1,080
	2020-09	1,762	1,293	3,261	0,850	0,252	1,126
	2021-10	1,749	1,133	3,081	0,901	0,216	1,234
	2022-09	1,730	1,067	3,176	0,887	0,207	1,194
	2023-10	1,743	1,021	3,512	0,918	0,199	1,442
	2024-10	1,886	0,555	4,312	1,005	0,160	1,909
F654-1A_Bondstorp	2008-11	1,649	1,225	4,143	0,806	0,142	1,685
	2009-09	1,715	1,187	4,507	0,866	0,156	1,935
	2010-09	1,747	1,228	4,914	0,846	0,152	2,087
	2011-09	1,766	1,158	4,769	0,866	0,148	2,048
	2012-09	1,804	1,107	5,086	0,891	0,145	2,387
	2013-09	1,934	1,093	6,386	0,933	0,141	3,036
	2014-09	1,960	1,117	6,397	0,942	0,142	3,331
F654-1B_Bondstorp	2015-09	1,976	2,688	5,939	0,902	0,154	2,959
	2016-10	2,040	2,362	6,283	0,953	0,146	3,099
	2017-10	2,082	2,251	6,609	0,950	0,141	3,030
	2018-09	2,222	2,137	7,670	1,097	0,181	4,059
	2019-10	2,281	2,084	7,842	1,091	0,200	3,976
	2020-09	2,284	1,681	7,403	1,112	0,437	3,638
	2021-10	2,229	1,633	6,819	1,101	0,405	3,271
	2022-09	2,269	1,620	7,823	1,104	0,381	4,743
	2023-10	2,400	1,590	8,805	1,098	0,350	4,709
2024-09	2,683	1,628	11,375	1,294	0,435	5,941	
F654-2_Bondstorp	2010-09	2,382	1,377	3,399	0,854	0,071	1,011
	2011-09	2,371	1,172	3,521	0,846	0,068	1,242
	2012-09	2,359	1,102	3,831	0,829	0,070	1,369
	2013-09	2,467	1,096	4,381	0,905	0,124	1,963
	2014-09	2,432	1,057	4,117	0,896	0,087	1,511
	2015-09	2,409	1,032	4,645	0,895	0,082	1,932
	2017-10	2,493	1,027	5,189	0,916	0,089	1,836
	2018-09	2,628	1,071	5,589	0,986	0,074	2,659
	2019-10	2,667	1,023	5,989	1,047	0,099	2,709
F707_Gällaryd	2019-11	1,930	1,264	3,945	0,640	0,162	1,203
	2020-09	2,040	0,746	5,122	0,697	0,097	1,761
	2022-09	2,040	0,565	5,768	0,672	0,102	1,781
	2023-10	2,098	0,587	7,094	0,702	0,106	2,262
	2024-10	2,068	0,547	6,463	0,692	0,097	1,923
F744_Rörvik	2008-08	2,628	1,928	2,832	1,060	0,161	1,649
	2009-09	2,785	1,933	3,152	1,160	0,184	1,943

Objekt	Datum	IRI medel	MPD medel	Spårdjup medel	IRI stdav	MPD stdav	Spårdjup stdav
	2010-09	2,870	1,874	3,093	1,189	0,172	1,668
	2011-09	3,189	1,731	3,491	1,369	0,244	2,085
	2012-09	3,222	1,695	3,447	1,367	0,283	2,034
	2013-09	3,418	1,727	3,385	1,524	0,293	2,125
	2014-09	3,393	1,696	3,516	1,494	0,306	2,274
	2015-09	3,317	1,670	3,127	1,444	0,253	1,931
	2016-10	3,411	1,637	3,227	1,490	0,304	1,939
F761_Gamla_Hjälm seryd	2008-08	2,005	0,943	3,254	0,929	0,173	2,515
	2009-09	2,179	0,925	4,147	0,988	0,190	3,147
	2010-09	2,295	0,921	4,154	1,060	0,166	3,211
	2011-09	2,536	0,798	4,321	1,120	0,190	3,396
F886_Björköby	2013-09	1,668	0,789	3,529	0,658	0,085	1,334
	2014-09	1,586	0,719	3,904	0,634	0,081	1,469
	2015-09	1,572	0,711	4,255	0,644	0,090	1,678
	2016-09	1,657	0,738	4,327	0,673	0,103	1,557
	2017-09	1,672	0,758	4,541	0,704	0,116	1,462
	2018-09	1,664	0,802	4,893	0,707	0,134	1,683
	2019-09	1,730	0,877	4,644	0,737	0,180	1,609
	2020-09	1,710	0,851	4,990	0,733	0,143	1,781
	2021-11	1,746	0,827	5,355	0,748	0,138	1,829
	2022-11	1,761	0,864	5,844	0,748	0,208	2,006
	2023-10	1,790	0,989	6,183	0,764	0,275	2,074
	2024-10	1,868	0,951	6,538	0,829	0,271	2,600
F967_Aneby	2008-08	2,270	1,428	1,737	1,413	0,235	0,579
	2009-09	2,614	1,345	1,903	1,726	0,180	0,498
	2010-09	2,327	1,194	1,772	1,413	0,188	0,582
	2011-09	2,375	1,115	1,803	1,434	0,175	0,640
	2012-09	2,501	1,151	1,949	1,462	0,187	0,836
	2014-09	2,541	1,143	2,037	1,541	0,182	0,786
	2015-09	2,596	1,107	2,103	1,526	0,131	0,942
	2016-09	2,620	1,052	2,184	1,503	0,211	0,951
F976_Aneby	2018-09	1,521	2,026	2,748	0,659	0,391	0,906
	2019-09	1,525	1,700	2,781	0,696	0,382	0,934
	2020-09	1,485	1,464	2,930	0,654	0,363	1,007
	2021-11	1,485	1,317	3,171	0,681	0,348	1,048
	2022-11	1,457	1,188	3,257	0,646	0,326	1,116
	2023-10	1,451	1,054	3,435	0,647	0,276	1,160
	2024-10	1,675	1,241	3,545	0,784	0,365	1,467
F986_Lekeryd	2015-09	1,814	2,085	6,241	0,689	0,271	1,751
	2016-09	1,868	1,640	5,946	0,734	0,290	1,787
	2017-10	1,796	1,428	6,275	0,724	0,247	1,975
	2018-09	1,835	1,248	6,619	0,726	0,261	2,081
	2019-10	1,774	1,138	6,378	0,748	0,194	2,074

Objekt	Datum	IRI medel	MPD medel	Spårdjup medel	IRI stdav	MPD stdav	Spårdjup stdav
	2020-09	1,830	1,100	6,571	0,769	0,200	2,101
	2021-10	1,799	1,036	6,537	0,734	0,183	2,110
	2022-11	1,867	1,002	6,513	0,754	0,181	1,948
	2023-10	1,965	1,021	6,873	0,815	0,198	2,165
	2024-09	2,171	0,962	6,360	0,894	0,255	2,112
G527_Rya	2016-10	1,689	1,598	3,161	0,604	0,078	1,571
	2017-10	1,665	1,330	3,395	0,594	0,124	1,596
	2018-09	1,621	1,116	3,858	0,588	0,111	2,166
	2019-10	1,643	1,043	3,551	0,594	0,125	1,667
	2020-09	1,678	1,015	3,892	0,628	0,126	2,085
	2021-10	1,636	0,948	3,923	0,625	0,118	1,896
	2022-09	1,619	0,933	4,783	0,610	0,122	2,708
2024-10	1,737	0,991	4,096	0,594	0,102	1,740	
G536_Lidhult	2015-09	1,520	2,464	3,791	0,468	0,164	1,307
	2016-10	1,481	1,867	3,187	0,488	0,134	1,125
	2017-10	1,482	1,687	3,127	0,450	0,136	1,321
	2018-09	1,516	1,677	3,416	0,484	0,140	1,303
	2019-10	1,503	1,590	3,265	0,489	0,126	1,375
	2020-09	1,548	1,578	3,488	0,531	0,129	1,339
	2021-10	1,517	1,502	3,222	0,519	0,148	1,457
	2022-09	1,628	1,570	4,240	0,604	0,137	1,883
	2024-10	1,809	1,815	7,583	0,714	0,164	2,904
G693-1A_Jät	2011-09	3,340	2,273	4,367	1,143	0,131	1,915
	2012-10	3,383	2,218	4,092	1,179	0,137	1,770
	2013-09	3,542	2,248	4,519	1,371	0,166	2,178
	2014-09	3,431	2,250	4,203	1,253	0,175	1,981
	2015-09	3,431	2,208	3,955	1,246	0,190	1,956
	2016-10	3,554	2,199	4,163	1,318	0,192	2,080
	2017-09	3,621	2,155	4,666	1,333	0,177	2,440
	2018-09	3,647	1,945	4,267	1,356	0,360	2,090
G693-1B_Jät	2019-10	1,917	1,053	2,987	0,624	0,097	1,374
	2020-09	2,000	0,959	2,865	0,647	0,086	1,389
	2021-10	2,020	0,870	3,012	0,657	0,079	1,349
	2022-09	2,051	0,809	2,938	0,660	0,076	1,289
	2023-08	2,176	0,833	2,962	0,695	0,087	1,319
	2024-10	2,337	0,835	3,294	0,783	0,090	1,871
H641_Fliseryd	2020-09	1,451	1,484	6,532	0,708	0,189	2,296
	2021-10	1,388	1,143	6,879	0,699	0,210	2,702
	2022-11	1,403	1,246	7,176	0,719	0,201	2,280
	2023-08	1,443	0,880	6,650	0,747	0,210	2,260
	2024-09	1,451	0,779	6,687	0,754	0,183	2,298
H711_Kristdala	2020-09	1,161	2,127	3,159	0,484	0,169	0,950
	2021-10	1,060	1,614	3,363	0,440	0,182	1,090

Objekt	Datum	IRI medel	MPD medel	Spårdjup medel	IRI stdav	MPD stdav	Spårdjup stdav
	2022-11	1,078	1,450	3,870	0,481	0,196	1,274
	2023-08	1,073	1,192	4,045	0,497	0,195	1,417
	2024-09	1,127	1,155	4,310	0,532	0,208	1,662
H874_Loftahammar	2012-09	3,059	0,728	2,863	1,176	0,070	1,562
	2013-09	3,151	0,603	3,087	1,212	0,074	1,930
	2014-07	3,155	0,562	3,171	1,212	0,073	2,058
	2015-09	3,102	0,586	2,759	1,185	0,091	2,010
	2016-10	3,305	0,526	3,556	1,307	0,071	2,373
	2017-10	3,341	0,529	3,412	1,326	0,087	2,525
	2018-06	3,330	0,519	3,462	1,290	0,087	2,621
	2019-05	3,348	0,511	3,431	1,283	0,087	2,563
	2020-10	3,487	0,520	3,897	1,345	0,088	2,711
	2021-10	3,489	0,771	3,771	1,347	0,418	2,834
	2022-11	3,531	0,563	4,434	1,413	0,079	2,829
	2023-08	3,719	0,576	4,571	1,429	0,098	3,192
	2024-09	3,829	0,591	5,283	1,486	0,107	3,852
H888_Ukna	2019-10	1,711	1,674	3,271	0,746	0,145	1,132
	2020-10	1,739	1,166	3,338	0,815	0,125	1,074
	2022-11	1,749	0,986	3,758	0,809	0,217	1,440
	2023-08	1,838	0,857	3,892	0,841	0,125	1,573
	2024-09	1,775	0,701	3,885	0,847	0,084	1,509
H_Oskarshamn	2015-09	2,219	1,518	3,615	1,025	0,242	1,246
	2016-10	2,219	0,526	3,486	1,078	0,179	1,507
	2017-10	2,190	0,455	3,937	1,050	0,141	1,678
	2018-06	2,196	0,420	4,360	1,069	0,115	1,743
	2019-05	2,229	0,496	4,708	1,117	0,093	1,769
	2020-09	2,298	0,422	5,145	1,139	0,070	1,933
	2021-10	2,296	0,436	5,266	1,115	0,075	1,877
	2022-11	2,356	0,866	5,859	1,134	0,117	1,878
	2023-08	2,445	0,498	6,168	1,033	0,068	2,101
	2024-09	2,484	0,515	6,380	1,318	0,081	2,119
M1640_Gärds_Köpinge	2014-09	1,103	2,475	3,072	0,337	0,155	0,521
	2015-04	1,081	2,237	3,151	0,343	0,210	0,546
	2015-09	1,055	1,766	2,946	0,382	0,285	0,633
	2016-10	1,016	1,299	3,283	0,395	0,262	0,921
	2017-09	1,042	1,089	3,485	0,408	0,263	0,931
	2018-09	1,033	0,855	3,779	0,400	0,252	1,000
	2019-10	0,997	0,734	4,008	0,372	0,196	1,101
	2020-09	1,041	0,663	4,279	0,404	0,174	1,237
	2021-10	1,030	0,656	4,592	0,415	0,182	1,189
	2022-09	1,052	0,601	4,734	0,401	0,122	1,282
	2023-08	1,073	0,597	4,876	0,415	0,122	1,321
	2024-10	1,098	0,648	5,234	0,423	0,097	1,512

Objekt	Datum	IRI medel	MPD medel	Spårdjup medel	IRI stdav	MPD stdav	Spårdjup stdav
M17_Kastberga	2014-09	1,178	1,581	4,230	0,341	0,179	0,777
	2015-04	1,183	1,191	4,703	0,355	0,152	0,753
	2015-09	1,179	1,135	4,361	0,351	0,154	0,628
	2016-10	1,181	0,870	5,115	0,344	0,150	0,823
	2018-09	1,208	0,582	5,201	0,348	0,119	0,751
	2019-10	1,229	0,535	5,464	0,350	0,088	0,822
	2020-09	1,232	0,511	5,585	0,354	0,081	0,868
	2021-10	1,202	0,575	6,122	0,344	0,093	1,043
	2022-09	1,251	0,552	5,926	0,347	0,074	1,001
	2023-08	1,278	0,563	6,304	0,352	0,074	0,992
M1873_Perstorp	2014-09	2,740	1,634	2,479	0,993	0,166	1,158
	2015-09	2,729	1,572	2,398	0,948	0,173	1,134
	2016-10	2,919	1,488	2,624	1,352	0,168	1,327
	2017-09	2,886	1,427	2,643	1,041	0,169	1,221
	2018-09	2,929	1,349	2,886	1,069	0,176	1,476
	2019-10	3,012	1,240	3,126	1,127	0,173	1,557
	2020-09	3,129	1,198	3,186	1,137	0,166	1,585
	2021-10	2,994	1,150	2,912	1,136	0,176	1,513
	2022-09	2,902	1,174	2,713	1,024	0,149	1,455
	2024-10	3,574	1,009	5,373	1,299	0,155	3,954
T691_Örebro	2014-09	1,737	1,577	9,002	0,585	0,198	1,506
	2015-06	1,683	1,201	8,985	0,554	0,174	1,592
	2016-06	1,811	0,928	8,797	0,638	0,160	1,645
	2017-06	1,702	0,728	9,023	0,614	0,130	1,873
	2018-05	1,746	0,723	9,045	0,610	0,104	1,840
	2019-06	1,771	0,507	9,020	0,656	0,080	1,859
	2020-06	1,736	0,499	8,714	0,652	0,068	1,706
	2021-10	1,760	0,526	8,844	0,693	0,062	1,972
	2022-09	1,831	0,644	8,956	0,729	0,167	1,785
	2023-06	1,826	0,530	9,164	0,704	0,077	1,879
	2024-07	1,840	0,535	9,731	0,678	0,099	1,648
X723_Östra_Föne	2004-08	2,367	2,388	4,381	1,060	0,437	2,146
	2005-06	2,551	2,022	4,599	1,234	0,355	2,292
	2008-07	2,801	1,528	4,017	1,417	0,335	1,840
	2009-06	3,017	1,472	5,476	1,507	0,323	2,795
	2010-06	3,301	1,340	5,100	1,661	0,308	2,514
	2011-06	3,551	1,197	4,680	1,779	0,309	2,508
	2012-06	3,677	1,196	6,133	1,791	0,295	3,499
	2013-07	3,877	1,203	7,346	1,847	0,295	4,725
	2014-06	3,869	1,175	6,352	1,862	0,278	3,902
	2015-06	3,924	1,110	6,699	1,824	0,275	4,257
	2016-06	4,120	1,137	7,703	1,915	0,253	5,300
2017-06	4,299	1,134	8,339	2,009	0,257	6,182	

Objekt	Datum	IRI medel	MPD medel	Spårdjup medel	IRI stdav	MPD stdav	Spårdjup stdav
	2018-06	4,350	1,028	6,366	2,056	0,261	4,018
	2019-06	4,560	1,017	8,949	2,069	0,252	6,229
	2020-06	4,515	0,924	6,759	2,033	0,275	4,339
	2021-06	4,525	0,892	6,510	2,117	0,253	3,888
	2022-06	4,915	0,967	9,797	2,236	0,261	6,502
	2023-06	4,722	0,878	7,814	2,094	0,259	5,825
	2024-07	4,946	0,914	8,179	2,204	0,258	5,128
X84_Laforsen	2003-06	1,130	2,055	4,085	0,405	0,379	1,823
	2004-08	1,114	1,934	4,767	0,402	0,431	1,951
	2005-06	1,121	1,821	4,696	0,394	0,406	2,022
	2008-07	1,102	1,263	3,933	0,406	0,224	1,556
	2009-06	1,111	1,220	3,980	0,413	0,203	1,552
	2010-06	1,144	1,183	4,210	0,442	0,200	1,725
	2011-06	1,128	1,071	4,075	0,441	0,172	1,649
	2012-06	1,138	1,106	4,268	0,440	0,168	1,809
	2013-07	1,176	1,110	4,426	0,476	0,163	2,056
	2014-06	1,164	1,112	4,608	0,452	0,140	2,140
	2015-06	1,151	1,054	4,560	0,467	0,120	2,123
	2016-06	1,191	1,047	4,660	0,480	0,133	2,208
	2017-06	1,231	1,081	4,775	0,518	0,125	2,392
	2018-06	1,211	1,028	4,755	0,497	0,123	2,275
	2019-06	1,278	1,019	4,783	0,576	0,132	2,348
	2020-06	1,313	0,995	4,822	0,601	0,136	2,193
	2021-06	1,246	0,996	5,181	0,633	0,112	2,446
	2022-06	1,206	1,004	5,646	0,501	0,108	2,904
2023-06	1,305	1,051	5,276	0,573	0,350	2,458	
2024-07	1,349	0,963	5,545	0,608	0,127	2,433	
Z87_Stugun	2019-06	1,259	2,330	3,019	0,455	0,342	0,745
	2020-06	1,223	1,801	2,867	0,485	0,285	0,738
	2021-06	1,224	1,495	3,005	0,474	0,293	0,760
	2022-06	1,305	1,600	2,917	0,617	0,282	1,166
	2023-06	1,260	1,265	2,967	0,584	0,285	0,973
	2024-07	1,358	1,277	3,078	0,681	0,360	1,158
ZE14_Ytterån	2013-09	1,234	1,121	4,890	0,613	0,135	1,611
	2014-09	1,215	0,756	5,704	0,599	0,094	1,766
	2015-06	1,233	0,746	5,966	0,616	0,056	1,837
	2016-06	1,299	0,840	7,088	0,641	0,098	2,122
	2018-06	1,342	0,539	9,148	0,684	0,087	2,350

Bilaga 2 Medelutveckling för objekten

Tabell 10. Medelutveckling per år för objekten. C591_Balingsta har ingen beräknad utvecklingstakt då detta objekt endast mätts en gång (2024) efter läggning.

Objekt	IRI Utveckling	MPD Utveckling	Spårdjup Utveckling
AC92_Bjurholm	-0,008	-0,404	0,357
C591_Balingsta	-	-	-
C600_Månkarbo	-0,021	-0,174	0,091
E1045_Berg	0,001	-0,039	0,035
E1128_Tjällmo	0,018	-0,079	0,009
E1136-1A_Grensholm	0,077	-0,048	0,155
E1136-1B_Grensholm	-0,14	-0,099	-0,551
E134_Pinnarp	0,007	-0,192	0,283
E594_Önnebo	0,063	-0,041	0,105
E691_Bestorp	0,039	-0,031	0,079
E731-1A_Falerum	0,07	0,04	0,11
E731-1B_Falerum	0,02	-0,05	0,339
E932_Borghamn	-0,012	-0,364	-0,095
F1009_Tranås	0,047	-0,357	0,025
F1047-1_Tranås	0,046	-0,048	-0,001
F1047-2_Bordsjö	0,096	-0,022	0,226
F1047-3_Bordsjö	0,117	-0,066	0,539
F515_Ås	0,019	-0,177	0,11
F599_Reftele	0,029	-0,059	0,484
F621_Kulltorp	0,021	-0,217	0,138
F654-1A_Bondstorp	0,052	-0,018	0,376
F654-1B_Bondstorp	0,079	-0,118	0,604
F654-2_Bondstorp	0,036	-0,044	0,324
F707_Gällaryd	0,035	-0,179	0,63
F744_Rörvik	0,098	-0,036	0,049
F761_Gamla_Hjälmseryd	0,177	-0,048	0,355
F886_Björköby	0,018	0,015	0,274
F967_Aneby	0,05	-0,054	0,064
F976_Aneby	0,026	-0,131	0,133
F986_Lekeryd	0,04	-0,125	0,013

Objekt	IRI Utveckling	MPD Utveckling	Spårdjup Utveckling
G527_Rya	0,007	-0,087	0,133
G536_Lidhult	0,036	-0,081	0,474
G693-1A_Jät	0,044	-0,047	-0,014
G693-1B_Jät	0,084	-0,044	0,061
H641_Fliseryd	0	-0,176	0,039
H711_Kristdala	-0,009	-0,243	0,288
H874_Loftahammar	0,064	-0,011	0,202
H888_Ukna	0,016	-0,243	0,154
H_Oskarshamn	0,029	-0,111	0,307
M1640_Gärds_Köpinge	0	-0,166	0,197
M17_Kastberga	0,011	-0,113	0,23
M1873_Perstorp	0,093	-0,069	0,322
T691_Örebro	0,01	-0,104	0,073
X723_Östra_Föne	0,143	-0,082	0,211
X84_Laforsen	0,011	-0,057	0,077
Z87_Stugun	0,02	-0,211	0,012
ZE14_Ytterån	0,027	-0,146	1,065

Bilaga 3 Tankbeläggningsars makrotextur - data från PMSv4

Tabell 11. Medianvärden och standardavvikelser av 20 m medelvärden för MPD från tre laterala spår. Mätningar gjorda 2015 t.o.m. 2021, inom sex månader efter åtgärd. Enhet mm.

Beläggings-typ	MPD V median	MPD M median	MPD H median	MPD V std	MPD M std	MPD H std	Observationer
ABT11	0,82	0,96	0,86	0,39	0,49	0,44	40 201
ABT16	0,73	0,73	0,72	0,30	0,32	0,30	107 394
MJOG11	1,02	0,95	1,05	0,35	0,59	0,41	9 342
MJOG16	1,00	0,97	0,98	0,21	0,17	0,18	28 408
IMT22	1,47	1,59	1,53	0,36	0,40	0,36	5 173
Y1B11	2,25	2,64	2,36	0,51	0,58	0,52	146 836
Y1B16	2,34	2,73	2,46	0,51	0,51	0,55	1 388

Tabell 12. Medianvärden och standardavvikelser av 20 m medelvärden för MPD från tre laterala spår. Mätningar gjorda 2015 t.o.m. 2021, inom fem år efter åtgärd. Enhet mm.

Beläggings-typ	MPD V median	MPD M median	MPD H median	MPD V std	MPD M std	MPD H std	Observationer
ABT11	0,75	0,74	0,78	0,32	0,42	0,35	381 222
ABT16	0,83	0,79	0,83	0,28	0,31	0,28	1 326 832
MJOG11	1,01	1,04	1,06	0,32	0,59	0,35	61 756
MJOG16	0,91	0,93	0,93	0,30	0,33	0,30	789 578
IMT22	1,17	1,33	1,30	0,38	0,43	0,41	107 775
Y1B11	1,37	2,01	1,57	0,57	0,58	0,59	1 193 479
Y1B16	1,10	1,71	1,19	0,66	0,98	0,68	13 930

Tabell 13. Medianvärden och standardavvikelser av 20 m medelvärden för MPD från tre laterala spår. Mätningar gjorda 2015 t.o.m. 2021, mellan 5 och 10 år efter åtgärd. Enhet mm.

Beläggings-typ	MPD V median	MPD M median	MPD H median	MPD V std	MPD M std	MPD H std	Observationer
ABT11	0,81	0,78	0,83	0,35	0,41	0,37	357 105
ABT16	0,85	0,82	0,85	0,27	0,32	0,26	678 011
MJOG11	0,79	0,83	0,84	0,25	0,25	0,22	12 133
MJOG16	0,91	0,94	0,95	0,35	0,42	0,36	537 970
IMT22	1,10	1,16	1,20	0,36	0,41	0,38	75 014
Y1B11	0,90	1,49	1,03	0,38	0,51	0,44	914 305
Y1B16	0,89	1,31	0,96	0,36	0,54	0,39	46 198

Tabell 14. Medianvärden och standardavvikelser av 20 m medelvärden för MPD från tre laterala spår. Mätningar gjorda 2015 t.o.m. 2021, på beläggningar med en ålder av 10 år eller mer. Enhet mm.

Beläggings-typ	MPD V median	MPD M median	MPD H median	MPD V std	MPD M std	MPD H std	Observationer
ABT11	0,75	0,77	0,78	0,32	0,35	0,33	576250
ABT16	0,80	0,82	0,81	0,32	0,37	0,30	666348
MJOG11	0,81	0,84	0,90	0,32	0,32	0,32	22305

Beläggningstyp	MPD V median	MPD M median	MPD H median	MPD V std	MPD M std	MPD H std	Observationer
MJOG16	0,96	0,96	1,01	0,40	0,46	0,40	767777
IMT22	1,16	1,29	1,31	0,40	0,40	0,40	51962
Y1B11	0,92	1,25	1,04	0,42	0,49	0,47	1112001
Y1B16	0,95	1,18	0,97	0,40	0,55	0,45	335845

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett internationellt framstående forskningsinstitut med uppdrag från regeringen att bedriva forskning och utveckling inom transportområdet, omfattande infrastruktur, trafik, transporter och trafikanter. Vi arbetar för att kunskapen om transportsektorn kontinuerligt ska förbättras och är på så sätt med och bidrar till att uppnå Sveriges transportpolitiska mål.

Verksamheten omfattar samtliga trafikslag och områdena väg- och banteknik, drift och underhåll, fordonsteknik, trafiksäkerhet, trafikanalys, människan i transportsystemet, miljö, planerings- och beslutsprocesser, transportekonomi samt transportsystem. Kunskapen som VTI tar fram ger beslutsunderlag till aktörer inom transportsektorn och tillämpas i många fall i såväl nationell som internationell transportpolitik.

VTI bedriver forskning på uppdrag i en tvärvetenskaplig organisation. Vi arbetar också med utredning och rådgivning, samt utför olika typer av tjänster inom mätning och provning. På institutet finns tekniskt avancerad forskningsutrustning av olika slag och körsimulatorer i världsklass. Dessutom finns ett laboratorium för vägmateriäl, ett mättekniskt laboratorium och ett krocksäkerhetslaboratorium.

Transportbiblioteket vid VTI är en nationell resurs för informationsförsörjning och informations spridning för alla trafikslag inom transportforskningsområdet.

I Sverige samverkar VTI med ledande universitet och högskolor som bedriver närliggande forskning och utbildning. Vi medverkar även kontinuerligt i internationella forskningsprojekt, framförallt i Europa, och deltar aktivt i internationella nätverk.

VTI är en uppdragsmyndighet som lyder under regeringen och hör till Landsbygds- och infrastrukturdepartementet. Vårt kvalitetsledningssystem är certifierat enligt ISO 9001 och vårt miljöledningssystem enligt ISO 14001. Vissa provningsmetoder vid våra laboratorier är dessutom ackrediterade.

Vi är omkring 250 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg och Lund.

vti

Statens väg- och transportforskningsinstitut • www.vti.se • vti@vti.se • +46 (0)13-20 40 00