



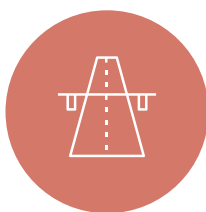
A Simpson Strong-Tie® Company

Asfaltarmerings- håndbogen



ASFALT ARMERINGS HÅNDBOGEN

2. udgave



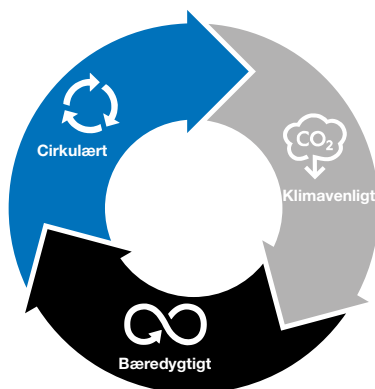
Giv asfalten en **grønnere** profil



Med denne opdaterede version 2 af Asfaltarmeringshåndbogen ønsker vi at gøre armering af asfaltbelægninger mere forståeligt og praksisnært. Her i håndbogen viser vi forskellige problematikker, som armering af asfaltbelægninger kan løse, og hvordan det kan bidrage til den grønne omstilling.

Vores vision er af knække kurven for Nordens vejkapital og skabe økonomisk balance, med investering i langtidsholdbare løsninger, som sikrer samfundets investering mest hensigtsmæssigt.

Gennem samarbejde med asfaltbranchen, entreprenører, rådgivere, og bygherrer arbejder vi for bæredygtige belægninger med øget levetid, reducerede støjgener og mindre CO₂ udledning.



ASFALTARMERINGSHÅNDBOGEN

Forord	5	Sporkøring	44
Hvorfor anvende asfaltarmering?	5	Jævnhed	46
Hvad er bæredygtighed?	6	Støj	48
Definition af bæredygtighed	6	Holdbarhed	50
Projektreferencer	8	Cirkulært	51
Reference 1, Esbjerg Kommune	10	Beregning af livscyklus modeller	52
Reference 2, Fredericia Kommune.....	12	EPD'er - miljøvaredeklarerationer	53
Reference 3, Silkeborg Kommune	14	Udvikling af beregningsmodeller	54
Reference 4, Holstebro Ringvej.....	16	Undersøgelser og testforsøg.....	56
Reference 5, E45 (Skanderborg-Aarhus S) ..	18	Accelereret fuldskala test.....	57
Reference 6, E20 (Fredericia V mod S).....	20	Projektudførelse	58
Reference 7, Billund lufthavn.....	22	Udlægning af asfaltarmering	60
Reference 8, Århus lufthavn	24	FAQ - ofte stillede spørgsmål	62
Produkter	26	Efterskrift	64
S&P Glasphalt® G	28	Forkortelser	65
S&P Carbophalt® G	29	Kildefortegnelse	66
S&P Carbophalt® G 200/200	30		
S&P asfaltarmeringsudlægger.....	31		
Projektering	32		
Projektering med armering.....	34		
Skadestyper	36		
Klima	38		
Revner.....	40		
Bæreevne.....	42		

Forfatter: Morten Frost Kamphøener
Medforfattere: Jens Adamsen, Henrik Nielsen, Klavs Olsen
Redaktion: Jens Adamsen
Grafik: Sarah Page
Opsætning: Anne Grethe Bassøe
Copyright: S&P Reinforcement Nordic
2. udgave, 2022
Med forbehold for trykfejl.

HVORFOR ANVENDE ASFALTARMERING?

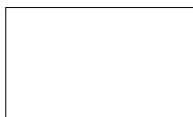
Klimaændringer er et globalt problem, og et faktum vi skal forholde os til. Stigende nedbør, højere varmegrader, samt øget trafikbelastning eskalerer nedbrydningen og udmatter asfaltbelægningerne på vejnettet. Mange af disse påvirkninger er også velbeskrevne i asfalthåndbogens del 7, udgivet af Asfaltindustrien.

Med håndbogen her ønsker vi at give læseren et indblik i, hvordan vejskader opstår, samt hvilke

påvirkninger disse medfører. Vi ønsker såvel, at vise effekten ved korrekt brug af armeringsnet, samt hvilke krav, der er vigtige for, at vi opnår en økonomisk holdbar, sikker og bæredygtig infrastruktur på det danske vejnet.

I denne 2. udgave af Asfaltarmeringshåndbogen suppleres beskrivelsen af vores 3 forskellige typer af asfaltarmering bl.a. med den nyeste viden fra de beskrevne referenceprojekter.

S&P Glasphalt® G Stærk



S&P Carbophalt® G Stærkere



S&P Carbophalt® G 200/200 Stærkest



Læs mere om vores 3 typer armering i afsnittet **Produkter** side 28-30.

Her i Asfaltarmeringshåndbogen beskrives 8 referenceprojekter, der håndterer og løser problemer

på forskellige vejklasser samt for lufthavnsbelægninger. Projektreferencerne underbygges af teori og teknisk dokumentation, med henvisninger til udførte testrapporter og publicerede undersøgelsesrapporter.

DEFINITION AF BÆREDYGTIGHED

Brundtlandkommissionen udgav i 1987 rapporten "Vores fælles fremtid", omhandlende bæredygtighed som et holistisk bæredygtighedsbegreb bestående af 3 hovedaspekter: Det miljømæssige, det sociale og det økonomiske. I dag er udgangspunktet med de 17 verdensmål for bæredygtighed stadig baseret på filosofien fra Brundtlandrapporten i 1987. Den grønne omstilling skal sikre, at vi fremover og ud i fremtiden effektiviserer ressourceforbrug, minimerer klimabelastningen og skaber bedre miljø for menneskeheden og naturen.

Vi vil gennem bogen vise og dokumentere løsninger med vores asfaltarmering, der bidrager til de tre aspekter i den holistiske tankegang om bæredygtighed. Det sociale miljøaspekt adresseres gennem støjreducerende tiltag. Det klimamæssige miljøaspekt adresseres gennem CO₂ reducerende tiltag, og det økonomiske aspekt adresseres gennem holdbarhed, hvor drift, materialer og samfund alle er faktorer der spiller ind økonomisk.

Følgende 3 definitioner anvendes i høj grad i den bæredygtige omstilling:

LCA Life Cycle Assessment – definition:

Livscyklusvurdering er en metode til at måle miljøpåvirkningerne af et projekt i løbet af analyseperioden, som defineret i det aftalte omfang.

LCC Life Cycle Costs – definition:

Livscyklusomkostninger er en metode til systematisk økonomisk evaluering af omkostningerne ved et projekt på tværs af alle projektfaser; forundersøgelse, forprojektering, detailprojektering, konstruktion, drift og vedligeholdelse samt efterbyggeri, som defineret i det aftalte omfang.

EPD Environmental Product Declaration – definition:

MiljøvaredeklARATIONER (EPD) præsenterer transparente, verificerede og sammenlignelige oplysninger om produkters og tjenesters miljøpåvirkning under livscyklussen.

LivsCyklusAnalyser i Norden

I Norden har man indført LCA modeller til beregning af miljømæssige aftryk på projekter. LCA beregninger bygger på miljøvaredeklARATIONER også kaldet EPD'er (Environmental Product Declaration), som er standardiserede iht. anerkendte europæiske og internationale standarder, herunder EN 15804 og ISO 14025 samt ISO 14040 serien. En EPD beskriver et produkts ressource- og energimæssige aftryk fra vugge til grav, inkl. affaldshåndtering eller genanvendelse af produktet.

S&P har fået udført 360 graders miljøvaredeklARATIONER på vores asfaltarmering iht. den nyeste standard EN 15804 + A2, der blev gældende fra juli 2022. Med produktspecifikke EPD'er er S&P's asfaltarmeringer således klar til de krav, der stilles både nu og i fremtiden. Det er et statement til vores bæredygtige tilgang til markedet, som den førende produktionsvirksomhed indenfor asfaltarmeringsprodukter. Læs mere om EPD'erne på side 52-53.

Historisk har vi opbygget en stærk knowhow indenfor armering af asfaltbelægninger. Vi har i de seneste år udviklet på vores tekniske viden, samt algoritmer indenfor beregningsanalyse for vejopbygninger med asfaltarmering. Alt sammen med fokus på understøttning af bæredygtighedsprincipper, for at sikre vores, og de kommende generationers, vejnet.

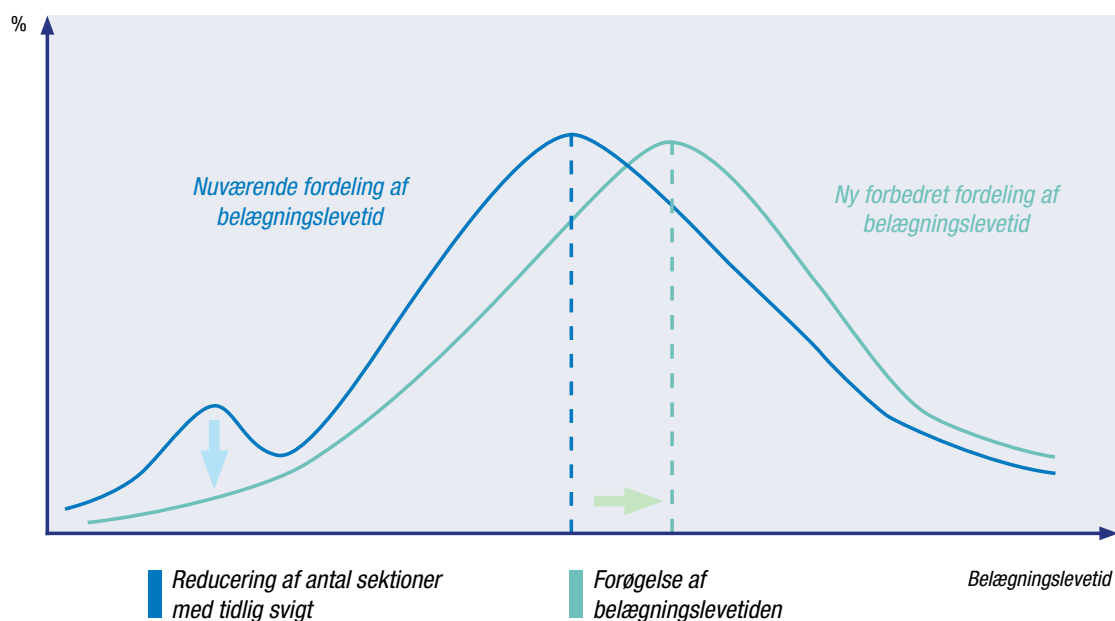
Investeringsfordele

Vi mener, at vi skal ændre måden hvorpå samfundet investerer i vejnettet. Vejkapitalen skal sikres med velovervejede investeringer ud fra økonomiske perspektiver og miljømæssige påvirkninger. Øget levetid på belægninger vil give et positivt afkast på økonomien med mindre driftomkostninger til følge. Den opnåede besparelse kan ved geninvesteringer i vejdrift og -vedligehold, være med til at hæve niveauet på det samlede vejnet. Samfundsmæssigt opnås reducerede omkostninger til brændstofforbrug, færre ulykker, færre nedlukninger af vejnettet dvs. mindre tidsforbrug på vejene ved kødannelser, til

gavn for mobiliteten. Ved anvendelse af asfaltarmering, kan støjgener fra revner og ujævnheder i mange tilfælde reduceres væsentligt. Derfor er helhedsperspektivet enormt vigtigt for investeringsafkastet.

I Norge har man undersøgt den økonomiske betydning af at få asfaltbelæggningerne til at holde længere, da man oplever alt for mange nedbrud af vejbelæggninger på kort tid. I undersøgelsesprogrammet "Varige vege" (oversat: holdbare veje) fra 2011-

2015 var formålet, at finde de typiske fejl og skader og andre årsager, man bør undgå for at mindske høje driftomkostninger på vedligehold af belæggninger. I studiet anvendte man en 15 års frekvensmodel for udskiftning og retablering af nye belæggninger på hele det norske vejnet. Ved blot 3 års forøgelse af levetiden kunne staten over en 20 års akkumuleret periode få en besparelse på mellem 250 og 700 millioner euro. Derfor er incitamentet for holdbarhed også økonomisk rentabelt for samfundet.



Konklusionen på rapporten var at der var et behov for bedre teknologi og faglig ekspertise inden for vejvedligeholdelse. Der var alt for mange tidlige skader grundet dårlige udførelsesarbejder, og mangel

på gode kravsbeskrivelser ift. kontrol af det udførte arbejde, gennem udnyttelse af teknologi til optimering af udført arbejde.





Reference 1

PROJEKT: Bolig- og byveje / Forstærkning af boligvej i 2017
STED: Tjæreborg - Esbjerg Kommune
TRAFIK: Boligvej - Vesterled, Tjæreborg
PLACERING: Under slidlaget - 30 mm SMA
PROBLEM: Ældningsrevner på hele fladen, ingen tegn på bæreevnesvigt



Udførelse af nyt slidlag armeret med S&P Carbophalt® G 200/200 i 2017

Der er i 2022 observeret større revner på stikveje, som blev lavet samtidig men uden armering. Revnegennemslagene er af samme karakter som tidligere og ligger i forskellige retninger. En enkelt kort sætningsrevne (ca. 30 cm) er observeret i den armerede belægning, hvor der manglede opretning forinden udlægning af armering. Dette er et godt eksempel på, hvor vigtigt det er at lave opretning og forsegling af revner, inden der udlægges armeringsnet under nyt slidlag.



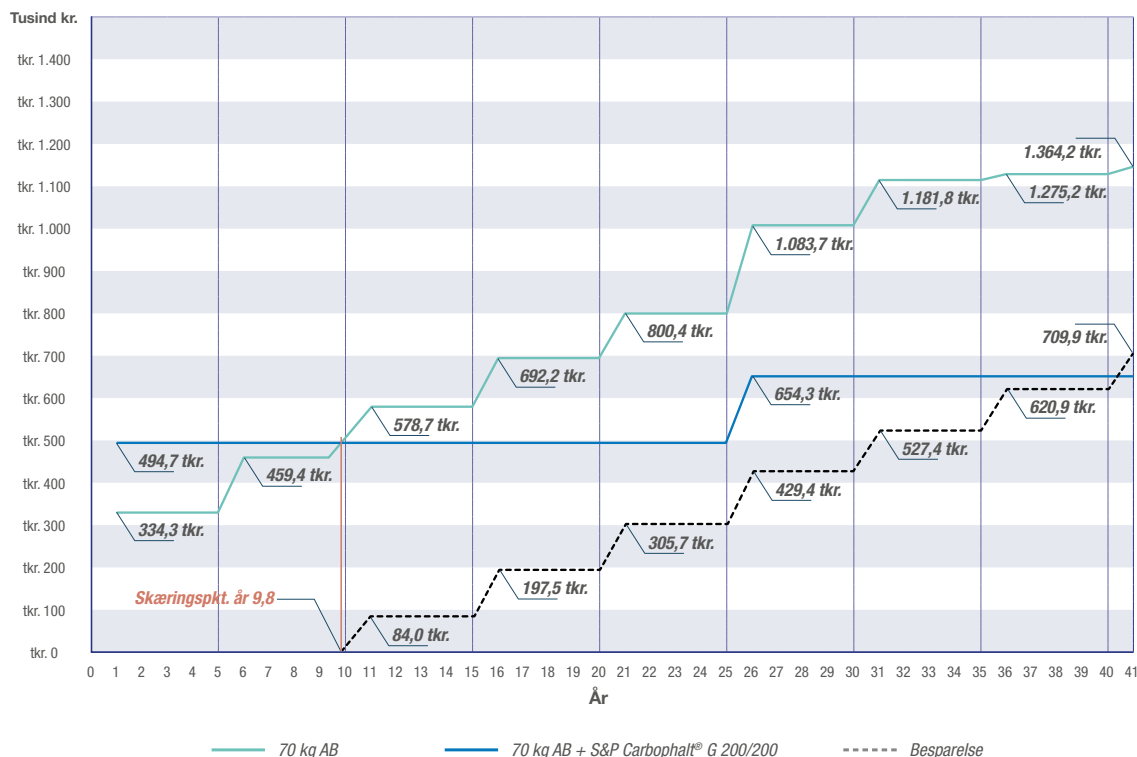
Revner på stikveje observeret i 2022

Vi har lavet en sammenligningsmodel for vedligeholdelse af Vesterled. Omkring år 10 ses skæring mellem en traditionel vedligeholdelsesmodel og en armeret model. Herefter er investeringen tjent hjem og besparelsen øges herefter gradvist frem mod år 42. Grundtankerne i en nutidsvurdering er den nutidige ("i dag") værdi af en række fremtidige indtægter og udgifter, når man tager hensyn til renten. Beregningen bruges til at bedømme, om en investering kan betale sig, samt sammenligning af alternative investeringer. For vejkonstruktioner benyttes normalt en tidsperiode på mindst 40 år. Begrebet tilbagebetalingstid bygger på en samlet vurdering af anlægsinvestering såvel som drifts- og vedligeholdelsesomkostninger.

Den blå graf viser løsning med S&P Carbophalt® G 200/200, hvor der udskiftes slidlag efter 24 år. Den grønne graf viser et alternativ med forsegling hvert 5. år og hvor slidlag ligeledes udskiftes efter 24 år.



God tilstand af stamvej observeret i 2022



Grafen viser totaløkonomiske omkostninger for to forskellige vedligeholdelsesmodeller på det viste projekt.

Reference 2

PROJEKT:	Bolig- og byveje/ Forstærkning af vejkrøds i 2019
STED:	Vestre Ringvej - Vejlevej, Fredericia Kommune
TRAFIK:	NÆ10/år = 1.58 mio (Vestre Ringvej), NÆ10/år = 1.1 mio (Vejlevej)
PLACERING:	Under 6 cm ABB og 4 cm slidlag
PROBLEM:	Dårlige og uhomogene gennemrevnede bærelag



Belægningstilstand efter fræsning, revnet og uhomogent

Krydset Vejlevej – Vestre Ringvej er et af Fredericias mest belastede vejkrøds, Vestre Ringvej er adgangsvej til både havnen og det nordlige industriområde.

Krydset var ombygget ad flere gange, og der havde været foretaget opgravninger i forbindelse med etablering af fjernvarmeledninger. Belægningen fremstod med mange revner, og flere steder var der tegn på bæreevneproblemer. Borekerner viste, at belægningstykkelsen varierede fra ca. 20-30 cm og enkelte steder ned til 15 cm. Kernerne viste også, at belægningen havde mellem 4 og 7 lag, og flere af kernerne viste dårlig eller ingen vedhæftning mellem lagene.

Beregninger foretaget i MMOPP viste at krydsets asfaltbelægning som minimum burde bestå af 18-20 cm intakt belægning baseret på 20 års dimensioneringsperiode, hastighed på 30-50 km/t, bundmodul på 40 MPa, samt et intakt bundsikrings- (34-40 cm) og grusbærelag (16-20 cm). Det er dog yderst tvivlsomt om disse forudsætninger var tilstede, og hastigheden var ligeledes sat højt. S&P foretog også en vurdering ved brug af MMOPP med en gennemkørselshastighed på 20-30 km/t, og den viste en levetid på 14 år. Ved yderligere beregning med et reduceret E-modul på asfaltbærelaget på 1500 MPa (revnet bærelag), ville levetiden være helt nede på 12 år.



God tilstand uden synlige bæreevneproblemer i armerede områder, konstateret under observation i 2022

Der blev også foretaget en simulering af sporkøring i svingbanerne, hvor kun slidlag skulle udskiftes. Simuleringen viste at sporkøring allerede efter 10 år med stor sandsynlighed ville være >10 mm.

Kunden valgte på baggrund af beregningerne at udlægge S&P Carbophalt® G 200/200 asfaltarmering i selve krydset og overbygge den med 6 cm ABB type 16 og 4 cm SMA 11. Svingbaner blev armeret med S&P Carbophalt® G 120/200 for at forbygge sporkøring, overbygning 4 cm SMA 11.

Da asfalten blev bortfræst under projektet viste det sig at bærelag flere steder var væsentlig tyndere og dårligere end forventet. De dårligste områder blev udskiftet.

Bæreevneforstærkningen med S&P Carbophalt® G 200/200 forventes at øge levetiden til mere end de 20 år.

Reference 3

PROJEKT: Landevej - Forstærkning af kant, højre hjulspor i 2017
STED: Hedevej, Hjøllund - Silkeborg Kommune
PLACERING: Under slidlaget - 40 mm AB
PROBLEM: Udmattelsesrevner, bæreevnesvigt



Revnet sideudvidelse, 2017



Billede af fræst overflade påført emulsion før udlægning af armering

Vejen er til- og frakørselsvej til en grusgrav. Vejen var tidligere en grusvej, og den er ikke bygget efter forskrifterne for den trafikbelastning (Æ10 - 70 lastbiler/dag svarende til trafikklasse T3) den udsættes for. Pga. den smalle vejbredder kører lastbilerne ofte på kanterne af vejen, hvilket har forårsaget brud og udskrivning af asfaltbelægningen. Samtidig står belægningen flere steder under vand, på grund af dårlig afvanding på strækningen, hvilket samlet set accelererer nedbrydningen.

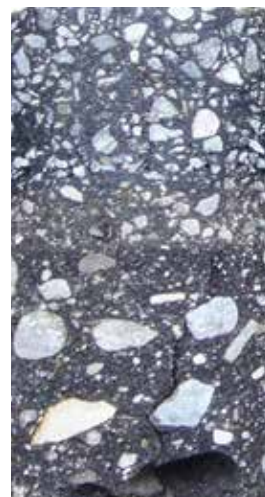
Tidligere havde man lavet gentagne reparationer med blot 2 års holdbarhed. Så i 2017 forstærkede man ca. 2 km med S&P Carbophalt® G 1,5 m ind fra kanten i højre hjulspor i nordgående retning fra indkørslen til grusgraven.





Generelt god tilstand observeret i 2022

Vejen er løbende holdt under observation og enkelte steder, hvor der ikke blev foretaget udskiftning af krakeleret (type E i revneudvikling side 40) belægning som ligger under vand i våde perioder, er skader registreret igen i 2018. Resten af strækningen holder rigtig godt på trods af større langsgående revner, som ikke blev udbedret inden armeringen blev udlagt.



Borekerner udtaget før projektudførelse

Reference 4

PROJEKT: Revnearmering af hovedlandevej - Vejdirektoratet
STED: Holstebro Ringvej, HLDV 423 på rute 16
TRAFIK: 13.600 ÅDT
PLACERING: Under slidlaget - 40 mm SMA
PROBLEM: Revnegennemslag fra betonplader



Asfaltentreprenørens udlægning af slidlaget på etape 1

På en tungt trafikeret hovedvej/ringvej rundt om Holstebro blev der forstærket med S&P Carbophalt® G 200/200 under slidlaget.

Etape 1 - 2018

Udlægningen af 11.500 m² asfaltarmering blev udført i løbet af to nætter af et hold på 4 mand.

Etape 2 - 2020

Fortsættelse af etape 1 om mod vejkrydset ved Herningvej. Her blev i alt udlagt 12.000 m².

Formålet var at sikre mod refleksionsrevner fra underliggende betonplader.

Asfaltentreprenøren opnåede en tidsmæssig fordel i forhold til en traditionel løsning, med bassinfræsninger for hver revne, på den 1,4 km lange strækning.



Ringvejen etape 2, observeret i 2022

Stort set ingen revner, ganske få ved dårligt understøttede betonplader, hvor vertikal bevægelse finder sted. Armeringen optager ikke vertikale kræfter, men vil fastholde asfalten imod større afskalninger.

For mere information omkring revneudvikling i stive belægninger kombineret asfalt- og betonbærelag se side 40.

Reference 5

PROJEKT:	Motorvej M60 2017-2019 - Vejdirektoratet
STED:	Armering af samlinger og to eksisterende vejspor, E45 - Skanderborg-Aarhus S
TRAFIK:	ÅDT = Ca. 71.000 i hver retning
PLACERING:	Mellem GAB og ABB lag
PROBLEM:	Armering af samlinger og sikring mod revnegennemslag



Udvidelse af E45 ved Skanderborg, etape 2 i 2018

E45 skulle udvides grundet øget trafik på strækningen og Vejdirektoratet ønskede en smidig proces med mindst mulig gene for trafikken under udførelsen. Derfor opgraderede man under 1. etape i 2017 først nødsporerne i begge sider, til at kunne bære den tunge trafik som trafikafviklingen under udbygningen ville medføre. Udvidelsen med det tredje spor mod midterrabatten, blev udført i 2018 som

etape 2. Etape 3, som blev den sidste i udvidelsen, var en opretning af vejens længdeprofil, for at sikre bedre kørekøkomfort, reducere rullemodstanden og brændstofsforbruget. Dette blev gjort ved hjælp af 3D-fræsning med et specielt udstyr, som medførte varierende tykkelse i de eksisterende asfaltbærelag. Løsningen blev armering under de nye asfaltlag.



E45 ved Skanderborg i 2022

S&P Reinforcement leverede løsningen til alle 3 etaper i form af S&P Glasphalt® G. Ved 1. etape sikrede man samlingen mellem den eksisterende vejkasse i det tunge spor og den nye vejkasse i nødsporet. I alt ca. 30.000 m² asfaltsarmering leveret og udlagt. I etape 2 blev samme løsning anvendt, idet man sik-

rede samlingen mellem det nye tredje spor og eksisterende vejkasse. I etape 3 skulle der bæreevne-armeres og sikres mod evt. gennemslagsrevner, så man valgte at lægge fulddækkende armering ud på de 2 tunge spor på hele strækningen. I alt ca. 250.000 m².

Reference 6

PROJEKT: Motorvejsreparationer M40 i 2016 - Vejdirektoratet
STED: E20 - Fredericia V mod S i det tunge spor
TRAFIK: NÆ10/døgn = Ca. 6.100
PLACERING: På HBB-lag og mellem bærelag og slidlag
PROBLEM: Bæreevneproblem - udvasket HBB-lag



Udlagt S&P Carbophalt® G – klar til slidlag

Strækningen, der blev udført i 2016, er en meget trafikeret motorvejstrækning efter sammenfletningen fra Vejle og Kolding mod Odense. På strækningen havde man tidligere forsøgt at forstærke asfalten på anden vis nogle steder, men efter blot 1 års levetid var det nødvendigt at reparere genopståede skader.

S&P Carbophalt® G blev løsningen, og her blev armeringen udlagt på det udvaskede HBB-lag samt under et nyt slidlag.

Reparationsprojektet bestod af en række delstrækninger. Der blev bl.a. armeret henover underføringer, hvor samling mellem underliggende brodæk og underbund blev forstærket på en enkelt strækning.



Strækning med S&P Carbophalt® G på HBB-lag samt mellem bærelag og slidlag i 2022

Strækningen er fulgt løbende siden etableringen i 2016. Trafiktællinger fra Vejdirektoratet giver et billede af den trafik, strækningen har været udsat for de sidste mange år. Vi har i 2022 registreret ganske

få skader af mindre betydning, primært på grund af for meget overhøjde i slidlagsbelægningen udført i 2016, samt i samlingen mellem gammel asfalt og reparation, hvor armeringen ingen effekt har.

Reference 7

- PROJEKT:** Lufthavn - Billund lufthavn, 2019-2020
STED: Forplads og standpladser 25-36
PLACERING: På HBB-lag og på ABB-lag under slidlag
PROBLEM: Høje statiske laster og reduktion af revner for øget sikkerhed imod flyskader



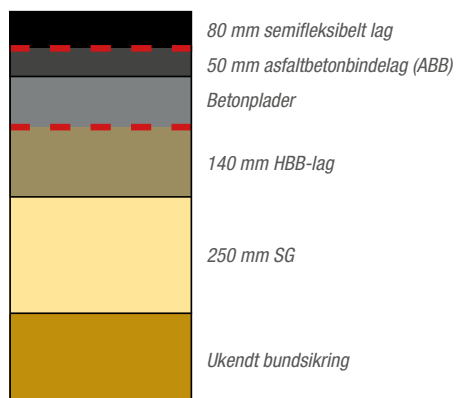
Reparationer af standpladser Billund lufthavn 2019

I maj 2002 blev den nuværende passagerterminal indviet, og den tilhørende forplads med 15 standpladser taget i brug. Forpladsen er næsten 500 meter lang og 50 meter bred.

Lufthavnen har de senere år haft en stor vækst i passagerantal, og det har medført et behov for at kunne håndtere større flytyper. I forbindelse med renovering af forpladsen, skulle de eksisterende betonstandpladser derfor udvides.

S&P Carbophalt® G 200/200
armeringsnet

S&P Carbophalt® G 200/200
armeringsnet





Klargøring af overflade ABB lag



Installation af S&P Carbophalt® G 200/200 på ABB lag

Lufthavnen valgte en løsning hvor det ny slidlag skulle udlægges som fugefri halvstiv belægning. Bærelaget blev udført som cementstabiliseret HBB-lag med revneanvisere. Der blev udlagt S&P Carbophalt® G 200/200 på HBB-laget for at forhindre revnegennemslag til det overliggende ABB-lag. Der blev ligeledes udlagt S&P Carbophalt® G 200/200 mellem ABB-

laget og slidlaget, for at mindske revner som følge af krybning ved temperaturændringer.

Armeringen med S&P Carbophalt® G 200/200 er med til at sikre lang levetid af forpladsen, samt forebygge revner, der kræver omgående reparation for at forhindre "Foreign Object Damage", som er en betegnelse for elementer der kan skade flyene.

Reference 8

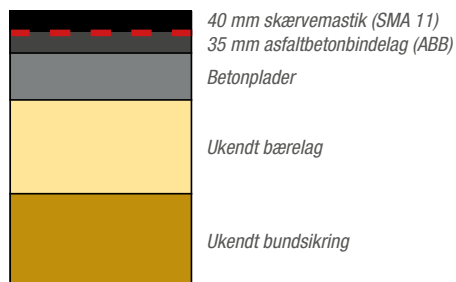
PROJEKT: Lufthavn - Århus lufthavn 2021
STED: Runway 10R/28L, Taxiway Zulu
PLACERING: Under slidlag
PROBLEM: Kritisk tilstand på skadede betonplader



S&P Carbophalt G® 200/200 asfaltarmering udlagt på ABB lag i den vestlige ende af landingsbanen

Århus lufthavns belægninger er oprindeligt udført som betonplader. I dag er det meste af landingsbanen overbygget med asfalt, men ca. 155 m i hver ende af landingsbanen (10R/28R) og dele af rullebanerne Zulu ligger stadig som betonplader, der ikke har fået asfaltbelægning. Betonoverfladerne i den vestlige ende af landingsbanen og på rullebanen Zulu er efterhånden så nedbrudte, at der er øget fare for skader på flyene fra beton fragmenter (FOD - Foreign Object Damage).

*S&P Carbophalt® G 200/200
armeringsnet*





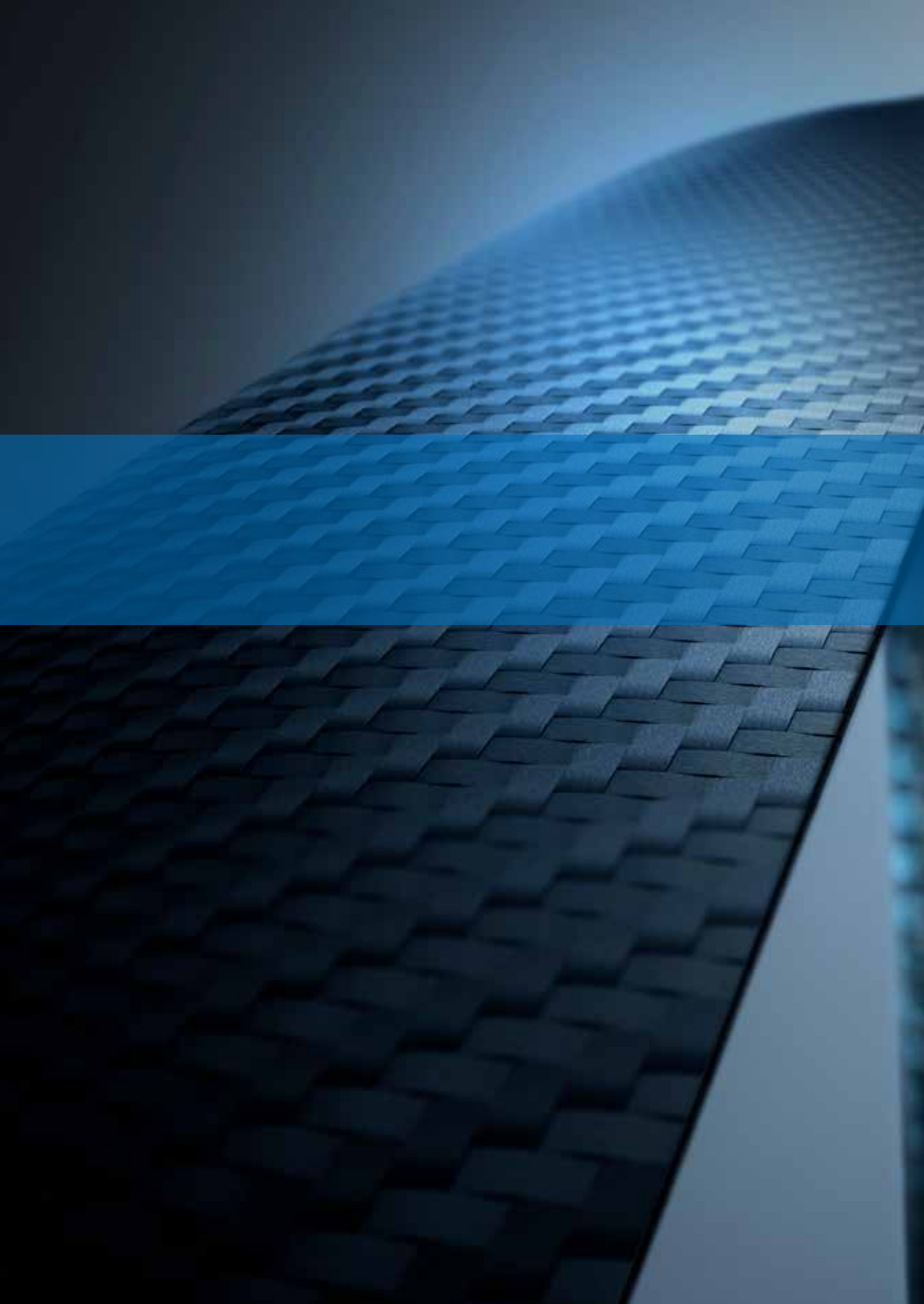
Færdig udlagt asfalt i 2021

På baggrund af den kritiske tilstand på betonpladerne valgte lufthavnen, at overbygge betonarealerne med asfalt. Da eksisterende beton- og asfaltoverflade lå i samme niveau måtte dele af betonpladerne bortfræses for, at der kunne udlægges to lag asfalt med S&P Carbophalt® G 200/200 asfaltarmering imellem.

S&P Carbophalt® G 200/200 skal sikre, at pladernes horisontale bevægelse ikke giver gennemslags-

revner fra betonpladernes samlinger. Når pladerne er i bevægelse sikrer asfaltarmering med sit høje E-modul, at spændingerne fordeler sig ud i den armerede asfaltoverbygning.

Lufthavnen opnår med denne løsning udgiftsbesparelser til drift med forventet længere levetid på belægningen.



Produkter

Hos S&P er vi stolte af at være specialister i forstærkningsløsninger. Armering er i vores DNA.



A Simpson Strong-Tie® Company

S&P Glasphalt® G		Længderetning	Tværretning
Mekaniske værdier	Enheder	Glasfiber	Glasfiber
E-modul	N/mm ²	> 73.000	> 73.000
Forlængelse	%	3 (± 0,3)	3 (± 0,3)
Trækstyrke	kN/m	120	120
Fibertværsnit	mm ² /m	46 (51 fibertråde)	47 (52 fibertråde)
CE-mærkning	Dette produkt er i overensstemmelse med EN 15381:2008		



PRODUKTDATA

Generisk beskrivelse

Bitumenimprægneret asfaltarmering

Struktur

Længderetning: Glasfiber

Tværretning: Glasfiber

Udseende

Sort, bitumenimprægneret glasfibernet

Dimensioner

Rullebredde: 0,97 m / 1,50 m / 1,95 m

Rullelængde: 50 m

Maskestørrelser

15 mm x 15 mm

Opbevaring

Varerne skal opbevares i original indpakning, tørt og beskyttes mod direkte sollys

S&P Glasphalt® G
Stærk

S&P Carbophalt® G

S&P Carbophalt® G		Længderetning	Tværreretning
Mekaniske værdier	Enheder	Glasfiber	Kulfiber
E-modul	N/mm ²	>73.000	>265.000
Forlængelse	%	3 (±0,3)	1,5 (+0,2)
Trækstyrke	kN/m	120	200
Fibertværsnit	mm ² /m	46 (51 fibertråde)	46 (52 fibertråde)
CE-mærkning	Dette produkt er i overensstemmelse med EN 15381:2008		



S&P Carbophalt® G
Stærkere

PRODUKTDATA

Generisk beskrivelse

Bitumenimprægneret asfaltarmering

Struktur

Længderetning: Glasfiber

Tværreretning: Kulfiber

Udseende

Sort, bitumenimprægneret kulfiber-/glasfibernet

Dimensioner

Rullebredde: 0,97 m / 1,50 m / 1,95 m

Rullelængde: 50 m

Maskestørrelser

15 mm x 15 mm

Opbevaring

Varerne skal opbevares i original indpakning, tørt og beskyttes mod direkte sollys

S&P Carbophalt® G 200/200		Længderetning	Tværretning
Mekaniske værdier	Enheder	Kulfiber	Kulfiber
E-modul	N/mm ²	>240.000	>265.000
Forlængelse	%	1,5 (+0,2)	1,5 (+0,2)
Trækstyrke	kN/m	200	200
Fibertværsnit	mm ² /m	46 (51 fibertråde)	46 (52 fibertråde)
CE-mærkning	Dette produkt er i overensstemmelse med EN 15381:2008		



PRODUKTDATA

Generisk beskrivelse

Bitumenimprægneret asfaltarmering

Struktur

Længderetning: Kulfiber

Tværretning: Kulfiber

Udseende

Sort, bitumenimprægneret kulfibernet

Dimensioner

Rullebredde: 0,97 m, 1,50 m, 1,95 m

Rullelængde: 50 m

Maskestørrelser

15 mm x 15 mm

Opbevaring

Varerne skal opbevares i original indpakning, tørt og beskyttes mod direkte sollys

S&P Carbophalt® G 200/200
Stærkest

S&P asfaltarmeringsudlægger



S&P asfaltarmeringsudlægger	
Total vægt uden armering)	ca. 750 kg
Mål (bredde x længde x højde)	1,0 x 2,4 x 1,6 [m]
Drivkraft	Drives af minilæsser med gaffer (min. 2 tons løftekapacitet)
Tilbehør	2 x 10 kg gasflasker (stål) til brændere, smøremiddel (asfaltrens/sæbe) til stålhjul
CE-mærkning	Dette produkt er i overensstemmelse med EU's maskindirektiv (Directive machine 2006/42/CE)





Projektering

PROJEKTERING MED ARMERING

En vejkonstruktion er opbygget af flere lag af forskellige materialer. Hvert lag har forskellige egenskaber så vejkonstruktionen opfylder forskellige krav:

1. Trafikanternes sikkerhed som friktions-refleksionskrav.
2. Komfort målt ved jævnhed og støj.
3. Vejens holdbarhed over for trafikbelastning målt som akseltrykket på belægningen.
4. Klimapåvirkning som er omgivelsernes påvirkninger fra luftforureninger, vejrforhold og kemikalier.

Det er derfor vigtigt allerede i designfasen at indtænke, hvilke tiltag der kan sikre at vejkonstruktionen opfylder ovenstående krav, når man skal bygge nye veje. Godt vejdesign kan sikres med asfaltarmering. Ved at indtænke asfaltarmering i nye vejopbygninger udviser man rettidig omhu, ved at øge bæreevnen, og dermed forlænge levetiden af den nye vej. Man kan også reducere asfalttykkelsen, og opnå en besparelse i asfaltforbruget her og nu. Ved at armere sine asfaltbelægnings på forhånd, og altså længe inden eventuelle skader ville være opstået, opnår man en forstærkende effekt i hele vejens levetid, og udgiften til asfaltarmeringen vil således hurtigt være tjent hjem.

Et eksempel kan være boligveje i nye udstyknin-ger, hvor man ofte ser at der udlægges et GAB-lag, som ikke bliver overdækket med slidlag, før udstykningen er udbygget. Det tager typisk nogle år, og ganske ofte når der at opstå revner i GAB-laget inden slidlaget kommer på, på grund af al den tunge trafik i byggeperioden. Disse revner vil så slå op igennem det helt nye slidlag. Det giver en masse utilfredshed og frustration hos de nye boligejere. De kan naturligvis hverken forstå eller acceptere, at deres helt nye vej er fyldt med revner. Hvis man armerer GAB-laget fra start, opnår man en ekstra styrke til at tage belastningen fra den tunge byggetrafik, og man får et slutresultat efter udlægning af

slidlag, som vil holde sig pænt i mange år frem. Til glæde og økonomisk gevinst for både grundejere og vejbestyrelse.

Eksisterende veje, der allerede er bygget og i driftsfasen, og som ikke kan overholde kravsspecifikationerne, kan forbedres alt efter hvilke skadestyper og hvilket stadie af nedbrydning vejbelægningen befinder sig på. Dette beskrives yderligere i de efterfølgende afsnit om de forskellige skadestyper.

Opbygning af vejkonstruktioner

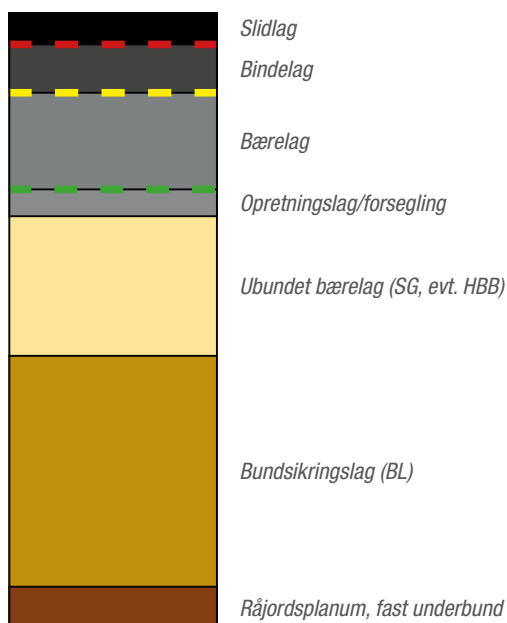
En vejkonstruktion er opbygget af følgende lag:

- Øverste lag er slidlaget, et asfaltlag, som kan bestå af forskellige typer med forskellige egenskaber. Det skal opfylde de førnævnte sikkerheds- og komfortkrav, der stilles til vejkonstruktionen
- Bindelaget er et overgangslag mellem bære- og slidlag og skal hindre deformation (sporkøring) i belægnings overflade
- Bundet bærelag, som regel GAB (GrusAsfalt-Beton), som er en asfalt med en grov struktur med relativt store stenstørrelser, hvilket giver en god bærevne, som har til formål at lastfordele trykket fra trafikbelastningen
- Ubundet bærelag af stabiltgrus (SG). SG findes i flere kvaliteter, alt efter om de grove fraktioner består af runde sten, eller nedknust granit med huggede flader
- Bundsikringslaget er nederste lag i vejkonstruktionen og består af sand eller grus. Bundsikringslaget skal fungere som dræn og modstå frostdannelse gennem lagets kapillarbrydende struktur. Tykkelsen bestemmes af om råjorden er frostfarlig eller ej
- Råjordsplanum, der i Danmark oftest består af sand eller moræneler, idet eventuelle jordarter med dårlig bæreevne graves bort inden videre opbygning af vejen

Asfaltbelægninger er den belægningstype vi har mest af på de danske veje. Asfalt er et fleksibelt materiale, da bindemidlet bitumen, der holder stenskellettet sammen, er viskøst (Viskositet er en væskes træghed eller dens indre friktion). Der findes også stive belægninger, hvor de ubundne bærelag cement stabiliseres (HBB-lag) eller de bundne bærelag kombineres med opslemmet tyndtflydende cement (halvstive belægninger).

Der skal også her nævnes højmodulsasfalt (HM-A) med styrker op til 13K MPa. og der findes også enkelte betonbelægninger.

Mange eksisterende veje i Danmark er designet ud fra givne trafikklasser 1-5, hvor 1 er mindst trafikbelastede og 5 er mest trafikbelastede veje. Der anvendes i udbredt grad opslagsværker i tabelform til forskellige vejkonstruktioner til de forskellige trafikklasser. Designet af vejkonstruktionens opbygning kontrolleres ofte med beregningssoftware. De eksisterende softwareprogrammer er endnu ikke egnede til at kunne håndtere beregninger med asfaltarmering og vi vil afslutningsvis i denne bog beskrive vores tiltag for udvikling af beregningssoftware, der kan tage asfaltarmering med i betragtning.

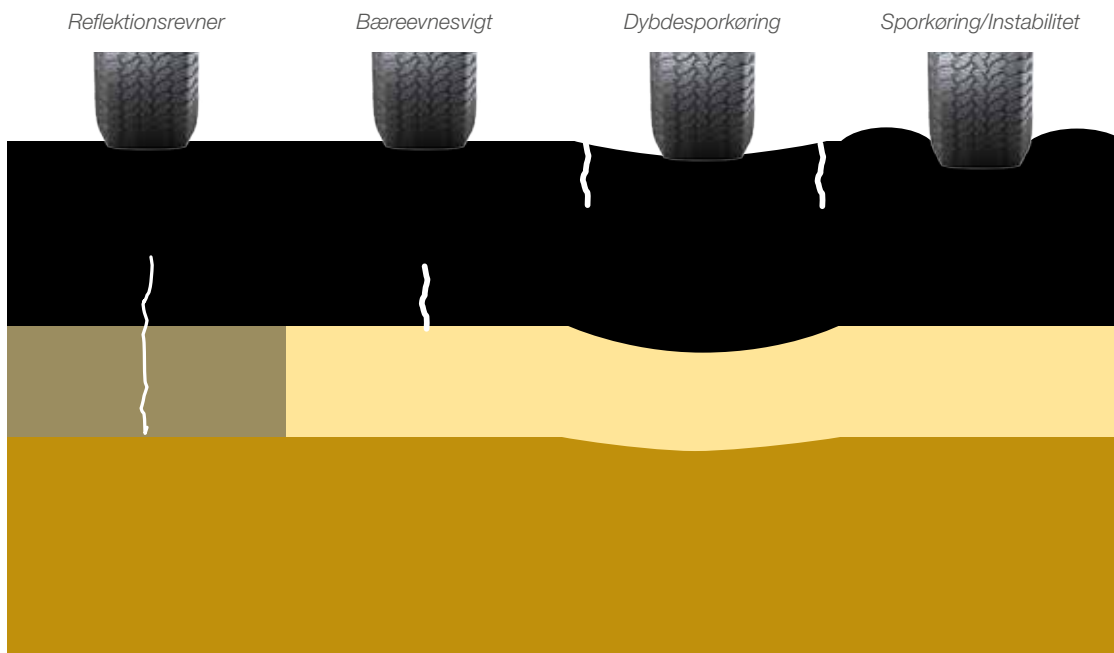


Den røde, stiplede linje er armering i overside af bundet bindelag under slidlag til reduktion af sporkøring, top-down revner og refleksionsrevner.

Den gule, stiplede linje er armering i underside af bundet bindelag til reduktion af refleksionsrevner samt reducere af tøjningerne/forøget bæreevne ved et gennemrevnet bærelag.

Den grønne, stiplede linje er armering i underside af bundet bærelag til reducere af tøjningerne/forøget bæreevne.

SKADESTYPER



S&P Glasphalt® G og S&P Carbophalt® G armering kan anvendes ved ovenstående udfordringer og skader

Der findes en del skadestyper for vejbelægninger, og vi har her i håndbogen valgt, at fokusere på de mest gængse skadestyper, hvor asfaltarmering kan anvendes. For yderligere beskrivelse af skadestyper henvises til vejregelhæftet: "Vejvedligehold - Vedligehold af færdselsarealet".

S&P Glasphalt® G og S&P Carbophalt® G armering kan anvendes til afhjælpning af ovenstående skadestyper.

Armeringens placering afgøres ud fra den givne problemstilling, man ønsker at løse, men ofte også ud fra et økonomisk perspektiv. Eksempelvis kan der i nogle tilfælde fræses af til underside ABB-lag på eksempelvis motorveje og lægges S&P Glasphalt® G, selv om den optimale placering af armeringsnettet kan være dybere. Alternativt anvendes dyrere materiale som S&P Carbophalt® G

200/200 så kan materialet lægges højere oppe i vejkonstruktionens bundne lag.

Ved at lægge armering i overside beskytter man slidlaget mod revnegennemslag, top-down revner, og man kan reducere sporkøring i asfalten. Lægges armeringen dybere opnås større bæreevne på de ubundne lag, da man opnår en stivere asfaltbelægning (de bundne lag), hvor fordeling af tryk-/trækkræfter fra hjullaster spredes ud over et større areal.

Lineærelastiske beregninger viser, at trykket på underbunden reduceres ved brug af armering i situationer, hvor asfalten optræder viskoelastisk.

Ved sideudvidelser er samlingen et svagt punkt og denne bør derfor armeres. Grunden hertil er, at bunden under den nye vejkasse kan sætte sig over tid, hvorimod den eksisterende vejkasse er stabil i underbunden efter mange års belastning.

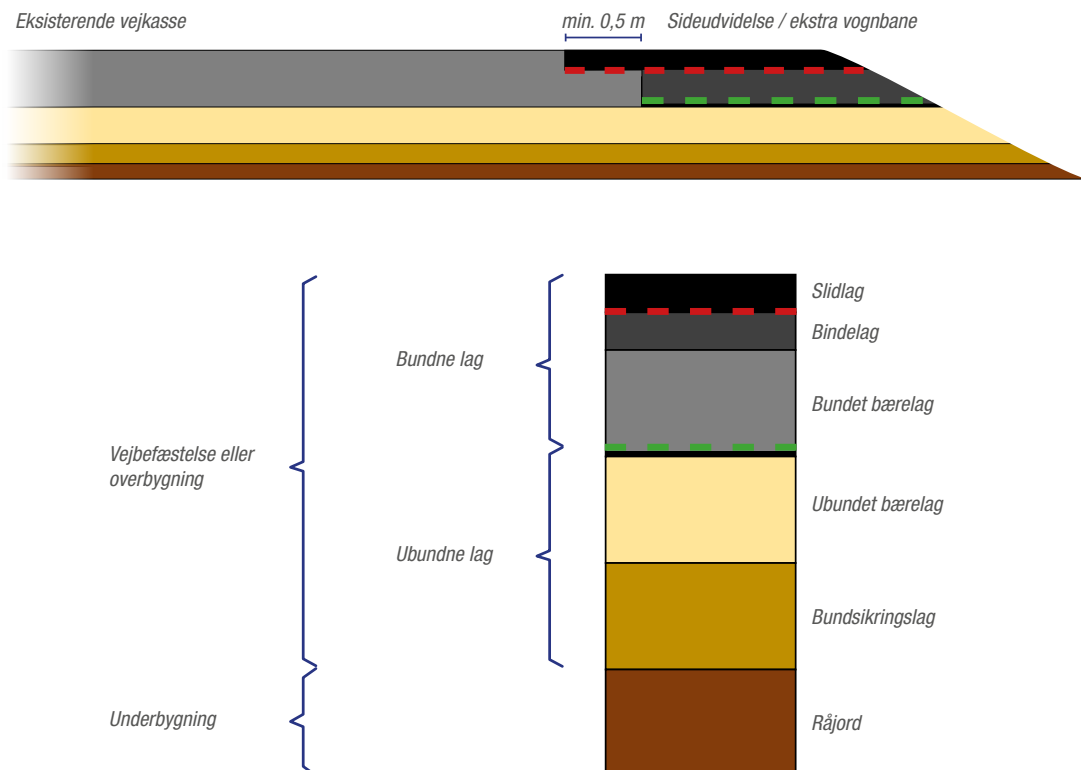
Hvis sideudvidelsen således sætter sig efterfølgende, forårsages træk i oversiden i form af en flytning udad. Problemet afhjælpes ved at placere armering højt i vejkonstruktionen under slidlaget. Bemærk at armeringen ikke optager de vertikale kræfter, men den vil i nogen grad holde sammen på asfalten.

Der anbefales min. 0,5 m forankring ind over den gamle vejkasse. Hvor det vurderes at der også er bæreevneproblemer, armeres yderligere i bunden af sideudvidelsen.

Der kan udlægges armering på en SG/CG overflade såfremt man anvender en membran af emulsion, som beskrevet i vejledning "HYDRAULISK BUNDNE BÆRELAG – VEJL." – august 2017, VEJ-REGLER.

Det anbefales altid at sikre mod vandindtrængning i konstruktionen, samt at sikre tilstrækkelig side-støtte af vejens skuldre.

"Vis vand væk" er vigtigt for at opretholde en "sund og stærk" vejkonstruktion. Ved opblødning af vejkonstruktionen mistes bæreevne eller i frost/tø-situationer kan vand i vejkonstruktionen være stærkt medvirkende til acceleration af skader. Derfor bør asfaltarmering være et åbent system med mulighed for vandgennemtrængning. Lukkede systemer vil fungere som en adskillende membran med afskalninger forårsaget af frosthævninger i asfaltlagene til følge.



KLIMA

I de skandinaviske lande designs vejkonstruktioner efter forskellige klimazoner og principper. Der henvises til de respektive landes til enhver tid gældende nationale regler, standarder og vejledninger. I håndbogen er der fokuseret på klimaets indvirkning på vejbelægningen.

I Danmark opereres med enkle tabelfunktioner for materialernes E-værdier i de forskellige klimaperioder (årstider). Der anvendes let modificerede udgaver af de svenske Vej-reglers klimaparametre for Skåne-regionen. Tabellen nedenfor angiver periode-

længder og forhold mellem E-værdierne i de respektive perioder. E-værdier der anvendes i danske design, svarer til sommerperiodebetingelserne, hvor der er angivet en faktor på 1,0 for alle lag.

De stigende temperaturer hen over sommermånederne gør asfaltbelægningernes styrke (E-modul) svagere og det er undersøgt, hvilken indflydelse dette får for nedbrydningen af vejbelægningerne. Læs mere under afsnittet Bæreevne side 42.

Efterfølgende sider omhandler teoretisk viden, testforsøg og dokumenterede undersøgelser.

Periode	Dage	Temperatur °C	E ₁ faktor	E ₂ faktor	E ₃ faktor	E _m faktor
Vinter	49	-2	4	4,2	10	20
Vinter tø	10	1	3,7	0,33	10	10
Tøbrud	15	1	3,7	0,67	0,7	0,6
Senvår	46	4	3,1	1,0	0,85	0,8
Sommer	143	20	1,0	1,0	1,0	1,0
Hedebølge	10	35	0,3	1,0	1,0	1,0
Efterår	92	7	2,6	1,0	1,0	1,0

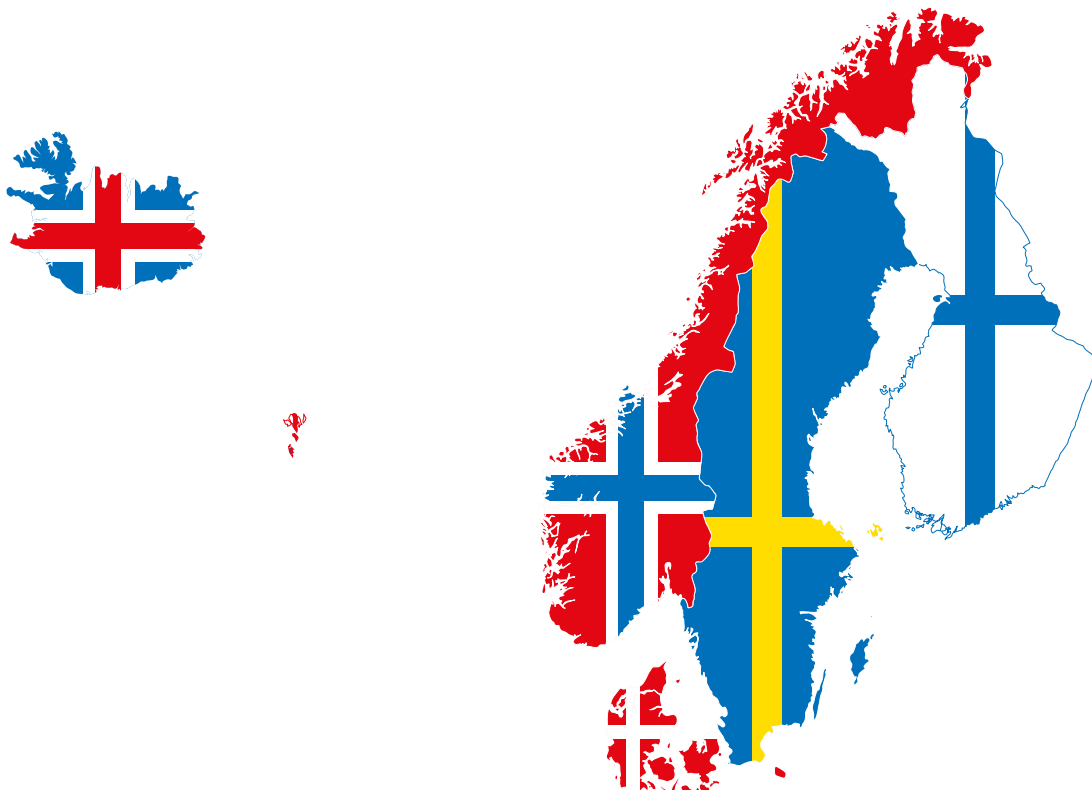
De globale klimaudfordringer stiller stigende krav til vores vejprojektering. I 2014 beskrev man i "Fremtidige Klimaforandringer i Danmark", rapport nr. 6 fra Danmarks Klimacenter forventningerne til:

- Højere middeltemperaturer
- Større årlige nedbørsmængder (men lavere om sommeren)
- Tiltagende middelvind
- Stigende havniveau
- Mere ekstreme vejrhændelser
- Hedebølger om sommeren
- Kraftigere nedbørshændelser

- Kraftigere storme (som sammen med stigende havvandstand vil øge stormflodshøjderne)

Disse blev opsummeret i en eksempelsamling "Klimahensyn i vejprojektering", marts 2017 fra Vejregelgruppen Veje og stier i åbent land.

I eksempelsamlingens oversigt over klimarelaterede påvirkninger, henvises til "Climate change, Extreme weather Events and the Highway System" NCHRP Report 750, Transportation Research Board, 2014. Oversigten (side 39) giver et godt billede af de hensyn ved vejprojektering vi skal sikre i de eksisterende og fremtidige infrastrukturprojekter.



Klimændring	Påvirkning af infrastrukturen	Påvirkning af trafik, drift og vedligehold
Ekstreme temperaturer	• Større bevægelse i konstruktioner • Opblødning af belægninger	• Revnedannelser med indtrængning af vand/salt • Sporkøring
Øget nedbør og kraftigere nedbørshændelser	• Nedsinking af rabatter • Overbelastning af afvandingssystemer og overbelastning af vandløbspassager • Opblødning af vejkasse • Stabilitet af konstruktioner • Stabilitet af skråningsanlæg • Borterobering af vejbefæstelse	• Oversvømmelser • Øget uheldsrisiko ved afkørsel • Lukninger af vejstrækninger til stabilitet er retableret • Afbrydelse eller ødelæggelse af anlægsarbejder • Spærring og oprydning ved jordskred over vejen
Kraftigere storme	• Ødelæggelse af vejudstyr	• Spærringer som følge af risiko for nedfaldende bygningsdele, stilladser mv. • Stormfald over veje • Lukning af broer og udsatte vejstrækninger
Stigende havvandstand	• Erosion af vejanlæg og konstruktioner ved kystveje • Øget kysterosion der fjerner den naturlige beskyttelse af veje • Øget saltpåvirkning af konstruktioner	• Vejlukninger som følge af oversvømmelse af strækninger • Større vedligehold på konstruktioner og anlæg

REVNER

Revner kan deles ind i flere kategorier, afhængig af det stadie, de befinder sig på eller, hvordan de er opstået.

Asfalthåndbogen, udgivet af Asfaltindustrien, beskriver nogle årsager og reparationsmetoder og henviser bl.a. til armering af belægninger ved revne-skader.

Refleksionrevner udvikler sig over tid, og gennemgår typisk en række stadier som illustreret herunder.

Revnegennemslag fra underliggende HBB lag (Hydraulisk Bundne Bærelag) skyldes ofte svindrevner, som opstår når materialet hærdet op. Disse revner kan forsætte op gennem asfaltlagene.

S&P Glasphalt® G og S&P Carbophalt® G armering kan afhjælpe skadeudviklingen effektivt, uden yderligere foranstaltninger frem til og med trin D, hvor man ved trin E og F skal foretage en fræsning samt udfyldning af de større revner.

Generelt kan armering ikke optage forskydningsrevner (vertikal bevægelse) i belægningen. Derfor er det vigtigt, at forstå brudmekanismen i den skadede belægning, og hvilken årsag der ligger til grund for den opståede skade.

Borekerner kan ofte være en fornuftig undersøgelse til at påvise årsagen. Der kan også anvendes Georadar (GPR = Ground Penetrating Radar), men det kræver specialister til at bedømme målingerne og metoden er aldrig slået rigtigt igennem i Danmark. Bæreevne målinger er også en god og anerkendt metode til vurdering af problemer med bæreevne og lastoverførsel (load transfer).

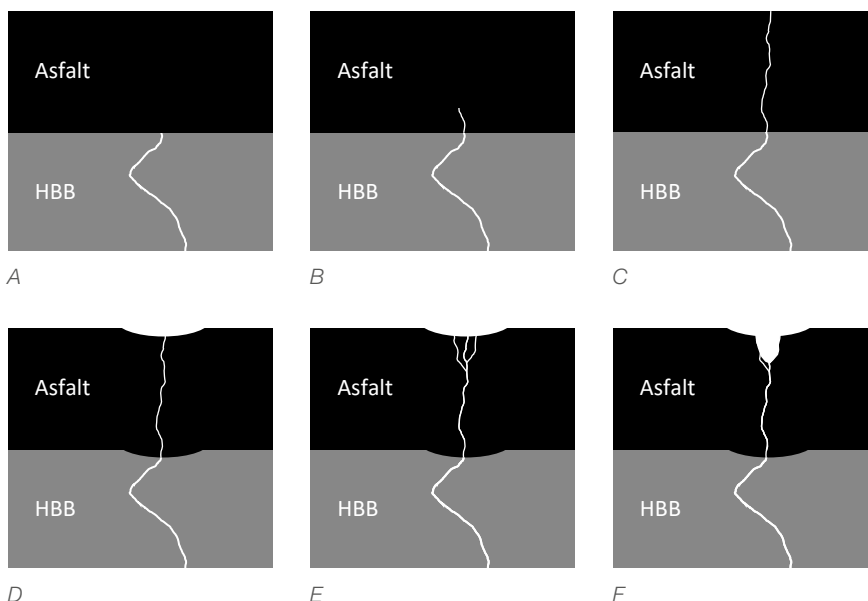
Ref.:

Asfalthåndbogen, Asfaltsindustriens Forlag,

Revner s. 71

Cementbundet bærelag på motorvej,

Vejdirektoratet, Notat 125, 2013



Trinvis revneudvikling A-F i et asfaltlag med underliggende HBB-bærelag



BÆREEVNE

Manglende eller reduceret bæreevne er en af hovedårsagerne til mange vejskader og derfor skal man sikre et godt og stærkt underlag. Man kan registrere bæreevnen af sin vejkonstruktion med faldlod eller hurtigt kørende deflektografer (TSD/RPT).

Størstedelen af nedbrydningen af asfaltbelægningerne sker i de 3 varmeste måneder af året, i henhold til det kriterium som anvendes i Danmark. Disse 3 måneder står for ca. 80% af udmattelsen over et år, så skal man øge levetiden, skal man reducere påvirkningen i den varme periode. Målinger udført med faldlod har vist at S&P Carbophalt® G bidrager til reduceret tøjning og øger styrken ved høje belægningstemperaturer.

S&P Carbophalt® G bidrager til reduceret tøjning og effekten øges ved højere belægningstemperaturer, idet S&P Carbophalt® G bevarer sin trækstyrke selvom temperaturen stiger.

Grafen på side 43 viser at E-modulet reduceres kraftigt ved øgede temperaturer (blå kurve), hvori- mod den armerede asfaltbelægning (grøn kurve) viser at S&P Carbophalt® G bidrager til et øget E-modul, som reduceres mindre ved øgede temperaturer.

Når en belægning deformeres under en belastning, er deformationen sjældent rent elastisk. Den indeholder ofte viskoelastiske eller plastiske deformationer ud over den elastiske deformation, og derfor kryber materialerne, også beskrevet som udmattelse.

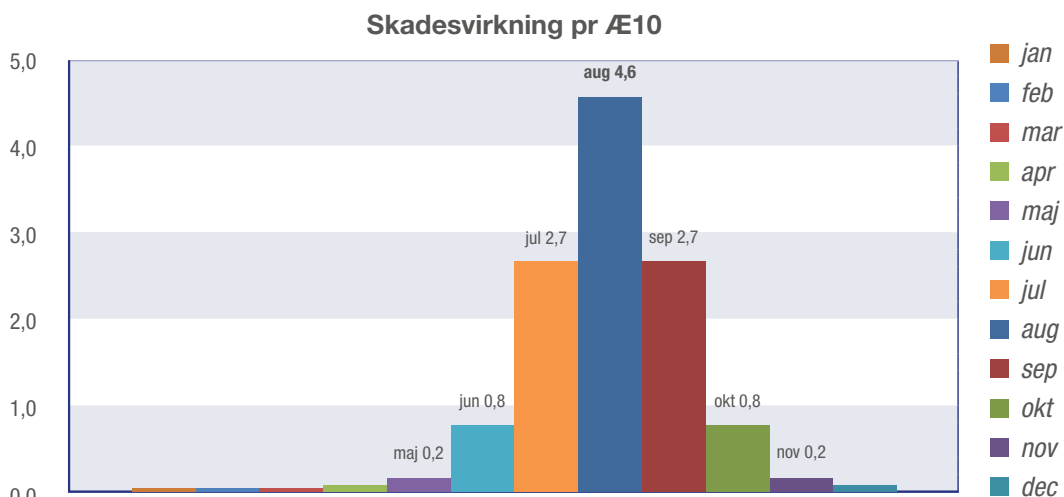
S&P Glasphalt® G og S&P Carbophalt® G har ikke disse egenskaber, men opfører sig derimod lineær elastisk, med konstant E-modul.

Asfalten vil med tiden hærde mere og mere op, idet bitumen oxideres. Dvs. at belægningen gradvist bliver stivere og mere sprød. Det vil på længere sigt medføre revner i en uarmeret belægning.

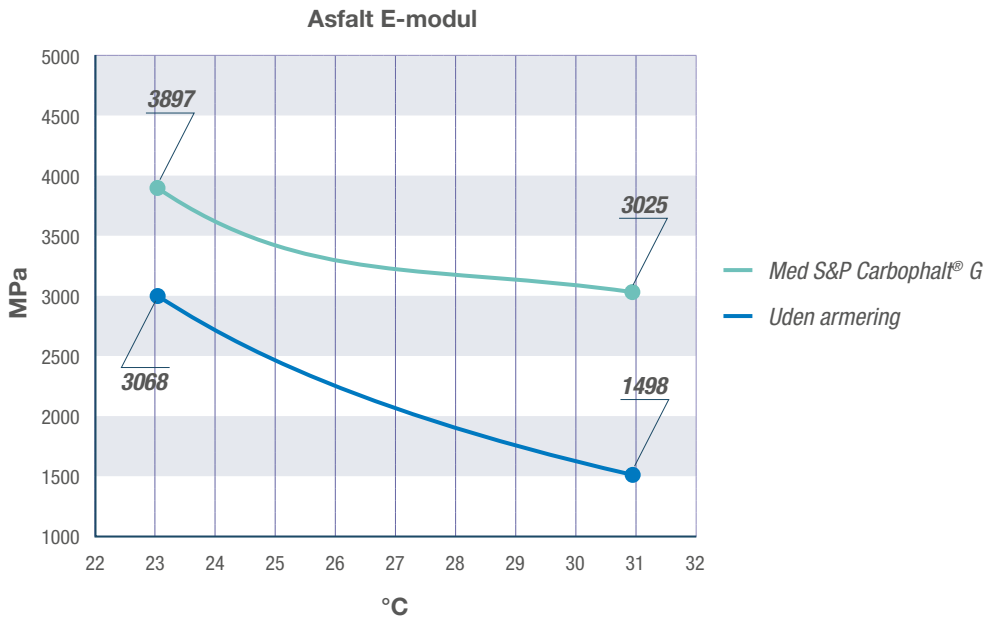
Ref.:

Rapport fra SWECO (Göteborg)

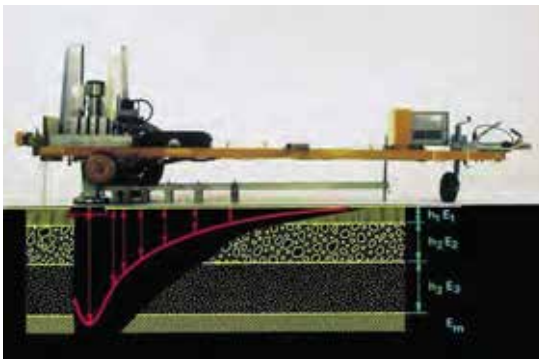
Per Ullidtz - Polyteknisk Forlag "Modelling Flexible Pavement Response and Performance"



Figuren viser skadesfaktorer hen over et år ved givne temperaturer



S&P Carbophalt® G bidrager til reduceret tøjning og øger styrken ved høje belægningstemperaturer



Principskitse af faldlod



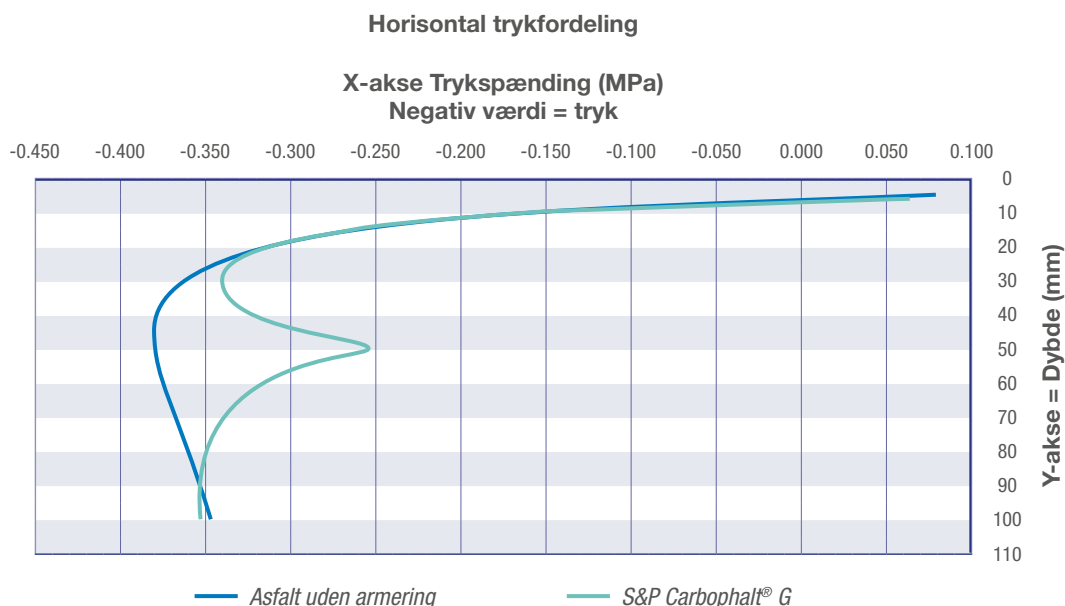
Vejdirektoratets faldlod indbygget i varebil

SPORKØRING

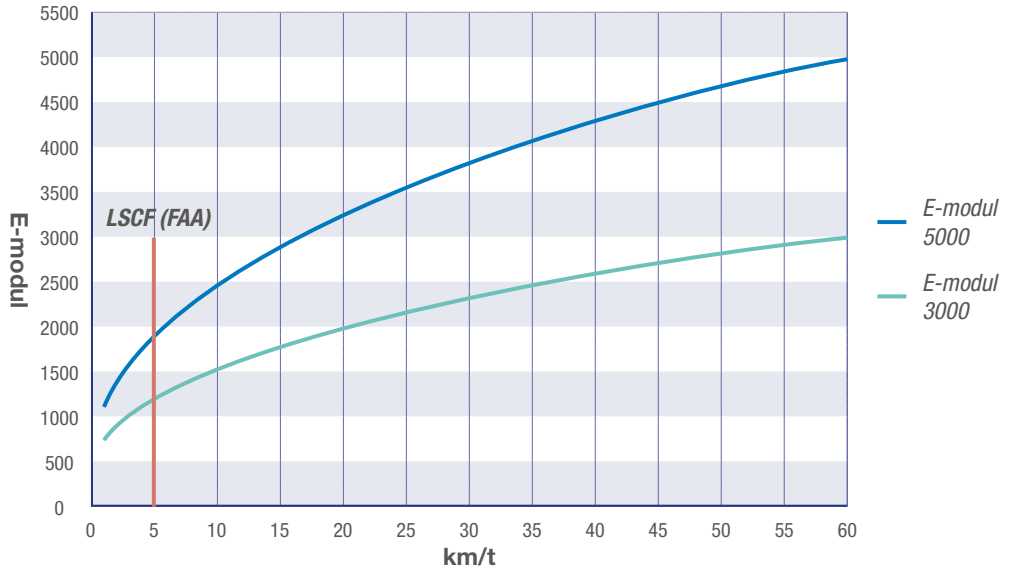
Der findes to former for sporkøring. Den ene er dybdesporkøring, som karakteriseres ved manglende bæreevne i de ubundne bærelag eller i underbunden. Den anden er instabilitet i asfaltmastikken, som sker i det øverste af de bundne lag. Årsager kan være dårligt tilslagsmateriale med manglende friktion, og for meget bitumen, der i de varme måneder bliver mere viskøs (flydende). Instabilitet opstår ved belastninger fra trafikkomprimering og vibrationer.

S&P armeringsnet i asfaltbelægningen vil forsinke instabilitet i asfaltmastikken, og dermed modvirke sporkøring.

Da S&P Glasphalt® G og S&P Carbophalt® G armering ikke er temperatur- eller hastighedsafhængig, vil armeringen reducere den horisontale trækspænding i asfalten og fastlåse asfaltmastikken mod flytning, som vist i grafen herunder.



Grafen viser beregninger fra beregningssoftware BISAR 3.0 (Shell), lasten er på 260,4 kN (fly) og med et kontaktryk 1,637 MPa. Armeringen er placeret i 50 mm dybde og det maksimale horisontale tryk ligger i en afstand på 0,26 m fra centrum.



Dynamisk belastning versus statisk belastning. Asfaltens egenskaber er forskellige i forhold til bevægelige laster og stillestående laster. Figuren viser at ved de lave hastigheder påvirkes asfalten af en tilnærmelsesvis statisk belastning, hvilket kan medføre sporkøring og instabilitet. Problemet er størst, når trafikken holder stille, f.eks. ved køkørsel eller i lyskryds og temperaturen er høj. Varmen svækker asfaltmastikken, og sporkøring opstår (se også afsnittet om bæreevne side 42-43).



Ved beregning af lufthavnsbelægninger anvendes af FAA (Federal Aviation Administration) en korrektionsfaktor på 0,3 ift. E-modul ved lave hastigheder (5 km/t). I figuren herover angivet som LSCF (Low Speed Correction Factor).

JÆVNHED

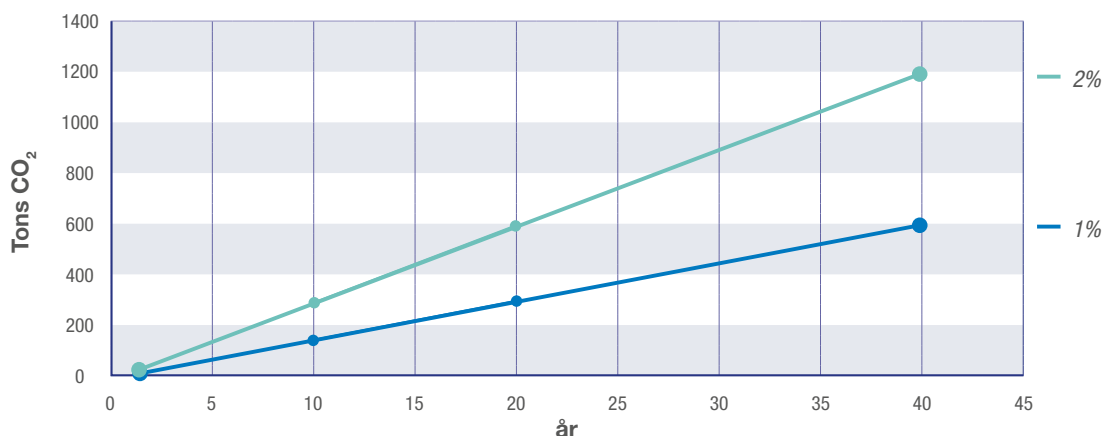
Betydningen af vejbelægnings jævnhed benævnt IRI (International Roughness Index) spiller en stor rolle i forhold til kørekomforten og slid på køretøjer, men har også stor indflydelse på brændstofforbruget når vi kører.

Vejdirektoratet har i samarbejde med adskillige andre parter i asfaltbranchen udviklet en ny asfaltbelægning KVS (KlimaVenligt Slidlag), der reducerer både støj og rullemodstand. For at KVS-belægningen skal virke kræves foruden den specielle asfaltmastik også at strækningen er meget jævn.

I TRB special report 286 angives følgende:

Ved 2 m/km reduktion i jævnhed (IRI) reduceres rullemodstanden gennemsnitligt med 10%, hvilket fører til 1-2% reduktion af brændstofforbruget. For de klima venlige slidlag (KVS) har VD antaget ca. 1,2% brændstofsbesparelse.

Eksempel på ovenstående ses af referenceprojektet Skellerupvej, Nyborg Kommune hvor reduktion af revner og ujævnheder på en 1,6 km strækning vurderes til en reduktion på 300-600 tons CO₂ over 20 år.



Brændstofbesparelsen ved brændstofspris 10DKK/L vurderet ved 1% og 2% giver besparelser op til henholdsvis 2 og 4 millioner kr. over samme periode

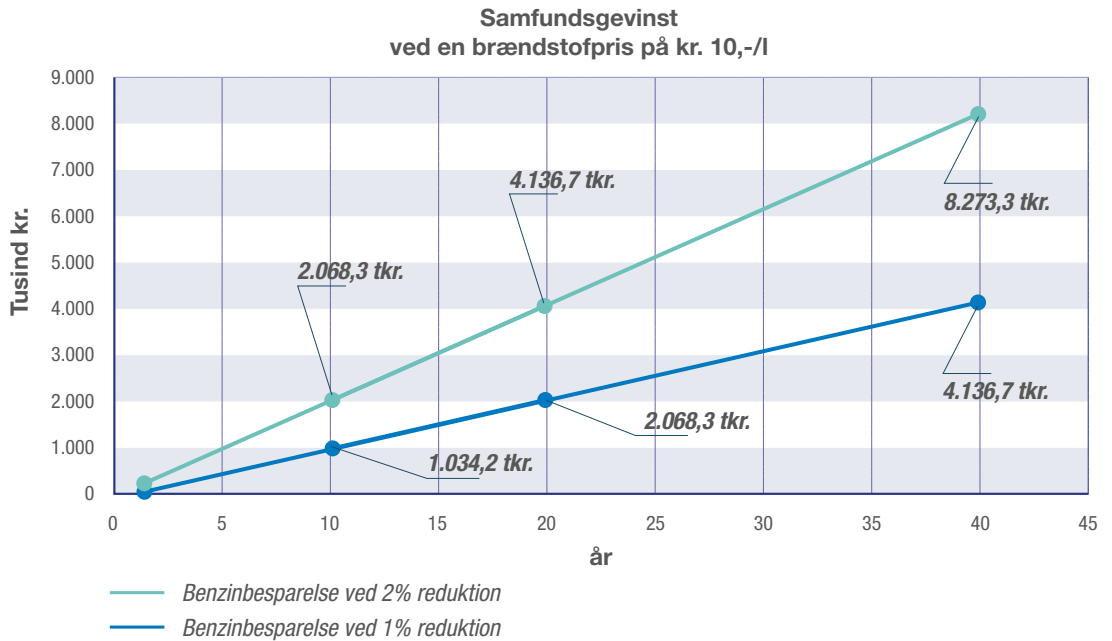
Ved at reducere ujævnheder fra skader i vejbelægningen opnås en besparelse på samfundsøkonomien, og miljøbelastningen reduceres.

Asfaltarmering kan være en stor medspiller i et sådant perspektiv, da brugen af armering minimerer revner og ujævnheder. Asfaltarmeringen får vejbelægningen til at ligge mere stille, da en større stivhed opnås i asfaltfladen og gør den mere holdbar overfor

ydre belastningspåvirkninger. Dvs. at vejens jævnhed forbliver intakt i længere tid.

Ref.:

Vejdirektoratet - Dokument 19/08891-7 Klimavenlig asfalt - Resultater
TRB special report 286



STØJ

Det er undersøgt, hvilke støjffekter det giver, når belægninger er nedbrudt og skadet med slaghuller og gennemslagsrevner. I en rapport fra Vejdirektoratet undersøgte man støjgener fra forskellige vejbelægninger. I rapporten fremgår det at støjemission ikke er konstant over tid, men ændres som følge af skader som revner, stentab, svedning og slaghuller mv. Disse forårsages af slid fra trafikbelastningen, og ældning fra vind og vejr, kemikalie- og forureningspåvirkninger.

Øges trafikbelastningen eller ændres klimapåvirkninger væsentligt kan kurverne ikke længere betragtes som linært konstante. Støjældningsmodeller betragtes i princippet analogt som en nedbrydningsmodel efter vejbelægningens levetid ud fra jævnhed.

I rapporten fremgår også et konstrueret eksempel på udvikling af støjomkostninger set henover en 40 årig periode. Der er i modellen indlagt et slidlagskifte ved år 20. Se figurene på næste side.

Afslutningsvis konkluderes i rapportens punkt 9 at "Vægtningen af støj skal ses i sammenhæng med jævnhed, bæreevne og generel holdbarhed. Den

skal indgå på en måde så alle parametre fortsat bidrager til en økonomisk optimal vedligeholdelse."

Ud fra følgende tese kan man konkludere, at jo længere tid en S&P-armeret belægning holder og modvirker skader som revner samt manglende bæreevne og jævnhed, jo større en samfundsøkonomisk gevinst vil man opnå på det økonomiske og sociale perspektiv indenfor bæredygtighedsprincippet.

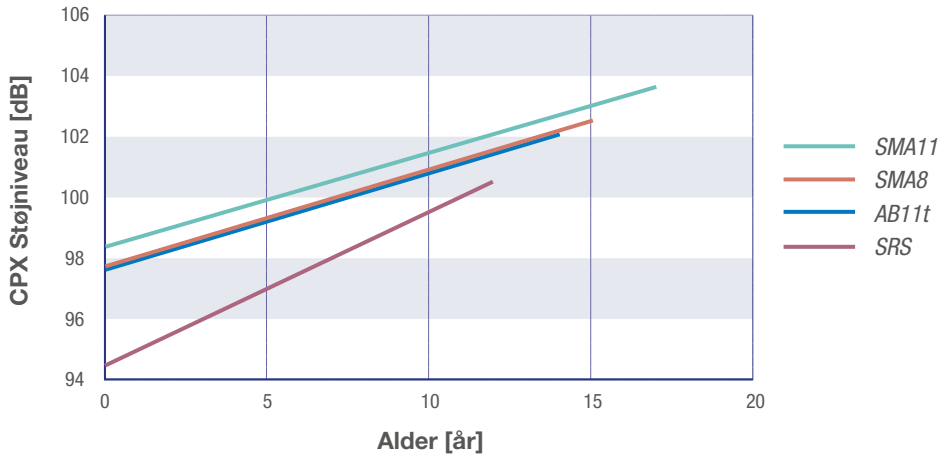
Armering af asfaltbelægninger bidrager til bedre jævnhed, mindre og færre revner, øget bæreevne og holdbarhed som beskrevet i siderne om projektering 34-57.

Ref.:

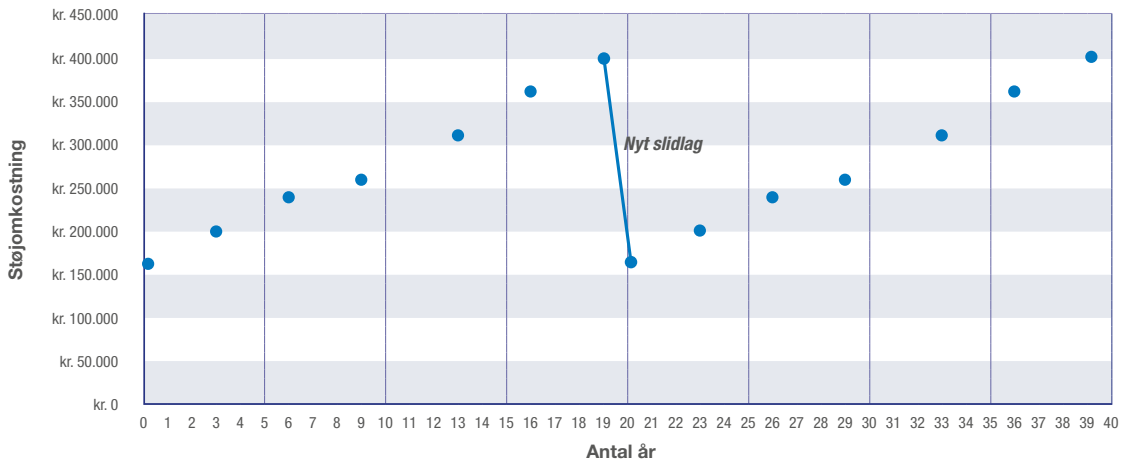
Rapport fra Vejdirektoratet: Trafikstøj i vejvedligeholdelsessystemer, Muligheder og perspektiver, Rapport nr. 529.



Vejdirektoratets CPX støjmåler



Støjudvikling over tid, målt med CPX støjmåler ved 80 km/t



Udvikling af støjomkostninger målt hen over tidsperiode på 40 år

HOLDBARHED

“Holdbarhed er nøglen til bæredygtighed”. Sådan konkluderede Elisabeth Keijzer på et EAPA webinar for bæredygtighedsvurderinger. S&P Reinforcement har foretaget 4-punkts dynamiske testforsøg af asfaltemner armeret med forskellige materialetyper.

Undersøgelse af holdbarhed for vejkonstruktioner. Forsøgs- og testresultater af udmattelsesstyrken af forskellige armeringstyper indbygget i asfalt.

Testforsøget blev udført i Holland hos NPC (Netherlands Pavement Consultants) i dag kendt under navnet Kiwa KOAC. Testforsøget viser at glasfiber-, og især kulfiberarmering har formidable udmattelsesegenskaber i sammenligning med andre materialetyper.

De høje udmattelsesstyrker er vigtige for at kunne bidrage til langtidsholdbare løsninger til gavn for driftøkonomien, mobiliteten og miljøet.

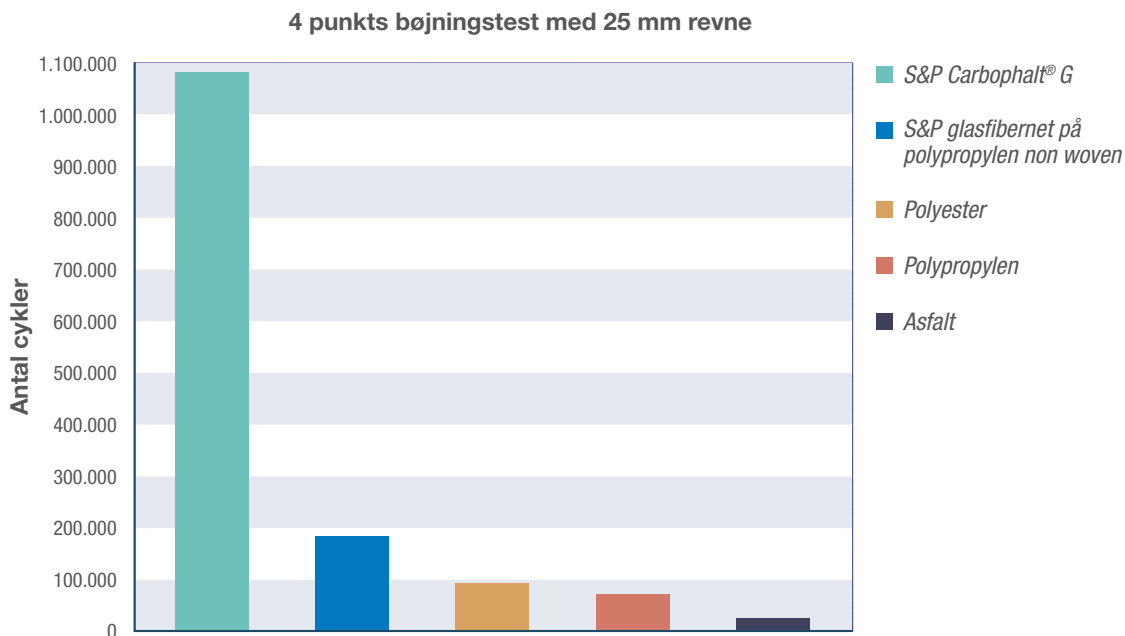
Ref.:

Report fra Netherlands Pavement Consultants, Utrecht - 21. februar 2002

EAPA PavementLCM

Webinar on Sustainability Assessment of Asphalt Pavements. 16 17 December 2020 [Elisabeth Keijzer]

Report fra Ingenieurgruppe PTM, Dortmund - 6. februar 2015



CIRKULÆRT

S&P's armering kan genanvendes som fibre i genbrugsasfalt.

Det er muligt at genanvende affræst, armeret asfalt. Testforsøget blev udført for at undersøge, hvorvidt man kunne genanvende fræst asfalt med S&P's armering i.

Testen blev udført som en Hamborg test, for at kontrollere om de fræste fiberrester havde indflydelse på kvaliteten, målt på sporkøring.

I tabellen herunder ses at den målte spordybde ikke ændres fra referencen til 10% iblandet fibermateriale. Ved 30% iblandet fibermateriale ses endda en forbedring, der kan tolkes som om det er mindst lige så godt som uden iblandet fibermateriale.



AB 8 med 30% fræst materiale efter sporkøring

AB 8	Sporkøring [mm/1000 cykler]	Sporkøring (lineær procentvis) [mm/1000 cykler]	Sporkørings- dybde [mm]	Prop. sporkørings- dybde [%]
Uden fræst materiale	0,06 (d10000-d5000)	0,05 (d10000-d5000)	2,3	5,7
Med 10% fræst materiale	0,05 (d10000-d5000)	0,05 (d10000-d5000)	2,3	5,8
Med 30% fræst materiale	0,04 (d10000-d5000)	0,04 (d10000-d5000)	1,9	4,8

BEREGNING AF LIVSCYKLUS MODELLER

Vurdering af livscyklus (LCA = LivsCyklusAnalyse) anvendes i stort omfang til at undersøge et projekts totale miljøaftryk ud fra CO₂ aftrykket. Dette beregnes ud fra de anvendte produkters EPD'er der ligger til grund for det enkelte produkts CO₂ aftryk igennem produktets livscyklus.

S&P Reinforcement har som den første producent leveret en 360 graders fuld miljøvaredeklaration (EPD = Environmental Product Declaration) på sine

asfaltsarmeringer efter nyeste standarder EN 15804 + A2:2019.

Med 360 graders analyse sikrer man, at alle vigtige oplysninger om produktløsningers bæredygtighed i et miljømæssigt perspektiv er til stede. Bygherre og dennes rådgivere vil kun ud fra komplette oplysninger kunne sikre transparens i projektets levetid.



VERDENSMÅL
for bæredygtig udvikling



S&P Glasphalt® G



S&P Carbophalt® G



S&P Carbophalt® G 200/200



Scan QR-koden og hent EPD'en på produktet.

UDVIKLING AF BEREGNINGSMODELLER MED ARMERING

På DTU startede man i foråret 2018 med at skabe en analytisk model, for at undersøge indvirkningen fra forskellige asfaltarmeringstyper.

Den sorte stiplede linje viser tøjning i underside asfalt, uden armering, og de røde, blå og grønne kurver viser henholdsvis med en asfaltarmering med et E-modul på 10.000 /50.000 /205.000 MPa .

Undersøgelserne i forstudiet viste at asfaltarmeringens effekt i høj grad er afhængig af styrkeforholdet mellem asfalt og armering, i disse to tilfælde 1:2 og 1:41.

S&P Carbophalt® G har et E-modul på 240.000 MPa, eller 1:48 ved et asfalt E-modul på 5.000 MPa.

S&P Glasphalt® G har et E-modul på 73.000 MPa, eller 1:15 ved et asfalt E-modul på 5.000 MPa. En reduktion af tøjning i bunden af asfaltlaget på ca. 20% vil fordoble levetiden (udmattelse) på asfalt.

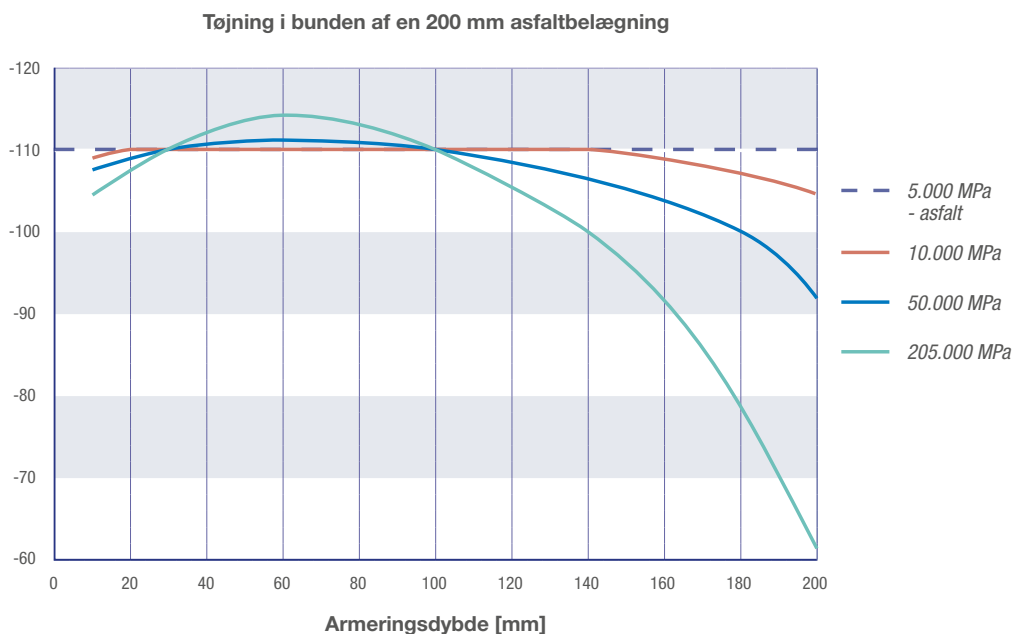
Den reducerede tøjning vil også mindske trykket på de ubundne lag.

Et "heat map" viser, hvor de største forskydnings-spændinger, med og uden armering, optræder i belægningen, når den belastes. Varme farver viser høje forskydningsspændinger, og kolde farver lave forskydningsspændinger.

DTU's beregninger viser at armeringens placering er altafgørende, og at den har størst effekt når den placeres i zonerne med den største forskydnings-spænding. Undersøgelserne blev et forstudie til et større projekt, der fortsatte som et 3½ års Ph.D. studie i samarbejde med S&P Reinforcement og støttet af Innovationsfonden.

Formålet med Ph.D studiet er at udvikle en model til input af designparametre til belægningskonstruktioner med armering.

"Vores målsætning for udviklingsprojektet er at formulere en ny beregningsmodel, baseret på viden-skabelige principper, for at give mulighed for mekan-



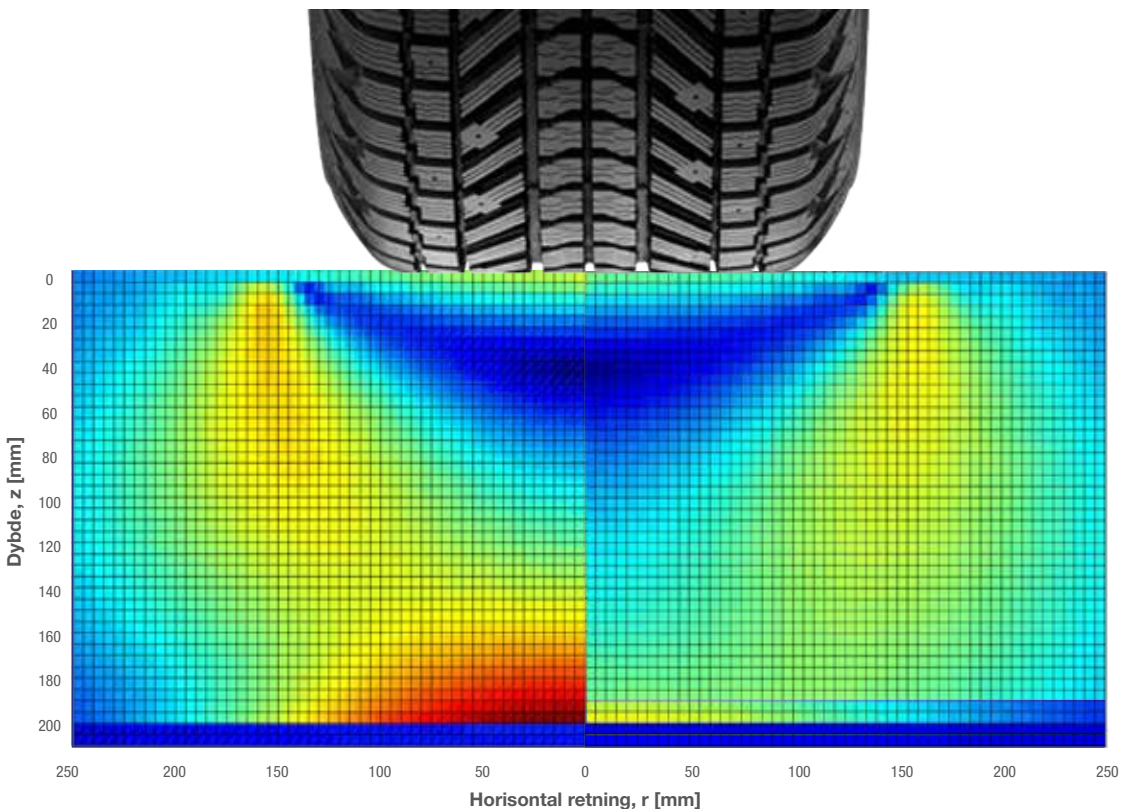
istisk modellering af asfaltbelægninger med mellemlagsgitterforstærkning. Formuleringen og kodning af modeller er med ingeniøranvendelse i tankerne, hvilket sikrer, at: (i) metodikker er i overensstemmelse med accepterede designtilgange; (ii) hovedparametre, der påvirker belægningens reaktion, er inkluderet på en samlet og rationel måde; og (iii) beregninger kan udføres indenfor en praktisk tidsramme.”

S&P har etableret en række instrumenterede vejstrækninger og testfelter i Europa og Nordamerika, som skal bidrage til udvikling af et dimensionerings-

program og bestemmelse af levetider for armerede belægninger.

En strækning på DTU campus er etableret med det formål at bestemme de værdier, der skal indgå i den model, der skal anvendes i dimensioneringsprogrammet. Programmet vil både indeholde lineær elastiske og viskoelastiske teorier.

En strækning i Nordamerika, hvor der udføres accelereret belægningstest, skal bidrage med information og levetider i relation til bæreevne og forebyggelse af revnegennemslag.



Spændingskoncentration i asfalt uden armering / med S&P Carbophalt® G

UNDERSØGELSER OG TESTFORSØG

DTU – Smart Road er en 8 meter bred og 100 meter lang vejstrækning på DTU Campus, delt op i fire sektioner. Fælles for alle sektioner er, at temperatur- og tøjningssensorer er indbygget i belægningen, samt at asfaltbelægningen er opbygget af tre lag asfalt (AB 8) med en samlet tykkelse på 15 cm. Derudover er S&P Carbophalt® G 200/200 installeret i tre af sektionerne, med forskellig placering i asfaltbelægningen fra sektion til sektion.

DTU – Smart Road blev sat under konstruktion i 2021, og nedenstående billede viser de indbyggede sensorer i de fire sektioner (før asfaltudlægningen).

Faldlodsmålinger, DCP-forsøg (Dynamic Cone Penetrometer), og asfaltlaboratorieforsøg er udført for at karakterisere belægningens materialeegenskaber og opbygning. Tidligere forsøg (rapport fra Sweco) har vist at armeringen har en særdeles positiv effekt ved høje temperaturer hvor asflatens styrke svækkes og bliver instabil.

Som et vigtigt led i Ph.D studiet blev en testkampagne gennemført, i sommeren 2022, på to af de

fire sektioner – den ene sektion havde S&P Carbophalt® G 200/200 installeret i bunden af det nederste asfalt lag, mens den anden uarmerede sektion blev brugt som reference. Begge sektioner blev belastet af et langsomt passerende køretøj (2 km/t) med to 11 tons aksel tryk. Tøjningsniveauet og asfalttemperaturen blev målt undervejs og derefter analyseret ved brug af den nyudviklede beregningsmodel (Nielsen et al. 2022). Indledende undersøgelser har vist at det er muligt at simulere og eftervise en armeringseffekt på tøjningsniveauet i bunden af det nederste asfaltlag – en effekt der er stærkt afhængig af belastningshastigheden samt temperaturforhold i asfaltlagene.

Ref.:

Nielsen, J., Levenberg, E., and Skar, A., 2022. *Mechanistic modelling of grid-reinforced milled-and-overlaid asphalt pavements. International Journal of Pavement Engineering.*



Smart Road på DTU under etableringsfasen. De fire krydsmarkeringer angiver placeringer af sensorer i de 4 sektioner

ACCELERERET FULDSKALA TEST

Accelerated Pavement Testing (APT) eller accelereret belægningstest refererer til kontrollerede overkørsler med en standard hjullast, som har til formål at akkumulere skadesudvikling i et komprimeret tidsrum. Ud fra observationer af skadesudviklingen fastlægges belægningens holdbarhed og ydeevne.

Som udgangspunkt bygger man belægningskonstruktionen med samme materialer og maskiner, som man ville gøre i et aktuelt projekt.

Testen foregår under forhold hvor belægnings-temperaturen kontrolleres og holdes konstant, da belægningstemperaturen har stor indflydelse på

hastigheden for skadesudviklingen. Der anvendes ligeledes indbyggede sensorer i belægningen, der bidrager med information om tryk og tøjning.

De første test med tværrevner i et underliggende asfalt lag, som så er overbygget med et armeret og uarmeret asfaltlag, er udført. Den armerede sektion viser en betydelig længere levetid (uden revner) og hertil kommer væsentlig langsommere udvikling af sporkøring.

Uddybende rapport forventes at være tilgængelig i 2023.



Her ser man APT-maskinen der påfører og kontrollerer hjullasten med temperaturstyret kammer placeret over en af testsektionerne





Projektudførelse

UDLÆGNING AF ASFALTARMERING

Udlægningsarbejde

Det anbefales at der afholdes projekteringsmøder i designfasen, såvel som opstartsmøde inden udførelse. Ansvar for en succesfuld installation påhviler den udførende hovedentreprenør, som skal koordinere med alle involverede parter.

Udlægning af asfaltarmering udføres med S&P udlægningsudstyr. S&P udlægningsmaskine, kan udlægge op til 8000 m² om dagen alt efter forhold. På mindre områder, kan asfaltarmering udlægges manuelt af 1-2 medarbejdere. Vha. en gasbrænder opvarmes armeringen i en vinkel på ca. 45 grader og en afstand til armeringen på ca. 20-30 cm. Herefter afbrændes nettets beskyttelsesfilm, og den bitumen nettet er coatet med blødgøres.

Vejledning:

Overfladen skal være rengjort for støv, fedt og løst materiale. Emulsion/bindemiddel udlægges på tør overflade ift. belægningsoverfladens påkrævede mængde eller som forskrevet i projektet. Asfaltarmeringen udlægges på brækket emulsion. S&P asfaltarmering bør udlægges ved højere temperatur end 3-5 °C. Overlap på 10 cm i sideretning og 20 cm overlap i længderetning når udlægning af næste rulle påbegyndes. Armeringsoverlapning optimeres med hensyn til fuger, revner og kørespor. Ved et mindre areal, samt start og slutning på armering, kan man evt. håndudlægge asfalten, for at undgå afrivning af armering. Minimumskrav til overbygning er 20 mm for S&P Carbophalt® G og 40 mm for S&P Glasphalt® G.



Overlap sidevejs med markeringsmærke ved 10 cm overlap

Det er vigtigt at man får blødgjort den bitumen, der sidder på armeringsnettet, og at beskyttelsesfilmen brændes helt af, så armeringen klæber til underlaget. S&P asfaltarmering er baseret på et åbent net, hvilket sikrer god vedhæftning mellem asfaltlagene.

Supplerende vigtig information:

Væsentlige skader skal udbedres inden udlægning af armering. Revner udviklet til stadie D, vist i figuren på side 40, udbedres inden udlægning af armering. Der kan opnås fordele ved anvendelse af asfalt-feeder fra siden, så lastbilerne undgår at køre i den klæbrige emulsion.

Såfremt lastbiler kører i den klæbrige emulsion skal de afrense dæk inden kørsel på armeringsnettet.

Varme dæk med emulsion kan nappe i nettet og forårsage forrykninger og i værste tilfælde få armeringsnettet til at sætte sig fast på lastbilens dæk, så det bliver trukket af.

Ved at sprøjte lastbilens dæk opnås en "smøreffekt" som reducerer risikoen for at dækket napper i nettet og evt. sætter sig fast. Produkternes egenskaber og tekniske data kan findes underafsnittet for produkter s. 28-30.



Opvarmning af bitumen på S&P asfaltarmeringsnet ved udlægning med S&P asfaltarmeringsudlægger

OFTE STILLEDE SPØRGSMÅL

Her besvarer vi nogle ofte stillede spørgsmål. Uddybning af disse korte svar kan ofte findes andetsteds i denne bog. Vi besvarer i øvrigt gerne spørgsmål via: info@sp-reinforcement.dk

Hvor meget asfalt skal man lægge på S&P Glasphalt® G og S&P Carbophalt® G for at opnå den mest optimale funktion?

Man bør som udgangspunkt bruge mindst 40 mm asfalt ved brug af S&P Glasphalt® G og mindst 20 mm asfalt ved brug af S&P Carbophalt® G alt efter anvendelseeffekten. Alle belægninger bør altid undersøges og vurderes af en rådgiver med specialviden indenfor vejbelægninger, forinden belægningsstykkelserne angives ud fra de skader vejen har.

Dette gælder alle tiltag med S&P's asfaltarmering.

At der er forskel på de krævede lagtykkelser skyldes, at kulfiber er et stivere materiale, som reducerer revneudvikling væsentligt mere end andre produkttyper. Glasfiber har højere brudforlængelse og tillader større bevægelse før nettet aktiveres. Begge net fungerer således som en forstærkning af asfalten. Se anvendelsesområder beskrevet i bogen og i de tekniske datablade og konsulter altid gerne en af S&P Reinforcement's specialister.

Skal nettet lægges højt oppe eller langt nede i asfaltlagene?

Hvis skaden på vejen er forårsaget af manglende bæreevne bør man stræbe efter at tilføje S&P Glasphalt® G eller S&P Carbophalt® G så langt nede i vejkonstruktionen som muligt, for at reducere asfaltforstærkningslag og dermed vigtige materialeressourcer. Alternativt med så meget overbygning som muligt, givet ud fra den aktuelle trafikbelastning.

Forstærkning højt i oppe under slidlaget minimerer sporkøring og gennemslagsrevner. Læs mere i afsnittet **Projektering** side 34.

Kan armeringsnettet lægges på en fræst overflade og hvad bør man tænke på?

Det er muligt at lægge armeringsnettet på fræst, tilpasset eksisterende overflade. Overfladen skal være rensset for støv og løst materiale. Al installation skal foregå ved > +5 grader celsius og i tørt vejr. Emulsionen skal være brudt, så vandet ikke står på overfladen ved udlægning af armeringsnettet, for at opnå korrekt og tilstrækkelig vedhæftning. Der skal ikke sprøjtes mere emulsion ud, end hvad overfladen kræver for klæbning. Undgå for grove og dybe fræsninger da vandet fra klæberen ofte vil stå i længere tid inden det forsvinder og overfladen er klar til armeringsprocessen. Installationsprocessen skal altid, med rettidig omhu, koordineres forinden udførelsen. Læs mere omkring installationsprocedurer i afsnittet **Projektførelse** side 60.

Hvordan stopper man reflektionsrevner?

Et nyt asfaltsslidlag stopper ikke revner i underliggende belægningslag. Disse revner forekommer normalt fra eksisterende revner i gamle underliggende bundne lag og vil hurtigt slå igennem op i nylagte slidlag. Det er ikke muligt uden en dybere undersøgelse at bestemme oprindelsen af disse. Ved at armere med S&P Glasphalt® G eller S&P Carbophalt® G før det ny slidlag lægges ud, kan revner reduceres til et minimum, hvilket giver en holdbar og omkostningseffektiv løsning. Alternativet i mange sager er at grave vejen op og anlægge en ny vejkonstruktion, som giver en helt anden omkostningsberegning. Læs mere om revnegennemslag i afsnittet **Revner** side 40.

Kan overfladiske hjulspor i asfalmastikken forstærkes?

Nettet bør lægges så langt oppe i belægningslagene som muligt. S&P Carbophalt® G lægges direkte under slidlaget. Deformation i asfalmastikken på grund af langsom, bremsende eller stillestående trafik kombineret med høje temperaturer er, ofte årsag til sporkøring. Instabilitet i asfalmastikken over nettet kan dog forekomme. Læs mere i afsnittet **Sporkøring** side 44.

Kan der forstærkes for sporkøring forårsaget af problemer med bæreevne?

Det er vigtigt at påpege, at bæreevneproblemer kan være temmelig komplicerede. Problemer med bæreevne kan findes ved visuel inspektion af vejoverfladens typiske skader, men årsagerne til problemerne i vejkonstruktionen bør undersøges ved målinger med fx. faldlod, eller andet teknisk udstyr til måling af vejens bæreevne.

Hvis bæreevneproblemerne skyldes dårlig dræning, bør dette afhjælpes. Ved mistanke om bæreevneproblemer bør altid anvendes S&P Carbophalt® G (kulfiber), og det skal installeres så langt nede i asfaltlagene som muligt. Ved at forstærke asfalten med kulfiberarmering sikres en optimal spredning af belastningen til et større areal, og deformationen reduceres. Eventuelle revner og gamle underliggende revner skal afhjælpes inden udlægning af armeringsnet, hvilket giver øget levetid og betydelige økonomiske besparelser for vejbestyrelsen.

Alternativet med udgravning og nybygning af vejen er ikke nødvendigvis den rigtige løsning. Forstækning med asfalt uden armering, er heller ikke så effektivt som kulfiberforstærkning, der også kan være omkostningseffektiv og et godt alternativ, der holder i mange år. Det er relevant at lave en sammenligningsberegning ved en LCC/LCA analyse

omkring forventet levetid, økonomi samt miljøbelastning. Læs mere i afsnittet **Bæreevne** side 42, eller hent EPD'er på side 53 til beregning af LCA.

Hvor meget skal armeringsnettet forankres hen over revner?

Vi anbefaler at netværket forankres ca. 0,5 meter på hver side af en revne. Slår revnen større udsving bør man sikre at armeringsnettet er tilpasset i bredden inden udlægning. Ved tungere belastninger bør man overveje større forankring og overlæg mellem armeringsnetssamlingerne. Læs mere i afsnittet **Projektudførelse** side 60.

Hvornår kan man køre på nettet?

Så snart emulsionen er brudt. Vær opmærksom på at lastbiler kan trække i nettet, hvis ikke emulsionen er tilstrækkeligt brudt. Lastbiler kommer med stor vægt og ofte også med varme dæk, hvilken er en dårlig kombination da klæbemidlet (emulsionen) er et klistret materiale som vil sætte sig på lastbilernes dæk og trække armeringsnettet af.

Løsning: Undlad at udlægge emulsion i et større omfang ad gangen, end nødvendigt. Sørg for at lastbilernes dæk er afkølede og "rene" inden der køres ind på nettet. S&P kan hjælpe til med planlægning.

EFTERSKRIFT

I denne 2. udgave af Asfaltarmeringshåndbogen har vi valgt at dele den op, så indledningen giver et billede af hvilke bæredygtighedsperspektiver vi sætter fokus på. Vi har efterfølgende givet eksempler på projektreferencer for forskellige belastninger og problematikker, hvor der henvises til den teoretiske del, og dokumentation for hvilke belægningsproblemer S&P asfaltarmering kan afhjælpe. Testforsøg og mange års projektreferencer viser effekten og mulighederne.

S&P Reinforcement udvikler og researcher i tæt samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet (DTU), EMPA i Schweiz samt Arlington University i Texas, USA for yderligere at underbygge vores teorier med beregningsmodeller og testforsøg på teststrækninger i en international kontekst.

Projektet omfatter bl.a. udvikling af software, til at understøtte rådgivere, vejmyndigheder og leverandører i asfaltbranchen, allerede i designfasen.

Softwaren vil understøtte indlægning af armering, for at kunne optimere på design ift. levetider.

Vi ønsker fortsat at udbygge Asfaltarmeringshåndbogen med tiden og i takt med den viden vi opnår gennem udviklingsprojekter, og målet er at have en håndbog, som indeholder både det praktiske, med eksempler som vist, men også understøttende teori, herunder analytiske modeller om, hvordan man regner på armering i asfalt.

Samtidig skal man, ud fra et økonomisk perspektiv, kunne se de indlysende fordele ved at investere langsigtet i vejbelægningerne, så vejkapitalen bevares. Kortsigtede løsninger koster samfundet dyrt, ikke kun på økonomi, men også på mobilitet og miljøbelastningen.

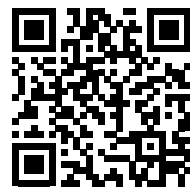
Følg os her:



Se videoer af udførte projekter:



Læs mere på vores hjemmeside:



FORKORTELSER

Generelle

S&P Scherer & Partnere

DTU Danmarks Tekniske Universitet

Enheder

MPa Mega Pascal

kN kiloNewton

Æ10 Ækvivalente 10-tons aksler

n Antal

Materialer

AB AsfaltBeton

ABB AsfaltBetonBindelag

BL BundsikringsLag

GAB GrusAsfaltBeton

HBB Hydralisk Bundne Bærelag

SG Stabilt Grus

SMA SkærveMastik Asfalt

Måleudstyr til tilstandsvurderinger

HSD High Speed Deflectograph

RPT Rapid Pavement Testing

FWD Falling Weight Deflectometer (Faldlodsmåler)

HWD Heavy Weight Deflectometer (Tungt faldlods-måler)

CPX Close ProXimity (Støjmåler)

GPR Ground Penetrating Radar (Georadar)

LCA Life Cycle Assessment - definition:

Livscyklusvurdering er en metode til at måle miljø-påvirkningerne af et projekt i løbet af hele dets levetid, som defineret i det aftalte omfang.

LCC Life Cycle Costs - definition:

Livscyklusomkostninger er en metode til systematisk økonomisk evaluering af omkostningerne ved et projekt på tværs af alle projektfaser; forundersøgelse, forprojektering, detailprojektering, konstruktion, drift og vedligeholdelse samt efterbyggeri, som defineret i det aftalte omfang.

EPD Environmental Product Declaration – definition:

MiljøvarerdeklARATIONER (EPD) præsenterer gennem-sigtige, verificerede og sammenlignelige oplysninger om produkters og tjenesters miljøpåvirkning under livscyklussen.

KILDEFORTEGNELSE

Asfalthåndbogen – Asfaltindustriens Forlag

"Brundtlandrapporten", FN, 1987

Statens Vegvesens Rapporter nr. 598 – Varige vejer, Norge 2017

Vejregler - Vejledning "HYDRAULISK BUNDNE BÆRELAG – VEJL.", august 2017

Cementbundet bærelag på motorvej, Vejdirektoratet, Notat 125, 2013

Danmarks Klimacenter – Fremtidige klimaforandringer i Danmark, rapport nr. 6, 2014

Vejregelgruppen: Veje og stier i åbent land – Klimahensyn i Vejprojektering. Marts 2017

Per Ullidtz - Polyteknisk Forlag "Modelling Flexible Pavement Response and Performance"

Vejdirektoratet – Dokument 19/08891-7 Klimavenlig asfalt – resultater

TRB Special Report 286 – Tires and Passenger Vehicle Fuel Economy, Washington, D.C. 2006

Vejdirektoratet – Rapport nr. 529 – Trafikstøj i vejvedligeholdelsessystemer, Muligheder og perspektiver

Report fra Netherlands Pavement Consultants, Utrecht - 21. februar 2002

Elisabeth Keijzer – Webinar on Sustainability Assessment of Asphalt Pavements. EAPA Pavement-LCM, 16-17 december 2020

Report fra Ingenieurgruppe PTM, Dortmund - 6. februar 2015

Nielsen, J., Levenberg, E., and Skar, A., 2022. Mechanistic modelling of grid-reinforced milled-and-overlaid asphalt pavements. International Journal of Pavement Engineering (fra side 56)

DTU-Rapport - "Modelling of a pavement containing geosynthetic reinforcement", december 2017

Tak til:

- Vejdirektoratet for tilsendte billedmateriale og tilladelse til anvendelse af billederne anvendt i bogen
- CJ A/S for tilladelse til brug af billedmateriale med medarbejdere i udførelsesprojekt
- Lektor Gorm Rytter for gennemlæsning og kommentering
- Kunder og rådgivere for at vise os tillid til levering af vores produktløsninger og gennemførelse af projekter i denne bog

Asfaltarmeringshåndbogen
S&P Reinforcement Nordic
2. udgave



**S&P asfaltarmering giver
asfalten en grønnere profil**



A Simpson Strong-Tie® Company



ASFALTARMERINGSHÅNDBOGEN

Download denne bog
fra vores hjemmeside:



S&P Reinforcement Nordic
2. udgave

DANMARK

Simpson Strong-Tie® A/S
Hedegårdsvej 11, Boulstrup
DK-8300 Odder
Telefon: +43 8873 7500
Website: sp-reinforcement.dk
E-Mail: info@sp-reinforcement.dk

ANDRE AFDELINGER I:

Belgien
Frankrig
Polen
Portugal
Schweiz
Spanien
Sverige
Tyskland

EUROPÆISK ISO 9001 CERTIFICERET

PRODUKTION:

Frankrig
Polen
Portugal
Schweiz
Spanien



Firmaet har forpligtet sig til at hjælpe kunderne til succes ved at levere exceptionelle CE-mærkede produkter, fuld rådgivningsservice, udførelsessupport, produkttests, træning og produktleveringer til tiden. Med opkøbet af S&P fortsætter Simpson Strong-Tie® sin udvidelse af ydelser til at inkludere en vifte af betonreparations- beskyttelses- og forstærkningsløsninger. Ved at kombinere styrkerne af de to brands Simpson Strong-Tie® og S&P kan vi tilbyde det højeste niveau inden for kvalitet og service for at imødegå alle jeres betonreparations- forstærknings og genoprettelsesbehov. Vi ser frem til at samarbejde med jer på jeres næste projekt.

Kontakt os: +45 8873 7500
sp-reinforcement.dk

