

KLIMAVENLIG ASFALT

Resultater

Baggrund

Vejdirektoratet igangsatte tilbage i 2011 arbejdet med at udvikle en ny belægningstype, der skulle reducere vejens rullemodstand, og dermed nedbringe CO₂-udledningen fra trafikken grundet en sparet brændstofmængde, uden at dette gik ud over trafiksikkerhed og holdbarhed.

Gennem nationale og internationale udviklingsprojekter med vejmyndigheder, asfaltindustrien og universiteter har det vist sig muligt at udvikle en belægningstype med disse egenskaber. Denne belægning benævnes nu som *Klimavenlig Asfalt* (KVS). Udover reduceret rullemodstand har KVS også støjdæmpende egenskaber.

Disse resultater gjorde at Vejdirektoratet i 2017 blev tildelt 3,6 mio. kr. fra PSO-aftalens grønne klimapulje. Midlerne fra den grønne pulje dækker merprisen og en række forsøgs- og testaktiviteter. Formålet med fuldskalaprojektet var at øge viden og høste yderligere erfaringer omkring KVS' holdbarhed og funktionsegenskaber.

Udlægningen af KVS på fire strækninger gav ydermere mulighed for at udarbejde en samfundsøkonomisk analyse af, hvordan de gavnlige effekter måles i forhold til merprisen for den klimavenlige asfalt. KVS blev i 2018 udlagt på Helsingørmotorvejen (M14), Østjyske motorvej (M60), Sydmotorvejen (M30) og Skovvejen (Rute 119).

For at relatere den konkrete reduktion af rullemodstand af KVS til en specifik brændstofbesparelse, er der i 2019 udført målinger af konkret brændstofforbrug ved kørsel på KVS, samt på SMA8 og SMA11-belægninger til sammenligning, der begge udgør belægningstyper, der i dag anvendes på de danske statsveje. Sådanne målinger har ikke tidligere været mulige i dette projekt, da der ikke indtil 2018 fandtes tilstrækkelige KVS-strækninger at foretage disse målinger på.

Der er udført en række målinger og analyser af KVS-strækningerne. Resultaterne af disse målinger gav nye oplysninger af det konkrete besparelspotentiale ved udlægningen af KVS fremfor andre standardbelægninger.

Betingelserne for de oprindelige beregninger af brændstofbesparelsen er ændret siden projektets begyndelse. Blandt andet er belægningssammensætningen i dag ændret ved, at der nu hovedsageligt anvendes en SMA8-belægning, hvor SMA11 tidligere var den mest anvendte belægningstype.

Da SMA8-belægningen i højere grad minder om KVS mht. brændstofforbrug, bevirker denne ændring, at det samlede besparelspotentiale ved udlægning af KVS nu er mindre end beregnet tidligere i projektets forløb. Resultaterne i dette notat afspejler det konkrete besparelspotentiale baseret på det faktiske vejnet.

Det faktiske vejnet afspejler en belægningssammensætning med en fordeling på ca. 30 % SMA11 og ca. 70 % SMA8. Denne sammensætning er typisk anvendt henover de seneste ca. 5 år og forventes fortsat fremover, når der udlægges nye belægninger på statsvejene. Denne fordeling skal dermed ses som det alternativ til udlægningen af KVS, som KVS holdes op mod.

Projektets konklusion

KVS er en belægningstype, der reducerer rullemodstanden mellem dæk og vejbane, og dermed reducerer brændstofforbrug og CO₂-udledning, uden at medfører en lavere levetid i forhold til de belægningstyper VD i dag anvender eller nedsat trafiksikkerhed.

For at relatere reduktionen af rullemodstand til en konkret brændstofbesparelse, er der udført målinger ved kørsel på KVS. På baggrund af disse udførte målinger samt inddragelse af Vejdirektoratets nuværende belægningssammensætning, kan brændstofbesparelsen for KVS opgøres til 1,1 % i forhold til SMA8 og 1,5 % i forhold til SMA11 set over hele levetiden. Dette medfører en overordnet besparelse på minimum 1,2 % på hele statsvejnettet og hele levetiden.

Der er anvendt 1,2 % besparelse i de følgende beregninger og analyser.

Levetidsanalyser har påvist en holdbarhed for KVS, som vurderes at være minimum tilsvarende de belægningstyper, Vejdirektoratet i dag anvender som standardbelægninger. Dette skal både tolkes som, hvornår KVS-belægningen forventes at skulle udskiftes, men tilmed, og vigtigst, målt på hvordan de gavnlige effekter indenfor reduceret rullemodstand og støj, bevares igennem hele levetiden.

De udlagte KVS-strækninger viser konkret, at KVS har en øget holdbarhed og reducerer både støj og rullemodstand, både målt umiddelbart efter udlægning samt forventet for hele levetiden. Dette medfører også, at der er en forventet besparelse til reparationer for KVS sammenlignet med andre standardbelægninger. Dette kan dog ikke for nærværende konkret kvantificeres.

KVS har ydermere påvist en evne til at reducere støj fra belægningen, svarende til ca. 2dB, opgjort ved den normale tilgang til at relatere støjreduktion fra en accepteret reference, SMA11.

Det er vigtigt at inddrage de samlede gevinster henover hele levetiden. Dette er positivt udslagsgivende, når de samfundsøkonomiske gevinster opgøres ved at implementere KVS fremfor andre typer belægninger. Disse analyser viser udelukkende positive samfundsøkonomiske gevinster ved implementering på samtlige udlagte KVS-strækninger.

Nedenstående tabel belyser hovedkonklusionerne af projektet, *Klimavenlig Asfalt*.

	Nuværende belægningssammensætning	KVS
2019-CO ₂ -udledning pr. køretøjskilometer, g	206 g	Reduktion på 1,2 %
Støj ved nyudlagt belægning	Ca. 98 dB	<98 dB
Friktion	Efter gældende vejregel	Uændret
Levetid, år	16 år	>16 år
Pris pr. kvadratmeter belægning	Afhængig af belægningstype	10 % højere

Tabel 1 – Hovedkonklusioner af effekterne af klimavenlig asfalt

Konklusionernes perspektiv

Besparesespotentialer

Ved at vælge KVS som belægningstype kan det påvises, at brændstofforbruget reduceres uanset strækningens geografiske placering, og kan dermed anvendes som et middel til at gøre veje til aktive bidragsydere til Danmarks samlede reduktion af CO₂. Samtidig vil den enkelte trafikant opleve en besparelse af brændstoffomkostningerne.

På baggrund af målinger på de udlagte KVS-strækninger er der udregnet en vurdering af CO₂ reduktionspotentialer i hele perioden 2020 – 2037 og for delperioden 2021 – 2030, hvor KVS anvendes som eneste belægningstype, når belægninger skal udskiftes i en jævn udskiftningstakt.

I beregningerne for både 2020-2037 og 2021-2030 er der antaget en gennemsnitsudledning på 180 g CO₂ per kørt km. Dette stammer fra et udgangspunkt i 2018 på 206 g CO₂ per kørt km¹ for den køretøjssammensætning, hvorfra der er korrigeret med et skøn for et strammere emissionskrav til nye biler og en højere andel af elbiler for beregningsperioden. Resultaterne af beregningerne af reduktionspotentialerne af CO₂, fremgår af tabel 2 som besparelsespotentialer i de givne tidsperioder, angivet som besparelser for hele perioden.

År / periode	Hovedlandeveje (tons)	Motorveje (tons)	Hele statsvejnettet (tons)
2021 - 2030	44.000	138.000	182.000
2020 - 2037	156.000	460.000	616.000

Tabel 2: CO₂ reduktionspotentialer ved løbende fuld implementering af KVS på statsvejnettet opgivet i summeret reduktion for hele perioden

Ovenstående tabel viser det summerede besparelsespotentialer for de givne tidsperioder ved udlægning af KVS som eneste nye belægningstype, når der skal udlægges ny asfalt ved fuld udlægningsgrad. Grundet særlige krav under udlægningsprocessen, anbefales KVS af entreprenører, der har udlagt KVS, ikke at blive udlagt på mindre statsveje, hvor der er stor grad af brønde, rister, vej møbler, mm., da KVS er svær håndterbar i denne sammenhæng. Strækninger med denne begrænsning vurderes i ringe omfang af det totale statsvejnet og har samtidig en begrænset trafik.

Effekten af KVS er størst, både i relation af CO₂-besparelse og samfundsøkonomisk effekt, når der afvikles meget trafik. Derfor er der foretaget analyser af, hvordan omkostningen for KVS mest effektivt kan bidrage til samfundet. Dette fremgår af afsnittet omkring samfundsøkonomi, hvor merprisen af KVS bliver sat i perspektiv til de samfundsøkonomiske gevinster.

¹ 206 g/km er beregnet ud fra et totalt trafikarbejde i 2018 på 53.445 mio. km (Vejdirektoratet, 2018) sammenholdt med en samlet CO₂ udledning fra vejtransport i 2018 på 11 mio. tons (Energistatistik 2019) med inddragelse af emissionsspecifikation og køretøjssammensætning. 180 g/km er et skøn baseret på værdien for 2018 korrigeret med en forventet udvikling af fremtidige køretøjers energieffektivitet samt en øget andel af elbiler.

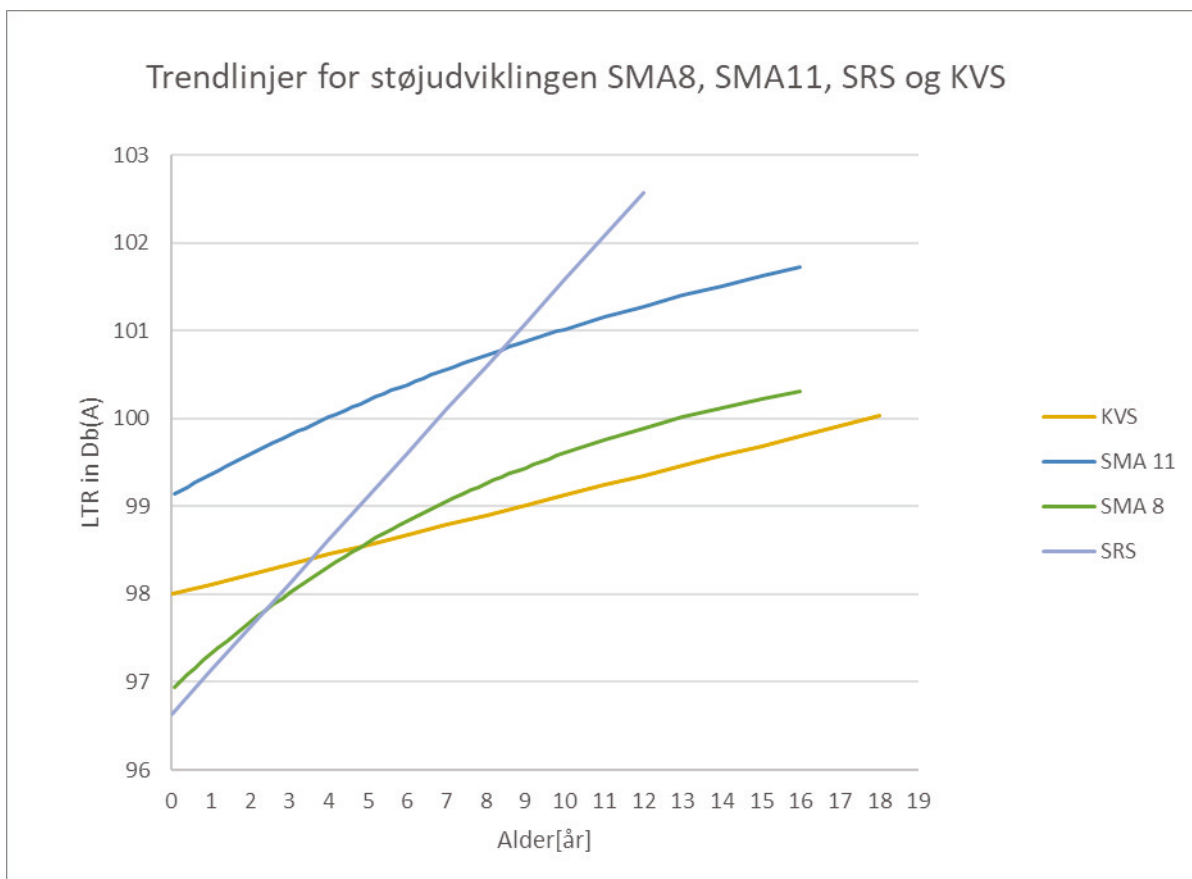
Støj

KVS' potentiale for reduktionen af støj fra vejen er opgjort ved målinger foretaget i 2018 målt efter udlægningen og sammenholdt med nye målinger fra 2019. Hermed kan der berettes om en udvikling i støjreduktionen efter belægningen har været i brug over tid og derfra en sammenligning med andre belægningstyper mht. bevarelse af de støjreducerende egenskaber.

KVS har vist sig at reducere støjen med 2,2dB efter 34 uger i drift, med en initialreduktion på 2,3 dB relativt til den standardiserede reference indenfor støjreduktion.

I figur 1 indgår SRS-belægningstypen til sammenligning. SRS (støjreducerende slidlag) er en belægningstype, der specifikt er designet til at reducere støj fra trafikken. I figur 1 ses det, at selvom SRS har en relativ høj støjreduktion netop efter udlægning ved år 0, mistes denne støjreduktion betydeligt over levetiden. SRS kan dermed siges at have en kort støjreducerende levetid.

De støjreducerende egenskaber for KVS, vist i figur 1, er baseret på en forholdsvis kort måleperiode, men vurderingen er, at KVS er mere holdbar mht. bevarelsen af de støjreducerende egenskaber, relativt til de andre belægningstyper.



Figur 1 – visning af KVS støjreducerende egenskaber over tid for KVS, sammenlignet med en SMA8, SMA11 og SRS

Økonomisk perspektiv af CO₂-reduktionen ved udlægning af KVS

KVS har en højere pris end de i dag anvendte belægningstyper. Der er lavet en uvildig vurdering fra et konsulenthus af, hvad den reelle markedspris på KVS fremover forventes at være, vurderet på baggrund af de udlagte strækninger fra 2018. Her blev det anslået, at merprisen vil være 8-10 % i forhold til de i dag anvendte belægninger. I de følgende beregninger og analyser er 10 % anvendt som merpris.

Vejdirektoratets behovsopgørelse for belægningsudskiftningen over de kommende 10 år (i perioden 2020-2029) er angivet i tabel 3, hvor de anførte årlige behov reflekterer den konkrete rate for belægningsudskiftning i det respektive år. Anvendes KVS fremover som eneste belægningstype, kan det ved denne opgørelse beregnes, hvad den årlige meromkostning for KVS vil være.

År	Behovsopgørelse af ressourcer (mio. kr.)	Merpris for KVS (mio. kr.)
2020	137	13,7
2021	204	20,4
2022	300	30,0
2023	430	43,0
2024	246	24,6
2025	370	37,0
2026	393	39,3
2027	273	27,3
2028	192	19,2
2029	96	9,6
Total	2.641	264,1

Tabel 3 – Oversigt over Vejdirektoratets behovsopgørelse for belægningsudskiftning, fordelt på årlig basis over perioden 2020-2029, samt en opgørelse af, hvad KVS vil udgøre af meromkostning ved valg af denne belægning

Som tidligere nævnt, anbefales KVS ikke udlagt på vejstrækninger, hvor der ses høj forekomst af brønde, riste, vejmøbler og deslige, da KVS ikke egnes til udlægning netop her, da KVS kan være problematisk at udlægge på sådanne strækninger. Strækninger med denne begrænsning vurderes dog til at udgøre en meget lille andel af statsvejnettet og vil afvikle en meget lille samlet trafikmængde.

Den samlede merpris på 264,1 mio. kroner for KVS vil efter denne 10-årige periode have bidraget med en CO₂-reduktion på 182.000 tons. Efter denne periode vil den samlede CO₂-reduktion tiltage, i takt med at KVS udlægges på en stigende andel af statsvejnettet op mod en fuld implementering. Dette er angivet med udgangspunkt i tabel 2, hvor den samlede CO₂-reduktion for den 10-årige periode 2021-2030 resulterer i denne konkrete reduktion ved valg af KVS som belægningstype ved den naturlige udskiftning.

Samfundsøkonomiske analyser

Lavere rullemodstand medfører lavere brændstofforbrug for trafikanterne, og dermed lavere kørselsomkostninger pr. km. En relativt stor andel af trafikanternes udgifter til brændstof udgøres af afgifter, så lavere brændstofforbrug betyder lavere afgiftsindtægter for det offentlige - også modregnet at trafikanterne anvender besparelsen på andet forbrug. Lavere kørselsomkostninger er stadig en samfundsøkonomisk fordel, også uden at de direkte relaterede eksterne effekter som luftforurening og klima er inddraget.

KVS' merpris danner baggrund for de samfundsøkonomiske beregninger på de fire udlagte strækninger fra 2018, hvor merprisen forholdes til de samfundsøkonomiske gavnlige effekter, som KVS vil bidrage med, over den forventede levetid.

De fire strækninger indgår i de efterfølgende analyser med de specifikke udlægningsstørrelser og konkrete kørselsretninger, KVS er udlagt på.

De samfundsøkonomiske analyser resulterer i fire hovedresultater; *nettonutidsværdi*, *intern rente*, *nettogevinst pr. offentlig investeret krone*, samt *CO₂-skyggepris*.

Nettonutidsværdien er et udtryk for den samlede værdi af alle omkostninger og effekter, diskonteret til 2019 med diskonteringsrente (4 %). En positiv nettonutidsværdi betyder at tiltaget er rentabelt.

Intern rente er den diskonteringsrente, som giver en nettonutidsværdi på nul kr. En intern rente på over 4 %, betyder at tiltaget er rentabelt.

Nettogevinst pr. offentlig investeret krone sammenligner overskuddet med konsekvensen for statskassen. Dvs. nettonutidsværdien divideret med nettoeffekten på de offentlige kasser. Også her betyder en positiv værdi at tiltaget er rentabelt. Bemærk af lavere indtægter fra brændstofafgifter, som følge af den lavere rullemodstand, indgår som et tab for de offentlige kasser.

CO₂-skyggeprisen er et udtryk for den konkrete samfundsøkonomiske omkostning for KVS til at reducere ét ton CO₂-ækvivalent. En negativ skyggepris (som en positiv nettonutidsværdi medfører) betyder, at vil der være samfundsøkonomisk overskud ved at gennemføre tiltaget, også uden en CO₂-reduktion. Og dermed at selve CO₂-besparelsen ikke medfører en samfundsøkonomisk omkostning. Størrelsen af en negativ skyggepris kan være svær at fortolke.

De samfundsøkonomiske beregninger er beregnet over 16 år, svarende til en konservativ antagelse om, at levetiden for KVS svarer til levetiden for den nuværende belægningssammensætning. Hvis den forventede ekstra levetid for KVS opnås, fx på yderligere 1-3 år, vil det medføre bedre samfundsøkonomiske resultater.

Nutidsværdi mio. kr.	Helsingørmotorvejen	Sydmotor- vejen	Østjyske Motorvej	Skovvejen
Drift (markedspris) - merinv.	-1,0	-1,0	-0,2	-0,2
Kørselsomkostninger	28,3	10,2	4,4	1,5
Støj	12,1	0,7	0,0	0,0
Luftforurening	2,2	0,7	0,3	0,1
Klima/CO ₂	2,3	0,8	0,4	0,1
Afgifter (inkl. korrektioner)	-10,6	-3,8	-1,7	-0,6
Arbejdsudbud	0,7	0,2	0,1	0,0
Nettonutidsværdi	33,9	7,7	3,4	1,0
Intern rente	>100%	80%	>100%	63%
Nettogeinst pr. offentlig krone	2,91	1,58	1,86	1,39
CO ₂ -reduktion (gns. ton pr. år)	525	189	82	28
CO ₂ -skyggepris (kr. pr. ton)	-4.022	-2.432	-2.466	-2.186

Tabel 4 – oversigt over samfundsøkonomiske resultater af de fire strækninger med KVS samt en specifikation af den gennemsnitlige CO₂-reduktion pr år pr strækning igennem levetiden

Driften skal læses som omkostninger til anlæg og drift af KVS og er omregnet til markedspriser i Teresa. Kort fortalt er det for at kunne sammenligne offentlige udgifter (og indtægter) med privat forbrug inkl. moms og afgifter. Kørselsomkostninger består i denne henseende af brændstofforbrug.

Som det fremgår i tabel 4, er KVS rentabelt på alle strækningerne. På flere af strækningerne er meromkostningen tjent hjem for samfundet på under et år, så der er tale om en særdeles gode samfundsøkonomiske investeringer.

Generelt er det sparede kørselsomkostninger for trafikanterne, som giver det største bidrag til de positive effekter. Desuden giver støj en særlig høj gevinst på Helsingørmotorvejen. Den største negative effekt er generelt de mistede brændstofafgifter til staten, hvor merinvesteringen vejer mindre tungt.

Der er ligeledes gennemført teoretiske samfundsøkonomiske beregninger for landeveje svarende til Skovvejen, men med lavere trafik, da de fleste effekter følger trafikmængden. Det er ikke muligt at give et generelt bud på støjffekten i denne sammenhæng, så dette er udeladt. Disse teoretiske analyser er foretaget for at finde det niveau, hvor KVS kan udlægges rentabelt. Resultaterne fremgår i tabel 5.

Nutidsværdi mio. kr.	Landevej ÅDT 6.000	Landevej ÅDT 2.200
Drift (markedspris)	-0,2	-0,2
Kørselsomkostninger	0,6	0,2
Støj	Ikke medregnet	Ikke medregnet
Luftforurening	0,0	0,0
Klima/CO ₂	0,1	0,0
Afgifter (inkl. korrektioner)	-0,2	-0,1
Arbejdsudbud	0,0	0,0
Nettonutidsværdi	0,3	0,0
Intern rente	23%	4,2%
Nettogeinst pr. offentlig krone	0,74	0,01
CO ₂ -reduktion (gns. ton pr. år)	12	5
CO ₂ -skyggepris (kr. pr. ton)	-1.468	240

Tabel 5 – oversigt over rentabiliteten af udlægningen af KVS med eksempel i Skovvejen, baseret på kriterier med varieret trafikmængde

Som det fremgår i tabel 5, viser KVS rentabelt på statsveje med trafik ned til ca. 2.000 i daglig trafikmængde, med de anvendte forudsætninger. Da ca. 95 % af vejnettet har en daglig trafikmængde på over 2.000, vurderes det, at KVS er samfundsøkonomisk rentabelt på langt størstedelen af statsvejnettet.