



Konstruktion og vedligehold af veje og stier

Hæfte 3.3

Dimensionering af befæstelser og forstærknings- belægninger

Vejregelforberedende rapport

- Under udarbejdelse
- Til frivillig brug med henblik på erfaringsopsamling**
- Til høring som vejregelforslag
- Til behandling som vejregelforslag i Vejregelrådet
- Til behandling som vejregelforslag i Trafikministeriet

Bemærkninger fremsendes inden: 1. maj 2004

Vejreglernes struktur

I henhold til § 6, stk. 1, i Lov om offentlige veje (Trafikministeriets lovebekendtgørelse nr. 671 af 19. august 1999), kan trafikministeren fastsætte almindelige regler og normer for anlæg, vedligeholdelse og drift af de offentlige veje, herunder for vejenes forhold til omgivelserne, for entreprisbetingelser og for sådanne forhold, som i øvrigt er af betydning for vejnettets ensartethed og trafiksikkerhed.

I henhold til § 24, stk. 3, i Lov om private fællesveje (Privatvejsloven) (Trafikministeriets lovebekendtgørelse nr. 670 af 19. august 1999), kan trafikministeren fastsætte almindelige regler og normer for anlæg, udvidelse og ombygning af private fællesveje, herunder for vejenes forhold til omgivelserne og for sådanne forhold, som i øvrigt er af betydning for vejenes ensartethed og trafiksikkerhed.

Komplekset af almindelige regler og normer på vejområdet benævnes vejregler og inddeles i følgende kategorier: normer, retningslinier, vejledninger og kommentarer.

- ” **Normer** omfatter fundamentale forudsætninger og krav.
- ” Normtekster kan være forsynet med kommentarer, men vil normalt ikke angive metoder, der bør eller kan anvendes for at få de specificerede krav opfyldt.
- ” Normer skal altid følges. Amtskommunale og kommunale vejbestyrelser og vejmyndigheders fravigelse af normer udstedt med hjemmel i Vejlovens § 6 og Privatvejslovens § 24, stk. 3, kan dog ske med dispensation fra Vejdirektoratet, mens Vejdirektoratets fravigelse af sådanne normer kræver dispensation fra Trafikministeriet.
- ” Normer er anført med dobbelt anførselstegn i margenen.
- ’ **Retningslinier** er regler til anvendelse under normale forhold.
- ’ Retningslinier indeholder angivelse af metoder, der bør anvendes til løsning af bestemte problemer og kan indeholde anbefalinger af typeløsninger og typekonstruktioner til brug under specificerede betingelser.
- ’ Retningslinier bør så vidt muligt følges, medmindre omstændighederne i konkrete tilfælde gør det nødvendigt eller fordelagtigt at fravige dem.
- ’ Retningslinier er anført med enkelt anførselstegn i margenen.
- Vejledninger** indeholder rådgivning baseret på ajourført erfaringsmateriale, og deres anvendelse vil normalt være hensigtsmæssig.
- Vejledninger er ikke anført med særskilt markering i margenen.
- . **Kommentarer** indeholder forklaringer og uddybende tekst til ovennævnte normer, retningslinier og vejledninger.
- . Kommentarer kan ligeledes indeholde henvisninger til andre bindende regler.
- . Kommentarer er anført med punktum i margenen.

Et vejregelhæfte kan principielt indeholde alle kategorier:

- ” Normer
- ’ Retningslinier
- ’ Vejledninger
- . Kommentarer

Et vejregelhæfte kan herudover indeholde regler om vejafmærkning, udstedt med hjemmel i færdselslovens § 95, stk. 3.

I henhold til § 95, stk. 1, i Færdselsloven, fastsætter trafikministeren bestemmelser om udformningen og betydningen af færdselstavler, afmærkning på kørebanen, signalanlæg og anden afmærkning eller indretning på eller ved vej til regulering af eller til vejledning for færdslen. Reglerne herom findes i Justitsministeriets (nu Trafikministeriets) bekendtgørelse nr. 590 af 24. juni 1992 om Vejafmærkning med senere ændringer (Vejafmærkningsbekendtgørelsen).

I henhold til § 95, stk. 3, i Færdselsloven, fastsætter trafikministeren bestemmelser om anvendelsen af afmærkningen i § 95, stk. 1, herunder om indhentelse af samtykke fra politiet. Reglerne herom findes først og fremmest i Trafikministeriets cirkulære nr. 3 af 7. januar 1998 om Vejafmærkning (Vejafmærkningscirkulæret).

Regler udstedt med hjemmel i Færdselslovens § 95, stk. 3, kan med samtykke fra politiet fraviges med dispensation fra Vejdirektoratet.

FORORD

Tilblivelse

Vejreglerådet nedsatte i marts 1996 en arbejdsgruppe med det formål at opdatere vejreglerne for dimensionering af befæstelser, omfattende følgende vejregler:

- 7.10.03, Vejregel for dimensionering af befæstelser
- 7.30.01, Vejregel for dimensionering af forstærkningsbelægninger

Vejregel Arbejdsgruppe 3.4 påbegyndte sit arbejde under et kommissorium, der pålagde den at:

- Registrere og revidere eksisterende dimensioneringsmetoder for veje, stier og fortove, herunder kantforstærkning og sideudvidelse.
- Dimensioneringsmetoderne skal tage højde for såvel statiske som dynamiske belastninger, og omfatte både stive, halvstive og fleksible belægninger, samt belægninger udført af belægningssten.

Arbejdsgruppen havde i 2003 følgende medlemmer:

Gregers Hildebrand, Vejdirektoratet, Vejteknisk Institut, formand
Christian Busch, COWI, sekretær
Søren Gleerup, Gleerup RCI
Jørn Kristiansen, Carl Bro Pavement Consultants
Karsten Mølgård, Horsens Kommune
Erik Nielsen, Asfaltindustrien
Per Ullidtz, Dynatest

Endvidere har følgende medvirket i arbejdsgruppen:

Mogens Rasmussen, Vejdirektoratet,
H. J. Ertman, Vejdirektoratet, Vejteknisk Institut
Vagn Leerskov, Århus Amt
Steffen B. Hvorslev, SBH Consult
Erik Voldby, Spedalsø Betonvarefabrik

Under arbejdsprocessen er arbejdsgruppen nået til den erkendelse at det ikke med den nuværende viden er muligt at give retningslinier for dimensionering ved simulering af stive og halvstive befæstelser på en måde, der er konsistent med den metodik, der blev udviklet for fleksible befæstelser.

Simulering af stive befæstelser er herefter udgået af arbejdsgruppens område, og den hidtidige metodik er tillempet analytisk dimensioneringsmetodik og indlagt i et EDB program.

Vejregelforslaget blev, stort set i den nuværende form, godkendt til udsendelse som vejregelforberedende arbejde på et møde i Vejreglerrådet i september 2001. I den mellemliggende periode er vejregelarbejdet overgået til en ny struktur, hvilket har sinket publikationen. Den forløbne tid er blevet anvendt til yderligere erfaringsopsamling, hvilket har ført til mindre tekstmæssige justeringer og en forbedret kalibrering af EDB programmets modeller.

Vejreglen består af følgende elementer:

- En trykt del (nærværende dokument), der indeholder retningslinier for fastlæggelse af dimensioneringsgrundlaget (trafikbelastning, materialeegenskaber) samt kortfattet vejledning i anvendelse af dimensioneringsprogrammet MMOPP4.
- Installationspakken til dimensioneringsprogrammet MMOPP4, inklusive den aktuelt gældende parameter database.
- En manual til MMOPP4, der redegør for den teoretiske baggrund for MMOPP4 programmet.

Vejreglen kan anvendes til dimensionering af både fleksible, halvstive og stive befæstelser. Der er defineret 3 niveauer for dimensionering:

- Niveau 1, Katalogbefæstelser - befæstelsen fastlægges ud fra et trykt katalog.
- Niveau 2, Analytisk-Empirisk Dimensionering - befæstelsen dimensioneres på grundlag af dimensioneringskriterier ud fra prædefinerede eller brugervalgte trafik- og materialeparametre.
- Niveau 3, Dimensionering ved simulation - befæstelsen dimensioneres på grundlag af simulerede nedbrydningsforløb til overholdelse af standardiserede eller brugervalgte krav til holdbarhed og pålidelighed.

For alle typer befæstelser foreligger mulighed for dimensionering på niveau 1. På niveau 2 kan dimensioneres fleksible, halvstive og betonbefæstelser. Dimensionering på niveau 3, hvor der ligeledes er mulighed for optimering af anlægsomkostningen, er kun mulig for fleksible befæstelser, og endnu ikke fuldt udviklet, hvorfor dimensionering på dette niveau indtil videre bør betragtes som retningsgivende.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	VEJREGLENS ANVENDELSE	1
1.1	Begrænsninger	1
1.2	Praktiske forhold	2
1.3	Nomenklatur	2
2.	DIMENSIONERING AF NYE BELÆGNINGER	3
2.1	Katalogmetoden	3
2.2	Analytisk-empirisk dimensionering og dimensionering ved simulation	3
3.	DIMENSIONERING AF FORSTÆRKNINGSBELÆGNINGER	7
4.	MATERIALETYPER	8
4.1	Udførelsestekniske hensyn	8
4.2	Materialeparametre i MMOPP	8
4.3	Materialeparametre, asfaltlag	9
4.4	Hastighedsreduktion af asfalt E-moduler	9
4.5	Materialeparametre, betonbelægningssten	10
4.6	Materialeparametre, øvrige lag	11
4.7	Jordbundsforhold	11
4.8	Sporkøring	13
5.	KATALOG	14
6.	ANALYTISK-EMPIRISK DIMENSIONERING, EKSEMPEL	17
6.1	Problem	17
6.2	Opstilling af forudsætninger	17
6.3	Anvendelse af analytisk dimensionering	18
6.4	Dimensionering af miljøprioriteret gennemfart	18
6.5	Dimensionering ved simulering og optimering, eksempel	20

1. VEJREGLENS ANVENDELSE

Langt den overvejende del af de befæstelser, der i dag udføres i Danmark, udføres i offentlig regi.

Et vejanlægs klasse og omfang er normalt bestemmende for valg af vejbefæstelsens type og for den nøjagtighed, hvormed man ønsker vejbefæstelsen dimensioneret.

Denne vejregel angiver derfor forskellige dimensioneringsmetoder, der kan anvendes afhængigt af anlæggenes betydning og omfang.

Det er naturligvis vanskeligt at foretage en inddeling af vejanlæg i få grupper, uden at grænserne mellem grupperne bliver uskarpe, men vejreglerne opererer med følgende grove inddeling:

Større anlæg
Mellemstore anlæg
Mindre og mindre betydende anlæg

For den første gruppe, større anlæg, bør vejbefæstelsen dimensioneres efter både den analytisk-empirisk metode og simulationsmetoden, som beskrevet i nærværende Vejregel.

Ved mellemstore anlæg kan dimensioneringen foretages af den projekterende instans ved anvendelse af Vejreglens analytisk-empiriske dimensioneringsprogram eller dens simulationsprogram.

Ved mindre anlæg og mindre betydende anlæg foretages normalt ingen egentlig dimensionering. For den sidste gruppe, hvor man i mange tilfælde mangler grundige forundersøgelser, kan befæstelsen "dimensioneres" ved valg i et standardkatalog. Et sådant katalog er indeholdt i vejreglens Tabel 15.

For belægninger med betonbelægningssten (BBS) har det ikke været muligt under det gennemførte vejreglarbejde at fastlægge en analytisk-empirisk dimensioneringsmetode, hvorfor der alene foreligger katalog-befæstelser, angivet i Tabel 17. Belægninger med BBS kan anvendes for anlæg på alle niveauer, eventuelt i forbindelse med kompetent rådgivning for mellemstore og større anlæg.



1.1 Begrænsninger

Der gøres opmærksom på, at simulationsprogrammet er kalibreret til danske forhold.

Dette medfører, at simulationsberegninger skal udføres under anvendelse af databasens standard parametre for at være i overensstemmelse med vejreglen

1.2 Praktiske forhold

Dimensioneringsmetoderne er i stand til at fastlægge belægnings-tykkelser for et givet vejprojekt, differentieret ud fra mange forskellige forhold.

Ved det endelige valg af tykkelser skal der også tages hensyn til arbejdets praktiske gennemførelse.

1.3 Nomenklatur

Følgende betegnelser, som ikke er defineret i den generelle nomenklatur, er anvendt i nærværende vejregel:

Trafikklasser: Angivelse af vejens trafikintensitet i 7 klasser, benævnt T0 til T6, alt efter dagstrafikken, målt i antal lastbiler eller i Æ10 aksler (se nedenfor).

Dimensioneringsbelastning: Betegnelse for den belastningstype, der anvendes i dimensioneringsberegningerne. Vejreglen anvender en 10 tons aksel, repræsenteret ved 2 tvillinghjul, med en C-C afstand mellem dækkene på 350 mm.

Dimensioneringstrafik: Antal af påvirkninger af den ovenfor angivne dimensioneringsbelastning, som vejbelægningen skal kunne holde til.

2. DIMENSIONERING AF NYE BELÆGNINGER

Metoderne forudsætter, at der fastlægges en dimensioneringstrafik samt at underbunden og de indgående lags materialeegenskaber (E-værdier og andre materialeparametre) er kendte eller antaget. Endvidere er det en forudsætning, at god anlægsteknisk praksis følges ved udlægning af de enkelte lag. De lagtykkelser, der findes ved hjælp af diagrammerne, er dimensioneringslagtykkelser, idet afvigelser fra disse ikke må være større end normaltolerancer, beskrevet i udbudsmaterialet.

2.1 Katalogmetoden

Der er skelnet mellem følgende 7 trafikklasser jfr. Tabel 1. Der er forudsat tosporet vej med normal køresporbredde.

Klasse	Lastbiler på vejen pr. døgn i begge retninger tilsammen	$N_{\text{Æ10}}$ pr. dag i spor (øvre grænse)	Dimensioneringstrafik Æ10/år
T0	Mindre end 1	0,5	75
T1	Op til 75	20	7.300
T2	75 til 150	50	18.300
T3	150 til 600	200	73.000
T4	600 til 1400	500	180.000
T5	1400 til 2000	800	300.000
T6	Flere end 2000	1500*	500.000*
Note: Principielt ubegrænset – de angivne værdier bruges som standardværdier i dimensioneringsprogram			

Tabel 1

2.2 Analytisk-empirisk dimensionering og dimensionering ved simulation

Trafikbelastningen udtrykkes ved N , hvor N er antal ækvivalente 10 t akseltryk (Æ10) pr. kørespor i dimensioneringsperioden

N beregnes af formlen:

$$N = P \cdot K_F \cdot K_K \cdot K_R \cdot F_{SS} \cdot \Sigma (F_{\text{Æ10}} \cdot L)$$

P er en vækstfaktor, der tager højde for trafikstigningen gennem dimensioneringsperioden.

P (i rent tal) beregnes ud fra den årlige stigning α (i rent tal) i Æ10 belastning og dimensioneringsperioden n (i år) ud fra formlen:

$$P = \frac{(1 + \alpha)^n - 1}{\alpha}$$

Ovenstående formel er gældende, såfremt der er tale om en stigende tilvækst (samme procentdel stigning af forrige års trafik).

Hvis der er tale om konstant tilvækst (samme procentdel af 1. års trafik) anvendes formlen:

$$P = n \times (1 + (n - 1) \times \frac{\alpha}{2})$$

Ved dimensionering ud fra simulering foretager programmet selv en løbende opskrivning af trafikmængden med den valgte stigningsprocent. Nedbrydningsberegningerne foretages så ved en simulation af trafik påført som 10 t tvillingmonterede aksler.

K_F er en korrektionsfaktor, der tager højde for lastbilernes fordeling over vejens tværsnit, som angivet i nedenstående tabel:

Vejbredde	K_F
Smalle veje, hvor trafikken forventes at køre i et spor.	1,0
2-sporede veje	0,5
4-sporede veje	0,45

Tabel 2 Korrektionsfaktor for fordeling

K_K er en korrektionsfaktor, der tager højde for kanalisering af trafikken, f.eks. i forbindelse med miljøprioriterede gennemfarter, som angivet i nedenstående tabel

Kanaliseringsgrad	K_K
Opmarchfelter, kanaliserede kryds med kantsten	2,0
Miljøprioriteret gennemfart og lignende	1,5
Normal køresporsbredde (3,75 m)	1,0

Tabel 3 Korrektionsfaktor for kanalisering

K_R er en korrektionsfaktor, der tager højde for særlige forhold, som f.eks. vridning, der gør sig gældende i rundkørsler.

Rundkørselstype	K_R
Lige vej	1,0
Rundkørsel med enkelt kørespor	2,0
Rundkørsel med 2 eller flere kørespor	1,0

Tabel 4 Korrektionsfaktor for rundkørsler

2.2.1 Valg af Æ10-faktor ($F_{\text{Æ10}}$)

Ved trafiktællinger foretages også en typeopdeling af de talte køretøjer. For hver enkelt type skal anvendes en specifik Æ10 faktor, således at fastlæggelsen af L foregår som en summation.

Æ10-faktorerne er i de følgende tabeller opdelt efter køretøjsart på to forskellige måder. Den ene er den traditionelle opdeling af køretøjer i lastbiler, påhængsvogntog, sættevognstog og busser, som er kendt fra manuelle tællinger. Den anden opdeling er foretaget af hensyn til mulighederne for at udnytte resultaterne fra maskinelle længdeklassifikationer. Her opdeler man typisk køretøjerne efter længdegrænserne 5,8 m og 12,5 m. Disse resultater er behæftet med noget større usikkerhed, da personbiler med påhæng (trailer eller campingvogn) bliver registreret sammen med busser og lastbiler.

2.2.2 Standardfaktorer for alle veje undtagen bygader

De faktorer, der skal bruges i de fleste tilfælde (alle veje på nær egentlige bygader), fremgår af Tabel 5 og Tabel 6. I Tabel 5 er Æ10-faktorerne opdelt efter køretøjsarten og i Tabel 6 efter køretøjslængden. I Tabel 6 (køretøjslængder mere end 5,8 m er faktorerne både angivet for køretøjer under og over 12,5 m og for alle køretøjer over 5,8 m.

Køretøjsart	$F_{\text{Æ10}}$
Lastbiler	0,4
Påhængsvogntog	1,5
Sættevognstog	1,2
Busser	0,6

Tabel 5 Æ10-faktorer opdelt på køretøjsart

	Længdegruppe	$F_{\text{Æ10}}$
Ved opdeling af lastbiler i 2 længdegrupper	5,8 - 12,5 m	0,35
	Over 12,5 m	1,35
Uden opdeling af lastbiler i længdegrupper	Over 5,8 m	0,75

Tabel 6 Æ10-faktorer opdelt efter køretøjslængde

2.2.2 Standardfaktorer bygader

For egentlige bygader er faktorerne - på nær for busser - mindre end for det øvrige vejnet.

Køretøjsart	$F_{\text{Æ10}}$
Lastbiler	0,3
Påhængsvogntog	0,9
Sættevognstog	0,5
Busser	0,6

Tabel 7 Æ10-faktorer opdelt på køretøjsart, bygader

	Længdegruppe	F _{Æ10}
Ved opdeling af lastbiler i 2 længdegrupper	5,8 - 12,5 m	0,25
	Over 12,5 m	0,65
Uden opdeling af lastbiler i længdegrupper	Over 5,8 m	0,30

Tabel 8 Æ10-faktorer opdelt efter køretøjslængde, bygader

2.2.3 Super- single- korrektion, F_{SS}

Som nævnt skal der ved anvendelsen af Æ10-faktorerne udover akseltrykkene også tages hensyn til dækmonteringen, idet der skal korrigeres for monteringen af supersingledæk. Denne korrektion fremgår af Tabel 9, idet den høje værdi for kommuneveje bør anvendes på trafikveje og den lave på andre kommunale veje.

Vejtype	F _{SS}
Motorveje	1,3
Øvrige hovedlandeveje og landeveje	1,3
Kommuneveje	1,0 - 1,2

Tabel 9 Korrektionsfaktor for supersingledæk

L er antal lastbiler (incl. busser) pr. år i begge retninger. En lastbil er i denne sammenhæng et køretøj på over 3,5 t tilladt totalvægt.

Udviklingen i lastbiltrafikken og dermed Æ10 belastning kan variere med ændringer i de overordnede samfundsmæssige planlægningsforudsætninger, ligesom der kan være tale om regionale forskelle. Der kan endvidere være et ønske om at beregne den samlede trafikbelastning for forskellige dimensioneringsperioder.

Hvor der anvendes trafiktællinger som basis for dimensioneringen, findes L findes ud fra formlen:

$$L = \text{Årsdøgntrafik} \cdot 365 \cdot (\text{lastbilprocent}/100) \cdot 0,86$$

Lastbilprocenten i ovenstående formel angiver procenten hverdage mellem kl. 6 - 18, mens **korrektionsfaktoren 0,86** tager højde for at der er mindre lastbiltrafik på hverdage mellem kl. 18 - 6 og i weekender.

3. DIMENSIONERING AF FORSTÆRKNINGSBELÆGNINGER

(Under udarbejdelse)

4. MATERIALETYPER

4.1 Udførelsestekniske hensyn

For forskellige materialetyper bør der af udførelsmæssige og beregningsmæssige grunde overholdes visse praktiske minimumstykkelser.

Disse forhold er afspejlet i vejreglens katalogbefæstelser.

Vedrørende valg af minimumslagtykkelser for materialer henvises i øvrigt til relevante forskrifter.

4.2 Materialeparametre i MMOPP

MMOPP programmet indeholder tre niveauer af dimensionering:

- Niveau 1 – Katalogbefæstelser
- Niveau 2 – Analytisk-empirisk dimensionering
- Niveau 3 – Dimensionering ved simulation

Ved fastlæggelsen af Katalogbefæstelserne, og ved dimensionering både analytisk-empirisk og ved simulation fordres kendskab til materialernes E-moduler og Poisson's forhold, ν . Sidstnævnte er sat til 0,35 for alle materialer bortset fra beton, som tillægges værdien 0,15, og cement-stabiliseret grus, CG, som tillægges værdien 0,25.

I nedenstående skemaer er der for de mest almindelige forekommende materialer angivet elasticitetsegenskaber. Anvendelse af disse E-værdier forudsætter, at materialerne opfylder de gældende udbuds- og anlægsforskrifter.

4.3 Materialeparametre, asfaltlag

Dybde under vejoverflade	Materiale	Bitumen	E-værdi [MPa]	Interval for lagtykkelse [mm]
Indtil 100 mm	OB og MOB	Alle typer	500	10/15
	TB k	330/430	500	10/25
	TB k	250/330	500	10/25
	TB k	160/220	1000	15/25
	TB k	70/100	1000	15/25
	PA	330/430	500	15/45
	PA	250/330	500	15/45
	AB	160/220	1000	20/55
	AB	70/100	2000	20/55
	AB*	40/60	3000	25/55
	SMA	40/60	3000	25/50
	SMA	Modificeret	3000	25/50
	DA	Modificeret	1500	40/45
	ABB	40/60	3000	40/90
	ABB	Modificeret	3000	40/90
	GAB 0	70/100	2000	35/70
	GAB 0	40/60	3000	40/75
	GAB I	70/100	2000	50/100
	GAB I	40/60	3000	60/110
	GAB II	40/60	3000	80/180
Over 100 mm	ABB	40/60	5000	40/90
	ABB	Modificeret	5000	40/90
	GAB 0	70/100	3000	35/70
	GAB 0	40/60	5000	40/75
	GAB I	70/100	3000	50/100
	GAB I	40/60	5000	60/110
	GAB II	40/60	5000	80/180
*) AB med bitumen 40/60 anvendes i særlige tilfælde, f.eks. ved tungt trafikerede kørebaner, kryds og opmarchbaner.				

Tabel 10 Materialeparametre, asfaltlag

4.4 Hastighedsreduktion af asfalt E-moduler

Ved en reduktion af kørselshastigheden til under 60 km/h vil asfaltens visko-elastiske karakter medføre en reduktion af E-modulet.

Det kan for almindelige danske asfaltmaterialer antages at størrelsen af reduktionen afhænger af hastigheden som angivet i nedenstående tabel.

Hastighed [km/h]	E-modul korrektionsfaktor
60 og derover	1,0
30	0,8
10	0,5
5	0,4
2,5	0,3

Tabel 11 Korrektion af asfalt E-moduler for hastighed

4.5 Materialeparametre, betonbelægningssten

Befæstelser med betonbelægningssten (BBS) anvendes på veje og pladser med trafikeringshastigheder under 60 km/h.

For BBS befæstelser er det formen, tykkelsen og læggemønsteret der har indflydelse på belægningens bæreevne. Betonbelægningssten defineres her som følger:

$$\begin{aligned} \text{Længde/tykkelse} &\leq 4 \\ \text{Arealet af stenen} &\leq 1 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Med dimensioner udover dette er der tale om fliser – og de viste katalogbefæstelser mv. er ikke gældende.

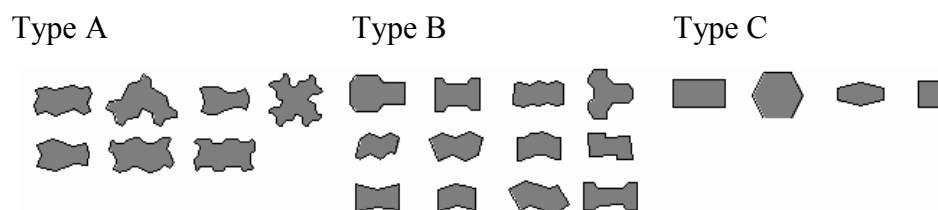
Betonbelægningssten produceres i 60, 70, 80, 90 og 100 mm tykkelse. I kataloget er angivet de anbefalede minimumstykkelser. Benyttes tykkere sten kan bærelagstykkelsen reduceres. Som hovedregel vil en forøgelse af stentykkelsen med 10 mm betyde at SG-laget kan mindskes med 20 mm og bundne bærelag med 10 mm.

Der eksisterer mange forskellige udformninger af BBS, men de kan alle deles ind i følgende tre hovedtyper:

Type A: Fortandede sten der griber ind i hinanden og derved modvirker bevægelser mellem stenene i såvel tvær- som længdeaksen.

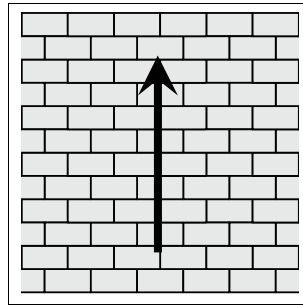
Type B: Fortandede sten der griber ind i hinanden og derved modvirker bevægelser mellem stenene i én retning.

Type C: Sten der ikke har nogen låse-effekt.

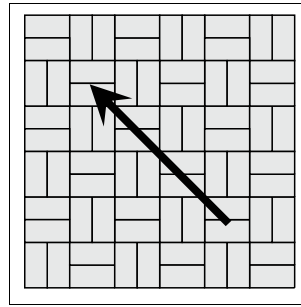


Figur 1 Eksempler på de forskellige stentyper

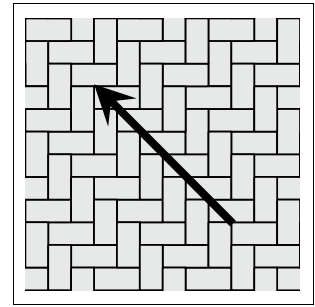
Med hensyn til læggemønster eksisterer der grundlæggende følgende tre hovedtyper, hvor pilene angiver den optimale kørselsretning:



Figur 2 Løberforbandt



Figur 3 Blokforbandt



Figur 4 Vinkelforbandt (sildebensmønster)

Sildebensmønsteret/vinkelforbandtet er alt andet lige det mest effektive til at modstå trafikens påvirkninger (specielt horisontale kræfter fra bremsende, accelererende og svingende trafik). Derefter kommer blokforbandtet og til sidst løberforbandtet. Der bør altid vælges det mest effektive mønster som det er muligt at lægge den aktuelle sten i.

4.6 Materialeparametre, øvrige lag

Materiale	E-modul (MPa)	Min. tykkelse (mm)
Cementbeton, uarmeret	35.000	150
Cementstabiliseret grus, intakt lag (værkblandet)	17.000	120
Skærvemacadam (SKM)	1.000	70
Singelsmacadam (SIM)	600	70
Stabilt grus (SG)	300	150
Bundsikringslag, sand (BL)	100	200

Tabel 12 Materialeparametre, øvrige lag

4.7 Jordbundsforhold

Den samlede tykkelse af vejbefæstelsen fastlægges ud fra hensynet til frosthævningsrisiko i kombination med trafikklassen. Såfremt strækningens jordarter ikke kan fastlægges ud fra tidligere erfaringer, der giver et vel underbygget kendskab til jordbundsforholdene, bør der udføres undersøgelse i marken. Er de aktuelle jordarters opfrysningsrisiko ikke bestemt på anden måde, kan værdierne i nedenstående skema benyttes.

Er de aktuelle jordarters opfrysnings-risiko ikke bestemt på anden måde, kan værdierne i nedenstående skema benyttes.

Risikogruppe	Frostsikker	Frosttvivlsom	Frostfarlig
Materiale- typer Trafik- klasse	Sand og grus uden betydende partier af silt og siltholdigt ler	Moræneler og ler	Silt og meget siltholdige jordarter med mulighed for vandtilførsel
T0	Som bestemt ud fra analytisk-empirisk dimensionering	400 mm	500 mm
T1		500 mm	700 mm
T2		600 mm	800 mm
T3, T4, T5, T6		700 mm	900 mm

Tabel 13 Mindste totale belægningstykkelser under hensyn til frosthævningsrisiko

Ved fastlæggelse af disse tykkelser er det forudsat, at der etableres et velfungerende afløbssystem for såvel overfladevand som for grundvand. Hvor der anvendes kantsten eller rørlagt afløb fra kørebanen og befæstet fortov eller rabat, kan ovennævnte tykkelser for frostsikring reduceres med 100 mm.

Ved anlæggets gennemførelse bør jordarter og forhold i råjordsplanum sammenholdes med de for dimensioneringen fastsatte jordarter og forhold, hvorefter de endelige overbygningstykkelser fastsættes.

Med hensyn til E-værdier for underbund kan anføres nedenstående retningsgivende værdier:

Jordarter	E-modul (MPa)
Moræneler, kalkfrit ¹⁾	10 - 20
Moræneler, kalkholdigt ¹⁾	20 - 50
Moræneler, fedt, kalkholdigt ¹⁾	10 - 30
Senglaciale ler- og siltaflejringer ¹⁾	5 - 15
Sand, fint (frostfarligt)	40 - 70
Sand	70 - 150
Grus	100 - 300
Note 1: Afhængigt af in situ vandindhold	

Tabel 14 E-værdier for underbund

Som standardværdier for underbundsbetegnelserne "Frostsikker", "Frosttvivlsom" og "Frostfarlig" anvendes i MMOPP 100 MPa, 40 MPa og 20 MPa.

4.8 Sporkøring

Sporkøring beregnes i MMOPP programmets simulationsdel som sammentrykningen i køresporet af materialerne i de enkelte lag samt underbunden.

Strengt taget er denne beregningsmetode ikke fuldt dækkende, idet den ikke medtager effekten af deformationer uden for køresporet, som skal fratrækkes for at få den reelle sporkøring. For belægningens bærelag og bundsikring er dette fradrag ubetydeligt.

For underbunden gælder det imidlertid, at man i takt med et faldende underbundsmodul vil få en mere ensartet trykfordeling på tværs af kørselsretningen i en korrekt dimensioneret befæstelse. Effekten af deformationer uden for køresporet stiger herved, og da denne effekt ikke medtages vil det på svagt underlag føre til en forholdsmæssig overvurdering af sporkøringen.

MMOPP programmet er kalibreret til at give korrekte resultater for frosttvivlsom underbund (40 MPa).

Som en foreløbig foranstaltning er modellen for deformation af frostfarlig underbund modificeret, således at der også for svage underbundsmoduler fås den ventede udvikling af sporkøring. Dette betyder, at man ved beregning for svag underbund ($E_m < 40$ MPa) skal regne materialet som frostfarligt, uanset at dette eventuelt ikke skulle være tilfældet.

5. KATALOG

	Fleksible belægninger 10 års trafik					
	Trafikklasse					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5 & T6
Lastbiler per døgn ¹	< 1	1-75	75-150	150-600	600-1400	
Æ10 belastning ²	0	< 20	20-50	50-200	200-500	> 500
Asfalt + SG	20 mm PA 250/330 50 mm GAB 0 70/100 150 mm SG 180 mm BL	20 mm PA 250/330 80 mm GAB 1 70/100 150 mm SG 250 mm BL	25 mm PA 250/330 60 mm GAB 0 70/100 60 mm GAB 1 70/100 150 mm SG 305 mm BL	25 mm PA 250/330 60 mm GAB 0 70/100 90 mm GAB 1 70/100 170 mm SG 355 mm BL	30 mm AB 70/100 60 mm ABB 40/60 65 mm GAB I 40/60 215 mm SG 350 mm BL	Benyt dimensionerings software
		25 mm AB 160/220 70mm GAB 0 70/100 150 mm SG 255 mm BL	25 mm AB 160/220 50 mm GAB 0 70/100 60 mm GAB 1 70/100 150 mm SG 315 mm BL	30 mm AB 70/100 60 mm GAB 0 70/100 75 mm GAB 1 70/100 160 mm SG 375 mm BL	35 mm SMA 40/60 60 mm ABB 40/60 60 mm GAB 1 40/60 215 mm SG 350 mm BL	Benyt dimensionerings software
		15 mm TB-k 80 mm GAB 1 70/100 150 mm SG 255 mm BL	15 mm TB-k 60 mm GAB 0 70/100 60 mm GAB 1 70/100 150 mm SG 315 mm BL	20 mm TB-k 60 mm GAB 0 70/100 90 mm GAB 1 70/100 170 mm SG 360 mm BL	20 mm TB-k 65 mm ABB 40/60 75 mm GAB I 40/60 210 mm SG 330 mm BL	Benyt dimensionerings software
Asfalt + SIM	20 mm PA 250/330 100 mm SIM ³⁾ 280 mm BL ⁴⁾	40 mm PA 250/330 210 mm SIM ³⁾ 260 mm BL ⁴⁾	25 mm PA 250/330 60 GAB 0 70/100 200 mm SIM 315 mm BL ⁴⁾	30 mm AB 70/100 70 mm GAB 0 70/100 230 mm SIM 370 mm BL ⁴⁾		
Asfalt + SKM	20 mm PA 250/330 100 mm SKM ³⁾ 280 mm BL ⁴⁾	20 mm PA 250/330 200 mm SKM ³⁾ 280 mm BL ⁴⁾	25 mm PA 250/330 240 mm SKM ³⁾ 335 mm BL ⁴⁾	30 mm AB 70/100 60 mm GAB 0 70/100 200 mm SKM 410 mm BL ⁴⁾	30 mm AB 70/100 60 mm GAB 0 70/100 250 mm SKM 360 mm BL ⁴⁾	Benyt dimensionerings software
Noter:	<ol style="list-style-type: none"> Lastbiler på vejen pr. døgn i begge retninger til sammen. (Se endvidere tabel 1) Æ10 per dag i spor (øvre grænse) Toplagsfyldt Singelsmacadam hhv. Skærvemacadam Overfladen af bundsikringslaget bør udføres som kørestabil 					

Tabel 15 Fleksible belægninger til 10 års trafik på frosttvivlsom underbund (40 MPa). For andre E-moduler af underbunden kan foretages analytisk dimensionering, dels for 40 MPa, dels for den aktuelle værdi, hvorefter tykkelsen af bundsikringslaget justeres ud fra forskellene mellem de 2 dimensioneringer.

Nedenstående tabel er en mere fuldstændig oversigt over materialer, der kan anvendes i befæstelser under normale hensyn til trafikintensiteten.

Tabellen kan anvendes til valg af andre materialetyper i katalog-befæstelserne i tabel 15.

Befæstelses- type	Eksempler på asfaltmaterialer der kan anvendes for de forskellige trafikklasser					
	T0 & T1	T2	T3	T4	T5	T6
Lastbiler per døgn ¹	-75	75-150	150-600	600-1400	1400-2000	>2000
Æ10 belastning ²	<20	20-50	50-200	200-500	500-800	>800
Slidlag	OB	OB	OB			
				MOB		
	PA 330/430					
	PA 250/330	PA 250/330	PA 250/330	PA 250/330		
	AB 160/220	AB 160/220				
			AB 70/100	AB 70/100	AB 70/100	AB 70/100
		SMA	SMA	SMA	SMA	SMA
				DA	DA	DA
TB k 250/330						
	TB k 160/220					
		TB k 70/100	TB k 70/100	TB k 70/100		
Bindelag				ABB 40/60	ABB Mod.	ABB Mod.
Bærelag	GAB 0 70/100	GAB 0 70/100	GAB 0 70/100			
	GAB I 70/100	GAB I 70/100				
			GAB I 40/60	GAB I 40/60		
		GAB II	GAB II	GAB II	GAB II	
Noter:	1. Lastbiler på vejen pr. døgn i begge retninger til sammen. (Se endvidere tabel 1) 2. Æ10 per dag i spor (øvre grænse)					

Tabel 16 Eksempler på asfaltmaterialer der kan anvendes for de forskellige trafikklasser

	Befæstelser med betonbelægningssten til 10 og 20 års trafik				
	T0	T1	T2	T3	T4
Lastbiler per døgn ¹	< 1	1-75	75-150	150-600	600-1400
Æ10 belastning ²	0	< 20	20-50	50-200	200-500
BBS + SG 10 års trafik	60 mm BBS 30 mm AL 120 mm SG 190 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 190 mm SG 200 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 240 mm SG 250 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 290 mm SG 300 mm BL	90 mm BBS 30 mm AL 330 mm SG 250 mm BL
BBS + SG 20 års trafik	60 mm BBS 30 mm AL 120 mm SG 190 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 240 mm SG 150 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 270 mm SG 220 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 330 mm SG 260 mm BL	90 mm BBS 30 mm AL 370 mm SG 210 mm BL
BBS + CG 10 års trafik	60 mm BBS 30 mm AL 120 mm CG 190 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 135 mm CG 255	80 mm BBS 30 mm AL 155 mm CG 335 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 175 mm CG 415 mm BL	90 mm BBS 30 mm AL 210 mm CG 370 mm BL
BBS + CG 20 års trafik	60 mm BBS 30 mm AL 120 mm CG 190 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 155 mm CG 235 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 170 mm CG 320 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 195 mm CG 395 mm BL	90 mm BBS 30 mm AL 230 mm CG 350 mm BL
BBS + Asfalt 10 års trafik	60 mm BBS 30 mm AL 80 mm GAB I 70/100 230 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 95 mm GAB I 70/100 295 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 110 mm GAB I 70/100 380 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 130 mm GAB I 70/100 460 mm BL	90 mm BBS 30 mm AL 145 mm GAB I 70/100 435 mm BL
BBS + Asfalt 20 års trafik	60 mm BBS 30 mm AL 80 mm GAB I 70/100 230 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 110 mm GAB I 70/100 280 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 125 mm GAB I 70/100 365 mm BL	80 mm BBS 30 mm AL 140 mm GAB I 70/100 450 mm BL	90 mm BBS 30 mm AL 155 mm GAB I 70/100 425 mm BL
Anbefalet BBS stentype	A, B, C	A, B, C	A, B	A	A
	Vælges andre stentyper end de anbefalede, bør kompetent rådgivning indhentes for at sikre belægningens funktionsegenskaber. Se endvidere afsnittet om materialeparametre				
Noter:	<ol style="list-style-type: none"> Lastbiler på vejen pr. døgn i begge retninger til sammen. (Se endvidere tabel 1) Æ10 per dag i spor (øvre grænse) 				

Tabel 17 Befæstelser med betonbelægningssten til 10 og 20 års trafik på frosttvivlsom underbund (40 MPa)

6. ANALYTISK-EMPIRISK DIMENSIONERING, EKSEMPEL

6.1 Problem

En hovedlandevej skal forlægges som 4-sporet omfartsvej, befæstelsen ønskes udført med en traditionel SG belægning, dimensioneret for en 15-årig periode. Underbunden er klassificeret som frosttvivlsom, med en dimensionerings E-modul på 50 MPa, og der anvendes ikke kantsten eller anden særlig afvandingsforanstaltning.

Trafiktællinger har givet som resultat, at der ved ibrugtagningstidspunktet kan forventes 550 lastbiler over 5,8 m's længde dagligt i begge retninger tilsammen. Der forventes en jævn trafikstigning på 25 lastbiler pr. døgn over hele perioden.

6.2 Opstilling af forudsætninger

Der er tale om en 4-sporet vej, derfor er dimensioneringstrafikken 0,45 gange den totale Æ10 trafikmængde (Tabel 2).

Trafikstigningen 1. år er $25/550 = 0,0455$. Vækstfaktoren P (konstant vækst over hele perioden) er da:

$$P = 15 \times (1 + 14 \times 0,0455/2) = 19,8$$

Vejen er klassificeret som hovedlandevej, der kan derfor regnes med 0,75 Æ10 aksel pr. lastbil (Tabel 6). Supersinglekorrektionen aflæses til 1,3 (Tabel 9).

hvorved dimensioneringstrafikken i et spor over hele perioden bliver:

$$19,8 \times 0,45 \times 1,0 \times 0,75 \times 1,3 \times 550 \times 0,86 \times 365 = 1.500.000 \text{ Æ10 aksler}$$

MMOPP kan ikke regne med konstant vækst, hvorfor trafikken fordeles jævnt ud over de 15 år med en vækst på 0% pr år, altså:

$$N_{\text{ÅRLIG}} = 100.000 \text{ Æ10 aksler}$$

Lastbilmængden ved periodens start placerer vejen i trafikklasse T3, men den gennemsnitlige Æ10 belastning svarer til trafikklasse T4 (Tabel 1). Da lastbilmængden ligger relativt højt i T3 vælges at dimensionere ud fra T4.

6.3 Anvendelse af analytisk dimensionering

Der startes med en T4 befæstelse på frosttvivlsom underbund. Der vælges 30 mm SMA 40/60, 45 mm ABB 40/60 og GAB I 40/60 bærelag.

Resulterende befæstelse får en samlet asfalttykkelse på 147 mm, en SG-tykkelse på 230 mm og en BL-tykkelse på 334 mm. I vinduet ”Input Parametre” ændres trafikmængden fra 180.000 til 100.000 og antal år fra 10 til 15. Derefter dimensioneres ved tryk på ”Analytisk”, og der vælges ”E-værdier for standardmaterialer”. Denne beregning justerer asfalttykkelsen til 142 mm og BL-tykkelsen til 328 mm.

En finjustering for underbunden, der er 50 MPa, ikke standardværdien på 40 MPa, gøres ved at ændre denne værdi, igen trykke ”Analytisk”, men nu vælge ”E-værdier fra inputform”. Dette giver anledning til en opjustering af asfalttykkelsen til 144 mm og en tilsvarende nedjustering på 2 mm af bundsikringslaget.

Dette tilsyneladende paradoks at et stærkere underlag kræver større styrke i belægningens overbygning er helt i tråd med den lineærelastiske beregningsmodel og praktiske forhold. På et stivere underlag vil en given overbygning få en formindsket trykspredningseffekt – ”trykkeglen” indsnævres. Dette fører til at trykket på både SG-laget og bundsikringslaget øges. For at holde levetiden uændret fordres det at stivheden af den overliggende belægning øges. I det aktuelle tilfælde var den stivhedsforøgelse, der var nødvendig for at beskytte SG-laget også tilstrækkelig til at neutralisere effekten på bundsikringslaget, men der kan forekomme tilfælde, hvor både asfalttykkelse og SG-tykkelse øges.

Den resulterende befæstelse er vist nedenfor.

The screenshot shows the 'Input parametre' window with the following data:

Materiale	Tykkelse	E-værdi
Nyt lag	0	0
30 SMA 40/60	144	3522
45 ABB 40/60		
GAB I 40/60		
SG	230	300
Bundsikring	326	100
Frosttvivlsom		50

Other parameters shown in the window:

- Navn: Eksempel 1A
- Længde: 30
- Hjul: 1
- Antal pr. år: 100000
- Vækst %: 0
- Min hastighed: 60
- Max hastighed: 80
- Start årstid: 5
- Antal år i simulering: 15
- Antal simuleringer: 10
- DOS:
- Ændring af: Klima, Belastning, Grænser, Lag
- Standard: Standard, Standard, Standard
- Buttons: Gem, Start, Slut, Analytisk, Optimer, xls, Vis resultater

6.4 Dimensionering af miljøprioriteret gennemfart

Ved en krydsning af cykelsti ønskes skabt veldefinerede trafik- og oversigtsforhold for cyklisterne, og der etableres derfor indsnævring til et spor i hver retning. Det forventes at dette vil nedsætte hastigheden fra over 60 km/h til 30 km/h igennem indsnævringen.

Dimensioneringstrafikken kommer herved til at svare til forholdene på 2-sporede veje, og beregnes derfor som 50/45 af dimensionerings- trafikken på 4-sporede strækninger (Note, Tabel 2), og asfaltens E-modul skal reduceres til 80% af værdien ved 60 km/h og derover (Tabel 11). Samtidig opjusteres dimensioneringstrafikken med faktoren $K_K = 1,5$ for kanalisering (Tabel 3).

Disse justerede værdier indsættes i vinduet ”Input parametre” i MMOPP, og der dimensioneres ”Analytisk” med valg af ”E-værdier fra input- form”, med nedenstående belægninger som resultat, hvor det konstateres at det bliver nødvendigt at øge den totale asfalttykkelse til 170 mm og SG-tykkelsen til 240 mm. Samtidig reduceres BL tykkelsen til 290 mm.

Materiale	Tykkelse	E-værdi	
Nyt lag	0	0	Gem
30 SMA 40/60 45 ABB 40/60 GAB I 40/60	170	2818	Start
SG	240	300	Slut
Bundsikring	290	100	Analytisk
Frostvivlsom		50	Optimer

Navn: Eksempel 1B Længde: 30

Hjul: 1

Antal pr. år: 167000

Vækst, %: 0

Min hastighed: 60 Max hastighed: 80 Start årstid: 5

Antal år i simulering: 15 Antal simuleringer: 10 DOS

Ændring af: Klima Belastning Grænser Lag

Standard Standard Standard xls Vis resultater

6.5 Dimensionering ved simulering og optimering, eksempel

Den i ovenstående eksempel ”analytisk-empirisk” dimensionerede befæstelse ønskes undersøgt i levetidsmæssig sammenhæng, og en eventuelt anlægsteknisk billigere løsning ønskes.

Først undersøges den aktuelle befæstelses levetider ved simulation. I denne sammenhæng er det væsentligt at den virkelige trafikstigning modelleres troværdigt.

En iterativ anvendelse af de to ligninger for trafikstigningsfaktorer viser at der opnås praktisk taget samme totale trafikmængde ved anvendelse af en starttrafik på 77.700 Æ10 aksler og en årlig stigning på 3,5 % af forrige års trafik.

Input og resultat af en simulation med 10 kørsler, 40 års simulationslængde, er vist nedenfor.

Input parametre

Materiale	Tykkelse	E-værdi			
Nyt lag	0	0	Gem		
30 SMA 40/60	45 ABB 40/60	GAB I 40/60	144	3522	Start
SG	230	300	Slut		
Bundsikring	326	100	Analytisk		
Frostvivlsom		50	Optimer		
Navn	Eksempel 1C	Længde	30		
Hjul	1				
Antal pr. år	77700				
Vækst %	3.5				
Min hastighed	60	Max hastighed	80	Start årstid	5
Antal år i simulering	40	Antal simuleringer	10	<input type="checkbox"/> DOS	
Ændring af:					
Klima	Belastning	Grænser	Lag		
Standard	Standard	Standard	xls	Vis resultater	

Resultater

	IRI	Spor	Esnit	Elav
1	18.39	20.39	28.87	26.00
2	23.39	25.39	40.00	40.00
3	15.87	17.87	19.83	16.87
4	21.39	27.87	40.00	40.00
5	26.67	29.87	40.00	40.00
6	19.87	22.00	33.87	28.67
7	26.67	24.67	40.00	31.67
8	28.39	31.87	40.00	40.00
9	25.39	23.39	35.87	27.87
10	27.39	26.42	40.00	38.83
Snit	23.3	25.0	35.8	33.0
stdev	4.27	4.28	6.77	8.07

Luk

Tabellen viser, at befæstelserne i alle henseender overholder kravene om 15 års levetid på et 85% niveau, idet Snit – stdev i alle tilfælde er større end 15 år, lavest for jævnhedskriteriet (IRI), noget højere for sporkøringskriteriet, E_{SNIT} kriteriet, der svarer til revnedannelse, samt E_{LAV} kriteriet, der udtaler sig om dannelse af slaghuller.

Det vælges nu at undersøge, hvorvidt der kan opstilles billigere løsninger, der på et 85% niveau opfylder alle kriterierne.

Hvis løsningen skal være billigere, skal asfalt og/eller stabilgruslaget gøres tyndere. Det vælges at variere begge tykkelser i spring af 5 mm, startende ved 125 mm hhv. 200 mm, med indgangsparametre som vist nedenfor: Bundsikringstykkelsen sættes lavt, idet det udfyldte felt ”Minimums tykkelse” sikrer at de sædvanlige krav til totaltykkelse overholdes.

Optimer				
	Fra	Til	Trin	Pris/m ³
30 SMA 40/60	<input type="text" value="120"/>	<input type="text" value="145"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="2000"/>
SG	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="230"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="300"/>
Bundsikring	<input type="text" value="300"/>	<input type="text" value="300"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="200"/>
	IRI	Spor	Gennemsnits E-værdi	Mindste E-værdi
Levetid, år	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="15"/>
Pålidelighed%	<input type="text" value="85"/>	<input type="text" value="85"/>	<input type="text" value="85"/>	<input type="text" value="85"/>
Minimums tykkelse	<input type="text" value="700"/>		<input type="button" value="Start"/>	<input type="button" value="Slut"/>

Mens optimeringen kører vises et skærbillede som nedenfor, og når den billigste løsning er fundet indsættes resultatet i skærbilledet ”Input Parametre” (næste side).

Nedbrydning	
Simulering Nr	<input type="text" value="3"/>
År fra start	<input type="text" value="7.83"/>
IRI	<input type="text" value="2.08"/>
Spor	<input type="text" value="3.56"/>
Gennemsnits E-værdi	<input type="text" value="1.08"/>
Mindste E-værdi	<input type="text" value="1.00"/>
<input type="checkbox"/> Stop	

Input parametre

Materiale	Tykkelse	E-værdi	
Nyt lag	0	0	Gem
30 SMA 40/60 45 ABB 40/60 GAB I 40/60	125	3347	Start
SG	205	300	Slut
Bundsikring	375	100	Analytisk
Frostvulvsom		50	Optimer
Navn	Eksempel 1D	Længde	30
Hjul	1		
Antal pr. år	77700		
Vækst %	3.5		
Min hastighed	60	Max hastighed	80
		Start årstid	5
Antal år i simulering	40	Antal simuleringer	10
Ændring af:			<input type="checkbox"/> DOS
Klima	Belastning	Grænser	Lag
Standard	Standard	Standard	xls
			Vis resultater

Optimeringen viser, at det er muligt at opnå den ønskede pålidelighed i dimensioneringen ved at reducere asfalttykkelse til 125 mm og SG-tykkelsen til 205 mm.

Et fornyet tryk på ”Optimer” knappen viser, hvilken pålidelighed der beregnes for at de forskellige kriterier overholdes.

Optimer

	Fra	Til	Trin	Pris/m3
30 SMA 40/60	120	145	5	2000
SG	200	230	6	300
Bundsikring	300	300	0	200
	IRI	Spor	Gennemsnits E-værdi	Mindste E-værdi
Levetid, år	15	15	15	15
Pålidelighed%	86.2	99.9	99.5	94.2
Minimums tykkelse	700		Start	Slut

