

LIVSCYKLUSVURDERING AF

# KALKSTABILISERING AF MOTORVEJSSTRÆKNINGER

- Med fokus på potentielle klimapåvirkninger og ressourceforbrug

RAPPORT 426 - 2012



## LIVSCYKLUSVURDERING AF KALKSTABILISERING AF MOTORVEJSSTRÆKNINGER

- Med fokus på potentielle klimapåvirkninger og ressourceforbrug

Rapport 426 - 2012

<b>DATO:</b>	Oktober 2012
<b>Net-ISBN:</b>	9788770607193
<b>COPYRIGHT:</b>	Vejdirektoratet, 2012

# RESUME

Vejdirektoratet udarbejdede for nogle år siden en rapport om livscyklusvurdering (LCA) ved hjælp af programmet ROAD-RES på 5 scenarier med baggrund i strækningen Bording – Funder. Der var et ønske i Vejdirektoratets Anlægsdivision om at gennemføre tilsvarende beregninger på en strækning, hvor der kunne anvendes kalkstabilisering, hvilket ikke var et alternativt valg på strækningen Bording – Funder. Denne rapport har gennemført en sådan beregning, med udgangspunkt i en ikke fastlagt strækning i Danmark. Data til beregningerne i ROAD-RES er indsamlet fra strækninger, hvor der tidligere i Danmark er gennemført kalkstabilisering med hovedvægten hentet fra strækningen Kliplev – Sønderborg. For de øvrige materialer og processer er der benyttet de samme data, som blev anvendt ved beregningerne fra strækningen Bording – Funder, da der ikke i mellemtiden er foretaget opsamling af nye data.

Rapporten beskriver sammenligningen mellem en 1 km strækning, hvor man har foretaget kalkstabilisering med en koblingshøjde på 800 mm og en tilsvarende strækning, hvis der ikke bliver foretaget kalkstabilisering, hvor koblingshøjden så vil være 1100 mm. Selve opbygningen af befæstelsen er traditionel med bundlag (BL), stabilt grus (SG),

grusasfaltbeton (GAB II), asfaltbetonbinderlag (ABB) og skærvemastiks (SMA) som slidlag.

Livscyklusberegningerne er i denne undersøgelse kun fokuseret på drivhuseffekten og råstofforbruget, modsat beregningerne fra strækningen Bording – Funder, hvor flere parametre indgik.

De foretagne beregninger viser, at der opnås en betydelig reduktion af drivhuseffekten i jordarbejdet (40 %), men denne udlignes af drivhuseffekten forbundet med fremstillingen af brændt kalk. Beregningen viser, at den største gevinst ved kalkstabilisering er besparelse af råstoffer, hvilket heller ikke er en uvæsentlig detalje set i lyset af den nuværende og fremtidige råstofsituation.

Der opnås en besparelse i forbrug af råstofferne grusgravsmateriale og importerede skærver. Besparelserne for grusgravsmaterialer ligger på 31 % og for skærver på 9 %, når hele vejens livscyklus beregnes over en periode på 100 år inklusiv nedlægningsfase. Resultaterne viser også en reduktion i forbruget af råolie i scenariet med kalkstabilisering, hvor besparelsen er på 12 %.

# FORORD

Denne rapport præsenterer resultater fra en livscyklusvurdering (LCA) af vejmaterialer i en motorvejsbefæstelse, hvor der er gennemført en sammenligning mellem en standard opbygning og en opbygning, hvor der er foretaget kalkstabilisering af underbunden.

Som udgangspunkt er valgt en fiktiv motorvejstrækning på en kilometer og vurderingsperioden er sat til 100 år. Beregningerne for den gennemførte LCA er udført ved hjælp

af modellen ROAD-RES. Modellen er udviklet i forbindelse med et Ph.d. studium ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU) med støtte fra bl.a. Vejdirektoratet og blev afprøvet for første gang på motorvejsstrækningen Bording - Funder (11 km).

Arbejdet er udført af konsulent Harpa Birgisdóttir fra Harpa Birgisdóttir Consult med støtte af Tony K. Andersen, Finn Thøgersen og Jørn Raaberg alle fra Vejdirektoratet.

# INDHOLD

Resume.....	3
Forord.....	3
Indledning.....	5
Målsætning og afgrænsning.....	5
Scenariobeskrivelse.....	8
Den første Screening af drivhuseffekten.....	10
Overvejende Resultater for hele vejens livscyklus.....	11
Nærmere analyse af resultater.....	14
Følsomheds- og usikkerhedsvurdering.....	18
Datakvalitet.....	20
Konklusion og diskussion.....	22
Referencer.....	23
Bilag 1.....	23
Bilag 2.....	25

# INDLEDNING

Livscyklusvurdering (forkortet til LCA) er en metode til at vurdere potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug ved et produkt for hele produktets livscyklus. Metoden er velkendt og dokumenteret og er bl.a. blevet standardiseret med internationale ISO standarder<sup>i</sup>. LCA er desuden blevet integreret i europæiske standarder, krav og lovgivninger på en række områder. Nu blandt andet indenfor konstruktionsområdet, hvor der i EU udvikles frivillige standarder for hvorledes LCA udføres på byggematerialer<sup>ii</sup> og bygninger<sup>iii</sup>, samt lovpligtige krav til produktion af byggematerialer hvor livscyklus tankegangen introduceres via den nye byggevarerforordning<sup>iv</sup>. På nuværende tidspunkt er der ikke udviklet europæiske standarder og krav for udførelse af LCA på konstruktionsanlæg som fx veje, broer og tunneler.

Vejdirektoratet har lavet nogle afprøvninger af LCA metoden; først ved at deltage i udvikling af LCA modellen ROAD-RES på DTU<sup>v</sup>; derefter i forbindelse med Bording-Funder motorvejsstrækningen at modellere 5 forskellige alternativer for vejens opbygning<sup>vi</sup>. Resultaterne af beregningerne for Bording-Funder viste at det bl.a. var muligt at opnå op til 14 % reduktion i råolieforbruget og 8 % reduktion af klimapåvirkningerne ved at vælge en opbygning med tynd asfaltbelægning fremfor traditionel opbygning af en motorvej.

Vejdirektoratet har i 2010 lavet ny udbudsforskrift for kalkstabilisering<sup>vii</sup>. Formålet med denne udbudsforskrift for kalkstabilisering er at spare på forbruget af dyre råstoffer til vejbygning. Den efterhånden alvorlige situation med manglende råstoffer til vejbygning har skærpet fokus på opklassificering af materialers egenskaber, så forbrug af nye sand- og stenmaterialer kan reduceres. Anvendelse af kalkstabilisering giver mulighed for at bruge materialer, der ellers ville blive kasseret. Ved udarbejdelse af udbudsforskrift for kalkstabilisering er der primært tænkt på anvendelse, hvor lerjord har for ringe bæreevne og/eller er for opblødt til komprimering. Jord forbedret med brændt kalk medfører en umiddelbar reduktion af vandindhold og øget bæreevne samt reduktion i plasticitet. På den måde kan jorden bære almindeligt jordflytningsmateriel, komprimeres i tilfredsstillende lag og fungere som underlag for opbygning af efterfølgende lag. På grund af den øgede bæreevne kan påregnes en væsentlig reduktion af bundsikringslagets tykkelse, hvorved der spares dyre råstoffer af sand og grus.

Formålet med dette projekt er at anvende LCA for at beregne ressourceforbrug og potentielle miljøpåvirkninger for kalkstabiliseringsscenerier og sammenligne dem med scenarier hvor lerjord med ringe bæreevne fjernes og erstattes med nye sand- og stenmaterialer.

# MÅLSÆTNING OG AFGRÆNSNING

## Målsætning

Formålet med projektet er at anvende livscyklusvurderinger for at vurdere potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug ved stabilisering af råjord med kalk i motorvejsprojekter og sammenligne med traditionelle løsninger. Projektet skal være med til at vurdere potentiel reduktion af miljøpåvirkninger og ressourceforbrug ved kalkstabilisering i vejprojekter.

Der udføres en fuldstændig livscyklusvurdering hvor flere miljøpåvirkninger og ressourceforbrug beregnes. I projektet er der størst fokus på vurdering af potentielle klimapåvirkninger (dvs. drivhuseffekten), energiresourcer og råmaterialer til vejbygning.

## Funktionel enhed

Den funktionelle enhed er opbygning, drift, vedligeholdelse og nedlæggelse af 1 km 4 sporet motorvej i 100 års driftsperiode. Projektet er ikke fastlagt til en aktuel placering i Danmark og der beregnes med gennemsnitsværdier for forudsætninger omkring afstande til grusgrave, asfaltværker mv. Den eneste forudsætning er at det er en placering med jordbundsforhold hvor kalkstabilisering kunne være aktuel mulighed.

Der regnes med en generel standard, der kendes i dag. Det er meget tænkeligt, at der stilles andre og større krav til en motorvej om 10-20 år for ikke at sige om 100 år, såvel til materialer som udstyr i og på vejen.

Det er dog ikke sædvanligt i LCA at gætte på mulige nye, nødvendige tiltag og tekniske løsninger, der kommer i fremtiden. Denne LCA bygges på dagens viden.

### Afgrænsning

Det har været nødvendigt at sætte nogle afgrænsninger i forhold til gennemførelsen af livscyklusvurderingen.

Den udførte livscyklusvurdering har taget udgangspunkt i befæstelsesopbygningen. Opgaven er stillet således, at resultatet skal vise miljøbelastningen relateret til anlægsarbejder og materialeforbruget relateret til selve opbygningen af vejaksen. Derfor er ikke alle elementerne i vejen medtaget og alt andet udstyr som tilhører vejstrækningen er valgt fra.

Efter åbningsåret er vejens levetid sat til 100 år. Derefter er det antaget, at vejen bliver nedlagt og materialer bliver brudt op og i hovedsagen genanvendt. Dette er ikke nødvendigvis sandsynligt på baggrund af erfaringer, men er her medtaget for at kunne betragte de forskellige miljømæssige aspekter ved en eventuel bortskaffelse og genanvendelse af materialerne.

### Generelle antagelser

Generelle antagelser som ligger til grund for beregningerne i livscyklusmodellen ROAD-RES:

#### Vejbygningsmaterialer

- Asfaltværk er placeret i 40 km afstand fra vejstrækningen, hvilket antages at være middelfstanden til et asfaltværk i Danmark.
- Stabilt grus kommer fra grusgrave, der er i ca. 30 km's afstand fra vejlinjen, som er den gennemsnitlige afstand til grusgrav i Danmark.
- Alt bundsikringsmateriale kommer ligeledes fra grusgrav (transportafstand 30 km, som beskrevet for stabilt grus). Begrundelse for dette er, at skal der kalkstabiliseres, vil der ikke være grusforekomster i vejlinjen. Kalken antages transporteret 50 km.
- I scenariet, hvor der ikke kalkstabiliseres, fjernes 30 cm jord, hvoraf 20 % anvendes i projektet, 30 % i afstand af 5 km og 50 % køres 30 km bort (regnes som ikke forurenede).

#### Vedligeholdelsesstrategier

- Det antages at mindre reparationer har forsvindende betydning i forhold til de større reparationer, og derfor medtages kun større reparationer på slidlag.

### Opsamling af vejvand

- I denne undersøgelse er der kun fokus på forurenende stoffer fra de materialer, der anvendes i opbygningen og ved vintervedligeholdelsen. Der medtages ikke forurenende stoffer fra trafikken.

### Usikkerheds- og følsomhedsvurdering

Resultaterne af beregningerne er baseret på forskellige antagelser der er valgt for de to scenarier vi beregninger, samt kvaliteten af de data der anvendes. For at undersøge hvilken indflydelse disse antagelser har på resultaterne udføres en såkaldt usikkerheds- og følsomhedsvurdering for at undersøge betydningen af disse antagelser og datakvaliteten.

### Data oprindelse og kvalitet

God datakvalitet er meget vigtig for livscyklusvurderingens resultater. Det ville være ønskeligt at der i årenes løb var blevet opbygget en solid database med data for både vejbygningsmaterialer og de processer der skal til i anlægs- og driftsfasen. Idet ressourcer og krav til LCA projekter i vejsektoren har været begrænsede er det desværre ikke tilfældet. Der er forsøgt at anvende data af så god kvalitet som muligt. Data anvendt i det aktuelle projekt er baseret på:

- Data indsamlet til katalog i forbindelse med udvikling af ROAD-RES modellen (2005)
- Data indsamlet i Bording-Funder projektet (2007).
- Nye data for kalkstabiliseringsprocesser (2011).

### LCA værktøj

ROAD-RES modellen er en LCA model, som er specifikt udviklet til vurdering af materialevalget i vejbygning. Den er udviklet i samarbejde med Vejdirektoratet og er derfor tilpasset danske forhold, selvom den kan anvendes til vurdering af vejbygning i andre lande. Modellens database indeholder en række data for produktion af danske og udenlandske vejmaterialer, samt data for forskellige processer indenfor vejbygning (f.eks. udlægning af materialer, transport af materialer og opbrydning af materialer). Hovedparten af dataene er fra udviklingsperioden, derfor før 2005. Nogle data er blevet opdateret siden, både i forbindelse med de to projekter (Bording-Funder og Kalkstabilisering), men også generel opdatering af energi- og transportrelaterede data. Der er også muligt at tilføje egne data i modellens database.

I ROAD-RES modellen er det muligt at vurdere miljøpåvirkninger og ressourcer i de forskellige faser i vejens livscyklus



(anlægning, drift og vedligeholdelse, samt nedlægning), og sammenligne forskellige muligheder for vejens opbygning og vedligeholdelse. Brugeren kan

finde frem til, hvor i vejens livscyklus de største miljøpåvirkninger opstår, og kan kortlægge de forskellige materialers og processers bidrag. Hvis et restprodukt (alternativt materiale) anvendes som et materiale, er det også muligt at sammenligne restproduktets bidrag med de naturlige materialers bidrag.

ROAD-RES modellen kan anvendes til at modellere miljøpåvirkningerne fra veje, parkeringspladser, dæmninger og støjvolde.

Modellering i ROAD-RES modellen kan følge ISO standarder for LCA. Det er dog op til brugeren af modellen at sikre dette ved at brugeren definerer målsætning, afgrænsning og den funktionelle enhed af det scenario, som skal vurderes.

### Vurderede miljøpåvirkninger og ressourcer

Modellen anvender den danske LCA metode (UMIP metoden) til vurdering af potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug.

### Miljøpåvirkninger

Fem miljøpåvirkningskategorier er beregnet i modellen og projektets resultater er undersøgt for alle miljøpåvirkningskategorier. Disse er Drivhuseffekt, Forsuring, Fotokemisk, ozonnedbrydning, Ozondannelse og Nærings saltbelastning. I endelig præsentation af resultaterne i denne rapport er der valgt at fokusere på Drivhuseffekten alene idet den miljøpåvirkningskategori vurderes at være tilstrækkelig til at sammenligne den forventede reduktion af energiforbrug og dermed også den potentielle reduktion af drivhuseffekten. Den beregnes i kg CO<sub>2</sub> ækvivalenter.

### Ressourcer

Forbrug af over 20 forskellige ressourcer er beregnet. I præsentationen af resultater er der valgt at vise resultater for de følgende seks vigtigste ressourcer for denne vurdering:

- Dansk grusgravsmateriale
- Naturgas
- Importeret knust bjergmateriale
- Kul
- Kalk
- Råolie

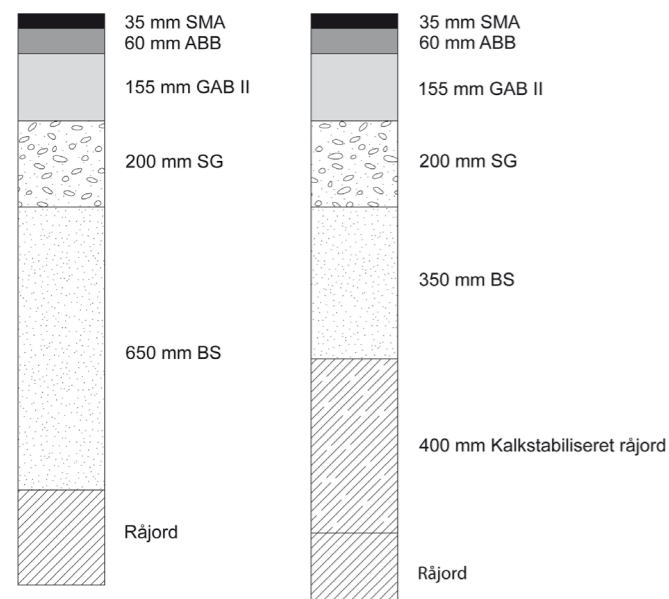
# SCENARIOBESKRIVELSE

## Tværsnit og koblingshøjde

Motorvejens kronebredde er 28,2 m og bestående af følgende:

- Midterrabat: 4,0 m inkl. to nødrabatter á 1,0 m.
- Kørebaner: To kørebaner á 8,6 m inkl. kantbaner á 0,5 m
- Nødspor: To belagte nødspor á 2,5
- Yderrabat: to yderrabatter á 1,0 m.

Den største forskel mellem scenarierne er dels forskellen i koblingshøjden som betyder færre materialer for bundsikring



Figur 1. Opbygningen af de 2 scenarier

i scenariet med kalkstabilisering og dels behovet for afgravning og bortskaffelse af dårlige materialer<sup>1</sup>. Koblingshøjden for scenario uden kalkstabilisering er 1100 mm og 800 mm for

scenario med kalkstabilisering. Figur 1 giver oversigt over opbygningen af begge scenarier.

Nærmere forklaring fremgår af bilag 1. Hovedforskellen i tilførte materialer er at der i scenariet med kalkstabilisering spares 16.100 tons bundsikringsmateriale tilført fra grusgrav ved tilføjelse af 564 tons kalk.

## Anlægsfasen

Modelberegningerne skal repræsentere generelle scenarier for anvendelse af kalkstabilisering. Derfor er beregningerne ikke fastlåst til en bestemt vejstrækning i Danmark. Erfaringer fra livscyklusvurdering af Bording-Funder vejstrækningen viste at processer i jordarbejdet kan have stor indflydelse på beregningernes resultater. I de følgende beregninger er draget erfaringer fra jordarbejdet på projektet Kliplev – Sønderborg, som skal afspejle et generelt projekt med kalkstabilisering. For scenariet uden kalkstabilisering er der forsøgt at estimere merarbejdet i jordarbejdet hvis der i projektet Kliplev – Sønderborg ikke var valgt at kalkstabilisere.

Disse forskelle, dvs. afgravning og bortskaffelse af materialer omhandles i kapitlet Anlægsfasen – under Kalkstabiliseringens indflydelse på anlægsfasen

For afvandingselementer, rør, brønde mv. er anvendt tidligere beregnede gennemsnitstal for motorvejsstrækninger.

Kørselsafstande er beregnede ud fra placeringer af asfaltværker og grusgrave i forhold til generelle antagelser. Nærmere beskrivelser af jordarbejdet fremgår af bilag 2.

## Kalkstabiliseringens indflydelse på anlægsfasen

Ved meget grove betragtninger kan man sige at hovedforskellen på anlægsfasen i de to scenarier er at, ved brug af 564 tons brændt kalk reduceres forbruget af dieselolie til jordarbejdet med 220.000 l olie og forbruget af bundsikringsmateriale med 16.000 tons grusgravsmateriale. Dette er opsummeret i tabel 1.

Tabel 1. Hovedforskellen på forbrug af materialer i anlægsfasen i de to scenarier.

	Kalkstabilisering	Traditionel løsning
Afgravning og indbygning - forbrug af diesel	278.000 l	499.500 l
Brandslukningsmateriale - forbrug af grus	24.026 ton	40.100 ton
Kalkstabilisering - forbrug af brændt kalk	564 ton	0 ton

<sup>1</sup>Disse forskelle, dvs. afgravning og bortskaffelse af materialer omhandles i kapitlet Anlægsfasen – under Kalkstabiliseringens indflydelse på anlægsfasen.

## Vedligeholdelsesstrategi og levetider

Ved LCA beregninger tages udgangspunkt i følgende praktiske forhold. Alle slidlag har en begrænset levetid som egentlige slidlag. Derfor kræves det, at man efter en vis årrække udskifter slidlag. I de tilfælde, hvor slidlaget er asfalt, vil der i første omgang blive lagt et nyt slidlag oven på det gamle. Når dette andet slidlag er udtjent, formodes det, at man må dybere ned og udskifte bindelaget (ABB). De 3 øverste lag fræses væk og der udlægges et nyt bindelag og slidlag.

Næste gang det er nødvendigt at udskifte bindelaget, vil asfaltbærelaget (GAB II) formentlig også være udtjent, hvor-

for der i beregningseksemplerne er kalkuleret med at fjerne alle asfaltlagene, og der skal udlægges en helt ny opbygning altså bærelag, bindelag og slidlag efter 50 – 70 år.

Levetiden for slidlaget skærvemastiks (SMA) i scenario uden kalkstabilisering er sat til det samme som i Bording-Funder beregningerne, nemlig 14 år. Forsøg har vist bedre holdbarhed ved kalkstabilisering og levetiden for SMA er her sat til 16 år. De øvrige asfaltlags levetider er baseret på ovennævnte vedligeholdelsesstrategi, og som det ses varierer de som følge af slidlagets levetid. Levetiden af de 2 scenarier fremgår ligeledes af tabel 3.

Tabel 2. Antaget levetid i år for vejmaterialer i hovedsporene.

K1100 Asfalt traditionel befæstelse	K800 Asfalt kalkstabiliseret befæstelse
SMA 14 år	SMA 16 år
ABB 28 år	ABB 32 år
GAB 56 år	GAB 64 år



# FØRSTE SCREENING AF DRIVHUSEFFEKTEN

Hovedformålet med brug af kalkstabilisering er at spare på forbruget af dyre råstoffer til vejbygning på strækninger med lerjord med for ringe bæreevne. Anvendelse af kalkstabilisering giver mulighed for at bruge materialer, der ellers ville blive kasseret. Ved kalkstabiliseringen øges desuden bæreevnen, hvilket tillader en væsentlig reduktion af bundsikringslagets tykkelse, hvorved der spares dyre råstoffer af sand og grus. Dette er hovedformålet med anvendelse af kalkstabilisering og den største effekt vil formentlig ses i anlægsfasen.

I tabel 1 blev hovedforskellen på anlægsfasen i de to scenarier opsummeret. Ud fra meget grove betragtninger blev hovedforskellen på anlægsfasen i de to scenarier simplificeret til at, ved brug af 564 tons brændt kalk reduceres forbruget af dieselolie til jordarbejdet med 220.000 liter og forbruget af bundsikringsmateriale med 16.000 tons tilført grusgravsmateriale.

Beregner vi den første screening på drivhuseffekten ud fra disse betragtninger fås de første resultater for scenariet som præsenteres i tabel 3. Tabellen viser at forskellen på drivhuseffekten i de to scenarier er forholdsvis lille ud fra de grove betragtninger. De grove beregninger viser at reduktionen i de potentielle klimapåvirkninger som opnås ved mindre forbrug af dieselolie og grusgravsmateriale udlignes med de potentielle klimapåvirkninger som opstår ved fremstilling af brændt kalk. Forskellen mellem drivhuseffekten i anlægsfasen i de to scenarier er således kun omkring 1 % ud fra de grove betragtninger.

Det er dog vigtigt at forholde sig til, at her har vi kun set på de potentielle klimapåvirkninger ud fra processer i anlægsfasen. Som beskrevet i det forrige kapitel forventes mindre vedligehold på en kalkstabiliseret strækning. Desuden skal vi tage i betragtning at LCA er mere end kun beregninger af drivhuseffekten. Vi vil derfor gå videre med at se på resultater for vurdering af hele vejens livscyklus for både drivhuseffekten og ressourceforbruget.

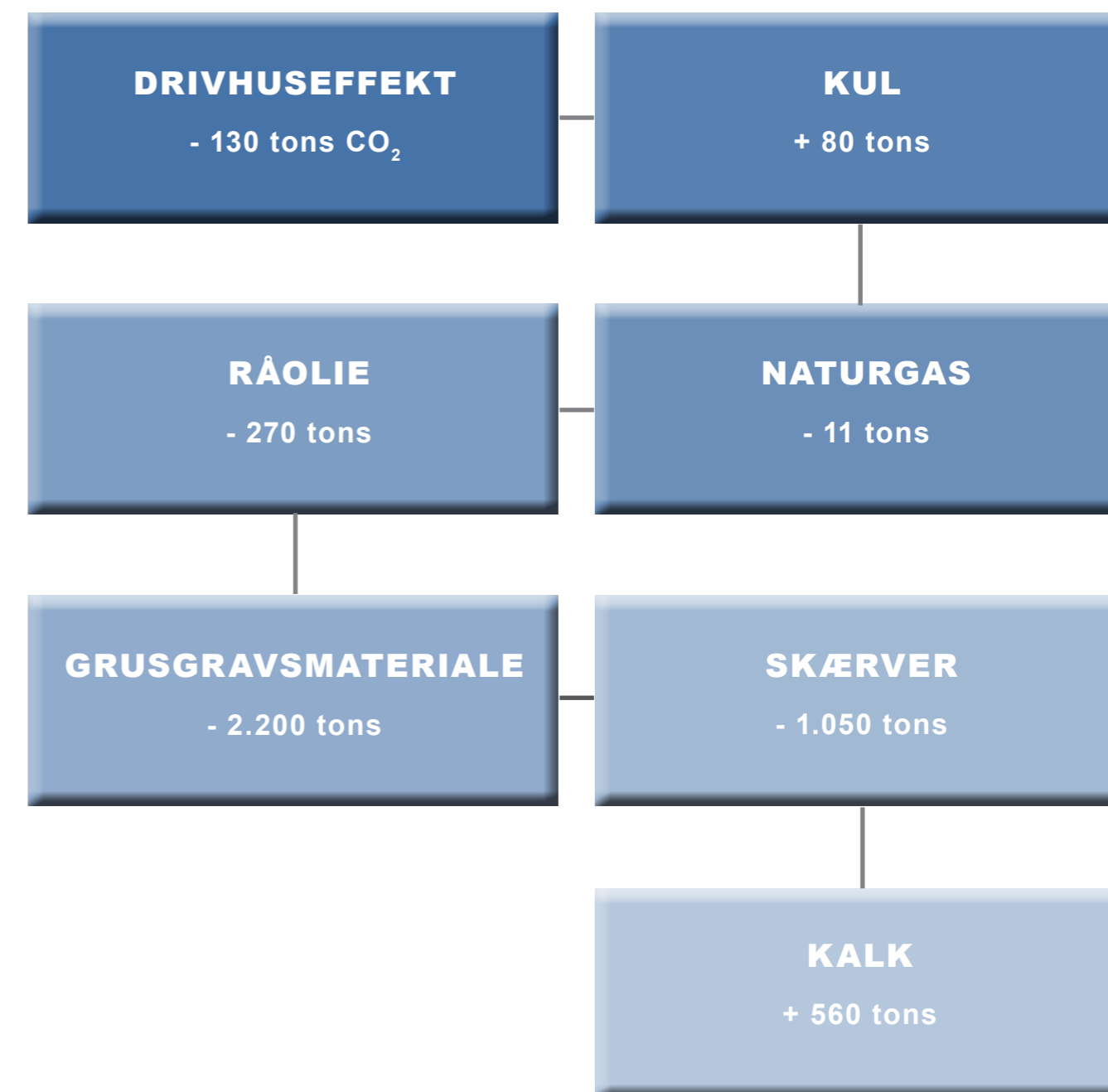
Tabel 3. Drivhuseffekten i kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter ud fra grove betragtninger i anlægsfasen.

	Kalkstabilisering	Traditionel løsning
Afgravning og indbygning - forbrug af diesel	875.422 l	1.572.926 l
Brandslukningsmateriale - forbrug af grus	27.221 ton	45.433 ton
Kalkstabilisering - forbrug af brændt kalk	694.284 ton	0 ton
<b>Total drivhuseffekt</b>	<b>1.596.927</b>	<b>1.618.359</b>

# OVERORDNEDE RESULTATER FOR HELE VEJENS LIVSCYKLUS

## Forskel ved kalkstabilisering

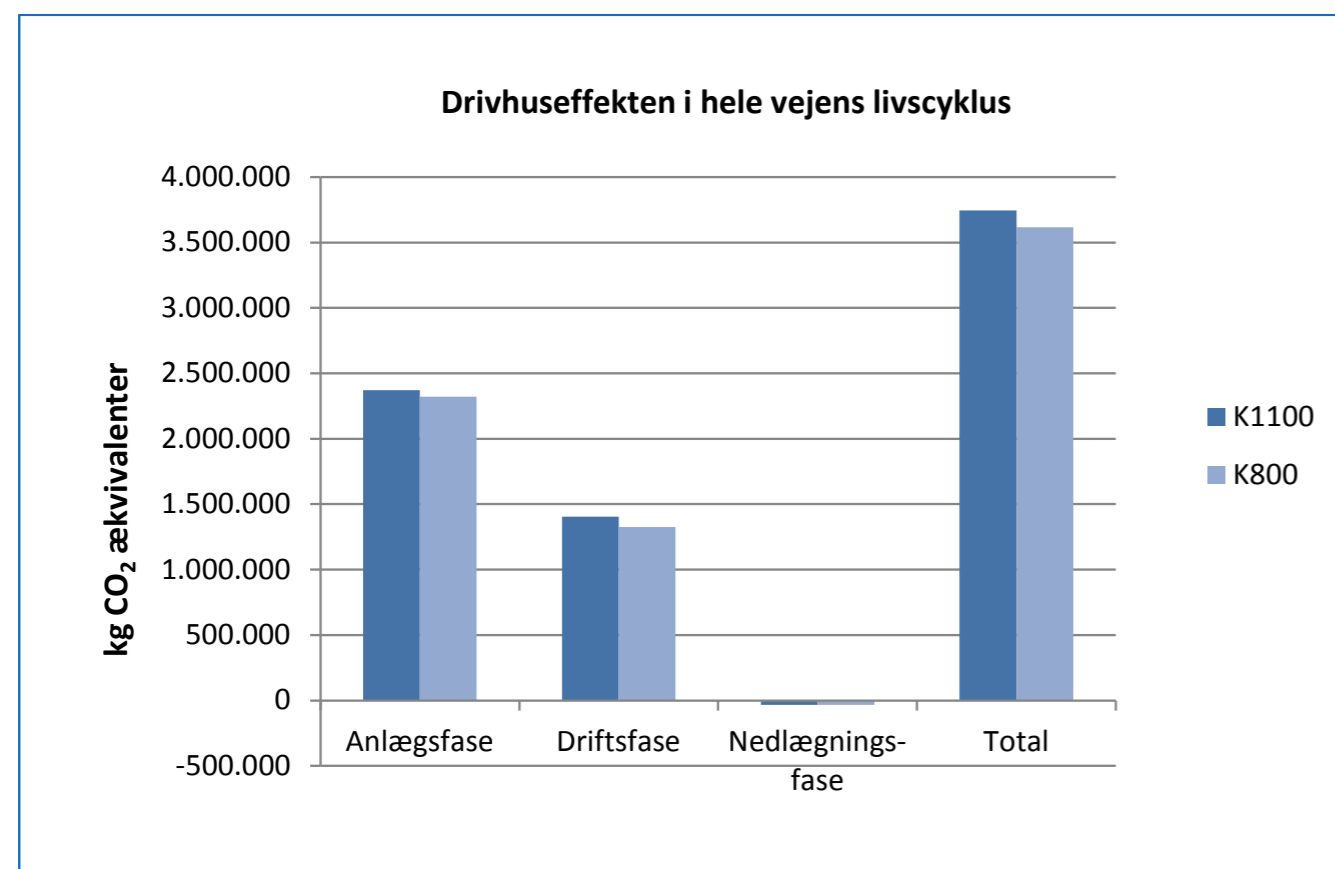
Beregninger for hele vejens livscyklus i 100 år viser følgende forskel i drivhuseffekt og ressourceforbrug ved anvendelse af kalkstabilisering:



### Drivhuseffekten

Figur 2 viser resultater for drivhuseffekten for de to scenarier. Beregningerne viser at drivhuseffekten for scenariet med kalkstabilisering over en 100 års periode er 3.615.000 kg CO<sub>2</sub>

ækvivalenter sammenlignet med 3.744.000 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter for scenariet uden kalkstabilisering. Beregningerne viser at kalkstabilisering således medfører godt 3 % reduktion af drivhuseffekten når hele vejens livscyklus er beregnet.



Figur 2. Resultater for drivhuseffekten ved 100 års levetid for de 2 scenarier (K1100: uden kalkstabilisering, K800: med kalkstabilisering).

### Ressourceforbrug

Tabel 4 viser resultater for seks beregnede ressourcekategorier. Tabellen viser at ved et merforbrug af kalk på godt 560 tons til kalkstabilisering af underbunden og 80 tons af kul til fremstilling af brændt kalk opnås følgende besparelser i øvrige energiressourcer og råstoffer:

- Energiressourcer
  - råolie – reduktion 12 %
  - naturgas – reduktion 3 %
- Råstoffer
  - grusgravsmateriale – reduktion 32 %
  - skærver – reduktion 9 %

Resultaterne viser, at der ved kalkstabilisering opnås betydelig reduktion af råstofferne grus og skærver. Dvs. ved brug af 560 tons spares 2.200 tons grusgravsmateriale og 1.050 tons importerede skærver.

På energisiden viser beregningerne og data, at man ved et merforbrug af 80 tons kul til fremstilling af brændt kalk spares 270 tons råolie og 11 tons naturgas.

Tabel 4. Resultater for de seks beregnede ressourcekategorier ved 100 års levetid for de 2 scenarier (K1100: uden kalkstabilisering, K800: med kalkstabilisering). Tal er afrundet.

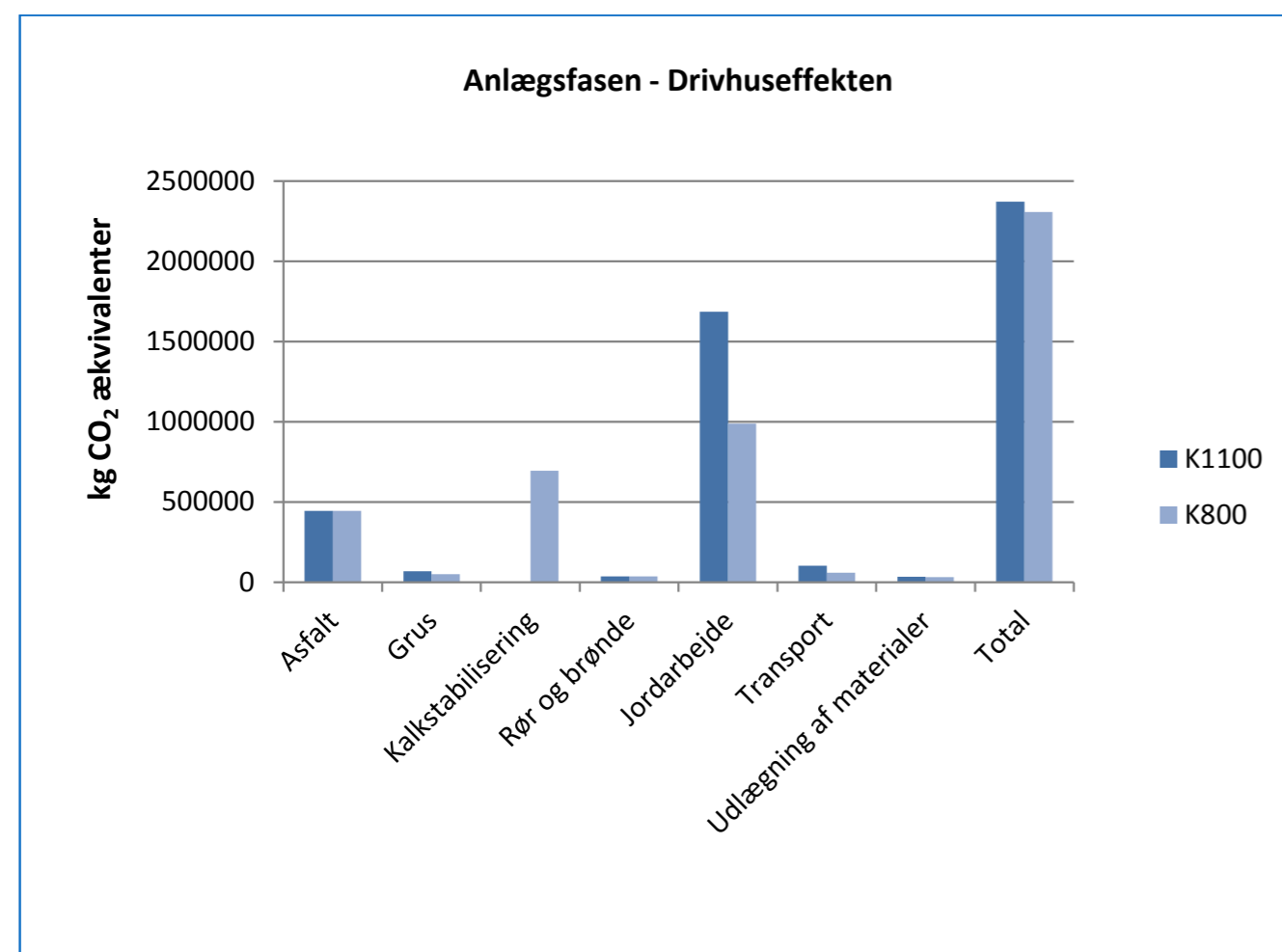
KOBLINGSHØJDE 1100						
	Kul Kg	Råolie Kg	Naturgas Kg	Grus Kg	Skærver Kg	Kalk Kg
Anlægsfase	23.300	1.120.000	119.000	59.900.000	1.820.000	27.100
Driftsfase	11.700	1.170.000	257.000	-2.100.000	8.350.000	5.200
Nedlægningsfase	173	-129.000	-14.500	-36.900.000	0	-169
<b>Total</b>	<b>35.200</b>	<b>2.160.000</b>	<b>362.000</b>	<b>4.800.000</b>	<b>10.200.000</b>	<b>32.100</b>
KOBLINGSHØJDE 800						
Anlægsfase	106.000	929.000	120.000	43.800.000	1.820.000	1.190.000
Driftsfase	10.600	1.090.000	244.000	-2.100.000	8.350.000	5.140
Nedlægningsfase	153	-130.000	-12.900	-36.900.000	0	-130
<b>Total</b>	<b>112.000</b>	<b>1.890.000</b>	<b>351.000</b>	<b>4.800.000</b>	<b>10.200.000</b>	<b>1.200.000</b>
KOBLINGSHØJDE 800/K1100						
Anlægsfase	4,5	0,83	1,0	0,73	1,0	44
Driftsfase	0,91	0,93	0,95	0,70	0,89	0,99
Nedlægningsfase	0,88	1,0	0,89	0,74	1,0	0,77
<b>Total</b>	<b>3,2</b>	<b>0,88</b>	<b>0,97</b>	<b>0,68</b>	<b>0,91</b>	<b>37</b>

# NÆRMERE ANALYSE AF RESULTATER

## Anlægsfasen – Drivhuseffekten

Figur 3 viser resultater for drivhuseffekten for de 2 scenarier i kg CO<sub>2</sub> ækvivalenter. Her fremgår at den største reduktion opnås ved mindre jordarbejde i scenariet med kalkstabilisering. Her reduceres drivhuseffekten med godt 40 %. Der opnås en mindre besparelse pga. mindre brug af grusgravsmateriale,

udlægning af grusgravsmateriale og transport. Derimod viser beregningerne at fremstillingen af brændt kalk til kalkstabilisering er af stor betydning og nærmest udligner besparelserne i jordarbejdet. Forskellen mellem den totale drivhuseffekt i anlægsfasen er knap 3 %.



Figur 3. Drivhuseffekten i anlægsfasen, vist i kg CO<sub>2</sub> ækvivalenter.

## Anlægsfasen – Ressourcer

Tabel 5 viser forbrug af ressourcer i anlægsfasen. Som tidligere nævnt anvendes større mængde kul og kalk i scenariet med kalkstabilisering, hvorimod der er en besparelse af råolie og grus. Forbrug af naturgas og skærver er i samme størrelsesorden i begge scenarier.

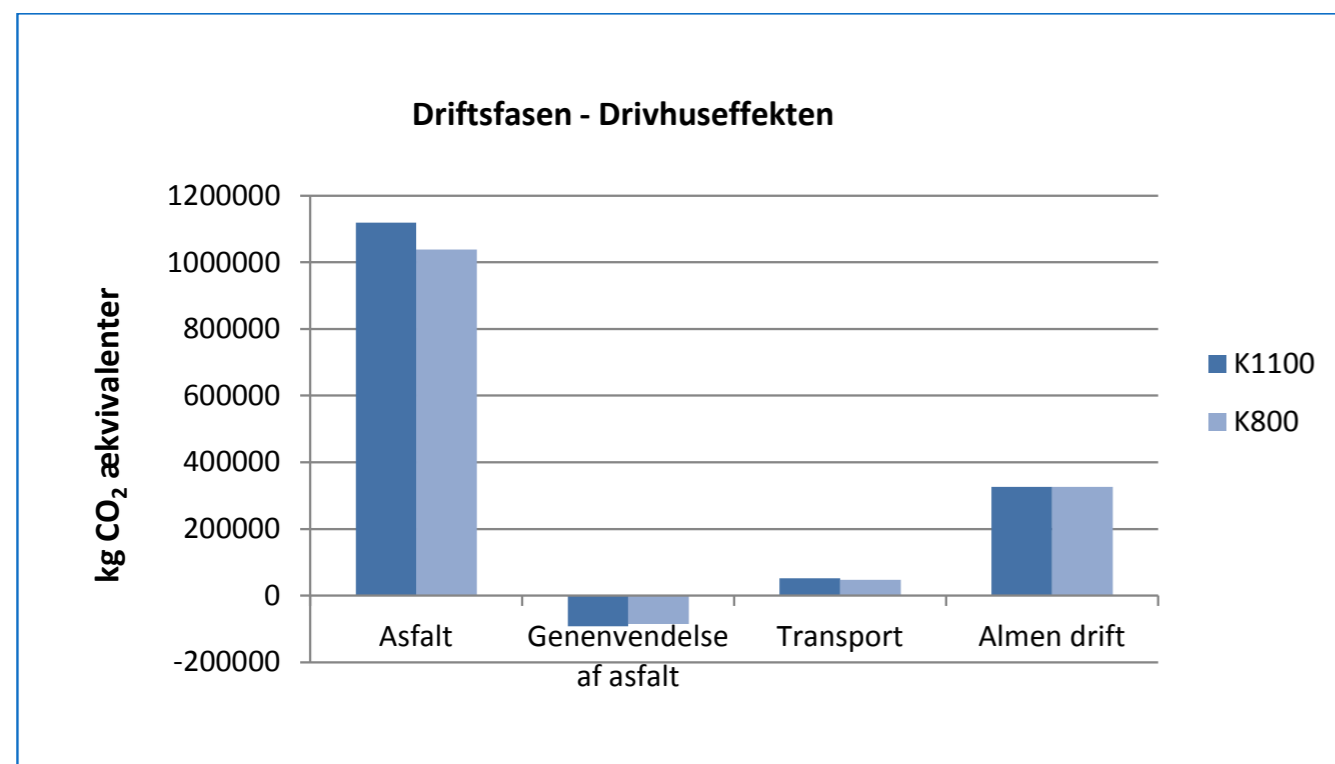
Tabel 5. Resultater for ressourcekategorier i anlægsfasen for de 2 scenarier. Tal er afrundet.

KOBLINGSHØJDE 1100						
	Kul Kg	Råolie Kg	Naturgas Kg	Grus Kg	Skærver Kg	Kalk Kg
Asfalt	1.810	574.000	108.000	8.520.000	1.820.000	584
Grus	413	14.200	6.680	51.200.000	0	138
Rør og brønde	3.000	2.660	189	184.000	0	24.200
Kalkstabilisering	0	0	0	0	0	0
Jordarbejde	16.800	489.000	2.700	0	0	1.930
Transport	791	29.900	1.650	0	0	118
Udlægning	344	10.000	55	0	0	39
<b>Total</b>	<b>23.200</b>	<b>1.120.000</b>	<b>119.000</b>	<b>59.900.000</b>	<b>1.820.000</b>	<b>27.000</b>
KOBLINGSHØJDE 800						
Asfalt	1.810	574.000	108.000	8.520.000	1.820.000	584
Grus	413	10.300	4.470	35.100.000	0	120
Rør og brønde	3.000	2.660	189	184.000	0	24.200
Kalkstabilisering	90.200	23.900	4.660	0	0	1.160.000
Jordarbejde	9.850	286.000	1.590	66	0	1130
Transport	578	21.800	1.060	0	0	86
Udlægning	319	9.290	51	0	0	37
<b>Total</b>	<b>106.000</b>	<b>928.000</b>	<b>120.000</b>	<b>43.800.000</b>	<b>1.820.000</b>	<b>1.190.000</b>
KOBLINGSHØJDE 800/K1100						
Asfalt	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Grus	1,0	0,73	0,67	0,69		0,87
Rør og brønde	1,0	1	1	1		1
Kalkstabilisering						
Jordarbejde	0,59	0,58	0,59			0,59
Transport	0,73	0,73	0,64			0,73
Udlægning	0,93	0,93	0,93			0,95
<b>Total</b>	<b>4,6</b>	<b>0,83</b>	<b>1,0</b>	<b>0,73</b>	<b>1,0</b>	<b>44</b>



#### Driftsfasen – Drivhuseffekten

Figur 4 viser drivhuseffekten i driftsfasen. Pga. længere levetider for materialer i scenariet med kalkstabilisering opnås i driftsfasen en besparelse på omkring 5,5 % i drivhuseffekten ved valg af kalkstabilisering.



Figur 4. Drivhuseffekten i driftsfasen, vist i kg CO<sub>2</sub> ækvivalenter.



#### Driftsfasen – Ressourcer

Tabel 6 viser forbrug af ressourcer i driftsfasen. Der opnås besparelser af alle ressourcer i driftsfasen i scenariet med kalkstabilisering pga. forventede længere levetider for mate-

rialerne. Alle disse besparelser er således relateret til mindre behov for fremstilling af slidlag, bindelag og bærelag i scenariet med kalkstabilisering.

Tabel 6. Resultater for ressourcekategorier i driftsfasen for de 2 scenarier. Tal er afrundet.

KOBLINGSHØJDE 1100						
	Kul Kg	Råolie Kg	Naturgas Kg	Grus Kg	Skærver Kg	Kalk Kg
Asfalt	9.350	1.410.000	241.000	13.600.000	9.400.000	1.300
Genanvendelse af asfalt	-159	-262.000	-18.100	-16.600.000	0	-124
Transport	373	14.100	849	0	28	56
Almen drift	2.130	7.040	33.600	0	0	3.970
<b>Total</b>	<b>11.700</b>	<b>1.170.000</b>	<b>257.000</b>	<b>-3.000.000</b>	<b>9.400.000</b>	<b>5.200</b>
KOBLINGSHØJDE 800						
Asfalt	8.190	1.310.000	226.000	13.400.000	8.350.000	1.220
Genanvendelse af asfalt	-145	-244.000	-16.800	-15.500.000	0	-115
Transport	372	14.100	777	0	0	55
Almen drift	2.130	7.040	2	0	0	3.970
<b>Total</b>	<b>10.500</b>	<b>1.090.000</b>	<b>210.000</b>	<b>-2.100.000</b>	<b>8.350.000</b>	<b>5.130</b>
KOBLINGSHØJDE 800/K1100						
Asfalt	0,88	0,93	0,94	0,99	0,89	0,94
Genanvendelse af asfalt	0,91	0,93	0,93	0,93		0,93
Transport	1,0	1,0	0,92			0,98
Almen drift	1,0	1,0	0,00			1
<b>Total</b>	<b>0,90</b>	<b>0,93</b>	<b>0,82</b>	<b>0,70</b>	<b>0,89</b>	<b>0,99</b>

#### Nedlægningsfasen

Figur 2 viste at drivhuseffekten i nedlægningsfasen er af mindre betydning for hele scenariet og disse små besparelser analyseres derfor ikke yderligere. Tabel 4 viste derimod at der kan opnås betydelige besparelser på råstoffsiden ved valg af genanvendelse af materialer.

For at vurdere effekten af genanvendelse af materialer er der nødvendigt at se på ressourceforbruget i hele vejens livscyklus (dvs. tabel 4). Her ses at der opnås nogen reduktion af energiressourcerne råolie og naturgas ved genanvendelse af asfalten på vejstrækningerne. Den største effekt ses på nettoforbruget af grusgravsmaterialer, idet genanvendelse af asfalt, skærver og grusgravsmaterialer nedbringer det totale forbrug af råstoffer betydeligt.

# FØLSOMHEDS- OG USIKKERHEDSVURDERING

Livscyklusvurderingens resultater er afhængig af de antagelser der gøres i scenarierne og datakvaliteten som anvendes i beregningerne. Følsomheds- og usikkerhedsvurderingen er en kritisk gennemgang af livscyklusvurderingens resultater og her ses nærmere på disse to faktorer (antagelser og datakvalitet) på livscyklusvurderingens resultater.

## Antagelser

De antagelser der gøres i dette projekt er i hovedtræk baseret på antagelser som blev gjort i et større projekt hos Vejdirektoratet, nemlig livscyklusvurdering af Bording-Funder motorvejsstrækningen fra 2008. Dette gælder bl.a. generel betragtning af materialernes levetider, valg af vejens levetid, betragtninger omkring gevinster ved genanvendelse af materialer osv. I forbindelse med dette projekt kommer hertil nogle specifikke antagelser for disse scenarier, nemlig forskellen i materialernes levetider ved kalkstabiliseret underbund sammenlignet med ikke stabiliseret, besparelser i jordarbejdet ved kalkstabilisering osv. I det efterfølgende ses nærmere på nogle af disse antagelser.

## Antagelser for vejens levetid

Vejens levetid er i beregningerne sat til 100 år. Det undersøges om dette kan have indflydelse på forskellen på kalkstabiliseringens besparelser af ressourcer og reduktion af emissioner. Derfor beregnes samme scenario for hhv. 20 og 50 års

levetid og resultaterne sammenlignes for hhv. drivhuseffekten og de seks ressourcekategorier.

Tabel 7 viser resultaterne for drivhuseffekten og ressourceforbrug for de to scenarier samt forskellen mellem scenarierne ved ændring af vejens levetid. Tabellen viser at forudsætningerne for vejens levetid har lille indflydelse på drivhuseffekten, forskellen er 3 % ved en levetid på 100 år men 2 % for en levetid på 20 og 50 år.

For kul og kalk, som er de ressourcer hvor forbruget er større i scenariet med kalkstabilisering, bliver forskellen mellem scenarierne mindre ved længere levetider. For de ressourcer, hvor forbruget er mindre ved scenariet med kalkstabilisering når det regnes med en levetid på 100 år, ser vi fx at råolieforbruget er 20 % mindre ved kalkstabilisering når der regnes for 20 års levetid, men 12 % mindre når der regnes for 100 års levetid.

Følsomhedsvurderingen viser også at, de beregningsmæssige antagelser som der gøres i scenarierne for hvorledes de miljømæssige fordele ved genanvendelse af vejbygningsmaterialer godskrives scenarierne, har indflydelse på resultatet for grus. Beregningerne viser at ved kortere levetider (fx 20 år), "producerer" vejstrækningen grus. Dette er selvfølgelig ikke rigtigt og heller ikke sandsynligt, dvs. at man anlægger en 4 sporet motorvej og 20 år senere nedlægger den og bryder den op og genanvender alle materialer.

**Tabel 7. Drivhuseffekt i kg CO<sub>2</sub> ækvivalenter og ressourceforbrug i tons for forskellige levetider for de to scenarier, samt ændringer på forskellene mellem scenarierne ved ændring af vejens levetid. Tal er afrundet.**

	K800			K1100			K800/K1100		
	20 år	50 år	100 år	20 år	50 år	100 år	20 år	50 år	100 år
Drivhuseffekt	2.420.000	2.770.000	3.620.000	2.470.000	2.820.000	3.740.000	0,98	0,98	0,97
Kul	108.000	111.000	117.000	25.200	28.400	35.100	4,29	3,91	3,33
Råolie	767.000	1.070.000	1.890.000	959.000	1.270.000	2.160.000	0,80	0,84	0,88
Naturgas	120.000	180.000	351.000	117.000	178.000	362.000	1,03	1,01	0,97
Grus	-1.440.000	-325.000	5.010.000	1.770.000	2.890.000	7.130.000	-0,81	-0,11	0,70
Skærver	2.860.000	5.610.000	10.200.000	2.860.000	5.610.000	11.200.000	1,0	1,0	0,91
Kalk	1.190.000	1.190.000	1.190.000	27.700	29.200	32.100	43	41	37

## Livscyklusvurdering uden nedlægningsfasen

Følsomhedsvurderingen omkring antagelser for vejens levetid berørte et vigtigt emne, dvs. betydningen af de beregningsmæssige antagelser som der gøres i scenarierne for hvorledes de miljømæssige fordele ved genanvendelse af vejbygningsmaterialer godskrives scenarierne. I virkelighedens verden nedlægges ikke mange vejstrækninger og derfor kan det diskuteres om de antagelser der gøres omkring genanvendelse i nedlægningsfasen skal have så stor en betydning. På den anden side vides, at der er meget stor fokus på ressourceknaphed og genanvendelse.

Effekten af hvad det betyder at undlade nedlægningsfasen i scenarierne og de antagelser om at vejen brydes op og alle råstoffer genanvendes undersøges.

Tabel 8 viser, at denne ændring har ingen eller lille indflydelse på fortolkningen af resultaterne i forhold til hvad man så i tabel 7 for drivhuseffekten, kul, råolie, naturgas, skærver og kalk. Men det har betydelig indflydelse på fortolkningen af balancen for grusgravsmaterialer i scenariet. Her har det størst betydning om der antages, at alle materialer genanvendes, men mindre betydning om der beregnes over 20, 50 eller 100 år.

**Tabel 8. Drivhuseffekt i kg CO<sub>2</sub> ækvivalenter og ressourceforbrug i tons når nedlægningsfasen undlades i beregningerne. Tal er afrundet.**

	K800			K1100			K800/K1100		
	20 år	50 år	100 år	20 år	50 år	100 år	20 år	50 år	100 år
Drivhuseffekt	2.450.000	2.800.000	3.650.000	2.500.000	2.850.000	3.780.000	0,98	0,98	0,97
Kul	108.000	111.000	117.000	25.000	28.300	35.000	4,3	4,0	3,3
Råolie	897.000	1.200.000	2.020.000	1.090.000	1.390.000	2.290.000	0,82	0,86	0,88
Naturgas	132.000	193.000	364.000	132.000	192.000	376.000	1,0	1,01	0,97
Grus	35.500.000	36.600.000	41.900.000	51.500.000	52.700.000	56.900.000	0,69	0,69	0,74
Skærver	2.860.000	5.610.000	10.200.000	2.860.000	5.610.000	11.200.000	1,0	1,0	0,91
Kalk	1.190.000	1.190.000	1.190.000	27.900	29.400	32.300	43	40	37

# DATAKVALITET

## Datakvalitet generelt

Som nævnt tidligere er der behov for at opdatere dataene i ROAD-RES databasen. Dette er et generelt problem med nogle af de danske LCA modeller som har været udviklet og baseret på EDIP databasen. I byggesektoren diskuteres der ligeledes hvorledes man sikrer opdaterede relevante danske LCA data. Mange datasets i ROAD-RES databasen, som er vigtige for livscyklusvurderingens resultater, tager udgangspunkt i den danske EDIP database som er forholdsvis gammel.

## Data for kalk – indflydelse på drivhuseffekten

I de følgende beregninger blev som udgangspunkt anvendt data for kalk CaO fra EDIP databasen til beregningerne. Dette blev valgt selvom evt. mere opdaterede data kunne have været anvendt. Grunden til at disse data blev anvendt er at flere af dataene i ROAD-RES modellen stammer fra EDIP databasen – også data for forbrug af diesel olie mv. som lige-

ledes er vigtige for vurderingens resultater. I følsomheds- og usikkerhedsvurdering er også medtaget andre data for kalk.

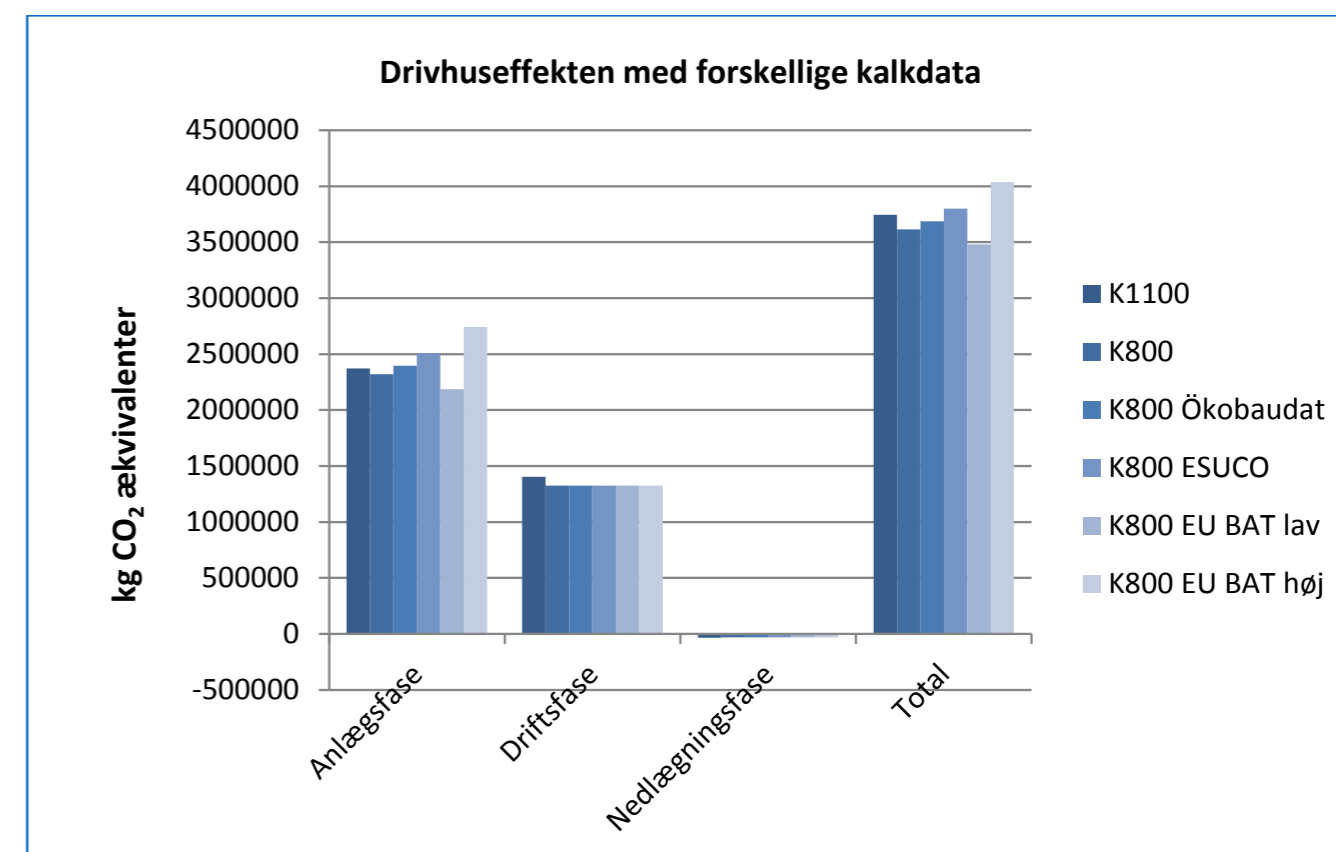
Tabel 9 viser drivhuseffekten for det anvendte datasæt, som er på 1,23 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. kg produceret kalk. Valgte man at bruge dataene fra den tyske database Ökobaudat ville drivhuseffekten ved fremstilling af brændt kalk være omkring 10 % højere, hvilket også ville betyde at drivhuseffekten ville være højere ved kalkstabilisering end ved ikke at anvende kalkstabilisering. Valgte man at bruge de europæiske data fra ESUCO databasen ville forskellen være endnu større, eller godt 20 %.

En europæisk rapport om BAT (Best available technologies) for produktion af bl.a. brændt kalk viser at CO<sub>2</sub> emissioner hos forskellige europæiske kalkproducenter ligger i intervallet 0,99-1,98 kg CO<sub>2</sub> pr kg produceret brændt kalk.

Tabel 9. Drivhuseffekt ved de anvendte data for brændt kalk og andre mulige data.

Data	Beskrivelse	kg CO <sub>2</sub> -ækvivalenter
EDIP data for (CaO dansk)	Data fra EDIP databasen nr. EDIP K32188.	1.23
Ökobaudat for (CaO)	Tysk LCA database for bæredygtigt byggeri fra Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development i Tyskland.	1.36
ESUCO for (CaO)	Tysk LCA database for europæiske data (baseret på Ökobaudat). Her europæisk datasæt for fremstilling af brændt kalk.	1.56
EU BAT Teknologier for kalkproduktion (CaO)	Integrated Pollution Prevention Control. Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries. European Commission, May 2009.	0.99-1.98

Det er svært at sige hvilken størrelsesorden vi skal anvende men denne undersøgelse tyder på at drivhuseffekten i vores beregninger for kalkstabilisering ikke er overvurderet, snarere undervurderet som vist på figur 5.



Figur 5. Drivhuseffekten (i kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter) i scenarierne med forskellige data for brændt kalk til kalkstabilisering.

I det foregående er alene set på datakvalitetens indflydelse på drivhuseffekten. Livscyklusvurderingen viste også at forbruget af kul var meget højere i scenariet med kalkstabilisering hvilket kunne relateres til forbrug af kul til produktion af dansk brændt kalk fra EDIP databasen (se tabel 5). I det datasæt som er anvendt som standard datasæt for brændt kalk (dansk kalk CaO) er hovedenergikilden kul. Ser man nærmere på energiforbruget til fremstilling af brændt kalk i de

øvrige datasæt som inddrages i følsomheds- og usikkerhedsvurderingen, er der en anderledes energisammensætning (med større procentdel naturgas, fx omkring 40 % af energien fra kul, 43 % fra naturgas og 10 % fra råolie i det europæiske datasæt fra ESUCO databasen). Anvendelse af disse datasæt som standard datasæt ville formentlig også have en indflydelse på livscyklusvurderingens resultater for ressourcer (som præsenteret i tabel 5).

# KONKLUSION OG DISKUSSION

Formålet med denne livscyklusvurdering var at beregne drivhuseffekten og ressourceforbrug ved to alternativer for en motorvejsstrækning hvor underbunden egnede sig til kalkstabilisering. Således beregnes og sammenlignes drivhuseffekt og ressourceforbrug ved en løsning med kalkstabilisering og en uden kalkstabilisering. I hovedtræk anvendes samme generelle forudsætninger som blev anvendt i projektet Bording-Funder fra 2008.

Livscyklusvurderingens resultater viste at den største gevinst ved kalkstabilisering er besparelse af råstoffer. Resultaterne viser at der med størst sikkerhed er besparelser i forbrug af råstofferne grusgravsmateriale og importerede skærver. Her kan der opnås en besparelse på 32 % for grusgravsmaterialer og 9 % for skærver når hele vejens livscyklus beregnes i 100 år inklusiv nedlægningsfase. Resultaterne viser også reduktion i forbruget af råolie i scenariet med kalkstabilisering. Besparelsen er på 12 % i vores standardberegninger, men følsomheds- og usikkerhedsvurderingen viste at den evt. kunne være endnu større. På den anden side anvendes større mængder kul i scenariet med kalkstabilisering.

Beregningerne viser at der opnås en betydelig reduktion af drivhuseffekten i jordarbejdet (40 %) men denne udlignes

desværre – og evt. noget overraskende - med drivhuseffekten forbundet med fremstillingen af brændt kalk. Følsomheds- og usikkerhedsvurderingen viser at drivhuseffekten fra livscyklusvurderingens standard data for kalkfremstilling evt. er undervurderet. Anvendes andre datasæts som præsenteret i følsomheds- og usikkerhedsvurderingen kan drivhuseffekten være større ved kalkstabilisering.

Nu er der valgt kun at se på drivhuseffekten i denne vurdering, både idet det er en indledende vurdering men også fordi datakvaliteten af fx energidata mv. i ROAD-RES modellen bør forbedres. En fuldstændig LCA med de andre miljøpåvirkninger (fx forsurening, næringssaltbelastning mv.) ville evt. kunne vise andre resultater, især fordi scenariet med kalkstabilisering reducerer forbruget af dieselolie ved jordarbejdet og forbrænding af dieselolie medfører flere miljøpåvirkninger end kun emissioner af drivhusgasser. Det blev dog vurderet at datakvaliteten ikke var god nok for at drage konklusioner for øvrige miljøpåvirkninger.

Datakvalitet er gennemgående blevet diskuteret i denne rapport. Det er vigtigt at forholde sig til vigtigheden af at vedligeholde og opdatere de anvendte databaser i LCA modeller. Dette gælder også for ROAD-RES modellen.

# REFERENCER

<sup>i</sup>Internationale standarder for livscyklusvurderinger: DS/EN ISO 14040:2008 og DS/EN ISO 14044:2008

<sup>ii</sup>Europæiske standarder under udvikling for bæredygtig konstruktion, her fokus på byggematerialer: EN 15804 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products.

<sup>iii</sup>Europæiske standarder for bæredygtig konstruktion udviklet under CEN/TC 350: EN 15643-1:2010 Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1: General framework og EN 15643-2:2011 Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 2: Framework for the assessment of environmental performance

<sup>iv</sup>Byggevarerforordningen: Construction Products Regulation,

Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the council of 9 March 2011

<sup>v</sup>Life cycle assessment model for road construction and use of residues from waste incineration. Ph.D.-thesis. Harpa Birgisdóttir, Technical University of Denmark, 2005.

<sup>vi</sup>Livscyklusvurdering af vejbefæstelser, Projekt Bording-Funder, Vejdirektoratet 2008

<sup>vii</sup>Veje, underbygning, Kalkstabilisering (2 publikationer: Vejledning og Almindelig arbejdsbeskrivelse AAB). Udbudsfor-skrift, Vejdirektoratet 2010.

<sup>viii</sup>Fremsendt materiale og vurderinger i forbindelse med projektet Kliplev – Sønderborg: Alexander Kanovsky, KMG Kliplev Motorway Group A/S, Technical Director, 5. september 2011.

# BILAG 1

Tabel 10 giver oversigt over anvendte materialer til bundsikring i scenariet uden kalkstabilisering. Alle materialer kommer fra grusgrav.

Tabel 10: Vejens opbygning for bundsikring i scenario uden kalkstabilisering (koblingshøjde 1100 mm).

Areal	m <sub>2</sub>	Kørebane	Nødspor	Yderrabat	Midterrabat	Total
		17,2	5	2	4	28,2
		BS	BS	BS	BS	
Tykkelse	mm	650	785	1100	950	
Volumen	m <sup>3</sup>	11,18	3,93	2,20	3,80	
Mængde	ton	21.242	7.458	4.180	7.220	<b>40.100</b>

Tabel 11 giver oversigt over anvendte materialer for bundsikring i scenariet med kalkstabilisering. Bundsikringsmaterialet kommer fra grusgrav. Desuden tilføres kalk til kalkstabilisering til selve underbunden.

Tabel 11: Vejens opbygning for bundsikring i scenario med kalkstabilisering (koblingshøjde 800 mm).

Areal	m <sub>2</sub>	Kørebane	Nødspor	Yderrabat	Midterrabat	Total
		17,2	5	2	4	28,2
		BS	BS	BS	BS	
Tykkelse	mm	350	485	800	650	
Volumen	m <sup>3</sup>	6,02	2,43	1,60	2,60	
Mængde	ton	11.438	4.608	3.040	4.940	<b>24.025</b>
		Kalk	Kalk	Kalk	Kalk	
Mængde	kg	344	100	40	80	<b>564</b>



### Overbygning

Overbygningen er ens for begge scenarier. Tabellen giver oversigt over anvendte materialer for overbygningen.

Tabel 12. Vejens opbygning er ens for begge scenarier.

Alle materialer er tilførte til projektet, enten fra grusgrav eller asfaltfabrik.

Areal	m <sub>2</sub>	Kørebaner 17,2	Nødspor 5	Yderrabat 2	Midterrabat 4	Total 28,2
<b>SMA</b>						
Tykkelse	mm	35				
Volumen	m <sup>3</sup>	0,60				
Mængde	ton	1475				1.475
<b>OB</b>						
Tykkelse	mm		10			
Volumen	m <sup>3</sup>		0,05			
Mængde	ton		100			100
<b>ABB</b>						
Tykkelse	mm	60	45			
Volumen	m <sup>3</sup>	1,02	0,23			
Mængde	ton	2425	529			2.954
<b>GAB II</b>						
Tykkelse	mm	155				
Volumen	m <sup>3</sup>	2,64				
Mængde	ton	5999				5.999
<b>GAB I</b>						
Tykkelse	mm		60			
Volumen	m <sup>3</sup>		0,30			
Mængde	ton		675			675
<b>SG</b>						
Tykkelse	mm	200	200		150	
Volumen	m <sup>3</sup>	3,40	1,00		0,60	
Mængde	ton	7568	2200		1320	11.088

## BILAG 2

Tabel 13: Forbrug af brændstof (diesel) i jordarbejde<sup>vii</sup>.

	Kalkstabilisering	Ikke kalkstabilisering
Step 1: Clearance and demolition	10.000	10.000
Step 2: Removal of top soil	11.000	11.000
Step 3: Removal of soft soil	1.000	1.000
Step 4: Cutting and construction	278.000	499.500
Step 5: Construction of drainage system	12.000	12.000
Step 6: Adding and grading top soil	2.000	2.000
<b>Total</b>	<b>314.000</b>	<b>535.500</b>

Tabel 14: Forbrug af rør og brønde

	Kalkstabilisering	Ikke kalkstabilisering
Plastrør (PVC-110 mm)	3000 m	3000 m
Betonrør (250 mm)	1000 m	1000 m
Betonrør (100 mm)	400 m	400 m
Betonbrønde (små)	25 stk	25 stk
Betonbrønd (store)	15 stk	15 stk
Plastbrønde PP (små)	50 stk	50 stk



Vejdirektoratet har lokale kontorer i Aalborg, Fløng, Middelfart, Næstved og Skanderborg samt hovedkontor i København.

Find mere information på  
[vejdirektoratet.dk](http://vejdirektoratet.dk)

**VEJDIREKTORATET**

Niels Juels Gade 13  
Postboks 9018  
1022 København K  
Telefon 7244 3333

[vd@vd.dk](mailto:vd@vd.dk)  
[vejdirektoratet.dk](http://vejdirektoratet.dk)

