

Råstofindvinding

Energiforbrug og emissioner

FORORD

Denne rapport er første delprojekt af en miljømæssig og økonomisk undersøgelse af dansk råstof-indvinding iværksat af Skov- og Naturstyrelsen.

Projektet har været fulgt af en styringsgruppe bestående af:

Poul Erik Nielsen, Hav- og Råstofkontoret, Skov- og Naturstyrelsen,
Kirsten Hansen, Miljøministeriet,
Poul Pedersen, Miljøgruppen, ApS.

Rapporten er udarbejdet for Skov- og Naturstyrelsen af Miljøgruppen ApS v. Poul Pedersen, der takker Rene Liep, RN Sten & Grus A/S for generøs bistand.

INDHOLD

Indholdsfortegnelse	3
Indledning.....	5
Sammenfatning og konklusioner.....	7
1. Karakteristik af råstofbranchen	11
2. Emissionstyper og politiske mål.....	13
2.1 Emissionstyper	13
2.2 Miljø- og energipolitiske mål	15
3. Ikke-energirelaterede miljøvirkninger.....	18
3.2 Miljøvirkninger af råstofindvinding på land	19
3.3 Miljøvirkninger ved forarbejdning af råstoffer	20
4. Energimæssig karakteristik af råstofbranchen	21
4.1 Energiforbrug ved transport af råstoffer.....	25
5. Energitjenestesynsvinklen	26
6. Nøgletal for energiforbrug og emissioner	27
6.1 Energinøgletal	29
6.1.1 Energi. Landmaterialer	29
6.1.2 Energi. Havmaterialer	30
6.1.3 Energi. Granitskærver	32
6.2 Emissionsnøgletal.....	35
7. Ni scenarier.....	37
7.1 Scenarie 1. Materialer til udvidelse af større havn i Jylland.	39
7.2 Scenarie 2. Materialer til fremstilling af beton i København.	44
7.3 Scenarie 3. Materialer til fremstilling af beton i Københavnsområdet.	46
7.4 Scenarie 4. Tilslagsmaterialer til fremstilling af beton i København.....	48
7.5 Scenarie 5. Materialer til betonfremstilling mm i Københavnsområdet.	50

	4
7.6 Scenarie 6. Materialer til fremstilling af beton mm i Jylland.....	52
7.7 Scenarie 7. Materialer til fremstilling af beton mm i Jylland.....	54
7.8 Scenarie 8. Materialer til cementfremstilling i Jylland.	56
7.9 Scenarie 9. Erstatning af danske havmaterialer til industrien med importerede skærver.	58
Litteraturliste	60
Bilag	61
Bilag 1 Energinøgletal for landmaterialer, havmaterialer, importerede materialer og restprodukter.....	62
Bilag 2 Emissionsnøgletal for landmaterialer, havmaterialer, importerede materialer og restprodukter.....	77
Bilag 3. Primær produktion i Danmark, 1995.....	94
Bilag 4 Politiske mål for de omhandlede emissionstyper	95
Bilag 5 Opgørelse af energiforbrug og emissioner og fastlæggelse af emissionsfaktorer i tilknytning til anvendelse af el.	98
Bilag 6 Energiforbrug ved indvinding af ral i danske farvande landet i udenlandsk havn.	106
Bilag 7 Break-even-scenarie. Landmaterialer, havmaterialer og importerede materialer.....	107
Bilag 8 Omregningsfaktorer.....	110

Indledning

En af de mest grundlæggende bestræbelser i de seneste års miljøpolitik - det være sig på globalt, nationalt eller lokalt niveau - har været og er hensynet til bæredygtighed i den økonomiske udvikling.

Der ligger bag dette hensyn, som har sit udtryk i internationale konventioner og protokoller, national lovgivning, handlingsplaner, betænkninger, vurderinger og erklæringer, et krav om at økonomisk aktivitet inden for alle sektorer finder sted under hensyntagen til aktiviteternes miljømæssige virkninger. Samtidig skal den miljømæssige regulering tage hensyn til den samfundsmæssige betydning af de økonomiske aktiviteter.

Bæredygtighed i tilknytning til råstofindvinding betyder i overensstemmelse hermed, dels et hensyn til nødvendigheden af en tilstrækkelig råstofforsyning, dels en iagttagelse af behovet for mindst mulige miljøvirkninger ved tilvejebringelsen af råstofferne.

Som én blandt flere miljøvirkninger ved råstofindvinding optræder uundgåeligt et vist forbrug af energi og et dertil hørende omfang af udledning af visse stoffer til luften.

Energiforbruget ved indvinding, forarbejdning og transport af sand, sten og grus er i national målestok beskedent (ca. en kvart procent) og emissionsomfanget er i samme størrelsesorden.

Energiforbrug og luftemissioner knytter sig til indvinding (gravning, oppumpning, brydning mm), forarbejdning (sortering, intern transport, knusning mm) og transport fra indvindingssted til anvendelse af råstofferne.

Afgørende for omfanget af energiforbrug og emissioner er bl.a. råstoffernes tilgængelighed, typer og anvendelse af teknologi (maskineri og transportmidler), forarbejdningsomfang, lastestørrelser og transportafstande.

Set i bæredygtighedsperspektiv ud fra en energi- og emissionssynsvinkel - som jf. ovenstående kun er en enkelt dimension blandt mange - vil bestemte måder at tilgodese et bestemt råstofbehov på være at foretrække frem for andre.

Den energi- og emissionsmæssige konkurrencedygtighed afhænger af karakter og omfang af de nævnte parametre, men er på ingen måde entydig.

Det kan således eksempelvis ikke sluttes, at landmaterialer i ethvert tilfælde ud fra en energi- og emissionssynsvinkel er at foretrække frem for havmaterialer eller skærver fra udlandet eller vice versa, men derimod at den ene materialetype under bestemte konkret fastlagte forudsætninger for de angivne parametre vil være at fortrække for de andre.

I rapporten er der opstillet nøgletal i form af enhedsopgørelser i MJ/m³ for energiforbrug og gram pr m³ for emissioner ved forskellige måder at tilgodese et bestemt råstofbehov på.

Der opereres med to forskellige typer af forudsætninger for opgørelse af nøgletal dels gennemsnitlige antagelser om lastestørrelser, transportomfang etc. dels varierende forudsætninger baseret så vidt muligt på virkelige forudsætninger.

Førstnævnte ligger til grund for de basale nøgletal og de samlede opgørelser af energiforbrug og emissioner i rapporten, mens sidstnævnte kommer til udtryk i en række konkrete scenarier i rapportens anden halvdel.

De opgjorte nøgletal kan bruges som en rettesnor i beslutningsgrundlaget i forbindelse med råstof-forsyningen i forbindelse med større anlægsarbejder og ligeledes som baggrund for en vurdering af den energi- og emissionsmæssige konkurrencedygtighed imellem importerede materialer og danske materialer.

Nøgletallene, der på nær dele af opgørelserne i scenarierne, er baseret på data fra 1995 er på grund af det bagved liggende datagrundlag behæftet med betydelig usikkerhed.

Dette betyder, at praktiske energi- og emissionssammenligninger af materialeforløb på basis af de generelle nøgletal skal gennemføres med stor varsomhed.

Sammenfatning og konklusioner

Denne rapport falder overordnet i to halvdele.

I den første halvdel, som består af kapitlerne 1-5, gives en generel introduktion til:

- råstofbranchen i Danmark,
- de i rapporten omhandlede emissionstyper og en række dertil knyttede politiske mål,
- miljøproblemer ved råstofindvinding, som ikke har med energianvendelse at gøre,
- råstofbranchen i energimæssigt relief,
- rapportens metodiske synsvinkel,

mens den anden halvdel, der omfatter kapitlerne 6 og 7 plus bilag, viser:

- generelle nøgletal for energiforbrug og luftemissioner for land- og havmaterialer, konkurrerende importerede materialer (granitskærver) og visse rest- og affaldsprodukter, og
- en konkret anvendelse af nøgletalstankegangen i en række praktisk baserede scenarier.

I kapitel 1 placeres sand-, sten- og grusindvindingsbranchen størrelsesmæssigt.

Den land- og havbaserede del af branchen tegner sig tilsammen for en produktionsværdi på ca. 1 mia. kr og beskæftiger i rundt mål 1.200 mand, begge dele svarende til ca. en procent i forhold til den samlede primære produktion i Danmark.

I kapitel 2 opridses nationale og internationale politiske mål for emissioner af stofferne: CO₂, NO_x, SO₂, VOC, CO og partikler.

I kapitel 3 berøres en række ikke-energirelaterede miljøproblemer ved råstofindvinding på landjorden og på havet.

Påvirkningerne ved indvinding og forarbejdning er oftest begrænset til selve grave- eller indvindingsområdet og de umiddelbare omgivelser. På land påvirkes plante- og dyreliv på grund af landskabsændringerne og aktiviteterne kan medføre støj – og støvgener i de omkringliggende områder. På havet kan fjernelsen af havbunden og eventuel sedimentspredning påvirke gyde- og opvækstområder for fisk og bunddyr. På land sker der en direkte årlig påvirkning af ca. 5 km² mens den tilsvarende påvirkning på havet er omkring 2 km². Den miljømæssige påvirkning ved landtransport er koncentreret omkring støj, nedslidning af veje og uheldsrisiko.

Energiforbruget ved indvinding, forarbejdning og transport af sand, sten og grus er i kapitel 4 opgjort på baggrund af en spørgeskemaundersøgelse gennemført i relation til nærværende projekt dels en foreliggende undersøgelse udført af DTI.

Det samlede energiforbrug i tilknytning til ovennævnte aktiviteter udgør godt 2 PJ svarende til omkring en kvart procent af det totale energiforbrug i Danmark.

Hvor det samlede energiforbrug absolut set er begrænset er branchens relative energiforbrug imidlertid forholdsvis højt.

Råstofindvinding er således, når energiforbruget opgøres i forhold til beskæftigelse og omsætning i begge tilfælde på top 3 i Danmark sammen med mineralolieindustri og sten-, ler- og glasindustri.

Det høje relative energiforbrug kan indeholde et signal om et vist potentiale for en generel omkostningstrimning i branchen.

Projektets metodiske afgrænsning beskrives i kapitel 5, hvori det fremgår, at der i rapporten ikke arbejdes ud fra en vugge til grav-synsvinkel, men derimod opgøres direkte energivirkninger og dertil hørende emissioner.

I kapitel 6 redegøres der for, hvilke energitjenester, der opgøres nøgletal for samt nøgletallenes generelle forudsætninger.

Der er opgjort nøgletal for følgende materialer:

- landmaterialer (indvinding, forarbejdning og transport),
- havmaterialer (indvinding, forarbejdning og transport),
- granitskærver (brydning og transport)
- rest- og affaldsprodukter (håndtering og transport),

Nøgletallene præsenteres i bilag 1 og 2 både som delnøgletal dvs. opgjort separat på indvinding/forarbejdning og transport og samlet dvs indvinding/forarbejdning plus transport.

Baseret på det foreliggende datagrundlag samt en række gennemsnitsbetragtninger har flyveaske fra danske kraftværker det laveste nøgletal (mindste relative energiforbrug)¹ og granitskærver fra udlandet det højeste nøgletal (højeste relative energiforbrug).(Se energinøgletallene i bilag 1).

Landmaterialer, bygge- og anlægsaffald, forbrændingsslagge og havmaterialer grupperer sig herimellem.

De til de beregnede energiforbrug hørende emissioner, der i store træk er proportionale med energiforbrugene², fremgår ligeledes af kapitel 6.(Se emissionsnøgletallene i bilag 2).

I kapitel 7 gennemgås ni scenarier – alle med udgangspunkt i virkeligheden.

Det første scenarie viser en tydelig energi- og emissionsmæssig konkurrencefordel for fyldsand fra havområdet indvundet 20-25 km fra anvendelsessted i forhold til et blandet alternativ bestående af landmaterialer, udenlandske skærver, flyveaske og fyldjord.

Scenarie 2 sammenligner sømaterialer fra Fakse Bugt til anvendelse i betonfremstilling i København med importeret grus og skærver. Scenariet viser, at danske sømaterialer ligger energi- og emissionsmæssigt betydeligt lavere end tilsvarende importerede materialer.

Scenarierne 3 og 6 omhandler tilslagsmaterialer til betonfremstilling fra danske havindvindingsområder over for forskellige kombinationer af landmaterialer og skærver. Scenarierne viser, at energi-

¹ Energiforbruget for flyveaske er sat til 0, se de angivne forudsætninger i nøgletalskapitlet.

² Der eksisterer ikke fuld proportionalitet. Emissionsfaktorerne, der er opgjort pr energienhed, afhænger af anvendt energiteknik (maskineri, motorer osv) og brændstoftyper. Dannelsen af emitterede stoffer afhænger af komplicerede processer i den anvendte energiteknologi og kan variere fra stoftype til stoftype på den måde at f.eks. CO₂-mængden pr MJ i et forløb kan være højere i et forløb end i et andet, mens det omvendte kan være tilfældet for SO₂-udledningen.

forbrug og emissioner ligger i nogenlunde samme størrelsesorden, dog med en mindre energiforbrug ved anvendelse af landmaterialer, hvis indvindingslokaliteterne til søs ligger for spredt.

Scenarie 4 afslører en svag konkurrencefordel for sømaterialer fra Fakse Bugt til anvendelse i København over for svenske skærver.

Scenarie 5 er et rent havscenarie, der viser forskelle i energiforbrug og emissioner på baggrund af forskelle i sejlafstande. Scenariet viser, at under de valgte forudsætninger er energiforbruget ved indvinding fra flere nærtliggende områder betydeligt under energiforbruget ved indvinding i et enkelt stort fjertliggende område.

I scenarie 7 og 8 ses der på havmaterialer over for danske landmaterialer. Energiforbrug og emissioner ved leverancer af sand er her i samme størrelsesorden, mens energiforbruget ved leverancer af ral fra havet er højere end for landmaterialer, hvis der skal ske en betydelig efterfølgende landtransport af sømaterialerne.

Alle energi- og emissionsopgørelser i scenarierne 1-8 er baseret på specifikke forudsætninger vedr. brændstof, lastestørrelser osv. og indeholder for havmaterialernes vedkommende ikke forarbejdning og øvrig sejlads, hvorfor de adskiller sig fra de gennemsnitlige nøgletal.

Selv om de gennemførte beregninger er baseret på en række forskellige antagelser, viser scenarierne overordnet, at det samlede energiforbrug ved forskellige leverancer af fyld- og tilslagsmaterialer i høj grad afhænger af den anvendte materialetype og afstanden til anvendelsesstedet.

Energiforbruget ved anvendelse af sømaterialer er naturligt meget følsomt overfor afstanden fra indvindingsområde til havn og for efterfølgende landtransport, og der vil derfor være en betydelig energibesparelse ved en hensigtsmæssig placering af indvindingsområder og tilrettelæggelse af produktionen i øvrigt.

I forhold til landmaterialer vil sømaterialer generelt have de største energimæssige fordele i forbindelse med anlægsarbejder i kystnære områder og som kvalitetsmaterialer, der leveres til havne med større omkringliggende befolkningskoncentrationer.

Scenarie 1 antyder, at der er betydelige samlede energimæssige fordele ved nyttiggørelse af materialer, som ellers på anden måde skal bortskaffes. En øget nyttiggørelse af oprensings- og uddybningsmaterialer fra havområdet vil derfor medvirke til en ikke uvæsentlig reduktion af det samlede energiforbrug ved produktionen af råstoffer fra havet. Antages det således, at den overvejende del af de sømaterialer der indgår i scenarie 8 er oprensingsmaterialer, som eller skulle være klappet, vil det reelle energiforbrug blive mere end halveret.

Scenarierne viser generelt, at det samlede energiforbrug ved anvendelse af importerede materialer vil være højere end for lokalt fremskaffede materialer.

Det overordnet set mest interessante scenarie er det niende, hvoraf det fremgår – på det foreliggende datagrundlag og med de usikkerheder, der knytter sig til opgørelserne – at energiforbrug og emissioner ved indvinding, forarbejdning og transport af danske havmaterialer til industriel anvendelse i Danmark er ca. 20% lavere end det tilsvarende ved import af granitskærver fra udlandet. Energiforbruget ved anvendelse af danske landmaterialer må anses for at være endnu lavere.

For at få en overordnet indikation af energiforbruget ved leverancer af råstoffer fra forskellige forsyningskilder, er der i bilag 7 vist et grovkornet break-evenscenarie omfattende landmaterialer, havmaterialer og granitskærver, hvor alle elementer (indvinding, forarbejdning, losning osv) i hvert forløb på nær *transportafstanden* er holdt konstant.

Det angivne scenarie giver mulighed for en grov sammenligning af energiforbrug imellem de betragtede råstofftyper på baggrund af kendskab til afstanden imellem indvindingssted og anvendelsessted i en situation, hvor alternativer foreligger.

Det viste scenarie indeholder dog et stort element af statik. Det ideelle ville være en operationalisering af alle de i hver energitjeneste indgående elementer (indvindingsform, lastestørrelse, transportform og -afstand osv) i en simulationsmodel³, hvori opgørelser af energiforbrug og emissioner ville kunne gennemføres på baggrund af kendskab til indvindingsform, transportform, transportafstand, lastekapaciteter etc.

Som supplement til udformning af et sådant modelværktøj kunne der med fordel gennemføres en grundig analyse indvindingsformer og transportmønstre for dansk råstofforsyning (incl. importerede materialer) ud fra en energi- og emissionssynsvinkel med fokus på spørgsmål som:

- hvor effektivt indvindes der ?
- hvor meget af hver råstofftype transporteres hvor langt ?
- med hvilken transportform ?

En sådan undersøgelse kunne være et skridt på vejen til en analyse af branchens høje relative energiforbrug og dermed indirekte videre blive et redskab til identifikation og reduktion af energiforbruget og andre centrale elementer i branchens generelt høje omkostningsniveau.

³ F.eks. i stil med den såkaldte TEMA-2000, som er en model til beregning af energiforbrug og luftemissioner ved forskellige typer af transport.

1. Karakteristik af råstofbranchen

Det lader sig ikke umiddelbart gøre at tegne et billede af den del af råstofbranchen, der indvinder sand, sten og grus, ved hjælp af alment tilgængelige kilder, da samlede oplysninger om energiforbrug, omsætning, beskæftigelse mm ikke forefindes nogetsteds på det krævede brancheplan.

Nedenstående grove portræt er derfor i stor udstrækning baseret på oplysninger fra erhvervets to grene: den havbaserede del (ral- og sandsugerne) og den landbaserede del.

Sammenholdes tallene med den i bilag 3 viste tabel over produktionsværdi og beskæftigelse i primære erhverv i Danmark, fås et indtryk af branchens omfang.

Tabel 1.1. Produktion, omsætning og beskæftigelse. Indvinding af sand, sten og grus, 1995.

	Produktion (1.000 m ³)	Pris pr m ³ ⁴	Omsætning (mill.kr)	Beskæftigelse
Havindvinding	5.560	45	250	250-300
Landindvinding	21.700	35	760	900-1.000
I alt	27.260		1.010	1.225

Kilder: Råstofproduktion i Danmark, 1995, Havområde og Landområde, Skov- og Naturstyrelsen, 1996, (2 publikationer), Ral- og sandsugererhvervets fremtid, O. Oehlenschläger Madsen, 1999 og Foreningen af Danske Sten- og Grusindustrier.

Tabellen viser,

- at indvindingen på land er ca. fire gange så stor som indvindingen på havet,
- at gennemsnitsprisen pr indvunden kubikmeter fra havbunden - på trods af at halvdelen af den indvundne mængde er billigt sandfyld - er en del højere end den tilsvarende for landmaterialer,
- at indvunden mængde pr beskæftiget er stort set den samme på hav og land,
- og at omsætning pr beskæftiget er lidt højere i den havbaserede del af branchen end i den landbaserede del.

Som det fremgår af bilag 3 udgør indvinding af sand, sten og grus i alt kun ca. 1% af den primære produktion i Danmark, hvadenten der ses på produktionsværdi eller beskæftigelse.

Sand, sten og grus anvendes i industrien ved fremstilling af byggematerialer (beton, mørtel mm.), i anlægssektoren som stabiliserings- og fyldmaterialer og til kystfodring.

Fordeling efter anvendelse fremgår af tabel 1.2.

⁴ Vægtet gennemsnit. Dækker for havmaterialernes vedkommende over flg. prisforskelle:
Sand, grus, ral og sten: 60 kr/m³,
Sandfyld: 35 kr/m³,
Andet: 30 kr/m³.

Tabel 1.2. Anvendelse af sand, sten og grus i Danmark, 1995. 1000 m³.

	Industri	Anlæg	Kystfodring	Anden anv.	I alt
Havmaterialer	2.480	300 ⁵	2.780		5.560
Landmateriale	6.700	14.000		1.000	21.700
I alt	9.180	14.300	2.780	1.000	27.260

Kilde: Råstofproduktion i Danmark, 1995 Havområde, Råstofproduktion i Danmark, 1995 Landområde, Skov- og Naturstyrelsen, 1996.

Tabel 1.3. Anvendelse af sand, sten og grus i Danmark, 1995. %.

	Industri	Anlæg	Kystfodring	Anden anv.	I alt
Fra havet	45	5	50		100
Fra land	31	64		5	100
I alt	34	52	10	4	100

Kilde: Råstofproduktion i Danmark, 1995 Havområde, Råstofproduktion i Danmark, 1995 Landområde, Skov- og Naturstyrelsen, 1996.

Tabel 1.3 skal læses vandret, således at 45% i kolonne 1 betyder 45% af den samlede indvundne mængde fra havet, mens 34% i kolonne 1 betyder 34% af den samlede indvundne mængde på hav plus land etc.

Som tabel 1.2 og 1.3 antyder hersker der primært konkurrence imellem hav- og landmaterialer på industriområdet.

Denne konkurrence er dog i et vist omfang begrænset på grund af forskelle i materialekvaliteter og -egenskaber.

1.1 Størrelsesforhold

Der er målt efter indvundne mængder i 1995 en størrelsesmæssig skævhed i den havbaserede del af branchen, idet tre⁶ virksomheder ud af de 24, der indvandt sand, sten og grus i 1995, hjembragte ca. 60% af den samlede mængde, mens de resterende 40% fordelte sig forholdsvis jævnt blandt de øvrige virksomheder.

Indvindingen af sand, sten og grus på land er fordelt på flere hundrede virksomheder, hvoraf adskillige indvinder i særdeles begrænset omfang.

En lille håndfuld virksomheder producerede tilsammen ca. 25% af den samlede indvundne mængde på land.

⁵ Indvinding i tilknytning til Øresundsforbindelsen mm.

⁶ Efter ejerskab 1998.

2. Emissionstyper og politiske mål

Energifremstilling på basis af fossile brændsler giver uanset energiteknologi anledning til udledning af visse stoffer til luften.

Mængden og arten af udledte stoffer afhænger af brændselstype, energiteknologi og rensningsgrad.

I forbindelse med indvinding, forarbejdning og transport af råstoffer i Danmark bruges følgende brændselstyper/energiarter: dieselolie, el⁷, naturgas og visse olietyper.

2.1 Emissionstyper

De vigtigste emissionstyper, der optræder i forbindelse med forbrug af energi i form af *dieselolie*, *el*, *olie* og *naturgas* er:

- kuldioxid (CO₂),
- kvælstofoxider (NO_x),
- svovldioxid (SO₂),
- flygtige organiske forbindelser (VOC)⁸,
- kulilte (CO) og
- partikler.

Udledning af disse stoffer indebærer overordnede virkninger, der kan inddeles i tre kategorier:

- globale virkninger (emissionernes bidrag til drivhuseffekt),
- regionale virkninger (emissionernes bidrag til langtrækkende forurening og næringsstofberigelse (eutrofiering),
- lokale virkninger (emissionernes bidrag til helbredsskader, materiel nedbrydning mm.)

De anførte emissionstypers fordeling efter overordnet virkning fremgår af nedenstående skema.

⁷ Til fremstilling af el i Danmark anvendes i dag: kul, olie, naturgas og vedvarende energi.

⁸ Der skelnes sædvanligvis imellem methan (CH₄) og øvrige VOC (NonMethaneVOC). I dette projekt behandles de under et.

Skema 2.1 Effekter af de angivne emissionstyper.

Emissionstype	globale effekter	Regionale effekter	Lokale effekter
CO ₂	x		
NO _x		X	(x)
SO ₂		X	(x)
VOC	(x)	(x)	x
CO	(x)		x
Partikler			x

- CO₂ og NO_x optræder i forbindelse med forbrænding af dieselolie, naturgas og andre olietyper og ved fremstilling af el,
- SO₂ optræder i forbindelse med forbrænding af dieselolie og andre olietyper samt ved elfremstilling (forbrænding af kul og olie),
- VOC, CO og partikler optræder i denne sammenhæng kun i nævneværdigt omfang ved forbrænding af dieselolie og andre typer af olie.

CO₂ er den vigtigste kilde til den globale opvarmning.

NO_x bidrager dels i kombination med visse typer af VOC til lokal dannelse af ozon dels til eutrofiering (næringsstofberigelse).

SO₂ indebærer ud over regionale forsureningsvirkninger også tilsvarende lokale virkninger.

Den flygtige organiske forbindelse metan, som hører under VOC-gruppen, medvirker til den globale opvarmning.

CO bidrager til drivhuseffekten dels ved at reducere nedbrydning af metan i atmosfæren dels ved omdannelse til CO₂ på langt sigt.

Partikler virker blandt andet som transportører af en række kemiske stoffer f.eks. kulbrinter (HC), der udgør sundhedsskadelige forbindelser under VOC-gruppen.

Der er som det ses i nedenstående tabel ikke for de omhandlede aktiviteter: indvinding, forarbejdning og transport af råstoffer i Danmark tale om kvantitativt betydelige udledninger af de nævnte emissionstyper.

Tabel 2.2 Årlige emissioner af udvalgte emissionstyper. Tons, Danmark 1995. (Excl. international sø- og luftfart, landbrug, skovbrug og naturlige kilder.)

	Alle kilder	Sand, sten, grus	% (3/2)
CO ₂	58.271.000	163.000	0,28
NO _x	250.700	2.525	1,01
SO ₂	148.715	440	0,30
VOC	823.694	315	0,04
CO	587.582	1.245	0,21
Partikler ⁹	85.000	75	0,09

Kilder: Energistatistik, Energistyrelsen 1996, UNECE (United Nations Economic Commission for Europe): Annual Emissions Report, 1996, TNO Institute of Environmental Sciences, Energy Research And Process Innovation: Particulate Matter Emissions In Europe 1990 And 1993.

Vedr. baggrunden for de opgjorte mængder for sand, sten og grus, se nøgletalskapitlet.

Som det ses er der tale om forholdsvis ubetydelige emissionsmængder knyttet til råstofindvinding.

De største kilder til emission af de nævnte stoffer er energifremstilling og transport.

I det følgende beskrives virkninger og politiske mål for de omhandlede emissionstyper.

2.2 Miljø- og energipolitiske mål

Formålet med dette afsnit er at give en oversigtlig introduktion til de nationale og internationale politiske mål, der knytter sig til anvendelse af fossil energi i almindelighed, idet disse spiller en afgørende rolle for energianvendelsen i de erhvervssektorer, der berøres i dette projekt (industri, transport og energifremstilling.)

Gennemgangen tager udgangspunkt i en række internationale og nationale kvantitativt fastsatte reduktionsmål for emissioner til luft for de vigtigste emissionstyper, idet sådanne luftemissionskrav i dag er blandt de væsentligste drivkræfter bag de politiske bestræbelser på omlægning, effektivisering og reduktion af energiforbruget.

Ud over de energipolitiske mål skitseres kort en række nationale mål på genanvendelseområdet, som har betydning for råstofanvendelsen i Danmark.

Politiske mål, der vedrører substitution imellem naturbundne råstoffer og affaldsprodukter, figurerer kun i denne sammenhæng, fordi målsætninger på dette område kan have virkninger for den samlede energianvendelse og dermed for luftemissionsbidrag- og mønster.

Der tages i dette kapitel ikke stilling til spørgsmålet om, hvordan de politiske mål påvirker energiforbrug og luftemissioner i tilknytning til indvinding, forarbejdning og transport af råstoffer i Danmark.

¹ Partikler med en diameter mindre end 10 mikron. Opgjort som summen af PM₁₀, PM_{2,5} og PM_{0,1}.

2.2.1 Mål for luftemissioner

Luftemissionsvirkninger kan være lokale, regionale og globale.

Lokale virkninger optræder ved kilden i forbindelse med produktion og forbrug af fossil energi.

Problemer kan opstå, når koncentrationen af kilder og dermed koncentrationen af udledningsstoffer i luften når et vist omfang som f.eks. i storbyer og tætte industriområder.

Lokale virkninger i denne sammenhæng begrænser sig stort set til arbejdsmiljøproblemer i tilknytning til landbaseret råstofindvinding med dieseldrevet maskineri.

De vigtigste emissionstyper er kulilte (CO), kvælstofilter (NO_x), flygtige organiske forbindelser (VOC) og partikler.

Regionale virkninger knytter sig til luftemissioner, der på baggrund af meteorologiske forhold optræder andre steder end ved kilden f.eks. på tværs af landegrænser.

Delvis ødelæggelse af søer, skove og jordbund i visse områder af Skandinavien som følge af energi-relaterede luftemissioner i Centraleuropa er eksempler på regionale virkninger.

Primære emissionstyper er svovlforbindelser (SO₂), NO_x og VOC.

Globale virkninger i forbindelse med produktion og forbrug af energi angår primært jordens klima uafhængigt af kildens lokalisering.

Registrerede stigende koncentrationer af drivhusgasser i atmosfæren antages at være hovedårsagen til en stigende global gennemsnitstemperatur hvis langsigtede konsekvenser fra enhver synsvinkel er uoverskuelige.

Den betydeligste drivhusgas er kuldioxid (CO₂), som er et uadskilleligt ledsagefænomen ved anvendelse af fossil energi.

I bilag 4 redegøres kort for en række målsætninger på de pågældende områder i det omfang, de vedrører Danmark.

De mål og anbefalinger, der kommer til udtryk i bilag 4 er jævnlige under revision i forbindelse med konferencer, ministerrådsmøder, regeringsforhandlinger osv.

Tendensen i de seneste år har generelt været karakteriseret af skarpere anbefalinger og mere restriktive udledningsmål, og det vurderes, at denne tendens vil fortsætte i det mindste så længe fossil energi spiller hovedrollen i verdens energiforsyning.

Gennemgangen i bilag 4 følger en systematik, der viser mål for hver emissionstype i hvert politisk forum.

De angivne mål fremgår oversigtligt af nedenstående skema.

Skema 2.1 Reduktionsmål for luftemissioner (%).

	CO ₂	NO _x	VOC	SO ₂
FN	5	30	30	80
OECD	-	-	-	-
EU	0	30	30	35
Den danske regering	20	>30	30	>80

Se basis- og målar i teksten i bilag 4.

2.3 Mål for genanvendelse af visse rest- og affaldsprodukter.

Det hedder i Råstoflovens formålsparagraf, at naturbundne råstoffer i videst muligt omfang [skal] erstattes af affaldsprodukter.

De affaldsprodukter, der funktionelt konkurrerer med naturbundne råstoffer, er altovervejende:

- bygge- og anlægsaffald (visse fraktioner),
- restprodukter fra energiproduktion (primært flyveaske),
- restprodukter fra affaldsforbrænding (primært slagge).

I Handlingsplan for affald og genanvendelse 1993-1997 er følgende genanvendelsesmål fastsat:

- bygge- og anlægsaffald: 60% i år 2000,
- restprodukter fra energiproduktion (flyveaske): 56% i år 2000,
- restprodukter fra affaldsforbrænding (slagge): 65% i år 2000.

Målet på 60% for bygge- og anlægsaffald var allerede i 1993 overskredet med ca. 20 procentpoint, hvorefter målet blev opjusteret til 85%.

En kombination af stigende deponeringsomkostninger (herunder afgifter), teknologisk udvikling og kommunal regulativsætning på området virker som drivkraft bag en stadig øget genanvendelse af de nævnte rest- og affaldsprodukter.

Endelig er det et mål, at oprensings- og uddybningsmaterialer nyttiggøres i størst muligt omfang.

Både energiforbrug og emissionsbidrag i tilknytning til indvinding og forarbejdning af jomfruelige råstoffer er under påvirkning af disse forhold.

3. Ikke-energirelaterede miljøvirkninger

Ud over forbrug af energi og dertil knyttede luftemissioner afstedkommer råstofindvinding og -forarbejdning en række øvrige miljøpåvirkninger af vidt forskellig karakter.

I det følgende skitseres disse og de processer, der ligger bag dem, kort.

Kun umiddelbare virkninger nævnes, hvilket indebærer, at afledte effekter i forbindelse med produktion, transport, forbrug og bortskaffelse af maskineri, skibe, bygninger etc. ikke behandles.

3.1 Miljøvirkninger af råstofindvinding på havet

Indvinding af råstoffer på havet (ral- og sandsugning) kan i princippet foregå på to måder: Ved stiksugning og ved slæbesugning.

Stiksugning er en stationær optagningsform, hvorved bundmaterialer pumpes op igennem et rør fra havbund til skibslasterum.

Ved denne optagningsmåde sker der som hovedregel en betydelig lokal sænkning af havbunden, som ofte fører til permanent ændring af betingelserne for plante- og dyreliv samt sedimentsammensætning i det berørte område.

Slæbesugning foregår ved at et sugehoved slæbes over havbunden, mens bundmaterialer pumpes op i skibet.

Ved slæbesugning påvirkes større arealer end ved stiksugning, men påvirkningen er mindre intens, idet vanddybde og sedimentsammensætning ikke henholdsvis øges og ændres i samme omfang.

Plante- og dyreliv påvirkes i begge tilfælde negativt af den mekaniske aktivitet på havbunden.

Livs-betingelserne for en række kommercielt og rekreativt attraktive fiskearter f.eks. sild, tobis, ørred og hornfisk kan forstyrres ved at gyde-, opvækst- og fourageringsområder i større eller mindre omfang påvirkes eller ødelægges.

Begge optagningsformer giver endvidere anledning til opslemning i vandet af finkornet materiale, der afhængig af strøm- og bølgeforhold spredes over større eller mindre områder.

Opslemmet finkornet materiale medvirker til forringelse af reproduktionsbetingelserne for fisk og bunddyr (f.eks. muslinger).

Med det nuværende råstofindvindingsomfang på havet påvirkes et havbundsareal på en til to kvadratkilometer om året direkte.

De samlede virkninger heraf, der dels afhænger af de berørte økosystemers robusthed dels af måden indvindingen foregår på, er endnu ikke kortlagt.

3.2 Miljøvirkninger af råstofindvinding på land

Indvinding af råstoffer på landjorden sker med tungt entreprenørmateriel som frontlæssere, slæbeskovle, gravemaskiner, sugepumper mm.

Ud over selve optagningen foregår der i graveområdet en intern transport med transportmateriel og transportbånd og en sortering af de optagne materialer med knusere, sigter mm.

Aktiviteterne indebærer grundvands-, støj-, støv-, landskabs- og plante- og dyrelivsvirkninger.

Grundvandet påvirkes potentielt på to måder:

ved at dybe udgravninger fører til sænkning af grundvandspejlet,
ved at grundvandet som følge af fjernelse af beskyttende jordlag gøres mere sårbart for forurening.

Forurening af grundvandet kan blandt andet opstå i forbindelse med efterbehandling af udtjente grave ved opfyldning med jord fra bygge- og byområder.

Støj kan udgøre et arbejdsmiljøproblem og et problem ved indvinding i nærhed til bebyggede områder.

Støvgener kan forekomme i forbindelse med indvinding, intern transport og oplagring af optagne materialer. Der er primært tale om arbejdsmiljø- og naboproblemer.

Som en indlysende virkning ved råstofindvinding på land optræder ændringer i landskabets udseende.

Plante- og dyreliv påvirkes som ved indvinding på havet gennem ødelæggelse af det direkte berørte biologiske grundlag.

Ved efterbehandling kan betingelserne for nyt plante- og dyreliv imidlertid genskabes.

Med det nuværende indvindingsomfang på land udgør det årlige arealforbrug knap fem kvadratkilometer.

3.3 Miljøvirkninger ved forarbejdning af råstoffer

I tilknytning til forarbejdning af indvundne råstoffer til videre forarbejdning i industrien optræder der, uanset om der forarbejdes hav- eller landmaterialer, miljøvirkninger i form af spildevand.

Den finere forarbejdning af indvundne grovsorterede materialer sker overvejende i to principielt forskellige typer af anlæg, der hver især er i stand til at sortere råstofmaterialer efter vægtfylde.

Ved HMS- (Heavy Media Separation) sortering udsorteres tilført materiale i en tung væske i en let og en tung fraktion.

Dette giver anledning til dannelse af spildevand med et vist kemikalieindhold.

Ved jigging, som er en sorteringsform, der primært virker ved vandtryk, udsorteres ligeledes i en let og en tung fraktion.

Spildevand fra jigs er ikke kemisk forurennet, men vandforbruget er betydeligt.

Begge metoder medfører en vis affaldsdannelse i form af frasorteret materiale, som i større eller mindre udstrækning kan nyttiggøres.

Endelig giver mekanisk sortering, knusning, intern transport mm anledning til støv- og støjgener.

3.4 Miljøvirkninger ved transport af råstoffer

Transport af optagne og forarbejdede råstoffer sker overvejende med lastbiler og i mindre omfang med skib.

Lastbiltransport medfører ud over de energirelaterede miljøeffekter en række gener i form af bl.a. støj, nedslidning af veje og uheldsrisiko.

4. Energimæssig karakteristik af råstofbranchen

For at give et indtryk af råstofindvindingens relative energiintensitet vises i det følgende en tilsvarende opgørelse for hele fremstillingssektoren i Danmark.

Tabel 4.1 viser de absolutte størrelser, der ligger til grund for opgørelsen af energiintensiteten efter henholdsvis beskæftigelse og omsætning i fremstillingssektoren i Danmark i 1995.

Tabel 4.1. Antal fuldtidsbeskæftigede, omsætning¹⁰ og energiforbrug¹¹ i fremstillingsvirksomhed, 1995.

Branche	Beskæftigede	Omsætning (mill kr)	Energiforbrug (TJ)
Fremstillingsvirksomhed i alt	405.963	439.268	134.663
Nærings- og nydelsesmiddelindustri	75.412	128.709	36.025
Tekstil-, beklædnings-, lædervareind.	19.147	16.624	2.176
Træindustri	13.088	11.708	5.694
Papir- og grafisk industri	40.328	39.237	6.654
Mineralolieindustri	912	8.536	22.983
Kemisk industri	24.483	32.675	10.673
Gummi- og plastindustri	17.987	16.601	3.400
Sten-, ler og glasindustri	17.214	17.340	25.823
Jern- og metalindustri	45.987	38.909	7.998
Maskinindustri	64.941	58.229	5.170
Elektronikindustri	37.495	36.626	2.011
Transportmiddelindustri	20.104	16.099	2.139
Møbelindustri og anden industri	28.865	26.098	3.917
Indvinding af sand, sten og grus ¹²	1.200	1.000	1.615

Kilder: *Industri og energi. Industriens energiforbrug 1995, 1997:7* og *Generel erhvervsstatistik og handel, Regnskabsstatistik 1995, 1998:6, Brancheenergianalyse, DTI, 1997, oplysninger fra branchen samt egne opgørelser.*

Beskæftigelses-, omsætnings- og energital for indvinding af sand, sten og grus er behæftet med stor usikkerhed. Det i tilknytning til nærværende projekt tilvejebragte baggrundsmateriale for den havbaserede del af branchen, der efter produktionsomfang i 1995 udgjorde godt en fjerdedel, er af diskretionshensyn udeladt i rapporten.

Skov- og Naturstyrelsen er bekendt med opgørelsernes forudsætninger og beregningsmetoder.

Energiforbrug for indvinding på land er opgjort af DTI i ovennævnte rapport.

Hvor el udgør en del af energiforbruget er det i dette kapitel opgjort netto dvs. som det aflæses på elmåler, hvilket gør at energiopgørelserne her afviger en smule fra projektets nøgletal, hvor energiforbrug for el er opgjort brutto dvs. omfattende hele det til elfremstillingen medgåede energiforbrug.

¹⁰ Indtægter ved salg af produkter og tjenesteydelser, der hidrører fra virksomhedens primære drift. Opgjort excl. afgifter, der er direkte forbundet med salget dvs. punktafgifter, told og moms.

¹¹ I alle opgørelser i dette kapitel, der omfatter forbrug af el, er dette opgjort netto dvs. som det fremstår på elmåler.

¹² Hav- plus landindvinding.

Nedenstående tabeller 4.2 og tabel 4.3 viser energiforbrug henholdsvis pr beskæftiget og pr omsat mill. kr i hele fremstillingssektoren samt i delbrancher i 1995.

Begge tabeller viser energiintensiteten faldende.

Tabel 4.2. Energiintensiteten efter beskæftigelse i hele fremstillingssektoren, 1995.

Branche	Energiforbrug pr beskæftiget (GJ/fuldtidsbeskæftiget)
Mineralolieindustri	25.200
Sten-, ler og glasindustri	1.500
Indvinding af sand, sten og grus¹³	1.345
Nærings- og nydelsesmiddelindustri	478
Kemisk industri	436
Træindustri	435
<i>Fremstillingsvirksomhed i alt</i>	332
Gummi- og plastindustri	189
Jern- og metalindustri	174
Papir- og grafisk industri	165
Møbelindustri og anden industri	136
Tekstil-, beklædnings-, lædervareind.	114
Transportmiddelindustri	106
Maskinindustri	80
Elektronikindustri	54

Opgjort på basis af **Tabel 4.1.**

¹³ Incl. forarbejdning.

Tabel 4.3. Energiintensiteten efter omsætning i hele fremstillingssektoren, 1995.

Branche	Energiforbrug/omsætning (GJ/10 ⁶ kr)
Mineralolieindustri	2.692
Indvinding af sand, sten og grus¹⁴	1.615
Sten-, ler og glasindustri	1.490
Træindustri	486
Kemisk industri	326
<i>Fremstillingsvirksomhed i alt</i>	<i>307</i>
Nærings- og nydelsesmiddelindustri	280
Jern- og metalindustri	206
Gummi- og plastindustri	205
Papir- og grafisk industri	170
Møbelindustri og anden industri	150
Transportmiddelindustri	133
Tekstil-, beklædnings-, lædervareind.	131
Maskinindustri	89
Elektronikindustri	55

Opgjort på basis af **Tabel 4.1.**

Det fremgår, at energiforbruget i tilknytning til indvinding af sand, sten og grus både pr ansat og pr omsat krone er relativt højt.

Det angivne energiforbrug i tilknytning til indvinding af sand, sten og grus dækker over betydelige forskelle imellem hav- og landindvinding.

Tabel 4.4 viser fordelingen af det samlede energiforbrug imellem hav- og landindvinding incl forarbejdning og energiforbruget pr beskæftiget henholdsvis pr omsat krone.

Tabel 4.4 Energiforbrug i tilknytning til indvinding¹⁵ af sand, sten og grus, 1995.

	GJ i alt	GJ pr beskæftiget	GJ pr omsat krone
Havindvinding	615.000	2.235	2.460
Landindvinding	1.000.000	1.050	1.300
I alt	1.615.000	1.345 (snit)	1.615 (snit)

Kilde: Samme som til tabel 4.1.

Tabel 4.5 viser energiforbruget opgjort pr m³ indvundet materiale fra land og fra havbund.

¹⁴ Incl. forarbejdning.

¹⁵ Incl. forarbejdning.

Tabel 4.5 Energiforbrug pr m³ ved indvinding og forarbejdning af land- og havmaterialer i Danmark, 1995.

	MJ pr m³
Indvinding af landmaterialer	48
Indvinding af fyldsand (hav) ¹⁶	42
Indvinding af industrimaterialer (hav)	189

Kilde: Spørgeskemasvar. Se nøgletalskapitlet for forudsætninger.

I tabel 4.6 fremgår energiforbruget pr m³ indvundet fyldsand og materialer til industriel anvendelse fra havbunden splittet op på sejlads, oppumpning og skjult sejlads (= nødvendig sejlads imellem indvindingssteder, se nøgletalskapitlet.)

Tabel 4.6 Energiforbrug pr m³ ved indvinding af havmaterialer i Danmark, 1995, opsplittet gennemsnitlig opgørelse.

	MJ pr m³	MJ pr m³
	Fyldsand	Industrimaterialer
Sejlads ud og hjem	14	80
Oppumpning, udlosning og sejlads imellem indvindingssteder	28	70
I alt	42	150

Kilde: Spørgeskemasvar. Se nøgletalskapitlet for forudsætninger.

Tabel 4.7 viser energiforbruget efter energiart i henholdsvis hav- og landindvinding.

Tabel 4.7. Energiforbruget efter energiart. Indvinding af sand, sten og grus, 1995 (%).

Energiart	Havindvinding	Landindvinding
Diesololie	93	83
El	5	14
Fyringsolie		3
Fuelolie	2	
I alt	100	100

Kilde: Samme som til tabel 1.

¹⁶ Ingen forarbejdning.

4.1 Energiforbrug ved transport af råstoffer

Tabel 4.8. viser energiforbruget ved transport over land med lastbil fra grusgrav/udlosningshavn til anvendelsessted.¹⁷

Tabel 4.8. Energiforbrug ved landtransport af sand, sten og grus. 1995 i alt.

Landtransport af landmaterialer	500.000 GJ
Landtransport af havmaterialer	120.000 GJ
Landtransport af sand, grus og sten i alt	620.000 GJ

Lægges dette energiforbrug til transport sammen med energiforbruget til indvinding og forarbejdning bliver det samlede energiforbrug til indvinding, forarbejdning og transport af sand, sten og grus i Danmark i 1995 i rundt mål: 2.235.000 GJ¹⁸.

¹⁷ Energiforbrug ved transport af havmaterialer fra indvindingssted til udlosningshavn/kystfodring mm er indeholdt i det opgjorte energiforbrug til indvinding.

¹⁸ Tallet kan udtrykkes som 2,235 PJ og sammenholdes med Danmarks samlede energiforbrug i 1995 på 830 PJ = rundt en kvart procent.

5. Energitjenestesynsvinklen

Kernen i dette projekt er en opgørelse og sammenligning af energiforbrug og emissioner i tilknytning til indvinding, forarbejdning og transport af råstoffer (og konkurrerende rest- og affaldsprodukter) under en række nærmere fastlagte empirisk funderede forudsætninger.

Afgrænsning af energiforbruget i de produktionsforløb, der skal undersøges, er det første trin i processen, idet energiforbrugets omfang og karakter bestemmer emissionsomfang og -mønstre.

Afgrænsningen af energiforbruget i de energiforløb, der ses på, gennemføres ud fra en energitjenestesynsvinkel.

En energitjeneste er en given materiel aktivitet og det dertil hørende energiforbrug med hovedvægten på energiforbruget.

Energitjenester er defineret efter fysiske kriterier f.eks. energiforbruget knyttet til opvarmning af en liter vand en grad, energiforbruget ved transport af en ton gods en kilometer, energiforbruget ved optagning og transport af en kubikmeter sand ti kilometer etc.

Energitjenester kan fremstilles på forskellige måder dvs. ved anvendelse af forskellige energiresourcer og forskellige energiteknologier.

Energiressourcerne omfatter alt, der kan konverteres til energi: olie, kul, gas, sol, vind, vand, affald etc., mens energiteknologien består af maskineri til konvertering af energiressourcer som ovne, fyr, turbiner, motorer og generatorer.

Principielt bør energiforbruget i tilknytning til en bestemt energitjeneste opgøres fra vugge til grav dvs. omfattende alle led fra udvinding over produktion, distribution og drift til og med endelig bortskaffelse af både energiressourcer, -teknologi og øvrigt materiel.

Dette lader sig imidlertid ikke med nogen præcision gennemføre i virkeligheden.

I praksis er det derfor nødvendigt at foretage en metodisk afgrænsning af de energiforløb, der knytter sig til fremstillingen af de energitjenester, der undersøges.

I dette projekt ses der på **direkte energivirkninger** af nærmere præciserede energitjenester vedr. indvinding, forarbejdning og transport af råstoffer i Danmark.

Dette betyder, at kun energiressourceforbruget ved de direkte aktiviteter knyttet til indvinding, forarbejdning og transport af råstoffer undersøges.

Dette indebærer, at der ses bort fra *indirekte energi (og emissions-)virkninger*, der indgår som nødvendige forudsætninger for de omhandlede energitjenester.

De indirekte virkninger består teoretisk set af summen af energiinputs, som de undersøgte energitjenester totalt set afstedkommer.

Disse energiinputs hidrører fra energiaktiviteter knyttet til den samlede tilvejebringelse af energiressourcer, energiteknologi og øvrigt materiel, som en energitjeneste udgøres af.

Det drejer sig om energiforbrug ved brydning af kul, udvinding af olie, udvinding af gas, transport af kul, olie, gas etc., energiforbrug ved opførelse af kraftværker og raffinaderier, produktion af motorer og generatorer etc. og energiforbrug ved fremstilling og transport af skibe, lastbiler, entreprenørmaskiner, transportbånd etc.

Hertil kommer endvidere energiforbrug nødvendiggjort af hver af de nævnte aktiviteter i form af underleverancer og underleverancer til underleverandører etc.etc.

Teoretisk opgøres de samlede indirekte virkninger af en bestemt energitjeneste ved en forfølgelse i det uendelige af den totale (aggregerede) energiefterspørgsel, energitjenesten skaber.

I hvert led kan energiforbrug opgøres og i den sidste ende summeres.

Det er indlysende, at en inddragelse af de indirekte virkninger ved opgørelse og sammenligning af energitjenester giver et mere pålideligt indtryk af omfang og karakter af både energiforbrug og emissioner end den direkte synsvinkel, hvor der kun ses på et enkelt led i efterspørgselskæden..

I virkeligheden lader tankegangen sig imidlertid som anført ikke uden videre gennemføre.

6. Nøgletal for energiforbrug og emissioner

I dette kapitel præsenteres forudsætninger og opgørelsesform for nøgletal for nedenstående energitjenester. Selve nøgletallene findes i bilag 1.

Alle nøgletal vedrører året 1995.

Nøgletallene udtrykker henholdsvis energiforbrug og emissioner i forhold til producerede og transporterede mængder i hvert tilfælde.

Landmaterialer

- Indvinding og forarbejdning,
- Transport.

Havmaterialer

Fyldsand til anlæg og kystfodring

- Indvinding af fyldsand,
- Sejlads havn/udlosningssted-indvindingssted,
- Oppumpning,
- Udlosning og øvrig sejlads¹⁹
- Transport af fyldsand.

¹⁹ I skemaerne samlet under betegnelsen "andet".

Materialer til industriel anvendelse

- Indvinding af materialer til industriel anvendelse,
 - Sejlads havn/udlosningssted-indvindingssted pr m³km og i alt,
 - Oppumpning,
 - Udlosning og øvrig sejlads
- Forarbejdning af materialer til industriel anvendelse,
- Transport af materialer til industriel anvendelse.

3. Granitskærver fra Norge og Sverige

- Brydning af skærver,
- Transport (omfattende lastning/losning) af skærver,
 - Transport fra brud til udskibningshavn,
 - Transport fra udskibningshavn til dansk havn,
 - Transport fra dansk havn til anvendelse i anlægssektoren,
 - Transport fra dansk havn til anvendelse i industrien.

4. Rest- og affaldsprodukter

Flyveaske

Slagge fra forbrændingsanlæg

- Oparbejdning,
- Transport.

Bygge- og anlægsaffald

- Oparbejdning,
- Transport.

For hver materialekategori er der udregnet både et nøgletal for hele energitjenesten og delnøgletal for de elementer, energitjenesten er sammensat af f.eks. er der for havmaterialer til anvendelse i industrien opstillet et samlet nøgletal, der omfatter indvinding, forarbejdning og transport pr m³ og delnøgletal for hvert af de tre led.

Nøgletallene er for energiforbrugets vedkommende udtrykt som energiforbrug pr produceret enhed (MJ/m³) og for emissionernes vedkommende i vægt pr enhed (gram emittent/m³).

Nøgletallene er gennemsnitlige og behæftet med betydelig usikkerhed primært knyttet til forudsætningerne for opgørelserne, og de tjener i overensstemmelse hermed som antydning af en størrelsesorden snarere end som præcise angivelser.

Spørgsmålet om substituerbarhed imellem de forskellige materialekategorier dvs. hvor og i hvilket omfang de forskellige materialer erstatter eller kan erstatte hinanden tages der ikke stilling til.

6.1 Energinøgletal

Opgørelser af energiforbrug i tilknytning til:

- indvinding og forarbejdning af landmaterialer,
- indvinding og forarbejdning af havmaterialer,
- brydning af granitskærver,
- oparbejdning af rest- og affaldsprodukter

er gennemført på baggrund af oplysninger indhentet igennem spørgeskemaer til virksomheder.

For energiforbrug i forbindelse med landmaterialer er oplysningerne afgivet i anonym form af DTI, mens øvrige energiforbrug er indhentet som en del af nærværende projekt.

Alle energiforbrug er opgjort i MJ/m³ i hver energitjeneste.

Energiforbrug i tilknytning til landtransport er beregnet i TEMA-modellen, der er en model for energiforbrug og emissioner ved transport, udarbejdet af COWIconsult for Trafikministeriet.

Energiforbrug for søtransport er opgjort på baggrund af typisk motorstørrelse, sejlhastighed og specifikt olieforbrug ved den angivne transportstørrelse.

De metodiske forudsætninger for opgørelse af energiforbrug til landtransport er beskrevet i ”TEMA- en model for transporters emissioner, Dokumentationsrapport, Trafikministeriet, 1996.” (kapitel 8), mens de vigtigste specifikke forudsætninger for opgørelserne fremgår under de enkelte afsnit for hver materialekategori.

6.1.1 Energi. Landmaterialer

Der er for landmaterialer opgjort 3 delnøgletal og 2 nøgletal.

De tre delnøgletal omfatter:

- Indvinding og forarbejdning,
- Transport til anvendelse i anlægssektoren,
- Transport til anvendelse i industrien,

mens de to nøgletal består af:

- Indvinding og forarbejdning og transport til anlægssektoren,
- Indvinding og forarbejdning og transport til industrien.

Nøgletal for landmaterialer er baseret på anonyme oplysninger fra DTI omfattende tyve virksomheder dækkende ca. 35% af den samlede landproduktion.

Materialet giver ikke grundlag for at adskille energiforbrug til henholdsvis indvinding og forarbejdning.

En opgørelse af energiforbrug pr m³ i følgende størrelsesgrupper:

- < 100.000 m³/år
- > 100.000 < 500.000 m³/år
- > 500.000 m³/år

viser ingen betydelig variation efter størrelse.

Gennemsnitlige transportafstande for levering til henholdsvis anlægsarbejde og industri er baseret på "Forbrugsundersøgelse for 1989", Nordjyllands amt, 1990, skøn på baggrund af betonindustriens geografiske fordeling i Danmark og sporadiske oplysninger fra sten- og grusindvindingsvirksomheder.

Nøgletallene afspejler ikke det energiforbrug, der medgår til afrømning af overjord og efterbehandling af grav.

Omfanget heraf varierer med gravestørrelse, -dybde og behandlingskrav; der foreligger imidlertid ikke data, der giver grundlag for opgørelse af omfanget pr m³.

Se nøgletallene i bilag 1.

6.1.2 Energi. Havmaterialer

Der er for havmaterialer i første omgang opgjort 5 delnøgletal og 2 nøgletal.

De fem delnøgletal omfatter:

- Indvinding af fyldsand,
- Landtransport af fyldsand²⁰,
- Indvinding af materialer til industrien:
- sejlads ud/hjem
- andet (oppumpning, udlosning, øvrig sejlads)
- Forarbejdning af materialer til industrien,
- Transport af industrimaterialer til anvendelse i industrien.

mens de to nøgletal består af:

- Indvinding og transport af fyldsand,
- Indvinding, forarbejdning og transport af materialer til industrien.

Nøgletal for havmaterialer er baseret på spørgeskemasvar mm fra virksomheder dækkende ca. 30% af flåden efter indvindingsomfang i 1995 (ca. 40% for ral og 20-25% for fyldsand.)

²⁰ Ikke alt fyldsand transporteres over land.

Svarmaterialet figurerer af hensyn til de omfattede virksomheder ikke i rapporten, men Skov- og Naturstyrelsen er bekendt med materialet og den måde, det er anvendt i dette projekt.

Transportafstande for fyldmaterialer er skønnet på baggrund af ”Råstofproduktion i Danmark, 1995”, Skov- og Naturstyrelsen, 1996 og spørgeskemasvar.

Transportafstande for industrimaterialer er opgjort på baggrund af ”Råstofproduktion i Danmark, 1995”, Skov- og Naturstyrelsen, 1996, betonindustriens geografiske fordeling i Danmark og spørgeskemasvar.

Sejlfstand opgjort på basis af spørgeskemasvar og Skov og Naturstyrelsens statistik.

Alle energiopgørelser er baseret på spørgeskemasvar. (se dog nedenstående om opsplittning af energiforløb.)

Ud over opgørelserne af ovenstående nøgle- og delnøgletal har Skov- og Naturstyrelsen ønsket gennemført en yderligere detaljering af energiforbrug og emissioners fordeling i tilknytning til *indvinding af fyldsand og indvinding af havmaterialer til industrien*.

De to forløb er på baggrund heraf dels splittet op i:

- sejlads imellem havn/udlosningssted og indvindingssted,
- oppumpning,
- andet (udlosning og øvrig sejlads),

dels opgjort efter skibsstørrelse (lasteevne) i to størrelsesgrupper i hvert forløb.

Den gennemførte opsplittning er baseret på følgende forudsætninger:

- der sejles fra havn til indvindingssted med tom last,
- der sejles hjem (= til udlosning) med fuld last (= 90% udnyttelse af maksimal lastekapacitet),
- der knytter sig jf. ovenstående et merforbrug af energi til *andet* (udlosning og øvrig sejlads) der er opgjort som forskellen imellem beregnede resultater for sejlads ud og hjem plus oppumpning på den ene side og energiforbrug angivet i spørgeskemasvar på den andenside.

De specifikke forudsætninger for opgørelserne vedr. lastekapaciteter, motorstørrelser, brændstofforbrug mm er baseret på angivelser i Dansk Illustreret Skibsliste, skibsoversigt fra Skov- og Naturstyrelsen og oplysninger fra danske skibsmotorfabrikker.

Opgørelserne er gennemsnitlige og vil i praksis variere fra skib til skib.

Særligt omfanget af *andet*, der primært afhænger af det enkelte skibs sejlmonster over et år, varierer betydeligt.

Se nøgletallene i bilag 1.

6.1.3 Energi. Granitskærver

Der er for granitskærver opgjort 5 delnøgletal og 2 nøgletal.

De fem delnøgletal omfatter:

- Brydning af skærver,
- Landtransport imellem brud og udskibningshavn,
- Søtransport imellem udskibningshavn og dansk havn,
- Transport af skærver til anvendelse i anlægssektoren,
- Transport af skærver til industrien,

mens de to nøgletal består af:

- Brydning og transport af skærver til anv. i anlægssektoren,
- Brydning og transport af skærver til anv. i industrien.

Energiforbrug ved brydning er baseret på spørgeskemasvar.

Transportafstand imellem brud og udskibningshavn er fastlagt på baggrund af brudlokaliseringsmønstre i Gøteborgområdet.

Transportafstand imellem udskibningshavn og dansk havn er opgjort som gennemsnit af afstandene vægtet efter udenrigshandelsvolumen for skærver i 1995:

- Gøteborg-København (230),
 - Gøteborg-Århus (210),
 - Gøteborg-Ålborg (150),
 - Larvik-Ålborg (350),
 - Årdal-København (700),
 - Halmstad-København (110),
 - Karlshamn-København (250)
 - Skotland/Irland-Danmark (900)
- Vægtet gennemsnit: 260 km

Der er regnet med tom transport tilbage og opgørelserne omfatter følgelig energiforbrug og emissioner i tilknytning hertil.

Transportafstand imellem dansk udlosningshavn og anvendelse i anlægssektoren er skønnet.

Transportafstand imellem dansk udlosningshavn og industrivirksomhed = samme som for havmaterialer.

Transportstørrelse over hav baseret på oplysninger fra granitbrud.

Se nøgletallene i bilag 1.

6.1.4 Energi. Rest- og affaldsprodukter.

(Flyveaske fra kulfyrede kraftværker, slagge fra affaldsforbrændingsanlæg og (visse typer af) bygge- og anlægsaffald.)

For de tre materialekategorier gælder det, at alternativet til genanvendelse i anlægssektoren eller industrien i alle tilfælde er deponering på kontrolleret losseplads eller fyldplads.

Dette betyder, at energiforbruget i tilknytning til transport af rest- og affaldsprodukterne skal modregnes det alternative energiforbrug til transport til deponering.

I alle tre tilfælde er transportafstanden imellem frembringelsessted (kraftværk, forbrændingsanlæg og nedrivning/opbrydning) og deponeringssted sat lig med transportafstanden imellem frembringelsessted og oparbejdningsanlæg eller anvendelse direkte uden oparbejdning (flyveaske).²¹

Det nedenfor opgjorte energiforbrug omfatter således:

- energiforbrug ved oparbejdning (knusning, sortering, intern transport mm) og
- energiforbrug til transport fra oparbejdningsanlæg til anvendelse i anlægssektoren eller industrien.

Alle energiforbrug og transportafstande er baseret på spørgeskemasvar og oplysninger fra anlæg/værker.

Der er for systematikens skyld opgjort både delnøgletal og nøgletal for flyveaske, skønt alle, som det fremgår, er nul.

For forbrændingsslagge er der opgjort 2 delnøgletal og et nøgletal.

De to delnøgletal omfatter:

- Oparbejdning af forbrændingsslagge,
- Transport af forbrændingsslagge til anvendelse i anlægssektoren,

mens nøgletallet består af:

- Oparbejdning og transport af slagge til anv. i anlægssektoren,

For bygge- og anlægsaffald er der ligeledes opgjort 2 delnøgletal og et nøgletal.

De to delnøgletal omfatter:

- Oparbejdning af bygge- og anlægsaffald,
- Transport af bygge- og anlægsaffald til anvendelse i anlægssektoren,

²¹ Denne forudsætning kan diskuteres.

mens nøgletallet består af:

- Oparbejdning og transport af bygge- og anlægsaffald til anv. i anlægssektoren.

Se nøgletallene i bilag 1.

6.2 Emissionsnøgletal

Der er opgjort emissioner for stofferne:

- CO₂,
- NO_x,
- SO₂,
- VOC,
- CO,
- partikler.

Emissionsopgørelserne knytter sig til nøgletallene for energiforbrug, som de fremgår af bilag 2.

Alle emissionsopgørelser er udtrykt i gram af hver emissionstype pr m³.

Emissioner ved:

- indvinding og forarbejdning af landmaterialer,
- forarbejdning af havmaterialer,
- brydning af skærver,
- oparbejdning af rest- og affaldsprodukter

i tilknytning til brug af diesellole er opgjort på baggrund af emissionsfaktorer udregnet af Risø. (kategori: *diesel oil (off road)* for 1995.

Dog er *partikelemissioner* i ovenstående dieselenegiforløb opgjort på basis af dels *Exhaust Emission Factors for Nonroad Engine Modelling- Compression-Ignition*, Report No. NR-009A, US EPA Office of Mobile Sources, 1998 (ikke-intern transportrelaterede partikelemissioner) dels TEMA-modellen (intern transport-relaterede partikelemissioner).

Dieselenegiforbruget ved opgørelse af partikelemissioner i ovennævnte processer er over en bank forudsat:

- intern transport: 80%
- andet: 20%.

Partikelemissioner vedr. indvinding og sejlads af havmaterialer er baseret på emissionsfaktorer fra *Marine Exhaust Emissions Research Programme*, Lloyd's Register, 1995.

Partikelemissioner ved transport er opgjort ved hjælp af TEMA-modellen.

Emissioner, der ikke er partikelemissioner, i tilknytning til indvinding af havmaterialer er opgjort på basis af Risø, Emissionsfaktorer (kategori *diesel oil (sea)* og *residual oil (sea)* for 1995.

Emissioner ved transport er med undtagelse af partikelemissioner opgjort på basis af Risø (kategori: *diesel (heavy duty vehicle)* og *diesel oil (sea)* for 1995.

Alle emissionsopgørelser i tilknytning til anvendelse af elektricitet er opgjort med de i bilag 5 angivne emissionsfaktorer.

Disse udtrykker emissioner pr forbrugt kWh.

Specifikke forudsætninger fremgår i alle tilfælde af teksten til hvert enkelt nøgletal.

Se nøgletallene i bilag 2.

7. Ni scenarier

I dette kapitel gennemgås en række scenarier, der alle har det til fælles, at de sammenholder energiforbrug og luftemissioner ved indvinding af materialer fra havbunden med energiforbrug og luftemissioner ved andre former for tilvejebringelse af materialer (landmaterialer, skærver og restprodukter).

Scenarierne er opstillet efter samme princip som nøgletallene i det foregående kapitel, men er baseret på mere specifikke forudsætninger.

Dette betyder, at opgørelserne af energiforbrug og emissioner i dette kapitel er og vil være forskellige fra de gennemsnitlige nøgletal.

De i scenarierne indgående alternativer er søgt tilrettelagt som realistiske forløb²², uden at det hævdes at ethvert af de skitserede forløb i enhver henseende er praktiske alternativer - andre faktorer end energiforbrug og luftemissioner spiller en rolle i industriens og anlægssektorens valg af produkter.

Forudsætninger vedr. mængder, transportafstande og transportstørrelser fremgår i hvert enkelt tilfælde.

Generelle forudsætninger vedr. transport er:

Havindvinding.

- sejlads ud med tom last, hjem med 90% af maksimal lasteevne,
- landtransport af havmaterialer: fuld last fra havn til anvendelse, tilbage med tom last,
- svovlindhold i olie 0,2%,
- forarbejdning af havmaterialer indgår ikke

Landindvinding.

- søtransport af landmaterialer (indgår kun i scenarie 1) fra grusgrav til anvendelse med fuld last, hjem med tom last,
- landtransport af landmaterialer: fuld last fra grusgrav til anvendelse, tilbage med tom last,

Skærver.

- transport brud-havn: fuld last, havn brud: tom last,
- søtransport af skærver: fuld last ud, tom last hjem,
- landtransport af skærver i Danmark: fuld last fra havn til anvendelse, tilbage med tom last,

²² Det niende scenarie er dog rent teoretisk.

Restprodukter.

- søtransport af restprodukter: fuld last ud, anden last hjem eller videre,
- landtransport af restprodukter: fuld last ud, tom last tilbage,
- fratrukket alternativt energiforbrug til deponering.

Motorydelse, specifikt brændselsforbrug, sejlhastigheder, svovlindhold i olie mm i de marine alternativer i hvert scenarie er baseret på typiske niveauer i forhold til de angivne lastekapaciteter; disse fremgår af hensyn til læseværdigheden ikke i teksten.

I alternativer, der indebærer landtransport er der regnet med størst mulige last: 34 tons.

Hvor andet ikke fremgår er energiforbrug og emissioner baseret på opgørelserne i nøgletalskapitlet.

Alle opgørelser er på trods af bestræbelsen på at gøre scenarierne så realistiske som muligt i runde mål, og alle resultater er yderst følsomme for ændringer i de indgående beregningsparametre – især transportafstand og lastestørrelse.

Der er ikke gennemført følsomhedsberegninger i noget tilfælde.

7.1 Scenarie 1. Materialer til udvidelse af større havn i Jylland.

Scenariet beskriver energiforbrug og emissioner i forbindelse med tilvejebringelse af 5 mio. m³ fyldmaterialer til udvidelse af en større havn i Jylland.

Som mulige alternativer er valgt:

Alternativ 1	Alternativ 2
5 mio. m ³ sandfyld fra Kattegat	2 mio. m ³ landmaterialer fra grusgrav ved kyst
	1 mio. m ³ skærver fra Norge og Sverige
	0,5 mio. m ³ flyveaske fra kraftværk på Sjælland
	0,5 mio. m ³ flyveaske fra kraftværk i Jylland
	1 mio. m ³ fyldjord fra lokalitet i Jylland

Alternativ 1: Indvinding og transport af sandfyld fra Kattegat.

Forudsætninger:

Sejlafstand: 22 km²³,

Transportstørrelse (90% af max. lasteevne) i gennemsnit: 900 m³,

Landtransportafstand: 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug pr m³: 36,15 MJ

Energiforbrug i alt: 180.750 GJ

Emissioner

Aktivitet	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/transport af sandfyld	g/m ³	2.675	48,3	3,4	2,0	6,3	0,8
	tons i alt	13.500	240	17	10	31	4

Alternativ 2: Landmaterialer, restprodukter og skærver.

2.1 Indvinding og transport af 2 mill. m³ landmaterialer (grusgrav ved kyst).

Forudsætninger:

Søtransportafstand: 50 km,

Søtransportstørrelse: 1.000 m³,

Landtransportafstand: 0 km.

²³ Gennemsnitlig afstand imellem indvinding og havn.

Energiforbrug

Energiforbrug indvinding²⁴ af landmaterialer pr m³: 47,9 MJ

Energiforbrug transport af landmaterialer pr m³: 26,4 MJ

Energiforbrug indv./trans af landmaterialer pr m³: 74,3 Mj

Energiforbrug indv./trans af landmaterialer i alt: 148.600 GJ

Emissioner

Aktivitet	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding af landmat.	g/m ³	3.100	48,7	5,4	6,8	22,1	2,3
Transport af landmat.	g/m ³	1.954	35,2	2,5	1,5	4,6	0,6
Indv./trans. af landmat. ialt	g/m ³	5.054	83,9	7,9	8,3	26,7	2,9
Indv./trans. af landmat.	tons i alt	10.100	168	16	17	53	6

2.2 Brydning og transport af 1 mill. m³ skærver fra Norge og Sverige.

Forudsætninger

Landtransportafstand brud-havn: 12,5 km,

Landtransportstørrelse: 24,3 m³ (34 tons),

Søtransportafstand: 300 km,

Søtransportstørrelse: 3.150 m³,

Landtransport (Danmark): 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug brydning af skærver pr m³: 99,6 MJ

Energiforbrug transport²⁵ af skærver pr m³: 150 MJ

Energiforbrug indv./trans af skærver pr m³: 250 MJ

Energiforbrug indv./trans af skærver i alt: 250.000 GJ

Emissioner

Aktivitet	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Brydning af skærver	g/m ³	5.589	62	13	7,9	25,8	2,7
Transport af skærver	g/m ³	11.076	193	63	10,8	39,4	3,3
Indv./trans. af skærver	g/m ³	16.665	25	76	18,7	65,2	6,0
Indv./trans. af skærver i alt	tons i alt	16.665	25	76	18,7	65,2	6,0

²⁴ Incl. lastning og losning.

²⁵ Incl. lastning og losning.

Søtransport af 0,5 mill. m³ flyveaske fra kraftværk på Sjælland og landtransport af 0,5 mill. m³ flyveaske fra kraftværk i Jylland.

Forudsætninger

Søtransportafstand: 80 km,
 Søtransportstørrelse: 2.000 m³ (ca.3.000 tons),
 Landtransportafstand: 80 km,
 Landtransportstørrelse: 23,45 m³ (34 tons).

Energiforbrug

Energiforbrug søtransport af flyveaske pr m³: 22,1 MJ
 Energiforbrug landtransport af flyveaske pr m³: 97,3 MJ
 Energiforbrug transport af flyveaske pr m³: 119,4 MJ
 Energiforbrug transport af flyveaske i alt: 119.400 GJ

Emissioner.

Aktivitet	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Søtransport af flyveaske	g/m ³	1.635	29,5	2,1	1,2	3,8	0,5
Landtransport af flyveaske	g/m ³	7.200	93,5	2,2	19,9	97,9	1,2
Transport af flyveaske	g/m ³	8.835	123	4,3	21,1	101,7	1,7
Transport af flyveaske i alt	tons i alt	8.850	123	4	21	102	2

Energiforbrug ved alternativ landdeponering.

Forudsætninger

Landtransportafstand: 20 km,
 Landtransportstørrelse: 23,45 m³ (34 tons).

Energiforbrug

Alternativt energiforbrug transport af flyveaske pr m³: 25 MJ
 Alternativt energiforbrug transport af flyveaske i alt: 25.000 GJ

Emissioner

Aktivitet	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Transport af flyveaske	g/m ³	1.850	24	0,6	5,1	25,1	0,3
Transport af flyveaske i alt	tons i alt	1.850	24	0,6	5	25	0,3

Nettoenergiforbrug

Nettoenergiforbrug transport af flyveaske pr m³: 94,4 MJ
 Nettoenergiforbrug transport af flyveaske i alt: 94.400 GJ

Nettoemissioner

Aktivitet	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Transport af flyveaske	g/m ³	6.985	99	3,7	16	77	1,4
Transport af flyveaske i alt	tons i alt	7.000	99	4	16	77	1,4

2.4 Transport af 1 mill. m³ anlægsaffald fra lokalitet i Jylland.Forudsætninger

Landtransportafstand: 80 km,

Landtransportstørrelse: 24,3 m³ (34 tons).

Energiforbrug

Energiforbrug optagning af anlægsaffald pr m³: 32,5 MJ

Energiforbrug transport af anlægsaffald pr m³: 93,1 MJ

Energiforbrug optagning og transport pr m³: 125,6 MJ

Energiforbrug optagning og transport af anlægsaffald i alt: 125.600 GJ

Emissioner

Aktivitet	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Optagning af anlægsaff.	g/m ³	2.408	46,8	3,1	6,8	22,1	2,3
Transport af anlægsaff.	g/m ³	6.889	89,5	2,1	19	93,7	1,1
Opt/trans af anlægsaff	g/m ³	9.297	136,6	5,2	25,8	115,8	3,4
Opt/trans af anlægsaff, i alt	tons i alt	9.300	137	5	26	116	3,4

Energiforbrug alt.2 i alt:

Energiforbrug alt. 2.1 i alt	148.600 GJ
Energiforbrug alt. 2.2 i alt	179.000 GJ
Energiforbrug alt. 2.3 i alt	94.400 GJ
Energiforbrug alt. 2.4 i alt	125.600 GJ
Energiforbrug alt. 2 i alt	550.000 GJ

Samlede emissioner alt.2:

Aktivitet	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Totalemissioner alt. 2.1	tons	10.100	168	16	17	53	6
Totalemissioner alt. 2.2	tons	16.665	255	76	18,7	65,2	6
Totalemissioner alt. 2.3	tons	7.000	99	4	16	77	1,4
Totalemissioner alt. 2.4	tons	9.300	137	5	26	116	3,4
Totalemissioner alt. 2	tons i alt	43.065	659	101	78	311	17

SAMLEDE EMISSIONER VED DE TO ALTERNATIVER

Alternativer	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
1. Indvinding/transport af sandfyld	tons i alt	13.500	240	17	10	31	4
2. Indvinding/transport af alternative materialer	tons i alt	43.065	659	101	78	311	17

7.2 Scenarie 2. Materialer til fremstilling af beton i København.

Scenariet beskriver energiforbrug og emissioner i forbindelse med levering af 700.000 m³ tilslagsmaterialer til betonfremstilling på en havneplads i Københavnsområdet.

Som mulige alternativer er valgt:

Alternativ 1	Alternativ 2
700.000 m ³ sømaterialer fra Fakse Bugt	250.000 m ³ knust materiale (grus) fra Norge og Sverige.
	450.000 m ³ skærver fra Norge og Sverige

Alternativ 1: Sømaterialer fra Fakse Bugt

Indvinding af 700.000 m³ ral/sand fra havbunden.

Forudsætninger

Sejlafstand: 70 km,

Transportstørrelse (90% af max. lasteevne) i gennemsnit: 420 m³,

Landtransportafstand: 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug pr m³: 120 MJ

Energiforbrug i alt: 84.000 GJ

Emissioner

Alternativ 1	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
1. Indvinding/transport af ral/sand	g/m ³	8.900	160	11,2	6,7	20,7	2,8
	tons i alt	6.230	112	7,9	4,7	14,5	2,0

Alternativ 2: Knust materiale fra Norge og Sverige.

Indvinding, forarbejdning og transport af 250.000 m³ knust materiale (grus) fra Norge og Sverige.

Landtransportafstand i Norge/Sverige: 5 km

Landtransportstørrelse: 22,7 m³ (34 tons)

Søtransportafstand (gnst): 450 km,

Søtransportstørrelse: 1.350 m³ (ca. 2.000 tons),

Landtransportafstand: 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug indvinding og transport af landmaterialer pr m³: 193 MJ

Energiforbrug indvinding og transport af landmaterialer i alt: 48.000 GJ

Emissioner

Alternativ 2.1	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/for/transport af knust grus	g/m ³	13.800	240	70	16	52	2,8
	tons i alt	3.500	60	18	4	13	2,0

Brydning og transport af 450.000 m³ skærver fra Norge og Sverige.

Landtransportafstand brud-havn (gnst): 5 km,

Landtransportstørrelse: 24,3 m³ (34 tons),

Søtransportafstand (gnst): 500 km,

Søtransportstørrelse: 1.400 m³,

Landtransport (Danmark): 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug indvinding og transport af skærver pr m³: 350 MJ

Energiforbrug indvinding og transport af skærver i alt: 157.000 GJ

Emissioner

Alternativ 2.2	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/transport af skærver	g/m ³	24.121	393	127	23	75	8,3
	tons i alt	10.854	177	57	10	34	3,7

Samlet energiforbrug alternativ 2: 205.000 GJ

Samlede emissioner alternativ 2

Alternativ 2	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Knust materiale fra Norge/Sverige	tons i alt	14.300	235	75	14	47	5,1

SAMLEDE EMISSIONER VED DE TO ALTERNATIVER

Alternativer	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/transport af sømat. fra Fakse Bugt	tons i alt	6.230	112	7,9	4,7	14,5	2,0
2. Indvinding/transport af knust materiale fra N/S	tons i alt	14.300	235	75	14	47	5,1

7.3 Scenarie 3. Materialer til fremstilling af beton i Københavnsområdet.

Scenariet beskriver energiforbrug og emissioner i forbindelse med levering af 360.000 m³ tilslagsmaterialer til betonfremstilling i Københavnsområdet.

Alternativ 1	Alternativ 2
360.000 m ³ ral fra 3 indvindingsområder i danske farvande	180.000 m ³ landmaterialer fra Danmark 180.000 m ³ skærver fra Sverige

Alternativ 1: Sømaterialeer.

1. Indvinding af 360.000 m³ ral fra havbunden.

Forudsætninger

Sejlafstand: 125 km²⁶,

Transportstørrelse (90% af max. lasteevne) i gennemsnit: 420 m³,

Landtransportafstand: 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug pr m³: 188 MJ

Energiforbrug i alt: 68.000 GJ

Emissioner

Alternativ 1	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/transport af ral	g/m ³	13.900	250	17,6	10,5	32,5	4,3
	tons i alt	5.000	90	6,3	3,8	11,7	1,6

Alternativ 2: Landmaterialer fra Danmark og skærver fra Sverige.

Indvinding, forarbejdning og transport af 180.000 m³ landmaterialer fra Danmark.

Forudsætninger

Landtransportafstand: 95 km,

Landtransportstørrelse: 22,7 m³ (34 tons)

Energiforbrug

Energiforbrug indvinding og transport af landmaterialer pr m³: 160 MJ

Energiforbrug indvinding og transport af landmaterialer i alt: 29.000 GJ

²⁶ Gennemsnitlig afstand Kbh.-Lysegrund, Fakse bugt og Adler grund.

Emissioner

Alternativ 2.1	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
1. Indvinding/for/transport af landmaterialer	g/m ³	11.400	156	8	30	135	3,6
	tons i alt	2.050	28	1,5	5,3	24	0,7

Brydning og transport af 180.000 m³ skærver fra Sverige.

Forudsætninger

Landtransportafstand brud-havn: 5 km,
 Landtransportstørrelse: 24,3 m³ (34 tons),
 Søtransportafstand: 110 km,
 Søtransportstørrelse: 1.400 m³,
 Landtransport (Danmark): 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug indv./trans af skærver pr m³: 178 MJ
 Energiforbrug indv./trans af skærver i alt: 32.000 GJ

Emissioner

Alternativ 2.2	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
1. Indvinding/for/transport af skærver	g/m ³	11.386	164	46	13	45	4,4
	tons i alt	2.000	29	8	2,3	8	0,8

Samlet energiforbrug alternativ 2: 61.000 GJ

Samlede emissioner alternativ 2:

Alternativ 2	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Landmaterialer fra Danmark og skærver fra Sverige	tons i alt	4.000	57	9,5	7,6	32	1,5

SAMLEDE EMISSIONER VED DE TO ALTERNATIVER

Alternativer	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Ral fra 3 indvindingsområder i danske farvande	tons i alt	5.000	90	6,3	3,8	11,7	1,6
Landmaterialer fra Danmark og skærver fra Sverige	tons i alt	4.000	57	9,5	7,6	32	1,5

7.4 Scenarie 4. Tilslagsmaterialer til fremstilling af beton i København.

Scenariet beskriver energiforbrug og emissioner i forbindelse med levering af 700.000 m³ tilslagsmaterialer til betonfremstilling på en havneplads i Københavnsområdet.

Som mulige alternativer er valgt:

Alternativ 1	Alternativ 2
700.000 m ³ sømaterialer fra Fakse Bugt	700.000m ³ skærver fra Sverige

Alternativ 1: Indvinding og transport af sømaterialer fra Fakse Bugt.

Indvinding af 700.000 m³ ral/sand fra havbunden.

Forudsætninger:

Sejlafstand: 70 km,

Transportstørrelse (90% af max. lasteevne) i gennemsnit: 420 m³,

Landtransportafstand: 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug pr m³: 120 MJ

Energiforbrug i alt: 84.000 GJ

Alternativ 2: Brydning og transport af 700.000 m³ skærver fra Sverige.

Forudsætninger

Landtransportafstand brud-havn: 5 km,

Landtransportstørrelse: 24,3 m³ (34 tons),

Søtransportafstand: 110 km,

Søtransportstørrelse: 1.400 m³,

Landtransport (Danmark): 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug indv./trans af skærver pr m³: 178 MJ

Energiforbrug indv./trans af skærver i alt: 124.600 GJ

SAMLEDE EMISSIONER VED DE TO ALTERNATIVER

Alternativer	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
1. Indvinding/transport af ral/sand	g/m ³	8.900	160	11,2	6,7	20,7	2,8
	tons i alt	6.230	112	7,9	4,7	14,5	2,0
2. Indvinding/transport af skærver	g/m ³	11.386	164	46	13	45	4,4
	tons i alt	7.970	114	32	9,1	32	3,1

7.5 Scenarie 5. Materialer til betonfremstilling mm i Københavnsområdet.

Scenariet beskriver energiforbrug og emissioner i forbindelse med levering af 100.000 m³ tilslagsmaterialer til betonfremstilling i Københavnsområdet fra henholdsvis tætliggende og fjerntliggende indvindingslokaliteter.

Som mulige alternativer er valgt:

Alternativ 1	Alternativ 2
100.000 m ³ ral fra Fakse Bugt 100.000 m ³ ral fra Køge Bugt 100.000 m ³ ral fra Bjelkes Flak	300.000 m ³ ral fra Adler Grund.

Alternativ 1: Havmaterialer fra Fakse Bugt, Køge Bugt og Bjelkes Flak.

1. Indvinding af 300.000 m³ ral fra Fakse Bugt, Køge Bugt og Bjelkes Flak.

Forudsætninger

Gennemsnitlig sejlfafstand: 65 km,
Transportstørrelse (90% af max. lasteevne) i gennemsnit: 1.080 m³,
Landtransportafstand: 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug pr m³: 70 MJ
Energiforbrug i alt: 21.000 GJ

Emissioner

Alternativ 1	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/transport af ral	g/m ³	5.200	93	6,6	3,9	12,1	1,6
	tons i alt	3.000	54	3,8	2,3	7	0,95

Alternativ 2: Havmaterialer fra Adler Grund.

2.1 Indvinding af 300.000 m³ ral fra Adler Grund.

Forudsætninger

Sejlfafstand: 170 km,
Transportstørrelse (90% af max. lasteevne) i gennemsnit: 1.080 m³,
Landtransportafstand: 0 km.

EnergiforbrugEnergiforbrug pr m³: 135 MJ**Energiforbrug i alt: 40.500 GJ**Emissioner

Alternativ 2	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/transport af ral	g/m ³	10.000	180	12,6	7,6	23,4	3,1
	tons i alt	3.000	54	3,8	2,3	7	0,95

SAMLEDE EMISSIONER VED DE TO ALTERNATIVER

Alternativer	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Ral fra Fakse Bugt, Køge Bugt og Bjelkes Flak	tons i alt	1.560	28	2	1,2	3,6	0,5
Ral fra Adler Grund	tons i alt	3.000	54	3,8	2,3	7	0,95

7.6 Scenarie 6. Materialer til fremstilling af beton mm i Jylland.

Scenariet beskriver energiforbrug og emissioner i forbindelse med levering af 100.000 m³ tilslagsmaterialer til betonfremstilling m.m. i Jylland

Som mulige alternativer er valgt:

Alternativ 1	Alternativ 2
100.000 m ³ ral fra indvindingsområder på havet	50.000 m ³ landmaterialer fra Danmark
	50.000 m ³ skærver fra Norge

Alternativ 1: Havmaterialer.

1. Indvinding af 100.000 m³ ral fra havbunden.

Forudsætninger

Sejlafstand: 40 km,
Transportstørrelse (90% af max. lasteevne) i gennemsnit: 765 m³,
Landtransportafstand: 50 km.

Energiforbrug

Energiforbrug pr m³: 145 MJ
Energiforbrug i alt: 14.500 GJ

Emissioner

Alternativ 1	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/transport af ral	g/m ³	12.000	210	14	11,8	43,2	3,5
	tons i alt	1.200	21	1,4	1,2	4,3	0,35

Alternativ 2: Landmaterialer fra Jylland og skærver fra Norge.

2.1 Indvinding, forarbejdning og transport af 50.000 m³ landmaterialer.

Forudsætninger

Landtransportafstand: 50 km,
Landtransportstørrelse: 22,7 m³ (34 tons)

Energiforbrug

Energiforbrug indv./trans af landmaterialer pr m³: 107 MJ
Energiforbrug indv./trans af landmaterialer i alt: 5.400 GJ

Emissioner.

Alternativ 2.1	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
1. Indvinding/for/transport af landmaterialer	g/m ³	7.500	105	7	19	81	3
	tons i alt	375	5	0,5	1	4	0,15

2.2 Brydning og transport af 50.000 m³ skærver fra Norge.

Forudsætninger

Landtransportafstand brud-havn: 12,5 km,

Landtransportstørrelse: 24,3 m³ (34 tons),

Søtransportafstand: 300 km,

Søtransportstørrelse: 1.400 m³,

Landtransport (Danmark): 50 km.

Energiforbrug

Energiforbrug indv./trans af skærver pr m³: 289 MJ

Energiforbrug indv./trans af skærver i alt: 14.450 GJ

Emissioner

Alternativ 2.2	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Brydning og transport af 50.000 m ³ skærver fra Norge.	g/m ³	19.676	294	77	27	106	6,4
	tons i alt	980	14,7	3,8	1,3	5,3	0,32

Energiforbrug alternativ 2:

Samlede emissioner alternativ 2:

Alternativ 2	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Landmaterialer fra Danmark og skærver fra Norge	tons i alt	1.355	19,7	4,3	2,3	9,3	0,5

SAMLEDE EMISSIONER VED DE TO ALTERNATIVER

Alternativer	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
100.000 m ³ ral fra indvindingsområder på havet	tons i alt	1.200	21	1,4	1,2	4,3	0,35
Landmaterialer fra Danmark og skærver fra Norge	tons i alt	1.355	19,7	4,3	2,3	9,3	0,5

7.7 Scenarie 7. Materialer til fremstilling af beton mm i Jylland.

Scenariet beskriver energiforbrug og emissioner i forbindelse med levering af 100.000 m³ tilslagsmaterialer til betonfremstilling m.m. i Jylland

Som mulige alternativer er valgt:

Alternativ 1	Alternativ 2
100.000 m ³ ral fra indvindingsområder på havet	100.000 m ³ landmaterialer

Alternativ 1: Havmaterialer.

1. Indvinding af 100.000 m³ ral fra havbunden.

Forudsætninger

Sejlfafstand: 40 km,

Transportstørrelse (90% af max. lasteevne) i gennemsnit: 765 m³,

Landtransportafstand: 50 km.

Energiforbrug

Energiforbrug pr m³: 145 MJ

Energiforbrug i alt: 14.500 GJ

Emissioner

Alternativ 1	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/transport af ral	g/m ³	12.000	210	14	11,8	43,2	3,5
	tons i alt	1.200	21	1,4	1,2	4,3	0,35

Alternativ 2: Landmaterialer fra Jylland.

2.1 Indvinding, forarbejdning og transport af 100.000 m³ landmaterialer.

Forudsætninger

Landtransportafstand: 50 km,

Landtransportstørrelse: 22,7 m³ (34 tons)

Energiforbrug

Energiforbrug indv./trans af landmaterialer pr m³: 107 MJ

Energiforbrug indv./trans af landmaterialer i alt: 10.700 GJ

Emissioner.

Alternativ 2	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
1. Indvinding/for/transport af landmaterialer	g/m ³	7.500	105	7	19	81	3
	tons i alt	750	10	1	2	8	0,3

SAMLEDE EMISSIONER VED DE TO ALTERNATIVER

Alternativer	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
100.000 m ³ ral fra indvindingsområder på havet	tons i alt	1.200	21	1,4	1,2	4,3	0,35
Landmaterialer	tons i alt	750	10	1	2	8	0,3

7.8 Scenarie 8. Materialer til cementfremstilling i Jylland.

Scenariet beskriver energiforbrug og emissioner i forbindelse med levering af 100.000 m³ sandmaterialer til cementfremstilling i Jylland.

Som mulige alternativer er valgt:

Alternativ 1	Alternativ 2
100.000 m ³ sand fra Kattegat	100.000 m ³ landmaterialer fra lokalitet i Jylland.

Alternativ 1: Havmaterialer.

Indvinding af 100.000 m³ sand fra havbunden.

Forudsætninger

Sejlfafstand: 40 km,

Transportstørrelse (90% af max. lasteevne) i gennemsnit: 350 m³,

Landtransportafstand: 0 km.

Energiforbrug

Energiforbrug pr m³: 75 MJ

Energiforbrug i alt: 7.500 GJ

Emissioner

Alternativ 1	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/transport af sand	g/m ³	5.550	100	7	4,2	13	1,7
	tons i alt	555	10	0,7	0,4	1,3	0,2

Alternativ 2: Landmaterialer.

Indvinding, forarbejdning og transport af 100.000 m³ landmaterialer.

Forudsætninger

Landtransportafstand: 25 km,

Landtransportstørrelse: 22,7 m³ (34 tons)

Energiforbrug

Energiforbrug indvinding og transport af landmaterialer pr m³: 86 MJ

Energiforbrug indvinding og transport af landmaterialer i alt: 8.600 GJ

Emissioner

Alternativ 2	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/forarb./transp. af sand	g/m ³	6.000	85	6	15	60	2,8
	tons i alt	600	8,5	0,6	1,5	6	0,3

SAMLEDE EMISSIONER VED DE TO ALTERNATIVER

Alternativer	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Sømaterialer fra Kattegat	tons i alt	555	10	0,7	0,4	1,3	0,2
Landmaterialer fra Jylland	tons i alt	600	8,5	0,6	1,5	6	0,3

7.9 Scenarie 9. Erstatning af danske havmaterialer til industrien med importerede skærver.

Scenariet beskriver energiforbrug og emissioner hvis alle grove tilslagsmaterialer, eksempelvis 2,5 mio m³, der i dag leveres fra havområdet erstattes af importerede materialer fra Sverige, Norge og Skotland.

Alternativ 1	Alternativ 2
2,5 mio. m ³ ral fra indvindingsområder i danske farvande	2,5 mio. m ³ skærver fra Sverige, Norge og Skotland

Alternativ 1: Havmaterialer.

Indvinding af 2.5 mio. m³ ral fra danske havindvindingslokaliteter.

Forudsætninger

Sejlfafstand (gnst): 60 km,
 Transportstørrelse (90% af max. lasteevne) i gennemsnit: 450 m³,
 Landtransportafstand (gnst): 50 km.

Energiforbrug

Energiforbrug pr m³: 225 MJ²⁷
 Energiforbrug i alt: 565.000 GJ

Emissioner

Alternativ 1	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/transport af ral	g/m ³	15.800	277	18,7	14,7	51,8	4,7
	tons i alt	39.500	695	47	37	130	12

Alternativ 2: Importerede skærver fra Norge, Sverige og Skotland.

Brydning og transport af 2,5 mio. m³ skærver fra Norge, Sverige og Skotland.

Landtransportafstand brud-havn: 12,5 km,
 Landtransportstørrelse: 24,3 m³ (34 tons),
 Søtransportafstand: 260 km²⁸,
 Søtransportstørrelse: 3.150 m³,
 Landtransport (Danmark): 50 km.

²⁷ Korrigeret for omfang af forarbejdning.

²⁸ Afstanden er vægtet på baggrund af importen af skærver i 1995 (Sverige: 60%, Norge: 33% og Skotland/Irland: 7%).

Energiforbrug

Energiforbrug indvinding og transport af skærver pr m³: 275 MJ

Energiforbrug indvinding og transport af skærver i alt: 685.000 GJ

Emissioner

Alternativ 2	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/for/transport af skærver	g/m ³	18.700	277	70	26	104	6
	tons i alt	46.750	692	175	65	260	15

SAMLEDE EMISSIONER VED DE TO ALTERNATIVER

Alternativer	Emission	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Ral fra indvindingsområder i danske farvande	tons i alt	39.500	695	47	37	130	12
Skærver fra Sverige, Norge og Skotland	tons i alt	46.750	692	175	65	260	15

Litteraturliste

- Anvendelse af nedknust beton i ny beton, Miljøprojekt nr. 157; Axel Nielsen A/S.
- Brancheanalyse beton - renere teknologi ved betonfremstilling, Arbejdsrapport nr. 40, 41, 42 og 43 fra Miljøstyrelsen; DTI Byggeri og Carl Bro Byg.
- Brancheanalyse beton - renere teknologi ved betonfremstilling, Miljøprojekt nr. 304; DTI Byggeri og Carl Bro Byg.
- Brancheenergianalyse og miljøgennemgang for danske grus- og stenindustrier; DTI, 1997.
- Convention On Long Range Air Pollution; FN, 1979 og dertilhørende protokoller for NO_x, VOC og SO₂.
- CORINAIR, Working Group on Emission Factors for 1990 Emissions from Road Traffic, 1991.
- Dansk Elforsyning; Danske Elværkers Forening, forskellige årgange.
- Dansk Illustreret Skibsliste; forskellige årgange.
- Det Europæiske Fællesskabs program for politik og handling i forbindelse med miljøet og bæredygtig udvikling; Kommissionen for De Europæiske Fællesskaber, 1992.
- Emissioner fra skibe i danske farvande 1995-1996; Miljøprojekt nr. 367; dk-TEKNIK, 1997.
- Energistatistik; Energistyrelsen, forskellige årgange.
- Genanvendelse af nedknust byggeaffald i vejbyggeri, Arbejdsrapport nr. 53 fra MST; Axel Nielsen-Carl Bro A/S.
- Generel erhvervsstatistik og handel : 1997:6, 1997:11, 1997:15, 1997:16, 1998:6, 1998:7, 1998:11; Danmarks Statistik.
- Grus, sand och industrimineral; SGU, 1996.
- Industri og energi; Danmarks Statistik, 1997:7.
- Jigging – og anden densitetssortering af sten; Skov- og Naturstyrelsen, 1991.
- Luftemissioner ved personbilkørsel contra S-togskørsel; Miljøgruppen ApS for DSB, 1993.
- Marine Exhaust Emissions Research Programme; Lloyds Register, 1995.
- Miljøkonsekvensvurdering af *ENERGI 21*; Energistyrelsen, 1996.
- Natur- og miljøpolitisk redegørelse 1995; Miljø- og Energiministeriet, 1996.
- Olieberetning, 1995; Oliebranchens Fællesrepræsentation, 1996.
- Ral- og sandsugerne; Fredningsstyrelsen, 1984.
- Redegørelse om dansk energipolitik; Energistyrelsen, 1998.
- Råstofindvinding på havbunden; Fredningsstyrelsen, 1979.
- Råstofplanlægning; Forbrugsundersøgelse for 1980; Nordjyllands amt.
- Råstofplanlægning; Forbrugsundersøgelse for 1989; Nordjyllands amt.
- Råstofproduktion i Danmark; Havområde, Skov- og Naturstyrelsen, 1996.
- Råstofproduktion i Danmark; Landområde, Skov- og Naturstyrelsen, 1996.
- Råstofredegørelse 97; Nordjyllands amt.
- Slagge fra affaldsforbrænding kan anvendes i anlægssektoren; Vejdirektoratet, 1996.
- Status for produktion og disponering af restprodukter og jord; Miljøprojekt nr. 334; RGS-Miljø.
- Sveriges transport, En introduktion, Alf Ekstrøm, 1981.
- TEMA – En model for transporters emissioner; COWIconsult for Trafikministeriet, 1996.
- The Kyoto Protocol; UN, 1997.
- The State Of The Environment; OECD, 1991.
- Transportstatistik 95; Danmarks Statistik.
- Vejtransporten i tal og tekst, forskellige årgange; Automobilimportørernes Sammenslutning.
- Ændring af råstofloven; Skov- og Naturstyrelsen, 1996.

BILAG

Bilag 1

Energinøgletal for landmaterialer, havmaterialer, importerede materialer og restprodukter.

Landmaterialer

Delnøgletal. Energi

Indvinding og forarbejdning
Transport til anlægsvirksomhed
Transport til industrivirksomhed

Aktivitet:		Energiforbrug
Indvinding og forarbejdning	47,9	<i>MJ/m³</i>
Transport til anv. i anlægssektoren	17,6	<i>MJ/m³</i>
Transport til anv. i industrien	34,8	<i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand til anlægsvirksomhed: 20 km.
 Transportafstand til industrivirksomhed: 40 km.

Transportstørrelse: 34 tons

Brændselssammensætning, indvinding/forarbejdning(%):

- Diesel: 86
- El: 14

Vægtfylde, landmaterialer: 1,5

Landmaterialer

Nøgletal. Energi

Indvinding, forarbejdning og transport til anlægsvirksomhed

Indvinding, forarbejdning og transport til industri

Aktivitet:

Energiforbrug

Indvinding, forarbejdning og transport til anv. i anlægssektoren	65,5	<i>MJ/m³</i>
Indvinding, forarbejdning og transport til anv. i industrien.....	82,8	<i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand til anlægsvirksomhed: 20 km.

Transportafstand til industrivirksomhed: 40 km.

Transportstørrelse: 34 tons

Brændselssammensætning, indvinding/forarbejdning (%):

- Diesel: 86
- El: 14

Vægtfylde, landmaterialer: 1,5

Havmaterialer

Delnøgletal. Energi

Fyldsand, skibstørrelse: 450 m³ lasteevne

Sejlads
Oppumpning
Andet
I alt

Aktivitet:

Energiforbrug

Sejlads fyldsand	13,1	<i>MJ/m³</i>
Oppumpning af fyldsand	20,0	<i>MJ/m³</i>
Andet fyldsand	8,3	<i>MJ/m³</i>
I alt fyldsand	41,5	<i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Sejlafstand fyldsand: 20 km (ca. 11 SM).
 Specifikt brændstofforbrug: 0,220 kg/kWh
 Servicefart: 10 knob
 Serviceeffekt: 500 hk (375 kW)

Havmaterialer

Delnøgletal. Energi

Fyldsand, skibstørrelse: 1.300 m³ lasteevne

Sejlads
Oppumpning
Andet
I alt

Aktivitet:	Energiforbrug	
Sejlads fyldsand	14,0	<i>MJ/m³</i>
Oppumpning af fyldsand	19,2	<i>MJ/m³</i>
Andet fyldsand	8,3	<i>MJ/m³</i>
I alt fyldsand	41,5	<i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Sejlafstand fyldsand: 20 km (ca. 11 SM).
 Specifikt brændstofforbrug: 0,210 kg/kWh
 Servicefart: 10,75 knob
 Serviceeffekt: 1.740 hk (1305 kW)

Havmaterialer

Delnøgletal. Energi

Industrimaterialer, skibstørrelse: 300 m³ lasteevne

Sejlads
Oppumpning
Andet
I alt

Aktivitet:	Energiforbrug
Sejlads ind.mat.: 95	<i>MJ/m³</i>
Oppumpning af ind.mat... : 36	<i>MJ/m³</i>
Andet ind.mat.: 39	<i>MJ/m³</i>
I alt ind.mat.: 170	<i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Sejlafstand industrimaterialer: 60 km (ca. 35 SM).
 Specifikt brændstofforbrug: 0,220 kg/kWh
 Servicefart: 10 knob
 Serviceeffekt: 450 hk (337,5 kW)

Sejlads 95 MJ = 1,56MJ/m³km

Havmaterialer

Delnøgletal. Energi

Industrimaterialer, skibstørrelse: 800 m³ lasteevne

Sejlads
Oppumpning
Andet
I alt

Aktivitet:	Energiforbrug
Sejlads ind.mat.....: 76	<i>MJ/m³</i>
Oppumpning af ind.mat.....: 35	<i>MJ/m³</i>
Andet ind.mat.....: 33	<i>MJ/m³</i>
I alt ind.mat.....: 144	<i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Sejlafstand industrimaterialer: 60 km (ca. 35 SM).
 Specifikt brændstofforbrug: 0,210 kg/kWh
 Servicefart: 11 knob
 Serviceeffekt: 1.200 hk (900 kW)

Sejlads 76 MJ = 1,27 MJ/m³km

Skærver fra Norge/Sverige

Delnøgletal. Energi

Brydning af skærver

Landtransport af skærver (udland)

Søtransport af skærver (incl. lastning og losning)

Landtransport af skærver til anlægssektoren

Landtransport af skærver til industrien

Aktivitet:

Energiforbrug

Brydning af skærver	: 99	<i>MJ/m³</i>
Landtransport af skærver (udland)	: 16	<i>MJ/m³</i>
Søtransport af skærver	: 120	<i>MJ/m³</i>
Landtransport af skærver til anv. i anlægssektoren	: 32	<i>MJ/m³</i>
Landtransport af skærver til anv. i industrien	: 40	<i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Landtransportafstand brud-udskibningshavn: 12,5 km; fuld last ud, tom last tilbage

Søtransportafstand udskibningshavn-dansk udlosningshavn: 260 km (ca. 140 SM)

Landtransportafstand dansk udlosningshavn-anlægsarbejde: 40 km

Landtransportafstand dansk udlosningshavn-industri: 50 km

Landtransportstørrelse: 34 tons

Søtransportstørrelse: 4.500 tons (3.150 m³)

Brændselssammensætning, brydning (%):

Diesel: 38

El: 61,5

Dynamit: 0,5

Vægtfylde, skærver: 1,4

Skærver fra Norge/Sverige

Nøgletal. Energi

Brydning og transport af skærver til anlægsarbejde

Brydning og transport af skærver til industri

Aktivitet:	Energiforbrug
Brydning og transport af skærver til anlægsarbejde.....	267 <i>MJ/m³</i>
Brydning og transport af skærver til anv. i industrien.....	275 <i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Landtransportafstand brud-udskibningshavn: 12,5 km; fuld last ud- tom last tilbage

Søtransportafstand udskibningshavn-dansk udlosningshavn: 260 km (ca. 140 SM)

Landtransportafstand dansk udlosningshavn-anlægsarbejde: 40 km

Landtransportafstand dansk udlosningshavn-industri: 50 km

Landtransportstørrelse: 34 tons

Søtransportstørrelse: 4.500 tons (3.150 m³)

Brændselssammensætning (%):

Diesel: 38

El: 61,5

Dynamit: 0,5

Vægtfylde, skærver: 1,4

Flyveaske

Delnøgletal. Energi

Oparbejdning af flyveaske

Transport af flyveaske

Aktivitet:	Energiforbrug
Oparbejdning af flyveaske	0 <i>MJ/m³</i>
Transport af flyveaske	0 <i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Energiforbrug til oparbejdning = 0.

Energiforbrug til transport = 0, idet

Transportafstand kraftværk-anvendelse = transportafstand kraftværk-deponering.

Flyveaske

Nøgletal. Energi

Oparbejdning og transport af flyveaske

Aktivitet:

Energiforbrug

Oparbejdning og transport af flyveaske: 0 *MJ/m³*

Forudsætninger for opgørelsen:

Energiforbrug til oparbejdning = 0.

Energiforbrug til transport = 0, idet

Transportafstand kraftværk-anvendelse = transportafstand kraftværk-deponering.

Forbrændingsslagge

Delnøgletal. Energi

Oparbejdning af slagge

Transport af slagge

Aktivitet:		Energiforbrug
Oparbejdning af slagge	62,8	<i>MJ/m³</i>
Transport af slagge	60,2	<i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand forbrændingsanlæg-oparbejdningsanlæg = transportafstand forbrændingsanlæg-deponering.

Transportafstand oparbejdningsanlæg-anvendelse i anlægssektoren: 75 km

Transportstørrelse: 34 tons.

Brændselssammensætning (%):

Diesel: 73

El: 27

Vægtfylde, slagge: 1,4

Forbrændingsslagge

Nøgletal. Energi

Oparbejdning og transport af slagge

Aktivitet:	Energiforbrug
Oparbejdning og transport af slagge	123,0 <i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand forbrændingsanlæg-oparbejdningsanlæg = transportafstand forbrændingsanlæg-deponering.

Transportafstand oparbejdningsanlæg-anvendelse i anlægssektoren: 75 km

Transportstørrelse: 34 tons.

Brændselssammensætning (%):

Diesel: 73

El: 27

Vægtfylde, slagge: 1,4

Bygge- og anlægsaffald

Delnøgletal. Energi

Oparbejdning af bygge- og anlægsaffald
Transport af bygge- og anlægsaffald

Aktivitet:	Energiforbrug
Oparbejdning af bygge- og anlægsaffald	87,3 <i>MJ/m³</i>
Transport af bygge- og anlægsaffald	12,3 <i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Bygge- og anlægsaffald omfatter asfalt, beton, jord og tegl.

Transportafstand frembringelsessted-oparbejdningsanlæg = transportafstand frembringelsessted-deponering.

Transportafstand oparbejdningsanlæg-anvendelse: 5 km

Transportstørrelse: 4,5 tons.

Brændselssammensætning (%):

Diesel: 96

El: 4

Vægtfylde, bygge- og anlægsaffald: 1,4

Bygge- og anlægsaffald

Nøgletal. Energi

Oparbejdning og transport af bygge- og anlægsaffald

Aktivitet:	Energiforbrug
Oparbejdning og transport af bygge- og anlægsaffald	99,6 <i>MJ/m³</i>

Forudsætninger for opgørelsen:

Bygge- og anlægsaffald omfatter asfalt, beton, jord og tegl.

Transportafstand frembringelsessted-oparbejdningsanlæg = transportafstand frembringelsessted-deponering.

Transportafstand oparbejdningsanlæg-anvendelse: 5 km

Transportstørrelse: 4,5 tons.

Brændselssammensætning (%):

Diesel: 96

El: 4

Vægtfylde, bygge- og anlægsaffald: 1,4

Bilag 2

Emissionsnøgletal for landmaterialer, havmaterialer, importerede materialer og restprodukter.

Landmaterialer

Delnøgletal. Luftemissioner

Indvinding og forarbejdning
Transport til anlægsvirksomhed
Transport til industrivirksomhed

g/m³

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/forarbejdning	3.100	48,7	5,4	6,8	22,1	2,3
Transport anlæg	1.304	16,9	0,4	3,6	17,7	0,2
Transport industri	2.582	33,5	0,8	7,1	35,1	0,4

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand til anlægsvirksomhed: 20 km.

Transportafstand til industrivirksomhed: 40 km.

Transportstørrelse: 34 tons

Svovlindhold, diesel – indvinding/forarbejdning: 0,2%

Svovlindhold, diesel – transport: 0,05%

Landmaterialer

Nøgletal. Luftemissioner

Indvinding, forarbejdning og transport til anlægsvirksomhed
Indvinding, forarbejdning og transport til industrivirksomhed

g/m³

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding/forarbejdning og transport til anlægsvirksomhed	4.404	65,6	5,8	10,4	39,8	2,5
Indvinding/forarbejdning og transport til industri	5.681	82,2	6,2	13,9	57,2	2,7

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand til anlægsvirksomhed: 20 km.

Transportafstand til industrivirksomhed: 40 km.

Transportstørrelse: 34 tons

Svovlindhold, diesel – indvinding/forarbejdning: 0,2%

Svovlindhold, diesel – transport: 0,05%

Havmaterialer

Delnøgletal. Luftemissioner

Indvinding af fyldsand.
Landtransport af fyldsand
Indvinding af materialer til industrien
Forarbejdning af materialer til industrien
Landtransport af materialer til industrien

g/m³

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Indvinding af fyldsand	3.181	57,4	24,3	2,4	7,4	1,6
Landtransport af fyldsand	1.332	17,3	0,4	3,7	18,1	0,2
Indvinding af havmaterialer Til industrien	10.989	198	69,5	8,3	27,7	3,4
Forarbejdning af havmateriale- rialer til industrien	4.014	28,4	11,5	3,0	9,6	1,0
Landtransport af havmateriale- rialer til industrien	3.441	44,7	1,1	9,5	46,8	0,6

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand fyldsand: 20 km.

Transportafstand udlosningshavn-industri: 50 km

Landtransportstørrelse: 34 tons

Svovlindhold, fuelolie – indvinding og sejlads: 2,79%

Svovlindhold, diesel – indvinding og sejlads: 1,00%

Svovlindhold, diesel – landtransport: 0,05%

Havmaterialer

Nøgletal. Luftemissioner

Indvinding og landtransport af fyldsand Indvinding, forarbejdning og transport til industri

.....

g/m³

	CO₂	NO_x	SO₂	VOC	CO	Part.
Indvinding og landtransport af Fyldsand	4.513	74,7	24,7	6,1	25,5	1,8
Indvinding, forarbejdning og transport til anv. i industri	18.440	271	82	20,8	84,1	5,0

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand fyldsand: 20 km.

Transportafstand til industrivirksomhed: 50 km.

Landtransportstørrelse: 34 tons

Svovlindhold, fuelolie – indvinding og sejlads: 2,79%

Svovlindhold, diesel – indvinding og sejlads: 1,00%

Svovlindhold, diesel – landtransport: 0,05%

Havmaterialer

Delnøgletal. Luftemissioner.

Fyldsand. Skibsstørrelse: 450 m³ lasteevne

Sejlads af fyldsand
Oppumpning af fyldsand
Andet, fyldsand
I alt, fyldsand

g/m³

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Sejlads af fyldsand	972,7	17,6	6,1	0,7	2,3	0,3
Oppumpning af fyldsand	1485,4	26,8	9,4	1,1	3,5	0,5
Andet, fyldsand	614,5	11,1	3,9	0,5	1,4	0,1
I alt, fyldsand (450 m ³)	3072,6	55,4	19,4	2,3	7,2	1,0

Forudsætninger for opgørelsen:

Sejlafstand fyldsand: 20 km.
 Specifikt brændstofforbrug: 0,220 kg/kWh
 Servicefart: 10 knob
 Serviceeffekt: 500 hk (375 kW)

Svovlindhold, diesel – oppumpning og sejlads: 1,00%

Havmaterialer

Delnøgletal. Luftemissioner.

Fyldsand. Skibsstørrelse: 1.300 m³ lasteevne

Sejlads af fyldsand
Oppumpning af fyldsand
Andet, fyldsand
I alt, fyldsand

g/m³

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Sejlads af fyldsand	1040,5	18,8	6,6	0,8	2,4	0,3
Oppumpning af fyldsand	1417,9	25,6	9,0	1,1	3,3	0,4
Andet, fyldsand	614,6	11,1	3,9	0,5	1,4	0,2
I alt, fyldsand (1.300 m ³)	3072,9	19,4	19,4	2,3	7,2	0,9

Forudsætninger for opgørelsen:

Sejlafstand fyldsand: 20 km.
 Specifikt brændstofforbrug: 0,210 kg/kWh
 Servicefart: 10,75 knob
 Serviceeffekt: 1.740 hk (1.305 kW)

Svovlindhold, diesel – oppumpning og sejlads: 1,00%

Havmaterialer

Delnøgletal. Luftemissioner.

Materialer til industrien. Skibsstørrelse: 300 m³ lasteevne

Sejlads af ind.materialer
Oppumpning af ind.materialer
Andet, ind.materialer
I alt, ind.materialer

.....

g/m³

	CO₂	NO_x	SO₂	VOC	CO	Part.
Sejlads af ind.materialer	6.925	125	44	5,2	16,2	2,15
Oppumpning ind.materialer	2.694	49	17	2,0	6,3	0,84
Andet, ind.materialer	2.886	52	18	2,2	6,8	0,90
I alt, ind.materialer (300 m ³)	12.505	226	79	9,5	29,3	3,90

Forudsætninger for opgørelsen:

Sejlafstand ind. materialer: 60 km
 Specifikt brændstofforbrug: 0,220 kg/kWh
 Servicefart: 10 knob
 Serviceeffekt: 450 hk (337,5 kW)

Svovlindhold, diesel – oppumpning og sejlads: 1,00%

Havmaterialer

Delnøgletal. Luftemissioner.

Materialer til industrien. Skibsstørrelse: 800 m³ lasteevne

Sejlads af ind.materialer
Oppumpning af ind.materialer
Andet, ind.materialer
I alt, ind.materialer

.....

g/m³

	CO₂	NO_x	SO₂	VOC	CO	Part.
Sejlads af ind.materialer	5.618	101	35,5	4,3	13,1	1,75
Oppumpning ind.materialer	2.572	46	16,3	2	6	0,8
Andet ind.materialer	2.456	44	15,6	1,9	5,7	0,75
I alt, ind.materialer (800 m ³)	10.646	192	67,4	8,2	24,8	3,3

Forudsætninger for opgørelsen:

Sejlafstand ind. materialer: 60 km
 Specifikt brændstofforbrug: 0,210 kg/kWh
 Servicefart: 11 knob
 Serviceeffekt: 1.200 hk (900 kW)

Svovlindhold, diesel – oppumpning og sejlads: 1,00%

Granitskærver

Delnøgletal. Luftemissioner

Brydning af skærver
Landtransport af skærver (udland)
Søtransport af skærver
Landtransport af skærver til anlægssektoren
Landtransport af skærver til industrien

.....

g/m³

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Brydning af skærver	5.588	62	13	8	26	2,7
Landtransport af skærver (udl.)	1.200	15,6	0,4	3,3	16,3	0,2
Søtransport af skærver	8.904	161	56,3	6,7	20,8	2,75
Landtransport af skærver til Anlægssektoren	2.412	31	0,75	6,7	32,8	0,4
Landtransport af skærver til Industrien	3.010	39,1	0,9	8,3	41	0,5

Forudsætninger for opgørelsen:

Landtransportafstand brud-udskibningshavn: 12,5 km

Søtransportafstand udskibningshavn-dansk udlosningshavn: 260 km (ca. 140 SM) incl. lastning/losning

Landtransportafstand dansk udlosningshavn-anlægsarbejde: 40 km

Landtransportafstand dansk udlosningshavn-industri: 50 km

Landtransportstørrelse: 34 tons

Søtransportstørrelse: 3.150 m³

Svovlindhold, diesel – brydning: 0,2%

Svovlindhold, diesel – landtransport: 0,05%

Svovlindhold, diesel – søtransport: 1,00%

Granitskærver

Nøgletal. Luftemissioner

Brydning og transport af skærver til anlægsarbejde
Brydning og transport af skærver til industri

.....

g/m³

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Brydning og transport af skærver til anlægssektoren	18.104	269	70	24,7	96	6,0
Brydning og transport af skærver til industrien	18.702	278	71	26,3	104	6,1

Forudsætninger for opgørelsen:

Landtransportafstand brud-udskibningshavn: 12,5 km

Søtransportafstand udskibningshavn-dansk udlosningshavn: 260 km (ca. 140 SM) incl. lastning/losning.

Landtransportafstand dansk udlosningshavn-anlægsarbejde: 40 km

Landtransportafstand dansk udlosningshavn-industri: 50 km

Landtransportstørrelse: 34 tons

Søtransportstørrelse: 3.150 m³

Svovlindhold, diesel – brydning: 0,2%

Svovlindhold, diesel – landtransport: 0,05%

Svovlindhold, diesel – søtransport: 1,00%

Flyveaske

Delnøgletal. Luftemissioner

Oparbejdning af flyveaske

Transport af flyveaske

.....

g/m^3

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Oparbejdning af flyveaske	0	0	0	0	0	0
Transport af flyveaske	0	0	0	0	0	0

Forudsætninger for opgørelsen:

Energiforbrug til oparbejdning = 0.

Energiforbrug til transport = 0, idet

transportafstand kraftværk-anvendelse = transportafstand kraftværk-deponering.

Flyveaske

Nøgletal. Luftemissioner

Oparbejdning og transport af flyveaske

.....

g/m³

	CO₂	NO_x	SO₂	VOC	CO	Part.
Oparbejdning og transport af flyveaske	0	0	0	0	0	0

Forudsætninger for opgørelsen:

Energiforbrug til oparbejdning = 0.

Energiforbrug til transport = 0, idet

transportafstand kraftværk-anvendelse = transportafstand kraftværk-deponering.

Forbrændingsslagge

Delnøgletal. Luftemissioner

Oparbejdning af slagge

Transport af slagge

.....
g/m³

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Oparbejdning af slagge	3.701	60,7	6,2	8,6	27,9	2,9
Transport af slagge	4.454	57,9	1,4	12,3	60,6	0,7

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand forbrændingsanlæg-oparbejdningsanlæg = transportafstand forbrændingsansanlæg-deponering.

Transportafstand oparbejdningsanlæg-anvendelse i anlægssektoren: 75 km

Transportstørrelse: 34 tons.

Svovlindhold, diesel – oparbejdning: 0,2%

Svovlindhold, diesel – landtransport: 0,05%

Forbrændingsslagge

Nøgletal. Luftemissioner

Oparbejdning og transport af slagge

.....
g/m³

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Oparbejdning og transport af slagge	8.156	118,6	7,5	20,9	88,4	3,6

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand forbrændingsanlæg-oparbejdningsanlæg = transportafstand forbrændingsanlæg-deponering.

Transportafstand oparbejdningsanlæg-anvendelse: 5 km

Transportstørrelse: 4,5 tons.

Svovlindhold, diesel – oparbejdning: 0,2%

Svovlindhold, diesel – landtransport: 0,05%

Bygge- og anlægsaffald

Delnøgletal. Luftemissioner

Oparbejdning af bygge- og anlægsaffald

Transport af bygge- og anlægsaffald

.....
g/m³

	CO₂	NO_x	SO₂	VOC	CO	Part.
Oparbejdning af bygge- og anlægsaffald	5.710	105,3	8,0	15,1	49,3	2,9
Transport af bygge- og anlægsaffald	908,7	11,8	0,3	2,5	12,4	0,15

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand frembringelsessted-oparbejdningsanlæg = transportafstand frembringelsessted-deponering.

Transportafstand oparbejdningsanlæg-anvendelse: 5 km

Transportstørrelse: 4,5 tons.

Svovlindhold, diesel – oparbejdning: 0,2%

Svovlindhold, diesel – landtransport: 0,05%

Bygge- og anlægsaffald

Nøgletal. Luftemissioner

Oparbejdning og transport af bygge- og anlægsaffald

.....
g/m³

	CO ₂	NO _x	SO ₂	VOC	CO	Part.
Oparbejdning og transport af bygge- og anlægsaffald	6.619	117,1	8,3	17,7	61,7	3,1

Forudsætninger for opgørelsen:

Transportafstand frembringelsessted-oparbejdningsanlæg = transportafstand frembringelsessted-deponering.

Transportafstand oparbejdningsanlæg-anvendelse: 5 km

Transportstørrelse: 4,5 tons.

Svovlindhold, diesel – oparbejdning: 0,2%

Svovlindhold, diesel – landtransport: 0,05%

Bilag 3.

Primær produktion i Danmark, 1995.

Produktionsværdi og beskæftigelse. Primær produktion, 1995.

	Produktionsværdi (mill.kr)	Beskæftigelse
Landbrug, gartneri, skovbrug	62.200	107.800
Fiskeri	4.400	6.040
Råstofindvinding (incl. olie og gas)	10.800	3.480
I alt	77.400	117.320
Heraf indv. af sand, sten og grus	1.010 (1,3%)	1.225 (1%)

Kilder: Danmarks Statistik, pers.comm. og tabel 1.1.

Bilag 4

Politiske mål for de omhandlede emissionstyper

FN

CO₂

Følgende mål blev vedtaget på Kyotokonferencen i december 1997:

- en reduktion på mindst 5% i årene 2008-2012 i forhold til udledningsomfanget i 1990 for de industrialiserede lande.²⁹

Danmark har herudover ratificeret en række FN-protokoller med baggrund i Genevekonventionen om langtrækkende grænseoverskridende luftforurening i 1979. (Convention On Long Range Air Pollution, Geneve, 1979)

NO_x

I henhold til NO_x-protokollen har Danmark forpligtet sig til en reduktion på 30% i perioden 1986-1998 (Protocol To The 1979 Convention On Long Range Air Pollution, 1988.)

VOC

FNs VOC-protokol forpligter underskriverne til en reduktion på 30% i perioden 1985-1998 (Protokol vedr. VOC-emissioner i henhold til samme konvention, 1991.)

SO₂

Danmark forpligter sig i den seneste svovlprotokol til at reducere udledningerne af SO₂ med 80% i perioden fra 1980 til år 2000. (Protokol vedr. svovlemissioner i henhold til nævnte konvention, 1994.)

OECD

OECD anbefaler generelt vedr. lokale og internationale luftforureningsproblemer blandt andet følgende:

- Bedre håndhævelse af gældende national politik og ubøjelig (rigorous) gennemførelse af internationale forpligtelser;
- Bedre integration af luftkvalitetshensyn i de sektorpolitikker (vedr. energi, transport, industri), der påvirker luftkvaliteten samt iagttagelse af principperne om forureningsforebyggelse og energibesparelser;

²⁹ Dette gælder udledning af seks angivne drivhusgasser og dækker over variationer imellem de omfattede nationer. For EU-landene er målet i Kyotoprotokollen en reduktion på 8% i det nævnte tidsrum.

- Fortsat innovation og investeringer i renere teknologier, produktsubstitution og forureningsbekæmpelsesteknik.

OECD, The State of The Environment, 1991.

EU

CO₂

EU's miljøministre vedtog i 1997 et forhandlingsoplæg til Kyotokonferencen, der foreslog følgende reduktionsmål for alle industrialiserede lande:

- en emissionsreduktion for drivhusgasser³⁰ i år 2005 på 7.5%,
- en emissionsreduktion for drivhusgasser i år 2010 på 15%.

Disse mål kunne der, som det fremgår af ovenstående, ikke opnås enighed om.

CO₂-målet i EU's femte miljøhandlingsprogram fra 1992 er en stabilisering af udledningerne i år 2000 i forhold til 1990-niveau.

Dette mål er senere ændret til en stabilisering i år 2000 i forhold til 1996-niveau.

NO_x

I det femte miljøhandlingsprogram er målet for NO_x-reduktion 30% i år 2000 i forhold til 1990-niveau.

VOC

Sammesteds: 30% reduktion i 1999 i forhold til 1990-niveau.

SO₂

Sammesteds: 35% reduktion i år 2000 i forhold til 1985-niveau.

Det hedder i programmet: "Disse mål er ikke tilsagn i retlig betydning, men, som ordet indebærer, niveauer eller resultater, der skal tages sigte på nu med henblik på at nå frem til en bæredygtig udvikling." (s.41)

EU-kommissionen forelagde i oktober 1997 et direktivforslag til Ministerrådet, der indebærer fastsættelse af bindende grænseværdier for stofferne SO₂, NO_x, partikler (svævestøv) og bly.

I dette direktivforslag fastlægges en række såkaldte immissionsgrænser dvs grænser for koncentrationer af de anførte emissionstyper i luften i forskellige måleområder.

Disse grænseværdier retter sig ikke mod bestemte kilder og deres emissioner og kan derfor ikke sammenlignes med de reduktionsmål, der er angivet i dette kapitel.

³⁰ En kurv af drivhusgasser bestående af CO₂, CH₄ (methan) og N₂O (dinitrogenoxid), hvoraf CO₂ er langt den betydeligste.

Den danske regering

CO₂

Den danske regerings mål for CO₂-udledninger er en reduktion på 20% i år 2005 i forhold til 1988-niveau. (Regeringens energihandlingsplan, 1996.)

NO_x

Reduktionsmålene i FNs NO_x-protokol (se ovenfor) er gældende, men den danske kvotelovgivning indebærer yderligere reduktion.

VOC

VOC-protokollens mål er gældende.

SO₂

Svovlprotokollens mål er gældende, men den danske kvotelovgivning indebærer yderligere reduktion.

Bilag 5

Opgørelse af energiforbrug og emissioner og fastlæggelse af emissionsfaktorer i tilknytning til anvendelse af el.

Det nationale aspekt i opgørelse af energiforbrug og emissioner

Under denne overskrift skal der kort redegøres for opgørelsesmetode i de tilfælde, hvor en energitjeneste giver anledning til energiforbrug (og dertil knyttede emissioner), der overskrider nationale grænser.

Spørgsmålet er: skal et energiforbrug og de dertil hørende emissioner, der knytter sig til en produktion, der handles på tværs af grænser, konteres i produktionslandet eller i forbrugslandet ?

Det drejer sig her om den fra en dansk synsvinkel opgørelsesmæssige håndtering af energiforbrug og emissioner i tilknytning til import af skærver og import/eksport af el.

Energiforbrug og emissioner ved import af skærver

Granitskærver fremstillet i Norge og Sverige erstatter i visse anvendelser råstofferne sand, sten og grus.

Til brydning, forarbejdning og transport heraf medgår et vist energiforbrug og hører emissioner i et vist omfang.

Energiforbrug og emissioner ved disse aktiviteter opgøres på lige fod med energiforbrug og emissioner i de øvrige energiforløb, uanset at de finder sted i udlandet.

Forbruget af el ved fremstilling af granitskærver i Norge og Sverige er praktisk talt emissionsfrit, mens forbrug af øvrige energiarter opgøres med samme emissionsfaktorer som i Danmark.

Energiforbrug og emissioner ved udenrigshandel med el

I forbindelse med de energiforløb, der undersøges i dette projekt indgår **el** som en del af energiforbruget i 1995 - primært i tilknytning til forarbejdning (sortering, intern transport, nedknusning mm.) af sand, sten og grus, granitskærver og restprodukter.

En del af den el, der står til rådighed for danske elforbrugere, er produceret i udlandet.

Størstedelen af den importerede el var i 1995 fremstillet i Sverige ved vandkraft/A-kraft, mens en lidt mindre del var fremstillet i Norge (vandkraft), og en uanselig del blev produceret i Tyskland.

Samtidig med denne således fordelte import af el eksporterede danske elproducenter til de samme tre lande, mest til Tyskland mindre til Sverige og Norge.

Denne udenrigshandel med el kan hvad angår opgørelse af emissioner nationalt håndteres på flere måder.

I den officielle statistik på dette område opgør Energistyrelsen hvert år både en faktisk CO₂-emission og en korrigeret CO₂-emission, hvor den faktiske emission er opgjort på basis af det faktiske energiforbrug ganget ud med emissionsfaktorer for hver anvendt brændselstype, mens de korrigerede emissioner opgøres ved - blandt flere korrektioner - at fratække det energiforbrug, der er medgået til eksport af el og tillægge et brændselsforbrug svarende til hvad der ville være gået til at producere den importerede el.

I dette projekt opereres der med en opgørelsesmåde, der tager hensyn til både omfang og indhold af såvel elimport som -eksport, hvorved synsvinklen ligger tættest på den nævnte korrigerede emissionsopgørelse.

Udgangspunktet er, at energitjenester tilskrives de energiforbrug og emissioner, som de konkret giver anledning til, uanset hvor de finder sted.

I praksis indebærer tankegangen, at den emissionsfri elimport fra Sverige og Norge medvirker til at reducere emissionsmængderne pr forbrugt kWh i Danmark ved at indgå forholdsmæssigt i den danske elforsyning, mens eksport af el, der jo knytter sig til udenlandske energitjenester, virker i samme retning, idet den fradrages den danske elforsyning.

Denne opgørelsesmåde er baseret på efterspørgslens lokalisering og således i bedst overensstemmelse med energitjenestesynsvinklen, der som nævnt tidligere implicerer at bestemte aktiviteter giver anledning til bestemte energiforbrug og emissioner, hvis nationale fordeling af virkninger er uden betydning.

I den konkrete opgørelse af emissioner i tilknytning til anvendelse af el i forbindelse med forarbejdning af sand, sten og grus, granitskærver og restprodukter i dette projekt tages der udgangspunkt i størrelsen **el til rådighed** i Danmark.

El til rådighed er: dansk produceret el plus importeret el minus eksporteret el.

Det samlede emissionsomfang opgøres som: emissioner i tilknytning til bruttoenergiforbruget ved dansk elproduktion plus samme i tilknytning til elimport minus samme i tilknytning til eleksport, hvilket er det samme som at emissionsomfanget opgøres på basis af el til rådighed.

Emissionsomfanget i tilknytning til de energitjenester, der undersøges i dette projekt (primært vedr. råstofforarbejdning) opgøres på baggrund af energitjenestens elforbrug i kWh som andel af el til rådighed i Danmark.

Sidstnævnte betyder, at emissionerne er proportionale med elforbruget uanset hvor i landet elforbruget finder sted eller med andre ord, at en kWh el giver anledning til samme emissioner overalt i landet.

Teknisk kan emission af en bestemt emissionstype pr kWh udtrykkes således³¹:

$$n = v \cdot (P + I - E),$$

$$E_t = (P \cdot e_p + I \cdot e_i - E \cdot e_e) / n$$

hvor

n = nettoforbruget af el dvs. bruttoenergiforbruget fratrukket konverterings- og distributionstab,

v = total virkningsgrad dvs. forholdet imellem netto- og bruttoenergiforbrug,

P = bruttoenergiforbruget ved dansk produktion,

I = bruttoenergiforbruget ved import,

E = bruttoenergiforbruget ved eksport,

e_p = emissionsfaktor for dansk produktion,

e_i = emissionsfaktor for import,

e_e = emissionsfaktor for eksport,

E_t = emissionsfaktor for el til rådighed.

Nedenstående eksempel illustrerer tankegangen.

Antag at:

- bruttoenergiforbruget ved indenlandsk produktion er	100 PJ
- bruttoenergiforbruget ved elimport er	10 PJ
- bruttoenergiforbruget ved eleksport er	15 PJ

– virkningsgraden er 0.40 (40%)

da bliver el til rådighed $[(100+10-15) \cdot 0.40] =$ 38 PJ ~ 10.600 GWh

Antag videre, at:

³¹ For elfremstilling undersøges kun emission af CO₂, NO_x og SO₂, da øvrige emissioner er relativt ubetydelige.

- et bruttoenergiforbrug på 1 PJ ved indenlandsk elfremstilling indebærer emission af NO_x på 300 tons,
- 1 PJ elimport er emissionsfri, og
- 1 PJ el produceret og eksporteret indebærer emission af 300 tons NO_x,

da bliver den samlede emission af NO_x vedr. el til rådighed $(100 \cdot 300 + 10 \cdot 0 - 15 \cdot 300) = 25.500$ tons, og pr forbrugt GWh $(25.500/10.600) = 2.4$ t/GWh ~ 2.4 g/kWh, hvilket betyder, at 1 kWh forbrugt el afstedkommer en emission af NO_x på 2.4 gram.

Som eksemplet viser spiller både import og eksport en rolle i emissionsopgørelsen.

Elproduktion, -import, -eksport og emissioner af CO₂, NO_x og SO₂

I det følgende vises dels princippet dels de faktisk indgående størrelser i fastlæggelsen af emissionsfaktorer i tilknytning til forbrug af el i Danmark i 1995.

Princippet i tankegangen afspejler energitjenestesynsvinklen, hvilket indebærer, at såvel emissionsfri elimport som eksport af dansk fremstillet el medvirker til at reducere emissioner pr forbrugt kWh.

De resulterende emissionsfaktorer er i overensstemmelse hermed en smule lavere end dem, der optræder i diverse officielle publikationer.

De tilgrundliggende talstørrelser, der figurerer nedenfor vedr. energi og emissioner, stammer fra Danske Elværkers Forening, Eltra og Elkraft.

Dansk produktion.

	PJ	GWh
<u>Primære værker:</u>		
Brændselsforbrug el- og varmeproduktion:	314.2	
Brændselsforbrug elproduktion:	270.2	75.055
Brændselsforbrug varmeproduktion:	44.0	
El- og varmeproduktion i alt:	185.7	
Elproduktion:	110.3	30.638
Varmeproduktion:	75.4	
Konverteringstab i alt:	128.5	
Totalvirkningsgrad:	59.1	
Elvirkningsgrad:	40.8	
<u>Øvrig produktion:</u>		
Elproduktion vand og vind:	1.1	311
Køb fra ikke-elværksejede værker:	13.3 ³²	3.694
Elproduktion i alt:	123.6	34.333
Nettab:	7.8	2.172
Elproduktion til forbrug:	115.8	32.161
<u>Elimport.</u>		
Elimport:	14.4	4.012
<u>Elekspport.</u>		
Elekspport:	17.3	4.806
El til rådighed:	<u>112.9</u>	<u>31.361</u>

Kilde: Danske Elværkers Forening, Statistik 1995.

³² El ab værk dvs. bruttoenergiforbrug fratrukket konverteringstab.

Elproduktionens brændsels sammensætning i 1995.

	PJ	Vægt (mill. Tons)	%
Kul	229.2	9.371	84.8
Olie	9.6	0.238	3.6
Naturgas	8.9	226 mill. Nm ³	3.3
Andet ³³	22.5	-	8.3
I alt	270.2	-	100

Kilde: Danske Elværkers Forening, Statistik 1995.

³³ Primært *orimulsion*, en svær sydamerikansk olie med relativt højt CO₂-indhold.

Emissioner pr kWh i Danmark 1995

De to store danske elsammenslutninger Elsam og Elkraft giver hvert år en varedeklaration for den el, der fremstilles i henholdsvis Vest- og Østdanmark.

I 1995 emissionsdeklarerede Elsam det samlede eludbud i Vestdanmark dvs. Jylland og Fyn således³⁴:

Jylland og Fyn

g/kWh

CO ₂	457
NO _x	1.3
SO ₂	1.5

Kilde: Miljøberetning 1995, Elsam.

Disse emissionsfaktorer knytter sig til den i området producerede el plus vandkraftbaseret elimport fra Norge på langtidskontrakt.

For at få emissioner pr kWh forbrugt el i Elsams område er det nødvendigt at korrigere for:

øvrige elimport
eleksport
områdets nettab.

Ved en matematisk korrektion dvs. under forudsætning af at eleksport giver anledning til gennemsnitlig emission pr kWh for disse forhold bliver emissioner pr forbrugt kWh i Elsams område følgende:

CO ₂	382
NO _x	1.09
SO ₂	1.25

³⁴ Opgjort efter energiindholdsmetoden, hvor en kWh el og en kWh varme tillægges lige stor miljøbelastning. Ved den alternative beregningsmetode -energiqualitetsmetoden - betragtes el som det primære produkt, og varme tillægges kun de emissioner, der knytter sig til den ekstra brændselsmængde, der ved kombineret produktion tilskrives varmeproduktion.

Energiindholdsmetoden er i dette projekt lagt til grund for emissionsopgørelserne ved elforbrug.

Denne metode indebærer lavere emissioner pr kWh.

Da el spiller en begrænset rolle i det samlede energiforbrug ved råstofindvinding, -forarbejdning og transport bliver forskelle i beregnede emissioner ved den ene eller den anden metode ubetydelige.

Sjælland og øer

I Elkrafts område dvs. Sjælland og øer deklareredes eludbuddet uden udenrigshandel i 1995 således:

	g/kWh
CO ₂	511
NO _x	1.29
SO ₂	1.86

Kilde: Miljøberetning 1996, Elkraft.

Med samme korrektionsfremgangsmåde som for Jylland/Fynsområdet fås følgende emissioner pr forbrugt kWh:

	g/kWh
CO ₂	495
NO _x	1.25
SO ₂	1.80

Disse er som det ses højere end de tilsvarende i Elsams område, hvilket dels er et resultat af det lidt højere niveau for emissioner ved elproduktion dels skyldes den gennemførte korrektion for udenrigshandel med el, der er af større omfang i Jylland/Fynsområdet.

Som vægtet gennemsnit for hele landet var emissionsfaktorerne med den beskrevne opgørelsesform i 1995 pr kWh an forbruger:

	g/kWh
CO ₂	427
NO _x	1.15
SO ₂	1.47

Disse størrelser, der er behæftet med både måle- og beregningsmæssige usikkerheder, ligger til grund for emissionsopgørelserne i tilknytning til elforbrug i Danmark i 1995 uanset hvor i landet, dette finder sted.

Bilag 6

Energiforbrug ved indvinding af ral i danske farvande landet i udenlandsk havn.

En del af de i danske farvande indvundne havmaterialer landes i udenlandsk havn.

I blandt de indkomne spørgeskemasvar er to eksempler på dette, der begge handler om materialer indvundet i Østersøen og landet på den tyske nordkyst.

Sejlafstandene er her tilsyneladende noget længere end gennemsnittet for dansk landede havmaterialer og skibenes skjulte sejlads mere omfattende, hvilket afspejles i et lidt højere energiforbrug pr m^3 .

Hvor nøgletallet (MJ/m^3) for dansk landet ral hed: 150 hedder det for de her omhandlede nordtyskgående pumpere henholdsvis **200** og **170**.

Bilag 7

Break-even-scenarie. Landmaterialer, havmaterialer og importerede materialer.

I nedenstående opereres der med en grovmodel, hvor alle elementer i hver energitjeneste med undtagelse af **transportafstanden** holdes konstant i hvert tilfælde.

Dette betyder, at hvad der undersøges her er hvor lang en transportafstand hver materialetype (landmaterialer, havmaterialer og skærver) kan bære uden at give anledning til større energiforbrug end de øvrige forløb.

Transport er i de betragtede forløb:

Landmaterialer. *Landtransport med lastbil.*

Havmaterialer. *Søtransport fra indvindingssted til havn.*

Skærver. *Søtransport fra udlandet til Danmark.*

Dette indebærer at energiforbrug ved landtransport³⁵ i de to sidste forløb indgår som konstanter dvs som gennemsnitsstørrelser.

For en ordens skyld understreges det, at energiforbruget kun er en blandt flere virkninger af at indvinde, forarbejde og transportere råstoffer.

Landmaterialer

Følgende moduler indgår i den samlede energitjeneste:

	<u>MJ/m³</u>
1. Indvinding og forarbejdning	47,9
2. Afrømning overjord og efterbeh.(15%) ³⁶	7,2
3. Transport. 34 tons last; fuld ud-tom hjem	variabel

Udgangspunktet er derfor 55,1 MJ/m³ inden transport, hvorfor dette forløb skærer y-aksen i dette punkt.

Havmaterialer

1. Oppumpning, udlosning, forarbejdn.	66,4
2. Landtransport. 34 tons 50 km	56 ³⁷
3. Sejlads ud og hjem ³⁸	variabel

³⁵ Fra havn til anvendelse i Danmark i begge forløb og fra brud til udskibningshavn i skærveforløbet.

³⁶ Skøn.

³⁷ Vægtfylde 1,6

Udgangspunktet er altså her 122,4 MJ/m³ inden sejlads.

Skærver

1. Brydning, lastning, losning	134,3
2. Landtrans udland. 34 tons 12,5 km	16
3. Landtrans DK. 34 tons 50 km ³⁹	49
4. Sejlads. 4.500 tons fuld ud - tom hjem	variabel

Udgangspunkt inden sejlads: 199,3 MJ/m³.

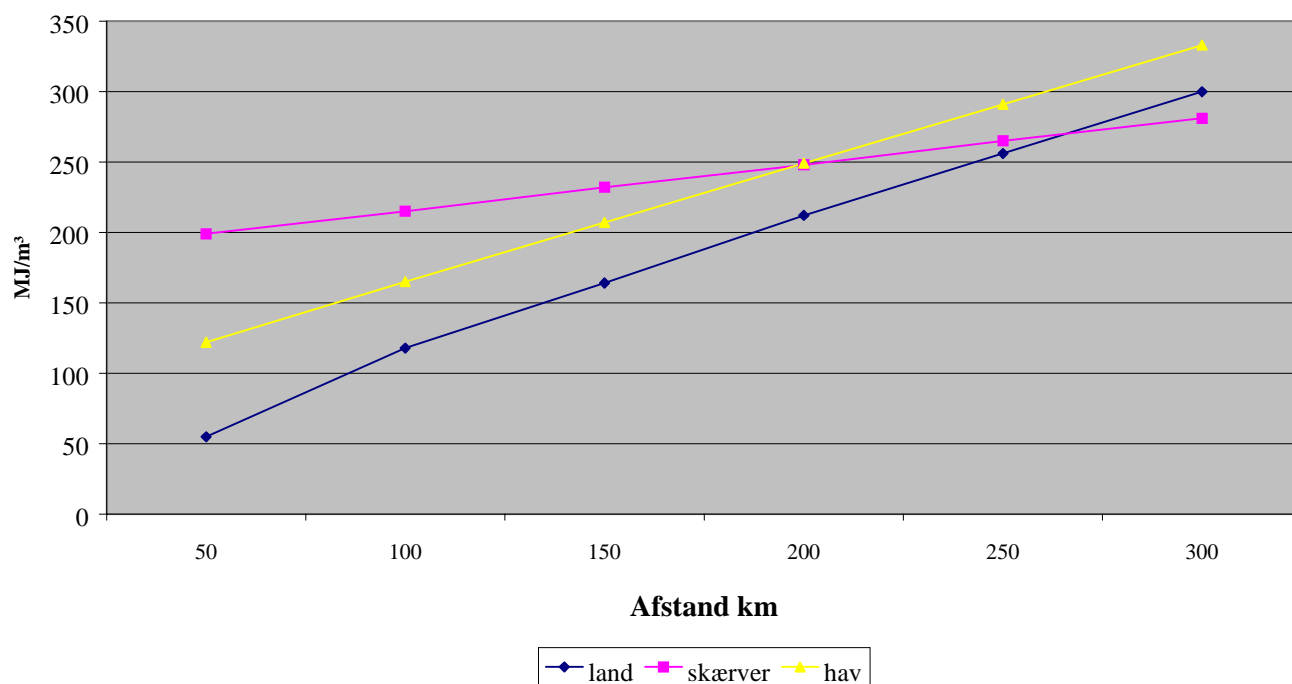
Der forudsættes umiddelbar substituerbarhed imellem de tre råstofftyper, hvilket måske ikke er helt retfærdigt over for havmaterialer og skærver.

Break-even forløbet fremgår af omstående graf.

³⁸ Ingen skjult sejlads.

³⁹ Vægtfylde 1,4

Energiforbrug som funktion af transportafstand



Omregningsfaktorer.

Brændsler

Brændsel	Vægtfylde (ton/m ³)	Brændværdi (GJ/ton)
Diesel-/gasolie	0,85	42,7
Fuelolie	0,95	40,9

Energienheder

1 kJ = 1.000 J (Joule),

1 MJ = 1.000 kJ,

1 GJ = 1.000 MJ,

1 TJ = 1.000 GJ,

1 PJ = 1.000 TJ,

k = kilo (10^3),

M = mega (10^6),

G = giga (10^9),

T = tera (10^{12}),

P = peta (10^{15}).

1 kWh = 3,6 MJ,

1 MWh = 3,6 GJ,

1 GWh = 3,6 TJ,

1 TWh = 3,6 PJ.