

KLYNGESAMARBEJDET I HOVEDSTADEN OM CO2 INFRASTRUKTUR OG - TRANSPORT

Tekniske og økonomiske analyser -
Klimapåvirkning fra transport af CO₂

Rev. 3 – 21. december 2022

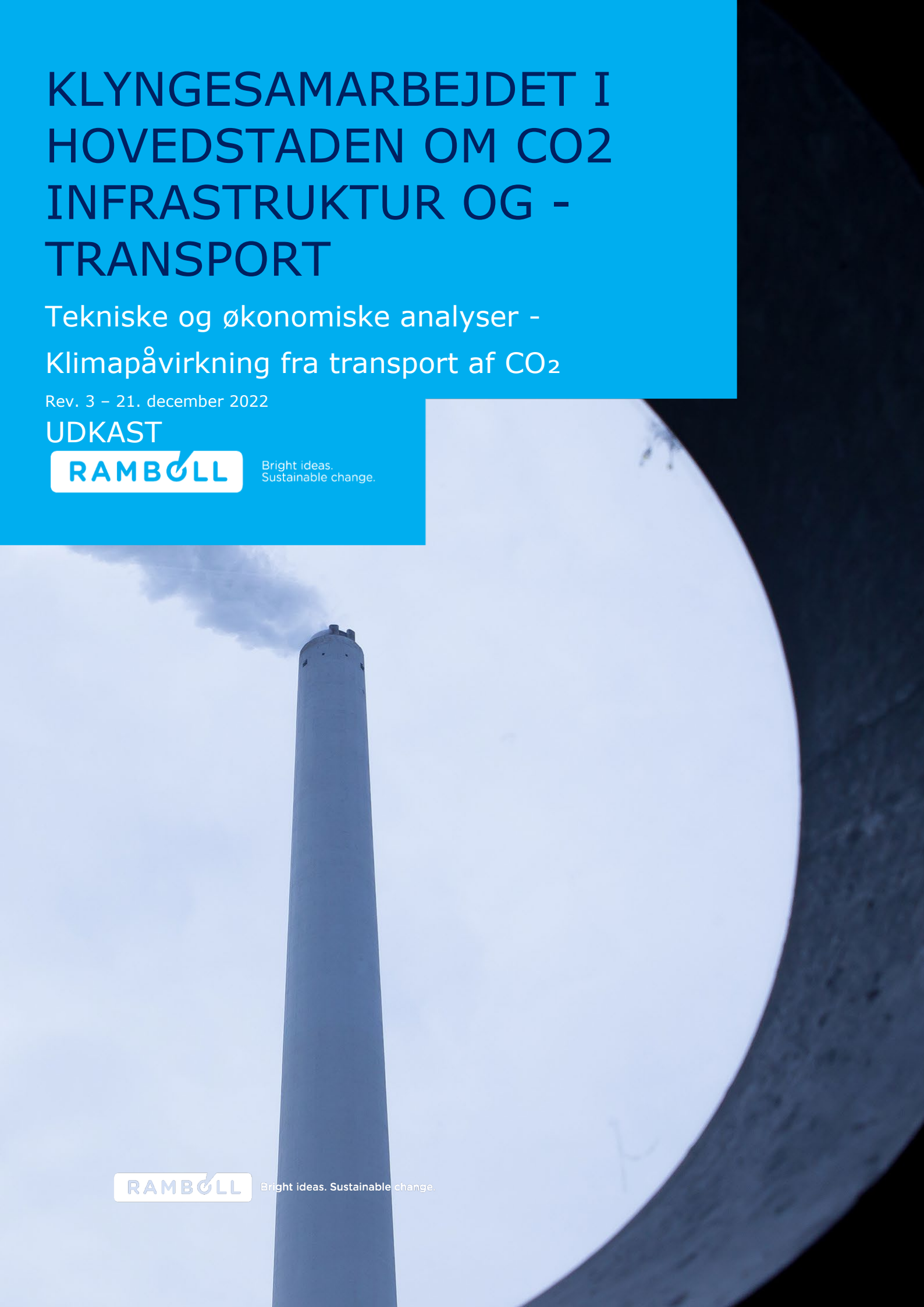
UDKAST

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

RAMBOLL

Bright ideas. Sustainable change.



INDHOLD

1.	Klimapåvirkning fra CO₂-infrastruktur	3
1.1	Introduktion	3
1.2	Klimapåvirkning fra CO ₂ -infrastruktur – taxonomy	3
1.3	Oversigt	4
1.4	Etablering af CO ₂ -transportsystemet	5
1.5	Drift af kompressorer og fordråbning	6
1.6	Klimagasser fra kompressorer og fordråbningsanlæg	6
1.7	CO ₂ -udslip fra rørledningssystemer	7
1.8	Lastbiltransport	7
1.9	Skibstransport	7
1.10	Konklusion	7

1. KLIMAPÅVIRKNING FRA CO₂-INFRASTRUKTUR

1.1 Introduktion

Estimering af klimapåvirkning ved transport af CO₂ inkluderer både et 'operationelt' og et 'indlejret' perspektiv. Den operationelle klimapåvirkning vil dække udledninger, der estimeres på tværs af infrastrukturens levetid, f.eks. ved anvendelse af lastbiler til transport af CO₂ og ved anvendelse af maskiner ved anlægsarbejdet. Den indlejlrede CO₂ (embedded) dækker over den forventede klimapåvirkning fra det udstyr og råmaterialer, der anvendes til infrastrukturen.

Hovedstadens klyngesamarbejde har beskrevet tre scenarier, som er grundlaget for denne konkretisering:

- Scenarie 1: Peer-to-peer med optimeret kapacitet
- Scenarie 2: Fælles planlægning og offentlige krav om tredjepartsadgang
- Scenarie 3: Hovedstaden er hub for Nordeuropas CO₂-transport

Scenarie 1 er baseret på individuelle anlæg med hver sin havn til udskibning og lastbiltransport fra kilder, der ikke er placeret ved en havn. Som led i konkretiseringen blev muligheden for at lagre CO₂ i Havnsø en vigtig faktor, der kan påvirke det samlede klyngesamarbejde. Scenarie 2 blev derfor opdelt i tre underscenarier: 2a) uden adgang til onshore-lager ved Havnsø, 2c) hvor al CO₂ føres til onshore-lageret og et mellemscenarie 2b) hvor der både er adgang til Havnsø-lageret og udskibning. I det internationale scenarie er medtaget en rørledning fra Sverige, og der regnes også her med en kombination af lagring i Havnsø og udskibning samt mulig indskibning. Der er ikke medtaget rørledning til Tyskland, da det forventes, at dette vil være et særskilt projekt mellem tyske punktkilder og Havnsø-lageret.

1.2 Klimapåvirkning fra CO₂-infrastruktur – taxonomy

Beregning og vurdering af klimapåvirkning fra CO₂-infrastruktur er vigtig, da det samlede udslip skal holdes under 0,5%, for at anlægget kan opfylde kravene i EU-Taxonomien og dermed få adgang til finansiering. Her er opstillet følgende tekniske screeningskriterier i udkast til Annex for forordningen:

"Tekniske screeningskriterier

Væsentligt bidrag til modvirkning af klimaændringer

1. Den CO₂, der transporteres fra det anlæg, hvor det opsamles, til injektionspunktet, medfører ikke CO₂-lækager på over 0,5 % af den transporterede CO₂-masse.
2. CO₂ leveres til et permanent CO₂-lagringssted, der opfylder kriterierne for geologisk lagring af CO₂ under jorden i afsnit 5.12 i dette bilag, eller til andre transportformer, der fører
3. DA 131 DA til et permanent CO₂-lagringslokalitet, der opfylder disse kriterier.
4. Der anvendes passende lækagedetektionssystemer, der indføres en overvågningsplan, og rapporten kontrolleres af en uafhængig tredjepart.
5. Aktiviteten kan omfatte installation af aktiver, der øger fleksibiliteten og forbedrer forvaltningen af et eksisterende net." – citret fra [EUR-Lex - C\(2021\)2800 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)⁷⁵

Vores fortolkning er, at kravet om CO₂-lækager gælder for hele værdikæden fra indfangning til injektionspunkt.

1.3 Oversigt

Klimapåvirkning fra CO₂-transportsystem vil indeholde følgende elementer:

1. Etablering af transportsystem indlejret CO₂
 1. Stål til rørledninger
 2. Anlægsarbejde
2. Drift af transportsystemet
 1. Elektricitet til kompression og fordråbning
 2. Udslip af klimagasser fra fordråbningsanlæg
 3. Udslip af CO₂ fra transportsystemet (CO₂-lækage)
3. Lastbiltransport
4. Skibstransport

I nedenstående tabel er angivet den indlejede CO₂ ved etablering af systemet.

Tabel 1: Oversigt over udledninger på tværs af elementer og scenarier – anlæg

Ton CO ₂ -anlæg	Scenarie 1	Scenarie 2			Scenarie 3
		2a	2b	2c	
Stålrørledninger	0	20000	60000	100000	150000
Anlægsarbejder		10000	20000	20000	30000
Kompressorer mv.	1000	1000	1000	1000	1000
Havne m.v.	1000	1000	1000		1000
I alt	2000	37000	82000	121000	182000

I nedenstående tabel er angivet det årlige direkte og indirekte CO₂-udslip fra systemet. Det direkte udslip er lækager fra systemet. Det indirekte er udslip fra brug af elektricitet til kompressorer, fordråbningsanlæg og til brændstof til lastbil og skibstransport.

I takt med at elektricitetsforsyningen bliver baseret på ikke fossil energi, bliver de indirekte emissioner relativt små. For lastbil- og skibstransport er angivet udledningen, hvis der anvendes diesel eller tilsvarende. Hvis der i stedet anvendes biodiesel, elektricitet, brint e.l., vil der være betydeligt mindre emissioner.

Tabel 2: Oversigt over udledninger på tværs af elementer og scenarier – drift år 2031

Ton CO ₂ -drift	Scenarie 1	Scenarie 2			Scenarie 3
		2a	2b	2c	
Elforbrug	1650	2750	3300	3300	5500
Udslip rørledninger	0	250	300	300	500
Lastbiltransport, diesel	1500				
Skibstransport, MGO	75000	62500	25000		25000
Andel af transporterede	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

mængder excl. Skibstransport					
Andel af transporterede mængder inkl. Skibstransport	5,1%	2,6%	1,0%	0,1%	0,6%

1.4 Etablering af CO₂-transportsystemet

I forhold til etablering af transportsystemet vil en stor del af klimapåvirkningen stamme fra den indlejrede CO₂ i rørledninger samt ved anlægsarbejdet.

For rørledninger antages det, at der vil anvendes stålørledninger. Den forudsatte klimapåvirkning, der anvendes til beregninger, er: 1.85 kg CO₂/kg stål.

For anlægsarbejdet vil CO₂-udslippet afhænge af, hvilke typer brændstof der anvendes til maskiner.

For 100 km 30" rørledning med en vægt på 400 kg/m rørledning vil der således være mindre end 1 ton CO₂ pr. m rørledning. For 24" rørledning regnes med 250 kg/m. Den samlede CO₂-belastning vil således være som følger:

Tabel 3: Indlejret CO₂ ved etablering af CO₂-transportsystem

CO ₂ i transportsystemet	Scenarie 1	Scenarie 2			Scenarie 3
		2a	2b	2c	
Længde rørledning (km)		40	120	120	170
Klimapåvirkning, stålørledning (ton CO ₂)	0	20000	60000	100000	150000
Klimapåvirkning, anlægsarbejde (ton CO ₂)		10000	20000	20000	30000
Kompressorer mv.	1000	1000	1000	1000	1000
Havne m.v..	1000	1000	1000		1000
Etablering af transportsystem (samlet, ton CO ₂)	2000	37000	82000	121000	182000

Over en 25-årig periode vil emission fra stålproduktion være i størrelsesordenen 0,1-0,2 % af den transporterede mængde i rørledningernes levetid.

Der arbejdes p.t. med nye processer til stålproduktion baseret på grøn brint. Dette vil kunne nedbringe den indlejrede CO₂ i stålørledningerne.

For anlægsarbejdet skønnes at CO₂-emissioner fra transport af rørledninger, gravearbejde m.v. er mindre end 25-40 % af udslippet fra produktion af stålørledninger, størst for mindre rørledninger.

1.5 Drift af kompressorer og fordråbning

CO₂-udslippet fra kompressorer og fordråbning vil primært skyldes elforbrug. Her kan der være forskellige betragtninger vedr. CO₂ pr. kWh afhængigt af, om der anvendes gennemsnitlige eller marginale betragtninger, eller om elforbruget er en del af ETS-systemet.

Anvendes det gennemsnitlige CO₂ i det danske el-system, forventes der et kraftigt fald i CO₂-udslip på kWh i de kommende år:

Tabel 4: Fremtidige emissioner fra elektricitet Danmark

År	Elektricitet [kg/MWh]
2020	111
2021	89
2022	70
2023	58
2024	54
2025	50
2026	42
2027	37
2028	32
2029	13
2030	12

På længere sigt kan anvendes 10 kg/MWh svarende til "embedded" CO₂-udslip i vindmøller og solceller.

Elforbruget i Scenarie 2b vil være i størrelsesordenen 300 GWh. Med 10 kg/MWh vil dette svare til et udslip på 3000 ton CO₂ pr. år, eller ca. 0,1 % af den transporterede CO₂.

Da en del af elforbruget vil blive konverteret til varme, som kan anvendes i fjernvarmesystemer eller til CO₂-fangst, vil den reelle påvirkning være mindre. Det muligt at udnytte en betydelig mængde af varmen fra transporten af CO₂ – dvs. i kompressorer mv. under forudsætning af, at kompressorstationer er placeret i nærheden af fjernvarmenet, der kan aftage varmen. Under en antagelse om et elforbrug på 300 til 400 GWh fra kompressorstationer og fordråbning, og at der kan udnyttes ca. 70 % af varmen herfra, kan der udnyttes i størrelsesordenen 250 GWh varme. Under forudsætning om, at anlæggene, hvorfra der fanges CO₂, er i drift i 6000-8000 timer årligt, vil den samlede gennemsnitlige varmeeffekt være på 35 MW, hvilket igen bliver fordelt på flere kompressorstationer og dermed flere fjernvarmenet. Under en antagelse om, at de 250 GWh varme kan fortrænge naturgas året rundt, hvilket i parentes bemærket ikke er realistisk, vil varmen fra kompressorstationerne kunne fortrænge naturgas med et samlet CO₂-indhold på ca. 50.000 tons årligt.

Hvis man i stedet bruger marginale betragtninger, vil der være et CO₂-udslip fra kulkraftværker på op mod 1000 kg/MWh. I disse perioder vil der således være et udslip på op mod 10%.

Det kan være aktuelt at optimere fordråbning og kompression for at undgå perioder med høj CO₂-emission fra elektricitet.

1.6 Klimagasser fra kompressorer og fordråbningsanlæg

Forråbningsanlæg anvender kølemidler der – afhængig af valg – vil have forskellig virkning som klimagasser. Der forventes kun små lækager af kølemiddel, f.eks. i forbindelse med vedligehold.

1.7 CO₂-udslip fra rørledningssystemer

For den normale drift vil der være minimale udslip af CO₂ fra rørledningssystemer. Erfaringer fra naturgas transmissionssystemer viser udslip, som er minimale. Energinet oplyser således, at deres udslip fra transmissionssystemet er ca. 0,01 %.

I forbindelse med reparation og vedligehold eller uheld kan der være tale om udslip af CO₂. Hvis 100 km 30" med et tryk på 100 bar rørledning skal tømmes for CO₂, vil der være tale om ca. 65.000 ton, svarende til ca. 2 % af den årlige transport. Sandsynligheden for en sådan hændelse er meget lille, og det gennemsnitlige udslip er derfor minimalt. Der kan udarbejdes procedurer, som reducerer udslippet ved f.eks. et brud på rørledningen.

1.8 Lastbiltransport

CO₂-transport med lastbil vil have udslip fra fordråbning, energiforbrug til lastbilen og evt. udslip i forbindelse med fyldning og tømning af lastbil.

CO₂-udslip i forbindelse med energiforbruget til lastbilen forventes at være begrænset, da det vil være muligt enten at anvende biodiesel eller i løbet af en årrække at anvende elektriske lastbiler, da der er tale om korte køreafstande.

Hvis der anvendes diesel til lastbiler, vil udslippet være i størrelsesordenen 300 g/km. Med en afstand på 100 km rundtur bliver udslippet ca. 30 kg svarende til 0,1 % af den transporterede mængde. Anvendes biodiesel eller el, vil udslippet være ca. 0,01 %.

I forbindelse med fyldning og tømning kan der være tab af CO₂. Baseret på erfaringer fra oliesektoren vurderes dette til at være mindre end 0,1 %.

1.9 Skibstransport

CO₂-udslip fra skibstransport vil afhænge af skibets størrelse, hastighed og valg af brændstof.

Baseret på oplysninger fra bl.a. Everfuel vil CO₂-udslip være mellem 500 ton/år for brug af grøn brint og 27.500 ton/år ved brug af gasolie for et skib med 22.500 m³ CO₂. Antages varigheden af et round-trip til 8 dage og 22.500 m³, svarer dette til 0,05 % for grøn brint og 2,5 % for brug af gasolie. Her er det antaget, at skibene sejler hele året. Hvis der anvendes grøn metanol, ammoniak e.l., vil der være meget lave emissioner.

For mindre skibe som 7.500 m³ skibe vil der være noget højere emissioner. Overslagsmæssigt skønnes dobbelt så høje procenter, altså 5 % for brug af gasolie og 0,1 % for brug af brint.

1.10 Konklusion

Den indlejrede CO₂ i rørledninger m.v. er meget lille. Over en 25-årig periode vil emission fra stålproduktion være i størrelsesordenen 0,1–0,2 % af den transporterede mængde i rørledningernes levetid.

For de direkte emissioner fra rørledningssystemet er det muligt at holde det samlede udslip under 0,5 %. Da elektricitetsproduktion i løbet af få år vil være baseret på ikke fossile kilder, er der meget små indirekte emissioner fra kompression og fordråbning.

Det kritiske element i CO₂-transportkæden er skibstransport, hvor emissionerne kan være op til 2,5 % af den transporterede mængde CO₂ og endnu højere ved mindre skibe. Ved anvendelse af grønne brændsler som grøn metanol, brint, e-methan m.v. er det også muligt at holde emissionerne fra skibstransporten meget lave.