

# Femern Bælt-forbindelsens opdaterede CO<sub>2</sub>-regnskab: Ingen klimagevinst i tunnelens levetid

# Indholdsfortegnelse

<b>Indledning</b>	<b>3</b>
<b>1. Sammenfatning</b>	<b>4</b>
<b>2. Femern Bælt-forbindelsens CO<sub>2</sub>-regnskab opdateret</b>	<b>7</b>
<b>3. Nye forudsætninger for trafikens udledninger</b>	<b>13</b>
3.1 Opdatering af CO <sub>2</sub> -udledning fra færgedrift	13
3.2 Opdatering af CO <sub>2</sub> -udledning fra vej- og togtrafik	16
<b>4. Grøn beton</b>	<b>22</b>
<b>5. Litteratur</b>	<b>25</b>
<b>6. Bilag</b>	<b>26</b>
6.1 Bilag 1: Metode bag fremskrivning af emissionsfaktorer	26

# Indledning

I denne rapport opdaterer vi Femern Bælt-forbindelsens klimaregnskab i lyset af ny viden om trafikens CO<sub>2</sub>-udledninger. Opdateringen har stor indflydelse på opgørelsen af de ændringer i årlige CO<sub>2</sub>-udledninger, tunnelforbindelsen over Femern Bælt forventes at medføre. Rapportens hovedresultat viser, at udledningerne fra konstruktionen af Femern Bælt-forbindelsen indhentes meget senere end forventet i klimaregnskabet, da der ikke længere er belæg for at opnå store transportmæssige klimabesparelser i årene efter forbindelsens færdiggørelse. I rapportens første kapitel sammenfatter vi hovedresultaterne af vores analyse. I Kapitel 2 opdaterer vi tal og beregninger bag CO<sub>2</sub>-regnskabet og sammenligner resultaterne med Femern Bælts oprindelige regnskab. De tekniske detaljer bag CO<sub>2</sub>-regnskaberne gennemgår vi i Kapitel 3. Rapporten afsluttes i Kapitel 4 med en kort beskrivelse af perspektiverne i at opnå CO<sub>2</sub>-besparelser ved tunnelprojektets brug af grøn beton. Rapporten er udarbejdet af Kraka Advisory på vegne af Scandlines.

Kraka Advisory er alene ansvarlig for de anvendte metoder og resultater i rapporten.

## Om Kraka Advisory

Kraka Advisory er en samfundsøkonomisk konsulentvirksomhed, der er ejet af Fonden Kraka. Vores overskud går ubeskåret til aktiviteter i tænketanken Kraka til at udvikle samfundsrelevante analyser. I Kraka Advisory benytter vi os løbende af sparring med anerkendte forskere for at sikre, at kvaliteten af vores analyser er på det højeste faglige niveau. Derudover benytter vi vores politiske indsigt til at forstå kundens strategiske behov for derved at kunne levere et forståeligt materiale, som er direkte anvendeligt i beslutningsprocessen. Kraka Advisory har et strategisk samarbejde med Deloitte, som giver os adgang til en bred vifte af klassiske konsulentkompetencer. Sammen har vi en unik position i markedet, baseret på faglighed, uafhængighed og troværdighed.

Adresse: Kraka Advisory, Rigsgade 11, 3. sal, 1316 København K

E-mail: [admin@kraka-advisory.com](mailto:admin@kraka-advisory.com)

Hjemmeside: [www.kraka-advisory.com](http://www.kraka-advisory.com)

# 1. Sammenfatning

## Femern-tunnelens CO<sub>2</sub>-regnskab genbesøges i denne rapport

Denne rapport analyserer Femern Bælt-forbindelsens klimaaftryk i lyset af ny information om CO<sub>2</sub>-udledninger fra blandt andet færgedrift, vejtransport og tog. De nye informationer giver os grund til at betvivle, at Femern Bælt-forbindelsen skulle blive en grøn forbindelse mellem Danmark og Tyskland. Femern Bælt-forbindelsen forventes tidligst at stå klar i 2029, og meget er sket, siden det oprindelige klimaregnskab blev udgivet i 2013. Denne rapport's hovedkonklusioner opsummeres her:

## Forbindelsen blev oprindeligt vurderet klimaneutral efter 10 år ...

- Femern Bælt-forbindelsen udleder knap to millioner ton CO<sub>2</sub> under sin opførelse. Ved at forvente store årlige CO<sub>2</sub>-besparelser gennem trafikale ændringer i de efterfølgende år anslog Femern A/S i det oprindelige klimaregnskab, at den store udledning ville være indhentet efter **10 år**. Denne rapport viser, at dette ikke længere er realistisk.

## ... men der vil gå mindst 34 år ...

- Ved at inddrage nyeste viden om fremtidige CO<sub>2</sub>-udledninger og udviklingen i transportmidler, konkluderer denne rapport, at klimaneutralitet først opnås **34 år** efter tunnelens færdiggørelse.

## ... og op til 181 år ...

- Beregningerne fra Femern Bælt bygger på en antagelse om, at antallet af afgang på to færgeruter falder, alene som følge af Femern Bælt-forbindelsen. Hvis denne forventning ikke er korrekt, opnås klimaneutralitet først efter **181 år**.

## ... før forbindelsen med en levetid på 120 år er klimaneutral

- Sættes de opdaterede tal i forhold til forbindelsens forventede levetid på **120 år**, er konklusionen tydelig. Femern Bælt-forbindelsen bliver ikke den grønne forbindelse til Europa, som Femern A/S stillede de danske politikere i udsigt.

## Grøn beton kan sikre store CO<sub>2</sub>-besparelser

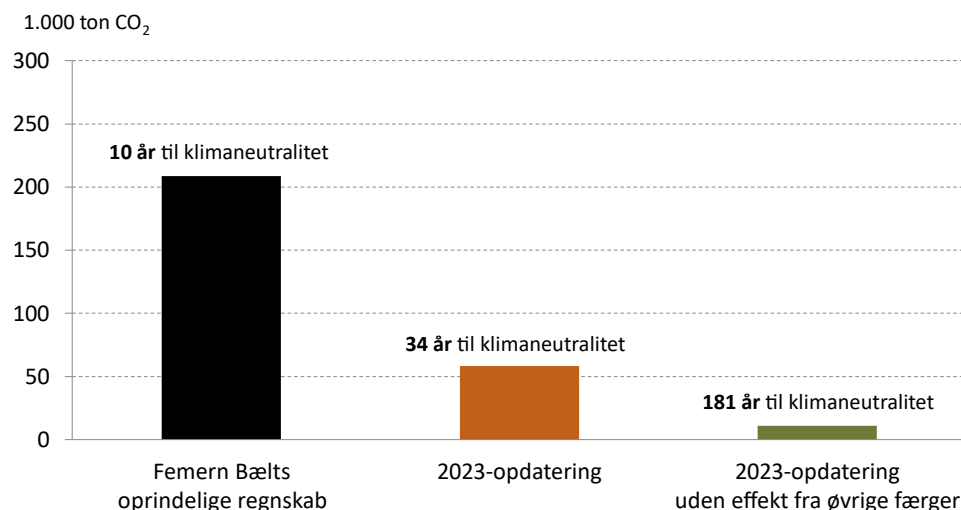
- Størstedelen af CO<sub>2</sub>-udledningerne i forbindelse med byggeriet af Femern Bælt-forbindelsen stammer fra brugen af beton. Hvis man venter med at støbe tunnelen, til nye grønne betontyper eller betontyper med langt mindre CO<sub>2</sub>-aftryk på baggrund af CCS-teknologi er klar om kort tid, viser vores beregninger, at man kan mere end halvere CO<sub>2</sub>-aftrykket fra brug af beton i projektet.

## Der udledes to mio. ton CO<sub>2</sub> i anlægsfasen

Femern Bælt-forbindelsen står til at blive en stor belastning for Danmarks klimaregnskab. Selve opførelsen af tunnelen estimeres at udlede knap to millioner ton CO<sub>2</sub> i løbet af den årelange anlægsperiode. Det svarer til ca. 5 pct. af Danmarks samlede udledning af drivhusgasser i 2021. Størstedelen af CO<sub>2</sub>-udledningerne stammer fra produktion af de mange ton beton og stål, som indgår i den 18 kilometer lange sænketunnels undervandselementer. Tunnelens konstruktion medfører altså store CO<sub>2</sub>-udledninger, men forbindelsen fremstilles i projektets VVM-rapport (Femern A/S, 2013) som et grønt og klimavenligt alternativ til de eksisterende trafikale løsninger. Den konklusion nås, fordi man hvert år efter tunnelens færdiggørelse forventer at opnå store CO<sub>2</sub>-gevinster fra ændringer i de trafikale forhold.

Vores hovedresultat er illustreret i figur 1, som viser den CO<sub>2</sub>-gevinst, man ifølge det oprindelige og to opdaterede versioner af emissionsregnskabet opnår i hvert år efter Femern Bælt-forbindelsen er opført.

**Figur 1 Femern Bælt-forbindelsens årlige CO<sub>2</sub>-gevinst forsvinder når tallene opdateres**



Anm.: Antallet af år til klimaneutralitet er beregnet som forholdet mellem de samlede udledninger i Femern Bælt-forbindelsens anlægsfase (knap 2 mio. ton CO<sub>2</sub>) og højden på de enkelte søjler.

Kilde: COWI (2013), DCE (2022) og egne beregninger.

**Klimabelastning fra opførelsen af tunnelen vindes langsomt tilbage**

Hver søjle i figur 1 viser det antal ton CO<sub>2</sub>, man hvert år forventer at spare på klimakontoen, ved at de fremtidige trafikmønstre påvirkes af tunnelforbindelsen. Følges det oprindelige regnskab, som er Femern A/S eget, ville der hvert år kunne opnås en samlet CO<sub>2</sub>-gevinst på cirka 209.000 ton CO<sub>2</sub>. Med udgangspunkt i at tunnelens opførelse udleder knap to millioner ton CO<sub>2</sub>, svarer det til, at tunnelen ville opnå klimaneutralitet 9-10 år efter, at den er færdigbygget, og bidrage positivt til Danmarks klimaregnskab i de efterfølgende år.

**Gevinsten falder når færger skifter fra diesel til el**

Langt størstedelen af den forventede årlige CO<sub>2</sub>-gevinst fra det oprindelige regnskab opnås, fordi man forventer en indstillet færgedrift på Rødby-Puttgarden-forbindelsen. Selv hvis denne antagelse skulle vise sig at være korrekt, vil bidraget herfra til CO<sub>2</sub>-regnskabet være langt mindre end først antaget og beregnet. Det skyldes, at der allerede i dag er ved at ske en elektrificering af færgedriften på en række overfarter, herunder på Rødby-Puttgarden, som vil reducere udledningerne til en brøkdel af de nuværende dieselfærger.

**Opdaterede trafikforhold mindsker klimagevinsten betydeligt**

I denne rapport opdateres regnskabet ved at inddrage tal for CO<sub>2</sub>-emissioner fra en elektrificeret færgedrift sammen med ny viden om, hvor meget CO<sub>2</sub> den øvrige trafik fra tog, biler, lastbiler og busser udleder. Som illustreret af den midterste søjle i figur 1, medfører vores opdatering af regnskabet et fald i den årlige nettogevinst til godt 58.000 ton CO<sub>2</sub>. Alene denne opdatering til de tidssvarende trafikforhold forlænger antallet af år, der går, før projektet opnår klimaneutralitet, til 34 år. Altså går der over tre gange så lang tid end oprindeligt forudsat, før man kan kalde Femern Bælt-forbindelsen grøn.

### Usikkert, om færgeoverfarer påvirkes af tunnelen

Dertil kommer, at Femern Bælt-forbindelsens oprindelige klimaregnskab beror på en yderligere antagelse om, at to andre færgeruter, Gedser-Rostock og Trelleborg-Rostock, som følge af tunnelens eksistens vil sænke antallet af daglige overfarer. Her forventes det i det oprindelige regnskab, at hver forbindelse har én afgang mindre pr. dag. Det medfører i alt en årlig gevinst i CO<sub>2</sub>-regnskabet på cirka 47.000 ton CO<sub>2</sub> og udgør altså langt størstedelen af den resterende årlige nettogevinst. Det er imidlertid langt fra sikkert, at disse færgeforbindelser påvirkes af Femern Bælt-tunnelens eksistens. Hvis det forventede fald i antallet af færgeoverfarer på de to ruter ikke realiseres, viser den højre søjle i figur 1, at den årlige CO<sub>2</sub>-gevinst af Femern Bælt-forbindelsen kun udgør 10.900 ton CO<sub>2</sub>.

### Tunnelen opnår ikke klimaneutralitet inden for dens levetid

Under de ændrede forudsætninger er CO<sub>2</sub>-gevinsten så lav, at tunnelen under Femern Bælt først bliver klimaneutral efter 181 år, altså lang tid efter dens forventede levetid, som er vurderet til at være 120 år. Vi vurderer, at de 181 år før klimaneutralitet opnås, kan ses som et lavt skøn. Hvis færgeforbindelsen mellem Rødby og Puttgarden helt eller delvist fortsætter sin drift, når Femern-tunnelen er bygget færdig, vil der nemlig gå endnu længere tid, før forbindelsen bliver klimaneutral.

### CO<sub>2</sub>-reduktioner er mulige i anlægsfasen

Konklusionen om, at Femern Bælt-forbindelsen under de nye forudsætninger ikke bliver det klimavenlige projekt, man havde forventet, betyder, at der bør tages skridt henimod CO<sub>2</sub>-reduktioner allerede i anlægsfasen.

### Grøn beton med CO<sub>2</sub>-fangst klar om kort tid

Udviklingen af beton med et langt lavere CO<sub>2</sub>-aftryk er i rivende udvikling. Fra 2024 vil det fx være muligt at købe cement fra Norge, hvor man gennem CO<sub>2</sub>-fangst reducerer klimaftrykket i en sådan grad, at man i Femern Bælt-projektets anlægsfase kan reducere de samlede CO<sub>2</sub>-udslip med over 20 pct. Det svarer til en årlig besparelse på over 100.000 ton CO<sub>2</sub> fordelt over de fire år, man i projektet forventer at støbe tunnelelementerne. Med CO<sub>2</sub>-fangst kan man producere den samme type cement, som skal anvendes i tunnelprojektet. Dertil kommer, at den danske cementproducent Aalborg Portland er tæt på at indlede et arbejde, som om få år kan opnå lignende CO<sub>2</sub>-reduktioner. Der er derfor gode muligheder for, at Femern Bælt-forbindelsen kan blive en mindre belastning for klimaet, end det ellers står til at blive. Samtidig kunne projektet ved at indgå i et udviklingssamarbejde bidrage til at fremskynde tidspunktet for, hvornår man på dansk jord kan producere klimavenlig cement og dermed reducere det samlede danske CO<sub>2</sub>-aftryk markant.

### Fornyede krav til klimaregnskabet

Dette bør efter vores vurdering udløse seriøse politiske overvejelser om fornyede krav til Femern-forbindelsens klimaregnskab, herunder anvendelse af mere klimavenlige byggematerialer. Den forbindelse, politikere besluttede, er nemlig ikke længere en grøn forbindelse, men har udsigt til at blive det modsatte.

## 2. Femern Bælt-forbindelsens CO<sub>2</sub>-regnskab opdateret

### Denne rapport opdaterer Femern Bælts CO<sub>2</sub>-regnskab

I dette kapitel gennemgås de centrale elementer i Femern Bælt-forbindelsens oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskab sammen med konsekvenserne af vores opdatering. Igennem resten af rapporten skelner vi mellem det *oprindelige* regnskab, som er Femern Bælts egen, officielle vurdering, og det *opdaterede* regnskab, som vi udfærdiger i denne rapport. Efter en kort gennemgang af CO<sub>2</sub>-udledninger fra projektets anlægsfase og de grundlæggende principper bag CO<sub>2</sub>-regnskaber gennemgår kapitlet hovedtrækkene i det oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskab, som fungerer som Femern-projektets officielle opgørelse. Kapitlet afsluttes med en gennemgang af vores opdaterede CO<sub>2</sub>-regnskab, hvor vi også forklarer årsagerne til forskellen mellem det oprindelige regnskab og opdateringen.

### Forbindelsen var tænkt som et grønt projekt

Konstruktionen af Femern Bælt-forbindelsen er i projektets VVM-rapport (Femern A/S, 2013) blevet fremstillet som et klimavenligt projekt, der skal skabe en såkaldt grøn trafik-korridor til resten af Europa. Projektet forventes at give en positiv effekt på klimaet allerede ti år efter indvielsen, fordi den hidtidige færgedrift forudsættes at blive nedlagt.

### Tunnelen er en ikke grøn i sig selv ...

Konstruktionen af tunnelen er i sig selv ikke grøn. De primære byggematerialer er beton og stål, hvor produktionen i dag udleder store mængder CO<sub>2</sub>. Til projektet skal der bruges godt 7,5 mio. ton beton, mens der skal bruges 0,4 mio. ton stål til blandt andet armering. Byggeriet anslås alene i anlægsfasen at udlede 1.977.254 ton CO<sub>2</sub>.<sup>1</sup>

### ... men forventes at ændre trafik-sammensætningen

Når VVM-rapporten alligevel vurderer, at Femern Bælt-forbindelsen er et klimavenligt projekt, skyldes det udelukkende, at trafiksamensætningen mellem Danmark og Tyskland forventes at blive ændret markant. Færger mellem Danmark og Tyskland vurderes helt eller delvist at blive udfaset, og trafikken med blandt andet godstog over Storebælt reduceres, som i stedet tager den kortere vej via Femern Bælt. I modsatte retning trækker, at personbiler kører flere kilometer, da de nu ikke længere anvender færgen.

### Trafikken sammenlignes i to scenarier

Tabel 1 sammenfatter resultaterne fra Femern Bælt-forbindelsens oprindelige og vores opdaterede CO<sub>2</sub>-regnskab. I tabellens første to søjler beskrives trafikarbejdet, som er betegnelsen for det antal kørte kilometer, en bestemt type trafik forventes at tilbagelægge i løbet af et år. Den ændrede trafiksamensætning, som forventes, efter tunnelen er opført, fremkommer ved at sammenligne trafikarbejdet i to scenarier. Ét scenarie kaldes "0-alternativet" og beskriver omfanget af trafik, hvis tunnelen ikke blev opført.<sup>2</sup> Det er så at sige udgangspunktet for trafikomfanget, hvis trafikken fortsætter som hidtil. Det andet scenarie er kaldt "Projekt-alternativet". Her bygges tunnelen, og det vil have betydning for trafikarbejdet for forskellige transportmidler. Færgedrift nedlægges, personbiler kører flere kilometer, og godstog får kortere vej til Tyskland. Når disse to alternativer sammenlignes,

<sup>1</sup> I lighed med VVM-rapporten opgøres regnskabet i denne rapport i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter, hvilket dækker de samlede udslip af drivhusgasser.

<sup>2</sup> Vi anvender samme betegnelser for trafikscenarierne som i COWI (2013).

viser en sammenligning af de første to søjler i tabel 1, at nogle transportmidler nu tilbagelægger flere kilometer, mens nogle tilbagelægger færre.

**CO<sub>2</sub>-udledninger beregnes vha. emissionsfaktorer**

Hvis de transportmidler, som tilbagelægger flere kilometer, er mere klimavenlige end dem, som tilbagelægger færre kilometer, vil det reducere CO<sub>2</sub>-udledningerne fra transportmidler. For at afgøre dette anvendes såkaldte emissionsfaktorer, som er vist i tabellens tredje søjle. Hver trafiktype er forbundet med en emissionsfaktor, som beskriver, hvor meget CO<sub>2</sub> der udledes pr. tilbagelagt kilometer. Resultatet er, at man for hver trafiktype kan beregne en samlet mængde emissioner, og disse vises i tabellens sidste søjler.

**Tabel 1 Oversigtstabel for det oprindelige og det opdaterede CO<sub>2</sub>-regnskab for Femern Bælt-forbindelsen i 2030**

	Trafikarbejde		Emissionsfaktor	CO <sub>2</sub> -emissioner		Forskel i CO <sub>2</sub> -emissioner
	0-alternativet	Projekt-alternativet		0-alternativet	Projekt-alternativet	
	..... mio. km/ år .....		g CO <sub>2</sub> / km	..... ton CO <sub>2</sub> / år.....		
<i>Panel A: Oprindeligt CO<sub>2</sub>-regnskab</i>						
Personbiler	4.653	4.786	161	749.133	770.546	21.413
Busser	81	82	680	55.080	55.760	680
Lastbiler	4.726	4.699	662	3.128.612	3.110.738	-17.874
Passagertog	1.344	1.610	33	44.352	53.130	8.778
Godstog	24.267	23.638	16	388.272	378.208	-10.064
Rødby-Puttgarden	0,615	0	276.490	169.950	0	-169.950
Øvrige færger	-	-	-	215.415	168.062	-47.353
Vedligehold af tunnel	-	-	-	0	5.666	5.666
<b>Total</b>						<b>-208.704</b>
<i>Panel B: Opdateret CO<sub>2</sub>-regnskab</i>						
Personbiler	4.653	4.786	91	424.094	437.245	12.151
Busser	81	82	630	51.069	51.699	630
Lastbiler	4.726	4.699	539	2.548.205	2.533.647	-14.558
Passagertog	1.344	1.610	1,6	2.162	2.589	428
Godstog	24.267	23.638	0,3	6.789	6.613	-176
Rødby-Puttgarden	0,615	0	17.552	11.262	0	-11.262
Øvrige færger	-	-	-	215.415	168.062	-47.353
Vedligehold af tunnel	-	-	-	0	1.892	1.892
<b>Total</b>						<b>-58.248</b>
<b>Total uden effekt fra øvrige færger</b>						<b>-10.895</b>

Anm.: Emissioner fra tunnel indeholder udledninger ifm. drift af tunnelen (primært elforbrug) og materiale- og maskinbrug for vedligehold.  
 Kilde: COWI (2013), DCE (2022) og egne beregninger



**Den årlige  
klimagevinst er  
meget mindre end  
oprindeligt beregnet**

Den samlede reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningerne som følge af ændringerne i trafik-sammensætningen er i det oprindelige regnskab opgjort til 208.704 ton CO<sub>2</sub> pr. år, jf. panel A i tabel 1.<sup>3</sup> Resultatet af de opdaterede forudsætninger, som bliver præsenteret i denne rapport, er opgjort i panel B. Det fremgår heraf, at ændringer i trafiksammensætningen som følge af tunnelens åbning kun reducerer CO<sub>2</sub>-udledningerne med 58.248 ton CO<sub>2</sub> årligt.

**Usikkerhed om  
udviklingen i  
grønne teknologier**

I både det oprindelige og vores opdaterede regnskab regner man med udgangspunkt i et 2030-niveau for teknologier. Det vil helt konkret sige, at man vurderer den forventede teknologi i 2030, og hvor store udledninger der kommer fra biler, færger, lastbiler, busser og tog i dette år. Det stemmer overens med, at teknologien er klar, når tunnelen forventes at åbne efter 2029. Det betyder, at vores opdatering alene vurderer konsekvensen af ny viden om den teknologi og de emissionsfaktorer, man kan forvente at se i år 2030. På længere sigt vil der være usikkerhed omkring skønnet, da der efter 2030 sandsynligvis vil ske udviklinger, som kan reducere udledningerne fra både færgedrift og landtransport yderligere end det, som er lagt til grund selv i det opdaterede CO<sub>2</sub>-regnskab.

**Personbiler kører  
flere kilometer med  
forbindelsen*****Det oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskab***

I dette afsnit beskrives resultaterne for det oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskab, som vist i panel A af tabel 1. Man antog i det oprindelige regnskab, at en personbil udleder 161 g CO<sub>2</sub> pr. tilbagelagt kilometer, mens lastbiler udleder 662 g CO<sub>2</sub> pr. tilbagelagt kilometer. Når personbiler i udgangspunktet, dvs. i 0-alternativet, kører 4.653 mio. kilometer om året, udleder de 749.133 ton CO<sub>2</sub> årligt, hvilket svarer til at gange antal tilbagelagte kilometer med emissionsfaktoren. Med Femern Bælt-forbindelsen, dvs. i projekt-alternativet, kører personbiler i stedet 4.786 mio. kilometer om året, hvorfor de nu udleder 770.546 ton CO<sub>2</sub> årligt. Forskellen i årlige udledninger for personbiler mellem de to alternativer er da 21.413 ton CO<sub>2</sub>. Tilsvarende gøres for de resterende transportmidler, og resultatet heraf er vist i tabellens sidste søjle.

**Færgedrift giver  
størst bidrag til CO<sub>2</sub>-  
reduktionen**

For færgerne på Rødby-Puttgarden er der i det oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskab forudsat, at ruterne helt forsvinder med tunnelen. Derfor forsvinder alle de årlige CO<sub>2</sub>-udledninger på 169.950 ton. For de øvrige færger, som består af Gedser-Rostock og Trelleborg-Rostock, reduceres de daglige afgangene med én, da det er lagt til grund, at færgepassagerne i stedet fx kører i bil eller tager tog. Nedgangen i øvrige færgers emissioner udgør således det næststørste bidrag til det oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskab på 47.353 ton CO<sub>2</sub> årligt.

**Drift og vedligehold  
af tunnelen  
medregnes også**

En forholdsvist lille udledningskilde kommer fra vedligehold og drift af tunnelen. Udledningerne fra vedligehold er primært byggematerialer, mens udledninger til drift af tunnelen kommer fra elektricitet til bl.a. belysning. Samlet set vurderes i det oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskab, at der vil blive udledt 5.666 ton CO<sub>2</sub> årligt til den løbende drift.

**Forbindelsen var  
oprindeligt  
forventet klima-  
neutral efter 10 år**

Det oprindelige regnskab opgør altså, at Femern Bælt-tunnelen hvert år vil nedbringe de samlede udledninger med 208.704 ton CO<sub>2</sub>. Efter ti år udgør CO<sub>2</sub>-gevinsten i alt 2.087.040 ton CO<sub>2</sub>, hvilket er mere end de ca. 2 mio. ton CO<sub>2</sub>, som udledes under anlægsfasen. Mere præcist vurderer man, at projektet opnår klimaneutralitet efter 9,5 år.

<sup>3</sup> Det oprindelige regnskab, som præsenteret i Tabel 1 er beregnet ud fra forudsætninger opgjort i det oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskab, som er forklaret i detaljer i COWI (2013). I COWI (2013) opgøres den totale forskel i CO<sub>2</sub>-emissioner til 214.000 ton CO<sub>2</sub>. Det er uklart ud fra rapporten, hvorfor der er forskel mellem det resultat, som kan regnes ud fra forudsætningerne, og det samlede opgjorte tal for udledningerne. I nærværende rapport vil opgjorte tal altid afspejle udregninger, som er regnet på baggrund af de bagvedliggende forudsætninger.

**Forudsætninger for regnskabet opdateres med ny viden**

*Det opdaterede CO<sub>2</sub>-regnskab*

I panel B af tabel 1 opdaterer vi det oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskab med nye forudsætninger for udledninger fra transportmidler. Der er taget udgangspunkt i det oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskabs forudsætninger for trafikomfanget, mens vi har forudsat nye emissionsfaktorer for transportmidler.<sup>4</sup> Det er gjort på baggrund af ny viden og teknologi, som er blevet tilgængelig efter, at det oprindelige regnskab blev beregnet. De overordnede forklaringer på opdateringen gennemgås i nærværende afsnit sammen med dets betydning for emissions-regnskabet. Detaljerne bag opdateringen af hver emissionsfaktor fremgår af rapportens afsnit 3.

**Den største effekt på opdateringen vedrører færgedriften**

Den største ændring i det opdaterede CO<sub>2</sub>-regnskab består i nye forudsætninger for færger. I det oprindelige regnskab blev det forudsat, at dieselfærger skulle sejle på ruten mellem Rødby og Puttgarden i al fremtid, hvis tunnelen ikke blev opført. Da man forventede, at færgedriften vil stoppe, når tunnelen opføres, ville det altså betyde store besparelser på CO<sub>2</sub>-udledningerne.

**Elfærger på Rødby-Puttgarden udleder 93 pct. mindre CO<sub>2</sub> end dieselfærger**

Det er dog ikke en rigtig forudsætning, at dieselfærgerne vil være i brug i al fremtid i det tilfælde, hvor tunnelen ikke bygges. Det skyldes, at elfærger gennem de seneste år er blevet et realistisk alternativ til dieselfærgerne, hvis der er tale om kortere sejlruiter. Det er fx tilfældet ved Rødby-Puttgarden, hvor den første eldrevne færge er ved at blive bygget og indsættes på ruten i 2024. Elfærgerne udleder markant mindre CO<sub>2</sub> end dieselfærgerne, også selvom der tages højde for udledninger i forbindelse med produktionen af batterier. Det betyder, at udledninger fra færger, som Femern Bælt-forbindelsens opførelse vil fjerne, er langt mindre end det, der er forudsat i det oprindelige regnskab. Vi beregner, at hvis rutens drift varetages af elfærger, vil CO<sub>2</sub>-gevinsten af Femern Bælt-forbindelsen være 11.262 ton CO<sub>2</sub> årligt.<sup>5</sup> I det oprindelige regnskab var det 169.950 ton CO<sub>2</sub>, svarende til en reduktion på ca. 93 pct.

**Det er ikke sikkert, at færgetrafikken på andre ruter vil falde**

Det næststørste bidrag kommer ligeledes fra færgedrift ved overfarterne Gedser-Rostock og Trelleborg-Rostock. Disse overfarter er for lange til at blive gjort til elfærger med nuværende teknologi, hvorfor vi ikke har forudsat nye udledninger fra disse overfarter. Til gengæld har man i det oprindelige regnskab vurderet, at man kan forvente et fald i antallet af daglige overfarter fra disse to ruter. Forholdet diskuteres imidlertid ikke i regnskabet, og vurderingen beror alene på usikre trafikfremskrivninger.<sup>6</sup> Denne vurdering er kritisk, og som det fremgår af opdateringerne i tabel 1, central for at afgøre om Femern Bælt-forbindelsens CO<sub>2</sub>-regnskab kan anses som værende grønt. Vi viser i tabel 1 det opdaterede regnskab med og uden effekt fra disse øvrige færger, for at illustrere vigtigheden af denne ene antagelse.

**Klimavenlige biler gør CO<sub>2</sub>-besparelsen større**

Det er af mindre betydning for regnskabet, når vi opdaterer udledningerne fra vejtransport samt togtrafikken pba. af nye opgørelser fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE). Det viser sig, at alle køretøjer er blevet mere klimavenlige siden seneste opgørelse. Det er især personbiler, som er blevet mere klimavenlige. I det oprindelige CO<sub>2</sub>-regnskab udledte en personbil 161 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer, hvilket er reduceret til 91 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer på baggrund

<sup>4</sup> Bemærk, at trafikprognoserne for Femern Bælt-forbindelsen er baseret på usikre vurderinger og man har i marts 2023 igangsat udviklingen af en opdateret trafikmodel til fremskrivning af trafikomfanget.

<sup>5</sup> Se kapitel 3.1 for detaljer.

<sup>6</sup> Kraka Advisory (2020) har tidligere vist, at der er store forskelle mellem fremskrivningerne og den faktiske udvikling i trafikken.

af tallene fra DCE. De lavere emissioner skyldes hovedsageligt, at elbiler forventes at stå for en gradvist større andel af personbilerne. Derudover bliver der indført en række nye regler for benzin- og dieslbiler, som påkræver, at nyregistrerede biler er mere klimavenlige end hidtil. Opdateringen betyder, at de ekstra kørte kilometer efter tunnelens åbning udleder mindre CO<sub>2</sub> end i det oprindelige regnskab. Bidraget til emissionsregnskabet falder fra 21.413 ton CO<sub>2</sub> i det oprindelige regnskab til 12.151 ton CO<sub>2</sub> i det opdaterede regnskab.

#### **Grønnere lastbiler gør CO<sub>2</sub>-besparelsen mindre**

Lastbilstrafikken forventes at blive reduceret i forbindelse med tunnelens åbning, da en del gods nu fragtes med godstog samtidigt med, at turen til Tyskland bliver kortere. Med vores opdaterede regnskab finder vi, at lastbiler udleder 539 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer. I det oprindelige blev det opgjort til 662 g pr. kilometer. Faldet skal primært ses i sammenhæng med, at lastbiler med diesel og LNG er blevet mere klimavenlige samtidigt med, at ellastbiler gradvist forudsættes at vinde indpas frem mod 2030. Det betyder samlet set, at faldet i lastbilsdriften nu kun giver en årlig CO<sub>2</sub>-besparelse på 14.558 ton CO<sub>2</sub>, som i det oprindelige regnskab blev opgjort til 17.874 ton.

#### **Togdriften forventes at blive fuldt elektrificeret**

For både passagertog og godstog er der forudsat fuld elektrificering, når Femern Bælt-forbindelsen åbner. Det var der allerede forudsat i det oprindelige emissionsregnskab, men siden da er der kommet nye forudsætninger for CO<sub>2</sub>-udledninger fra elproduktion. I 2020 udleder elproduktion 134 g CO<sub>2</sub> pr. kWh, som falder til 8,6 g CO<sub>2</sub> pr. kWh i 2030 (DCE, 2022). Det betyder, at de elektrificerede tog forventes at være nær udledningsfri fra 2030.

#### **Udledninger fra passagertog bliver meget små ...**

Når Femern Bælt-forbindelsen åbner, vil det medføre en stigning i passagertogsdriften på ca. 266 mio. kilometer hvert år. Pga. de reducerede udledninger fra elproduktion i det nye regnskab stiger udledningerne fra passagertog blot 428 ton CO<sub>2</sub> årligt, selvom passagertogsdriften stiger med et betydeligt antal kilometer. I det oprindelige regnskab betød ændringen i passagertogsdriften, at CO<sub>2</sub>-udledningerne steg med 8.778 ton årligt.

#### **... og det samme gælder for godstog**

Godstog vil i forbindelse med tunnelens åbning reducere deres samlede drift med 629 mio. kilometer. I det opdaterede regnskab betyder det, at udledningerne falder med 176 ton CO<sub>2</sub> årligt. I det oprindelige regnskab var det 10.064 ton. For den samlede togdrift, dvs. både for passagertog og godstog, vil åbningen af tunnelen i det nye emissionsregnskab betyde en stigning i udledninger på 252 ton CO<sub>2</sub> årligt. I det oprindelige betød åbningen i stedet et fald på 1.286 ton CO<sub>2</sub> årligt.

#### **Grøn strøm i 2030 resulterer i mindre udledning fra vedligehold og drift**

Endeligt opdateres også CO<sub>2</sub>-udledningerne fra vedligehold og drift. For strømforbruget er der forudsat lavere udledninger end i det oprindelige regnskab, da man forventer, at strøm fra år 2030 blot udleder 8,6 g CO<sub>2</sub> pr. kWh. Derfor udleder strøm i det opdaterede regnskab blot 127 ton CO<sub>2</sub> årligt. Der er ikke fundet belæg for at opdatere udledningerne for byggematerialer til reparation. De samlede CO<sub>2</sub>-udledninger fra vedligehold og drift opdateres dermed til 1.892 ton CO<sub>2</sub> pr. år.

#### **Opdateringen reducerer CO<sub>2</sub>- gevinsten med 72%**

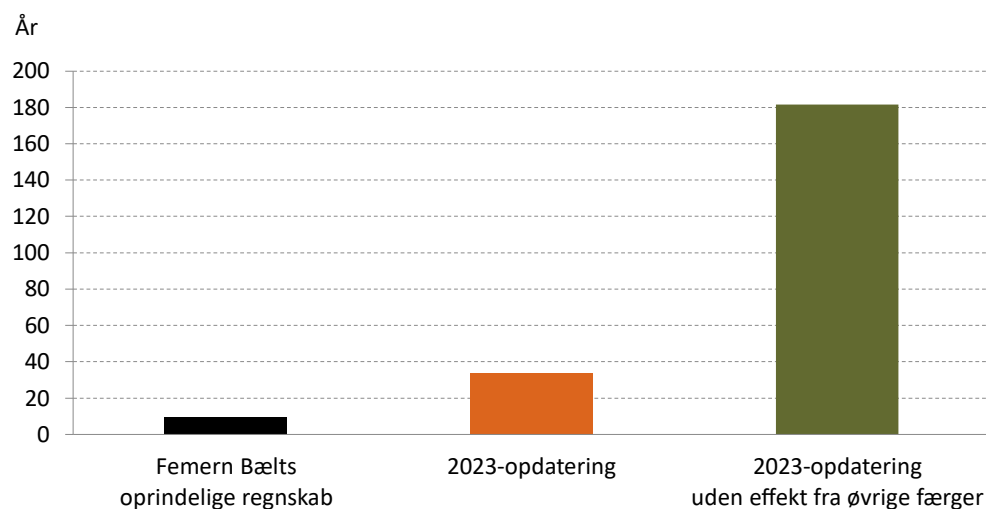
På tværs af transportmidler og inklusiv udledninger fra drift, betyder de opdaterede emissionsfaktorer, at der med tunnelen årligt udledes 58.248 ton CO<sub>2</sub> mindre, sammenholdt med scenariet hvor den ikke blev bygget. CO<sub>2</sub>-gevinsten fra tunnelen er således reduceret med 72 pct. siden seneste opgørelse. Det betyder, at der går længere tid end hidtil forventet indtil, at broen bliver en positiv gevinst for klimaet. Med VVM-rapportens oprindelige forudsætninger ville broen allerede i 2039, altså 10 år efter

åbningen, være en klimagevinst. Figur 2 viser, at det med de opdaterede forudsætninger i stedet tager 34 år, altså er forbindelsen først klimaneutral i år 2063.

**Forbindelsen vil først være klimaneutral efter 181 år**

Hvis bidraget fra øvrige færger tages ud af CO<sub>2</sub>-regnskabet, vil det tage 181 år før, at projektet giver et positivt bidrag til CO<sub>2</sub>-regnskabet. Hvis man altså ikke beslutter at nedlægge én daglig afgang mellem Gedser og Rostock og heller ikke gør det samme på ruten Trelleborg-Rostock, vil Femern-tunnelen ikke blive en gevinst for klimaet indenfor tunnelens forventede levetid på ca. 120 år.

**Figur 2 Antal år til Femern Bælt-forbindelsen opnår klimaneutralitet**



Kilde: Femern A/S (2013), COWI (2013), DCE (2022) og egne beregninger.

## 3. Nye forudsætninger for trafikens udledninger

### 3.1 Opdatering af CO<sub>2</sub>-udledning fra færgedrift

**Skift til elfærger har stor betydning for, hvornår forbindelsen bliver grøn**

Da det oprindelige emissionsregnskab blev udfærdiget, var det lagt til grund, at uden tunnelen ville færgedriften blive varetaget af dieselfærger i al fremtid. Siden da er der kommet skub i den grønne omstilling. Det er nu blevet en realitet, at kortere færgeruter i stedet kan varetages af elfærger. Rødby-Puttgarden er en sådan kort overfart, hvor elfærger vil være anvendelige. Elfærger er langt mere klimavenlige end dieselfærgerne, hvorfor de vil have stor betydning for, om og hvornår Femern Bælt-forbindelsen bliver klimaneutral.

**Det forventes at Rødby-Puttgarden-færger er eldrevne i 2030**

At Rødby-Puttgarden-forbindelsen overgår til eldrift er en central antagelse bag det opdaterede CO<sub>2</sub>-regnskab, som opgøres i denne rapport. I 2024 går startskuddet til en gradvis overgang til elfærger, og den første elfærge indsættes på forbindelsen. Den forventede udvikling understøttes af danske myndigheder, som vurderer, at lignende færgeoverfarter på indenrigsruter i Danmark kan elektrificeres eller anvende andre grønne brændsler (COWI, 2021). Lange overfarter kan ikke omlægges til eldrift, men Rødby-Puttgarden-overfarten er kun ca. 19 kilometer, hvorfor overfarten kan varetages af elfærger.

**Elfærger på ruten reducerer den årlige udledning med 160.000 ton CO<sub>2</sub>**

For at beregne udledningerne fra færgerne baserer man sig på den forventede trafikmængde på overfarten. Her beregner man den samlede trafikmasse (biler, busser, lastbiler og passagerer), som færgerne skal kunne fragte på forbindelsen. Det giver en samlet last, som færgerne skal transportere, og sammen med en vurdering af færgernes egne driftsegenskaber, kan det vurderes, hvor mange kg brændstof, som skal anvendes. Da man kender CO<sub>2</sub>-udledninger pr. kg brændstof, kan man til sidst beregne den samlede CO<sub>2</sub>-udledning fra færgerne, jf. tabel 2. Det oprindelige regnskab vurderer på den baggrund, at dieselfærgerne ville udlede 169.950 ton CO<sub>2</sub> årligt. Det opdaterede regnskab med elfærger vurderer i stedet, at udledningerne blot udgør 11.262 ton CO<sub>2</sub> årligt.

**I det oprindelige regnskab udleder dieselfærger 170.000 ton CO<sub>2</sub>**

Femern Bælt-forbindelsens CO<sub>2</sub>-regnskab tager afsæt i en beregning udført af Kristensen (2010), som med grundlag i en statistisk analyse vurderer, hvor store færger man forventer skal varetage Rødby-Puttgarden-forbindelsen fra år 2030 og frem, hvis man ikke bygger tunnelforbindelsen. Størrelsen af færgerne og mængden af trafik og gods, der skal fragtes, afgør hvor meget energi, og dermed hvor stort et brændstofforbrug, der skal til på årlig basis, for at servicere ruten. Det er på den baggrund vurderet, at det samlede årlige

brændstofforbrug i form af olie er 53.010 ton. Idet ét kg olie skønnes at udlede 3.206 g CO<sub>2</sub>, kan den samlede emission pr. år opgøres til ca. 169.950 ton CO<sub>2</sub>.

**Tabel 2 Beregning af emissioner fra færger, opgjort for 2030**

<b>Dieselfærger</b>	
Antal færgeoverfarter om året	32.351
Olieforbrug pr. overfart (ton)	1,64
Samlet årligt olie forbrug (ton)	53.010
Energiforbrug pr. overfart (kWh)	8.626
Emissionsfaktor for olie (g CO <sub>2</sub> / kg olie)	3.206
Samlede CO <sub>2</sub> -udledninger fra dieselfærger (ton CO <sub>2</sub> /år)	<b>169.950</b>
<b>Elfærger</b>	
Antal færgeoverfarter om året	32.351
Energiforbrug pr. overfart, el (kWh)	9.489
Energiforbrug pr. overfart, diesel (kWh)	8.626
Emissionsfaktor for el (g CO <sub>2</sub> /kWh)	8,6
Emissionsfaktor for olie (g CO <sub>2</sub> /kWh)	609
Emissioner fra 95 pct. eldrift (ton CO <sub>2</sub> /år)	2.515
Emissioner fra 5 pct. dieseldrift (ton CO <sub>2</sub> /år)	8.498
Emissioner fra batteriproduktion (ton CO <sub>2</sub> /år)	250
Samlede CO <sub>2</sub> -udledninger fra elfærger (ton CO <sub>2</sub> /år)	<b>11.262</b>

Anm.: Energiforbruget er beregnet for færger med en kapacitet på 500 bil-ækvivalenter som Kristensen (2010). For energiforbrug for elfærger er der antaget 10 pct. efficienstab. Emissioner fra batteriproduktion anvender middelværdien af estimater fra E-ferry (2020) for batterier med en kapacitet på 4.300 kWh og en forventet levetid på 12 år.

Kilde: COWI (2013), E-Ferry (2020) og egne beregninger.

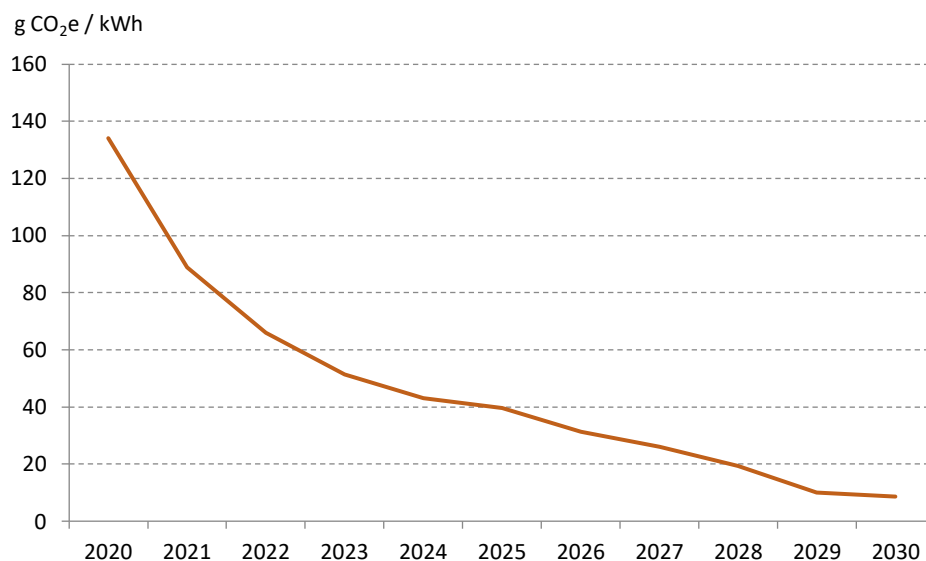
**Elfærger skal bruge flere kWh på en overfart pga. efficienstab ...**

Beregningen af udledningerne fra elfærger tager udgangspunkt i de påkrævede kWh, som dieselfærgerne skal bruge for at gennemføre en overfart. Det svarer til at sige, at færgerne har samme størrelse og last som dieselfærgerne. I tillæg er det af COWI (2021) vurderet, at elektriske motorer har ca. 10 pct. efficienstab sammenlignet med dieselmotorer, hvorfor det her forudsættes, at elfærger skal bruge 10 pct. flere kWh end de tilsvarende dieselfærger. Derfor opjusteres det påkrævede antal kWh fra 8.626 til 9.489 for elfærger.

**... og bruger i korte perioder en dieselmotor**

Elfærger kan typisk ikke undvære en sekundær dieselmotor. Det er fx i forbindelse med transport til værft. For færgernes sekundære dieselmotorer er det forudsat, at den anvendes i 5 pct. af tiden. Det betyder, at elfærgerne har samme udledninger som dieselfærger i 5 pct. af driftstiden. En elfærge skal derfor på én tur i gennemsnit bruge 9.014 kWh strøm, mens den skal bruge 431 kWh fra dieselmotoren. En dieselmotor udleder 609 g CO<sub>2</sub> pr. kWh, mens udledninger fra strøm skønnes at falde kraftigt fra 134 g pr. kWh i 2020 til blot 8,6 g pr. kWh i 2030, jf. figur 3. Over en hel årsdrift vil elfærgerne således udlede hhv. 8.498 ton CO<sub>2</sub> fra dieselmotoren, mens der udledes 2.515 ton CO<sub>2</sub> fra elproduktionen til elmotoren.

Figur 3 Udledninger fra elproduktion (g CO<sub>2</sub>e pr. kWh)



Anm.: Niveaueet for 2030 forventes fastholdt i årene efter 2030.  
Kilde: DCE (2022).

**CO<sub>2</sub>-udledninger fra produktion af batterier er også indregnet**

I forbindelse med fremstilling af batterier til elfærgerne udledes der også CO<sub>2</sub>. Den første elfærge, som er bestilt til Rødby-Puttgarden-forbindelsen, anvender et 10.000 kWh batteri. For at beregne de forventede emissioner fra et sådant batteri, er der taget udgangspunkt i tal for elfærgen "Ellen", som sejler mellem Søby og Ærø. Det fremgår af dens dokumentation, at udledningerne fra batteriet er i omegnen af 323 ton (E-ferry, 2020).<sup>7</sup> Ellen er imidlertid betydeligt mindre end de færger, som sejler på Rødby-Puttgarden-overfarten, hvorfor dens batteri kun har en kapacitet på 4.300 kWh. Batterierne til Rødby-Puttgarden færgerne er derfor 2,3 gange så store, hvorfor udledningerne her antages at være tilsvarende 2,3 gange så store. Dvs. den forudsatte udledning pr. batteri er 750 ton CO<sub>2</sub>. Da der er fire færger på overfarten, er udledningerne for alle færgerne 3.000 ton CO<sub>2</sub>. Disse udledninger forekommer kun i forbindelse med udskiftning af batteriet, som på linje med Søby-Ærø færgerne forudsættes at ske hvert 12. år. Derfor er den årlige udledning fra batterier her beregnet til 250 ton CO<sub>2</sub>.

**Samlet reduktion i regnskabet på 93 pct**

Ovenstående beregninger viser samlet set, at elfærgerne på Rødby-Puttgarden udleder i omegnen af 11.300 ton CO<sub>2</sub> årligt. Det svarer til 7 pct. af udledningerne fra dieselfærger på samme rute. Det betyder, at der ikke er så store gevinster at hente fra nedlagt færgedrift, som det oprindelige emissionsregnskab fandt. Derfor vil det tage længere tid før, at tunnelen bliver klimaneutral.

**Tvivlsomt om færger medfører CO<sub>2</sub>-besparelser**

Endeligt bør det bemærkes, at det oprindelige emissionsregnskab forudsætter, at alle færgeoverfarter bliver nedlagt på Rødby-Puttgarden. Men det er ikke på forhånd sikkert, at det vil være tilfældet. Hvis antallet af overfarter kun delvist reduceres, vil det tilsvarende reducere den CO<sub>2</sub>-gevinst, som man kan forvente at opnå gennem denne kanal.

<sup>7</sup> Der er reelt tale om et spænd mellem 215 ton og 430. Der er derfor i beregningen taget udgangspunkt i gennemsnittet af de to værdier.

## 3.2 Opdatering af CO<sub>2</sub>-udledning fra vej- og togtrafik

Ændrede trafikmønstre medfører ændringer i CO<sub>2</sub>-udledningen

CO<sub>2</sub>-regnskabet for Femern Bælt-forbindelsen afhænger ud over de forventede ændringer i færgedriften af, hvor store udledninger vejtransporten og togdriften vil forårsage, når tunnelen åbner. Fx forventes åbningen af tunnelen at betyde, at flere kilometer køres i personbiler, da trafikanter ikke længere tager færgen. I modsatte retning trækker, at kørte kilometer med lastbiler falder, da tog overtager en del af godstransporten. I denne rapport undersøger vi udelukkende betydningen af opdateringer i udledninger per kørt kilometer, hvorfor antal kørte kilometer i de alternative trafikscenarier holdes på samme niveau som i det oprindelige regnskab. I dette afsnit gennemgår vi først de overordnede ændringer i emissionsfaktorerne, hvorefter de enkelte transportmidlers opdateringer forklares.

Den danske bilpark er blevet mere klimavenlig ...

I det opdaterede regnskab, som præsenteres i denne rapport, tages der højde for nye klimavenlige køretøjer. Siden det oprindelige regnskab blev lavet, har vejtransporten været igennem en større omstilling, hvor bilparken er blevet markant mere klimavenlig. Almindelige personbiler har sænket udledninger i takt med, at nye regler og krav til nyregistrerede biler er trådt i kraft. Dette tager vi højde for på baggrund af nyeste tal for biltrafikkens emissioner i 2030 fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE, 2022).<sup>8</sup>

... og udleder mindre CO<sub>2</sub> per kilometer

Tabel 3 opsummerer de opdaterede emissionsfaktorer ved vejtransporten for 2030, og viser, at der er sket væsentlige reduktioner af emissionerne siden opgørelsen i COWI (2013). Det fremgår af tabellen, at personbiler i det opdaterede regnskab udleder 91 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer, hvilket er 70 g CO<sub>2</sub> mindre end forudsat i det oprindelige regnskab. De øvrige transportmidler oplever også et større fald i emissioner, hvilket i særlig grad gælder tog, som i beregningerne forventes at være fuldt eldrevne. Fordi fremtidens elproduktion er tæt på klimaneutral (jf. figur 3), udleder tog næsten ingen CO<sub>2</sub> fra år 2030.

**Tabel 3 Opsummering af emissionsfaktorer, 2030**

	Oprindelig faktor	Opdateret faktor	Ændring
	.....g CO <sub>2</sub> /km.....		
Personbiler	161	91	-70
Busser	680	630	-50
Passagertog	33	1,6	-31
Lastbiler	662	539	-123
Godstog	16	0,3	-16

Kilde: DCE (2022), COWI (2013) og egne beregninger.

Det opdaterede regnskab reducerer bidraget for alle transportmidler

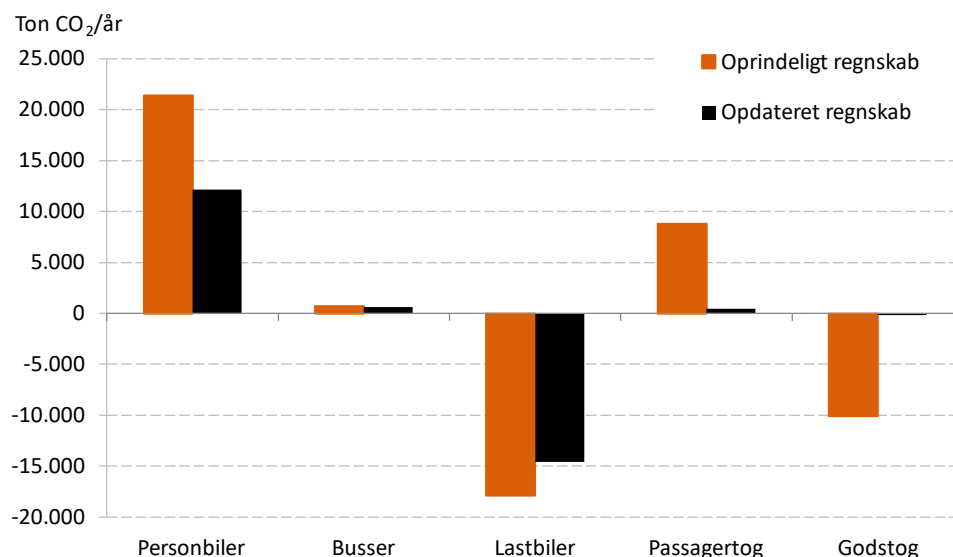
I figur 4 præsenteres de samlede udledninger i det oprindelige og det opdaterede regnskab, fordelt på transportmidler. Resultatet fremkommer ved at gange emissionsfaktorerne fra tabel 3 med ændringen i antal kørte kilometer for det enkelte transportmiddel, som vi præsenterede i tabel 1. Det fremgår, at personbiler bidrager lidt mindre til den samlede CO<sub>2</sub>-udledning, mens bussers lave udledning er omtrent uændret. Med tunnelen køres der færre kilometer med lastbiler, og under de opdaterede forudsætninger udleder lastbiler

<sup>8</sup> Vi henviser til bilag 1 for yderligere detaljer.



mindre, hvorfor de færre kilometer nu bidrager mindre til CO<sub>2</sub>-reduktioner. Passager- og godstog bidrager nu næsten ikke til hhv. negative eller positive udledninger, som skal ses i sammenhæng med meget lave udledninger fra strøm frem mod 2030.

Figur 4 Ændringer i udledninger fra vej- og togtrafik fordelt på transportmidler, 2030



Kilde: DCE (2022), COWI (2013) og egne brygninger.

**Klimagevinst fra opdatering, når man kun ser på vejtrafikken**

Samlet set betyder opdateringen, at ændringen i vejtransport mellem trafikscenarierne giver anledning til et samlet årligt fald i udledningerne på 1.525 ton CO<sub>2</sub>. Til sammenligning medførte ændringer i vejtransporten i det oprindelige regnskab, at udledningerne steg med 2.933 ton CO<sub>2</sub> per år. Det betyder isoleret set, at tunnelen med vores opdatering er blevet mere klimavenlig end hidtil forudsat. Det forklares primært af, at personbiler er blevet betydeligt mere klimavenlige, end forudsat i de oprindelige beregninger i COWI (2013). I det følgende gennemgår vi i detaljer, hvordan de enkelte emissionsfaktorer i tabel 3 er beregnet.

**Emissioner afgøres af de biler, der forventes at køre på vejene**

*Personbilers emissioner*

Personbilers emissioner beregnes med udgangspunkt i to forhold. Først og fremmest skal man have et skøn for hvilke biler, som man forventer kører igennem tunnelen, når den åbner. Dvs. hvad forventer man fx om bilernes størrelse, alder og drivmiddel i 2030. Det andet forhold er, hvor meget en bil udleder givet den størrelse, alder og drivmiddel. Fx vil ny teknologi frem mod 2030 betyde, at den samme biltype gradvist bliver mere og mere klimavenlig. Med andre ord vil emissionsfaktoren for en given biltype falde over tid.

**Bilparken bliver grønnere over tid**

Over tid bliver bilparken gradvist udskiftet med mere grønne biler. Den skønnede bilpark som kommer til at køre gennem tunnelen, er beregnet ud fra Centralregisteret for Motorkøretøjer (CRM), som er et register af indregistrerede biler i Danmark. CRM er opgjort for de eksisterende biler, hvorfor det er nødvendigt at fremskrive bilparken frem mod 2030. Dette gøres gennem den såkaldte EURO-norm. EURO-normen er en EU-bestemt kategorisering af biler, som inddeler bilparken i forskellige miljøklasser. Nyregistrerede biler

skal være af den højeste miljøklasse, hvorfor bilparken gradvist bliver opdateret til en højere miljøklasse. Det er forudsat, at næsten hele bilparken er af EURO-norm VI i 2030.

**Emissionsfaktorer findes i modelberegninger**

For at knytte udledninger til bilparken fundet ovenfor, skal man anvende emissionsfaktorerne, som angiver hvor meget CO<sub>2</sub>, den enkelte bil udleder. I COWI (2013) blev emissionsfaktorer fra den såkaldte TEMA2010 model anvendt. Modellen er kort fortalt et rammeværk for at beregne udledninger fra forskellige transportmidler. Som navnet antyder, så er emissionsfaktorerne opgjort i 2010, hvorfra de holdes omtrent konstant, når man kigger frem i tid. Der foretages en mindre korrektion for, at der anvendes mere biobrændsel i benzin og diesel, som reducerer udledningerne med 3 pct. for benzinbiler og 5 pct. for dieslbiler. Der bliver dog ikke taget højde for teknologiske fremskridt. Det betyder blandt andet også, at der ikke er taget højde for elbiler, da man på daværende tidspunkt ikke forventede, at de ville kunne blive brugt til langdistancetransport.

**CO<sub>2</sub>-udledningen fra personbiler overvurderes i det oprindelige regnskab**

Den manglende fremskrivning af fornyet teknologi på emissionsfaktorerne betyder, at man i den oprindelige opgørelse sandsynligvis overvurderer den samlede CO<sub>2</sub>-udledning fra personbiler ved tunnelens åbning. Deri beregner man, at den gennemsnitlige personbil udleder ca. 161 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer i 2030.

**Udledningen fra nyregistrerede bil falder**

DCE foretager løbende fremskrivninger af den danske bilpark i forbindelse med deres opgørelse af danske CO<sub>2</sub>-udledninger (DCE, 2022). De tager blandt andet højde for, at bilparken ændrer sig over tid, hvilket svarer til tilgangen med EURO-norm fra COWI (2013), hvor bilparken gradvist overgår til den højeste EURO-norm. Derudover indarbejder DCE en længere række lovmæssige ændringer, som ikke indgår i COWI (2013). Derfor er DCE's fremskrivning mere retvisende for, hvordan udledningerne fra bilparken kommer til at se ud. Fx falder udledningerne fra nyregistrerede biler med 37,5 pct. i 2030 set i forhold til 2021 (DCE, 2022).

**Personbiler vil overgå til el**

Derudover tager DCE også højde for, at personbiler gradvist overgår til at blive elbiler. I deres tal udgør elbiler ca. 24 pct. af de samlede kørte kilometer på landeveje og motorveje. Derudover opgøres elbilernes strømforbrug pr. kørt kilometer. Ved igen at anvende fremskrivningen af udledningerne fra elproduktionen i fremtiden, kan man således beregne, hvor meget en elbil udleder pr. kilometer.

**Emissionsfaktoren for en gennemsnitlig bil falder med 43 pct**

På baggrund af DCE's tal har vi beregnet de gennemsnitlige udledninger på tværs af de opgjorte biltyper. Fremgangsmåden er vist i boks 1. Beregningerne baseret på DCE's tal resulterer i et tal for emissioner for en gennemsnitlig bil i den danske bilpark på 91 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer i 2030. Emissionsfaktoren i 2030 er således 43 pct. lavere end forudsat i COWI-rapporten.

### Boks 1 Beregning af gennemsnitlige emissionsfaktorer for personbiler og lastbiler

Stigningen i kørte kilometer fra Femern Bælt-forbindelsen er opgjort for en gennemsnitsbil. Det vil sige på tværs af alder, brændselstype og EURO-norm. For at opdatere udledningerne, skal der således anvendes gennemsnitlige emissionsfaktorer, som matcher den gennemsnitlige bil ved forbindelsens åbning. I DCE's tal for emissionsfaktorer opgøres biler på brændselstyper hhv. benzin, diesel og el. Samtidigt opgøres også hvor mange kilometer om året, hver brændselstype kører. Det betyder, at den gennemsnitlige emissionsfaktor kan beregnes som det vægtede gennemsnit af emissionsfaktorer for hhv. benzin-, diesel- og elbiler, hvor vægtene er beregnet ud fra hvor meget hver brændselstype udgør af de samlede kørte kilometer. Beregningen kan derfor laves på følgende måde

$$E^{CO_2} = \frac{E_{benzin} * T_{benzin} + E_{diesel} * T_{diesel} + E_{el} * T_{el}}{T_{benzin} + T_{diesel} + T_{el}}$$

Her er venstresiden den gennemsnitlige CO<sub>2</sub>-udledning pr. km. Højresiden er et vægtet gennemsnit af de gennemsnitlige emissioner for benzinbiler ( $E_{benzin}$ ), dieslbiler ( $E_{diesel}$ ) og elbiler ( $E_{el}$ ).  $T_{benzin}$  er kørte kilometer for benzinbiler på motorvej og landevej,  $T_{diesel}$  er tilsvarende for dieslbiler, mens  $T_{el}$  er for elbiler. For elbiler er emissionsfaktoren opgjort ved udledningerne fra elproduktion.

Lastbilers kørte kilometer og udledninger er i DCE's tal opgjort fordelt på størrelse, brændsel og vejtype. Der er tre forskellige typer brændsel til lastbiler, hhv. diesel, LNG og el. De har hver især en forskellige emissionsfaktor, hvilket der tages højde for i beregningen

$$E^{CO_2} = \frac{\sum_{i=0}^n E_{i,diesel} * T_{i,diesel} + \sum_{i=0}^n E_{i,lng} * T_{i,lng} + \sum_{i=0}^n E_{i,el} * T_{i,el}}{\sum_{i=0}^n T_{i,diesel} + \sum_{i=0}^n T_{i,lng} + \sum_{i=0}^n T_{i,el}},$$

hvor  $i$  er forskellige vægtklasser af lastbiler.

#### Lavere emissionsfaktor for lastbiler

#### Lastbilers emissioner

Vi beregner på samme måde som for personbiler en ny gennemsnitlig emissionsfaktor for lastbiler. Forskellen til metoden for personbiler er, at lastbiler opgøres mere detaljeret af DCE. DCE anvender en opdeling af lastbiler på hhv. brændselstype, vægtklasse og vejtype. Beregningen skal derfor udvides i forhold til personbilerne, da det vægtede gennemsnit for emissionsfaktoren nu skal tage højde for vægtklassen, jf. boks 1. Beregningen viser, at lastbiler har en udledning 544 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer i 2030.

#### Varebiler indgår i beregningen

I COWI (2013) er varebiler lagt sammen med lastbiler. Det er forudsat i COWI (2013), at varebiler står for 1 pct. af de samlede kørte kilometer på Femern Bælt-forbindelsen. Da vi har lagt os op ad trafikforudsætningerne i COWI (2013) i forbindelse med det opdaterede emissionsregnskab, forudsætter vi også for varebiler, at de udgør 1 pct. af lastbilsdriften. En varebil opgøres i DCE's tal til at udlede 67 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer. Det betyder, at når lastbiler opgøres inklusive varebiler, udleder de i gennemsnit 539 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer i 2030. Til sammenligning udledte lastbiler og varebiler i gennemsnit 662 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer i det oprindelige regnskab.

#### Last- og varebiler udleder mindre efter opdatering

Med opdateringen, som gennemføres i denne rapport, udleder lastbiler og varebiler betydeligt mindre end i det oprindelige regnskab. Det skyldes primært elektrificering af lastbiler frem mod 2030. Fx er det forudsat i DCE's tal, at lastbiler står for ca. 7 pct. af den samlede lastbilsførsel, hvor udledningerne kun er 11 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer.

**De opdaterede tal  
forklares af flere  
lette lastbiler ...**

En anden forskel, som bidrager til de lavere udledninger, er, at fordelingen af LNG- og diesellastbiler opdateret i DCE (2022). DCE har opgjort fordelingen for det senest mulige år, 2020, og tallene er dermed mere tidssvarende. Tabel 4 viser, at størrelsen af lastbiler på de danske veje har ændret sig sammenlignet med det forudsatte i COWI (2013). Fx er der flere små lastbiler i DCE's opgørelse end i COWI (2013). De mindre lastbiler har en lavere emissionsfaktor pr. kørt kilometer. Det bidrager isoleret set til, at den gennemsnitlige emissionsfaktor for samtlige kørte kilometer for lastbiler reduceres.

**... og flere lastbiler  
med anhænger**

Derudover er der også sket en forskydning mod flere lastbiler med anhænger. I DCE's data er 84 pct. af lastbilerne med anhænger og dermed 16 pct. uden. I COWI (2013) er fordelingen i stedet 77 pct. med anhænger og 23 pct. uden. Lastbiler med anhænger har en lavere emissionsfaktor end dem uden. Fx udleder en diesel lastbil med anhænger i størrelse 28-34 ton 810 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer. Til sammenligning udleder en diesel lastbil uden anhænger i størrelse 28-32 ton 902 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer. Skiftet til flere lastbiler med anhænger medfører derfor, at den gennemsnitlige emissionsfaktor for lastbiler falder.

**Tabel 4 Fordeling af LNG- og diesellastbiler på vægtklasser, pct.**

Vægtklasse (ton)	Solovogne		Vægtklasse (ton)	Lastbiler med anhænger	
	.....Pct.....			.....Pct.....	
	DCE	COWI		DCE	COWI
3,5-7,5	10	4	14-20	0	4
7,5-12	12	6	20-28	0	6
12-14	1	6	28-34	5	6
14-20	15	6	34-40	25	6
20-26	34	26	40-48	67	69
26-28	0	26	50-60	3	8
28-32	29	26	>60	0	0
>32	0	0	.	.	.

Anm.: Tal fra DCE (Nationalt Cent for Klima og Energi) er opgjort i år 2020, mens COWI's tal er opgjort fra TEMA2010 opgørelse, dvs. fra 2010. Forskellen mellem DCE og COWI i tabellen afspejler derfor både opgørelsesmæssige forskelligheder og udviklingen i lastbilssammensætningen mellem 2010 og 2020.

Kilde: COWI (2013) og DCE (2022).

**Lavere emissions-  
faktor for busser**

**Bussers emissioner**

I COWI (2013) er det forudsat, at det kun er turistbusser, som kommer til at køre over Femern Bælt-forbindelsen. Alternativet til turistbusser er rutebusser, som med rette må anses for at være usandsynlige at anvende forbindelsen. Derfor beregnes der kun emissionsfaktorer for turistbusser. Med de opdaterede data fra DCE opgøres udledningerne fra busser til 630 g pr. kilometer i 2030. Til sammenligning har COWI opgjort dette til 680 g pr. kilometer i 2030. DCE's tal er således ca. 7 pct. lavere end COWI's.

**Togtrafikken  
forventes at være  
eldrevet**

**Togtrafikken emissioner**

Togtrafikken over Femern Bælt vil bestå af både passager- og godstog. COWI (2013) forudsætter, at passagertogene bliver af typen IC3, svarende til Øresundstoget. Emissionsfaktorerne fra disse tog tager COWI fra TEMA2010, og de fremskrives med en årlig effektivitetsforbedring på 1,2 pct. Desuden vil hele togdriften på Femern Bælt-forbindelsen

blive elektrificeret. På den baggrund forventer COWI (2013), at et passagertog i 2030 udleder 33 g CO<sub>2</sub> pr. passagerkilometer.

**Nye emissions-  
faktorer for eltog**

Siden opgørelsen i COWI (2013) er der kommet nye opgørelser af emissionsfaktorer for eltog. DSB opgør i deres Miljøopgørelse for 2021 (DSB, 2021), at et passagertog af model IR4 udleder 4,3 g CO<sub>2</sub> pr. pladskilometer. Hvis det som i COWI (2013) forudsættes, at udnyttelsesgraden af pladserne er 33 pct., svarer det til ca. 14 g CO<sub>2</sub> pr. passagerkilometer. Forskellen på de to opgørelser er, at der ved pladskilometer ikke tages højde for hvor mange mennesker, som rent faktisk bliver transporteret pr. gram CO<sub>2</sub>. Derfor omregnes udledningerne til pr. passagerkilometer.

**Godstogenes  
udledninger  
beregnes også ...**

For godstog forudsætter COWI (2013), at togenes størrelse i gennemsnit er 30 vogne, som hver vejer 16,3 ton, mens togene i gennemsnit fragter 509 ton gods. Det gennemsnitlige godstog vil derfor veje i alt 998 ton eksklusive lokomotivet. Baseret på TEMA2010-modellen vil det medføre en udledning på 16 g pr. kilometer. Det er inklusiv en årlig effektivitetsforbedring på 0,9 pct., som pålægges godstog.

**... og de falder  
markant, når vi  
opdaterer tallene**

I forbindelse med den opdaterede TEMA2015-model er nye emissionsfaktorer tilgængelig for elektriske godstog. I TEMA2015 opgøres et godstog til at bruge 32,4 kWh pr. kilometer, hvis det transporterer en vægt svarende til i COWI (2013). Hvis dette kombineres med fremskrivningen af den gennemsnitlige CO<sub>2</sub>-udledning pr. kWh (DCE, 2022), giver det en emissionsfaktor i 2030 på 0,2 g CO<sub>2</sub> pr. kilometer.

## 4. Grøn beton

**Byggeriet af Femern-tunnelen forventes at udlede 2 mio. tonsCO<sub>2</sub>**

Hvis Femern Bælt-forbindelsen skal være et så klimavenligt projekt som muligt, er det vores vurdering, at det bør udskydes, indtil grønnere betonprodukter er tilgængelige på markedet om kort tid. Femern Bælt-forbindelsen skal anvende op mod 7,5 mio. ton beton, som vil udlede mere end 800.000 ton CO<sub>2</sub>. Det svarer til 42 pct. af den samlede CO<sub>2</sub>-udledning fra konstruktion af tunnelen. Da baggrunden for tunnelen blandt andet har været at skabe en grønnere forbindelse til Tyskland, er det afgørende at finde løsninger, som kan reducere projektets samlede CO<sub>2</sub>-udledning mest muligt. Dette er især relevant i lyset af det opdaterede klimaregnskab, vi præsenterer tidligere i denne rapport. Derfor er det vigtigt at holde øje med udviklingen på området for byggematerialer, som i øjeblikket gennemgår en kraftig udvikling henimod CO<sub>2</sub>-reduktioner.

**Grøn beton kan reducere udledninger med mindst 21 pct.**

En af de først tilgængelige muligheder, er den såkaldte "grønne beton". I de kommende år forventes grøn beton at opnå så betydelige CO<sub>2</sub>-reduktioner, at det kan halvere udledningerne i forhold til konventionel beton. For hvert år Femern Bælt-forbindelsen kan anvende en sådan grøn beton, finder vi, at projektet vil udlede 104.000 ton mindre CO<sub>2</sub>. Hvis projektet udskydes helt, indtil beton produceret med en halveret CO<sub>2</sub>-udledning er tilgængeligt, vil det reducere konstruktionens udledninger med hele 415.000 ton CO<sub>2</sub>, svarende til 21 pct. af de samlede CO<sub>2</sub>-udledninger.

**Beton kan blive grøn på flere måder**

### *Hvad er grøn beton?*

Grøn beton er en paraplybetegnelse for flere tiltag, som skal sikre et lavere CO<sub>2</sub>-aftryk i forbindelse med produktion af beton. Tiltagene omhandler primært reduktioner i CO<sub>2</sub>-udledningen ved produktionen af cement, som er en vigtig komponent i beton, men elementer som drift, vedligehold, designoptimering og reparationer tælles også med under betegnelsen "grøn beton". Det er hele livscyklussen for betonkonstruktionen, som tæller, inklusive muligheden for at genanvende betonen efter nedrivning.<sup>9</sup>

**Færre klinker i cementen giver grønnere beton**

Udviklingen indtil i dag har blandt andet fokuseret på reduktion af CO<sub>2</sub>-udledende elementer i den konventionelle beton. Det gælder særligt det såkaldte klinkermateriale i cementen, som produceres under meget høj varme og som frigiver store mængder CO<sub>2</sub>. Ved at reducere indholdet af klinker i betonen samt at producere klinker med CO<sub>2</sub>-neutral energi, er det muligt at reducere CO<sub>2</sub>-udledningen fra beton. Derudover genanvendes også en række restprodukter fra andre industrier, som er med til at mindske udledningen fra produktion af cementen.

**CO<sub>2</sub>-fangst har stort potentiale**

### *Grøn beton i de kommende år*

Videreudviklingen af grøn beton vil i de kommende år komme fra at blande nye CO<sub>2</sub>-reducerende komponenter i cement samt fra fangsten af CO<sub>2</sub> i forbindelse med cement-

<sup>9</sup> Hasholt m.fl. (2002).

produktionen. Cementproduktionen er kraftigt CO<sub>2</sub>-udledende, hvorfor der er stort potentiale for at indfange CO<sub>2</sub>. Det potentiale er flere producenter tæt på at kunne indfri.

**Cement med CO<sub>2</sub>-fangst klar i Norge fra 2024**

Fx forventer man på cementfabrikken Norcem Brevik i Syd Norge fra 2024 at kunne levere cement produceret med et CO<sub>2</sub>-fangstanlæg. I stedet for at udlede CO<sub>2</sub>'en til atmosfæren, vil ca. halvdelen af den i stedet blive indfanget, og kan derefter lagres i undergrunden eller anvendes til andre formål. Norcem Brevik vurderer, at deres cementproduktion med CO<sub>2</sub>-fangstanlæg udleder 49 til 53 pct. mindre CO<sub>2</sub>, end den gør i dag.<sup>10</sup> Cementen produceret med et CO<sub>2</sub>-fangstanlæg er ikke forskellig fra den, som produceres uden. Det betyder, at det ikke er en udfordring at levere en cement til brug i fx havvand.

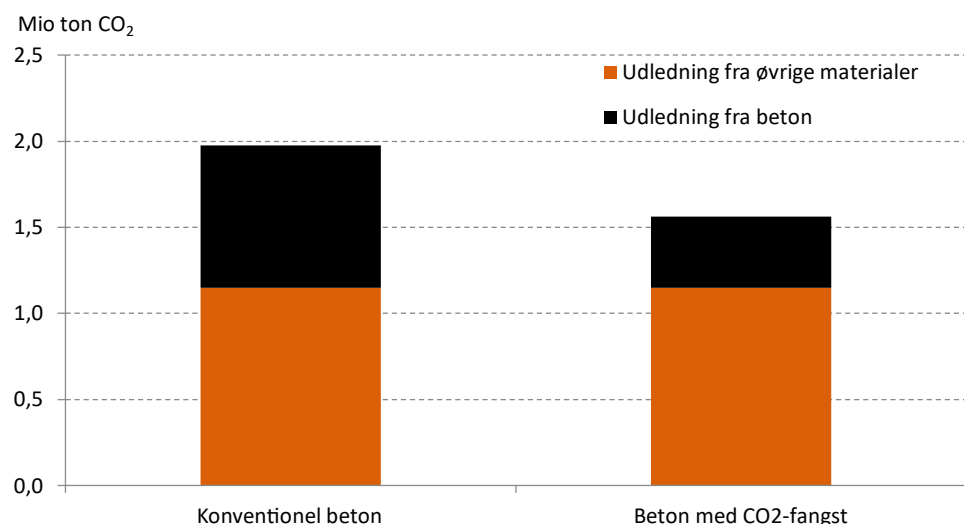
**Danskproduceret grøn beton om få år**

Den danske cementproducent Aalborg Portland har også sat gang i et projekt, som skal fange CO<sub>2</sub> fra deres produktion. Producenten har i dag et pilotprojekt om CO<sub>2</sub>-fangst, og vil på sigt installere et fangstanlæg i fuld skala med samme CO<sub>2</sub>-reduktionspotentiale som beskrevet for den norske fabrik ovenfor. Aalborg Portland forventer selv at kunne producere cement med CO<sub>2</sub>-fangst fra et tidspunkt mellem 2026 og 2029. Den præcise tidslinje afhænger blandt andet af tildelingen af statslige støttepuljer til bl.a. fangst af CO<sub>2</sub>, hvoraf modtageren af den første offentliggøres i løbet af 2023 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2021).

**CO<sub>2</sub>-udledninger fra tunnelens opførelse kan reduceres med 21 pct**

Som illustreret i figur 5, er det muligt at reducere CO<sub>2</sub>-udledningen fra Femern Bælt-forbindelsen fra knap 2 mio. ton til 1,6 mio. ton, alene ved at anvende beton med et halveret CO<sub>2</sub>-aftryk. Det svarer til, at det samlede klimaaftryk af tunnelforbindelsen falder med 21 pct.

**Figur 5 CO<sub>2</sub>-udledninger fra Femern Bælt-forbindelsens anlægsfase**



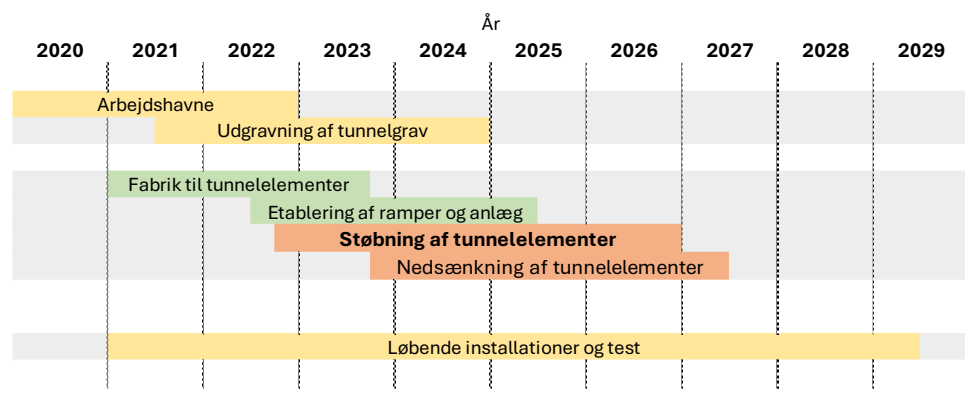
Anm.: Udledninger med beton med CO<sub>2</sub>-fangst er vist for 50 pct. reduktion.  
Kilde: COWI (2013) og egne beregninger.

<sup>10</sup> Jf. mailkorrespondance med virksomheden.

**Støbning af beton-  
elementer endnu  
ikke påbegyndt**

Femern Bælt forventede at begynde støbning af tunnelelementer i slutningen af 2022, og at det arbejde skulle løbe frem til udgangen af 2026. Det fremgår figur 6, som illustrerer projektets senest offentliggjorte projektplan. Men støbearbejdet er, så vidt vides, endnu ikke påbegyndt, og det er ikke offentliggjort, hvornår man forventer at igangsætte arbejdet.

**Figur 6 Projektplan for Femern Bælt-forbindelsens anlægsfase, 2020-2029**



Kilde: Egen tilvirkning pba. Femern Belt Development (2023).

**Støbningen bør  
udskydes, hvis man  
ønsker en grøn  
forbindelse**

På baggrund af ovenstående er det vores vurdering, at ønskes en Femern Bælt-forbindelse med mindst mulig CO<sub>2</sub>-udledning, som dermed kan leve op til sin grønne fortælling, så bør projektet udskydes med henblik på at anvende grøn beton.



## 5. Litteratur

Aalborg Portland (2022). *Aalborg Portland vil reducere CO<sub>2</sub>-udledning med 1,6 mio. tons i 2030*. [Tilgået 13-03-2022 <https://www.aalborgportland.dk/aalborg-portland-vil-reducere-co2-udledning-med-16-mio-tons-i-2030/> ]

COWI (2013). *Fehmarnbelt fixed link. Greenhouse gas emissions inventory*

COWI (2021). *Grøn Omstilling af danske indenrigsfærger*

DCE (2022). *Emissionsfaktorer til transportøkonomiske enhedspriser i perioden 2020-2040*

DSB (2021). *Miljøårsopgørelse 2021*. [Tilgået 13-03-2022 <https://www.dsb.dk/globalassets/arsrapport/2021/miljoarsopgorelse-2021.pdf>]

E-Ferry (2020). *The e-ferry Ellen information package - Evaluation of the performance, economy, environmental impact and passenger reception of the 100 % electric ferry*

Energistyrelsen (2016). *Validering af energiforbrugsdata for køretøjer i AD modellen*

Energistyrelsen (2022). *Appendix 3 - Requirements specification - Contract on subsidy for carbon capture, transport, and storage*

Femern A/S (2013). *VVM-Redegørelse - Den faste forbindelse over Femern Bælt (kyst-kyst)*

Femern Bælt Development (2023): *Sådan er tidsplanen for Femern-projektet*. [Tilgået d. 3-03-2023: <https://www.femern.info/da/news/saadan-er-tidsplanen-femern-projektet>]

Hasholt, M.T., Berrig, A., Mathiesen, D. (2002). *Anvisning i grøn beton*

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2021). *Tilskudspuljer til fangst og lagring af CO<sub>2</sub>*

Kraka Advisory (2020): *Økonomiske konsekvenser af en fast Femern-forbindelse – en analyse af Femern-projektets nye forudsætninger*

Kristensen, H.O.H. (2010). *Emissions for the ferry routes: 1) Rødby - Puttgarden, 2) Gedser - Rostock and 3) Trelleborg – Rostock*

Regeringen (2021). *En køreplan for fangst, transport og lagring af CO<sub>2</sub>*

## 6. Bilag

### 6.1 Bilag 1: Metode bag fremskrivning af emissionsfaktorer for vejtrafik

For at beregne udledninger fra den tiltagende vejtransport ifm. Femern Bælt-forbindelsen skal man anvende en prognose dels for de kørte kilometer og dels for emissionsfaktorerne fordelt på forskellige køretøjer, herunder størrelse og brændstoftype. Ved at gange emissionsfaktorer og de kørte kilometer sammen fås den samlede emission fra vejtransporten. Divideres der endeligt med de kørte kilometer indenfor et givent transportmiddel (fx alle personbiler) fås en gennemsnitlig udledning pr. kørt kilometer for det transportmiddel. Det er denne gennemsnitlige udledning pr. kørt kilometer, som vi opdaterer her.

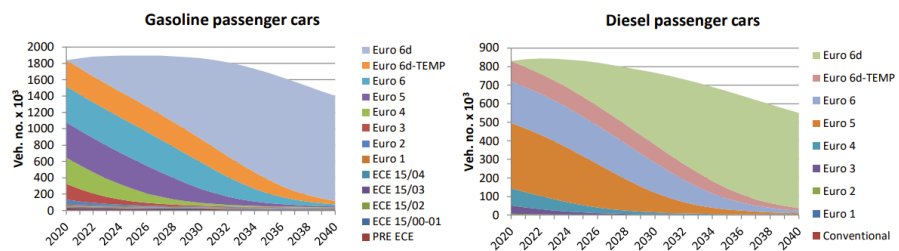
Der er to kanaler til, at de gennemsnitlige emissioner kan ændres over tid. Første kanal består i hvilken type biler, som kører på vejene. I takt med at nye biler erstatter gamle biler, vil det give anledning til lavere gennemsnitlige emissioner, da nye biler har skrappe krav til udledningerne. Med andre ord er der tale om, at bilparkens *fordeling* skifter mod mere miljørigtige biler.

Den anden kanal er bundet på gradvise teknologiske forbedringer. I takt med at emissionsreducerende teknologier udvikles, vil det reducere udslippet for nyproducerede biler, selvom de er i samme emissionskategori som ældre biler. F.eks. er den bedste emissionskategori baseret på EURO-normer i dag EURO VI, men ny teknologi vil reducere denne kategoris udslip udover det, som kravet til kategorien var ved introduktionen.

Fremskrivningen af bilparken er i COWI (2013) er baseret på en aldersfremskrivning, så bilparken gradvist bevæger sig hen imod en fordeling med hovedsageligt såkaldte EURO-norm VI-biler. Det er konkret forudsat, at hhv. 71 og 93 pct. af bilparken har EURO-norm VI i 2025 og 2030.

Det er muligt at opdatere fremskrivningen af CO<sub>2</sub>-udledningen med information fra modellen COPERT 5, som ligger til grund for Dansk Center for Miljø og Energis (DCE, 2022) fremskrivning af danske emissioner fra vejtransport. I figur 7 fremgår det, at EURO-norm VI (6) som samlet gruppe udgør omtrent samme andel af den samlede bilpark i 2030, som opgjort i COWI-rapporten. Det er således ikke fordelingen af den fremtidige bilpark, som har betydning for en ændring i den gennemsnitlige udledning pr. bil.

**Figur 7 Fremskrivning af personbilers EURO-norm, 1.000 biler.**



Anm.: For benzinbiler opgøres også ECE-mærkningen. Det er en tilsvarende mærkning som EURO-norm, dvs. en klassifikation af en bils udledninger. Det er dog en ældre mærkning, som er erstattet af EURO-norm i dag.

Kilde: DCE (2022).

At fremskrive bilparken baseret på EURO-normer er en ret mekanisk øvelse. Det er således, at biler produceret efter et givent år skal have den påkrævede EURO-norm, for at må blive produceret og solgt. Fx skal biler efter 1. september 2014 opfylde kravene for EURO-norm VI. Alle nye biller skal således være EURO-norm VI. Samtidig kan man se på den historiske udskiftningsfrekvens af biler, som sandsynligvis er ret statistisk med forbehold for konjunktoren i det givne år. Der kan således antages en udskiftningsfrekvens, som gradvis udfaser ældre biler, hvor de udskiftes til EURO-norm IV.

Fremskrivning af vejtransportens emissioner i DCE (2022) afviger fra COWI (2013) via den anden kanal nævnt ovenfor. COWI (2013) tager udgangspunkt i emissionsfaktorer baseret på modellen TEMA2010. Modellen TEMA2010 har ikke en konkret fremskrivning af emissionsfaktorerne, hvorfor COWI lægger til grund, at brændstofforbedrende teknologi fastholdes fra 2010 på nær en korrektion for en større andel af ætanol i benzin. DCE's fremskrivning bygger i stedet på principper fra Energistyrelsen. Der står ikke eksplicit hvilke principper, som der er tale om, men det fremgår af Energistyrelsens AD-model, at simple tidsserieanalyser anvendes til at fremskrive bilers fremtidige brændsels-forbrug pr. kilometer, som falder betydeligt frem mod 2030.<sup>11</sup> Det må formodes, at det er disse principper, som lægges til grund i DCE (2022).

Med ovenstående betyder en opdatering af vejtrafikens emissioner til DCE's tal, at den gennemsnitlige udledning pr. kilometer er lavere end forudsat i COWI (2013).

Emissionerne fra DCE (2022) er lavet pba. af de kørte kilometer på landeveje og motorveje som en samlet kategori, dvs. de faktisk observerede kørte kilometer på disse to typer vej. COWI (2013) har dog mulighed for at splitte de kørte kilometer i både landeveje og motorveje. De forudsætter et 50/50 split mellem landeveje og motorveje på de ekstra ekstra kørte kilometer, som opstår i forbindelse med Femern Bælt-forbindelsen. Hvis dette afviger fra det faktiske observerede antal kilometer i dag, så vil der være en diskrepans mellem beregningen baseret på hhv. DCE (2022) og COWI (2013).

<sup>11</sup> Energistyrelsen (2016)