

Sønderborg, Albertslund og Frederikshavn

Byernes rolle i klimastrategien.

Notat vedrørende metode og forudsætninger
for CO₂ beregninger

COWI A/S

Cimbrergaarden
Thulebakken 34
9000 Aalborg

Telefon 99 36 77 00
Telefax 99 36 77 01
www.cowi.dk



Dokumentnr.

Version 1

Udgivelsesdato

Udarbejdet LOKV, MALN og LOJO

Kontrolleret ANB og KIJE

Godkendt LOKV

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	3
2	Overflytning fra bil til cykel på korte ture i Sønderborg by	4
2.1	CO ₂ reduktioner ved overførsel fra bil til cykel på korte ture	5
3	Nye boligområder som lavenergibyggeri i Sønderborg Kommune	6
3.1	CO ₂ reduktioner ved lavenergibyggeri	7
4	Kommunal elbil-transport i Sønderborg Kommune	9
4.1	CO ₂ reduktioner ved elbil-transport	10
5	Energirenovering af offentlige bygninger i Sønderborg Kommune	11
5.1	CO ₂ reduktioner ved energirenovering	12
6	Skovrejsning i Frederikshavn Kommune	15
6.1	CO ₂ -reduktioner ved skovrejsning	16
7	Biogasanlæg i Frederikshavn Kommune	17
7.1	CO ₂ -reduktioner ved biogasproduktion	17
7.2	CO ₂ -reduktioner ved kraftvarmeproduktion på biogas	19
7.3	CO ₂ -reduktioner ved bustransport på biogas	20
8	Bybuskørsel i Frederikshavn baseret på el	21
8.1	CO ₂ -reduktioner ved el til kollektiv bybustransport	21
9	Energirenovering af boliger i Frederikshavn Kommune	22
9.1	CO ₂ reduktioner ved energirenovering	23
10	Byomdannelse ved stationer i Albertslund Kommune	25
10.1	CO ₂ reduktioner ved stationsnær byomdannelse	27
11	Grøn og blå struktur i Albertslund Kommune	28
11.1	CO ₂ lager ved fastholdelse af grøn struktur i Albertslund	29
12	Byomdannelse i Albertslund med opførelse af lavenergibyggeri	30
12.1	CO ₂ reduktioner ved lavenergibyggeri i Albertslund Kommune	31
13	Energirenovering af boliger i Albertslund Kommune	33
13.1	CO ₂ reduktioner ved energirenovering	34
14	Hastighedssænkning på Roskildevej i Albertslund Kommune	36
14.1	CO ₂ reduktion ved hastighedssænkning på Roskildevej	37
	Referencer	38

1 Indledning

I forbindelse med Plan09 eksempelprojektet "Byernes rolle i klimastrategien" med deltagelse af Albertslund, Frederikshavn og Sønderborg Kommuner er der arbejdet med at anvende og udvikle kommuneplanen som redskab for at tænke klimaforebyggelse i planlægningen.

Notatet danner baggrund for de CO₂ reduktionspotentialer, som er afrapporteret i **Delrapport II**, 'Byernes rolle i klimastrategien. Del II - virkemidler indarbejdet i kommuneplanlægningen'.

Der er foretaget CO₂ beregninger knyttet til udvalgte virkemidler, som de tre kommuner har valgt at arbejde med i kommuneplanlægningen. Det drejer sig om:

Kommune	Beregnet reduktionspotentiale for:
Sønderborg	Overflytning fra bil til cykel på korte ture i Sønderborg by Nye boligområder opført som lavenergibyggeri Kommunal elbiltransport Energireovering af offentligt byggeri
Frederikshavn	Skovrejsning Biogasproduktion for varmforsyning Biogasproduktion til kollektiv transport Bybuskørsel baseret på el Energireovering af boliger
Albertslund	Byomdannelse ved stationer Grøn og blå struktur Byomdannelse med opførelse af lavenergibyggeri Energireovering af boliger Hastighedssænkning på Roskildevej

Overslagsberegningerne er foretaget med afsæt i CO₂-beregneren på basis af oplysninger fra kommunerne - og derudover naturligvis de antagelser der ligger implicit i programmet, samt antagelser der er nødvendige for at kunne bruge programmet. Emissionsfaktorer fra CO₂ beregneren er d.d. 2006 værdier. Beregningerne inkluderer også nødvendig modellering og dertil knyttede forudsætninger for virkemidler, som ikke er behandlet i CO₂-beregneren. Virkemidlerne behandles enkeltstående og der ses ikke på den potentielle synergi virkemidlerne imellem.

2 Overflytning fra bil til cykel på korte ture i Sønderborg by

CO₂ effekten forventes at være afledt af reduktion i transportarbejdet som udføres i bil.

Effekten beregnes for tre mobilitetstiltag tilsammen:

- 1) Øget fremkommelighed for cykler gennem cykelplan med f.eks. bedre sammenhæng mellem stisystemer og udbygning af cykelstier og cykelruter.
- 2) Parkeringsrestriktioner gennem f.eks. forhøjelse af p-takster, gratis p for elbiler og reduktion i p-norm ved nybyggeri.
- 3) Lavere fremkommelighed for biler gennem f.eks. hastighedszoner og hastighedsdæmpning.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- Der anvendes data for fordelingen af transportarbejdet for byklassen 10-70.000 indbyggere. Sønderborg by har 27.179 indbyggere (2009).
- Der forventes et transportarbejde på 5,86 km/person/dag på de korte ture mellem 0-22 km (Christensen og Jensen, 2008, side 32).
- Transportarbejde som bilfører for beboere i en bystørrelse som Sønderborg forventes at udgøre 53 % af rejser under 22 km (Christensen og Jensen, 2008, side 32).
- Emissionsfaktoren for bilkørsel forudsættes at være 177 g CO₂/km (CO₂ beregneren).
- Ad. 1 Øget fremkommenlighed for cykler med reduktion af køretiden med 10 %, forventes at give en reduktion i transportarbejdet der udføres i bil som bilfører på de korte ture med 2 %.
- Ad. 2 Parkeringsrestriktioner, med en forøgelse med 50 %, forventes at give en reduktion i transportarbejdet der udføres i bil som bilfører på de korte ture med 3 %.
- Ad 3 Lavere fremkommelighed for biler, med øget køretid på 25 %, forventes at give en reduktion i transportarbejdet der udføres i bil som bilfører på de korte ture med 3 %.

Beregning af samlet transportarbejde på korte ture for Sønderborg samt kørte km som bilfører:

$$((5,86 \text{ km/pers/dag} * 27.179 \text{ beboere}) * 0,53) * 365 \text{ dage} = 30.810.576 \text{ km/år}$$

Samlet transportarbejde samt antal kørte km som bilfører i Sønderborg ny.

Antal indbyggere i Sønderborg	Fordeling af transportarbejdet i km på rejselængde for beboere i byklasser ¹	Transportarbejde som bilfører for beboere i byklasser ²	Beregning af kørte km som bilfører per år
27.179	5,86 km/pers/dag	53 %	30.810.576 km/år

2.1 CO₂ reduktioner ved overførsel fra bil til cykel på korte ture

Reduktion i antal kørte personbil km på korte ture i Sønderborg by samt reduktion i CO₂ emissionen:

CO₂ reduktion ved overflytning fra bil til cykel på korte ture baseret på tre samtidige mobilitets tiltag.

	Øget fremkommelighed for cykler	Parkeringsrestriktioner	Lavere fremkommelighed for biler
Reduktion i antal kørte km som bilfører	616.212 km/år	924.317 km/år	924.317 km/år
Reduktion i CO ₂ emission i dag	109 ton/år	164 ton/år	164 ton/år

Den potentielle reduktion vil falde med årene i takt med faldende emissionsfaktorer for bilkørsel.

¹ Christensen og Jensen (2008), tabel 7, side 32.

² Christensen og Jensen (2008), tabel 8, side 32.

3 Nye boligområder som lavenergibyggeri i Sønderborg Kommune

CO₂ effekten forventes primært at være afledt af reduktion i energiforbruget til opvarmning, ventilation, belysning mm.

Output er en relativ CO₂-reduktion for boligbebyggelser. Resultatet af beregningen er således den reducerede CO₂-udledning, som opnås ved opførelse af lavenergibyggeri i forhold til nybyggeri opført efter standard energikrav iht. BR08.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- Der anvendes gennemsnitlig boligstørrelser for nybyggeri i Sønderborg på: 173 m² for parcelhuse, 100 m² for tæt-lav samt 73 m² for etageboliger.
- En etageejendom (én bygning) vurderes som en bygning med mere end 2 lejligheder. De nuværende etageejendomme i Sønderborg har et gennemsnitligt areal på 873 m².
- Lavenergiområderne svarer til de nye byområder udlagt i byggeboligprogrammet 2009-2021. Og der forventes en udbygning med 2779 boliger frem til 2021.
- Det forventes at 412 parcelhuse, 242 tæt-lav boliger samt 237 etageboliger er gennemført inden 2015.
- Der tages udgangspunkt i bygningsreglementets krav til energiforbrug (kWh/m²/år), som anvendes både til boligbebyggelser, og der er beregnet følgende energibehov:

Energibehov i forskellige boligtyper.

Hustype	Standard	Lavenergiklasse 2	Lavenergiklasse 1
Parcelhus	83 kWh/m ² /år	59 kWh/m ² /år	41 kWh/m ² /år
Tæt-lav bolig	92 kWh/m ² /år	66 kWh/m ² /år	46 kWh/m ² /år
Etagebolig	73 kWh/m ² /år	52 kWh/m ² /år	36 kWh/m ² /år

- Krav til energiforbrug i almindeligt byggeri anvendes som referenceværdier.
- Det forudsættes, at energinormerne overholdes.
- Ved beregning af CO₂ reduktionen er anvendt emissionsfaktorer for el og fjernvarme svarende til de emissionskoefficienter for 2015, der er angivet i Energistyrelsens "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på

energiområdet", maj 2009, tabel 8, dvs. for el 776 kg CO₂/MWh og 48 kg CO₂/GJ for varme svarende til 173 kg CO₂/MWh.

- En gennemsnitlig fordeling på el og varme for lavenergiklasse 1 og 2 er baseret på et COWI notat vedrørende tre nye institutioner i Albertslund.

Energibesparelsens fordeling ved lavenergiklasse 1 og 2.

Energibesparelsens fordeling	Boliger, hoteller, kollegier m.v. (7.2.2 i BR08)
Lavenergiklasse 1	Varme: 93 % El: 7 %
Lavenergiklasse 2	Varme: 100 % El: 0 %

3.1 CO₂ reduktioner ved lavenergibyggeri

De to nedenstående tabeller viser de energibesparelser, der vil være på henholdsvis el- og varmeforbrug, hvis nybyggeri frem til 2015 opføres som lavenergiklasse 1 og 2 i forhold til BR08 krav.

Et eksempel på beregning af reduktion er her vist for varmebesparelser ved opførelse af parcelhuse:

Energibesparelser ved opførelse af lavenergiklasse 2 i stedet for BR08 krav.

	Areal	Energibehov BR08 krav	Energibehov lavenergiklasse 2	Energibesparelse ved lavenergiklasse 2	
				El	Varme
Parcelhus	71.276 m ²	5.915.908 kWh/år	4.205.284 kWh/år	0	1.710.624 kWh/år
Tæt-lav bolig	24.200 m ²	2.226.400 kWh/år	1.597.200 kWh/år	0	629.200 kWh/år
Etagebolig	17.301 m ²	1.262.973 kWh/år	899.652 kWh/år	0	363.321 kWh/år

$(5.915.908 - 4.205.284) \text{ kWh/år} \cdot 100 \% = 1.710.624 \text{ kWh/år}$ som med en emissionsfaktor for varme i 2015 på 0,173 kg/kWh giver en reduktion på 428 ton CO₂.

Energibesparelser ved opførelse af lavenergiklasse 1 i stedet for BR08 krav.

	Areal	Energibehov BR08 krav	Energibehov lavenergiklasse 1	Energibesparelse ved lavener- giklasse 1	
				El	Varme
Parcelhus	71.276 m ²	5.915.908 kWh/år	2.922.316 kWh/år	209.551 kWh/år	2.784.041 kWh/år
Tæt-lav bolig	24.200 m ²	2.226.400 kWh/år	1.113.200 kWh/år	77.924 kWh/år	1.035.276 kWh/år
Etagebolig	17.301 m ²	1.262.973 kWh/år	622.836 kWh/år	44.810 kWh/år	595.327 kWh/år

Dette giver anledning til følgende CO₂ besparelser:

CO₂ besparelser ved opførelse af lavenergiklasse 1 og 2 i Sønderborg Kommune frem til 2015.

	CO ₂ besparelse ved energiklasse II		CO ₂ besparelse i alt	CO ₂ besparelse ved energiklasse I		CO ₂ besparelse i alt
	El	Varme		El	Varme	
Parcelhus	0	296 ton/år	296 ton/år	163 ton/år	482 ton/år	645 ton/år
Tæt-lav bolig	0	109 ton/år	109 ton/år	60 ton/år	179 ton/år	239 ton/år
Etagebolig	0	63 ton/år	63 ton/år	35 ton/år	103 ton/år	138 ton/år
CO ₂ besparelse for alle boliger			468 ton/år			1.022 ton/år

4 Kommunal elbil-transport i Sønderborg Kommune

Sønderborg Kommune påtænker at konvertere de kommunale tjenestebiler til et alternativt drivmiddel, fra fossil brændsel til el. Effekten vil her være reduktion i transportarbejdet som udføres i bil med forbrændingsmotor.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- Sønderborg Kommune har følgende biler til administrativ kørsel:
 - Administrationen: 22 biler
 - Ældre- og sygeplejen: 40 biler
- En del af de 22 biler, der anvendes i administrationen, bruges til kørsel ud af kommunen. Med den nuværende teknologi med en kørselsradius på 180 km, vil det ikke være muligt at udskifte alle biler for nærværende.
- Tjenestebilerne kører, jævnfør leasingaftalerne, 20-25.000 km per år. Det samlede antal offentlig kørte km i personbil per år i Sønderborg Kommune vurderes dermed at være 1.395.000 km per år. Denne kørsel dækker over såvel administrationens kørsel samt kørsel i hjemmeplejen.
- Der udskiftes i 2009 fem biler svarende til i alt 5 ▪ 22.500 km/år. Der forudsættes i beregningerne, at infrastrukturen for batteriskift eller mere effektive batterier er implementeret inden for 6 år, og dermed muliggør udskiftning af alle kommunale biler i 2015.
- Emissionsfaktoren for bilkørsel forudsættes at være 177 g CO₂/km, jævnfør CO₂ beregneren³. For biltrafik i 2015 regnes med en CO₂ emissionsfaktor på 160 g CO₂/km i 2015, hvilket bygger på en forudsætning om en 10 % effektivitetsforøgelse. Effektivitetsforøgelsen er en fremskrivning af emissionsudviklingen for biler i perioden 1998 - 2005, jf. Færdselsstyrelsen, 2009.
- Ved beregning af CO₂-reduktionen er anvendt emissionsfaktorer for el som drivmiddel i personbil fra CO₂-beregneren⁴ på 88,1 g CO₂/km i 2009. Dette nedskrives med 10 % til 79,6 g CO₂/km i 2015, ved at benytte samme nedskrivningsfaktor mellem 2009 og 2015 som i Energistyrelsens "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, maj 2009, tabel 8, dvs. for el henholdsvis 859 kg CO₂/MWh og 776 kg CO₂/MWh.
- Der regnes med en belægningsprocent på 1 person per bil, da der er tale om servicekørsel alene udført af kommunale medarbejdere.

³ CO₂-beregneren: "Transport og øvrige mobile kilder" - "Vejtrafik" - "Tier 2"

⁴ CO₂-beregneren: "Virkemidler" - "Transport" - "Brug af alternative drivmidler i personbiltransport"

4.1 CO₂ reduktioner ved elbil-transport

CO₂ reduktion ved udskiftning af 5 biler til elbiler i 2009.

	Antal kørte km per år	Emission ved benzin/diesel ton/år	Emission ved el ton/år	CO ₂ reduktion ton/år
Offentlig personbilkørsel	122.500 km/år	20 ton/år	10 ton/år	10 ton/år

CO₂ reduktion ved udskiftning af alle biler til elbiler i 2015

	Antal kørte km per år	Emission ved benzin/diesel ton/år	Emission ved el ton/år	CO ₂ reduktion ton/år
Offentlig personbilkørsel	1.395.000 km/år	209 ton/år	111 ton/år	98 ton/år

5 Energirenovering af offentlige bygninger i Sønderborg Kommune

CO₂ effekten forventes fra et reduceret energiforbrug af en renovering af kommunale ejendomme i Sønderborg Kommune. Reduktionen er knyttet til renovering af de ejendomme, som Sønderborg Kommune har vurderet til at have et renoveringsbehov.

Energirenoveringen medfører et mindre træk på afbrænding af fossile brændsler og dermed har en indirekte positiv konsekvens for udledningen af CO₂.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- Ved beregning af CO₂ reduktionen er anvendt emissionsfaktorer for el og fjernvarme svarende til de emissionskoefficienter for 2009 der er angivet i Energistyrelsens "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, maj 2009, tabel 8, dvs. for el 859 kg CO₂/MWh og 51,5 kg CO₂/GJ for varme svarende til 185 kg CO₂/MWh.
- Reduktion i CO₂ emission beregnes i forhold til, hvis bygningerne renoveres op til BR08 krav for nybyggeri af kontorer, skoler, institutioner og andre bygninger. Energirammen beregnes efter: $(95 + 2200/A)$ kWh/m² pr. år, hvor A er det opvarmede etageareal (Bygningsreglementet, 2008, Kapitel 7.3.2, stk. 1).
- Svømmehallen i Sønderborg er en bygning "... med behov for fx et højt belysningsniveau, ekstra meget ventilation, et stort forbrug af varmt brugsvand eller lang benyttelsestid eller bygninger med stor rumhøjde forhøjes energirammen med et tillæg, der modsvarer det beregnede energiforbrug hertil.", jf. Bygningsreglementet 7.2.3, stk. 2. Beregning af det nødvendige energibehov ligger uden for denne opgaves mulighed og indgår derfor ikke i opgørelsen af det samlede potentiale for energibesparelser ved renovering.
- En gennemsnitlig fordeling på el og varme for lavenergiklasse 1 og 2 er baseret på et COWI notat vedrørende tre nye institutioner i Albertslund. For BR08 er der ingen informationer om fordelingen, og det antages at energibesparelsens fordeling ved at gå fra et gennemsnitligt energiforbrug op til BR08 krav forudsættes at være tilsvarende fordelingen fra BR08 op til lavenergiklasse 2.

Energibesparelsens fordeling	Kontorer, skoler, institutioner m.v. (7.2.3 i BR08)
BR08	Varme: 83 % El: 17 %
Lavenergiklasse II	Varme: 83 % El: 17 %
Lavenergiklasse I	Varme: 81 % El: 19 %

- Der forudsættes følgende gennemsnitlige forbrug af varme og el type af offentligt byggeri (Dansk Energi, 2009).

Type af offentligt byggeri	El	Varme	Samlet energiforbrug
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Biblioteker	37,6	101	138,6
Børnehaver	41,5	157,7	199,2
Idrætshaller	45,8	104	149,8
Rådhus	52	101,7	153,7
Skole	25	118,1	143,1
Sociale institutioner for voksne	54,4	161,5	215,9

- På baggrund af bygningsoversigt (Sønderborg Kommune, 2009) forudsættes følgende antal m² fordelt på forskellige typer af byggeri:

Anvendelse svarende til:	Antal m ²
Biblioteker (biblioteker, øvrig kultur)	21.672 m ²
Børnehaver	21.182 m ²
Idrætshaller	31.886 m ²
Rådhus (kommunal havn, lystbådehavn, brand og redning, biblioteker, øvrig kultur, erhvervsejendomme, administrationsbygninger, andre ejendomme)	90.172 m ²
Skoler	187.585 m ²
Sociale institutioner for voksne (omsorg)	82.303 m ²

5.1 CO₂ reduktioner ved energirenovering

Det nuværende forbrug af el og varme i de offentlige bygninger med renoveringsbehov samt emissioner knyttet hertil er beregnet til:

Emission knyttet til varmekonsum:

$$39.169.337 \text{ kWh} \cdot 0,185 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} = 7.246.327 \text{ kg CO}_2$$

Emission knyttet til elforbrug:

$$17.010.151 \text{ kWh} \cdot 0,859 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} = 14.611.720 \text{ kg CO}_2$$

Eksisterende energiforbrug i offentlige bygninger i Sønderborg med renoveringsbehov samt CO₂ emissioner.

Anvendelse	Samlet elforbrug	Samlet varmekorbrug
Biblioteker	814.867 kWh	2.188.872 kWh
Børnehaver	879.053 kWh	3.340.040 kWh
Idrætshaller	1.460.379 kWh	2.316.144 kWh
Rådhus	4.688.944 kWh	9.170.492 kWh
Skoler	4.689.625 kWh	22.153.789 kWh
Sociale institutioner for ældre	4.477.283 kWh	13.291.935 kWh
I alt forbrug	17.010.151 kWh	39.169.337 kWh
CO ₂ emission i alt	14.611.720 kg CO ₂	2.036.806 kg CO ₂

Reduktion i CO₂ emission beregnes i forhold til, hvis bygningerne renoveres op til BR08 krav for nybyggeri af kontorer, skoler, institutioner og andre bygninger. Dette giver følgende energikrav for de forskellige bygningstyper:

Beregnete energikrav for bygninger med renoveringsbehov.

Bygninger	Gennemsnitlig opvarmet areal per bygning	Energikrav	Forudsat energikrav ved renovering til BR08 krav
Kommunal havn	300 m ²	102 kWh/m ² /år	98 kWh/m ² /år ⁵
Lystbådehavn	466 m ²	100 kWh/m ² /år	
Brand og redning	275 m ²	103 kWh/m ² /år	
Erhvervsejendomme	1.366 m ²	97 kWh/m ² /år	
Administrationsbygninger	2.500 m ²	96 kWh/m ² /år	
Andre ejendomme	1.285 m ²	97 kWh/m ² /år	
Biblioteker	1.639 m ²	96 kWh/m ² /år	
Øvrig kultur	657 m ²	98 kWh/m ² /år	
Omsorg	2.166 m ²	96 kWh/m ² /år	96 kWh/m ² /år
Idrætshaller	1.449 m ²	97 kWh/m ² /år	97 kWh/m ² /år
Skoler	4.362 m ²	95 kWh/m ² /år	95 kWh/m ² /år
Børnehaver	493 m ²	100 kWh/m ² /år	100 kWh/m ² /år

Det forudsættes, at energibesparelsen, med overholdelse af de nye energikrav i henhold til BR08, fordeler sig således: Varme = 83 % og El = 17 %. Energibesparelse fordelt på el og varme og dertil knyttet CO₂ reduktion beregnes således:

⁵ Dette energikrav er beregnet som et vægtet gennemsnit.

Eksempel på beregning af elbesparelse for biblioteker:

$$((138,6 \text{ kWh/m}^2/\text{år} - 97 \text{ kWh/m}^2/\text{år}) \cdot 17 \%) \cdot 21.672 \text{ m}^2 = 153.264 \text{ kWh/år}$$

$$153.264 \text{ kWh/år} \cdot 0,859 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 131.654 \text{ kg CO}_2/\text{år}$$

CO₂ reduktion ved at renovere offentlige bygninger med renoveringsbehov i Sønderborg Kommune op til BR08 krav.

Bygninger	Samlet el- besparelse [kWh/år]	CO ₂ reduk- tion for el [kg CO ₂ /år]	Samlet varmebe- sparelse [kWh/år]	CO ₂ reduk- tion for varme [kg CO ₂ /år]	Samlet CO ₂ reduktion [ton CO ₂ /år]
Biblioteker	153.264	131.654	748.291	38.911	171
Børnehaver	357.213	306.846	1.744.041	90.690	398
Idrætshaller	286.209	245.854	1.397.372	72.663	319
Rådhus	853.839	733.448	4.168.742	216.775	950
Skoler	1.533.883	1.317.605	7.488.956	389.426	1.707
Sociale insti- tutioner for ældre	1.677.582	1.441.043	8.190.548	425.908	1.867
		4.177 ton/år		1.235 ton/år	5.412 ton/år

6 Skovrejsning i Frederikshavn Kommune

I Frederikshavn Kommune er der i forbindelse med kommuneplanlægningen udlagt arealer til skovrejsning.

Effekten her er det CO₂-optag, der sker ved fotosyntesen under væksten af skovens planter. Herved bindes CO₂ i skovens biomasse, og er således fjernet fra atmosfæren.

Den optagne CO₂ regnes som et negativt CO₂-bidrag i CO₂-regnskabet, og beregnes på baggrund af skovens areal, samt hvor meget skoven vokser hvert år, og hvor meget skov der vil være, når skoven har nået en konstant størrelse.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- Det eksisterende skovareal i Frederikshavn Kommune er 13.023 ha (heraf tinglyst fredskov 9.033 ha, samt kommunalt ejet skov 825 ha).
- Samlet areal for de 8 skovrejsningsarealer i Kommuneplan 2010-2020: 3.260 ha.
- Der forudsættes tre scenarier for typen af skov i skovrejsningsområderne
 - 100 % løv
 - 80 % løv og 20 % nål
 - 50 % nål og 50 % løv
- Det antages, at nåleskov som gennemsnit i opbygningsperioden (50 år) kan binde 14,0 ton CO₂ pr. ha pr. år. Eg kan i opbygningsperioden (90 år) binde 8,9 ton CO₂ pr. ha pr. år. Disse reduktioner er angivet af Steen Gyldenkerne (DMU, 2009). Tallene er lavere end for CO₂ beregneren, hvilket skyldes at der her er taget højde for vækstforholdene i Frederikshavn Kommune, som er lavere end for Danmark som gennemsnit.
- Det antages, at skoven vil fungere som en stående fældningsskov, hvor fældningen foregår løbende, og skoven således ikke bliver ryddet. Hvis skoven bliver ryddet er den endelige CO₂-lagring 0 ton i alle tilfælde.
- Det er ikke specificeret, hvad arealernes tidligere anvendelse er, og det regnes derfor ikke på en eventuel påvirkning på CO₂-regnskabet ved ophør af den tidligere arealanvendelse.
- Dette er under antagelsen af, at arealet ikke er beplantet i forvejen, samt at hugsten foregår på en sådan måde, at der, samlet set for arealet, bevares en konstant biomasse, når skoven er udvokset.
- Den eksisterende skov i kommunen dækker 13.023 ha. Her antages en fordeling på 75 % nåleskov og 25 % løvskov. Det antages ligeledes, at disse

arealer er udvokset, og således ikke genererer et CO₂-optag, men blot fungerer som CO₂-lager.

6.1 CO₂-reduktioner ved skovrejsning

Optaget CO₂ i eksisterende skov bidrager ikke til CO₂-reduktion, men er et konstant lager, såfremt skovene består uændret.

Bundet CO₂ i eksisterende skov i Frederikshavn Kommune.

	Areal ha	Årligt CO ₂ -optag ton	Bundet CO ₂ ton
Eksisterende skov	13.023 ha	0 ton/år	9.002.149 ton

For de i kommuneplanen udlagte skovrejsningsområder regnes på tre forskellige sammensætninger af skovtyper. Skovrejsningsarealet er på 3.026,43 ha.

CO₂ optag på nye skovarealer i Frederikshavn Kommune.

	Areal	CO ₂ -optag årligt	Samlet CO ₂ optag
100 % løvskov	3.260,43 ha	28.874 ton/år	2.598.693 ton
80 % løvskov og 20 % nåleskov	3.260,43 ha	42.310 ton/år	2.346.492 ton
50 % nåleskov og 50 % løvskov	3.260,43 ha	37.272 ton/år	2.441.068 ton

Tidshorisonten, inden den samlede CO₂-binding er opnået, er henholdsvis 90 år for løvskov og 50 år for nåleskov. Herefter anses skoven som CO₂-neutral, idet mængden af biologisk materiale, der binder CO₂, er konstant.

Det skal bemærkes, at det er forudsat at træerne fældes, hvormed CO₂ vil blive frigivet. Her er der ikke taget hensyn til at træet stadig binder CO₂ i det omfang den ikke bliver brændt af, samt at den ved afbrænding eller anden brug eventuelt kan fortrænge andre materialer. Dette kan indtænkes i den øvrige planlægning, hvor kommunen f.eks. kan understøtte brugen af træ i byggeriet og dermed opnå en endnu større reduktion som følge af, at træet fortrænger brugen af mere energikrævende byggematerialer så som beton og tegl.

Inddragelse af landbrugsjord til skovrejsning kan have en afledt negativ effekt, hvis en faldende landbrugsproduktion i Danmark foranlediger en øget produktion i marginale produktionslande, hvor øget produktion betyder fældning af regnskov og andre biotoper. Dette er ikke medtaget i vurderingen.

7 Biogasanlæg i Frederikshavn Kommune

CO₂-effekten i forbindelse med biogasproduktionen i Frederikshavn Kommune vil stamme fra forskellige bidrag. I første omgang betyder biogasproduktionen i sig selv, at udslip af de aggressive drivhusgasser metan, CH₄, og lattergas, N₂O, undgås. Dernæst giver udnyttelsen af den producerede biogas mulighed for at erstatte andet, der giver anledning til CO₂-udledning. Her er der regnet på en substitution af fossil energi, henholdsvis naturgas til energiproduktion og diesel/benzin til kollektiv transport.

7.1 CO₂-reduktioner ved biogasproduktion

Forudsætninger for beregning af CO₂

Anlægget antages at komme til at producere 14.000.000 m³ biogas, ved brug af kvæg- og svinegylle, samt i nogen grad slam. Det har kun været muligt at regne på gylle-delen, som derfor her antages at udgøre hele inputtet.

- Ved anvendelse af standardværdier for biogaspotentiale fås en metanproduktion på 14,1 og 11,5 Nm³ pr. ton gylle for henholdsvis kvæg- og svinegylle (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2008, side 34).
- Fordelingen mellem kvæg- og svinegylle fastsættes efter fordelingen mellem antal dyreenheder i Frederikshavn kommune, jf. Plantedirektoratets opgørelser på baggrund af gødningsregnskaber:
 - 8129 DE kvæg
 - 18715 DE svin
- Det antages, at der er 25 % søer med smågrise og 75 % slagtesvin. Der regnes derfor med følgende gødningsmængder per dyreenhed per år på ud fra Landbrugsforlaget, 2008, side 106:
 - 17,1 ton/DE for kvæg
 - 19,4 ton/DE for svin
- Regnes der med ovenstående fordeling på kvæg og svin i Frederikshavn Kommune, ganget med produktion af gylle pr dyreenhed, fås fordeling af den samlede gylleproduktion:
 - 28 % kvæggylle og 72 % svinegylle
- Reduktionen af drivhusgasser fra anvendelse af husdyrgødning til biogas forudsættes at være følgende (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2008, side 34):
 - 28,8 kg CO₂ eq / ton gylle for kvæg
 - 25,4 kg CO₂ eq / ton gylle for svin

Dette inkluderer: undgået metan og lattergas fra lager, undgået lattergas fra udbringning, metan fra biogas (gasmotor), undgået lattergas fra N-

udvaskning samt kulstoflagring i jorden (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2008, side 34).

Ved produktion af 14.000.000 m³ biogas ud fra de ovenstående forhold kræves der i alt 1.145.739 ton gylle, fordelt på 316.924 ton kvæggylle og 828.815 ton svinegylle, efter forholdene i Frederikshavns Kommune.

$$\begin{array}{rcl} 316.924 \text{ ton kvæggylle} \cdot 14,1 \text{ m}^3 \text{ biogas/ton} & = & 4.468.628 \text{ m}^3 \text{ biogas} \\ 828.815 \text{ ton svinegylle} \cdot 11,5 \text{ m}^3 \text{ biogas/ton} & = & 9.531.372 \text{ m}^3 \text{ biogas} \\ & & \underline{14.000.000 \text{ m}^3 \text{ biogas}} \end{array}$$

Ved produktion af biogas i stedet for udbringning af gylle giver det en reduktion i udledningen af CH₄ og N₂O - omregnet til CO₂ ækvivalenter på:

	Gylle ton/år	CO ₂ .eq ton/år
Kvæg	316.924	9.127
Svin	828.815	21.052
I alt	1.145.739	30.179

Denne besparelse kan herefter også tilskrives projektet i Frederikshavn.

Det skal bemærkes, at der ikke er taget forbehold for, hvorvidt gyllen skal produceres i Frederikshavn, eller andre steder. Biogasanlægget er beliggende i Skagen. I Frederikshavn kommune med nuværende dyrestand kan der produceres lidt over en fjerdedel af de 23.000.000 m³. Der vil derfor være behov for transport af gylle fra andre steder.

Der er dog regnet med samme fordeling mellem kvæg og svin, uagtet at gyllen ikke skal komme udelukkende fra Frederikshavn. I øvrigt påvirkes det samlede resultat dog kun i ringe grad af ændringer i fordelingen mellem kvæg- og svinegylle.

Gyllesuppleringsbehovet vil reelt være en smule mindre, idet det er nødvendigt at supplere gyllen med andre materialer, for at opnå en hensigtsmæssig forgasning.

- Der er ikke i beregningen tillagt brændstofforbrug til transport af gyllen til biogasanlægget og ej heller det reducerede brændstofforbrug til udbringning af gyllen på mark.
- Der er ikke i beregningen taget højde for øget brug af kunstgødning som følge af gyllens anvendelse til biogas.

7.2 CO₂-reduktioner ved kraftvarmeproduktion på biogas

En del af den producerede biogas kan bruges til at erstatte naturgas i kraftvarmeværket i Frederikshavn. Der regnes på 13.000.000 m³ biogas.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- Brændværdierne er: 39,6 GJ/ 1000 m³ naturgas og 23 GJ / 1000 m³ biogas. (Energistyrelsen, 2009).
- Biogas erstatter naturgas direkte, altså med samme mængde energi produceret og samme fordeling mellem el og varme.
- CO₂-udledningen fra naturgas er 2,28 kg/m³ (Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi)
- Biogas til kraftvarme anses som CO₂-neutralt.

Produktion af el og varme med biogas frem for naturgas betyder, at forbruget af naturgas falder, ved produktion af samme energimængde:

$$\begin{array}{l}
 13.000.000 \text{ m}^3 \text{ biogas giver} \\
 13.000.000 \text{ m}^3 \cdot 0,023 \text{ GJ/m}^3 = \qquad \qquad \qquad 299.000 \text{ GJ} \\
 \text{svarende til:} \\
 299.000 \text{ GJ} / 0,0396 \text{ GJ/m}^3 = \qquad \qquad \qquad 7.550.505 \text{ m}^3 \text{ naturgas}
 \end{array}$$

Ved en CO₂-udledning på 2,28 kg/m³ for naturgas, som erstattes med CO₂-neutralt biogas, reduceres derved:

$$7.550.505 \text{ m}^3 \cdot 2,28 \text{ kg/m}^3 = \qquad \qquad \qquad 17.215 \text{ ton CO}_2$$

CO₂ reduktion ved brug af biogas i stedet for naturgas i Frederikshavn Kommune.

m ³ naturgas fortrængt af biogas	Sparet CO ₂ emissions/år ved biogas
7.550.505 m ³	17.215 ton CO ₂ /år

7.3 CO₂-reduktioner ved bustransport på biogas

Biogassen påtænkes derudover brugt som alternativt drivmiddel i den kollektive transport - nærmere bestemt i busser, der betjener oplandsruterne. Hertil bruges 1.000.000 m³ biogas, som erstatter diesel i busserne.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- Der regnes med et brændstofforbrug på 3,1 km/l diesel, og 2,66 kg CO₂/l diesel (Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi; CO₂-beregneren).
- På baggrund af forskelle i brændværdier regnes der med, at 1 m³ biogas modsvarer 0,64 l diesel (Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi; CO₂-beregneren).
- Biogas anses som CO₂-neutralt.
- Det forventes, at energiudnyttelsen af brændslernes energiindhold er det samme.

Naturgas fortrænger diesel som drivmiddel i busserne.

1.000.000 m³ biogas svarer til
 1.000.000 m³ · 0,64 l diesel / m³ biogas = 640.669 l diesel

Ved en CO₂-udledning på 2,56 kg/l for diesel, som erstattes med CO₂-neutralt biogas, reduceres derved:
 640.669 m³ · 2,66 kg/l = 1.704 ton CO₂

CO₂ reduktion ved brug af biogas i busdrift i Frederikshavn Kommune.

Liter diesel fortrængt af biogas	Sparet CO ₂ emissions ved biogas
640.669 liter	1.704 ton/år

Ved den anførte brændstoføkonomi svarer dette til, at 1.000.000 m³ biogas vil give 2.366.914 km kørsel.

8 Bybuskørsel i Frederikshavn baseret på el

Bybusserne i Frederikshavn Kommune skal køre på el fra vindmøllestrøm. Herved undgås CO₂-udledningen fra forbrænding af diesel.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- Det forudsættes, at busserne kommer til at køre på vindmøllestrøm, som anses som CO₂-neutralt.
- Ved anvendelse af ikke-VE energi anvendes CO₂ beregneren ved beregning af emissioner ved brug af gennemsnit-el.
- Kørslen med bybusser i Frederikshavn Kommune er opgivet til 429.004 km, hvoraf det forventes, at 90 % er bykørsel og 10 % er landkørsel.
- Ud fra denne fordeling af kørsel regnes der med en udledning på 0,861 kg CO₂ pr km⁶.

8.1 CO₂-reduktioner ved el til kollektiv bybustransport

Den beregnede reduktion skyldes, at el fortrænger diesel som drivmiddel i busser.

CO₂ reduktion som følge af el til kollektiv bybustransport i Frederikshavn.

	Kørsel km	CO ₂ -udledning ton / km	CO ₂ -udledning ton/år
Diesel	429.004	0,000861	370 ton/år
El på vindmølle	429.004	0	0
Besparelse ved VE el	0	0,000861	370 ton/år
Besparelse ved gennemsnit-el			134 ton/år

Der forventes således en besparelse på 370 ton CO₂.

Såfremt der benyttes gennemsnit-el, produceret efter landsgennemsnittet, er besparelsen cirka 134 ton CO₂.

⁶ CO₂-beregneren: "Transport og øvrige mobile kilder" - "Vejtrafik" - "Tier 3"

9 Energirenovering af boliger i Frederikshavn Kommune

CO₂ effekten forventes fra et reduceret energiforbrug og at en renovering af eksisterende boliger i Frederikshavn Kommune medfører et mindre træk på afbrænding af fossile brændsler og dermed har en indirekte positiv konsekvens for udledningen af CO₂.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- På baggrund af udtræk fra BBR-registret er der opgjort bygninger til boligbehov opført inden 1995. Der er registreret 29.885 boliger med et samlet areal på 3.492.143 m². Der er valgt at beregne potentialer for boliger opført før 1995, hvor Bygningsreglement 1995 trådte i kraft. Hermed fokuseres på de boliger, hvor potentialet er størst, og hvor det vurderes realistisk, at ejere vil foretage en energirenovering indenfor nær fremtid.
- Størrelsen af energibesparelspotentialet er fastsat ud fra By og Byg Dokumentation 057 (SBI, 2004), som beskæftiger sig med varmetabet i boliger, afhængig af boligtype og opførelsesår.
- Potentialets størrelse er beregnet ud fra forbedringer af de forskellige bygningselementer. Der er kun antaget et potentiale i de bygningsdele, der overskrider en grænseværdi for varmetabsfaktoren, afhængig af bygningselementet.
- For disse bygningselementer er det antaget, at halvdelen reelt vil blive renoveret, på grund af forskellige forhold, såsom praktiske forhindringer, bevarelsesværdige bygninger, økonomiske hensyn og lignende.
- Det er i undersøgelsen antaget, at der ved renoveringen opnås en energistandard svarende omtrent til bygningsreglementets krav.
- Resultatet af vurderingen af potentialet er derfor i nogen grad konservativt; man kan forestille sig at det i nogle tilfælde vil være muligt at renovere til en højere standard, eller at en målrettet indsats vil gøre det muligt og ønskværdigt at renovere mere end halvdelen.
- I forhold til CO₂-udledningen, regnes der med udledningerne angivet i Energistyrelsens beregningsforudsætninger (Energistyrelsen, 2009). Der regnes derfor på CO₂-udledningen i 2009. Ifølge disse forudsætninger vil CO₂-udledningen mindskes over tid, idet energiproduktionens CO₂-udledning generelt forventes at falde. Ved beregning af CO₂ reduktionen er anvendt emissionsfaktorer for fjernvarme svarende til de emissionskoefficienter for 2009, der er angivet i Energistyrelsens "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet", maj 2009, tabel 8, dvs. 51,5 kg CO₂/GJ for varme svarende til 185 kg CO₂/MWh.

9.1 CO₂ reduktioner ved energirenovering

Antallet af boliger i Frederikshavn Kommune, samt arealet, fordelt på opførelsesår.

Antal boligenheder Samlet areal	-1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1995
Etageboligbebyggelse	1812	1424	1267	1646	427	680
	128.860	98.524	96.311	138.329	31.803	50.186
Fritliggende enfamilieshus	3011	1977	2091	4364	2667	2615
	407.210	242.888	243.161	616.673	413.594	359.329
Række-, kæde- eller dobbelthus	286	120	551	695	623	1568
	28.339	10.906	45.616	56.777	50.899	122.731
Stuehus til landbrugsejendom	1353	279	71	61	36	60
	243.506	45.670	10.760	10.962	6.974	12.284

Potentiale for energibesparelser i forbindelse med varmetab, efter boligtype og opførelsesår, efter By og Byg Dokumentation 057.

kWh/m ²	-1930	1931- 1950	1951- 1961	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998
Fritliggende enfamilieshus	38,0	36,9	34,6	20,8	14,9	10,6
Række-, kæde- eller dobbelthus	49,3	46,8	35,5	19,6	15,5	13,1
Stuehus til landbrugsejendom	57,5	59,0	51,3	22,7	17,5	13,7
Etageboligbebyggelse	45,8	44,8	40,6	29,0	20,3	14,7

I alt resulterer udregningerne i et potentiale på 100,1 GWh varmebesparelse.

Samlet kWh besparelse per år ved energirenovering af eksisterende boliger opført før 1995 i Frederikshavn Kommune. De største potentialer er markeret med grønt.

	-1930	1931- 1950	1951- 1960	1961-1972	1973- 1978	1979- 1995
Etageboligbebyggelse	5.904.086	4.409.689	3.909.792	4.013.727	646.669	739.816
Fritliggende enfamilieshus (parcelhuse)	15.466.788	8.963.956	8.412.659	12.827.740	6.159.990	3.799.158
Række-, kæde- eller dobbelthus	1.396.644	510.663	1.618.734	1.115.349	787.863	1.607.415

Stuehus til landbrugs-ejendom	14.000.680	2.693.200	551.609	248.470	122.315	168.569
-------------------------------	------------	-----------	---------	---------	---------	---------

Den samlede besparelse for renovering af private boliger i Frederikshavn Kommune er: 100.075.580 kWh/år.

Samlet CO₂ reduktion i ton per år ved energirenovering af eksisterende privat boligbyggeri opført før 1995 i Frederikshavn Kommune.

	Reduceret ton CO ₂ per år
Etageboligbebyggelse	3.630 ton CO ₂ /år
Fritliggende enfamilieshus (parcelhuse)	10.292 ton CO ₂ /år
Række-, kæde- eller dobbelthus	1.302 ton CO ₂ /år
Stuehus til landbrugsejendom	3.290 ton CO ₂ /år
I alt ved energirenovering af boliger	18.514 ton CO ₂ /år

10 Byomdannelse ved stationer i Albertslund Kommune

CO₂ effekten forventes at være afledt af en reduktion i transportarbejdet som udføres i bil. CO₂ beregningerne viser relative besparelser ved lokalisering stationsnært i forhold til 'ikke-stationsnært'.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- I henhold til Hartoft-Nielsen, 2002 vil der for hver kontorarbejdsplads der placeres stationsnært spares omkring 10 km daglig bilkørsel (Hartoft-Nielsen, 2002, side 14). Endvidere vil der kunne spares omkring 5 km daglig kørsel per beboer, hvis boligbebyggelse placeres stationsnært frem for ikke-stationsnært (Hartoft-Nielsen, 2002, side 18).

Transportvaneundersøgelsen fra DTU indikerer, at ovenstående vurdering er meget optimistisk. Med hensyn til beregning af CO₂ besparelser knyttet til stationsnær lokalisering er forudsætningerne derfor, at der forventes en reduktion i transportarbejdet på 8 km/dag/arbejdsplads og 4 km/dag/beboer ved en stationsnær lokalisering. Output er altså en relativ reduktion per bolig og per arbejdsplads.

- Denne reducerede bilkørsel erstattes af enten kollektiv trafik eller let-trafik (cykel/gang). Den forventede modalsplit (fordeling mellem transportmiddelvalg) forudsættes forskellig for henholdsvis bolig- og kontor anvendelse:

Forudsatte modalsplit ved reduceret bilkørsel som følge af stationsnær omdannelse i Albertslund.

Anvendelse	Cykel/gang modalsplit	Tog modalsplit	Bus modalsplit
Kontor	10 %	80 %	10 %
Bolig	20 %	70 %	10 %

Med hensyn til beregning af CO₂ besparelser knyttet til fortætning er forudsætningerne at:

- Det stationsnære område er Hersted Industripark, hvor der i dag er en rummelighed, som ikke er lokalplanlagt samt en ny rummelighed udlagt i den nye kommuneplan. Samlet giver det følgende rummeligheder for omdannelsen:

Samlede rummelighed for omdannelse i Albertslund.

Navn	Omdannelse erhverv	Omdannelse boliger
Hersted industripark C10	90.000 m ²	40.000 m ² 400 boliger
Hersted industripark E22	150.000 m ²	20.000 m ² 200 boliger
Hersted industripark E23	170.000 m ²	0
Hersted industripark B58 og B59	0	55.000 m ² 550 boliger
I alt	410.000 m ² erhverv = 10.250 arbejdspladser	115.000 m ² bolig = 1.150 boliger

- Der forventes at ske en udbygningstakt på 25 % af rummeligheden i stationsnæreområder frem til 2015 og yderligere 25 % frem til 2021.
- Den forventede gennemsnitlige boligstørrelse er 100 m² og husstandsstørrelsen er 2,05.
- Den forventede arbejdspladsintensitet for blandede kontor og serviceområder er 40 m² pr arbejdsplads.
- For biltrafik tages afsæt i en emissionsfaktor på 177 g/km (CO₂ beregneren). Denne fremskrives med en effektivitetsfaktor på 10 % i 2015 og 2021. Effektivitetsforøgelsen er en fremskrivning af emissionsudviklingen for biler i perioden 1998 - 2005, jf. Færdselsstyrelsen, 2009. Dette giver følgende emissionsfaktorer: 160 g CO₂/km i 2015 og 144 g CO₂/km i 2021. Denne skal korrigeres for passagertallet.

I 2001 var den gennemsnitlige belægningsprocent 1,54 passager per bil. Vejdirektoratets undersøgelser af personer pr. bil viser, at personbelægningen pr. bil er faldende (Vejdirektoratet, 2002). Vurderingen er, at dette vil fortsætte. Derfor regnes her med, at der frem til 2021 vil være 10 % færre personer per bil. Dette giver 1,46 passager per bil i 2015 og 1,39 i 2021 og dermed følgende emissionsfaktorer per personkm: 110 g CO₂/personkm i 2015 og 104 g CO₂/personkm i 2021.

- For togtrafik regnes med, at al trafik foregår som S-tog. Emissionsfaktoren for 2008 er på 46 g CO₂/personkm oplyst af Preben Christoffersen i DSB S-togs division (COWI, 2008). Denne emissionsfaktor forudsættes uændret i 2015 og 2021 i overensstemmelse med Brancheforeningen Dansk Kollektiv Trafik (2007, side 8).
- For bustrafik forudsættes en emissionsfaktor på 765 g CO₂/km (CO₂ beregneren). Med en gennemsnitlig belægningsprocent på 12 personer per bus fås en emissionsfaktor på 64 g CO₂/personkm. Denne emissionsfaktor forudsættes uændret i 2015 og 2021 i overensstemmelse med Brancheforeningen Dansk Kollektiv Trafik (2007, side 8).

10.1 CO₂ reduktioner ved stationsnær byomdannelse

Den beregnede reduktion skyldes, at transportarbejdet i bil reduceres og erstattes af hhv. let trafik (cykel/gang), tog og bus.

CO₂ reduktion som følge af ændringer i transportvaner ved stationsnær lokalisering i Albertslund 2015.

Område	Total	Reduktion i CO ₂ emission
Reduktion i antal kørte km i bil	7.902.250 km/år	869 ton/år
Øgning i antal kørte km i bus	790.225 km/år	51 ton/år
Øgning i antal kørte km i tog	6.279.825 km/år	289 ton/år
Øgning i antal cykel- og gangkm	832.200 km/år	0 kg/år
Samlet reduktion i CO ₂ emission		529 ton/år

Reduktion i antal kørte km i bil i 2015 = ((25 % ▪ 10.250 arbejdspladser) ▪ 8 km/dag ▪ 365 dage) + ((25 % ▪ 1.150 boliger) ▪ 4 km/dag ▪ 365 dage) = 7.902.250 km/år

Der forventes således en besparelse på 529 ton CO₂ i 2015.

CO₂ reduktion som følge af ændringer i transportvaner ved stationsnær lokalisering i Albertslund 2021.

Område	Total	Reduktion i CO ₂ emission
Reduktion i antal kørte km i bil	15.804.500 km/år	1.644 ton/år
Øgning i antal kørte km i bus	1.580.450 km/år	101 ton/år
Øgning i antal kørte km i tog	12.559.650 km/år	578 ton/år
Øgning i antal cykel- og gangkm	1.664.400 km/år	0 ton/år
Samlet reduktion i CO ₂ emission		965 ton/år

Der forventes således en besparelse på 965 ton CO₂ i 2021.

11 Grøn og blå struktur i Albertslund Kommune

Dette virkemiddel adskiller sig fra de andre, ved at forhindre en antaget udledning, i forbindelse med en mindskelse af biomassen i Albertslunds Kommunes grønne struktur. I denne biomasse er der bundet en mængde CO₂, som i sin tid er blevet optaget under planternes vækst gennem fotosyntesen. Herved bindes CO₂ i den grønne strukturs biomasse, og er således fjernet fra atmosfæren.

Virkemidlet går på, at forhindre mindskelsen af den grønne struktur, og derved undgå udslippet af det bundne CO₂. Der er således ikke tale om en reducere af en eksisterende CO₂-udledning, og reducere vil således ikke kunne regnes med i forhold til krav om decideret CO₂-reduktion. Det er ikke desto mindre relevant at forhindre mindskning af allerede eksisterende CO₂-lagre.

Den optagne CO₂ beregnes på baggrund af den grønne og blå strukturs areal og type. CO₂ emissionen, der beregnes, er en beregning af det lager som bevares ved at Albertslund Kommune fastholder den grønne struktur i kommunen til trods for stigende arealkrav til bebyggelse og infrastruktur.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- Der beregnes allerede bundet CO₂ i eksisterende grøn struktur i Albertslund Kommune.
- Der forudsættes følgende arealanvendelser:

Område		Størrelse
Parkareal m buske & træer	ha	231,73
Hegn - 6 rækker	km	39,72
Biotoper	ha	16,10
Vejtræer	antal	13.056,00
Skovareal	ha	55,64
Søareal	ha	4,29
Søareal inkl. vandhul	ha	4,84
Parkareal m buske og træer		
Brugsplæne	ha	38,15
Bunddækkende buske	ha	7,67
Buske	ha	2,78
Busket	ha	17,72
Enge	ha	17,46
Fælledgræs	ha	0,36
Græsarmering	ha	0,19
Græsflade	ha	53,06
Krat	ha	5,40
Naturgræs	ha	35,05

Naturgræs slette	ha	31,18
Overdrev	ha	3,09
sportsplæne	ha	19,62
Total	ha	231,73

- For parkarealet beregnes for kategorien 'Parkareal med buske'.
- For vejtræer forudsættes 50 % < 8 meter og 50 % mellem 8 og 16 meter.

11.1 CO₂ lager ved fastholdelse af grøn struktur i Albertslund

På baggrund af beregninger foretaget i CO₂ beregneren fås følgende resultat for det eksisterende CO₂ lager i vegetation og vådområder i Albertslund Kommune:

Samlet CO₂ lager i vegetation og vådområder.

Område		CO ₂ lager
Parkareal m buske	231,73 ha	18.965 ton CO ₂ /år
Hegn - 6 rækker	39,72 km	600 ton CO ₂ /år
Biotoper	16,10 ha	213 ton CO ₂ /år
Vejtræer	13.056,00	72.125 ton CO ₂ /år
Skovareal	55,64 ha	501 ton CO ₂ /år
Søareal	9, 13 ha	17 ton CO ₂ /år
Søareal inkl. Vandhul		
I alt		92.421 ton CO ₂ /år

12 Byomdannelse i Albertslund med opførelse af lavenergibyggeri

Effekten forventes primært at være afledt af reduktion i energiforbruget til opvarmning, ventilation, belysning mm.

Output er en relativ CO₂-reduktion for boligbebyggelser. Resultatet af beregningen er således den reducerede CO₂-udledning relateret til det mindskede energiforbrug ved boliganvendelse i lavenergiområder som opnås gennem besparelser i energiforbruget ved driften af bygningerne (opvarmning, afkøling, ventilation, belysning og opvarmning af vand) i forhold til nybyggeri generelt.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- En etageejendom (én bygning) vurderes som en bygning med mere end 2 lejligheder. De planlagte etageejendomme i Albertslund forudsættes at have et gennemsnitligt areal på 1.000 m² for kontor og 1.000 m² for boliger.
- Lavenergiområderne svarer til omdannelsespotentialerne opgjort i 2009, som er opgjort til:

Navn	Omdannelse erhverv	Omdannelse boliger
Hersted industripark C10	90.000 m ²	40.000 m ² 400 boliger
Hersted industripark E22	150.000 m ²	20.000 m ² 200 boliger
Hersted industripark E23	170.000 m ²	0
Hersted industripark B58 og B59	0	55.000 m ² 550 boliger
I alt	410.000 m ² erhverv	115.000 m ² bolig

Navn	Omdannelse erhverv	Omdannelse boliger
Røde Vejmølle industrikvarter syd for Roskildevej	260.000 m ²	0

Disse omdannelsesrummeligheder dækker både den rummelighed, som ikke er lokalplanlagt samt den nye rummelighed udlagt i den nye kommuneplan.

- 25 % af boligerne forventes opført inden 2015 som lavenergiklasse 2, dvs. 28.750 m² boligareal.
- 25 % yderligere mellem 2015 og 2021 som lavenergiklasse 1, dvs. 28.750 m² boligareal.
- 25 % af kontorhverv forventes opført inden 2015 som lavenergiklasse 2, dvs. 167.500 m² kontorareal.

- 25 % af kontorhverv forventes opført mellem 2015 og 2021 som lavenergiklasse 1, dvs. 167.500 m² kontorareal.
- Der tages udgangspunkt i bygningsreglementets krav til energiforbrug (kWh/m²/år), som anvendes både til boligbebyggelser og kontor, og der er beregnet følgende energibehov:

Energibehov i forskellige boligtyper.

Hustype	Standard	Lavenergiklasse 2	Lavenergiklasse 1
Etageboliger	72	52	36
Kontor	97	72	51

- Krav til energiforbrug i almindeligt byggeri anvendes som referenceværdier.
- Det forudsættes, at energinormerne overholdes.
- Ved beregning af CO₂ reduktionen er anvendt emissionsfaktorer for el og fjernvarme svarende til de emissionskoefficienter for 2015 og 2021 der er angivet i Energistyrelsens "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, maj 2009, tabel 8, dvs.
 - I 2015: for el 776 kg CO₂/MWh og 48 kg CO₂/GJ for varme svarende til 173 kg CO₂/MWh.
 - I 2021: for el 550 kg CO₂/MWh og 42,9 kg CO₂/GJ for varme svarende til 154 kg CO₂/MWh
- En gennemsnitlig fordeling på el og varmebesparelsen for lavenergiklasse 1 og 2 er baseret på et COWI notat vedrørende tre nye institutioner i Albertslund.

Energibesparelsens fordeling	Kontorer, skoler, institutioner m.v. (7.2.3 i BR08)	Boliger, hoteller, kollegier m.v. (7.2.2 i BR08)
Lavenergiklasse 2	Varme: 83 % El: 17 %	Varme: 100 % El: 0 %
Lavenergiklasse 1	Varme: 81 % El: 19 %	Varme: 93 % El: 7 %

12.1 CO₂ reduktioner ved lavenergibyggeri i Albertslund Kommune

De to nedenstående tabeller viser de energibesparelser, der vil være på henholdsvis el- og varmeforbrug, hvis nybyggeri frem til 2015 opføres som energiklasse 1 og 2 i forhold til BR08 krav. Et eksempel på beregning af reduktion er her vist for elbesparelse ved kontorbyggeri:

$(16.247.500 - 12.060.000) \text{ kWh/år} \cdot 17 \% = 711.875 \text{ kWh/år}$ som med en emissionsfaktor for el i 2015 på 0,776 kg/kWh giver en reduktion på 552.415 kg CO₂/år.

Energibesparelser ved opførelse af lavenergiklasse 2 i stedet for BR08 krav frem til 2015.

	Areal	Energibehov BR08 krav	Energibehov energiklasse II	Energibesparelse ved energiklasse II	
				El	Varme
Kontor	167.500 m ²	16.247.500 kWh/år	12.060.000 kWh/år	711.875 kWh/år	3.475.625 kWh/år
Etagebolig	28.750 m ²	2.070.000 kWh/år	1.495.000 kWh/år	0 kWh/år	575.000 kWh/år

Energibesparelser ved opførelse af lavenergiklasse 1 i stedet for lavenergiklasse 2 i perioden 2015 - 2021.

	Areal	Energibehov energiklasse II	Energibehov energiklasse I	Energibesparelse ved energiklasse I	
				El	Varme
Kontor	167.500 m ²	12.060.000 kWh/år	8.542.500 kWh/år	668.325 kWh/år	2.849.175 kWh/år
Etagebolig	28.750 m ²	1.495.000 kWh/år	1.035.000 kWh/år	32.200 kWh/år	427.800 kWh/år

CO₂ besparelser ved opførelse af lavenergiklasse 1 og 2 i Albertslund Kommune frem til 2021.

	CO ₂ besparelse ved energiklasse II i 2015		CO ₂ besparelse i alt i 2015	CO ₂ besparelse ved energiklasse I i 2021		CO ₂ besparelse i alt i 2021
	El	Varme		El	Varme	
Kontor	552 ton/år	601 ton/år	1.153 ton/år	368	439	162 ton/år
Etagebolig	0	100 ton/år	100 ton/år	17 ton/år	66 ton/år	83 ton/år
I alt			1.253 ton/år			245 ton/år

13 Energirenovering af boliger i Albertslund Kommune

CO₂ effekten forventes fra et reduceret energiforbrug, og at en renovering af eksisterende boliger i Albertslund Kommune medfører et mindre træk på afbrænding af fossile brændsler og dermed har en indirekte positiv konsekvens for udledningen af CO₂.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- På baggrund af udtræk fra BBR-registret er der opgjort bygninger til boligbehov opført inden 1995. Der er registreret 11.776 boliger med et samlet areal på 1.097.421m². Der er valgt, at beregne potentialer for boliger opført før 1995, hvor Bygningsreglement 1995 trådte i kraft. Hermed fokuseres på de boliger, hvor potentialet er størst, og hvor det vurderes realistisk at ejere vil foretage en energirenovering indenfor nær fremtid.
- Størrelsen af energibesparelspotentialet er fastsat ud fra By og Byg Dokumentation 057⁷, som beskæftiger sig med varmetabet i boliger, afhængig af boligtype og opførelsesår.
- Potentialets størrelse er beregnet ud fra forbedringer af de forskellige bygningselementer. Der er kun antaget et potentiale i de bygningsdele, der overskrider en grænseværdi for varmetabsfaktoren, afhængig af bygningselementet.
- For disse bygningselementer er det antaget, at halvdelen reelt vil blive renoveret, på grund af forskellige forhold, såsom praktiske forhindringer, bevarelsesværdige bygninger, økonomiske hensyn og lignende.
- Det er i undersøgelsen antaget, at der ved renoveringen opnås en energistandard svarende omtrent til bygningsreglementets krav.
- Resultatet af vurderingen af potentialet er derfor i nogen grad konservativt; man kan forestille sig at det i nogle tilfælde vil være muligt at renovere til en højere standard, eller at en målrettet indsats vil gøre det muligt og ønskværdigt at renovere mere end halvdelen
- I forhold til CO₂-udledningen, regnes der med udledningerne angivet i Energistyrelsens beregningsforudsætninger⁸. Der regnes derfor på CO₂-udledningen i 2009. Ifølge disse forudsætninger vil CO₂-udledningen mind-

⁷ By og Byg Dokumentation 057 - Vurdering af potentialet for varmebesparelser i eksisterende boliger

⁸ Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, maj 2009, Energistyrelsen

skes over tid, idet energiproduktionens CO₂-udledning generelt forventes at falde. I 2009 regnes der med 51,5 kg CO₂/GJ varme.

- Kollegierne i Albertslund Kommune forudsættes at have samme reduktionspotentiale som etageboligbebyggelse.

13.1 CO₂ reduktioner ved energirenovering

Antallet af private boliger i Albertslund Kommune, samt arealet, fordelt på opførelsesår.

<i>Antal boligenheder</i>		1931-1950	1951-1960	1961-1972	1973-1978	1979-1995
<i>Samlet areal</i>	-1930					
Etageboligbebyggelse	39	237	86	2.861	279	281
	3.404	16.519	6.438	245.855	28.525	18.251
Kollegium	0	0	0	1127	0	0
	0	0	0	45.944	0	0
Fritliggende enfamilieshus (parcelhuse)	162	53	49	1243	59	53
	17.160	5.509	5.718	174.129	8.547	5.922
Række-, kæde- eller dobbelthus	49	9	25	2.861	279	281
	5.258	1.045	2.443	245.855	28.525	18.251
Stuehus til landbrugsejendom	1	2	1	4	1	0
	103	307	136	561	223	0

Potentiale for energibesparelser i forbindelse med varmetab, efter boligtype og opførelsesår, efter By og Byg Dokumentation 057.

<i>kWh/m²</i>	-1930	1931-1950	1951-1961	1961-1972	1973-1978	1979-1998
Fritliggende enfamilieshus (parcelhuse)	38,0	36,9	34,6	20,8	14,9	10,6
Række-, kæde- eller dobbelthus	49,3	46,8	35,5	19,6	15,5	13,1
Stuehus til landbrugsejendom	57,5	59,0	51,3	22,7	17,5	13,7
Etageboligbebyggelse	45,8	44,8	40,6	29,0	20,3	14,7

Samlet kWh besparelse per år ved energirenovering af eksisterende boliger opført før 1995 i Albertslund Kommune. De største potentialer er markeret med grønt.

	-1930	1931-1950	1951-1960	1961-1972	1973-1978	1979-1995
Etageboligbebyggelse	155.964	739.349	261.354	7.133.680	580.015	269.047
Kollegium	0	0	0	1.332.376	0	0
Fritliggende enfamilieshus (parcelhuse)	652.080	203.314	197.826	3.622.149	127.297	62.613
Række-, kæde- eller dobbelthus	259.133	48.931	86.693	7.173.796	1.291.362	723.115
Stuehus til landbrugsejendom	5.922	18.104	6.972	12.716	3.911	0

Den samlede besparelse for renovering af boliger i Albertslund Kommune er: 23.635.039 kWh/år.

Samlet CO₂ reduktion i ton per år ved energirenovering af eksisterende boligbyggeri opført før 1995 i Albertslund Kommune.

	Reduceret ton CO ₂ per år
Etageboligbebyggelse	1.691 CO ₂ /år
Kollegium	246 CO ₂ /år
Fritliggende enfamilieshus (parcelhuse)	900 CO ₂ /år
Række-, kæde- eller dobbelthus	1.773 CO ₂ /år
Stuehus til landbrugsejendom	9 CO ₂ /år
I alt ved energirenovering af boliger	4.619 ton CO ₂ /år

14 Hastighedssænkning på Roskildevej i Albertslund Kommune

Kørehastigheden er en betydende faktor for emissionen fra trafikken. Der er i den sammenhæng beregnet ændring i CO₂-emissioner ved en sænkning af hastighedsgrænsen på Roskildevej gennem Albertslund Kommune.

Forudsætninger for beregning af CO₂

- Der beregnes for en hastighedssænkning på Roskildevej fra 80 km/t til 60 km/t på strækningen fra Herstedvestervej til Glostrup Kommune. Strækningen er 2 km.
- Ifølge trafiktællinger fra Albertslund Kommune er der på Roskildevej en årsdøgntrafik på 28.400 køretøjer, hvoraf 1.100 - eller 4 % - er lastbiler. (COWI, 2008).
- Emissionsberegningerne er foretaget i TEMA (Transporters EMmissioner under Alternative forudsætninger), som er Trafikministeriets beregningsmodel for transportmidlers emissioner. TEMA er baseret på målingsresultater for emissioner (1999) og på statistiske trafikale data fra 1998.
 - For biler regnes på Euro II benzin 1.4 - 2 l samt Euro II diesel < 2 l.
 - For lastbiler regnes på 10 t Euro II.
 - Der forudsættes 100 % landevejskørsel.
- CO₂ emissioner per transportmiddelkm (Trafikministeriet og COWI, 2000):

Transportmiddel	CO ₂ emission ved 60 km/t	CO ₂ emission ved 80 km/t
Personbil, Euro II diesel < 2 l	250 g CO ₂ /km	241 g CO ₂ /km
Personbil, Euro II benzin 1.4 - 2 l	175 g CO ₂ /km	176 g CO ₂ /km
Lastbil, Euro II 10 ton	383 g CO ₂ /km	423 g CO ₂ /km

- På baggrund af Danmarks statistik for 'Bestanden af personbiler pr. 1. januar efter egenvægt, drivmiddel og tid' forudsættes en fordeling på 18 % dieselbiler og 82 % benzinbiler.

14.1 CO₂ reduktion ved hastighedssænkning på Roskildevej

Det samlede antal kørte km årligt, som berøres af en hastighedssænkning, beregnes at være:

$$28.400 \text{ køretøjer i døgnet} \cdot 365 \text{ dage} \cdot 2 \text{ km} = 20.732.000 \text{ km/år}$$

Denne kørsel antages på baggrund af ovenstående forudsætninger at fordele sig således:

Køretøjer	Antal kørte km/år
Personbil, diesel	3.587.220 km/år
Personbil, benzin	16.341.780 km/år
Lastbil	803.000 km/år

Hermed opnås følgende CO₂ emission ved nedsættelse af hastighedsgrænsen:

Samlet CO₂ reduktion som følge af hastighedsændring på Roskildevej gennem Albertslund fra 80 til 60 km/t.

Køretøjer	CO ₂ emission ved 60 km/t	CO ₂ emission ved 80 km/t	Reduceret CO ₂ emission
Personbil, diesel	896.805 kg CO ₂ /år	864.520 kg CO ₂ /år	- 32.285 kg CO ₂ /år
Personbil, benzin	2.859.812 kg CO ₂ /år	2.876.153 kg CO ₂ /år	16.341 kg CO ₂ /år
Lastbil	307.549 kg CO ₂ /år	339.669 kg CO ₂ /år	32.120 kg CO ₂ /år
I alt			16 ton CO ₂ /år

Referencer

Brancheforeningen Dansk Kollektiv Trafik (2007). *Kollektiv transport: en gevinst for samfundsøkonomien – Effekter af kollektiv transport som instrument til regulering af vejtrafikvæksten*. <http://foreninger.di.dk/NR/rdonlyres/15F2C0F4-47B3-468B-8633-4C4BDBC89E8D/0/KollektivtransportogsamfundsoekonomienSEP2007.pdf>

Bygningsreglementet 2008.

COWI (2008). Rema Ejendomsinvest A/S. Ny REMA1000 - Albertslund Trafikredegørelse. <http://albertslund.instant.cohaesio.net/layouts/showfile.aspx?fileName=2015281.pdf&acc=2>

Dansk Energi (2009). *Energiguident. Idrætshal*. <http://www.energi-guiden.dk/> (downloadet den 25. juni 2009).

DMU (2009). *Telefonsamtale med Steen Gyldenkerne*, Sektorekspert for landbrug og arealanvendelse i CO₂ beregneren.

Energistyrelsen (2009). *Notat. Standardfaktorer for brændværdier og CO₂-emissioner - indberetning af CO₂-udledning for 2008*.

Færdselsstyrelsen (2009). *Udvikling 1998 - 2005*. <http://www.hvorlangtpaaliteren.dk/sw101292.asp>. Udtræk den 7. juli 2009.

Hartoft-Nielsen, Peter (2002). *Stationsnærhedspolitikken i Hovedstadsområdet - baggrund og effekter*. Skov & Landskab, By- og Landsplanserien nr. 18. http://www.videntjenesten.life.ku.dk/By_og_Land/~/_media/Videntjenesten/Rapporter/PlanlaegningAfByOgLand/BogL18.ashx

KL og Klima- og Energiministeriet (2008). *Den kommunale CO₂-beregner*. <http://www.miljoportal.dk/CO2-beregner/>

Kommunernes Landsforening (1999). *Undersøgelse af energiforbruget i kommunerne i 1998*. Energistyrelsen.

Landbrugsforlaget (2008). *Håndbog til driftsplanlægning*.

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2008). *Landbrug og Klima. Analyse af landbrugets virkemidler til reduktion af drivhusgasser og de økonomiske konsekvenser*.

Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi. *Energiindhold i brændsler*

Plantedirektoratet (2009). *Gødningsregnskab*. http://pdir.fvm.dk/Godningsregnskab_summeret.aspx?ID=10237. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

SBI (2004). *By og Byg Dokumentation 057 - Vurdering af potentialet for varmebesparelser i eksisterende boliger.*

Skov- og Naturstyrelsen (2003). *Skovene binder CO₂.*
<http://www.sns.dk/udgivelser/2003/nyeskove/html/kap08.htm> Misc.

Sønderborg Kommune (2009). *Bygningsoversigt. Kommunale ejendomme.* Udtræk den 16. juni 2009.

Trafikministeriet og COWI (2000). *TEMA2000. Et værktøj til at beregne transporters energiforbrug og emissioner i Danmark.* <http://www.trm.dk/sw664.asp>

Vejdirektoratet (2002). *Personer pr. bil.* Rapport nr. 268.
<http://www.vejdirektoratet.dk/pdf/persbil.pdf>