

Analyse af CO₂-udledningen for forskellige typer byudvikling

Rapport februar 2023
Udarbejdet af Viegand Maagøe

Report: Analyse af CO₂-udledningen for forskellige typer byudvikling

Dato: 10.02.2023

Projektnummer 2837

Version: 01

Udarbejdet af: Andreas Schjørring Wied og Kristian Madsen, Viegand Maagøe

Udarbejdet til: CONCITO og Region Hovedstaden

Godkendt af: Andreas Schjørring Wied

VIEGAND MAAGØE A/S

SJÆLLAND
Hovedkontor
Nr. Farimagsgade 37
DK 1364 Copenhagen K
Denmark

T +45 33 34 90 00
info@viegandmaagoe.dk
www.viegandmaagoe.dk

CBR 29688834

JYLLAND
Samsøvej 31
DK 8382 Hinnerup

Resumé

Danske kommuner spiller en afgørende rolle i den grønne omstilling. Det haster med at komme i mål og alle midler skal tages i brug i de kommende år.

Den kommunale planlægning er et af de redskaber, som bliver vigtigt at aktivere for at nå klimamålene i de kommende år, men hvordan skal det ske og hvilken effekt kan kommunerne regne med at få?

Den historiske trend viser et stadigt voksende boligareal i nybyggede huse. Set fra et klimasynspunkt skal denne trend vendes, da antallet af kvadratmeter er den faktor, som har størst indflydelse på de samlede CO₂-udledninger og ressourceaftryk fra byområder. Samtidig kunne arealerne have været brugt til andre formål, som også er vigtige fx grønne områder og beskyttelse af biodiversitet.

Udfordringen er særligt påtrængende i Region Hovedstaden, som er den folkerigeste region i Danmark, men samtidigt også den arealmæssigt mindste region. Region Hovedstaden er også den region som forventes at få den største befolkningsvækst frem mod år 2040. Det er derfor særligt afgørende for kommuner i Region Hovedstaden at overveje, hvordan man vil anvende arealer i fremtiden.

Denne analyse har til formål at danne et vidensgrundlag under fremtidens kommunalpolitiske beslutninger i forbindelse med forskellige typer byudvikling og alternativ arealanvendelse. Analysen belyser dette gennem CO₂-beregninger af tre cases på almindeligt forekommende byudviklingsprojekter.

Analysen viser at:

- Der er stor forskel på CO₂-udledninger fra byudviklingsprojekter. Et parcelhusområde udleder mere end det dobbelte i forhold til andre typer byudviklingsområder.
- Kommunerne har stor mulighed for at påvirke udledningerne fra byudviklingsområder gennem regulering af antallet af kvadratmeter, materialevalg, reduktion i områdets samlede størrelse, samt tilvejebringelse af gode kollektive transportforbindelser og cykel-/ganginfrastruktur.
- De nyligt implementerede LCA-krav i bygningsreglementet, vil *ikke* påvirke det byggede areal, da CO₂-grænsen er baseret på kg CO₂e/m²/år. Analysen viser, at det byggede areal har den største indvirkning på områdernes samlede CO₂-udledning.

Analysen er gennemført for tre eksempelprojekter. De tre projekter udgør almindeligt forekommende byudviklingsprojekter i Danmark. I forbindelse med nærværende analyse er der udviklet en beregningsmodel, som på baggrund af en række input-parametre kan kvantificere CO₂-udledningen fra et byområde. Beregningsmodellen omfatter CO₂-udledningen fra bygninger, energiforbrug, byggemodning, veje og stier, samt beboernes transport. Betragtningstiden for beregningerne, er 50 år, så metodikken følger de nuværende bygningsreglements krav til LCA-beregninger.

Der er foretaget beregninger for tre cases, hvor der hver især er plads til 504 beboere. De tre cases er:

Case 1: Nybygget parcelhusområde (åben-lav)

Case 2: Nybyggede punkt- og rækkehuse (tæt-lav)

Case 3: Transformation fra industri til beboelse (tæt-lav)

De tre cases er inspireret af faktiske beboelsesområder i Region Hovedstaden, men er tilpasset til det samme antal beboere, så resultaterne bedre kan sammenlignes på tværs af cases. Udledningerne er vurderet over en betragtningstid på 50 år.

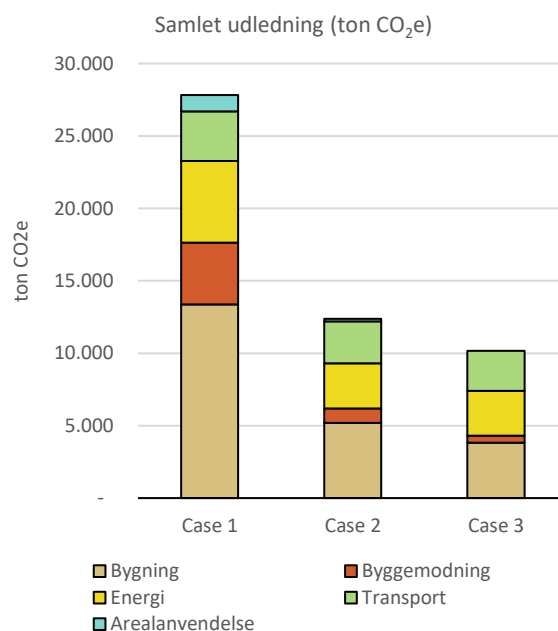
Analysen viser følgende udledninger for de 3 cases.

Case 1: **27.874 ton CO₂e**

Case 2: **12.418 ton CO₂e**

Case 3: **10.294 ton CO₂e**

Fordelingen på de enkelte områder er vist i Figur 1.



Figur 1. Samlede CO₂-udledninger fra de 3 cases over 50 år.

Analysen viser, at CO₂-udledningen er mere end dobbelt så stor i case 1, som den er i case 2 og 3. Det skyldes især større udledninger fra bygninger, energiforbrug og byggemodning, som alle udgør en stor andel af de samlede udledninger. Transportudledningerne er kun en smule større i case 1, mens udledninger fra arealbrug er markant større i case 1 end de to andre cases, men udgør en forholdsvis lille del af de samlede udledninger.

Årsagen til den store udledning i case 1 skyldes følgende:

- Case 1 er bebygget med et større boligareal, som giver øget brug af materialer. Desuden er boligerne placeret mere spredt og over et større areal, hvorfor det er nødvendigt med et øget forbrug af materialer til forsyningsledninger, veje og stier.
- Byggematerialer har store udledninger knyttet til produktionen, så et større forbrug af dette til case 1 har stor betydning for CO₂-udledningen.
- Flere boligkvadratmeter betyder flere kvadratmeter, der skal varmes op. Det opvarmede etageareal har stor indvirkning på mængden af udledninger fra energiforbrug.
- Større boliger vil antageligt medføre et større forbrug af elektronik og inventar, for at "fylde boligen ud", som dog ikke er medtaget i beregningerne. I 2019 udgjorde en gennemsnitlig danskers udledning fra indkøb af elektronik og boligudstyr ca. 660 kg CO₂e/person/år, baseret på Danmarks forbrugsbaserede aftryk¹.
- I case 1, som er mere spredt bebyggelse, vil en større andel af transporten foregå i bil i modsætning til de to andre cases. Derfor er transportudledninger størst i case 1.

Selvom case 3 genbruger en del af de tidligere konstruktioner fra bygningerne og byggemodninger, ligger de samlede udledninger fra denne case kun en smule under nybyggeriet i case 2. Dette skyldes, at der er medregnet en række store, tunge renoveringer i omdannelsen fra industribygninger til beboelse, da bygningsreglementet stiller høje energikrav til bygningernes energiforbrug og isoleringsevne når anvendelsen af bygningen ændres. Hvis eksisterende byggeri i forvejen havde været boliger, havde

energikravene været mere lempelige og mindre omfattende arbejder havde været nødvendige. Desuden indgår også udledninger fra nedrivninger af byggematerialer og en del af vejarealet i omdannelsesprocessen til boliger, som også er medregnet i konverteringscasen.

Der er desuden foretaget en parametervariation, for at vurdere effekten ved at justere på en række parameter, f.eks. reducere af boligstørrelsen.

Det, der har størst betydning for udledningerne, er det byggede etageareal. Ved at reducere parcelhusenes areal fra 205 til 120 m², blev områdets samlede udledning reduceret med 24%, mens udledningen fra boligernes byggematerialer faldt med 34%. Det reducerede areal, gav også anledning til et fald i energiforbruget på 36%.

Ved at erstatte CO₂-tunge byggematerialer med mere træbaserede løsninger, blev CO₂-udledningen reduceret med 8% for hele området og 17% fra selve byggematerialerne.

Et tættere bebygget område vil også sænke udledningerne, da der er behov for et mindre vej- og stiareal samt færre længder forsyningsledninger. Resultatet var en reduktion på 9% for området og 49% fra byggemodningsudledningerne.

Der blev også kigget på transportudledningerne og deres indvirkning på de samlede udledninger. Da beboernes transportbehov afhænger af mange variable, var det ikke muligt at kvantificere effekten af at der f.eks. etableres en god cykel infrastruktur.

I stedet er der kigget på effekten ved at etablere 2 ekstreme cases, hvor 100% af alt transport foregår i bil i det ene scenarie, mens 0% af transporten foregår i bil i det andet scenarie.

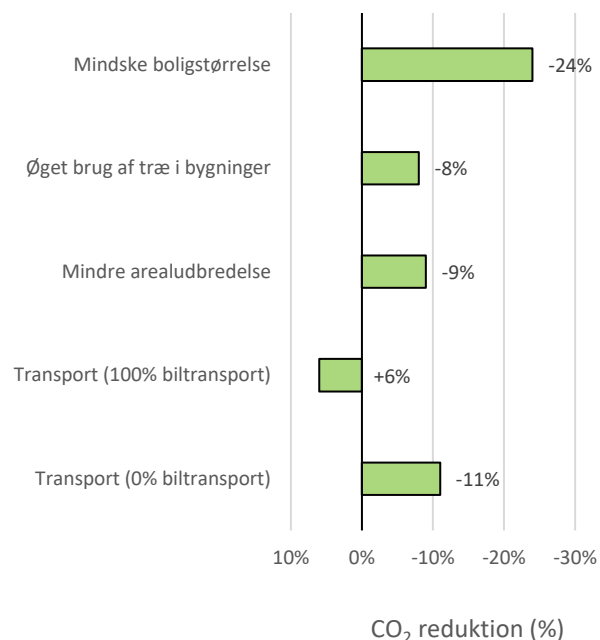
Hvis 100% af al transport blev foretaget i personbil ville de samlede udledninger blive øget med 6%, mens udledningerne ville falde med 11% hvis ingen transporterede kilometer blev foretaget i bil.

CO₂-effekten er forholdsvis begrænset, da der antages en stigende indfasning af elbiler og derfor udgør transportudledningerne en forholdsvis mindre del af de samlede udledninger. Der er dog andre vigtige årsager til at reducere biltransporten. Reduktion i biltransporten vil

¹ Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk 2019, <https://kefm.dk/Media/637553636155082844/Faktaark%202020-0-%20Klimaaftryk.pdf>

reducere trængsel, partikelforurening, støj, og mindske behovet for brug af arealer til parkering, som især er en udfordring i tæt bebyggede områder.

Figur 2 opsummerer CO₂-reduktionen fra de forskellige parametervariationer. Reduktion af boligarealet har den markant største effekt.



Figur 2. Effekten på områdets samlede CO₂-udledninger ved justering af parametre. Mindsket boligstørrelse har langt den største effekt på de samlede udledninger.

Samlet set viser analysen, at der er store CO₂-reduktioner at hente, ved at fokusere på at etablere nogle fornuftige byområder, hvor der skrues på de rigtige knapper. Kommunerne har via lokalplanerne og infrastrukturplanlægning mulighed for at påvirke alle de faktorer, der har indflydelse på CO₂-udledningen fra nye boligområder.

Kort afstand til høj kvalitets kollektiv transport og cykelinfrastruktur kan sikres ved infrastrukturinvesteringer, eller ved at sikre at nye boligområder etableres i nærheden af eksisterende høj kvalitets kollektiv transport.

Sidstnævnte giver anledning til en langt lavere CO₂-udledning, da transportinfrastrukturen allerede er etableret.

Kommunerne er også frit stillet til selv at definere antallet af parkeringspladser i et byområde og kan på den måde formegentligt påvirke bilejerskabet i området, selvom

sammenhæng mellem antal parkeringspladser og bilejerskab er usikker.²

Rapporten er finansieret af Region Hovedstaden og udarbejdet til Region Hovedstaden og CONCITO som et supplement til projektet "Fremtidens arealanvendelse". Fremtidens arealanvendelse har til formål at analysere, skabe dialog og komme med forslag til en ændret arealanvendelse i Danmark i en fremtid, hvor det danske samfund er i nettonul udledning og klimarobust. Fremtidens arealanvendelse gennemføres af CONCITO.

Virkemidler i lokalplanlægningen

I lokalplanerne kan kommunerne regulere

- størrelsen af boligerne via bebyggelsesprocenten og udstykningernes størrelse
- typen af boliger (tæt-lav, åben lav etc.)
- I begrænset omfang stille krav til valg af de udvendige materialer.
- ændre anvendelsen på eksisterende bygninger og genbruge materialer.
- sikre fornuftig cykelinfrastruktur og kort afstand til høj kvalitets kollektiv transport.

² Hvor grønne er vi? En undersøgelse af forskellige byområders indvirkning på transportvaner (ukendt år).

Indhold

1	Baggrund for opgaven	6
1.1	Formål.....	6
2	Indledning	6
2.1	Byggeri og energiforbrug i bygninger	6
2.2	Transport.....	7
2.3	Ændringer i arealanvendelsen (d/i-LUC).....	7
3	Byudvikling i Region Hovedstaden	7
3.1	Udvikling i boligstørrelsen i Danmark.....	8
3.2	Stationsnærhed og valg af transport	9
3.3	LCA-krav i bygningsreglementet.....	9
4	Beregningsmetode for klimaaftryk.....	11
5	Cases.....	15
5.1	Case 1: Parcelhusområde (åben-lav)	16
5.2	Case 2: Punkt- og rækkehuse (tæt-lav).....	17
5.3	Case 3: Konvertering af eksisterende industri til rækkehuse (tæt-lav).....	18
6	Resultater	19
6.1	Overordnede resultater	19
6.2	Parametervariation	26
7	Diskussion og perspektiver	29
8	Konklusion.....	33
9	Bilag.....	34

1 Baggrund for opgaven

Den nuværende arealanvendelse i Danmark er ikke bæredygtig. Den globale brug af vores arealer spiller en central rolle i forhold til klimakrisen, tab af biodiversitet, tab af skov og udslip af reaktivt kvælstof og fosfor til miljøet. Forskere vurderer, at de plantetære grænser i øjeblikket overskrides på alle disse områder. Fortsætter overskridelsen af plantetære grænser, er der risiko for dramatiske og irreversible forandringer i det globale miljø og klima. Der er altså behov for at ændre den måde, som vi anvender og forvalter vores arealer på.

Med dette udgangspunkt har CONCITO igangsat et treårigt projekt kaldet "Fremtidens arealanvendelse". Projektet skal analysere, skabe dialog og komme med forslag til en ændret arealanvendelse i Danmark i en fremtid, hvor det danske samfund er i netto nul udledning - hvor der optages lige så meget CO₂, som der udledes - og er klimarobust. Projektet involverer analyser af flere emner som klimatilpasning, byudvikling og infrastruktur, energiproduktion, fødevareproduktion, biodiversitet m.v.

På den baggrund har Region Hovedstaden valgt at finansiere et projekt, der gennemføres i forbindelse med og som et supplement til Fremtidens arealanvendelse. Dette delprojekt har til formål at analysere klimaaftrykket af forskellige typer byudviklingsprojekter og arealanvendelse.

1.1 Formål

Formålet med analysen er at belyse dilemmaerne, der ligger i fremtidens politiske beslutninger i forbindelse med forskellige typer byudvikling og alternativ arealanvendelse. Analysen skal zoomer ind på de specifikke udfordringer, der ligger i Region Hovedstaden. Hensigten er, at analysen skal kunne anvendes som et vidensgrundlag for kommunernes arbejde og som et oplæg til debat om dilemmaerne i såvel faglige som politiske kredse. For at gøre analysen mere brugbar for kommunerne er der udviklet en excel-baseret beregningsmodel, som kan synliggøre CO₂-aftrykket på baggrund af forskellige input-parameter. Modellen findes som bilag til analysen.

³ Anbefalinger til regeringen fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren, 2019: <https://www.ft.dk/samling/20191/almdel/KEF/bilag/393/2229190.pdf>

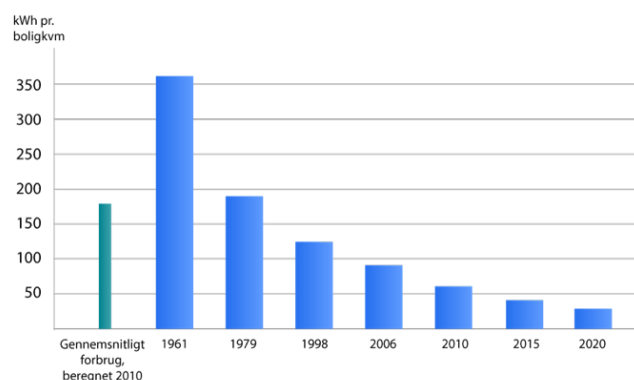
2 Indledning

CO₂-udledningen fra byudvikling kommer fra flere delelementer, herunder CO₂-udledning fra byggematerialer til bygninger, veje og infrastruktur, driftsenergi til opvarmning og elforbrug i bygningerne samt udledning fra brugernes transport. Desuden er der udledninger forbundet med konvertering af arealer fra f.eks. landbrug til boliger (direkte og indirekte land-use change).

2.1 Byggeri og energiforbrug i bygninger

Bygninger, veje og broer står for ca. 30% af Danmarks CO₂-udledning. Det kommer fra bygningernes energiforbrug, byggeprocessen i forbindelse med nybyggeri og renoveringer og produktion af byggematerialer.³ 40% af Danmarks energiforbrug opgjort i energienheder og 23% af CO₂-udledningen kommer alene fra energiforbruget i bygninger, mens 10% af Danmarks samlede CO₂-udledninger stammer fra produktion af byggematerialer og bygge- og anlægsprocessen¹.

Siden oliekriseerne i 1970'erne har Danmark gjort en indsats for at reducere energiforbruget i bygninger via løbende skærpede krav i bygningsreglementet og renoveringsindsatser, hvilket har reduceret energiforbruget pr. kvadratmeter i nye bygninger (se Figur 3).



Figur 3. Energiforbrug pr. kvadratmeter i nye bygninger. Kilde: SparEnergi.dk

Det faktiske energiforbrug til drift i nye bygninger ligger dog typisk markant højere end det beregnede i energirammen⁴. Samtidig er boligarealet vokset i perioden, så det samlede energiforbrug til bygningsdrift har ikke oplevet tilsvarende fald i energiforbruget som figuren antyder.

⁴ Forskellene mellem målt og beregnet energiforbrug til opvarmning af parcelhuse, SBI 2016:09

Danmark er altså kommet langt med at reducere energiforbruget i nye bygninger og bygningsmassen. Flere analyser har dog vist at i nybyggeri udgør CO₂ udledningen fra de benyttede materialer 60-80% af den samlede CO₂-udledning fra bygningen over dens levetid.⁵ Det betyder at der er et stort behov for at fokusere på udledningen fra byggematerialer.

Fra 1. januar 2023 er der indført nye krav i Bygningsreglementet, hvor der stilles krav om udførelse af en livscyklusanalyse (LCA) på nye bygninger med løbende skærpede grænseværdier i kg CO₂/m²/år. Dette vil blive beskrevet nærmere i et senere afsnit.

2.2 Transport

Transportsektoren står for ca. 30% af Danmarks samlede CO₂-udledninger og andelen af de samlede nationale udledninger har været støt stigende de sidste årtier. Dette skyldes et generelt øget transportbehov, hvor væksten i transporterede kilometer i høj grad er drevet af privatbilismen. En svagt stigende brændstofeffektivitet har kun i begrænset omfang modvirket dette ift. CO₂-udledningen. Samtidig er udledningen fra andre sektorer, især energisektoren, været faldende i den samme periode⁶, hvorfor transportandelen er steget.

Transportbehovet og bestanden af personbiler forventes kun at øges frem mod 2035, men en stigende indfasning af elbiler vil for alvor knække kurven og begynde at reducere udledningen fra transportsektoren⁷.

På trods af en veludbygget kollektiv transportinfrastruktur, så foretages 75 % af transportbehovet (personkm) i Region Hovedstaden i bil eller lignende. 14 % foretages ved gang og cykel og de resterende 11 % foretages med kollektiv transport⁸.

Transportmønsteret og valg af transportmidler for private borgere i Region Hovedstaden afhænger af flere faktorer. Byboere med kort afstand til indkøbsmuligheder, fritidsaktiviteter og arbejde samt med adgang til et veludbygget kollektivt transportsystem og cykelinfrastruktur har et markant lavere brug af bilkørsel end beboere der bor længere væk fra deres gøremål. Beboernes transportadfærd er påvirket af typen af byudvikling og den omkringliggende infrastruktur⁹.

⁵ SBI analyse af 60 bygninger, 2020:04

⁶ Energistyrelsens Klimastatus og -fremskrivning, 2022: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/kf22_-_samlet_rapport.pdf

⁷ Energistyrelsens Klimastatus og -fremskrivning, 2022. Sektornotat 4a: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/kf22_sektornotat_4a_transport.pdf

⁸ DTUs Transportvaneundersøgelse 2021.

De 3 analyserede cases

De 3 typer byudviklingsprojekter der er blevet analyseret. Cases er inspireret af faktiske byudviklingsprojekter i Region Hovedstaden.

Case 1: Nybygget parcelhusområde kendetegnet ved stort boligareal og spredt bebyggelse med lav bebyggelsesprocent

Case 2: Nybyggede punkt- og rækkehuse kendetegnet ved tættere byggeri med mindre boligstørrelse.

Case 3: Transformation fra industri til rækkehuse, hvor der udføres betydelige renoveringer af bygningerne, men også genbruges en del af den eksisterende bygnings- og byggemodningsstruktur.

2.3 Ændringer i arealanvendelsen (d/i-LUC)

Brug af arealer, hvad enten det er landbrug, skov, hede, søer og byer giver anledning til en CO₂-udledning eller et CO₂-optag. For eksempel optager skove en stor mængde CO₂, mens landbrugsarealer generelt udleder CO₂. Når arealer omlægges til en anden brug, er dette forbundet med en CO₂-udledning som afhænger af brugen af arealet før og efter. Det omfatter de direkte udledninger (dLUC), hvis f.eks. skov ryddes til landbrugsjord. Men det omfatter også indirekte udledninger (iLUC) hvis f.eks. et landbrugsareal omlægges fra dyrkning af fødevarer til et boligområde, vil det betyde, at fødevarerne skal produceres andetsteds. I sidste ende kan dette således potentielt medføre, at der ryddes skov for at sikre areal til dyrkning af de efterspurgte fødevarer¹⁰.

Klimaaftrykket fra bygninger, veje og transport er altså betydeligt. Denne analyse vil forsøge at præsentere CO₂-udledningen fra forskellige typer typiske byudviklingsprojekter som finder sted i Region Hovedstaden. Analysen tager udgangspunktet i de nuværende samfundsnormer og nuværende og fastlagte regler frem mod 2030. Der er ikke tænkt ud af boksen ift. fremtidige byggemetoder, leveformer, transportmønstre mv.

3 Byudvikling i Region Hovedstaden

⁹ By og Havn. Hvor grønne er vi? En undersøgelse af forskellige byområders indvirkning på transportvaner.

¹⁰ Energistyrelsen: LULUCF og iLUC (2021):

https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/baqgrundsrapport_-_lulucf_og_iluc.pdf

Byudviklingen i Region Hovedstaden har historisk set taget udgangspunkt i "Fingerplanen", hvor byudviklingen er sket langs fingrene i S-togs-nettets linjer samt motorvejene. Kilerne imellem fingrene skulle agere grønne zoner, så der aldrig var langt til natur og grønne omgivelser.

Man ønskede dengang at rette byudviklingen mod vest, da fredningsplanlægningen, som blev indført i 1938, vanskeliggjorde byudvikling i Københavns Nordegn, hvilket blev udmøntet i Fingerplanen fra 1947, som var en samlet plan for den fremtidige bystruktur omkring København.

Fingerplanen fik i 1989 tilføjet stationsnærhedsprincippet med det formål at give bedre mulighed for effektivt og hurtigt og miljøvenligt at rejse med tog til de store arbejdspladser i byen og mindske behovet for personbiltransport. Stationsnærhedsprincippet gælder for større byfunktioner, der på grund af arealudnyttelse, arbejdspladstæthed, størrelse eller besøgsmonster har en intensiv karakter. Ifølge reglerne skal planlægningen for denne type byfunktioner fortrinsvis ske indenfor 600 m gangafstand fra eksisterende eller planlagte stationer på S-banerne, Kystbanen, Vestbanen, Øresundsbanen, Metroen og den kommende Ring 3-letbane. Under særlige forudsætninger kan planlægningen række ud over det stationsnære kerneområde og ske med udgangspunkt i et principielt cirkelslag på op til 1.000 m fra førnævnte stationer (stationsnært område)¹¹.

Byudviklingen er drevet af befolkningstilvækst, boligmonster og boligpræferencer.

Der findes mange prognoser for befolkningstilvæksten i Region Hovedstaden. Ifølge analysen *Hovedstaden 2030 Fremtidens udfordringer for planlægning i hovedstadsområdet*, forventes der en stigning på 335.000 personer frem mod 2040, hvilket udgør 11.000 personer årligt. I hovedstadsområdet er stigningen størst i København og omegnskommuner (1,5-7,8%), men de ydre kommuner i Fingerplanens område ligger med en lav stigning på 0-1,5%. Der observeres dog også en udflytning fra København mod forstæderne, hvor det primært er børnefamilierne der flytter ud.¹²

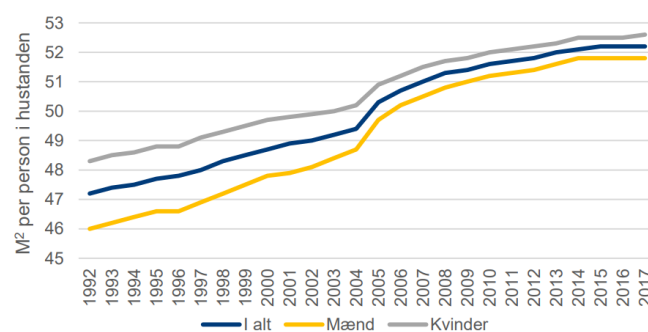
En undersøgelse af boligpræferencer fra 2008 viser at 82% af danskerne ønsker at bo i en ejerbolig i form af parcelhus, rækkehus eller lignende. Der er især et stort ønske fra unge par, der ønsker et enfamilieshus. For par med børn ønsker kun 7% at bo i etageejendom.¹³

Analysen påpeger at det forventes at alle boligtyper bliver efterspurgt frem mod 2040.

Endvidere ses der en større andel singler, som øger efterspørgslen på boliger, da tendensen er at færre bor sammen. Dermed øges behovet for nye boliger.

3.1 Udvikling i boligstørrelsen i Danmark

Udviklingen i boligarealet har været stigende de senest årtier. Fra 1992 til 2017 er det gennemsnitlige boligareal pr. person steget fra ca. 47 m² til godt 52 m² – en stigning på 11%.



Figur 4. Udviklingen i gennemsnitligt boligareal pr. person.¹⁴

Udviklingen i boligstørrelsen fordelt på hustyper viser markant forskellige udviklinger.

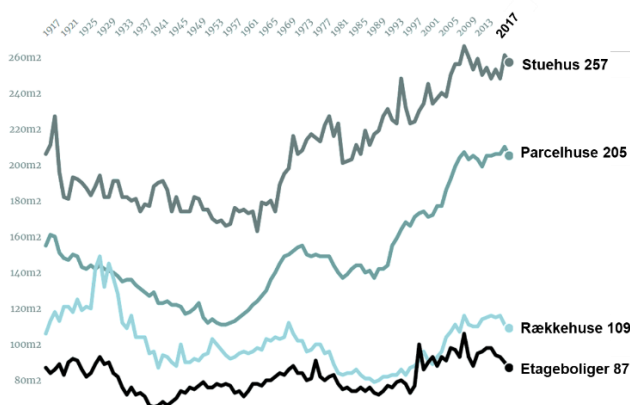
I 1960 var den gennemsnitlige størrelse på nybyggede parcelhuse 115 m². Men gennem årene er de nye, danske huse blevet større og større, og i 2020 var den gennemsnitlige størrelse på et nybygget parcelhus oppe på 205 kvadratmeter. Det svarer til en stigning på 78 procent.

I samme periode er den gennemsnitlige størrelse på et nybygget række-, kæde- eller dobbelthus steget med 15 procent fra 95 kvadratmeter i 1960 til 109 kvadratmeter i 2020, mens en ny lejlighed i gennemsnit var 74 kvadratmeter sammenlignet med 87 kvadratmeter i 2020, hvilket svarer til en stigning på 18 procent.

¹¹ Vejledning til bekendtgørelse om hovedstadsområdets planlægning (Fingerplan 2019 – landplandirektiv for hovedstadsområdets planlægning), www.retsinformation.dk

¹² Hovedstaden 2030: Fremtidens udfordringer for planlægning i hovedstadsområdet, 2017

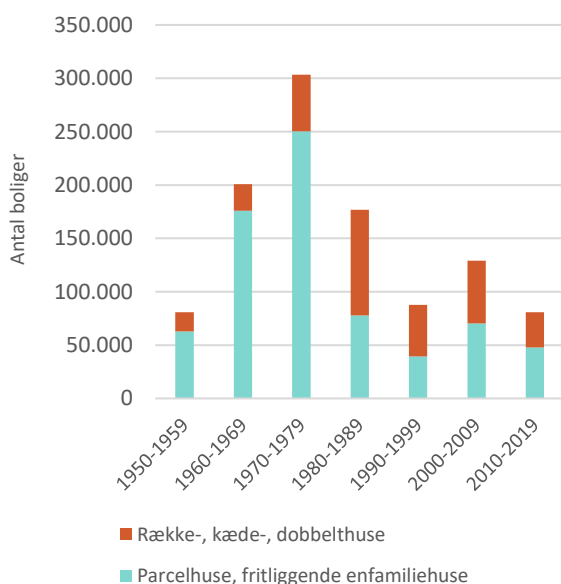
¹³ Befolkningens boligønsker. Center for Bolig og velfærd, 2009
¹⁴ Kommunernes Landsforening
<https://www.kl.dk/media/18761/udviklingen-i-gennemsnitlig-boligstoeerrelse.pdf>



Figur 5. Udvikling i antal kvadratmeter i nyopførte bygninger. Kilde: <https://www.bolius.dk/nye-huse-er-blevet-naesten-dobbelt-saa-store-paa-60-aar-40954>

Mængden af nybyggede boliger har varieret meget gennem årene. Fra 1960 til 1980 var der et massivt boom i parcelhuse overalt i Danmark, som det ses i Figur 6.

I de efterfølgende år faldt antallet af nybyggede parcelhuse markant, mens antallet af række-, kæde- og dobbelthuse oplevede en fremgang. Set over perioden fra 1950 til i dag er der kun to årtier hvor antal række-, kæde- og dobbelthuse oversteg antallet af nybyggede parcelhus. De sidste 20 år er det fortsat parcelhuse, der opføres flest af.

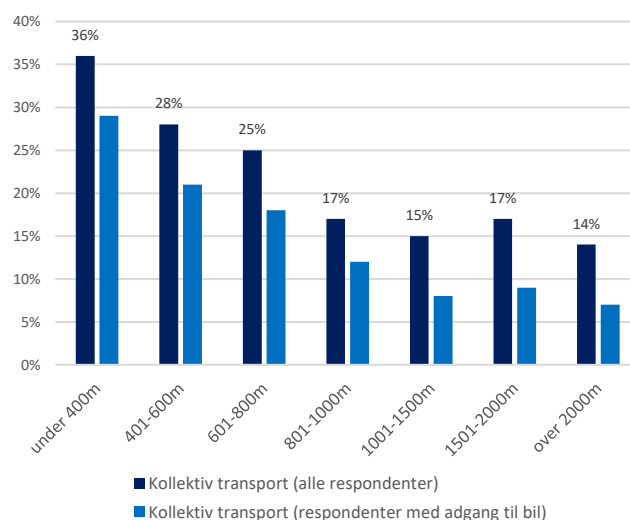


Figur 6. Antal nybyggede parcelhuse og række-, kæde-, og dobbelthuse fra 1950-2019¹⁵

3.2 Stationsnærhed og valg af transport

Stationsnærhedsprincippet fra fingerplanen har betydning for borgernes transportmønster og valg af transportmiddel.

En undersøgelse fra 2017¹⁶ viser borgernes brug af kollektiv transport afhængig af deres afstand til fra stationen til deres arbejdsplads. Der ses en tydelig sammenhæng mellem stationsnærhed og brug af kollektiv transport – også selvom borgerne ejer en bil.



Figur 7. Andel ansatte som benytter kollektiv transport i forhold til afstanden til en station.

3.3 LCA-krav i bygningsreglementet

Som beskrevet tidligere tegner byggebranchen sig for en stor andel af Danmarks samlede udledninger. For at mindske udledningen fra bygninger, er der derfor for nyligt indført et nyt krav i bygningsreglementet.

Fra 1. januar 2023 er der indført et LCA-krav i bygningsreglementet, hvilket stiller krav om udførelse af LCA-beregninger på alt nybyggeri. 1. januar 2023 indføres endvidere en CO₂-grænse på 12 kg CO₂e/m²/år på byggeri over 1000 m². I 2025 indføres en CO₂-grænse på alt nybyggeri, samtidigt med at CO₂-grænsen sænkes. CO₂-grænserne forventes at blive skærpet hvert andet år frem mod 2029. Det forventede forløb er vist i Figur 8.

Beregningerne udføres i softwaren LCA-byg (eller lignende), hvor mængderne af bygningsmaterialer/byggevarer på den pågældende bygning indtastes og CO₂-udledningen for bygningen beregnes.

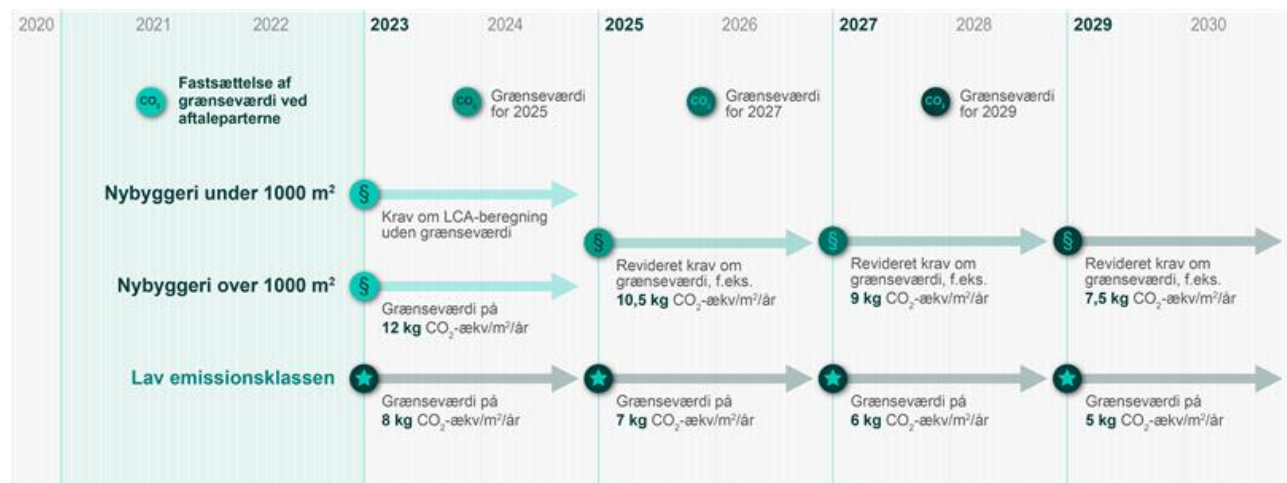
¹⁵ Danmarks Statistik, BYGV05A

¹⁶ BY og BANE - projektet, Institut for planlægning, Aalborg Universitet

Der har dog været kritik af CO₂-grænsen på 12 kg CO₂e/m²/år, da grænsen af flere fagfolk vurderes at være for uambitiøs. Blandt andet har bygherreforeningen meldt ud at grænsen på 12 kg CO₂e/m²/år ikke er ambitiøs nok for langt de fleste byggerier¹⁷.

Dette bakkes op af en analyse udført af BUILD fra 2020¹⁸, hvor der er udført LCA beregninger på 60

opførte bygninger af forskellige typer. Analysen viser at 88% af de analyserede bygninger allerede overholder grænseværdien på 12 kg CO₂e/m²/år varierende fra 6,45–14,52 kg CO₂e/m²/år. Langt de fleste almindelige bygninger der opføres idag overholder i forvejen kravet. Grænseværdien vil dog løbende bliver skærpet, hvilket vil skabe nødvendige ændringer til materialebrug.



Figur 8. Tidslinje for implementering af LCA-krav i bygningsreglementet samt de løbende stramninger af grænseværdierne.

¹⁷ <https://bygherreforeningen.dk/9-organisationer-fra-byggeriet-vi-er-klar-til-klimakrav/>

¹⁸ Klimapåvirkning fra 60 bygninger, SBI 2020:04
<https://build.dk/Pages/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger.aspx>

4 Beregningsmetode for klimaaftryk

I forbindelse med opgaveløsningen er der udarbejdet et Excel-baseret beregningsværktøj, som baseret på forskellige inputs kan beregne CO₂-aftrykket fra forskellige type byudviklingsprojekter.

Beregningsværktøjet findes som bilag til nærværende rapport.

Analysemetoden bygger på beregningsmetodikken i LCA-kravet i bygningsreglementet, der blev indført d. 1. januar 2023.

I Figur 9 er faserne i en LCA-beregning vist. De faser som er obligatoriske at medtage i LCA-beregningen for bygninger er markeret med blå og er vist herunder

Byggevarer

A1	Udvinding af råmaterialer	Klimamæssige konsekvenser som følge af processer for udvinding af råstoffer og brug af sekundære materialer.
A2	Transport	Klimamæssige konsekvenser som følge af transport til fabrikken til fremstilling af den færdige byggevarer eller det præfabrikerede system.
A3	Fremstilling	Klimamæssige konsekvenser som følge af processer til fremstilling af den færdige byggevarer eller det præfabrikerede system.

Brug

B4	Udskiftning	Klimamæssige konsekvenser som følge af påvirkninger relateret til udskiftninger af bygningsdele.
B6	Energiforbrug til drift	Klimamæssige konsekvenser som følge af produktion af energi til bygningsdrift.

Endt levetid

C3	Forbehandling af affald	Klimamæssige konsekvenser som følge af affaldsbehandling forud for nyttiggørelse.
C4	Bortskaffelse	Klimamæssige konsekvenser som følge af bortskaffelse af affald, inklusive forbehandling forud for bortskaffelse.

Emissionsfaktorerne for de enkelte materialer findes i to former:

- Generiske emissionsfaktorer, der stammer fra den tyske database Ökobaudat¹⁹ De generiske emissionsfaktorer er indbygget i LCAbyg.
- EPDer (Miljøvarerdeklarationer). Er ikke indbygget i LCAbyg, men kan importeres til værktøjet.

Der kan altså benyttes både generiske data og miljøvarerdeklarationer til beregningerne eller et miks af disse. Der findes primært EPDer på byggevarer, som udgør en stor del af bygningen, herunder beton, konstruktionsstål, teglsten, vinduer etc. Hvis der benyttes EPDer på byggevarer skal bygningen opføres med det pågældende produkt, som EPDen dækker.

I nærværende analyse er der kun benyttet generiske emissionsfaktorer for de enkelte materialer, for at gøre beregningerne mere sammenlignelige og uafhængig af enkelte producenters EPDer.

Emissionsfaktorer for byggematerialer for de forskellige faser er derfor fundet i bilag til bygningsreglementet Tabel 7 – generisk datagrundlag²⁰ som indeholder generiske emissionsfaktorer for de fleste byggematerialer. Disse generiske emissionsfaktorer er benyttet i beregningerne.

Materialer til byggemodning findes ikke i fuldt omfang i tabel 7. Til beregning af udledningerne fra byggemodning, er der derfor *beregnet* emissionsfaktorer på baggrund af delmaterialer fundet i tabel 7.

For eksempel består et fjernvarmerør af et stålør omsluttet af isoleringsskum med en beskyttelseskappe yderst. Emissionsfaktorer for delmaterialerne findes i Tabel 7, og på baggrund af disse er der *beregnet* en emissionsfaktor for fjernvarmerør. Samme metode er benyttet for beregning af emissionsfaktorerne for vej, stier, kloakrør og vandrør placeret i vej samt vejbelysning. Emissionsfaktorer for fiberkabler og elkabler findes i tabel 7 og er brugt direkte i beregningerne.

¹⁹ Ökobaudat databasen, <https://www.oekobaudat.de/en.html>

²⁰ <https://bpst.dk/da/Byggeri/Baeredygtigt-byggeri/NY-Klimakrav-i-bygningsreglementet#fra-politisk-aftale-til-ikrafttr%C3%A6delse-af-klimakrav>

Modul	A1-A3			A4-A5		B1-B7							C1-C4				D
Livscyklusfaser	Produkt			Byggeproces		Brug							Endt levetid				Uden for systemgrænse
	Råmaterialer	Transport	Produktion	Transport	Opførelse/montering	Brug	Vedligeholdelse	Reparation	Udskiftning	Renovering	Energiforbrug til drift	Vandforbrug til drift	Nedtagning/nedrivning	Transport	Affaldsbehandling	Bortskaffelse	Potentiale for genanvendelse, genindvinding og genbrug
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

Figur 9. Faserne i en livscyklusanalyse for bygninger i henhold til DS/EN 15978:2012. De markerede faser indgår i LCA-beregningen af bygninger jf. LCA-kravet i bygningsreglementet.

Bygninger

CO₂-udledningen fra bygninger bygger på grundlaget i LCA-krav i bygningsreglementet. Der er inkluderet faserne A1-A3, B og C, som vist i Figur 9.

Følgende bygningsdele er inkluderet i beregningerne

- Fundament
- Terrændæk
- Facade
- Gulv
- Tag
- Vinduer
- Indvendige vægge
- Indvendige døre
- Tekniske installationer
- Elevatorer
- Trapper
- Nedrivning af byggematerialer ved bygningskonvertering

Bygninger indeholder ikke nødvendigvis alle typer bygningsdele. Elevatorer og altaner indgår f.eks. kun i etageejendomme, mens trapper ikke indgår i 1-planshuse.

Som det ses, er der ikke medregnet CO₂-udledningen fra inventar i bygningerne. Det vil sige, at indkøb af køkken, møbler, elektriske forbrugerprodukter mv. ikke er medtaget i beregningerne. Energiforbruget til forbrugerapparater er dog medtaget som beskrevet senere.

Der knytter sig ikke kun CO₂-udledninger fra produktion af byggematerialer. Efter betragtningsperioden på 50 år, er der regnet med at alt byggeriet rives ned og de tilhørende CO₂-udledninger forbundet med affaldshåndtering og bortskaffelse af byggematerialerne (fase C3 og C4).

Endvidere har visse materialer en levetid på under 50 år, hvorfor de bliver udskiftet indenfor betragtningsperioden. Løbende udskiftning af byggematerialer er medtaget i beregningerne. Levetiderne er baseret på BUILDs levetidstabel²¹, som også benyttes i LCA-beregningerne til bygningsreglementet. Et eksempel på materialer med en kortere levetid er maling (15 år) og ruder i vinduer (25 år).

²¹ <https://build.dk/Pages/BUILD-levetidstabel.aspx>

²²Oplæg til defaultværdier for installationer, <https://bpst.dk/da/Byggeri/Baeredygtigt-byggeri/NY-Klimakrav-i-bygningsreglementet#>

²³ Forskellen mellem målt og beregnet energiforbrug til opvarmning af parcelhuse, SBI2016:09: <https://build.dk/Pages/Forskellen-mellem-maalt-og-beregnet-energiforbrug-til-opvarmning-af-parcelhuse.aspx>

For tekniske installationer er der benyttet emissionsfaktor baseret på en analyse, der beregner *default* værdier for installationer, som er udarbejdet som en baggrundsrapport til bygningsreglementet²².

Opvarmningsformen (fjernvarme eller varmepumper) har indvirkning på energirammen og dermed isoleringsmængderne via de energifaktorer, der multipliceres på energiforbruget. Det betyder at en bygning, der opvarmes med en effektiv varmepumpe, generelt har en smule lempeligere krav til isoleringstykkelserne end fjernvarmeopvarmede bygninger. Dette tager beregningsmodellen *ikke* højde for, da der ikke er indbygget en funktion til beregning af energirammerne. Isoleringstykkelserne i modellen er fastsat på baggrund af typiske isoleringsniveauer i nye bygninger.

Byggemodning

Udledningerne fra byggemodning følger samme metodik som for bygninger. Emissionsfaktorer er beregnet på baggrund af sammensætning af delmaterialer, hvis emissionsfaktorer er fundet i tabel 7¹¹.

- Fælles forsyningsledninger og kloak i vejen
- Stikledninger til de enkelte bygninger
- Veje og stier
- Boligterrasser
- Boligparkering
- Fælles parkering
- Vej- og sti belysning

Varmeforbrug

Energiforbrug i bygningerne bygger på faktisk forbrug og ikke energikravet i energirammen. En analyse fra SBI (nuværende BUILD)²³ viser, at energiforbruget i nye bygninger ligger markant over det beregnede i energirammen. For energimærke A2020 bygninger viser SBI-analysen et faktisk forbrug på 69,2 kWh/m²/år, hvilket er markant over det beregnede forbrug på 33 kWh/m²/år. For at gøre nærværende analyse mere retvisende, er der derfor benyttet det faktiske forbrug fra SBI-analysen i beregningerne. Emissionsfaktorerne for varmekonsumet tager udgangspunkt i LCA-bekendtgørelsen, hvor der er angivet emissionsfaktorerne for forskellige opvarmningsformer, der løbende ændrer sig baseret på udviklingen indenfor energiforsyningen. Disse er vist nedenfor.

[og-beregnet-energiforbrug-til-opvarmning-af-parcelhuse.aspx](https://build.dk/Pages/Forskellen-mellem-maalt-og-beregnet-energiforbrug-til-opvarmning-af-parcelhuse.aspx) Forskellen mellem målt og beregnet energiforbrug til opvarmning af parcelhuse, SBI2016:09 <https://build.dk/Pages/Forskellen-mellem-maalt-og-beregnet-energiforbrug-til-opvarmning-af-parcelhuse.aspx>

kg CO ₂ e/kWh	2030	2035	2040
El	0,047	0,041	0,040
Fjernvarme	0,071	0,069	0,068

I de mellemliggende år er der benyttet lineær interpolation mellem de to værdier.

I årene efter 2040 er emissionsfaktoren for el og fjernvarme fremskrevet mod 2080 med samme stigningstrend.

Elforbrug

Statistiske data fra Elmodelbolig²⁴ benyttes til at beregne det 'klassiske' elforbrug til belysning, apparater mv. ud fra variabler over boligtype, boligstørrelse og beboersammensætning.

ElmodelBolig indsamler oplysninger via spørgeskemaundersøgelser hvert andet år for ca. 2000 husstande og 500 fritidshuse. Besvarelsene vægtes på tre parametre, antal personer i husstanden, areal og boligtype (parcelhuse, rækkehus eller lejlighed) for at sikre, at statistikken er repræsentativ.

Forbruget fastholdes i hele betragtningsperioden.

	Enhed	Elforbrug per år
Per arealenhed	kWh/m ²	10
Per voksen	kWh/pers.	687
Per barn	kWh/pers.	600
Grundforbrug	kWh/husstand	805

For vejbelysning er der regnet med en effekt per lygtepæl på 50 W.

Transport

CO₂-udledningen fra beboernes transport tager udgangspunkt i antagelser om forventet pendlingsafstand, daglig ærindekørsel samt afstand til institution og skole. Derudover er transportmiddelfordelingen for de forskellige formål også en vigtig parameter i beregningen.

Antagelserne bygger på data og statistik for nuværende forhold for sammenlignelige områder i Region Hovedstaden²⁵. Parametrene fastholdes i hele betragtningsperioden.

Se konkrete data under hver case.

Data for pendlingsafstanden er indsamlet af Danmarks Statistik og omfatter afstanden fra bopæl til arbejdsplads for voksne beboere. Der antages 1 hjemmearbejdsdag om ugen i gennemsnit²⁶. Det er desuden indregnet, at 5,5 % af voksne ingen pendling har, da de enten er uden beskæftigelse eller er selvstændige²⁷.

Transportmiddelvalg for pendling er baseret på DTU's transportvaneundersøgelse for årene 2014-2018 for rejser på hverdagsdøgn. Gennemsnitlig pendlingsafstand er fra Danmarks Statistik for samme periode.

Afstand for beboere under 18 år (børn) til institution og skole er baseret på en særkørsel fra Danmarks Statistik fra 2018²⁸, hvor medianafstanden for folkeskolelever var 1,5 km.

Transportmiddelfordelingen for transport til institution og skole er baseret på et udtræk fra DTU's Transportvaneundersøgelse for 2019 over formålet *Uddannelse*.

DTU opgør desuden ærindekørsel og fritidskørsel. Det omfatter familiebesøg, sportsaktiviteter, indkøb mv. Data for disse er medtaget, men data har ikke været tilgængeligt til at differentieres imellem de 3 cases. Længde og transportmiddelvalg er derfor ens for de 3 cases. Det vurderes også at disse formål i mindre grad er afhængige af bopæl.

Emissionsfaktorerne for de forskellige transportmidler kommer fra Energistyrelsen, DCE og Vejdirektoratet og fremskrives i betragtningsperioden. Det omfatter bl.a. en fremskrivning af drivmiddelfordelingen for personbiler, hvor benzin- og dieslbiler udfases helt i 2055.

Ændringer i arealanvendelse

I beregningerne antages det, at barmarks-byggeri opføres på landbrugsareal med en almindelig kornmark. Den beregnede indirekte CO₂e-udledning ved at fortrænge en almindelig kornmark er 0,85 ton CO₂e pr. hektar pr. år²⁹. Ved konvertering af industribebyggelse til boliger antages der ingen arealfortrængning.

²⁴ Elmodelbolig: www.elforbrug.dk Elmodelbolig: www.elforbrug.dk

²⁵ Baseret specialtræk i rapporten af By og Havn: Hvor grønne er vi? En undersøgelse af forskellige byområdernes indvirkning på transportvaner (ukendt år).

²⁶ Coronakrisen har fordoblet hjemmearbejdet, Dansk Erhverv

²⁷ Danmarks Statistik: <https://www.statbank.dk/AFSTB3> Danmarks Statistik: <https://www.statbank.dk/AFSTB3>

²⁸ Danmarks Statistik: <https://www.dst.dk/da/Statistik/nyheder-analyser-publ/bagtal/2019/2019-08-13-flere-folkeskoleelever-har-faaet-laengere-til-skole>

²⁹ Oplyst af CONCITO. Værdi indgår som baggrund i Den Store Klimadatabase, <https://denstoreklimadatabase.dk/>

5 Cases

Analysen bygger på 3 cases, der repræsenterer den typiske byudvikling i Region Hovedstaden. Der er analyseret på følgende tre cases

- Nybygget parcelhusområde (åben-lav)
- Nybygget punkt- og rækkehuse (tæt-lav)
- Konvertering af eksisterende industri til rækkehuse (tæt-lav)

De tre cases er inspireret af tre faktiske typer byudvikling fra Region Hovedstaden. Hver case er dog tilpasset så de er sammenlignelige i forhold til antal beboere. Hvert område bebos af 504 personer med 2 børn og 2 voksne i hver husstand. Dette er en stereotyp, men fortsat meget udbredt beboersammensætning jf. Danmarks Statistik³⁰.

For at kunne sammenligne cases på tværs er bygningerne i case 1 og 2 opført i de samme materialer, som er typisk for denne type bebyggelse, mens case 3

bærer præg af at bibeholde en del af materialerne fra industribygningerne.

Områderne har forskellig udbredelse og boligareal, hvilket bevirker, at bebyggelsesprocenten og boligstørrelsen varierer på tværs af cases, som det ses i Tabel 1.

For transport er der, som tidligere nævnt, taget udgangspunkt i en analyse foretaget af By og Havn³¹, der angiver transportbehovet for beboere i områder der svarer til de tre cases i nærværende analyse. Variationen i cases sker på baggrund af transportbehovet samt fordelingen af transportmidler som vist i nedenstående Tabel 2.

På de næste sider er de 3 cases beskrevet mere i detaljer.

Generelle data	Enhed	Case 1 Nybygget parcelhusområde	Case 2 Nybygget punkt- og rækkehuse	Case 3 Konvertering af industri til rækkehuse
Husstande	Antal	126	126	126
Voksne per husstand	Antal	2	2	2
Børn per husstand	Antal	2	2	2
Samlet arealforbrug	m ²	259.702	38.868	42.788
Samlet beboelsesareal	m ²	25.829	12.796	12.805
Beboelsesareal per husstand	m ² /husstand	205,0	101,6	101,6
Beboelsesareal per person	m ² /person	51,2	25,4	25,4
Bebygget areal	m ²	25.829	5.921	6.402
Bebyggelsesprocent	%	9,9%	32,9%	29,9%
Parkeringsnorm	Antal/bolig	2	1,3	2

Tabel 1. Oversigt over grundlæggende data for de tre cases.

Transportinput	Enhed	Case 1 Nybygget parcelhusområde	Case 2 Nybygget punkt- og rækkehuse	Case 3 Konvertering af industri til rækkehuse
Gennemsnitlig pendlingsafstand (t/r)	km	40	21	18
Hjemmearbejdsdage per uge	Antal	1	1	1
Ingen pending*	%	5,5%	5,5%	5,5%
Personbil	%	58%	52%	35%
Regional- og fjerntog	%	3%	3%	6%
S-tog	%	3%	3%	6%
Metro/letbane	%	3%	3%	6%
Bus	%	3%	3%	6%
Cykel/gang/øvrige	%	32%	38%	42%
Belægningsgrad personbil		1,37	1,37	1,37
Afstand til skole/institution (t/r)**	km	3	3	3
/Erindekørsel**	km/dag/pers.	4,8	4,8	4,8
Fritidskørsel**	km/dag/pers.	13,1	13,1	13,1

Tabel 2. Oversigt over transport input for de tre cases. *Personer udenfor beskæftigelse eller selvstændige **Disse formål har en anden transportmiddelfordeling end pendling. Se Excel bilag.

³⁰ Statistikbanken, (FAM44N), Danmarks Statistik, 2022

³¹ By og Havn: Hvor grønne er vi? En undersøgelse af forskellige byområders indvirkning på transportvaner (ukendt år)

5.1 Case 1: Parcelhusområde (åben-lav)

Området afspejler et typisk nybygget parcelhuskvarter med større matrikler og større parcelhuse i 1 plan. Den typiske grundstørrelse er 1.630 m², og der er taget udgangspunkt i et typisk typehus med et boligareal på 205 m².

Det samlede område har en stor udbredelse og optager et stort areal, hvilket giver en lav bebyggelsesprocent.

1-plans parcelhus

Facader er opbygget af bagmur af porebeton og formur af teglsten med isolering imellem, mens tagkonstruktion består af gipslofter, træskelet samt tagsten i tegl med en taghældning på 40 grader. Indvendige vægge består af porebeton og udvendige døre og vinduer af træ-alu med 3 lag glas.

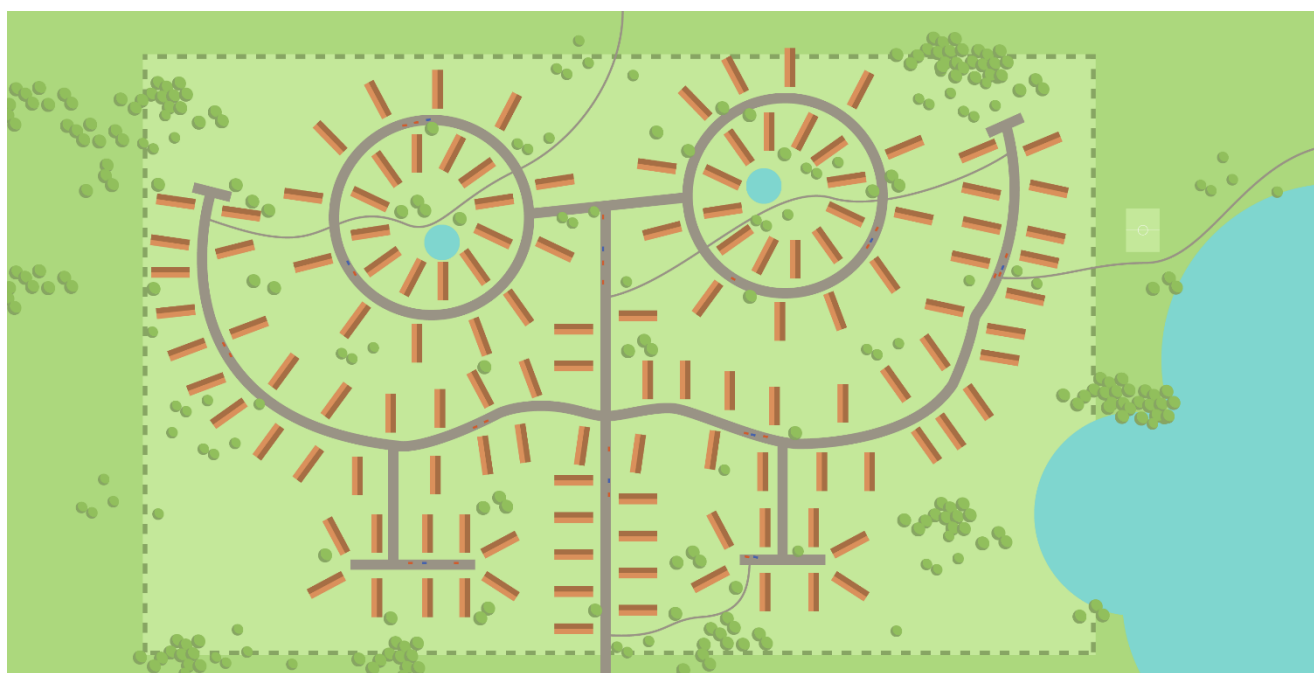
Byggemodning

Hvert parcelhus har stenbelægning til parkering med plads til 2 biler, samt en flisebelægning fra skel til hoveddør. Stier i området er bygget op af grus, mens veje er asfalterede. Der er ingen fælles parkeringsområder.

Vejbelysning med lygtepæle med LED-armatur. Der er placeret en lygtepæl pr. 22 meter vej. Boligerne opvarmes med fjernvarme.

Bygninger	Enhed	Mængde	Byggemodning	Enhed	Mængde
Antal parcelhuse	Antal	126	Vejbredde	m	10
Længde (ydre mål)	m	23,9	Vejlængde	m	2.659
Bredde (ydre mål)	m	8,6	Vejareal	m ²	26.585
Etagehøjde	m	2,7	Sti bredde	m	1,5
Antal etager	Antal	1	Sti længde	m	620
Vindues/dør-areal	m ²	41	Stiareal	m ²	929
Vådumsareal	m ²	11,7	Antal fælles parkeringspladser	Antal	0
Areal af indvendige vægge	m ²	166	Grønne arealer (haver og fælles arealer)	m ²	206.259
Antal indvendige døre	Antal	9	Terrasseareal	m ²	9,1
Taghældning	°	40			

Tabel 3. Baggrundsoplysninger om case 1 – parcelhusområde (åben lav)



Figur 10. Skitsering af case 1 - parcelhusområde. Området består af større parcelhuse med god afstand imellem og forholdsvis store grundstørrelser.

5.2 Case 2: Punkt- og rækkehuse (tæt-lav)

Området er et typisk eksempel på et nybygget område i mere tætbebyggede forstæder. Bygningerne i området består af en blanding af rækkehuse i 2 plan samt punkthuse i 3 etager.

Rækkehuse – 2 etager, 6 boliger pr. stang

Terrændæk med EPS-isolering og beton. Facader er opbygget af bagmur af porebeton og formur af teglsten med isolering imellem. Etagedæk er huldæk i beton, mens tagkonstruktion består af gipslofter, træskelet samt tagsten i tegl med en taghældning på 40 grader. Indvendige vægge består af porebeton og udvendige døre og vinduer af træ-alu med 3 lag glas. Rækkehusene har indvendige betontrapper.

Punkthuse – 3 etager, 12 boliger pr. punkthus

Grundlæggende samme opbygning som rækkehuse. Facader er opbygget af bagmur af porebeton og formur af teglsten med isolering imellem. Etagedæk er huldæk i beton, mens tagkonstruktion består af gipslofter, træskelet samt tagsten i tegl med en taghældning på 4 grader. Indvendige vægge består af porebeton og udvendige døre og vinduer af træ-alu med 3 lag glas. Ejendommen har betontrapper og elevator, samt altan til hver bolig på 1. og 2. etage.

Byggemodning

Hver bolig i rækkehus har stenbelægning til parkering med plads til 1 bil, samt en fliseterrasse på bagsiden. I punkthusene har boliger i stueetagen fliseterrasse. Stier i området er bygget op af grus, mens veje er asfalterede. Fællesparkering i området består af græsarmingssten. Der er desuden etableret et træskur pr. rækkehusbolig. Vejbelysning med lygtepæle med LED-armatur. Der er placeret en lygtepæl pr. 22 meter vej. Boligerne opvarmes med fjernvarme.

Bygninger	Enhed	Rækkehuse	Punkthuse	Byggemodning	Enhed	Mængde
Antal parcelhuse	Antal	15	3	Vejbredde	m	7
Længde (ydre mål)	m	34,8	17,1	Vejlængde	m	730
Bredde (ydre mål)	m	9,5	18,6	Vejareal	m ²	5.107
Etagehøjde	m	3	3	Sti bredde	m	1,5
Antal etager	Antal	2	3	Sti længde	m	438
Vindues/dør-areal	m ²	18	170	Stiareal	m ²	6.588
Vådumsareal	m ²	8	51	Antal fælles parkeringspladser	Antal	61
Areal af indvendige vægge	m ²	590	452	Længde, fælles parkeringsplads	m	5
Antal indvendige døre	Antal	36	63	Bredde, fællesparkeringsplads	m	2,5
Taghældning	°	40	4	Grønne arealer (haver og fælles arealer)	m ²	26.001
Altaner			12			

Tabel 4. Baggrundsoplysninger om Case 2 - Punkt- og rækkehuse (tæt lav)



Figur 11 Illustration af case 2 – Punkt- og rækkehuse. Området er kendetegnet ved rækkehuse og punkthuse i 3 etager placeret tæt på hinanden, med små grundstørrelser

5.3 Case 3: Konvertering af eksisterende industri til rækkehuse (tæt-lav)

Konverteret industribygning til boliger

Tidligere industribygninger konverteres til boliger. I grundlaget for analysen består industribygningerne af facadeelementer i beton med isolering imellem. Terrændæk består af EPS isolering og beton og grus og tagkonstruktion i træskelet med tagpap. Vinduer i plast med 2-lagsruder.

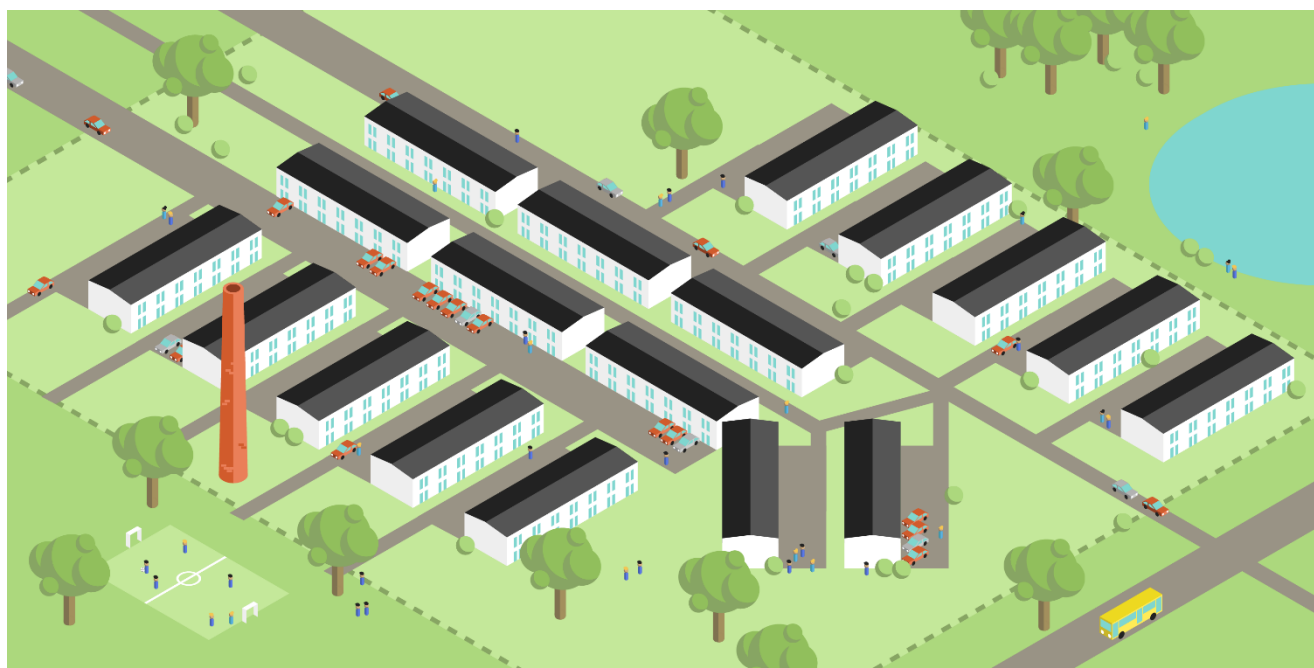
Når bygninger ændrer anvendelse, skal energikravene leve op til høje mindstekrav til klimaskærmen angivet i bygningsreglementet. I forbindelse med konvertering til boliger, antages det derfor, at det er nødvendigt at nedbryde det eksisterende terrændæk og opbygge et nyt med ekstra isolering, samt foretage udvendig efterisolering af eksisterende facader. Der indsættes et etagedæk i beton og eksisterende tag nedrives og ny tagkonstruktion opføres med mere isolering. Alle vinduer udskiftes til nye isolerende 3-lagsvinduer.

Byggemodning

To tredjedele af det asfalterede areal fjernes, for at skabe plads til flere grønne arealer. Derudover etableres gangstier opbygget af grus. Fællesparkering sker på de asfalterede områder og der findes derfor ikke individuel boligparkering. Der etableres vejbelysning med lygtepæle med LED-armatur. Der placeres en lygtepæl pr. 22 meter vej. Boligerne opvarmes med fjernvarme. Der etableres desuden et træskur pr. bolig.

Bygninger		Rækkehuse	Byggemodning		
Antal parcelhuse	Antal	18	Vejbredde	m	10
Længde (ydre mål)	m	37,5	Vejlængde	m	620
Bredde (ydre mål)	m	9,5	Vejareal	m ²	6.197
Etagehøjde	m	3	Sti bredde	m	1,5
Antal etager	Antal	2	Sti længde	m	245
Vindues/dør-areal	m ²	80	Stiareal	m ²	368
Vådumsareal	m ²	35	Antal fælles parkeringspladser	Antal	390
Areal af indvendige vægge	m ²	511	Længde, fælles parkeringsplads	m	5
Antal indvendige døre	Antal	35	Bredde, fællesparkeringsplads	m	2,5
Taghældning	°	4	Grønne arealer (haver og fælles arealer)	m ²	24.555

Tabel 5. Baggrundoplysninger om case 3 – Konvertering af industri til rækkehuse (tæt-lav)



Figur 12. Illustration af case 3 – industri konverteret til tæt-lav beboelse. Området er kendetegnet ved forholdsvis tæt byggeri. 2/3 af det asfalterede areal brydes op, så der gives plads til grønne områder mellem bygningerne.

6 Resultater

6.1 Overordnede resultater

Nedenfor er resultaterne fra de tre cases vist. Samlet set udleder de 3 områder

Case 1: **27.874 ton CO₂e**

Case 2: **12.418 ton CO₂e**

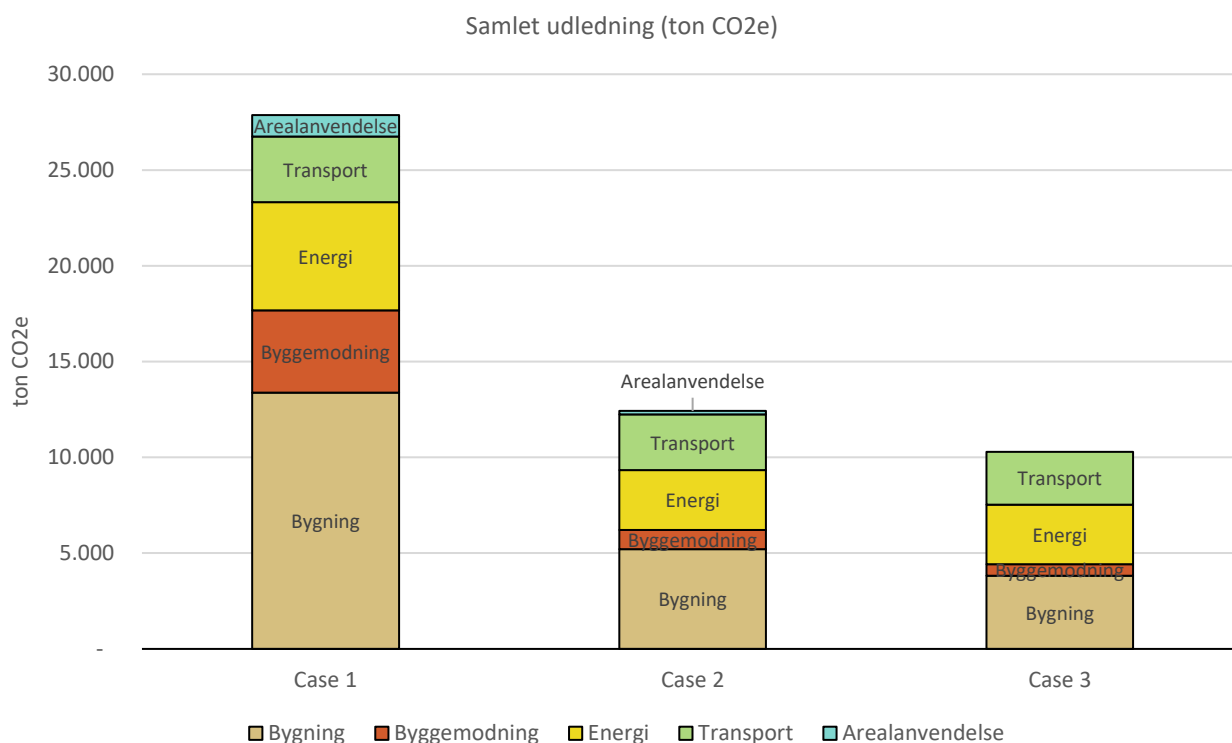
Case 3: **10.294 ton CO₂e**

Den samlede CO₂-udledning fra de 3 cases er vist i Figur 13.

Som de fremgår af figuren, har case 1 (parcelhuse) markant større CO₂-udledning end case 2 og case 3.

Udledningerne fra en parcelhusbebyggelse (case 1, åben-lav) er mere end dobbelt så store, som hvis der etableres punkt- og rækkehuse (tæt-lav) enten som barmarksbyggeri (case 2) eller ved konvertering af eksisterende industribygninger. (case 3).

I alle cases udgør udledningerne fra selve byggematerialerne til bygningerne mellem 37-48% af de samlede udledninger for hele området set over en 50-årig periode. Udledningerne til byggemodning udgør mellem 6-15% af de samlede udledninger, mens energiforbruget udgør mellem 20-30% af de samlede udledninger. Udledningerne fra transport udgør mellem 12-27% af de samlede udledninger. Ændret arealanvendelse udgør kun mellem 0-4% og er 0 for case 3, da arealet allerede var bebygget i forvejen.



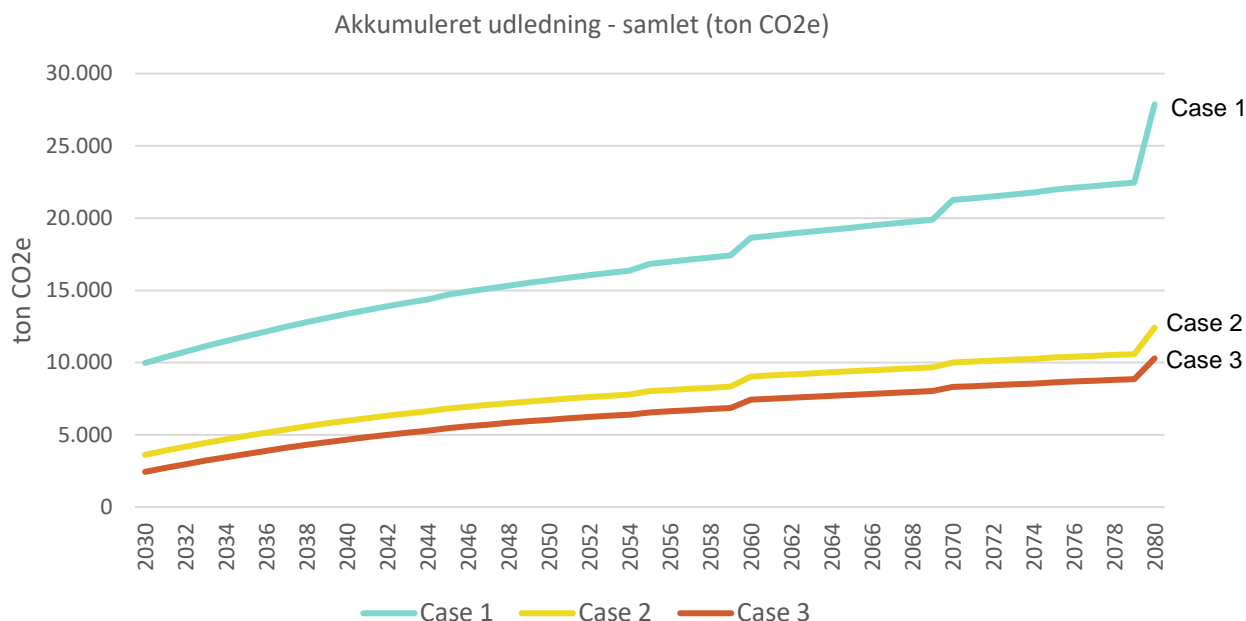
Figur 13. Samlet CO₂-udledning fra de 3 cases set over betragtningsperioden på 50 år.

Figur 14 viser de akkumulerede udledninger over en 50-årig betragtningsperiode. Som det fremgår, er der en forholdsvis stor engangsudledning i år 0, forbundet med opførelsen af byggeriet, byggemodning og infrastruktur.

I betragtningsperioden er der løbende CO₂-udledning forbundet med energiforbrug til bygninger, vejbelysning samt transport. Endvidere ses mindre udledninger

forbundet med løbende udskiftning af bygningsdele, der har en levetid på under 50 år.

I slutningen af betragtningsperioden ses der en stor stigning i udledningerne forbundet med nedrivning af bygningerne og infrastrukturen.



Figur 14. Akkumuleret udledning set over betragtningsperioden på 50 år.

Case 1 – parcelhusbebyggelse har en stor engangsudledning i opførelsen knyttet til de store mængder materialer, der skal benyttes i opførelsen af parcelhuse og den omfattende infrastruktur og byggemodning.

Case 2 og case 3 har markant mindre engangsudledninger ved opførelsen. Den primære årsag er, at boligarealerne er mindre og derved benyttes færre materialer. I case 3 genbruges en del af bygningsdelene og hele forsyningsinfrastrukturen fra de tidligere industribygninger, som medfører et mindre materialeforbrug.

De løbende udledninger, primært knyttet til energiforbrug og transport, stiger mere i case 1 end

case 2 og 3. Det skyldes primært et større boligareal, som medfører et større energiforbrug til opvarmning af boligmassen. Der ses også løbende udskiftning af materialer efter endt levetid, hvor forbruget er større i case 1, da der indgår større mængder byggematerialer.

Endvidere er der også større udledninger fra transport i case 1, da en større del af transportkilometerne foretages i bil.

Resultater	Enhed	Case 1 Nybygget parcelhusområde	Case 2 Nybygget punkt- og rækkehuse	Case 3 Konvertering af industri til rækkehuse
Beboelsesareal per husstand	m ² /husstand	205,0	101,6	101,6
Beboelsesareal per person	m ² /person	51,2	25,4	25,4
Bebygget areal	m ²	25.829	5.921	6.395
Bebyggelsesprocent	%	9,9%	32,9%	31,2%
CO ₂ -udledning fra bygninger	kg CO ₂ e/m ² /år	13,9	11,6	9,5
CO ₂ -udledning per beboer	kg CO ₂ e/pers.	55,2	24,6	20,2

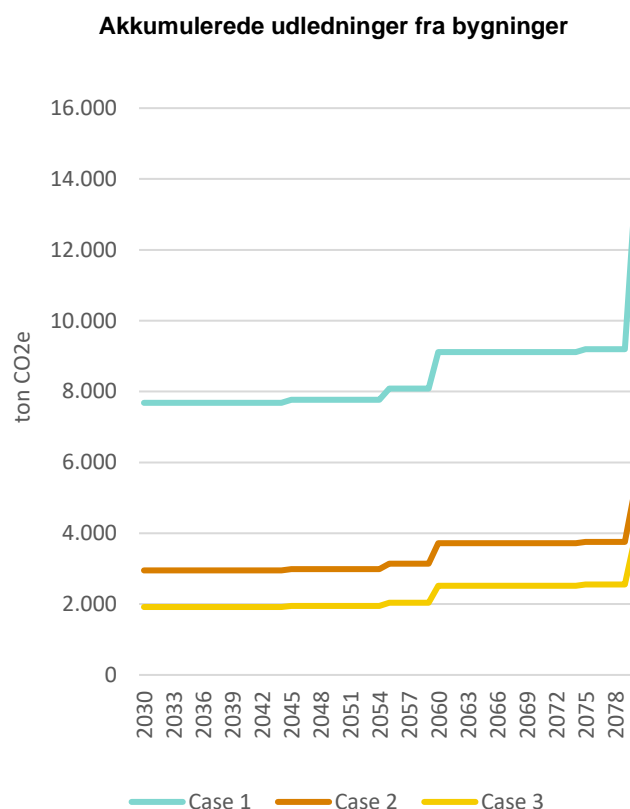
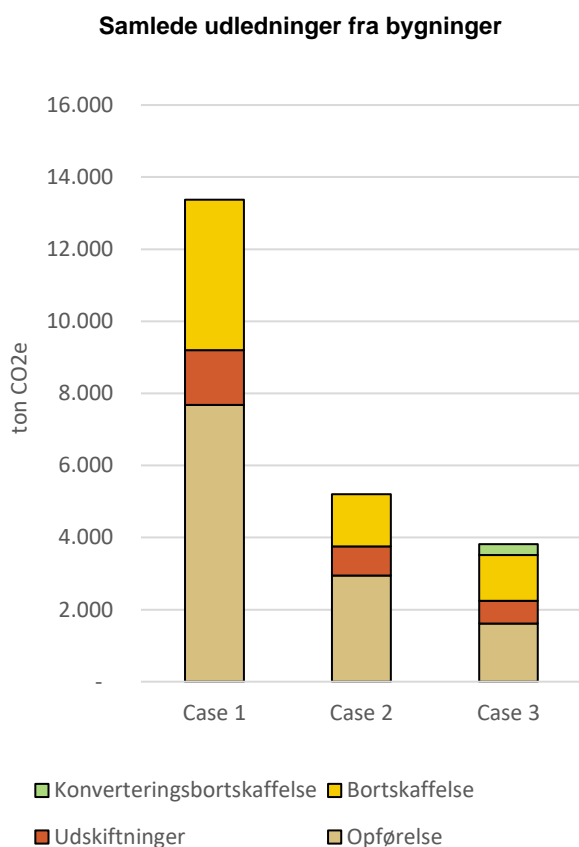
Tabel 6. Klimaaftryk fra de forskellige cases.

Udledninger fra bygninger

CO₂-udledningen fra bygninger udgør mellem 37-48% af de samlede udledninger set over levetiden på 50 år. I case 1 og 2, hvor der i begge tilfælde er tale om barmarksbyggeri, udgør CO₂-udledningen fra selve opførelsen 57% af udledningerne fra bygningerne. I case 3, hvor en del af bygningsdelene fra de eksisterende industribygninger kan genbruges, udgør udledningen fra selve opførelsen en mindre andel på 42%. Løbende udskiftning af materialer indenfor bygningens levetid udgør mellem 11-17% mens bortskaffelse af bygningerne efter 50 år udgør omtrent 28-33% af de bygningsrelaterede udledninger på tværs af cases.

I case 3 er der en lille udledning knyttet til nedrivning af bygningsdele i konverteringsfasen fra industri til boliger. Disse bygningsdele er nærmere beskrevet i foregående afsnit. For case 3 udgør denne nedrivning 8% af de samlede bygningsrelaterede udledninger.

De akkumulerede udledninger viser en stor udledning i opførelsesåret, mens der løbende ses mindre stigninger i forbindelse med udskiftning af enkelte byggematerialer efter endt levetid. Udledningerne øges en del efter 25 år, da glasset i vinduerne forventes udskiftet. Produktion af glas er forbundet med en høj udledning. Kombineret med at nye boliger har et forholdsvist stort glasareal fremgår denne udledning tydeligt af figuren.

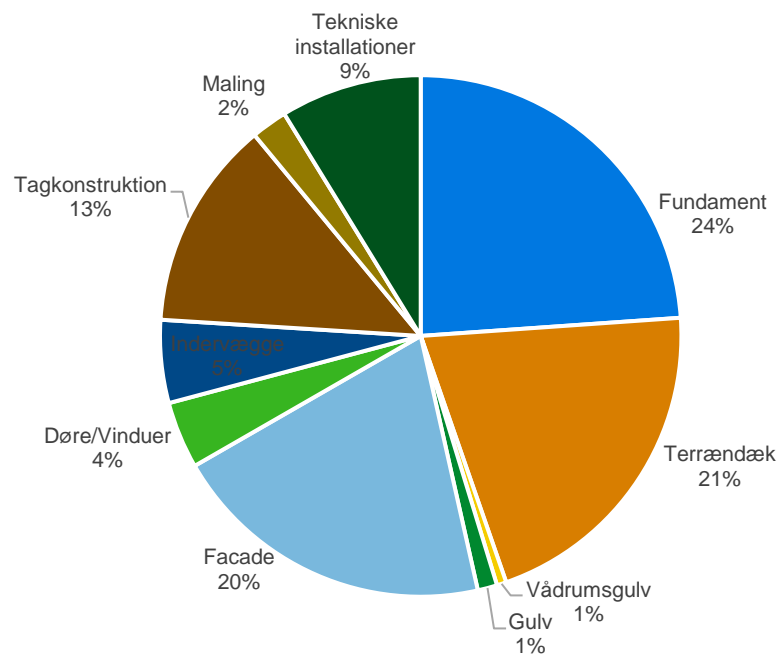


Figur 15. Samlet udledning fra opførelse af boligerne samt akkumulerede udledninger

Bygningsdelene bidrag til CO₂-udledningen i opførelsen ses i nedenstående Figur 16, hvor case 1 er vist som eksempel. Fundament, terrændæk og facader udgør næsten to tredjedele af udledningerne. Disse bygningsdele består primært af CO₂-tunge materialer, som teglsten, beton, isolering og armeringsjern. Tagkonstruktionen udgør kun 13% af udledningen hvilken skyldes, at den bærende konstruktion er udført i træ, som har en negativ udledning ved opførelsen. Dette opvejer en del af udledningerne fra teglstenene. Den

negative udledning fra træet indhentes dog igen ved bortskaffelse, hvor der frigives CO₂ fra træet. Maling og selve gulvfladen udgør få procent, mens tekniske installationer udgør knap 10% af udledningen.

Figuren viser, hvilke bygningsdele, der bør fokuseres på, hvis man ønsker at mindske udledningen fra selve bygningerne. En større brug af træ i byggeriet som erstatning for nogle af de CO₂-intensive materialer, kan reducere udledningen fra bygningerne. Læs mere under afsnittet "Parametervariation"



Figur 16. Fordeling af CO₂-udledning på bygningsdele for case 1.

Udledninger fra energiforbrug

Energiforbruget udgør 20-30% af de samlede udledninger.

CO₂-udledningen fra energiforbrug er næsten dobbelt så stor for case 1 i forhold til case 2 og case 3.

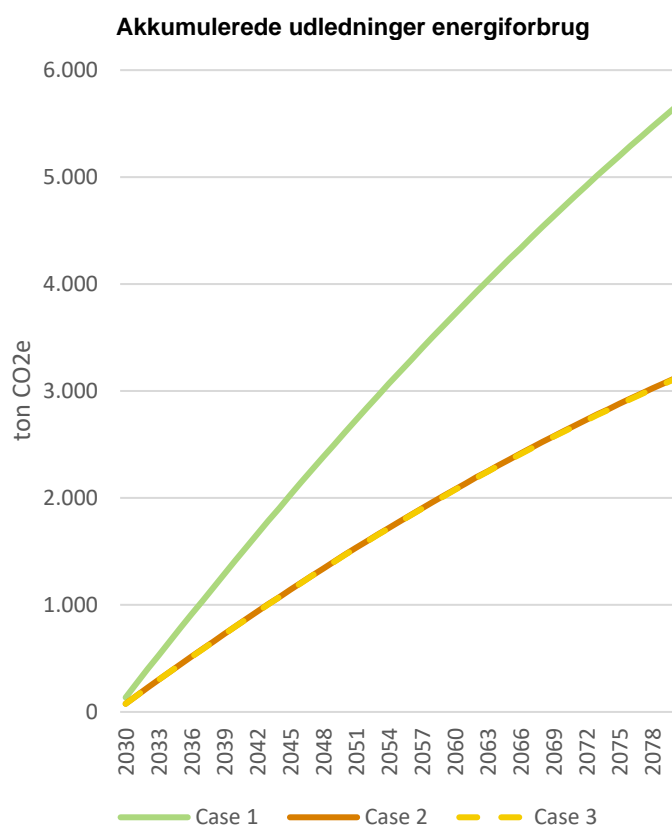
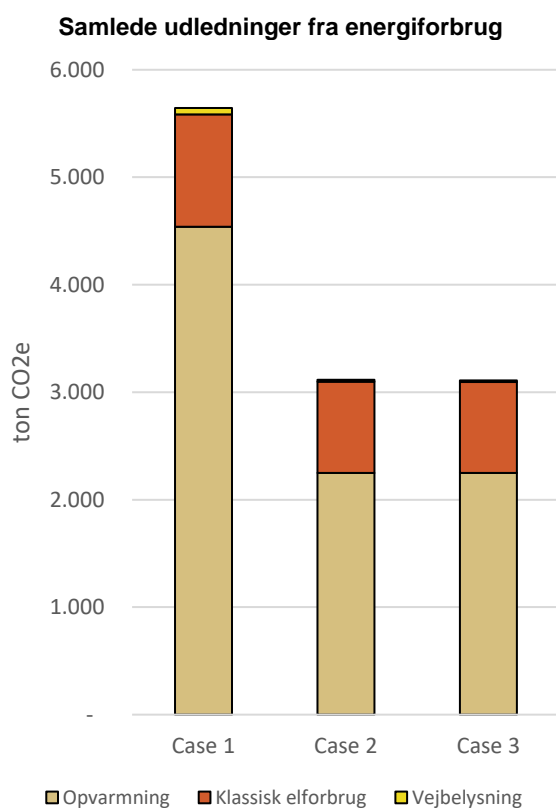
Energiforbruget til opvarmning er direkte afhængig af det opvarmede areal, og derfor vil de større boliger i case 1 medføre et tilsvarende højere energiforbrug til opvarmning. Da case 2 og 3 har det samme opvarmede etageareal og begge opvarmes med fjernvarme, er CO₂-udledningen identisk.

Boligarealet har en mindre betydning for elforbruget, men afhænger i højere grad af antal beboere. Da antal beboere er ens på tværs af cases, ses der kun en lille forskel i CO₂-udledningen fra elforbrug.

CO₂-udledningen fra vejbelystning er minimal og udgør kun 0,5-1% af den samlede udledning fra energiforbrug.

CO₂-udledningen fra energiforbrug aftager i takt med at energiforsyningen bliver grønnere, selvom forbruget af energi forbliver konstant over betragtningsperioden. Det kommer til udtryk i de akkumulerede udledninger hvor grafernes hældning aftager i betragtningsperioden.

1 kWh el og fjernvarme udleder henholdsvis 47 og 71 g CO₂ i 2030, mens dette vil være faldet til 14 og 55 g CO₂ i 2080. Dette er på trods af, at man antager at el og fjernvarme stort set udelukkende baseret på vedvarende kilder i denne periode. Men tallene indeholder også de udledninger, der forekommer i produktionen og transporten af de materialer, der bruges til energiproduktionen.



Figur 17. Samlet udledning fra energiforbrug i betragtningsperioden, samt akkumuleret udledning.

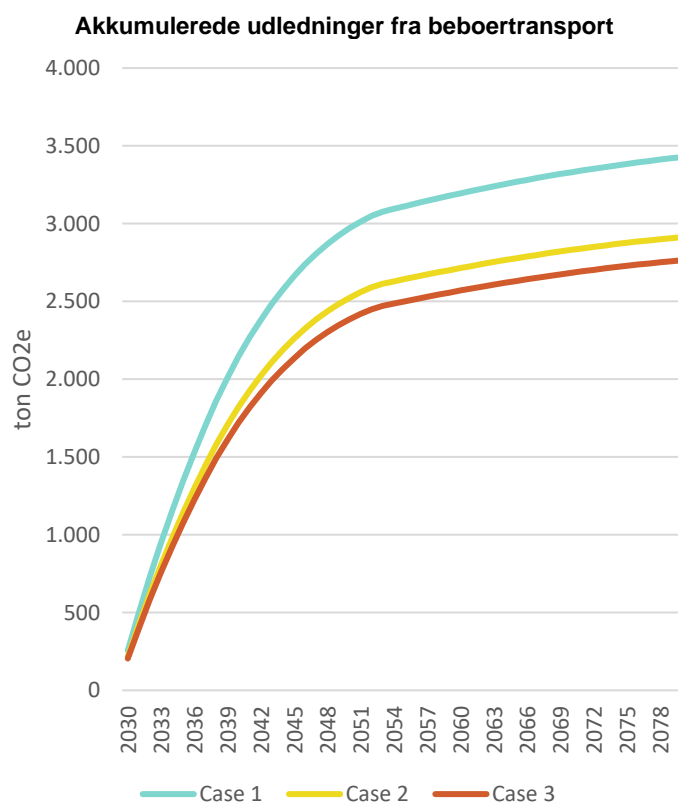
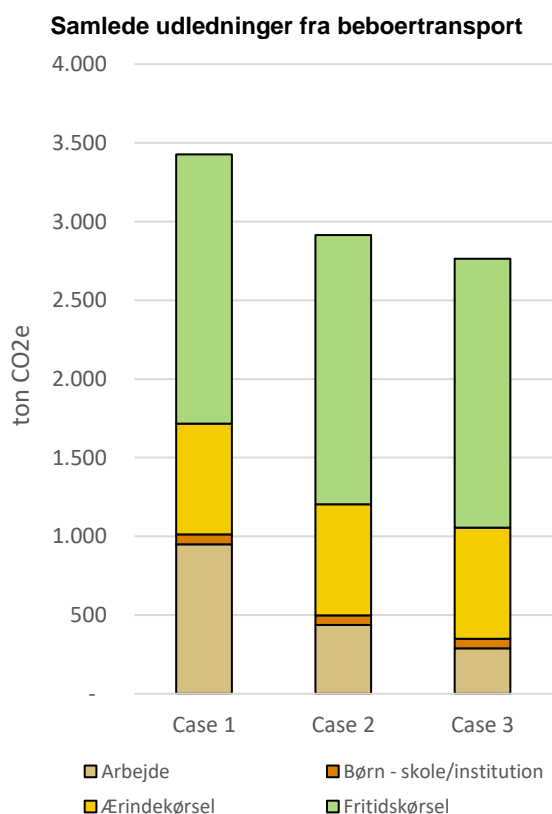
Udledning fra beboertransport

Transport udgør mellem 12 og 27 % af de samlede udledninger. Det ses tydeligt at transportudledningerne er størst i case 1, hvilket skyldes en større transportandel med biler og en større pendlerafstand.

Transportmønstre og transporterede kilometer til institutioner, ærinde- og fritidskørsel er ens på tværs af alle cases grundet mangel på datamateriale. Derfor er CO₂-udledningen for disse transportformer ens for alle cases. For pendling til arbejde ses dog en betydelig forskel i udledningen, hvilket skyldes forskel i brug af transportmiddel. I case 1 ses en højere transportandel i bil end i case 2 og 3, mens brugen af cykel/gang er

højere for case 3. Samtidig er pendlingsafstanden for beboerne større i case 1 end i case 2 og 3.

I de akkumulerede udledninger bliver det tydeligt, at der sker en stor reduktion i den årlige CO₂-udledning i betragtningsperioden, selvom transportbehovet og fordelingen på transportmidler holdes konstant. Dette skyldes en voksende udbredelse af elbiler, som både sparer energi (elmotor udnytter energien markant bedre end brændstofmotorer), samtidigt med at elforsyningen løbende bliver mere grøn. Der er dog kun medregnet CO₂-udledning fra selve transporten og ikke udledningen forbundet med produktionen af køretøjerne.



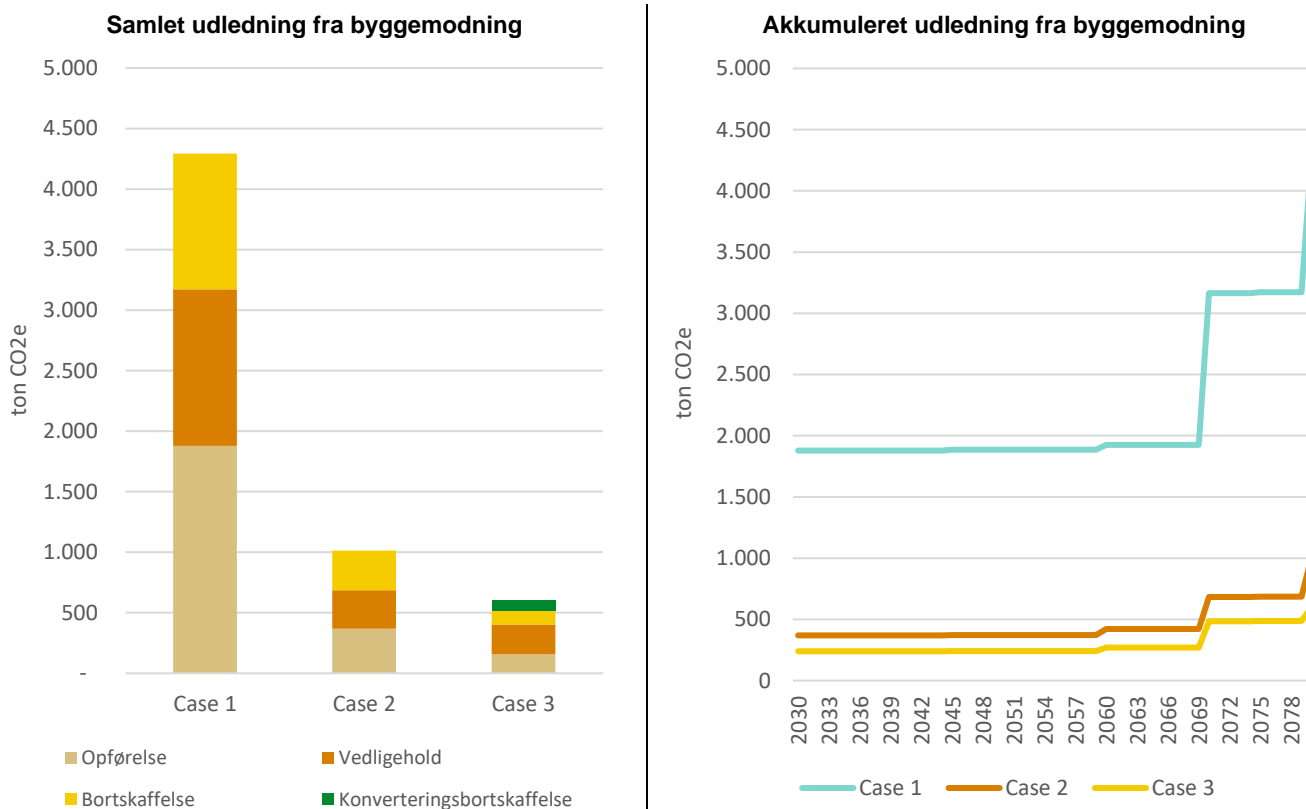
Figur 18. Samlet CO₂-udledning samt de akkumulerede udledninger fra transport i betragtningsperioden på 50 år.

Udledninger fra byggemodning

Byggemodning udgør mellem 6-15% af de samlede udledninger. Som det fremgår af Figur 19, udleder case 1 markant mere CO₂ end case 2 og 3. Årsagen skyldes, at case 1 er mere spredt bebyggelse og breder sig over et større område. Det betyder at der samlet set skal etableres mere vej- og stiareal og dermed vejbelysningsarmaturer samt større længder forsyningsledninger.

Case 3 har den laveste CO₂-udledning, hvilket skyldes at en stor del af vej-arealet og hele forsyningsinfrastrukturen kan genbruges fra den tidligere industri-bebyggelse. Der er dog regnet med, at 2/3 af det asfalterede areal fjernes for at skabe plads til grønne områder, samt at slidlaget udskiftes i forbindelse med konverteringen til boliger. Udskiftning af slidlag er CO₂-intensiv, hvorfor udledningerne ikke adskiller sig markant fra case 2.

I 2070 (efter 40 år) ses en markant stigning i udledningerne, hvilket skyldes udskiftning af asfaltslidlaget, der har en levetid på 40 år. Udledningen øges mest i case 1 grundet det større vejareal. Flisebelægning og træ til terrasser har også en kortere levetid end betragtningsperioden på 50 år og giver et minimalt ekstra løbende bidrag.



Figur 19. Samlet- og akkumuleret udledning fra byggemodning.

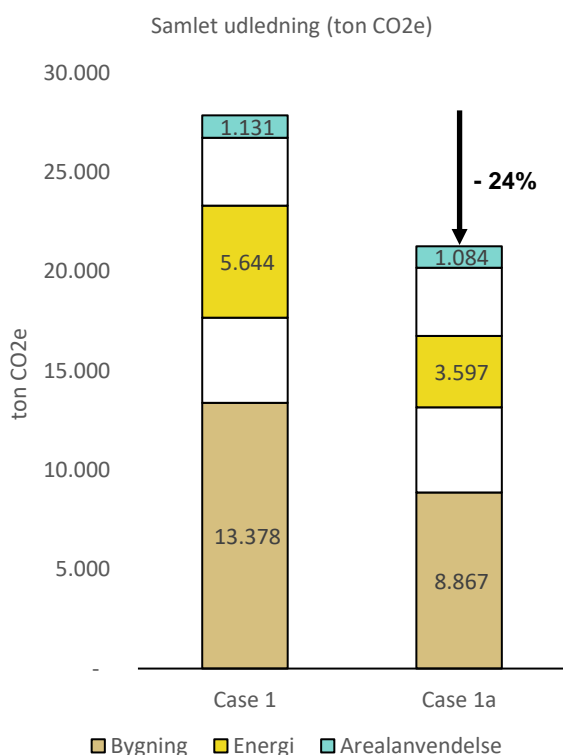
6.2 Parametervariation

Flere forhold påvirker beregningerne og dermed de samlede udledninger fra de 3 cases. Derfor er der udført en følsomhedsanalyse for at vurdere effekten ved at ændre på en række parametre og dermed undersøge hvilke parametre, der har den største indvirkning på de samlede udledninger.

Reduktion i byggede kvadratmeter (case 1a)

I denne variation vurderes effekten af at bygge færre kvadratmeter, det vil sige, at hver boliger optager et mindre areal. Derved mindskes mængden af materialer, der benyttes i bygningerne. Der er taget udgangspunkt i åben-lavbebyggelsen fra case 1, hvor boligarealet reduceres fra 205 til 120 m².

Alle andre parametre fastholdes. Dette betyder, at bebyggelsesprocenten falder, da det bebyggede areal mindskes, mens områdets udbredelse fastholdes.



Figur 20. Parametervariation case 1a. Boligstørrelsen reduceres fra 205 til 120 m².

Som det ses af resultaterne, har antallet af byggede kvadratmeter stor indflydelse på den samlede CO₂-udledning, da færre kvadratmeter kræver færre byggematerialer i opførelsen og mindre energiforbrug i brugsfasen til opvarmning og elforbrug. CO₂-reduktionen fra bygningsmaterialerne er på 34% og der ses en 36% reduktion af energiforbruget. Udledningen fra arealanvendelse vil reduceres minimalt. De samlede

CO₂-udledninger for hele området vil reduceres med 24% hvis boligerne mindskes fra 205 til 120 m².

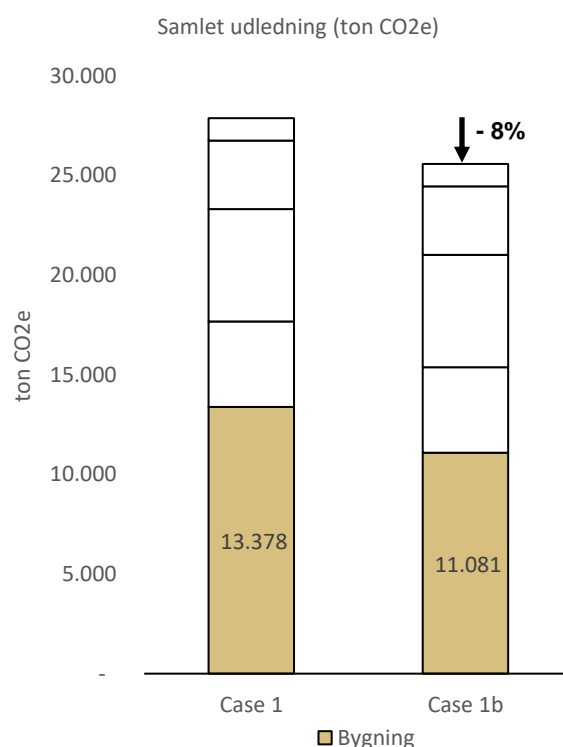
Ved mindre boligstørrelse ses især en reduktion af de CO₂-tunge bygningsdele, såsom terrændæk, ydervægge og vinduer, som er de primære bidragsydere til bygningers klimaaftryk.

Ændring af materialer (case 1b)

Valg af materialer har stor indflydelse på selve bygningernes CO₂-aftryk, da der er markant forskel på materialernes CO₂-udledning i produktionen. I denne variation erstattes dele af materialerne med bio-baserede materialer, mens alle andre parametre fastholdes.

- Mineraluld i loft og ydervægge erstattes af papiruld.
- Ydermur i teglsten erstattes af træskelet med bræddebeklædning på ydersiden og gips på indersiden.
- Indervægge erstattes af træskelet med bræddebeklædning
- Gipslofter erstattes af bræddelofter.

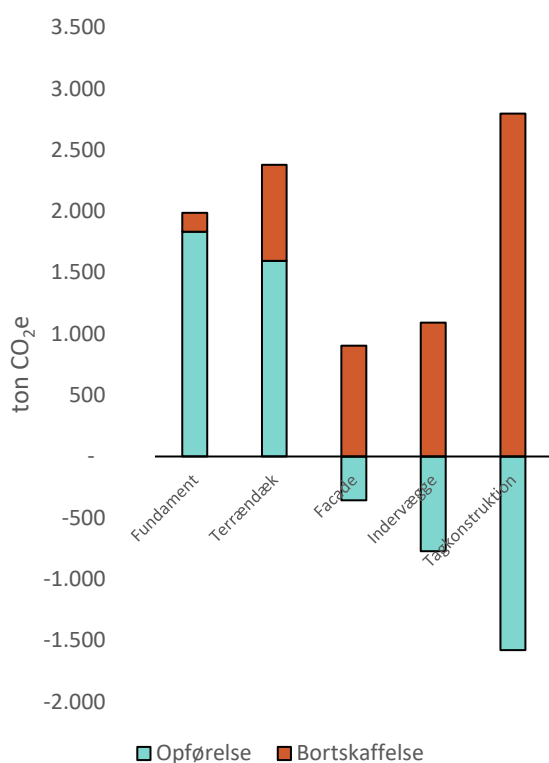
Øget forbrug af træ i bygningerne sænker CO₂-udledningen. Ovenstående tiltag reducerer udledningen fra bygningen med 17%, og reducerer de samlede udledninger med 8%



Figur 21. Parametervariation, case 1b. Andel af byggevarer udskiftes til træ-baserede materialer.

Brugen af træ sænker CO₂-udledningen fra byggeriet. Reduktionen ved brug af træ indtræder i opførelsesfasen, hvor udledningen for flere bygningsdele bliver negativ. Dette ændrer sig dog ved bortskaffelse af træet, hvor den indlejrede CO₂ frigives. Netto-udledningen fra brug af træ vil altid være positiv, da der er udledninger forbundet med processering af træet i de forskellige faser, men nettoudledningen vil være markant lavere end ved brug af beton, mursten etc.

Figur 22 synliggør udledningerne ved opførelse og bortskaffelse af bygningsdele som indeholder træ i case 1b. Til sammenligning er fundament og terrændæk også vist som et eksempel på udledningerne for byggematerialer uden træindhold.

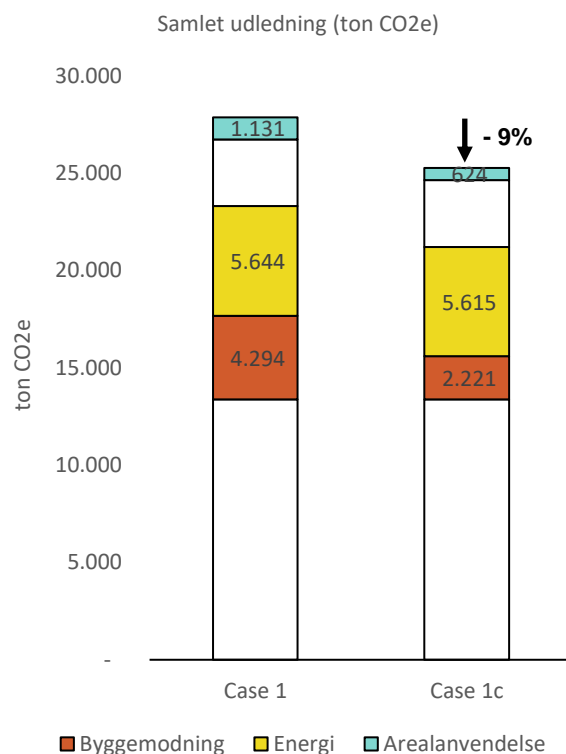


Figur 22. CO₂-aftrykkets placering under opførelse og bortskaffelse for forskellige bygningsdele indeholdende træ.

Reduktion i områdets udbredelse (case 1c)

I denne variation fastholdes boligernes størrelse, men områdets udbredelse mindskes. Byggeriet bliver derfor tættere. Det vil sige at det samlede arealaftryk mindskes. Da boligareal fastholdes, vil bebyggelsesprocenten stige.

I denne variation er områdearealet samt vej- og stiareal halveret og bebyggelsesprocenten dermed næsten fordoblet fra 10 til 18%.



Figur 23. Parametervariation, case 1c. Arealanvendelsen reduceres til det halve. Boligerne fastholder størrelsen, og dermed stiger bebyggelsesprocenten.

Områdets udbredelse har ligeledes stor indflydelse på den samlede CO₂-udledning. Der ses en reduktion på 48% fra byggemodning, som samlet bidrager med en reduktion på 9% for hele området.

Der er store CO₂-udledninger forbundet med etablering af infrastruktur, såsom forsyningsledninger, veje og stier samt parkeringspladser. Når bebyggelsen placeres tættere, mindskes vejareal og mængden af forsyningsledninger. CO₂-udledningen fra arealanvendelse mindskes naturligvis tilsvarende som områdets udbredelse mindskes.

Der anes også et lille fald i udledningen fra elektricitetsforbrug. Det skyldes, at færre meter vej betyder tilsvarende færre lygtepæle til vejbelysning. Denne besparelse er dog minimal.

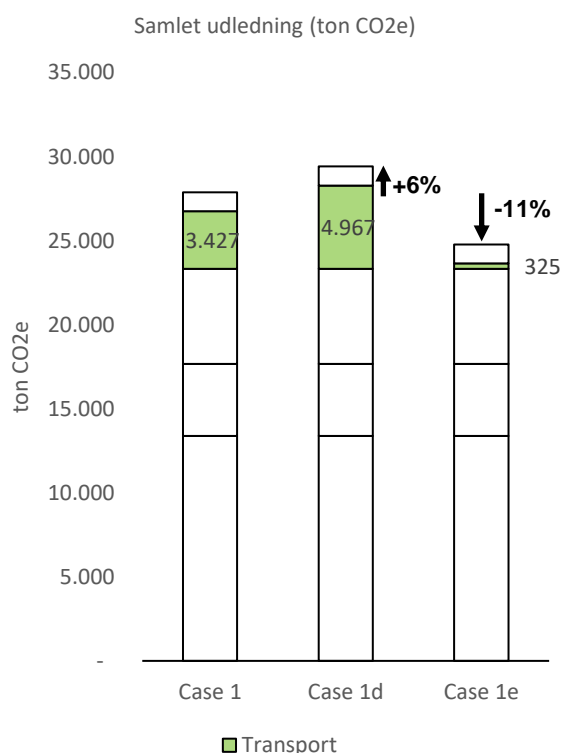
Gode kollektive transportforbindelser og cykel/gang infrastruktur (case 1d og 1e)

Variationen vurderer effekten af god infrastruktur som muliggør transport med cykel/gang eller kollektiv transport. Disse transportformer har færre udledninger pr. transporteret personkilometer end biltransport. I dette tilfælde justeres der på fordelingen af transportformer, så en større andel af transporten foretages ved cykel/gang og kollektiv transport.

Valg af transportmidler for beboerne i et givent område afhænger af mange faktorer, og det kan derfor være vanskeligt at vurdere transportmønstret alene på baggrund af typen af byudviklingen. Transportmønstret er blandt andet påvirket af bilejerskab, nærhed til kollektive transportmuligheder, cykel/gang infrastruktur samt nærhed til indkøb og daginstitutioner. Disse faktorer er til dels uafhængige af typen af byudvikling, omend jo tættere bebygget området er, jo kortere afstand vil den gennemsnitlige beboer have til kollektiv transport- og cykel/gang infrastruktur.

For at illustrere yderpunkterne inden for transportudledninger er der regnet på en ekstrem parametervariation hvor *alle* rejser foretages med kollektiv transport og cykel/gang og en tilsvarende beregning hvor alle rejser foretages med bil.

Case 1 illustrerer åben-lav parcelhusområdet. Case 1d illustrerer 100% bilkørsel og case 1e repræsenterer 0% bilkørsel. I case 1e er al transport fordelt med hver 20% på S-tog, regional- og fjerntog, bus, letbane og cykel/gang.



Figur 24. Parametervariation, case 1d og 1e. Transportmønster er justeret så der er 100% bilkørsel i case 1d og 0% bilkørsel i case 1e.

100 % bilkørsel resulterer i en stigning fra transportudledningerne på 45%. Da transportudledningerne kun udgør en mindre del af de

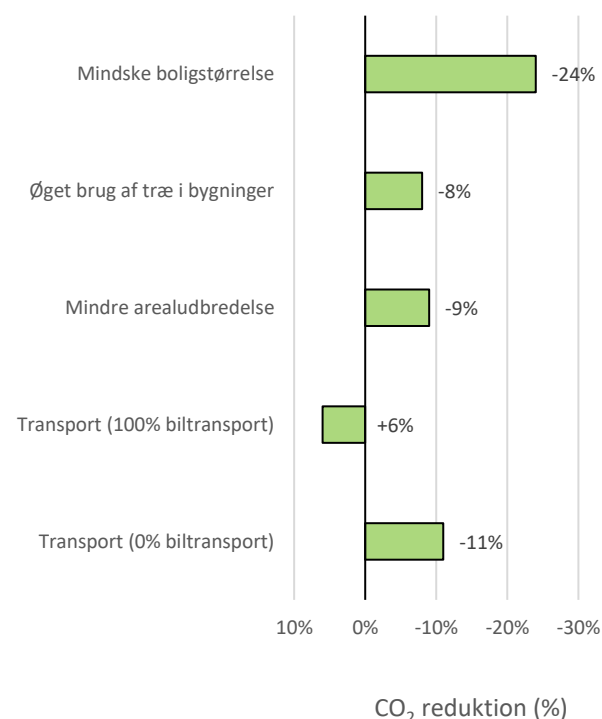
samlede udledninger, stiger den samlede udledning med blot 6%.

Hvis det omvendte er gældende og beboerne *ikke* bruger bilen vil udledningerne fra transportsektoren reduceres med 91%. Det vil betyde en samlet reduktion på 11%.

En stor del af reduktionen forekommer i den første del af betragtningsperioden, hvor andelen af benzin- og dieslbiler stadig er relativ høj. Efter 2055, hvor der antages 100% elbiler, vil CO₂-besparelsen være begrænset ved at flytte transport fra bil til andre transportformer. Det skal dog nævnes, at det kun er energiforbruget, der er medtaget i CO₂-udledningen og ikke udledningerne forbundet med produktionen af køretøjerne, anlæg og vedligehold af infrastruktur mv.

Effekt af variationer

Der er stor forskel på de forskellige variationers bidrag til at reducere CO₂-udledningen. Nedenstående figur opsummerer effekten på det samlede område. Som det ses, har reduktion af boligarealet, den markant største effekt.



Figur 25. Effekten på områdets samlede CO₂-udledninger ved justering af parametre. Mindsket boligstørrelse har langt den største effekt på de samlede udledninger.

7 Diskussion og perspektiver

Resultaterne i analysen har vist, at der er stor forskel i bidraget til CO₂-udledninger på tværs af bygninger, energiforbrug, byggemodning og transport.

Der er anvendt beregningsmetodikken fra LCA-kravet i bygningsreglementet og derfor er ikke alle LCA-faser medregnet. Dette skyldes primært et manglende datagrundlag for CO₂-udledningen fra transport af materialer til byggepladsen samt selve byggepladsudledningerne fra drift af byggepladsen.

Disse udledninger er meget afhængige af det pågældende projekt. Først og fremmest hvor byggeprojektet udføres, og hvor lang transport der er fra produktionsstedet af byggematerialerne til opførelsesstedet for bygningerne. Dette er uafhængigt af typen af byudvikling, og det er derfor vurderet, at det er rimeligt at udelade.

CO₂-udledning fra drift af byggepladsen er ligeledes meget byggeplads- og entreprenørspecifikt og derfor også uafhængigt af typen af byudvikling. Udledningen knytter sig primært til brug af brændstof, el og varme fra maskiner og udtørring og opvarmning af byggeriet i byggeprocessen.

Ligeledes er faserne nedtagning/nedrivning (C1) og transport til bortskaffelse/genanvendelse/deponi (C2) ikke medregnet, hverken i LCA-kravet i bygningsreglementet og nærværende analyse. Dette skyldes primært et mangelfuldt datagrundlag på nuværende tidspunkt.

Tidligere analyser viser at udledningen fra materialerne, der indgår i bygningen, typisk er 2-4 gange højere end driftsenergien set over bygningens levetid³². Det svarer til, at udledningerne fra materialer udgør 60-80% af de samlede udledninger. Dette bekræftes af analysen, hvor byggematerialerne fra case 1 og 2 udgør henholdsvis 70 og 63% af bygningernes samlede udledninger. Case 3 ligger på 55%, grundet genbrug af materialer og dermed mindre ny-produktion af materialer.

Bemærk, at der i denne analyse er der taget udgangspunkt i et mere realistisk faktisk energiforbrug, som er højere end det beregnede i energirammen. Derfor udgør udledningerne fra energiforbrug en større andel i nærværende analyse, end de ville gøre i en BR LCA-beregning.

Største bidrag til CO₂-udledning

To faktorer bidrager i høj grad til CO₂-udledningen fra et område. Antallet af kvadratmeter, der bygges samt tætheden af bygningerne. Der er store udledninger bundet i byggematerialer, både til materialer der indgår i bygningerne, men også materialer, der indgår i den tilhørende infrastruktur og byggemodning.

Case 3 har det laveste udslip, grundet genbrug af eksisterende konstruktioner, selvom de samlede udledninger ligger forholdsvis tæt på case 2. Dette skyldes at der i case 3 er regnet med nogle omfattende renoveringer (herunder nyt terrændæk, nyt tag og nye vinduer), som er nødvendige at udføre når bygningen overgår fra en type anvendelse til en anden jf. bygningsreglementets energikrav.

Ved ændret anvendelse skal bygningerne leve op til en række skrappe energikrav, der ligger tæt op ad kravene til nybyggeri, som typisk vil kræve store renoveringer at opfylde. Hvis tidligere brug af bygningerne også havde været boliger, kunne man vælge at udføre mindre omfattende renoveringer, da isoleringskravene derved er mere lempelige. Dette ville også have afspejlet sig i resultaterne.

Dette kan være en barriere for at omdanne eksisterende erhvervs-/industribygninger til boliger, netop grundet de høje energikrav når anvendelsen af bygningen ændres.

En analyse fra Rambøll udført i 2020³³ viser en stor potentiel CO₂-besparelse ved at renovere i stedet for at rive ned og bygge nyt. Analysen har vurderet en række forskellige cases, hvor effekten er belyst ved at sammenholde en række cases hvor der rives ned og bygges nyt, samt foretage forskellige typer renoveringer.

Der er dog stor variation i CO₂ besparelsen, alt efter hvor omfattende renoveringer, der foretages. CO₂-besparelsen er størst ved etageboliger, offentligt byggeri og erhvervsbyggeri, men begrænset ved enfamiliehuse og rækkehuse, som også er tilfældet i nærværende analyse.

CO₂-udledningen fra byggeriet af bygninger er delvist reguleret i det nyligt indførte LCA-krav til nybyggeri og tilhørende grænseværdier. Men da grænseværdien er opgjort i forhold til antal kvadratmeter, som bygges, vil

³² Klimapåvirkning fra 60 bygninger, SBI 2020:04

³³ Analyse af CO₂-udledning og totaløkonomi i renovering og nybyg. <https://bygherreforeningen.dk/renovering-giver-miljoemaessige-og-totaloekonomiske-fordele/>

LCA-kravet altså ikke påvirke størrelsen af bygningerne, men mere de løsninger og materialer, som vælges.

Dette er ikke hensigtsmæssigt, da nærværende analyse tydeligt viser, at antallet af byggede kvadratmeter har væsentlig betydning for de samlede udledninger. Der bør derfor i høj grad komme fokus på at levetidsforlænge eksisterende bygninger og reducere det byggede areal, når nybyggeri er nødvendigt. Den historiske trend med et stadigt voksende boligareal skal vendes, da CO₂-besparelsen vil være meget stor ved at reducere det byggede areal.

Ud over CO₂-udledningen er ressourceforbruget også en relevant faktor at inddrage. Der bliver knaphed på råstoffer i Danmark i fremtiden, da der både er en begrænset mængde ressourcer og Regionerne oplever, at det bliver sværere at finde nye graveområder. Langt den største andel af råstofferne bliver brugt til at lave bygninger, veje og anlæg rundt omkring i landet og er dermed en vigtig forudsætning for udviklingen og væksten i Danmark. Især Region Hovedstaden er udfordret på råstofområdet, hvor næsten en tredjedel af befolkningen er bosiddende på kun seks procent af landets areal. Af den samlede råstofudvinding fra 2018-2020, blev kun 3% indvundet i Region Hovedstaden, hvorfor en stor del af råstofforbruget i Region Hovedstaden hentes fra andre Regioner³⁴.

Der er dog sået små spire, der går mod mindre typer bebyggelse. *Tiny House-bevægelsen* vinder langsomt frem, hvor boligerne er markant mindre end det typiske parcelhus. Et *Tiny House* karakteriseres ofte, men ikke udelukkende, som et hus med en størrelse på mindre end 45 m². Flere Kommuner har vist interesse for at inkludere muligheden for *Tiny Houses* i kommende lokalplaner, bl.a. Frederikssund Kommune³⁵

Beregningerne tager ikke højde for klimaaftrykket ved indkøb af inventar til boligerne. Selvom det ikke kan bakkes op af kilder, bør den gængse opfattelse være, at større boligareal medfører større indkøb af møbler, apparater og andet inventar, som alle har en CO₂ udledning tilknyttet produktionsfasen.

Klima-, Energi- og forsyningsministeriet har udgivet *Danmarks forbrugsbaserede aftryk*, hvor der medregnes

CO₂-udledningen fra varer produceret i udlandet, der ikke indgår i det *nationale* klimaregnskab. Samlet var Danmarks forbrugsbaserede aftryk i 2019 ca. 61 mio. ton CO₂e, hvilket svarer til 11 ton per indbygger. Til sammenligning var de nationale udledninger i 2021 på 44 mio. ton.

Danskernes privatforbrug udgør 60% af det forbrugsbaserede aftryk, samlet ca. 39 mio. ton, hvoraf 6% udgøres af elektronik og boligudstyr³⁶, der omregnet pr. indbygger giver anledning til en udledning på 660 kg CO₂e/år/person.

Udledningen fra det byggede areal vil i de kommende år blive reguleret af LCA-kravet i bygningsreglementet, som i høj grad medvirker til at regulere, hvilke typer materialer, der benyttes i bygningerne, og det forventes at se en øget brug af træ og andre træbaserede materialer som erstatning for beton og stål, der har store CO₂-udledninger i produktionen. Dette vil især være tilfældet, når CO₂-grænseværdien reguleres ned de kommende år.

Der er dog allerede projekter i gang som vil accelerere udviklingen med at reducere udledningen fra nybyggeri. Gennem projektet 4>1, støttet af Realdania og Villumfonden³⁷ er målet at udvikle grønne løsninger og eksempler, som kan reducere klimaaftrykket fra nyt boligbyggeri i Danmark med 75% i 2030. Reduktionsmålet er opgjort i pr. kg CO₂e/m²/år og tilskynder således heller ikke til at bygge færre kvadratmeter.

Det gør derimod bæredygtigheds certificeringsordningen DGNB VILLA³⁸, som i januar 2023 har gjort det muligt at DGNB certificere enfamiliehuse og mindre bygninger. Nybruddet i denne certificering er at der inkluderes en personfaktor i kriterievurderingen, der skal tilskynde til at bygge færre kvadratmeter. Personfaktoren indgår i første omgang i 4 kriterier (ud af 12), men DGNB forventer, at den inkluderes i flere indikatorer på sigt.

Betragningsperioden på 50 år er fastsat i bygningsreglementet for at kunne sammenligne bygningers LCA-beregninger på tværs. Da de fleste udledninger i bygningerne sker fra byggematerialerne, har det derfor stor positiv betydning for CO₂-udslippet at bygninger holder så længe som muligt.

³⁴ Erstatning og genbrug af råstoffer, Danske regioner 2022, <https://edagsorden.regionh.dk/cms/HtmlPublication-7559/enclosures/20.pdf>

³⁵ Stor interesse for tiny houses i Vinge, <https://www.frederikssund.dk/service/Nyheder/2022/august/stor-interesse-for-tiny-houses-i-vinge>

³⁶ Global Afrapportering 2021-Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk

<https://kefm.dk/Media/637553636155082844/Faktaark%20%20-%20Klimaaftryk.pdf>

³⁷ 4>1, Realdania og Villumfonden, www.4til1planet.dk

³⁸ DGNB Villa Manual, <https://rffbb.dk/publikation/dgnb-villa-pilotmanual-2022-v2>

Med en længere betragtningsperiode på f.eks. 80 år vil udledningerne fra driftsenergi vokse over levetiden, men udledningerne fra byggematerialer vil blive fordelt på flere år. Derfor vil CO₂-udledningen per kvadratmeter per år mindskes.

Udledningerne fra byggemodning og infrastruktur er direkte afhængige af det samlede arealaftryk af området. Når bebyggelsen spredes ud over et større areal, er der behov for en større mængde vej, stier og forsyningsledninger. Det gælder derfor om at bygge tættere og dermed udnytte infrastrukturen bedre.

Højere byggeri vil også være et effektivt virkemiddel. Højere byggeri fordeler det CO₂-tunge terrændæk og tag på flere etagekvadratmeter, udnytter varmen bedre og optager et mindre areal.

Energiforsyningen bliver løbende grønnere på baggrund af en massiv udbygning af vedvarende energiproduktion. Dette forhold er medtaget i beregningerne og kommer til udtryk ved, at CO₂-aftrykket fra energiforbrug løbende mindskes i bygningernes levetid.

Valget af opvarmningsform i nybyggeri har betydning for den nødvendige isoleringstykkelse for at overholde energirammen. En bygning opvarmet med en effektiv varmepumpe har en smule lempeligere krav til isoleringstykkelserne end en fjernvarmeopvarmet bygning. Dette skyldes de energifaktorer, som skal benyttes i energirammeberegningerne og som varierer på tværs af forsyningsformer. Denne parameter inddrages dog ikke i analysen. Alle 3 cases er analyseret med fjernvarmeforsyning for at kunne sammenligne CO₂-udledningerne fra energiforbrug på tværs af cases, samt det er vurderet mest sandsynligt at byudviklingsprojekter af denne størrelse vil få fjernvarmeforsyning til boligopvarmning.

I takt med at energiforsyningen bliver markant grønnere det kommende årti, vil CO₂-effekten af at reducere energiforbruget løbende blive mindsket. En medvirkende årsag til, at energiforsyningen kan blive så grøn som Energistyrelsen forventer jf. Klimafremskrivningen³⁹, skyldes også, at der opnås løbende energieffektiviseringer i samfundet. Energibesparelser vil samtidigt mindske omkostningerne til udbygning af den vedvarende energiproduktion.

³⁹ Energistyrelsens klimafremskrivningen, <https://ens.dk/publikationer/klimafremskrivningen-tidligere-basisfremskrivningen>

⁴⁰ SMV-regerings regeringsgrundlag 'Ansvar for Danmark', 2022 <https://www.stm.dk/media/11768/regeringsgrundlag-2022.pdf>

Det faktiske energiforbrug til opvarmning og ventilation i nye bygninger er generelt højere end energiforbruget beregnet i energirammen, grundet et øget komfortniveau blandt beboerne. Derudover påvirkes el-forbruget i høj grad af beboernes adfærd. Udledningerne fra driftsenergi vil generelt kunne reduceres gennem en god energiadfærd blandt beboerne.

Det er muligt for forbrugerne at ændre adfærd. Den nuværende energikrise med generelt høje energipriser i 2022 har medvirket til at påvirke adfærden blandt private borgere. Tal fra netselskabet Radius viser en besparelse på elforbruget på 10-15 % fra oktober 2021 til oktober 2022.

Desuden er borgerne blevet bedre til at flytte forbruget til de billigste tidspunkter på døgnet, som oftest også vil medføre en CO₂-reduktion, da der generelt er sammenhæng mellem pris og CO₂-belastning fra elproduktionen.

Arealudbredelsen påvirker også udledningerne forbundet med arealanvendelse. Disse udledninger er behæftet med en vis usikkerhed, men udgør en forholdsvis lille andel af de samlede udledninger ned til nul i case 3, da der bruges et eksisterende bebygget areal. Udledningen fra ændret arealanvendelse er størst for case 1, da denne type byudvikling lægger beslag på langt det største areal. Selvom selve CO₂-udledningen fra ændret arealanvendelse er forholdsvis begrænset, er der andre faktorer, der bør tages i betragtning. Der er generelt pres på arealerne i Danmark, og der er mange politiske visioner for arealanvendelsen, herunder byudvikling, øgede naturarealer og biodiversitet samt landbaseret vedvarende energiproduktion.

Regeringsgrundlaget fra SVM-regeringen lægger bl.a. op til

- Etablering af 250.000 hektar ny skov
- At bidrage til EU's biodiversitetsstrategi for 2030, som har som mål, at 30 pct. af EU's areal til lands og til havs skal være beskyttet natur⁴⁰
- Den allerede vedtagne firdobling af den landbaserede VE-produktion.⁴¹

Transportudledningernes andel af de samlede udledninger var ligeledes forholdsvis små. Ændringer i kørselsmønster har stor indvirkning på transportens udslip, men betyder mindre i det samlede billede. Beregninger af transportudledningerne er dog behæftet med en vis usikkerhed, da det er vanskeligt at

⁴¹ Faktaark - Firdobling af VE på land <https://kefm.dk/Media/637917337888630707/Faktaark%20land%20VE.pdf>

kvantificere hvordan og hvor meget transportmønstret af afhængig af typen af byudvikling, og hvor meget der skyldes andre forhold.

Årsagen til den lave andel udledninger i betragtningsperioden fra transport er, at der kun kigges på driften. Der er altså ikke medregnet udledningen fra produktionen af bilerne, vejinfrastruktur mv. Fremover forventes desuden en stor stigning i antal elbiler kombineret med en grønnere elproduktion, der betyder, at bilkørsel i fremtiden har mindre indvirkning på CO₂-udledningen.

Dette er dog en snæver betragtning, og der er mange gode grunde til at reducere bilkørsel.

Der er store CO₂-udledninger forbundet med *produktionen* af biler, så antallet af biler har stor betydning, hvis dette tages med i betragtningen. Øget biltrafik har en lang række uheldige følgevirkninger i form af trængsel, trafikuheld og støjgener. Derudover optager parkerede biler et areal, som eller ville kunne være benyttet til andre formål.

Der er kommet et markant øget fokus på støjgener fra trafikken samt lokal partikelforurening.

I 2018 udkom WHO med nye anbefalinger til støjniveauet fra trafik i beboelsesområder, hvor den anbefalede støjgrænse blev sænket til 53 dB⁴². Dette er et godt stykke under den danske grænseværdi på 58 dB. Udbredelsen af elbiler vil ikke medvirke til en reduktion af støjniveauet for flertallet af køretøjer, da støjniveauet ved kørsel over ca. 35 km/timen domineres af dækstøj.⁴³

Partikelforurening er også et stort problem for samfundet. Ifølge Miljøstyrelsen kan partikler påvirke helbredet ved at forårsage betændelsesreaktioner i kroppen. Det kan føre til forværring af astma, andre lungesygdomme, diabetes, åreforkalkninger, blodpropper og kræft.⁴⁴

Med denne opnåede viden er det relevant at forholde sig til hvordan der i praksis kan opnås CO₂-reduktioner indenfor byudviklingen og hvem der kan påvirke og medvirke til dette.

Virkemidler i lokalplanlægningen

Kommunerne spiller en nøglerolle, da flere af de beskrevne parametre, som kan påvirke CO₂-udledningen helt eller delvist kan reguleres i lokalplanerne.

Det byggede etageareal og dermed **boligernes størrelse** kan reguleres via bebyggelsesprocenten angivet i lokalplanen og den udstykkede grundstørrelse i et område. Mindre udstykninger giver mulighed for at bygge færre kvadratmeter.

Materialevalget til bygningerne reguleres delvist i LCA-kravet i bygningsreglementet, da klimavenlige materialer forventes at vinde større indpas i byggeriet i takt med at grænseværdierne sænkes frem mod 2029. Kommunerne kan dog også stille enkelte direkte krav i lokalplanerne i forhold til bebyggelsens udseende og materialevalg på de ydre bygningsdele og kan dermed påvirke en mindre del af materialevalgene i boligerne.

Lokalplanerne kan også påvirke **typen af bebyggelse og tætheden af denne**. Dette kan ske med en kombination af mindre grundstørrelser samt hvilket type byggeri (etageejendomme, rækkehuse, parcelhuse), som området og lokalplanen udvikles henimod.

Transportmønster kan kommunen kun delvist påvirke. Gang og cykelinfrastruktur ligger under kommunernes ressortområde, så kommunerne har stor indflydelse på hvilken gang/cykel infrastruktur, der er tilgængeligt ved et givent boligområde.

Under antagelsen, af at udbredelsen af bilejerskab har betydning for valget af transportform, kan kommunen påvirke antallet af parkeringspladser, der etableres i et givent område.

Antallet af parkeringspladser er reguleret i bygningsreglementet BR18 kap 20.

§399: Der skal på ejendommens område udlægges tilstrækkeligt areal til parkering af biler, motorcykler, knallerter og cykler mv. i forhold til anvendelsen af bygningen.

Stk. 2. Parkeringsarealerne skal kunne benyttes af bebyggelsens beboere, de beskæftigede i bebyggelsen, besøgende, kunder og leverandører mv.⁴⁵

§400: Det er kommunalbestyrelsen, der i byggetilladelsen fastsætter, hvor stor en del af grundens

⁴² ENVIRONMENTAL NOISE GUIDELINES for the European Region, WHO, 2018, <https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/unnumbered/akustik/who-noise-guidelines-eng.pdf>

⁴³ www.roliqbolig.dk

⁴⁴ Miljøstyrelsen, Sundhedskonsekvenser af luftforurening

⁴⁵ www.bygningsreglementet.dk

areal, der skal udlægges eller anlægges til parkeringsareal, samt tidspunktet for hvornår dette skal ske.

Det kan være angivet i en lokalplan, at der ved opførelse af nybyggeri i et bestemt område inden for lokalplanens område skal etableres 1 parkeringsplads pr. 100 m² etageareal. Når der opføres 1500 m² nybyggeri i det pågældende område, vil det med hjemmel i lokalplanen udløse krav om etablering af 15 parkeringspladser.

Antallet af parkeringspladser i et nybygget område kan altså besluttes af bygningsmyndigheden og dermed kommunalbestyrelsen. Beslutningen beror på en helhedsvurdering i forhold til den generelle parkeringsbelastning i området, typen af bebyggelse og øvrige transportmuligheder.

Desuden kan kommunen understøtte delebilsordninger, hvilket både vil mindske behovet for parkeringsareal, men sandsynligvis også antallet af kørte kilometer i personbil.

Kommunerne har derfor rig mulighed for at påvirke antallet af parkeringspladser i et område. Kombineret med god infrastruktur til kollektiv transport og cykel/gang kan det medvirke til at mindske omfanget af privatbilisme.

8 Konklusion

Typen af byudvikling har stor indflydelse på CO₂-udledningen fra et boligområde, selvom områderne kan bebo samme antal personer.

Analysen viser CO₂-udledninger varierende fra 27.874 tons CO₂e fra parcelhusområdet til 10.294 ton CO₂e fra området hvor eksisterende industri konverteres til rækkehuse.

Det er især boligernes areal, der har stor indvirkning på de samlede udledninger, da større boliger betyder større materiale- og energiforbrug. Reduktion af boligstørrelsen fra 205 til 120 m² reducerede de totale udledninger med en fjerdedel eller 6.604 ton set over betragtningsperioden.

Øget brug af træ i byggeriet påvirker også CO₂-udledningen i positiv retning. I analysen blev klimaskærmen, isolering og loftbeklædning udskiftet til træ-baserede produkter. Dette reducerede de samlede udledninger med 8%.

Også tætheden af byggeriet har stor betydning. Den største påvirkning findes igen fra byggematerialer til brug for byggemodning, hvor en reduktion af udbredelsen, mindsker mængden af veje, stier og forsyningsledninger. Udledningen fra arealanvendelse er lille til sammenligning.

Udledningerne fra transport befinder sig i et stort spænd mellem 12 til 27% af de samlede udledninger på tværs af cases. Transportberegningerne vurderes at være behæftet med usikkerhed, da de bygger på en række antagelser.

Reduceret brug af personbiler påvirker ikke den samlede udledning i stor grad, da mængden af elbiler stiger betragteligt kombineret med en grøn elforsyning. Der er dog andre årsager til at reducere privatbilismen, blandt andet støjgener, trafikuheld og reduceret behov for areal til parkering.

Selvom der indføres LCA-krav til nybyggeri, som vil reducere CO₂-udledningen fra byggeriet, blandt andet med fokus på valg af materialer, tilskynder LCA-kravet ikke til at bygge færre kvadratmeter, da grænseværdierne er sat i forhold til etagearealet. Større bygninger har derfor generelt lettere ved at opfylde LCA-kravene end mindre byggerier.

Generelle hovedbudskaber

Byg mindre

Analysen viser tydeligt, at størrelsen af bygningerne har stor indvirkning på det samlede CO₂-aftryk, da udledningen fra bygningerne er proportional med størrelsen af det byggede. Der bør derfor bygges færre kvadratmeter.

Byg tættere og i højden

Der er en klar CO₂-fordel ved at bygge tættere. Tættere byggeri resulterer i mindre vejareal og kortere fælles forsyningsledninger.

Byg i materialer med lavt CO₂-aftryk

Øget brug af træ reducerer udledningerne fra selve bygningerne, men der bør generelt være fokus at substituere CO₂-tunge materialer med mindre udledende alternativer.

Viden for fremtiden

De tre cases er nutidige eksempler på hvordan vi bor og bygger i dag. Potentialerne ved at bygge mindre og tættere, giver et godt vidensgrundlag for fremtidig byudvikling med større fokus på ressourcereduktion, der fremmer fællesfaciliteter, arbejdsformer mv.

Sørg for bedre kollektiv transport og cykelinfrastruktur

Det er vigtigt at kommunerne sikrer gode forhold for cykel og gang, når der etableres ny byområder. Derudover bør kommunerne overveje behovet for antallet af parkeringspladser nøje, da dette kan medvirke til at reducere bilejerskabet i bebyggelsen samt udbrede delebilordninger og på den måde frigive arealer til f.eks. rekreative formål.

P-normer kan reguleres

Parkeringspladser understøtter bilejerskab og kørsel, hvorfor reducerede p-normer medvirker til at mindske privatbilisme. Dertil kommer, at parkering optager plads, der kunne anvendes til andre formål såsom fødevarerproduktion, biodiversitet, rekreative ophold mv.

Sammenhæng mellem energieffektivitet og forbrug

Det er vigtigt at huske at fysisk og teknisk udformning i byudvikling og husstandes adfærd ikke er to forskellige ting. De to ting hænger uløseligt sammen. Flere kvadratmeter og udformningen af bygninger påvirker adfærdsmønstre. Større boliger skaber højere energi- og ressourceforbrug.

Spørgsmål til debat

Ovenstående konklusioner giver anledning til en række spørgsmål vedrørende den fremtidige byudvikling. Hvordan de besvares og hvilke handlinger det giver anledning til, vil have stor indflydelse på den fremtidige CO₂-udledning fra kommende byudviklingsprojekter.

- *Boligstørrelsen har stor indvirkning på den samlede udledning. Hvordan vendes trenden med at boliger bliver større og større?*
- *Hvordan sikres adgang til høj kvalitets kollektiv transport samt god gang- og cykelinfrastruktur ved udlægning af nye boligområder?*
- *Hvor meget kan/ønsker kommunerne at påvirke materialevalget i bygningerne? Hvor går grænsen?*
- *Hvordan kan vi udforme fremtidens byudvikling, så vi både har plads til et stigende behov for boliger samtidig med, at vi også har plads til andre behov som natur, biodiversitet, rekreative områder, klimatilpasning, vedvarende energianlæg osv.?*

9 Bilag

Bilag 1: Beregningsværktøj – Beregning af klimaaftryk for byudvikling