



Bilag om modeller og metoder bag fremskrivning af energiforbrug i husholdninger og erhverv

1 Introduktion

I Klimastatus og -fremskrivning (KF) anvendes en række modeller og metoder til fremskrivningen af energiforbrug og drivhusgasudledninger. Til fremskrivning af husholdninger og erhvervs energiforbrug anvendes modellen IntERACT. På baggrund af energiforbrug fra IntERACT beregnes sektorernes drivhusgasudledninger og procesudledninger¹ med de gældende emissionsfaktorer.

Dette notat beskriver metoden, der anvendes til at fremskrive energiforbruget og procesudledninger i husholdninger og erhverv. Notatet er opdelt efter følgende struktur:

- Kapitel 2: Modellen IntERACT
- Kapitel 3: Rumopvarmning i husholdninger og serviceerhverv
- Kapitel 4: Husholdningers elforbrug til apparater
- Kapitel 5: Energiforbrug til industri, landbrug, skovbrug, gartnerier og fiskeri samt energi til proces i serviceerhverv
- Kapitel 6: Cementproduktion

2 IntERACT

IntERACT er en energisystemsmodel (baseret på modelskabelonen TIMES (1)). IntERACT modellerer hvilke (energi)teknologier, der billigst kan levere de energitjenester² husholdninger og erhverv efterspørger. Det gøres ved at minimere de samlede tilbagediskonterede omkostninger for energisystemet frem til 2050. Således sikrer IntERACT, at omkostninger for de enkelte energitjenester i hver sektor er minimeret gennem analyser af mulige investeringer i en portefølje af energiteknologiske løsninger. Modellen angiver det resulterende energiforbrug ved anvendelsen af energiteknologierne i fremskrivningsperioden frem til 2050. Energiforbruget opdeles

¹ For produktion af cement udregnes procesudledninger i IntERACT, øvrige procesudledninger beregnes af DCE på baggrund af bl.a. sektorernes aktivitetsniveauer og energiforbrug fra IntERACT.

² Begrebet "energitjenester" er det centrale omdrejningspunkt i IntERACT, hvor energitjenester beskriver den ydelse eller funktion, som energiforbruget går til. Eksempler på energitjenester er fx "rumvarme", "belysning og elektronik" og "procesvarme, højtemperatur, direkte indfyret".

på sektorer (husholdninger og erhverv) og i regionerne Øst- og Vestdanmark. Derudover opdeles energiforbruget på: energitjeneste, energiteknologi og 14 energivarer³.

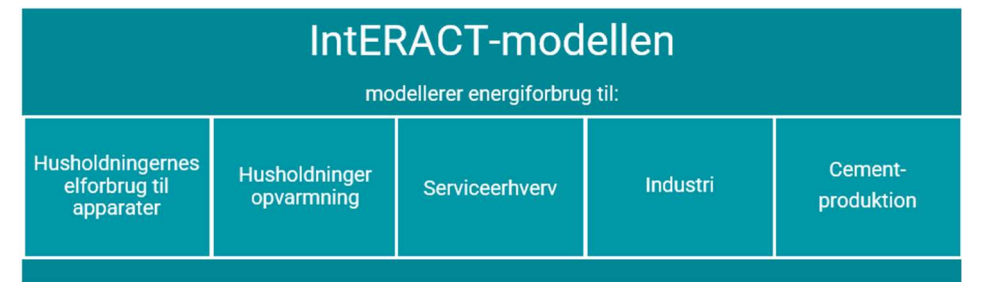
Konkret er energiforbruget i husholdninger og erhverv summen af energiforbruget fra IntERACTs fem moduler (delmodeller). Disse er oplistet nedenfor. De enkelte moduler er beskrevet i deres separate kapitel i dette bilag.

IntERACT-modellen består af 5 moduler:

- Husholdningers opvarmning
- Husholdningernes elforbrug til apparater
- Serviceerhverv
- Industri
- Cementproduktion

Figur 2

Illustration af IntERACT-modellens fem moduler



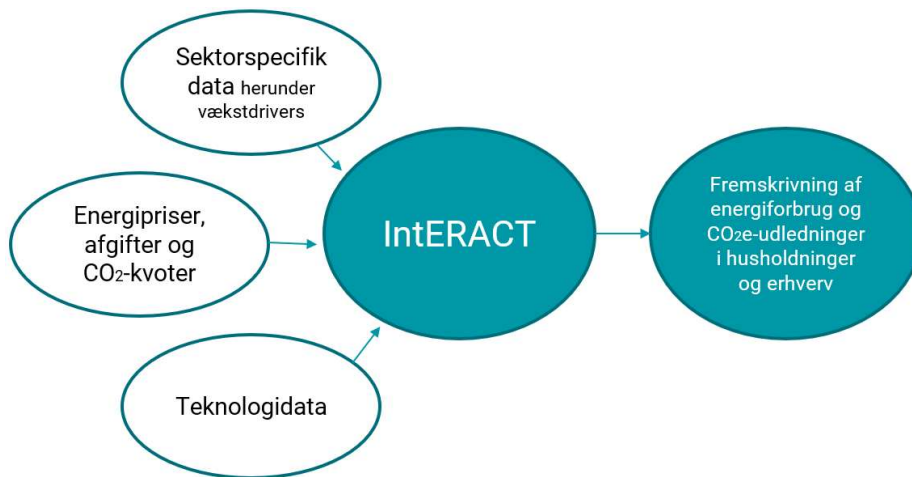
Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

IntERACT-modellen er baseret på en bred vifte af teknologidata, statistikker og øvrige modeller og metoder illustreret i **Error! Reference source not found.**

³ De 14 energivarer er elektricitet, fjernvarme, gas, biogas, LPG, olie, kul og koks, petrokoks, fast biomasse, træpiller, træflis, omgivelsesvarme, affald og halm.

Figur 2

Illustration af IntERACT-modellens centrale datakilder



Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

Modellen anvender det makroøkonomiske vækstforløb fra Finansministeriet. Dog fastlægges udvalgte sektors aktivitetsniveau og/eller energiforbrug ud fra andre kilder – det gælder således for cementproduktion og landbrug, skovbrug og fiskeri, *jf. kapitel 5.1.2.*

I fremskrivningen af husholdningernes og erhvervslivets energiforbrug afstemmes udbud af og efterspørgsel efter el og fjernvarme imellem IntERACT-modellen og Ramses-modellen⁴.

For yderligere information om IntERACT-modellen se kilde (2) og (3) i kildelisten.

2.1 IntERACT's anvendelse til klimafremskrivningen

Sådan laves fremskrivningen i Klimastatus- og fremskrivning

Klimastatus og -fremskrivning (KF) fastlægges ved først at opdatere datagrundlaget for modellens parametre til seneste statistikår og nyeste fremskrivning af brændsels-, el- og fjernvarmepriser, CO₂-kvotepriser⁵, afgifter og teknologidata.

For IntERACT er det seneste statistikår baseret på Energistyrelsens energistatistik (4).

⁴ Ramses-modellen anvendes til analyser og fremskrivning af produktionen af el og fjernvarme. Det skal her bemærkes, at forbrug af el og fjernvarme ikke er forbundet med udledninger i de forbrugende sektorer, idet udledninger forbundet med fjernvarmeproduktion opgøres under el og fjernvarme samt affaldsforbrænding.

⁵ Fremskrivningen af brændselspriserne og CO₂-kvotepriser er dokumenteret i forudsætningsnotat Priser og vækst i kapitel 1 Brændselspriser og kapitel 2 CO₂ kvotepris.

Herefter kalibreres IntERACT, som udgangspunkt, til følgende elementer i vækstforudsætningerne:

- Det opvarmede areal jf. SMILE-fremskrivningen⁶.
- Væksten i privatforbruget jf. Finansministeriet (anvendes i Husholdningsmodulet).
- Væksten i produktionsværdien fordelt på brancher jf. Finansministeriet (anvendes som primær driver i Industrimodulet). For landbrug samt for cementproduktion laves særskilte branchefremskrivninger.⁷ For yderligere information se kapitel 5.1.2.

Modeludvikling siden KF25

Der er ikke foretaget modeludvikling til KF26, men på flere områder er der sket en opdatering af metode og datagrundlag

Det drejer sig om:

1. Opdeling af det historiske varmegrundlag for forskellige typer bygninger
2. Potentiale for energieffektiviseringer for forskellige typer bygninger
3. Priser på energieffektiviseringer for forskellige typer bygninger
4. Identificering af områder med potentiale for fjernvarmeudrulning
5. Omkostninger og potentialer for omstilling af intern transport i landbrug, skovbrug og bygge- og anlægsbranchen

Herudover er der generelt opdateret datagrundlag og forudsætninger, herunder historiske data, teknologi, priser, mv.

Ift. punkt 1,2,3 beregnede Energistyrelsen tidligere disse parametre ud fra nøgletal leveret af BUILD ved Aalborg Universitet. Til KF26 har BUILD leveret parametrene, som er beregnet med metoden beskrevet i (5). Dette er bl.a. gjort for at sikre konsistens imellem Energistyrelsens metoder, da samme metode bruges af Energistyrelsen til udarbejdelsen af den Nationale bygningsrenoveringsplan (6). Afsnit 3.4 og 3.5 beskriver, hvordan parametrene er implementeret i IntERACT.

Ift. punkt 4 om identificering af områder med potentiale for fjernvarmeudrulning har opdatering af data og forudsætninger givet anledning til en generel opdatering af

⁶ 'SMILE-modellen' er DREAM-gruppens mikrosimuleringsmodel, der kan fremskrive og analysere langsigtede udviklinger i demografi, flyttemønstre, arbejdsmarkedstilhørsforhold, uddannelsesniveau, indkomst- og pensionsforhold og boligefterspørgsel. Det karakteristiske ved en mikrosimuleringsmodel er, at den tager udgangspunkt i enkelte individer fremfor grupper af individer. Læs eventuelt mere på DREAM-gruppens hjemmeside (11).

⁷ Læs yderligere i forudsætningsnotat "Husholdninger og erhvervs energiforbrug og procesudledninger" kapitel 4 om Cement og kapitel 5 om energiforbrug i landbrug, gartneri, skovbrug og fiskeri.

Konverteringsmodellen, der bruges til formålet. Konverteringsmodellen er beskrevet i afsnit 3.6 og 3.7, men opdateringen af forudsætningerne og antagelser til KF26 fremgår herunder:

- I Konverteringsmodellen er samtlige prisforudsætninger revideret med udgangspunkt i de senest tilgængelige Teknologikataloger. Opdateringen har medført generelle stigninger i alle investeringsomkostninger.

Den mest betydelige stigning vedrører omkostningerne til etablering af distributionsledninger, hvor omkostningen nu er 63,6 mio. kr./ km², jf. Teknologikatalog for transport af energi (7) fremfor de tidligere 35 mio. kr./km² i Østdanmark og 24 mio. kr./km² i Vestdanmark baseret på nøgletal og omkostninger udarbejdet af COWI i 2020.

- Det antages, at fjernvarmeudvidelserne kræver investering i yderligere produktionskapacitet.
- Det antages, at investeringsomkostningen skaleres i forhold til det gennemsnitlige kapacitetsbehov i området i modsætning til tidligere, hvor der blev anvendt en ensartet pris for individuelle varmepumper inden for hvert område.
- Derudover tillægges en ekstra investeringsomkostning på 10 % for at afspejle de merudgifter, som varmepumper kan medføre for visse forbrugere.

Væsentlige antagelser og parametre i modellen

Der er mange væsentlige antagelser og parametre, der er styrende for modelleringen af husholdningers og erhvervs energiforbrug. Nedenfor fokuseres på fire udvalgte:

- **Diskonteringsraten:** Diskonteringsraten i IntERACT er helt central for, hvordan aktørers adfærd spiller ind i den samlede minimering af tilbagediskonterede systemomkostninger. I IntERACT er den generelle diskonteringsrate 3,5 pct.
- **Modellering af træghed og adfærd:** Konverteringer er foruden diskonteringsraten også bestemt af de antagelser, der er gjort for at fange adfærd herunder særligt den træghed der kan observeres i forbindelse med en investeringsbeslutning. Trægheden modelleres igennem teknologispecifikke tillæg til diskonteringsraten, herunder hurdle rates⁸, samt en begrænsning i hvor hurtigt teknologier kan indføres. På den måde fungerer tillæggene til

⁸ Læs eksempelvis mere om betydningen af hurdle rates i (8)[5].

diskonteringsraten som en præmie, der afspejler manglende information eller særlige forhold, der ikke indgår i de generelle omkostninger. I IntERACT antages teknologispecifikke hurdle rates typisk på omkring 10 pct. på baggrund af analysen i (8).

For husholdninger er de implicitte teknologispecifikke hurdle rates afspejlet med en større variation. Det afspejler at der for husholdninger også skønnes at være væsentlige ikke-økonomiske omkostninger ved at skifte varmekilde som fx gener i periode for etablering af ny varmekilde eller energieffektiviseringer.

- **Teknologikataloger:** Såkaldte tekno-økonomiske parametre, som fx den teknologiske energieffektivitet, investerings- og driftsomkostninger, stammer primært fra teknologikatalogerne.
- **Særskilte vurderinger af sektorudviklinger:** Energiforbrug og drivhusgasudledninger er i høj grad bestemt af behovet for energitjenester, der igen er afhængig af den økonomiske aktivitet for hver sektor. Skøn for forskellige sektors økonomiske aktivitet i fremskrivningens årrække, er således af stor betydning for det samlede resultat.

De konkrete metoder og antagelser der anvendes til KF er beskrevet under de enkelte IntERACT-moduler i kapitlerne nedenfor.

3 Rumopvarmning i husholdninger og serviceerhverv

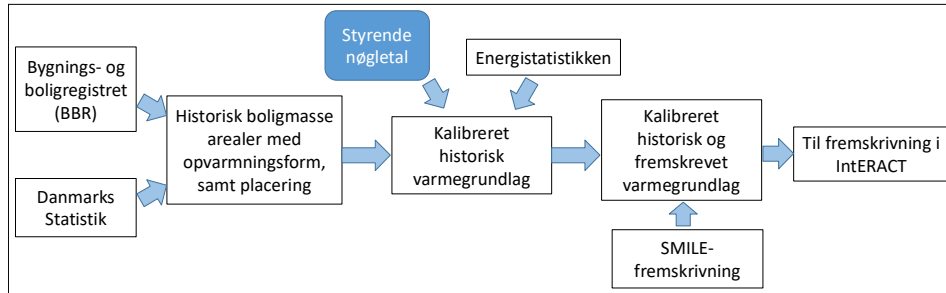
IntERACT's husholdningsmodul modellerer energiforbruget til rumopvarmning i husholdninger. Energiforbruget i serviceerhverv modelleres i IntERACT's service-modul, men eftersom modelleringen af rumopvarmning i serviceerhverv anvender samme metode som for husholdningerne, er det beskrevet i dette kapitel 3.10.

3.1 Generelle antagelser og metode

Husholdningernes varmegrundlag bliver fastlagt ud fra en række af forskellige inputs. Figur 3 giver et overblik over metoden til fastlæggelse af det historiske og det fremskrevne varmegrundlag i husholdningerne, før dette efterfølgende fremskrives i IntERACT.

Figur 3

Overordnet metode til fastlæggelse af historisk og fremtidigt forventet varmegrundlag, der benyttes som grundlag for fremskrivning i IntERACT.



Kilde: Energistyrelsen

Beregningen af husholdningernes varmegrundlag kan opdeles i tre dele, der dækker hhv.:

- A) Fastlæggelsen af den historiske boligmasse (opgjort i arealer og bygninger). (Beskrevet i kapitel 3.2 og 3.3).
- B) Fastlæggelse og kalibrering af det historiske varmegrundlag (opgjort i PJ). (Beskrevet i kapitel 3.4).
- C) Fremskrivning af varmegrundlag med udgangspunkt i det historiske varmegrundlag. (Beskrevet i kapitel 3.5).

3.2 Klassificering af boligmassen i IntERACT

Til modellering af husholdningernes varmegrundlag er den samlede boligmasse i IntERACT klassificeret ift. region, placering ift. fjernvarmeområder, bygningstype, opvarmningsteknologi, energieffektivitet og hvorvidt bygningen er opført før eller efter seneste statistik år:

- Region: Definerer elprisområder hhv. Øst- og Vestdanmark.
- Placering ift. fjernvarmevarmeområder: Defineres ud fra boligmassens placering ift. eksisterende fjernvarmeområder og potentielle fremtidige fjernvarmeområder. Placeringen angiver tilgængeligheden af fjernvarme for boligen.

Det specificeres således, om et boligareal ligger i et fjernvarmeområde, et potentielt fjernvarmeområde eller uden for et fjernvarmeområde. Boligareal uden for fjernvarmeområder eller potentielle fremtidige fjernvarmeområder kategoriseres som værende i et geografisk område, hvor fjernvarme ikke er tilgængeligt. Denne del af boligmassen kan kun konvertere til individuelle opvarmningsløsninger.

Det beregnes om fjernvarmeselskaberne vil udvide fjernvarmeområderne. For boligareal i områder, der modelleres som værende potentielle fjernvarmeområder, indfases fjernvarme ud fra forventede sandsynligheder og indfasningsprofiler for både igangværende fjernvarmeudrulningsprojekter og nye projekter.

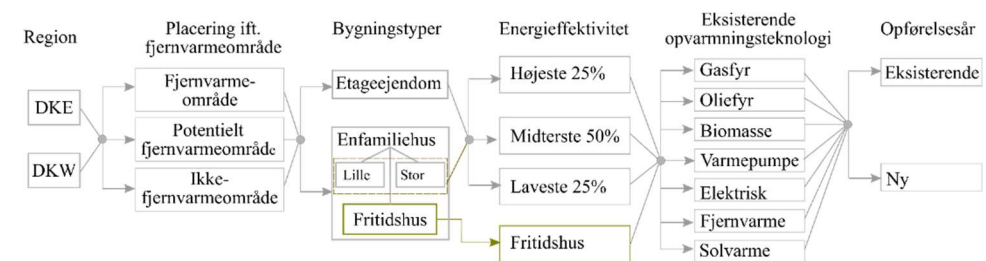
I modellen tages udgangspunkt i eksisterende opbyggede forsyningsinfrastrukturer, samt at gasforsyning ikke udvides. Dermed vil eksisterende gasområder, fjerntliggende fra fjernvarme, kun kunne konvertere til individuelle opvarmningsløsninger.

- Bygningstyperne: Opdelingen i IntERACT er tilpasset Energistatistikens opdeling, og bygningstyperne er derfor defineret som enfamiliehuse og etageboliger. Bygningstypen specificerer blandt andet tilgængeligheden af forskellige teknologier, der kan dække varmegrundlaget for bygningerne, samt at bygningstyperne har forskellige omkostningsprofiler for opvarmningen. Med forskellige omkostningsprofiler menes, at etageboliger ofte får mere for pengene end enfamiliehuse gør pr. kW.
- I KF26 opdeles enfamiliehuse i tre grupper: fritidshuse samt små og store enfamiliehuse, med en tærskelværdi på 100 m².
- Boligmassen opdeles i tre grupper alt efter energieffektivitet. De tre grupper repræsenterer hhv. de 25 pct. bedst og værst præsterende bygninger og en større gruppe af 50 pct. i midten. Fritidshuse har deres egen, separate energieffektivitetsgruppe.
- Boligmassen opdeles efter den nuværende opvarmningsteknologi oplyst i BBR og indmeldinger fra energileverandører. Denne opdeling muliggør at lave analyser på konverteringer og fastholdelse af eksisterende teknologi i fremskrivningen.
- Boligmassen opdeles i historisk og kommende boligmasse ud fra om opførelsesåret er før eller efter seneste statistik år.

Figur 4 opsummerer IntERACT klassificeringen af boligmassen.

Figur 4

Illustration af klassificeringen af boligmassens varmegrundlag i IntERACT.



Kilde: Energistyrelsen

Anm: Listen af eksisterende teknologier omfatter et udsnit af de samlede teknologiløsninger. Det fulde datasæt er offentligt tilgængeligt på <https://ens.dk/analyser-og-statistik/forbrugsmodellen-interact>.

For hver af kategorierne i figur 4 bruges IntERACT til at beregne teknologiske løsninger, der kan opfylde det pågældende varmebehov. De konkurrerende teknologiske løsninger er varmepumper, fjernvarme, træpillefyr, gasfyr, olieforbrænding mm. samt tiltag som energieffektiviseringer, der reducerer energiforbruget.

3.3 Den historiske boligmasse

Den historiske boligmasse i IntERACT fastlægges ud fra oplysninger om geografisk placering, bygningsstørrelse, bygningstype (jf. klassificeringen i figur 4), energieffektivitet samt nuværende opvarmningsform. Kilderne til disse oplysninger er især bygnings- og boligregisteret (BBR) samt Danmarks Statistik (DST).

BBR bruges til at definere de eksisterende boligers størrelse, bygningstype, fordeling af eksisterende opvarmningsformer for den eksisterende boligmasse samt bygningernes placering ift. fjernvarmeområder. Fjernvarmeområderne defineres som de fjernvarmeforsyningsområder, der er specificeret af Erhvervsstyrelsen i 'Plan-data.dk'.

Bygningstypen omformuleres fra BBR-data til IntERACT-aggregering ud fra nøgle i tabel 1.

Table 1 Korrespondance mellem BBR (BygAnvendelse) og IntERACT (Bygningstype)

BBR – BygAnvendelse	IntERACT - Bygningstype
110 (Stuehus til landbrugsejendom)	Enfamiliehuse
120 (Fritliggende enfamiliehus)	Enfamiliehuse
130 (Række-, kæde- eller dobbelthus (lodret adskillelse mellem enhederne))	Enfamiliehuse
140 (Etagebolig-bygning, flerfamilie-hus eller to-familiehus)	Etageboliger
150 (Kollegium)	Etageboliger
160 (Boligbygning til døgninstitution)	Etageboliger
190 (Anden bolig til helårsbolig)	Etageboliger
510 (Sommerhus)	Fritidshuse

For at kunne aggregere boligmassen på dens nuværende opvarmningsform kobles forsyningsselskabers indmeldinger om leveret energi med den nuværende opvarmningsform på bygningsniveau oplyst af BBR. Det bemærkes, at ikke alle BBR-oplysninger nødvendigvis har en oplyst opvarmningsform, samt at data fra forsyningsselskaber kan mangle. I tilfælde af manglende data er der blevet brugt en simpel statistisk metode til at tilskrive opvarmningsformen.

For at få en historisk boligmasse fordelt på hhv. bygningstype og geografi (regional placering og placering ift. fjernvarmeområder) benyttes tabellen Bygb40 fra Danmarks Statistiks statistikbank. Den historiske boligmasse indgår som input til IntERACT, så modellen også kan tilbageskrive til det seneste statistikår til brug for sammenligningen med Energistatistikken.

3.4 Det historiske varmegrundlag

Husholdningernes varmegrundlag er afhængigt af en række forskellige faktorer, deriblandt:

- Bygningstypen
- Størrelsen på boligen: Antal opvarmede kvadratmeter
- Den nuværende stand af boligen (fra Energimærkningsordningsdata)
- Varmekilder

Varmegrundlaget for den eksisterende boligmasse defineres på baggrund af de ovenstående faktorer af BUILD⁹ (5), og indgår som data i IntERACT. Dette kalibreres imod nettoenergiforbruget til opvarmning fra den seneste Energistatistik (4).

⁹ BUILD ved Aalborg Universitet har et beregningsprogram til beregning af bygningers energibehov.

3.5 Fremskrivning af varmegrundlag

Fremskrivningen af husholdningernes fremtidige varmegrundlag tager udgangspunkt i udviklingen af den kommende boligmasse ift.:

- Bygningstype
- Deres samlede opvarmede areal
- Energieffektiviseringer baseret på energibesparelspotentialer og priser på energieffektiviseringer.

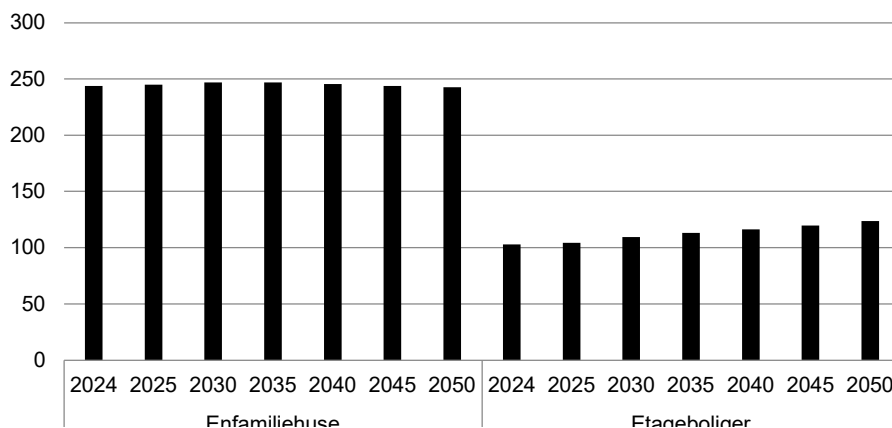
Energistyrelsen tager her udgangspunkt i en fremskrivning af boligmassen fra DREAM-gruppen baseret på deres 'SMILE-model' ¹⁰.

Fremskrivningen fra SMILE omfatter en fremskrivning af den gennemsnitlige boligmasse, som Energistyrelsen bruger til at fremskrive de bygningskategorier, der er defineret ovenfor. Udviklingen i boligmassen består af den eksisterende boligmasse tillagt nybyggeri og fratrukket nedrivning af eksisterende bygninger. I SMILE er boligmassens udvikling et resultat af befolkningens efterspørgsel af boliger, baseret på blandt andet demografiske strukturer, uddannelse, arbejdsforhold, geografi og boligpræferencer.¹¹

Figur 5 viser fremskrivningen af det opvarmede areal fordelt på bygningstyper.

Figur 5

Fremskrivning af boligmassens samlede opvarmede areal i IntERACT, mio. m².



Kilde: SMILE-modellen.

¹⁰ 'SMILE-modellen' er DREAM-gruppens mikrosimuleringsmodel, der kan fremskrive og analysere langsigtede udviklinger i demografi, flyttemønstre, arbejdsmarkedstilhørsforhold, uddannelsesniveau, indkomst- og pensionsforhold og boligefterspørgsel. Det karakteristiske ved en mikrosimuleringsmodel er, at den tager udgangspunkt i enkelte individer fremfor grupper af individer. Læs eventuelt mere på DREAM-gruppens hjemmeside (11).

¹¹ SMILE-modellen og IntERACT anvender forskellig aggregering. IntERACTs aggregering af SMILE parametre er vist i tabel 2.4.

Anm: Fremskrivningen er den aggregeret fordelingen indenfor alle kategorierne i figur 4, da SMILE-modellen ikke anvender samme fordelinger som IntERACT. SMILE angiver således kun de totale arealer fordelt på bygningstype, størrelse og geografi

Det skønnes, at boligmassens areal vil stige både fsva. enfamilieshuse og etageboliger – om end det flader ud efter 2030 for enfamilieshuse jf. figur 5.

Det fremskrevne varmegrundlag fastlægges på baggrund af de enkelte boligers størrelse, stand og anvendelse, og det kan fremadrettet enten dækkes af energibesparelser eller teknologier fx varmepumper eller fjernvarme.

Metoden til definering af den nuværende stand og herunder energibesparelspotentialer for boligmassen er uddybet i (5).

Realiseringen af energieffektiviseringer beregnes i IntERACT modellen, pba. energibesparelspotentialer og priser på energieffektiviseringer. Det betyder, at et varmegrundlag kan opfyldes af en varmekilde, fx en varmepumper, eller ved at energirenovere bygningen, alt efter hvad der er det mest omkostningseffektive. Priserne på energibesparelser kommer også fra en analyse udarbejdet af BUILD, som ligeledes er uddybet i (5).

Det forventede nettovarmebehov for nye bygninger er baseret på bygningsreglementets § 259.¹²

3.6 Klassificeringen af fjernvarmeområder i IntERACT-modellen

I IntERACT er boligmassen fordelt på tre typer områder ift. muligheden for fjernvarme.

1. Eksisterende fjernvarmeområder er områder, hvor der i det seneste statistikår, ifølge plandata.dk og BBR var fjernvarme. I IntERACT antages det, at boliger og erhverv i disse områder kan konvertere til fjernvarme.
2. Potentielle fjernvarmeområder omfatter godkendte fjernvarmeområder, hvor fjernvarmen endnu ikke er fuldt udrullet, samt steder i Danmark, hvor Energistyrelsens konverteringsværktøj vurderer, at fjernvarme vil være den samfundsøkonomisk mest fordelagtige løsning sammenlignet med individuelle varmepumper. Konverteringsværktøjet er beskrevet nedenfor.
3. Områder uden fjernvarme er steder i Danmark, hvor Energistyrelsen vurderer, at fjernvarmeudrulning ikke er det mest samfundsøkonomisk fordelagtige.

¹² <https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/11/Krav/259>

3.7 Energistyrelsens konverteringsmodel

Til at vurdere om et område skal kategoriseres som et potentielt fjernvarmeområde, og boligmassen dermed kan konvertere til fjernvarme, bruges den såkaldte konverteringsmodel. Konverteringsmodellen bygger på, at der ifølge formålet med Varmeforsyningsloven og Projektbekendtgørelsens §6 kun må etableres fjernvarme i områder, hvor udbygningen vil være samfundsøkonomisk mest fordelagtig sammenlignet med individuelle varmekilder.¹³

Metoden har to primære trin:

1. Alle bebyggede områder i Danmark kategoriseres som enten fjernvarmeområder, konverterbare områder eller ikke-konverterbare områder pba. en GIS-analyse med data fra BBR og vedtagne fjernvarmeområder fra plan-data.dk.
2. De konverterbare områder køres igennem en samfundsøkonomisk analyse, hvor det beregnes om fjernvarmeudrulning er mere fordelagtigt end konvertering til individuelle varmepumper.

De områder hvor fjernvarmeudrulning er fordelagtigt kategoriseres i IntERACT som potentielle områder imens de resterende områder klassificeres som områder uden mulighed for fjernvarme.

3.8 Støtteordninger og puljer i IntERACT

For boligmassen i IntERACT er der modelleret fem politikker. Det dækker over nedenstående puljer:

- Varmepumpepuljen (tidl. del af Bygningspuljen)
- Energireoveringsordningen (tidl. del af Bygningspuljen)
- Skrotningsordningen
- Fjernvarmepuljen
- Afkoblingsordningen

Varmepumpepuljen blev vedtaget med Energifaften 2018 under Bygningspuljen. Puljen er målrettet støtte til skiftet fra olie-, gas-, biokedler eller elvarme til varmepumpe. Der gives ikke tilsagn til helårsboliger beliggende i fjernvarmeområder eller områder besluttet udlagt til fjernvarme.

Puljen afspejles blandt andet i IntERACT ved at give tilskud til konvertering til en varmepumpe udenfor fjernvarmeområder. Størrelserne af tilskud er defineret efter de beskrevne tilskud i bekendtgørelsen.

¹³ Læs evt. mere i Energistyrelsens vejledning i projektbekendtgørelsen, som findes her: <https://ens.dk/forsyning-og-forbrug/regulering-af-varmeomraadet>

Energirenoveringsordningen blev vedtaget med Energiaftalen 2018 under Bygningspuljen. Puljen er målrettet energibesparelser i helårsboliger og giver blandt andet tilskud ved isolering af klimaskærm samt optimering af boligens drift. Dette omfatter bl.a. udskiftning af vinduer, udvendig efterisolering af massiv eller let ydervæg, etablering af mekanisk ventilation med varmegenvinding, mv.

Puljen afspejles blandt andet i IntERACT ved at give tilskud til energibesparende tiltag for boliger. Størrelserne af tilskud er defineret efter de beskrevne tilskud i bekendtgørelsen angående energiforbedringer i bygninger til helårsbeboelse.

Skrotningsordningen stammer fra Energiaftalen 2018, og blev fremrykket til 2020 som følge af Klimaaftale for Energi og industri mv. 2020. Ordningen giver tilskud til virksomheder, der udbyder varmepumper på abonnement. Formålet er at nedsætte varmekundens initialinvestering på en varmepumpeløsning, når der skiftes fra (skrottes) enten en olie- eller gaskedel til en varmepumpe. Ligesom for Bygningspuljen kan der ikke gives tilsagn til helårsboliger beliggende i fjernvarmeområder eller områder besluttet udlagt til fjernvarme [9].

Skrotningsordningen er implementeret i IntERACT ved at eksisterende olie- og gaskedler kan udskiftes til en investeringsmæssigt billigere leasing-varmepumpe. Investeringsbesparelserne er opsat efter de beskrevne tilskud i bekendtgørelsen om tilskud til individuelle varmepumper ved skrotning af olie- eller gasfyr udenfor fjernvarmeområder.

Fjernvarmepuljen giver støtte til udrulning af fjernvarmenet i nye fjernvarmeområder. Fjernvarmeselskabers konverteringsprojekter støttes med et fast beløb per husstand, for det antal husstande, der udgør minimumstilslutningen. Det forventes, at fjernvarmeselskaberne anvender støtten til at sænke forbrugerpriserne for de forbrugere, der tilslutter sig fjernvarmen.

I IntERACT fastsættes den mængde rumvarme udenfor fjernvarmeområder, der anses som særlig interessant for konvertering til fjernvarme. Disse vil have muligheden for at skifte til en fjernvarmeløsning med tilføjelse af et tilskud svarende til det, der er beskrevet i bekendtgørelsen for udrulning af fjernvarme.

Afkoblingsordningen gives til private husholdninger med et eksisterende gasfyr, som ønsker at skifte til en anden alternativ energitjeneste. Tilskuddet dækker afkoblingsgebyret, der skal betales til gasdistributionsselskabet, som udgør ca. 9.500 kr. Tilskuddet kan gives på tværs alle overstående tilskudsordninger. I IntERACT afspejles dette ved at nedsætte omkostningerne for at skifte fra gasfyr til en anden energitjeneste i de år hvor puljen er til rådighed.

3.9 Kobling imellem SMILE og IntERACT

SMILE's fremskrivning af boligefterspørgslen (på hhv. geografisk region, boligkategori, boligstørrelse, personer i husstanden) aggregeres til IntERACT's detaljeringsniveauer på følgende måde.

Parameter	SMILE aggregering	IntERACT aggregering
Geografisk region	København	Østdanmark
	Storkøbenhavn	Østdanmark
	Nordsjælland	Østdanmark
	Bornholm	Østdanmark
	Østsjælland	Østdanmark
	Syd- og vestsjælland	Østdanmark
	Fyn	Vestdanmark
	Sydjylland	Vestdanmark
	Østjylland	Vestdanmark
	Vestjylland	Vestdanmark
Boligkategori	Parcel	Enfamiliehus
	Række	Enfamiliehus
	Fritid	Fritid
	Etage	Etagebolig
Boligstørrelse (opvarmet areal) <u>Kun for enfamiliehuse</u>	0-39 m ²	Lille enfamiliehus
	40-59 m ²	Lille enfamiliehus
	60-79 m ²	Lille enfamiliehus
	80-99 m ²	Lille enfamiliehus
	100-119 m ²	Stort enfamiliehus
	119-159 m ²	Stort enfamiliehus
	160-199 m ²	Stort enfamiliehus
	200- m ²	Stort enfamiliehus
Personer i husstanden	1 person	
	2 personer	
	3 personer	
	4 personer	
	5 personer	
	6 eller flere	

3.10 Rumopvarmning i serviceerhverv

Til modellering af serviceerhvervs energiforbrug til rumvarme bruges samme metode som til husholdningernes opvarmning. Der er dog få forskelle, som er beskrevet nedenfor.

Klassificering af serviceerhverv i IntERACT

Til modellering af serviceerhvervenes varmegrundlag er det samlede varmebehov opdelt i tre underkategorier: privat service, offentlig service og detail- og engros-handel. Opdelingen i IntERACT er tilpasset Energistatistikens opdeling. Bygnings-typen omformuleres fra BBR-data til IntERACT-aggregering ud fra nøgle i tabel 3.

Herudover er arealet klassificeret på samme måde som boligmassen (se kapitel 2.2.). Dog opdeles serviceerhvervene i IntERACT ikke ift. energieffektivitetsklasser.

Tabel 3	
Korrespondance mellem BBR (BygAnvendelse) og IntERACT (Bygningstype) for serviceerhverv	
BBR – BygAnvendelse	IntERACT - Bygningstype
223, 233, 234, 310, 311, 312, 315, 330, 331, 332, 333, 332, 339, 390, 411, 416, 521, 522 Dette inkluderer bl.a. hoteller, frisører og biografer. Datacentre er ikke inkluderet i Privat service i IntE-RACT men fremskrives separat ^A .	Privat service
412, 413, 414, 415, 443, 444, 490 Dette inkluderer bl.a. museer, biblioteker og instituti-oner.	Offentlig service
322, 324, 325 Dette inkluderer bl.a. butikker, butikcentre og tankstationer.	Detail- og engros-handel

Anm.: ^A) For mere info om fremskrivningen af elforbrug i Datacentre se KF26's for-udsætningsnotat om Husholdninger og erhvervs energiforbrug og procesudlednin-ger, kapitel 3.

Fremskrivning af varmegrundlag

Energiforbruget til opvarmning i serviceerhverv drives af Finansministeriets MA-KRO-model (LOFT29). Konkret anvendes udviklingen i "Produktion Øvrige tjene-ster" som vækstdriver for IntERACT sektorerne "Privat service" og "Detail- og en-gros-handel" imens udviklingen i "Produktion Offentlig" anvendes som vækstdriver for "Offentlig service".

4 El-forbrugende apparater i husholdninger

I IntERACT drives udviklingen i elforbruget til apparater af en kombination af forud-sætninger knyttet til:

- Apparatbestand

- Udviklingen i apparaternes effektivitet
- Husholdningernes efterspørgsel efter apparattjenester, som afhænger af husholdningernes privat forbrug.

Den historiske apparatbestand og effektivitet samt fremskrivningen af apparaternes effektivitet er baseret på modellen ElmodelBolig (se uddybende information om ElmodelBolig i afsnit 3.1 nedenfor, samt på værktøjets hjemmeside (9)). Fremskrivningen af apparatbestanden følger antagelse om at stigende privatforbrug medføre en stigning i apparatbestanden. Der er anvendt en antagelse om en elasticitet på 0,13.

4.1 Elmodelbolig

Elmodelbolig er et statistikværktøj for opgørelse af el-forbrugende apparater mm. i den danske boligsektor og dets data anvendes som et centralt input til KF-fremskrivning af el-forbrugende apparater. Værktøjet er udviklet og vedligeholdes af eksterne konsulenter.

Statistikværktøjet er baseret på spørgeskemaundersøgelser foretaget hvert andet år siden 1974. Hvert spørgeskema inkluderer ca. 2.000 husstande, som repræsentativt er fordelt over Danmarks boligtyper mv. Værktøjet opererer med ca. 50 apparattyper beskrevet ved deres udbredelse, anvendelsesfrekvens og brugsadfærd samt størrelses- og levetidsfordelinger. Ved fremskrivningen af nye apparaters effektivitet tager Elmodelbolig højde for effekten af EU's Ecodesign¹⁴ krav samt energimærker af solgte apparater.

Apparattyper i Elmodelbolig aggregeres til seks overordnede apparattjenester i IntERACT. Aggregeringsnøglen fra Elmodelbolig til apparattjenester i IntERACT fremgår af **Error! Reference source not found.**4.

¹⁴ Ecodesign sætter krav til produkters energieffektivitet, når de bringes i omsætning i EU. Produkter omfattet af reglerne skal overholde mindstekrav til energieffektivitet, krav vedrørende andre væsentlige miljøforhold samt eventuelt krav til funktion og kvalitet.

Tabel 4
Oversigt over fordelingen af apparater i Elmodelbolig til apparattjenester i IntER

Madlavning	Belysning	Underholdning
Elbageovn	Lavenergipærer	Video
Elkogeplader	Lys-glødelamper	Stereoanlæg
Mikrobølgeovn	Lysstofrør	TV diverse
Elkedel	Halogenpærer	Hobby diverse
Emhætte	Diodepærer	Blu-ray afspiller
Espressomaskine		DVD afspiller
Kaffemaskine	Computer	Surround sound anlæg
Køl/frys	PCere	Kanalselector/settopbox
Kombiskab	Bærbar PC	LCD TV
Kumrefryser	PC diverse	Plasma TV
Køleskab m. boks	Inkjetprinter	LED TV
Køleskab u. boks	Laserprinter	OLED TV
Skabsfryser	Scanner	CRT TV
Vask/Rengøring	Multifunktionsmaskine	Digital fotoramme
Opvaskemaskine	Trådløst netværk	Spillekonsol - Xbox
Tørretumbler	Ekstern harddisk	Spillekonsol - PS
Vaskemaskine	PC-højttalere	Spillekonsol - Wii
Støvsuger		Tablets
		Diverse

Ved aggregering af bestanden af apparater fra Elmodelbolig tages der højde for, hvordan sammensætning af apparattyper inden for hver apparattjeneste ændrer sig over tid. Således tages der i IntERACT for eksempel højde for, at LED-TV fremadrettet vil udgøre en større andel af apparattjenesten underholdning, mens antallet af LCD-TV vil falde.

Bemærk, at forudsætninger i figurer og tabellen nedenfor er baseret på en opdateret version af Elmodelbolig fra oktober 2023. Data fra Elmodelbolig indeholder historisk apparatbestand, faktisk apparatbestand i 2022 samt en fremskrivning af apparaternes effektivitet.

4.2 Fremskrivning af apparatforbruget

Som tidligere nævnt fremskrives efterspørgslen efter apparater med udviklingen i husholdningernes privat forbrug, taget fra den økonomiske fremskrivning. Indkomstselasticiteter er baseret på et konsulentprojekt udført i 2019 *Estimation af forbrugssystem til IntERACT* (8). Konkret forudsættes en indkomstselasticitet for el til apparater på 0,13. Det betyder, at en stigning på 1 pct. i det samlede privatforbrug øger efterspørgslen efter apparattjenester med 0,13 pct. Udviklingen af det

samlede private forbrug er baseret på Finansministeriets økonomiske fremskrivning.

5 Energiforbrug i industri, landbrug, skovbrug, gartnerier og fiskeri samt procesenergi i serviceerhverv

IntERACT-modellens industrimodul modellerer energiforbruget i industrien, landbrug, skovbrug, gartneri og fiskeri ekskl. cementproduktion.

Procesenergiforbruget i serviceerhverv fx ventilation og køling, belysning og elektronik samt elektriske motorer modelleres som i IntERACTs industrimodul, da energiforbruget teknisk set er sammenligneligt med det øvrige erhvervs omstillingsmuligheder.

Der anvendes begrebet erhverv for det totale energiforbrug omfattet af dette kapitel.

5.1 Metode

Energiforbruget i industrimodulet opdeles efter om de enkelte erhverv er omfattet af EU's CO₂-kvotemarked (ETS1) eller ej (Non-ETS), samt om de geografisk er placeret i elprisområderne Vest- eller Østdanmark (DK1 eller DK2). Derudover opdeles energiforbruget på energitjeneste, energiteknologi og energivarer på 15 brancheniveauer.

Det fremskrevne energiforbrug i erhverv er bestemt på baggrund af erhvervenes efterspurgte mængde energi til energitjenester i hver branche i fremskrivningsperioden. Den efterspurgte mængde energi fremskrives baseret på branchernes økonomiske aktivitet. Læs evt. mere om vækstdrivere i kapitel 5.1.2.

De enkelte elementer og datakilder beskrives nærmere i det følgende.

5.1.1 Branchespecifik-data opdeler energiforbrug fra Energistatistikken

IntERACT tager udgangspunkt i det historiske energiforbrug fordelt på nogle overordnede brancher fra Energistatistikken (4). Derefter underopdeles brancherne efter Industritællingen som Danmarks Statistik laver i samarbejde med Energistyrelsen. I modulet er der pt. følgende 15 brancher¹⁵:

- Landbrug
- Skovbrug
- Gartneri
- Fiskeri
- Byggeri- og anlæg
- Føde-, drikke- og tobaksvarer

¹⁵ Udover brancherne her fremskrives cementbranchens energiforbrug og CO₂e-udledninger i et separat modul. Læs mere herom i kapitel 6.

- Maling, plastik og andre kemikalier
- Farmaceutisk industri
- Privat service (uden datacentre)
- Offentlig service
- Tekstil, træ, papir og møbler
- Kemikalier og lægemidler
- Mursten, isolering, glas og letklinker
- Metal, maskiner og elektronik
- Engros- og detailhandel.

Det samlede energiforbrug på brancheniveau splittes i energitjenester med fordelingsnøgler baseret på Energistyrelsens kortlægning af branchespecifikke energiforbrug i erhverv (10). Det kvoteomfattede energiforbrug justeres, så det passer med CO₂-kvoteregisteret, og dermed hvad virksomhederne har betalt CO₂-kvoter for.

Modellen indeholder pt. energitjenester fordelt på følgende kategorier:

- Belysning og elektronik
- Elektriske motorer, ventilation og køling
- Rumvarme
- Procesenergi: Højtemperatur (200 grader eller derover)
- Procesenergi: Mellemtemperatur (100-200 grader)
- Procesenergi: Lavtemperatur (under 100 grader)
- Intern transport

Levering af energi til energitjenesterne sker gennem et mix af eksisterende og nye teknologier, baseret på modellens investeringsvalg i fremskrivningsårene. Eksempler på teknologier er: Varmtvandskedler, dampkedler, varmepumper, booster varmepumper, MVR varmepumper og motorer.

Nye investeringer i teknologier afhænger af priser, potentialer, effektivitet og udviklingstrends fastsat i Energistyrelsens teknologikatalog for procesvarme (7). Dertil kommer muligheden for at reducere behovet for energi til tjenesterne via investeringer i energibesparelser, kortlagt gennem Energistyrelsens kortlægning af branchespecifikke energiforbrug i erhverv (10).

5.1.2 Økonomisk vækst driver udviklingen af energiforbruget i erhverv

I fremskrivningen af det branchespecifikke energiforbrug i serviceerhverv antages det, at en øget aktivitet i brancherne medfører en tilsvarende øget efterspørgsel efter energitjenester. Konkret betyder det, at stiger en branches produktion med 1 pct., så vokser dens energiforbrug med 1 pct. I fremskrivningen af branchernes aktivitet anvendes væksten fra Finansministeriets økonomiske fremskrivning af pro-

duktionsværdi. Tabel 5 viser de forskellige kilder til vækstdrivere, hvoraf det fremgår, at det for fleste sektorer er Finansministeriets vækstdrivere, som anvendes i IntERACT.

Tabel 5		
Vækstdriver for branchernes aktivitet og tilhørende energiforbrug		
IntERACT-sektor	Finansministeriets sektorer	Andre vækstdrivere
Bygge- og anlægserhverv	Bygge- og anlægsvirksomhed	
Føde-, drikkevare- og tobakserhverv	Fødevare-, drikkevare- og tobaksindustri	
Øvrigt fremstillingshverv	Fremstillingsvirksomhed ekskl. energi- og vandforsyning; fødevare-, drikkevare- og tobaksindustri; og mineralolieindustri	
Privat serviceerhverv	Private tjenesteydelser ekskl. finansiel virksomhed og søtransport	
Offentligt serviceerhverv	Offentlige tjenester	
Skovbrug og gartnerier		Skovfremskrivningen: Hugstniveau som proxy for maskinarbejdet i skoven.
Landbrugets vækst har to forskellige drivere afhængig af type af energitjenester:		Landbrugsfremskrivningen:
A. Intern transport		A. Væksten i antal hektar.
B. Øvrige energitjenester		B. Væksten i antal grise og kyllinger.
Fiskeri		Baseret på historiske trends antages et årligt fald i produktion på 0,08 pct.

6 Cement

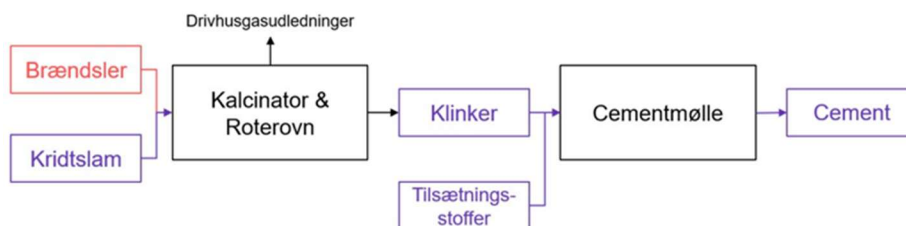
Cementmodulet fremskriver energiforbrug og drivhusgasudledninger separat for cementproduktion i Danmark. Der er lavet et særligt modul specifikt for cement, da cementproduktion udgør et væsentligt energiforbrug samt CO₂-udledning.

Modulet er en energiteknisk og materialemæssig beskrivelse af, hvordan hhv. grå og hvid cement produceres. Modulets fundament er indrettet som resten af den energitekniske beskrivelse i IntERACT, med sektorspecifik detaljering.

Modulet er en simplificeret repræsentation af produktionsprocessen for cement. Både hvid og grå cement produceres overordnet set ved først at tørre en masse, som hovedsageligt består af kridtslam og sand, og sende denne såkaldte råmel videre til cyclonforvarmere. Herefter opvarmes massen til over 900 grader i kalcinatorer, som er her hvor hovedparten af procesudledningerne udledes fra det anvendte kridt. Dernæst sendes massen til roterovne, hvor den afbrændes ved temperaturer på op mod 1500 grader.

I IntERACTs' cementmodul simplificeres denne del af cementprocessen til, at kridtslam og sand blandes og afbrændes til cementklinker. Herefter finmales cementklinker og blandes med ønskede mængder tilsætningsstoffer, såsom gips, kridtstøv, og andet. Processen i modulet er præsenteret i **Error! Reference source not found.6**.

Figur 6
Simpel diagramoversigt over Energistyrelsens cementmodul



Kilde: Energistyrelsen

Modulet baserer sig hovedsageligt på inputdata fra Aalborg Portlands årlige Miljøredegørelse, energiforbrug fra CO₂-kvoteregistret, emissions- og produktionsdata fra DCE, Aalborg Portland Holdings årsrapport, Cementirs¹⁶ årsrapporter, Dan-

¹⁶ Cementir er moderselskab for bl.a. Aalborg Portland A/S.

marks Statistiks køb og salg af varer, samt eksportstatistikken. Derudover anvendes teknologidata fra den europæiske cementorganisation (CEMBUREAU), den globale cementorganisation (GCCA) og fra FLSmidth. KEFM's departement og Energistyrelsen har derudover været i dialog med Aalborg Portland om antagelser og forudsætninger.

7 Referencer

1. **IEA-ETSAP**. Dokumentation om modelramme TIMES. [Online] 2005. <https://iea-etsap.org/index.php/etsap-tools/model-generators/times>.
2. **Energistyrelsen**. Yderligere IntERACT beskrivelser. [Online] 2024. <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/forbrugsmodellen-interact>.
3. —. Dokumentation af IntERACT. [Online] 2019. <https://ens.dk/en/our-services/projections-and-models/models/documentation-interact>.
4. —. Energistatistikken. [Online] 2025. <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/maanedlig-og-aarlig-energistatistik>.
5. **Kragh, Jesper, Rose, Jørgen og Aggerholm, Søren**. *Omkostninger og energibesparelser ved energieffektivisering af bygninger frem mod 2050*. s.l. : Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet, 2025.
6. **Energistyrelsen**. Byggeri og renovering. *National bygningsrenoveringsplan*. [Online] 2025. <https://ens.dk/forsyning-og-forbrug/byggeri-og-renovering>.
7. —. Teknologikataloger. [Online] 2025. <https://ens.dk/service/teknologikataloger>.
8. **Andersen, Kristoffer Steen et al**. Exploring the role of households' hurdle rates and demand elasticities in meeting Danish energy-savings target. [Online] 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142152030505X>.
9. **Big2Great**. ElmodelBolig. [Online] 2023. <https://statistic.electric-demand.dk/>.
10. **Viegand Maagøe**. [Online] 2022. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/kortlaegning_af_energisparepotentialer_i_produktionserhvervene_2022.pdf.
11. **DREAM-gruppen**. SMILE. [Online] 2022. <https://dreamgruppen.dk/smile/>.