



## Klimastatus og –fremskrivning 2021 (KF21):

### Ramses modellen

Forudsætningsnotat nr. 1A

**Kontor/afdeling**  
Systemanalyse

**Dato**  
12-01-2021

**J nr.** 2020 – 14797

BGE/MTNG/UVA/RSMS

## Indholdsfortegnelse

1. Modellens rolle i det samlede modelkompleks .....	2
2. Metode og antagelser bag KF21 forløbet .....	2
2.1 Hvad er modellens karakteristika .....	2
2.2 Hvordan laves baselinen til KF21 .....	3
3. Kvalificering af KF21 forløbet.....	3
3.1 Modeludvikling siden BF20 .....	3
3.2 Kritiske antagelser og parametre i modellen.....	4
3.3 Planlagt modeludvikling frem mod KF22.....	4
4. Kilder .....	4

### Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43  
1577 København V

T: +45 3392 6700  
E: ens@ens.dk

[www.ens.dk](http://www.ens.dk)



## 1. Modellens rolle i det samlede modelkompleks

Fremskrivningen af den samlede el- og fjernvarmeproduktion finder sted i Ramses. Ramses er en teknisk-økonomisk model, der beregner den fremtidige produktion af el og fjernvarme i et vilkårligt antal elområder og varmeområder.

På nuværende tidspunkt omfatter modellen det meste af Europa i form af 23 lande fordelt på 18 elprisområder: Danmark (to prisområder), Norge, Sverige, Finland, Tyskland-Luxembourg, Østrig, Holland, de britiske øer, Frankrig, Belgien, Spanien-Portugal, Schweiz, Italien, Baltikum (Estland-Letland-Litauen), Polen, Tjekkiet-Slovakiet samt Ungarn.

Fjernvarmen i Danmark er opdelt på 60 fjernvarmeområder, hvoraf 32 områder er repræsenteret direkte (centrale fjernvarmeområder samt decentrale områder med fjernvarmeleverance over 500 TJ/år), mens resten af de danske fjernvarmeområder er repræsenteret i form af 28 aggregerede områder.

Ramses modellen modtager input om den forventede kapacitetsudvikling i vindkraft og solceller (jf. forudsætningsnotat 4B. "Havvind", 4C. "Landvind", 4D. "Sol") og itererer med DH-Invest modellen, der fastlægger fjernvarmeinvesteringerne (jf. forudsætningsnotat 4A. "Produktionskapaciteter i fjernvarmesektoren"). I beregning af elprisen og elproduktionen itererer Ramses endvidere med IntERACT (jf. forudsætningsnotat 1B. "IntERACT"), der leverer el-efterspørgslen for en given elpris og fjernvarmeefterspørgslen for en given fjernvarmepris.

## 2. Metode og antagelser bag KF21 forløbet

### 2.1 Hvad er modellens karakteristika

Ramses er en lineær optimeringsmodel, der kan beregne elproduktion, varmeproduktion, brændselsforbrug, emissioner m.m. for et meget stort antal værker på timebasis. Da modellen primært er beregnet til analyser af effekter i Danmark, er de danske værker p.t. beskrevet mere detaljeret end værkerne i udlandet. Modellen beregner desuden en række systemresultater, bl.a. estimeres spotprisen for el, fordelt på prisområderne, og eludvekslingen mellem prisområder.

Modellen fungerer på den måde, at alle værker i hvert prisområde i hver time sorteres efter de kortsigtede, marginale produktionsomkostninger for el. Værkerne sættes til at producere ét for ét – de billigste først – og det fortsætter, indtil efterspørgslen (inkl. evt. behov for eksport eller import) i den enkelte driftstime tilfredsstilles. Det dyreste producerende værks marginale omkostninger sætter



dermed elprisen i området. De store vandkraftværker<sup>1</sup> er behandlet på særlig vis, fordi de via vandreservoirene kan forskyde tidspunktet for produktion, så indtjeningen optimeres. For yderligere modeldokumentation se ens.dk (<https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/modeller>).

Beslutningen om investeringer i nye værker foregår uden for Ramses. Investeringer og lukninger i fjernvarmesektoren beregnes i DH-Invest model ud fra en minimering af de selskabsøkonomiske omkostninger for varmeproduktionen. Metoden og antagelserne bag udviklingen i fjernvarmekapacitet beskrives separat i notat 4A. "Produktionskapaciteter i fjernvarmesektoren".

Affaldsforbrændingsanlæg behandles separat, som beskrevet i notat 4F. "Affaldsforbrænding". VE-kapacitetsudviklingen og udbygning med havvind, landvind og solceller samt de bagvedliggende antagelser beskrives i forudsætningsnotaterne 4B. "Havvind", 4C. "Landvind" og 4D. "Solceller".

## 2.2 Hvordan laves baselinen til KF21

El- og fjernvarmesektorens baseline i Ramses fastlægges gennem følgende trin:

- Modellens datagrundlag for produktionskapaciteter opdateres. Dette omfatter den seneste opgørelse for eksisterende kapaciteter i Energiproducenttælling og Stamdataregistre, samt opdatering af fremtidige produktionskapaciteter i Danmark (pipeline projekter i fjernvarmesektoren og fremtidige VE-kapaciteter) og i udlandet, når nye udlandsscenarioer bliver tilgængelige.
- Modellens økonomiske input opdateres, bl.a. brændselspriser (jf. notat 3A. "Brændselspriser"), CO<sub>2</sub>-kvotepriser (jf. notat 3B. "CO<sub>2</sub> kvotepris") samt brændselsafgiftssatsene fra Skattestyrelsen [1].
- Modellen kalibreres ift. den seneste energistatistik således, at den tilnærmelsesvis rammer det danske brændselsforbrug på de forskellige el- og fjernvarmeteknologier og den danske spotpris af el.
- Den kalibrerede model bruges til iterationer med DH-Invest og IntERACT modellerne for at fastlægge hhv. fjernvarmeinvesteringer og elprisfremskrivning og efterspørgselsfremskrivninger på både el og fjernvarme.

## 3. Kvalificering af KF21 forløbet

### 3.1 Modeludvikling siden BF20

De væsentlige opdateringer indenfor Ramses modelplatformen siden BF20 vedrører opdateringen af udlandsscenariet samt et forbedret beregningsgrundlag

---

<sup>1</sup> Det vil sige de skandinaviske og europæiske vandkraftværker, der har dæmninger med reservoir



for emissionsfaktorerne for elproduktion og fjernvarmeproduktion, som udgives i bilag til fremskrivningen.

De seneste scenarier fra ENTSO-E, dvs. Mid-term Adequacy Forecast (MAF) 2020 [2] og Ten-Year Network Development Plan (TYNDP) 2020 [3] indarbejdes i Ramses modellen og anvendes i årets Klimafremskrivning. Valget af udlandsscenarioet "National Trends" beskrives i forudsætningsnotat 3C. "Elproduktionskapaciteter i udlandet og interkonnektorer". Til sammenligning anvendte BF20 MAF2018 og TYNDP 2018 (scenarioet "Sustainable Transition") scenarier fra ENTSO-E.

Derudover medregnes bidraget fra metan og øvrige drivhusgasser i emissionsfaktorerne for elproduktion og fjernvarmeproduktion i årets Klimafremskrivning. Til sammenligning omfattede disse emissionsfaktorer kun CO<sub>2</sub>-udledning i BF20, da non-CO<sub>2</sub> emissioner ikke kunne opdeles i hhv. elproduktion og fjernvarmeproduktion og dermed kun indgik på aggregeret niveau.

### 3.2 Kritiske antagelser og parametre i modellen

Værkernes kortsigtede marginale produktionsomkostninger er afgørende i Ramses optimering, og data, der indgår i beregningen af marginale omkostninger, har en særlig betydning. Der tages udgangspunkt i vedligeholdelsesomkostninger fra Teknologikataloget, som dog kan blive justeret for at afspejle de realiserede forhold mellem produktionsteknologier jf. senest tilgængelig energistatistik. Naturgasprisforholdet mellem de forskellige europæiske lande har også en væsentlig betydning for prisdannelsen i modellen. Der tages udgangspunkt i Eurostats seneste tilgængelige statistik om naturgaspris.

### 3.3 Planlagt modeludvikling frem mod KF22

Den funktionelle modeludvikling forventes særligt at blive rettet mod en bedre repræsentation af fleksible teknologier inden for el-systemet (PtX, fleksibelt forbrug m.m.), samt en kobling af markeds- og el-transmissionsnet analyser.

Derudover foretages der løbende forskellig programmeringsteknisk modeludvikling på Ramses platformen, som imidlertid ikke vurderes at have nævneværdig betydning for klimafremskrivningens hovedresultater.

## 4. Kilder

[1] skat.dk, <https://skat.dk/skat.aspx?oid=1921342&chk=216359>

[2] MAF20, <https://www.entsoe.eu/outlooks/midterm/>

[3] TYNDP20, <https://tyndp.entsoe.eu/>

Modeldokumentation: <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/modeller>