

Forundersøgelse af grundlag og muligheder for udnyttelse af overskudsvarme fra Power-to-X i Region Hovedstaden

Udarbejdet af Peter Sorknæs, Steffen Nielsen, Iva Ridjan Skov, Henrik Lund og Frederik Dahl Nielsen

Aalborg Universitet

April, 2024



Resume

I denne rapport præsenteres en forundersøgelse af mulighederne for at integrere overskudsvarme fra Power-to-X (PtX) anlæg i fjernvarmeforsyningerne i Region Hovedstaden med fokus på PtX-anlæg, som producerer metanol baseret på CO₂-punktkilder.

Formålet med forundersøgelsen er at belyse potentialer og muligheder for partnerskaber; hvordan PtX kan integreres i planlægningen af varmeforsyningen i Region Hovedstaden, så overskudsvarmen herfra kan udnyttes i samspil med varmepumper og fjernvarme. Målet med projektet er at bidrage med vigtig viden og læring til den fremtidige tværgående strategiske energiplanlægning, der kan understøtte relevante medarbejdere i aktivt at arbejde med en bredere sektorintegration inden for energiområdet.

Analysen forholder sig ikke til, om de enkelte PtX-projekter vil være rentable, men alene til den potentielle effekt ift. udnyttelse af overskudsvarmen i den lokale fjernvarmeproduktion. Analysen fokuserer alene på metanol som slutprodukt fra PtX, da Region Hovedstaden generelt er et elforbrugsdomineret område. Grundet det store elforbrug til PtX-anlæg, vil disse anlæg i højere grad give mening i elproduktionsdominerede områder, hvor el fra vindmøller og solceller overstiger det traditionelle elforbrug. Fremadrettet kan det dog forventes, at CO₂-punktkilder vil være en begrænset ressource, og CO₂-punktkilder er relevante for anlæg, der skal producere metanol. Herved kan udnyttelsen af CO₂-punktkilder til metanolproduktion blive relevant i regionen. Desuden kan metanol yderligere omdannes til flybrændstof, der udgør et stort behov i regionen.

Analyserne viser, at der er mulige placeringer for PtX-anlæg til produktion af metanol baseret på CO₂-punktkilder i Region Hovedstaden. Der identificeres syv mulige placeringer i Region Hovedstaden, som er undersøgt nærmere. Disse syv placeringer er baseret på CO₂-punktkilder, som hovedsageligt er el- og varmeproduktionsanlæg baseret på afbrænding af biomasse samt affaldsforbrændingsanlæg. Tre af placeringerne er inden for Storkøbenhavnsområdet; Amager (Amagerværket og ARC), Avedøre (Avedøreværket) og Glostrup (Vestforbrænding), og fire af placeringerne er i de nordlige dele af regionen; Frederikssund, Helsingør, Hillerød og Hørsholm (Norfors – Usserødværket). Flere af disse placeringer er dog forbundet med begrænset tilgængeligt areal, og PtX-anlæg vil afhængigt af kapacitet optage et betydeligt areal. Det er således usikkert, om der vil kunne findes fysisk plads til de fulde teoretiske kapaciteter ved alle disse placeringer, da det bl.a. afhænger af, om eksisterende erhvervsbygninger i området kan inddrages hertil og hvilke andre planer, der er for områderne. Ligeledes er de nuværende forventninger til arealforbruget til PtX-anlæg forbundet med betydelig usikkerhed, og det vil derfor kræve en konkret vurdering af hver placering at estimere, hvor stort et PtX-anlæg, der kan indpasses lokalt.

Baseret på fjernvarmeselskabernes forventninger til udviklingen af lokale fjernvarmeanlæg frem mod 2030 og nationale energisystemscenarier for Danmark, er der etableret modeller for udnyttelse af overskudsvarme lokalt i fjernvarmesystemerne. Det fremgår, at udnyttelsen af overskudsvarme fra disse anlæg vil kunne reducere brugen af biomasse, ledningsgas og el til produktion af fjernvarme i regionen. Analyserne viser, at ift. det teoretisk mulige for nuværende CO₂-punktkilder, vil omkring 25% i 2030 kunne udnyttes lokalt i fjernvarmesystemerne, og i 2045 vil 15-24% kunne udnyttes. Dette skyldes især, at der fremadrettet forventes en reduktion i CO₂-punktkilder i fjernvarmesystemerne i Region Hovedstaden, samt at lokale restriktioner i fjernvarmenet og sæsonvariationer i fjernvarmebehov gør, at ikke al overskudsvarmen kan udnyttes lokalt. Det vurderes dog, at yderligere investeringer i varmelagring og udbygning af transmissionskapacitet i fjernvarmenettet kan øge potentialet for udnyttelse af overskudsvarmen.

Indholdsfortegnelse

1. Indledning til forundersøgelse
2. Baggrund for Power-to-X teknologier
3. Metode til forundersøgelse
4. Identifikation af mulige Power-to-X placeringer
5. Detaljeret visning af hver lokation i Region Hovedstaden
6. Effekten af integration af Power-to-X i fjernvarmesystemerne

1. Indledning til forundersøgelsen

Power-to-X (PtX) er en samlebetegnelse for teknologier og processor, hvor (grøn) elektricitet "Power" omdannes til forskellige kemiske forbindelser "X", såsom brint, ammoniak, metanol, kerosin og andre syntetiske kemikalier og brændstoffer. Herved bliver det muligt at producere grønne alternativer, som kan anvendes i den tunge transport og industrien, hvor direkte elektrificering ikke er mulig. En udfordring ved PtX er dog, at processerne typisk er forbundet med et relativt stort energitab i form af varme, og at omkostningerne (og dermed priserne for produkterne) for nuværende er væsentligt højere end de konventionelle brændsler og kemikalier. Udnyttelse af overskudsvarmen fra PtX-processer kan potentielt blive nøglen til at øge energieffektiviteten og reducere produktionsomkostningerne, så de grønne alternativer kan blive omkostningseffektive og konkurrencedygtige. Udnyttelsen af overskudsvarmen vil samtidig kunne være med til at fortrænge brugen af fossile brændsler og biomasse i varmesystemet. Desuden vil denne energikonvertering og -lagring kunne bidrage med fleksibilitet til balancering af elnettet, som er afgørende i et energisystem baseret på vedvarende, men fluktuerende, energikilder.

PtX ser ud til at kunne blive en vigtig brik i den grønne omstilling, men det er ikke givet, at PtX-anlæggene etableres, så overskudsvarmen kan udnyttes.

I denne rapport præsenteres en forundersøgelse af mulighederne for at integrere overskudsvarme fra PtX-anlæg i fjernvarmeforsyningerne i Region Hovedstaden. Dette sker via GIS-analyser, som kan kortlægge, hvor PtX eventuelt vil kunne placeres geografisk, og via energisystemanalyser for at vurdere hvordan udnyttelsen af overskudsvarme fra PtX påvirker den lokale fjernvarmeproduktion.

Formålet med dette er at belyse potentialer og mulige partnerskaber; hvordan PtX kan integreres i planlægningen af varmesystemet i Region Hovedstaden, så overskudsvarmen herfra kan udnyttes i samspil med varmepumper og fjernvarme. Projektet skal bidrage med vigtig viden og læring til tværgående strategisk energiplanlægning, der kan understøtte relevante medarbejdere i aktivt at arbejde med en bredere sektorintegration. Hensigten er at danne fundamentet for et eller flere større projekter, der skal demonstrere, hvordan sektorintegration kan realiseres i praksis. Dette skal fremme en udvikling væk fra brug af fossile brændsler og biomasseafbrænding i varmeforsyningen, så sidstnævnte frigøres til andre formål.

Denne rapport viser de overordnede metoder og resultater af forundersøgelsen, mens detaljerne kan ses i den tilhørende baggrundsrapport som kan findes [her](#).

Tak til Emil Kjøller Alexandersen og Jesper Koch fra Grøn Energi for deres hjælp med indsamling af data til analyserne samt deres kommentarer og input til rapporterne.

2. Power-to-X målsætning og overskudsvarme-integration

I sin *Strategi for Power-to-X* udgivet i slutningen af 2021 fremsatte regeringen et mål om at etablere 4-6 GW elektrolysekapacitet i Danmark frem mod 2030. I strategien opstilles fire pejlemærker, der skal fremme PtX i Danmark. Et pejlemærke er, at de regulatoriske rammer og infrastruktur skal bidrage til, at PtX kan agere på markedsvilkår. Et andet er, at samspillet mellem PtX og energisystemet skal styrkes, så PtX kan bidrage til et integreret og fleksibelt energisystem. Med udgangspunkt i PtX-strategien underskrev en række partier i Folketinget d. 15. marts 2022 en bred aftale, der skal bidrage til udbredelsen af produktion og anvendelse af PtX i Danmark. Med det nye udspil og situationen i varmesektoren ønsker regeringen at øge farten på den grønne omstilling af fjernvarme og finde fremtidige løsninger uden anvendelse af gas til varmebehov i bygninger. Her kan overskudsvarme fra PtX-anlæg bruges til at reducere brændselsforbruget i fjernvarmen. Muligheden for at udnytte overskudsvarme fra PtX afhænger af, om PtX-anlæg placeres i nærheden af varmeaftagere, og dermed er potentialet for udnyttelsen af overskudsvarme en afvejning mellem forskellige systemmæssige hensyn, da f.eks. også placering i elnettet er vigtig for at undgå omkostningstunge udvidelser af elnettet.

Udnyttelsen af overskudsvarme fra PtX-processer i eksisterende fjernvarmenet eller som procesvarme i industrien kan øge energieffektiviteten og reducere omkostningen ved PtX-projekter. For brintproduktion vurderes det, at omkostningerne kan reduceres med 5-10% [1]. En kobling til varmesektoren kan altså være med til at understøtte en dansk styrkeposition inden for PtX.

Udnyttelsen af overskudsvarmen afhænger desuden også af andre forhold som den konkrete mængde af overskudsvarme, temperaturforholdet mellem overskudsvarmen og fremløbstemperaturerne i fjernvarmenettet, indpasning med andre varmekilder, driftsmønstre, adgang til punktkilder for CO₂ og lokale forhold, som arealmæssige begrænsninger mm. [2]. Areal-mæssige begrænsninger er særligt relevante, hvis temperaturforholdene gør, at det er nødvendigt at hæve temperaturen via varmepumper. Potentialet for udnyttelse af overskudsvarmen fra PtX afhænger derfor først og fremmest af placeringen af anlæggene og dernæst af en række lokale forhold, som må tages i betragtning.

" [...] udvikles redskaber, der fremmer samfundsøkonomisk hensigtsmæssig placering af PtX-anlæg og eventuel udnyttelse af overskudsvarme"

Kilde: PtX aftale

2. Power-to-X projektoverblik på Sjælland

Listen over eksisterende og kommende PtX-projekter i Danmark ændrer sig løbende. Pt. (februar 2024) har brintbranchen listet 48 projekter [3]. Baseret på projekternes udmeldinger om planlagt elektrolysekapacitet i 2030, løber den samlede danske kapacitet op imod ~17 GW. Realiseres alle disse projekter, vil det altså som minimum opfylde regeringens målsætning om 4-6 GW i 2030. Tre af de identificerede projekter har udpeget placeringer i Region Hovedstaden og to i Region Sjælland med en elektrolysekapacitet på henholdsvis 1,3 GW og 350-400 MW. Det skal bemærkes, at tidshorizonten for de enkelte projekter kan være behæftet med betydelig usikkerhed.

Projekt	Partner	Placering	Kapacitet	PtX produkt	Tidshorizont
Green Fuels for Denmark	Ørsted, DSV, SAS, DFDS, Copenhagen Airports, Mærsk, Nel, Everfuel, Haldor Topsøe, COWI, BCG	København (Avedøre)	1,3 GW elektrolyse: - 10 MW i 2023 - (+)100 MW i 2025 - (+)150 MW i 2027 - Total: 1,3 GW i 2030	Metanol, jetfuel & brint: 250 kton e-fuels p.a.	2023-2030
H2RES (demonstration)	Ørsted, Everfuel, Nel, Green Hydrogen Systems, DSV, Brintbranchen, Energinet, EUDP	København (Avedøre)	2 MW elektrolyse	Brint: 1 ton pr. dag	2020/2023
Bornholm Bunker Hub	Ørsted, Port of Rønne, Bunker Holding Group, Rambøll, Molslinjen, Haldor Topsøe, Bureau Veritas, Wärtsila,	Bornholm	Ikke tilgængelig	Metanol & ammoniak	Primo 2025
Vordingborg Biofuel	Haldor Topsøe, Rambøll, Biofuel Technology, Vordingborg Havn, Kinetic Biofuel	Vordingborg	120 MW elektrolyse	Metanol: - Biometanol: 200 kton p.a. - E-metanol: 100 kton p.a.	Ultimo 2024
Arcadia Vordingborg	Arcadia eFuels, DCC, Shell Aviation Denmark	Vordingborg	254 MW elektrolyse	FT-jet fuel: 55-75 kton p.a.	2024/2025
Kragerup Gods PtX	Siemens Gamesa Renewable Energy, Kragerup Gods	Kragerup	6 MW elektrolyse	Brint	2023
PtX Cluster Zealand	Dynelectro, Unibio, Nordphos, Algiecel og G2B	Kalundborg	100 kW	Brint	2023

2. Power-to-X overskudsvarme antagelser

Forskellige analyser har set på udnyttelsen af overskudsvarme fra PtX i det danske energisystem. I *IDAs Klimasvar 2045* [4], som giver et bud på hvordan et klimaneutralt energisystem i Danmark kan se ud i 2045, udnyttes ca. 2 TWh/år af overskudsvarme fra PtX, mens potentialet i 2045 vurderes at være op til ca. 4 TWh/år. I *Varmeplan Danmark 2021* [5], som undersøger varmesektorens rolle i det danske energisystem fremadrettet, vurderes det samlede potentiale for overskudsvarme fra PtX i Danmark at være ca. 3 TWh/år i 2045, afhængigt af hvor stor Danmarks andel af den globale brændselsproduktion fra PtX vil være.

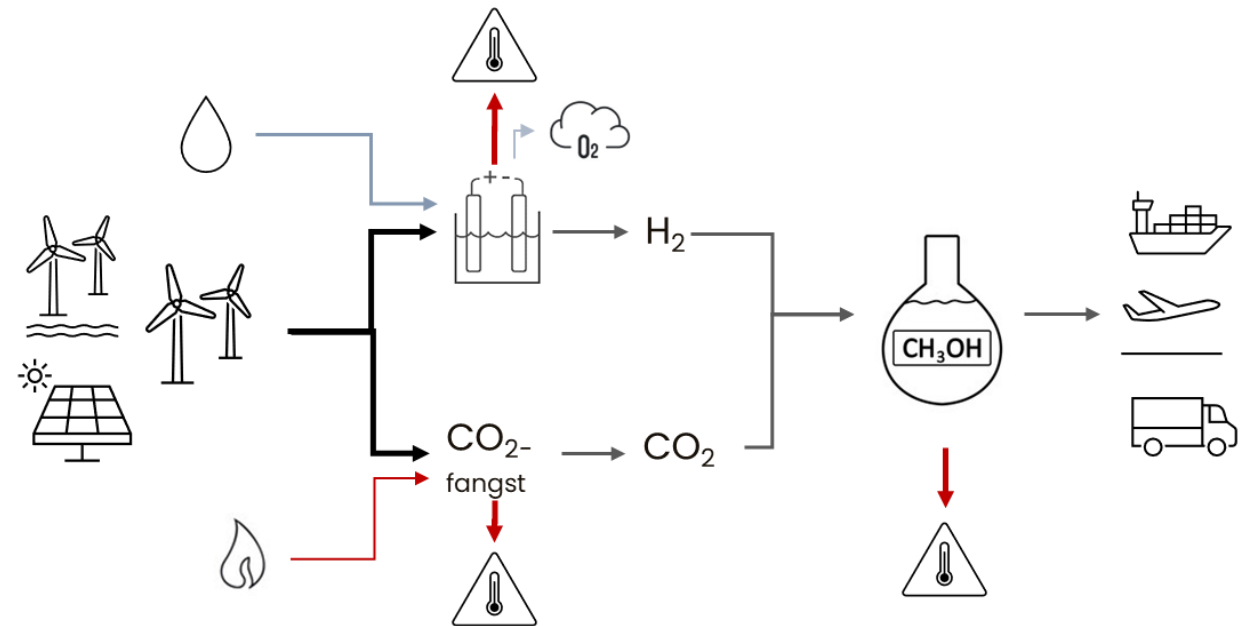
Overskudsvarmen fra PtX-anlæg kan findes forskellige steder i anlæggene, og afhænger af typen af PtX-anlæg. De tre største kilder til overskudsvarme er ofte elektrolysen til at producere brint, CO₂-fangstanlægget til at opsamle CO₂, og reaktoren inkl. destilleringen til at omdanne brint og CO₂ til brændsel.

I forhold til elektrolyse er der tre hovedteknologier: alkalisk (AEC), PEM elektrolyse og højtemperaturolektrolyse (SOEC). De har forskellige fordele og ulemper, men her undersøges alene AEC, da denne er den mest modne elektrolyseteknologi. Overskudsvarme fra AEC forventes at udgøre ca. 17% af AECs elforbrug i 2030, faldende til ca. 13% i 2045 grundet forventet forbedring af virkningsgrader for AEC [6]. Temperaturen på overskudsvarmen fra AEC er forbundet med usikkerhed, men antages her at være 50°C.

For CO₂-fangstanlægget antages en overskudsvarme på ca. 0,7 MWh pr. ton CO₂ indfanget med en temperatur på 60°C.

Her undersøges udelukkende PtX-anlæg, som producerer metanol, og for metanolreaktor inkl. destillering forventes en overskudsvarme svarende til 20% af metanolproduktionen. Temperaturen på denne overskudsvarme antages at være 60°C.

Mere herom i den tilhørende baggrundsrapport.



Simplificeret skitse af PtX proces undersøgt i denne forundersøgelse

3. Metode til forundersøgelsen

Forundersøgelsen tager udgangspunkt i implementeringen af PtX-anlæg med alkalisk elektrolyse, som producerer metanol (Power-to-metanol). Metanol som slutprodukt er valgt, da Region Hovedstaden generelt er et elforbrugsdomineret område. Grundet det store elforbrug til PtX-anlæg, vil disse anlæg i højere grad give mening i elproduktionsdominerede områder, hvor el fra vindmøller og solceller overstiger det traditionelle elforbrug. Fremadrettet kan det dog forventes, at CO₂-punktkilder vil være en begrænset ressource, og CO₂-punktkilder er relevante for anlæg, der skal producere metanol. Herved kan udnyttelsen af CO₂-punktkilder til metanolproduktion blive relevant i regionen. Desuden kan metanol yderligere omdannes til flybrændstof, der udgør et stort behov i regionen. Forundersøgelsen er opbygget som et samspil mellem GIS-analyser af regionen og energisystemanalyser, som identificerer mulige PtX-lokationer baseret på CO₂-punktkilder, men også tester deres integration af overskudsvarme i fremtidens fjernvarmeforsyning.

Da størstedelen af CO₂-punktkilderne i regionen kommer fra fjernvarmeproducenter, forventes der en reduktion i CO₂-mængderne fra punktkilderne, når overskudsvarmen fra PtX-anlæg anvendes i fjernvarmen. Dette vil medføre, at en mindre CO₂-mængde er tilgængelig for PtX-anlæggene. Derfor er analyserne udført således, at GIS-analyserne danner et udgangspunkt for CO₂-mængderne baseret på de nuværende CO₂-punktkilder (inklusiv ikke-biogene kilder). Baseret på GIS-analyserne udvælges de mest relevante placeringer af Power-to-metanol anlæg, og der laves nye 2030-scenarier for disse fjernvarmesystemer, hvor effekten af udnyttelse af overskudsvarme fra PtX-anlæggene testes i forhold til driften af de lokale fjernvarmesystemer. Ved den konkrete implementering af PtX i modellerne tillades kun CO₂ fra biogene kilder og affaldsforbrænding samt kun teknologier, som ikke er til spids- og reservelast. Affaldsforbrænding medtages, da der med en bedre affaldssortering i fremtiden forventes en stigning i den bionedbrydelige andel af affaldet. I et konkret projekt med implementering af PtX ved affaldsforbrændingsanlæg vil det være nødvendigt med en nærmere vurdering heraf. Integrationen af overskudsvarme fra PtX-anlæg og en høj elektrificering resulterer i en reduktion af varmeproduktionen fra andre kilder og en reduktion i CO₂-mængderne. Disse opdaterede CO₂-mængder overføres og anvendes i GIS-analyserne af de fremtidige scenarier.

Der kan læses mere om metoden i den tilhørende baggrundsrapport.

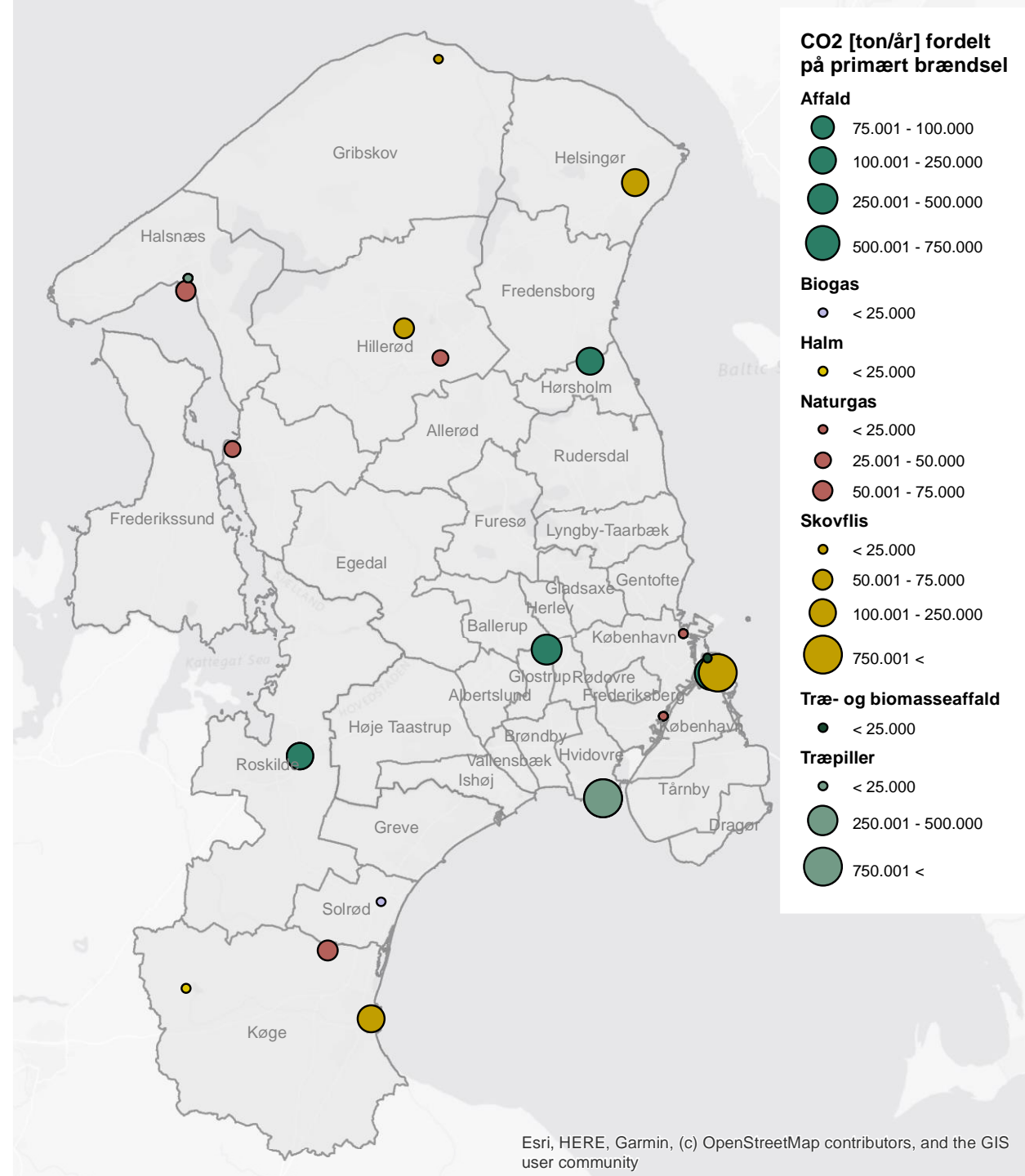
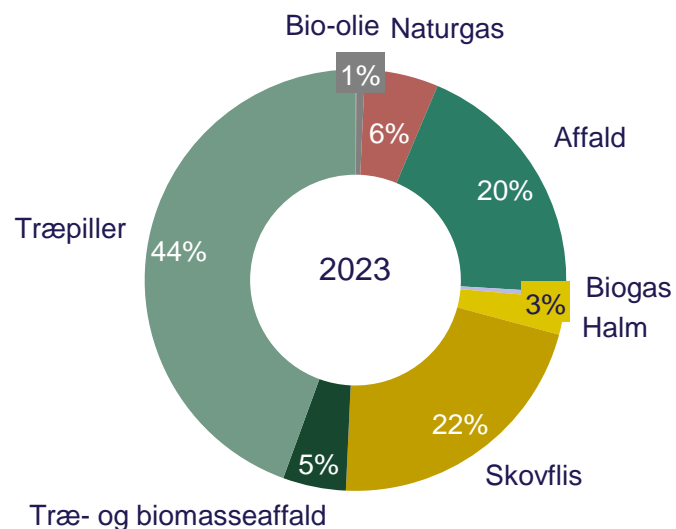


4. CO₂-punktkilder i dag

Der er generelt begrænset fysisk plads i Region Hovedstaden, samt relativt begrænsede mængder installerede vindmøller og solceller, ift. resten af landet. Herved kan samfundsværdien ved placering af PtX i Region Hovedstaden især findes ved at udnytte relevante CO₂-punktkilder i regionen til metanolproduktion. Dette skyldes, at disse punktkilder fremadrettet forventes at være begrænsede grundet udfasning af fossile brændsler og reduktion i afbrændingen af biomasse og affald. For at kunne identificere mulige placeringer af PtX-anlæg er det således vigtigt at kunne identificere placering og størrelse af CO₂-punktkilder. Først kortlægges de nuværende CO₂-punktkilder ved hjælp af:

- Energistyrelsens Energiproducenttælling fra 2021 [7]
- European Pollutant Release and Transfer Register fra 2022 [8]

Samlet årlig udledning af CO₂ (inklusive biogen) er 7,5 Mt. Der er hovedsageligt tale om biogent fra fjernvarmeværker. Kun punktkilder over 0,01 Mt/år tages i betragtning



4. Fjernvarmeudvidelser

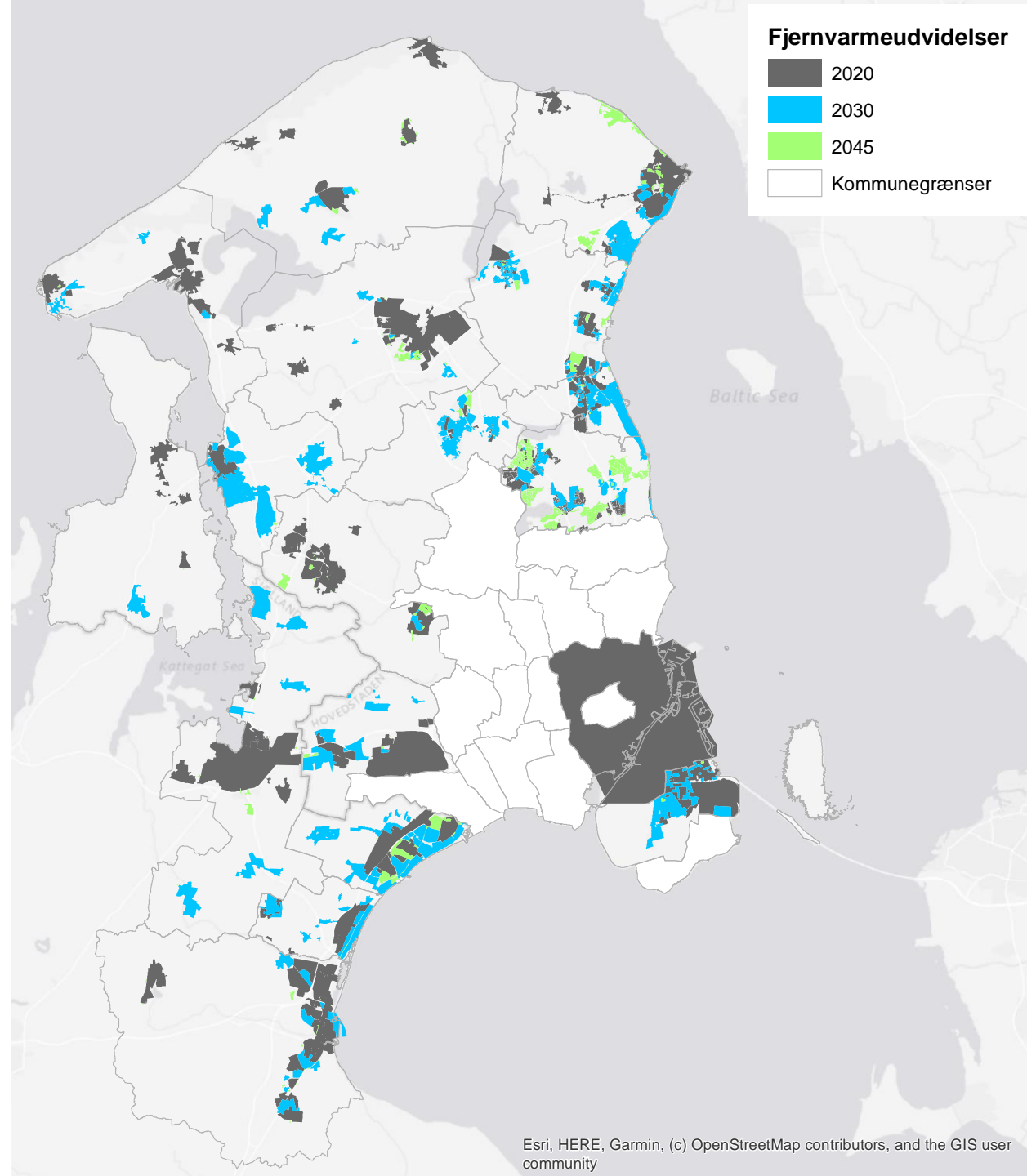
For at identificere muligheden for at udnytte overskudsvarmen fra PtX-anlæg er det vigtigt at identificere områder med fjernvarme og fjernvarmebehovene i disse områder, nu og fremadrettet.

Som datagrundlag for fjernvarmeforsyningsområderne anvendes en kombination af data fra Plandata.dk, fjernvarmeselskabernes egne planer og *Varmeplan Danmark 2021*. Data fra Plandata.dk bruges til at identificere aktuelle og planlagte udbygninger af fjernvarme. De planlagte udvidelser bruges til 2030-modelleringen, forudsat at disse områder forbindes før 2030. For 2045 anvendes arealer fra *Varmeplan Danmark 2021*, dog medtages kun arealer i nærheden af nuværende eller planlagte fjernvarmeområder.

Varmebehov i nuværende områder og udvidelser er estimeret ud fra *Det Danske Varmeatlas* (2022-data) [9], der omfatter skøn over varmebehov for alle bygninger i Danmark. Der arbejdes med en simpel antagelse om, at 90% af det samlede behov i hvert område vil tilslutte sig fjernvarme frem mod 2030, medmindre et højere behov i øjeblikket dækkes af fjernvarme. Dette vil givetvis variere fra område til område.

Det er ret massive udvidelser, der forventes i regionen især frem imod 2030. Varmebehov inden for 2020-områderne anslås til ca. 13 TWh, mens udvidelserne til 2030 udgør ca. 2 TWh og fra 2030 til 2050 ca. 0,6 TWh.

Det bør nævnes, at 2020-områderne inkluderer bygninger, der ikke har konverteret til fjernvarme endnu, men hvor områderne allerede er udlagt til fjernvarme. Dette dækker både over områder, som er blevet kategoriseret som fjernvarme, men hvor udbygningen af fjernvarmenettet endnu ikke er påbegyndt, og områder hvor der allerede er udlagt fjernvarmenettet med mulighed for tilkobling af flere bygninger.



4. Modelling af fjernvarmesystemer

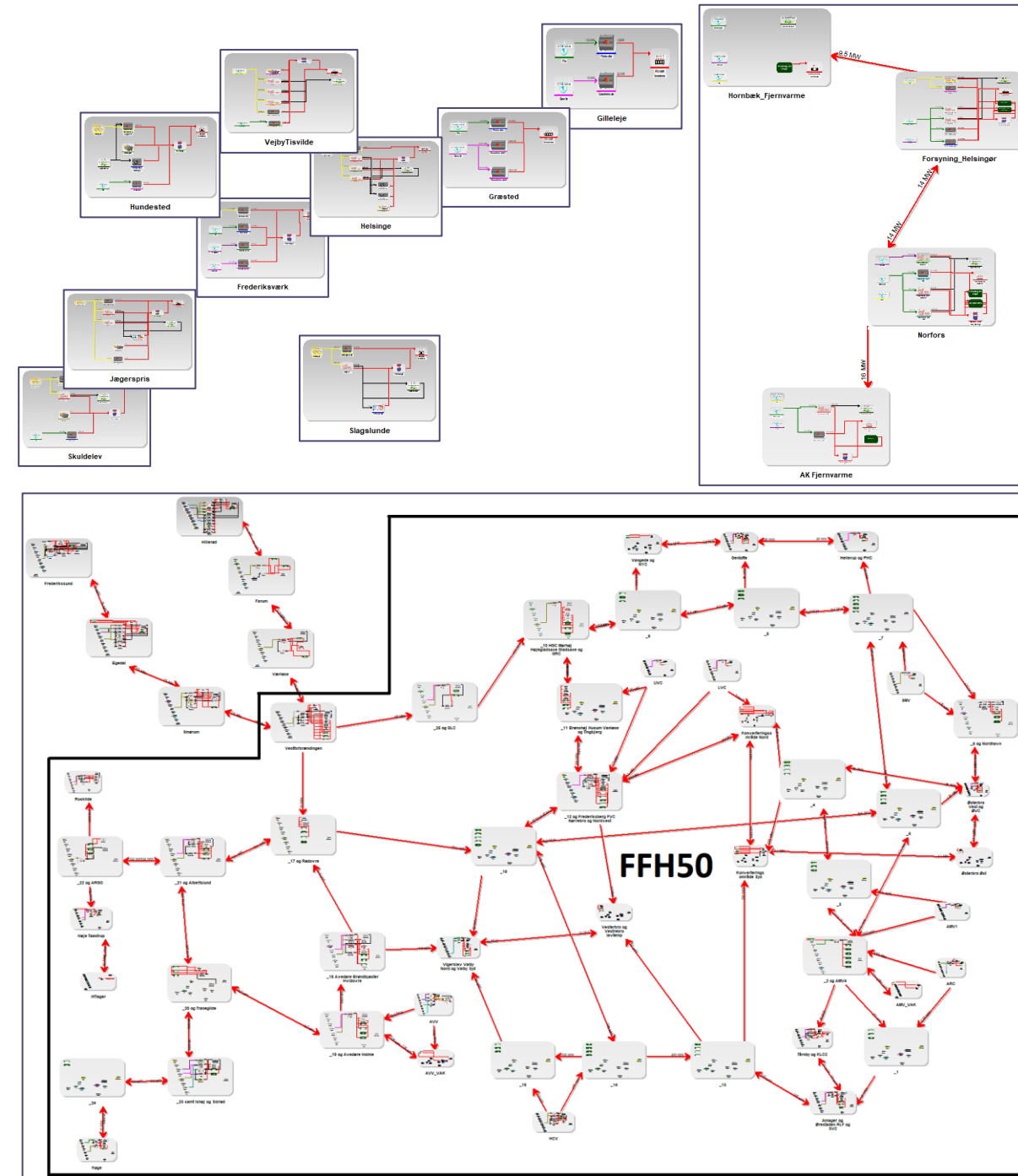
Med nuværende og fremtidige fjernvarmeområder defineret er det vigtigt at estimere, hvordan produktionen af fjernvarme ændres fremadrettet. Dette er vigtigt, da mange af de identificerede CO₂-punktkilder er baseret på fjernvarmeproduktion, men også for at kunne estimere hvilken effekt udnyttelse af overskudsvarmen fra PtX-anlæg har på driften af fjernvarmen.

Alle fjernvarmesystemer i Region Hovedstaden er modelleret og deres drift er simuleret på timeniveau for et år, inklusiv systemer forbundet med Region Hovedstaden. Udgangspunktet for hvert system er data fra 2021. For at estimere fremtidig udvikling er der indsamlet data fra fjernvarmeselskaberne vedrørende aktuelle (2022-2023) planer for ændringer af eksisterende og nye produktionsenheder, varmelagre og temperaturniveauer. I analyserne medtages kun økonomiske forhold, der direkte påvirker den daglige drift af fjernvarmeproduktionsteknologierne. Faste omkostninger, der ikke direkte påvirkes af anlæggets drift, f.eks. investeringer, er ikke inkluderet. Ud fra dette laves der modeller for 2030 for alle fjernvarmesystemer i regionen. Således laves 2030-modellerne alene baseret på de eksisterende teknologier i 2021 samt indsamlede planer for ændring af disse og tilføjelse af nye. Nuværende CCS- og PtX-planer er ikke inkluderet, således at alt relevant CO₂ kan udnyttes til metanolproduktion i PtX-anlæggene. Fjernvarmesystemer, som er koblet sammen via transmissionsledninger, modelleres samlet.

To scenarier for det Storkøbenhavnske fjernvarmesystem (FFH50) er modelleret; et med højt biomasseforbrug og et med højt elforbrug. Selvom scenarierne for FFH50-området bygger på disse scenarier, laves der dog her justeringer af disse.

Baseret på 2030-modelleringerne af alle fjernvarmesystemerne findes en ny CO₂-udledning for hver punkt i 2030.

Resultaterne viser, at CO₂-udledningerne reduceres fra 7,5 Mt til omkring 4,7-6,8 Mt i 2030 afhængigt af det anvendte FFH50-scenarie.

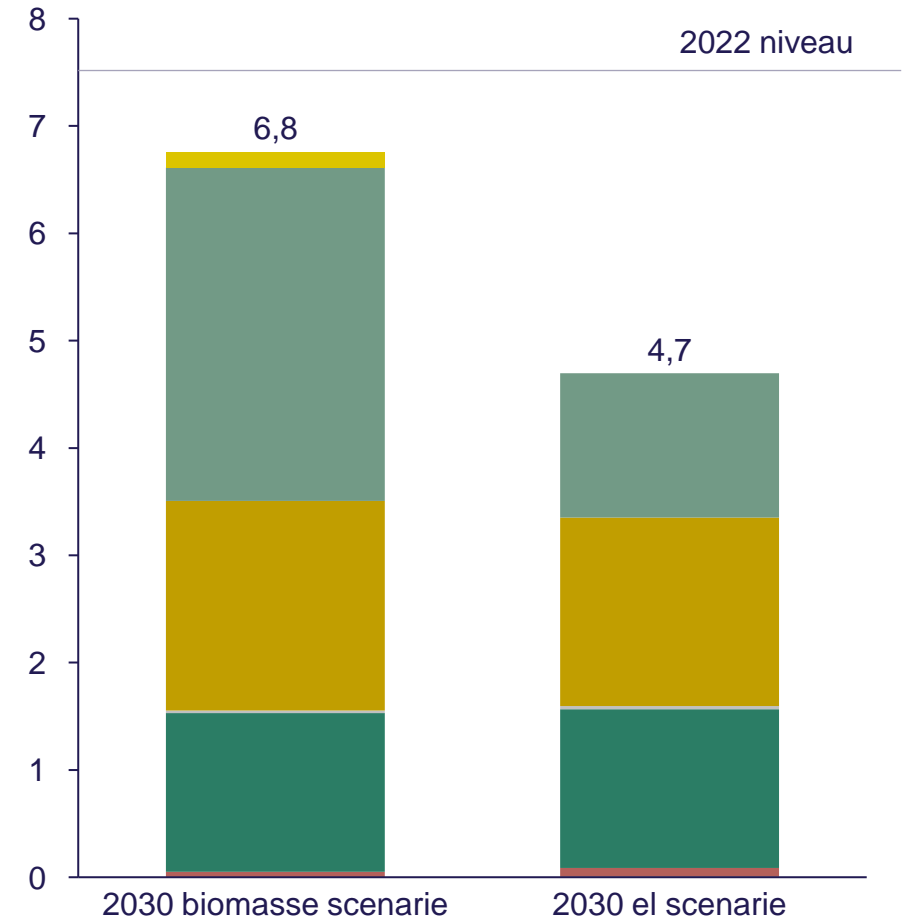


4. CO₂-punktkilder i 2030

Tilgængelige CO₂-punktkilder i fremtidens energisystem er baseret på ændringer i alle fjernvarmesystemer og kortlagt for to forskellige scenarier for det Storkøbenhavnske fjernvarmesystem (FFH50); biomasse- og el-scenariet. Umiddelbart ligner scenarierne hinanden, men der er en større reduktion i CO₂-mængderne i el-scenariet, hvor biomassen reduceres markant.

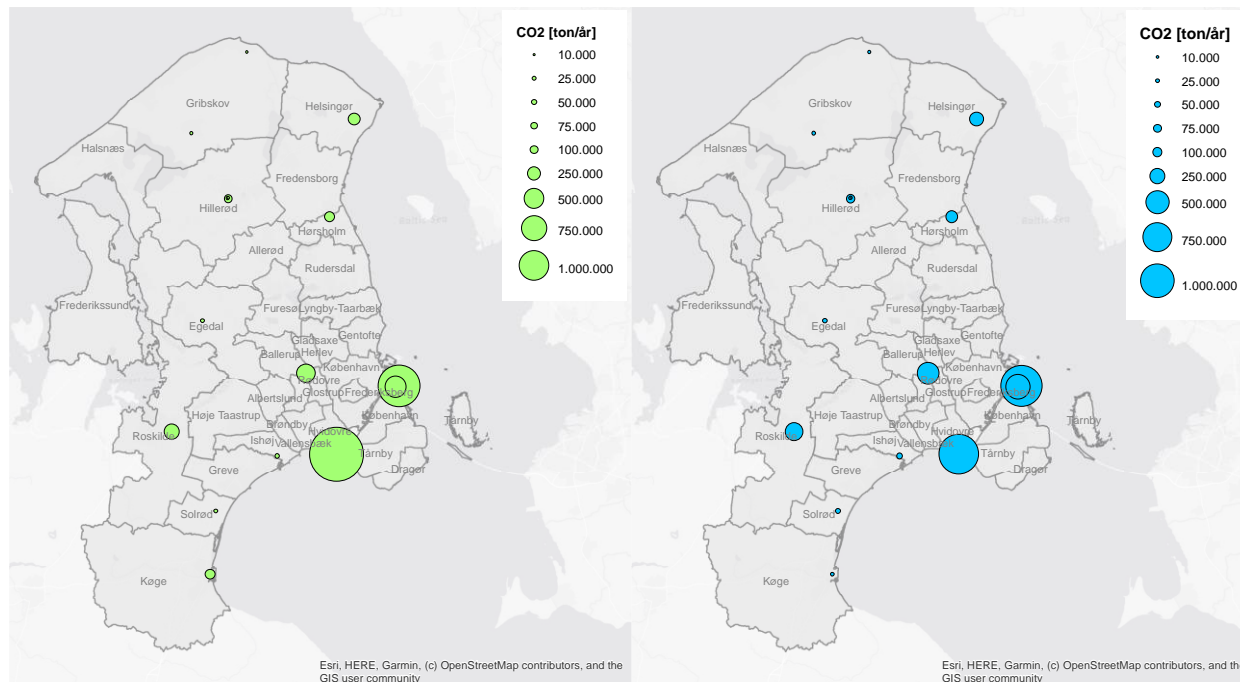
Figuren til højre viser de opsummerede tal for begge scenarier fordelt på brændselstyper. Figuren viser de samlede mængder CO₂ for punktkilder over 0,01 Mt/år, hvorved der inkluderes kilder, som ikke nødvendigvis er rentable at udnytte. Her kan man tydeligt se, at CO₂-mængderne fra især træpiller er lavere i el-scenariet.

MtonCO₂/år



2030 biomasse-scenarie

2030 el-scenarie



Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

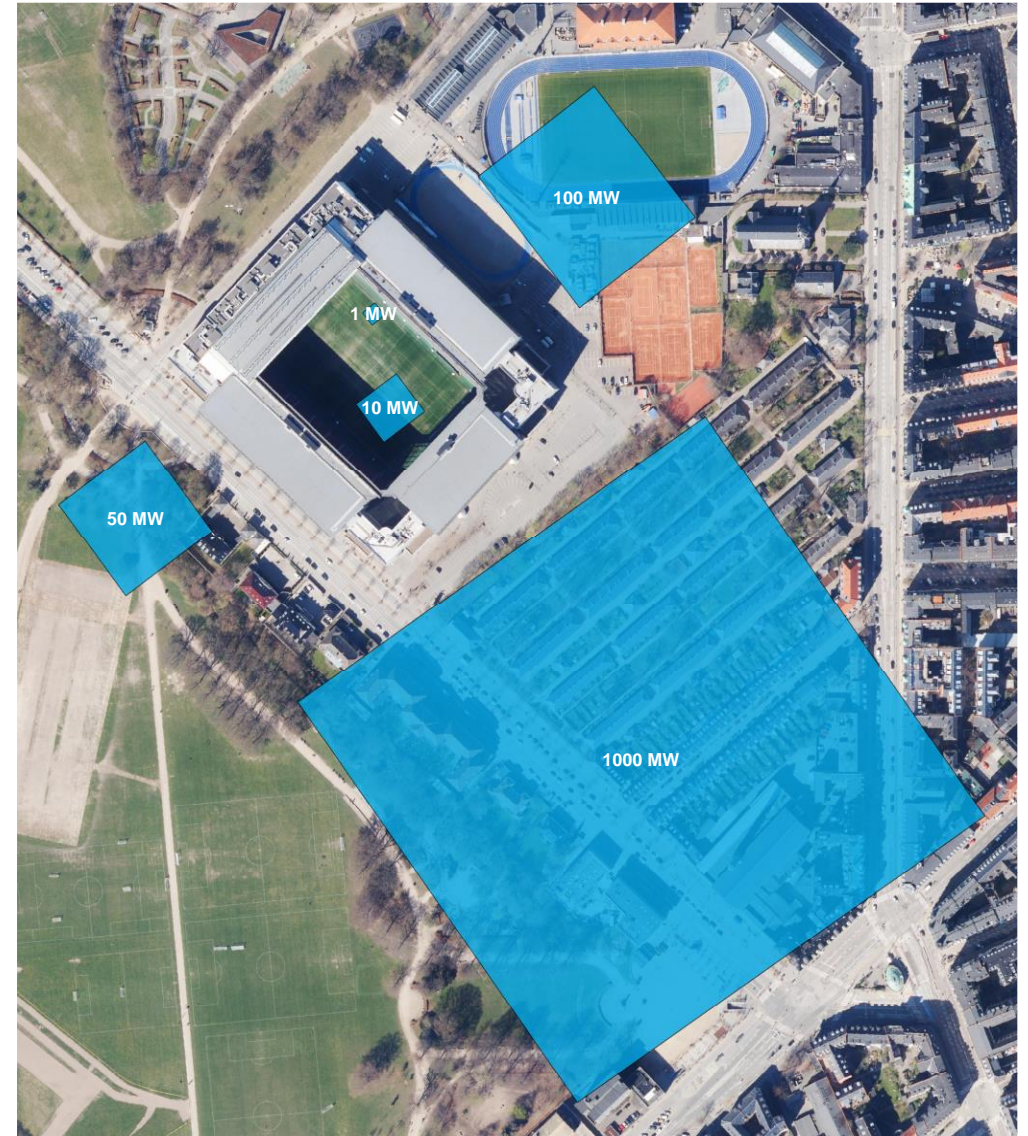
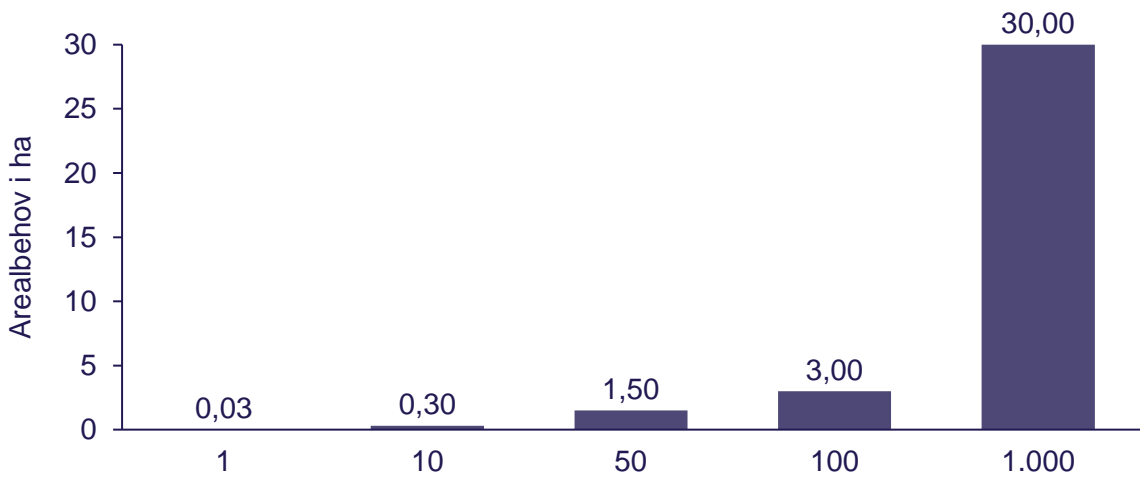
- Gasolie
- Biogas
- Bio-olie
- Ledningsgas
- Skovflis
- Halm
- Affald
- Træpiller

4. Arealforbrug af PtX

Det er også relevant at vurdere, hvor stort et areal PtX-anlæg potentielt vil optage, da arealkravet kan være en begrænsende faktor mange steder i Region Hovedstaden. Når arealbehov til PtX estimeres, er det vigtigt, at hele anlæggets arealbehov medtages, altså ikke kun arealet til de tekniske installationer og bygningerne, men også pladsen imellem bygningerne, brændselslager, mv. Ud over arealforbruget til selve anlægget kan der også være et behov for at have afstand til f.eks. boliger, hvilket ikke er med i denne vurdering af arealforbruget.

Der er en betydelig usikkerhed forbundet med det samlede arealforbrug, som PtX-anlæg vil have, men her benyttes et estimat baseret på planlagte PtX-anlæg i Danmark. Det estimeres, at et PtX-anlæg vil optage et areal svarende til 0,3-0,5 km²/Mt CO₂. Med en tilsvarende elektrolysekapacitet på 1.100-1.300 MW_e pr. Mt CO₂, giver dette et arealbehov på omkring 0,03 ha/MW elektrolyse.

På kortet til højre ses, hvad dette estimat betyder for størrelsen af et PtX-anlæg afhængigt af den tilsvarende kapacitet, der installeres. Kortet viser Parken Stadion til sammenligning, hvori eksemplerne med 1 MW og 10 MW er placeret.



4. Planlægningsrestriktioner og afstand til net

Til kortlægning af mulige placeringer for PtX-anlæg er der udviklet en GIS-model, der anvender en kombination af to analysemetoder. Den første er en multikriterieanalyse, og den anden er en "Location-Allocation" analyse. Multikriterieanalysen har til formål at identificere gode lokaliteter for PtX-anlæggene i forhold til en række forskellige kriterier. Kriterierne inkluderer både parametre, der er positive i forhold til placeringen af et PtX-anlæg, og såkaldte nogo-områder, hvor PtX-anlæg ikke kan placeres. "Location-allocation"-analysen er en netværksanalyse, der har til formål at estimere hvilke placeringer, der har de største potentialer, når der tages højde for CO₂-mængderne i området.

Først identificeres nogo-områder for PtX baseret på nuværende planlægningsrestriktioner, hvor der udelukkes følgende områder:

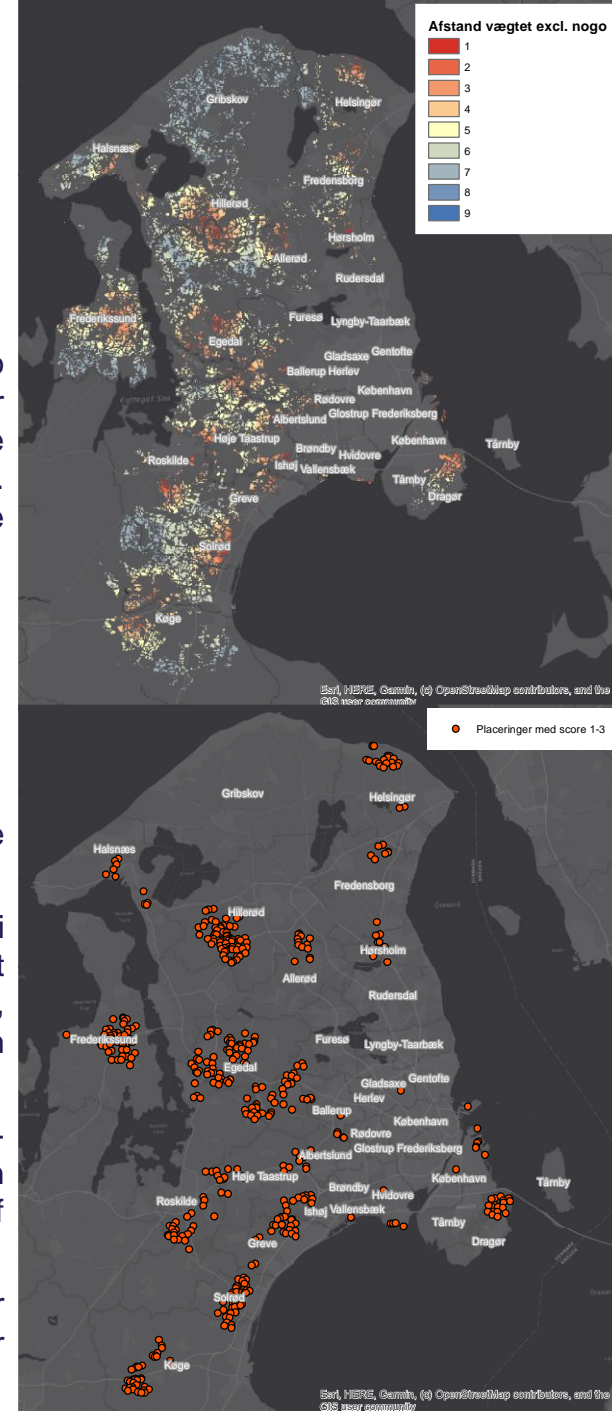
"Beskyttede naturtyper, Beskyttede sten/jorddiger (5 meter buffer), Beskyttede vandløb (5 meter buffer), Åbeskyttelse, Boringsnære beskyttelseområder (BNBO), Fredede områder, Fugle beskyttelsesområder, Habitat områder, Kirkebyggelinjer, Råstofområder, Skovbyggelinje, Veje (3 meter buffer), Jernbaner (7 meter buffer), Bygninger, Lav bebyggelse, Høj bebyggelse, Bykerne, Begravelsesområder, Sportsområder, tekniske anlæg (indeholder bl.a. parken)"

Udover disse udelukkede områder kan der ved vurdering af konkrete anlæg skulle fjernes yderligere områder, f.eks. ift. relevante sikkerhedsafstande til beboelse og andre tekniske anlæg.

Derefter er der anvendt to hovedkriterier til at identificere de bedste placeringer af PtX-anlæg, nemlig afstand til knudepunkter i eltransmissionsnettet og afstand til fjernvarmenettet. For elnet bruges 150/400 kV transformerstationerne. Det antages, at nærhed til elnet er vigtigst og vægtes her med 80% og nærhed til fjernvarme vægtes 20%. Hvert område gives en værdi fra 1 til 9, hvor 1 er bedst. Kun områder med værdi 1 og 3 (øverste kort), og som har mindst 3 ha ikke-frasorterede områder inden for 1 km radius, udvælges (nederste kort).

I location-allocation-analysen undersøges de fundne placeringer i forhold til placeringen af CO₂-punktkilderne. Nærhed til CO₂-punktkilder over 0,01 Mt/år bruges derefter til at foretage det endelige valg af placering og størrelse. Der udvælges kun placeringer med over samlet 0,05 Mt/år for kun at medtage PtX-anlæg af en vis størrelse. Resultatet af analysen er et estimat af den maksimale størrelse af PtX-anlæggene alene i forhold til CO₂-mængder.

Det skal understreges, at lokationsanalysen ikke forholder sig til muligheden for en eventuel udnyttelse af eksisterende bygninger til PtX-anlæg, eller om der er andre planer for områderne, som ikke er med i ovenstående liste af restriktioner. Ligeledes forholder den sig ikke til tilgængelig kapacitet på transformerstationerne, samt mængden af grøn strøm.



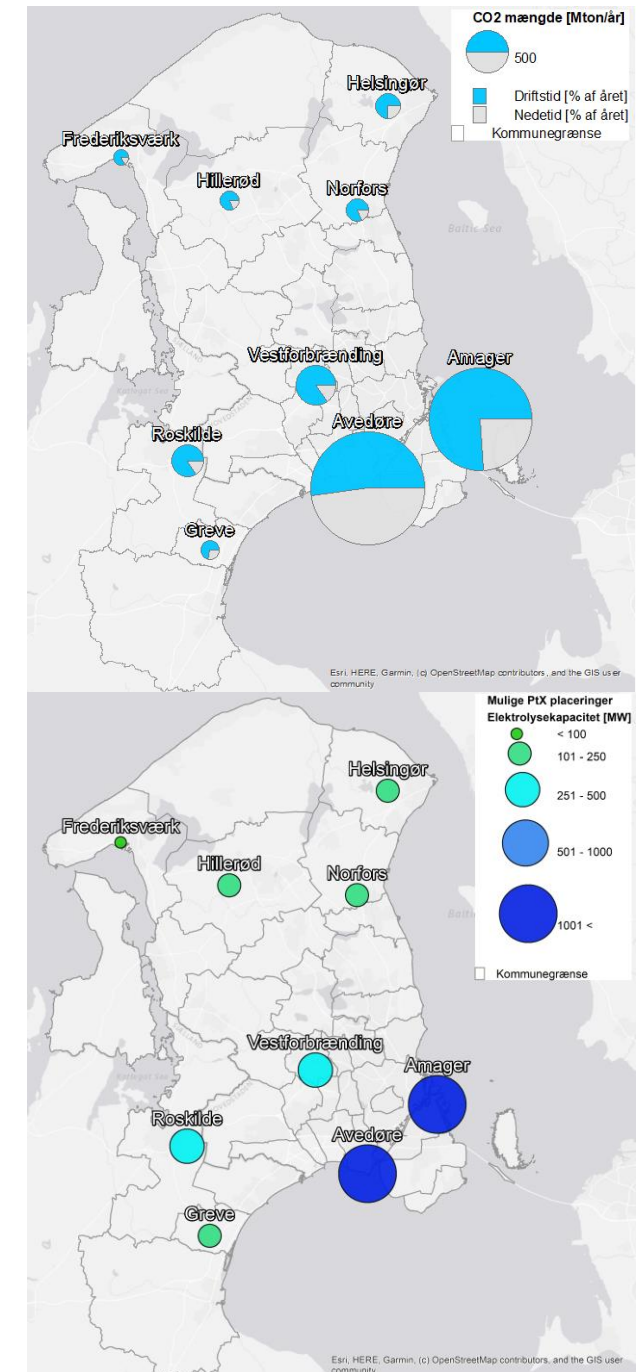
4. Identifikation af mulige placeringer af PtX

På kortet til højre ses et oversigtskort over de fundne mulige lokationer. Lokationerne skal kun ses som inspiration til en lokal debat om mulighederne for PtX-anlæg, da der i analyserne ikke tages højde for alle lokale forhold f.eks. lokalplaner og tilgængelig kapacitet i elnettet. Der er fundet ni mulige lokationer for placering af PtX-anlæg, hvoraf to (Roskilde og Greve) er i Region Sjælland.

Farveskalaen (grøn til blå) og boblestørrelsen indikerer størrelsesordenen på elektrolysekapaciteten i de enkelte placeringer. Elektrolysekapaciteten er direkte afhængig af den årlige mængde CO₂, som er tilgængelig i området. Elektrolysekapaciteten antages her at være ca. 1.100-1.300 MW_e pr. Mt CO₂, hvilket svarer til, at elektrolyseanlæggene har en last, som er 160% af ren grundbelastningsdrift, så de kan drives fleksibelt ift. elpriser.

Det bør understreges, at kortet alene viser teoretiske maksimale kapaciteter for PtX-anlæg, og at der ikke tages højde for f.eks. begrænsninger ift. konkret fysisk plads og indpasning i energisystemet. Ligeledes er de ikke baseret på en økonomisk overvejelse, ift. om det er rentabelt at udnytte al CO₂. Den fysiske plads kan ikke nødvendigvis identificeres via de overordnede geografiske kortlægninger, da denne analyse ikke kan tage højde for eventuel brug af eksisterende bygninger til PtX.

På kortet ses det, at baseret på de teoretiske estimater, er de størst mulige elektrolysekapaciteter ved Amager og Avedøre på over 1 GW per sted; Vestforbrænding har mulighed for kapacitet mellem 251-500 MW, mens Hillerød, Helsingør og Norfors ligger på 101-250 MW. Frederiksværk er det område, der har den mindste kapacitet på under 100 MW.



5. Detaljeret visning af hver lokation i Region Hovedstaden

I det efterfølgende ses en række kort over mulige CO₂-punktkilder i de udvalgte områder med angivelse af årlig maksimal mængde CO₂ i år 2030. Derudover ses knudepunkter i eltransmissionsnettet samt fjernvarmeområder (inkluderer både eksisterende fjernvarme og forventede udvidelser).

På kortene er der optegnet kvadrater med farveskalaen rød til blå, som viser, hvor det eventuelt kan overvejes at placere et PtX-anlæg, når der tages højde for restriktioner (naturhensyn, beboelse mm.). Områder med eksisterende bebyggelse er ikke taget i betragtning, og ligeledes er der heller ikke medtaget eventuelt relevante sikkerhedsafstande til beboelse og tekniske anlæg. Kortene skal derved kun ses som inspiration til en lokal diskussion af muligheder for placering af PtX-anlæg.

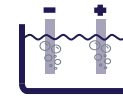
De røde områder repræsenterer de placeringer, der er tæt på eltransmission og fjernvarme. Hvert kvadrat er én hektar, hvilket skal sammenholdes med arealbehovet for PtX-anlægget.

Der er en direkte sammenhæng mellem tilgængelig mængde CO₂ og den potentielle maksimale metanolproduktion fra PtX-anlæggene. Forholdet i dette studie antages at være ca. 3,4 MWh metanol pr. ton CO₂ (efterfølgende vises CO₂ i Mt, og 1 Mt svarer til 1.000.000 ton).

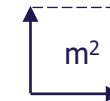
Forklaringsnøgle:



Tilgængelig mængde CO₂



Maksimal elektrolysekapacitet



Arealbehov til PtX-anlægget



Vandbehov til PtX-anlægget



Overskudsvarmeproduktion



Nærmeste fjernvarmenet og forventet årligt varmebehov i 2030 inkl. nettab

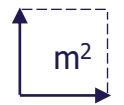
5. Helsingør



0,2 Mt/år. Flis-kraftvarme og -kedler i Helsingør



200-240 MW



Ca. 7 ha



219.000 m³/år



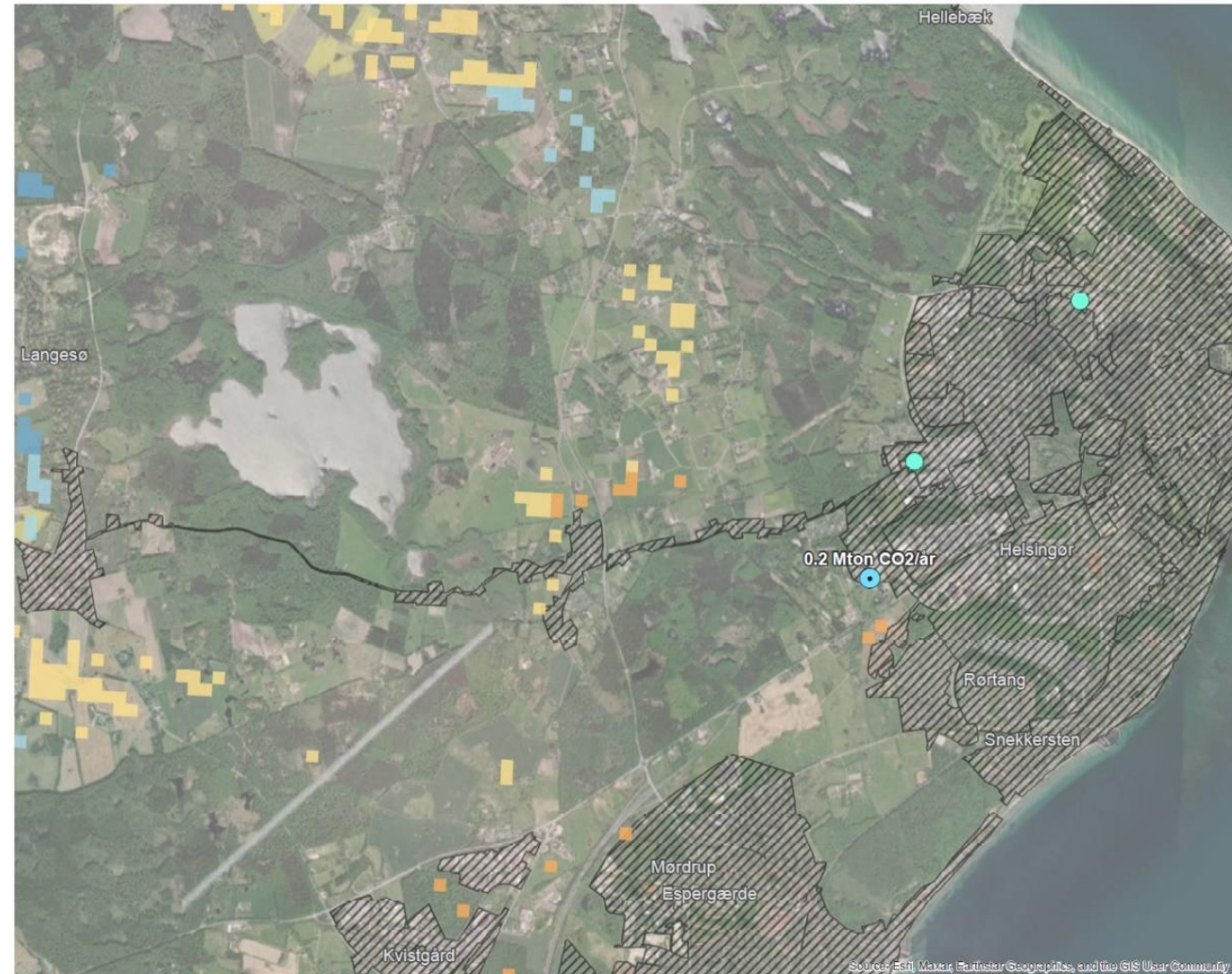
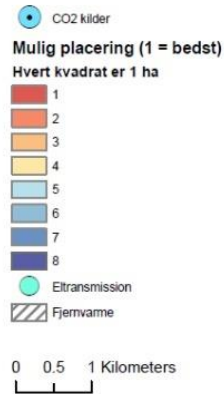
148 GWh/år



2030

Nærmeste fjernvarmenet er Forsyning Helsingør med et estimeret årligt fjernvarmebehov i 2030 på 420 GWh.

Helsingør



Source: ESI, Maxar, Panosir/Geoparks, and the GIS User Community

5. Frederiksværk

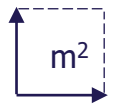


CO₂

Under 0,1 Mt/år.
Biomassekedel ved Halsnæs
Forsyning og stålproducenten
NLMK DanSteel A/S



80-100 MW



m²

Ca. 3 ha



95.000 m³/år



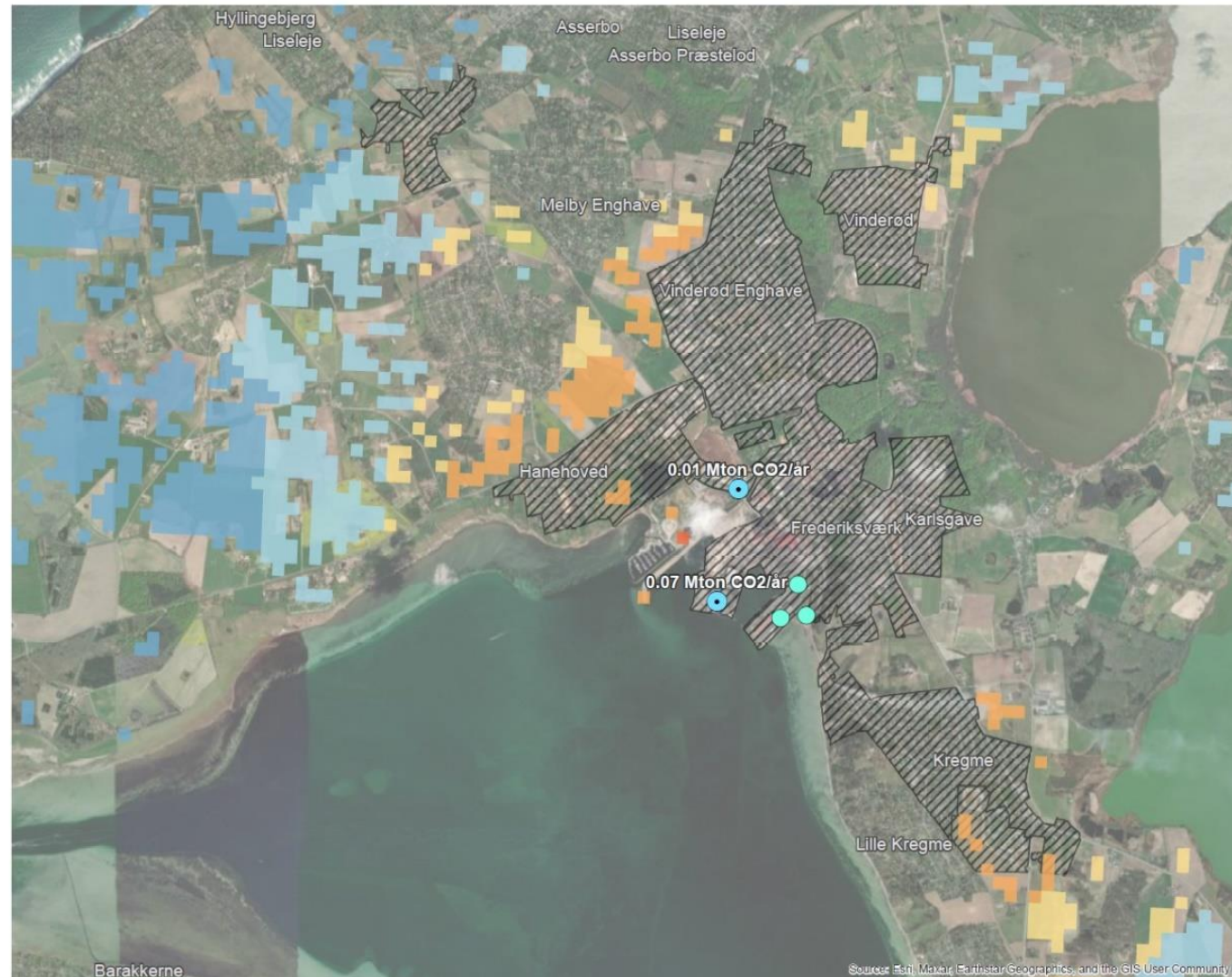
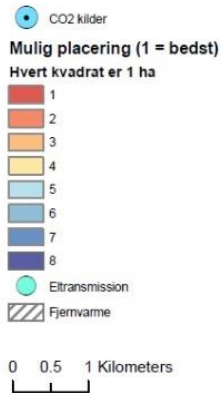
64 GWh/år



2030

Nærmeste fjernvarmenet
er Halsnæs Forsyning
med et estimeret årligt
fjernvarmebehov i 2030
på 138 GWh.

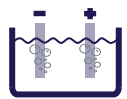
Frederiksværk



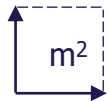
5. Hillerød



Ca. 0,1 Mt/år. Fliskraftvarme samt biomassekedler



130-160 MW



Ca. 4 ha



144.000 m³/år

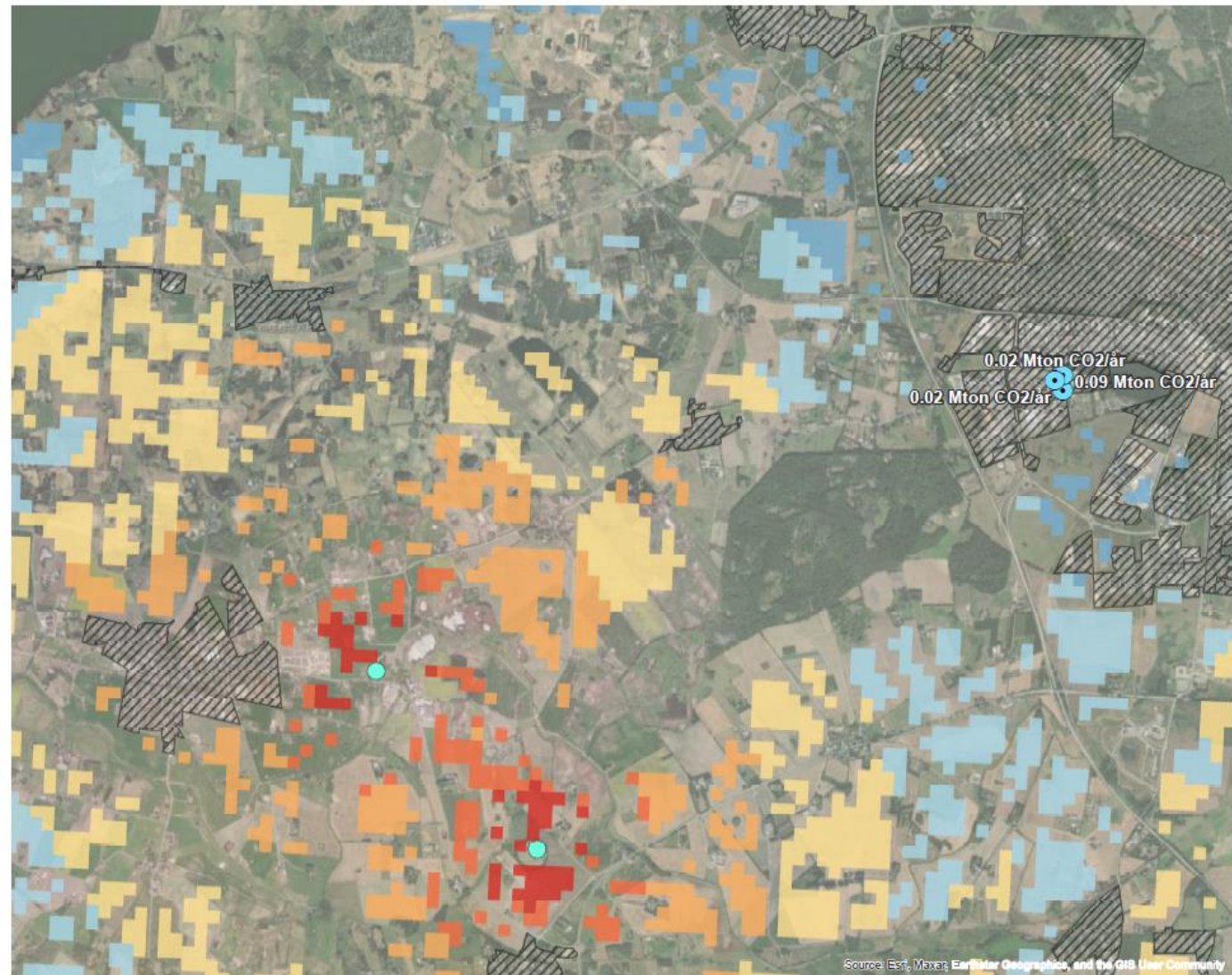
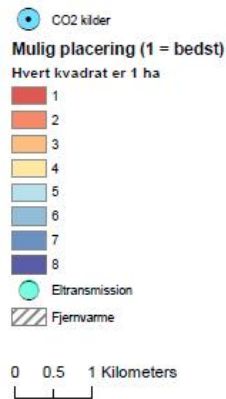


98 GWh/år



Nærmeste fjernvarmenet er Hillerød Forsyning med et estimeret årligt fjernvarmebehov i 2030 på 400 GWh.

Hillerød



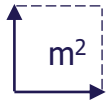
5. Norfors (Hørsholm)



Ca. 0,2 Mt/år.
Affaldsforbrændingen
Usserødværket



160-200 MW



Ca. 5 ha



180.000 m³/år



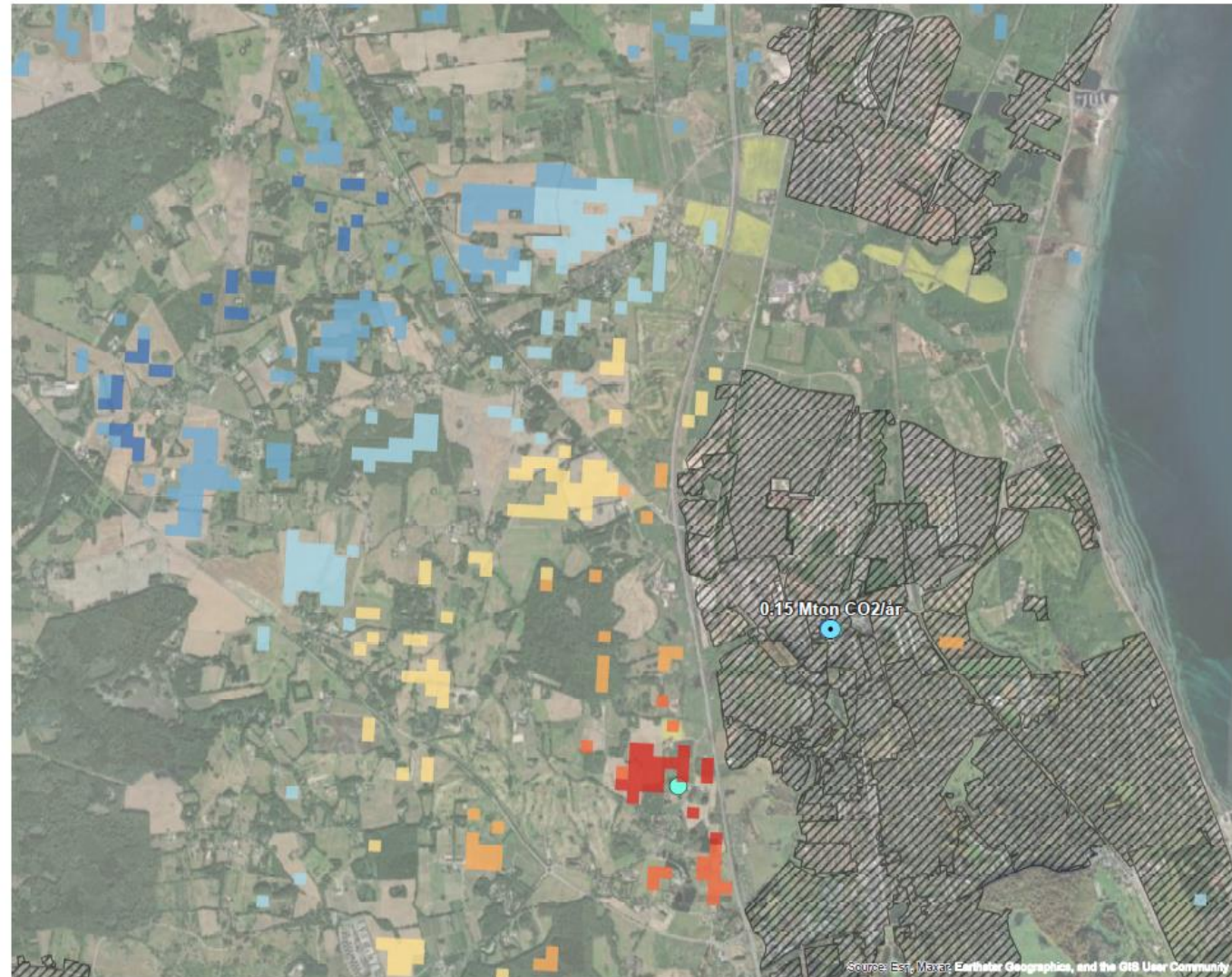
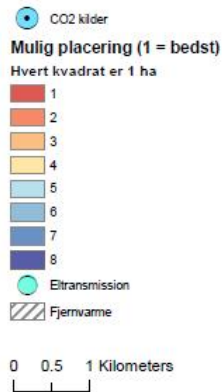
121 GWh/år



2030

Nærmeste fjernvarmenet er
Norfors med et estimeret
årligt fjernvarmebehov i
2030 på 819 GWh.

Norfors



Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

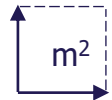
5. Vestforbrænding (Glostrup)



Ca. 0,5 Mt/år.
Affaldsforbrændingen
Vestforbrænding



450-550 MW



Ca. 15 ha



504.000 m³/år



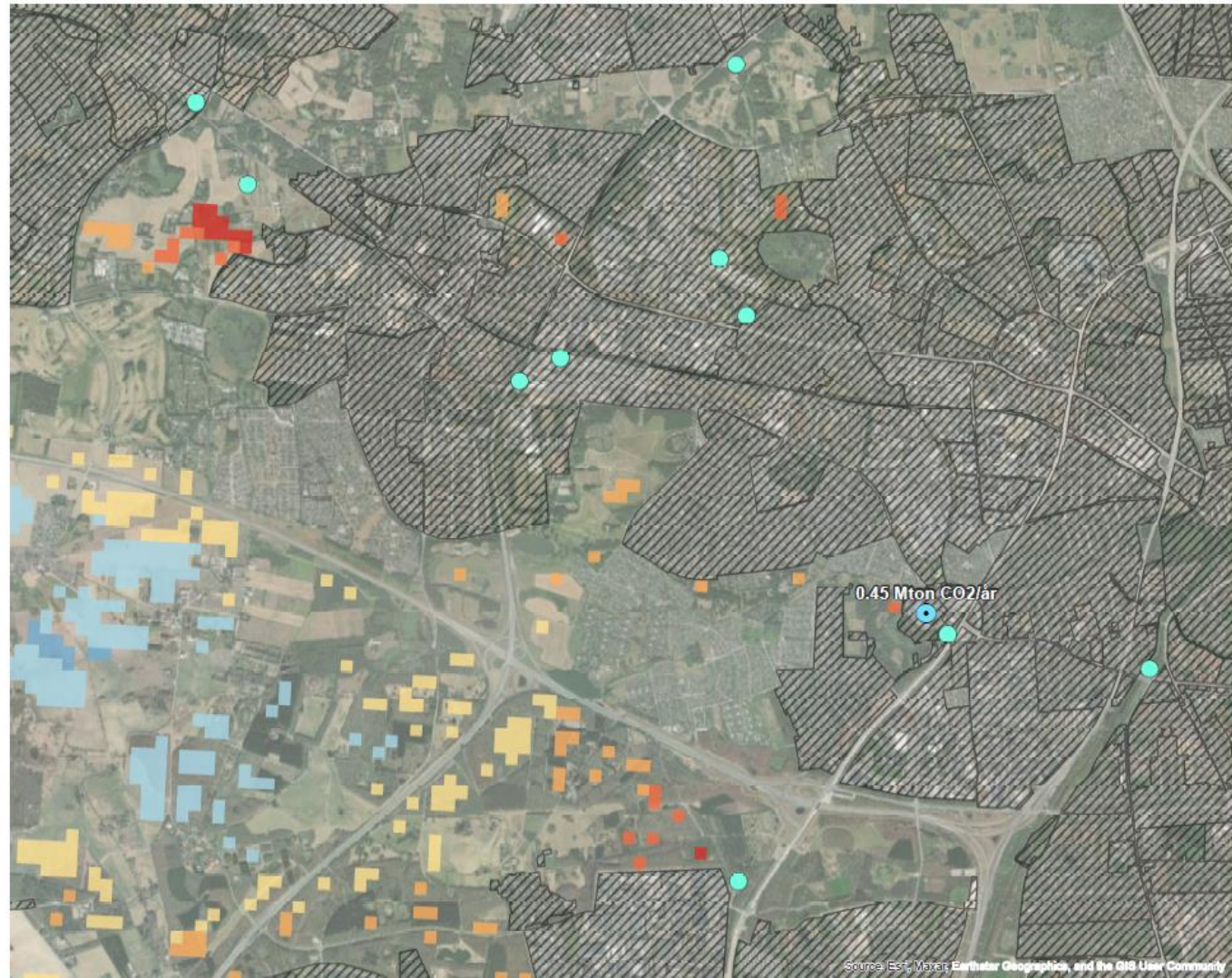
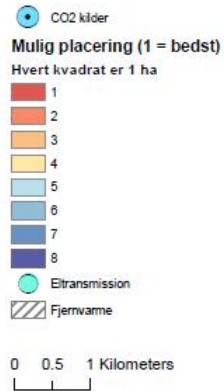
340 GWh/år



2030

Nærmeste fjernvarmenet er Vestforbrænding med et estimeret årligt fjernvarmebehov i 2030 på 1.400 GWh. Desuden forbindelser til det Storkøbenhavnske net, som har et fjernvarmebehov på op mod 12.200 GWh.

Vestforbrænding



Source: Est. Møller, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

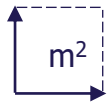
5. Amager



Ca. 2,4 Mt/år. Amagerværket og affaldsforbrændingen ARC



2.400-2.800 MW



Ca. 78 ha



2.633.000 m³/år

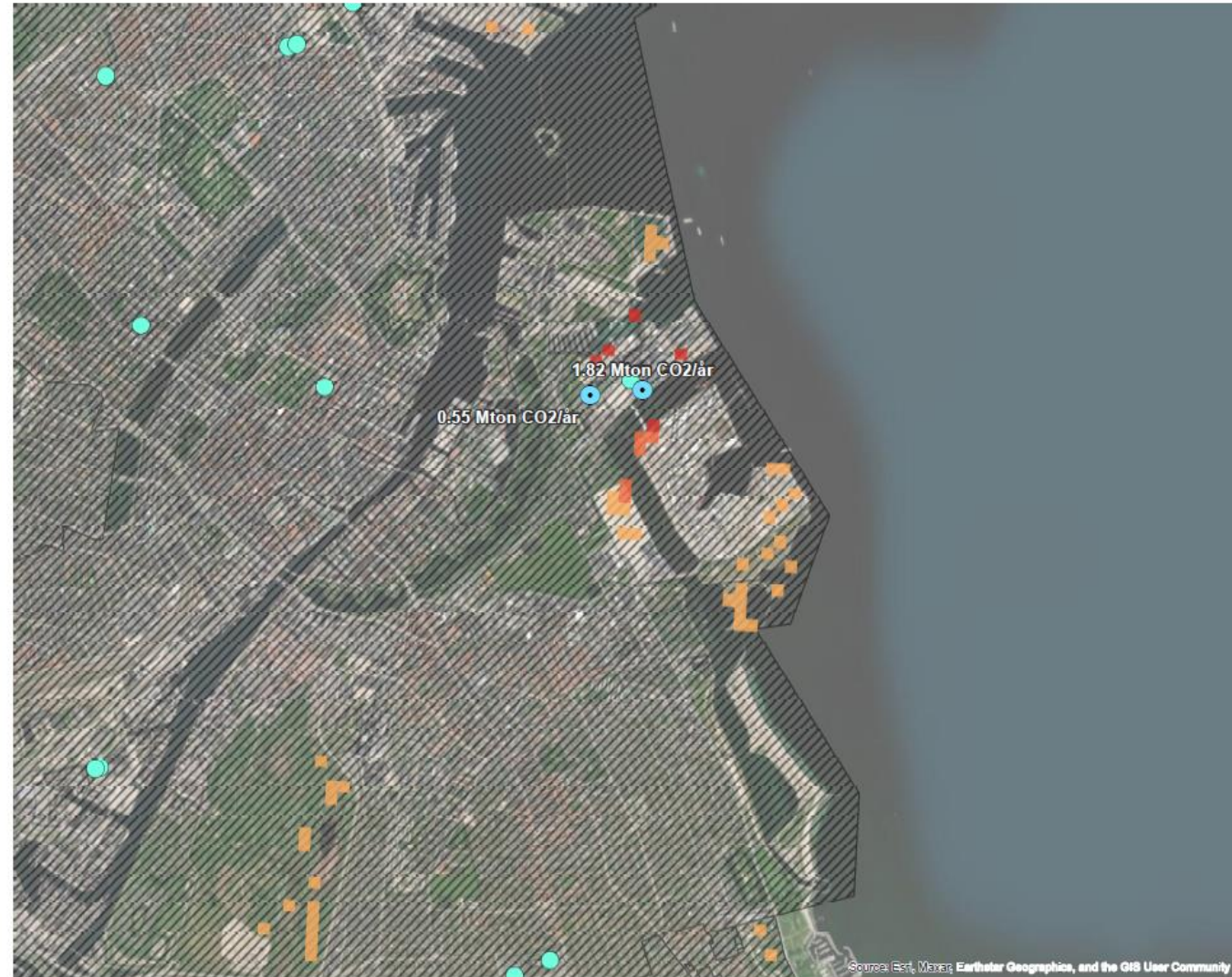
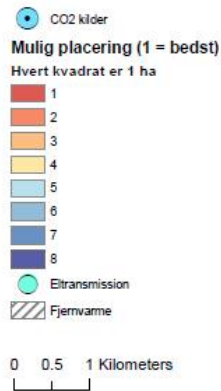


Ca. 1.800 GWh/år



Nærmeste fjernvarmenet er det Storkøbenhavnske net med et estimeret årligt fjernvarmebehov i 2030 på 12.200 GWh. Lokale netbegrænsninger kan reducere den potentielle udnyttelse.

Amager



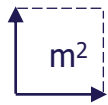
5. Avedøre



2,84 Mt/år. Avedøreværkets blok 1 og 2



2.800-3.400 MW



Ca. 93 ha



3.147.000 m³/år



Ca. 2.100 GWh/år



Nærmeste fjernvarmenet er det Storkøbenhavnske fjernvarmenet med et estimeret årligt fjernvarmebehov i 2030 på 12.200 GWh. Lokale netbegrænsninger kan reducere den potentielle udnyttelse.

Avedøre



0 0.5 1 Kilometers



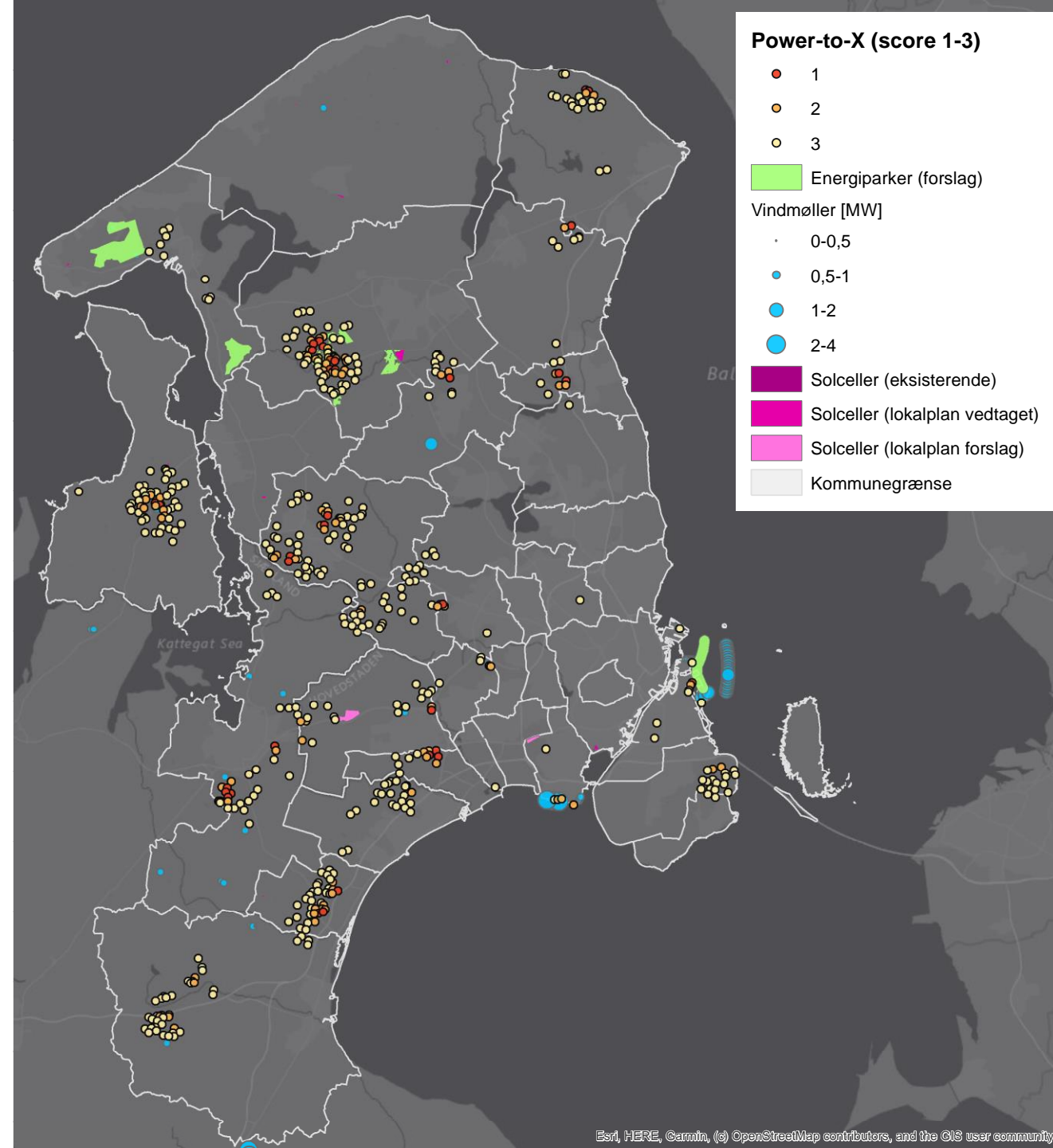
5. Mulige placeringer for PtX-anlæg der ikke afhænger af CO₂-punktkilder

Selvom der i denne foranalyse er hovedfokus på PtX-anlæg til metanolproduktion, så kan det også være relevant at se på PtX-anlæg, der er uafhængige af CO₂-punktkilder. Der er ikke foretaget en dybdegående analyse af disse, men på kortet til højre vises mulige placeringer af sådanne anlæg. Disse anlæg kunne eksempelvis være:

- elektrolyseanlæg til brintproduktion
- anlæg til ammoniakproduktion
- anlæg der bruger "direct air capture" som CO₂-kilde

Gode placeringer til disse anlæg kan i høj grad også afhænge af, hvor der er lokal vedvarende energiproduktion, som anlæggene tilkobles direkte, og derfor er regeringens planer for energiparker, eksisterende vindmøller, samt eksisterende og planlagte solcelleparker vist på kortet.

PtX-placeringerne er vist med en score fra 1-3, hvor 1 er de bedste placeringer ift. el- og fjernvarmenet. Der er ikke foretaget yderligere analyse af disse anlæg i rapporten.



6. Power-to-X-modellering forbundet med CO₂-punktkilder

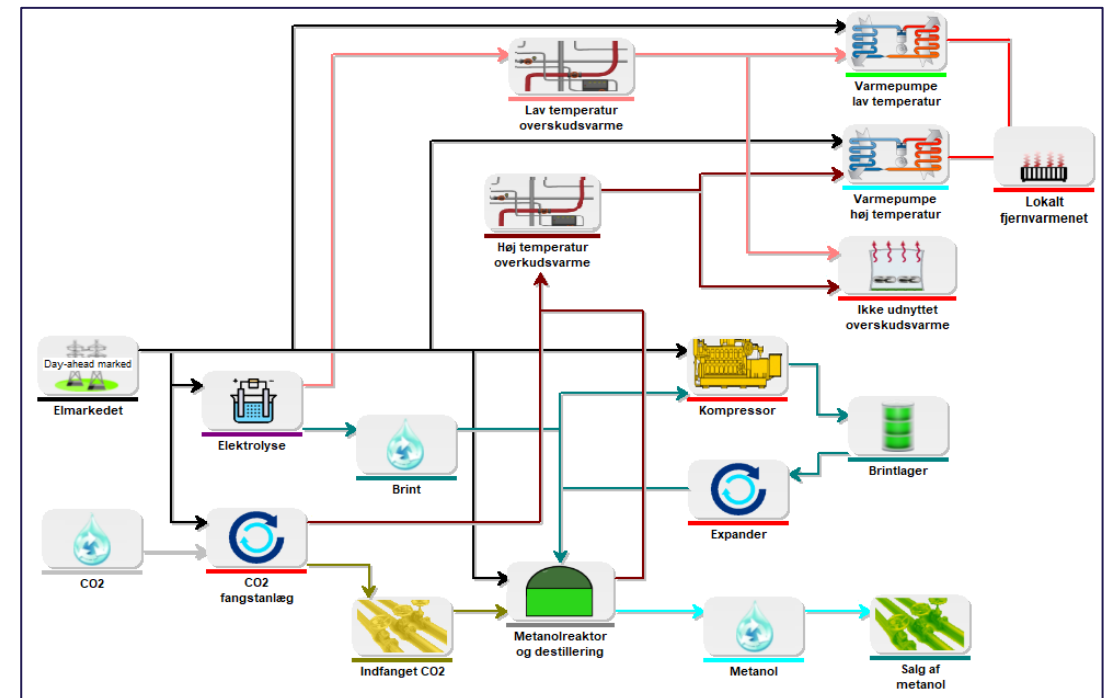
Efter at have identificeret relevante placeringer og lokale CO₂-punktkilder, tilføjes PtX-anlæg på de syv placeringer i Region Hovedstaden til energisystemmodellerne af de relevante fjernvarmesystemer, hvor de tilkobles de nærmeste fjernvarmesystemer.

Både fjernvarmesystemerne og PtX-anlæggene simuleres samlet, og deres drift bliver derfor samoptimeret for hver time over et år. Således modelleres emissioner og opsamlingen af CO₂ også time for time, så man opnår viden om, hvor meget overskudsvarme, der er tilgængelig i hver time. Korttidslagre er inkluderet for fjernvarme, CO₂ og brint, så anlæggene kan drives fleksibelt. Det forventes, at elektrolyseanlæg skal drives fleksibelt, grundet deres relativt høje elforbrug, og derfor sættes kapaciteten af disse, så de kan drives fleksibelt ift. elpriser.

Temperaturen af overskudsvarmen løftes via varmepumper til fremløbstemperaturen i fjernvarmesystemet, inden overskudsvarmen bruges i fjernvarmesystemet. Hvis overskudsvarmen ikke kan bruges i det lokale fjernvarmesystem, enten fordi fjernvarmebehovet ikke er der, eller fordi der er andre anlæg, som er billigere eller har prioritet, så kan overskudsvarmen i stedet afblæses.

Når overskudsvarmen udnyttes i modellerne, vil den erstatte andre enheder, som ellers ville have produceret fjernvarmen. Dette kan også være de enheder, som PtX-anlægget opsamler CO₂ fra. De vil så forbruge mindre brændsel, og der vil ske en reduktion af deres tilgængelige CO₂ til PtX-anlægget.

Det antages, at overskudsvarmen fra elektrolysen er 50°C, og fra CO₂-opsamling og metanolreaktoren er den 60°C. Varmepumperne til overskudsvarmen antages at have en Lorentz-virkningsgrad på 40%. Mere herom i den tilhørende baggrundsrapport.



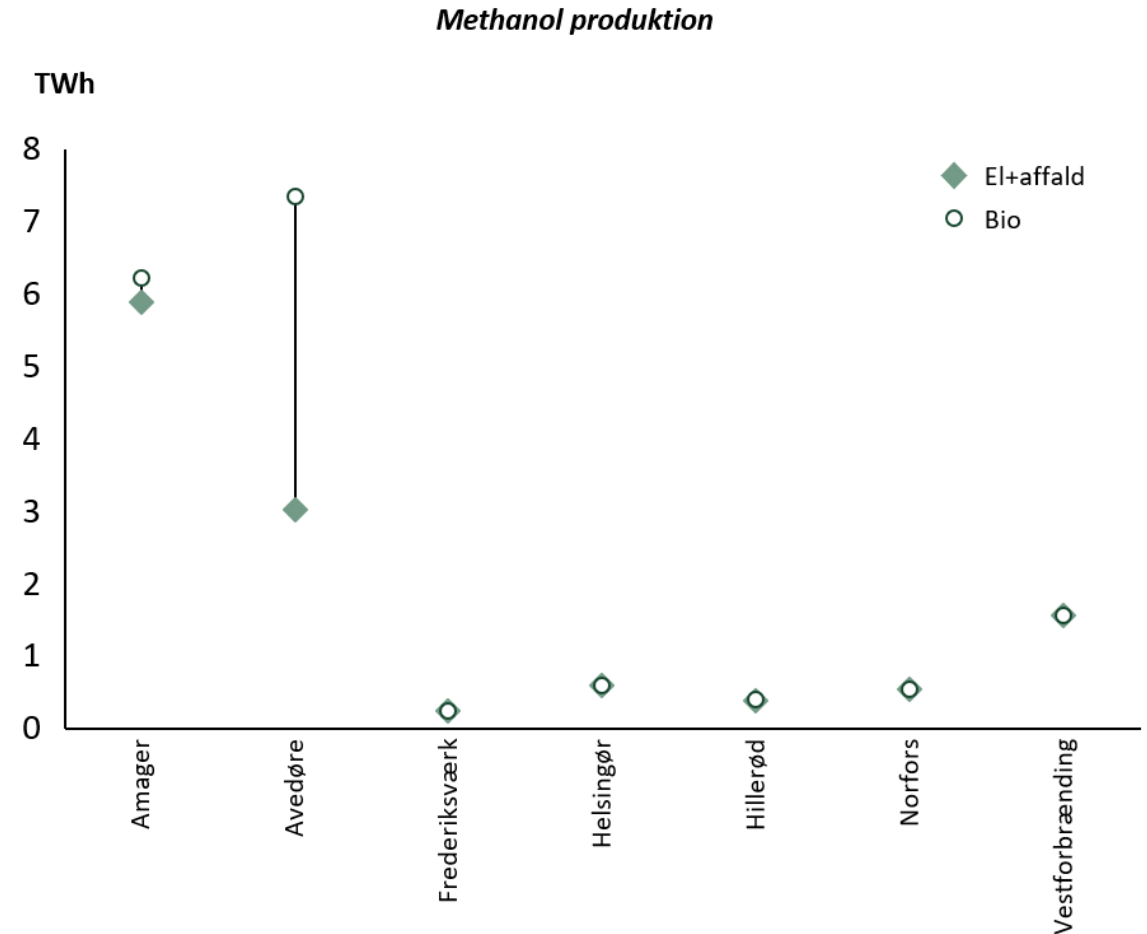
6. Metanolproduktion ved hver placering i 2030

Der er stor forskel på, hvor meget metanol, der produceres ved hver placering, hvilket afhænger af den tilgængelige mængde CO₂. Figuren til højre viser den årlige metanolproduktion ved hver placering i 2030.

For placeringer i Storkøbenhavn+ modellen (Amager, Avedøre, Hillerød og Vestforbrænding) er der to forskellige scenarier for udviklingen. Dermed er der for disse et spænd i figuren, da produktionsmængderne af metanol påvirkes af tilgængelige mængder CO₂ fra punktkilderne.

Det er også medtaget i figuren, at metanolproduktionen kan påvirkes af udnyttelsen af overskudsvarmen fra PtX-anlæg, hvis CO₂-punktkildernes drift påvirkes af denne udnyttelse, hvilket ikke gør sig gældende for affaldsforbrændinger og industrier, da deres udledninger antages ikke at være begrundet i et behov for fjernvarmeproduktion.

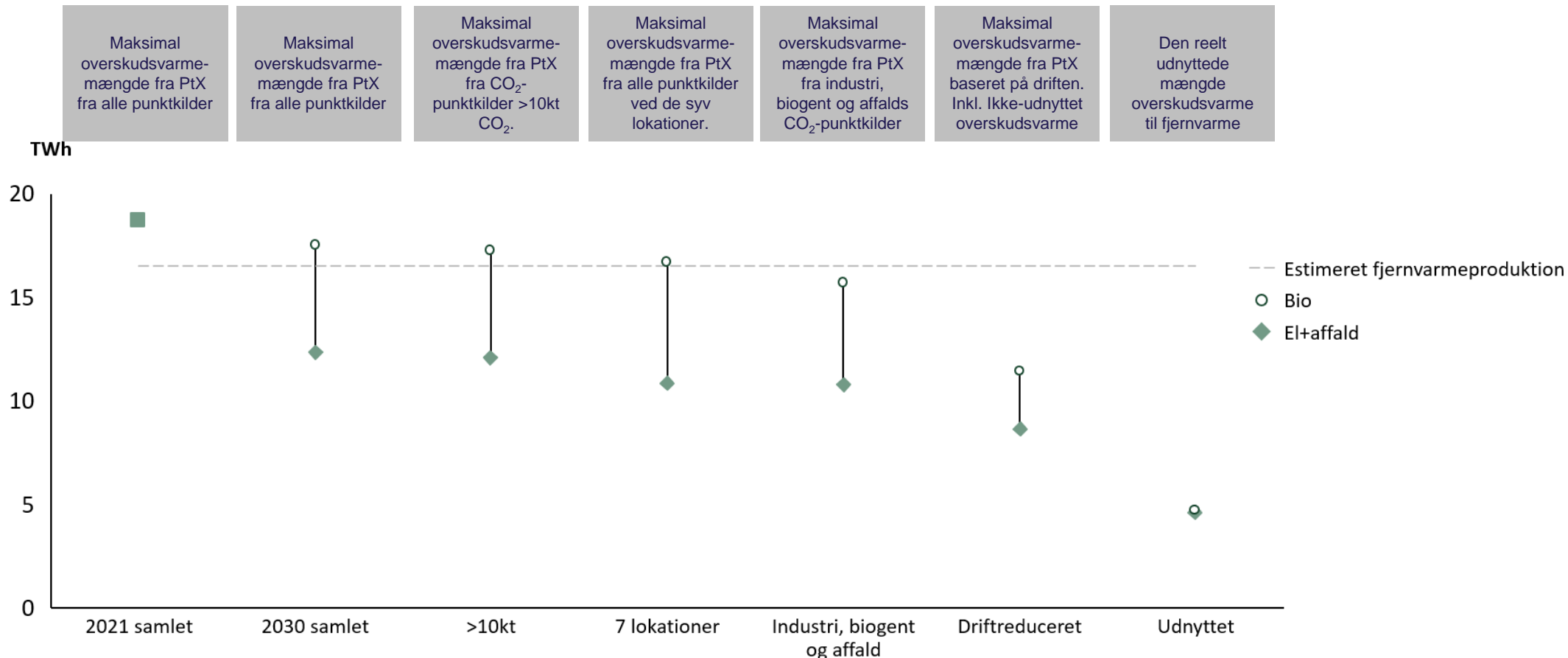
Det ses, at der er stor forskel på hvor meget metanol, der vil kunne produceres ved hver placering, hvor især placeringerne ved Amager og Avedøre potentielt kan resultere i store mængder metanol. Der er dog stor usikkerhed forbundet med Avedøre-placeringen i 2030, da det afhænger af udviklingen i fjernvarmeproduktionsteknologier i Storkøbenhavns fjernvarmesystem, herunder fremtiden for Avedøreværket.



6. Potentielle overskudsvarmemængder i 2030

For at vise hvad effekten af forskellige tiltag betyder for mængden af potentiel overskudsvarme fra PtX-anlæg, præsenteres de teoretisk mulige mængder baseret på de fundne CO₂-punktkilder i 2030, og de efterfølgende valg og ændringers effekt på disse mængder. Figuren viser spændet for de forskellige scenarier i forhold til udviklingen af fjernvarmesystemerne.

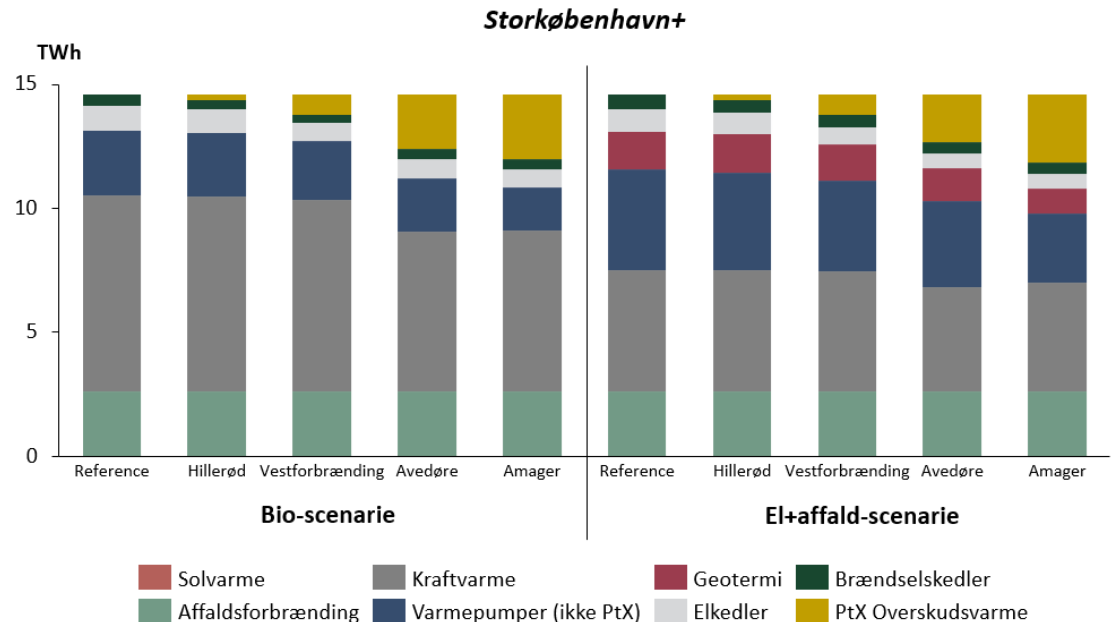
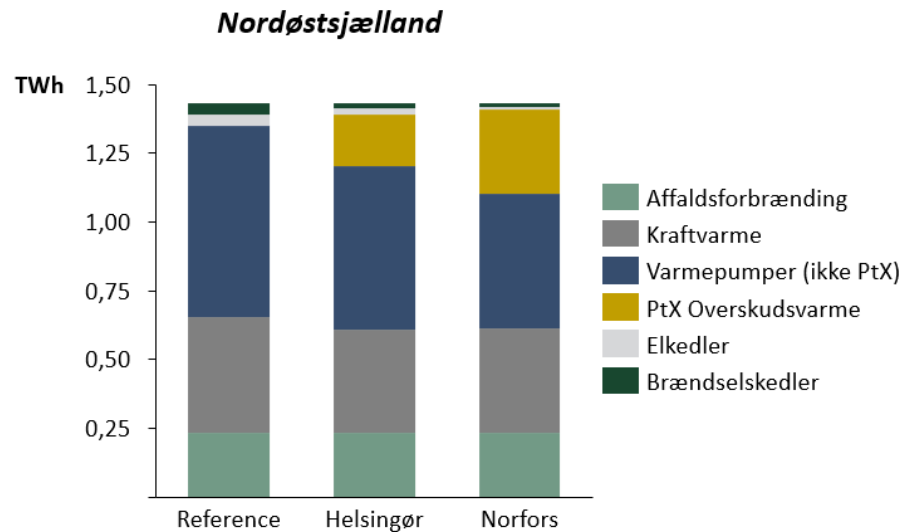
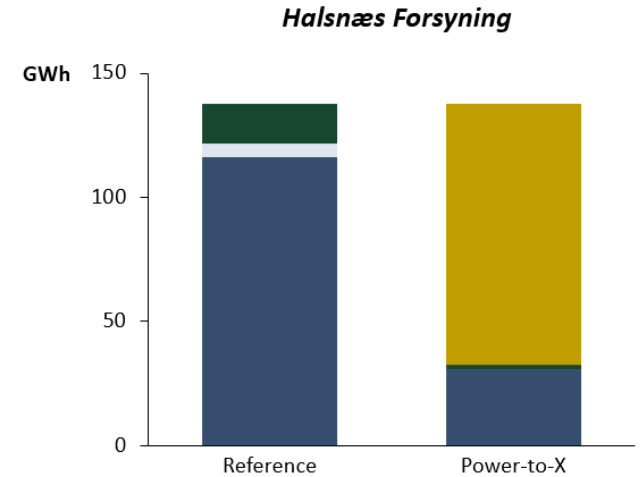
Som det ses, reduceres det teoretiske overskudsvarmepotentiale fra 2021 til 2030. Dette sker som følge af en reduktion i brugen af CO₂-udledende teknologier i fjernvarmen i perioden. Forskellige lokale forhold reducerer yderligere potentialet for udnyttelsen, hvorved kun omkring 27-37% af den teoretiske overskudsvarme i 2030 reelt kan udnyttes i fjernvarmesektoren. De to placeringer uden for Region Hovedstaden udgør 9-10% af 2030-potentialet. Yderligere investeringer i varmelagring og fjernvarmetransmissionskapacitet kan øge potentialet for udnyttelse af overskudsvarmen. Placeres flere PtX-anlæg i samme fjernvarmeområde, kan det derimod reducere muligheden for udnyttelse af overskudsvarmen.



6. Fjernvarmeproduktion i hvert scenarie i 2030

Figurene her viser fjernvarmeproduktionen, både med og uden udnyttelse af overskudsvarme i 2030-scenarierne for hver placering af PtX i denne forundersøgelse. Det bør bemærkes, at overskudsvarmemængderne her kun er den overskudsvarme, der udnyttes til fjernvarme igennem simuleringerne. Disse mængder er reduceret ift. det teoretisk mulige, da især lokale restriktioner i fjernvarmenettet og perioder med lavt fjernvarmeforbrug reducerer potentialet for udnyttelse af overskudsvarmen. Resultaterne er opdelt på de forskellige energisystemmodeller lavet for de forskellige fjernvarmesystemer.

Det ses, at overskudsvarme fra PtX potentielt kan udgøre en relativt stor del af den samlede fjernvarmeproduktion, afhængig af placeringen, jf. mængden af tilgængeligt CO₂ og begrænsninger i fjernvarmenettet. I de fleste tilfælde er det 5-20% af fjernvarmeproduktionen. Udnyttelsen af overskudsvarme fra PtX resulterer i mindre fjernvarmeproduktion fra kraftvarmeværker, varmepumper, elkedler og brændselskedler.

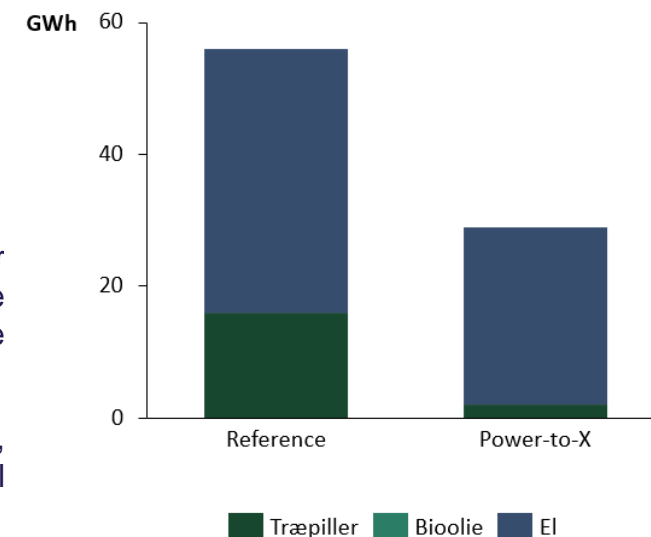


6. Brændselsforbrug i hvert scenarie i 2030

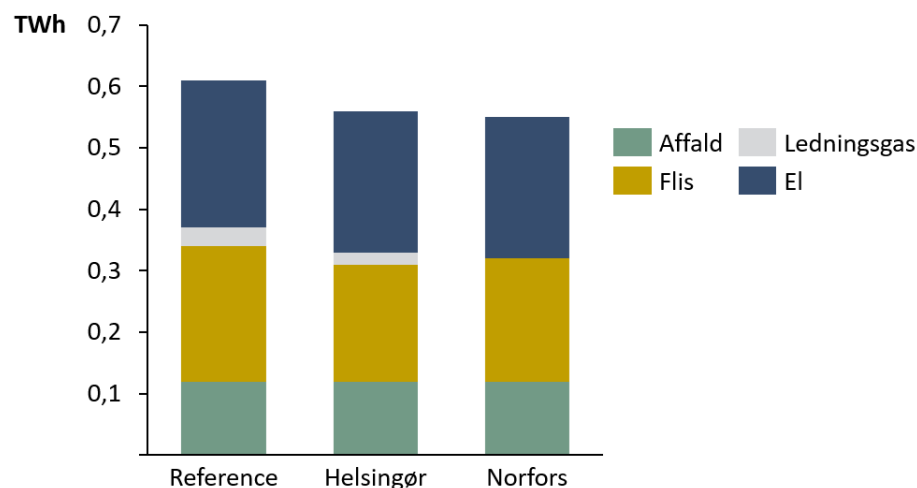
Som følge af udnyttelsen af overskudsvarme fra PtX-anlæg reduceres brændselsforbruget til fjernvarmeproduktion. Her vises brændselsforbrug (inkl. el) for de forskellige placeringer. Resultaterne er opdelt på de forskellige energisystemmodeller lavet for de forskellige fjernvarmesystemer. For kraftvarmeanlæg bruges 200%-reglen til at fordele brændselsforbruget mellem elproduktion og fjernvarmeproduktion.

Det ses, at udnyttelsen af overskudsvarme fra PtX især kan reducere forbruget af brændsler, især træpiller (op til 89%), ledningsgas (op til 90%) og flis (op til 17%) til kedler og kraftvarme, men også brugen af el til fjernvarmeproduktion (op til 8%), især til varmepumper.

Halsnæs Forsyning

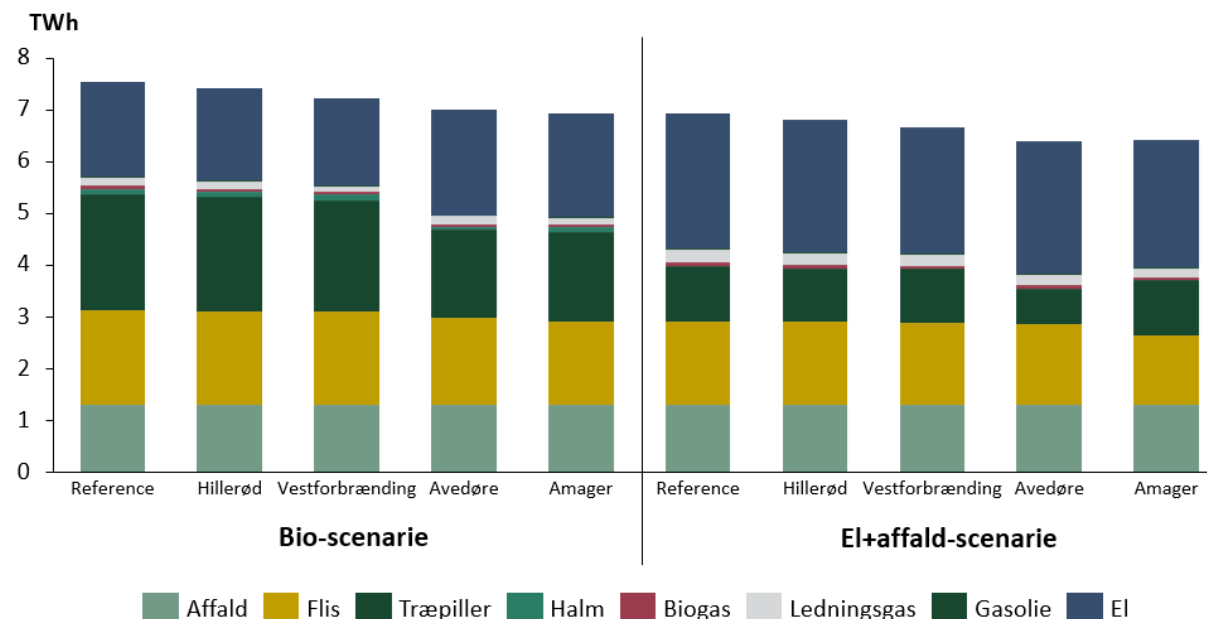


Nordøstsjælland



2030

Storkøbenhavn+



6. Fjernvarmescenarier for 2045

Til scenarier for 2045 bruges 2030-modellerne som udgangspunkt, dog med antagne omkostninger for 2045 (el, brændstof, osv.).

I modellen for FFH50 området af Storkøbenhavn+ laves fortsat to scenarier: et Bio scenarie, hvor der bibeholdes en reduceret kapacitet af biomassefyrede kraftvarmeværker, og et EI+affald scenarie, hvor alle biomassefyrede kraftvarmeværker er lukket og der i stedet produceres fjernvarme fra andre kilder, især varmepumper og geotermi.

Hvor 2030-modellerne er bygget på fjernvarmeværkernes egne planer og forventninger, så er dette ikke i samme omfang muligt for 2045-modellerne, da der her medtages ekstra udvidelser af fjernvarmeforsyningsområderne baseret på *Varmeplan Danmark 2021*. For at kunne levere fjernvarme til disse områder skal der tilføjes nye fjernvarmeproduktionsanlæg. Det gøres her simpelt ved at tilføje varmepumper til områder med store fjernvarmeudvidelser i 2045, således at spids- og reservelastkedler ikke benyttes unødigt meget i scenarierne.

Ligeledes forventes der en fortsat udvikling af fjernvarmeproduktionsteknologier frem mod 2045, som værkerne ikke har lagt planer for endnu. Analyserne i FFH50 dækker dog også forskellige langsigtede udviklingsplaner, men for fjernvarme uden for området omfattet af FF50 antages det, at den generelle udvikling i fjernvarmesystemet følger i samme spor, som beskrevet i *Varmeplan Danmark 2021* og *IDAs Klimasvar 2045*. Herved antages det, at biomassefyrede kraftvarmeværker nedlægges, og gasfyrede kraftvarmeværker anvendes i stedet i perioder hvor kapaciteten af vind, sol og import af el ikke kan dække elforbruget i Danmark. Placeringen af nye gasdrevne kraftvarmeanlæg vurderes ikke i dette studie, og de medtages ikke i disse analyser. Derfor fjernes de flisfyrede kraftvarmeværker i Helsingør og Hillerød i 2045-scenariet, og erstattes i stedet af en tilsvarende varmekapacitet af varmepumper.

For de placeringer, hvor de biomassefyrede kraftvarmeværker fjernes, og der ikke er anden CO₂-punktkilde tilbage, undersøges fortsat muligheden for udnyttelse af overskudsvarme fra PtX ved at erstatte det biomassefyrede kraftvarmeværk med flis-forgasning i stedet for at opsamle CO₂ fra en punktkilde.

Placeringen ved Frederikssund/Halsnæs Forsyning simuleres ikke for 2045, da denne placering primært er relevant jf. den lokale industris brændselsforbrug, og dennes fremtidige planer kendes ikke.

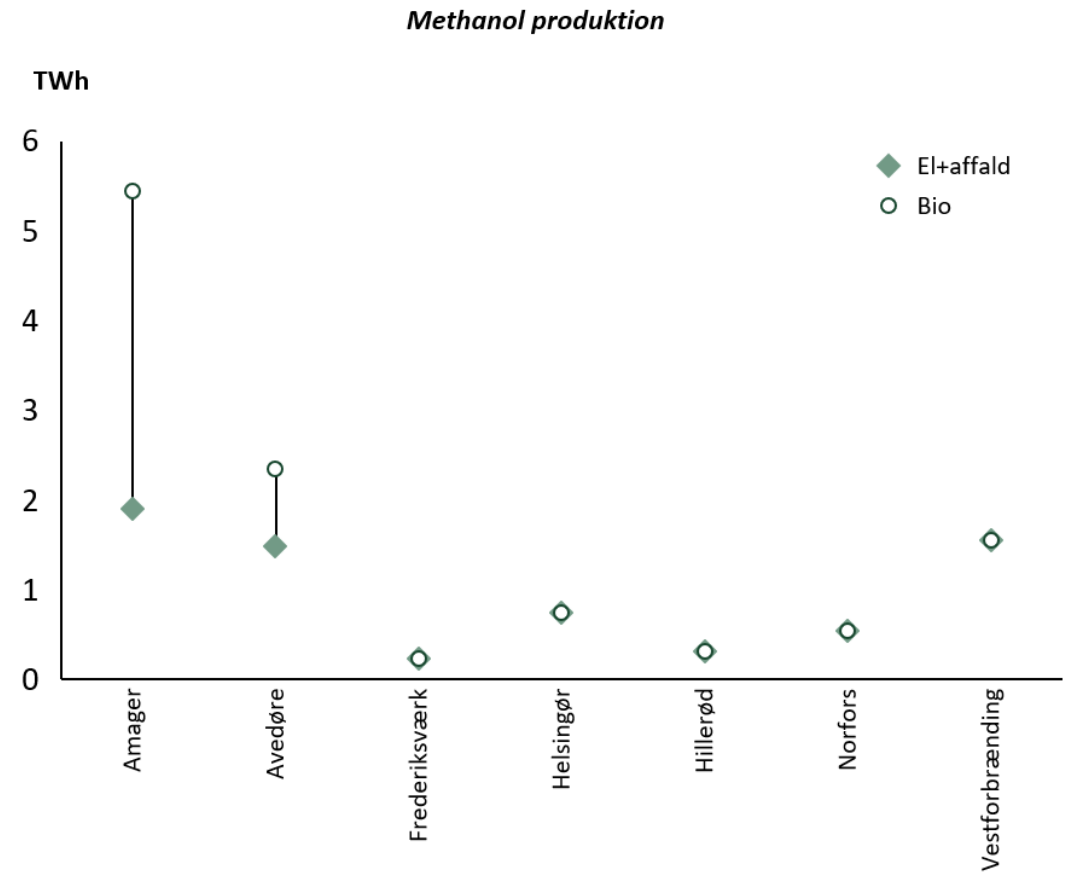
6. Metanolproduktion ved hver placering i 2045

Der er stor forskel på hvor meget metanol, der produceres ved hver placering, og dette afhænger af den tilgængelige mængde CO₂. Figuren til højre viser den årlige metanolproduktion ved hver placering i 2045.

For placeringer i Storkøbenhavn+ modellen (Amager, Avedøre, Hillerød og Vestforbrænding) er der to forskellige scenarier for udviklingen. For disse præsenteres et spænd på figuren, da produktionsmængderne af metanol påvirkes af tilgængelige mængder CO₂ fra punktkilder.

I figuren er også medtaget, at metanolproduktionen også kan påvirkes af udnyttelse af overskudsvarmen fra PtX-anlæg, hvis CO₂-punktkildernes drift påvirkes af denne udnyttelse. Dette gør sig ikke gældende for affaldsforbrændinger og industrier, da deres udledninger antages ikke at være begrundet i et behov for fjernvarmeproduktion.

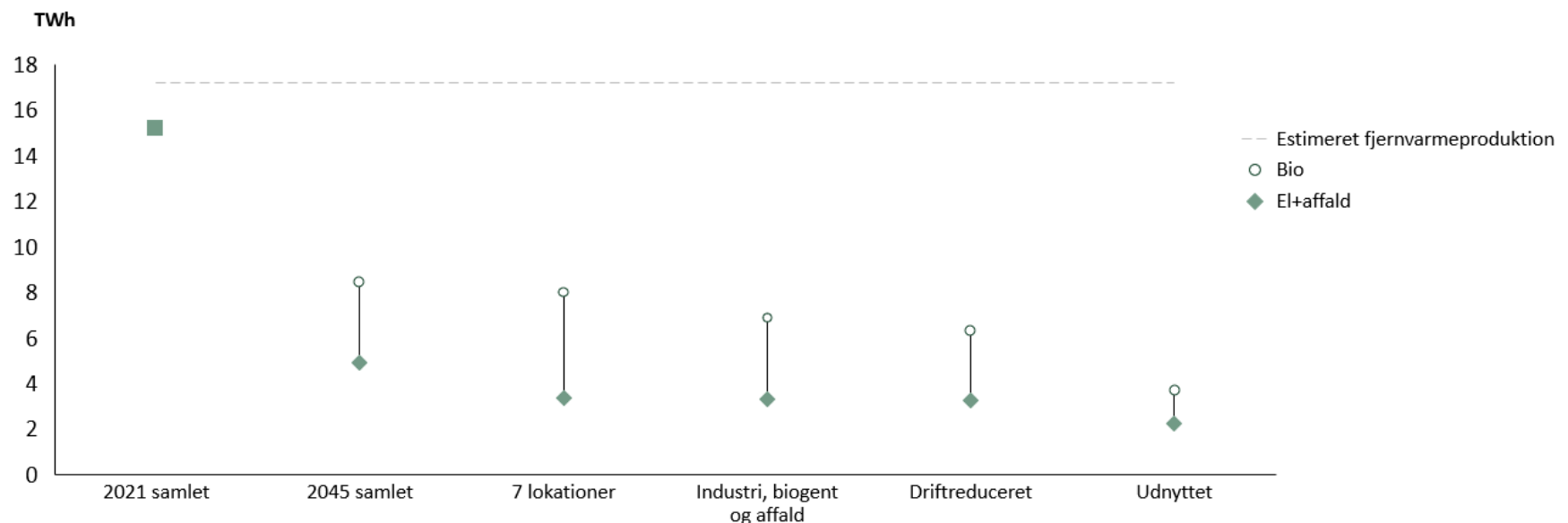
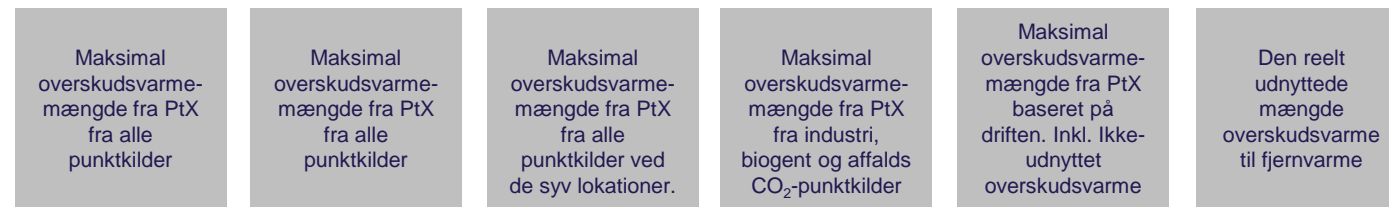
Som ved 2030 ses det, at der er stor forskel på, hvor meget metanol, der vil kunne produceres ved hver placering. Især placeringen ved Amager kan potentielt resultere i en relativt stor mængde metanol. Der er dog stor usikkerhed forbundet med denne placering, da produktionen afhænger af udviklingen i fjernvarmeproduktionsteknologier i Storkøbenhavns fjernvarmesystem herunder fremtiden for Amagerværket.



6. Potentielle overskudsvarmemængder i 2045

For at vise hvad effekten af forskellige tiltag betyder for mængden af potentiel overskudsvarme fra PtX-anlæg, præsenteres de teoretisk mulige mængder baseret på de fundne CO₂-punktkilder, og de efterfølgende valg og ændrings effekt på disse mængder. Overskudsvarmemængderne er mindre i 2045 ift. 2030, hvilket især skyldes mindre CO₂-udledning fra anlæg og mere effektive PtX-teknologier.

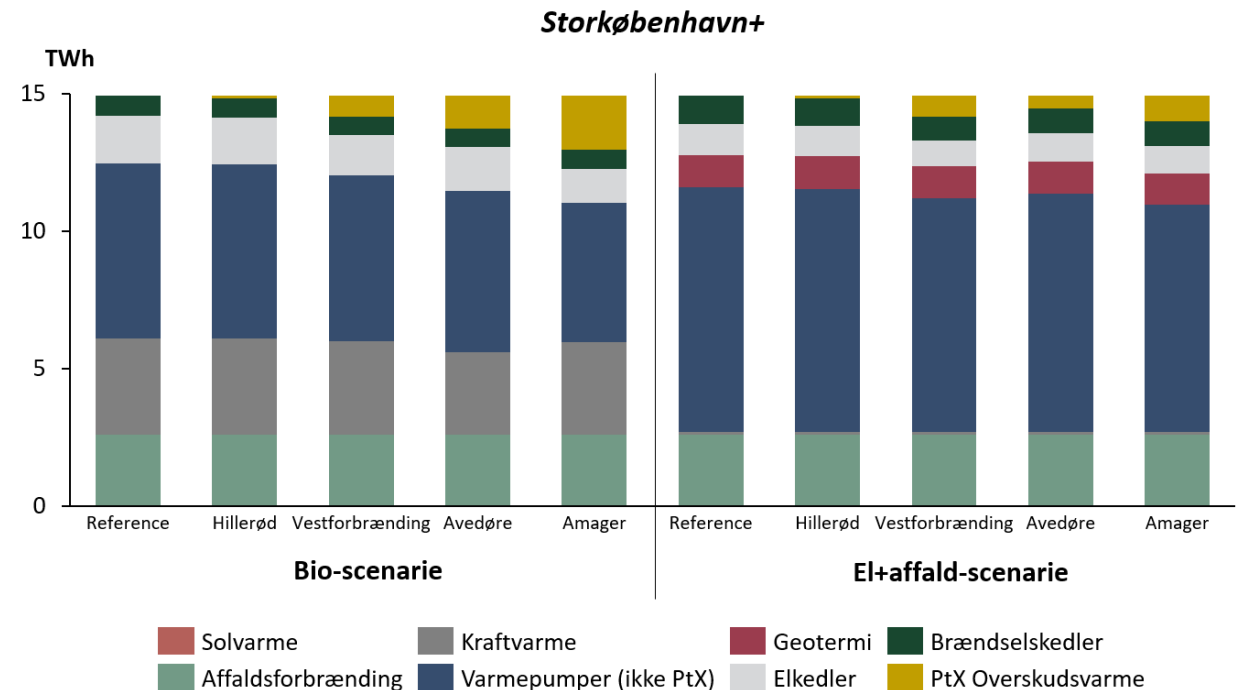
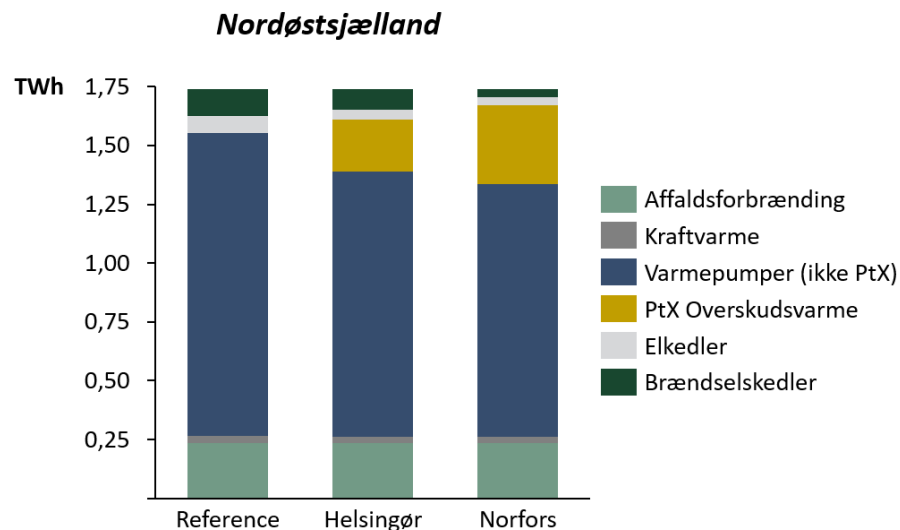
Som det ses, reducerer de forskellige lokale forhold yderligere potentialet for udnyttelsen ligesom ved 2030-scenarierne. I 2045 er det dog 43-46% af den teoretiske overskudsvarme, som reelt kan udnyttes i fjernvarmesektoren, hvilket er højere end i 2030-scenarierne. Dette skyldes, at den teoretiske overskudsvarmemængde også er mindre, hvorved det er muligt at indpasse en større andel af den. De to placeringer uden for Region Hovedstaden udgør 17-32% af 2045-potentialet. Yderligere investeringer i varmelagring og fjernvarmetransmissionskapacitet kan øge potentialet for udnyttelse af overskudsvarmen. Placeres flere PtX-anlæg i samme fjernvarmeområde, kan det derimod reducere muligheden for udnyttelse af overskudsvarmen.



6. Fjernvarmeproduktion i hvert scenarie i 2045

Figurene her viser fjernvarmeproduktionen, både med og uden udnyttelse af overskudsvarme i 2045-scenarierne, for hver placering af PtX i denne forundersøgelse. Det bør bemærkes, at overskudsvarmemængderne her kun er den overskudsvarme, der udnyttes til fjernvarme igennem simuleringerne. Disse mængder er reduceret ift. det teoretisk mulige, da især lokale netbegrænsninger og perioder med lavt fjernvarmeforbrug reducerer potentialet for udnyttelse af overskudsvarmen. Resultaterne er opdelt på de forskellige energisystemmodeller lavet for de forskellige fjernvarmesystemer.

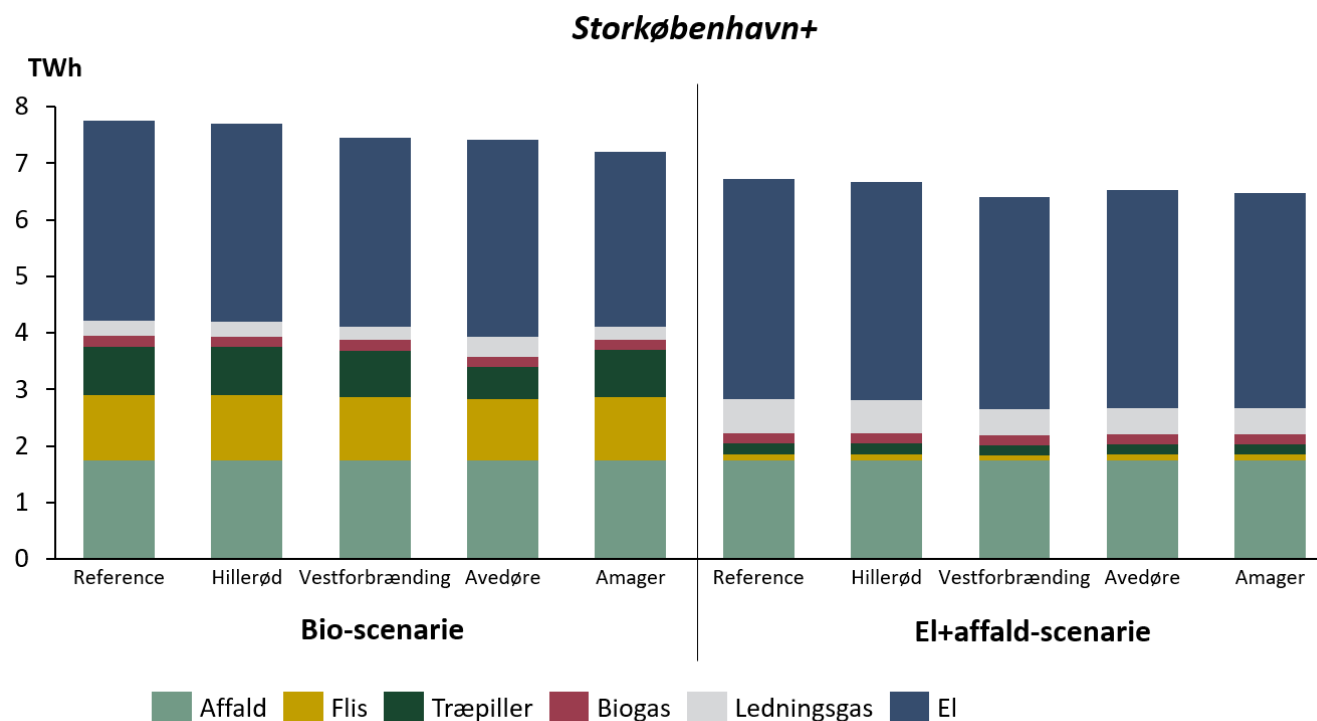
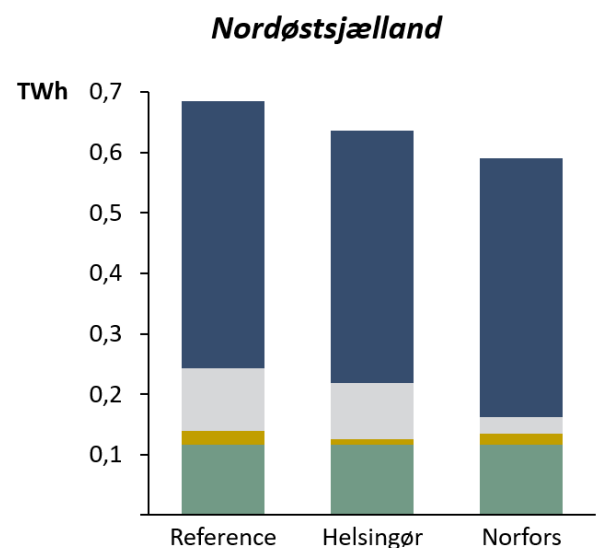
I 2045-scenarierne er der generelt mindre CO₂ tilgængeligt i punktkilderne, hvorved der også produceres mindre overskudsvarme til fjernvarmen fra PtX ift. 2030. Dette skyldes især, at i 2045-scenarierne spiller varmepumper en langt større rolle end i 2030-scenarierne, og herved resulterer udnyttelsen af overskudsvarme fra PtX især i en reduktion i produktionen af fjernvarme fra varmepumper. Afhængigt af scenariet udgør overskudsvarme fra PtX 1-19% af fjernvarmeproduktionen.



6. Brændselsforbrug i hvert scenarie i 2045

Som følge af udnyttelsen af overskudsvarme fra PtX-anlæg reduceres brændselsforbruget til fjernvarmeproduktion. Her vises brændselsforbrug (inkl. el) for de forskellige placeringer. Resultaterne er opdelt på de forskellige energisystemmodeller lavet for de forskellige fjernvarmesystemer. For kraftvarmeanlæg bruges 200%-reglen til at fordele brændselsforbruget mellem elproduktion og fjernvarmeproduktion.

Det ses, at udnyttelsen af overskudsvarme fra PtX især kan reducere forbruget af el (op til 13%), som her primært benyttes til varmepumper, men også reducerer forbruget af brændsler, især træpiller (op til 33%), ledningsgas (op til 73%) og flis (op til 60%) til kedler og kraftvarme.



Referencer

- [1] Dansk Fjernvarme, Grøn Energi, COWI, TVIS. Power-to-X og fjernvarme - Fjernvarme er nøglen til PtX-succes. 2022. <https://danskfjernvarme.dk/gronenergi/analyser/power-to-x-og-fjernvarme>
- [2] Energistyrelsen. Klimaaftaleanalyse 2 og 3. 2022. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/EI/hovedrapport_kaa_2_og_3.pdf
- [3] Brintbranchen. Brintprojekter i Danmark n.d. <https://brintbranchen.dk/brintprojekter-i-danmark/>
- [4] Lund H, Mathiesen BV, Thellufsen JZ, Sorknæs P, Chang M, Kany MS, et al. IDAs Klimasvar 2045 – Sådan bliver vi klimaneutrale. Copenhagen: Ingeniørforeningen IDA; 2021. <https://ida.dk/om-ida/det-arbejder-ida-for/klima-energi-og-cirkulaer-oekonomi/klimasvar>
- [5] Mathiesen BV, Lund H, Nielsen S, Sorknæs P, Moreno D, Thellufsen JZ. Varmeplan Danmark 2021 - En Klimaneutral Varmeforsyning. Aalborg, Denmark: 2021. <https://www.energyplan.eu/varmeplandk/>
- [6] Energistyrelsen, Energinet. Technology Data – Renewable fuels. 2023. <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger/teknologikatalog-fornybare>
- [7] Energistyrelsen. Energiproducenttællingen n.d. <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/data-oversigt-over-energisektoren>
- [8] European Environment Agency (EEA). European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) 2022. <https://industry.eea.europa.eu/download>
- [9] Forskningsgruppen for Bæredygtig Energiplanlægning (Aalborg Universitet). The Danish Heat Atlas. https://energymaps.eu/?page_id=33

Dette projekt er blevet til med støtte fra Region Hovedstadens Regionale Udviklingsmidler, og forskningsprojektet "PtX sector coupling and LCA", som er støttet af Innovationsfonden i partnerskabet MissionGreenFuels.



AALBORG UNIVERSITET

