

LOKALE VEDVARENDE ENERGI- RESSOURCER

Potentiale vurdering til
"Energi på tværs"



Ea Energianalyse



Region
Hovedstaden





Ea Energianalyse



Lokale vedvarende energiresourcer

Potentiale vurdering til "Energi på tværs"

April 2015

Udarbejdet af:

Ea Energianalyse
Frederiksholms Kanal 4, 3. th.
1220 København K
T: 88 70 70 83
E-mail: info@eaea.dk
Web: www.eaea.dk

Indhold

1	Forord	5
2	Sammenfatning	6
3	Fast biomasse.....	13
3.1	Halm.....	13
3.2	Energiafgrøder.....	14
3.3	Træ fra skov	19
3.4	Samlet potentialevurdering.....	22
4	Biogas	23
4.1	Anlæg i regionen i dag	24
4.2	Potentialevurdering.....	24
5	Affald	31
5.1	Genanvendelse	31
5.2	Affaldsfraktioner	33
5.3	Forbrændingseget affald	35
6	Vindkraft.....	37
6.1	Vindressourcer.....	37
6.2	Vindmølleplaner	39
6.3	Potentialevurdering.....	41
7	Solenergi	43
7.1	Solfangere.....	43
7.2	Solceller	44
7.3	Anlæg placeret på tagarealer	44
7.4	Anlæg placeret på marker	46
8	Geotermi.....	49
8.1	Potentialevurderinger	49

8.2	Teknologier til udnyttelse af geotermisk varme.....	51
9	Store varmepumper	52
9.1	Fordele og ulemper ved forskellige varmekilder.....	52
9.2	Tilkobling på fjernvarmenettet.....	53
9.3	Potentiale vurdering.....	53
10	Overskudsvarme	57
10.1	Industriel overskudsvarme	57
10.2	Virksomheder og industriområder	59
10.3	Potentiale vurdering.....	62
10.4	Fjernkøling	64
11	Referencer	66

1 Forord

Dette notat beskriver potentialerne for lokale vedvarende energiresourcer i hovedstadsregionen. Lokale vedvarende energiresourcer omfatter biomasse, biogas, vindkraft, solenergi, geotermi og affald. Dertil kommer potentialer i form af varmekilder, der kan udnyttes ved etablering af varmepumper samt potentialet for overskudsvarme (herunder fjernkøling).

Potentialeopgørelsen giver en status over regionens potentielle energiresourcer. Sammenholdt med senarierne giver dette et indblik i regionens selvforsyningsgrad og sammenhæng med resten af Danmark i forhold til ressourceudnyttelse. Scenarierne er beskrevet i rapporten ”Energiscenarier for Region Hovedstaden”.

Potentialet for energibesparelser er opgjort i et selvstændigt notat ”Energibesparelser og fleksibelt elforbrug”. Denne potentialevurdering omfatter besparelser af el til forskellige anvendelsesformål, rumvarme og procesvarme, samt og fleksibelt elforbrug. Der er desuden udarbejdet et temanotat om energibesparelser hvor energibesparelsers rolle i omstillingen til 100% vedvarende energi, centrale problemstillinger samt virkemidler er behandlet.

Dette notat omfatter en potentialevurdering af affaldsressourcen. For mere information om affaldsforbrændingskapacitet og regulering af affaldssektoren henvises til temanotatet ”Affald”.

2 Sammenfatning

Hovedstadsregionen dækker Storkøbenhavn, Nordsjælland og Bornholm, hvor der er en stor andel af bebyggelse, men også en vis mængde landbrug og skov uden for byerne. Nedenstående tabel giver et overblik over arealanvendelsen i regionen.

Anvendelse	Areal (km ²)	Andel	Andel i Danmark
By, vej og anlæg	1493	58 %	10 %
Sø, eng og mose			7 %
Landbrug	610	24 %	66 %
Skov	456	18 %	16 %
I alt	2.559	100 %	100 %

Tabel 1: Arealanvendelse i hovedstadsregionen og i Danmark.

Det fremgår, at landbrugsarealet er betydeligt lavere end i resten af Danmark, mens skovarealet er ca. på niveau med resten af landet.

I det følgende vil resultatet af potentiale vurderingen blive opsummeret for hver energikilde.

Fast biomasse

Fælles for de faste biomassepotentialer i denne opgørelse er at de relaterer sig snævert til den nuværende arealanvendelse i regionen. Landbrugsarealer til fødevarer og energiproduktion er ikke nødvendigvis i statisk forhold og arealer kan omlægges både til andet formål og anden afgrøde. Hvad jordejere vælger at udnytte arealerne til afhænger af markedspriser, jordbundsforhold mv. Der er således stor mulighed for at forskellige afgrøder kan erstattes hinanden. Samlet set er der vurderet at være 5,2 PJ fast biomasse til energiuudnyttelse ved afbrænding til rådighed i regionen. Heraf udgør halm 42 %, energiafgrøder 26 % og træ fra skove 32 %. Potentiale vurderingen viser således at hvis hele potentialet for produktion af faste biobrændsler blev udnyttet kunne det dække 24% af forbruget i basisåret 2012. Siden 2012 er forbruget i regionen steget, og der vil således også i fremtiden være brug for at importere fast biomasse til regionen.

Biogas

Samlet set er potentialet for hovedstadsregionen fra husdyrgødning/gylle ca. 500 TJ. Boostes dette med organisk affald og majsensilage bliver potentialet ca. 1 PJ. Dette må antages at være en øvre grænse for potentialet. Der skal ca.

3.700 ha dedikeret til majsensilageproduktion til at dække behovet for den boostede biogas produktion, hvilket svarer til ca. 4% af det samlede landbrugsareal. En udnyttelse af det fulde biogaspotential betyder at der vil ske en nedgang i andre ressourcer – enten fødevarerproduktion eller anden udnyttelse af arealerne til energiproduktion. Knap 80% af kapaciteten fra rensningsanlæg udnyttes allerede til biogasproduktion. Hvis den resterende kapacitet kunne udnyttes med samme effekt, ville den samlede ressource fra rensningsanlæg kunne øges fra ca. 330 TJ til ca. 400 TJ biogas.

Affald

En stor del af affaldet i hovedstadsregionen genanvendes. I 2013 var genanvendelsesprocenten for regionen som helhed 56%, og langt største delen af kommunerne havde i 2013 en genanvendelsesprocent på over 50%.

Andelen, der går til forbrænding er noget højere i regionen end landsgennemsnittet. Samlet set produceres lige knap 950.000 tons forbrændingseget affald i alt i regionen i dag med et energiindhold på ca. 10 PJ. Med ressourcestrategien fra oktober 2013 lægges der op til, at affaldsmængderne til forbrænding skal nedbringes, men samtidig ventes nye ressourcer som shredderaffald tilført forbrændingsanlæggene. Det betyder, at mængderne forventes at aftage frem til 2035, hvor det forventes at ligge på ca. 820.000 tons/år hvilket svarer til ca. 10 PJ varmeproduktion idet energiindholdet i det forbrændingseget affald forventes at stige.

I ressourcestrategien lægges der som nævnt op til, at mindst 50 % den organiske del, pap, papir, plast, glas og metal fra husholdningsaffald genanvendes, hvilket vil kræve en højere grad af kildesortering af dagrenovation. Størstedelen af husholdningsaffaldet består af dagrenovation, der både indeholder våde og tørre fraktioner. Som alternativ til forbrænding kan den organiske del af affaldsressourcen fra dagrenovation udnyttes af teknologier med biologisk nedbrydning og med udsortering af genanvendelige materialer (plast, pap, træ) fra den tørre fraktion af husholdningsaffaldet. I opsamlingstabellen og figurerne i dette afsnit er der fastholdt samme andel af nedbrydeligt affald (55%) og ikke-nedbrydeligt affald (45 %) som for baseline året 2012, således at affalds bidrag til den samlede VE ressource er 5,5 PJ.

Vindkraft

I hovedstadsregionen er der samlet set installeret 110 MW hvoraf knap halvdelen er placeret som kystnære havvindmøller og således ikke tæller direkte med i kommunernes energiregnskaber. Hovedstadsregionen er den region i Danmark med mest begrænsede vindressourcer. Samtidig har regionen en høj

befæstningsgrad – og de fleste kommuner i regionen har en høj befolknings-tæthed. Der er imidlertid stadig et relevant potentiale for vindkraft, som ikke umiddelbart er planlagt realiseret. Arealer som kunne være anvendt til andet formål er for landvindmøller meget begrænset, idet jorden omkring land-vindmøller fortsat kan bruges til landbrug. Planlægningsmæssige barrierer vurderes imidlertid at have større betydning end den tilgængelige ressource. Ud over landvindmøller kan kommunerne bidrage til et mere vindbaseret energisystem i Danmark ved at investere i vindmøller på land og vand uden for regionens grænser.

Gennemgangen af planerne for kommunerne i hovedstadsregionen viser, at fire kommuner har planer for opstilling af vindmøller. Samlet set kan de plan-lagte vindmøller forventes at producere i omegnen af 1500 GWh/år, heraf dog kun ca. 110 GWh fra landvind i regionen. Dertil ca. 250 GWh fra landvind uden for regionen og ca. 1140 GWh fra havvind. En stor del af de planlagte havvind møller kan blive kystnære møller i regionen.

Solenergi

Solceller

I potentiale vurderingen for solceller er det antaget at 12,5% af tagarealet er egnet til at opsætte solceller og at 5% af landbrugsarealet kan udnyttes til markbaserede solcelleanlæg. Dette giver et samlet potentiale på ca. 7,8 PJ eller ca. 2,2 TWh. Dette svarer til en samlet effekt på ca. 2.400 MW. Med sti-gende virkningsgrader for solceller fremadrettet pga. den teknologiske udvik-ling kan potentialet øges; på langt sigt måske op til det dobbelte niveau. Der er i hovedstadsregionen på nuværende tidspunkt installeret ca. 74 MW solcel-lekapacitet fordelt på godt 11.000 anlæg.

Solvarme

Ud fra tilsvarende forudsætninger er der lavet en vurdering af produktionspo-tentialet, hvis hhv. tagarealet og landbrugsarealet i stedet blev anvendt til solvarmeanlæg. Da virkningsgraden for solvarmeanlæg er højere end for sol-celleanlæg, er produktionspotentialet knap tre gange større. Solvarmepro-duktionspotentialet udgør i alt knap 26 PJ for regionen som helhed, hvis man udnytter alle relevante tagflader samt 5% af landbrugsarealet. Til sammenlig-ning ligger den samlede fjernvarmeproduktion ca. 38 PJ i dag. I nogle kommu-ner overstiger solvarmeproduktionspotentialet på årsbasis det lokale fjern-varmebehov, hvilket vil begrænse udnyttelsen af potentialet. En vigtig be-grænsning er desuden sæsonbetingelserne. I et fjernvarmesystem uden sæ-sonlager kan man erfaringsbaseret nå 20-25 % dækning med solvarme. Der-som man har anden grundlast, der skal køre om sommeren (fx affald), falder dette potentiale.

For både solcelle- og solvarmeanlæg placeret på landbrugsjord vil en udnyttelse af potentialet betyde, at der vil ske en nedgang i andre ressourcer – enten fødevareproduktion eller anden udnyttelse af arealerne til energiproduktion ligesom tilfældet er med det boostede biogaspotentiale. For solceller og solvarme på tage udelukker det ene potentiale det andet og en fordeling mellem den forskellige udnyttelse skal foretages. **I Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** er der antaget at 5 % af landbrugsarealet anvendes til solceller og yderligere 5 % anvendes til solfangere. For anlæg opsat på tage er det antaget at halvdelen bruges til solceller og halvdelen anvendes til solfangere. Dette giver i alt ca. 6 PJ elproduktion fra solceller og ca. 19 PJ varmeproduktion.

Geotermi

Samlet set forventes det tekniske potentiale for geotermi i hovedstadsregionen at være stort. Begrænsningerne ligger i lokale geologiske forhold og økonomiske skala begrænsninger. Geotermianlæg kræver både en injektionsboring og en produktionsboring og vil typisk have en produktion i omegnen af 10 MW geotermisk varme. Fjernvarmesystemet skal således have et relativt stort efterspørgselsgrundlag for at det er relevant at udnytte det geotermiske potentiale.

For størstedelen af hovedstadsregionen vil potentialet for at integrere geotermi være meget stort grundet de store og sammenhængende fjernvarmesystemer. Det maksimale potentiale som kan udnyttes i fjernvarmesystemet vurderes at være ca. 15 PJ (halvdelen af fjernvarmeforbruget, når produktionen baseret på affald er fratrasket). Derudover vurderes de lokale geologiske forhold og investeringsomkostninger at være de største begrænsende faktorer for realisering af det geotermiske potentiale.

Store varmepumper

Varmelagring kan spille en vigtig rolle for fremtidens fleksible energisystem. På grund af skalaøkonomi samt mulighederne for sammenkobling vil varmepumper, solvarme m.v. der er koblet til fjernvarmen have større systemværdi ind de individuelle løsninger. Derfor er potentialet for store varmepumper opgjort særskilt.

Potentiale vurderingen viser at der i hovedstadsregionen vil kunne tilkobles 152 MW(varme) varmepumper til fjernvarmenettet med spildevand og drikkevand som varmekilde, med en total årlig produktion på ca. 2,2 PJ. Dette ville svare til 6% af fjernvarmeforbruget i dag. En del af kommunerne har desuden mulighed for at udnytte havvand- og søvand som varmekilde. Dette har dog sine udfordringer i form af bl.a. temperatursvingninger og meget kold

varmekilde om vinteren og deraf følgende lav virkningsgrad (COP). For at kunne medregne hele potentialet fra store varmepumper som vedvarende energi er det en forudsætning at den el som bliver brugt som drivenergi også er produceret på vedvarende energikilder. Dette er forudsat i opsamlingsstabellen og figurerne for det samlede VE potentiale i hovedstadsregionen.

En væsentlig begrænsning for udnyttelsen af store varmepumper er, de som hovedregel bør tilsluttes distributionsnettet, hvor temperaturniveauet er lavere end på transmissionsnettet. Der er dog erfaringer fra andre lande med, at hav- og søvand kan anvendes som varmekilder til varmepumper tilkoblet fjernvarmesystemer. Eksempelvis har Stockholm 400 MW tilkoblet fjernvarmesystemet.

Overskudsvarme

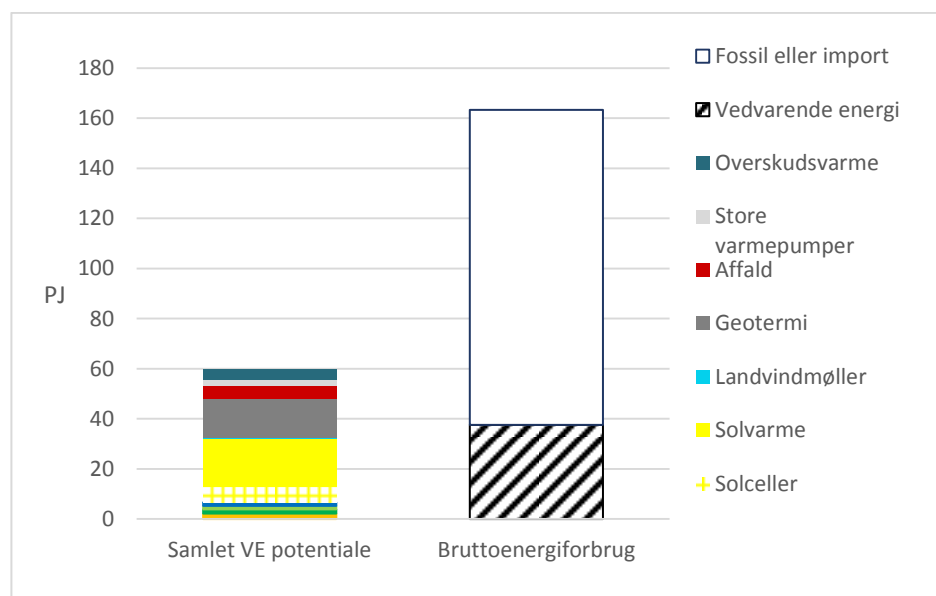
Bygningsejere og virksomheder, der har et kølebehov, har mulighed for at udnytte overskudsvarmen fra kølingen til at producere varme til sig selv og dermed spare køb af fjernvarme. Derudover kan overskudsvarme med fordel udnyttes som billig varmeproduktion i fjernvarmesystemer. Potentialet for overskudsvarme er opgjort med udgangspunkt i virksomhederne i hovedstadsregionen. Vurderingen omfatter kvote- og aftalevirksomheder, mellemstore virksomheder, indkøbscentre, erhvervsområder, datacentre samt handels og servicevirksomheder. Samlet set vurderes der at være et potentiale for industriel overskudsvarme i hovedstadsregionen på knap 1 PJ. Hertil kommer et potentiale fra handel og service (offentlig og privat) samt landbrug. Overskudsvarmen fra disse sektorer som kan udnyttes i fjernvarmesystemet ved samproduktion af fjernvarme og fjernkøling er estimeret til 3,4 PJ.

Samlet oversigt over potentialer

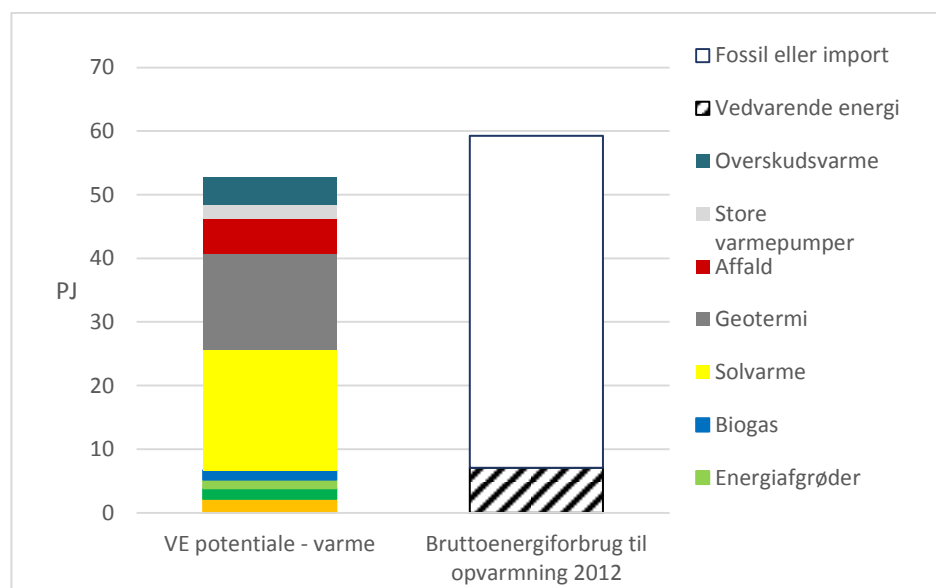
Potentialerne er sammenfattet i figurerne og tabellen nedenfor. I Figur 1 sammenlignes regionens samlede VE potentiale med det samlede bruttoenergiforbrug i 2012. Figuren viser at VE potentialet kan dække 37 % af bruttoenergiforbruget (inkl. transport) i regionen.

Figur 2 viser VE potentialet for de kilder der umiddelbart kan indgå i varmeproduktion sammenlignet med bruttoenergiforbrug til opvarmning i hovedstadsregionen i 2012. Figuren viser at hvis alle disse ressourcerne allokeres til varmeproduktion kan det dække 89 % af bruttoenergiforbrug til opvarmning i 2012. Figur 3 viser residualen – de VE ressourcer som producerer el – sammenlignet med elforbruget i 2012. Potentialet for landvindmøller og solceller svare til ca. 23 % af regionens elforbrug i 2012.

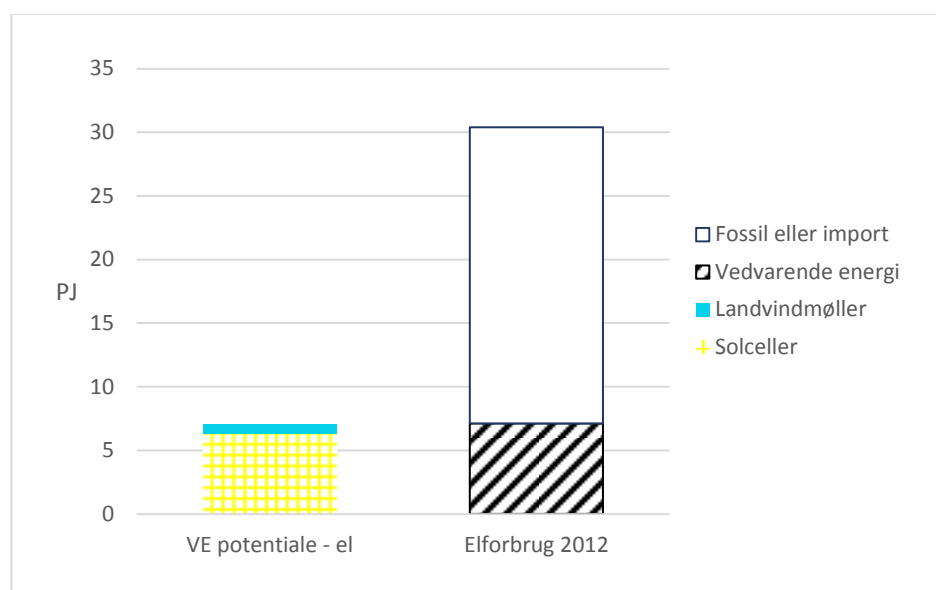
Der er ikke overlap mellem ressourcepotentialer vist i Figur 2 og Figur 3, selv om flere af ressourcerne i Figur 2 i princippet også ville kunne bruges til at producere el. Samlet viser figurerne, at hovedstadsregionen i høj grad vil være afhængig af import af vedvarende energiresourcer, hvis de fossile brændsler skal udfases.



Figur 1: Samlet ressourcepotentialer for vedvarende energiresourcer i hovedstadsregionen, samt samlet bruttoenergiforbrug (inkl. transport) i hovedstadsregionen i 2012.



Figur 2: Ressourcepotentialer til varme for vedvarende energiresourcer i hovedstadsregionen, samt bruttoenergiforbrug til opvarmning i hovedstadsregionen i 2012.



Figur 3: Ressourcepotentiale til el for vedvarende energiresourcer i hovedstadsregionen (her er alene medtaget landvindmøller og solceller for ikke at have overlap med potentialet som er "brugt" til varme i Figur 2), samt elforbruget i hovedstadsregionen i 2012.

Energikilde	Samlet VE potentiale	Bruttoenergi-forbrug	Bruttoenergi-forbrug til opvarmning 2012	Elforbrug 2012
Halm	2.200			
Træ ¹	1.656			
Energiafgrøder	1.381			
Biogas	1.413			
Solceller	6.313			
Solvarme	18.921			
Landvindmøller ²	780			
Geotermi ³	15.155			
Affald ⁴	5.500			
Store varmepumper ⁵	2.160			
Overskudsvarme	4.397			
Vedvarende energi		37.647	10.045	7.112
Fossil eller import		125.657	49.227	23.280
I alt	59.876	163.304	59.272	30.391

Tabel 2: Potentialer i hovedstadsregionen samt bruttoenergiforbrug i 2012 (TJ/år). 1) Potentialeopgørelse for træ for 2020. 2) Planlagte og eksisterende vindmøller placeret inden for regionen. 3) Geotermi potentiale svarende til 50% af fjernvarmeforbruget fratrukket produktionen baseret på affald. 4) 45% af affaldsressourcen forudsættes at være nedbrydelig. 5) Driven energien til varmepumperne forudsættes at være vedvarende energi.

3 Fast biomasse

Potentialet for fast biomasse relaterer sig i denne opgørelse snævert til arealanvendelsen i regionen. Således tages der udgangspunkt i en kortlægning af landbrugsareal og skovareal (nåle og løvtræer). På denne baggrund kan potentialet for halm og raps, energiafgrøder og træ fra skov vurderes.

3.1 Halm

Potentialet for udnyttelse af halm baseres på standardværdier for udbytte pr. hektar, der kan beregnes på basis af oplysninger fra Danmarks Statistik og 2012 arealkortlægningen fra CO₂-beregneren (DEC, 2013). De relevante afgrødekategorier er her: vårsæd, vintersæd og raps. Der findes ikke særskilte udbyttelniveauer for kommunerne. Ud over energiformål bruges halmressourcen også til foder og strøelse, samtidig med at en vis andel ikke bjærges, men tilbageføres til jorden. Den mængde, der bruges til foder og strøelse, er derfor fratrasket den samlede mængde halm i forbindelse med kortlægningen af potentialet. Der anvendes regionale nøgletal for halmanvendelsen (DST, 2013).

Der er regnet med, at det potentielt er muligt at udnytte 80 % af halmmængden til energiformål, efter foder og strøelse er fratrasket (Jørgensen et al. 2008). Med disse forudsætninger fås, at ca. 35 % af halmressourcen (målt i ton) potentielt kan udnyttes til energiformål, uden at dette tager af den del af ressourcen, som i dag udnyttes til foder og strøelse. Til beregning af energiudbyttet er der for halm anvendt en brændværdi på 14,5 GJ/ton.

Nedenstående tabel viser hovedstadsregionens halmpotentiale til energiudnyttelse. Tabellen viser at potentialet samlet set er knap 152.000 tons svarende til 2,2 PJ. Til sammenligning har den halmfyrede kedel på Avedøreværkets blok 2 (AVV2) et forbrug på op til ca. 170.000 ton halm om året. Det samlede potentiale i hovedstadsregionen er således lidt mindre end AVV2 bruger årligt. Med undtagelse af Bornholm er AVV2 på nuværende tidspunkt det eneste halmfyrede kraftvarmeværk i hovedstadsregionen. Knap 40% af halmpotentialet findes på Bornholm og det vil være mest realistisk at denne ressource udnyttes lokalt, således vil det også på sigt være nødvendigt at importere halm fra fx Region Sjælland som har en væsentligt større halmpotentiale end hovedstadsregionen.

Kommune	Hektar med halm i alt	Halm til energiuudnyttelse (ton/år)	Halm til energiuudnyttelse (GJ/år)
Albertslund	13	31	456
Allerød	1.497	3.729	54.072
Ballerup	130	324	4.693
Bornholm	24.027	59.856	867.906
Brøndby	19	46	672
Dragør	173	431	6.252
Egedal	3.491	8.697	126.102
Fredensborg	2.049	5.104	74.003
Frederiksberg	0	0	0
Frederikssund	9.404	23.426	339.674
Furesø	354	883	12.797
Gentofte	0	0	0
Gladsaxe	0	0	0
Glostrup	0	0	0
Gribskov	6.653	16.573	240.313
Halsnæs	2.163	5.388	78.133
Helsingør	1.691	4.213	61.091
Herlev	0	0	0
Hillerød	5.244	13.063	189.406
Hvidovre	25	61	886
Høje Taastrup	2.371	5.908	85.660
Hørsholm	275	684	9.918
Ishøj	841	2.094	30.361
København	0	0	0
Lyngby-Taarbæk	99	246	3.565
Rudersdal	297	740	10.725
Rødovre	0	0	0
Tårnby	143	355	5.153
Vallensbæk	0	0	0
I alt	60.956	151.851	2.201.839

Tabel 3: Potentiale for halmudnyttelse til energi i hovedstadsregionen.

3.2 Energiafgrøder

Potentialet for energiafgrøder beregnes med udgangspunkt i 2012 arealkortlægningen fra CO₂-beregningen (DEC, 2013) og regionale værdier for gennemsnitsoutput af helsæd, korn og raps i Danmarks Statistik HST77 som beskrevet i Energistyrelsens kortlægningsvejledninger¹ (Energistyrelsen, 2014; Energistyrelsen, 2014). Alternativt kunne landbrugsarealer omlægges til dedi-

¹ Der er ikke elefantgræs arealer registreret i regionen, og dette indgår derfor ikke i potentialevurderingen.

kerede energiafgrøder. Der er således til sammenligning beegnet hvad energiudbyttet ville være hvis arealet som i beregningerne antages at gå til energiproduktion i stedet omlægges til energipil.

I potentiale vurderingen bruges arealerne for korn (majs, vårsæd, vintersæd), raps, pil og anden energiskov samt elefantgræs. Vurderingen af fremtidigt potentiale er bundet op på, at arealanvendelsen og arealet til rådighed i sidste ende vil afhænge af en politisk afvejning mellem produktion af energiafgrøder, fødevareproduktion og naturbeskyttelse. Der er i beregningerne antaget at 15 % af kornressourcen, 90 % af rapsressourcen samt hele udbyttet fra pil og anden energiskov (Energistyrelsen, 2014). Der er brugt følgende nøgletal for ressourcernes brændværdi: korn: 15 GJ/ton, rapsfrø: 25 GJ/ton og energipil (50 % vandindhold): 8 GJ/ton.

Der er i potentiale vurderingen ikke regnet på et effektivitetspotentiale i landbruget – at teknologisk og dyrkningsmæssig udvikling betyder at der kan produceres det samme på mindre areal og der derved frigøre arealer til energiafgrøder uden at det påvirker produktionen i øvrigt.

Tabel 4 nedenfor viser en samlet opgørelse af energiudbyttet for energiafgrøder i hovedstadsregionen. De følgende tabeller viser potentialet fordelt på hektar, det totale udbytte i ton, udbyttet til energi i ton samt energiudbytte for hhv. korn, (majs, vårsæd, vintersæd), raps, pil og anden energiskov. Samlet ser er ressourcen på knap 1,4 PJ svarende til godt 1% af regionens samlede brændselsforbrug.

Potentialet fra energiafgrøder er samlet set opgjort til 1,38 PJ/år, heraf 62% fra korn. Der er i der er i potentiale vurderingen regnet med at 15% af kornressourcen anvendes til energiformål. Det er ofte ikke velanset at bruge fødevarer direkte til energiproduktion. Blev 15% af arealet i stedet omlagt til energipil ville energiudbyttet være 770.817 GJ/år altså ca. 90% af energiudbyttet fra korn. Dertil skal halm ressourcen også reduceres med 15%.

Kommune	Korn (GJ/år)	Raps (GJ/år)	Pil og anden energiskov (GJ/år)	Energiafgrøder (GJ/år)
Albertslund	186	0	0	4.643
Allerød	20.212	12.639	232	33.083
Ballerup	1.912	0	0	1.912
Bornholm	369.080	100.307	319	469.705
Brøndby	274	0	0	274

Dragør	2.547	0	40	2.587
Egedal	45.258	39.511	925	85.694
Fredensborg	26.805	20.641	1.155	48.601
Frederiksberg	0	0	0	0
Frederikssund	120.279	129.808	1.292	251.379
Furesø	5.213	0	0	5.213
Gentofte	0	0	0	0
Gladsaxe	0	0	0	0
Glostrup	0	0	0	0
Gribskov	91.878	72.260	2.036	166.174
Halsnæs	28.595	31.868	2.871	63.334
Helsingør	22.468	14.769	1.334	38.571
Herlev	0	0	0	0
Hillerød	68.701	58.436	3.303	130.440
Hvidovre	361	0	0	361
Høje Taastrup	32.135	17.433	72	49.640
Hørsholm	3.788	1.533	0	5.321
Ishøj	12.217	921	0	13.137
København	0	0	0	0
Lyngby-Taarbæk	1.452	0	0	1.452
Rudersdal	3.812	3.384	0	7.195
Rødovre	0	0	0	0
Tårnby	2.115	0	0	2.115
Vallensbæk	0	0	0	0
Hovedstadsregionen	859.286	503.510	13.579	1.380.832

Tabel 4: Potentielt energiudbytte fra energiafgrøder.

Kommune	Areal (ha)	Udbytte, total (ton)	Udbytte til energi (ton)	Energiudbytte (GJ)
Albertslund	13	83	12	186
Allerød	1.374	8.983	1.347	20.212
Ballerup	130	850	127	1.912
Bornholm	25.082	164.036	24.605	369.080
Brøndby	19	122	18	274
Dragør	173	1.132	170	2.547
Egedal	3.076	20.115	3.017	45.258
Fredensborg	1.822	11.913	1.787	26.805
Frederiksberg	0	0	0	0
Frederikssund	8.174	53.457	8.019	120.279
Furesø	354	2.317	348	5.213
Gentofte	0	0	0	0

Gladsaxe	0	0	0	0
Glostrup	0	0	0	0
Gribskov	6.244	40.834	6.125	91.878
Halsnæs	1.943	12.709	1.906	28.595
Helsingør	1.527	9.986	1.498	22.468
Herlev	0	0	0	0
Hillerød	4.669	30.534	4.580	68.701
Hvidovre	25	160	24	361
Høje Taastrup	2.184	14.282	2.142	32.135
Hørsholm	257	1.684	253	3.788
Ishøj	830	5.430	814	12.217
København	0	0	0	0
Lyngby-Taarbæk	99	645	97	1.452
Rudersdal	259	1.694	254	3.812
Rødovre	0	0	0	0
Tårnby	144	940	141	2.115
Vallensbæk	0	0	0	0
Hovedstadsregionen	58.395	381.905	57.286	859.286

Tabel 5: Potentiel kornressource (majs, vårsæd, vintersæd) til energiformål.

Kommune	Areal (ha)	Udbytte, total (ton)	Udbytte til energi (ton)	Energiudbytte (GJ)
Albertslund	0	0	0	0
Allerød	141	562	506	12.639
Ballerup	0	0	0	0
Bornholm	1.123	4.458	4.012	100.307
Brøndby	0	0	0	0
Dragør	0	0	0	0
Egedal	442	1.756	1.580	39.511
Fredensborg	231	917	826	20.641
Frederiksberg	0	0	0	0
Frederikssund	1.453	5.769	5.192	129.808
Furesø	0	0	0	0
Gentofte	0	0	0	0
Gladsaxe	0	0	0	0
Glostrup	0	0	0	0
Gribskov	809	3.212	2.890	72.260
Halsnæs	357	1.416	1.275	31.868
Helsingør	165	656	591	14.769
Herlev	0	0	0	0
Hillerød	654	2.597	2.337	58.436
Hvidovre	0	0	0	0

Høje Taastrup	195	775	697	17.433
Hørsholm	17	68	61	1.533
Ishøj	10	41	37	921
København	0	0	0	0
Lyngby-Taarbæk	0	0	0	0
Rudersdal	38	150	135	3.384
Rødovre	0	0	0	0
Tårnby	0	0	0	0
Vallensbæk	0	0	0	0
Hovedstadsregionen	5.637	22.378	20.140	503.510

Tabel 6: Potentiel rapsressource til energiformål.

Kommune	Areal (ha)	Udbytte, total (ton)	Udbytte til energi (ton)	Energiudbytte (GJ)
Albertslund	0	0	0	0
Allerød	3	29	29	232
Ballerup	0	0	0	0
Bornholm	4	40	40	319
Brøndby	0	0	0	0
Dragør	0	5	5	40
Egedal	11	116	116	925
Fredensborg	13	144	144	1.155
Frederiksberg	0	0	0	0
Frederikssund	15	161	161	1.292
Furesø	0	0	0	0
Gentofte	0	0	0	0
Gladsaxe	0	0	0	0
Glostrup	0	0	0	0
Gribskov	23	255	255	2.036
Halsnæs	33	359	359	2.871
Helsingør	15	167	167	1.334
Herlev	0	0	0	0
Hillerød	38	413	413	3.303
Hvidovre	0	0	0	0
Høje Taastrup	1	9	9	72
Hørsholm	0	0	0	0
Ishøj	0	0	0	0
København	0	0	0	0
Lyngby-Taarbæk	0	0	0	0
Rudersdal	0	0	0	0
Rødovre	0	0	0	0
Tårnby	0	0	0	0

Vallensbæk	0	0	0	0
Hovedstadsregionen	154	1.697	1.697	13.579

Tabel 7: Potentiel pil og anden energiskov-ressource til energiformål.

3.3 Træ fra skov

Potentiale vurderingen indeholder en opgørelse af træ fra skovene, træ fra hegn og haver er ikke inkluderet. Til opgørelse af den potentielle træressourcen fra skovarealer benyttet Energistyrelsens opdaterede metodevejledning. Data for nuværende skovarealer er hentet fra Kortlægningsvejledningens (Energistyrelsen, 2014) bilag K. Derudover er der inkluderet skovrejsningsområder i kommunerne. Til at beregne hugstpotentialet er der benyttet vejledningens ENV scenariet med fokus på miljømæssige forhold, som anbefales, hvis skovarealet i kommunen i overvejende grad udnyttes som rekreative områder. I ENV-scenariet er hugstpotentialet er 3,0 ton/ha i 2020 og 3,1 ton/ha i 2050, og der regnes på en energitræsprocent på 65 %. Til beregning af energiudbyttet er der anvendt brændværdien for tør biomasse 18,5 GJ/ton.

Langt det meste af regionens skovarealer er rekreative skovarealer, som ikke drives med formålet at producere biomasse. Fordi et område er udpeget som skovrejsningsområde er det dog ikke ensbetydende med, at der vil blive rejst skov, da udpegningen blot udtrykker, at skovrejsning er ønskværdig på dette område. Derfor er potentialet for at bruge de beregnede lokale biomasse ressourcer et "teknisk" ressourcepotentiale, som i denne region kan vise sig svært realiserbart.

Nedenstående tabeller viser den potentielle udvidelse af skovarealet som følge af udpegninger af skovrejsningsområder samt den potentielle skovressource til energiudnyttelse for 2020, 2025, 2035 og 2050 målt i GJ/år.

Som følge af den store usikkerhed i forhold til om skovrejsningsområder ret faktisk bliver omlagt til skovarealer er der i denne rapportes opsamlingsstabeller brugt potentialet for 2020. Potentialet på knap 1,7 PJ svarer til brændselsforbruget på 2-3 større decentrale kraftvarmewærker eller godt en tiendedel af det forventede brændselsforbrug på Amagerværkets blok 3. Der bruges godt 11 PJ træ (skovflis, træpiller, træ- og biomasseaffald) alene i fjernvarmeproduktionen, dertil kommer brænde og træpilleforbrug til individuelt opvarmning. Potentialet dækker således kun en brøkdel af regionens nuværende forbrug. Med planer for omlægning af flere kraftvarmewærker til biomasse, vil nødvendigheden af import blive endnu mere udtalt.

Kommune	Eksisterende skovareal	Skovrejsnings-områder	Potentielt skovareal
Albertslund	706	12	718
Allerød	1.584	4	1.588
Ballerup	267	0	267
Bornholm	12.371	43	12.414
Brøndby	224	0	224
Dragør	265	0	265
Egedal	1.710	48	1.758
Fredensborg	2.269	65	2.334
Frederiksberg	0	0	0
Frederikssund	3.341	52	3.393
Furesø	1.398	0	1.398
Gentofte	230	0	230
Gladsaxe	262	0	262
Glostrup	253	7	260
Gribskov	5.428	12	5.440
Halsnæs	1.466	7	1.473
Helsingør	3.373	0	3.373
Herlev	64	0	64
Hillerød	5.315	83	5.398
Hvidovre	87	0	87
Høje Taastrup	460	7	467
Hørsholm	596	0	596
Ishøj	133	0	133
København	219	0	219
Lyngby-Taarbæk	1.038	0	1.038
Rudersdal	2.126	0	2.126
Rødovre	61	0	61
Tårnby	260	0	260
Vallensbæk	60	0	60
Hovedstadsregionen	45.566	340	45.906

Tabel 8: Potential udvidelse af skovarealet i hovedstadsregionen.

Kommune	2020 (GJ/år)	2025 (GJ/år)	2035 (GJ/år)	2050 (GJ/år)
Albertslund	25.908	26.052	26.340	26.772
Allerød	57.280	57.598	58.235	59.189
Ballerup	9.632	9.686	9.793	9.953
Bornholm	447.844	450.332	455.308	462.772
Brøndby	8.081	8.126	8.215	8.350
Dragør	9.560	9.613	9.719	9.879
Egedal	63.424	63.776	64.481	65.538

Fredensborg	84.181	84.649	85.584	86.987
Frederiksberg	0	0	0	0
Frederikssund	122.400	123.080	124.440	126.480
Furesø	50.433	50.713	51.273	52.114
Gentofte	8.297	8.343	8.436	8.574
Gladsaxe	9.452	9.504	9.609	9.767
Glostrup	9.372	9.424	9.528	9.684
Gribskov	196.252	197.343	199.523	202.794
Halsnæs	53.155	53.451	54.041	54.927
Helsingør	121.681	122.357	123.709	125.737
Herlev	2.309	2.322	2.347	2.386
Hillerød	194.738	195.820	197.984	201.230
Hvidovre	3.139	3.156	3.191	3.243
Høje Taastrup	16.832	16.925	17.112	17.393
Hørsholm	21.501	21.620	21.859	22.217
Ishøj	4.798	4.825	4.878	4.958
København	7.900	7.944	8.032	8.164
Lyngby-Taarbæk	37.446	37.654	38.070	38.694
Rudersdal	76.695	77.122	77.974	79.252
Rødovre	2.201	2.213	2.237	2.274
Tårnby	9.380	9.432	9.536	9.692
Vallensbæk	2.165	2.177	2.201	2.237
Hovedstadsregionen	1.656.054	1.665.254	1.683.654	1.711.255

Tabel 9: Potentiel skovressource til energiidnyttelse i hovedstadsregionen.

3.4 Samlet potentiale vurdering

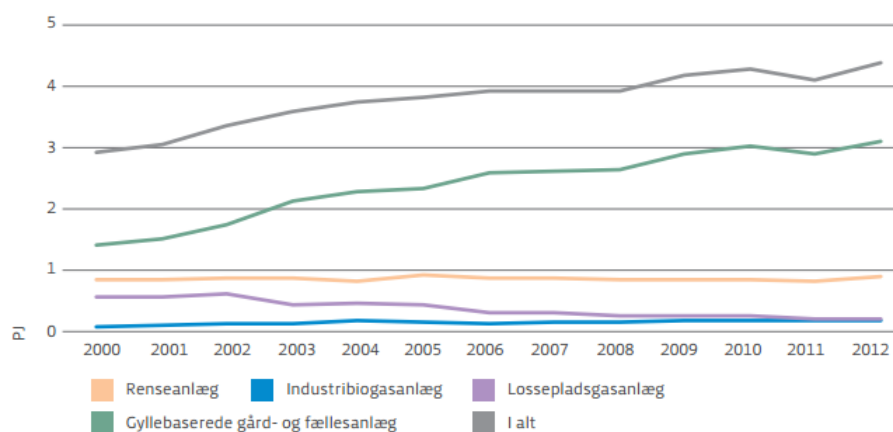
Nedenstående tabel viser en samlet opgørelse af de faste biomasseressourcer i hovedstadsregionen.

Kommune	Halm (TJ/år)	Energiafgrøder (TJ/år)	Træ - skov 2020 (TJ/år)	I alt (TJ/år)
Albertslund	0,5	4,6	25,9	31,0
Allerød	54,1	33,1	57,3	144,4
Ballerup	4,7	1,9	9,6	16,2
Bornholm	867,9	469,7	447,8	1.785,5
Brøndby	0,7	0,3	8,1	9,0
Dragør	6,3	2,6	9,6	18,4
Egedal	126,1	85,7	63,4	275,2
Fredensborg	74,0	48,6	84,2	206,8
Frederiksberg	0,0	0,0	0,0	0,0
Frederikssund	339,7	251,4	122,4	713,5
Furesø	12,8	5,2	50,4	68,4
Gentofte	0,0	0,0	8,3	8,3
Gladsaxe	0,0	0,0	9,5	9,5
Glostrup	0,0	0,0	9,4	9,4
Gribskov	240,3	166,2	196,3	602,7
Halsnæs	78,1	63,3	53,2	194,6
Helsingør	61,1	38,6	121,7	221,3
Herlev	0,0	0,0	2,3	2,3
Hillerød	189,4	130,4	194,7	514,6
Hvidovre	0,9	0,4	3,1	4,4
Høje Taastrup	85,7	49,6	16,8	152,1
Hørsholm	9,9	5,3	21,5	36,7
Ishøj	30,4	13,1	4,8	48,3
København	0,0	0,0	7,9	7,9
Lyngby-Taarbæk	3,6	1,5	37,4	42,5
Rudersdal	10,7	7,2	76,7	94,6
Rødovre	0,0	0,0	2,2	2,2
Tårnby	5,2	2,1	9,4	16,6
Vallensbæk	0,0	0,0	2,2	2,2
Hovedstadsregionen	2.202	1.381	1.656	5.239

Tabel 10: Samlet potentiale af fast biomasse til energiudnyttelse ved afbrænding.

4 Biogas

I Danmark har biogas været produceret til energiformål gennem mange år, i første omgang fra spildevandrensingsanlæg og senere – fra 70'erne – fra biogasanlæg i tilknytning til landbrug og fra lossepladsanlæg. Siden midt 1980'erne har det været en politisk prioritet at øge udnyttelsen af biogas fra især husdyrgødningen. Udviklingen var i den tidlige periode præget af en række fejlslagne biogasprojekter, især i start-80'erne og til dels i 90'erne. Gennem 90'erne skete dog en betydelig vækst i produktionen af biogas, og siden er produktionen stabiliseret på et niveau lige godt og vel 4 PJ/år fra midten af 2000-tallet.



Figur 4: Udvikling i biogasproduktion i perioden 2000-2012. Kilde: Energistyrelsen, 2014, "Biogas i Danmark – status, barrierer og perspektiver".

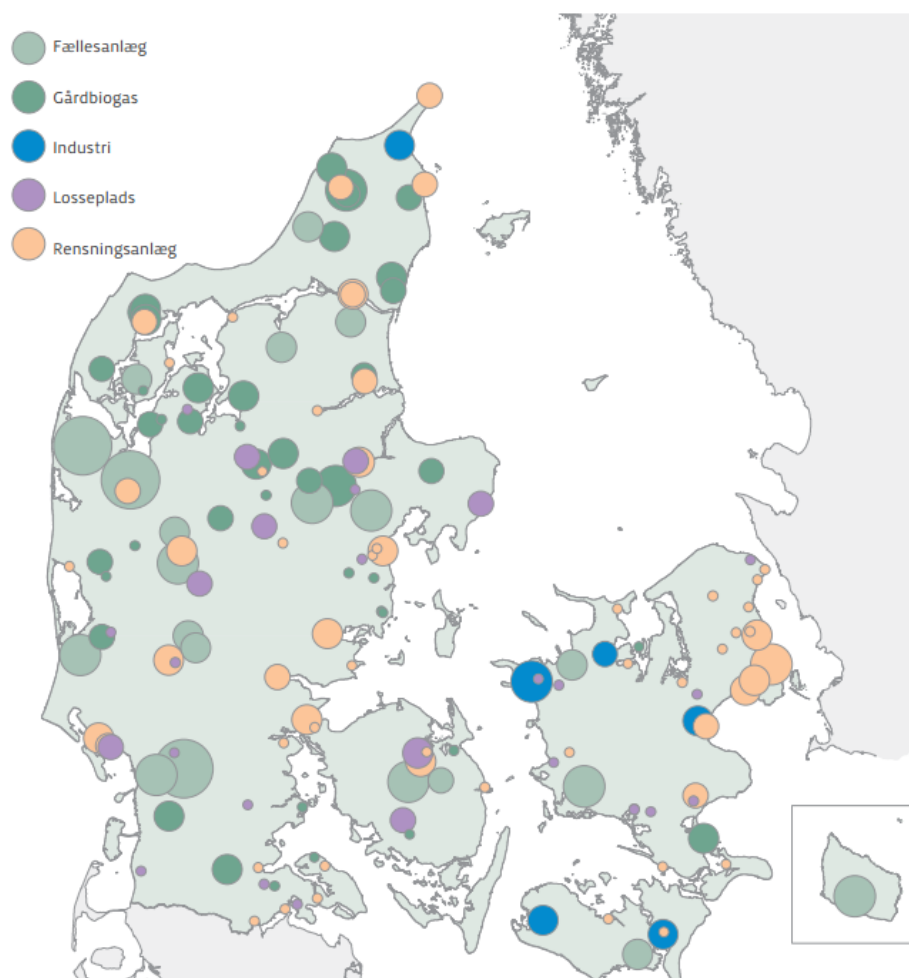
Grøn Vækst 2009

I den tidligere regerings initiativ "Grøn Vækst", som der i juni 2009 blev indgået en politisk aftale om, indgår en målsætning om, at 50 % af husdyrgødningen i år 2020 skal udnyttes til grøn energi. Denne målsætning ville kræve en betydelig acceleration af den hidtidige udvikling med hensyn til biogas. Energistyrelsen vurderede i 2010, at det ville kræve en udbygning på ca. 24 PJ pr år frem til 2020 (bestående af 12 PJ husdyrgødning og 12 PJ anden biomasse). Til sammenligning havde det frem til 2010 taget 8 år at opnå en stigning fra 3 til 4 PJ.

Energiaftalen, som blev indgået mellem regeringen, V, K, DF og EL den 22/3 2012 forbedrer de økonomiske vilkår for biogasproduktionen bl.a. med henblik på, at biogas i højere grad end i dag skal kunne anvendes uden for kraftvarmesektoren.

4.1 Anlæg i regionen i dag

Der er allerede en række biogasanlæg i regionen i dag. Med undtagelse af et enkelt lossepladsgasanlæg og et biogasfællesanlæg, er der tale om biogasanlæg i tilknytning til rensningsanlæg.

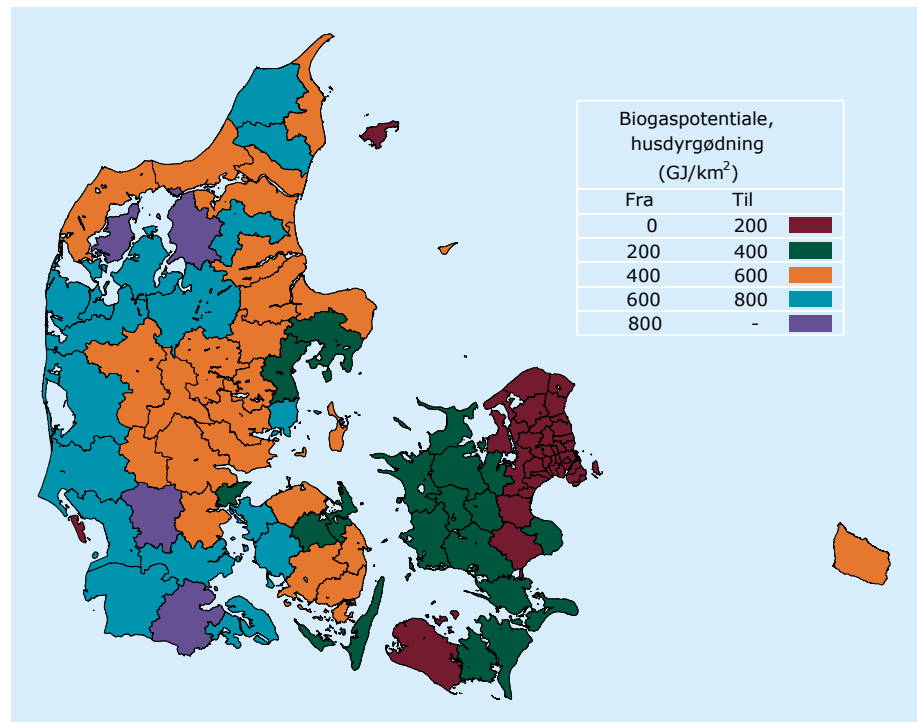


Figur 5: Eksisterende biogasproducenter i Danmark 2012. Størrelsen af cirklerne indikerer, hvor meget biogas anlæggene producerer. Kilde: Energistyrelsen, 2014, "Biogas i Danmark – status, barrierer og perspektiver".

4.2 Potentiale vurdering

Husdyrgødning/gylle

Etableringen af biogasanlæg er i dag normalt forankret i landbrugets restprodukter i form af husdyrgødning. Husdyrgødning har et højt vandindhold og dermed en lav energitæthed. Det betyder, at det ikke er rentabelt at transportere husdyrgødning over større afstande. Dermed vurderes den geografiske fordeling af husdyrgødning at være afgørende. Energinet.dk har overslagsmæssigt opgjort fordelingen af husdyrgødning på kommuner (se Figur 6).



Figur 6. Biogaspotential fra husdyrgødning per arealenhed fordelt på kommuner. Kilde: Energinet.dk (2010).

Figuren illustrerer en betydelig spredning i biogaspotentialet fra produktion af husdyrgødning. Således er dette potentiale væsentligt større i vest end i øst.

Spildevandsslam

Ud over husdyrgødning/gylle omhandler de mest oplagte potentialer til produktion af biogas i hovedstadsregionen spildevandsslam, som behandles på rensningsanlæg, og organisk husholdningsaffald. Tabel 11 viser rensningsanlæg i hovedstadsregionen. Selskaberne har forskellige typer af rensningsanlæg – fra mindre avancerede til de mest avancerede. Sammen med rensningsanlæggene er angivet biogasproduktionen for 2013 for de biogasanlæg som ligger i tilknytning til rensningsanlæggene.

	Organisk Kapacitet (PE)	Netvolu- men (m ³)	Biogas produktion (TJ)
Bornholms Spildevand A/S	117.650	19.561.196	
Dragør Spildevand A/S	22.000	4.408.998	
Egedal Spildevand A/S	36.750	7.117.639	
Forsyning Helsingør A/S			
Helsingør Renseanlæg	127.315	19.516.982	9,4
Syddkystens Renseanlæg i Espergærde			
Forsyningen Allerød Rudersdal A/S	74.600	17.640.789	
Fredensborg Spildevand A/S	33.100	7.187.523	
Furesø Spildevand A/S / Stavnsholt Renseanlæg	30.000	4.839.284	10,4
Halsnæs Forsyning A/S	52.650	9.271.658	
Hillerød Spildevand A/S	98.233	14.613.290	3,6
Hørsholm Vand ApS			
Usserød Renseanlæg	50.000	8.105.579	9,1
Lynettefællesskabet I/S	1.100.000	158.458.807	192,8
Mølleåværket A/S	135.000	21.900.297	30,8
Måløv Rens A/S	70.000	12.554.208	6,7
Spildevandscenter Avedøre I/S	400.000	45.958.573	64,4
Tårnby Forsyning Spildevand	71.500	11.942.036	
I alt	2.418.798	363.076.859	327,3

Tabel 11: Kapacitet af rensningsanlæg organisk kapacitet i PE (person ækvivalenter) og nettovolumen (m³). Kapaciteten er den maksimale og altså ikke den realiserede.

Knap 80% af kapaciteten fra rensningsanlæg udnyttes således allerede til biogasproduktion. Hvis de resterende kapacitet kunne udnyttes med samme effekt, ville den samlede ressource fra rensningsanlæg være ca. 400 TJ biogas.

Græs

Græs fra arealer på lavbundsjord anvendes i dag kun i begrænset omfang til produktion af biogas, men kan have et større potentiale på sigt. Det er vanskeligt at fremskaffe græsressourcer til biogasproduktion til en rimelig pris, "idet høst- og transportomkostninger ofte overstiger værdien den producerende biomasse. Der er dog mange miljømæssige fordele forbundet med anvendelsen, men man skal altså være opmærksom på, at udnyttelsen vil kræve ændringer i de eksisterende økonomiske rammevilkår" (PlanEnergi, 2011).

Metode

Biogasproduktionspotentialerne er baseret på AgroTechs kortlægning fra 2013 (Birkmose, Hjort-Gregersen, & Stefanek, 2013), hvor biogaspotentialet fra husdyrgødning er angivet opdelt på kommuner. AgroTechs har vurderet potentialet for Bornholm, Frederikssund, Gribskov, Halsnæs, Herlev og Hille-

rød. For de resterende kommuner er der benyttet potentialet som vurderet i rapporten "Biogas potentiale i danske kommuner" (PlanEnergi, 2011). Ud over husdyrgødning tilsættes der normalt andet organisk materiale (fx industriaffald). Denne tilsætning har en afgørende boostende effekt på biogasproduktionen. Således vil ca. halvdelen gasproduktionen fra et biogasanlæg, der er baseret på husdyrgødning og de i 2020 tilladte 12,5 % majsinput på vægtbasis, stamme fra majs. På denne baggrund er de samlede biogasproduktionspotentialer i kommunerne antaget at være det dobbelte af potentialerne fra husdyrgødning. Dette betyder således, at potentialet fra græs fra lavbundsområder, spildevandsslam og organisk affald ikke er vurderet selvstændigt.

Tabel 12 viser det totale biogaspotentiale fra husdyrgødning i hovedstadsregionen.

Kommune	Potentiale fra husdyr- gødning/gylle (TJ)	Samlet (boostede) potentiale (TJ)
Albertslund	0,5	1,1
Allerød	14,6	29,3
Ballerup	4,9	9,8
Bornholm	289,9	579,8
Brøndby	0,5	1,0
Dragør	0,7	1,3
Egedal	33,0	66,0
Fredensborg	12,9	25,7
Frederiksberg	0,0	0,0
Frederikssund	50,0	99,9
Furesø	6,4	12,9
Gentofte	0,0	0,0
Gladsaxe	0,0	0,0
Glostrup	0,0	0,0
Gribskov	52,6	105,2
Halsnæs	14,8	29,7
Helsingør	18,2	36,4
Herlev	0,3	0,6
Hillerød	20,4	40,8
Hvidovre	0,8	1,7
Høje-Taastrup	8,1	16,2
Hørsholm	2,7	5,4
Ishøj	1,8	3,6
København	0,8	1,5
Lyngby-Taarbæk	0,6	1,2
Rudersdal	2,9	5,7
Rødovre	0,0	0,0
Tårnby	10,7	21,4
Vallensbæk	0,0	0,0
Hovedstadsregionen	548,0	1.096,0

Tabel 12: Biogas potentiale fra husdyrgødning (TJ) og samlet (boostede) potentiale (TJ) i kommunerne i hovedstadsregionen.

Biogas produceres i Danmark på fælles biogasanlæg og gårdbiogasanlæg. "Fælles biogasanlæg" dækker over et biogasanlæg, der behandler husdyrgødning fra flere husdyrbedrifter og organisk biomassen fra andre kilder og hvor den producerede energi afsættes til kollektive forsyningsnet. "Gårdbiogasanlæg" blev oprindeligt etableret med det formål at forbedre gødningskvaliteten i gyllen, samt være selvforsynende med energi til drift og husholdning. I dag omfatter gårdbiogasanlæg også anlæg, der modtager biomasse fra eksterne biomasseleverandører, og producerer i stigende grad også energi til det kol-

lektive forsyningsnet, større virksomheder og andre aftagere (Naturstyrelsen, 2014).

Fælles biogasanlæg har typisk en kapacitet på minimum 200.000 ton/år, men for at økonomien bliver rentable skal afstandene mellem anlæg og husdyrbrug være begrænsede. Gårdanlæg kan være væsentligt mindre. En del af regionens biogaspotentialer vil være for geografisk spredt til at kunne udnytte til biogas. Antages det at minimum er at der etableres et 25.000 ton/år biogas anlæg betyder det at potentialet i regionen begrænses. Kommuner hvor potentialet estimeres at være højere end dette er vist i Tabel 13 og Figur 7. Samlet set er det boostede potentiale for hovedstadsregionen ca. 1 PJ, mens potentialet fra husdyrgødning/gylle alene er ca. 500 TJ. Dette må antages at være en øvre grænse for potentialet.

Kommune	Potentiale fra husdyrgødning/gylle (TJ)	Samlet (boostede) potentiale (TJ)
Allerød	14,6	29,3
Bornholm	289,9	579,8
Egedal	33,0	66,0
Fredensborg	12,9	25,7
Frederikssund	50,0	99,9
Gribskov	52,6	105,2
Halsnæs	14,8	29,7
Helsingør	18,2	36,4
Hillerød	20,4	40,8
Hovedstadsregionen	506,4	1.012,9

Tabel 13: Biogaspotentialet for kommuner hvor gødningsressourcen estimeres at være over 25.000 tons.



Figur 7: Biogaspotentialet for kommuner hvor gødningsressourcen estimeres at være over 25.000 tons.

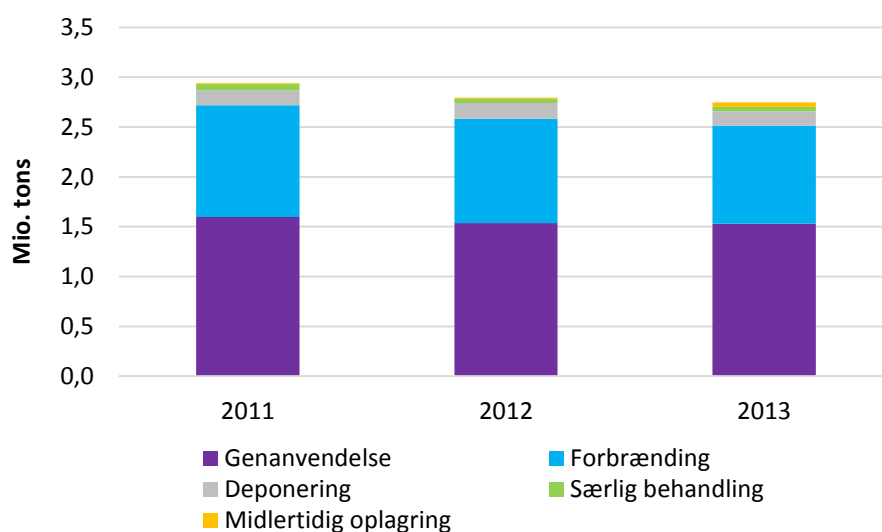
Antager man et output på fra majs til ensilering 45,4 ton/ha (DST, 2013) betyder det at der samlet set skal ca. 2.300 ha dedikeret til majs ensilage produktion til at dække behovet for ovenstående biogas produktion. Der er i alt 61.000 ha landbrugsjord i regionen og den nødvendige omlægning vil svare til ca. 4% af det samlede landbrugsareal.

5 Affald

Forbrænding af affald indgår i dag som en integreret del af varmeforsyningen, idet der på forbrændingsværker som hovedregel produceres både el og varme som grundlast. I hovedstadsregionen kommer ca. 20 % af den samlede fjernvarmeproduktion fra affaldsforbrændingsanlæg. Med ressourcestrategien fra oktober 2013 er der lagt op til at en større del af affaldsressourcerne genanvendes frem for forbrændes.

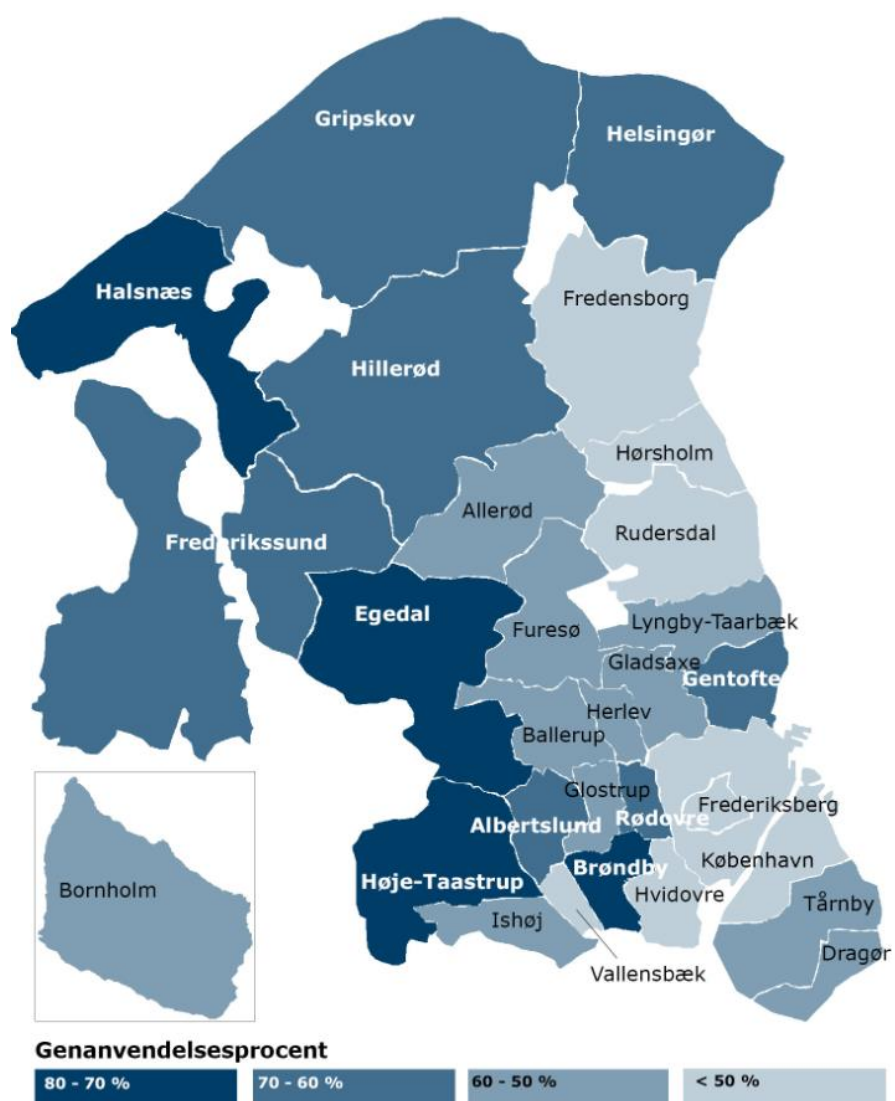
5.1 Genanvendelse

En stor del af affaldet i hovedstadsregionen genanvendes. Udviklingen for kommunerne i hovedstadsregionen for 2011-2013 fremgår Nedenfor. Ca. 55% af alle affaldsressourcer genanvendes og ca. 35% forbrændes i hovedstadsregionen. Sammenlignet med landsgennemsnittet er andelen til forbrænding højere i regionen.



Figur 8 Affaldsfraktioner fordelt på behandlingstyper i hovedstadsregionen: Genanvendelse, Forbrænding, Deponering, særlig behandling og midlertidig oplagring, kilde: ADS 2011-2013

24 kommuner havde i 2013 en genanvendelsesprocent på over 50, og over de seneste tre år har flere kommuner haft en stigning på mere en 10 procentpoint for genanvendelse. Opgørelsen er baseret på data fra Miljøstyrelsen fordelt på deponering (inkl. særlig behandling), forbrænding (inkl. midlertidig oplagring) og genanvendelse.



Figur 9: Genanvendelsesprocent for affald i kommunerne i hovedstadsregionen i 2013 (Miljøstyrelsen, 2014).

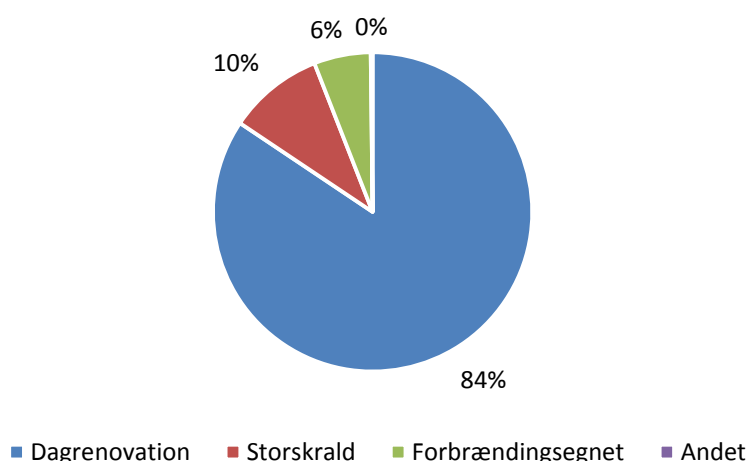
Kommune	2011	2012	2013
Albertslund	56%	59%	65%
Allerød	68%	51%	56%
Ballerup	53%	52%	53%
Bornholm	51%	56%	52%
Brøndby	55%	56%	72%
Dragør	27%	42%	53%
Egedal	72%	72%	72%
Fredensborg	48%	49%	47%
Frederiksberg	40%	42%	45%
Frederikssund	62%	61%	63%
Furesø	71%	67%	57%
Gentofte	57%	56%	61%
Gladsaxe	53%	55%	57%
Glostrup	57%	44%	54%
Greve	63%	64%	65%
Gribskov	63%	62%	66%
Halsnæs	78%	75%	79%
Helsingør	51%	60%	62%
Herlev	46%	39%	51%
Hillerød	61%	65%	68%
Hvidovre	48%	35%	37%
Høje-Taastrup	76%	78%	75%
Hørsholm	39%	61%	45%
Ishøj	53%	49%	54%
København	45%	50%	44%
Lyngby-Taarbæk	47%	41%	51%
Rudersdal	52%	43%	47%
Rødovre	47%	46%	60%
Tårnby	43%	48%	55%
Vallensbæk	29%	30%	30%
Hovedstadsregionen	55%	55%	56%

Tabel 14: Genanvendelsesprocent for affald i kommunerne i hovedstadsregionen i 2011 til 2013 (Miljøstyrelsen, 2014).

5.2 Affaldsfraktioner

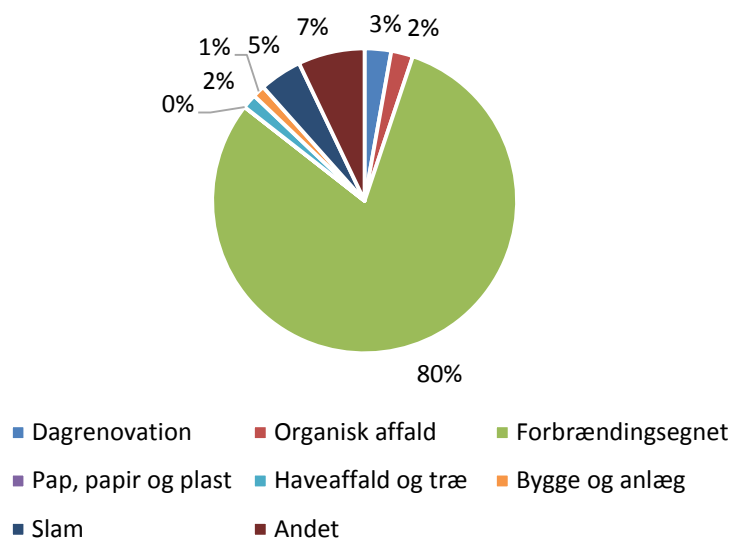
Dagrenovation, storskrald, forbrændingseget og farligt affald bliver i dag forbrændt, mens haveaffald og det kildesorterede pap, plast og papir, jord og øvrige fraktioner bliver genanvendt. Figur 10 viser fordelingen af det for-

brændte affald fra hovedstadsregionens kommuners forbrændte affald, hvor det er tydeligt, at langt størstedelen (84%) er dagrenovation. Fraktionen dagrenovation indeholder en blanding af både organiske materialer og tørre fraktioner herunder også ikke kildesorteret papir, pap og plast. I ressourcestrategien fra oktober 2013 lægges der op til, at mindst 50% den organiske del, pap, papir, plast, glas og metal fra husholdningsaffald genanvendes, hvilket vil kræve en højere grad af kildesortering af dagrenovation.



Figur 10 Fordeling af forbrændt husholdningsaffald fra kommunerne i hovedstadsregionen 2013

Over 70% af erhvervsaffaldet fra servicesektoren i hovedstadsregionen genanvendes. Bygge- og anlægsaffald, haveaffald, emballage og øvrige kildesorterede fraktioner genanvendes. Det forbrændte affald består primært af forbrændingseget affald (80%). En mindre del af andre fraktioner forbrændes også i dag, som det fremgår af fordelingen af det forbrændte affald i hovedstadsregionen fra Figur 11. I ressourcestrategien er der ligesom for husholdningsaffaldet en målsætning om at udnytte en større del af det organiske affald (60%) samt pap, papir, plast, glas og metal (70%).



Figur 11 Fordeling af forbrændt erhvervsaffald fra servicesektoren fra hovedstadsregionens kommuner 2013

Affaldets brændværdi vil ændres i takt med at en større del af de mængder, der i dag går til forbrænding vil blive genanvendt eller udsorteret til bioforgasning. Ifølge ressourcestrategien vil der dog fremadrettet skulle forbrændes fraktioner som i dag deponeres, f.eks. schredderaffald. Baggrundsdata fra arbejdet med ressourcestrategien viser samlet set en svag stigning i brændværdien for forbrændingseget affald frem mod 2024.

5.3 Forbrændingseget affald

Samlet set produceres lige knap 1 mio. tons affald med et energiindhold på ca. 10 PJ i hovedstadsregionen i dag. Med ressourcestrategien lægges der op til, at affaldsmængderne til forbrænding skal nedbringes. Det betyder, at mængderne forventes at aftage frem til 2035. Hvis det antages, at affaldsmængderne i hovedstadsregionen aftager i samme takt som i resten af landet, forventes det, at regionens forbrændingskapacitet i 2035 er reduceret til ca. 950.000 tons/år.

Tabel 15 nedenfor viser mængderne af forbrændingseget affald (1.000 ton) per opland (forbrændingsanlæg) og kommune i 2012 og fremskrevet til 2025 og 2035. Københavns Kommune leverer både affald til ARC (tidligere Amagerforbrænding) og Vestforbrænding, men figurerer her under Amager.

Opland	Kommune	2012	2025	2035
Amager *)	København	319	287	287
Amager	Frederiksberg	43	39	39
Amager	Hvidovre	36	32	32
Amager	Tårnby	19	17	17
Amager	Dragør	6	5	5
I alt		423	380	380
Vestfor.	Albertslund	21	19	19
Vestfor.	Ballerup	47	42	42
Vestfor.	Brøndby	27	24	24
Vestfor.	Egedal	19	17	17
Vestfor.	Frederikssund	25	22	22
Vestfor.	Furesø	15	13	13
Vestfor.	Gentofte	41	37	37
Vestfor.	Gladsaxe	39	35	35
Vestfor.	Glostrup	19	17	17
Vestfor.	Gribskov	25	22	22
Vestfor.	Halsnæs	9	8	8
Vestfor.	Herlev	22	20	20
Vestfor.	Hillerød	40	36	36
Vestfor.	Høje-Taastrup	42	38	38
Vestfor.	Ishøj	14	13	13
Vestfor.	Lyngby-Taarbæk	36	32	32
Vestfor.	Rødovre	42	38	38
Vestfor.	Vallensbæk	7	6	6
I alt		489	440	440
Nordfor.	Allerød	13	12	12
Nordfor.	Fredensborg	16	14	14
Nordfor.	Helsingør	38	34	34
Nordfor.	Hørsholm	13	12	12
Nordfor.	Rudersdal	29	26	26
I alt		109	98	98
Bofa	Bornholm	26	23	23
Samlet for regionen		1.048	942	942

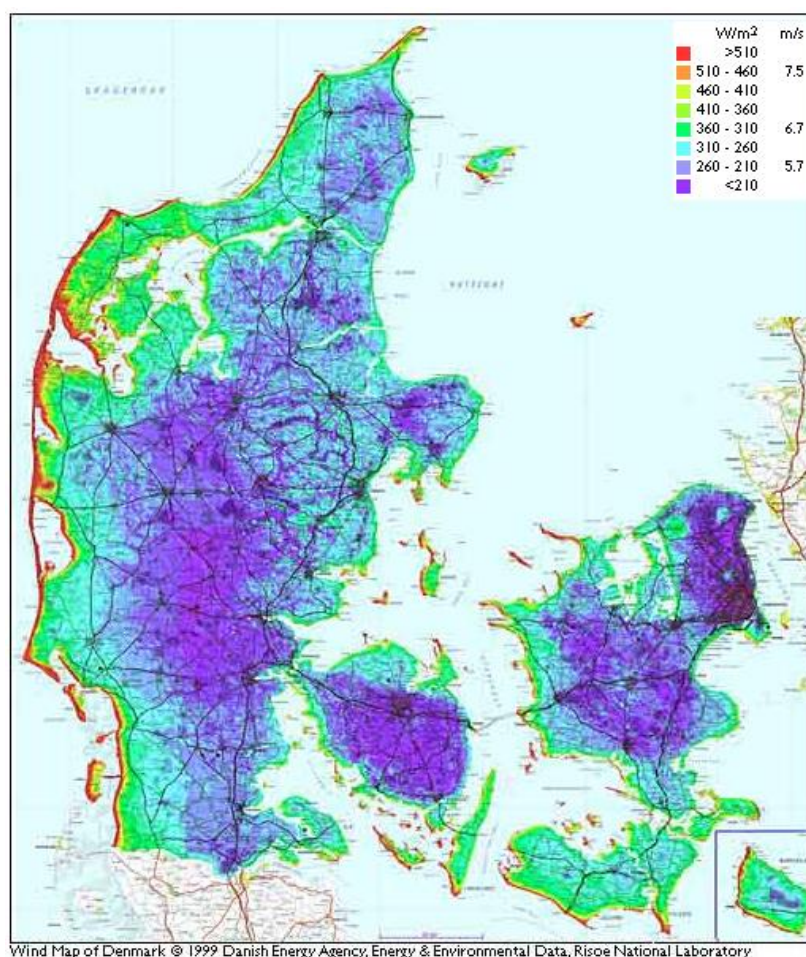
Tabel 15: Forbrændingseget affald (1000 tons) fordelt på kommuner og oplande. Københavns Kommune leverer både affald til Amager Forbrænding og Vestforbrænding, men figurerer her under Amager.

6 Vindkraft

Vindkraft vurderes at være en meget vigtig brik i fremtidens energisystem, men der ligger udfordringer i at finde egnede – og accepterede – placeringer for landvindmøller og derudover i et at integrere produktionen fra vindmøllerne i energisystemet.

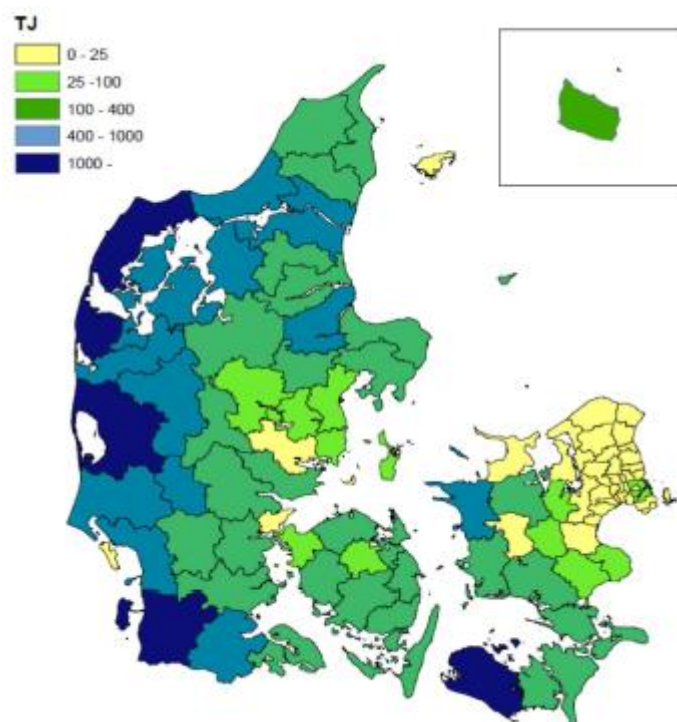
6.1 Vindressourcer

Kortet nedenfor viser vindressourcen i Danmark når der tages højde for det lokale terræn (speed up effekter) og landskabets ruhed. Det fremgår klart, at vest og sydvest er de fremherskende vindretninger i Danmark, eftersom de vest- og sydvestvendte kyster har langt det højeste energiindhold i vinden (de røde og gule områder).



Figur 12: Gennemsnitlige danske vindhastigheder (Energistyrelsen, Energi- og Miljødata & Risø, 1999).

Hovedstadsregionen er den region med de laveste gennemsnitlige vindhastigheder og dermed den ringeste vindressource sammenlignet med resten af landet. Undtagelser fra dette er fx Bornholm og Halsnæs kommune. Samlet set er som kortet nedenfor viser, er hovedstadsregionen ikke overraskende den del af Danmark, hvor produktion fra vindkraft er lavest (Bornholm er en undtagelse). Dette skal formentligt ses i sammenhæng med den høje befolkningstæthed i regionen, som gør det vanskeligere at finde egnede placeringer.



Figur 13. Vindkraftproduktion fra landvindmøller per kommune (Energistyrelsen, 2014).

Tabel 16 nedenfor viser kapaciteten og produktionen (2013) fra vindmøller i hovedstadsregionen. Samlet set er der installeret 110 MW hvoraf knap halvdelen er placeret som kystnære havvindmøller og således ikke tæller direkte med i kommunernes energiregnskaber jf. Energistyrelsen kortlægningsvejledning.

Kommune	Havvindmøller		Landvindmøller		I alt	
	Kapacitet (MW)	Prod. 2013 (MWh)	Kapacitet (MW)	Prod. 2013 (MWh)	Kapacitet (MW)	Prod. 2013 (MWh)
Allerød			3	2.154	3	2.154
Bornholm			30	61.700	30	61.700
Egedal			0,1	83	0,1	83
Frederikssund			3	4.211	3	4.211
Gribskov			1	1.237	1	1.237
Halsnæs			4	5.827	4	5.827
Helsingør			0,02	5	0,02	5
Hillerød			4	4.587	4	4.587
Hvidovre	11	32.380	2	3.800	13	36.180
Høje-Taastrup			1	1.128	1	1.128
København	40	83.201	12	22.451	52	105.652
I alt	51	115.582	59	107.183	110	222.765

Tabel 16: Kapacitet (MW) og produktion 2014 (MWh) for vindmøller opstillet i hovedstadsregionen (Energistyrelsen, 2015).

6.2 Vindmølleplaner

Naturstyrelsen og KL har sammen med kommunerne lavet en status på baggrund af de i 2013/2014 reviderede kommuneplaners vindmølleudpegninger for at følge udviklingen og holde den op mod målene i energiaftalen. Tilsvarende undersøgelser blev foretaget i henholdsvis 2010 og 2012. Opgørelsen findes ikke på regionalt niveau.

Statusopgørelse 2014	Effekt i kommuneplanlagte vindmølleområder	Effekt i igangværende lokalplanproces	Effekttilvækst i områder hvor der i fremtiden kan stå nye og større vindmøller
I alt	1.870 MW	745 MW	990 MW

Tabel 17: Statusopgørelsen af kommunernes vindmølleplanlægning pr.15.maj 2014 (Naturstyrelsen, 2014).

Gennemgangen af planerne for kommunerne i hovedstadsregionen² viser, at kun fire kommuner har planer for opstilling af vindmøller:

- Bornholms regionskommune har planer om etablering af ca. 15 MW vindmøller på land og 75 MW havvindmøller
- Egedal kommune har planer om etablering af 9,5 MW vindmøller inden 2020.

² Se mere i "Kortlægning af kommunale planer og målsætninger relevant for strategisk energiplanlægning" som udarbejdes under aktivitet 1 i dette projekt.

- Københavns Kommune en konkret strategi for at etablere 100 vindmøller (360 MW) til havs og til lands.
- Frederiksberg Kommune har indgået aftale med Næstved Kommune om opstilling af to møller som skal dække Frederiksberg Kommunes eget elforbrug (Frederiksberg Forsyning, 2014).

Samlet set kan de planlagte vindmøller forventes at producere i omegnen af 1500 GWh/år, heraf dog blot 110 GWh fra landvind i regionen. Dertil 254 GWh fra landvind uden for regionen og ca. 1140 GWh fra havvind.

HOFOR, som står for at implementere Københavns Kommunes vindmøllestrategi, undersøger mulighederne for at kunne bygge en offshore vindmøllepark i området Nordre Flint beliggende i Øresund tæt på Saltholm. Planen er at kunne opstille møller svarende til 200 MW her. En stor del af de planlagte havvindmøller kan således blive kystnære møller.

Kommune	Landvind i regionen, MW	Landvind uden for regionen, MW	Havvind, MW	Landvind i regionen, GWh	Landvind uden for regionen, GWh	Havvind, GWh
Bornholm	15		75	45	0	300
Egedal	9,5			29	0	0
København	12	78	210	36	234	840
Frederiksberg		6,6		0	20	0
I alt	36,5	84,6	285	110	254	1140

Tabel 18: Oversigt over vindmølleprojekter planlagt af kommunerne i hovedstadsregionen. For København er fordelingen mellem landvind inden for og uden for kommunen og havvind foretaget af Ea Energianalyse ud fra data fra HOFORs hjemmeside <http://www.hofor.dk/vind/her-er-vi-i-gang/>. Der er forudsat 200 MW havvind på Nordre Flint, 10 MW andel på Mejlflak i Aarhus Bugt, 12 MW på Kalvebod brygge og den resterende kapacitet op til 300 MW som landvind uden for hovedstadsregionen. I beregningerne er forudsat 3000 fuldlasttimer årligt for landvindmøller og 4000 fuldlasttimer for havvindmøller.

Dertil kommer planlagte og vedtagne lokalplaner for vindmøller. Nedenstående lokalplaner for vindmøller (hvor der ikke allerede er opstillet møller) er fundet via Naturstyrelsens kortværktøj (Miljøministeriet, 2014).

- Høje Taastrup Kommune hvor der er vedtaget lokalplan vindmøllepark Reerslev (Høje-Taastrup Kommune, 1988).
- Dragør Kommune hvor der er vedtaget lokalplan for vindmøller ved Fælledvej (Dragør Kommune, 1988)

Disse to lokalplaner er relativt gamle, og illustrere derfor problemstillingen at der kan gå lang tid fra planlægning til realisering og at selvom et område er

udlagt til vindmøller er det ikke garanteret at der bliver opstillet vindmøller på området.

De begrænsede planer for vindmøllekapacitet skal ses i sammenhæng med SEP vejledningen give mulighed for at medregne møller uden for det geografiske område, hvor der foreligger en aftale med "opstillingskommunen" således som de bl.a. har gjort i Frederiksberg. En anden mulighed er at investere i kystnære møller eller havvindmøller. Regnskabsprincippet for havvindmøller er dog som udgangspunkt, at de beregningsmæssigt fordeles mellem alle kommunerne i forhold til deres elforbrug.

Dertil kommer at der er mange eksempler på modstand fra naboer i forhold til støjgener (herunder lavfrekvens) og visuelle hensyn i landskabet kan betyde, at projekter ikke bliver gennemført. Dette kan i særlig grad forventes at være tilfældet i hovedstadsregionen grundet den høje befæstningsgrad.

6.3 Potentialevurdering

Trods begrænsninger i forbindelse med lavere vindressource i hovedstadsregionen sammenlignet med resten af Danmark (Figur 13) og den generelt høje befæstningsgrad er der stadig et relevant potentiale for vindkraft som ikke umiddelbar er planlagt realiseret.

I Danmark er der ca. 3.500 MW landvind fordelt på 2,65 mio. hektar landbrugsjord (0,0013 MW/ha). Hvis man bruger dette som en proxy for potentialet i hovedstadsregionen hvor der er et landbrugs areal på ca. 61.000 ha landbrugsjord giver det et potentiale på 80 MW. Dertil kommer at kommunerne kan bidrage til et mere vindbaseret energisystem i Danmark ved at investere i vindmøller på land og vand uden for regionens grænser. Der vurderes således at være et uudnyttet potentiale for vindkraft i regionen. Planlægningsmæssige barrierer vurderes dog at have større betydning end den tilgængelige ressource.

Der må ikke planlægges for opstilling af vindmøller nærmere nabobeboelse end 4 gange møllens totalhøjde. Afstandskravet skal sammen med krav til støjniveau, at nabobeboelser påvirkes væsentligt af støjen fra vindmøller eller af visuelle påvirkninger som skyggekast, glimt og lysafmærkning. For at gennemføre en planlægning i kystnærhedszonen skal der foreligge en særlig planlægningsmæssig eller funktionel begrundelse for den kystnære lokalisering. Naturklagenævnet har i klagesager udtalt, at hensynet til vindforholdene udgør den fornødne funktionelle begrundelse for planlægning i kystnærhedszonen. Ud over afstandskravet vurderes der ikke særlig arealmæssige konse-

kvenser af vindmøller – hvilket selvfølgelig specielt gør sig gældende for havvindmøller. Arealer som kunne være anvendt til andet formål er for landvindmøller meget begrænset.

7 Solenergi

Solenergi kan omsættes til varmt vand i en solfanger eller til el i en solcelle. Potentialer for solenergi består af både solceller og solfangere og opgøres med udgangspunkt i BBR-data og antagelser om velegnet tagareal og solindstråling.

7.1 Solfangere

En solfanger producerer varme i form af varmt vand. Solfangere kan placeres, i forbindelse med bygninger, hvor der er behov for varmt brugsvand og varme til rumopvarmning, i forbindelse med fjernvarmeværker samt ved mere specielle anvendelser, fx opvarmning af svømmehaller.

De kan også levere varme til fjernvarmesystemer. Fordelen ved denne løsning er, at solvarmeanlæggene kan placeres, hvor der er plads og lette adgangsforhold, og i meget større anlæg, hvorved der kan opnås betydelige stordriftsfordele.

Solfangeranlæg, der producerer varmt brugsvand, dimensioneres typisk til at kunne dække 10-20 % af bygningens samlede varmebehov på årsbasis, mens såkaldte kombianlæg, der både producerer varme til dækning af rumvarme og varmt brugsvand, hensigtsmæssigt kan dække 20-25% af det samlede årlige varmebehov. Ved lagring af varmen fra sommer til vinter vil udnyttelsesgraden kunne øges. Sæsonvarmelagre skal helst være store for at opnå høj effektivitet og rimelig økonomi og egner sig derfor bedst til solvarme i forbindelse med fjernvarmesystemer.

Effektiviteten – forstået som omsætningen af solenergi til solvarme – er op til ca. 60 % for et solvarmeanlæg afhængigt af teknologi og temperaturerne på retur og fremløb.

Ud over anlæg på hustage kan der opsættes større ”barmarks”-solfangeranlæg, der leverer varme til fjernvarmeværker. Sådanne anlæg vil kunne levere i størrelsesordenen ca. 6 TJ varme pr. ha pr. år. Ved beregningen er der taget højde for at solvarmepanelerne kun vil dække ca. en tredjedel af det samlede areal af hensyn til at mindske skyggevirkninger og sikre adgang til anlæggene.

7.2 Solceller

Elproducerende solceller kan i princippet placeres overalt, hvor der er mulighed for tilslutning til elnettet. Placering på hustage er praktisk, fordi tagarealerne er til rådighed og solcellerne dermed ikke optager areal, der kunne udnyttes til andre formål. Da overskydende elproduktion kan leveres til nettet, er udbygningen med solceller ikke begrænset af elforbruget i den enkelte bygning.

Ved etablering af markanlæg vil man med dagens teknologi med virkningsgrader omkring 16 % kunne producere i størrelsesordenen ca. 1,3 TJ el pr. ha. Som for solvarmeanlæggene er der ved beregningen taget højde for, at solcellerne kun vil dække ca. 20-25 % af det samlede areal af hensyn til at mindske skygeeffekter og sikre adgang til anlæggene.

7.3 Anlæg placeret på tagarealer

Vi har foretaget en indledende vurdering af produktionspotentialer for tagplacerede solceller ud fra følgende forudsætninger:

Tagareal: Data om tagareal er ikke direkte tilgængeligt fra Danmarks Statistiks statistikbank. I stedet har vi estimeret tagareal ud fra en vurdering af det gennemsnitlige antal etager for forskellige bygningstyper.

Enfamiliehus	Etagebolig	Feriebolig	Institution	Kontor/handel	Række/kædehus	Undervisning
1,25	4,0	1,0	1,5	2,0	1,5	2,5

Placering af tagarealer: Vi antager, at halvdelen af tagarealerne ligger placeret på en måde, som gør dem egnede til placering af solceller

Arkitektoniske forhold: Vi antager at 25 % af det tilbageværende areal vil være egnet til placering af solceller. De resterende 75 % vil ikke blive udnyttet pga. arkitektoniske forhold, eller fordi hele tagfladen ikke fyldes med solceller. Vi regner derudover ikke med, at der placeres solceller på fredede eller bevaringsværdige bygninger.

Solceller

For solceller forudsætter vi, at solindstråling er på 1.046 kWh/m², og netto-virkningsgraden for solcellerne er ca. 16 %. Ved anvendelse af ovenstående forudsætninger når vi frem til nedenstående produktionspotentialer per kommune. Det samlede potentiale er ca. 3.800 TJ eller ca. 1,3 TWh. Den samlede

effekt af solcellerne vil andrage ca. 1.500 MW. Med stigende virkningsgrader for solceller fremadrettet pga. den teknologiske udvikling kan potentialet øges; på langt sigt måske op til det dobbelte niveau. Dertil kommer, at solceller lettere kan indtænkes i nybyggeri, hvilket også kan øges potentialet på sigt.

Solvarmeanlæg

Ud fra tilsvarende forudsætninger er der lavet en vurdering af produktionspotentialet, hvis tagarealet i stedet blev anvendt til solvarmeanlæg. Da virkningsgraden for solvarmeanlæg er højere end for solcelleanlæg, er produktionspotentialet per Ha betydeligt større.

Kommune	Solceller		Solvarme	
	TJ	MWh	TJ	MWh
Albertslund	90	25.015	270	75.046
Allerød	83	23.021	249	69.063
Ballerup	148	41.020	443	123.060
Bornholm	226	62.726	677	188.179
Brøndby	90	24.916	269	74.749
Dragør	46	12.756	138	38.268
Egedal	138	38.203	413	114.610
Fredensborg	124	34.414	372	103.241
Frederiksberg	163	45.294	489	135.882
Frederikssund	182	50.568	546	151.704
Furesø	117	32.625	352	97.874
Gentofte	180	50.027	540	150.081
Gladsaxe	157	43.474	470	130.422
Glostrup	72	20.094	217	60.282
Gribskov	226	62.707	677	188.121
Halsnæs	148	41.118	444	123.354
Helsingør	188	52.148	563	156.445
Herlev	85	23.498	254	70.494
Hillerød	166	46.191	499	138.572
Hvidovre	135	37.567	406	112.700
Høje-Taastrup	151	41.910	453	125.729
Hørsholm	85	23.542	254	70.627
Ishøj	55	15.347	166	46.041
København	1.063	295.237	3.189	885.712
Lyngby-Taarbæk	152	42.129	455	126.386
Rudersdal	198	55.107	595	165.322
Rødovre	85	23.673	256	71.020
Tårnby	112	31.102	336	93.306
Vallensbæk	39	10.751	116	32.253
I alt	4.702	1.306.181	14.107	3.918.543

Tabel 19: Produktionspotentiale for solceller og solvarme anlæg placeret på tagarealer.

7.4 Anlæg placeret på marker

I mange af kommunerne i og omkring Københavns centrum er landbrugsarealerne, som kan inddrages meget begrænsede og har derudover ofte en rekreativ værdi, som gør, at det er mindre oplagt at udlægge dem til solcelleparker eller solvarmeanlæg. Omvendt kan der ofte være områder, som ikke er egnet til andre anvendelser, fx placeringer langs motorveje eller andre trafik anlæg, som potentielt kan anvendes til placering af solanlæg. Dette vil afhænge af konkrete lokale vurderinger.

I en række af kommunerne, hvor der er et betydeligt landbrugsareal, fx Bornholm Frederikssund, Halsnæs, Gribskov, Helsingør, Egedal og Hillerød, må man antage at det vil være uproblematisk at placere meget betydelige mængder solcelle- eller solvarmeanlæg.

Som en eksempel på potentialet for solcelle og solvarmebarmarksanlæg er nedenfor beregnet et produktionspotentiale under forudsætning af at 5 % af landbrugsarealet anvendes til placering af solvarmeanlæg og 5 % til solcelleanlæg. For Bornholm forudsættes dog at kun 0,63 % af arealet udnyttes til solvarmeanlæg, da produktionspotentialet ellers vil overstige det aktuelle totale fjernvarmeforbrug.

Der forudsættes en varmeproduktion på ca. 6 TJ per Ha med solvarmeanlæg og 1,3 TJ el produktion per Ha med solcelleanlæg.

Det fremgår, at solvarmeproduktionspotentialet udgør i alt godt 12 PJ for regionen som helhed, hvis 5% af landbrugsarealet udnyttes til opstilling af solfangere. Til sammenligning ligger den samlede fjernvarmeproduktion på ca. 38 PJ i dag. I nogle kommuner overstiger solvarmeproduktionspotentialet det lokale fjernvarmebehov. Her vil udnyttelsen af det beregnede potentiale kræve, at der etableres fjernvarmetransmissionskapacitet, således at solvarmen kan eksporteres til de kommuner, der har et højt fjernvarmeforbrug.

Produktionspotentialet for de markbaserede solcelleanlæg udgør i alt godt og vel 4 PJ svarende til ca. 1,1 TWh. Dette svarer til en samlet effekt på ca. 1.200 MW.

Udnyttelsen af det tekniske potentiale vil være afhængig dels af det årlige varmeforbrug og sæson variationen, tilstedeværelsen og størrelsen af varmelagre samt konkurrencen med andre varmeproduktionsteknologier. I et system uden sæsonlager kan man erfaringsbaseret nå 20-25 % dækning med solvarme. Dersom man har anden grundlast der skal køre om sommeren (fx affald) falder dette potentiale. Der er i tabellen nedenfor ikke taget hensyn til disse begrænsninger.

Kommune	Hektar med landbrug i alt	Hektar til solvarme	Hektar til solceller	Solvarme (TJ)	Solceller elproduktion (TJ)
Albertslund	13	1	1	4	1
Allerød	1.497	75	75	445	97
Ballerup	130	7	7	39	8
Bornholm	24.027	151	1.201	899	1.562
Brøndby	19	1	1	6	1
Dragør	173	9	9	51	11
Egedal	3.491	175	175	1.037	227
Fredensborg	2.049	102	102	609	133
Frederiksberg	0	0	0	0	0
Frederikssund	9404	470	470	2.793	611
Furesø	354	18	18	105	23
Gentofte	0	0	0	0	0
Gladsaxe	0	0	0	0	0
Glostrup	0	0	0	0	0
Gribskov	6.653	333	333	1.976	432
Halsnæs	2.163	108	108	642	141
Helsingør	1.691	85	85	502	110
Herlev	0	0	0	0	0
Hillerød	5.244	262	262	1.557	341
Hvidovre	25	1	1	7	2
Høje Taastrup	2.371	119	119	704	154
Hørsholm	275	14	14	82	18
Ishøj	841	42	42	250	55
København	0	0	0	0	0
Lyngby-Taarbæk	99	5	5	29	6
Rudersdal	297	15	15	88	19
Rødovre	0	0	0	0	0
Tårnby	143	7	7	42	9
Vallensbæk	0	0	0	0	0
I alt	60.959	1.998	3.048	11.868	3.962

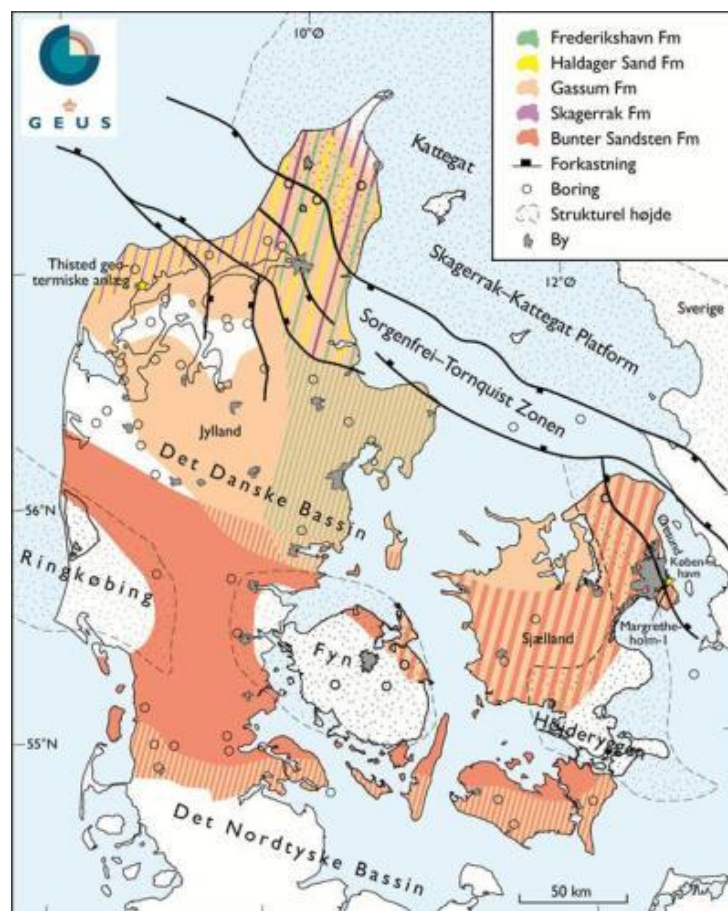
Tabel 20: Potentiale for markbaserede solvarme- og solcelleanlæg i hovedstadsregionen. Forudsætter at 5 % af landbrugsarealet udnyttes til hhv. solvarme og solcelleanlæg (i Bornholms tilfælde udnyttes dog kun 0,63 % af arealet til solvarme).

8 Geotermi

Geotermi er varme, der stammer fra kerneprocesserne i jordens indre. I Danmark stiger temperaturen med ca. 30 °C pr. kilometer ned gennem jordoverfladen. Varmeproduktionen foregår normalt ved, at det geotermiske vand pumpes op via én eller flere borer, hvorefter det afkøles i et overfladeanlæg og pumpes tilbage i undergrunden via en anden boring. I overfladeanlægget trækkes varmen først ud af det geotermiske vand vha. varmevekslere, og typisk forøges temperaturen med varmepumper, som også køler vandet ned til 15-20 °C for at udnytte geotermivandets varme maksimalt.

8.1 Potentiale vurderinger

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) har kortlagt 5 hovedreservoirer (Frederikshavn, Haldager, Gassum, Skagerrak og Bunter) i Danmark i dybdeintervallet 1-2,5 kilometer, der vurderes som det dybdeinterval, hvor reservoirerne har deres væsentligste potentiale.



Figur 14: Kortlægning af de væsentligste geotermiske reservoirer i Danmark

Dansk Fjernvarmes Geotermiselskab vurderer at fjernvarmeområder i Helsingør, Hillerød og København umiddelbart synes at være velegnede til en geotermisk produktion. Farum har også gennemført seismiske undersøgelser og der ser også her ud til at være et geotermipotentiale. Der kan dog sagtens være andre lokaliteter, hvor det også vil være muligt at etablere en konkurrencedygtig produktion af geotermisk energi. Hovedstadsområdet Geotermiske Samarbejde (HGS) har vurderet, at den geotermiske ressource under København er ca. 60.000 PJ. Det er 1.500 gange mere end den nuværende årlige fjernvarmeproduktion i Hovedstadsområdet

Ea Energianalyse, COWI og Dansk Fjernvarmes Geotermiselskab gennemfører i samarbejde en analyse af mulighederne for udnyttelse af geotermi til fjernvarme i Danmark. Den del af analysen, som omfatter hovedstadsregionen, vil belyse potentialerne i fjernvarmesystemerne i Frederiksværk, Hovedstadsområdet, Hillerød-Farum-Værløse, Helsingør-Nordforbrænding og DTU-Holte. Projektet forventes imidlertid ikke at blive færdigt inden for dette projekts tidsramme.

Samlet set forventes det tekniske potentiale i hovedstadsregionen at være stort. Begrænsningerne ligger i lokale geologiske forhold og økonomiske skala begrænsninger. Geotermianlæg kræver både en injektionsboring og en produktionsboring og vil typisk have en produktion i omegnen af 10 MW geotermisk varme. Fjernvarmesystemet skal således have et relativt stort efterspørgselsgrundlag for at det er relevant at udnytte det geotermiske potentiale.

For størstedelen af hovedstadsregionen vil potentialet for at integrere geotermi være meget stort grundet de store og sammenhængende fjernvarmesystemer. De maksimale potentiale som kan udnyttes i fjernvarmesystemet vurderes at være halvdelen af fjernvarmeforbruget, når produktionen baseret på affald er er fratrukket³ dvs. 15.155 TJ hvis man tager udgangspunkt i data fra 2012. Derudover vurderes lokale geologiske forhold og investeringsomkostninger at være de største begrænsende faktorer for realisering af det geotermiske potentiale.

³ Affald er i hovedstadsområdet politisk prioriteret som grundlast.

8.2 Teknologier til udnyttelse af geotermisk varme

En række fjernvarmeselskaber står i de kommende år over for at skulle investere i ny varmeproduktionsteknologi. Dette skyldes dels, at eksisterende anlæg er nedslidte og dels at der kan være økonomiske fordele ved at skifte til en ny forsyningsform. Dertil kommer politiske ønsker om at skifte til en forsyning baseret på vedvarende energi. Hos flere forsyningsselskaber overvejes at skifte til geotermi. De gældende afgifter kan dog betyde, at der vælges en geotermisk løsning, der ikke passer godt med den langsigtede udvikling af energisystemet. Det hænger sammen med, at der til alle geotermiske systemer hører en varmepumpe, som kan være af forskellig type. Hvis geotermianlægget skal drives med vedvarende energi er to mest oplagte løsninger:

- Biomassedrevet varmepumpe
- Eldrevet varmepumpe

Den biomassedrevne varmepumpe kan enten være en absorptionsvarmepumpe (dampdrevet anlæg) eller en biomassekedel med turbine og varmepumpe på samme aksel. I sidstnævnte løsning kan man evt. også opdele turbine og varmepumpe og tilføje en generator til turbinen og eltilslutning til varmepumpen. Dette er den mest fleksible løsning, men også den mest investeringstunge, og desuden opnås ikke samme afgiftsfordel som de øvrige biomasseløsninger.

Eksisterende geotermianlæg

Der eksisterer kun tre geotermiske anlæg til varmeproduktion i Danmark (Thisted, Sønderborg og pilotanlægget på Amager), og teknologien er fortsat under udvikling. På det geotermiske anlæg på Amager har man haft udfordringer med at opnå driftsstabilitet, og det giver udfordringer med start og stop af anlægget. Undersøgelser foretaget af CTR, HOFOR og VEKS peger desuden på, at investeringsomkostningerne er høje.

Indpasning i fjernvarmesystemet

Effektiv udnyttelse af geotermi (og også solvarme og varmepumper) forudsætter, at de placeres decentralt i systemet, hvor varmen afleveres direkte på distributionsniveau, og gerne i lavtemperaturområder. Sænkning af temperaturerne i fjernvarmenettet kan gøre geotermiløsninger mere attraktive.

CTR, HOFOR og VEKS har i Varmeplan Hovedstaden 3 givet udtryk for at de med udgangspunkt i status for allerede igangsatte projekter vil arbejde med at lægge rammerne for udvælgelse og tilrettelæggelse af pilot- og demonstrationsprojekter de kommende år (CTR, HOFOR og VEKS, 2014).

9 Store varmepumper

En varmepumpe er en teknologi som flytter varme fra et koldt område (varmekilde) til et varmt område (opvarmning af fjernvarme/bolig). Dette gøres oftest ved mekanisk arbejde udført af en kompressor kørende på elektricitet. En varmepumpes effektivitet eller COP (coefficient of performance) er bestemt ud fra den varme energi der tilføres til fjernvarmen i forhold til den mængde energi kompressoren bruger.

$$\text{COP} = \frac{\text{Energi ud af varmepumpe}}{\text{Energi brugt af kompressor}}$$

Energien fra varmekilde antages derfor som 'gratis'. Desto varmere kilden er desto højere er varmepumpens effektivitet. En screening af varmekilder skal derfor indeholde både temperatur (mulig effektivitet/COP) og mulig kapacitet (potentiale). De oplagte varmekilder er de naturlige ressourcer, såsom:

- Havvand
- Søer og årer
- Drikkevand
- Spildevand
- Luft
- Jord

9.1 Fordele og ulemper ved forskellige varmekilder

Luft-til-vand varmepumper er en mulighed til husholdningsbrug i parcelhuse. Teknologien får dog udfordringer til fjernvarmebrug, da temperaturspændet mellem luft og fjernvarmens fremløb er meget stort i vinterperioderne. Dette giver en dårlig COP, og derved kan luft-til-vand varmepumpen ikke konkurrere med vandbaserede varmepumper.

Jordbaserede varmepumper er en mulighed ved parcelhuse, men optager for meget plads, når det drejer sig om store varmepumper. En 10 MW varmepumpe vil optage et grundareal på omkring 100 ha (1 km²), for både vertikale og horisontale rør (Bach, 2014).

Vandbaserede varmekilder giver en langt bedre varmeoverførsel end luft og jord, samtidig med at varmekapaciteten er noget større i vand (faktor 4 i forhold til luft). Fordelen ved drikkevand og spildevand som varmekilde er, at vandmasserne bliver samlet på centrale steder (rensningsanlæg), herved er der et naturligt flow af vand, der kan udnyttes. En anden fordel ved disse to

varmekilder, er at temperaturen er forholdsvis høj (8°C for drikkevand og 10-20°C for spildevand). Dette giver en COP på omkring 3-3.5.

Søer og årer kan have et stort potentiale. Esrum sø og Furesø er begge meget dybe og vil derfor selv om vinteren have en temperatur omkring 4°C ved bunden. Andre større søer, som fx Arresø er lavbundede, og derfor mindre oplagte som varmekilde.

En varmepumpe ved Furesø kunne fx tilkobles fjernvarmesystemet i Farum eller et fremtidigt fjernvarmenet i Virum området (Holte fjernvarme). Esrum sø ligger ikke direkte op til et fjernvarmenet, og der vil derfor skulle etableres transmissionsledning til fjernvarmesystemerne i fx Hillerød eller Helsingør. En anden mulighed er at udnytte varmekilden til individuel opvarmning (fx i Nødebo). Der er nogle udfordringer ved ferskvand, såsom specielle regler for udledningstemperaturen af vandet efter nedkøling (udnyttelse af varmen). Temperaturen af vand udledt til ferskvandsreservoirs må således ikke være under 2°C gennemsnitligt over en måned (Miljøministeriet, 2006).

9.2 Tilkobling på fjernvarmenettet

Grundet kølemiddelrestriktionen i Danmark, som siger, at der skal bruges naturlige kølemidler ved brug af over 10 kg kølemiddel per enhed, så har varmepumper på nuværende tidspunkt et temperaturloft på ca. 80°C⁴. Dette gør, at de ikke umiddelbart kan tilkobles de større transmissionsnet i fx København, men skal tilkobles direkte til distributionsnettet, som ofte har en lavere fremløbstemperatur.

9.3 Potentiale vurdering

Estimer af varmekildernes potentialer er listet i Tabel 21. Potentialet for spildevand er udregnet ud fra estimer fra Lynetten og Damhusåen, som er udregnet til hhv. 60 MW og 27 MW (Bach, 2014). De resterende er estimeret ud fra deres kapacitet i PE (person ækvivalent) relativt til Lynetten og Damhusåens kapacitet⁵. Drikkevandspotentialerne er udregnet fra den årlige mængde⁶ fordelt jævnt ud over alle timer, samt antaget at drikkevandet kan nedkøles til 4°C ved fremløb til forbrugerne. Havvand og i praksis ubegrænset potentiale, så her er det afsætningen i distributionsnettet, der sætter begrænsningen. Mht. søvand kan der være begrænsninger på potentialet, men det vil kræve nærmere analyser at belyse. Havvand- og søvandstemperatur er

⁴ Grundet for højt tryk i kompressorerne ved brug af naturlige kølemidler.

⁵ Kapaciteter fra (Konkurrence- og forbrugerstyrelsen, 2014a)

⁶ Mængder fra (Konkurrence- og forbrugerstyrelsen, 2014b)

mere sæsonafhængig og generelt køligere end spildevand og drikkevand, hvilket giver sig udtryk i lavere og mere varierende COP.

	Potentiale (MW)	COP
Spildevand	128	3-4
<i>Måløv Rens A/S</i>	7	-
<i>Bornholms Spildevand A/S</i>	11	-
<i>Tårnbyforsyning Spildevand</i>	7	-
<i>Helsingør Forsyning Spildevand A/S</i>	11	-
<i>Rudersdal Forsyning A/S</i>	5	-
<i>Lynettefællesskabet I/S</i>	87	-
Drikkevand	24	3-3.5
<i>HOFOR Vand København A/S</i>	18	-
<i>Forsyning Helsingør Vand A/S</i>	1	-
<i>Gentofte Vand A/S</i>	1	-
<i>Furesø Vandforsyning a.m.b.a.</i>	1	-
<i>Rudersdal Forsyning A/S</i>	1	-
<i>Bornholms Vand A/S</i>	1	-
<i>Vand Ballerup A/S</i>	1	-
Havvand	>1000	2.5-3
<i>Kommuner med havafgrænsning</i>	>1000	-
Søvand	>100	2.5-3
<i>Furesø</i>	>100	-
<i>Esrup</i>		

Tabel 21: Potentiale for tilkobling af større varmepumper til fjernvarmenettet. Estimeret baseret på beregninger af Ea Energianalyse.

En liste over varmekilderne fordelt over kommunerne i hovedstadsregionen er vist i Tabel 22. Kommuner, hvor potentialet er estimeret lavere end 1 MW_{varme} tilkøbt fjernvarmenettet, er ikke medtaget. Varmepumper til individuel opvarmning er ikke medtaget i listen.

Kommune	Spildevand (MW/GWh)	Drikkevand (MW/GWh)	Hav og/eller sø
Ballerup	7/28	1/4	
Bornholm	11/44	¼	Ja
Dragør			Ja
Fredensborg			Ja
Frederikssund			Ja
Furesø		1/4	Ja
Gentofte		1/4	Ja
Gribskov			Ja
Halsnæs			Ja
Helsingør	11/44	1/4	Ja
Hvidovre			Ja
Hørsholm			Ja
København	87/348	18/72	Ja
Lyngby-Taarbæk			Ja
Rudersdal	5/20	1/4	Ja
Tårnby	7/28		Ja

Tabel 22: Liste over kommuner hvor der er muligheder for at installere store varmepumper tilkoblet fjernvarmenettet. Varmepumper, som kan udnytte spildevand og drikkevand som varmekilde, er vist med estimeret kapacitet og produceret varme til nettet (antaget 4000 fuldlasttimer). Potentialerne i havvand og søvand er i princippet uendeligt, så her er der ikke sat noget tal på, men i stedet indikeret hvorvidt der er mulighed for udnyttelse af hav eller sø som kilde. Individuelle varmepumper er ikke medtaget.



Figur 15: Potentiale for store varmepumper i hovedstadsregionen.

I hovedstadsregionen vil der potentielt kunne tilkobles $152 \text{ MW}_{\text{varme}}$ store varmepumper til fjernvarmenettet med spildevand og drikkevand som varmekilde, med en total årlig produktion på ca. $600 \text{ GWh}_{\text{varme}}$ ⁷. For kommuner med havvand- og søvandsadgang vil det være muligt at udnytte disse som varmekilde. Dette har dog sine udfordringer i form af bl.a. temperatursvingninger og meget kold varmekilde om vinteren, med medfølgende lav COP.

⁷ Med antagelse af 4000 fuldlasttimer.

10 Overskudsvarme

Overskudsvarme er, energimæssigt set, den varme, som ikke kan anvendes yderligere i produktionsprocesserne, når en virksomhed har gjort alt for at energieffektivisere sine processer (Energistyrelsen, 2009). Bygningsejere og virksomheder, der har et kølebehov, har mulighed for at udnytte overskudsvarmen fra kølingen til at producere varme til sig selv og dermed spare køb af fjernvarme. Derudover kan overskudsvarme med fordel udnyttes som billig varmeproduktion i fjernvarmesystemer.

Dette kapitel giver et overblik over praktiske potentialer for at udnytte overskudsvarme i hovedstadsregionen. Via erfaringsdata vurderes hvilke muligheder der kan forsøges realiseret. Analysen er foretaget af Viegand Maagøe (2015).

10.1 Industriel overskudsvarme

Overordnet om teknik

Generelt er overskudsvarmen fra erhverv i hovedstadsregionen "lunken" varme ($<40\text{ }^{\circ}\text{C}$), som i alle tilfælde skal opgraderes til fjernvarmetemperaturer ($80\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$) via varmepumper. Varmen er typisk tilgængelig i virksomhedernes centrale "køletårne", som i dag bortventilerer overskudsvarme til omgivelser via udeluft og/eller fordampning af vand.

Der vil i visse tilfælde være tale om, at overskudsvarme i køletårne er nedgraderet rent temperaturmæssigt – ofte bortkøles procesvarme ved $60\text{--}80\text{ }^{\circ}\text{C}$ med $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ kølevand, hvorved der tabes betydelige mængder "exergi". Det er ofte muligt at undgå dette ved interne ombygninger på fabrikkerne, hvilket dog kan fordyre projekterne noget (men i visse tilfælde sparer varmepumpeinvesteringer). Denne problemstilling gælder begge de aktuelle projekter i Københavnsområdet (AGA og CP Kelco), hvor op i mod 30-40 % af varmen kan trækkes ud ved høj temperatur, hvorved varmepumpeanlæggenes COP forbedres betydeligt.

Der vil i mange tilfælde også være en interessekonflikt mellem at udnytte overskudsvarme internt på fabrikkerne (til rumvarmeformål) og at afsætte overskudsvarmen til fjernvarmeformål. I mange tilfælde vil man desuden i forvejen have indlagt fjernvarmestik til at dække rumvarmeformål på virksomhederne. Typisk vil rumvarmebehovet være meget mindre end mængden af overskudsvarme, hvorfor fjernvarmeproduktion er relevant i de stort set alle tilfælde. Denne problemstilling gælder for eksempel Leo Pharma og Toms Fabrikker i Ballerup, som begge i dag aftager fjernvarme fra Vestforbrænding, men samtidig har overskudsvarme i køletårne, som ikke er udnyttet.

Det vil pga. anlægsudgifter og afgiftsforhold altid være bedre økonomi i at udnytte overskudsvarme internt på en fabrik, og det kan derfor overvejes, om princippet ”udnyttelse af overskudsvarme” også omfatter koncepter, hvor fjernvarmeselskaber driver varmepumpeanlæg internt på virksomhederne. Typisk vil interne forsyningstemperaturer til rumvarmeformål være lavere end fjernvarmetemperaturen, hvorfor varmepumper til interne formål vil have bedre COP.

Det skal bemærkes, at koblingen mellem biomasseanvendelse i erhvervslivet og varmepumper vurderes interessant, da afbrænding af træflis efterlader 20 % af energiforbruget som fugtig røggas omkring 50-60 °C, hvilket er attraktivt for varmepumpedrift. Skjern Papir er aktuelt ved at etablere en varmepumpe for et sådant anlæg, hvilket opnår meget attraktiv driftsøkonomi.

I forbindelse med biomasseanvendelse bør man også drøfte muligheder for at udnytte overskudskapacitet i virksomhedernes kedler – mange virksomheder har pga. produktionsomlægninger kedelkapacitet til rådighed, hvilket af fjernvarmeværker burde kunne ses som reservekapacitet.

Økonomi

Det vurderes, at anlægsinvesteringer med op til 6 års payback-tid er realistiske, idet dette typisk er en realistisk tidshorisont når fjernvarmeselskaber eller eksterne fonde tilbyder at finansiere løsninger i samarbejde med erhvervslivet (erhvervslivet accepterer kun projekter op til 2-3 års payback-tid, hvilket i langt de fleste tilfælde er for lidt til at realisere overskudsvarmeprojekter).

Erfaring med aktuelle overskudsvarmeprojekter og de rammevilkår, der er gældende i dag godtgør, at følgende forhold er en forudsætning for at overskudsvarmeprojekter opnår acceptabel økonomi:

- Der skal være et vist volumen af varme for at forsvare ledningsføring og grundomkostninger, typiske mere end 1 MW overskudsvarme
- Der skal være tale om en lang driftstid (6.000 timer per år eller mere)
- En varmepris på 100 kr./GJ eller mere
- En fornuftig COP > 4 (Alternativt ”dobbelt formål” (køling og varme-produktion i samme anlæg)
- Der skal opnås tilskud fra Energiselskabernes energispareforpligtigelse (>35 øre/kWh)

I praksis betyder ovenstående, at der maksimalt må være 45 °C temperaturforskel mellem overskudsvarmekilde og den fjernvarmetemperatur, der skal produceres

Dette er jf. indledningen en begrænsende faktor for det økonomiske potentiale for udnyttelse af overskudsvarme med de nuværende rammevilkår. Som

regel er temperaturen i erhvervslivets kølevandssystemer af størrelsesordenen 25-30 °C, hvilket maksimalt kan producere varme op mod 80 °C med acceptabel COP.

Varmeforsyningslov

Det skal bemærkes, at Varmeforsyningslovens projektbekendtgørelse reelt kan forhindre etablering af eldrevne varmepumpeanlæg i "centrale kraftvarmeområder".

I praksis er det vurderingen, at eldrevne varmepumpeanlæg altid vil få dispensation, såfremt der kan fremvises en fornuftig projektøkonomi for anlæggene. Dette er blandt andet erfaret med 2 større anlæg under planlægning (AGA og CP Kelco, se nedenfor).

10.2 Virksomheder og industriområder

Nedenfor gives en liste over virksomheder i hovedstadsregionen, der vurderes at have væsentlige energiforbrug og dermed overskudsvarmemængder i et omfang der retfærdiggør anvendelse. Listen vurderes at være udtømmende hvad angår større virksomheder, mens enkelte mindre og mellemstore virksomheder kan mangle.

Kvote- og aftalevirksomheder

- **AGA**, Amager, fremstilling af industrigasser. Stort elforbrug (40 GWh), som ender i køletårne i umiddelbar nærhed af fjernvarmenet. 5 MW varmepumpeanlæg til fjernvarme under planlægning sammen med HOFOR. En del af overskudsvarmen forefindes ved højere temperatur.
- **Novozymes**, Nørrebro, fremstilling af enzymer. Der er formentlig potentiale for en 4-5 MW varmepumpeløsning og fabrikken er i dialog med Viegand Maagøe om at påbegynde en foranalyse i samarbejde med HOFOR. En del af overskudsvarmen forefindes ved højere temperatur.
- **Novo Nordisk**, Hillerød, diverse farmaproduktion. Et større fabrikskompleks over et større geografisk område. Formentlig kan der opsamles af størrelsesordenen 3-4 MW overskudsvarme, men afstand til fjernvarmenet er (vist) betydelig. Skal sammentænkes med Biogen (se nedenfor), som ligger i samme område.
- **Colas**, Glostrup, asfaltproduktion. Der er formentlig 1-2 MW overskudsvarme på denne type fabrikker, hvilket dog skal ses i forhold til at driftstid primært ligger i den varme halvdel af året. En del af overskudsvarmen forefindes ved højere temperatur.
- **Munck**, Roskilde, asfaltproduktion. Der er formentlig 1-2 MW overskudsvarme på denne type fabrikker, hvilket dog skal ses i forhold til

at driftstid primært ligger i den varme halvdel af året. En del af overskudsvarmen forefindes ved højere temperatur.

- **NCC, Glostrup, asfaltproduktion.** Der er formenligt 1-2 MW overskudsvarme på denne type fabrikker, hvilket dog skal ses i forhold til at driftstid primært ligger i den varme halvdel af året. En del af overskudsvarmen forefindes ved højere temperatur.
- **NCC, Herlev, asfaltproduktion.** Der er formenligt 1-2 MW overskudsvarme på denne type fabrikker, hvilket dog skal ses i forhold til at driftstid primært ligger i den varme halvdel af året. En del af overskudsvarmen forefindes ved højere temperatur.
- **Vorskla/Duferco, Frederiksværk, stålvalueværket.** Status på denne fabrik er ukendt, men der har tidligere været flere undersøgelser som har vist at fabrikens driftsform ikke er attraktiv for fjernvarmenettet (hyppige start/stop), hvilket dog bør revurderes. Overskudsvarmen forefindes ved højere temperatur.

Mellemstore virksomheder

- **Leo Pharma, Ballerup, farmaproduktion.** Vestforbrænding har afdækket, at der umiddelbart kan leveres 2 MW fjernvarme via et varmepumpeanlæg, som dog skal løfte varmen fra en relativt lav temperatur (15 °C), og derfor har en vanskelig driftsøkonomi. Samtidigt anvender fabrikken allerede fjernvarme til bygningsopvarmning, hvilket peger i retning af at en samlet optimering af forsyningsforhold bør tages op. En del af overskudsvarmen forefindes ved højere temperatur.
- **Toms Fabrikker, Ballerup, konfektur.** Der ligger formentligt et potentiale svarende til Leo Pharma, men samtidigt anvender fabrikken allerede fjernvarme til bygningsopvarmning, hvilket peger i retning af at en samlet optimering af forsyningsforhold burde tages op.
- **Haldor Topsøe, Lyngby, F&U-produktion.** Fabrikens energiprofil kendes ikke.
- **Bavarian Nordic, Kvistgård, farmaproduktion.** Fabrikens energiprofil kendes ikke.
- **Co-Ro, Frederikssund, fremstilling af juiceekstrakt.** Har formentligt 2-3 MW overskudsvarme i umiddelbar nærhed til fjernvarmenet, men bruger samtidig en del varme til bygningsopvarmning og burde internt optimere først.
- **Haldor Topsøe, Frederikssund (yderligere potentiale), katalysatorproduktion.** Producerer allerede en del fjernvarme fra overskudsvarme, men kunne nok producere 3-4 MW yderligere. En del af overskudsvarmen forefindes ved højere temperatur.

- **Biogen**, Hillerød, farmaproduktion. Fabrikkens energiprofil kendes ikke, men en del af overskudsvarmen forefindes ved højere temperatur.
 - **Papyro-Tex**, Herlev, limproduktion. Energiprofil ukendt, men fabrik omtales normalt som relativt energitung.
 - **Øllingegård Mejeri**, Fredensborg. Et mindre mejeri.
 - **Borup Mejeri**, Borup. Et mindre mejeri.
 - **H. Lundbeck**, Valby, farmaproduktion. Ligger i umiddelbar nærhed til fjernvarmenet og der bør være mange muligheder hér. En del af overskudsvarmen må forefindes ved højere temperatur.
 - **Xelia**, Amager, farmaproduktion. Ligger som AGA i umiddelbar nærhed til fjernvarmenet og der bør være muligheder hér – men har formentlig også et stort rumvarmebehov som kan søges dækket først. En del af overskudsvarmen må forefindes ved højere temperatur.
 - **Sun Chemical**, Skovlunde. Energiprofil ukendt.
 - **Coloplast**, Humlebæk, medicoprodukter. Det meste overskudsvarme ligger ved lave temperaturer.
 - **Icopal**, Herlev, tagpapprodukter. Energiprofil ukendt, men formentlig flere kilder med relativt høje temperaturer.
 - **Nycomed**, Roskilde, farmaproduktion. Energiprofil ukendt.
 - **Chr. Hansen**, Roskilde, mælkesyrekulturer. Mindre fabrik med en del køleanlæg.
 - **ESS Food**, Brøndby, madvarer. Energiprofil ukendt.
 - **Københavns Lufthavne**, Amager. Stor energiforbruger med stort internt forbrug. Har gjort meget for at optimere og restmængder af varme er ukendte. Nok mest sommerdrift.
 - **Radiometer**, Brønshøj, apparater. Energiprofil ukendt, men formentlig større internt behov uden egentlige overskudsvarmemængder.
 - **Berendsen Textil Service**, Hillerød. Store mængder varmt vand vaskeprocesser kan udnyttes, men formentlig først i ”interne optimeringer”
-
- **Lyngby Storcenter/Magasin**, større enheder, hvor overskudsvarme dog udelukkende findes i sommerperioden. Samtænkning med fjernkøleløsninger er oplagt.
 - **City 2**, Rødovre, større enheder hvor overskudsvarme dog udelukkende findes i sommerperioden. Samtænkning med fjernkøleløsninger er oplagt.

Indkøbscentre og fjernkøling

Erhvervsområder

Generelt findes der i hovedstadsregionen en lang række områder udlagt til erhverv – typisk småt blandet erhverv med jern- og metalvirksomheder, en Silvan, forskellige servicevirksomheder, transportfirmaer m.m. Det vurderes at disse områder generelt ikke har overskudsvarmemængder i relevant omgang – der vil være tale om mange småkilder.

Enkelte områder har dog større erhvervsvirksomheder, for eksempel **Avedøre Holme**, hvor der findes en række større virksomheder (Chr. Hansen, Pingvin Lakrids, Schulstad/Lantmannen m.fl.). Dette område er dog udlagt som hedtvandssystem (fjernvarme ved høj temperatur), hvorfor overskudsvarme ikke kan afsættes.

Et andet område er omkring Mileparken i Glostrup, hvor der i hvert fald tidligere lå en række energitunge virksomheder. Så vidt vides er de energitunge virksomheder gradvist lukket eller flyttet.

Endelig er der flere områder i Ballerup, som dog ikke vurderes at være energitunge.

Datacentre

Ballerup og Tåstrup, flere mindre, men enkelte store og ”hemmelige” datacentre (blandt andet IBM og KMD) med samlet effekt af størrelsesordenen 5 MW hver året rundt. De større datacentre er relativt ”gamle” forstået således, at de bortkøler varmen i køletårne og ikke direkte cirkulerer udeluft gennem serverinstallationer. Dette gør det mere attraktivt at udnytte overskudsvarme, men den skal løftes fra 20-25 °C, hvilket gør driftsøkonomien i varmepumpeanlæg tvivlsom.

Handels og servicevirksomheder

Generelt er ”Superbrugser” m.m. relativt små (<100 kW overskudsvarme), og på trods af umiddelbar nærhed til fjernvarmenet er økonomien i overskudsvarmeprojekter næppe attraktiv. Et projekt i Viborg var i 2013 ”årets fjernvarmeprojekt”, men den sande økonomi i dette er Viegand Maagøe ubekendt.

Generelt er handels- og servicevirksomheders overskudsvarmeprofil således at der er mere varme til rådighed om sommeren end om vinteren (kølelagre). Desuden er der potentiale for intern optimering først.

10.3 Potentialevurdering

I tabellen nedenfor angives størrelsesordenen for tilgængelige og relevante overskudsvarmemængder i erhvervslivet i hovedstadsområdet.

Det er forsøgt at give en vurdering af virksomhedernes driftsprofil, typisk:

- 3-holds-skift = 8.500 timer/år

- 2-holds-skift = 6.000 timer/år
- 1-holds-skift = 3.000 timer/år

Typisk forholder det sig sådan at jo mere energitunge virksomhederne er, desto længere driftstid har de.

Det er i tabellen desuden angivet om COP for en varmepumpeinstallation kan øges ved interne ombygninger på fabrikkerne med henblik på at udnytte overskudsvarme ved højere temperatur end i normalt kølevand/køletårne.

Virksomhed	Geografi	Driftsprofil (timer per år)	Mængde (GWh/år)	Kan COP øges > 4,0 ?
AGA	Amager	8500 t/år	40	Ja
Novozymes	Nørrebro	8500 t/år	35	Ja
Novo Nordisk	Hillerød	6000 t/år	15	-
Colas	Glostrup	3000 t/år (sommer)	5	Ja
Munck	Herlev	3000 t/år (sommer)	5	Ja
NCC	Glostrup	3000 t/år (sommer)	5	Ja
NCC	Herlev	3000 t/år (sommer)	5	Ja
Vorskla	Frederiksværk	6000 t/år	30	Ja
Leo Pharma	Ballerup	6000 t/år	15	Ja
Toms	Ballerup	6000 t/år	10	-
Haldor Topsøe	Lyngby	6000 t/år	5	-
Bavarian Nordic	Kvistgård	6000 t/år	5	-
Co-Ro	Frederikssund	6000 t/år	5	-
Haldor Topsøe	Frederikssund	8500 t/år	10	Ja
Biogen	Hillerød	6000 t/år	10	-
Papyro-Tex	Herlev	6000 t/år	10	Ja
Øllingeg. Mejeri	Fredensborg	3000 t/år	5	-
Borup Mejeri	Borup	3000 t/år	5	-
H. Lundbeck	Valby	6000 t/år	15	-
Xelia	Amager	6000 t/år	5	-
Sun Chemical	Skovlunde	3000 t/år	2	-
Coloplast	Humblebæk	6000 t/år	2	-
Icopal	Herlev	6000 t/år	5	Ja
Nycomed	Roskilde	3000 t/år	2	-
Chr. Hansen	Roskilde	6000 t/år	2	-
ESS Foods	Brøndby	3000 t/år	2	-
Københavns Lufthavn	Amager	6000 t/år (sommer)	10	-
Radiometer	Brønshøj	3000 t/år	2	-
Berendsen Textil	Hillerød	6000 t/år	5	-
I alt	Hovedstadsregionen		272	

Tabel 23: Tilgængelige overskudsvarmemængder i erhvervslivet i hovedstadsregionen.

10.4 Fjernkøling

En betydelig mængde energi anvendes i hovedstadsregionen til køling. Traditionelle kølemaskiner (med kompressorer) anvender typisk el til køling og flytter energi fra et lavt temperaturniveau (den ønskede køletemperatur) til et højere temperaturniveau. Den højere temperatur kan typisk være 20-40 °C. Der kan være et potentiale for at udnytte denne varmekilde i fjernvarmesystemer. Dette kan enten ske direkte fra eksisterende kølemaskiner eller ved, at der etableres et fjernkølesystem med en central kølecentral, hvorfra varmen kan udnyttes. Alternativt kan kølingen lokalt anvendes til opvarmning af bygninger, hvorved fjernvarmeforbruget fortrænges, hvilket principielt har samme effekt som produktion af varme til fjernvarmesystemet. Når fjernkøling er etableret vil en (stor) del af investeringen være foretaget i varmepumpe, varmevekslere mv., og merinvesteringen ved at føre dette ind på fjernvarmenettet kan derfor være relativt lav.

Fjernkøling er ikke som fjernvarme reguleret efter hvile-i-sig-selv princippet, men er konkurrenceudsat. Det er derfor yderst vanskeligt at skaffe data for de lokale forhold hos fjernvarmeselskaberne i hovedstadsregionen. For at opgøre potentialet for fjernvarme fra køling har det derfor i stedet været nødvendigt at anvende mere generelle data samt input fra Rambølls rapport "Analyse af det danske kølepotentiale" for Energistyrelsen fra juli 2014 (endnu ikke publiceret) (Energistyrelsen, 2014).

Behovet for fjernkøling er begrænsende for, hvor meget overskudsvarme der kan leveres til fjernvarmenettet. Elforbruget er for hver kommune opgjort på sektorerne offentlig service, øvrig handel og service, detailhandel og landbrug (Industri er dækket under industriel overskudsvarme). Elforbruget til køling for hver kommune er fordelt på komfort, proces og IT er beregnet på baggrund af generelle landsfaktorer for, hvor stor en andel af elforbruget, der anvendes til køling samt fordelingen af elforbruget til køling på komfort, proces og IT.

Imidlertid vil en del af dette potentiale ikke kunne udnyttes, da ikke alle kølemaskinerne ligger i nærheden af fjernvarmenettet, eller hvis tilslutning til nettet giver anledning til uforholdsmæssigt høje omkostninger. Det antages, at 43 % af det samlede kølebehov samfundsøkonomisk vil kunne forsynes med fjernkøling. Det er her antaget, at en lignende andel af kølingen potentielt vil kunne anvendes til fjernvarmeproduktion. Det er endvidere antaget, at potentialet afhænger af den aktuelle fjernvarmedækning i kommunen. Med disse forudsætninger reduceres potentialet til 4,2 PJ. Heraf er godt 80 % varme fra proces- og IT-køling. Antages alene at denne del kan anvendes (for-

brugsprofilen for komfortkøling matcher varmemeforbrugsprofilen dårligt og der er her ikke antaget lagring i f.eks. grundvand), og at varmepumperne maksimalt kan køre 8.000 timer om året, fås et samlet potentiale på 119 MW varme (3,4 PJ).

Tabellen nedenfor viser det opgjorte potentiale.

	Varmepumpekapacitet (MW)	Varmeproduktion (TJ)
Albertslund	3,6	103
Allerød	0,2	6
Ballerup	4,6	131
Brøndby	3,4	99
Dragør	0	0
Egedal	0,4	11
Fredensborg	0,7	19
Frederiksberg	8,4	243
Frederikssund	1,1	32
Furesø	0,9	27
Gentofte	2,5	71
Gladsaxe	1,2	34
Glostrup	1,9	54
Gribskov	1,1	32
Halsnæs	1,1	33
Helsingør	0,8	24
Herlev	1,6	47
Hillerød	0,7	20
Hvidovre	3,3	94
Høje Taastrup	4,4	126
Hørsholm	1	28
Ishøj	1,9	55
København	68,6	1.975
Lyngby-Taarbæk	0,8	24
Rudersdal	0,7	21
Rødovre	1,8	52
Tårnby	1,4	41
Vallensbæk	0,5	15
Total	119	3.418

Tabel 24: Potentiale for udnyttelse af overskudvarme fra fjernkøling af IT og proces ved 8000 fuldlasttimer til fjernvarme.

11 Referencer

- Bach, B. (2014). *Integration of heat pumps in Greater Copenhagen*. Technical University of Denmark.
- Birkmose, T., Hjort-Gregersen, K., & Stefanek, K. (2013). *Biomasse til biogasanlæg i Danmark - på kort og langt sigt*. AgroTech.
- CTR, HOFOR og VEKS. (2014). *Varmeplan Hovedstaden 3. Omstilling til bæredygtig fjernvarme*. Udarbejdet af Ea energianalyse for CTR, HOFOR og VEKS.
- DEC. (2013). *Dyr og arealer til kommunerne for 2012*. DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet.
- Dragør Kommune. (1988). *LOKALPLAN 28 for vindmøller i området vest for Falledvej mellem St. Magleby og Søvang, med tilhørende TILLEG NR.4 til DRAGØR KOMMUNEPLAN 1982-1992*. Hentet fra http://soap.plansystem.dk/pdfarchive/20_1053798_DRAFT_1190277079709.pdf
- DST. (2013). *HALM1. Høstresultat efter område, tid, afgrøde og enhed*. Danmarks Statistik.
- Energistyrelsen. (2009). *Virksomhedsrentabel udnyttelse af overskudsvarme, samt afdækning af evt. potentiale*. Udarbejdet af Viegand & Maagøe & SRC International for Energistyrelsen. Hentet fra <http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/dokumenter/publikationer/downloads/overskudsvarmeafsluttenderapportfebruar2009.pdf>
- Energistyrelsen. (2014a). *Analyse af det danske kølepotentiale*. Udarbejdet af Rambøll, DTU, PwC, Horten og Capital Cooling for Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2014b). *Energistatistik 2013*. København: Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2014c). *Vejledning i kortlægningsmetoder og datafangst til brug for kommunal strategisk energiplanlægning - Kortlægning og nøgletal*. København: Udarbejdet af Ea energianalyse og NIRAS for Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2014d). *Vejledning i kortlægningsmetoder og datafangst til brug for kommunal strategisk energiplanlægning - Metodebeskrivelse*. Udarbejdet af Ea Energianalyse og NIRAS for Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2015). *Data for eksisterende og afmeldte møller (ultimo november 2014)*. Hentet fra <http://www.ens.dk/info/tal-kort/statistik-noegletal/oversigt-energisektoren/stamdataregister-vindmoller>
- Energistyrelsen, Energi- og Miljødata & Risø. (1999). *Vindkort over Danmark*. Hentet fra

- http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/da/taur/wres/dkmap.htm
- Frederiksberg Forsyning. (2014). *Aftale om to vindmøller til Frederiksberg*. Frederiksberg Forsyning. Hentet fra <http://frb-forsyning.dk/Default.aspx?ID=324&m=News&PID=831&NewsID=442>
- Høje-Taastrup Kommune. (1988). *Lokalplan nr. 6.12*. Hentet fra http://soap.plansystem.dk/pdfarchive/20_176124_APPROVED_1162453094988.pdf
- Konkurrence- og forbrugerstyrelsen. (08. 10 2014a). *Benchmarking 2012*. Hentet fra Net volumet for rensningsanlæg: <https://www.kfst.dk/Vandtilsyn/Benchmarking/Benchmarking-2012>
- Konkurrence- og forbrugerstyrelsen. (08. 10 2014b). *Benchmarking 2012*. Hentet fra Bilag 19 Oversigt over costdrivere og effektiviseringspotentialer og -krav for drikkevand: <https://www.kfst.dk/Vandtilsyn/Benchmarking/Benchmarking-2012>
- Miljøministeriet. (2006). *Bekendtgørelse om varmeindvindingsanlæg og grundvandskøleanlæg §13*.
- Miljøministeriet. (2014). *Miljøgis - Naturstyrelsens kortværktøj for vindmølleplanlægning*. Hentet fra <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=miljoegis-vindmoeller>
- Miljøstyrelsen. (2014). *Udtræk for alle kommuner 2011-2013 ekskl. jord*. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.
- Naturstyrelsen. (2014a). *Hvad er forskellen på et gårdanlæg og et fællesanlæg?* Hentet fra http://naturstyrelsen.dk/media/nst/11610127/24_vvm_hvad_er_forskellen_p_f_llesanl_g_og_g_rdanl_g_140814.pdf
- Naturstyrelsen. (2014b). *Statusnotat om kommunernes vindmølleplanlægning pr. 15. maj 2014*. Miljøministeriet, Naturstyrelsen.
- PlanEnergi. (2011). *Biogas potentiale i danske kommuner*. Udarbejdet af PlanEnergi for Energinet.dk.
- Rambøll. (2014). *Overskudsvarme ved Fjernkøling med varmepumpedrift*. Udarbejdet for Rambøll for Høje Taastrup Fjernvarme.
- Viegand & Maagøe. (2013). *Analyse af mulighederne for bedre udnyttelse af overskudsvarme fra industrien*. Viegand & Maagøe. Hentet fra http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/energistyrelsen/Nyheder/overskudsvarme_-_sammenfattende_rapport_august_2013_final.pdf
- Viegand Maagøe. (2015). *Overskudsvarme i Region Hovedstaden*. Viegand Maagøe.



KKR

HOVEDSTADEN



Ea Energianalyse



Region
Hovedstaden

COWI

Udgiver: Gate 21
Udgivet: Juni 2015
Layout: Kasper Lavlund Bornø Jensen
For- og bagside foto: Søren Osgood

