



Del 1: Klimaforebyggelse



Del 2: Klimatilpasning



# Virkemiddelkatalog

for klimaforebyggelse og klimatilpasning  
i kommuner i Region Syddanmark

Maj 2020



Del 1: Klimaforebyggelse



Del 2: Klimatilpasning



# Virkemiddelkatalog

for klimaforebyggelse og klimatilpasning  
i kommuner i Region Syddanmark

Maj 2020



Region Syddanmark

PlanEnergi

Kontaktpersoner:  
Anders Bræstrup; atb@rsyd.dk  
Jørgen Lindgaard Olesen; jlo@planenergi.dk

Del 1:  
**Klimaforebyggelse**

## Indhold

I virkemiddelkatalogets del 1 behandles emner knyttet til klimaforebyggelse. Herved forstås tiltag der sigter mod at nedbringe udledningen af drivhusgasser i kommunerne som geografisk område. De indirekte forbrugsbaserede udledninger fra import af varer/tjenester i et livscyklusperspektiv er ikke behandlet i virkekataloget.

I virkemiddelkataloget beskrives følgende emner:

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Energiforsyning .....  | 3  |
| 1.1 | Afvikling af individuel olie .....                             | 3  |
| 1.2 | Afvikling af individuel naturgas .....                         | 6  |
| 1.3 | Fjernvarmeløsninger uden fossile brændsler .....               | 9  |
| 1.4 | Fjernkøling i større fjernvarmeområder .....                   | 14 |
| 1.5 | Vindmølleparker på land .....                                  | 16 |
| 1.6 | Markbaserede solceller .....                                   | 21 |
| 1.7 | Energiparker og biogas .....                                   | 25 |
| 1.8 | CO <sub>2</sub> fangst og lagring .....                        | 29 |
| 2   | Bygninger .....  | 32 |
| 2.1 | Energirenovering af bygninger .....                            | 32 |
| 2.2 | Solceller på bygninger .....                                   | 35 |
| 2.3 | Forberede bygninger til fjernvarme ved lavere temperatur ..... | 38 |
| 3   | Industri og erhverv .....                                      | 40 |
| 3.1 | Energieffektiviseringer og elektrificering .....               | 40 |
| 3.2 | Spildvarme fra industri og kommende datacentre .....           | 43 |
| 4   | Transport .....  | 45 |
| 4.1 | Fremtidig ladeinfrastruktur til elbiler .....                  | 45 |
| 4.2 | Alternativer til transport i bil .....                         | 48 |
| 5   | Landbrug og arealanvendelse .....                              | 53 |
| 5.1 | Mere biogas og bedre staldsystemer .....                       | 53 |
| 5.2 | Udtagning af kulstofrige landbrugsjorde .....                  | 57 |
| 5.3 | Skovrejsning .....   | 61 |
| 5.4 | Ændret fodersammensætning for kvæg .....                       | 65 |
| 5.5 | Ændret dyrkning af landbrugsjord .....                         | 67 |
| 5.6 | Øget brug af efterafgrøder på landbrugsarealer i omdrift ..... | 70 |

# 1 Energiforsyning

## 1.1 Afvikling af individuel olie

### 1.1.1 Status og perspektiver

Opvarmning med individuel olie er stærkt på retur, da denne opvarmningsform er dyr. Oliefyret er de seneste 10 år primært blevet udskiftet med et pillefyr udenfor fjernvarmeområder og til fjernvarme i fjernvarmeområderne. De seneste lempelser i afgifterne på el til varmepumper har flyttet balancen i retning af varmepumper udenfor fjernvarmeområder. Energistyrelsen forventer jf. den seneste basisfremskrivning, at ca. 85 % af dagens oliefyr vil være afviklet i 2030 uden yderligere tiltag ("*frozen-policy*").

Denne beskrivelse af virkemidler er primært rettet mod afvikling af oliefyr uden for fjernvarmeområder, hvor vi i dag finder langt de fleste oliefyr.

### 1.1.2 Eksempler på lokale handlinger

#### **Varmeplan med klar afgrænsning af nuværende og kommende fjernvarmeområder**

Kommunen bør af hensyn til forbrugernes valg af opvarmning gennem en vedtaget varmeplan give klare oplysninger om, hvilke områder, som nu og i fremtiden vil blive omfattet af fjernvarme.

#### **Uafhængig energirådgivning til borgere med oliefyr**

Flere energiselskaber tilbyder gratis energirådgivning til deres varmekunder. Udfordringen opstår dog for borgere, der hverken har naturgas eller fjernvarme. De er uden særskilte initiativer nemt overladt til sig selv, og får derfor i mange tilfælde ikke investeret i de miljømæssigt og privatøkonomisk optimale energiløsninger.

Kommuner kan arbejde for etablering af ordninger, hvor borgere med olieopvarmning kan tilbydes uvildig energirådgivning. Håbet er, at rådgivningen fører til investeringer i energieffektiviseringer, samt at borgere får andel i Energiaftalens tilskudspulje på 20 mio. kr. pr. år. til skift til individuelle varmepumper i forbindelse med skrotning af oliefyr, samt oplyses om tilskudsregler til energibesparelser og skattefradrag til håndværkerudgifter.

#### **Temadage om individuelle varmepumper og energibesparelser**

Flere kommuner har afholdt informationsmøder for deres borgere om alternativer til oliefyr og energioptimering i egen bolig. Spareenergi, kan være behjælpelig med at målrette invitationer og arrangere møder. [www.spareenergi.dk](http://www.spareenergi.dk)

#### **Demonstrationsprojekter i olielandsbyer**

En anden mulighed er fokuserede projekter i landsbyer med mange oliefyr. Projekterne kan bl.a. indeholde:

- små fællesløsninger med fælles varmepumper eller biomassekedel i landsbyer, hvor husene ligger relativt tæt samlet og der måske er en lokal storforbruger i form af en virksomhed, en efterskole eller lignende.
- fælles indkøb af individuelle varmepumpe-løsninger
- fælles tilbud fra håndværkere eller tilbud på ESCO-koncepter, hvor forbrugerne alene betaler for varmen, mens en operatør investerer og driver individuelle eller kollektive varmepumpeanlæg.
- fælles rådgivningskoncepter

### **Etablering af regionale Fjern-varmepumpe a.m.b.a. selskaber**

Som et alternativ til de kommercielle aktører, der tilbyder varme på abonnement med støtte fra Energistyrelsen, har forsyningsselskabet TLV forsyning, der er beliggende i Trustrup-Lyngby på Djursland, etableret andelsselskabet Nærvarmeværket. Nærvarmeværket installerer, ejer og vedligeholder individuelle varmepumper, mens boligejeren selv står for afregningen af den el varmepumpen bruger. Dansk Fjernvarme arbejder på et setup, hvor dette koncept kan tilbydes i hele landet via oprettelse af regionale Fjern-varmepumpe a.m.b.a. selskaber.

[Link](#)

#### **1.1.3 Centrale aktører for indsatsen**

- Lokalråd samt evt. lokale landdistriktskonsulenter
- El- og fjernvarmeselskaber
- ESCO leverandører (Best Green, OK, SustainSolutions, Fyrfyret.dk)
- Uafhængige energirådgivere mm. under Energistyrelsens Bedre Bolig program ([Spar-energi.dk](#))
- Dansk Fjernvarme (ønsker at facilitere regionale Fjernvarmepumpe a.m.b.a. selskaber)

#### **1.1.4 Eksempelkommuner**

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. afvikling af individuel olie:

- Ringkøbing-Skjern (tilbud om gratis energirådgivning i to landsbyer + yderligere over 1.000 husstande). Se Energi2020.
- Hjørring: uddannelsescafeer, Tupperware parties, borgermøder mm. [Link](#)
- Skive: rådgivercafe, energitjek, grundejerforeninger mm. [Link](#)
- Sønderborg Kommune: Hent varmen ud af den blå luft [Link](#)
- Middelfart Kommune: Føns Nærvarme. [Link 1 \(historien\)](#), [Link 2 \(forundersøgelse\)](#)
- Rebild Kommune: Kortlægning af mulige landsbyvarmeprojekter. [Link](#)
- Sønderborg Kommune: Afgrænsning af individuel og fjernvarmeforsyning. [Link](#)

#### **1.1.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering**

##### **Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)**

Det er typisk få procent af den samlede opvarmning i en kommune, der udgøres af individuel olie.

Effekt ved skrotning af 1.000 oliefyr (ved 50 GJ/stk.): 3.700 ton/CO<sub>2</sub> pr. år.

##### **Teknologisk modenhed**

Alternativerne til individuel olie er typisk individuel varmepumpe, træpillefyr eller fjernvarme. Alle teknologier er gennemprøvede og tilgængelige på markedet til konkurrencedygtige priser.

##### **Økonomi for investor**

Fjernvarme, individuel varmepumpe og træpillefyr har normalt bedre totaløkonomi for investor end olie. Det samme kan også gøre sig gældende for fælles varmeløsninger. For særligt varmepumper kan det være en barriere for den enkelte husejer, at teknologien er relativt omkostningstung. Det gælder særligt i landområder med lave huspriser. Varmepumpen må dog uden for fjernvarmeområder betragtes som det sikre valg frem for træpillefyr grundet øget politisk fokus på at reducere biomasseforbruget i energisektoren.

**Samfundsøkonomi**

Individuelle varmepumper og store varmepumper til fjernvarme udviser bedre samfundsøkonomi end både olie- og træpillefyr.

**Afledt erhvervsudviklingspotentiale**

Lokal erhvervsudvikling er næppe en stor driver på området, men en forcering af rådgivningsindsatsen kan være med til at skaffe arbejde til håndværksvirksomheder i nedgangsperioder. Flere kommuner arbejder med efteruddannelse og lokale teams af håndværkere, der kan hjælpe den enkelte husejer med energirenoveringer. Det har de bl.a. gjort i Frederikshavn med initiativet "Energiproffer". [Link](#)

**Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)**

Initiativer rettet mod borgere med oliefyr vil ofte gavne ressourcetsvage borgere i landdistrikter med ringe muligheder for at investere i egen bolig.

**Risikovurdering og barrierer**

Fælles varmeløsninger i mindre byer er ofte svære at organisere fordi borgernes installationer har forskellig alder, og fordi den økonomiske gevinst er relativ lille for den enkelte husejer. Realisering af projekterne er meget følsomme overfor endelig tilslutningsprocent og realisering kræver en aktiv forbrugergruppe, der tager selvstændigt initiativ til etablering af anlægget.

Det er primært individuel energirådgivning, der kan skubbe til investeringsbeslutninger hos private med oliefyr. Erfaringerne viser, at besparelserne pr. investeret rådgivertime er begrænsende, samt at succes kræver, at ydelsen er gratis. Også her er det nødvendigt med aktiv lokal opbakning, hvis rådgivningsindsatsen skal bære frugt.

Generelle oplysningskampagner giver sjældent i sig selv anledning til handling, da der typisk er langt fra generel information til konkrete investeringsbeslutninger for den enkelte husejer.

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | God | Middel | Ring |
|-------------------------------------|-----|--------|------|
| Reduktion af klimagasser            |     | X      |      |
| Teknologisk modenhed                | X   |        |      |
| Økonomi for investor                | X   |        |      |
| Samfundsøkonomi                     | X   |        |      |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |     |        | X    |
| Øvrige afledte effekter             | X   |        |      |
| Risikovurdering                     |     | X      |      |

## 1.2 Afvikling af individuel naturgas

### 1.2.1 Status og perspektiver

Der sker i hele regionen betydelig opvarmning med individuel naturgas. Nogle gasområder ligger i umiddelbar tilknytning til eksisterende fjernvarmeområder, mens andre gasbyer ligger i større afstand fra eksisterende fjernvarmenet.

Afvikling af individuel naturgas går langsomt, da opvarmningsformen er billig og udviser god samfundsøkonomi med dagens beregningsforudsætninger. Der er dog i flere kommuner gode muligheder for at udvide fjernvarmeområder, så de dækker områder, der i dag har gas.

For større naturgasbyer med større afstand til eksisterende fjernvarmeværker kan ny fjernvarme være en mulighed, mens et skift til individuelle varmepumpeløsninger er mere oplagt i mindre gasområder med lav varmetæthed.

### 1.2.2 Eksempler på lokale handlinger

#### **Varmeplanlægning og varmeanalyser i samarbejde med fjernvarmeselskaber**

Flere kommuner arbejder aktivt med konvertering af områder med individuel gas til fjernvarme i samarbejde med lokale fjernvarmeselskaber. Arbejdet kan bl.a. omfatte:

- Samarbejde om udarbejdelse af en varmeplan, der fastlægger principper for områder med kollektiv og individuel forsyning
- Igangsætning af konkrete analyser, der viser økonomi for bruger, selskab og samfund for de mest lovende konverteringsprojekter
- Etablering af netværk, der løbende arbejder for realisering af de mest lovende konverteringsprojekter
- Etabling af lokale Fjern-varmepumpe a.m.b.a. selskaber.

### 1.2.3 Centrale aktører for indsatsen

- Kommunerne (som varmeplanmyndighed)
- Fjernvarme- og naturgasselskaber
- Dansk Fjernvarme (jf. initiativ vedrørende Fjernvarmepumpe a.m.b.a. selskaber)
- Lokalråd

### 1.2.4 Eksempelkommuner

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. afvikling af individuel gas:

- Horsens Kommune: Konvertering af over 10.000 husstande. [Link](#)
- Skive Kommune: Juridisk tvist med Evida tidl. HMN Naturgas siden 2016
  - [Link tvist](#)
  - [Link varmeplan](#)
- Sønderborg Kommune: Varmeplan 2015 [Link](#)
- Rebild Kommune: Kortlægning af mulige landsbyvarmeprojekter [Link](#)
- Sønderborg Forsyning. Konvertering af Nordals fra individuel naturgas til fjernvarme [Link](#)
- Middelfart Fjernvarme: "Opgørelse af potentiale for udvidelse af fjernvarmedækning samt forretningsmodel for tilbud af individuelle varmepumper" (PlanEnergi, nov. 2019)

### 1.2.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Opvarmning med individuel gas er betydelig i flere kommuner og konvertering til fossilfri opvarmning sker ikke uden lokale tiltag og koordinering via varmeplanlægningen.

Effekt ved skrotning af 1.000 naturgasfyr (ved 50 GJ/stk.): 2.850 ton/CO<sub>2</sub> pr. år.

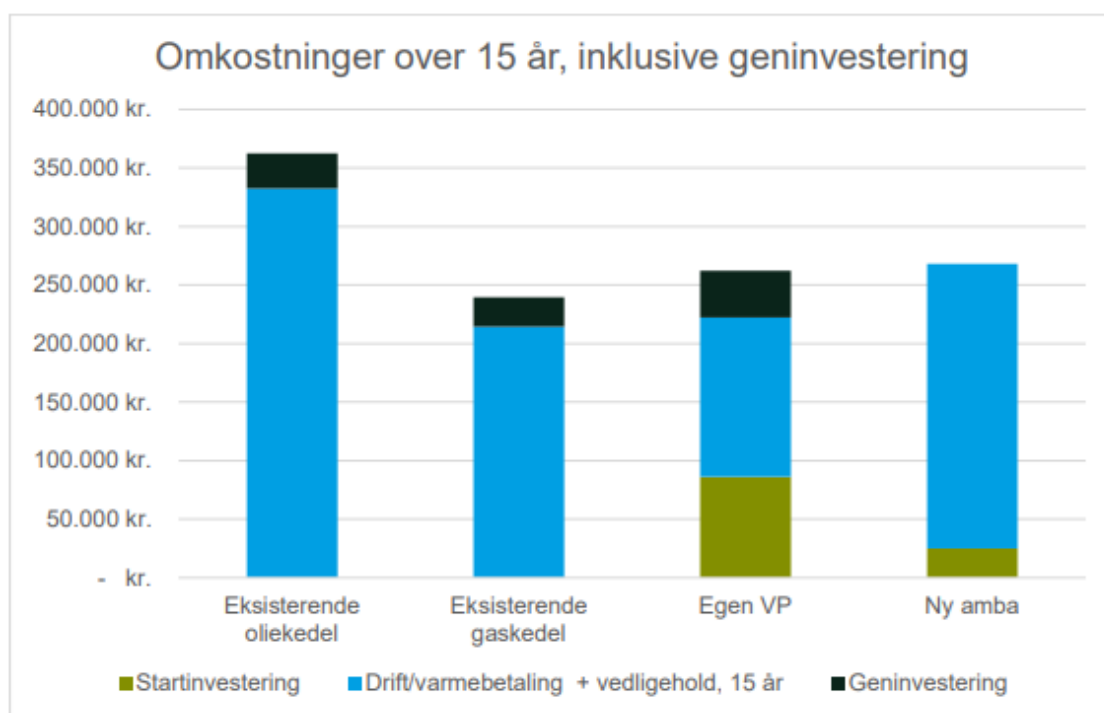
#### Teknologisk modenhed

Alternativerne til individuel gas er typisk individuel varmepumpe eller fjernvarme. Begge teknologier er gennemprøvede og tilgængelige på markedet til konkurrencedygtige priser.

#### Økonomi for investor

Eksisterende gaskedler kan i dag levere varme til en pris der er billigere end varme leveret fra en nyinstalleret individuel varmepumpe eller et nyt fjernvarmeværk. Dette gør, at et skrift væk fra naturgas er privatøkonomisk optimalt i en udskiftningssituation, hvor alternativet er køb af et nyt naturgasfyr.

Konkurrence i relation til levering af varme fra et eksisterende fjernvarmeværk afhænger selv sagt af varmeprisen på det aktuelle fjernvarmeværk. Fjernvarme kan både være billigere og dyrere end en eksisterende naturgaskedel, men vil ofte være billigere end individuelle varmepumper.



Omkostninger til opvarmning af standardhus over 15 år, jf. "Grøn varme til 500.000 boliger", Dansk Fjernvarme okt. 2019. [Link](#)



**Samfundsøkonomi**

Individuel naturgas udviser god samfundsøkonomi med dagens beregningsforudsætninger. Dette forhindrer ofte konverteringer at områder med individuel gas til fjernvarme. Klima-, energi- og forsyningsminister Dan Jørgensen har dog lovet at se på dette i forbindelse med den kommende Klimahandlingsplan.

**Afledt erhvervsudviklingspotentialer**

Lokal erhvervsudvikling er næppe en stor driver på området selv om en stor del af konverteringsarbejdet udføres af lokale håndværkere. Dog arbejder flere kommuner med efteruddannelse og lokale teams af håndværkere, der kan hjælpe den enkelte husejer med energirenoveringer. Det har de bl.a. gjort i Frederikshavn med initiativet "Energiproffer". [Link](#)

**Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)**

Intet af betydning.

**Risikovurdering og barrierer**

Der er en række barrierer for udfasning af individuelle gasfyr i boligopvarmningen. Det drejer sig bl.a. om

- Lave naturgaspriser
- Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, der modarbejder afvikling af individuel gas
- Manglende lokale analyser/varmeplaner, der afdækker om gasområder bør konverteres til fjernvarme eller individuelle varmepumper
- Usikkerhed ift. fremtidig regulering på varmeområdet, herunder fjernvarmeselskabernes muligheder for at pålægge tilslutningspligt

**Sammenfattende vurdering**

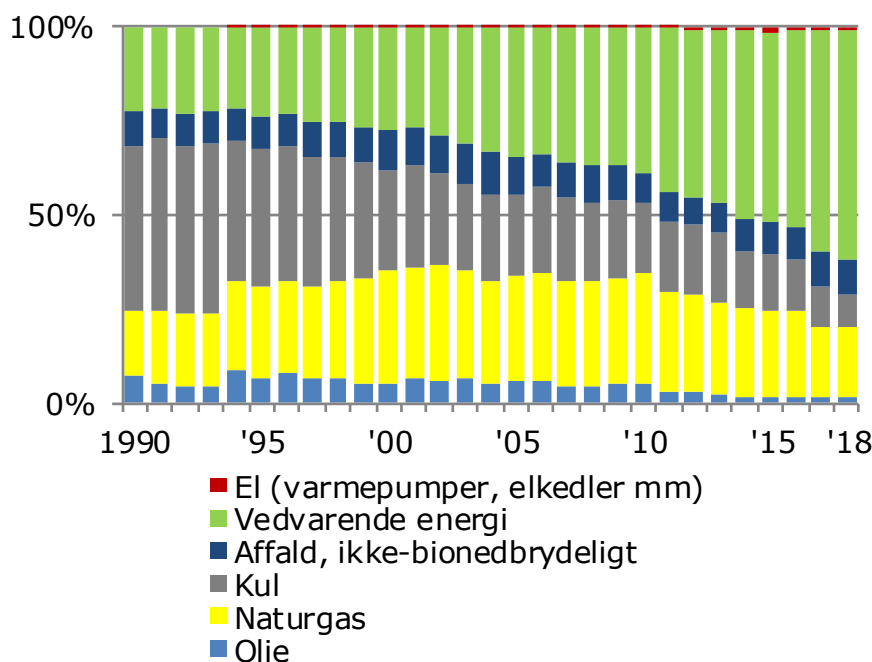
|                                      | God | Middel | Ringe |
|--------------------------------------|-----|--------|-------|
| Reduktion af klimagasser             | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                 | X   |        |       |
| Økonomi for investor                 |     | X      |       |
| Samfundsøkonomi                      |     |        | X     |
| Afledt erhvervsudviklingspotentialer |     |        | X     |
| Øvrige afledte effekter              |     |        | X     |
| Risikovurdering                      |     |        | X     |

## 1.3 Fjernvarmeløsninger uden fossile brændsler

### 1.3.1 Status og perspektiver

Fjernvarme er den mest udbredte opvarmningsform i Danmark og knap 65 % af alle boliger har fjernvarme.

Gennem de seneste 30 år er der sket en markant reduktion i brugen af fossile brændsler i fjernvarmen. Særligt biomasse har erstattet kul, naturgas og olie. Men med bl.a. den reducerede elvarmeafgift er el til fjernvarme blevet den foretrukne teknologi for særligt mindre naturgasfyrede fjernvarmeverker og det må forventes, at el til varme kommer til at spille en meget større rolle i fjernvarmeforsyningen i de kommende år, og at biomassens rolle vil blive reduceret. De fremtidige varmekilder vil derfor blive elkedler, varmepumper, solvarme og overskudsvarme kombineret med varmelagring.



Brændsler til fjernvarme fjernvarmeproduktion, procentvis fordeling. Kilde: Energistyrelsens energistatistik 2018. Vedvarende energi på figuren er biomasse.

### 1.3.2 Eksempler på lokale handlinger

#### Lokalt fjernvarmenetværk

Der er forandringer på vej i fjernvarmesektoren, som får stor betydning for alle fjernvarmeselskaber. Kommuner kan derfor på egen hånd eller i fællesskab etablere lokale netværk for fjernvarmeselskaber, hvor kommunen har sekretærfunktionen og indkalder til møder 1-2 gange om året.

I netværket kan man bl.a. drøfte:

- Hvornår det er aktuelt at investere i varmepumper og udnyttelse af overskudsvarme
- De lokale elnetselskabers forventninger til en fremtidig tarifstruktur, som fremmer el til fjernvarme og fleksibelt elforbrug
- Nyeste viden om afgifter og tilskud, herunder ift. store varmepumper, overskudsvarme, geotermi og produktion af syntetiske transportbrændstoffer

- Udmøntning af de politiske målsætninger om konkurrenceudsættelse af fjernvarmesektoren, herunder håndtering af forventet ophævelse af forblivelsespligt
- Fælles problemstillinger ift. drift, myndighedsbehandling og lokalpolitiske spørgsmål
- Fælles indhentning af erfaringer fra fjernvarmeselskaber, der har etableret eldrevne varmepumper, store varmelagre eller optimeret deres net og brugerinstallationer
- Fælles info om aktuelle analyser på fjernvarmeområdet
- Sammenligning af forbrugerpriser og årsager til forskelle

#### **Afdækning af nye forretningsområder på varmeområdet**

Fjernvarmen skal i 2030 være tæt på 100 % fossilfri og på sigt skal biomasse ikke være det primære brændsel. Parallelt med, at alle fjernvarmeværker udarbejder masterplaner for omlægning til vedvarende energi og reduktion i biomasseforbruget kan det være relevant at afdække nye forretningsmuligheder i mindre lokale fjernvarmenetværk. Det kunne dreje sig om:

- Optimering af ydelser i forbindelse med ellagring som varme
- Køle- og varmemeforpligtelser til industrier
- Hybridanlæg med spildvarme, solvarme, varmepumper og varmelagre

#### **1.3.3 Centrale aktører for indsatsen**

- Kommuner (varmeplanmyndighed)
- Lokale fjernvarmeselskaber
- Dansk fjernvarme
- Lokale industrivirksomheder, herunder kommende datacentre
- Balanceansvarlige for el

#### **1.3.4 Eksempelkommuner mm.**

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. grønne fjernvarmeløsninger:

- Region Midtjylland har via projektet REFER-CDR fået bevilliget 21,5 mio. kroner fra den Europæiske Investeringsbank. Pengene går til rådgivning, projektering og projektstyring i forbindelse med investeringer i grønne fjernvarmeløsninger for 25 deltagende fjernvarmeselskaber. [Link](#)
- I Region Nordjylland (House og Energy) er der via INDDHEAT programmet bevilliget 20,5 mio. kr. fra den Europæiske Investeringsbank til teknisk rådgivning til fjernvarmeværker. Den tekniske rådgivning kan dække alle aktiviteter frem til indgåelse af kontrakt, herunder forundersøgelser, projektering, myndighedsbehandling, udbud og kontrahering. [Link](#)
- Strategisk energiplanlægning i Sydvest- og Sønderjylland er et strategisk samarbejde mellem 3 kommuner i Sydvestjylland (Esbjerg, Varde, Fanø) og 4 kommuner i Sønderjylland (Haderslev, Tønder, Aabenraa og Sønderborg) og de lokale forsyningsselskaber.

### 1.3.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Reduktionspotentiale vil variere meget fra kommune til kommune. I nogle kommuner er fjernvarmen næsten fuldt omstillet til vedvarende energi, mens der i andre fortsat er både naturgas og kul i fjernvarmeproduktionen. Der er dog selvsagt store langsigtede udfordringer med at nedbringe biomasseforbruget i fjernvarmesektoren.

#### Teknologisk modenhed

Varmeproduktionsteknologier på fjernvarmeområdet er generelt gennemprøvede, dog er der teknologiske usikkerheder forbundet med bl.a. sæsonlagre og geotermiske løsninger.

Varmepumper til fjernvarme er et relativt nyt fænomen i Danmark og vi har endnu til gode at se om teknologien yder helt som forventet, hvis varmekilden er udeluft. Varmepumper udrulles dog i stor stil på fjernvarmeværker i disse år, og der vil derfor i løbet af de næste par år være betydelige driftserfaringer med teknologien på mindre fjernvarmeværker.

#### Økonomi for investorer

Varmepumpeteknologi kan med dagens rammebetingelser producere varme til en pris der er sammenlignelig med alternativet med afgiftsfri biomasse. Med fortsat udbygning med vindkraft og begrænsende biomasseressourcer forventes fremtidige rammebetingelser at fremme el til varme yderligere.

#### Samfundsøkonomi

Grønne fjernvarmeløsninger, der ikke er baseret på biomasse, udviser generelt god samfundsøkonomi. Da der ifølge Varmeforsyningsloven skal installeres de løsninger, som har bedst samfundsøkonomi, vil varmpumper skulle prioriteres frem for biomasse ved nyinstallation. Også når det gælder lagring af el fra vindkraft kan fjernvarmesystemet via eksisterende og nye lagre levere omkostningseffektive løsninger.

#### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Billig og klimavenlig opvarmning og køling kan give et løft i det grønne image for lokale virksomheder. Der er derudover fortsat gode muligheder for udvikling og eksport af dansk fjernvarmeteknologi til fossilfri varme og køling til primært det europæiske marked.

#### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

##### *Biomasse*

De afledte effekter af fjernvarmeløsninger baseret på afbrænding af biomasse er i disse år til debat. Dette skyldes:

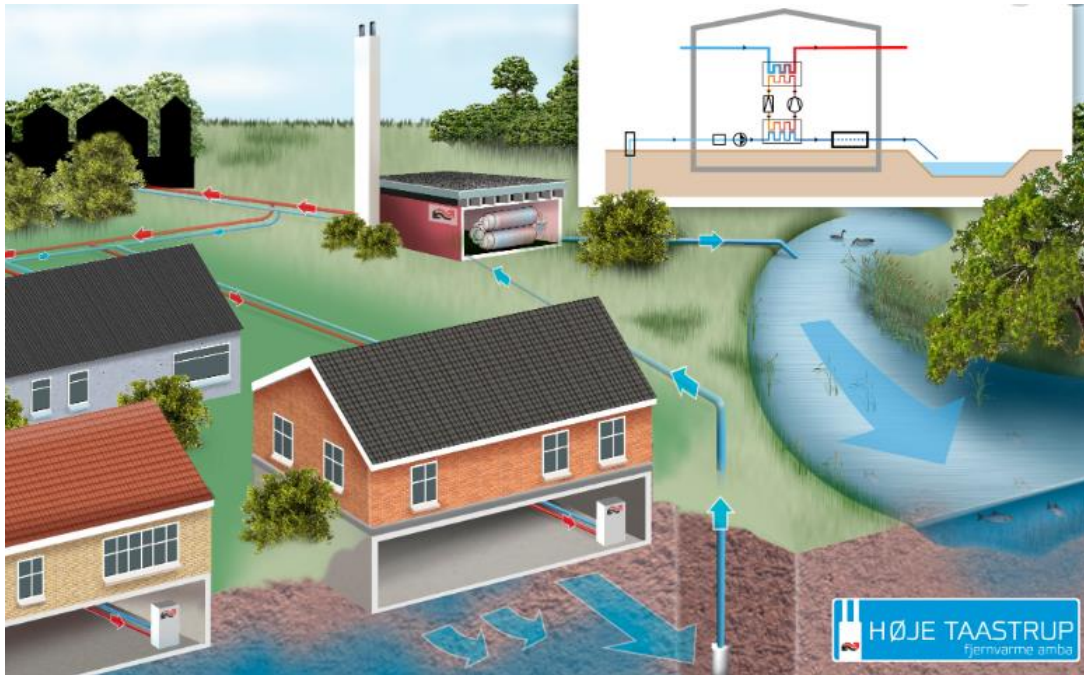
- at biomassen er en begrænset ressource på verdensplan
- at produktion af biomasse til energiformål kan lægge pres på tilgængelige arealer til natur og landbrug via indirekte arealanvendelsesændringer (ILUC)
- at der knytter sig en klimaeffekt til frigivelse af kulstofpuljer, der er opbygget over en årrække (gælder særligt biomasse fra skov)
- at halm er bedre anvendt i biogasanlæg eller evt. pyrolyseanlæg

##### *Varmepumper*

For de mest udbredte varmepumpeløsninger, der anvender luft som varmekilde, er støj fra kølegård og kompressorer umiddelbart den væsentligste miljøudfordring. Dette håndteres

gennem de almindelige regler om maksimal støjpåvirkning i skel. For grundvandbaserede varmepumper skal der tages hensyn til en evt. påvirkning af både overfladevand (natur) og grundvand.

Det er i forbindelse med projektering for store varmepumper interessant at undersøge om varmepumper, kan indgå i den lokale klimatilpasningsindsats, hvor regn- eller grundvand kan udnyttes som varmekilde. Dette udnyttes eksempelvis i Høje Taastrup, hvor varmepumpeanlæg udnytter vand fra permanent grundvandsænkning. [Link1](#) [Link2](#)



### Risikovurdering og barrierer

#### *Temperaturer og kapacitet i fjernvarmenettet*

Varmepumper udrulles i stor stil på fjernvarmeværker i disse år og der vil derfor i løbet af de næste par år være betydelige driftserfaringer med teknologien på mindre fjernvarmeværker.

Næste logiske step er el til varme i større skala nær de centrale værker omkring de store byer, hvor de overordnede fjernvarmenet ofte opererer med relativt høje temperaturer, da fjernvarmenettet er designet til en varmforsyning med få store produktionsenheder.

En forsyningsstruktur med fokus på varmepumper og solvarme giver et behov for lavere temperaturer i fjernvarmenettet, da varmepumper bliver mere effektive jo lavere temperatur de skal levere. Umiddelbart kan det enten gøres via en generel nedsættelse af temperaturen i nettet eller via en mere decentral forsyningsstruktur end i dag, hvor varmepumperne producerer varme til udvalgte punkter i distributionssystemet evt. kombineret med varmelagre og solvarme.

#### *Kraftvarmekravet*

Kraftvarmekravet betyder, at der i Esbjerg, Fredericia og Odense kun kan bygges større varmeproduktionsanlæg, som producerer både el og varme. Der kan derfor ikke etableres varmeproduktion baseret på geotermisk energi, store varmepumper eller solvarme uden dispensation fra kraftvarmekravet. Odense har allerede fået dispensation til et varmepumpeanlæg og Esbjerg arbejder på dispensation.

*Konkurrenceudsættelse*

Der lægges med Energifaften fra 2018 op til, at fjernvarmesektoren i årene fremover skal konkurrenceudsættes. Det betyder, at det ikke længere er muligt at fastholde eksisterende kunder, der måtte ønske at skifte til individuel varmforsyning, og det gør det vanskeligere at tilslutte nye kunder ved f.eks. konvertering af naturgasforsynede områder. Skal de eksisterende kunder fastholdes i årene fremover, og skal der tiltrækkes nye kunder, er det derfor afgørende, at fjernvarmen fortsat kan levere varme til priser der er lavere end de individuelle alternativer.

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | <b>God</b> | <b>Middel</b> | <b>Ringe</b> |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------------|
| Reduktion af klimagasser            | X          |               |              |
| Teknologisk modenhed                | X          |               |              |
| Økonomi for investor                | X          |               |              |
| Samfundsøkonomi                     | X          |               |              |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |            | X             |              |
| Øvrige afledte effekter             |            | X             |              |
| Risikovurdering                     |            | X             |              |

## 1.4 Fjernkøling i større fjernvarmeområder

Afsnit er baseret på Køleplan Danmark 2016 udarbejdet af Rambøll og Aalborg Universitet og støttet af Dansk Fjernvarmes F&U Konto. [Link](#)

### 1.4.1 Status og perspektiver

Fjernkøling er ligesom fjernvarme en energiinfrastruktur, der udnytter storskalafordele i byerne. I fjernkølingen cirkuleres afkølet vand til kunder, der har behov for køling for at opnå et godt indeklima eller for at køle fødevarer, maskiner, servere eller lignende. Kølingen kan produceres effektivt i symbiose med fjernvarmen og med store kølelagre.

I Danmark køler vi ikke private boliger, men mange bygninger har et stigende kølebehov. Køleplan Danmark 2016 viser, at flere erhvervsområder typisk har så stor en køletæthed, at det er økonomisk fordelagtigt at etablere fjernkøling som alternativ til individuelle køleanlæg. Det økonomiske potentiale for fjernkøling udgør omkring halvdelen af det samlede danske kølebehov.

### 1.4.2 Eksempler på lokale handlinger

#### Lokale køle- og varmeplaner i større fjernvarmebyer

Kommunerne i Esbjergområdet, TVIS og Odense kan sammen med de lokale fjernvarmeselskaber udarbejde sammenfattende varme- og køleplaner, hvor potentialerne for fjernkøling afdækkes i samarbejde med lokale virksomheder og bygningsejere.

### 1.4.3 Centrale aktører for indsatsen

- Lokale fjernvarmeselskaber
- Lokale virksomheder med kølebehov
- Ejere af større offentlige og private bygninger

### 1.4.4 Eksempelkommuner mm.

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. fjernkøling:

- Høje Taastrup Fjernvarme: Fjernkøl til grønttorvet Copenhagen Markets. Overskudsvarmen fra fjernkøling udnyttes til fjernvarme. [Link](#)
- HOFOR's fjernkøleselskab: Udbygger kraftigt i indre by i København. [Link](#)
- Aalborg Forsyning: Vil fra 2021 levere fjernkøling til det nye universitetshospital i Aalborg Øst. Der arbejdes aktivt på at udbrede fjernkøling til andre områder i Aalborg Øst, hvor der er mange virksomheder og større bygninger. [Link 1](#), [Link 2](#)
- DTU: Næsten alle bygninger er nu tilkøbet et stort ringforbundet fjernkølenet, som skal forsynes med grundvandskøling med udnyttelse af overskudsvarme (ATES)

### 1.4.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Den synergi der ligger mellem fjernvarme og fjernkøling og tilknyttede varme- og kuldslag fremmer fleksibelt elforbrug og reducerer dermed spidser i elforbruget, der skal dækkes af brændselsbaseret elproduktion (typisk kul, gas eller biomasse).

#### Teknologisk modenhed

Der er generelt tale om kendt teknologi.

### Økonomi for investor

Med fjernkøling kan investeringer i kølekapacitet reduceres til omkring en tredjedel som følge af forskelle i forbrugsmønstre, lastudjævning og storskalafordele ved produktionsanlæg. Til gengæld skal der investeres i fjernkølenet, store kølelagre og grundvandskøling mv. Investeringer for 17 mia. kr. til fjernkøling kan således erstatte investeringer for 23 mia. kr. til individuelle køleanlæg.

### Samfundsøkonomi

Ved at samproducere varme og køl, kan den samme varmepumpe bruges både til varme og køl, og de store køle- og varmelagre gør det muligt at flytte elforbruget til perioder med lave elpriser. Endelig er der storskalafordele ved drift og vedligehold. Det vil samlet set over en 20-årig periode give samfundet en gevinst på 10 mia. kr. og brugerne en gevinst på 13 mia. kr.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Fjernvarme og fjernkøling understøtter hinanden i Danmark og på eksportmarkedet.

### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

For bygningsejeren er det en økonomisk og miljømæssig fordel at slippe for pladskrævende installationer til varme og køl i bygningen. For byen er det en fordel at få placeret de tekniske anlæg på egnede steder. Med fjernkøling kan et stort anlæg med grundvandskøling planlægges og drives med større sikkerhed end mange små anlæg. Der er ofte forurenede grundvand i erhvervsområder med fjernkølepotentiale, og her kan grundvandskølingen medvirke til at rense og styre det forurenede grundvand. Eldrevne fleksible varmepumper til samproduktion af varme og køl, kombineret med de termiske lagre, kan fungere som et virtuelt el-lager set i forhold til individuelle, ufleksible anlæg. Dermed integreres mere fluktuerende vedvarende energi.

### Risikovurdering og barrierer

Køleplan Danmark 2016 peger på følgende barrierer for fjernkøling:

- Fjernkøling ikke en del af Varmeforsyningsloven
- Manglende køleplanlægning i kommunerne
- Svært for fjernvarmeværker at opnå kommunegaranti til investering i fjernkøleanlæg
- Bygningsreglementet stiller ikke krav om integrerede anlæg for varme og køl

### Sammenfattende vurdering

|                                     | God | Middel | Ringe |
|-------------------------------------|-----|--------|-------|
| Reduktion af klimagasser            |     | X      |       |
| Teknologisk modenhed                | X   |        |       |
| Økonomi for investor                |     | X      |       |
| Samfundsøkonomi                     |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |     | X      |       |
| Øvrige afledte effekter             |     | X      |       |
| Risikovurdering                     |     | X      |       |

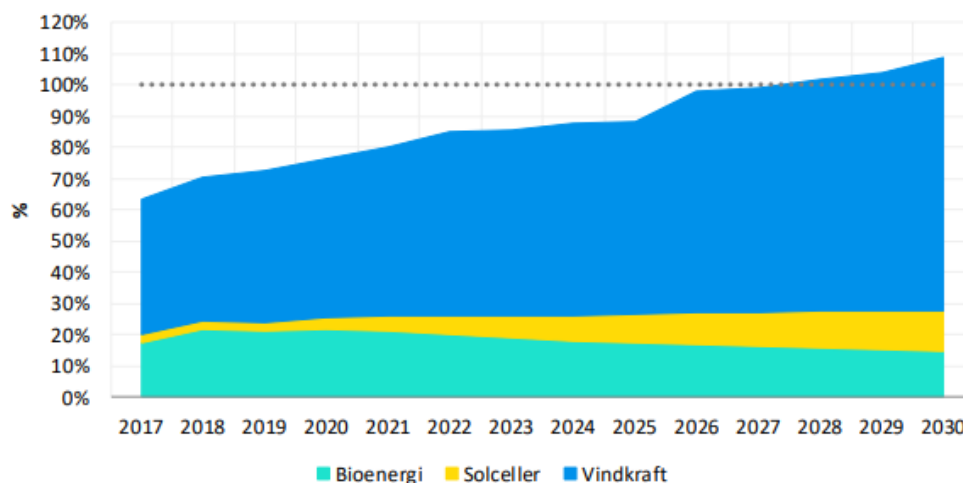


## 1.5 Vindmølleparker på land

### 1.5.1 Status og perspektiver

Alt tyder på, at vindkraft kommer til at spille en helt afgørende rolle i fremtidens energisystem i Danmark og i hele Europa, da vindkraft og i særdeleshed vindkraft på land kan levere elproduktion til priser, som traditionel kraftværksproduktion ikke kan konkurrere med. I Danmark forventer Energistyrelsens i den seneste basisfremskrivning, at vindkraft i 2030 vil dække ca. 80 % af elforbruget i Danmark.

Figur 23: VE-andelen af elforbruget (RES-E) fordelt på vindkraft, solceller, bioenergi og vandkraft 2017-2030 [pct.]. Vandkraft er meget lille og indeholdt i solceller.



Kilde: Basisfremskrivning 2019, Energistyrelsen

På længere sigt forventes udbygningen med vindkraft at fortsætte efterhånden som vi løbende formår at lade den producerede el erstatte fysiske brændsler, som olie, gas og biomasse til opvarmning, industrielle processer og til transport.

Med en udskiftning af mindre møller til nye og større møller vil elproduktionen fra vindenergi kunne øges betydeligt med færre møller end i dag.

Det skal desuden bemærkes, at vindkraft med et arealforbrug på i størrelsesorden 0,5 ha. pr. vindmølle til veje mv. optager i størrelsesorden 25 gange mindre areal end solceller for at producere samme mængde el.

### 1.5.2 Eksempler på lokale handlinger

Kommunerne kan i vid udstrækning selv styre udviklingen, når det gælder opstilling af vindmøller på land. Det skyldes, at der typisk ikke er mangel på investorer, såfremt kommunerne kan udpege egnede område og gennemføre den konkrete projektplanlægning på trods af den lokale modstand, der typisk knytter sig til realisering af projekterne. Konkret kan kommunerne arbejde med at:

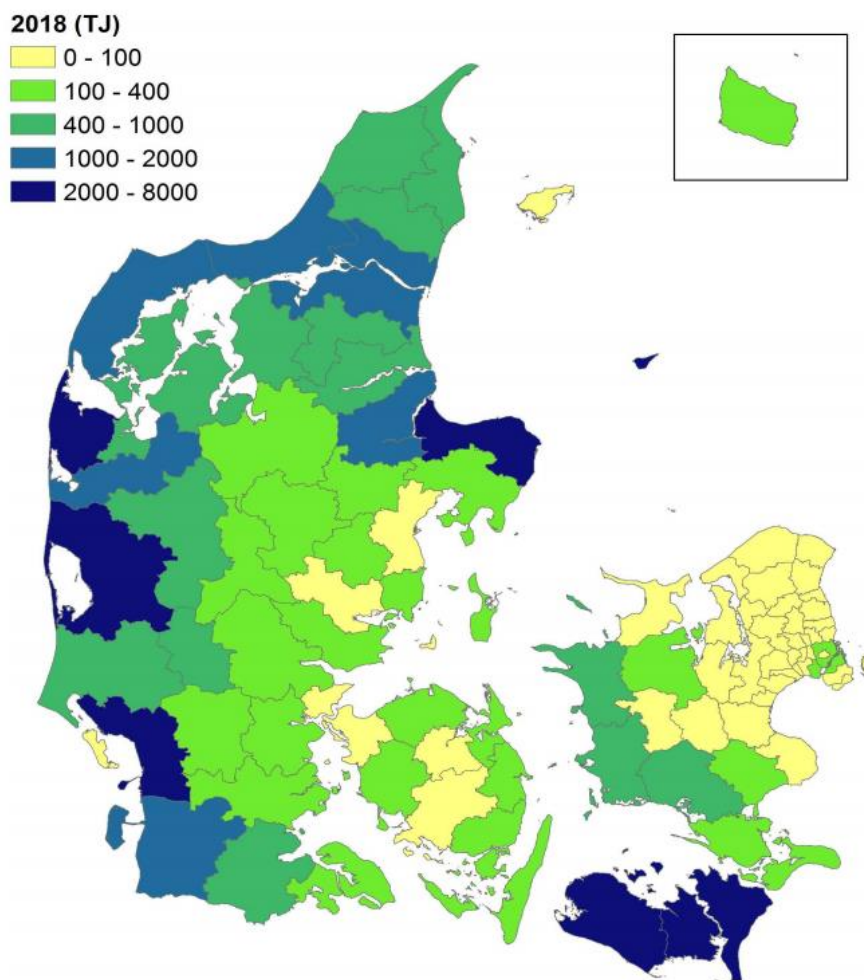
- Afdække muligheder for udskiftning mindre møller til større vindmøller
- Afdække mulige nye placeringsmuligheder for store vindmøller
- Arbejde med tidlig borgerinvolvering og lokalt ejerskab i nye vindmølleprojekter

### 1.5.3 Centrale aktører for indsatsen

- Kommuner som planmyndighed
- Projektudviklere
- Borgere og interesseorganisationer

### 1.5.4 Eksempelkommuner mm.

En række kommuner gør en stor indsats ift. opstilling af vindmøller på land. Nedenstående kort fra Energistyrelsens Energistatistik 2018 illustrerer hvilke kommuner, der har installeret mest vindkraft.



*Installeret vindkraft i kommuner i Danmark jf. Energistatistik 2018, Energistyrelsen.*

### 1.5.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Energistyrelsen har til brug for kommunernes arbejde med strategisk energiplanlægning opgivet en CO<sub>2</sub>-emissionsfaktor for el på 124 ton/TJ for 2018. Bemærk, at emissionsfaktoren (residual-el) er højere end den emissionsfaktor, som fremgår af Energinet.dks årlige miljødeklarationer (gennemsnitsel).

Benyttes en emissionsfaktor på 124 ton/TJ kan der pr. vindmølle jf. beregningseksemplerne nedenfor opnås en CO<sub>2</sub>-reduktion pr. mølle på 4-10.000 tons pr. år afhængig af møllestørrelse og vindforhold. Bemærk, at antal fuldlasttimer vil variere med placering og mølletype (generator-effekt og diameter)

- 125 meter (2,3 MW, 3.000 fuldlasttimer): 25 TJ/år
- 138 meter (3,1 MW, 3.100 fuldlasttimer): 35 TJ/år
- 150 meter (4,2 MW, 3.400 fuldlasttimer): 51 TJ/år
- 193 meter (6 MW, 3.800 fuldlasttimer): 82 TJ/år

I takt med, at elforsyningen omstilles til grøn energi vil CO<sub>2</sub>-reduktionsgevinsten ved at opsætte vindmøller aftage, såfremt der ikke sker ændringer i det øvrige energisystem, der sikre at den grønne strøm fra vindmøllerne fortrænger fossile brændsler. Vindmøllernes evne til at reducere CO<sub>2</sub> vil derfor afhænge af i hvilken grad energisystemet indrettes, så vindenergien kan lagres som varme, kulde eller transportbrændstoffer. Der er rigtig mange tiltag i gang, der sigter mod netop dette, da el fra vindkraft i dag er meget konkurrencedygtig med andre elproduktionsteknologier.

#### Teknologisk modenhed

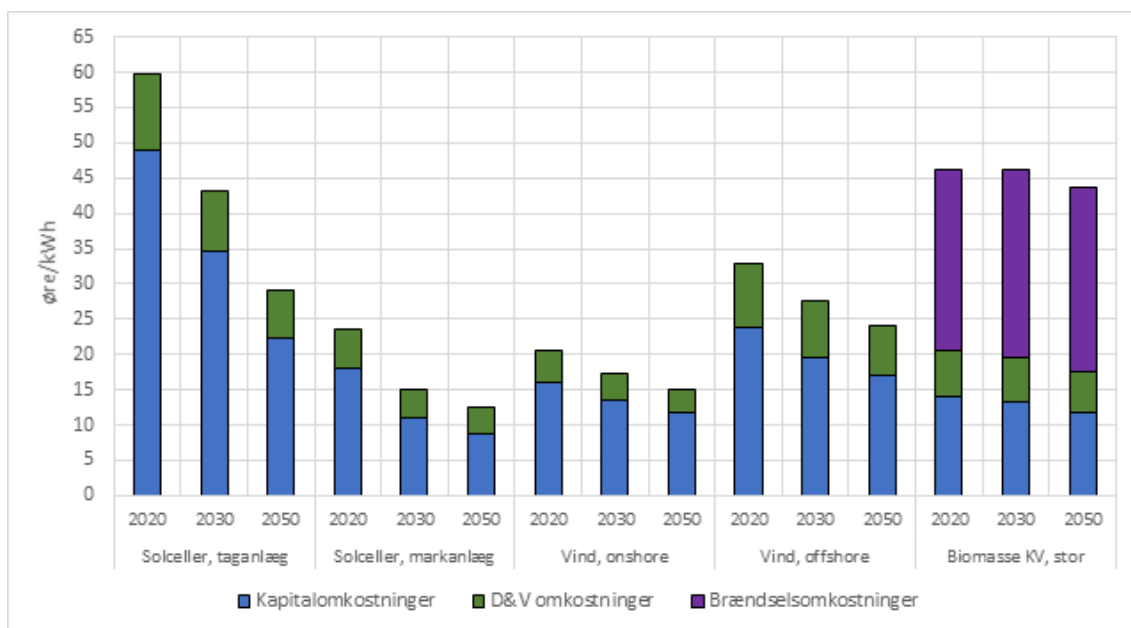
Vindmøller er gennemprøvet teknologi.

#### Økonomi for investor

Vindmøller på land udviser god økonomi for investor og kan i dag i flere tilfælde opsættes helt uden tilskud. I Energistyrelsens seneste teknologineutrale udbud er støtten da også helt nede på 1-2 øre. Det må forventes, at støtten til landvind helt bortfalder i løbet af få år. [Link](#)

#### Samfundsøkonomi

Den teknologiske udvikling betyder, at sol og vind allerede i dag kan producere el billigere end ved traditionel elproduktion baseret på kul, gas og biomasse. I løbet af få år forventes yderligere prisfald, så sol og vind kan producere el til priser, der er endnu lavere.



Levelised cost of energy (LCOE) for udvalgte vedvarende elproduktionsteknologier. Kilde: Energistyrelsens teknologikatalog, LCOE beregnet over anlæggenes tekniske levetid ved anvendelse af 4 % realrente Energistyrelsen 2018 og Ea Energianalyse 2019.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Lokal erhvervsudvikling er i nogen grad en driver på området. Det glæder eksempelvis for kommuner som Esbjerg-, Ringkøbing-Skjern- og Lolland Kommuner, men også for mange andre kommuner, der har virksomheder, som er underleverandører til vindindustrien.

### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

Jf. Energistyrelsens teknologikatalog går der under danske betingelser typisk 3-9 måneder inden vindmøller har produceret den energimængde, der knytter sig til produktionen af dem. [Link](#)

Store vindmøller opstilles typisk i landdistrikter med lave huspriser, og der er derfor en risiko for at eventuelle gener fra møllerne (skyggekast, støj og visuelt) rammer ressourcetsvage borgere. Omvendt kan opstilling af vindmøller medvirke til at reducere antallet af dårlige boliger i det åbne land gennem opkøb og øge prisen for de tilbageværende boliger.

En uhensigtsmæssig placering af vindmøller kan i sjældne tilfælde påvirke særligt fugle og flagermus negativt. Godkendelsesproceduren i Danmark (VVM) indeholder pligt til at undersøge dette grundigt og afbøde eventuel negativ påvirkning.

**Risikovurdering og barrierer**

Den egentlige barriere for realiseringen af nye vindmølleprojekter er primært en eventuel lokal modstand, når projekterne bevæger sig ind i en konkret planlægningsfase. Det er derfor afgørende, at kommunerne arbejder aktivt for at sikre lokal opbakning til sol- og vindprojekter.

Investorer kan risikere tab knyttet til projektmodning og myndighedsgodkendelse (VVM), hvis projekter droppes pga. lokal modstand.

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | <b>God</b> | <b>Middel</b> | <b>Ringe</b> |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------------|
| Reduktion af klimagasser            | X          |               |              |
| Teknologisk modenhed                | X          |               |              |
| Økonomi for investor                | X          |               |              |
| Samfundsøkonomi                     | X          |               |              |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |            | X             |              |
| Øvrige afledte effekter             |            | X             |              |
| Risikovurdering                     |            | X             |              |

## 1.6 Markbaserede solceller

### 1.6.1 Status og perspektiver

Vi har i de senere år set markante prisfald på solceller, som primært er drevet af bedre produktionsteknologier og udvikling af kapacitet og teknologi i Kina.

De reducerede priser har givet et større boom for stor store markbaserede solcelleanlæg i Danmark.

### 1.6.2 Eksempler på lokale handlinger

- Sammenfattende planlægning for placering af solcelleanlæg i det åbne land med fokus på mulige synergier ift. beskyttelse af bl.a. vandmiljø og udvikling af lokal natur. [Link](#)
- Afdækning af muligheder for lokalisering sammen med andre tekniske anlæg, herunder vindmøller.

### 1.6.3 Centrale aktører for indsatsen

- Kommunen som planmyndighed
- Projektudviklere
- Borgere og interesseorganisationer

### 1.6.4 Eksempelkommuner

#### Aarhus Kommune: Temaplan for vind og sol med tilhørende miljøvurdering

Link [temaplan](#) og [miljøvurdering](#)

#### Ringkøbing-Skjern: Nørhede-Hjortmose

Projektet består af følgende:

- 22 vindmøller på 150 meter: 221 mio. kWh/år
- 26,5 ha. solceller: 15 mio. kWh/år

I forbindelse med realisering af projektet er der opkøbt 12 ejendomme i området.

Der er desuden opført et besøgscenter i fællesskab mellem anlægsejerne, Vestas og RAH (lokalt elnetselskab). Her kan man holde møder med udsigt til vind- og solenergi-parken. Bygningen bliver også brugt af kommunen til seminarer mv.



Vindmøller og solceller ved Nørhede-Hjortmose ved besøgscenter

### 1.6.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Energistyrelsen har til brug for kommunernes arbejde med strategisk energiplanlægning opgivet en CO<sub>2</sub>-emissionsfaktor for el på 124 ton/TJ for 2018. Bemærk, at emissionsfaktoren (residual-el) er højere end den emissionsfaktor, som fremgår af Energinet.dks årlige miljødeklarationer (gennemsnitset).

Beregningseksempel:

Produktion pr. MW: 3,6 TJ/år

Arealforbrug: ca. 2 ha. pr. MW

CO<sub>2</sub>-reduktion pr. MW: 446 ton/år

CO<sub>2</sub>-reduktion pr. ha.: 223 ton/år

I takt med at elforsyningen omstilles til grøn energi vil CO<sub>2</sub>-reduktionsgevinsten ved at opsætte solceller aftage, såfremt der ikke sker ændringer i det øvrige energisystem, der sikre at den grønne strøm fra solcellerne fortrænger fossile brændsler. Solcellernes evne til at reducere CO<sub>2</sub> vil derfor afhænge af i hvilken grad energisystemet indrettes, så solenergien kan lagres som varme, kulde eller transportbrændstoffer. Der er rigtig mange tiltag i gang, der sigter mod netop dette, da el fra markbaserede solceller og vind i dag er meget konkurrencedygtig med andre elproduktionsteknologier.

#### Teknologisk modenhed

Solceller er gennemprøvet teknologi med lang levetid.

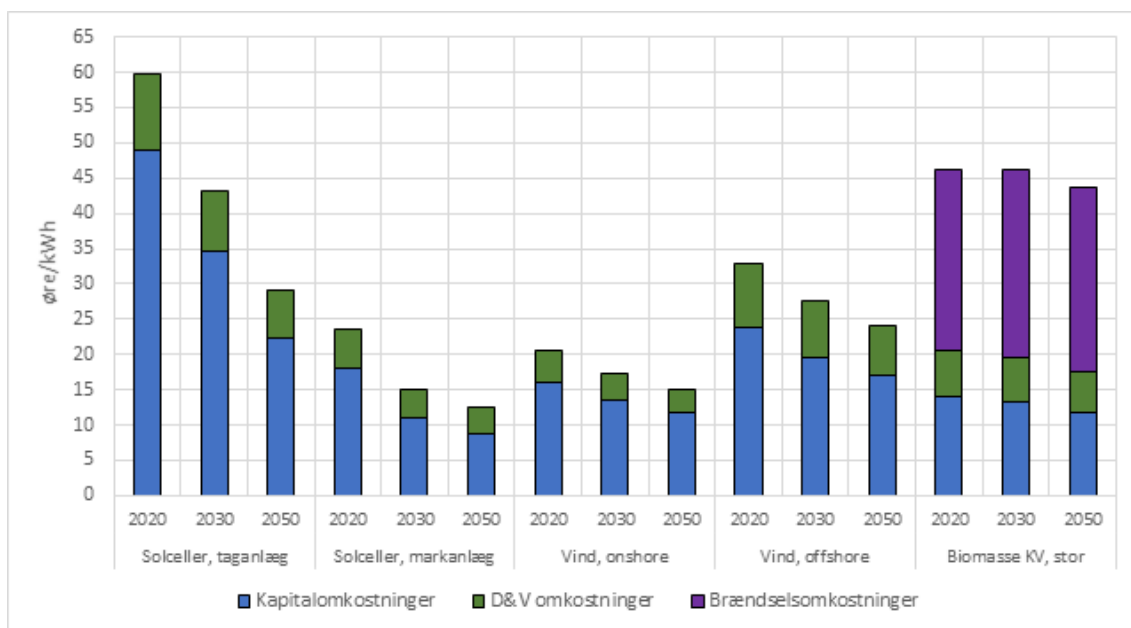
#### Økonomi for investor

Markbaserede solceller udviser god økonomi for investor og kan i dag i flere tilfælde opsættes helt uden tilskud. I Energistyrelsens seneste teknologineutrale udbud er støtten da også helt nede på 1-2 øre. Det må forventes, at støtten til markbaserede solceller helt bortfalder i løbet af få år. [Link](#)

#### Samfundsøkonomi

Den teknologiske udvikling betyder, at sol og vind allerede i dag kan konkurrere med traditionel elproduktion baseret på kul, gas og biomasse. I løbet af få år forventes yderligere prisfald, så sol og vind kan producere el til priser, der er markant lavere end traditionel elproduktion.

Produktionsomkostningen på solcellestrøm på store markplacerede anlæg er markant billigere end for de tagplacerede husstands anlæg. I dag koster el produceret på markanlæg ca. det halve af el produceret på taganlæg. De store anlæg er primært billigere, fordi installations- og tilslutningsomkostninger er væsentligt lavere end for små tagmonterede anlæg.



Levelised cost of energy (LCOE) for udvalgte vedvarende elproduktionsteknologier. Kilde: energistyrelsens teknologikatalog, LCOE beregnet over anlæggenes tekniske levetid ved anvendelse af 4 % realrente Energistyrelsen 2018 og Ea Energianalyse 2019.

#### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Lokal erhvervsudvikling er ikke en væsentlig driver på området. Dog kan der for landmænd være en gevinst ved udleje af jorden til solcelleparker. Især hvis arealet kan tjene flere formål.

#### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

I produktion af silicium-baserede solceller, som er langt den mest udbredte solcelletype, er der bl.a. et højt forbrug af vand-, kemikalier og energi. Miljøpåvirkning fra brug af kemikalier i produktionsprocessen er stærkt afhængig af den lokale miljøregulering på produktionsstedet (primært Kina).

Jf. Energistyrelsens teknologikatalog går der under danske betingelser typisk 1-2 år før et solcelleanlæg har produceret den energimængde der er forbundet med produktion af solcellepanelet. Til sammenligning tager det for vindmøller på land 3-9 måneder. [Link](#)

Markbaserede solcelleanlæg lægger beslag på mere landbrugsjord end vindmøller. Solceller optager i størrelsesorden 25 gange mere areal pr. produceret kWh ift. vindmøller på land. Omvendt er energiudbyttet pr. ha. 5-10 gange højere end for energiafgrøder eller energiskov.



**Risikovurdering og barrierer**

Der er primært tale om barrierer knyttet til lokal modstand mod opsætning af solcelleanlæg. Den lokale modstand er dog mindre end for vindmøller, da eventuelle nabogener er begrænset til landskabelige påvirkning fra anlæg med lav højde, der ofte kan skjules bag levende hegn om ønsket.

Der er ofte ingen eller begrænset kommunal planlægning for placering af solcelleanlæg. Dette betyder, at placeringen af store solcelleanlæg ofte ikke tænkes sammen med mulige synergier med andre arealinteresser i det åbne land. Solcelleanlæg kan potentielt understøtte bl.a. biodiversitet, grundvandsbeskyttelse og udtagning af kulstofholdige landbrugsjorde. Placering på kulstofholdige landbrugsjorde kan kræve fundamenter, der kan modstå hel eller delvis vådlægning af arealet for herved at opnå den fulde klimaeffekt af udtagningen jf. afsnit 5.2. [Link](#)

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | <b>God</b> | <b>Middel</b> | <b>Ringe</b> |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------------|
| Reduktion af klimagasser            | X          |               |              |
| Teknologisk modenhed                | X          |               |              |
| Økonomi for investor                | X          |               |              |
| Samfundsøkonomi                     | X          |               |              |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |            |               | X            |
| Øvrige afledte effekter             |            | X             |              |
| Risikovurdering                     | X          |               |              |

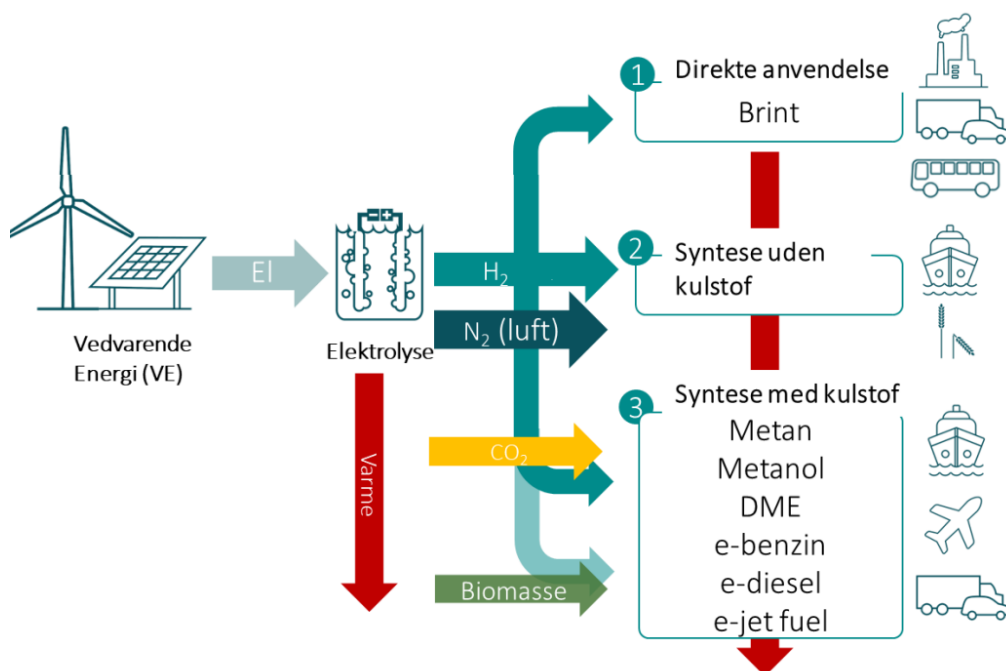
## 1.7 Energiparker og biogas

### 1.7.1 Status og perspektiver

Energiparker er en samlebetegnelse for områder, hvor energianlæg placeres tæt på hinanden med henblik på bl.a. at udnytte hinandens restprodukter og dele infrastruktur. Energiparkerne kan eksempelvis indeholde energilagere, vindmøller, solcelleanlæg, biogasanlæg, affaldsbehandlingsanlæg og industrianlæg f.eks. til produktion af protein.

En perspektivrig mulighed når vi taler energiparker kan være et PtX-anlæg, hvor billig grøn strøm via elektrolyse laves til brint, som kan forædles til transportbrændstoffer. Den slags anlæg kan ifølge Energinet blive relevante i Danmark også inden 2030. Nedenstående figur illustrerer mulige produktionsveje fra el til transportbrændstoffer.

I Danmark er der i dag primært fokus på produktion af metan, som kan erstatte naturgas, og metanol, som kan videreforarbejdes til andre brændstoffer (DME, kunstig benzin mv.) og ammoniak.

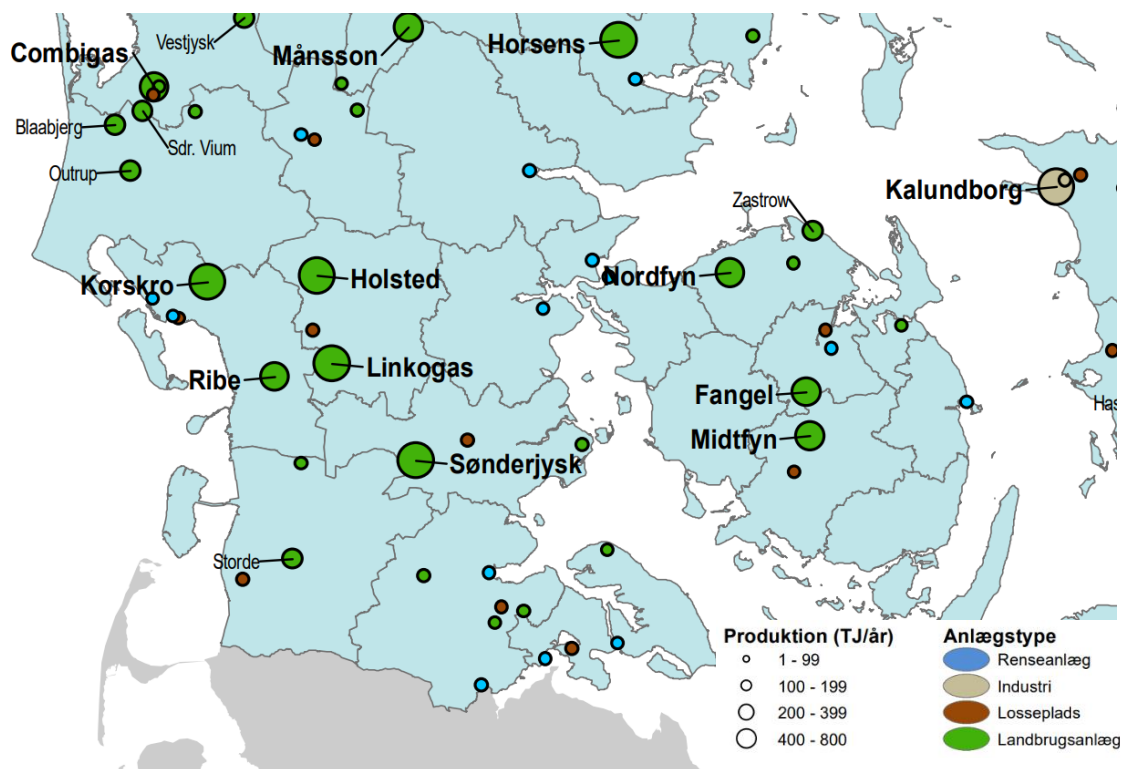


Produktionsveje fra el og biomateriale til slutprodukter via PtX fra rapporten "Systemperspektiver ved 70%-målet og storskala havvind" fra d. 16. marts 2020. [Link](#)

### 1.7.2 Eksempler på lokale handlinger

#### Analyse af muligheder for decentrale PtX anlæg ifm. større biogasanlæg

Der er en række større biogasanlæg i Region Syddanmark. Det er helt oplagt at undersøge om der kan etableres synergier ift. lokal industri, elproduktion, fjernvarme, affaldshåndtering, proteinproduktion og produktion af grønne transportbrændstoffer nær de større biogasanlæg i regionen med GreenLab Skive som forbillede.



Biogasproducenter i Danmark, Energistyrelsen 2018

#### Analyse af muligheder for centrale PtX anlæg i Odense, i TVIS systemet og ved Esbjerg

I rapporten "Systemperspektiver ved 70 %-målet og storskala havvind" fra d. 16. marts 2020 peger Energinet.dk på i alt 7 centrale placeringer af PtX anlæg i stor skala. Tre af disse er placeret i Region Syddanmark med bl.a. følgende begrundelser:

##### Esbjerg

- Afgang til offshore ilandført el og H<sub>2</sub>
- Mulig produktion af ammoniak (til skibe)
- Store biogasanlæg i nærheden (Korskro)
- Stort fjernvarmegrundlag

##### Trekantsområdet

- Raffinaderi
- Stort fjernvarmegrundlag
- Biogas

##### Odense

- Flere større biogasanlæg
- Stort fjernvarmegrundlag

### 1.7.3 Centrale aktører for indsatsen

- Kommunerne
- Shell raffinaderiet
- Ejere af lokale biogasanlæg
- Haldor Topsøe
- Fjernvarme- og affaldsselskaber
- Landbrugets virksomheder
- Energinet

### 1.7.4 Eksempelkommuner mm.

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. udviklingen af energiparker:

- Skive (GreenLab). [Link](#)
- Brintfabrikken i Fredericia ifm. Shell raffinaderiet [Link](#)
- Aarhus Kommune arbejder i sin strategiske energiplan med mulighederne for etablering af et PtX-anlæg på Studstrupgrund i samarbejde med bl.a. Ørsted

### 1.7.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Energinet vurderer, at investeringen i et nyt PtX-anlæg i stor skala kan fortrænge ca. 900.000 tons CO<sub>2</sub> pr. år. [Link](#)

#### Teknologisk modenhed

Erfaringerne med storskalaanlæg til produktion af grønne transportbrændstoffer er meget begrænsede, og særligt anlægsinvesteringerne er derfor behæftet med betydelig usikkerhed.

#### Økonomi for investorer

Anlæg til produktion af syntetiske brændsler er meget investeringstunge. Den afgørende faktor for anlæggenes økonomi er betalingsvillighed for de producerede brændsler, som vil være dyrere end traditionel benzin og diesel. Det kan dog vise sig, at bl.a. luftfartsindustrien er villig til at betale ekstra for det grønne brændstof, og nationale krav eller krav fra EU kan fremme efterspørgslen.

#### Samfundsøkonomi

Anlæggene er investeringstunge og det belaster også de samfundsøkonomiske beregninger. Der er dog ikke umiddelbart alternativer, når vi taler grøn fly- og skibstransport.

#### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der er et betydeligt erhvervsudviklingspotentiale for de der kommer først med PtX-anlæg. GreenLab Skive er et glimrende eksempel på mulighederne. Kernen i GreenLab Skive er produktion af brint, direkte anvendelse af brint og omdannelse af CO<sub>2</sub> fra biogas til metanol ved hjælp af el produceret på lokal vindmølle- og solcelleanlæg.

I både Tyskland og Danmark arbejdes med adskillige udviklingsprojekter relateret til PtX teknologier.

#### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

De afledte effekter svarer til effekterne fra biogasanlæg, vindmøller, solcelleanlæg, elektrolyseanlæg mv, men anlæggene er her placeret fysisk sammen. Herved kan den samlede miljøpåvirkning fra de tekniske anlæg reduceres.

**Risikovurdering og barrierer**

Et større gennembrud for PtX vil kræve betydelige tilskud eller en meget højere CO<sub>2</sub>-kvotepris end i dag. Hertil kommer, at der er tale om ny teknologi og at der hersker betydelig usikkerhed om fremtidige rammebetingelser og betalingsvillighed fra potentielle kunder i transportsektoren.

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | <b>God</b> | <b>Middel</b> | <b>Ringe</b> |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------------|
| Reduktion af klimagasser            | X          |               |              |
| Teknologisk modenhed                |            |               | X            |
| Økonomi for investor                |            |               | X            |
| Samfundsøkonomi                     |            |               | X            |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale | X          |               |              |
| Øvrige afledte effekter             | X          |               |              |
| Risikovurdering                     |            |               | X            |

## 1.8 CO<sub>2</sub> fangst og lagring

### 1.8.1 Status og perspektiver

Det er svært at forestille sig en fremtid helt uden udledning af drivhusgasser fra bl.a. landbruget. Netop derfor vurderer det internationale klimapanel IPCC, at det bliver nødvendigt at rette fokus mod CO<sub>2</sub> fangst og lagring for at reducere den globale opvarmning til 1,5 °C.

Særligt CO<sub>2</sub> fangst knyttet til biomasse- eller affaldsfyrede anlæg er interessant, da det kan skabe negative emissioner og hermed kompensere for anden CO<sub>2</sub>-udledning.

Der er flere teknologier i spil til CO<sub>2</sub>-fangst, hvoraf nogle egner sig bedst til anvendelse på nye produktionsanlæg, mens andre kan eftermonteres på eksisterende kraftværker. Den indfangede CO<sub>2</sub> kan transporteres til et CO<sub>2</sub> lager på land eller til havs, f.eks. et gammelt oliefelt. Når CO<sub>2</sub> indfanges og lagres permanent i undergrunden, kaldes det Carbon Capture and Storage (CCS). Norge har anvendt betydelige midler på at udvikle og demonstrere CCS-teknologier og er åbne for et samarbejde med andre europæiske lande om CO<sub>2</sub>-lagring i Nordsøen.

Anvendes den indfangede CO<sub>2</sub> derimod til at lave nye brændsler, som f.eks. metanol gennem PtX teknologier, kaldes det Carbon Capture and Use (CCU).

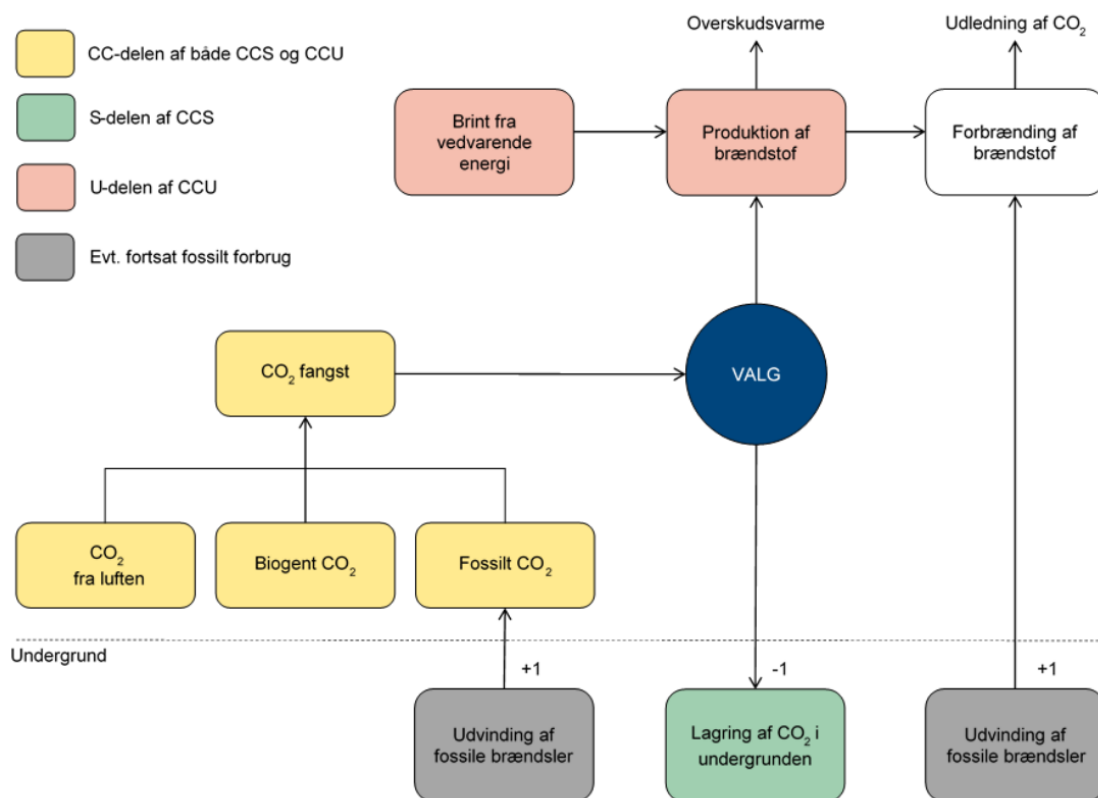


Illustration af forskelle mellem CCS og CCU jf. Klimarådets rapport "Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion" fra marts 2020. [Link](#)

### 1.8.2 Eksempler på lokale handlinger

#### **Analyse af muligheder for CO<sub>2</sub> fangst, lagring og produktion af syntetiske brændstoffer**

Undersøgelse af mulige demonstrationskoncepter på relevante lokaliteter, herunder i Esbjerg, Fredericia og Odense. Undersøgelser kan omfatte relevante teknologikoncepter, symbiosemuligheder, forretningsmodeller og organisatorisk setup mv. Muligheder for udnyttelse af indfanget CO<sub>2</sub> til produktion af syntetiske brændstoffer afdækkes.

#### 1.8.3 Centrale aktører for indsatsen

- Kommunerne
- Shell raffinaderiet
- Større fjernvarme- og affaldsselskaber
- Energinet
- Haldor Topsøe

#### 1.8.4 Eksempelkommuner

Eksempler på kommuner, der arbejder med muligheder for CO<sub>2</sub> fangst og lagring:

- GreenLab Skive [Link](#)
- Brintfabrikken i Fredericia ifm. Shell raffinaderiet [Link](#)
- Aarhus Kommune arbejder i forlængelse af sin strategiske energiplan på at afdække de lokale muligheder for CO<sub>2</sub>-fangst, lagring og produktion af bæredygtige transportbrændstoffer.

### 1.8.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### **Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)**

Potentialet er meget stort.

#### **Teknologisk modenhed**

Erfaringerne med storskalaanlæg er meget begrænsede, og anlæggenes investeringsomkostninger er derfor behæftet med stor usikkerhed.

#### **Økonomi for investorer**

Analyser af teknologien peger på, at de samlede reduktionsomkostninger vil blive høje. Nye anlæg vil kræve betydeligt tilskud eller en høj CO<sub>2</sub>-kvotepris.

#### **Samfundsøkonomi**

Anlæggene er investeringstunge og det belaster også de samfundsøkonomiske beregninger.

#### **Afledt erhvervsudviklingspotentiale**

Der er et betydeligt erhvervsudviklingspotentiale for de der kommer først med anlæg i stor skala. I Norge lagres CO<sub>2</sub> allerede i forbindelse med udvinding af olie.

#### **Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)**

Etablering af et anlæg, der fanger CO<sub>2</sub> fra kraftvarmeanlæg kan bidrage til at fastholde anvendelse af biomasse til fjernvarmeproduktion frem for et skrift til varmepumper, geotermi og udnyttelse af spildvarme.

CO<sub>2</sub>-fangst og lagring kan kombineres med produktion af elbaserede transportbrændstoffer, hvor der som oftest er behov en CO<sub>2</sub>-kilde. Det gælder eksempelvis ved produktion af metanol.

**Risikovurdering og barrierer**

Miljøorganisationer stiler spørgsmålstejn ved om den lagrede CO<sub>2</sub> bliver i undergrunden og frygter, at teknologien i nogle lande vil fastholde brug af kul på kraftværkerne.

Et større gennembrud kræver betydelige tilskud eller en meget højere CO<sub>2</sub>-kvotepris end i dag. Eksisterende kraftværker kan ikke konkurrere på pris med vindmøller og sol og CO<sub>2</sub>-fangst vil blot svække konkurrencekraften yderligere.

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | <b>God</b> | <b>Middel</b> | <b>Ringe</b> |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------------|
| Reduktion af klimagasser            | X          |               |              |
| Teknologisk modenhed                |            |               | X            |
| Økonomi for investor                |            |               | X            |
| Samfundsøkonomi                     |            |               | X            |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |            | X             |              |
| Øvrige afledte effekter             |            | X             |              |
| Risikovurdering                     |            |               | X            |



## 2 Bygninger

### 2.1 Energirenovering af bygninger

#### 2.1.1 Status og perspektiver

Med de rammebetingelser der er gældende i dag og uden yderligere tiltag, forventer Energistyrelsen jf. basisfremskrivning 2019 et fald i varmekonsumet i Danmark på 0,6 % pr. år på trods af at det opvarmende areal forventes at stige med 0,5 % pr. år. De seneste forbrugsopgørelser viser imidlertid en stigning fra 2013 til nu. Formentligt forårsaget af højere indetemperaturen.

Analysen fra bl.a. Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Ea Energianalyse og Aalborg Universitet peger på, at det frem mod 2050 vil være samfundsøkonomisk fordelagtigt at reducere energiforbruget til opvarmning af det eksisterende byggeri med ca. 30 % via forbedringer af klimaskærmen (isoleringstiltag). Hertil skal lægges de besparelser der kan opnås via forbedring af bygningsdriften og bygningsinstallationer.

Energistyrelsen forventer en vækst i husholdningernes elforbrug på ca. 0,3 % pr. år. Stigningen skyldes en stigning i antal elforbrugende apparater, som kun delvist udlignes af EU's krav til mere energieffektive produkter.

I Energiaftalen afsættes der i perioden 2021-2024 en tilskudspulje på 200 mio. kr. pr. år til energibesparelsetiltag i bygninger. Tilskuddet tildeles de projekter der kan levere de billigste energibesparelser.

#### 2.1.2 Eksempler på lokale handlinger

- Øget information og rådgivning fra kommunen om energieffektivisering til borgere, der planlægger et større renoveringsprojekt
- Fremme energieffektivisering, øget komfort, intelligent bygningsstyring og samarbejde mellem aktører på bygningsområdet via lokale udviklingsprojekter
- Fange husejerne med oplysning i en købsituation via ejendomsmæglere, banker, byggekæder og kontakten til kommunen
- Sammenkobling af bygningsrenovering med informationsarrangementer om skift til varmepumpe uden for fjernvarmeområder

#### 2.1.3 Centrale aktører for indsatsen

- Bygningsejere
- Forsyningsselskaber (el- og fjernvarme)

#### 2.1.4 Eksempelkommuner

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. energirenovering i bygninger:

- Sønderborg: ProjectZero har nedsat aktørgrupper for boliger, private udlejningsejendomme og boligselskaber. [Link bolig](#), [Link udlejer](#), [Link lejer](#)
- Ringkøbing-Skjern: Tilbud om gratis energirådgivning i to landsbyer + yderligere over 1.000 husstande)
- Hjørring: Uddannelsescafeer, Tupperware parties, borgermøder mm. [Link](#)
- Skive: Rådgivercafe, energitjek, grundejerforeninger mm. [Link](#)

### 2.1.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Den direkte CO<sub>2</sub>-reduktionsgevinst ved at gennemføre energirenoveringer er i sagens natur tæt knyttet til forsyningsformen. I bygninger med naturgas og olie er gevinsten stor, mens CO<sub>2</sub>-reduktionsgevinster for andre bygninger umiddelbart er begrænsede.

Alligevel er der mange energirenoveringstiltag, som vil være både økonomisk og miljømæssigt fordelagtige at gennemføre.

#### Teknologisk modenhed

Teknologierne til at opnå energibesparelser i bygninger er velkendte og veldokumenterede.

#### Økonomi for investorer

Den typiske tilbagebetalingstid for energiforbedringer vil variere fra bygningstype til bygningstype og er meget afhængig af prisen på den eksisterende opvarmning. Generelt er der relativt kort tilbagebetalingstid på energiforbedringer i boligen, når de foretages som en del af den almindelige bygningsvedligeholdelse, mens der typisk vil være en meget lang tilbagebetalingstid ved forceret udskiftning af bygningsdele.

Eksempler på tiltag med kort tilbagebetalingstid kunne være: tætningslister ved vinduer og døre, hulmursisolering, isolering af rør til varme og varmtvandsforsyningen samt efterisolering af loft.

Eksempler på tiltag med lang tilbagebetalingstid kunne være: udskiftning af vinduer, facadeisolering og isolering af gulv.

#### Samfundsøkonomi

For de samfundsøkonomiske beregninger gælder de samme betragtninger som beskrevet under selskabsøkonomi.

#### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Arbejde med renovering af bygninger udføres ofte af lokale firmaer. Flere kommuner arbejder med efteruddannelse og lokale teams af håndværkere, der kan hjælpe den enkelte husejer med energirenoveringer. Det har de bl.a. gjort i Frederikshavn med initiativet "Energiproffer". [Link](#)

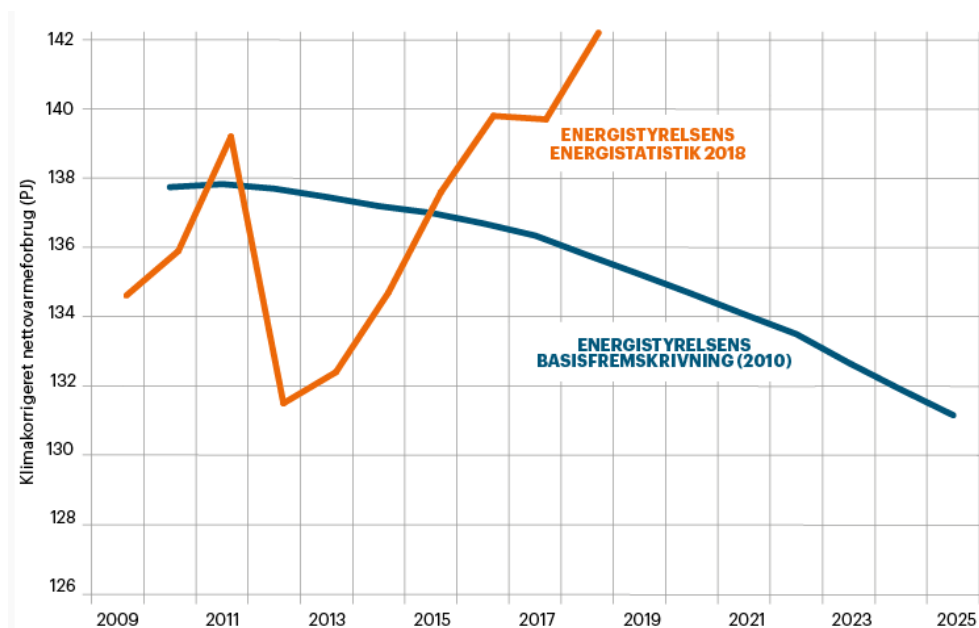
#### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

Energirenovering er ofte båret af andre hensyn end økonomi, herunder et ønske om et pænere og sundere hjem med forbedret komfort, der er mere enkelt og billigere at vedligeholde. Hertil kan lægges, at huse med et bedre energimærke, som oftest har en højere gensalgsværdi.

Unødigt forceret energirenoveringer kan føre til forøgende afledte miljøeffekter knyttet til øget forbrug af byggematerialer.

### Risikovurdering og barrierer

Der er betydelig risiko for, at potentialet for reduktioner i varmeforbruget som følge af kommende energirenoveringer ikke indfries som forventet. Dette illustreres i nedenstående graf fra Energistyrelsen. Energistyrelsen forventede i 2010 et jævnt faldende varmeforbrug og disse forventninger fortsætter i øvrigt i den seneste basisfremskrivning fra 2018, hvor Energistyrelsen forudser et fald i varmeforbruget i Danmark på 0,6 % pr. år. Det seneste år er varmeforbruget dog ikke faldet som forudset. Sandsynligvis fordi borgerne skruer op for varmen i nye eller energirenoverede boliger. Men andre ord bliver dele af energirenoveringen omsat til øget komfort.



*Energistyrelsens forventning til udviklingen jf. basisfremskrivning 2010, sammenholdt med den faktiske udvikling. Kilde: Energistyrelsen. Figur fra artikel i Ingeniøren marts 2020.*

Det er primært individuel energirådgivning, der kan skubbe til investeringsbeslutninger hos private. Erfaringerne viser dog, at besparelserne pr. investeret rådgivertime er begrænsende samt at succes kræver, at ydelsen er gratis.

Generelle oplysningskampagner giver sjældent i sig selv anledning til handling, da der typisk er langt fra generel information til konkrete investeringsbeslutninger for den enkelte husejer.

### Sammenfattende vurdering

|                                     | God | Middel | Ringe |
|-------------------------------------|-----|--------|-------|
| Reduktion af klimagasser            |     |        | X     |
| Teknologisk modenhed                | X   |        |       |
| Økonomi for investor                |     | X      |       |
| Samfundsøkonomi                     |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |     |        | X     |
| Øvrige afledte effekter             | X   |        |       |
| Risikovurdering                     |     |        | X     |

## 2.2 Solceller på bygninger

### 2.2.1 Status og perspektiver

Udbygningen med solceller på bygninger fandt primært sted i 2012, hvor der kunne etableres husstands anlæg under meget favorable ordninger idet elnettet gratis kunne benyttes som lager. Det billede er nu ændret. Produktionen fra et solcelleanlæg skal forbruges inden for samme time, som produktionen finder sted. I forlængelse heraf er udviklingen på området gået i stå. Nye anlæg begrænser sig til få mindre anlæg på nybyggeri for at leve op til den skærpede energiramme i bygningsreglementet.

Det er oplagt at udnytte mange af de uudnyttede tagflader til solcelleanlæg. Særligt oplagt er det at placere solceller på tagflader knyttet til større bygninger med et stort elforbrug i dagtimerne. Det kunne være større erhvervsbygninger eller offentlige bygninger.

Bygningsintegrerede solceller kan vise sig at bringe prisen på de tagmonterede solcelleanlæg betragtelig ned i fremtiden, men endnu er der dog tale om nicheprodukter.

### 2.2.2 Eksempler på lokale handlinger

- Strategi for solceller på tage samt evt. kortlægning af på hvilke tage, der kan gives tilladelse til solceller
- Projekter med større anlæg på sammenhængende tagflader, herunder eksempelvis på erhvervstage med lille arkitektonisk værdi
- Demonstration af solcelleløsninger på kommunalt ejede bygninger

### 2.2.3 Centrale aktører for indsatsen

- Kommuner
- Bygningsejere (boligforeninger, virksomheder mv.)
- Solcelleproducenter
- Lokale elnetselskaber

### 2.2.4 Eksempelkommuner

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. solceller på bygninger:

- Skive Kommune: Michael Petersen har i mange år været drivende kraft for projekter med solceller og solvarme på kommunens bygninger
- Sønderborg Kommune: Initiativer rettet mod boligforeninger

### 2.2.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Energistyrelsen har til brug for kommunernes arbejde med strategisk energiplanlægning opgivet en CO<sub>2</sub>-emissionsfaktor for el på 124 ton/TJ for 2018. Bemærk, at emissionsfaktoren (residual-el) er højere end den emissionsfaktor, som fremgår af Energinet.dks årlige miljødeklarationer (gennemsnit).

Beregningseksempel:

Husstands anlæg på 3-6 kW (20-40 m<sup>2</sup>)

Produktion: 3-6.000 kWh/år

CO<sub>2</sub>-reduktion: 1-3 ton/år

I takt med at elforsyningen omstilles til grøn energi vil CO<sub>2</sub>-reduktionsgevinsten ved at opsætte solceller aftage, såfremt der ikke sker ændringer i det øvrige energisystem, der sikre at den grønne strøm fra solcellerne fortrænger fossile brændsler. Solcellernes evne til at reducere CO<sub>2</sub> vil derfor afhænge af i hvilken grad energisystemet indrettes, så solenergien kan lagres som varme, kulde eller transportbrændstoffer. Der er rigtig mange tiltag i gang, der sigter mod netop dette, da el fra markbaserede solceller og vindkraft i dag er meget konkurrencedygtig med andre elproduktionsteknologier.

### **Teknologisk modenhed**

Traditionelle silicium solceller er kendt teknologi.

For beskrivelse af øvrige solcelleteknologier se Energistyrelsens teknologikatalog. [Link](#)

### **Økonomi for investor**

Solceller på tage er kun rentable under særlige forhold (stort tag og mulighed for at anvende 60 % eller mere af produktionen direkte). Hvis priserne på tagsolcellerne falder yderligere, eller der kommer billige solcelletage på markedet, hvilket ikke er usandsynligt, vil markedet dog kunne rykke under de eksisterende rammevilkår.

### **Samfundsøkonomi**

El fra solceller på tage udviser meget dårlig samfundsøkonomi, da den samlede omkostning for elproduktionen er mere end det dobbelte af elproduktionen fra markbaseret solcelleanlæg og vindmøller. Prisforskellen skyldes særligt, at installations- og tilslutningsomkostninger er væsentligt højere for de små anlæg.

### **Afledt erhvervsudviklingspotentialer**

Lokal erhvervsudvikling er ikke en stor driver på området, da størstedelen af beskæftigelsen knytter sig til produktionen af anlæggene, som finder sted uden for Danmark (Kina).

### **Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)**

Silicium-baserede solceller er langt den mest udbredte solcelletype. I produktion af denne solcelletype er der bl.a. et højt forbrug af vand-, kemikalier og energi. Miljøpåvirkning fra brug af kemikalier i produktionsprocessen er stærkt afhængig af den lokale miljøregulering på produktionsstedet (primært Kina).

Jf. Energistyrelsens teknologikatalog går der under danske betingelser typisk 1-2 år før et solcelleanlæg har produceret den energimængde der er forbundet med produktion af solcellepanelet. Til sammenligning går der for vindmøller på land 3-9 måneder. [Link](#)

Hertil kommer, at det kan blive udfordrende med mange mindre solcelleanlæg i den "tynde" ende af elnettet. Ved udrulning af solceller på bygninger i stor skala bør der planlægges herfor, så anlæg eventuelt samles på lokaliteter med stort elforbrug og bliver tilsluttet på det rette spændingsniveau.

**Risikovurdering og barrierer**

Der er primært tale om barrierer knyttet til økonomi og til den visuelle påvirkning på nogle bygningstyper, herunder særligt fredede og historiske bygninger og bydele.

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | <b>God</b> | <b>Middel</b> | <b>Ringe</b> |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------------|
| Reduktion af klimagasser            |            |               | X            |
| Teknologisk modenhed                | X          |               |              |
| Økonomi for investor                |            |               | X            |
| Samfundsøkonomi                     |            |               | X            |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |            |               | X            |
| Øvrige afledte effekter             |            |               | X            |
| Risikovurdering                     |            | X             |              |

## 2.3 Forberede bygninger til fjernvarme ved lavere temperatur

### 2.3.1 Status og perspektiver

Fjernvarmenet opererer i dag med relativt høje temperaturer, da fjernvarmenettet er designet til en varmeforsyning med få store produktionsenheder.

En forsyningsstruktur med fokus på varmepumper og solvarme giver et behov for lavere temperaturer i fjernvarmenettet, da varmepumper og solvarmeanlæg bliver mere effektive jo lavere temperatur de skal levere. Solvarmeanlæg bliver tillige mere effektive, hvis fjernvarmens returtemperatur reduceres. Umiddelbart kan det enten gøres via en generel nedsættelse af temperaturen i nettet eller via en mere decentral forsyningsstruktur end i dag, hvor varmepumperne producerer varme til udvalgte punkter i fjernvarmenettet. Det sidste er primært relevant i de store fjernvarmenet omkring de større byer (Esbjerg, TVIS, og Odense).

### 2.3.2 Eksempler på lokale handlinger

- Kortlægning af hvilke bygninger der er kritiske i forhold til at kunne sænke temperaturerne i fjernvarmenettet
- Rådgivning og ”pakkeløsninger” rettet mod bygninger, der er kritiske i forhold til at kunne sænke temperaturerne i fjernvarmenettet.
- Udvikling af tarifstruktur der belønner god afkøling
- Udpege testområder til nye lavtemperatur fjernvarmeløsninger
- Nye bygninger forberedes for lavere fremløbstemperaturer

### 2.3.3 Centrale aktører for indsatsen

- Fjernvarmeselskaber
- Kommuner
- Dansk Fjernvarme
- Rådgivere

### 2.3.4 Eksempelkommuner

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. lavere fremløbstemperatur i fjernvarmenettet:

- Brædstrup og Strandby fjernvarme har via Fjernvarmens Serviceordning udført service-tjek af brugerinstallationer og givet tilskud til ændringer, som kan nedbringe temperaturen i fjernvarmenettet. [Link](#)
- Geding ved Aarhus. [Link](#)

### 2.3.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Lavere temperaturer i fjernvarmenettet reducerer ikke i sig selv CO<sub>2</sub>-udledningen betydeligt, men det er en forudsætning for introduktion af store varmepumper til fjernvarme med betydeligt reduktionspotentiale.

#### Teknologisk modenhed

Teknologierne til at opnå lavere temperaturer i nettet er velkendte og veldokumenterede.

#### Økonomi for investor

En række udviklingsprojekter har vist, at særligt optimering af brugerinstallationer kan have stor effekt på fjernvarmesystemets samlede effektivitet og på returtemperaturen i fjernvarmenettet.

#### Samfundsøkonomi

Lavere temperaturer i fjernvarmenettet understøtter store varmepumper og solvarme, som udviser god samfundsøkonomi. Desuden reduceres varmetabet med de dertil hørende omkostninger.

#### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Lokale installatører kan få ekstra arbejde med installation af ventiler mv. i forbindelse med optimering af brugerinstallationer og evt. en fast indkomst med årlige servicetjek.

Lavere varmetab og temperaturer er desuden en forudsætning for fjernvarmens fremtid. Derfor vil der være et betydeligt potentiale for eksport af systemløsninger på området.

#### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

Forudsætning for store varmepumper og solvarme til fjernvarme.

#### Risikovurdering og barrierer

Den største barriere for lavere temperaturer i fjernvarmenettet er ikke optimal drift af brugerinstallationer.

#### Sammenfattende vurdering

|                                     | God | Middel | Ringe |
|-------------------------------------|-----|--------|-------|
| Reduktion af klimagasser            |     |        | X     |
| Teknologisk modenhed                | X   |        |       |
| Økonomi for investor                | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                     | X   |        |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |     | X      |       |
| Øvrige afledte effekter             | X   |        |       |
| Risikovurdering                     |     |        | X     |



## 3 Industri og erhverv

### 3.1 Energieffektiviseringer og elektrificering

#### 3.1.1 Status og perspektiver

I dag dækkes over 90 % af produktionserhvervenes energiforbrug til procesformål med brændsler som kul, olie, naturgas og biomasse. Der anvendes altså kun i meget begrænset omfang el til procesformål. Dette skyldes, at el er markant dyrere end brændsler og derfor alene anvendes til industrielle processer, hvor det giver særlige tekniske eller praktiske fordele.

Med udsigt til en markant udbygning med vind og sol er der også udsigt til betydelige udsving i elprisen. Hermed vil det i stigende grad blive interessant at etablere mulighed for fleksibelt brug af el i industrien, hvor det er billigt at flytte store energimængder.

Der kan være tale om afbrudte og nedsatte elforbrug i perioder, etablering af lagre for kulde, varme og damp, samt at industrivirksomheder indrettes så de kan skifte mellem el og gas som brændsel. På den måde kan de i perioder med lave elpriser køre på el og i perioder med høje elpriser skifte til gas.

#### 3.1.2 Eksempler på lokale handlinger

##### **Dialog om forsyningsmuligheder for virksomheder med stort forbrug af fossile brændsler**

Kommunerne kan kontakte virksomheder med et stort fossilt energiforbrug og høre til deres forventninger til den fremtidige energiforsyning. Det kan i forlængelse heraf afklares om der er behov for et temamøde med forsyningsselskaber og ressourcepersoner om de tekniske og økonomiske muligheder. Herunder om:

- det er muligt helt eller delvist at skifte til el og om elforbruget kan gøres fleksibelt
- der kan afsættes overskudsvarme til fjernvarme
- mulige projekter kan opnå tilskud efter Energiforforskningslovens udbudsordning for energieffektiviseringer på virksomheder

##### **Dialog om energi- og ressourceforbrug ved virksomhedstilsyn**

Kommunerne er på tilsyn hos mange virksomheder og landbrug i løbet af året. Tilsyn kan kombineres med information og dialog om energi- og ressourceforbrug. Indhold i informationsindsatsen kan evt. udvikles i samarbejde med lokale el-, gas- og fjernvarmeselskaber.

Også her kan det i et forløb afdækkes om lokale virksomheder kan opnå tilskud i forbindelse med udmøntningen af energiforforskningslovens udbudsordning for tilskud til energieffektiviseringer i virksomheder.

#### 3.1.3 Centrale aktører for indsatsen

- Virksomheder
- Forsyningsselskaber (el, vand og varme)
- Kommuner
- Rådgivere

### 3.1.4 Eksempelkommuner mm.

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. grøn omstilling i industri og erhvervs-virksomheder:

#### Industri

- GreenLab Skive. [Link](#)
- Clean har sammen med bl.a. BIRN været med til at indføre fleksibelt elforbrug på virksomheder. [Link](#)

#### Erhverv og detailhandel

- Erhvervshus Fyn tilbyder gratis energiscreening af små og mellemstore virksomheder [Link](#)
- SMV Danmark – Klimanetværk [Link](#)
- Aalborg Kommune – Netværk for Grøn Detail [Link](#)
- Energitejnesten - Grøn butik [Link](#)
- Nordjylland – Netværk for bæredygtig erhvervsudvikling [Link](#)

### 3.1.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Der er i fremstillingsindustrien et stort uforløst energieffektiviseringspotentiale og gode muligheder for at reducere brugen af naturgas til fordel for grøn el.

#### Teknologisk modenhed

De relevante teknologier er gennemprøvede og tilgængelige på markedet.

#### Økonomi for investor

Det er et stort uudnyttet energieffektiviseringspotentiale i industrien. Det er en væsentlig barriere for udnyttelse af potentialet, at man i industrien typisk har krav om kort tilbagebetalingstid på de lagte investeringer.

Lave naturgaspriser er desuden en betydelig barriere for omstillingen.

#### Samfundsøkonomi

Energieffektiviseringer i industrien kan indfris med meget lave omkostninger for samfundet.

#### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Energieffektivisering og grøn omstilling af lokale virksomheder kan reducere virksomhedernes omkostninger og styrke deres konkurrenceevne i et marked, der i stadig større grad stiller krav til virksomhedernes grønne profil.

**Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)**

Energieffektiviseringer og skift til el i industrien vil mindske brændselsforbruget og de dertil knyttede lokale og globale miljøpåvirkninger.

Det gælder særligt, hvis elforbruget er fleksibelt, så behovet for elproduktion baseret på fossile brændsler og biomasse holdet på et minimum.

**Risikovurdering og barrierer**

For at realisere dele af effektiviseringspotentialer i industrien er der i med Energiaftalen 2018 afsat en pulje på 300 mio. til energibesparelsetiltag i industrivirksomheder i perioden 2021-2024. Puljen udmøntes via udbud, hvor aktører byder ind med en given mængde besparelser til en given pris. Laveste pris får tilskud.

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | <b>God</b> | <b>Middel</b> | <b>Ringe</b> |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------------|
| Reduktion af klimagasser            | X          |               |              |
| Teknologisk modenhed                | X          |               |              |
| Økonomi for investor                | X          |               |              |
| Samfundsøkonomi                     | X          |               |              |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |            | X             |              |
| Øvrige afledte effekter             |            | X             |              |
| Risikovurdering                     |            | X             |              |

## 3.2 Spildvarme fra industri og kommende datacentre

### 3.2.1 Status og perspektiver

Spildvarme fra industrien spiller ikke nogen væsentlig rolle i fjernvarmeforsyningen i dag. Det skyldes bl.a., at det i dag er svært at afsætte varmen til fjernvarmeområder, hvor fjernvarmebehovet dækkes af varme fra affaldsforbrænding og biomassefyret kraftvarme i store dele af året.

Spildvarme fra industrien til fjernvarmeproduktion får sandsynligvis en større rolle end i dag, da en mindre del af fjernvarmeproduktion i fremtiden vil være bundet til elproduktion og affaldsforbrænding.

### 3.2.2 Eksempler på lokale handlinger

- Kortlægning af lokale kilder til spildvarme, herunder mængder og temperaturer og hvornår ressourcen forekommer
- Designkrav til kommende datacentre ift. udnyttelse af spildvarme og fleksibelt elforbrug, eksempelvis krav om vandkøling og kulde/varmelagre.

### 3.2.3 Centrale aktører for indsatsen

- Virksomheder
- Kommuner
- Fjernvarmeselskaber
- Rådgivere

### 3.2.4 Eksempelkommuner

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. udnyttelse af spildvarme:

- Fjernvarme Fyns samarbejde med Facebook. [Link](#)
- Rødkærsbro Fjernvarmes samarbejde med ARLA. [Link](#)
- Hedensted Fjernvarmes samarbejde med Air Liquide m.fl. [Link](#)

### 3.2.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Den direkte CO<sub>2</sub>-reduktionsgevinst ved at udnytte overskudsvarme til fjernvarme er i sagens natur tæt knyttet til den lokale fjernvarmeproduktion, som i stadig stigende grad er baseret på CO<sub>2</sub> neutrale brændsler.

Alligevel er der mange fordele ved udnyttelse af spildvarme, herunder de økonomiske samt reduceret brug af begrænsende biomasseresourcer i varmeforsyningen.

#### Teknologisk modenhed

De relevante teknologier er gennemprøvede og tilgængelige på markedet.

#### Økonomi for investor

I marts 2019 indgik folketinget en aftale om forenkling af reglerne for udnyttelse af overskudsvarme. Sigtet med aftalen er at forenkle de eksisterende regler, der er alt for komplicerede og dermed udgør en barriere for nye investeringer i udnyttelse af overskudsvarmen.

Konkret betyder det bl.a., at den såkaldte værdiafgift på 33 % af virksomhedens indtægter fra overskudsvarmen omlægges til en fast afgift på 25 kr. pr. GJ. Det reducerer usikkerheden om, hvor meget der skal betales i afgift på den udnyttede overskudsvarme.

For virksomheder, der lever op til krav i en ny certificeringsordning (ISO 50000/energiledelse), vil afgiftssatsen blive reduceret til 10 kr. pr. GJ.

Desværre ser loven ikke ud til at fremme øget anvendelse af spildvarme. Klima,- energi- og forsyningsminister Dan Jørgensen har da også bebudet, at han vil se på loven i forbindelse med forhandlingerne om en Klimahandlingsplan for Danmark. [Link 1](#), [Link 2](#), [Link 3](#), [Link 4](#).

### Samfundsøkonomi

Spildvarmeprojekter vil efter gældende regler udvise bedre samfundsøkonomi end biomasseløsninger, da spildvarme i modsætning til biomasse er afgiftsbelagt; men også uden afgifter vil udnyttelse af spildvarme være samfundsøkonomisk fordelagtigt.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Udnyttelse af industriel spildvarme giver typisk ikke anledning til betydende indtægter for de involverede virksomheder. Udnyttelsen kan dog styrke deres grønne profil eller modvirke den dårlige historie, når potentiel spildvarme ikke udnyttes, som vi desværre ser ved flere af de kommende datacentre. Potentialet for eksport af løsninger til udnyttelse af spildvarme er stort, idet der årligt spildes lige så meget varme i EU, som vi bruger til opvarmning af samtlige bygninger.

### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

Udnyttelse af overskudsvarme til fjernvarme vil reducere brændselsforbruget i fjernvarmesektoren eller reducere elforbruget i fjernvarmeværkernes varmepumper, da spildvarme er en bedre varmekilde til varmepumper end udeluft.

### Risikovurdering og barrierer

Ved udnyttelse af industriel spildvarme til fjernvarme er der indbygget en risiko knyttet til lukning af virksomheden. Afgifter på den tilgængelige overskudsvarme gør desuden, at fjernvarmeværket ofte går med den mere enkle løsning, hvor værket selv er fuldt herre over produktionsanlægget. Dette kan modvirkes med kontrakter over længere tid, hvor virksomheden i tilfælde af lukning betaler en del af restafskrivningen på investeringen.

### Sammenfattende vurdering

|                                     | God | Middel | Ringe |
|-------------------------------------|-----|--------|-------|
| Reduktion af klimagasser            |     | X      |       |
| Teknologisk modenhed                | X   |        |       |
| Økonomi for investor                |     |        | X     |
| Samfundsøkonomi                     | X   |        |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |     | X      |       |
| Øvrige afledte effekter             | X   |        |       |
| Risikovurdering                     |     |        | X     |

## 4 Transport

### 4.1 Fremtidig ladeinfrastruktur til elbiler

#### 4.1.1 Status og perspektiver

En række analyser har gennem de sidste 10-20 år peget på el til transport, som et centralt element i fremtidens energisystem. Dette har sammen med den teknologiske udvikling betydet, at der i både EU og i Danmark er en bred forståelse af, at personbilstransporten skal omstilles til el frem mod 2050. Varebiler vil formentlig også omstilles til el sammen med den del af lastbiltransporten, som foregår over forholdsvis korte afstande, f.eks. city logistik med varebiler.

Eldrevne personbiler må forventes at blive et afgørende element i realiseringen af Danmarks klimamål, da elbiler er langt mere energieffektive end benzin- og dieslbiler og andelen af vedvarende energi i elforbruget når 100 % i 2030.

#### 4.1.2 Eksempler på lokale handlinger

- Løbende analyse af opladningsmønstre og elbilers belastning af elnettet
- Test af fleksibel opladning og afladning af elbiler i hjemmet og på parkeringspladser, herunder kobling til elpris, reguleringsydelse og belastningen af det lokale elnet
- Udarbejdelse af lokal masterplan for den fremtidige ladeinfrastruktur og betydning for belastningen af det lokale elnet
- Sikre udbygning med lokal ladeinfrastruktur i overensstemmelse med "Ladestanderbekendtgørelsen" af 5. marts 2020. Bekendtgørelsen stiller krav om forberedelse af ladeinfrastruktur for:
  - 1) bestående bygninger, der ikke er beboelsesbygninger, med mere end 20 parkeringspladser.
  - 2) større ombygning af bygninger med mere end 10 parkeringspladser.
  - 3) nybyggeri med mere end 10 parkeringspladser

#### 4.1.3 Centrale aktører for indsatsen

- Byggesagsbehandlere og trafikplanlæggere
- Større bygningsejere og virksomheder
- Lokale elnet- og elhandelsselskaber
- Ladeoperatører og lokale servicestationer
- Energinet.dk, Dansk Energi og Drivkraft Danmark

#### 4.1.4 Eksempelkommuner

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. etablering af ladeinfrastruktur til elbiler:

- Aarhus Kommune har udarbejdet lokal analyse af fremtidigt ladebehov og planlægger initiativer på området i forlængelse af sit arbejde med en strategisk energiplan for Aarhus Kommune
- Ringkøbing-Skjern har afsat 1 mio. til flere ladere til elbiler.

#### 4.1.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

##### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Energistyrelsen har til brug for kommunernes arbejde med strategisk energiplanlægning opgivet en CO<sub>2</sub>-emissionsfaktor for el på 124 ton/TJ for 2018. Bemærk, at emissionsfaktoren (residual-

el) er højere end den emissionsfaktor, som fremgår af Energinet.dks årlige miljødeklarationer (gennemsnitsel).

#### Beregnings eksempel

Antaget benzinforbrug for 1.000 biler: 24 TJ/år

Ved skift til elbil stiger elforbrug med: 8 TJ/år

Reduceret CO<sub>2</sub> udledning fra benzin: 73 ton/TJ x 24 TJ/år = 1.750 ton/år

CO<sub>2</sub> udledning fra elforbrug: 124 ton/TJ x 8 TJ/år = 990 ton/år

Bemærk, at i takt med at elforsyningen omstilles til grøn energi vil CO<sub>2</sub>-emissionen for den forbrugte el falde. Det gælder særligt, når der kan sikres samtidighed mellem elforbrug og elproduktion fra solceller og vindmøller. Energistyrelsen forudser emissionsfaktor for el, der er tæt på nul i 2030.

#### Teknologisk modenhed

Elbiler er teknologisk mere simple end biler med forbrændingsmotor, og den teknologiudfordring for elbiler er derfor primært knyttet til elbilernes batterier. Det skyldes, at batterierne typisk er store og tunge grundet den lave energitæthed.

Den batteriteknologi der i dag anvendes i elbiler, er litium-ion-batterier. Denne teknologi, som også kendes fra blandt andet mobiltelefoner og bærbare computere, har været kendt i omkring 25 år. Litium-ion-batteriernes kapacitet er løbende forbedret så de kan lagre mere energi på mindre plads. Den mest afgørende faktor i forhold til elbiler er imidlertid, at masseproduktion har ført til meget markante prisfald. Prisen på litium-ion-batterier er således faldet fra omkring 8.900 kr./kWh i 2006 til omkring 1.300 kr./kWh i 2018. Energistyrelsen forventer i den seneste fremskrivning vedrørende transport, at prisen for batterier til elbiler vil ligge omkring 1.275 kr./kWh i 2020, 950 kr./kWh i 2025 og 750 kr./kWh i 2030.

Elbiler forventes at være konkurrencedygtige med benzin- og dieslbiler når prisen på batterier er faldet til mellem 850 og 1.000 kr./kWh.

#### Økonomi for investor

En elbil er typisk dyrere i indkøb end en bil på benzin i samme segment. Forskellen er dog blevet mindre i de senere år. Til illustration koster VW Golf 245-343.000 kr., mens VW ID3 i samme segment koster 280-345.000 afhængig af batteristørrelse. Da driftsomkostningerne er lavere for en elbil end for en benzinbil, når FDM frem til nedenstående totalomkostninger for henholdsvis elbiler og benzinbiler.

#### Det koster det at køre en km i 2020\*

| Ny bil ca.<br>100.000<br>kr. | Ny bil ca.<br>150.000<br>kr. | Ny bil ca.<br>200.000<br>kr. | Ny bil ca.<br>275.000<br>kr. | Ny bil ca.<br>350.000<br>kr. | Ny elbil ca.<br>300.000 kr. | Ny plugin-hybrid<br>ca. 300.000 kr. |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 2,65 kr.                     | 3,15 kr.                     | 3,62 kr.                     | 4,13 kr.                     | 4,88 kr.                     | 3,58 kr.                    | 3,73 kr.                            |

\*Beløbene er baseret på en driftsperiode på fem år og 100.000 km

[Link](#)

### Samfundsøkonomi

Omstilling til elbiler er forbundet med betydelige samfundsøkonomiske omkostninger. Klimarådet vurderer, at de samfundsøkonomiske omkostninger ved indfasning af 0,5-1 mio. elbiler i Danmark ligger i intervallet 700-1.100 kr./ton CO<sub>2</sub>. Dette giver de karakteren medium ift. samfundsøkonomisk omkostning. [Link](#)

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Lokal erhvervsudvikling er næppe en stor driver på området, da bilerne produceres uden for landets grænser. Udvikling knytter sig derfor primært til etablering af ladeinfrastruktur, netudbygning, udvikling af fleksibel ladning mv.

### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

Reduceret udledning af NOx'er og partikler i byerne er et væsentligt argument for skift til elbiler.

Der har været rejst tvivl om, hvorvidt der er tilstrækkelige mængder råstoffer og om der ligefrem kan blive mangel på råstoffer i forbindelse med fremstilling af litium-ion-batterier. Med de kendte litiumforekomster kan der, i følge Volkswagen, med den nuværende teknologi produceres batterier til mere end 1 mia. elbiler. Det tyske Öko-Institut eV har i 2019 påvist, at de kendte globale reserver af litium, er 16 mio. ton, kobolt 7,1 mio. ton og nikkel 74 mio. ton. Som følge heraf forventes der ingen mangel på disse råstoffer inden 2050. På sigt forventes en øget genanvendelse af batterier fra elbiler med en genanvendelse af ovennævnte metaller på op til 98 %. På kort sigt kan der imidlertid opstå midlertidige flaskehalse for enkelte råstoffer. Desuden kan udvinding af nogle af de anvendte råstoffer være forbundet med miljømæssige og sociale problemer, såsom dårlige arbejdsvilkår. Disse forhold er der imidlertid meget fokus på i branchen ifa. Dieselgate.

### Risikovurdering og barrierer

En væsentlig barriere for udbredelse af elbiler har været rækkevidden, som har givet anledning til rækkeviddeangst, som er angsten for ikke at nå frem til bestemmelsesstedet i tide og angsten for ikke at kunne finde en passende ladestation. I takt med flere og hurtigere lademuligheder og ikke mindst større batterikapacitet i elbilerne og i det hele taget bedre kendskab til elbiler forventes rækkeviddeangsten efterhånden at fortage sig. Allerede i dag har 10 ud af de 14 elbilmodeller, der for tiden er på det danske marked, batteripakker med en kapacitet på mellem 60 og 100 kWh, hvilket gør det muligt at køre mere end 300 km på en opladning.

Der er betydelig usikkerhed knyttet til udformningen af den fremtidig ladeinfrastruktur i særligt byområder, hvor der er svært at forestille sig adgang til hjemmeladning for alle borgere. Der knytter sig desuden usikkerheder til fremtidig udbredelse og standarder for bl.a. lynladning.

### Sammenfattende vurdering

|                                     | God | Middel | Ringe |
|-------------------------------------|-----|--------|-------|
| Reduktion af klimagasser            | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                |     | X      |       |
| Økonomi for investor                |     | X      |       |
| Samfundsøkonomi                     |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |     |        | X     |
| Øvrige afledte effekter             |     | X      |       |
| Risikovurdering                     |     | X      |       |



## 4.2 Alternativer til transport i bil

### 4.2.1 Status og perspektiver

Transport i egen bil står for langt hovedparten af persontransporten i Danmark og andelen af den samlede transport stiger med den generelle vækst i samfundet. Der er i dag ca. 2,7 mio. personbiler i Danmark, som Energistyren forventer stiger til ca. 3,3 mio. i 2030 jf. Basisfremskrivning 2019. Antallet af kørte kilometer i egen bil forventes at stige med ca. 2 % pr. år.

Væksten i personbilstransporten sker særligt på bekostning af mere energieffektiv transport med kollektiv transport, særligt i disse år hvor stadig flere familier har fået råd til også at anskaffe en bil nummer to.

Ifølge trafikforsker Harry Lahrmann fra Aalborg Universitet vil kollektiv transport altid tabe terræn til bilen, næsten uanset hvor meget det lykkes at forbedre den. Det er næsten aldrig hurtigere at bruge det offentlige end bilen med mindre man kan arbejde undervejs.

”Det er håbløst. Den kollektive transport er bagud på point fra starten. Og det er jo grundlæggende, fordi helt nede i substansen skulle den give hver passager en privatchauffør, og det er jo dyrt. Der er bilen bare smartere,” siger Harry Lahrmann, som ikke ser anden løsning end at gøre bilejerskab dyrere. [Link](#)

Hertil skal lægges, at automatisering af private biler vil gøre kørsel i egen bil endnu mere attraktiv, da bilister særligt på de lange ture på motorvej får bedre mulighed for at udnytte tiden undervejs, som det i dag er muligt på længere togture.

I dag og i årene fremover forventes der dog markante trængselsudfordringer i og omkring landets største byer. Såfremt fremkommelighed og parkeringsmuligheder bliver tilstrækkeligt dårlige vil det fremme alternativerne, som vi allerede ser det i dag i hovedstadsområdet. Samme tendens kan gøre sig gældende i andre af landets større byer. Desuden kan roadpricing, forhøjede P-afgifter mv. rykke balancen til fordel for kollektiv transport.

Transport-, bygnings- og boligministeren nedsatte i juni 2017 ekspertgruppen Mobilitet for fremtiden, som i marts 2018 afrapporterede sin analyse af de mulige fremtidsperspektiver for mobiliteten og transportsystemet.

Nedenfor ses uddrag fra afrapporteringen fra "Ekspertgruppen Mobilitet for fremtiden", marts 2018.

**I FREMTIDEN KAN VI FORVENTE STIGENDE TRAFIK OG MARKANT STØRRE TRÆNGSELSPROBLEMER, SOM IKKE LØSES AF AUTOMATISERINGEN.** Øget velstand og befolkningsvækst vil øge transportefterspørgslen. Sammen med urbaniseringen vil det føre til markant mere trængsel, særligt i og omkring de største byer. Formentlig vil hverken delebiler eller automatisering af bilerne gøre problemerne mindre.

**STOR UDBREDELSE AF FØRERLØSE PRIVATE BILER LIGGER FORMENTLIG LANGT UDE I FREMTIDEN, MEN DER ER STOR USIKKERHED OG MANGEL PÅ KONSENSUS OM TIDSPERSPEKTIVET.**

Selvstyrende egenskaber er på vej på markedet. Men de vil formentlig tidligst være udbredt svarende til cirka halvdelen af kørslen omkring 2030-2035. Førerløs kørsel i private biler kræver et automatiseringsniveau, der næppe introduceres før 2030. Førerløse biler vil derfor formentlig først stå for halvdelen af kørslen omkring 2040-2045 og måske først langt senere.

**DELEBILSKONCEPTER ØGER MOBILITETEN FOR BYBOERE, SOM ELLERS IKKE VILLE HAVE BIL.**

Disse brugere vil øge biltrafikken, mens de brugere, der fravælger egen bil, vil køre mindre. Den samlede effekt på trafikken kan således gå begge veje. Øget udbredelse af delebiler vil derfor ikke nødvendigvis reducere trængslen i byerne.

**HØJKLASSET KOLLEKTIV TRANSPORT OG CYKEL VIL I FREMTIDEN VÆRE ENDNU VIGTIGERE FOR MOBILITETEN I BYERNE,** fordi trafik, trængsel og presset på byernes arealer generelt forventes at stige væsentligt. Specielt i Hovedstaden kan skinnebåren trafik i kraft af høj kapacitet og stor fremkommelighed aflaste vejnettet. Men automatisering vil styrke BRT (Bus Rapid Transit) som alternativ til flere letbaner i de største byer og deres ringbyer.

**FØRERLØSE TAXAER OG DELEKONCEPTER KAN BLIVE ET REELT ALTERNATIV TIL PRIVAT BIL I DE STØRSTE BYER.** Smartphone baserede efterspørgselsbestemte (on-demand) forretningsmodeller vil muligvis kunne realiseres før førerløse privatbiler, da toneangivende virksomheder hævder at ville tilbyde dem i nogle amerikanske byer i løbet af få år. Sådanne koncepter vil forbedre mobiliteten for brugerne, men vil ikke i sig selv begrænse trafikken og trængslen i byerne; nok snarere tværtimod.

**MOBILITY-AS-A-SERVICE (MaaS) ER ENDNU PÅ UDVIKLINGSSTADIET, MEN FULDT UDFOLDET ER DET ET ABONNEMENT PÅ TVÆRS AF ALLE TRANSPORT-FORMER.** Udfordringen for udvikling af MaaS løsninger er først og fremmest at skabe et organisatorisk og økonomisk set-up, der er attraktivt for alle interessenter, dvs. brugerne, de kollektive trafikselskaber, private udbydere samt ikke mindst for MaaS- operatøren.

**BILER, DER KAN KØRE FØRERLØST DØR-TIL-DØR, VIL PÅ LANG SIGT KUNNE REVOLUTIONERE TRANSPORTSEKTOREN.** Mobilitetsmulighederne vil generelt blive forøget, men i særlig grad for nye brugergrupper uden kørekort, som får mulighed for at benytte bil på egen hånd, for eksempel børn og unge. Det vil mindske behovet for lokal kollektiv transport, og begrundelsen for kollektiv transport som en offentlig serviceforpligtelse vil blive svækket. Fordelene vil formentlig være størst i de mindre byer og landområder.

#### **4.2.2 Eksempler på lokale handlinger**

- Planlægge for forringet fremkommelighed f.eks. via ensretning gågader og få og dyre parkeringsmuligheder for biler i områder med trængselsudfordringer
- Forbedret serviceniveau for kollektive transport i større byer
- Kampanjer for cykling og etablering af flere og bedre cykelstier, herunder etablering af super cykelstier
- Introducere systematiske hjemmearbejdsdage. Coronakrisen har vist, at der kan opnås effektiviseringer ved at lade folk arbejde hjemme på faste ugedage
- Maas tiltag, herunder togbillet + elbil/elcykel/cykel klar ved stationen med DSB.

#### **4.2.3 Centrale aktører for indsatsen**

- Kommuner
- Trafikselskaber
- Trafikforskere
- Folketinget

#### **4.2.4 Eksempelkommuner**

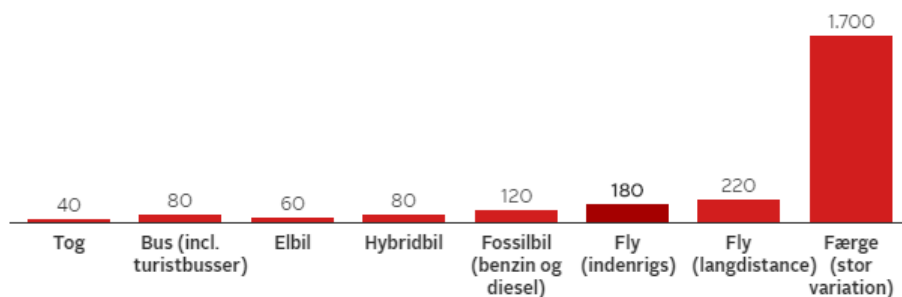
Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats ift. fremme af cyklisme:

- Odense (cykellisternes by). [Link](#)
- København ("Verdens bedste cykelby"). [Link](#)
- Fredericia Cykelby
- Aarhus cykelhandlingsplan [Link](#)
- Randers cykelby [Link](#)
- Aalborg cykelby [Link](#)

#### 4.2.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

##### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Potentialet for at reducere CO<sub>2</sub>-reduktioner fra personbiltransport er primært knyttet til introduktion af elbiler og i mindre grad til at flytte transport fra bil til andre transportformer. [Link](#)



CO<sub>2</sub> pr. personkilometer.

Kilde: Concito

Tiltaget bæres derfor primært frem af trængselshensyn og det er netop i byerne med høj belægningsgrad, at klimagevinsten ved et skift til kollektiv transport er størst.

##### Teknologisk modenhed

Byplanlægningsprincipperne for at mindske biltrafik og fremme alternative transportformer er generelt velkendte. Dog er der behov for udvikling specielt ift. roadpricing og Mobility-as-a-service (MaaS).

##### Økonomi for investor

Kan kollektiv transport træde i stedet for indkøb af en bil, vil det som oftest være den billigste transportform. Er bilen købt er det billigst af bruge den.

##### Samfundsøkonomi

Trængsel har store samfundsøkonomiske omkostninger i form af faldende produktivitet i samfundet generelt. Særligt i de større byer giver det derfor samfundsøkonomisk mening at arbejde med udbygning af alternativer til transport i bil, mens udbygningen af den kollektive transport i landområder og mindre byer primært et båret af sociale hensyn (unge, ældre og handicappede).

Dansk industri vurderer, at de samfundsøkonomiske omkostninger ved forsinkelser i vejtrafikken i 2019 beløber sig til 25-27 mia., mens forsinkelser i den kollektive transport koster mindst 4,5 mia. [Link](#)

##### Afledt erhvervsudviklingspotentialer

Fremkommelighed er afgørende for mange virksomheders konkurrenceevne.

##### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

Særligt bymiljøet forbedres ved skift til andre transportformer end bil. Gode forhold for kollektiv transport og cyklisme gavner særligt unge, ældre og svage borgere. Særligt parkering optager meget plads i byrummet.

**Risikovurdering og barrierer**

Det kan være svært at påvise en klimagevinst ved tiltag på området og driver bør derfor være reduceret trængsel og forbedret bymiljø.

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | <b>God</b> | <b>Middel</b> | <b>Ringe</b> |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------------|
| Reduktion af klimagasser            |            | X             |              |
| Teknologisk modenhed                |            | X             |              |
| Økonomi for investor                |            | X             |              |
| Samfundsøkonomi                     |            | X             |              |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |            |               | X            |
| Øvrige afledte effekter             |            | X             |              |
| Risikovurdering                     |            | X             |              |

## 5 Landbrug og arealanvendelse

### 5.1 Mere biogas og bedre staldsystemer

#### 5.1.1 Status og perspektiver

Der rettes i dag og i de kommende år fokus på, at biogas udnyttes til opgradering frem for kraftvarme. Skiftet skyldes, at kontinuerlig elproduktion fra en biogasmotor passer dårligt ind i et elsystem med meget vindkraft. Biogas lagret i gasnettet kan til gengæld gemmes til elproduktion, når der ikke er energiproduktion fra svingende energikilder som vind og sol eller udnyttes til industrielle formål og til transport.

#### 5.1.2 Eksempler på lokale handlinger

##### Handlingsplan for øget biogasproduktion

Der kan oplagt udvikles en strategiplan for øget biogasproduktion i samarbejde med lokale biogasproducenter. Strategiplanen kan bl.a. forholde sig til:

- De uudnyttede gyllerressourcer og planteaffaldsressourcer i kommunen og i nabokommuner
- Scenarier for udvidelser af eksisterende biogasanlæg og evt. etablering af nye anlæg under hensyn til kommende støtteordninger jf. Energiaftalen. Herunder fremtidig afsætning af den producerede biogas
- Muligheder for at øge produktionen af grøn gas med op til 50 % via brintopgradering ifm. udfasning biogas til kraftvarmeproduktion
- Mulighed for at kombinere biogasanlæg med bioraffinering og produktion af bl.a. protein til foderstoffer.
- Barrierer og muligheder for udnyttelse af potentialer:
  - Håndtering af overskydende fosfor enten lokalt (f.eks. vedvarende græs) eller via eksport til Østdanmark
  - Konkurrence via udbudspuljer til traditionel- og økologisk biogasproduktion
  - Arlas ideér om klimaafregning til mælkeproducenter

##### Krav til forsuring og hyppig udslusning i miljøgodkendelser for husdyrbrug

- Kommunerne kan i miljøgodkendelser stille krav om forsuring
- Der stilles pt. ikke krav i relation til hurtig udslusning, da kontrol er vanskelig. Virkemidlet kan dog blive relevant, hvis hurtig udslusning kombineres med gyllekummer, der giver mulighed for at logge data på udslusning.

#### 5.1.3 Centrale aktører for indsatsen

- Kommunen
- Landbruget og dets virksomheder (Arla Gården, foderstofbranchen mf.)
- EVIDA (gasdistribution)
- Energinet.dk

#### 5.1.4 Eksempelkommuner og regioner

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats for at fremme biogas:

- Solrød Kommune: Har selv planlagt og opført Solrød Biogas i en af landets mindste kommuner med få husdyrproducenter
- Skive Kommune: Har været aktivt i etablering af nye biogasanlæg og GreenLab Skive. Størstedelen af gyllen i området afgasses i dag.

- Ringkøbing Skjern: Har lavet meget forberedende planlægning og forundersøgelser og banet vejen for bl.a. Videbæk biogas
- Sønderjylland (Esbjerg, Vejen og Haderslev): Flere store anlæg
- Fyn: Større udbygning i gang. Forundersøgelser udarbejdet i regi af Energiplan Fyn.
- Nordjylland: Har bidraget med mange gårdbiogasanlæg og Grøngas Vrå
- Region Nordjylland og – Midtjylland: Perspektivplaner for biogasudbygning

### 5.1.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

##### Eksempelberegning for reducerede metanemissioner ved biogas

Biogas erstatter fossile brændsler og reducerer dermed CO<sub>2</sub>-udledningen. I tillæg hertil er der en positiv klimaeffekt ved mindre tab af metan i landbruget samt en negativ effekt fra tab af metan på biogasanlægget. I nedenstående tabel længst til højre er den samlede klimaeffekt for nye biogasanlæg illustreret med en antaget nettoreduktion på 16 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. GJ produceret metan. I midten af tabellen ses reduktion fra fortrængt naturgas.

|                         | Metanproduktion (GJ/år) | Reduktion fra fortrængt naturgas (ton CO <sub>2</sub> -ækv.) | Reduceret metantab (ton CO <sub>2</sub> -ækv.) *) |
|-------------------------|-------------------------|--|---|
| Mindre biogasanlæg      | 154.370                 | 8.799  | 2.470   |
| Mellemstort biogasanlæg | 463.110                 | 26.397   | 7.410   |
| Stort biogasanlæg       | 926.220                 | 52.795   | 14.820  |

\*) *Nettoreduktion: Reduceret tab af metan i landbruget fratrukket udledning af metan fra biogasanlæg. Forudsat reduktion på 16 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. GJ.*

Der er betydelig variation på både metanreduktion i landbruget og på udledning af metan på biogasanlæg. En nettoreduktion på 16 kg CO<sub>2</sub>-ækv./GJ kræver lav udledning af metan fra biogasanlægget, samt at der optimeres på håndtering og opholdstid for husdyrgødningen jf. nedenstående afsnit om "Reduceret metantab fra landbrug" og "Tab af metan fra biogasanlæg og opgradering".

#### Reduceret metantab fra landbrug

Fuld udnyttelse af potentialet for reduktion af metantab fra landbruget via biogas forudsætter, at der arbejdes aktivt med gyllekøling og hurtigere udslusning af gyllen fra gårdene. Jf. nedenstående tabel længst til højre kan udledningen af drivhusgasser herved reduceres med op til godt 20 kg CO<sub>2</sub>-ækv./GJ.

Tabel 6.8 Reduceret mængde CO<sub>2</sub>-eqv per ton gylle og per produceret PJ.

| kg CO <sub>2</sub> -eqv. per: | ton kvæggylle | ton svinogylle | ton blandet gylle <sup>1</sup> | kt CO <sub>2</sub> -eqv pr PJ |
|-------------------------------|---------------|----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Afgasning af gylle            | 7,88          | 15,32          | 11,00                          | 8,72                          |
| Afgasning + reduceret temp    | 7,88          | 45,81          | 23,81                          | 18,88                         |
| Afgasning + reduceret HRT     | 13,75         | 43,33          | 26,18                          | 20,75                         |

<sup>1</sup> Blandet gylle består af 58 % kvæggylle og 42 % svinogylle.

Kilde: Biogasproduktions konsekvenser for drivhusgasudledning i landbruget, DCE 2016. HRT referer til opholdstid

### Tab af metan fra biogasanlæg og opgradering

Biogasbranchen arbejder aktivt med et mål om, at tabet af metan fra biogasanlæg ikke overstiger 1 %. Det antages, at dette mål indfries, da der er flere initiativer på vej, der understøtter målet. Der gennemføres i øjeblikket en ordning, hvor der måles på metantab på op til 170 biogasanlæg. Et metantab på 1% giver anledning til en udledning på: 4,5 kg CO<sub>2</sub>-eqv./GJ.

### Teknologisk modenhed

Biogasanlæg består af velkendt teknologi, der er udviklet og forfinet gennem en årrække. Det er dog forventningen, at der kan opnås betydelige reduktioner i prisen for den producerede gas over tid.

I EUDP projektet: "Energi- og omkostningsoptimering af bionaturgasproduktion", som afsluttes oktober 2020 undersøges muligheder for optimering i alle led fra biomassen hentes hos landmanden til bionaturgassen injiceres i naturgasledningen. Konkret undersøges optimeringspotentialer ift.:

- indhentning af gylle hos landmanden, pumpeledninger til gylle, højere tørstof mm.
- forbehandling af biomasser og teknisk udstyr dertil, optimering af biomasseplaner, energiforbrug til varme og el på anlægget.
- muligheder for effektivisering på svovlrensning, opgraderingsanlæg, netinjektion mm.

### Økonomi for investorer

Med Energifaften lægges der op til, at fremtidige biogasanlæg skal konkurrere om en støttepulje på samme vis som det i dag sker for nye vindmølle- og solcelleprojekter. Det vil betyde, at de anlæg, der kan producere gas til den laveste pris, får støtten fremover. Konkret må man forvente, at den billigste gas kan produceres ved at udvide de eksisterende anlæg eller ved at etablere anlæg i områder, hvor der er høj husdyrtæthed og hvor der ikke i forvejen er konkurrerende biogasanlæg. Nærhed til gasdistributionsnettet bliver en anden central parameter, da nye støtteregler vil fremme biogas til opgradering og afsætning til naturgasnettet frem for afsætning til kraftvarmeproduktion. Eksisterende anlæg, der afsætter til kraftvarme, vil dog kunne beholde den nuværende støtte frem til 2032 eller i 20 år fra etableringsåret.

### Samfundsøkonomi

Gyllekøling, forsuring af gylle og hurtigere udslusning af gyllen hører jf. Klimarådet til blandt nogle af de billigste måder at reducere udledningen drivhusgasser på.

Målt på omkostninger pr. produceret energienhed er biogas en dyr energiteknologi. Derfor skal den begrænsende og dyre biogasproduktion prioriteres til industrielle processer, produktion af transportbrændstoffer eller spidslast elproduktion. El- og fjernvarmeproduktion baseret på biogas vil i de kommende år blive udfaseret til fordel for billigere alternativer.

### Afledt erhvervsudviklingspotentialer

Biogasanlæg giver i driftsfasen anledning til varig lokal beskæftigelse til primært ansatte på biogasanlægget og for lokale vognmænd. Hertil kommer beskæftigelse knyttet til indsamling af halm og andre biomasser.

I tillæg hertil skal det nævnes, at der er gode muligheder for afledt erhvervsudvikling nær større biogasanlæg. Netop dette udnyttes i GreenLab Skive, hvor kernen i en større erhvervspark netop er et biogasanlæg.



### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

Biogasproduktion giver foruden energiproduktionen en række positive afledte effekter for miljø, klima og jordbrug. Landbrugets udledning af metan og lattergas mindskes, tab af næringsstoffer til det omkringliggende miljø reduceres, næringsstoffer recirkuleres og landmandens udbytte ved dyrkning af jorden forbedres.

Rentabel drift på danske biogasanlæg forudsætter i dag tilførsel af organisk industriaffald for at opnå tilstrækkelig gasproduktion. Allerede i dag står vi i en situation, hvor der er mangel på organisk affald til biogas, og hvor anlæggene er i intern konkurrence om det bedste affald. Tilsætning af energiafgrøder til biogasanlæg er en overgangsløsning. I 2018 må energiafgrøder maksimalt udgøre 12 % af den forgassede biomasse. I 2021 strammes kravene yderligere.

Fuld udnyttelse af potentialet for biogasproduktion forudsætter derfor, at vi frembringer store mængder af andre typer af biomasse med et højt energiindhold, der kan bioforgasses med gylle i fremtidens biogasanlæg. Mest oplagt er det at udnytte overskudshalm i anlæggene, hvilket der da også arbejdes på flere steder. Andre metoder omfatter samensilering af roetop og frøgræsaffald.

Fødevarer- og landbrugspakken, omfatter en ændret fosforregulering. Med fosforreguleringen er der fastsat regler om, hvor meget fosfor der må udbringes pr. hektar. Reguleringen giver udfordringer med afsætning af afgasset biomasse fra biogasanlæg i områder med høj husdyrtæthed.

Et regionalt fosforoverskud kan f.eks. løses ved separering af den afgassede biomasse på biogasanlæggene. Landbrug & Fødevarer, Foreningen Biogasbranchen og SEGES har kortlagt problemstillingen i rapporten "Fosforregulering - er biogasanlæg en løsning eller en udfordring?" fra juni 2019.

### Risikovurdering og barrierer

Udviklingen på biogasområdet er helt afhængig af betydelige tilskud og dermed også sårbar overfor skift i den politiske vilje til at støtte området.

### Sammenfattende vurdering

|                                     | God            | Middel | Ringe          |
|-------------------------------------|----------------|--------|----------------|
| Reduktion af klimagasser            | X              |        |                |
| Teknologisk modenhed                |                | X      |                |
| Økonomi for investor                |                | X      |                |
| Samfundsøkonomi                     | X <sub>1</sub> |        | X <sub>2</sub> |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale | X              |        |                |
| Øvrige afledte effekter             | X              |        |                |
| Risikovurdering                     |                |        | X              |

X<sub>1</sub>: Staldanlæg: Gyllekøling, forsuring af gylle og hurtigere udslusning

X<sub>2</sub>: Selve biogasanlægget. Kan dog med fordel knyttes sammen med tiltag i X<sub>1</sub> for øget gasudbytte fra afgasset gylle.

## 5.2 Udtagning af kulstofrige landbrugsjorde

### 5.2.1 Status og perspektiver

Mange lavbundsjorder er rige på organisk kulstof. Jorderne har tidligere ligget under vand, og de iltfattige forhold har forhindret, at døde planter rådne bort, men i stedet er blevet ophobet som kulstofrig tørv. Når jorderne drænes og dyrkes, kommer ilten fra luften i kontakt med tørv, der rådner og frigiver drivhusgasser. Denne proces bremses, og udledningerne reduceres, hvis arealerne igen oversvømmes.

Ca. halvdelen af de kulstofrige jorde ligger spredt i ådale og har lav dyrkningsmæssig værdi. Den anden halvdel ligger i sammenhængende flader og har høj dyrkningsværdi (tidligere højmoser som Vildmosen og Lammefjord).

### 5.2.2 Eksempler på lokale handlinger

- Omlægning af kulstofrig landbrugsjord til vedvarende græs eller natur med ophør af dræning og gødsning
- Omlægning af kulstofrig landbrugsjord til vedvarende græs med forsæt dræning

### 5.2.3 Centrale aktører for indsatsen

- Kommunen eller Naturstyrelsen, der kan ansøge om gennemførelse af lavbundsprojekter
- Landmænd og andre lodsejere, som ejer lavbundsjord
- Staten, som i klimaloven fra 2019, har afsat 2 mia. kr. med 200 mio. kr. årligt frem mod 2030 til udtagning af landbrugsjord. Endnu ukendt hvilken styrelse, der kommer til at forvalte ordningen.
- Lodsejere, som kan indgå i jordfordelingsprojekter og opnå kompensation eller beholde arealet og opnå fastholdelsestilskud
- Kommuner og private fonde, som ejer jord, der kan indgå i jordfordeling, eller som kan opkøbe lavbundsjord

### 5.2.4 Eksempelkommuner

Mange kommuner landet over arbejder aktivt med udtagning af lavbrugsjord i arbejdet med at forbedre forhold for dyr og planter.

### 5.2.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

##### Udtagning af kulstofrig landbrugsjord med ophør af dræning og gødskning

Reduktionen i udledningen af drivhusgasser ved etablering af vådområder mv. på almindelig mineralisk jord er meget lille (ca. 0,4-0,6 ton/ha.). Til gengæld kan der opnås betydelig klimaeffekt ved at udtage og vådlægge kulstofrige lavbundsjorder, herunder særligt jorder med mindst 12 % kulstof (organisk stof (OC)). Jo større grad af vådlægning jo større er klimaeffekten jf. Aarhus Universitet. [Link](#)

Nedenstående figur illustrerer klimaeffekten ved at ophæve dræning, så vandspejl ligger på eller lige under jordoverfladen (0-20 cm.). Det ses, at der herved opnås en reduktion af udledningen i intervallet 10-40 ton ækv.CO<sub>2</sub> pr. ha. Størst er effekten ved udtagning af jord med højt kulstofindhold, som i dag indgår i omdriften (pløjjes).

Tabel 24. Effekter af udtagning organogen jord med ophør af dræning på reduktion af udledninger af drivhusgasser (ton CO<sub>2</sub>-ækv/ha/år).

|  | > 12% OC |            | 6-12% OC |            |
|--|----------|------------|----------|------------|
|  | Omdrift  | Perm. græs | Omdrift  | Perm. græs |
| Mindre CO <sub>2</sub> fra nedbrydning | 42,17    | 30,80      | 21,08    | 15,40      |
| Øget metan                             | -7,20    | -6,80      | -7,20    | -6,80      |
| Mindre lattergas fra nedbrydning       | 3,87     | 2,44       | 0,00     | 0,00       |
| Sparet N-gødning                       | 0,78     | 0,78       | 0,78     | 0,78       |
| Sparet ammoniakfordampning             | 0,01     | 0,01       | 0,01     | 0,01       |
| Reduceret N-udvaskning                 | 0,15     | 0,10       | 0,15     | 0,10       |
| Reduceret brændstofforbrug             | 0,40     | 0,40       | 0,40     | 0,40       |
| I alt under LULUCF                     | 34,97    | 24,00      | 13,88    | 8,60       |
| I alt under landbrug                   | 4,82     | 3,34       | 0,95     | 0,89       |
| I alt under fossil energi              | 0,40     | 0,40       | 0,40     | 0,40       |

Se side 74 i "Virkemidler til reduktion af drivhusgasser i landbruget", Aarhus Universitet 2018

[Link](#)

### Omlægning af kulstofrig landbrugsjord til vedvarende græs med fortsat dræning

Det er også en mulighed alene at ændre arealanvendelse fra omdrift med pløjning til vedvarende græs med eller uden gødskning. Herved er klimaeffekten begrænset til en reduktion på 5-14 ton CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha jf. nedenstående tabel.

Tabel 25. Effekter af udtagning organogen jord i omdrift til permanent græs med fortsat dræning på reduktion af udledninger af drivhusgasser (ton CO<sub>2</sub>-ækv/ha/år). Effekterne er opgjort enten med eller uden fortsat gødskning af arealerne.

|  | Med gødning |          | Uden gødning |          |
|--|-------------|----------|--------------|----------|
|  | > 12% OC    | 6-12% OC | > 12% OC     | 6-12% OC |
| Mindre CO <sub>2</sub> fra nedbrydning | 11,37       | 5,68     | 11,37        | 5,68     |
| Øget metan                             | -0,40       | -0,40    | -0,40        | -0,40    |
| Mindre lattergas fra nedbrydning       | 1,43        | 0,00     | 1,43         | 0,00     |
| Sparet N-gødning                       | 0,00        | 0,00     | 0,78         | 0,78     |
| Sparet ammoniakfordampning             | 0,00        | 0,00     | 0,01         | 0,01     |
| Reduceret N-udvaskning                 | 0,05        | 0,05     | 0,12         | 0,12     |
| Reduceret brændstofforbrug             | 0,20        | 0,20     | 0,40         | 0,40     |
| I alt under LULUCF                     | 10,97       | 5,28     | 10,97        | 5,28     |
| I alt under landbrug                   | 1,48        | 0,05     | 2,35         | 0,92     |
| I alt under fossil energi              | 0,20        | 0,20     | 0,40         | 0,40     |

Se side 74 i "Virkemidler til reduktion af drivhusgasser i landbruget", Aarhus Universitet 2018. [Link](#)

### Teknologisk modenhed

Anlægsteknologien til udtag af kulstofrige lavbundsarealer er fuldmoden. I de senere år er der kommet maskiner som kan håndtere efterfølgende naturpleje i relativt våde miljøer.

### Økonomi for investorer

Flere lavbundsarealer ligger på landbrugsarealer med ringe jordbrugsmæssig værdi, som kan udtages med begrænset kompensation til landmanden. Andre jorde er placeret på meget frugtbare og højproduktive jorde, hvilket gør udtagning markant dyrere.

#### Ophør af dræning og gødskning af kulstofrige lavbundslande

Københavns Universitet skønner de samlede omkostninger ved omlægning af kulstofrig jord i omdrift til at være på ca. 5.600 kr. pr. ha. Omkostningen ved ophør af dræn og gødskning for jorde, der i forvejen var udlagt i permanent græs skønnes til knap 2.000 kr. pr. ha. [Link](#)

#### Omlægning af kulstofrige lavbundslande i omdrift til permanent græs med fortsat dræning

Københavns Universitet skønner de samlede omkostninger ved udtagning af omlægning af kulstofrig jord uden ophør af dræn til ca. 5.000 kr. pr. ha. [Link](#)

### Samfundsøkonomi

Aarhus Universitet vurderer, at ca. halvdelen af de organiske lavbudsjorde kan udtages fra landbrugsdriften med begrænset udgift for samfundet. Klimarådet giver dette virkemiddel karakteren billig. Hertil skal lægges, at arealer kan udtages af landbrugsdrift med betydelige positive afledte effekter for natur og miljø.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Intet af betydning. Dog kan naturværdier medvirke til udvikling i turisterhvervet.

### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

Foruden reduktion af drivhusgasudledninger kan udtagning af kulstofrige jorder have potentiale til at mindske kvælstofudvaskning til vandmiljøet og, afhængigt af den alternative arealanvendelse, øge biodiversiteten. Omvendt er der en risiko for at øge fosforudledningerne til vandmiljøet visse steder, så det er vigtigt, at denne risiko håndteres. Der er ligeledes en risiko for midlertidigt øgede metanudledninger fra arealerne, omend dette endnu ikke er fuldt afdækket. [Link](#)

Strategisk udtagning og vådlægning af landbrugsarealer kan give mere plads til vandet og give forsinkelseeffekter i de nærliggende vandløb, der kan reducere de negative effekter ved ekstremregn.

### Risikovurdering og barrierer

Effektberegninger for tiltag på området er forbundet med usikkerhed og kræver lokale beregninger der forholder sig til bl.a. kulstofindhold, eksisterende arealanvendelse, grad af vådlægning mv. PlanEnergi har udviklet værktøj til overslagsberegninger i samarbejde med Aarhus Universitet.

Udtagning af landbrugsjord beror på, at jordejere frivilligt stiller arealer til rådighed mod økonomisk kompensation.

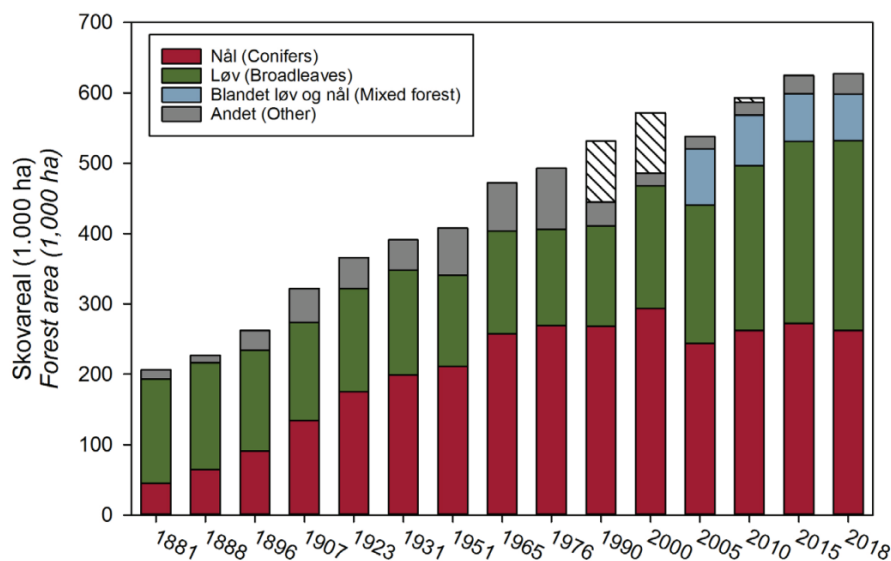
### Sammenfattende vurdering

|                                     | God | Middel | Ringe |
|-------------------------------------|-----|--------|-------|
| Reduktion af klimagasser            | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                | X   |        |       |
| Økonomi for investor                |     | X      |       |
| Samfundsøkonomi                     | X   |        |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |     |        | X     |
| Øvrige afledte effekter             | X   |        |       |
| Risikovurdering                     |     | X      |       |

## 5.3 Skovrejsning

### 5.3.1 Status og perspektiver

I 1989 satte et bredt flertal i Folketinget det mål, at Danmarks skovareal skal fordobles i løbet af cirka 100 år. Nedenstående figur illustrerer udviklingen i det danske skovareal før og efter basisåret 1990. Det ses at skovarealet stiger, men også, at der er et stykke vej til indfrielse af den nationale målsætning.



Figur 1.1. Skovarealet 1881-2018. Skraverede arealer viser forskellen mellem opgørelserne ud fra de tidligere skovtællinger og en senere kortlægning af skov ud fra satellitbilleder. Kategorien "Andet" omfatter midlertidigt ubevoksede arealer og hjælpearealer i skov.

Figure 1.1. Forest area 1881-2018. Hatched area represents the difference in forest area between forest surveys and a later mapping using satellite imagery. The category "Other" represents temporarily unstocked and auxiliary areas.

Skovstatistik 2018, Københavns Universitet. [Link](#)

### 5.3.2 Eksempler på lokale handlinger

#### Bynær skovrejsning

Der arbejdes i kommunerne på at fremme den bynære skovrejsning. Det sker både ved etablering af selvstændige bynære skove tæt på bykernen og ved at integrere skovrejsning i planlægning for friarealer i byerne.

#### Udpegning af positive skovrejsningsområder

Kommunerne kan i kommuneplanerne udpege positive skovrejsningsområder, der skal bidrage til at private lodsejere finder interesse for at rejse skov, baseret på de bedre tilskudsmuligheder for skovrejsning, som tilbydes af staten, i positivområderne.

### **Kommunal og statslig skovrejsning**

Skovrejsning for kommunale midler kan være et værktøj på udvalgte områder, gennem jordopkøb og tilplantning. Hertil kommer, at skovrejsning kan ske i partnerskaber mellem stat, kommune og private lodsejere.

#### **5.3.3 Centrale aktører for indsatsen**

- Kommuner
- Staten
- Lodsejere/landbruget

#### **5.3.4 Eksempelkommuner**

De fleste kommuner arbejder aktivt med at fremme skovrejsning.

#### **5.3.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger**

##### **Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)**

Kulstofoptaget ved skovrejsning er meget forskelligt og vil bl.a. være afhængig af:

- Jordbunden og lokale vækstvilkår (nedbør, temperatur)
- Træart og forvaltning (plantning, tilgroning, hjælpetræer)
- Alder af den rejste skov (lille optag i ny skov med små træer)

Nedenstående tabel udarbejdet af Københavns Universitet og illustrerer spændvidden i kulstofbindingen fra skovrejsning.

Ny skovrejsning, som den er gennemført siden 1990, vil have en gennemsnitlig kulstofbinding på ca. 12 t CO<sub>2</sub> ækv./ha/år. Det samlede skovareal har en årlig kulstofbinding på 9 t CO<sub>2</sub> ækv./ha/år. Både kulstoflageret i skoven og mulighed for substitutionseffekter gennem høst af træ påvirkes af skovforvaltning.

**Oversigtstabel for kulstofoptag ved skovrejsning**

SIDE 5 AF 26

| Årligt optag af kulstof (t CO <sub>2</sub> eq /ha/år) \ Alder           | 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-100 | Gns.0-100 |
|---|------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| I: Løv, bøg, høj bonitet  | 3    | 6     | 22    | 22    | 17     | 16        |
| I: Løv, bøg, lav bonitet  | 2    | 2     | 7     | 17    | 14     | 11        |
| I: Løv, eg, høj bonitet   | 3    | 7     | 18    | 15    | 10     | 10        |
| I: Løv, eg, lav bonitet   | 2    | 2     | 8     | 14    | 9      | 8         |
| I: Blandet løv med indblanding af nål, høj bonitet                      | 3    | 8     | 21    | 36    | 14     | 15        |
| I: Blandet løv med indblanding af nål, lav bonitet                      | 2    | 3     | 7     | 24    | 13     | 11        |
| I: Løv, bøg med ekstra brede skovbryn, høj bonitet                      | 3    | 6     | 18    | 19    | 14     | 13        |
| I: Løv, bøg med ekstra brede skovbryn, lav bonitet                      | 2    | 2     | 6     | 14    | 11     | 9         |
| II: Hurtigt voksende kultur, poppel med bøg, høj bonitet                | 11   | 27    | 22    | 23    | 17     | 19        |
| II: Hurtigt voksende kultur, poppel med eg, lav bonitet                 | 8    | 24    | 6     | 14    | 9      | 11        |
| II: Hurtigt voksende kultur, douglas/sitka/grandis/rødgran, høj bonitet | 17   | 42    | 35    | 26    | 15     | 21        |
| II: Hurtigvoksende kultur, sitka/rødgran, lav bonitet                   | 8    | 27    | 7     | 20    | 13     | 14        |
| III: Naturlig tilgroning, mange frøkilder                               | 3    | 3     | 4     | 11    | 12     | 9         |
| III: Naturlig tilgroning, få frøkilder                                  | 2    | 2     | 4     | 6     | 10     | 7         |
| III: Naturlig tilgroning, Trædække under 50 % og max 5 m høj            | 3    | 3     | 4     | 4     | 1      | 2         |
| Reference I – NFI skovrejsning siden 1990                               | 5    | 7     | 19    | 19    | 12     | 12        |
| Reference II – NFI naturlig tilgroning siden 1990                       | 3    | 5     | 10    | 13    | 5      | 6         |
| Reference III – Det danske skovareal – samlet ved konstant areal        | 9    | 9     | 9     | 9     | 9      | 9         |
| Reference IV – Suserup skov, urørt skov                                 | -9   | 15    | -     | -     | -      | 1         |
| Reference V – Ophør af drift af 150 år gammel bøgeskov                  | 4    | 4     | 4     | 4     | 2      | 2         |

Fra notat "Kulstofbinding ved skovrejsning", Københavns Universitet 2019. [Link](#)

**Teknologisk modenhed**

Ikke relevant.

**Økonomi for investor**

Særligt i opgangstider er en positivudpegning for skovrejsning ikke nok til at sikre privat skovrejsning på landbrugsjord. Det er derfor ofte nødvendigt, at kommunerne opsøger samarbejder og bidrager med finansiering.

**Samfundsøkonomi**

Klimarådet vurderer omkostninger for CO<sub>2</sub>-reduktion på området til medium.

Der skal dog ifølge rådet rettes fokus på de afledte effekter ved udvælgelse af arealer, så flere miljømål kan indfries på en gang. Se nedenfor om afledte effekter.

**Afledt erhvervsudviklingspotentiale**

Intet af betydning. Dog kan skov og bynær natur gøre kommunen mere attraktiv ift. bosætning.

**Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)**

Skovrejsningen kan udnyttes til at indfri en række natur- og miljømål. Herunder mål relateret til biodiversitet, sammenhængende natur, rekreative områder, spredningskorridorer mv. Den sociale betydning af naturen er særligt stor for bynær natur.



**Risikovurdering og barrierer**

Barriererne for skovrejsning er primært af økonomisk karakter.

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | <b>God</b> | <b>Middel</b> | <b>Ringe</b> |
|-------------------------------------|------------|---------------|--------------|
| Reduktion af klimagasser            |            | X             |              |
| Teknologisk modenhed                | X          |               |              |
| Økonomi for investor                |            | X             |              |
| Samfundsøkonomi                     |            | X             |              |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |            |               | X            |
| Øvrige afledte effekter             | X          |               |              |
| Risikovurdering                     |            | X             |              |

## 5.4 Ændret fodersammensætning for kvæg

### 5.4.1 Status og perspektiver

Ved at øge andelen af kraftfoder, fedt og letfordøjeligt grovfoder i foderrationen til konventionelt produceret malkekvæg og opdræt af malkekvæg kan emission af metan fra gæring i dyrenes vom reduceres. Aarhus Universitet vurderer reduktionspotentialen ved ændring i fodersammensætning til 8 % for malkekvæg og 4 % for opdræt af malkekvæg. En stor del af foderindtaget for økologisk produceret malkekvæg kommer fra afgræsning. Tiltaget er derfor ikke relevant for økologer.

Aarhus Universitet søger netop nu patent på en ny foderingrediens til reduktion af vomgasser. Perspektiver i den nye ingrediens er pt. ukendte.

### 5.4.2 Eksempler på lokale handlinger

Arlas landmænd skal som klimalandmænd indberette oplysninger om foderproduktion og foderforbrug pr. l. mælk. På den baggrund beregnes en klimabelastning ved mælkeproduktionen. Arla har som mål at reducere CO<sub>2</sub>-belastningen fra mælkeprodukter med 30 % inden 2030 ift. 2015-niveau og om at produkterne er CO<sub>2</sub> neutrale i 2050.

### 5.4.3 Centrale aktører for indsatsen

- Producenter af malkekvæg
- Staten
- Arla – klimavurdering af mælkeproducenter

### 5.4.4 Eksempelkommuner

Aalborg kommune driver netværk for bæredygtig landbrugsudvikling. Projektet er et samarbejde mellem de lokale landboforeninger og kommunen. Kommunen tilbyder landmænd en gratis og frivillig grøn udviklingsplan inklusiv årlige opfølgingsmøder. [Link](#)

### 5.4.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Reduktionspotentialen ved ændret fodersammensætning med kendt teknologi er beregnet af Aarhus Universitet til 8 % pr. malkeko, svarende til 0,34 ton CO<sub>2</sub>-ækv. pr. ko. Malkekvæg står for 2/3 af metanudledningen fra kvægproduktionen i Danmark.

#### Teknologisk modenhed

Ændringer i fodersammensætning kræver ingen ændringer i produktionsapparatet, men kan implementeres direkte.

#### Økonomi for investor

Der kan være en mindre meromkostning for mælkeproducenter ved ændret fodersammensætning.

#### Samfundsøkonomi

Klimarådet vurderes samfundsøkonomien i klimatiltaget som middel.

Institut for fødevarerøkonomi ved Københavns Universitet har vurderet statens administrationsomkostninger til at drive et kontrolsystem til registrering af foderforbrug fordelt på fodermidler til 400.000 kr. årligt.

**Afledt erhvervsudviklingspotentiale**

Tiltaget har begrænset betydning for lokal erhvervsvækst. Dog kan der være et afledt vækst- og eksportpotentiale for dansk agro- og miljøteknologi, særligt ved introduktion af nye foderingredienser.

**Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)**

Metanudledningen i dyrenes gødning kan øges når metanudledning fra vomgasser reduceres. Tiltaget skal derfor ses i sammenhæng med biogasbehandling af gyllen samt hurtig udslusning fra staldanlæg og gyllekøling.

En øget mængde sojaskrå, rapsfrø og majsensilage vil øge arealet med majs i Danmark og reducere græsarealet. Aarhus- og Københavns universitet har ikke vurderet evt. ændringer i kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning. Forøgelsen af soja og oliefrø- produktion globalt vil være marginal og kun have ringe betydning for drivhusgasudledning.

**Risikovurdering og barrierer**

Der vil være udfordringer med at kontrollere tiltaget, idet meget foder er hjemmeproduceret. Øgede omkostninger kan evt. reducere mælkeproduktionen, såfremt udgifter ikke kan lægges over på forbrugeren.

**Sammenfattende vurdering**

|                                     | God | Middel | Ring |
|-------------------------------------|-----|--------|------|
| Reduktion af klimagasser            |     | X      |      |
| Teknologisk modenhed                | X   |        |      |
| Økonomi for investor                |     | X      |      |
| Samfundsøkonomi                     |     | X      |      |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |     |        | X    |
| Øvrige afledte effekter             |     | X      |      |
| Risikovurdering                     |     | X      |      |

## 5.5 Ændret dyrkning af landbrugsjord

### 5.5.1 Status og perspektiver

Landbrugets udledning af drivhusgasser kan påvirkes gennem ændrede dyrkningsmåder, såsom:

#### Præcisionslandbrug

I præcisionslandbrug udnyttes bl.a. sensorteknologi til mere præcis og behovsbetonet tildeling af kvælstofgødning. I et netop afsluttet 5-årigt forsknings- og udviklingsprojekt "Futurecropping", arbejdes netop med at udvikle teknologi og maskiner til sensorbaseret dyrkning.

#### Reduceret jordbearbejdning og Conservation Agriculture

I dag dyrkes ca. 285.000 ha pløjefrit, hvoraf ca. 32.000 ha dyrkes med direkte såning. Potentialet for pløjefri dyrkning skønnes at være på over 400.000 ha. Foreningen for reduceret jordbearbejdning i Danmark organiserer medlemmer med interesse for området.

Conservation Agriculture er et dyrkningsprincip, der bygger på tre principper:

1. Minimal forstyrrelse af jorden – kun direkte såning
2. At jorden aldrig er bar, idet den enten er dækket af en afgrøde, en efterafgrøde eller af afgrøderester (halm, mm.)
3. At der er et varieret sædskifte og aldrig samme afgrøde to år i træk (undtagen flerårige afgrøder)

### 5.5.2 Eksempler på lokale handlinger

Kommuner kan understøtte netværk af lokale landmænd med interesse for Conservation Agriculture og andre natur- og klimavenlige dyrkningskoncepter.

Foreningen for reduceret jordbearbejdning i Danmark (frdk.dk) organiserer medlemmer med interesse for området. Der afholdes vejantsmøder forskellige steder i landet med fremvisning af efterafgrøder. Carbon Farm projekt (GUDP-projekt 2017-2021) skal afprøve og udvikle dyrkningsystemet Conservation Agriculture (CA).

### 5.5.3 Centrale aktører for indsatsen

- Foreningen for reduceret jordbearbejdning i Danmark (frdk.dk samt Conservation Agriculture)
- Dansk agro- og miljøindustri vedr. præcisionslandbrug
- Landmænd og landbrugsrådgivning

### 5.5.4 Eksempelkommuner

Eksempler på kommuner, der har gjort en særlig indsats:

- Aalborg Kommune: Driver Netværk for bæredygtig landbrugsudvikling. Projektet er et samarbejde mellem de lokale landboforeninger og kommunen. Kommunen tilbyder landmænd en gratis og frivillig grøn udviklingsplan samt årlige opfølgingsmøder og tilbud om netværksarrangementer. [Link](#)

### 5.5.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

Ved anvendelse af teknologi til præcis spredning af handelsgødning skønner Aarhus Universitet, at mængden af handelsgødning kan reduceres med 1-2 kg. N eller 16-31 kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha ved udbringning svarende til nuværende gødningsnorm (170 kg N pr. ha). N-udvaskningen kan tilsvarende reduceres med 2-5 kg. CO<sub>2</sub> ækv pr. ha.

Direkte såning øger kulstofindholdet i topjorden dvs. ned til 20 cm dybde, med ca. 0,3 tons C pr. ha. Effekten på det samlede jordprofil er dog mere tvivlsom og der indregnes derfor ikke en klimaeffekt fra reduceret jordbearbejdning i den nationale opgørelse af klimagasser. Den største drivhusgaseffekt fra reduceret jordbearbejdning kommer jf. Jørgen E. Olesen fra mindsket energiforbrug. Her beregnes en effekt på 31-91 kg CO<sub>2</sub> pr ha. for pløjefri dyrkning og 100 kg pr. ha ved direkte såning med en gennemsnitlig værdi for reduceret jordbearbejdning på 40 kg CO<sub>2</sub> pr. ha.

Såfremt der skal opnås større klimaeffekter fra dykningspraksis vil det kræve en mere holistisk tankegang, som beskrevet i principperne for Conservation Agriculture. De landmænd, der gør det, holder fast i halmen, har flere efterafgrøder og gør meget mere for at maksimere kulstofindholdet i jorden. Størrelsen på klimaeffekten ved Conservation Agriculture er dog omdiskuteret og det er derfor for tidligt at sætte tal på effekten. Se dog klimaeffekt for øget brug af efterafgrøder i afsnit 5.6.

### **Teknologisk modenhed**

Teknologier og maskiner til præcis spredning af handelsgødning kræver en kombination af optiske, spektrale og laserscannende plantesensorer samt jordsensorer. Denne teknologi findes, men kan fortsat videreudvikles. Dette har været formålet med det netop afsluttede forsknings- og udviklingsprojekt futurecropping. Teknologien til præcisionstildeling af husdyrgødning er mere umoden, men Samson udvikler på udstyret.

Reduceret jordbearbejdning kræver god driftsledelse, dvs. god planteetablering og ukrudtsbæmpelse, et alsidigt sædskifte, brug af efterafgrøder og tilbageholdelse af halm på marken efter høst. Pløjefri dyrkning praktiseres af en række landmænd, mens kun få landmænd anvender direkte såning.

### **Økonomi for investor**

Reduceret jordbearbejdning med god driftsledelse og et godt sædskifte vil kunne reducere omkostninger til etablering af afgrøder.

### **Samfundsøkonomi**

Kendes ikke, med bør være positive grundet de positive afledte effekter ved reduceret jordbearbejdning.

### **Afledt erhvervsudviklingspotentiale**

Tiltag har begrænset betydning for lokal erhvervsvekst. Dog kan der være et afledt vækst- og eksportpotentiale for dansk agro- og miljøteknologi.

### **Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)**

De mange efterafgrøder som kræves ved Conservation Agriculture øger kulstofindholdet i jorden og kan give øget biodiversitet, fordi nytteinsekter overlever, når der hverken pløjes eller harves. Det giver flere rovdyr der bl.a. æder lus og mindsker eller fjerner behovet for at sprøjte med insekticider.

Ved et godt og varieret sædskifte øges ukrudtsmængden ikke ved pløjefri dyrkning, men har en positiv effekt overfor især græsukrudt, ved at frø der ligger urørt på jorden efter høst nedbrydes eller bliver spist af fugle. Der vil være behov for en mindre dosis af glyphosat før såning for at få brudt "den grønne bro", så der er klar til den næste afgrøde.

At markerne er dækket med afgrøder hele året kan reducere fosfortabet på jorde, hvor risikoen for afstrømning er høj og reducere næringsstofudvaskningen i våde år. Hertil kommer, at ned-sivningsevnen forbedres af plantevæksten pga. rødderne, som igen vil reducere problemer knyttet til erosion og forhøjet vandstand i nærliggende vandløb og boligområder.

#### Risikovurdering og barrierer

Ikke relevant.

#### Sammenfattende vurdering

|                                     | God | Middel         | Ringe |
|-------------------------------------|-----|----------------|-------|
| Reduktion af klimagasser            |     | X <sub>1</sub> | X     |
| Teknologisk modenhed                |     | X              |       |
| Økonomi for investor                | X   |                |       |
| Samfundsøkonomi                     | X   |                |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |     |                | X     |
| Øvrige afledte effekter             | X   |                |       |
| Risikovurdering                     | X   |                |       |

X<sub>1</sub>: Ved omfattende brug af principper for Conservation Agriculture inkl. omfattende brug af efterafgrøder

## 5.6 Øget brug af efterafgrøder på landbrugsarealer i omdrift

### 5.6.1 Status og perspektiver

Mellem – og efterafgrøder er effektive virkemidler til at øge indlejring af kulstof i jorden og til at reducere kvælstofudvaskning. Efterafgrøder har en eftervirkning, så landmanden kan reducere kvælstofgødningen.

På sandet jord er efterafgrødevalget typisk græs og på lerholdige jorde er efterafgrøden typisk en korsblomstret afgrøde. Der er øget fokus på at blande efterafgrøder af flere arter for at tilpasse den til sædskifte og jordtype.

Aarhus Universitet vurderer, at 205.000 ha. kan etableres med efterafgrøde ud over de 355.000 ha der i dag lovpligtigt er etableret med efterafgrøder. Efterafgrøder har størst effekt i år med meget nedbør og når de kan etableres tidligt. Øget nedbørsmængde er en forventet effekt af klimaforandringer i Danmark.

### 5.6.2 Eksempler på lokale handlinger

Foreningen for reduceret jordbearbejdning i Danmark (frdk.dk) organiserer medlemmer med interesse for området. Der afholdes vejkmøder forskellige steder i landet med fremvisning af efterafgrøder. Carbon Farm projekt (GUDP-projekt 2017-2021) skal afprøve og udvikle dyrkningsystemet Conservation Agriculture (CA), hvor efterafgrøder spiller en stor rolle.

SAGRO er koordinator på efterafgrødematchen, hvor forskellige efterafgrøder afprøves

### 5.6.3 Centrale aktører for indsatsen

- Foreningen for reduceret jordbearbejdning i Danmark (frdk.dk samt Conservation Agriculture)
- Landmænd
- Landbrugsstyrelsen som forvalter af lovpligtige efterafgrøder
- Landbrugets rådgivere

### 5.6.4 Eksempelkommuner

På grund af lovpligtige krav til etablering af efterafgrøder er tiltaget spredt over hele landet. Der er et krav om at husdyrbrug, som udbringer organisk gødning, etablerer efterafgrøder. Der er krav om 5 % efterafgrøder i miljøfokusområder (MFO) samt om eftergrøder som en del af efterlevelse af nitratdirektivet.

### 5.6.5 Effekt og sandsynlighed for realisering af handlinger

#### Reduktion af klimagasser (CO<sub>2</sub>-ækv.)

jf. Aarhus Universitet vil efterafgrøder reducere drivhusgasudledning med ca 850 kg. CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha sandjord og 800 CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha lerjord på grund af den øgede kulstoflagring i jorden.

#### Teknologisk modenhed

Etablering af efterafgrøder kræver kun mindre teknologisk udvikling. Efterafgrøder etableres i forbindelse både vårsæd, før høst og umiddelbart efter høst.

#### Økonomi for investor

Efterafgrøden kan i visse tilfælde hindre etablering af vintersæd med indkomsttab for landmanden til følge. Rådgivning om alternative sædskifteløsninger kan evt. være nødvendig. På sandjord

kan efterafgrøder medføre et merudbytte på 100-300 kg pr. ha. på lerjord er efterafgrøder positiv effekt i våde vintre.

Der vil være omkostninger forbundet med etablering og køb af efterafgrøder, men de vil samtidig bidrage til kvælstofforsyningen og forbedre jordens dyrkningsikkerhed. Øget fokus på sædskifte og valg af efterafgrødetyper kan medføre et øget behov for rådgivning.

### Samfundsøkonomi

Der er ikke ekstra samfundsøkonomiske udgifter forbundet med at øge arealet med efterafgrøder.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der kan være et mindre erhvervspotentiale for agroindustrien i at udvikle forbedret teknik til etablering af efterafgrøder før høst.

### Øvrige afledte effekter (miljø, socialt og økonomisk)

Efterafgrøder kan reducere fosfortabet på jorde, hvor risikoen for afstrømning er høj og reducere næringsstofudvaskningen i våde år.

Efterafgrøder kan øge forekomsten af snegle, orme og andre hvirvelløse dyr. Plantedækket kan tjene som fødekilde til større dyr. Bestøvere kan have glæde af blomstrende efterafgrøder. Såfremt efterafgrøder indgår som virkemiddel sammen med Conservation Agriculture kan biodiversiteten yderligere forøges.

### Risikovurdering og barrierer

Etablering af efterafgrøder og efterfølgende nedvisning eller afpudsning, samt køb af efterafgrødeblandingen kan medføre merudgifter for landmanden. Efterafgrøder kan omvendt give et merudbytte i afgrøden.

### Sammenfattende vurdering

|                                     | God | Middel | Ringe |
|-------------------------------------|-----|--------|-------|
| Reduktion af klimagasser            |     | X      |       |
| Teknologisk modenhed                | X   |        |       |
| Økonomi for investor                |     | X      |       |
| Samfundsøkonomi                     | X   |        |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale |     |        | X     |
| Øvrige afledte effekter             | X   |        |       |
| Risikovurdering                     | X   |        |       |





Del 1: Klimaforebyggelse



Del 2: Klimatilpasning



# Virkemiddelkatalog

for klimaforebyggelse og klimatilpasning

i kommuner i Region Syddanmark

Maj 2020



Region Syddanmark



Kontaktpersoner:  
Anders Bræstrup; atb@rsyd.dk  
Peter Bassø Duus; duus@orbicon.dk

Del 2:  
**Klimatilpasning**

I virkemiddelkatalogets del 2 behandles emner knyttet til klimatilpasning i bebyggede områder. Herved forstås tiltag der sigter mod at forhindre oversvømmelser eller nedbringe skaderne ved ekstremt vejr i form af skybrud, stormfloder og stigende grundvand.

I virkemiddelkataloget beskrives følgende emner:

## Indhold

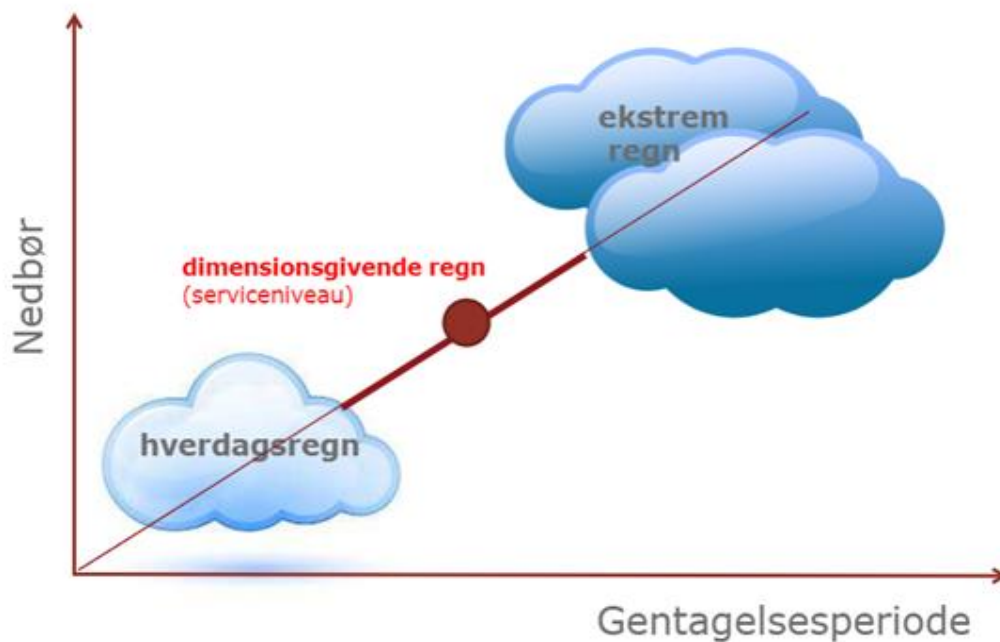
|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Tema 1: Skybrud.....                                  | 3  |
| 1.1 | Skybrudsveje .....                                    | 4  |
| 1.2 | LAR.....  | 8  |
| 1.3 | Grønne områder.....                                   | 10 |
| 1.4 | Byvandløb.....  | 12 |
| 1.5 | Byrum .....   | 14 |
| 2   | Tema 2: Havstigning og stormflod .....                | 16 |
| 2.1 | Dige.....   | 17 |
| 2.2 | Højvandsmur .....                                     | 19 |
| 2.3 | Højvandsporte og sluser.....                          | 21 |
| 2.4 | Byggeri som stormflodsværn .....                      | 23 |
| 2.5 | Mobile barrierer .....                                | 25 |
| 2.6 | Integrerede aktivérbare barrierer .....               | 28 |
| 2.7 | Kontra-klapper på udløb .....                         | 30 |
| 2.8 | Sikring af enkeltejendomme .....                      | 32 |
| 2.9 | Beredskab.....  | 34 |
| 3   | Tema 3: Vandløb .....                                 | 36 |
| 3.1 | Beskyttelse når vandløbet går over sine bredder ..... | 36 |
| 3.2 | Magasinering i ådale .....                            | 37 |
| 3.3 | Øge kapaciteten i vandløb.....                        | 40 |
| 4   | Tema 4: Grundvand.....                                | 42 |
| 4.1 | Dræning med kanaler og evt. pumpning.....             | 43 |
| 4.2 | Dræning med rør og evt. pumpning.....                 | 45 |
| 4.3 | Pumpning fra boringer .....                           | 47 |

Under hvert tema er der, som oplistet ovenfor en række virkemidler, som vil blive kort beskrevet i det følgende. Generelt kan der henvises til emnet på [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk).

Nogle virkemidler såsom tunnelering og ændret arealanvendelse er udeladt ligesom virkemidler der ikke har relation til bebyggede områder som f.eks. sandfodring og erosionsbeskyttelse.

## 1 Tema 1: Skybrud

Den meteorologiske definition af skybrud er ifølge DMI, at der falder mere end 15 mm nedbør på 30 min. Moderne afløbssystemer, som er designet til at håndtere klimafremskrevet 5-årshændelse, kan godt håndtere 15 mm på 30 minutter, men den hændelse, som kaldes "ekstremregn", er endnu mere ekstrem, og det kan kloaknettet ikke håndtere.



På figuren ses en skellen mellem hverdagsregn og ekstremregn som kaldes dimensionsgivende regn. Dette anvendes til dimensionering af nye kloakker for typisk en 5 eller 10-års regn. Et skybrud som defineret herover kan håndteres i "hverdagsregn"-domænet.

Men når der f.eks. 2. juli 2011 i København falder 31 mm på 10 minutter og 135 mm på et døgn er vi i "ekstremregns"-domænet hvor kloakkerne giver op. Kloakkerne kan altså ikke håndtere ekstremregn, som derved skal håndteres på overfladen eller i større underjordiske tunneleringsprojekter.

På de næste sider er følgende virkemidler i relation til skybrud beskrevet:

- Skybrudsveje
- LAR
- Grønne områder
- Byvandløb
- Byrum

## 1.1 Skybrudsveje

### 1.1.1 Status og perspektiver

Skybrudsveje, er veje som er designet til at transportere regnvand væk fra risikoområder på selve vejarealet. Det vil sige, at vejens profil og fald ændres, så vandet kan løbe og holdes i vejprofilen uden overløb til fortov m.m. Vejkassen kan desuden være lavet til kunne magasinere regnvand, hvorfra det kan nedsives eller udledes forsinket. Benævnelsen klimavej bliver også brugt i flæng uden entydig definition. Der findes også eksempel på at regnvand fra vejen udnyttes i en varmeveksler til opvarmning af ejendomme.

### 1.1.2 Eksempler på lokale handlinger

Lokale handlinger indenfor skybrudsveje er ret enkle. Det handler om at anlægge vejene i et område, således de kan håndtere en skybrudshændelse. Dette gøres for eksempel ved at sænke koten på midten af vejen, således vejen ved en skybrudshændelse danner et vandløb. Derudover kan der arbejdes med kantstenshøjde, og overrisling af flader, som ikke anvendes i højintens regn. Kort sagt drejer det sig om at få indarbejdet en styret vej for vandet, når/ hvis der kommer meget op en gang.

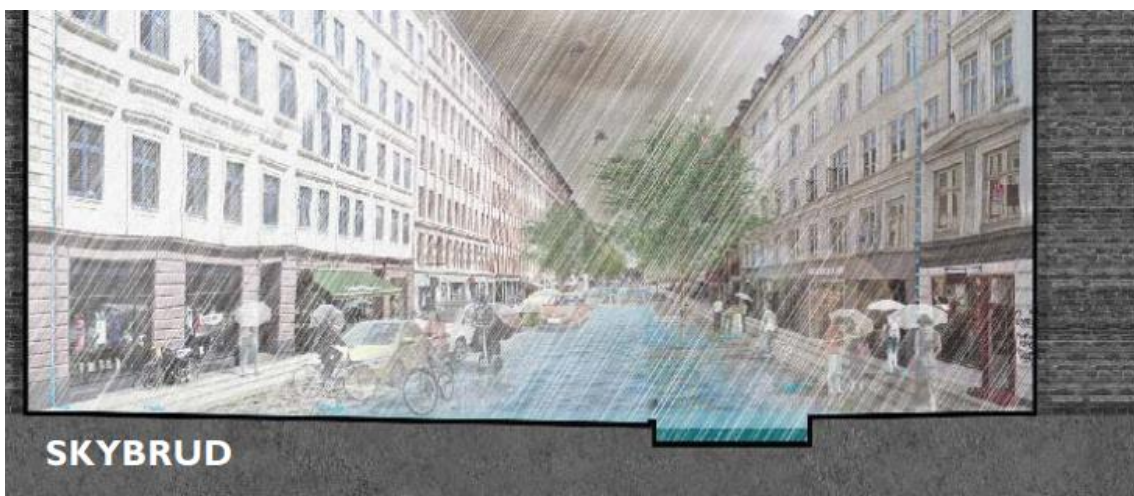
### 1.1.3 Centrale aktører for indsatsen

Hvis en kommunevej anvendes som skybrudsvej, er de centrale aktører kommunens vejmyndighed og vandselskab.

Hvis det ønskes, at vandselskabet skal involveres, er kommunens rolle at initiere dialog med vandselskabet og tilvejebringe det nødvendige grundlag for at vandselskabet dels får lov til og dels må finansiere etablering af skybrudsveje. Det vil sige, at der skal vedtages et serviceniveau for oversvømmelser på terræn, og der skal laves en fordelingsnøgle af udgifterne aftales. Alternativt kan kommunen eller staten, som vejejer, selv etablere skybrudsveje.

### 1.1.4 Eksempelkommuner

I det følgende vises eksempler på skybrudsveje.



*Illustration af skybrudsvej (Istedgade i København)*

Under et skybrud bliver regnen opsamlet på tværs af hele Istedgade, som er udpeget til én af flere såkaldte skybrudsgader. Vejprofilen og kanterne dimensioneres, så gadens butikker og kældre ikke oversvømmes.



*Irmabyen i Rødovre Kommune.*

I Irmabyen i Rødovre Kommune er udenoms arealerne anlagt på en måde så vandet under ekstreme regnhændelser føres på overfladen og transporteres i skybrudsveje til et grønt område, så der undgås skader på bygninger og installationer.



*Agerlandsvej i Odense var den første med permeabel belægning og magasinering i selve vej-kassen*

Ved at opbygge vej-kassen med et hulrum på ca. 30% opnås en stor magasineringskapacitet i selve vejen som i højere grad fungerer som et regnvandsbassin end som en transportvej for regnvand. Slidlaget kan laves permeabelt eller traditionelt med kantopsamling som leder til vej-kassen i stedet for rør. Regnvandet kan nedsives eller ledes forsinket til kloak.



*Klimavejen i Hedensted på 800 m<sup>2</sup> udnytter regnvandet i varmeveksler til opvarmning af børnehaven.*

[Klimavejen i Hedensted](#) er det første eksempel i Danmark hvor man forskningsmæssigt undersøger energiudvinding af regnvandet der falder på og ned gennem vejen. De 800 m<sup>2</sup> vej forsyner en børnehaven med varme. Projektet monitoreres og vil blive evalueret på energieffektivitet og drift.

Skybrudsveje projekter: [Laridanmark](#)

Skybrudsveje generelt: [Laridanmark](#)

### 1.1.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Skybrudsveje har i byer stort potentiale for at reducere oversvømmelser ved at være designet til at bortlede vand fra oversvømmelsestruede bydele ud af byen. Vejene skal være designet hertil, så det sikres at vandet bliver på vejen og ikke øger risikoen for oversvømmelse for nedstrøms bydele.

#### Teknologisk modenhed

Skybrudsveje bruger kendt teknologi, som allerede anvendes ved vejanlæg.

#### Økonomi for investor

Udgiften til anlæggelse af skybrudsveje afhænger af om det er en eksisterende vej som skal ombygges eller om det er ny vej i et nyt byområde. Hvis kørebanen på en eksisterende boligvej skal brydes op og omprofileres vil prisen ligge omkring og evt. også have omlagt fortov vil prisen ligge i intervallet 6.000–8.000 kr. ekskl. moms pr. m. og i intervallet 8.000-10.000 kr. ekskl. moms pr. m. inkl. fortov/cykelsti. Hvis vejaksen under kørebanen udskiftes for at have et regnvandsmagasin vil prisen ligge omkring 8.000 – 10.000 kr. pr. m.

#### Samfundsøkonomi

I det store perspektiv bidrager en skybrudsvej positivt til samfundsøkonomien. Der skabes et anlæg, som sikrer værdier mod oversvømmelse og mindsker sandsynligheden for at beredskabet skal sættes ind.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der kan tales for at de klimarelaterede løsninger foranlediger, at entreprenør og ingeniører har brug for at holde sig opdaterede på nyeste teknologi i forhold til rensning af vand, nedsivning m.m., hvilket alt andet lige vil have en positiv effekt på udviklingspotentialet.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                       |     | X      |       |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |       |
| Økonomi for investor                       |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     |        | X     |

## 1.2 LAR

### 1.2.1 Status og perspektiver

LAR står for **Lokal Afledning af Regnvand** eller **Lokal Anvendelse af Regnvand** og har opnået stor udbredelse i Danmark de sidste 10 år, som et alternativ eller supplement til at håndtere regnvand i kloak. LAR handler om at magasinere, rense og nedsive/aflede regn i overfladeløsninger, som kan være grønne regnbede, trug, byrum – nogle gange suppleret af faskiner. LAR designes normalt til at håndtere hverdagsregn op til en 5-års hændelse, men bliver også i sjældne tilfælde designet til at håndtere ekstremregn. LAR kan dels aflaste den eksisterende kloak ved at regnvand afkobles fra veje og tage og dels erstatte en planlagt separat regnvandsledning. I eksisterende kloakoplande kan LAR implementeres på privat grund og private fællesveje ved frivillighed i form af enighed mellem borgere og vandselskab.

### 1.2.2 Eksempler på handlinger

LAR skal i spildevandsplanen være udpeget som virkemiddel i oplande, hvor man ønsker at borgere skal kunne udtræde og selv håndtere regnvand, eller i planlagte oplande, som kun ønskes spildevandskloakeret. LAR kan have mange udformninger og kan etableres på privat grund til håndtering af tagvand såvel som i offentlige rum – herunder veje – for at håndtere veje- og pladsers vand.



*Eksempel på regnbed i vej og i have – det kan også være permeable belægninger og faskiner*

### 1.2.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen skal i spildevandsplanen have åbnet muligheden for at etablere LAR, hvilket bør ske i dialog med vandselskabet. I byggemodninger kan der i lokalplanen være bestemmelser for at regnvand skal håndteres af den kommende grundejerforening eller et regnvandslaug. I eksisterende kloakerede områder skal der være enighed mellem borger og vandselskab om, at borgeren kan udtræde for regnvand – vandselskabet kan refundere tilslutningsbidraget for regnvand helt eller delvist.

### 1.2.4 Eksempelkommuner

De fleste kommuner og forsyninger har erfaring med LAR – på [www.laridanmark.dk](http://www.laridanmark.dk) kan man læse mere. Klimabyen i Middelfart kan fremhæves som et godt eksempel: <http://www.klimabyen.dk/>



## 1.2.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

LAR kan i nogen grad afhjælpe oversvømmelser ved ekstremregn – specielt hvis de enkelte LAR-elementer er forbundne via veje eller grønne kiler, så regnvandet kan transporteres imellem dem.

### Teknologisk modenhed

LAR er en kendt teknologi, som allerede anvendes mange steder. Ud over at kunne forsinke og/eller nedsive regnvandet stilles der som regel også krav til rensning afhængig af hensyn til drikkevand eller recipienter og der arbejdes til stadighed med udformingen og opbygningen af filterjorden for at opnå en given rensning. LAR kan forsinke og rense regnvand som enten nedsives eller afdrænes til recipient eller kloak hvis jordens nedsivningsevne er ringe og/eller grundvandet står højt.

### Økonomi for investor

LAR kan erstatte/supplere regnvandskloak som ellers skulle etableres/udskiftes. For vandselskabet kan det være økonomisk attraktivt på anlægssiden at etablere LAR, men driften i form af grøn vedligehold vil være dyrere. Derfor ses i nye byområder aftaler, hvor grundejerforeninger eller kommuner står for det grønne vedligehold.

LAR-projekterne kan bidrage med ikke materielle merværdier, som begrønning, rekreation, biodiversitet, fordampning. For borgere i eksisterende by, som skal separatkloakeres, vil LAR på egen grund som regel være billigere for husejeren end at etablere to-strengs system på egen grund.

Anlægsudgifter til afkobling af én kvadratmeter befæstet vej til regnbede o. lign. koster typisk 200-500 kr. ekskl. moms. Men prisen i tætte byrum kan ligge over 1.000 kr. pr. m<sup>2</sup>. Dette afhænger i høj grad af valget af materialer og i hvor høj grad vandhåndteringen sker under jorden i faskiner eller lignende.

### Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk har LAR stort potentiale i forbindelse med forbrug af materialer og i sin udførelse, som er simpel. Hertil kommer de ikke-materielle værdier.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der sker en del produktudvikling på tekniske produkter såsom permeable belægninger, faskiner m.m. Men det er i særdeleshed dét at kunne kombinere regnvandshåndtering med planter og æstetik i forskønnelse af byrum og private rum at udviklingen ligger.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ring |
|--|-----|--------|------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser |     | X      |      |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |      |
| Samfundsøkonomi                            |     | X      |      |
| Økonomi for investor                       |     | X      |      |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     | X      |      |

## 1.3 Grønne områder

### 1.3.1 Status og perspektiver

Grønne områder såsom grønne kiler, parker o. lign. kan anvendes til vandparkering, -transport og til dels nedsivning og kan i byerne indtænkes i strategier for håndtering af ekstremregn. Grønne områder kan til forskel fra skybrudsveje magasinere vand i højere grad og forsinke det, så det i mindre gør skade på nedstrøms liggende by.

### 1.3.2 Eksempler på handlinger

I skybrudsplanerne kan grønne områder inddrages, hvor terræn kan ændres og udformes, så vandet dels kan ledes til de grønne områder og dels i højere grad magasineres. Ved overløb fra de grønne områder kan der arbejdes med terrænet, så f.eks. grønne kiler kan lede vandet ud af byen og væk fra nedstrøms liggende byområder.



Eksempel på skybrudsplan fra Lystrup ved Aarhus og bearbejdede grønne områder

### 1.3.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen spiller en central rolle i brug af grønne områder til vandparkering og transport. Vandselskabet kan spille en rolle hvis medfinansiering er muligt.

### 1.3.4 Eksempelkommuner

Flere steder arbejdes der med vandparkering i byens grønne områder – her er nævnt et par steder:

Lystrup ved Aarhus: [Link](#)

Lindevangsparken på Frederiksberg: [Link](#)

### 1.3.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Grønne områder har stort potentiale for at reducere oversvømmelser, hvis de har et volumen til at magasinere vand og er beliggende de rigtige steder hvor det er muligt at lede vandet til.

#### Teknologisk modenhed

Simpel og kendt teknologi som primært består af terrænbearbejdning med det nødvendige hensyn til erosionssikring.

#### Økonomi for investorer

Bearbejdning af terræn i grønne områder er en nem og økonomisk attraktiv måde at håndtere ekstremregn på hvis de ligger rigtigt i forhold til f.eks. bassiner lavet i beton.

### Samfundsøkonomi

Der er god samfundsøkonomi i at håndtere regnvand i grønne områder. Typisk ses også en effekt på boligpriser hvis der er udsigt eller nærhed til vand. Hertil kommer de afledte effekter af terrænbearbejdning, hvor f.eks. næringsrig muldjord afrømmes og giver plads på næringsfattig råjord til plantesamfund med større biodiversitet.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Udviklingspotentialet ligger i særdeleshed i dét at kunne håndtere/beregne vand på terræn og kombinere regnvandshåndtering med planter og æstetik i forskønnelse af grønne områder.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |       |
| Økonomi for investor                       | X   |        |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     |        | X     |

## 1.4 Byvandløb

### 1.4.1 Status og perspektiver

I mange byer er de tidligere vandløb lagt i rør og løber under jorden, som en del af byens afløbssystem, og nogle steder er de bevaret åbne. Fordelen ved at lægge vandløbene i rør var, at man kunne bygge by ovenpå. Én af ulemperne er, at røret har en meget begrænset kapacitet i forhold til et åbent vandløb. Åbne vandløb i byerne kan medvirke til at lede vand hurtigere ud af byen med mindre risiko for oversvømmelser i langt højere grad end kloakken.

### 1.4.2 Eksempler på handlinger

Nogle steder i landet er der fokus på at genskabe/ åbne vandløb i byerne enten foranlediget af et konkret klimatilpasningsprojekt, eller i højere grad i form af byfornyelsesprojekt med en afledt klimatilpasningsbonus i forhold til håndtering af ekstremregn i byen. Tiltagene kan således være beskrevet som et initiativ i klimatilpasningsplanen eller i en byfornyelsesplan.



*Til venstre ses tidligere å-forløb som Horsens Kommune ønsker genåbnet for bla. at kunne håndtere ekstremregn. Til højre ses Harrestrup Å-projektet hvor 10 kommuner arbejder sammen om vandhåndteringen og udnyttelsen af åen.*

### 1.4.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen spiller en central rolle i brug af byvandløb til at håndtere ekstremregn. Vandselskabet kan spille en rolle hvis medfinansiering er muligt.

### 1.4.4 Eksempelkommuner

Horsens: [Åen tilbage til byen](#)

Harrestrup Å: [Kapacitetsplan 2018](#)

### 1.4.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Genåbning af vandløb eller bedre udnyttelse af eksisterende vandløb har stort potentiale for at reducere oversvømmelser. Udfordringen er, at den eksisterende by ikke levner meget plads hertil.

### Teknologisk modenhed

Teknologierne findes til vandløbsrestaurering og genskabelse, men det er overblikket over vandbalancer, afstrømning på terræn og pladsen til vandløb der kan være udfordrende. Teknologierne til at beregne dette findes, og forfines til stadighed.

### Økonomi for investor

Eksisterende vandløb er en nem og økonomisk attraktiv måde at transportere og evt. også magasinere ekstremregn på i ådalene. Rørlagte vandløb er en anderledes økonomisk udfordring, når der er bygget by ovenpå.

### Samfundsøkonomi

Der er god samfundsøkonomi i at håndtere regnvand i byvandløb. Der kan også være god samfundsøkonomi i genåbning af vandløb, når der ses på de afledte herlighedsværdier, mens det i en snæver vandteknisk betragtning kan være en dyr løsning.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Udviklingspotentialet ligger i særdeleshed i dét at kunne håndtere/beregne vand på terræn og i vandløb i samarbejde med flere aktører/interessenter.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser |     | X      |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            |     | X      |       |
| Økonomi for investor                       |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     |        | X     |

## 1.5 Byrum

### 1.5.1 Status og perspektiver

Byrummene kan ligesom de grønne områder i byerne håndtere ekstremregn hvis de designes hertil. Potentialet afhænger helt af størrelsen af byrummene og i hvilken grad vandhåndtering er foreneligt med de øvrige formål byrummet har. Byrummene kan ligge på private arealer i f.eks. karréers baggårde mens andre ligger i offentlige rum med gennemkørende trafik.

### 1.5.2 Eksempler på handlinger

Det er som regel i forbindelse med kommunens udarbejdelse af handleplaner for klimatilpasning at der kortlægges for potentialet for at håndtere regnvand i byrum. Hvor potentialet findes ses der på byrummets anvendelse og øvrig planlægning for at afdække realiserbarheden af et vand- og byfornyelsesprojekt.



*Baggård fra boligkarré til venstre – til højre Tåsinge plads – begge fra klimakvarteret i København.*

### 1.5.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen spiller en central rolle i brug af byrum til at håndtere ekstremregn. Vandselskabet kan spille en rolle hvis medfinansiering er mulig.

### 1.5.4 Eksempelkommuner

København: [Klimakvarteret på Østerbro](#)

Byområder generelt: [Laridanmark.dk/byomraader](http://Laridanmark.dk/byomraader)

### 1.5.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Brug af byrum kan have et vist potentiale for at reducere oversvømmelser afhængig af plads og den øvrige brug af byrummet.

#### Teknologisk modenhed

Teknologier er kendte – det er mere design og samspil mellem byrummets mange funktioner som er udfordrende – herunder at have styr på vandet.

#### Økonomi for investorer

Set i sammenhæng med byrummets øvrige funktioner kan vandhåndtering meningsfuldt indbygges – men det er mere omkostningstungt end at bruge byens i forvejen grønne områder. I eksemplet med Tåsinge plads ligger anlægsudgiften omkring 2.000 kr. pr. m<sup>2</sup>

afkoblet vej- og tagareal hvoraf ca. halvdelen er relateret direkte til vandhåndtering og den halvdel til de rekreative anlæg.

### Samfundsøkonomi

Set ud fra en vandteknisk vinkel giver det kun mening af lave vandhåndtering i byrum i forbindelse med byomdannelsen, men så kan vandet også spille en væsentlig rolle til glæde for byrummets brugere til hverdag og give et attraktivt løft for kvarteret som kan påvirke bosætning positivt.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Udviklingspotentialet ligger i særdeleshed i dét at kunne håndtere/beregne vand på terræn og i vandløb i samarbejde med flere aktører/interessenter.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser |     | X      |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            |     | X      |       |
| Økonomi for investor                       |     |        | X     |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     |        | X     |

## 2 Tema 2: Havstigning og stormflod

Flere klimamodeller peger på at havniveauet i år 2100 vil ligge mellem 70 og 100 cm højere end i dag efter en accelererende stigning gennem dette århundrede. Hertil kommer kraftigere storme, som vil forøge vandstanden yderligere i perioder, de såkaldte stormfloder.

I udgangspunktet har vi Danmark en mulighed, som man f.eks. ikke har i Holland. Vi kan trække os lidt tilbage "op ad bakken" for at undgå oversvømmelser. En tilbagetrækningsstrategi er tit kontroversiel, fordi der er mange økonomiske interesser i byggeri med nærhed til havet. I rapporten [Byerne og det stigende havvand](#) kan man orientere sig mere bredt om problemstillingen.

Beskyttelsen mod havet indebærer også en udfordring med at håndtere bagfra kommende vand fra vandløb samt nedbør i byerne. Derfor skal beskyttelsen mod havet altid kombineres med en vurdering for behov for at magasinere eller pumpe vand fra vandløb, by samt lækager/bølgeoverslag i en højvandsbeskyttelse.

Under dette emne kan følgende virkemidler komme i spil, alt efter hvordan situationen ser ud og hvad opgaven er, som beskrevet i de næste sider:

- Dige
- Højvandsmur
- Højvandsporte og sluser
- Byggeri som stormflodsværn
- Mobile barrierer
- Integrerede aktivér-bare barrierer
- Kontra-klapper på udløb
- Sikring af enkeltejendomme
- Beredskab



## 2.1 Dige

### 2.1.1 Status og perspektiver

Diger er udbredte i Danmark. Et dige er en konstruktion på land, som er placeret langs en kyst eller et vandløb. Diget er en skrånende forhøjning i landskabet, som i reglen er bevokset med græs. Formålet med at bygge et dige er at beskytte mod oversvømmelse. Typisk er diget opbygget med en kerne af sand eller ler dækket af et muldlag, som der sås græs i. Græslaget på diget skal slåes eller afgræsses, så det er tæt, og forebygger digebrud.

### 2.1.2 Eksempler på handlinger

Som regel etableres diger gennem digelag bestående af de interessenter, som søger fælles beskyttelse mod oversvømmelse. Derudover varetager staten de store diger ved vestkysten.



*Diget ved Juelsminde til venstre – til højre diget ved Ribe*

### 2.1.3 Centrale aktører for indsatsen

Digelag og private aktører samt kommunen som myndighed er de centrale aktører. Når diger etableres som del af kystbeskyttelse kan kommunen søge inspiration i [Vejledning om kystbeskyttelsesmetoder](#) fra Kystdirektoratet som også har lavet [Vejledning til bidragsfordeling](#).

### 2.1.4 Eksempelkommuner

Så godt som alle kystkommuner har diger mod kysten, ligesom enkelte indlandskommuner har diger langs vandløb. Førnævnte vejledning om kystbeskyttelsesmetoder giver et udmærket indtryk af teknologien. Der kan læses mere om diger på [Kystdirektoratets hjemmeside](#).

### 2.1.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Diger har et meget stort potentiale for at forhindre oversvømmelser

#### Teknologisk modenhed

Teknologierne er kendte og der er megen erfaring hermed.

#### Økonomi for investor

Diger kræver plads og skal anlægges med den rigtige opbygning og kan være relativt omkostningskrævende, hvis det er højere diger, der er tale om. Den eksisterende arealanvendelse og forberedelsen af et dige betyder også meget for prisen. Et mindre dige på en meters højde med stejlt anlæg kan måske etableres for mellem 1.000 og 3.000 kr. ekskl. moms. Kystdirektoratet anfører at et dige ved en kyst med lille eksponering kan typisk opføres for under 20.000 kr. pr m., mens et dige etableret på en kyst med stor eksponering kan

etableres for omkring 30.000 kr. pr m. Som det ses af priserne er der stor variation afhængig af højde og anlæg på siderne og dermed den mængde ler og sand der skal håndteres.

### Samfundsøkonomi

Diger giver god mening samfundsøkonomisk, da omkostningen til dem hovedsageligt ligger i anlægsfasen. Driften, såfremt der ikke sker digebrud, er minimal.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Udviklingspotentialet er relativt beskeden teknologisk, men der må forventes et større marked i fremtiden. Tendenser i udlandet går i retning af multifunktionelle "super-dikes", hvor digerne gøres bredere og også bruges til veje/stier samt byggeri (boliger).

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |       |
| Økonomi for investor                       |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     |        | X     |

## 2.2 Højvandsmur

### 2.2.1 Status og perspektiver

En højvandsmur etableres typisk i byer, hvor der ønskes en permanent beskyttelse, men hvor der ikke er plads til et dige. Omvendt ønsker byer ikke en barriere mod vandet, så der er som regel et ønske om, at muren har et design og flere funktioner, så den ikke virker som en "mur".

### 2.2.2 Eksempler på handlinger

Nogle steder i Danmark er der etableret egentlig højvandsmure med Lemvig som det mest udtalte sted.



Anden etape af "muren" i Lemvig – til højre med lukket port



Stormflodsbeskyttelsen i Struer med lav mur samt til højre et "skræmmeksempel" fra New Orleans



En del af muren kan laves af glas så man kan se igennem, Norfolk, England.

### 2.2.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen har en central rolle i planlægning og udførelse af en højvandsmur.

### 2.2.4 Eksempelkommuner

Lemvig: [2. etape af "muren"](#)

Struer: [By+Havn](#)

Kystdirektoratet om [Højvandsmur](#)

## 2.2.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Højvandsmure har et højt potentiale for reduktion af oversvømmelser.

### Teknologisk modenhed

Teknologierne er kendte, og der er nogen erfaring med opbygning af højvandsmure. Der arbejdes stadig med forskellige åbne/lukkemetoder til automatisk/ semiautomatisk styring af "huller" i muren.

### Økonomi for investor

En højvandsmur er relativ omkostningstung at etablere, men fylder til gengæld ikke meget, og optager derved ikke megen plads fra f.eks. et ønske om byggeri eller som sikring af en eksisterende bebyggelse. Prisen for en højvandsmur afhænger bla. af højden og materialer og vil typisk ligge i intervallet 3.000 – 15.000 kr. pr. m. ekskl. moms.

### Samfundsøkonomi

En højvandsmur giver god samfundsøkonomisk fornuft i byer med høj risiko for oversvømmelse.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der er et vist udviklingspotentiale omkring design, materialer og åbningerne i højvandsmure.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                       |     | X      |       |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |       |
| Økonomi for investor                       |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     | X      |       |

## 2.3 Højvandsporte og sluser

Højvandsporte og sluser er begge konstruktioner, som kan lukkes ved stormflod, så vand fra havet holdes tilbage, og beskytter byen/landet bag konstruktionen. Forskellen på højvandsporte og sluser er, at højvandsporten kun aktiveres ved stormflod, mens en sluse fungerer til hverdag ved at regulere hvor meget vand, der udledes til havet, eller til skibstransport, som det er tilfældet med kammersluser.

### 2.3.1 Status og perspektiver

Der findes ikke egentlig højvandsporte i Danmark endnu, men i flere byer overvejes sådanne. Men der er til gengæld en del sluser, der også kan lukkes ved stormflod. Det må i fremtiden forventes, at der etableres flere højvandsporte/sluser i forbindelse med vandløb og havne, hvor der er lavtliggende bydele. Sluserne og højvandsportene suppleres typisk med pumper som kan pumpe vandløb og regn ud.

### 2.3.2 Eksempler på handlinger

Nogle få steder i landet er der lavet sluse/porte, som primært skal beskytte mod stormflod.



*Slusen i Hobro med selvluukkende porte uden styring og til højre den motoraktiverede sluse på omløbsåen i Vejle*

### 2.3.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen har en central rolle i planlægning og udførelse af en højvandsport. Vandselskabet har også en interesse i at undgå, at kloakkerne bliver fyldt op af havvand og muligheden for fortsat at kunne aflede regnvand.

### 2.3.4 Eksempelkommuner

Vejle: [Sluse på omløbsåen](#)

Aarhus: [Sluse på Aarhus Å](#)

Kystdirektoratet om [Stormflodsbarrierer og sluser](#)

### 2.3.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Højvandsporte og sluser har stort potentiale for at reducere oversvømmelser set i sammenhæng med den øvrige højvandsbeskyttelse af byen. Samtidig vil den sikre den daglige forbindelse mellem vandløb og havet. Man bør have opmærksomhed omkring at en generel havstigning vil give anledning til hyppigere og længere lukketider, som kan give udfordringer med migration af fisk og krav til øget pumpning. Ligesom man skal være opmærksom på at etablering af sluser/højvandsporte i salte miljøer, som i fremtiden vil kunne være lukkede det meste af tiden pga. havstigning, vil påvirke saliniteten bag slusen i negativ retning med konsekvenser for miljøtilstanden.

### Teknologisk modenhed

Teknologierne er under udvikling, og der er nogen erfaring med opbygning af portene, men der opbygges til stadighed erfaring.

### Økonomi for investor

En sluse eller højvandsporte er relativt omkostningstungt at etablere, men skal ses som et centralt element i beskyttelsen af hele byer. Prisen afhænger af de lokale forhold – herunder bredde og dybde samt konstruktion – og vil variere meget. Prisen er typisk på 2- eller 3-cifrede millionbeløb. Slusen og pumperne i Vejle og i Aarhus har en anlægssum omkring 45 mio. kr. ekskl. moms. Højvandsporte på f.eks. smallere kanaludløb vil typisk kunne lade sig udføre for et-cifret millionbeløb.

### Samfundsøkonomi

En sluse eller højvandsport giver god samfundsøkonomisk fornuft i byer med høj risiko for oversvømmelse.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der er et vist udviklingspotentiale omkring teknologi sluser/højvandsporte.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                       |     | X      |       |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |       |
| Økonomi for investor                       |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     | X      |       |

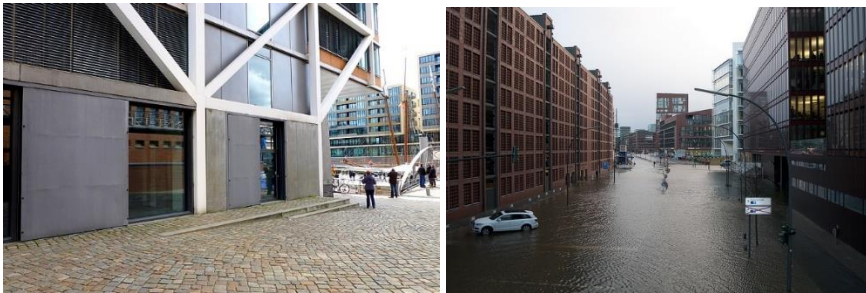
## 2.4 Byggeri som stormflodsværn

### 2.4.1 Status og perspektiver

Nyt byggeri kan også bruges som stormflodsværn og som en del af højvandssikringslinjen. Flere kommuner har krav om byggekoter på nyt byggeri og afhængig af byudviklingsplanerne kan nye bygninger i sig være en del af højvandssikringen af den ældre by, der ligger bag ved eller omkring. Ved at bygge *resilient* og lukke "mellemmrummene" mellem bygninger med porte eller lignende undgås en permanent højvandsmur, som bryder kontakt mellem by og vand eller et beredskab i forhold til opsætning af mobile barrierer.

### 2.4.2 Eksempler på handlinger

Det er centralt, at i det omfang bygninger udgør en del af højvandsikringslinjen som beskytter byen at der i kommunens klimatilpasningsplan og handleplaner herfor samt i lokalplaner for byomdannelse er et samlet plangrundlag der formulerer krav til byggeriet i form af krav til byggekoter og udstrækning.



Hafencity, Hamborg

### 2.4.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen har en central rolle i planlægningen af byggeri som højvandsværn og udførelsen vil typisk hvile på en privat aktør. Det er afgørende, at det designes og udføres som *resilient* byggeri, der er robust til forhold til vand. Desuden er det essentielt at byggeriet foregår efter en større sammenhængende plan, således at tiltagene et bestemt sted ikke afføder problemer andre steder.

### 2.4.4 Eksempelkommuner

Hamborg: [Hafencity](#)

### 2.4.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

*Resilient* byggeri, som element i en samlet højvandssikring af en by, har et vist potentiale for at reducere oversvømmelser på længere sigt på en umærkelig og elegant måde, men det kræver en langsigtet planlægning og giver en del bindinger.

#### Teknologisk modenhed

Teknologi som f.eks. byggeri på plint er velkendt, men der kan arbejdes mere med materialer og facader. Der er indtil videre kun få eksempler på *resilient* byggeri, som er en del af en samlet højvandssikring.

### Økonomi for investor

Bindingerne vil medføre en mindre merinvestering i byggeriet.

### Samfundsøkonomi

Bygninger som en del af en samlet højvandssikringslinje for byen kan være samfundsøkonomisk ganske fornuftig, men der er væsentlig at byggeriet kan adapteres til fremtidige klimascenarier.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der er et vist udviklingspotentiale omkring facader og materialer, som kan holde til, at der står vand op af bygningerne i f.eks. et døgn.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                       |     | X      |       |
| Samfundsøkonomi                            |     | X      |       |
| Økonomi for investor                       |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     | X      |       |



## 2.5 Mobile barrierer

Mange steder langs en højvandsikringslinje er en permanent højvandssikring uønsket, da den bliver opfattet som en barriere mellem by og vand. Her kan man bruge mobile barrierer, som opsættes af et beredskab, når der er behov for det.

### 2.5.1 Status og perspektiver

I flere stormflodsprojekter i Danmark indgår der kortere eller længere delstrækninger, som er åbne og skaber en forbindelse med by og vand. Her kan mobile barrierer være brugbar. Det er en fleksibel løsning, som kan fås i forskellige højder og udformninger, men det er selvfølgelig essentielt at have et varsel om stormflod i så god tid at beredskabet kan nå at sætte barrieren op. Man kan også vælge at anvende mobile barrierer, hvis man venter på en byudvikling eller planlægning, der giver andre og mere permanente muligheder.

### 2.5.2 Eksempler på handlinger

Der findes mange forskellige produkter på markedet.



*Mobile barrierer som kræver forankringspunkter*



Mobile barrierer som ikke forudsætter forankringspunkter

### 2.5.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen og beredskabet har en central rolle i planlægning og opførelse af mobile barrierer.

### 2.5.4 Eksempel på producenter/forhandlere

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

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

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

[www.danskfugtstop.dk/index.php/stormflodssikring](http://www.danskfugtstop.dk/index.php/stormflodssikring)

[www.aquobex.com](http://www.aquobex.com)

[www.ibsengineeredproducts.co.uk](http://www.ibsengineeredproducts.co.uk)

[www.floodcontrolinternational.com](http://www.floodcontrolinternational.com)

Kystdirektoratet om [Mobile Barrierer](#)

### 2.5.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Mobile barrierer har stort potentiale for at reducere oversvømmelser set i sammenhæng med den øvrige højvandsbeskyttelse af byen. Samtidig vil den sikre den daglige forbindelse mellem byen og vandet, når den ikke er sat op. Den kræver et oplag af materialer og fungerende beredskab, som skal have varsel tids nok til at kunne opsætte barriererne. Det skal også accepteres, at det flere gange vil ske, at et varsel og opsætning af barrierer ikke var nødvendig, når vandet ikke stiger så meget som ventet. Da der er en risiko for at vand i mindre mængder kan trænge gennem og under barrieren anbefales det at have mulighed for at anvende læsepumper til at pumpe vand over barrieren ved f.eks. at etablere læsebrønde de laveste steder.

#### Teknologisk modenhed

Teknologierne er velafprøvet og under stadig udvikling – det afgørende er at få valgt de rigtige løsninger til det pågældende sted og ikke mindst sikre, at beredskabet er til stede og har den nødvendige øvelse.

#### Økonomi for investor

Mobile barrierer fås i mange prisklasser afhængig af type og højde og vil være økonomisk attraktivt på de steder af højvandssikringslinjen, hvor der ikke ønskes en permanent sikring,

eller hvor det afventes, hvilken løsning der skal bruges på sigt. Mobile løsninger som opsættes uden forankring ligger i intervallet 1.000 – 3.000 kr. pr. m. ekskl. moms, mens bjælke/søjle-løsningerne med forankring ligger i intervallet 15.000 – 25.000 kr. pr. m afhængig af højde. Prisen stiger yderligere ved korte strækninger som f.eks. en viadukt.

### Samfundsøkonomi

Mobile barrierer giver god samfundsøkonomisk fornuft i byer med høj risiko for oversvømmelse.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der er et vist udviklingspotentiale omkring mobile barrierer som må forventes at få større udbredelse i Danmark og udlandet.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |       |
| Økonomi for investor                       | X   |        |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        | X   |        |       |

## 2.6 Integrerede aktivérbare barrierer

### 2.6.1 Status og perspektiver

Mange steder langs en højvandsikringslinje er en permanent højvandssikring uønsket, da den bliver opfattet som en barriere mellem by og vand. Her kan man bruge integrerede barrierer, som aktiveres automatisk eller manuelt.

### 2.6.2 Eksempler på handlinger

Der findes mange produkter på markedet



*Integrerede aktivérbare barrierer*

### 2.6.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen og beredskabet har en central rolle i planlægning og opførelse af integrerede aktivérbare barrierer i en samlet højvandssikringslinje for byens beskyttelse – men kan også bruges på privat grund.

## 2.6.4 Eksempel på producenter/forhandlere

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

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

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

[www.danskfugtstop.dk/index.php/stormflodssikring](http://www.danskfugtstop.dk/index.php/stormflodssikring)

[www.aquobex.com](http://www.aquobex.com)

[www.ibsengineeredproducts.co.uk](http://www.ibsengineeredproducts.co.uk)

[www.floodcontrolinternational.com](http://www.floodcontrolinternational.com)

## 2.6.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Integrerede barrierer har stort potentiale for at reducere oversvømmelser set i sammenhæng med den øvrige højvandsbeskyttelse af byen. Samtidig vil den sikre forbindelse mellem byen og vandet, når den ikke er lukket. Det er essentielt at disse åbninger i højvandssikringslinjen lukkes i tide af et godt beredskab, som også kan få varsler i tide.

### Teknologisk modenhed

Teknologierne er velafprøvet og under stadig udvikling – det afgørende er at få valgt de rigtige løsninger til det pågældende sted og ikke mindst sikre, at beredskabet får et varsel og er klar til lukke barriererne.

### Økonomi for investor

Integrerede aktiverbare barrierer fås i mange prisklasser og vil være økonomisk attraktivt på de steder at højvandssikringslinjen, hvor der ikke ønskes en permanent sikring eller hvor det afventes hvilken løsning der skal bruges på sigt. Integrerede aktiverbare barrierer er dyrere at etablere end f.eks. bjælke/søjle-løsningerne som til gengæld skal opsættes manuelt. Prisen forventes at ligge i intervallet 40.000 – 60.000 kr. pr. m. ekskl. moms. Et aktiverbart skot i f.eks. en mur forventes også at ligge i dette interval.

### Samfundsøkonomi

Integrerede aktiverbare barrierer giver god samfundsøkonomisk fornuft i byer med høj risiko for oversvømmelse.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der er et vist udviklingspotentiale omkring integrerede aktiverbare barrierer, som må forventes at få større udbredelse i Danmark og udlandet.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ring |
|--|-----|--------|------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |      |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |      |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |      |
| Økonomi for investor                       | X   |        |      |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        | X   |        |      |

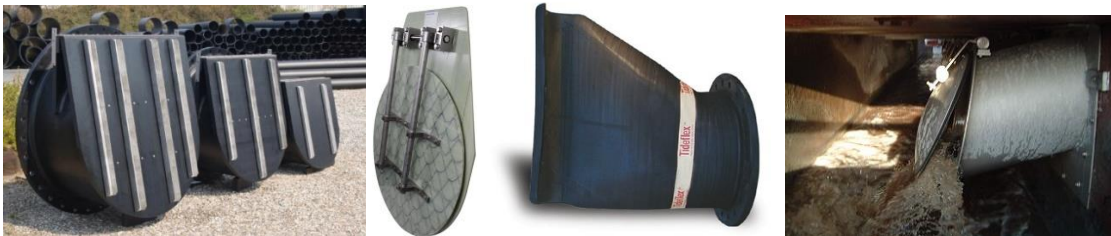
## 2.7 Kontra-klapper på udløb

### 2.7.1 Status og perspektiver

Mange steder langs en højvandsikringslinje er der krydsende ledninger med regn-, dræn- og spildevand, som ledes ud til havet, søen eller vandløbet. Det skal sikres, at højvande ikke løber tilbage gennem ledningerne og op i kældre og på terræn eller ned til renseanlægget, men at vandet kun kan løbe én vej. Kontraklapper skal ikke forveksles med højvandslukker, som etableres på udløb fra bygninger for at forhindre kloakvand i at stuve op gennem gulv afløb og toiletter.

### 2.7.2 Eksempler på handlinger

Der findes mange produkter på markedet



Forskellige udformninger af kontraklap

### 2.7.3 Centrale aktører for indsatsen

Vandselskabet har i særdeleshed en interesse i at forhindre tilbageløb i ledningsnettet, men det gælder alle ledningsejere, som vil forhindre tilbageløb og oversvømmelser.

### 2.7.4 Eksempel på producenter/forhandlere

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

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

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

[www.tideflex.com](http://www.tideflex.com)

### 2.7.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Kontraklapper er et nødvendigt supplerende tiltag for at undgå oversvømmelser bag en højvandsikring via de underliggende ledninger. Ved højvande samtidig med nedbør er det tit nødvendigt at etablere en midlertidig eller permanent mulighed for at udpumpe vand.

#### Teknologisk modenhed

Teknologierne er velafprøvede.

#### Økonomi for investor

Etablering af kontraklapper er en relativt beskedne investering i forhold til den øvrige klimatilpasning. Udgiften afhænger af dimension og de stedlige forhold. Den vil være mindst 10.000 kr. ekskl. moms for mindre ledninger og mange gange større for store ledninger.

### Samfundsøkonomi

Etablering af kontraktlapper giver god samfundsøkonomisk fornuft i byer med høj risiko for oversvømmelse.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Markedet er allerede godt i gang men det må forventes at vokse yderligere i takt med klimatilpasningen.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |       |
| Økonomi for investor                       | X   |        |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        | X   |        |       |

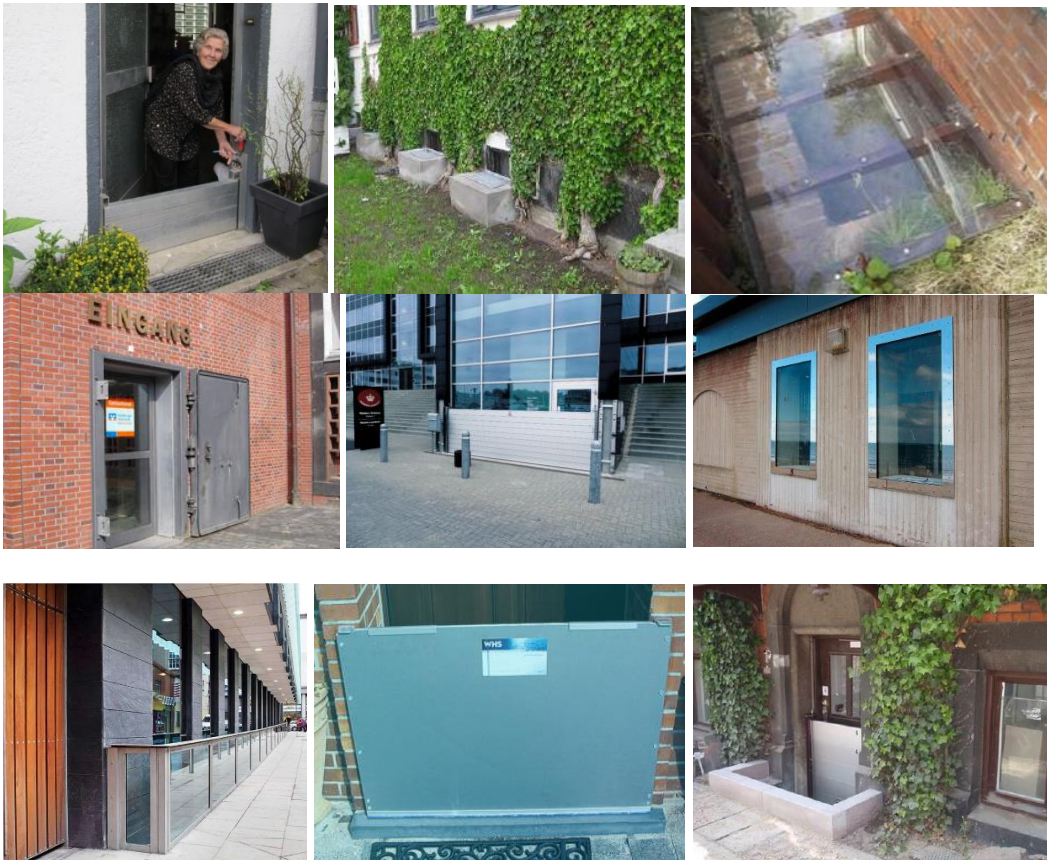
## 2.8 Sikring af enkeltejendomme

### 2.8.1 Status og perspektiver

Mange steder er der ikke planlagt eller udført en sammenhængende oversvømmelsesbeskyttelse. Her er det den enkelte ejendoms ejers ansvar at sikre sin ejendom mod oversvømmelse.

### 2.8.2 Eksempler på handlinger

Der findes mange produkter på markedet som kan sikre bygninger på forskellig vis og noget kan man selv lave.



*Forskellige måder at sikre bygninger mod oversvømmelse*

### 2.8.3 Centrale aktører for indsatsen

Det er den enkelte bygningsejer, som er ansvarlig for at sikre sin ejendom mod oversvømmelse og derfor også den, som skal bekoste beskyttelsen af sin ejendom.

En undtagelse herfra er når kommunen vælger at sikre et område til et givet niveau gennem vedtagelse af et servicemål for vand på terræn hidrørende fra f.eks. skybrud, vandløb eller hav. Et sådant servicemål åbner mulighed for medfinansiering fra vandselskabet i det omfang det kan godkendes af forsyningssekretariatet så beskyttelsen af et område finansieres af kommune og vandselskab.



## 2.8.4 Eksempel på producenter/forhandlere

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

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

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

[www.danskfugtstop.dk/index.php/stormflodssikring](http://www.danskfugtstop.dk/index.php/stormflodssikring)

[www.aquobex.com](http://www.aquobex.com)

[www.ibsengineeredproducts.co.uk](http://www.ibsengineeredproducts.co.uk)

[www.floodcontrolinternational.com](http://www.floodcontrolinternational.com)

Læs også om sikring af bygninger på Teknologisk Institut [Teknologisk Institut](#)

## 2.8.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Sikring af sin egen bygning har meget konkret effekt på konsekvenserne af oversvømmelser.

### Teknologisk modenhed

Teknologierne er velafprøvet og typisk lavteknologiske.

### Økonomi for investor

Det giver god mening at sikre sin ejendom, hvis der optræder hyppige oversvømmelser. Det er i ejerens interesse at reducere hyppigheden af skadesvoldende oversvømmelser og dermed kunne opretholde forsikring og mulighed for salg. Prisen for f.eks. at beskytte en dør eller lave en port i en muråbning kan ligge i intervallet 10.000 – 35.000 kr. ekskl. moms.

### Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk kan det være en omkostningstungt, hvis hver enkelt skal beskytte sig frem for at søge de synergier og mulighed for besparelser der findes i de fælles løsninger, hvis de er mulige.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der er et vist udviklingspotentiale omkring sikring af ejendomme som må forventes at få større udbredelse i Danmark og udlandet.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser |     | X      |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            |     | X      |       |
| Økonomi for investor                       |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     | X      |       |

## 2.9 Beredskab

### 2.9.1 Status og perspektiver



Et godt beredskab kan øge sikringsniveauet yderligere i forhold til anlægsinvesteringerne i klimatilpasning. I nogle sammenhænge som f.eks. varsling og opsætning af mobile barrierer er beredskabet en helt nødvendig brik for klimatilpasningen, mens det i andre sammenhænge er vigtigt at overvåge og afbøde konsekvenser.

### 2.9.2 Eksempler på handlinger

Beredskabsplanen skal koordineres med planlægningen af klimatilpasningen, således der er sammenhæng mellem de tiltag der fysisk etableres og de indkøb, oplagring samt træning af personale, der er nødvendig for at hele klimatilpasningsindsatsen lykkes.

### 2.9.3 Centrale aktører for indsatsen

Det skal afklares hvilken rolle den fælleskommunale redningsberedskabsenhed og evt. kommunens eget beredskab skal spille. Flere kommuner vælger at etablere sit eget beredskab på kritiske punkter for at være sikker på at kunne yde en indsats i tide. Derudover kan der trækkes på hjælp hos den statslige beredskabsstyrelse og militæret – ligesom borgere kan inddrages. Derudover kan vandselskabet have et beredskab til at beskytte renseanlæg, kloaksystemet og dets komponenter mod oversvømmelse.

### 2.9.4 Eksempelkommuner

KL har lavet publikationen [Den klimaberedte kommune](#)

Teknologisk Institut har lavet rørcenteranvisning 024 [Beredskab - Indsatsplaner for oversvømmelser](#)

### 2.9.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Beredskab vil i mange tilfælde være en helt nødvendig del af klimatilpasningen.

#### Teknologisk modenhed

Beredskabet vil sandsynligvis udvides og forbedres med øgede udfordringer med oversvømmelser.

#### Økonomi for investor

Beredskabet er en nødvendig investering som skal ses som en del af driften af klimatilpasningen.

#### Samfundsøkonomi

Et godt beredskab giver god samfundsøkonomisk mening.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Der er et mindre erhvervsudviklingspotentiale for producenter i samarbejde med beredskabet.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |       |
| Økonomi for investor                       | X   |        |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     |        | X     |

### 3 Tema 3: Vandløb

Klimaændringer kan også konstateres i vandløbene, hvor afstrømningerne bliver større, hvilket resulterer i vandløb, der oftere går over deres bredder og forårsager oversvømmelser.

I det følgende er disse virkemidler beskrevet:

- Beskyttelse når vandløbet går over sine bredder
- Magasinering i ådale
- Øge kapaciteten i vandløb

#### 3.1 Beskyttelse når vandløbet går over sine bredder

Helt generelt kan mange af de virkemidler, man har til stormflodssikring, også anvendes til beskyttelse mod oversvømmelser fra vandløb. Læs mere herom i afsnittet om "mobile barrierer", "integrerede aktiverbare barrierer" og "sikring af enkeltejendomme". Man skal blot være opmærksom på at vandet i vandløb har væsentlig større hastighed langs med sikringen end ved stormflod. Sikringen skal altså kunne holde til denne påvirkning. Til gengæld er der ikke en bølgepåvirkning.

## 3.2 Magasinering i ådale

### 3.2.1 Status og perspektiver

Ådalene kan være et vigtigt virkemiddel til vandparkering, så afstrømningen fra det opstrøms liggende opland forsinkes og mindskes, hvorved nedstrøms oversvømmelser reduceres. Præmissen for denne løsning er først og fremmest, at der rent volumenmæssigt er et potentiale for magasinering, og at der kan skabes et samarbejde mellem de mange interessenter i ådalen om denne løsning, som kan udfordre den eksisterende arealanvendelse som typisk er landbrug og natur.

Der er kun få projekter af denne art i Danmark, men løsningen diskuteres meget, og der er flere projekter med vandparkering i ådale på vej. Potentialet for at forsinke vandløbene i ådalene svinger meget fra sted til sted og kræver at der et terræn langs vandløbet, der gør det muligt.

Vandparkering i ådale kan med fordel kombineres med lavbundsprojekter som reducerer kvælstofbelastningen og CO<sub>2</sub>-udledning.

### 3.2.2 Eksempler på handlinger

Potentialet for vandparkering kan kortlægges ved vandløbs- og terrænanalyser, hvor der ses på kritisk flow de udsatte steder nedstrøms (f.eks. i byer) samtidig med at oplandets afstrømning og terrænet i vandløbsoplandet analyseres for potentialet for at forsinke vandet. Dernæst kommer involvering af interessenter.

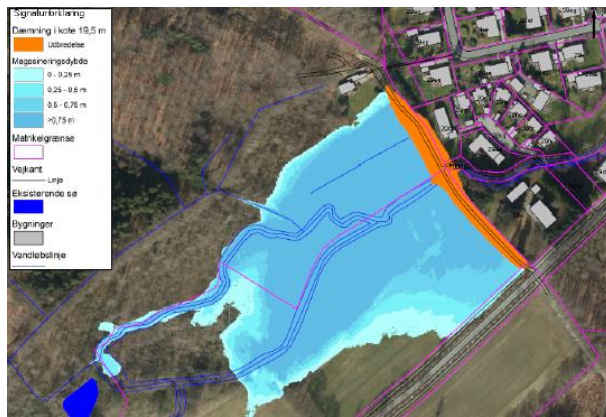
### 3.2.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen vil typisk spille en central rolle i denne type indsats, hvor kommunen står for analyser og involvering af nabokommuner, grundejere og andre interessenter i projektområdet.

### 3.2.4 Eksempelkommuner



[Kirke Å – Ringøbing Skjern \(udført\)](#)



[Odder Å opstrøms Odder \(planlagt\)](#)



[Storåen opstrøms Holstebro \(planlagt\)](#)



[Lilleåen opstrøms Hadsten \(planlagt\)](#)

### 3.2.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Magasiner i ådale vil i nogle tilfælde være en god løsning, hvis magasineringspotentialer er til stede - sandsynligvis kombineret med yderligere tiltag til beskyttelse i de nedstrøms beliggende byer.

#### Teknologisk modenhed

Teknologien er velkendt – i form af etablering af diger, restaurering af vandløb og ådale samt etablering af faunapassable vandbremsere.

### Økonomi for investor

Der kan opnås ganske betragtelige magasineringsvoluminer for en relativ beskedent anlægsinvestering, men de økonomiske aftaler med interessenter skal lægges oveni.

### Samfundsøkonomi

Magasinerung i ådale giver god samfundsøkonomisk mening – samtidig vil en ændring i arealanvendelsen fra landbrug/græsning til natur gavne naturindhold og kvælstoffjernelse.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Erhvervsudviklingspotentialet er beskedent, men der er stort potentiale i kompetenceløft for multifunktionel arealanvendelse.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser |     | X      |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |       |
| Økonomi for investor                       | X   |        |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     |        | X     |

### 3.3 Øge kapaciteten i vandløb

#### 3.3.1 Status og perspektiver

Vandløbene gennem byerne kan have en begrænset kapacitet, da pladsen ofte er trang pga. byfortætning. Vandløbet kan derfor være en hydraulisk flaskehals, der ikke har kapacitet nok til at undgå oversvømmelser i byen, selvom afstrømningen er forsinket opstrøms ved vandparkering i ådalene. I sådanne tilfælde kan det være attraktivt at øge vandløbets kapacitet gennem byen. Sådanne tiltag kræver godkendelse i forhold til vandløbsregulativ, Naturbeskyttelsesloven og evt. også Habitatdirektivet (Natura2000).

#### 3.3.2 Eksempler på handlinger

Vandløbets vandførende tværsnit kan øges ved at gøre profilet bredere og/eller dybere eller ved at etablere diger/spunsvægge langs vandløbet, hvis der er plads til det. Det er væsentligt at have for øje, at vandløbet vil modarbejde en unaturlig dybde og bredde i forhold til den normale afstrømning ved at opfylde profilet med sediment, som jævnlige skal oprensnes. Vandløbsbredden kan med fordel øges i form af et dobbeltprofil som kan reducere sedimentproblemerne delvist. Det kræver altså en driftsindsats at bruge dette tiltag – specielt hvis vandløbet uddybes. Hvis vandløbet har sving gennem byen, kan kapaciteten også øges ved at rette vandløbet ud.

#### 3.3.3 Centrale aktører for indsatsen

Kommunen spiller en central rolle (som vandløbs- og naturmyndighed), og hvis projektet vedrører national eller international lovgivning, skal staten også involveres. Herunder spiller byplanlægningen en stor rolle.

#### 3.3.4 Eksempelkommuner



Udretning af Storå gennem Holstebro skete i 1970'erne – billedet til højre er fra i dag



Visualisering af dobbeltprofil på Lilleåen gennem Hadsten (bredere vandløbsprofil)



### 3.3.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Hvis vandløbet gennem byen er en flaskehals, og det ikke er muligt at parkere vand nok i oplandet, så kan det overvejes at øge kapaciteten af vandløbet gennem byen.

#### Teknologisk modenhed

Teknologien er velkendt.

#### Økonomi for investor

Det kan være relativt bekosteligt at skaffe pladsen til vandløbsudvidelse i byer og etablere et bredere og evt. dybere vandløbsprofil. Efterfølgende vil der være udgifter til drift (opgravning af sediment), som ikke er tilstede i naturlige vandløb.

#### Samfundsøkonomi

Forøgelse af et vandløbs kapacitet gennem byen kan give god mening, hvis det er løsningen på hyppige og skadevoldende oversvømmelser, som ikke kan håndteres på anden vis.

#### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Erhvervsudviklingspotentialet er beskedent.

#### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser |     | X      |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            |     | X      |       |
| Økonomi for investor                       |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     |        | X     |

## 4 Tema 4: Grundvand

Dele af Danmark påvirkes af stigende grundvand – nærmere bestemt den del af grundvandet som udgør det øverste frie vandspejl, det såkaldte terrænnære grundvand. Langs kysten stiger grundvandet i takt med havstigningerne. Indenlands påvirkes grundvandet af øget nedbør i vinterhalvåret. Vi oplever også grundvandsgener forårsaget af ændringer i indvindingsstruktur til drikkevand og kloakker der tættes i byområder, som ikke tidligere har været generet af terrænnært grundvand. Terrænnært grundvand er derfor et område som kræver stigende fokus.

I det følgende er der redegjort for disse virkemidler:

- Dræning med kanaler og evt. pumpning
- Dræning med rør og evt. pumpning
- Pumpning fra boringer

## 4.1 Dræning med kanaler og evt. pumpning

### 4.1.1 Status og perspektiver

Dræning af arealer ved etablering af kanaler og pumpning er brugt flere steder i landet – i særdeleshed i forbindelse med landindvinding og opdyrkning af ådale. I byerne er det derimod ikke almindelig brugt.

### 4.1.2 Oppumpet grundvand kan være en stabil vandressource som kan udnyttes energimæssigt i varmevekslere. Men også rekreativt og til teknisk vand samt udtørrende vandløb eller reinfiltration. Eksempler på handlinger

I forbindelse med byomdannelsen kan der blive mulighed for etablering af kanaler og genåbning af vandløb, som kan have en drænende effekt for en lavtliggende bydel, hvor vandet enten kan løbe af sig selv videre nedstrøms eller blive pumpet ud – f.eks. på den anden side af en højvandssikring. I nogle by- og sommerhusområder ses denne løsning allerede integreret fra starten.

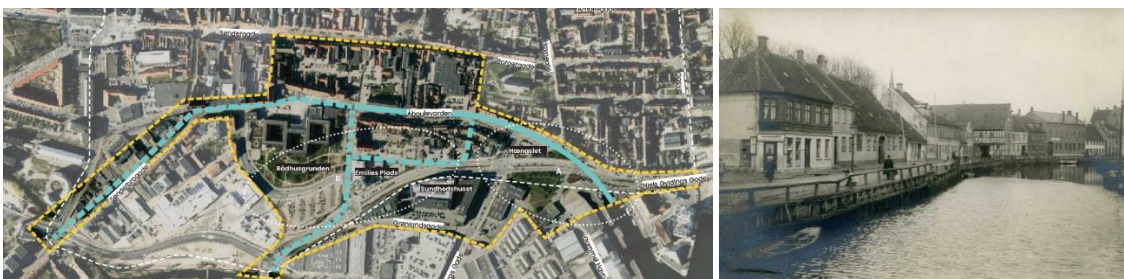
### 4.1.3 Centrale aktører for indsatsen

Det vil typisk være kommunen og digelaug, som er centrale aktører i etablering af kanaler og evt. pumper. Kommunen er tilsynsmyndighed.

### 4.1.4 Eksempelkommuner



[Pumpehus og kanaler ved Juelsminde](#)



Genetablering af å-løb i Horsens med højvandsporte og pumper giver bedre mulighed for at håndtere skybrud og grundvand (planlagt)

### 4.1.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Kanaler med højvandsporte/sluser og pumpe vil være en effektiv foranstaltning i forhold til stigende grundvand såfremt der kan skaffes plads til kanaler og de kan ligge med tilpas tæthed – evt. suppleret med dræning i rør.

### Teknologisk modenhed

Teknologien er velkendt – i form af etablering af grøfter/kanaler og pumper samt evt. højvandsporte/sluse.

### Økonomi for investor

Etablering af kanaler i eksisterende by er bekostelige og bør være foranlediget af andre ønsker end grundvandskontrol – typisk herlighedsværdi og muligheden for at håndtere ekstremnedbør.

### Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk kan kanaler give god mening set ud fra et byudviklingsmæssigt synspunkt, hvor den afledte mulighed for at håndtere terrænnært grundvand er sekundært.

### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Erhvervsudviklingspotentialet er beskedent.

### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser |     | X      |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            |     | X      |       |
| Økonomi for investor                       |     |        | X     |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        |     |        | X     |

## 4.2 Dræning med rør og evt. pumpning

### 4.2.1 Status og perspektiver

Dræning af arealer ved etablering af drænrør er udbredt i det danske landbrugsland. I byerne fungerer ældre kloakker også tit som dræn til gode for byen, men til gene for vandselskaberne som med rette ikke ønsker ”uvedkommende vand” i deres kloakker, pumpestationer og renseanlæg. Tit etableres der også vejdræn for at holde vejaksen tør.

Men det er ikke almindeligt at etablere drænrør – eller ”den tredje ledning” som den også kaldes, hvis spildevandskloakken er ledning nr. et og regnvandskloakken nr. to. Men dræning på denne måde – som kunne udføres samtidig med separatkloakering - har et stort potentiale i vandlidende byområder. Men gældende lovgivning spænder ben for at vandselskaberne kan etablere drænledninger med mindre de etableres som del af LAR-anlæg.

### 4.2.2 Oppumpet grundvand kan være en stabil vandressource som kan udnyttes energimæssigt i varmevekslere. Men også rekreativt og til teknisk vand samt udtørrende vandløb eller reinfiltration. Eksempler på handlinger

I forbindelse med f.eks. separatkloakering kan der etableres en drænledning og der er eksempel på at en forsyning har gjort dette og overdraget det til et sommerhusområdes grundejerforening i Harboøreland.

I EU-projektet [Topsoil](#), hvor der blev lavet beregninger for forskellige indsatser i byen Sunds ved Herning, blev konklusionen, at den ”tredje ledning” er det mest effektive virkemiddel i fht. f.eks. skovrejsning, sænkning af vandspejl i søen mv.

Men ellers kan det muligvis være at definere et serviceniveau for grundvand der kunne ”lovliggøre” at vandselskabet må etablere og drive et sådant drænsystem. Den kommende klimalov kan muligvis åbne nye muligheder i forhold til i dag, hvor det er den enkelte borgers problem.

### 4.2.3 Centrale aktører for indsatsen

Det er først og fremmest ejerne af bygningerne og de vandlidende områder, som er centrale for en løsning heraf. Også hvis man løser det hver for sig ved f.eks. at etablere et omfangsdræn og pumpe ud i regnvandskloakken. Men kommune og vandselskab kan komme til at spille en større rolle.

#### 4.2.4 Eksempelkommuner



[Dræneling til 1.250 sommerhuse i Harboøreland](#)

#### 4.2.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

##### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Dræning i rør med højvandsporte/sluser og pumpe vil være en effektiv foranstaltning i forhold til et stigende grundvand.

##### Teknologisk modenhed

Teknologien er velkendt – i form af etablering af drænrør og pumper samt evt. højvandsporte/sluse. Drænrør kan også etableres ved styret boring. På sandede jorde kan der opstå problemer med okker.

##### Økonomi for investor

Etablering af dræn i eksisterende by bør optimalt set ske sammen med øvrige infrastrukturprojekter såsom f.eks. separatkloakering.

##### Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk kan dræning med rør give god mening i bydele som er vandlidende frem for at hver enkelt husejer etablerer omfangsdræn.

##### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Erhvervsudviklingspotentialet kan være ganske stort i form af et voksende marked.

##### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ring |
|--|-----|--------|------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser | X   |        |      |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |      |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |      |
| Økonomi for investor                       |     | X      |      |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        | X   |        |      |

## 4.3 Pumpning fra boringer

### 4.3.1 Status og perspektiver

Dræning af det terrænnære grundvand ved etablering eller videreførelse af pumpning fra boringer er en metode, som allerede ses rundt om i landet. Der kan være tale om fortsat pumpning fra boringer, der oprindeligt blev etableret til drikkevandsformål, eller der kan være tale om boringer etableret alene som afværgeboringer. En ændret indvindingsstrategi, fx som konsekvens af, at drikkevandet er blevet forurennet, kan betyde at grundvandsindvindingen på en kildeplads helt indstilles med den konsekvens, at trykket i det primære grundvandsmagasin stiger, ofte betydeligt, hvilket påvirker det terrænnære grundvandsspejl direkte eller indirekte. Her kan en fortsat pumpning som en afværgeløsning vælges for at holde grundvandsspejlet på et historisk stabilt leje, hvis der fx er byudviklet i et område, der i flere generationer har været indvindingsområde.

Vælges pumpning som en løsning for at holde det terrænnære grundvandsspejl på et stabilt niveau, skal den efterfølgende håndtering af det oppumpede vand tænkes ind i en samlet løsning i de tilfælde, hvor vandet ikke længere kan benyttes som forbrugsvand.

Oppumpet grundvand kan være en stabil vandressource som kan udnyttes energimæssigt i varmevekslere. Men også rekreativt og til teknisk vand samt udtørrende vandløb eller reinfiltration.

### 4.3.2 Eksempler på handlinger

Et eksempel på en løsning kan være en fortsat oppumpning i et byområde, hvor der over en lang årrække har været vandindvinding til drikkevandsformål, men hvor en ændret indvindingsstruktur fx som følge af en vigende grundvandskvalitet og et mindre vandforbrug generelt betyder, at en hel kildeplads drosles ned eller lukker helt.

Modelberegninger vil kunne give en idé om konsekvenserne ved en nedlukning, idet der kan regnes på ændringer i trykniveauet i det pågældende primære magasin, samt konsekvensen for de øvre sekundære grundvandsmagasiner. Modelberegninger kan give et første billede af hvilke afværgetiltag der kan være nødvendige for at fikse et øvre grundvandsspejl.

Modelberegninger bør dog altid suppleres med en egentlig grundvandsovervågning, hvor pejledata for det primære magasin sammenholdes med tilsvarende data for det øvre grundvandsspejl. Herigennem opnås en forståelse af, hvordan grundvandet hydraulisk hænger sammen samt hvor meget ændringer i det primære grundvandstryk påvirker det terrænnære grundvand. Overvågning af det terrænnære grundvandsspejl giver samtidig et billede af årtidsvariationer samt påvirkning i forbindelse med fx kraftige nedbørshændelser. En overvågning kan suppleres med egentlige pumpe test for at belyse de hydrauliske sammenhænge.

Et solidt datagrundlag kan samtidig benyttes til styring af et grundvandssænkingsanlæg i driftsfasen. En vandforsyning er ikke forpligtet til at opretholde en vandindvinding alene med grundvandssænkings formål, så der skal tænkes i en organisering, hvor fx et privat pumpelaug overtager en indvinding, hvis formålet alene er tørholdelse og fiksering af det terrænnære grundvandsspejl.

### 4.3.3 Centrale aktører for indsatsen

Det er først og fremmest ejerne af bygningerne og de vandlidende områder, som er centrale for en løsning heraf. Det kan løses hver for sig ved f.eks. at etablere et omfangsdræn og pumpe ud i regnvandskloakken. Men kommune og vandselskab kan komme til at spille en større rolle.

### 4.3.4 Eksempelkommuner

Der er en række eksempler på at en fortsat grundvandsindvinding afhjælper problemer med højtstående grundvand. I Taastrup-Valby området i Høje Taastrup har der i mange år været vandindvinding og hele byudviklingen har foregået, mens grundvandet har været sænket. Kildepladsen har de senere år droslet ned og skal lukke helt, hvilket allerede har haft konsekvenser for det terrænnære grundvand. Der er etableret et grundvandssænkingsanlæg med det formål at tørholde kældre i et større boligområde. De lokale geologiske forhold med et meget højtliggende kalkoverflade og direkte hydraulisk forbindelse til det terrænnære grundvand betyder, at en oppumpning i det primære magasin i kalken har direkte indflydelse på det terrænnære grundvand.

Det oppumpede grundvand ledes gennem et grundvandsvarmeanlæg, så varmpotentialet i vandet udnyttes til opvarmning af boliger. Det afkølede vand ledes til recipient.

Tilsvarende er der undersøgelser i gang et andet sted i Taastrup-Valby området med henblik på etablering af et lignende anlæg. Her er der tale om en indirekte påvirkning af det terrænnære grundvand idet det primære og terrænnære grundvand her ikke er direkte hydraulisk forbundet.

I Tårnby Kommune er der lavet lignende undersøgelser med overvågning af grundvandet, samt udførelse af pumpeforsøg med henblik på at klarlægge om en permanent grundvandssænkning er en løsning til afhjælpning af højtstående grundvand i et større boligområde.

### 4.3.5 Realiserbarhed og effekter ved realisering

#### Potentiale for reduktion af oversvømmelser

Oppumpning af grundvand vil være en effektiv foranstaltning i forhold til et stigende grundvand, afhængig de lokale geologiske forhold.

#### Teknologisk modenhed

Teknologien er velkendt og ofte vil der være eksisterende borer til rådighed, så der ikke skal etableres nye.

#### Økonomi for investor

Etablering af pumpeboringer i eksisterende by bør optimalt set ske ved udnyttelse af eksisterende anlæg til oppumpning og distribution hvorved økonomien i højere grad er baseret på driften end anlæg.

#### Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk kan sænkning af grundvandet i et større område give god mening i bydele som er vandlidende frem for at hver enkelt husejer etablerer omfangsdræn.

#### Afledt erhvervsudviklingspotentiale

Erhvervsudviklingspotentialet kan være ganske stort i form af et voksende marked.



### Sammenfattende skema

For hver af de foreslåede handlinger udarbejdes i skematisk form en vurdering på nedenstående kriterier.

|  | God | Middel | Ringe |
|--|-----|--------|-------|
| Potentiale for reduktion af oversvømmelser |     | X      |       |
| Teknologisk modenhed                       | X   |        |       |
| Samfundsøkonomi                            | X   |        |       |
| Økonomi for investor                       |     | X      |       |
| Afledt erhvervsudviklingspotentiale        | X   |        |       |