

Øvelseskatalog til TSI – kom videre workshops efterår 2022

NORDJYLLAND

Jyllandsgade 1
9520 Skørping

MIDTJYLLAND

Vestergade 48 H, 3. sal
8000 Aarhus C

SJÆLLAND

Nørregade 13, 1. sal
1165 København K

Tlf. +45 9682 0400
Fax +45 9839 2498

Indhold

Øvelseskatalog til TSI – kom videre workshops efterår 2022.....	1
1 Målet med øvelserne	3
2 Øvelsessættets baggrund	4
3 Øvelser	7
3.1 Placering af anlæg på kort	7
3.2 Lavbundsjord.....	8
3.3 Skov	10
3.4 CO ₂ -potentiale	13
3.5 PtX.....	15
3.6 Sol og vind.....	20
3.7 Overskudsvarme.....	22
3.8 Proteinafgrøder.....	23
3.9 Husdyrproduktion	25
3.10 Marine virkemidler	29

1 Målet med øvelserne

Ét mål med dette øvelsessæt er, at brugerne får arbejdet aktivt med at opnå en basal indsigt i de sammenhænge og planlægningsmæssige udfordringer, der er ved etablering af en helt ny energi- og biomasseinfrastruktur, hvor udnyttelsen af fødevarer- og energipotentialet bliver så høj som muligt, samtidig med at der tages højde for fremtidige udfordringer med tørke, oversvømmelse og ændret arealanvendelse, som kan ændre samspillet mellem nye integrerede industrier.

Et andet mål er, at brugerne får øget forståelse af de kommunale klimaregnskaber. Ved at bruge dem som planlægningsværktøj får deltagerne nemlig samtidig indsigt i regnskaberne opbygning, og hvordan de kan bruges til strategisk planlægning af reduktion af klimagasudslip.

Endelig er et 3. mål, at deltagerne ved hjælp af øvelserne får træning i, hvordan et klimareduktionsscenario kan dannes ved brug af regnskaberne.

Viden:
Deltagerne bibringes en grundlæggende viden om en række af de teknologier der kan komme i spil ved omstilling til en klimaneutral fødevarer- og energiproduktion.
Færdigheder:
Deltagerne trænes gennem øvelser i at tænke i rumlig planlægning af industrielle symbioser på tværs af sektorer og i at bruge klimaregnskaber som fundament for sådan planlægning.
Kompetencer:
Deltagerne kan indgå i dialoger med industrien, borgere og andre aktører om hensigtsmæssig placering og overordnet dimensionering af nye energi- og biomasseanlæg. Deltagerne kan inddrage erhvervet viden i det kommunale planlægningsarbejde.

Forløbet

Øvelserne er tænkt anvendt i gruppearbejde, der beforder tværfaglig diskussion i grupperne om forskellige planlægningsmæssige udfordringer som spænder over alle dele af den fysiske planlægning. Deltagerne inddrages i grupper på tværs af kommuner, da enkeltkommuner vanskeligt vil kunne servicere store nye energileverandører med de nødvendige input.

Øvelserne består samlet set af nærværende opgavebeskrivelser, et excel-regneark til at lave regnearbejdet i og et aggregeret regnskab for flere kommuner, fra hvilket der hentes grunddata til beregningerne, og som samtidig bruges til at vise klima- og energiforsyningseffekter af beregningerne.

2 Øvelsessættets baggrund

Klimakrisen kan næppe løses uden at der etableres storskalaløsninger til produktion og lagring af grøn energi og CO₂. Der er brug for løsninger, der konverterer grøn strøm til andre energitætte, kompakte og let transporterbare stoffer, fordi strøm er vanskelig at lagre, og fordi nogle forbrugere af energi til især industrielle formål ikke er gearede til at bruge strøm alene som energikilde til vareproduktionen. Selv om der på konkurrencedygtige vilkår kan produceres store mængder grøn el, vil der altid være udsving i denne produktion, da den med de eksisterende teknologier er stærkt vejrafhængig. I Danmark er det besluttet at satse på at producere store mængder strøm og konvertere dele af denne strøm gennem såkaldte power-to-X teknologier til forskellige brændstoffer. Fællesnævneren for disse teknologier er, at de konverterer strøm til noget andet i en kemisk proces. Heraf X'et, som symboliserer, at output fra processen er teknologiafhængig og at det handler om en vifte af forskellige brændstoffer.

Power-to-X (PtX) involverer i en første fase produktion af brint med strøm. I processen spaltes rent vand til ilt (O₂) og brint (H₂). Energien i strømmen afgives delvis som varme og delvis lagres den i brinten, som er en brændbar (og meget eksplosiv) gas. Brint kan gøres flydende, men med ret store omkostninger. Gassen skal sættes under meget højt tryk og køles til meget lave temperaturer for at overgå fra gasform til flydende form. Ved direkte kontakt med ilt kan gassen eksplodere, og samlet set kan det derfor være ønskværdigt, hvis gassen kan omdannes til et mindre eksplosivt stof, som ikke kræver en så voldsom tryksætning, ved transport og lagring.

Der findes flere muligheder for at omdanne brinten. Enten kan den gå i forbindelse med CO₂ og danne metan eller metanol eller den kan sættes sammen med kvælstof og danne ammoniak. Metan og ammoniak er også gasser ved almindeligt atmosfærisk tryk og sædvanlige temperaturer, men komprimering er ikke lige så krævende som komprimering af brint. Desværre er ammoniak en giftig gasart, hvilket også gør den ret krævende at opbevare. Metanol er ved atmosfærisk tryk og sædvanlige temperaturer flydende. Derfor er metanol attraktivt at producere. Det er ikke umiddelbart eksplosivt, det er ikke voldsomt giftigt og det kan bruges som brændstof i transportsektoren.

Andre teknologier til produktion af koncentrerede og/eller let transporterbare brændstoffer er baseret på biomasse. De sorterer ikke under begrebet PtX, da det er biomasse og ikke strøm, der konverteres, men de har samme funktion. Lad os kalde dem BtX (Biomasse-til-X) som samlebetegnelse. Biogas er efterhånden ret kendt i Danmark, men der findes også flere teknologier til forgasning af biomasse gennem kraftig opvarmning under iltfrie forhold. Forgasningsteknologierne spænder i sig selv bredt med varierende temperaturregimer, som medfører dannelse af flere forskellige typer gasser eller olier og med varierende grad af omdannelse af biomassen fra ren aske til forskellige former for kul. Ved relativt lave temperaturer (350-450° C) dannes omtrent lige meget biokul og tjæregasser/tjæreolier (målt på indhold af kulstof) af biomassen. Ved højere temperaturer (500 – 1000°C) omdannes mere af biomassen til gasser og oliestoffer. Ved bevidst at gå efter at danne meget biokul kan dette bruges som en CO₂-bank, da biokul ikke kan rådne og faktisk nedbrydes meget langsomt i naturen. Nedbrydningstiden er adskillige hundrede år. Da biokullet i udgangspunktet er ugiftigt og endda jordforbedrende, hvis det blandes i dyrkningsjord, byder biokulproduktion

på en meget interessant mulighed for samtidig at producere energi, lagre CO₂ og sikre jordfrugtbarhed og dermed fødevarerproduktion.

En enkelt teknologi kan ikke løse hele problemstillingen omkring grøn energi og bæredygtig produktion. Der skal et teknologimiks til, hvor man får sat flere teknologier sammen i et netværk, fordi de alle har forskellige sidestrømme af værdifulde rester. I mange tilfælde vil et restprodukt fra den ene teknologi være et nødvendigt input til den anden, og nogle teknologier er nødt til at køre stort set kontinuert, mens andre er bedre egnede til at køre start-stop, og kan dermed opfange peak-produktion af strøm fra vind- og solcelleanlæg.

Et meget vigtigt input til flere af PtX-teknologierne er CO₂. Det stof, der er vores klimamæssige problem, når det befinder sig i atmosfæren. Men på ren form er det en af byggestenene til f.eks. produktion af metanol. CO₂ på ren form kan hentes ud af røg fra biomasseforbrænding, fra affaldsforbrænding og fra biogas. Ca. 40% af rå biogas udgøres af CO₂, og ca. 11% af en almindelig røggas udgøres af CO₂, og der findes modne teknologier til at oprense CO₂'en. Produktion og omdannelse af biomasse til nyttiggjort energi er derfor et grundlag for at producere grønt brændstof i lige så høj grad som grøn strøm er. Og derfor fletter energi- og jordbrugssektorerne sammen, og skal begge indtænkes i netværksdannelsen omkring bæredygtig forsyning med grøn energi.

Biomasse kan også omdannes direkte til flydende brændstof. Ethanol produceret på sukkerrør og korn (majs) iblandes allerede i benzin. Der er dog begrundet diskussion om rimeligheden af at bruge potentielle fødevarer til brændstofproduktion. Men ved ethanolproduktion er det stivelse og sukker fra den rå biomasse der bliver til ethanol, mens fibre og protein bliver tilbage i et kvalitetsfoder/fødevarer (Distillers grain). Praksis er overvejende at bruge restfraktionen til foder. Man kan derfor opfatte destillationen som en forædling af en afgrøde. Såkaldt 2. generations ethanol laves på restprodukter som halm og træ. Her bliver en mindre del af råmassen også til et fodermiddel, mens størstedelen omdannes til ethanol og en brændbar restfraktion. Selve processen er dog dyrere end med brug af majs.

En vigtig bekymring omkring ethanol er, om det under tørre klimatiske betingelser er bæredygtigt at kunstvande afgrøder med henblik på energiproduktion. Men hvis der kan bruges afgrøder, der er relativt tørkeresistente, og hvor destillationen er årsag til at foderværdien af afgrøden forbedres, er ethanolproduktion en energiproduktionsform, der ikke bør overses. En aktuell afgrøde at bruge under danske forhold er sukkerroer, som også er en miljømæssigt interessant afgrøde, til at reducere problemer med udvaskning af kvælstof til vandmiljøet.

Ud over selve ethanol og foderet kommer der CO₂ ud af destillationsprocessen. Det betyder, at der også fra ethanolproduktion er et loop tilbage til PtX.

Da biomasseproduktionen er spredt ud over hele landets geografi ligesom vindmøller og solcelleanlæg også er det, og PtX teknologierne helst skal samles i større enheder, er der et skisma mellem transport af biomasse, som ofte indeholder meget vand, udviklingen i arealanvendelsen og landbrugets produktionssammensætning i forhold til placering af f.eks. biogasanlæg og forbindelsen derfra til PtX-anlæg. Dertil kommer, at hensigtsmæssig dimensionering af hele systemet kræver et overblik over det samlede produktionspotentiale

for alle inputfaktorer på tværs af systemet. Endelig er det ikke uvæsentligt, hvor de nye anlæg placeres i forhold til beboelser, landskabelige værdier, anden infrastruktur og, som noget længe glemt, sikkerhed i relation til nye geopolitiske realiteter.

Derfor er der behov for, at myndigheder kan varetage en helt overordnet planlægning ud fra et samlet samfundsmæssigt perspektiv, og at der kan stilles balancerede krav til de udviklere og investorer, der står bag opførelse og drift af energiinfrastrukturen. Her har kommunerne en væsentlig rolle som netop planmyndighed.

Kommunernes energi- og klimaregnskaber giver et godt grundlag for at lave overordnede beregninger af kapacitetsforhold i både landbrugs-/CO₂-produktion og i energiproduktion. Samtidig kan de bruges til at beregne klimaeffekter af ændret energiforsyning og ændret arealanvendelse og landbrugsproduktion. Når der skal beregnes ved hjælp af klimaregnskaberne er en del tekniske oplysninger om forbrug og produktion i de teknologier, der sættes i spil, nødvendige. Lige sådan er det nødvendigt at danne kvalificerede forudsætninger for udviklingen i både energiforbrug, forbrugssammensætning og produktionspotentialerne i landbruget, samt at danne realistiske billeder af den mulige fysiske placering af anlæg. Hvis mange forskellige teknologier sættes i spil bliver det en kompleks og tidskrævende, men ikke umulig øvelse.

Til TSI- kom videre er der lavet et sæt øvelser, hvor CO₂-potentialet i et geografisk område bestående af flere kommuner kan beregnes og bruges som grundlag for at eksemplificere dimensionering af brintproduktion, metanisering af brint med CO₂ samt metanolproduktion og deraf følgende behov for yderligere kapacitet i vind- og solcelleproduktionen. Etanolproduktion er udeladt, og beregningsmetoden i øvelserne er knyttet til specifikke teknologiske løsninger på basis af bl.a. Energistyrelsens teknologikataloger. De anvendte teknologier er udelukkende valgt, fordi der kan være et samspil mellem deres udnyttelse af energi fra VE-produktion. Der ligger derfor ikke nogen vurdering af feasibility, økonomi og lignende til grund for udvælgelse af teknologier til øvelserne, og øvelserne er alene illustrative for, hvordan regnskaber kan bruges til modellering af produktionspotentialer og sammenhænge. Øvelsernes teknologiforudsætninger bør således ikke benyttes til konkrete planlægningsformål. Øvelserne bliver præsenteret i det følgende.

3 Øvelser

For at arbejde med øvelserne anvendes følgende materiale:

- PC
- Kort over område af kommuner + mærkater til at symbolisere forskellige anlæg mv.
- Dette øvelseskatalog, som guider gennem øvelserne og hvor resultater noteres (fil: Vejledning til øvelser). Udleveres i print på workshop.
- Excelfil (fil: Øvelser til deltagerne – gruppe A), som indeholder skemaer med formler. Benyttes til mellemregninger.
- Excelfil (fil: Aggregeret regnskab (Midt-virkningsgrader) Workshop 2 – gruppe A/B), som benyttes til opslag af værdier.

Filerne tilgås via Moodle.

3.1 Placering af anlæg på kort

Tidsramme: 15 minutter.

I denne indledende øvelse skal gruppen placere de biogasanlæg, markbaserede store solcelleanlæg, kraft-varmeanlæg og PtX-anlæg, der allerede findes, er ansøgt eller under projektering i kommunerne. Anlæggene markeres med et farvet klistermærke, hvis de er under opførelse eller i brug, og ellers markeres de med plastikbrikker.

I skal ikke lave research for stor præcision, men bare bruge den viden I allerede har i hovedet.

	Det skal du gøre	Det opnår du
	Materialer: <ul style="list-style-type: none"> • Printet kort, • klistermærker, • plastikklodser, • tusch. 	
1	Bliv enige om, hvilken farve klistermærke, der skal repræsentere hver type teknologi. F.eks. kan gul repræsentere solceller og grøn repræsenterer biogasanlæg.	
2	Placer klistermærker, hvor der er etablerede anlæg eller anlæg under opførelse (anlæg, der ikke kan stoppes), og placer plastikklodser hvor der er ansøgte, planlagte eller overvejede anlæg. Lad evt. størrelsen på klistermærke/antal plastikklodser symbolisere størrelsen på anlægget.	
3	Anfør alle anlægstyper på symbolisten under kortet.	

4	Diskuter gerne under vejs, hvilken sammenhæng der er mellem anlæg på tværs af kommunerne, om nogen.	Du har nu visualiseret et indgangsbud på, hvordan energilandskabet i din gruppes storkommune ser ud.
---	---	--

3.2 Lavbundsjord

Tidsramme: 35 min

Øvelsen med effekt af udtagning af lavbundsjord er den regneteknisk mest komplekse øvelse i øvelsessættet. Det er fordi udledninger fra lavbundsjord indgår mange forskellige steder i regnskabet's bilag. Årsagen til der ikke kan laves 1 tal for udledninger fra lavbundsjord er, at der er mange forskellige faktorer, der er årsag til udledningen, og som ændres fra år til år. Den mest komplicerede del af en præcis beregning er at forholde sig til hvilke afgrøder, der udgår sammen med jorden fra regnskabet. Faktisk vil der her altid være tale om et forudsætningsbaseret estimat, da landbrugets sædskifter hele tiden ændrer sig. I øvelsen er det valgt IKKE at gennemføre denne del af beregningen, da intentionen med øvelsen alene er at befordre forståelse for regnskabet's sammenhænge og ikke at gennemføre egentlige reduktionsstiberegninger.

	Det skal du gøre	Det opnår du
1	Find bilag WK8_2018 i det aggregeret regnskab.	
2	Find excel filen "øvelser" og gå til fanebladet "Lavbundsjord".	
3	Kopier tallene fra de celler fra "WK8 2018" der er anført henvisning til i øvelsesarket (blå celler) ind i den relevante celle i tabellen i øvelsesarket. F.eks. hentes tallet i Celle C28 i bilag WK8 2018 og sættes ind, der hvor der står C28 i tabellen i øvelsesarket.	Når du er færdig har du en tabel der viser, hvor meget lavbundsjord, der kan udtages fra landbrugsmæssig anvendelse.
4	Beslut dig for, hvor stor andel af arealerne du vil udtage fra landbrugsproduktion til hhv. tør natur og vådlægning. Hvis du tænker i procent, så prøv dig frem med anførelse af antal hektar til du rammer den rigtige procentsats). Skriv i de grønne celler i øvelsesarket.	Du har nu beregnet antal ha til udtagning til henholdsvis tør natur og vådlægning.
5	Nu skal du have beregnet effekten af din ønskede udtagning i selve regnskabet. I regnskabet's bilag står der i forvejen en formel i de celler du skal rette i. Indholdet af dem må ikke slettes, så når du overfører tal skal du ind i formeledatoren og skrive.	
6	Reducer tallet i celle C10 og B10 i bilaget WK7_2018 med det samlede areal du udtager til vådlægning.	

7	Øg tallet i celle C29 og B29 i WK7_2018 med summen af landbrugsjord udtaget til tør natur ("Udtagning til tør natur (permanent græs)").	
8	Øg tallet i celle C55 og B55 i WK7_2018 med summen af landbrugsjord til vådlægning ("Udtagning til vådlægning - periodisk vådområde").	
9	Reducer arealet i celle C26 og B26 i WK7_2018 med summen af vådlagt permanent græs ("Udtagning til vådlægning - periodisk vådområde").	
10	Øg tallet i celle C56 og B56 i WK7_2018 med summen af vådlagt permanent græs ("Udtagning til vådlægning - periodisk vådområde").	
11	Tjek at ændringen i celle B10 er slået igennem i regnskab for "Arealanvendelse W2018" celle D11 ved at sammenligne med det tilsvarende tal i "Arealanvendelse 2018".	
12	Tjek tilsvarende at tallet i celle R10 i bilag WK7 2018 er slået igennem i regnskab for Arealanvendelse W2018 celle O11.	
14	Find igen bilag WK8 2018 og gå til tabellen "Emission fra drænet og genoversvømmet landbrugsjord".	
15	Reducer nu tallet i celle C28 med arealet fra din øvelsestabel med landbrugsjord "6-12% kulstof (areal der udtages - max 100%)" som skal vådlægges.	
16	Reducer ligeledes tallet i celle C29 med arealet fra din tabel med landbrugsjord ">12% kulstof (areal der udtages - max 100%)".	
17	Øg tallet i celle C67 med summen af de 2 tal nævnt under pkt. 15 og 16.	
18	Gentag proceduren for arealer med permanent græs i tabellen "Emission fra drænet og genoversvømmet 'permanent' græs" i bilag WK8_2018.	
19	Tjek at de nye tal i kolonne C i bilaget er ændret i det korrigerede regnskab for arealanvendelse (Fanebladet Arealanvendelse W2018).	Du har nu korrigeret regnskabet for ændring i udledninger fra omsætning af kulstof i lavbundsjord ved at udtage det fra landbrugsmæssig anvendelse.
19	Find bilag WK4_2018.	
20	Reducer arealerne i cellerne B99 til B102 med de respektive arealer fra øvelsestabellen. Det forudsættes, at alle udtagne arealer med græs er dybt drænet - men vi ved det ikke. Hvis du vælger en anden sammensætning mellem dybt og overfladisk drænet er det ok.	

21	Tjek hvordan tallet i celle D18 (gul celle i WK4 2018) er ændret og overført til celle AA13 i regnskabet for planteavl (Fanebladet Planteavl W2018).	Du har nu korrigeret regnskabet for planteavl for de vigtigste effekter af udtaget lavbundsareal.
	Der bør egentlig også korrigeres for brug af handelsgødning på udtagne arealer og for afgrøderester og de andre årsager til lattergasudledning der opgøres i bilag WK4_2018, men vi lader det lige ligge. Hvis du synes det er sjovt må du gerne lege med det i bilaget og selv finde ud af hvordan det slår igennem i regnskabet for planteavl.	

Herunder er den tabel du skal finde i regnearket med øvelser vist.

	Organisk landbrugsjord						Organisk permanent græs						Sum af udtaget areal
	6-12% kulstof (areal fra bilag 8)	6-12% kulstof (areal der udtages - max 100%)	%-del udtaget	>12% kulstof (areal fra bilag 8)	>12% kulstof (areal der udtages - max 100%)	%-del udtaget	6-12% kulstof (areal fra bilag 8)	6-12% kulstof (areal der udtages - max 100%)	%-del udtaget	>12% kulstof (areal fra bilag 8)	>12% kulstof (areal der udtages - max 100%)	%-del udtaget	
Udtagning til tør natur (permanent græs)	C28			C29			0						
Udtagning til vådlægning - periodisk våd	C28			C29		0	C48			C49		0	

3.3 Skov

Tidsramme 15 min

Nu skal du beregne effekten af at rejse skov. 2018 var i den forbindelse et uheldigt år, da tørke om sommeren og meget våde forhold efterår og vinter kombineret med en betydelig høst af træ fik skoven til på gennemsnit at udlede CO₂ fremfor at optage CO₂ eller blot være CO₂-neutral. Hvis du tjekker i regnskabet for arealanvendelse er der en ret stor udledning af CO₂ fra storkommunen. Derfor vil skovrejsning der indregnes med 2018 faktorer give anledning til øget CO₂ udledning, og det er hverken korrekt eller pædagogisk heldigt!

Vi bliver derfor nødt til at lave nogle krumspring i bilagene, så nettooptagelse afspejles. Det gør vi simpelt ved at låne udledningsfaktorerne for 2020, selv om det ikke er valid metode.

	Det skal du gøre	Det opnår du
1	Vi forudsætter som udgangspunkt, at alle arealer med skovrejsning tages fra puljen af mineralsk landbrugsjord. Hvis du gerne vil lave en fordeling på mineralsk permanent græs og mineralsk landbrugsjord er du velkommen til at gøre det.	
2	Find bilag WK6 2018.	
3	Øg arealet i cellerne B12 og D12 med det areal du forventer skovrejsning på.	

4	Tjek i regnskabet for "Arealanvendelse W2018" at arealet med skovrejsning i celle D18 er korrigeret op ved at sammenligne med det oprindelige tal i "Arealanvendelse 2018". Skriv gerne ned under vejs hvad der står i de celler du sammenligner.	
5	Tjek ligeledes at tallene i celle T11 i bilag WK6 2018 stemmer overens med celle O18 i regnskab for "Arealanvendelse W2018".	
6	Find bilag WK7_2018 - det du allerede har rettet i da du reducerede arealet med organisk landbrugsjord	
7	Reducer arealet i celle B10 yderligere og reducer arealet i D10 med arealet for skovrejsning.	
8		Du har nu korrigeret regnskabet for effekt af skovrejsning med brug af de faktorer, der var gældende i 2018.
9	2020 var et mere "normalt skovår" end 2018. Vi tillader os derfor at bruge 2020 faktorerne i bilag K6 2018 og WK6 2018, så vi får et mere realistisk billede af effekter af at have skov stående og rejse mere skov. Kopi af et bilag K6 for 2020 er vist nedenfor. Kopier de tal der står i cellerne F10:L14 ind i K6 2018 og WK6 2018.	Du har nu ændret emissionen fra skov, så den afspejler "normal-året" 2020. Den vil ligge tættere på et forventet gennemsnit for skov generelt over en lang tidshorisont.
	Vi burde reducere anvendelse af gødning og ændre i dyrket areal mm. i bilag WK4_2018 ved arealer omlagt til skov, men vi springer det over, fordi effekten er marginal og det tager lang tid, medmindre du gerne selv vil lege med det.	

Til index

Forkortelser (fra CRF): (ted). Se baggrundsmaterialets begrebsliste for en uddybning af de enkelte begreber.

Skov	Heraf: Ikke kat. jordtype [ha]	Ændring i levende biomasse pr. ha					Ændring i jord pr. ha	
		Opbygning kulstoflager [ton C/ha]	Tab kulstoflager [ton C/ha]	Ændring kulstoflager [ton C/ha]	Ændring kulstoflager i dødt træ [ton C/ha]	Ændring kulstoflager i skovbund [ton C/ha]	Netto ændring af kulstoflager i mineralisk jord [ton C/ha]	Netto ændring af kulstoflager i organisk jord [ton C/ha]
Total skovjord (2020)	7,94							
Blivende skov (1990-2020)	7,13	0,2	IE	0,2	0,1	0,4	NA	-1,3
Skovrejsning (1990-2020)	0,81							
Landbrugsjord ændret til skov	0,69	2,8	0	2,6	0	0	0	-1
Permanent græs ændret til skov	0,13	3	0	3	0	0	NA	-1
Vådmarksområde ændret til skov	0,00	3	IE	3	0	0	NA	-1
Bebygget område ændret til skov	0,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Øvrig land ændret til skov	0,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Seer, åer mv.	0,00	NA	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Uklassificeret areal ændret til skov	0,00	NA	NO	NO	NO	NO	NO	NO

3.4 CO₂-potentiale

Tidsramme 20 min

CO₂ er en nødvendig ingrediens i produktion af metanol og til metanisering af brint. Muligheden for at opsamle CO₂ bliver derfor en begrænsende faktor for potentialet for metanisering og metanol produktion. Og CO₂ får vi i relativt koncentreret form fra både fossile og biogene kilder, dvs. når der sker en forbrænding eller bakteriel omdannelse af organisk materiale i store anlæg. Derfor er vi nødt til at estimere et potentiale for at opsamle CO₂ fra sådanne anlæg. I praksis vil der være tale om kraftvarmeanlægs forbrænding af halm, flis, træpiller mv., om afbrænding af plastik og andet affald og om biogasanlæg. CO₂ fra nye store ethanolanlæg ville også kunne indregnes.

I energiregnskaberne er energien fra afbrænding af affald og organisk materiale opgjort. Denne energi kan omregnes til ton tørstof og derfra til CO₂ udledt. I excel filen med øvelser er der opsat 4 tabeller til beregning af CO₂-udledninger fra forskellige kilder. Der skal blot hentes tal fra energiregnskabet og så bliver CO₂-udledningen beregnet automatisk.

	Det skal du gøre	Det opnår du
1	Find bilag WK2a 2018	
2	Find også excel filen med øvelser og gå til fanebladet "CO ₂ -potetiale".	
3	Kopier tallene for gyllemængder fra bilaget ind i de grønne celler i øvelsestabellen for CO ₂ -potentiale fra gylle. Kopier kun indholdet af de celler der er tal i.	
4	Anfør, hvor stor en andel af gylle du tror på kan blive sendt til forgasning på et biogasanlæg. Skriv i den grønne celle nederst i tabellen. Diskutér i gruppen, hvad der må anses for at være realistisk.	Du har nu et estimat på CO ₂ -potentialet i tons for CO ₂ fra biogas lavet på gylle. Tørstofprocenten er sat højt, da det er forudsat, at biogasanlæg også tilføres andre biomassetyper med højere tørstofindhold end gylle. Det kan f.eks. være dybstrøelse, rester fra fødevareindustrien og organisk husholdningsaffald.
5	Gå til energiregnskabet for 2018 (fanebladet E2018). Aflæs antal TJ fra "affald, ikke bionedbrydeligt" celle Z82. Indsæt tallet i beregningstabellen for affald i øvelsestabellen. Overvej, om det vil være realistisk at affaldsmængden forbliver den samme i fremtiden	Du har nu et estimat over CO ₂ -potentialet fra affaldsforbrænding.

	eller om den skal korrigeres op eller ned. Lav eventuelt en korrektion.	
7	Gå til øvelsestabellen for "Biomasse afbrændingsanlæg". I de grønne celler står der en cellerference til en celle i energiregnskabet for 2018 (fanebladet E2018). Aflæs antal TJ i fra afbrænding af biomasse ("halm", "brænde- og træflis" og "Træpiller og træaffald") i de relevante celler og kopier dem ind i tabellen for beregning af CO ₂ fra biomasseafbrænding. Et stigende skovareal vil medvirke til, at et forbrændingspotentiale kan fastholdes, men omvendt vil eventuel indførelse af pyrolyseteknologi trække i den modsatte retning sammen med mulige fremtidige importrestriktioner på biomasse. Lav eventuelt en vurdering af, om det er realistisk at fastholde de afbrændte mængder, og korriger antal TJ forholdsmæssigt.	Du har nu et estimat over CO ₂ -potentialet fra forbrænding af biomasse.
8		Summen af CO ₂ -potentialer er nu opgjort og anført i den lille tabel øverst på fanebladet og kan bruges til beregning af PtX-potentiale.

Co2-potentiale fra gylle og restafgrøder							
Gylletype	Ton gylle	Tørstof	Ton TS	Andel TS	TS omsat	CO2	CO2 (ton)
Kvæggylle							
Svinegylle							
Blandet gylle							
Fjerkrægylle							
Gylle samlet	-	0,14	0	0,5	0	0,73	0

CO ₂ -potentiale fra affaldsforbrænding		
TJ fra	ton	CO ₂ (ton)
	74	0

Biomasse forbrændingsanlæg							
Halm	Brænde		TJ fra	TJ/ton TS	Ton	CO ₂	CO ₂ (ton)
+T81	+U81	+V81					
-T18	-U17	-V16					
-T27							
-T28							
0	0	0	0	0,175	0	0,71	0

Samlet CO₂-potentiale	-
---	---

3.5 PtX

Tidsramme 25 min

Der findes mange forskellige former for Power-to-X som navnet antyder: strøm til "et-eller-andet". For at holde kompleksitet i øvelserne lidt i ro, er det valgt, at der ses på anlæg til metanisering af CO₂ samt metanolproduktion - begge dele med brint og ren CO₂ som input. Det er samtidig på forhånd valgt, at brintanlægget er af typen SOEC, da det muliggør en høj grad af udnyttelse af restvarme på tværs af anlægstyperne i en integreret PtX industrisymbiose, og da det tilgodeser, at der er betydelige svingninger i produktionen af grøn strøm fra VE anlæg over tid. Metanolanlæg skal helst køre kontinuert med samme belastning, mens metanisering og brintproduktion kan varieres i intensitet. Samtidig kan metanen gemmes i det allerede etablerede gasnet. Valget af type brintanlæg afspejler ikke på nogen måde en stillingtagen til, hvilken type teknologi der er mest sandsynlig ved konkret realisering af PtX projekter - den er alene valgt ud fra at den giver mulighed for at modellere

en balanceret sammensætning af flere teknologier. Andre relevante teknologier kunne være varianter af pyrolyse, bioolieproduktion, ethanolproduktion etc., men det er vurderet, at det bliver for komplekst at inddrage flere teknologier i øvelsessættet. Det forudsættes, at al brint konverteres til enten metan eller metanol, selv om den umiddelbart billigste anvendelse er direkte til industrielle formål.

I øvelsen er vi nødt til at begynde bagfra. Dvs. på baggrund af det CO₂-potentiale der er, kan den maksimale kapacitet i metanisering og metanolproduktion beregnes. Når det er beregnet, kan man beregne den nødvendige kapacitet til brintproduktion. Om det kan lade sig gøre at producere så meget brint vil afhænge af om der er strøm nok til rådighed, og sol-/vindkapaciteten bliver så det sidste, der planlægges. Hvis ikke der kan etableres tilstrækkelig kapacitet må man igen gå den anden vej i beregningerne og estimere en lavere brint-, metanol og metanproduktion dimensioneret efter den tilgængelige mængde strøm.

Metanisering på overskuds-CO₂		
	Det skal du gøre	Det opnår du
1	Find fanebladet PtX i excelfilen med øvelser. Indsæt din forventning til udnyttelse af CO ₂ -potentialet i den grønne celle. Summen af udnyttelse til metanisering og til metanolproduktion kan ikke overstige 100%. Diskutér i din gruppe, hvad der kan forventes, og hvilke hindringer der kan være for en høj udnyttelse.	
2	Overfør outputtal for metan (lyserød celle) fra øvelsestabellen til WE2018, så metan-outputtet anføres i WE2020 celle I59 (skal anføres som negativt tal! – cellen er blå).	
3	Overfør outputtal for overskudsvarme fra øvelsestabellen til WE2018, så output af overskudsvarme anføres i WE2020 celle AI60 (skal anføres som negativt tal! – cellen er blå).	
4	Overfør tallet for "El-forbrug til proces" (lyserød celle) til celle AG59 i WE2018 (blå celle).	Du har nu korrigeret regnskabet for en overslagsmæssig effekt af at producere metan på brint og CO ₂ . Produktionen er forudsat brugt i gasnettet og til fortrængning af naturgas.

PtX - Metanisering (på overskuds-CO2)		Skala		kapacitet
CO2 potentiale	ton/år			0
Nyttiggjort overskuds-CO2	%			
Nyttiggjort overskuds-CO2	ton/år	89.700		0
Brint-forbrug	ton/år	16.560		0
Brint energi	TJ/år	2.418		0
El-forbrug til proces	TJ/år	4		0,0
Elektrolyse-kapacitet (SOEC)	MW	100		0
Output - PtX - Metanisering (på overskuds-CO2)				
Metan	TJ/år	1.840		0,0
Overskudsvarme	TJ/år	546		0,0

Metanolfabrik		
	Det skal du gøre	Det opnår du
1.	Indsæt din forventning til udnyttelse af CO ₂ -potentialet i den grønne celle. Summen af udnyttelse til metanisering og til metanolproduktion kan ikke overstige 100%.	
2.	Overfør tallet for metanoloutput (lyserød celle) til WE2018, så metanoloutputtet anføres i WE2018 celle K58 (skal anføres som negativt tal! – cellen er blå).	
3.	Overfør tallet for overskudsvarme (lyserød celle) til WE2018, så output af overskudsvarme lægges til det tal du lige har skrevet ind for overskudsvarme fra metaniseringsanlægget i WE2018 celle AI60 (skal anføres som negativt tal!).	
4.	Overfør forbruget af el: "Elforbrug til syntese alene" til celle AG58 i WE2018.	Du har nu beregnet effekten af at producere metanol i både fortrængningseffekt i f.eks. transportsektoren og i varmforsyningen. Som øvelsen er opsat fratrækkes hele effekten i det kommunale regnskab uden skelen til, hvor forbruget sker. Der findes ingen fastlagt metode for indregning i forhold til f.eks. DK2020.

PtX - Metanol (syntese, på overskuds-CO2)		Skala		Beregnet kapacitet
CO2 potentiale	ton/år			0
Nyttiggjort overskuds-CO2	%			
Nyttiggjort overskuds-CO2	ton/år	121.762		0
Brint-forbrug	ton/år	16.560		0
Elektrolyse-kapacitet	MW	100		0

Output - PtX - Metanol (syntese, på overskuds-CO2)

El-forbrug syntese inkl. Elektroly: TJ/år		3.110		0,0
- heraf el til syntese alene		1.125		0,0
Metanol	TJ/år	1.827		0,0
Overskudsvarme fra metanolprod	TJ/år	1.008		0,0
Overskudsvarme efter regenereri	TJ/år	527		0,0

Brintfabrik		
	Det skal du gøre	Det opnår du
1	Overfør forbruget af "Varme forbrug til elektrolyse til celle AI57 i WE2018 (skal anføres som negativt tal!).	
2	Overfør forbruget af el "El-forbrug til SOEC elektrolyse" til celle AG57 i WE2018.	Da du gerne skal have brugt al brint til metanisering og metanolproduktion bliver der ikke noget overskud til anvendelse direkte til fortrængning i den industrielle sektor. Effekten på CO2-udledningen er derfor opsamlet i de 2 andre teknologier.

PtX - Brint			Skala		Beregnet kapacitet
Elektrolyse-kapacitet		MW	100		0
Fulldlastimer		FLH	6.850		6.850
Årlig produktion, brint		TJ	2.466		0
Årlig produktion, brint		ton	16.577		0
El-forbrug til SOEC elektrolyse		TJ/år	1.985		0
Varme forbrug til elektrolyse		TJ/år	481		0
Regenererbar varme		TJ/år	363		0
Tabt varme		TJ/år	118		0

Når CO₂-potentialet fra gylle realiseres til metanisering og metanol er det en forudsætning, at der først er lavet biogas på gyllen. Derfor skal vi også have beregnet den øgede biogasproduktion ud over den der allerede er anført i regnskabet.

Biogas		
	Det skal du gøre	Det opnår du
1	Find igen bilag WK2a 2018.	
2	Beregn for hver gylletype den mængde gylle der kan laves yderligere biogas på, ud over, hvad der allerede bruges til biogas ved at trække tallene i kolonne D fra tallene i kolonne C.	
3	Sæt ind i øvelsestabellen for biogas.	
4	Genbrug udnyttelsesprocenten fra øvelsen med CO ₂ -potentiale. Anfør udnyttelsesprocenten i cellen ved siden af den lyserøde celle.	Du har nu beregnet hvor meget mere biogas der vil blive produceret i storkommunen.
5	Overfør tallet i den lyserøde celle til det tal der allerede står i celle I27. Husk at sætte minus foran – fordi der fortrænges naturgas i gasnettet.	

Beregningstabel øget biogasproduktion					
	Ton gylle	Metan potentiale Nm ³ /ton)	m ³ CH ₄ total	Brændværdi M ³ CH ₄	Energi- potentiale (TJ)
Kvæggylle		14	0	39,8	0
Svinegylle		12	0	39,8	0
Blandet gylle		12	0	39,8	
Fjerkrægylle		12	0	39,8	
Gylle i alt					0
				Udnyttelsesprocent	
Energi i øget biogasproduktion				0%	0

3.6 Sol og vind

Tidsramme 20 min

Strøm fra vedvarende energikilder er grundlaget for at kunne lave grønne brændsler. Da der er solindstråling i sommerhalvåret, men typisk ikke så meget vind, og omvendt mere vind i vinterhalvåret, og mindre solindstråling, er det nødvendigt at planlægge et passende miks for at reducere fluktuationer i produktionen mest muligt. På trods af, at PtX teknologier kan bruges til at nyttiggøre strøm fra peak-produktion er en jævn forsyning det mest rentable.

I øvelsen her skal der kun laves en simpel fordeling af strøm på de to teknologityper solceller og vindmøller, og egentlige beregninger af den optimale sammensætning på basis af årsvariationer i forventet produktion udelades.

Det du regner på her, er kapacitet til produktion af strøm på land. Staten skal sørge for halvdelen fra havvindmøller, men i den samlede øvelse her regner vi slet ikke på forbrug af el i husholdninger og virksomheder, og heller ikke det stigende forbrug til elbiler og individuelle varmepumper, så vi antager, at kommunerne som minimum skal have store nok anlæg på land til at dække stigningen i forbruget pga. (lokal) PtX.

Som tommelfingerregel vil det ikke være hensigtsmæssigt at mere end 20% af kapaciteten dækkes af solceller.

Fordeling af øget elbehov på sol og vind	
1	Hvis du er meget uenig i antagelsen om, at der ikke skal laves reduktion for statslig produceret havvind kan du skrive en reduktionsprocent i de grønne celler ("Heraf havvind"). Ellers skal du her fordele produktionen mellem solceller og vindmøller. Du er velkommen til at lave en skyggeberegning i en tabel du selv sætter op til en grov vurdering af årsproduktion, hvis du har et fagligt grundlag for det.

Fordeling af VE kapacitetsbehov på solceller og vind						
	TJ	Heraf havvind (%)	Heraf landbase ret (TJ)	Vind (TJ)	Solceller (TJ)	Kontrol skal være < 0
El til brintproduktion	0	0%	0			
El til metanol og metanproduktion	0,0	0%	0			
Sum	0		0	0	0	0

Produktion fra solceller		
	Det skal du gøre	Det opnår du
1	Udfyld tabellen med de arealer for tagbaserede og markbaserede solcelleanlæg du tænker kan eller skal realiseres til forsyning af PtX teknologier.	
2	Læg summen af TJ i tabellen til det tal der allerede står i celle O23 i energiregnskabet WE2018.	Du har nu korrigeret energiregnskabet for øget produktion fra solceller.
3	Som udgangspunkt antages det, at markbaserede solceller opsættes på mineralsk landbrugsjord. Hvis du ønsker at fordele solcellearealet på udtaget og vådlagt lavbundsjord også, vil der ikke være nogen yderligere effekt i klimaregnskabet af at sætte solceller op. I så fald skal du fratrage arealet med solceller der planlægges opsat på vådlagt lavbundsjord i tallet for areal med markbaserede anlæg.	
4	Find bilag WK4_2018	
5	Summér tallene i celle B9 og B10. Del det summerede tal med tallet i celle B91. Det er den mængde kvælstofgødning, der i gennemsnit tildeles 1 ha. Gang dette tal med arealet for markbaserede anlæg.	
6	Træk det tal du netop har udregnet fra tallet, der står i celle B112 i bilag WK4_2018 (pas på – der er en formel i cellen , så du skal ind i formeledatoren).	Du har nu indregnet gødningseffekten af at ophøre med at gøde på solcellearealet.
7	Gå til tabellen "Kg N fra afgrøderester" i bilag WK4_2018.	
8	For simpelheds skyld antager vi, at markbaserede solceller udelukkende er årsag til reduktion i arealet med vinterhvede. Virkeligheden er en del mere kompliceret. Træk nu arealet med planlagte markbaserede solceller fra arealet med hvede i celle F31, og læg det samme areal til i celle F46.	. Du er nu færdig med at korrigere emissionerne fra de arealer, der udtages til markbaserede anlæg.
9	Find bilag WK5_2018.	
10	Træk arealet med markbaserede solceller fra i tallene i celle G8, celle G16 og celle G24 (pas på eksisterende formler!)	Du har nu beregnet effekten af at omlægge jorden fra hvededyrkning til "solcelledyrkning".

	Produktion pr. enhed (TJ)		Antal eller areal	TJ
Solceller - Udbygning				
Villatage (4,5 kWp-anlæg)	0,014	/stk.	0	0
Etageejendomme (25 kWp-anlæg)	0,1	/stk.	0	0
Erhvervstage	4,0	/ha	0	0
Markbaserede anlæg	4,0	/ha	0	0
Nye solceller, produktion				0

Opsætning af vindmøller		
1	Udfyld tabellen så du får TJ nok.	
2	Læg summen af TJ i tabellen til det tal der allerede står i celle M24 i energiregnskabet (WE2018).	Du har nu korrigeret produktionen af energi fra vindmøller.

Landvindmøller - Udbygning	TJ pr. mølle		
125 m mølle (2,3 MW, 2.800 FLH)	24,8	stk.	
138 m mølle (3,5 MW, 3.000 FLH)	37,8	stk.	
150 m mølle (3,5 MW, 3.400 FLH)	42,8	stk.	
150 m mølle (4,2 MW, 3.000 FLH)	45,4	stk.	
180 m mølle (4,2 MW, 3.700 FLH)	55,9	stk.	
Total, nye landvindmøller		stk.	0
Nye landvindmøller, produktion			TJ 0

3.7 Overskudsvarme

Tidsramme 10 min

PtX-løsningerne har en betydelig overskudsvarme som restprodukt. I den opsatte teknologisammensætning for øvelserne her udgør overskudsvarmen ca. 2/5 af den samlede energi i systemet. Maksimal udnyttelse af varmen er selvfølgelig væsentlig. Muligheden for at udnytte den afhænger i høj grad af placeringen af PtX anlæggene, da transportafstanden til varmens mulige forbrugssteder er afgørende i forhold til varmetab. Muligheden afhænger også af, om overskudsvarme fra sommerhalvåret kan lagres.

Det hører derfor med til den gode planlægning at få placeret anlæg hensigtsmæssigt i forhold til varmens udnyttelse. El, CO₂, gas og brændstoffer er relativt let at flytte, da ledningstab er begrænsede, men det er varmen ikke. En anden vinkel på varmeudnyttelse er at få flyttet nye store varmeforbrugere tæt på PtX anlæggene – f.eks. fødevarer virksomheder, vaskerier og væksthuse/producenter.

Endelig kan der arbejdes med varmelagring, så sommerens produktion kan gøre nytte. I øvelsen her er forudsætningen, at varme fra 5 måneders sommerproduktion kan lagres i et stort borehulsanlæg. På baggrund af de produktionsforhold du har angivet i tidligere øvelser beregnes anlæggets størrelse automatisk.

Diskutér i din gruppe:

1.	- Hvordan overskudsvarmen bedst kan udnyttes,
2.	- Om det er realistisk, at få den udnyttet, med det fjernvarmebehov der er i det lokalområde I placerer PtX anlæg i, og om I skal overveje en anden placering af PtX anlæggene af den grund,
3.	- Om I tænker geologien gør det muligt at etablere borehulsanlæg i nærheden af PtX anlæggene (hvis der er nogen i gruppen, der ved noget om geologi).
4.	- Hvilken udnyttelsesprocent af den beregnede nettoydelse af overskudsvarme I finder rimelig på basis af jeres diskussion. Korrigér udnyttelsesprocenten i øvelsestabellen efter hvad I konkluderer.
5.	Hvis I har sænket udnyttelsesprocenten til mindre end 100%, skal I rette i celle A160 i WE2018 endnu en gang. Slet, det I har skrevet i cellen og tast i stedet summen af de 2 lyserøde tal i øvelsestabellen for overskudsvarme.

Borehulsanlæg		
		TJ
Overskudsvarme fra PtX anlæg		0
Varmebehov til SOEC-anlæg		0
Nettoydelse overskudsvarme		0
Andel lagret over 5 måneder (ca. maj-sept)		0
Lagringstab	27%	
Nettoeffekt i fjernvarmesystem fra varmelager*		0
Samlet nettoydelse fra overskudsvarme i fjernvarmen		0
		% udnyttelse af nettoydelse
		100%

*på basis af erfaringer fra system i Crailsheim, Tyskland

	Skala*	Dimensionering
kWh/m ³ rumfang	33	33
Rumfang, m ³	19.000	0
Varmelagre kapacitet, Mwh	627	0
Omregnet TJ	2,3	0
Areal, hektar v. 35 meters dybde på borehuller	0,0625	0,0

*Effekter på basis af varmelager etableret i Brædstrup

3.8 Proteinafgrøder

Tidsramme 20 min

Omlægning af landbrugsproduktionen til reduceret husdyrproduktion eller husdyrproduktion med ændret sammensætning med flere afgrøder til direkte humankonsum og produktion af bæredygtige materialer medvirker til reduceret

klimapåvirkning fra landbruget. Det sker dels ved at færre dyr giver færre emissioner og dels ved at en del proteinafgrøder laver deres eget kvælstof, hvilket reducerer emissioner som følge af tildeling af kunstigt fremstillet kvælstofgødning. Andre "nye" afgrøder er meget effektive til at opsamle kvælstof så udvaskning og emission som lattergas (N₂O) reduceres. Ved dyrkning af flere foderproteinafgrøder til især enmavede dyr (svin og fjerkræ) med henblik på selvforsyning med protein og undgåelse af import vil det samlede husdyrhold også reduceres, da arealbehovet til foderproduktion vokser, men det gør det samlede areal ikke. Der er ved at vise sig et voksende marked for vegetabiliske alternativer til kød, og stigende fokus på selvforsyning med proteinfoder, hvilket begge dele peger i retning af ændrede sædskifter med den beskrevne klimaeffekt. Nogle "nye" afgrøder som f.eks. proteingræs eller roer, hvor toppen bruges til proteinproduktion, giver samtidig en restfraktion, der er velegnet til forgasning i biogasanlæg. Der er derfor et potentiale for at disse afgrøder kan erstatte eventuel mangel på husdyrgødning til biogasproduktion. Det vil typisk være kornarealer der erstattes med proteinafgrøder. Roer er selvfølgelig også oplagte til ethanolproduktion, og det kan pulpen fra græsprotein også være.

	Det skal du gøre	Det opnår du
1	Find bilag WK4_2018.	
2	Find også øvelsestabelen i fanebladet proteinafgrøder.	
2	Kopier tallene for "Dyrket areal lokalt [ha]" for alle afgrøder og indsæt i øvelsestabel 1 som tal.	
4	Udfyld kolonnen "Ændret afgrødesammensætning" i øvelsestabel 1 med dine forventninger til ændret afgrødesammensætning. Husk negativt fortegn, hvor du reducerer arealer. Summen i bunden af kolonnen skal være 0.	
4.1	-Øg arealet af bælgssæd til modenhed med det areal med proteinafgrøder som hestebønner, quinoa o.lign. du tænker vil være forventeligt eller målsat.	
4.2	-Øg arealet med sukkerroer på tilsvarende vis, hvis du tænker en kombineret proteinproduktion fra toppen og ethanolproduktion fra roden er aktuell. Vi har ganske vist ikke været inde på, hvor stor produktion der skal til for en rentabel ethanolproduktion, og regner heller ikke på fortrængningseffekter fra ethanol, men det skal ikke hindre, at du ser på, hvor stor effekten er i landbruget.	
4.3	-Øg arealerne med lucerne og græs- og kløvermark i omdriften (til bioraffinering - proteinproduktion).	
5	Når et areal øges skal et andet reduceres tilsvarende. Vi ved ikke hvilke afgrøder, der i praksis vil blive reduceret til fordel for en anden. Her i øvelsen kan du enten reducere det hele i vinterhvede eller du kan fordele passende ud på alle kornsorter, majs og græs. Du bestemmer.	
6	Overfør de nye tal for afgrødearealer til bilag WK4_2018 (lyserøde celler).	

7	På basis af de arealer du har anført i tabellen bliver ændringen i brugen af kvælstof i handelsgødning beregnet.	
8	Træk den beregnede reduktion i kvælstofanvendelse fra tallet i celle B9 i bilag WK4_2018. Vær opmærksom på, at der er en formel i cellen. Du skal lade formlen stå, gå ind i formeledatoren og skrive [- 'tallet'] efter formlen.	Du har nu korrigeret regnskabet for ændringer i afgrødesammensætning. Kontroller evt. effekten ved at sammenligne udledninger fra afgrødeproduktion i regnskabet for planteavl 2018 med regnskab for planteavl W2018.

Tabel 1

Afgrødertype	Dyrket areal lokalt [ha]	Ændret afgrøde sammensætning [ha]	Nyt areal med afgrøde	Kvælstof norm / ha	Estimeret reduktion i kvælstofforbrug (ton)
Vinterhvede	26.778		26.778	200	0
Vårhvede	1.886		1.886	170	0
Rug	4.728		4.728	158	0
Vinterbyg	9.278		9.278	177	0
Vårbyg	41.643		41.643	150	0
Havre	5.016		5.016	125	0
Triticale og andet korn til modenhed	770		770	185	0
Majs til modenhed	388		388	185	0
Majs til opfodring	IE		0	180	0
Kartofler	361		361	190	0
Lucerne	106		106	0	0
Bælgsæd til modenhed	3.022		3.022	0	0
Sukkerroer til fabrik + Fodderroer	96		96	135	0
Korn og bælgæd til ensilering (helsæd)	6.882		6.882	70	0
Græs- og kløvermark i omdriften + Frø til udsæd	14.163		14.163	300	0
Græsarealer uden for omdriften	12.549		12.549	0	0
Raps i alt + Hør + Anden industrifrø	10.480		10.480	170	0
Kontrol: summen i kolonne E skal være 0.	47.659	0	47.659		0

3.9 Husdyrproduktion

Tidsramme 15 min

Når der udtages arealer fra produktion til vådlægning, skov og solceller, og når nuværende foderafgrøder ændres til proteinafgrøder til humankonsum eller til at erstatte importeret proteinfoder vil husdyrholdet uvægerligt falde. Hvordan et fald i husdyrholdet fordeles på husdyrtyper er vanskeligt at forudsige. Men det vil slå igennem på mængden af husdyrgødning til forgasning og på CO₂ emissionen fra husdyr. I denne opgave er det forudsat at en reduktion i husdyrhold som følge af udtagning af arealer slår ensartet

igennem på den nuværende sammensætning af husdyr, så alle husdyrtyper reduceres forholdsmæssigt. Som følge heraf vil potentialet for opsamling af CO₂ fra biogasanlæg reduceres, medmindre der sker en yderligere omlægning af afgrødesammensætningen over imod afgrøder, der samtidig kan anvendes til fødevarerproduktion, foderproduktion og biogasproduktion - sidstnævnte gennem forgasning af restfraktioner. Det kan f.eks. være gennem proteingræs, sukkerroer eller hamp. Alternativt vil CO₂ fra produktion af ethanol kunne modsvare et tab fra biogas, med brug af de samme afgrøder.

	Det skal du gøre	Det opnår du
1	Nedenfor er en kopi af tabellen "sum af antal dyr" fra bilag WK2_2018 sat ind som tabel 1 uden tal i.	
2	Gå til bilag WK2_2018 og kopier tallene for antal husdyr. Sæt ind i øvelsestabel 1.	
3	Gå til regnskabet for arealanvendelse og kopier celle D11. Indsæt den som tal i øvelsestabel 2, hvor referencen til den er anført.	
4	Gå til regnskabet for arealanvendelse og kopier celle E12. Indsæt den som tal i øvelsestabel 2, hvor referencen til den er anført.	Nu er antal dyreenheder pr. ha i det geografiske område du arbejder med beregnet.
5	Indsæt relevante arealer i de grønne celler jf. de foregående øvelser de korresponderer med.	Nu er reduktionen i dyreholdet som følge af ændret arealanvendelse beregnet.
6	Brug den beregnede procentvise reduktion i dyreholdet til at reducere emissionen af klimagasser i bilagene WK2_2018 og WK3_2018 og reducere mængden af gylle i bilag WK2a_2018. Emissionen af CH ₄ fra staldsystem i bilag WK2_2018 cellerne R24 til R31, emissionen af N ₂ O fra staldsystem i bilag WK3_2018 cellerne R23 til R30 og gyllemængden i cellerne C8 til C11 i bilag WK2a_2018 reduceres med den beregnede procentdel. I bilag WK2_2018 og WK3_2018 burde hver enkelt dyregruppe og emissionerne fra dyregrupperne også reduceres forholdsmæssigt, men vi skal ikke bruge oplysningerne til noget lige nu, så det gøres kun, hvis din ordenssans kræver det.	
7	Kopier tallene for antal dyr efter reduktion (sidste linje i øvelsestabel 2) til de respektive dyregrupper i bilag WK1_2018 celle C7 til C23.	Du har nu beregnet klimaeffekten af et reduceret husdyrhold som følge af udtagning af arealer til anden anvendelse. Du har også beregnet

		et reduceret biogaspotentiale fra husdyrgødning, som ændrer CO ₂ -potentialet til PtX.
8	Effekten af ændringen vil principielt være, at der skal bruges mindre el til PtX, men hvis det antages, at CO ₂ -potentialet opretholdes via restfraktioner fra afgrøder til human konsum/proteinfoder mv. er korrektionen ikke nødvendig.	

Antal dyr lokalt (årsdyr eller producerede dyr)													
Kolonnumrerkater													
Sum af Antal dyr	Kolonnumrerkater		FRATS-svi		Hjortedyr		Pelsdyr		Slagtekalve		Småkalve		Hovedtotal
Rækkemærkater	Ammekøer	Avlstyr	Fjerkrae	Geder / få	Heste	Kvier	Økser	Svin	Småkalve	Stagtekalve	Smågrise	Årsko, Maltr	Årsko
Bindeslald													
Dybstrøelse													
Firland													
Løsdrift / boks													
Løsdrift / boks / bur													
Løsdrift / spalter													
Sengestald													
Hovedtotal													
Tabel 2													
DE/Dyr*, **	0,64	0,24	0,01	0,03	0,17	0,44	0,17	0,504	0,0025	0,03	0,126	0,24	0,24
DE/geografisk område	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Landbrugsareal													
Permanent græs													
Samlet areal i landbrug													
DE/ha													
Reduktion i ha:													
Udtaget løvbund													
Skovrejsning													
Solceller													
Afgøder human konsum/proteinfoder													
Samlet reduktion i ha landbrugsjord og permanent græs:													
Reduktion i dyreenheder i alt													
Reduktion i %													
Reduktion pr dyregruppe													
DE efter reduktion													
Antal dyr i dyregruppe efter reduktion													

* Normal for Husdyrproduktion

**1 dyreenhed svarer til 100 kg kvælstof udskilt af dyr

3.10 Marine virkemidler

Tidsramme 10 min

Dyrkning af tang (makroalger) og muslinger til fødevarer, foder og energi er en nærmest overset mulighed for samtidig at reducere næringsstofbelastningen i de indre danske farvande og at øge biomasseproduktionen. Udbytte i alger er væsentligt højere målt på tørstof pr. hektar end i selv de højst ydende afgrøder på land, og næringsstofsammensætningen af algerne er også sammenlignelig med andre afgrøder - blot er hele algen spiselig i modsætning til f.eks. strået fra korn. Men hverken mennesker eller dyr kan leve på en ren diæt af tang, og derfor skal den i høj grad ses som en afgrøde, der skal raffineres for udvinding af protein mens restfraktionen bruges til energiformål. Ved hjælp af tangproduktion kan biomassepotentialet til energi derfor øges ganske betragteligt, og i hvert fald kompensere for ophørt import af foder/fødevarer og biomasse til energi. Muslinger fungerer på lignende vis som vandrensere og som en højkvalitetsfødevarer og fodermiddel. Desuden ligger der et uudnyttet potentiale i at upcycle skallerne til f.eks. bindemiddel i cement, kosmetik eller kosttilskud. Proteinkvaliteten er meget høj, og systemerne til produktion på liner er fuldt udviklede. I tabel 1 herunder er der lavet beregninger på fortrængningspotentialet fra marine virkemidler ved anvendelse i energisystemet som input til biogas eller biokulproduktion.

Ålegræs er den eneste græsart, der hører til havet. Ålegræs kan ikke umiddelbart spises, men fungerer som habitat for smådyr og fiskeyngel og akkumulerer næringsstoffer og CO₂ i blade og rødder. Danmark har tidligere været nærmest omkranset af ålegræs, men på grund af bl.a. næringsstofbelastning er ålegræsbankerne svundet meget kraftigt ind. Retablering af ålegræs medvirker til CO₂ opsamling og forbedring af havmiljøet - herunder som habitat for havdyr. I tabellen nedenfor er ålegræs derfor medtaget som et virkemiddel.

	Det skal du gøre	Det opnår du
1.	Indsæt de havarealer der kan tænkes anvendt til produktion af muslinger og tang. Der er kun indsat data for søsalat, men hvis du selv kender til produktionsdata for øvrige tangarter kan du indsætte manglende data i tabellen og beregne effekt fra dem også.	
2.	Klimaregnskaberne er ikke forberedt til at inkludere marine virkemidler da de for nuværende ikke indgår i IPCC opgørelsesmetoderne. Men det skal ikke hindre, at man beregner en CO ₂ -effekt fra dem. I "Planteavl W2018" er der tilføjet en kolonne og en række, hvor effekter af marine virkemidler kan opsummeres. Det er det samlede antal hektar med produktion/tilplantning og de samlede CO ₂ - og lattergaseffekter, der skal anføres.	
3.	Gå til regnskab for planteavl "Planteavl W2018"	
4.	Indsæt sumtallet for "Areal i kommunen" fra øvelsestabel 1 i celle X12.	
5.	Indsæt sumtallet for "Fortrængningspotentiale CO ₂ , ton" fra tabel 1 i celle AD12 i Planteavl W2018. Husk negativt fortegn.	
6.	Indsæt sumtallet for "N ₂ O effekt (ton N ₂ O)" fra tabel 1 i celle AF12 i Planteavl W2018. Husk negativt fortegn.	Du har nu korrigeret regnskabet for estimerede CO ₂ -ækv. effekter af at bruge marine virkemidler, forudsat de bruges til grøn energi. Forhåbentlig vil de blive brugt til fødevarer og/eller foder. I så fald slår fortrængningen ikke igennem i Danmark men i 3. land som scope 3. Og det er nok egentlig bedre for klimaet.

CO₂-effekt af marine virkemidler

Produktion	Høst/tilvækst (ton pr. ha)	Tørstof-indhold	Tørstof-høst pr. ha (ton)	Areal i kommunen	Tørstof potentiale (ton)	C-indhold, andel af tørstof	N-indhold, andel af tørstof	Total ton C	Total ton N	Fortrængningspotentiale CO ₂ , ton	Ton C/ha	Ton N/ha	N ₂ O effekt (ton N ₂ O)	N ₂ O effekt (ton CO ₂ -ækv.)	Samlet emissionsreduktion
Muslinger, kød	53	0,09	5	2000	9.474	0,43	0,09	4.105	894,74	15.053	2,05	0,45	6,7	2.000	17.052
Muslinger, skaller	105	0,173	18	2000	36.421	0,2	0	7.284	0,00	26.709	3,64	0,00	0,0	0	26.709
Søstjerner			0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,0	0	0
Konknegle			0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,0	0	0
Østers			0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,0	0	0
Søsalat	53	0,3	16	1000	16.000	0,25	0,023	4.000	368,00	14.667	4,00	0,37	2,8	822	15.489
Sukkertang	12		0		0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,0	0	0
Andet tang			0		0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,0	0	0
Andet tang			0		0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,0	0	0
Ålegræs	NA	NA	NA	1000	NA	NA	NA	2.145	213,00	7.865	2,15	0,21	1,6	476	8.341
Total CO₂-effekt								17.534	1.476	64.293			11,1	3.298	67.591

Kilder:	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af	Søsalat: Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. Høst af
	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver	Ålegræs: Lange et. al., 2020. Storskala-transplantation af Ålegræs - Metoder og perspektiver