



Konsekvenser af klimaforandringer i landbruget samt virkemidler til håndtering af disse

DK2020

Region Midtjylland
Dato: 18. november 2022

Indhold

1.	Introduktion.....	4
2.	Planteproduktion.....	6
2.1	Udfordringer og konsekvenser for planteproduktionen.....	6
2.1.1	Længere vækstsæson og ændret afgrødeudvikling	6
2.1.2	Øget ukrudts-, skadedyrs- og sygdomsbekæmpelse	7
2.1.3	Behovet for vanding stiger	7
2.1.4	Behovet for dræning stiger	8
2.1.5	Øget næringstoftab	9
2.2	Virkemidler til håndtering af klimforandringerne i planteproduktionen	9
3.	Husdyrproduktion	13
3.1	Udfordringer og konsekvenser for husdyrproduktionen.....	13
3.2	Virkemidler til håndtering af klimforandringerne i husdyrproduktionen	13
4.	Referenceliste	15

Forord

Dette notat er udarbejdet i regi af DK2020 Midtjylland, og er 2. del af et samlet beslutningsstøttenotat til de midtjyske DK2020 kommuner.

96 af de danske kommuner har tilsluttet sig DK2020. De første 20 kommuner gik i gang i et pilotforløb i 2019-2020, mens de øvrige kommuner aktuelt er i gang med at udarbejde klimahandleplaner. DK2020 gennemføres i to runder. Første runde af kommuner gennemfører forløbet fra november 2020 til oktober 2022. Kommuner i anden runde startede op i efteråret 2021 og færdiggør forløbet i 2023.

Planlægning og gennemførelse af klimatilpasning i kommunerne skal ikke alene fokuseres i byerne, men også i det åbne land, hvor nuværende og fremtidige klimaforandringer forventes at få konsekvenser for landbrugsproduktionen. Dette notat har til formål at besvare spørgsmålet "*Hvad betyder klimaforandringerne for det at dyrke landbrug?*". Svarene skal understøtte kommunernes vurdering af risikoen ved tørke, hede og ekstrem regn i landbruget, som er en del af de udfordringer, der skal tages hånd om i den danske klimatilpasning.

Notatet er baseret på klimadata fra DMI's KlimaAtlas, og tager udgangspunkt i klimafremskrivninger baseret på et højt CO₂-niveau (RCP8.5). Viden præsenteret om klimaforandringernes betydning for det at dyrke landbrug tager i høj grad udgangspunkt i et kapitel fra en EEA-rapport: "*Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*" og et rådgivningsnotat fra DCA: "*Notat om klimaforandringernes betydning for dansk landbrug*". Hovedforfatteren på begge er førende forsker inden for klimaforandringer i landbrugssektoren i Danmark, Jørgen E. Olesen. Et nyt notat med titlen "*Vidensyntese om klimatilpasning og landbrug*" er i faglig høring i november 2022, hvor blandt andre Jørgen E. Olesen er medforfatter. Rapport forventes endvidere at blive central viden i udarbejdelsen af klimaplaner.

1. Introduktion

Tørke, hede og vind er allerede i dag angivet som en national risiko, hvor det nationale risikobillede for 2022 (Beredskabsstyrelsen, 2022) relaterer fire ud af 14 risici til ekstremt vejr, herunder hedebølge og tørke, storme og orkaner, oversvømmelser fra havet, samt ekstremregn (Beredskabsstyrelsen 2022). Klimaforandringerne understreger endvidere den industrielle landbrugsproduktions sårbarhed, og forventes fremover at give øget anledning til bekymring (Gliessman 2015).

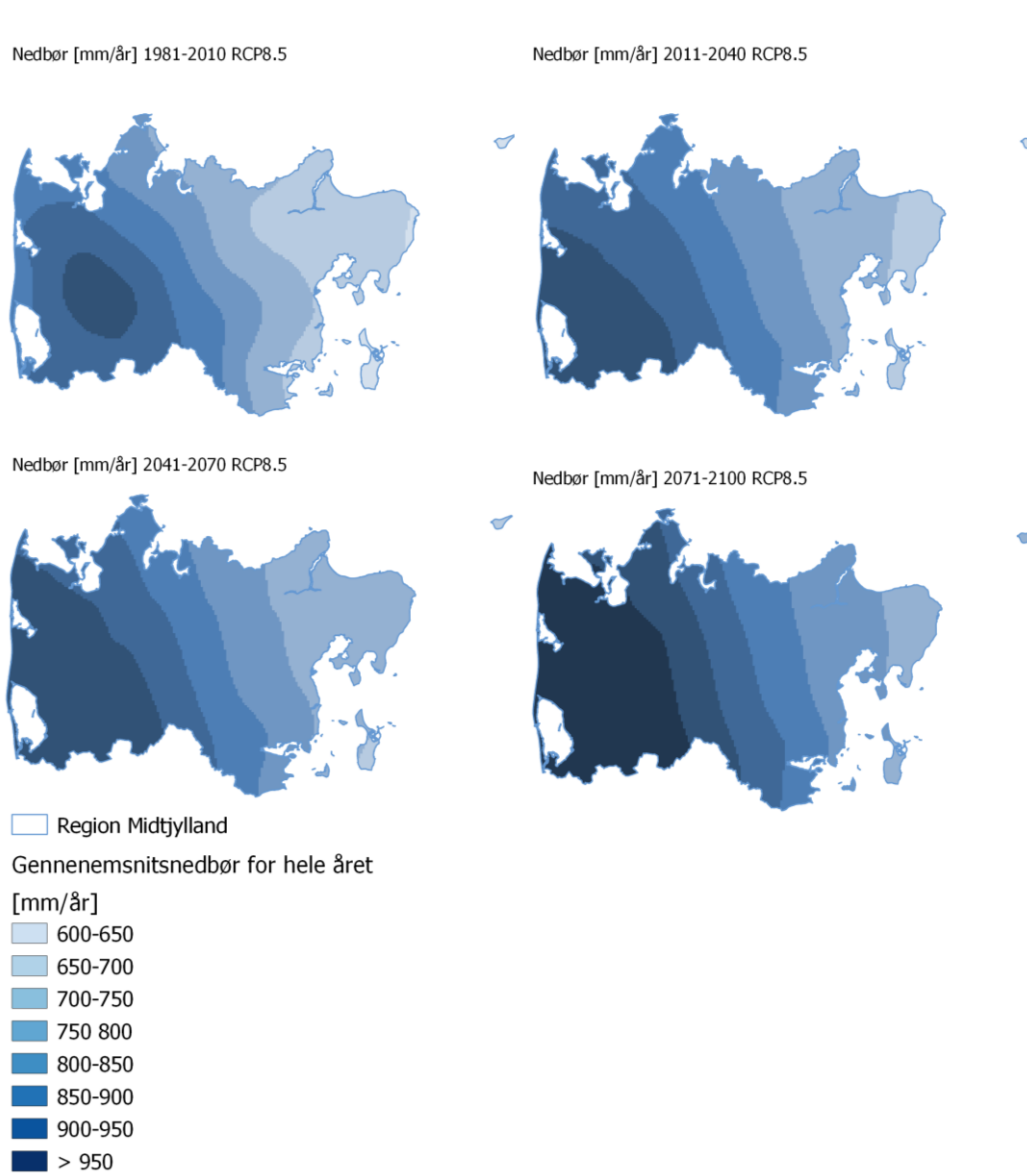
Fremskrivninger baseret på forskellige klimamodeller er enige om retningen af forandringen, men der er variation i forandringernes udstrækning. I nedenstående tabel 1.1 ses en fremskrivning af forventede ændringer i forskellige klimavariabler, som spiller en rolle for landbrugsproduktionen i Danmark.

Tabel 1.1: Forventede klimaforandringer (median af absolut ændring) på årsniveau i Danmark ved et højt CO₂ niveau i atmosfæren (RCP8.5). Fremskrevet for årene 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 med 1981-2010 som referenceperiode (DMI 2022).

Klimavariabel (RCP8.5)	Reference 1981-2010	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Solindstråling	117,06 W/m ²	115,79 W/m ²	114,54 W/m ²	112,91 W/m ²
Gennemsnitstemperatur	8,45 °C	9,36 °C	10,41 °C	11,81 °C
Højeste temperatur	29,41 °C	30,30 °C	31,35 °C	32,90 °C
Laveste temperatur	-11,06 °C	-9,21 °C	-7,16 °C	-4,69 °C
Årets temperaturinterval	29,16 °C	28,54 °C	27,94 °C	27,78 °C
Døgnet temperaturinterval	7,17 °C	7,11 °C	7,02 °C	6,88 °C
Frostdøgn	78,55 døgn	61,59 døgn	45,46 døgn	27,94 døgn
Vækstsæson	249,26 døgn	276,13 døgn	305,31 døgn	331,88 døgn
Antal tørre dage	236,76 døgn	235,32 døgn	237,43 døgn	236,36 døgn
Længste tørre periode	21,61 døgn	21,31 døgn	21,89 døgn	21,86 døgn
Hedeølgedage	1,85 døgn	2,90 døgn	5,13 døgn	9,46 døgn
Ekstremvind	0,10 døgn	0,09 døgn	0,09 døgn	0,13 døgn
Gennemsnitsnedbør	2,03 mm/døgn	2,13 mm/døgn	2,17 mm/døgn	2,31 mm/døgn
Maksimal døgnetnedbør	32,69 mm/døgn	35,03 mm/døgn	36,58 mm/døgn	40,21 mm/døgn
Potentiel fordampning	1,64 mm/døgn	1,66 mm/døgn	1,68 mm/døgn	1,72 mm/døgn
Skybrud	0,33 hændelse/år	0,42 hændelse/år	0,47 hændelse/år	0,57 hændelse/år

Hyppigheden og alvorligheden af perioder med tørke, oversvømmelse og ekstrem varme stiger. Det gælder også de afledte effekter af et generelt varmere klima, hvilket kræver robuste landbrugssystemer (DMI 2022; Gliessman 2015). Hvilke konsekvenser landbrugsproduktioner skal tilpasses efter vil dog variere hen over landet.

Den gennemsnitlige nedbør i Danmark vil stige fra ca. 743 mm/år i referenceperioden 1981-2010 til ca. 776 mm/år mod 2040 svarende til en stigning på ca. 4,5 procent. Slutningen af århundredet forventes en total stigning på ca. 13 procent. På **Error! Reference source not found.** ses udviklingen i årlige nedbørsmængder i Region Midtjylland, hvor alle kommuner i regionen forventes at have en gennemsnitlig årlig nedbørsmængde på over 700 mm i slutningen af århundredet, men med en geografisk variation med mest nedbør i den vestlige del af regionen og mindst nedbør i den østlige del af regionen. Eksempelvis vil den årlige nedbørsmængde omkring Ringkøbing Fjord forventeligt være over 1000 mm og ved Ebeltøft vil nedbørsmængden være over 740 mm i slutningen af århundredet.



Figur 1.1: Fordeling af nedbør (50% fraktilen) over Region Midtjylland for hhv. referenceperioden (1981-2010), start (2011-2040), midt (2041-2070) og slut (2071-2100) århundrede. Klimafremskrivinger er vist ved anvendelse af RCP8.5.

Stigningen i maksimal døgnedbør forventes at være større end stigningen i den gennemsnitlige nedbørsmængde, og hyppigheden af skybrud forventes at stige. Det fører med andre ord til en øget nedbørsintensitet (DMI 2022). Stigningen er dog ulige fordelt hen over året, således at vinternedbøren stiger, og sommernedbøren forbliver ca. den samme. Sommernedbøren vil dog i stigende grad falde som skybrud med flere og længere tørkeperioder imellem (se også notatet "Håndtering af tørke, hede og vind i kommunernes klimatilpasning"). Fremskrivningen forudser endvidere, at de områder af Danmark, hvor der i dag falder mest regn forventes at få endnu mere regn (DMI 2022). Øgede nedbørsmængder har allerede i løbet af de seneste årtier ledt til øget afstrømning i vandløb med en stigning på 2-4 mm/år i Nord- og Vestjylland, en lavere stigning i afstrømningen på Fyn og ingen ændring på Sjælland (Olesen et al. 2022).

Der forventes en stigning i gennemsnitstemperaturen på 0,93 °C frem mod 2040 og frem mod 2070 en stigning på 1,97 °C sammenlignet med referenceperioden 1981-2010. Der forventes endvidere flere døgn med hedebløgedage, færre frostdøgn, længere vækstsæson og øget potentiel fordampning (DMI 2022). Disse faktorer bevirker eksempelvis, at længden på tørkeperioder i fremtiden forventes at stige i Region Midtjylland. Hele regionen vil have tørre perioder på over 20 dage i slutningen af århundredet, og det meste af Djursland og Samsø vil have tørre perioder på 22-23 dage i slutningen af århundredet (se notatet "Håndtering af tørke, hede og vind i kommunernes klimatilpasning").

Ud over geografiske klimavariationer er der også geografiske variationer på jordtyper og produktionsformer. I den østlige del af Jylland samt på øerne er jorden generelt mere leret end vest for højderyggen. Det betyder bl.a., at jordens vandholdende kapacitet er bedre, men også at der er større behov for dræning. Her dyrkes i højere grad korn, raps og specialafgrøder, og husdyrproduktionen er præget af svineproduktion. Vest for højderyggen, hvor jorden generelt er mere sandet og næringsfattig, dyrkes der i højere grad græs og grovfoderafgrøder til mælkeproducenter. I disse områder falder der store mængder regn, og grundvandsdannelsen er høj, men på sandet jord er behovet for vanding også generelt stort (Olesen et al. 2022).

Effekten af klimaforandringer vil være forskellige afhængigt af bl.a. område, afgrødetyper og husdyrproduktioner, og effekterne vil være afhængige af både kort- og langsigtede tilpasningsindsatser. Det er derfor væsentligt, at klimaforandringer både forebygges og tilpasses, og at det sker efter de lokale konkrete forhold.

2. Planteproduktion

2.1 Udfordringer og konsekvenser for planteproduktionen

2.1.1 Længere vækstsæson og ændret afgrødeudvikling

Øget lufttemperatur påvirker vækstsæsonen signifikant. I Danmark er perioden fra den sidste frost i foråret til den første frost i efteråret i perioden 1985-2014 øget med 0,4-0,6 dage om året. Vækstsæsonens længde opgøres ofte som den periode på året, hvor middeltemperaturen er >5°C. Mellem perioderne 1961-1990 og 1990-2020 er vækstsæsonens længde øget med 18 dage, hvoraf 11 dage er i foråret og syv dage er i efteråret. Et fremtidigt endnu varmere klima forventes at resultere i en fortsat tidligere start på vækstsæsonen i foråret og senere slutning i efteråret (Olesen et al. 2017; DMI 2022).

En længere vækstsæson gør det muligt at dyrke nye afgrødetyper, men det vil formentlig også øge spredningen af ukrudt, skadedyr og sygdomme. Muligheden for at dyrke nye arter og sorter vil endvidere være betinget af at vandingsbehovet opfyldes (Olesen et al. 2017).

Ændringer i planters fænologi (tidspunkt for bl.a. blomstring og modning) har betydning for, hvor produktiv en afgrøde er. En længere vækstsæson er korreleret med højere udbytter. Blomstringen af et- og flerårige afgrøder er i

Europa fremskredet med ca. 2 dage per tiende år i de seneste 50 år, hvilket har været medvirkende til tidligere såning, og dermed også tidligere udvikling af afgrøderne. Modning af kerner forventes dog at være mere fremskreden end blomstringen, hvilket forkorter korn-fyldningsperioden, og dermed reducerer høstudbyttet. Hvordan væksten påvirkes, afhænger af afgrødevalg, og en mulig tilpasning vil derfor være at udvælge afgrøder med større varmebehov, da det vil reducere de negative udbytteeffekter af en kortere vækstperiode. Afgrødevalget skal dog balanceres, så der også tages højde for tørkeperioder og oversvømmelser. Forædling af nye sorter med optimeret fænologi til fremtidens klima, er derfor et væsentligt tilpasningsvirkemiddel (Olesen et al. 2017).

2.1.2 Øget ukrudts-, skadedyrs- og sygdomsbekæmpelse

Med et varmere klima og mildere vintre forventes et øget behov for plantebeskyttelse mod ukrudt, skadedyr og sygdomme.

Lige som afgrøderne så påvirkes ukrudtsplanters vækst også af ændringer i atmosfærisk CO₂-koncentration, temperatur, nedbør, jordens vandholdende kapacitet mv. Ukrudtsfloraens sammensætning er ofte betinget af afgrøde og jordtype. Klimaforandringer vil potentielt ændre sammensætningen og udbredelsen af ukrudtsplanter, samt bringe nye ukrudtsplanter til Danmark, hvilket forventes at øge behovet for ukrudtsbekæmpelse. Endvidere kan forhøjet CO₂-koncentration i atmosfæren reducere ukrudtsplanters følsomhed over for herbicider (fx Glyphosat) (Olesen et al. 2022).

Klimaforandringer kan øge behovet for sygdomsbeskyttelse, men det er vanskeligt at forudsige med sikkerhed. Det vurderes generelt, at mildere vintre øger risikoen for, at flere sygdomme overlever. Det vil kunne øge knold- og jordsmitte og medvirke til at svampe kan oparbejde et større smittepotentiale i løbet af vinteren og påvirke afgrøden tidligt i vækstsæsonen. Varmere somre vil endvidere kunne medføre kraftigere epidemier. Omvendt kan et nedbørsfattigt forår mindske angreb fra fugtelskende svampe (Olesen et al. 2022).

Skadedyrsbekæmpelse vurderes endvidere at blive en udfordring med et varmere klima. Et eksempel herpå at bladlus, som fylder mest i skadedyrsbekæmpelsen i landbrugsafgrøder i Danmark. I Midtjylland (og Nordjylland) er gennemsnitstemperaturen 0,5 grader lavere i maj/juni end på Sjælland, Lolland, Falster og i Sønderjylland, hvor der ses de største angreb af bladlus. Højere temperaturer og mildere vintre kan øge angrebene i bl.a. Midtjylland. Det kan endvidere medføre, at de voksne individer kan overvinde, hvilket betyder større aktivitet og opformering tidligt på vækstsæsonen. Sådanne boom i angreb kan potentielt blive gældende for flere kendte skadedyr samt nye arter fra varmere egne (Olesen et al. 2022).

Et øget behov for sygdomsbekæmpelse kan medføre hyppigere fund og højere koncentrationer af pesticider i grundvand og øvrigt vandmiljø.

2.1.3 Behovet for vanding stiger

Klimaforandringer kan føre til både fald og stigning i udbytte, afhængig af afgrødetype, klimatiske og forvaltningsmæssige forhold. Udbyttet påvirkes af kombinerede effekter af ændringer i atmosfærisk CO₂-koncentration, temperatur, nedbør, jordens vandholdende kapacitet og muligheden for vanding. Forventet hyppighed i ekstremhændelser forventes at øge udbyttevariabiliteten og føre til fald i udbytter i fremtiden i hele Europa. Effekterne af meteorologiske forhold og ekstremhændelser varierer endvidere betydeligt afhængigt af tidspunktet for hændelsen og herunder afgrødens udviklingsstadium (Olesen et al. 2017).

De forventede temperaturstigninger og tørke vil føre til øget evapotranspiration i sommerhalvåret, hvilket vil øge behovet for vanding. Behovet for vand kan opfyldes gennem nedbør i vækstsæsonen, jordens vandholdende kapacitet eller vanding. Omkring 20% af landbrugsarealet i Danmark vandes for at sikre høstudbyttet. Tilladelser gives hovedsageligt på sandede jorder og med en begrænset mængde på typisk 100 mm/ha. I 2018, hvor der var en usædvanlig lang tørkeperiode, var behovet for vanding 250 mm/ha i nogle områder. Værdien af det mistede

høstudbytte blev estimeret til 4 mia. kr. det år. Landbruget vil også blive ramt på andre områder af tørke. F.eks. mangel på græs til afgræsning, så tilskuds fodring bliver nødvendig (Olesen et al. 2022).

Tørken i 2018 medførte vedtagelse af Tørkepakken, hvor det bl.a. blev muligt for kommunerne at tildele korttidsindvindingstilladelse for tre måneder. Korttidsindvindingstilladelse skal dog stadig inkludere vurdering af påvirkninger på natur og vandløb. Landbrugets markvandingssboringer påvirker ofte den terrænnære hydrologi og kan derfor påvirke den våde natur og vandløb. Vandløb vil naturligt have en lavere vandføring og vandstand i tørre perioder, og er dermed mere udsat i tørkeperioder, hvis indvindingen også øges. Derved øges risiko og længde af evt. udtørring i vandløbet, hvilket kan betyde at vandløbet ikke kan opfylde miljømålene. Den naturgivne risiko skal der tages hensyn til, når der gives markindvindingstilladelser. Især områder hvor vandindvindingsbehovet er størst, kan typisk også være de områder, hvor vandløbene er mest sårbare og i risiko for sommerudtørring. Tilsvarende gælder for mindre vandhuller og søer i nærheden af en indvinding, der ligeledes kan risikere at udtørre eller få forringet vandkvalitet, hvorved de bliver mindre egnede som yngel- og rasteområde for eksempelvis padden (Sommer 2022). Der vil derfor i fremtiden være et behov for tilpasningsforanstaltninger og en integreret forvaltning, gerne på oplandsniveau, for at imødekomme fremtidige konkurrerende behov for vand til mennesker, landbrug, energi, natur mv.

Nogle steder eksperimenterer enkelte landmænd med sæsonudligning, hvor der graves bassiner til opsamling af drænvand, som kan anvendes til vanding i tørre perioder. Andre steder overvejes det at lukke drænene i tørre perioder for at holde drænvandet i systemet i længere tid.

2.1.4 Behovet for dræning stiger

Klimaforandringerne medfører øget nedbør og nedbørsintensitet, særligt i vinterhalvåret. Det vil i nogle områder, særligt på lavbundsjord og leret jord, øge risikoen for oversvømmelse, med deraf følgende forringede høstudbytter og afgræsningsforhold.

Jordpakning forårsages primært ved anvendelse af tunge maskiner i et vådt klima på pakkingsfølsomme jorder. Risikoen for jordpakning i både over- og underjord øges med et vådere klima, hvilket fører til øgede problemer med hæmmet rodvækst og planteudvikling, lattergasudledninger, erosion og ikke mindst dårligere afdræning. Dårlig afdræning forkorter perioden for planteetablering, og kan betyde, at etablering af afgrøder forringes. Det udløser behov for øget intensiv jordbearbejdning. Mere intensiv jordbearbejdning øger risikoen for jordpakning, hvorved der dannes en ond spiral. Jordpakning og øget nedbør øger endvidere risikoen for erosion forårsaget af rindende vand på jordoverfladen, dvs. vanderosion. Marker der er veldrænende, har et højt kulstofindhold, har plantedække og er fri for pakkede områder fra tunge maskiner er mere robuste overfor vanderosion (Olesen et al. 2022).

God afdræning er i dag, og bliver i højere grad i fremtiden, en forudsætning for at afgrøder kan sås tidligt i både forårs- og efterårsmånederne. Dræning vil både bidrage til at opnå høje udbytter, som ofte er betinget af tidlig såning og at rødderne ikke står i vand og mangler ilt (Olesen et al. 2022).

Det er dog ikke muligt at løse problemerne alene med dræn. Stort set alle landbrugsarealer med et dræningsbehov er i dag drænede. Dræning er for alvor startet omkring 1900, hvor de blev lagt i en dybde af ca. 1-1,5 meter under terræn. I dag er drænene ved at være udtjent mange steder, både fordi de går i stykker, og fordi de er dimensioneret til et andet klima, hvor grundvandsstanden ofte var lavere og nedbøren mindre intens. Gendræning er dog ikke uproblematisk. Dræning af jord, særlig lavbundsjord, har bevirket at jorden har sat sig og terrænniveauet sænket, hvilket giver udfordringer, når vandet skal ledes til vandløb ved gravitation. En dybere placering af drænet er ikke altid en mulighed pga. manglende fald og øget risiko for okkerudvaskning i okkerpotentielle områder, hvilket kan skade

vandløbets biologi. Desuden medfører klimaforandringer i nogle områder væsentlig højere grundvandsstand, som øger belastningen i eksisterende dræn/vandløb og heraf forringet ledig afvandingsskapacitet.

I visse områder vil landbrugsarealer fremadrettet kun kunne afdrænes ved pumpning, så behovet for pumpelaug må forventes at stige. Dette løser umiddelbart udfordringer med at fjerne vand fra markarealet, men gør systemet mere statisk, da vandet ikke på samme måde har mulighed for at løbe tilbage i drænrør og opstuve ved oversvømmelser. Dette kan betyde at vandløbet andre steder hyppigere går over sine bredder med skade på markarealer, huse og infrastruktur til følge. Uanset hvordan arealer drænes, kræves der tilladelse til udledning af drænvand, da det kan påvirke hydrologien og biologien i vandløb, og modarbejde opfyldelse af EU's vandrammedirektiv, samt øge oversvømmelsesrisiko andre steder i vandløbssystemet. Udtagning af lavbundsgrunde bør derfor i høj grad tænkes ind i klimatilpasningsstrategier (Sommer 2022).

2.1.5 Øget næringstoffab

Med et varmere klima med både længere tørre perioder og kraftigere regnskyl, øges risikoen for tab af næringsstoffer (primært kvælstof og fosfor). Det kan både have konsekvenser for landmandens økonomi i form af reducerede udbytter og for vandmiljøet i både søer, vandløb og fjorde, hvor det i værste fald kan skabe iltsvind, som har en lang række negative følgevirkninger. Endvidere er kvælstof i grundvandet i form af nitrat uønsket af hensyn til drikkevandskvaliteten.

Særligt øgede temperaturer i efterårs- og vinterperioden øger omsætningen af organisk materiale, hvilket gør den mere tilgængelig for udvaskning. Dette sammenholdt med stigende, mere intense nedbørsmængder, der øger afstrømningen øges risikoen for næringsstofudvaskning. Klimaforandringer påvirker endvidere kvælstofudvaskningen indirekte, da klimaekstremer som ekstrem nedbør og tørke påvirker afgrødens vækst og dermed næringsstoffoptag, hvilket kunne ses i 2018, hvor kvælstofoverskuddet i markbalancen var rekordhøjt (Blicher-Mathiesen et al. 2021).

Iltsvind i vandmiljøer forekommer også naturligt, men kun i stærkt begrænset udstrækning og typisk i sedimentationshuller. Det er øget tilførsel af næringsstoffer (eutrofiering), der skaber grundlaget for iltsvind og vejforhold, der afgør udbredelse, intensitet og varighed. Klimaforandringer forventes at forstærke effekten af eutrofiering i vandløb, søer og havmiljøet. Stigende temperatur stimulerer iltsvind, da varmere vand indeholder mindre ilt, øger forbruget af ilt og styrker lagdelingen af vandsøjlen i søer og hav, som reducerer ilttilførslen til bundvandet. Vandløb vil også i højere grad være udsat for iltsvind i varmere perioder, hvor iltindholdet falder og vandføringen ofte er reduceret (Olesen et al. 2022; DCE 2022).

På kommunalt niveau er der særligt et behov for at have fokus på at reducere næringstoffab til vandløb og søer, hvis miljømålene i Vandrammedirektivet skal opfyldes.

2.2 Virkemidler til håndtering af klimaforandringerne i planteproduktionen

Nedenstående Tabel 2.1 giver et overblik over nogle af de største klimapåvirkninger i planteproduktionen, virkemidler til at håndtere disse samt eksempler på afledte effekter af det enkelte virkemiddel.

Tabel 2.1: Oversigt over virkemidler til at reducere påvirkningen af klimaforandringerne i planteproduktionen.

Klimapåvirkning	Virkemidler/ tilpasninger	Direkte effekter	Synergieffekter	Potentielle problematiske afledte effekter
Øget variation i høstudbytte af flere ekstremhændelser, herunder hede, tørke, ekstrem regn samt ændret aفرødecyklus	Ændringer i aفرødevalg til mere robuste planter og systemer, herunder forædling af arter og sorter	Stabilt og højt udbytte Forskning i plantegenomer	Optimeret ressourceudnyttelse, herunder vand, gødning, energi Nytænkning af dyrkningssystemer Nye aفرødetyper Reduceret næringsstofudvaskning	Ændret indkomst hos landmændene Behov for ændret regulering ift. fx gødskning, etablering af efteraفرøder, mm.
	Flerårige aفرøder	Robuste aفرøder, herunder græsser, med dybere rodnet Mindre jorderosion	Optimeret ressourceudnyttelse, herunder vand, gødning, energi Flerårige aفرøder vil reducere behovet for jordbearbejdning Mere græs til bioraffinering til fødevarer, foder, energi og materialer Reduceret næringsstofudvaskning	Ændret indkomst hos landmændene Behov for ændret regulering ift. fx gødskning, etablering af efteraفرøder, mm.
	Ændring af tidspunkter for såning og høst	Optimering af sånings- og høsttidspunkt giver optimeret udbytte	Tidligere høst giver bedre mulighed for efteraفرøder	Behov for ændret regulering ift. fx gødning og jordbearbejdning Senere såning af vinteraفرøder kan øge risikoen for kvælstofudvaskning. Omvendt kan for tidlig såning øge behovet for skadedyrs- og sygdomsbekæmpelse Tidligere såning kræver veldrænede marker
Øget jordpakning afledt af våde forhold kombineret med tunge maskiner	Reduceret jordbearbejdning, herunder faste kørespor og lettere maskiner	Forbedret jordkvalitet Reduceret risiko for vanderosion	Mindre energi til tunge maskiner	Øget behov for herbicider ved reduceret jordbearbejdning

	Flerårige afgrøder med stor rodmasse	Robuste i ekstremhændelser Forbedret jordkvalitet Reduceret risiko for vanderosion	Mere biodiversitet i jorden	Kræver fortsat forskning Ikke altid et favorabelt marked sammenlignet med etårige afgrøder
	Biochar til kulstofopbygning	Forbedret jordkvalitet		Er fortsat en forholdsvis ny teknologi
Øget behov for dræning eller tilbagetrækning afledt af øget og mere intense nedbørshændelser og jordpakning	Fornyelse af eksisterende dræn eller etablering af pumpelaug	Mulighed for tidligere såning Reduceret risiko for vanderosion	Øget plantevækst og udbytte, forbedring af næringstofoptag Tidligere såning gør vårafgrøder mere robuste i hede- og tørkeperioder	Problemer med afledning af drænvand Kan konflikte med målopfyldelse af vandløb Ikke altid en realistisk mulighed
	Tilbagetrækningsstrategi på lavbundsgrunde	Etablering af arealer der skal tåle oversvømmelser	Mere natur Mulighed for opstuvning af vand på terræn Kulstofopbygning og reduceret næringstofudvaskning	Ofte ikke ønsket af lodsejer Økonomisk dyrt at omlægge
Øget behov for markvanding afledt af perioder med høj varme og tørke	Øget indvinding til markvanding	Sikring af høstudbytter	Økonomisk sikring for landmanden Minimering af næringsstofftab til vandmiljøet	Øget indvinding kan påvirke målsatte vandløb, sårbar natur og arters sæsonmæssige reproduktion
	Dispensation/korttidsindvindingstilladelse i kritiske situationer	Opfyldelse af vandingsbehov på tørkeramte arealer Sikring af høstudbytter	Økonomisk sikring for landmanden Mulighed for at dyrke flere afgrødetyper Minimering af næringsstofftab til vandmiljøet	Øget indvinding kan påvirke målsatte vandløb, sårbar natur og arters sæsonmæssige reproduktion
	Ændret markvandingsmønstre, vanding om natten	Mindre fordampning fra vanding og dermed bedre vandudnyttelse	Mindre påvirkning på våd natur	Kræver flere vandingsmaskiner, da der kun kan vandes halvdelen af døgn.
	Sæsonudligning ved opsamling af vand i regnfulde perioder	Opfyldelse af vandingsbehov på arealer i tørkerisiko	Økonomisk sikring for landmanden	Er ikke et udbredt virkemiddel i det danske landbrug, potentiel

		Sikring af høstudbytter	Mulighed for at dyrke flere afgrødetyper	lovgivningsmæssige benspænd
	Intelligent drænsystem	Aflukning af dræn, så vand tilbageholdes i længere tid i drænet	Reducerer behovet for markvanding	Temperaturen på drænvandet vil evt. øges
Behov for ukrudts-, skadedyrs- og sygdomsbekæmpelse afledt af flere klimatiske faktorer såsom mildere vintre	Udvikling af dyrkningssystemer og sorter med øget modstandsdygtighed	Robuste landbrugssystemer med reduceret pesticidforbrug	Reduceret risiko for grundvandsforurening	Udvikling af robuste modstandsdygtige sorter tager tid
	Udvikling af abiotisk og biologisk plantebeskyttelse	Håndtering af ukrudt, skadedyr og sygdomme med reduceret brug af pesticider	Reduceret risiko for grundvandsforurening Reduceret risiko for resistens overfor pesticider	Alternativer til pesticider er ikke nødvendigvis effektive nok Der mangler viden på området
Behov for beskyttelse af vandmiljøet afledt af tørke, øget temperatur, jordpakning og vanderosion	Dyrkning af afgrøder og efterafgrøder i efterårs- og vinterperioden	Reducering af næringsstoffetabet	Forbedring af vandmiljø	Kan konflikte med markerplaner og efterspørgslen på afgrøder
	Fokus på konsekvenserne af indvindings- og dræningstilladelser i kommunerne	Fokus på vandmiljøers målopfyldelse	Bidrage til opfyldelse af miljømål	Konflikter med landbrugets øgede behov for vanding og dræning

3. Husdyrproduktion

3.1 Udfordringer og konsekvenser for husdyrproduktionen

Klimaforandringer forventes at kunne få betydning for dyrevelfærd og husproduktionen i Danmark (Beredskabsstyrelsen 2022). Der vil være forskellige udfordringer knyttet til intensive og ekstensive produktionssystemer (Tabel 3.1).

Høje temperaturer forventes at kunne påvirke husdyrvelfærden i særligt ekstensive systemer. Både direkte fx i form af varmestress hos bl.a. køer og høns samt solskoldninger hos grise i udendørs systemer, men også indirekte via adgang til foder og vand, da ændrede nedbørsmønstre vil kunne lede til våde og mudrede arealer og reduceret høstudbytte i både intensive og ekstensive systemer (græsningsarealer mm.). For græssende dyr vil længere perioder med både tørke og regn betyde mangel på føde, hvis græssværen udtørres eller oversvømmes og optrædes. Dog vil græsareal generelt være mere robust overfor klimaekstremer, end andre afgrøder, som er særligt vigtige i intensive systemer (Tabel 3.1). Varme- og hedebølger kan endvidere medføre øget energiforbrug til klimaanlæg i staldene.

Våde udearealer samt høj luftfugtighed i stalde kan også påvirke dyresundheden, da disse forhold forbedrer vækstbetingelser for bakterier, hvilket kan øge hyppigheden af fx yverbetændelse og lede til dårlig klovsundhed (Olesen et al. 2017).

Udover klimaforandrings negative påvirkning på dyrevelfærd og -sundhed vil det også påvirke produktionsegenskaberne negativt. Reduceret tilvækst og nedgang i mælkeydelse er eksempler på udfordringer, der kan have store økonomiske konsekvenser for landbruget (Olesen et al. 2022).

3.2 Virkemidler til håndtering af klimaforandringerne i husdyrproduktionen

Nedenstående Tabel 3.1 giver et overblik over nogle af de største klimapåvirkninger i hhv. intensive og ekstensive husdyrproduktioner samt virkemidler og tilpasninger til at håndtere disse.

Tabel 3.1: Udfordringer og tilpasningsløsninger til klimaforandringernes påvirkning af husdyrproduktioner. Efter ETC-CCA i Olesen et al. 2017.

	Intensive husdyrproduktioner (stor afhængighed af eksterne ressourcer så som foder og kunstgødning, begrænset eller ingen græsning, monokultur)		Ekstensiver husdyrproduktioner (mindre afhængig af eksterne ressourcer, græsning, diversitet i systemet)	
Klimaforandringer	Klimapåvirkninger og udfordringer	Virkemidler/tilpasninger	Klimapåvirkninger og udfordringer	Virkemidler/tilpasninger
Øgede temperaturer og ekstreme temperaturer	Dyr på stald er beskyttet mod ekstremer, men højproduktivitetsdyr er mere modtagelige for varmestress; der produceres yderligere	Forbedre ventilation og staldforhold; valg af /forædling af racer, der genetisk er mere	Græssende dyr er udsat for ekstreme temperaturer, men lavproduktivitetsdyr er mere modstandsdygtige	Etablering af skyggearealer på græsgange; træer, buske og læhegn bryder direkte indstråling fra solen og skaber samtidig

	varme af dyr i umiddelbar nærhed som kan kræve mere køling	modstandsdygtige over for varmestress	over for varmestress; tørke og oversvømmelse vil have effekt på græssværen og dermed produktiviteten	behagelige mikroklimaer, træer der giver skygge kan også forbedre modstandsdygtigheden af græssværen under ekstremhændelser; valg af /forædling af racer, der genetisk er mere modstandsdygtige over for varmestress
Spredning og øget forekomst af sygdomme	Opstaldede dyr undgår mange patogener, men et stort antal dyr der holdes tæt sammen, øger den potentielle smittefare	Brug af antibiotika (begrænset grundet øget risiko for resistens); nye medicinske indgreb, herunder brug af foder og kosttilskud; overvågning af sundhedstilstand; valg af /forædling af racer, der genetisk er mere modstandsdygtige	Græssende dyr forventes at være mere modtagelige for leverikter (leverparasit) og andre patogener ved klimaforandringer som øger risikoen, mindre besætninger og mere mangfoldighed reducerer smittefaren	Brug af antibiotika (begrænset grundet øget risiko for resistens); nye medicinske indgreb; overvågning af sundhedstilstand; valg af /forædling af racer, der genetisk er mere modstandsdygtige; arealforvaltning der reducerer påvirkningen af patogener
Øget afgrøde- og græsproduktion; ændringer i ernæringsmæssig kvalitet	Det er muligt at identificere og importere foder med optimal kostsammensætning og kontrollere diæter på individuel basis, men ændringer i ernæringsmæssig kvalitet skal udforskes	Forbedre effektiviteten af næringsstofoptagelse fra foder og lave forudsigelser af virkningen af ændringer i ernæringskvalitet; identifikation af bedste afgrøder og forvaltningstilgange under forskellige betingelser	Øget græsgang og produktivitet på græsmarker kan forbedre husdyrproduktiviteten og forbedre produktiviteten af egenproduktion af foderafgrøder, men kvaliteten kan variere	Forbedre effektiviteten af næringsstofoptagelse fra foder og lave forudsigelser af virkningen af ændringer i ernæringskvalitet; identifikation nye græsningstilgange og supplerende foder
Øget pres på vandressourcer	Intensive produktionssystemer bruger store mængder af vand; øget forbrug af kraftfoder øger behovet for vand	Mere effektiv opsamling, opbevaring og transport af vand; regulering for at minimere efterspørgsel på vand; forbedre forvaltningen af vand	Forsyning af vand i marken kan være vanskelig og ineffektiv; tørke kan reducere udbyttet på græsarealerne	Skygge kan reducere vandbehovet; mere effektiv opbevaring og transport af vand; forbedre forvaltningen af vand
Øget variabilitet i afgrøde- og græsudbytter	Afhængighed af ekstern import af foder medfører sårbarhed over for prisstigninger; afkobling fra lokal foderproduktion reducerer påvirkningerne i det lokale klima; øget nedbør øger jordpakningen fra høst af græsarealer	Anvendelse af egenproduktion af proteinafgrøder; øget diversitet i dyrkede foderafgrøder; ændring af dyrkningspraksis med fx præcisionsdyrkning for at begrænse jordpakning	Variationer i lokale forhold kan påvirke græsvæksten negativt og foderafgrøder i egenproduktionen, men systemerne er robuste mod varierende foderpriser; øget nedbør og oversvømmelse af marker kan reducere tilgængeligheden af arealer til græsning	Forbedre systemer (fx brug af bælgfrugter i græsblandinger og skovlandbrug); forvaltning der kan øge modstandsdygtigheden over for ekstreme forhold; begrænse afgræsning i meget våde perioder; forbedre drænforhold på våde arealer

4. Referenceliste

Beredskabsstyrelsen, 2022. *Nationalt Risikobillede 2022, Birkerød: Beredskabsstyrelsen*

Blicher-Mathiesen et al., 2021. *LANDOVERVÅGNINGSOPLANDE 2020 – NOVANA, Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, nr. 472*

DMI, 2022a. *DMI KlimaAtlas. Weblink: <https://www.dmi.dk/klima-atlas/data-i-klima-atlas/>*

DCE 2022, Jens Würbler Hansen & David Rytter. 2022. *Iltsvind i danske farvande 1. juli – 24. august 2022. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 24 s. Rådgivningsnotat nr. 2022|59*

Gliessman, Stephen R. 2015. *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems, Third edition.*

Olesen, J.E., Niemeyer, S., Roggero, P.P., Lehtonen, H., Schönhart, M., Kipling, R. 2017. *Agriculture. In: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. EEA Report No. 1/2017. European Environmental Agency, Copenhagen, Denmark, p. 223-243.*

Olesen, J.E. et al., 2022. *Notat om klimaforandringernes betydning for dansk landbrug. Rådgivningsnotat. DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug.*

Sommer, Liane, 2022. *Telefoninterview med fagperson i NIRAS d. 17. november 2022.*