



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Resultater af markforsøg på Langeland 2010-
2015 i 'Projekt II – Screening af Switchgrass på
Langeland'

Forsøg med prærie- hirse (switchgrass)





Præriehirseforsøget ved Tranekær på Langeland, fotograferet 4/8 2011. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).

Titel:

Forsøg med præriehirse (switchgrass). Resultater af markforsøg på Langeland 2010-2015 i 'Projekt II – Screening af Switchgrass på Langeland'

Udarbejdet for:

CEBI Invest Aps
Kædebyvej 65
5932 Humble
v. Bjarne Møller Petersen

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Agro Food Park 15, Skejby
8200 Aarhus N
Miljøteknologi

Maj 2016

Forfatter: Søren Ugilt Larsen

Indholdsfortegnelse

1. Sammen drag	4
2. Indledning	6
3. Forsøgsbeskrivelse	7
3.1. Forsøgsdesign og forsøgsbehandlinger	7
3.2. Målinger af udbytte, Nmin og metanpotentiale	12
4. Resultater og diskussion.....	14
4.1. Biomasseudbytte	14
4.2. Nmin i jorden	21
4.3. Metanpotentiale i biomassen	23
4.4. Videre udviklingsmuligheder	26
5. Referencer.....	27

1. Sammendrag

Der er i 2010 anlagt et sortsforsøg på Langeland med 3 sorter og en sortsblending af præriehirse. I årene 2011-2013 er der målt råvareudbytte ved vinterhøst i marts-april efter 2.-4. vækstsæson, og i 2014-2015 er der målt tørstofudbytte ved hhv. efterårshøst i november og vinterhøst i marts-april efter 5.-6. vækstsæson. I årene 2012-2015 er forsøget desuden opdelt i to dele gødsket med hhv. 0 og 50 kg N pr. ha pr. år. Der er i flere år udtaget jordprøver for analyse af mineralsk kvælstof i præriehirsecforsøget og i nabo-
marken med traditionelle landbrugsafgrøder. Endvidere er der målt metanpotentiale i biomasseprøver udtaget ved hhv. efterårshøst og vinterhøst. Der er opnået følgende hovedresultater fra forsøgsarbejdet:

Effekt af sort på udbytte: Sorten Cave-in-Rock opnåede samlet set det største gennemsnitsudbytte over 2. til 4. vækstsæson med 98 hkg råvare pr. ha pr. år ved vinterhøst, mens Kanlow pga. kraftig udvintring i første vinter gav det laveste udbytte på 64 hkg råvare pr. ha pr. år. I 5. og 6. vækstsæson opnåede sorterne Carthage og Cave-in-Rock samt sortsblandingen udbytter på 65-88 hkg tørstof pr. ha pr. år ved vinterhøst i 5. vækstsæson og 92-96 hkg tørstof pr. ha pr. år i 6. vækstsæson (gennemsnit af gødningsniveauer). Med antagelse om 85 procent tørstof ved høst i 2. til 4. vækstsæson så har Carthage, Cave-in-Rock og sortsblandingen over perioden 2. til 6. vækstsæson givet højest udbytte med hhv. 83, 81 og 78 hkg tørstof pr. ha pr. år, mens Kanlow har givet 69 hkg tørstof pr. ha pr. år.

Effekt af gødskning på udbytte: Effekten af gødskning varierede meget mellem år og mellem sorter. Som gennemsnit af sorterne gav gødskning med 50 kg kvælstof pr. ha pr. år et merudbytte på 7 og 20 procent (råvaremængde) ved vinterhøst i hhv. 3. og 4. vækstsæson og 45 og 3 procent (tørstofmængde) i hhv. 5. og 6. vækstsæson. Effekten af gødskning kan dog ikke testes statistisk, hvorfor resultaterne bør tages med forbehold.

Effekt af høsttid på udbytte og tørstofindhold: I 5. og 6. vækstsæson, hvor der er målt udbytte både ved efterårshøst i november og ved vinterhøst i marts-april, er tørstofudbyttet generelt faldet med mellem 23 og 30 procent (19-40 hkg tørstof pr. ha) ved at vente med høst til marts-april. I 5. vækstsæson er der ved 50 kg kvælstof pr. ha dog oplevet stigning i tørstofudbytte for to af sorterne, hvilket vurderes at være urealistisk og må tilskrives en forsøgsfejl. Tørstofindholdet er i alle tilfælde markant højere ved vinterhøst end ved efterårshøst med en stigning fra 31,0-45,7 procent i november til 74,1-87,7 procent i marts-april.

Udvikling i udbytte over tid: Da der i 1. vækstsæson ikke er målt udbytte og i 2. til 4. vækstsæson kun er målt råvareudbytte, så kan der ikke laves en fuldstændig udbytteprofil for 1. til 6. vækstsæson. Men med antagelse om 85 procent tørstof ved vinterhøst i 2. til 4. vækstsæson så har udbyttet varieret markant fra 2. til 6. vækstsæson. Med et relativt højt udbytte i 6. vækstsæson tyder resultaterne på, at udbyttet endnu ikke er begyndt at falde pga. afgrødens alder. For sorten Carthage, der generelt har været blandt de bedste sorter, har tørstofudbyttet varieret mellem 58 og 103 hkg tørstof pr. ha pr. år med et gennemsnitligt udbytte på 83 hkg tørstof pr. ha. Med et gennemsnitligt gødningsniveau på 25 kg kvælstof pr. ha pr. år så tyder disse resultater på, at præriehirse kan yde et ganske højt udbytte over en årrække selv med et ganske lavt gødningsinput. Til sammenligning har det gennemsnitlige tørstofudbytte i vinterhvede for Landsdelen Fyn i årene 2011-2015 været 116 hkg tørstof pr. ha (66 hkg kerne og 50 hkg halm pr. ha), men udbyttet i vinterhvede er betinget af en væsentligt større anvendelse af gødning og planteværnsmidler.

Nmin-målinger i præriehirse og traditionelle afgrøder: Indholdet af mineralsk kvælstof (Nmin) i jord med præriehirse var lavt og generelt lavere end i andre afgrøder, når præriehirsens ikke gødskes med kvælstof. Når præriehirsens gødskes med 50 kg kvælstof pr. ha, så synes Nmin-indholdet at være omtrent på niveau med niveauet i jord med traditionelle afgrøder, selv når der er tale om enårige afgrøder med relativt kraftig kvælstofgødsning såsom vinterraps og vinterhvede. Dette tyder på, at præriehirse generelt har lavt gødskningsbehov, hvilket også understreges af, at der i en del tilfælde kun var et beskedent merudbytte ved at tilføre 50 kg kvælstof pr. ha.

Metanpotentiale i præriehirse ved efterårshøst og vinterhøst: Metanpotentialet i biomassen var betydeligt højere ved efterårshøst end ved vinterhøst af præriehirse. Som gennemsnit af sorterne Cave-in-Rock og Carthage var metanpotentialet efter 59 dages udrådning 173 og 136 Nl metan pr. kg VS ved hhv. efterårshøst og vinterhøst, altså en reduktion på 22 procent ved vinterhøst. Metanpotentialet var 11-16 procent lavere for sorten Carthage end Cave-in-Rock, og sorterne reagerede ens på høsttid. Da både udbyttet af organisk tørstof og metanpotentialet i det organiske tørstof falder fra november til marts-april, bliver det samlede metanudbytte pr. ha i størrelsesordenen 40-52 procent lavere ved vinterhøst end ved efterårshøst.

Videre udviklingsmuligheder: For at kunne give mere generelle anbefalinger for dyrkning og anvendelse af præriehirse under danske forhold er det relevant med yderligere udvikling og afprøvning. Dette kan bl.a. omfatte 1) afprøvning af dyrkning på flere forskellige lokaliteter med forskellige jordbundstyper, hydrauliske forhold, nedbørsforhold m.m., 2) screening af et større udvalg af sorter med henblik på udbytte og overvintring under danske forhold, 3) udvikling af strategi for ukrudtsbekæmpelse inkl. afdækning af præriehirsens tolerance overfor forskellige ukrudtsmidler, 4) nærmere undersøgelser af behov for gødsning af præriehirse under hensyn til både udbytte, økonomi og miljø, 5) belysning af anvendelsesmulighederne for biomassen samt behovet for at tilpasse høsttidspunkt og høstfrekvens til anvendelsen.

2. Indledning

Præriehirse (switchgrass på engelsk, *Panicum virgatum* på latin) er en flerårig, tuedanende græsart, der oprindeligt stammer fra Nordamerika. Præriehirse er ligesom majs og elefantgræs en C4-plante, dvs. den er forholdsvis varmekrævende, men under lune forhold har den til gengæld en mere effektiv fotosyntese end C3-planter. I forsøg i Nordvesteuropa (England, Tyskland og Holland) har præriehirse givet op til 18 tons tørstof pr. ha pr. år, mens udbyttet i forsøg i Sydeuropa har været op til 25 tons tørstof pr. ha pr. år (Elbersen, 2001). Der findes forskellige sorter/typer af præriehirse, som er tilpasset forholdene på forskellige breddegrader, og der skelnes mellem 'upland-typer' som er kortere og mere tolerante overfor kulde og tørke sammenlignet med 'lowland-typer' (Allison *et al.*, 2012).

Præriehirse kan ligesom elefantgræs være en mulig afgrøde til biomasseproduktion, hvor biomassen enten høstes sidst på efteråret (efterårshøst) eller sidst på vinteren (vinterhøst). Ligesom for andre flerårige afgrøder formodes der at være en begrænset udvaskning af næringsstoffer fra rodzonen under præriehirse, hvorfor afgrøden har en bedre miljøprofil end de fleste enårige afgrøder.

Præriehirse er en ny afgrøde i Danmark, hvorfor der er en række ubesvarede spørgsmål om afgrødens dyrkning og potentialer, herunder biomasseudbytte over en årrække, biomassens kvalitet og anvendelighed samt betydningen af sort, gødskning og høsttidspunkt for udbytte og kvalitet.

For at belyse nogle af disse spørgsmål har CEBI på Langeland i perioden 2010-2015 gennemført dyrkningsforsøg med præriehirse. Projektet har bl.a. omfattet et sortsforsøg, der blev anlagt i 2010 ved Tranekær. Forsøget er videreført i perioden 2014 til 2015 (5. og 6. vækstsæson) i regi af projektet 'Projekt II – Screening af Switchgrass på Langeland', der er finansieret af PlanDanmark. AgroTech (fra 1. januar 2016 Teknologisk Institut) har forestået planlægning og koordinering af forsøgsaktiviteterne i perioden samt analyser af biomasseprøver og opgørelse af resultaterne. Landboforeningen Centrovic har sammen med CEBI forestået det praktiske forsøgsarbejde i markforsøget, herunder gødskningsbehandlinger, udbyttmålinger og udtagning af biomasseprøver og jordprøver. DLF-Trifolium har fremskaffet og sponsoreret frø til forsøget. Sorterne blev udvalgt med hjælp fra Wolter Elbersen, seniorforsker ved Wageningen Universitet i Holland.

I denne rapport præsenteres de opnåede resultater fra markforsøget ved Tranekær.

3. Forsøgsbeskrivelse

3.1. Forsøgsdesign og forsøgsbehandlinger

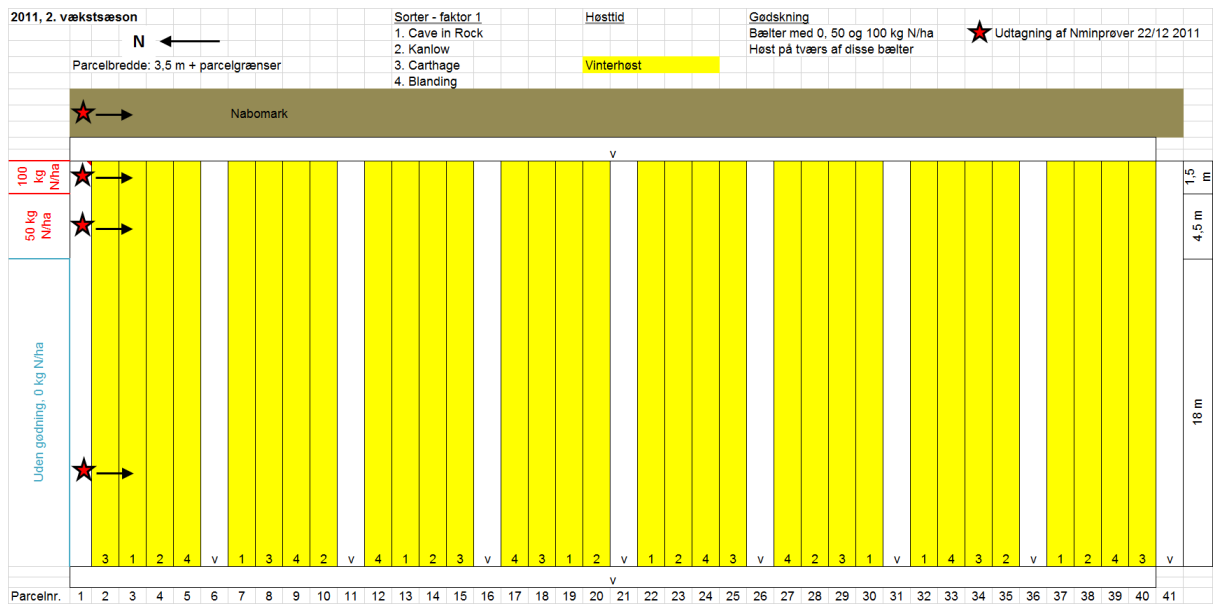
I 2010 blev der anlagt et sortsforsøg i præriehirse ved Tranekær på Langeland på JB 3 til 4 med rødsvingel som forfrugt. Forsøget blev i første omgang anlagt som et rent sortsforsøg med tre rene sorter af præriehirse samt en sortsblending, og hvor der var 8 gentagelser af hvert forsøgsled. De rene sorter var Carthage, Cave-in-Rock og Kanlow med en udsædsmængde på hhv. 4,0, 3,4 og 3,0 kg. pr. ha. Sortsblendingen bestod af lige vægtandele af frø af de tre sorter Forestburg, Shelter og Cave-in-Rock med en samlet udsædsmængde på 3,6 kg pr. ha. Parcelstørrelsen var 3,5 x 24 m svarende til 84 m². Sorterne Cave-in-Rock, Carthage, Forestburg og Shelter er upland-typer, mens Kanlow er lowland-type.

Sorterne blev udsået 2. juni 2010 med en tilstræbt sådybde på 1 til 2 cm. For at bekæmpe tokimbladet ukrudt blev forsøget sprøjtet med MCPA ultimo juni 2010 samt igen ultimo maj i 2011, 2012 og 2013. Der var ikke tegn på skader på afgrøden af disse sprøjtninger.

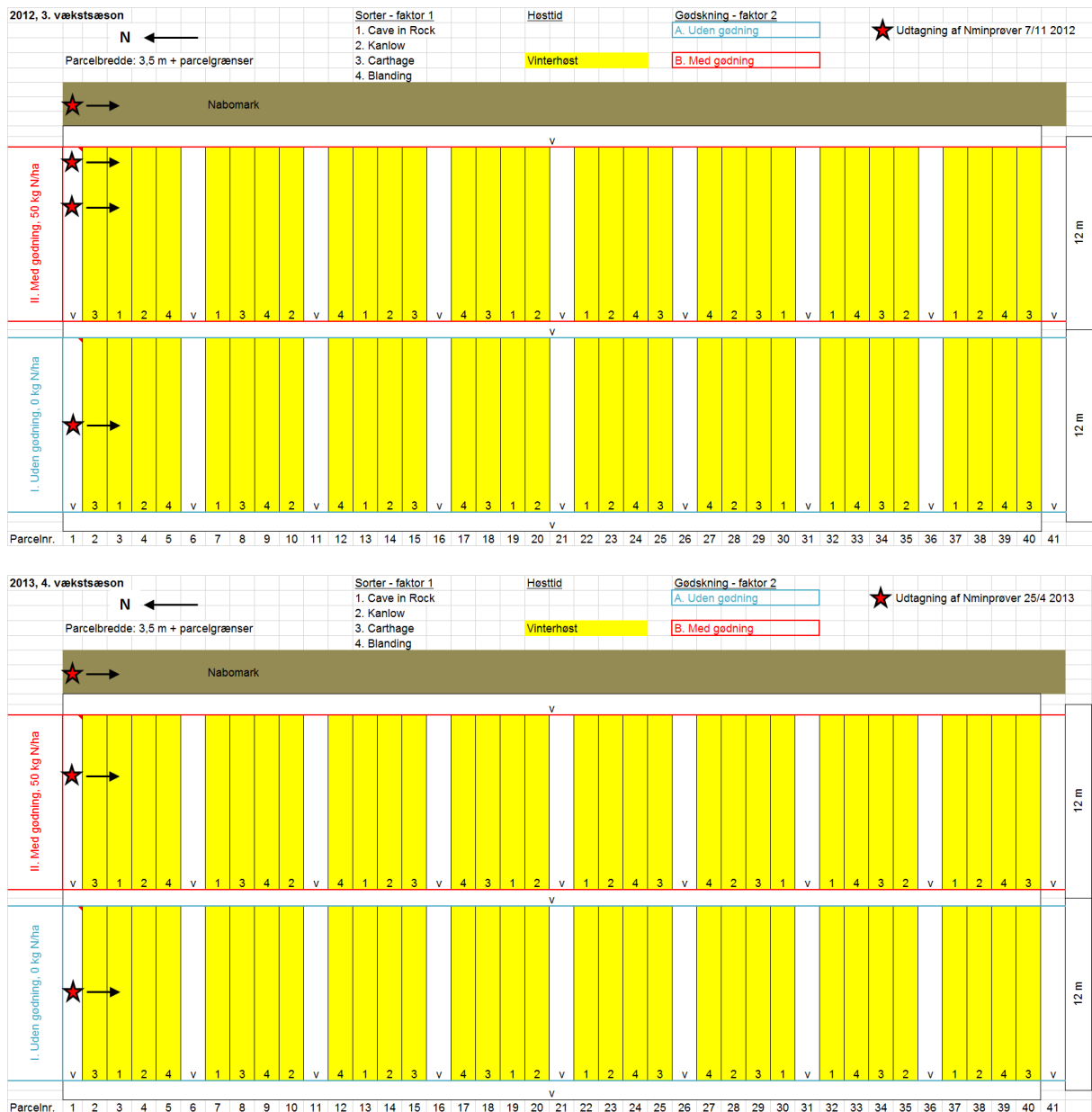
Forsøget blev ikke gødsket i etableringsåret. I 2011 blev der gødsket med 100 kg kvælstof pr. ha i et bælte på 1,5 meter tværs over alle parceller, og der blev gødsket med 50 kg kvælstof pr. ha i et bælte på 4,5 meter tværs over alle parceller, mens det resterende bælte på 18 meter var ugødsket (se figur 1). Alle parceller fik således samme gødningsmængde. I årene 2012 til 2015 blev parcellerne delt op i to, hvor der i den ene halvdel blev gødsket med 50 kg kvælstof pr. ha, og den anden halvdel ikke blev tilført gødning (figur 2 og 3). Gødningstypen var i alle år NS 24-7. Gødskning indgår ikke som en decideret faktor i forsøget, da der ikke er nogen gentagelser af denne faktor, men da der er tale om to forsøg lige op ad hinanden hhv. med og uden gødskning, kan udbytteresultaterne give et vist indtryk af gødskningseffekten.

I årene 2014 til 2015 blev forsøget yderligere opdelt, således at halvdelen af parcellerne blev høstet ved efterårshøst i november og halvdelen ved vinterhøst i marts-april (figur 3). Høsttidspunkt indgik derfor som en faktor i forsøget i disse to forsøgsår.

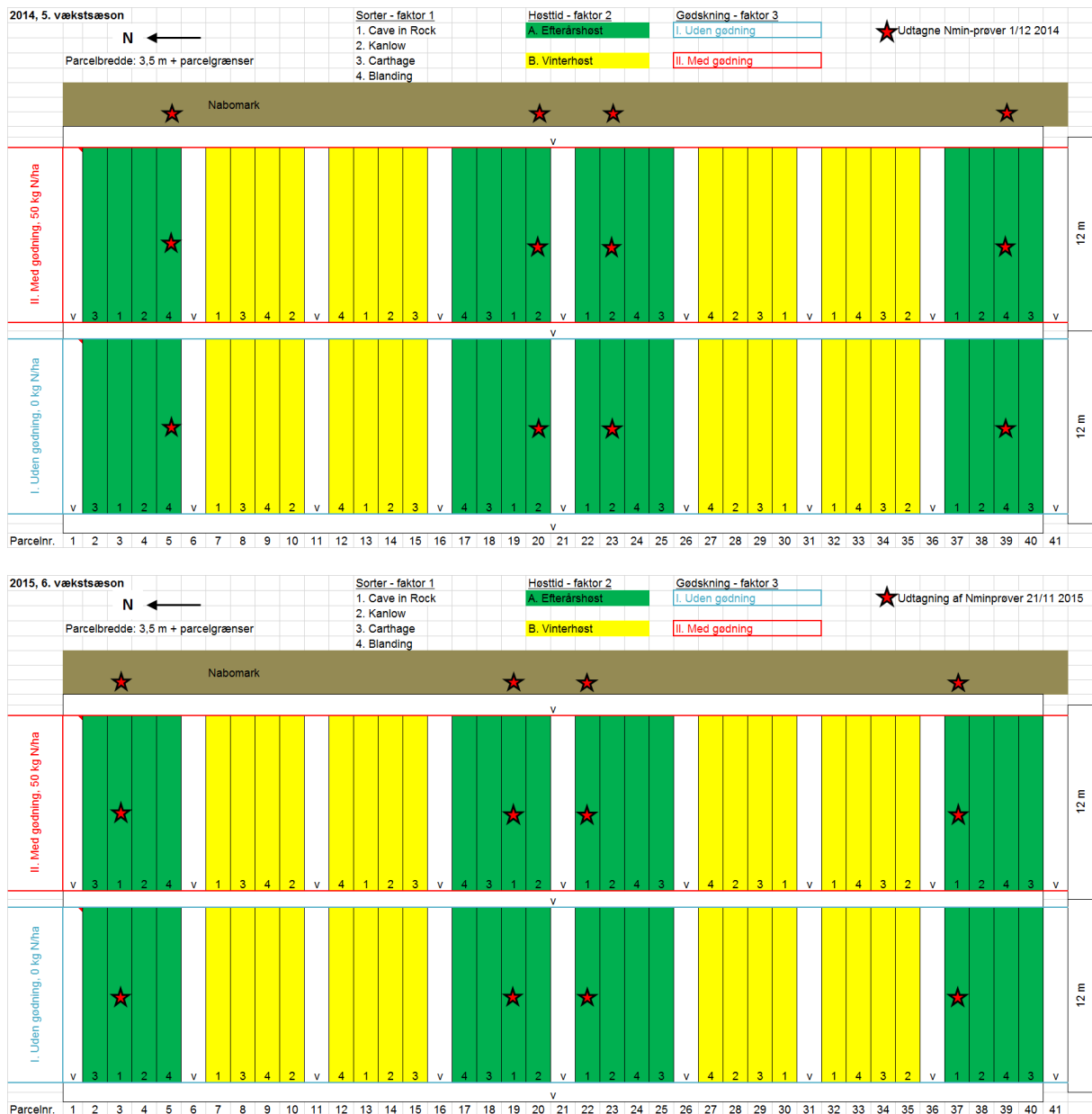
Forsøgene er oprettet i forsøgsdatabasen Nordic Field Trial System for årene 2013 til 2015, og forsøgsplaner kan ses på følgende links: [Forsøgsplan for 2013](#), [Forsøgsplan for 2014](#) og [Forsøgsplan for 2015](#). Resultater kan ses af resultatsiderne på følgende links, dog er resultaterne kun delvis bearbejdet på disse sider: [Resultatsiden for 2013](#), [Resultatsiden for 2014](#) og [Resultatsiden for 2015](#).



Figur 1. Forsøgsdesign i præriehirseforsøg i 2011 (2. vækstsæson). Der er målt udbytte på tværs af striber gødsket med hhv. 0, 50 og 100 kg N pr. ha ved vinterhøst i marts.



Figur 2. Forsøgsdesign i præriehirseforsøg i 2012 og 2013 (3. og 4. vækstsæson). Forsøget er opdelt i to dele gødsket med hhv. 0 og 50 kg N pr. ha, og der er målt udbytte separat i de to dele ved vinterhøst i marts-april.



Figur 3. Forsøgsdesign i præriehirseforsøg i 2014 og 2015 (5. og 6. vækstsæson). Forsøget er opdelt i to dele gødsket med hhv. 0 og 50 kg N pr. ha, og der er målt udbytte separat i de to dele. Desuden er der i 2014 og 2015 målt udbytte på to forskellige tidspunkter, nemlig efterårshøst i november (grønne parceller) og vinterhøst i marts-april (gule parceller).



Parceller i præriehirseforsøget ved Tranekær på Langeland, fotograferet 4/8 2011, dvs. i afgrødens 2. vækstsæson. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).



Rødder og nye skud på præriehirseplanter, fotograferet 4/8 2011, dvs. i afgrødens 2. vækstsæson. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).

3.2. Målinger af udbytte, Nmin og metanpotentiale

Biomasseudbytte: I etableringsåret var biomasseproduktionen meget begrænset, og der blev ikke målt udbytte i etableringsåret. I vækstsæsonerne 2011 til 2013 (2.-4. vækstsæson) blev der målt råvareudbytte ved høst af biomassen i marts eller april i det efterfølgende kalenderår. I vækstsæsonen 2011 blev der målt gennemsnitligt udbytte på tværs af bælteerne med forskellig gødskning (figur 1), og da der kun blev gødsket i en fjerdedel af parcelarealet, er gødningsniveauet angivet som 0 kg kvælstof pr. ha. I vækstsæsonerne 2012 til 2013 blev der målt råvareudbytte ved hvert af de to gødningsniveauer (figur 2). Da der i årene 2011 til 2013 ikke blev foretaget nogen analyse af tørstofindholdet ved udbyttmålingerne, er udbyttet opgivet som råvareudbytte. Måling med fugtighedsmålere til halm indikerede dog et vandindhold på cirka 10 procent. Der blev udført variansanalyse af råvareudbyttet for hvert år og hvert gødningsniveau og med sort som behandlingsfaktor.

I årene 2014 til 2015 blev der målt udbytte ved efterårshøst i november og vinterhøst i marts-april (figur 3). Tørstofindhold blev målt ved tørring ved 60°C, og tørstofudbyttet blev beregnet. Der blev udført variansanalyse af tørstofudbyttet for hvert år og hvert gødningsniveau med sort og høsttidspunkt som behandlingsfaktorer.

Nmin i jorden: Der blev udtaget jordprøver til analyse af jordens indhold af mineralsk kvælstof (Nmin). Der blev udtaget prøver i 0-25 og 25-100 cm dybde 22/12 2011, 7/11 2012 og 25/4 2013, og prøverne blev taget i områderne med de forskellige gødskningsniveauer samt i nabomarken med traditionelle landbrugsafgrøder, som var rødsvingel i årene 2011-2012 (figur 1 og 2). Der var ingen gentagelser af prøverne, hvorfor der ikke kunne laves statistisk analyse af resultaterne.

Der blev igen 26/11 2014 og 21/11 2015 udtaget prøver i samme dybder. I 2014 blev der udtaget prøve i to parceller med sorten Kanlow og to parceller med sortsblandingen. I 2015 blev der udtaget prøve i fire parceller med sorten Cave-in-Rock. Prøver fra nabomarken blev taget i områder udfor disse parceller, og afgrøden var vinterraps og vinterhvede i hhv. 2014 og 2015 (figur 3). Der blev udført variansanalyse af Nmin-resultaterne, selvom prøveområderne med præriehirse og traditionel landbrugsafgrøde ikke er randomiseret i samme forsøgsdesign.

Metanpotentiale i biomassen: Der blev lavet analyser af metanpotentialet i fire præriehirseprøver fra vækstsæsonen 2014. Der blev udtaget prøver fra parcellerne med sorterne Cave-in-Rock og Carthage både ved efterårshøst 11/11 2014 og vinterhøst 23/3 2015. Parcelprøverne blev blandet til 4 ledprøver, og materialet blev klippet i stykker til i en partikellængde på ca. 1-2 cm. Herefter blev prøverne anvendt i en analyse af metanpotentialet (batch-test med podemateriale fra et biogasanlæg) ved 38°C over 59 døgn og med 3 gentagelser. Metanpotentialet opgøres som NI metan pr. kg VS, hvor NI er 'normal-liter', dvs. normaliseret til 0°C, og VS er 'volatile solids' svarende til organisk tørstof, dvs. tørstofudbytte fratrukket askeindholdet. Der blev udført variansanalyse af metanpotentialet efter hhv. 20, 40 og 59 døgn med sort og høsttid som behandlingsfaktorer.



Overblik over præriehirseforsøget ved Tranekær på Langeland, fotograferet 4/8 2011, dvs. i afgrødens 2. vækstsæson. Til venstre ses nabomarken, hvor der er udtaget jordprøver i traditionelle landbrugsafgrøder til sammenligning med præriehirsens. På dette tidspunkt var der rødsvingel i nabomarken. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).



Efterårshøst i præriehirseforsøget ved Tranekær på Langeland, 2/11 2015. (Foto: Vagn Pertl, Pertl Info).

4. Resultater og diskussion

4.1. Biomasseudbytte

Der blev ikke målt udbytte i etableringsåret 2010, men for 2. til 4. vækstsæson blev der målt råvareudbytter ved vinterhøst i marts-april måned, og udbytterne er vist i tabel 1. I 5.-6. vækstsæson blev der målt tørstofudbytte ved både efterårshøst og vinterhøst, og tørstofindhold og tørstofudbytter er vist i tabel 2 og 3.

Effekt af sort: I 2011 var der en meget tyndere plantebestand i sorten Kanlow end i de øvrige sorter på grund af en kraftigere udvintring. Udbyttet af Kanlow i 2. vækstsæson (2011) var da også signifikant lavere med op til 66 procent lavere udbytte end for de øvrige sorter (tabel 1). I 3. vækstsæson (2012) opnåede Kanlow igen signifikant mindre udbytte end de øvrige sorter, især ved 0 kg kvælstof pr. ha (op til 48 procent), men knap så udtalt ved 50 kg kvælstof pr. ha (op til 23 procent). I 4. vækstsæson (2013) var der ikke sikre sortsforskelle ved 0 kg kvælstof pr. ha, men ved 50 kg kvælstof pr. ha var der mindre udbytte i Kanlow end i Cave-in-Rock og sortsblandingen. Cave-in-Rock opnåede samlet set det største gennemsnitsudbytte over 2. til 4. vækstsæson med 98 hkg råvare pr. ha pr. år, mens Kanlow gav det laveste udbytte på 64 hkg råvare pr. ha pr. år (tabel 1). Med antagelse om 15 procent vand i råvaren svarer det til et gennemsnitligt udbytte på op til 84 hkg tørstof pr. ha pr. år for Cave-in-Rock.

I 5. vækstsæson (2014) var der fortsat signifikant lavere udbytte i Kanlow ved 0 kg kvælstof pr. ha specielt kombineret med efterårshøst (tabel 2) men omtrent samme udbytte i de øvrige sorter. Ved 50 kg kvælstof pr. ha gav Kanlow derimod det højeste udbytte (tabel 2), men resultaterne ved dette gødningsniveau skal imidlertid tages med forbehold, da der i to af sorterne er målt højere udbytte ved vinterhøst end ved efterårshøst, hvilket virker usandsynligt (se under afsnit om effekt af høsttidspunkt). I 6. vækstsæson havde Kanlow også lavere tørstofudbytte end de øvrige sorter ved 0 kg kvælstof pr. ha, mens Kanlow til gengæld havde tendens ($P=0,055$) til højere udbytte ved 50 kg kvælstof pr. ha. Dette kan evt. betyde, at Kanlow reagerer mere på kvælstofgødsning end de øvrige sorter, men da Kanlow har responderet meget lidt på gødsning i 4. vækstsæson, synes denne forklaring ikke oplagt.

Samlet set over 2. til 6. vækstsæson har sorten Kanlow generelt givet lavest udbytte, mens sorterne Carthage og Cave-in-Rock samt sortsblandingen har givet omtrent samme udbytte.

Effekt af gødsning: Da de to gødningsniveauer ikke indgår i forsøgsdesignet med gentagelser og randomisering, kan der ikke laves statistisk test af gødningseffekten på udbyttet, men udbyttene i de to dele af forsøget kan give et vist indtryk af effekten.

Ved vinterhøst af råvareudbyttet var der som gennemsnit af sorterne 7 procent merudbytte i 3. vækstsæson og 20 procent merudbytte i 4. vækstsæson ved gødsning med 50 kg kvælstof pr. ha (tabel 1). Der var dog meget forskellig effekt af gødsningen, både mellem sorter og mellem de to forsøgsår, varierende mellem $\div 14$ og $+49$ procent merudbytte.

I 5. vækstsæson var det gennemsnitlige tørstofudbytte ved vinterhøst 45 procent højere (28 hkg tørstof pr. ha) ved 50 kg kvælstof pr. ha end ved 0 kg kvælstof pr. ha (tabel 2), mens det i 6. vækstsæson kun var 3 procent højere (3 hkg tørstof pr. ha) (tabel 3). I

begge disse år var der dog også særdeles stor forskel på effekten af gødskning mellem sorterne, varierende mellem +4 og +103 procent i 5. vækstsæson og mellem ÷3 og 57 procent i 6. vækstsæson. Det kan undre, at der er så stor variation i effekten af gødskning både mellem år og mellem sorter, og at sorterne reagerer forskelligt på gødskning i forskellige år. Det vurderes derfor, at resultaterne bør tages med forbehold.

Andre studier har påvist, at kvælstofbehovet i præriehirse generelt er lavt, og i et europæisk projekt var der ingen udbytteeffekt af gødskning på 4 ud af 5 forsøgslokaliteter (Elbersen, 2001). Derfor blev det anbefalet, at gødskning mellem 0 og 50 kg kvælstof pr. ha pr. år er tilstrækkeligt i Nordvesteuropa.

I forsøg i Massachusetts i USA med sorten Cave-in-Rock blev der opnået merudbytte ved gødskning med 67 og 134 kg kvælstof pr. ha pr. år, når præriehirsens blev høstet i juli, men der var ikke noget sikkert merudbytte ved høst i november og april (Sadeghpour *et al.*, 2014).

I forsøg i England med sorten Cave-in-Rock blev der også opnået signifikant merudbytte på 43 procent ved at gødskes med 100 kg kvælstof pr. ha fremfor ugødsket (Allison *et al.*, 2012). Der blev ikke opnået ekstra merudbytte ved at øge kvælstofmængden yderligere end de 100 kg pr. ha.

Effekt af høsttidspunkt:

I 5. og 6. vækstsæson, hvor der er målt udbytte ved både efterårshøst og vinterhøst, er tørstofudbyttet faldet signifikant ved at vente med at høste til sidst på vinteren (tabel 2 og 3). Som gennemsnit af sorterne faldt udbyttet i 6. vækstsæson med 30 procent (40 hkg tørstof pr. ha) ved 0 kg kvælstof pr. ha og 26 procent (33 hkg tørstof pr. ha) ved 50 kg N (tabel 3). Der var ikke signifikant vekselvirkning mellem sort og høsttid, dvs. at sorterne reagerer nogenlunde ens på høsttid. I 5. vækstsæson faldt udbyttet signifikant ved 0 kg kvælstof pr. ha med 23 procent (19 hkg tørstof pr. ha) fra efterårshøst til vinterhøst, og også her reagerede sorterne nogenlunde ens på høsttid (tabel 2). Ved 50 kg kvælstof pr. ha varierede effekten af høsttid imidlertid meget mellem sorterne med et tab på 15 og 3 procent for hhv. sortsblandingen og sorten Cave-in-Rock, mens udbyttet derimod steg med 44 og 36 procent for sorterne Carthage og Kanlow (tabel 2). En stigning i udbytte fra november til sidst i marts synes at være meget urealistisk, hvilket sår tvivl om validiteten af udbytteresultaterne ved 50 kg kvælstof pr. ha i 5. vækstsæson, og der formodes at være tale om en forsøgsfejl.

Høsttidspunktet har også haft stor indflydelse på tørstofindholdet, og i alle tilfælde er tørstofindholdet signifikant højere ved vinterhøst end ved efterårshøst (tabel 2 og 3). I 5. vækstsæson er tørstofindholdet steget fra 31,0-36,3 procent i november til 78,6-87,7 procent i marts. I 6. vækstsæson har stigningen været fra 35,0-45,7 procent i november til 74,1-80,3 procent i april. Der er i nogle tilfælde vekselvirkning mellem sort og høsttid, hvilket primært tilskrives, at sorten Kanlow har en lidt mindre stigning i tørstofindhold fra efterårshøst til vinterhøst end de øvrige sorter.

I forsøg i Massachusetts i USA med sorten Cave-in-Rock faldt tørstofudbyttet med 18 procent (10,7 hkg tørstof pr. ha), når høsten blev udskudt fra først i november til midt i april (Sadeghpour *et al.*, 2014). Ved at udsætte høsten steg tørstofindholdet fra 60,0 til 86,4 procent, hvorimod indholdet af kalium og magnesium faldt.

I forsøg i Norditalien med sorten Alamo blev der i de første 3-4 år opnået omtrent samme udbytte ved efterårshøst og vinterhøst, men efter 5-6 år faldt var udbyttet signifikant lavere ved efterårshøst, formodentlig pga. en gradvis udpining af rodsystemet ved efterårshøst, når afgrøden blev høstet før afmodning (Monti *et al.*, 2015).

Udbytteudvikling over tid: Da der kun er oplysninger om råvareudbytter og ikke tørstofudbytter fra 2. til 4. vækstsæson, kan der ikke laves en fuldstændig profil af tørstofudbyttet fra 2. til 6. vækstsæson. Resultaterne indikerer dog, at der kan forekomme betydelige årsvariationer i udbytte, hvilket bl.a. ses i faldet i råvareudbytte fra 3. til 4. vækstsæson (tabel 1) og i stigningen i tørstofudbytte fra 5. til 6. vækstsæson (tabel 2 og 3). Det lavere udbytte i 2. vækstsæson skyldes givetvis, at afgrøden endnu ikke havde opnået sit maksimale udbyttensniveau efter etableringsfasen. De øvrige udbyttevariationer mellem årene formodes derimod især at skyldes forskelle i vækstbetingelser mellem årene. Siden udbyttet i 6. vækstsæson er ganske højt, så synes der ikke at være tegn på, at udbyttet er faldende pga. afgrødens alder.

Hvis der ved vinterhøst i 2. til 4. vækstsæson antages et tørstofindhold på 85 procent (som indikeret ved målinger med fugtighedsmålere til halmballer samt jf. målt tørstofindhold i 5. og 6. vækstsæson), så kan der anslås et tørstofudbytte i disse år. Det gennemsnitlige årlige tørstofudbytte for hver af sorterne ses af figur 4 (gennemsnit af gødningsniveauer på generelt 0 og 50 kg kvælstof pr. ha pr. år). For sorten Carthage, der samlet set har givet højest udbytte, svinger udbyttet mellem 58 og 103 hkg tørstof pr. ha pr. år med et gennemsnitligt udbytte på 83 hkg tørstof pr. ha. Med et udbytte på 94 hkg tørstof pr. ha i 6. vækstsæson så tyder disse resultater ligeledes på, at udbyttet endnu ikke er begyndt at falde væsentligt pga. afgrødens alder. Med et gennemsnitligt gødningsniveau på 25 kg kvælstof pr. ha pr. år så tyder resultaterne på, at præriehirse kan yde et ganske højt biomasseudbytte over en årrække selv med et ganske lavt gødningsinput.

Til sammenligning er der for landsdelen Fyn som gennemsnit af årene 2011-2015 opnået et gennemsnitligt kerneudbytte i vinterhvede på 66 hkg tørstof pr. ha samt et gennemsnitligt halmudbytte på 50 hkg tørstof pr. ha, dvs. i alt 116 hkg tørstof pr. ha (Statistikbanken, 2016). Det gennemsnitlige udbytte af præriehirse har derfor ikke været oppe på niveau med det samlede biomasseudbytte i vinterhvede, men biomasseproduktionen i præriehirse er opnået ved et væsentligt lavere forbrug af gødning og planteværnsmidler sammenlignet med dyrkning af vinterhvede. Udenlandske forsøg tyder også på, at der kan opretholdes et forholdsvis jævnt udbyttensniveau i præriehirse over en længere årrække. I forsøg i Alabama i USA over 20 år med to slæt pr. år (juli-august og oktober) og gødskning med 84 kg kvælstof pr. ha pr. år steg udbyttet af upland-typer som f.eks. Cave-in-Rock over de første 12 år, hvorefter der var et nogenlunde stabilt udbytte over de næste 8 år (Bransby & Huang, 2014). Udbyttet af f.eks. Cave-in-Rock var positivt korreleret med nedbørsmængden.

Konklusioner vedr. biomasseudbytte:

- Der er betydelig variation i udbyttet mellem de afprøvede sorter med det generelt højeste udbytte i sorterne Carthage og Cave-in-Rock samt sortsblandingen. Sorten Kanlow gav lavt udbytte især i de første år pga. kraftig udvintring gennem første vinter.
- Der er stor variation i effekten af gødskning, både mellem sorter og mellem forsøgsår. Effekten af gødskning kan dog ikke testes statistisk, hvorfor resultaterne bør tages med forbehold.

- Ved at udsætte høsttidspunktet fra november til marts-april har der generelt været et tab i tørstofudbytte på mellem 23 og 30 procent (19-40 hkg tørstof pr. ha). Tørstofindholdet er øget markant fra 31,0-45,7 procent i november til 74,1-87,7 procent i marts-april.
- Udbytteneiveauet har varieret betragteligt over 2. til 6. vækstsæson. Årsvariationen skyldes formodentlig især forskelle i vækstbetingelser mellem årene, mens der efter de første 6 år endnu ikke er tegn på udbyttenedgang pga. afgrødens alder. Resultaterne viser, at præriehirse kan yde et ganske højt biomasseudbytte selv ved et meget lavt input af gødning.

Tabel 1. Råvareudbytte i 2.-4. vækstsæson for sorter af præriehirse etableret i 2010 og med og uden gødskning.

Sort	Udsæds- mængde, kg pr. ha	Udbytte pr. ha, hkg råvare					
		2011		2012		2013	
		Høstet 23/3 2012		Høstet 16/4 2013		Høstet 13/3 2014	
		0 N	50 N	0 N	50 N	0N	50 N
<i>I forsøg</i>							
Blanding ¹⁾	3,6	75,4	-	104,7	111,9	65,3	97,1
Carthage	4,0	67,8	-	130,0	111,4	79,0	93,2
Cave-in-Rock	3,4	76,6	-	120,3	130,0	77,1	104,5
Kanlow	3,0	26,2	-	67,4	100,1	88,7	75,9
<i>Gennemsnit</i>							
		61,5	-	105,6	113,3	77,5	92,7
<i>LSD, sort</i>							
		9,2	-	16,0	16,1	(17,5) ²⁾	19,7

¹⁾ Forestburg, Shelter og Cave-in-Rock med 1/3 af hver på vægtbasis

²⁾ P=0,078

Tabel 2. Tørstofindhold og tørstofudbytte i 5. vækstsæson for sorter af præriehirse etableret i 2010 og med og uden gødskning og ved hhv. efterårshøst og forårshøst.

Sort	Tørstof, pct.				Udbytte pr. ha, hkg tørstof			
	0 kg N pr. ha		50 kg N pr. ha		0 kg N pr. ha		50 kg N pr. ha	
	Efterår, 11/11 2014	Vinter, 23/3 2015	Efterår, 11/11 2014	Vinter, 23/3 2015	Efterår, 11/11 2014	Vinter, 23/3 2015	Efterår, 11/11 2014	Vinter, 23/3 2015
<i>I forsøg</i>								
Blanding ¹⁾	36,3	87,7	36,1	86,6	80,0	67,5	82,0	69,8
Carthage	34,4	86,6	33,0	85,8	89,6	69,0	74,1	106,7
Cave-in-Rock	35,8	86,8	31,5	86,6	91,9	57,4	73,8	71,7
Kanlow	33,2	79,9	31,0	78,6	63,0	55,7	83,3	113,0
<i>Gennemsnit</i>	<i>34,9</i>	<i>85,3</i>	<i>32,9</i>	<i>84,4</i>	<i>81,1</i>	<i>62,4</i>	<i>78,3</i>	<i>90,3</i>
<i>LSD, sort</i>	<i>1,3</i>		<i>1,7</i>		<i>13,0</i>		<i>17,1</i>	
<i>LSD, høsttid</i>	<i>1,3</i>		<i>1,7</i>		<i>17,8</i>		<i>(12,1)²⁾</i>	
<i>LSD, sort x høsttid</i>	<i>1,8</i>		<i>2,5</i>		<i>ns</i>		<i>24,1</i>	

¹⁾ Forestburg, Shelter og Cave-in-Rock med 1/3 af hver på vægtbasis

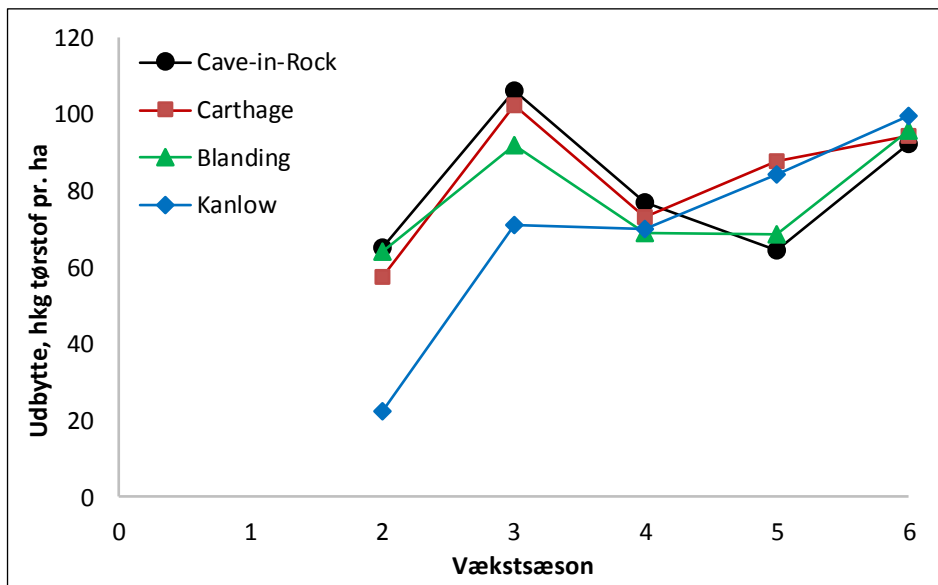
²⁾ P=0,051

Tabel 3. Tørstofindhold og tørstofudbytte i 6. vækstsæson for sorter af præriehirse etableret i 2010 og med og uden gødskning og ved hhv. efterårshøst og forårshøst.

Sort	Tørstof, pct.				Udbytte pr. ha, hkg tørstof			
	0 kg N pr. ha		50 kg N pr. ha		0 kg N pr. ha		50 kg N pr. ha	
	Efterår, 2/11 2015	Vinter, 4/4 2016	Efterår, 2/11 2015	Vinter, 4/4 2016	Efterår, 2/11 2015	Vinter, 4/4 2016	Efterår, 2/11 2015	Vinter, 4/4 2016
<i>I forsøg</i>								
Blanding ¹⁾	43,0	80,1	45,7	76,7	130,5	101,1	117,5	90,6
Carthage	41,1	80,3	39,3	78,0	149,6	95,6	134,9	92,9
Cave-in-Rock	42,4	78,9	42,6	77,8	133,6	101,6	131,5	83,4
Kanlow	39,0	77,8	35,0	74,1	123,1	77,6	138,7	121,8
<i>Gennemsnit</i>	<i>41,4</i>	<i>79,3</i>	<i>40,7</i>	<i>76,7</i>	<i>134,2</i>	<i>94,0</i>	<i>130,7</i>	<i>97,2</i>
<i>LSD, sort</i>	<i>1,6</i>		<i>2,1</i>		<i>15,2</i>		<i>(19,9)²⁾</i>	
<i>LSD, høsttid</i>	<i>2,8</i>		<i>2,2</i>		<i>10,7</i>		<i>24,1</i>	
<i>LSD, sort x høsttid</i>	<i>ns</i>		<i>3,2</i>		<i>ns</i>		<i>ns</i>	

¹⁾ Forestburg, Shelter og Cave-in-Rock med 1/3 af hver på vægtbasis

²⁾ P=0,055



Figur 4. Udbytte ved vinterhøst af præriehirsesorten Cave-in-Rock fra 2. til 6 vækstsæson. Gennemsnit af gødningsniveauer (generelt 0 og 50 kg kvælstof pr. ha pr. år). For 2. til 4. vækstsæson er der kun målt råvareudbytte, og tørstofindholdet er antaget at være 85 procent.



Parceller med forskellige sorter af præriehirse, fotograferet 4/8 2011, dvs. i afgrødens 2. vækstsæson. Til venstre ses sorten Cave-in-Rock, og til højre ses sorten Kanlow, der delvis udvintrede i løbet af første vinter, hvorfor bestanden var meget tynd og udbyttet i 2011 væsentligt mindre end i de øvrige sorter. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).



Parcel med præriehirsesorten Carthage, fotograferet 4/8 2011, dvs. i afgrødens 2. vækstsæson. Forest ses den del af parcellen, som er gødsket med 100 eller 50 kg N i 2011, og hvor afgrøden er noget mørkere, mens den bagerste del af parcellen er ugødsket og noget lysere. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).

4.2. Nmin i jorden

Resultater af målinger af Nmin i jorden i december 2011, november 2012 og april 2013 er vist i tabel 4. For disse målinger er der ikke nogen gentagelser, hvorfor der ikke kan laves statistisk test af forskelle mellem præriehirse og rødsvingel i nabomarken. I december 2011 steg Nmin-niveauet i 0-100 cm dybde i jord med præriehirse med stigende tilførsel af kvælstof, og ved 100 kg kvælstof pr. ha var niveauet omtrent det samme som i jord med rødsvingel (tabel 4). I november 2012 og april 2013 var der kun moderat forskel i Nmin-indholdet, dog med tendens til lidt højere Nmin-indhold i jord med præriehirse end i jord med rødsvingel. Generelt synes der kun at være moderat forskel i Nmin mellem de to afgrøder, hvilket kan tilskrives, at begge afgrøder er flerårige græsarter, der generelt er godt til at opsamle jordens indhold af mineralsk kvælstof.

Resultater af Nmin-målinger i november 2014 og november 2015 er vist i tabel 5. Ved målingen i november 2014 var der ikke tegn på, at Nmin-indholdet var forskelligt i parceller med sorten Kanlow og sortsblandingen (ikke vist), hvorfor der ikke er taget højde for sort ved analysen af resultaterne. I begge år var Nmin-indholdet i 0-100 cm dybde signifikant lavere i ugødsket præriehirse end hhv. vinterraps og vinterhvede i nabomarken (tabel 5). Ved gødsning med 50 kg kvælstof pr. ha til præriehirse var der omtrent samme Nmin-indhold i 0-100 cm dybde som i nabomarken, men der ses en tendens til lavere Nmin-indhold i 25-100 cm dybde under præriehirse end under raps og hvede.

Resultaterne tyder på, at Nmin-indholdet i jord med præriehirse er lavt og lavere end andre afgrøder, når præriehirsens ikke gødskes med kvælstof. Når præriehirsens gødskes med 50 kg kvælstof pr. ha, så synes Nmin-indholdet at være omtrent på niveau med niveauet i jord med traditionelle afgrøder, selv når der er tale om enårig afgrøder med relativt kraftig kvælstofgødsning. Dette tyder på, at præriehirse generelt har lavt gødningsbehov, hvilket også understreges af, at der i en del tilfælde kun var et beskedent merudbytte ved at tilføre 50 kg kvælstof pr. ha. (tabel 2, 3 og 4).

Tabel 4. Nmin-målinger efter 2. og 3. vækstsæson for præriehirse ved forskellig kvælstofgødskning samt i nabomark med rødsvingel til frø.

Afgrøde	Gødskning i 2011, kg N pr. ha	Gødskning i 2012, kg N pr. ha	Nmin, kg N pr. ha		
			0-25 cm	25-100 cm	0-100 cm
<i>I forsøg</i>			<i>22/12 2011</i>		
Præriehirse	0	-	16	12	28
Præriehirse	50	-	15	32	47
Præriehirse	100	-	25	51	76
Rødsvingel til frø	97	-	19	57	76
<i>I forsøg</i>			<i>7/11 2012</i>		
Præriehirse	0	0	13	23	36
Præriehirse	50	50	24	41	65
Præriehirse	100	50	23	28	51
Rødsvingel til frø	97	99	25	16	41
<i>I forsøg</i>			<i>25/4 2013</i>		
Præriehirse	0	0	28	33	61
Præriehirse	50	50	33	- ¹⁾	-
Rødsvingel til frø	97	99	12	19	31

¹⁾ Antageligt fejl i analysen med en værdi på 162 kg N pr. ha

Tabel 5. Nmin-målinger efter 5. og 6. vækstsæson for præriehirse med forskellig kvælstofgødskning samt i nabomark med vinterraps hhv. vinterhvede. For præriehirse er der i 2014 målt i sortsblanding og sorten Kanlow, mens der i 2015 er målt i sorten Cave-in-Rock.

Afgrøde	Gødskning, kg N pr. ha	Nmin, kg N pr. ha		
		0-25 cm	25-100 cm	0-100 cm
<i>I forsøg</i>		<i>26/11 2014</i>		
Præriehirse	0	17	20	37
Præriehirse	50	38	29	67
Nabomark, vinterraps	175	18	45	62
<i>I forsøg</i>		<i>21/11 2015</i>		
Præriehirse	0	17	13	30
Præriehirse	50	23	39	61
Nabomark, vinterhvede	159	14	60	74
<i>I forsøg, gennemsnit</i>		<i>2014-2015</i>		
Præriehirse	0	17	16	33
Præriehirse	50	30	34	64
Nabomark	159-175	16	52	68
<i>LSD, afgrøde og N-niveau</i>		4,6	7,1	8,4
<i>LSD, år</i>		3,7	5,8	ns
<i>LSD, vekselvirkning</i>		6,4	10,0	(11,9) ¹⁾

¹⁾ P=0,051

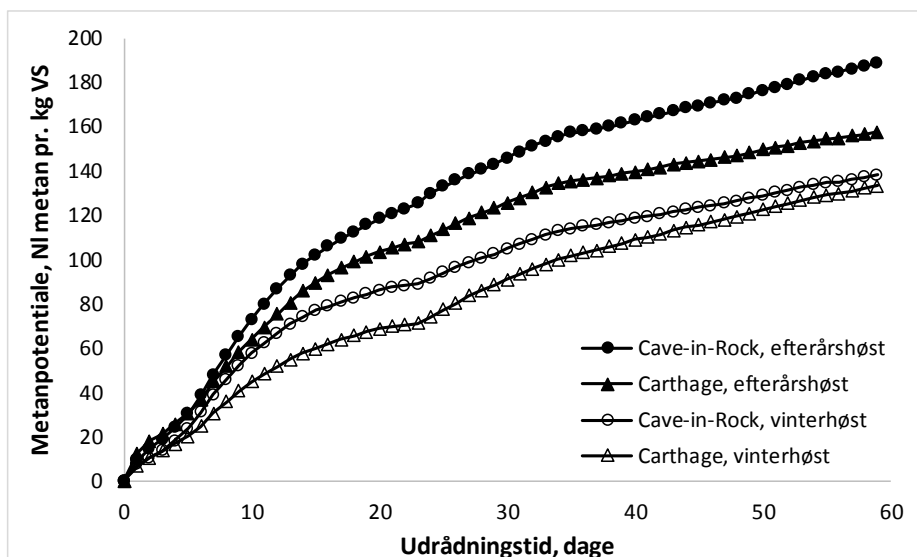
4.3. Metanpotentiale i biomassen

Metanpotentialet blev målt i sorterne Cave-in-Rock og Carthage ved efterårshøst 11/11 2014 og ved vinterhøst 23/3 2015. Udviklingen i metanproduktion over analysens 59 dage er vist i figur 5, og i tabel 6 er angivet tørstofindhold, askeindhold og indhold af organisk tørstof (VS) samt metanpotentialet efter hhv. 20, 40 og 59 dages udrådning.

Biomasse fra efterårshøst har gennem hele udrådningsperioden et højere metanpotentiale end biomasse fra vinterhøst, og metanpotentialet ligger generelt højere for Cave-in-Rock end Carthage, både ved efterårshøst og vinterhøst (figur 5). Variansanalyserne af metanpotentialet efter 20, 40 og 59 dages udrådningstid viser, at der ikke er nogen signifikant vekselvirkning mellem sort og høsttid, dvs. at sorterne metanpotentiale reagerer nogenlunde ens på høsttid (tabel 6). Til gengæld er der signifikant højere metanpotentiale ved efterårshøst end ved vinterhøst, og som gennemsnit af de to sorter er metanpotentialet 30, 25 og 22 procent lavere ved vinterhøst efter hhv. 20, 40 og 59 dages udrådningstid, dvs. der opnås hurtigere et højt metanpotentiale i biomasse fra efterårshøst, og slut-metanpotentialet ligger også højere ved efterårshøst.

Metanpotentialet er signifikant lavere i biomasse af sorten Carthage end sorten Cave-in-Rock med 16, 12 og 11 procent lavere niveau efter hhv. 20, 40 og 59 dage, dog er forskellen efter 59 dage kun næsten signifikant ($P=0,061$) (tabel 6).

Det potentielle metanudbytte pr. ha kan beregnes ved at gange udbyttet af organisk tørstof (VS) pr. ha med metanpotentialet. Da der er tvivl om validiteten af udbytteresultaterne ved 50 kg kvælstof pr. ha ved efterårshøst og vinterhøst efter 5. vækstsæson (tabel 2), kan der ikke beregnes pålidelige metanudbytter specifikt for de høsttider i 5. vækstsæson. Hvis der generelt antages at være metanudbytter som efter 5. vækstsæson (tabel 2) og tørstofudbytter som efter 6. vækstsæson, som vurderes at være realistiske (tabel 3), så kan der dog beregnes størrelsesorden af metanudbytte pr. ha ved hhv. efterårshøst og vinterhøst (tørstofudbyttet i tabel 3 omregnes til udbytte af organisk tørstof ved at fratække askeindholdet angivet i tabel 6). Ved efterårshøst opnås der et metanudbytte på 2.369 og 2.024 m³ metan pr. ha af hhv. Cave-in-Rock og Carthage, mens der ved forårshøst opnås et udbytte på 1.127 og 1.208 m³ metan pr. ha. På grund af et fald både i udbytte og i metanpotentiale fra november til marts-april, så bliver metanudbyttet således 40-52 procent lavere vinterhøst fremfor efterårshøst.



Figur 5. Udvikling i metanpotentiale i præriehirse som funktion af udrådningstid ved 38°C. Metanpotentialet er analyseret i biomasse fra 5. vækstsæson for forskellige sorter og enten høstet ved efterårshøst eller vinterhøst.

Tabel 6. Metanpotentiale i præriehirse ved hhv. efterårshøst og forårshøst af biomasse fra 5. vækstsæson. Metanpotentialet er angivet efter hhv. 20, 40 og 59 dages udrådning.

Høsttid og sort		Tørstof, pct.	Aske, pct. i tørstof	VS, pct. i råvare	Metanpotentiale, NI metan pr. kg VS		
					20 dage	40 dage	59 dage
<i>I forsøg</i>							
Efterårshøst, 11/11 2014	Cave-in-Rock	35,8	4,4	34,2	118,4	162,9	188,6
Efterårshøst, 11/11 2014	Carthage	34,4	4,8	32,8	103,5	139,7	157,5
Vinterhøst, 23/3 2015	Cave-in-Rock	86,8	2,1	84,9	86,2	118,6	138,2
Vinterhøst, 23/3 2015	Carthage	86,6	2,4	84,5	68,9	108,9	133,3
<i>Gennemsnit</i>							
Efterårshøst, 11/11 2014		35,1	4,6	33,5	111,0	151,3	173,1
Vinterhøst, 23/3 2015		86,7	2,3	84,7	77,6	113,8	135,8
Cave-in-Rock		61,3	3,3	59,6	102,3	140,8	163,4
Carthage		60,5	3,6	58,6	86,2	124,3	145,4
<i>LSD, sort</i>		-	-	-	8,1	14,7	(19,1) ¹⁾
<i>LSD, høsttid</i>		-	-	-	8,1	14,7	19,1
<i>LSD, sort x høsttid</i>		-	-	-	ns	ns	ns

¹⁾ P=0,061

I forsøg i Quebec i Canada blev der høstet præriehirse af sorten Cave-in-Rock hhv. 30. juli, 5. september og 1. oktober, og efter ensilering i 6 uger blev metanpotentialet målt til hhv. 266-309, 235 og 191-222 NI metan pr. kg VS, dvs. faldende metanpotentiale ef-

terhånden som afgrøden modner (Massé *et al.*, 2010). Ud fra udbytter og metanpotentialer blev det beregnet, at der kan opnås ca. 25 procent højere metanudbytte pr. ha, hvis der høstes to slæt frem for en slæt pr. år.

4.4. Videre udviklingsmuligheder

Forsøgsresultaterne har vist, at præriehirse har betydeligt potentiale for at producere biomasse med lavt input af gødsning og planteværnsmidler og dermed med lav miljøbelastning. Dette gør afgrøden til en interessant mulighed for at opretholde en produktion på f.eks. miljøfølsomme arealer og marginaljorder. Da forsøget så vidt vides er den hidtil mest omfattende afprøvning af præriehirse i Danmark, giver resultaterne værdifuld viden om afgrøden og dens muligheder. For at kunne give mere generelle anbefalinger vedr. dyrkningen, forventeligt udbytte og anvendelsesmuligheder for biomassen er det relevant med yderligere udviklingsarbejde med afgrøden under danske forhold. Dette kan bl.a. omfatte følgende emner:

- Afprøvning på flere lokaliteter: Det er centralt at få større viden om, hvordan præriehirse trives på forskellige jordtyper og i områder med forskellige klimatiske betingelser, herunder jordtyper med forskellig grader af fugtighed, og områder med forskellige årlige nedbørsmængder.
- Afprøvning af et større udvalg af sorter: De afprøvede sorter viser, at der er betydelige sortsforskelle mht. overvintring og udbytte. Der findes givetvis mange sorter/typer af præriehirse, og det er relevant med en bredere screening af sorter med henblik på deres egnethed under forskellige danske forhold.
- Udvikling af strategi for ukrudtsbekæmpelse: Selvom præriehirse synes at konkurrere godt mod ukrudt, når afgrøden først er etableret, så er der behov for ukrudtsbekæmpelse i etableringsfasen. Dette kræver, at der foreligger veldokumenterede strategier for ukrudtsbekæmpelse, f.eks. hvilke kemiske midler afgrøden har tolerance overfor, og som kan godkendes til brug i afgrøden.
- Udvikling af gødsningstrategi: Præriehirse synes at kunne give et relativt højt udbytte med et lavt input af kvælstof, men resultaterne viser også meget varierende effekt af gødsning mellem år og mellem sorter. For at optimere produktionen og driftsøkonomien og for at minimere risikoen for udvaskning af kvælstof til vandmiljøet er der behov for nærmere undersøgelser af gødsningsbehov i præriehirse på forskellige jordtyper og i forskellige sorter.
- Høststrategi og anvendelsesmuligheder for biomassen: Høsttidspunktet for præriehirse har betydelig indflydelse på udbytte og biomassens kvalitet, herunder vandindhold og metanpotentiale. Valg af høsttidspunkt vil derfor bl.a. afhænge af, hvad biomassen skal bruges til, f.eks. om det er til forbrænding i varmeværker, til biogasproduktion eller til bioraffinering i f.eks. et HTL-anlæg ('hydrothermal liquefaction'). Det kan også være relevant at undersøge muligheden for at høste mere end én gang pr. år, hvilket formodentlig vil påvirke både biomasseudbytte og -kvalitet.

5. Referencer

Allison, G.G., Morris, C., Lister, S.J., Barraclough, T., Yates, N., Shield, I. & Donnison, I.S. (2012). Effect of nitrogen fertilizer application on cell wall composition in switchgrass and reed canary grass. *Biomass & Bioenergy*, 40, 19-26.

Bransby, D. & Huang, P. (2014). Twenty-year biomass yields of eight switchgrass cultivars in Alabama. *Bioenergy Research*, 7, 1186-1190.

Elbersen, H.W. (editor) (2001). Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) as an alternative energy crop in Europe. Initiation of a productivity network. Final report for the period from 01-04-1998 to 30-09-2011 for the project FAIR 5-CT97-3701. [Link til rapport](#).

Massé, D., Gilbert, Y., Savoie, P., Bélanger, G., Parent, G. & Babineau, D. (2010). Methane yield from switchgrass harvested at different stages of development in Eastern Canada. *Bioresource Technology*, 101, 9536-9541.

Monti, A., Zanetti, F., Scordia, D. & Testa, G. (2015). What to harvest when? Autumn, winter, annual and biennial harvesting of giant reed, miscanthus and switchgrass in norther and southern Mediterranean area. *Industrial Crops and Products*, 75, 129-134.

Sadeghpour, A., Gorklitsky, L.E., Hashemi, M., Weis, S.A. & Herbert, S.J. (2014). Response of switchgrass yield and quality to harvest season and nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*, 106:1, 290-296.

Statistikbanken (2016). www.statistikbanken.dk, Danmarks Statistik. Download af data 17/5 2016 fra følgende tabeller: HALM1: Halmudbytte og halmanvendelse efter område, afgrøde, enhed og anvendelse. HST77: Høstresultat efter område, afgrøde og enhed.