



# Vi kan producere meget mere halm og sukker

Der er betydelige forskelle på halmudbyttet og sukkerindholdet i forskellige kornarter og hvedesorter – også blandt sorter med stort set samme kerneudbytte. Dermed er der også stor forskel på mængden af sukker, der kan bruges til fremstilling af for eksempel bioethanol.

Af Søren Ugilt Larsen, Sander Bruun og Jane Lindedam

Halm udgør en betydelig biomasse-resurse i Danmark i kraft af den store kornproduktion. Halmen anvendes til foder og strøelse samt til bioenergi, hvoraf langt hovedparten bliver anvendt til opvarmning eller kombineret el- og varmeproduktion. Derudover spiller nedmuldning af halm en rolle i forhold til at opretholde jordens kulstofpulje.

Størrelsen på Danmarks halmresurse er således yderst interessant.

Sort	Halmudbytte
Rug	4,7 tons/hektar
Hvede	4,0 tons/hektar
Triticale	3,9 tons/hektar
Vinterbyg	2,9 tons/hektar

Tabel 1. Halmudbytte ifølge markforsøg i 2009.

Der er forskel på vinterkornsorternes halmudbytte. Vinterrug er generelt mere langstrået og gav i forsøg i 2009 højere halmudbytte og højere sukkerudbytte end vinterhvede, triticale og vinterbyg.

Med forventning om stigende efterspørgsel efter biomasse i fremtiden er det relevant at se på mulighederne for at øge halmresursen gennem øget produktion og bjærgning. Ligeledes er halmens kvalitet vigtig af hensyn til anvendeligheden til de forskellige formål. Vi har derfor undersøgt halmudbyttet og sukkerproduktionen fra halm i forskellige kornarter og vinterhvedesorter i markforsøg i 2008 og 2009.

## Halmudbytte og sukkerudbytte

I undersøgelsen blev halmudbyttet opgjort som tørstofudbyttet per hektar, men da biomassens beskaffenhed kan variere, blev der også foretaget en kvalitetsanalyse.

Som et udtryk for halmens kvalitet til bioethanol blev mængden af sukker, der kan produceres fra halmen, målt ved National Renewable Energy Laboratory i Colorado. I analysen blev halmen udsat for en hydrotermisk forbehandling ved 180 °C i 40 minutter efterfulgt af en enzymatisk hydrolyse ved 40 °C i 72 timer. Herefter blev indholdet af glukose (C6-sukker) og xylose (C5-sukker) målt og opgjort i gram sukker per gram tørstof.

Det potentielle sukkerudbytte blev derefter beregnet ud fra tørstofudbytte

et og sukkerproduktion fra halmtørstoffet og er således et udtryk for, hvor meget halmbaseret bioethanol der kan produceres per hektar. I praksis vil produktionen af bioethanol dog afhænge af den specifikke teknologi på ethanolanlægget.

## Forskelle mellem kornarter

I 2009 blev der målt halm- og kerneudbytte i tre markforsøg med vinterbyg, vinterhvede, vinterrug og triticale. Kerneudbyttet varierede ikke signifikant mellem arterne, men der var større halmudbytte i triticale, hvede og især rug end i vinterbyg (se tabel 1).

Der var endvidere en tendens til højere sukkerproduktion fra halm af rug, men det var ikke statistisk sikkert. På grund af forskellene i halmudbytte var det potentielle sukkerudbytte per hektar væsentligt højere fra

Sort	Sukkerudbytte
Rug	2,19 tons/hektar
Hvede	1,70 tons/hektar
Triticale	1,65 tons/hektar
Vinterbyg	1,23 tons/hektar

Tabel 1. Sukkerudbytte (C5 + C6) ifølge markforsøg i 2009.



Foto: Søren Ugilt Larsen

Inden for vinterhvede er der målt betydelige forskelle i halmudbytte mellem kommercielle sorter. Her f.eks. sorten Inspiration til højre, der i sorthøvsforsøg i 2009 gav godt et ton mere halmtørstof pr. ha end den mere kortstråede sort Oakley til venstre. Der var ingen sikker forskel i sukkerproduktion (C5 + C6) fra de to sorters halm, men pga. det større halmudbytte gav Inspiration 0,4 tons større sukkerudbytte pr. hektar end Oakley.

rughalm end fra hvede, triticale og byg (se tabel 2).

I forsøgene var hver kornart kun repræsenteret af én sort, og da der kan være store sortsforskelle i strå-længde og halmudbytte, er det vanskeligt at generalisere om arterne ud fra den forsøgsserie. De anvendte sorter af rug og triticale var relativt kortstråede, og det er sandsynligt, at halmudbyttet og dermed sukkerudbyttet i både rug og triticale kan være noget større end i vinterhvede ved valg af andre sorter.

### Forskelle mellem vinterhvede

Traditionelt måles der ikke halmudbytte i de officielle afprøvninger af

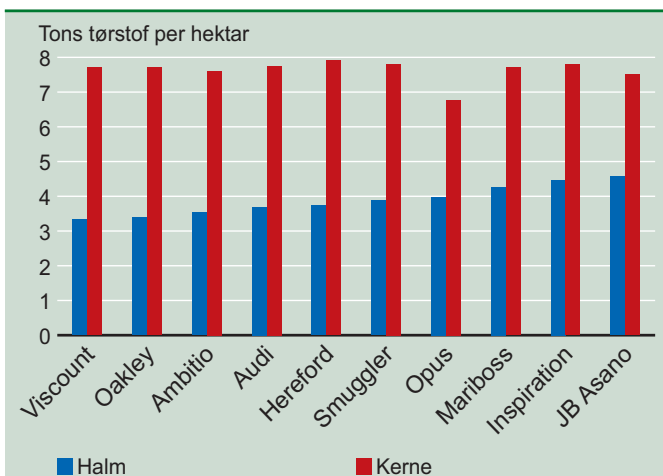
kornsorter i Danmark, og normalt har man derfor kun sorterens strå-længde som indikator for halmudbyttet.

I 2008 og 2009 målte vi halmudbytte i ti sorter af vinterhvede, hvoraf seks af sorterne var fælles for begge år. Der var en god spændvidde i strå-længde, og halm- og kerneudbyttet blev målt i sorthøvsforsøg på enten to eller tre lokaliteter.

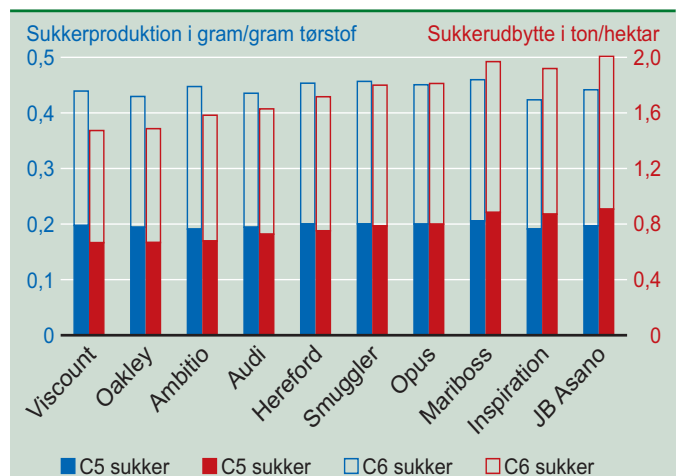
I begge årene var der markante sortsforskelle i halmudbyttet på op til henholdsvis 57 procent og 37 procent, mens kerneudbyttet kun varierede op til henholdsvis 21 procent og 17 procent. Således var der forskel i halmudbytte blandt sorter med

stort set ens kerneudbytte. Som eksempel ses i figur 1 udbytteerne i 2009, hvor halmudbyttet varierede fra 3,4 til 4,6 tons tørstof per hektar. Sorter som JB Asano, Inspiration og Mariboss gav omtrent 1 ton halm mere per hektar end for eksempel Viscount og Oakley, mens der ikke var de store forskelle på kerneudbyttet. Sortsforskellene i halmudbytte var konsistente over forskellige lokaliteter og over de to år, hvilket understreger, at der er tale om genetiske forskelle.

I forsøgene i 2009 blev der målt sukkerproduktion fra halm fra de forskellige sorter. Der var i gennemsnit 20 procent C5-sukker og 25 procent



Figur 1. Forskelle i halm- og kerneudbytte i halm fra ti kommercielle vinterhvedesorter. Tallene er gennemsnit af to forsøg i 2009.



Figur 2. Forskelle i sukkerproduktion og sukkerudbytte i halm fra ti kommercielle vinterhvedesorter. Tallene er gennemsnit af to forsøg i 2009.

- C6-sukker i halmtørstoffet, men der var ingen sikre sortforskelle i hverken C5- eller C6-sukker eller i den totale sukkerproduktion (figur 2).

I tidligere undersøgelser blandt et stort antal hvedesorter er der fundet sikre forskelle i sukkerproduktionen. Det forholdsvis ensartede sukkerniveau i denne undersøgelse kan blandt andet skyldes, at der er tale om kommercielle sorter med relativt begrænset genetisk variation.

I kraft af forskellene i halmudbytte mellem sorterne var der imidlertid sikre forskelle på op til 37 procent i det potentielle sukkerudbytte per hektar. I sorten JB Asano var det samlede sukkerudbytte eksempelvis 1,92 tons/hektar mod kun 1,48 tons/hektar i Viscount.

### Større samlet biomasseudbytte

Resultaterne viser, at det – selv blandt kommercielle sorter – er muligt at vælge vinterhvedesorter med højere halmudbytte uden at gå på kompromis med kerneudbyttet, det vil sige sorter med et større samlet biomasseudbytte.

Det er sandsynligt, at der ved at søge i et bredere forædlingsmateriale kan findes hvedesorter med endnu højere halmudbytte end blandt de kommercielle sorter. Mens udsving i halmudbytte mellem lokaliteter og mellem år er uundgåelige, synes det generelt muligt at øge halmressourcen ved at vælge halmrige sorter. Derved er det også muligt at øge den potentielle produktion af for eksempel bioethanol per arealenhed.

Kerneudbyttet er dog stadig det primære ved dyrkning af korn, og halmudbyttet må ikke blive så stort, at det medfører negative konsekvenser for kerneproduktionen, for eksempel i kraft af øgede problemer med lejesæd.

Søren Ugilt Larsen er seniorkonsulent hos AgroTech, e-mail [sol@agrotech.dk](mailto:sol@agrotech.dk)

Sander Bruun er lektor ved Københavns Universitet, e-mail [sab@life.ku.dk](mailto:sab@life.ku.dk)

Jane Lindedam er postdoc ved Københavns Universitet, e-mail [lindedam@life.ku.dk](mailto:lindedam@life.ku.dk)

## Lokal brintproduktion

**Harmonisering af teknologier til nøglefærdige brintanlæg kan være med til at fremme en mere miljøvenlig transport, vurderer en arbejdsgruppe under Det Internationale Energiagentur.**

Siden 2006 har Arbejdsgruppe 23 under Det Internationale Energiagentur undersøgt hvilke teknologier, der bedst kan anvendes til lokal brintproduktion. 15 eksperter fra 10 forskellige lande har deltaget i arbejdet, hvor man blandt andet har behandlet emner som:

- Hvordan kan teknologier til småskala produktion af brint harmoniseres?
- Hvordan kan der skabes et marked for nye teknologier?
- Hvilke former for vedvarende energikilder er bedst egnede til produktion af brint?
- Hvordan kan man udbrede kendskabet til lokal produktion af brint.

Fremstilling af brint tæt på forbruget er et vigtigt skridt mod udviklingen af en infrastruktur, der kan fremme en mere miljøvenlig transportsektor. Det fremgår af udviklingen i Europa, USA og Japan, hvor brinttankstationer med egen produktion af brændstof er me-

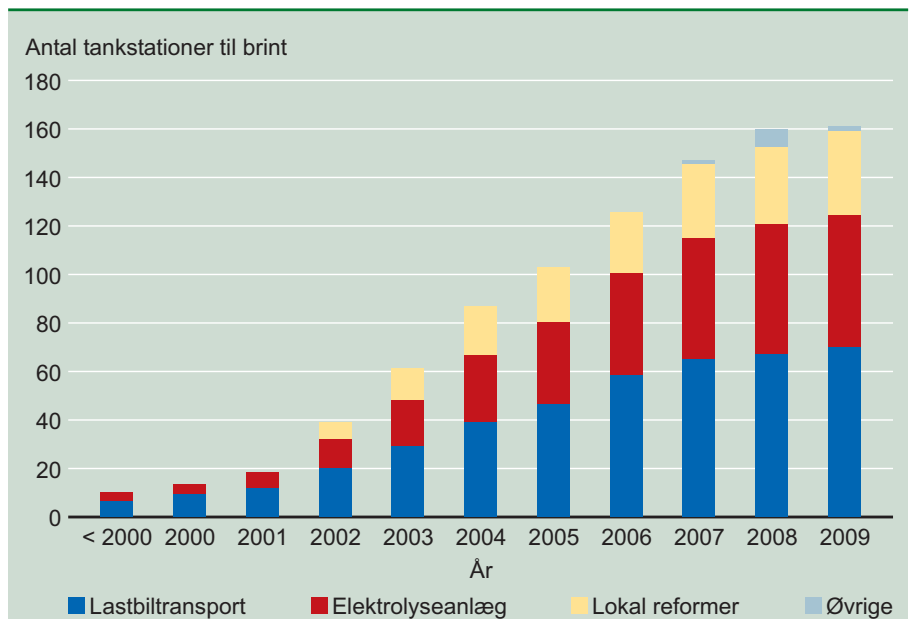
re konkurrencedygtige i forhold til andre alternativer.

Resultaterne fra Arbejdsgruppe 23 viser, at der findes teknologier til småskala produktion af brint, som i dag er kommercielt tilgængelige, og at flere af teknologierne vil være økonomisk levedygtige, når først brændselscellerne har nået stadiet, hvor der er tale om en egentlig masseproduktion.

Arbejdsgruppen har gennem sit mangeårige arbejde skabt grundlag for en harmonisering af teknologierne, men der er behov for at fortsætte arbejdet i endnu en årrække. Det kan passende blive ledet af en organisation som IEA-HIA, der siden 1977 har arbejdet med udvikling af brintteknologier. En harmonisering vil ifølge arbejdsgruppens vurdering være med til at bane vejen for en industriel produktion af nøglefærdige og konkurrencedygtige anlæg.

I 2009 var der lidt over 160 brinttankstationer i verden, men der kommer hele tiden nye stationer til, og Det Internationale Energiagentur forventer, at etablering af nye tankstationer for alvor vil tage fart i perioden 2020 – 2030.

Læs mere på <http://www.sgc.se>



Figur 1. Etablering af brinttankstationer på verdensplan frem til 2010. Det Internationale Energiagentur forventer, at etablering af nye tankstationer for alvor vil tage fart i perioden 2020 – 2030.