

Projektrapport november 2004

Investeringsforberedende foranstaltninger: Pilotprojekt tækning med miscanthus (elefantgræs) (materialekvalitetsbedømmelse), afprøvning af den landbrugsmæssige anvendelighed af enkelte miscanthussorter, internetpræsentation af projektet.

Kai- Uwe Schwarz & Rainer Junge
Arbejdsfælleskab for agrarøkologiske undersøgelser, Kiel



Foreliggende projektrapport sammenfatter aktiviteterne i projektet fra 2002 til 2004. Rapporten er opdelt i følgende 4 overordnede opgaveområder:

- Opgaveområde 1: Tækning af et forsøgstag med miscanthus som supplement til referencetagene i Albersdorf og Wenningstedt
- Opgaveområde 2: Videnskabelige ledsagende undersøgelser af materialets kvalitet
- Opgaveområde 3: Planteavls-, dyrknings- og produktionsmæssige forsøg med tækkemiscanthus.
- Opgaveområde 4: Omsætning af forsøgsresultaterne i praksis

(Billedet ovenfor viser referencetaget i Albersdorf i marts 2003. Til venstre miscanthus, til højre tagrør.)

Indhold

Projekt rapport november 2004.....	1
1. Forsøgstaget med tækkemiscanthus som supplement til referencetagene i Albersdorf og Wenningstedt (opgaveområde 1)	4
1.1 Tækkemiscanthus' (elefantgræs) egenskaber under tækningen af forsøgstaget.....	4
1.2 Referencetaget i Albersdorf	6
1.3 Referencetaget i Wenningstedt på Sylt.....	8
2. Videnskabelige, ledsagende undersøgelser med hensyn til materialekvaliteten (opgaveområde 2).....	11
2.1 Specifikke undersøgelser af stråmaterialet	11
2.1.1 Materialekvalitet, (fasthed, elasticitet).....	11
3 Planteavls- dyrknings- og metodemæssige forsøg med miscanthus	37
3.1 Udvikling af kravsspecifikation til kvalitetsbedømmelse.....	37
3.2 Udvælgelse af aktuelle miscanthusstammer (sorter)	38
3.3 Beskrivelse af sorterne i henhold til morfologiske kriterier	38
3.4 Prøveudtagning og prøvebearbejdning for laboratorieundersøgelser	39
3.5 Udvikling af en simpel metode til bedømmelse af aldringsadfærd	39
3.6 Formeringsmetoder for miscanthus.....	40
3.6.1 In-vitro kultur.....	40
3.6.2 Rhizomformering.....	41
3.6.3 Stiklingsformering af stråknopper	41
3.6.4 Frøplanter	42
3.7 Forsøgsbestand.....	42
3.7.1 Kleinkummerfeld	42
3.7.2 Wankendorf.....	45
3.7.3 Schierensee.....	46
3.7.4 Schädtbek	51
3.7.5 Tönning.....	53
3.8 Miscanthus gødskningsforsøg	54
3.9 Ukrudtskontrol	55
3.10 Høst og udvikling af høstteknik for Triarrhena	55
3.11 Dækningsbidrag ved dyrkning af miscanthus.....	60

4	Omsætning af forsøgsresultaterne i praksis (opgaveområde 4)	63
4.1	Evaluering, udvikling af foranstaltninger til fremme af regional, kontrolleret dyrkning af miscanthus.....	63
4.2	Anlæg af en hektar miscanthusareal som praksisforsøg.....	63
4.3	Etablering af interessefælleskab (kompetencenetværk) af miscanthusdyrkere og brugere	63
4.4	Dokumentation af forsøgsarbejderne	64
5	Litteratur	66

1. Forsøgstaget med tækkemiscanthus som supplement til referencetagene i Albersdorf og Wenningstedt (opgaveområde 1)

Som led i opgaveområde 1 blev der foretaget tækning af et forsøgstag med tækkemiscanthus og almindelige tagrør. Dette forsøgstag var et supplement til referencetagene i Albersdorf og Wenningstedt, og leverede værdifulde resultater allerede ved byggeriet og ved undersøgelserne af begge tagdækningsmaterialers egenskaber. Disse resultater belyses i det følgende.

Forsøgstaget blev tækket den 10.04.03 af tækkfirmaet Ohm fra Dithmarschen, hver halvdel med henholdsvis tagrør og miscanthus. Det drejer sig om et halvtag med en tagflade på 16 m² og en taghældning på 45°. Der blev brugt 12 bundter af henh. tagrør og miscanthus pr. m². Miscanthus-materialet kommer fra Jylland, Danmark, og tagrørene kommer fra Dithmarschen.

På tidspunktet for udførelsen af forsøgstaget blev der konstateret følgende forskelle mellem tagrør og tækkemiscanthus.

Miscanthus-materialet var kortstrået (ca. 160 cm). Stråene var forholdsvis tykke i diameteren og havde en stor stråvægtykkelse. Dette betød en uelastisk stråstruktur med følgevirkning på bindingen i bearbejdningsprocessen.

Tagrørene havde en middel til lang strå længde (ca. 180 - 200 cm). Lille stråvægtykkelse, og tagrørens diameter havde en gunstig virkning på elasticiteten af stråene under tækkearbejdet.

I forhold til miscanthus-materialet, som blev brugt til tækning af referencetagene, var materialet til forsøgstaget af en bedre og mere ensartet kvalitet. Dette skyldes, at miscanthus-materialet til de store tagflader i Albersdorf og Wenningstedt måtte indsamles i Danmark og lagres over en periode på 3 år, idet forsøgsarealerne på dette tidspunkt endnu ikke var store nok. Da materialet således under lagringen mistede noget elasticitet, var betingelserne for en god kvalitet som udgangspunkt ikke optimale. Ved tækning af forsøgstaget var stråmaterialet ifølge tagdækningsfirmaet af en bedre kvalitet end året før til referencetaget i Albersdorf. I Albersdorf kunne man let skelne mellem tagrør og miscanthus på grund af farveforskellen. Farveforskellen på forsøgstaget var derimod ubetydelig. Kun miscanthus-materialets noget større strå diameter antydede materialeforskellen. Med henblik på bearbejdningen af materialet i forbindelse med forsøgstaget vil de tekniske egenskaber ved miscanthus som tækkemateriale sammenlignet med tagrør, her blive belyst nærmere.

1.1 Tækkemiscanthus' (elefantgræs) egenskaber under tækningen af forsøgstaget

Billede 1 – 6 på følgende side viser de karakteristiske egenskaber ved tækkemiscanthus og tagrør i forbindelse med tækning af forsøgstaget. I det følgende ses nærmere på tækkemetoden med henblik på at fremstille de indbyrdes forskellige egenskaber med disses virkning på tagets kvalitet og holdbarhed. De forskellige tækkemetoder er blevet beskrevet af Schattke (2002).

Forsøgstaget er et bundet tag. Denne tagform er i dag vidt udbredt. Denne fremgangsmåde er illustreret på billede 1.



Foto 1: Syning af taget; til venstre miscanthus, til højre tagrør.



Foto 4: Længden af de synlige miscanthusrør ved gavlafslutning.



Foto 2: Formning af tagfladen ved hjælp af klapning med tækkeskovlen.



Foto 5: Længden af de synlige miscanthusrør ved gavlafslutning.



Foto 3: Klappning med tækkeskovlen. Udjævning af tagfladen.



Foto 6: Længden af de synlige tagrør ved gavlafslutning.

Bindetråden (ekstra kraftig rustfri tråd) føres ved hjælp af en krumnål under lægten. Tråden gribes med en retnål med krog og forbinder dermed rørbundtet til lægten, hvorefter den strammes og bindes til tækkækæppen (ca. 4,5 m kraftig tråd, som ligger tvær over alle bundterne i bindet). Den fasthed, hvorved rørene presses mod lægten, afhænger på den ene side af hvor meget trådene er strammet, og på den anden side af den yderligere stabilitet, der opnås gennem bankning.

Bankning med tækkeskovi kan ses på billede 1 og 2. Med en tækkeskovi udjævnes tagets overflade, og derudover vil de konisk løbende strå blive banket ind i bindingen. Dette sikrer en bedre fastgørelse af bindetråden på stråene ved bindingen, hvilket forhindrer, at stråene løsner sig fra spærfaget (stormsikring, følgevirkning af fugle osv.).

Her er det tydeligt, at stråenes nødvendige kegleform udfylder flere funktioner. For det første er der ved en mindre udpræget kegleform risiko for, at taget fra tagfod til rygning bliver tykkere (især med lange rør) og for det andet kan den fastkilende virkning ved bankningen reduceres.

At tækkemiscanthus alligevel udviser en høj grad af fasthed, beror på de kraftigere strå, som på grund af den store stråvægt tykkelse næsten ikke lader sig forme. Derfor vil miscanthus-materialet under bankningen automatisk blive udsat for en højere kraft, hvorved der opnås en fast indsnøring af bindetråden til strået. Ulempen har hidtil været, at miscanthus-rørene ved denne behandling lider mere skade (foto nr. 7) end tagrørene (foto nr. 8), og at svajet (knækket) ved bindingen synes mindre, og derfor præges tagets overflade af længere rodender. Dette forstærkes yderligere på grund af miscanthus-materialets sædvanligvis større strådiameter (foto nr. 10) i forhold til tagrør, hvilket fremgår af foto nr. 4 og 5. Ved tagrør er rodenderne tydeligt mindre udsat for vejrliget (foto nr. 6), og tagfladen giver et markant mere ensartet (glat) indtryk. Denne ulempe er mest fremtrædende ved gavlafslutningen, hvor bundterne skal anbringes i en anden retning (fra siden og udefter) (foto nr. 4).

Forsøgstaget er udstyret med fugtigheds- luftfugtigheds- og temperatursensorer, som er grundlaget for de her fremstillede resultater. Målingerne fortsætter. Taget befinder sig i en god stand.

1.2 Referencetaget i Albersdorf

En mere ensartet tagoverflade har ved iagttagelser af referencetaget i Albersdorf vist sig som en ulempe, idet tagrør hurtigere belastes af fugtighed (foto nr. 11) På grund af den tætte overflade indespærres fugtigheden i taget og bevirker allerede nu en nedbrydningsproces. Miscanthustaget gennemluftes bedre og vil derved tørre hurtigere helt ind til kernen af taget. Den lyse nuance på miscanthus-taget tyder på god holdbarhed. Der er ikke konstateret svampeangreb, og der er heller ikke tegn på nedbrydning. Rørenes farve i 2 til 5 cm dybde af tækkelaget er endnu sammenligneligt med farven på tidspunktet for udførelsen i 2001. Der er på grundlag af denne synsvinkel tale om lang holdbarhed for miscanthusmaterialets vedkommende.



Foto 7: Miscanthus med forholdsvis flere brud og spaltninger af stråene, men kun indtil første knæ (led).



Foto 10: Miscanthus: større diameter, Større vægtykkelse, delvis spaltning ved snittet.



Foto 8: Tagrør har næsten ingen brud og udmerker sig ved færre spaltninger.



Foto 11: Forvitring på grund af højere fugtighed i tagrør.



Foto 9: Tagrørs mindre diameter og mindre vægtykkelse, et mere jævnt snit.



Foto 12: Ingen forvitring på grund af fugtighed i miscanthusmaterialet.

1.3 Referencetaget i Wenningstedt på Sylt

Referencetaget i Wenningstedt på Sylt viste på tidspunktet for tækningen (18.01.02) tydelige farveforskelle mellem tagrør (lyse, strågule tagrør) og tækkemiscanthus (rødligt) (foto nr. 13).



Foto: 13 Referencetaget under byggearbejdet den 18.01.02. Tydelige farveforskelle på tagrør (lyse, ved grat) og miscanthus (rødlige, nenedunder, til højre for grat).

Alt i alt viste der sig et mere uensartet billede af tagfladen i forhold til tagrør, da man på det tidspunkt endnu ikke rådede over tækkemiscanthussorter med optimale egenskaber (foto nr. 14). På grund af den noget ulige form og den lille bøjningsvinkel, som er følgerne af det kraftige miscanthus-materiales mere uelastiske egenskaber og store strådiameter, fremstår miscanthus-tagfladen mere åbenporet og som helhed mere ujævn end tagrør. De anvendte tagrør som sammenligningsmateriale var af fremragende kvalitet, og gør en sammenligning med miscanthus vanskelig. Tagrørene var af en særlig finstrået kvalitet med en høj elasticitet (meget ny høst med endnu grønne strå i bundterne), og derfor fremragende at bearbejde. Især på tagets problemzoner (grater, skotrender) viste tagrørene sig bedre egnet end miscanthus-materialet. Men hensyn til miscanthus skal det nævnes, at materialet, på grund af det endnu begrænsede udbytte fra forsøgsarealer, var samlet over en periode på 3 år. Disse til dels "gamle" bundter i miscanthus-leveringen besværliggør sammenligning med de meget friske tagrør.



Foto: 14 Farve- og strukturforskelle mellem tagrør (venstre) og miscanthus (højre) på beklædningstidspunktet.

Farveforskellene spiller for tagrør såvel som for miscanthus en underordnet rolle, da forvitring af tagfladen på grund af vejr og vind typisk fører til en ensartet grålig farve (foto nr. 15).



Foto 15: Samme farve på tagfladen uanset rørtype.

Foto nr. 16 (tagrør) og foto nr. 17 (tækkemiscanthus) viser graden af forvitring fra august 2003, 19 måneder efter færdiggørelsen af referencetaget. Stråene er intakte, og der er ingen tegn på udvikling af biofilm, som kan have en negativ indflydelse på holdbarheden. For begge materialer garanteres for regn- og vindtæthed.

Tagrørens kvalitative indtryk er overvejende mere positivt end i Albersdorf, hvilket beror på materialets beskaffenhed og på de klimatiske betingelser, der gælder i Nordsøen. Det høje saltindhold i luften virker konserverende, og de høje vindhastigheder bevirker en hurtig udtørring af tagfladen.



Foto 16: Tagrørs tilstand efter 19 måneder i Wennekingstedt på Sylt.

På foto nr. 17 er det tydeligt at se den større stråvægtykkelse, hvilket påvirker Miscanthus' modstanddygtighed i positiv retning.



Foto 17: Miscanthusrørs tilstand efter 19 måneder i Wennekingstedt på Sylt.

Taget i Wennekingstedt på Sylt er ud fra et kvalitativt synspunkt i meget god stand. Der er ikke tegn på forfald. Der kan påregnes lang levetid. Kun den ydre fremtoning af tagfladen på miscanthustaget gav anledning til kritik blandt fagspecialister, på grund af de noget mere uensartede flader. En ny tækkemiscanthussort har imidlertid set dagens lys i Danmark, på øen Lolland. Materialet er efter eksperter skøn af en meget bedre kvalitet. I særdeleshed de fine strå, elasticiteten og strådiameteren kan klare sig i sammenligning med tagrør. På projektets forsøgsarealer står den første høst for døren. Undersøgelserne fortsætter.

2. Videnskabelige, ledsagende undersøgelser med hensyn til materialekvaliteten (opgaveområde 2)

2.1 Specifikke undersøgelser af stråmaterialet

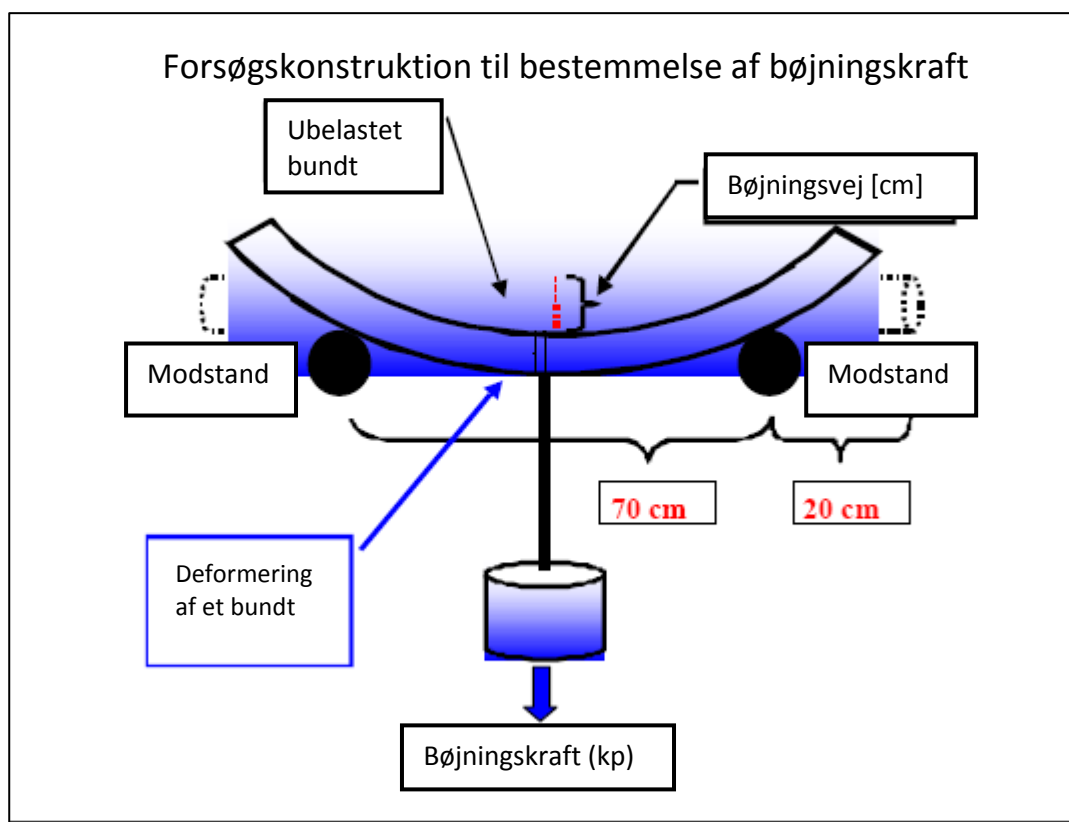
2.1.1 Materialekvalitet, (fasthed, elasticitet)

2.1.1.1 Elasticitet – tækkemiscanthus i forhold til tagrør

Elasticitet er den egenskab ved et materiale, der betyder, at dette vender tilbage til sin oprindelige form efter at være blevet deformeret af en kraft. Både tagrør og miscanthus har elastiske egenskaber, som især adskiller sig ved omfanget af den kraft, der skal til for at opnå en bestemt bøjningsvinkel.

Opspændet, som frembringer bøjningsvinklen opnås ved at hæve lægteplanet ved tagets tagskæg, hvor der ved hjælp af et sternbræt med ca. 5 til 7 cm højde frembringes et svaj (bøjning) i de ovenfor liggende lag, når bundtet under bindingen fastgøres til lægten. Dette knæk forhindrer, at stråene på det stejle tag kan glide ned og ud af spærfaget. Den korrekte sammenføjning af bindetråd og stråmateriale er på dette sted afgørende for tagets holdbarhed.

Bøjningsvinklens udformning er udover kegleformen og stråenes overfladebeskaffenhed hovedforudsætningen for tagrørs- og miscanthustages holdbarhed. I tilslutning til tækkemetoden for tagrør blev der foretaget følgende forsøg. Forsøgskonstruktionen på fig. 18 viser et bundt, som bøjes ved hjælp af en kraft, hvorved der fremkommer en bøjningsvinkel.



Figur 18: Forsøgskonstruktion til bestemmelse af den anvendte bøjningskraft til dannelse af en bøjningsvinkel.

Bundtet er placeret på to vederlag/modstandsstøtter, således at det første modstandspunkt er placeret 20 cm fra basis, og det andet er sat til en stråhøjde på 90 cm. Hermed viser der sig en afstand mellem modstandspunkterne på 70 cm. Mellem modstandspunkterne omslutes bundtet af en tråd, og ved hjælp af en talje udsættes bundtet for en trækraft. Den medgåede kraft måles ved hjælp af en trækvægt og føres i en bestemt bøjningsretning, som opstår ved deformation af bundtet. Herved kan konstateres, hvor elastisk et bundt reagerer på en deformation. **Valget af et bundt som undersøgelsesobjekt beruht darauf, einen möglichst praktischen Ansatz aufzuzeigen, der dem Verlegen von Bunden auf dem Dach am nächsten kommt. ??** Tagtækkeren lægger bundter parat og løsner derefter snøringen. Under bindingsprocessen trykkes bundtet med en hånd ned i bøjningen, mens bindetrådene strammes med den anden hånd. Da denne handling er afhængig af den kraft, tagtækkeren anvender, vil uelastiske bundter ikke blive presset så hårdt ned, som mere elastiske bundter.

Foto nr. 19 viser de anvendte tagrør og miscanthus-bundter og disses oprindelse og høsttidspunkt.

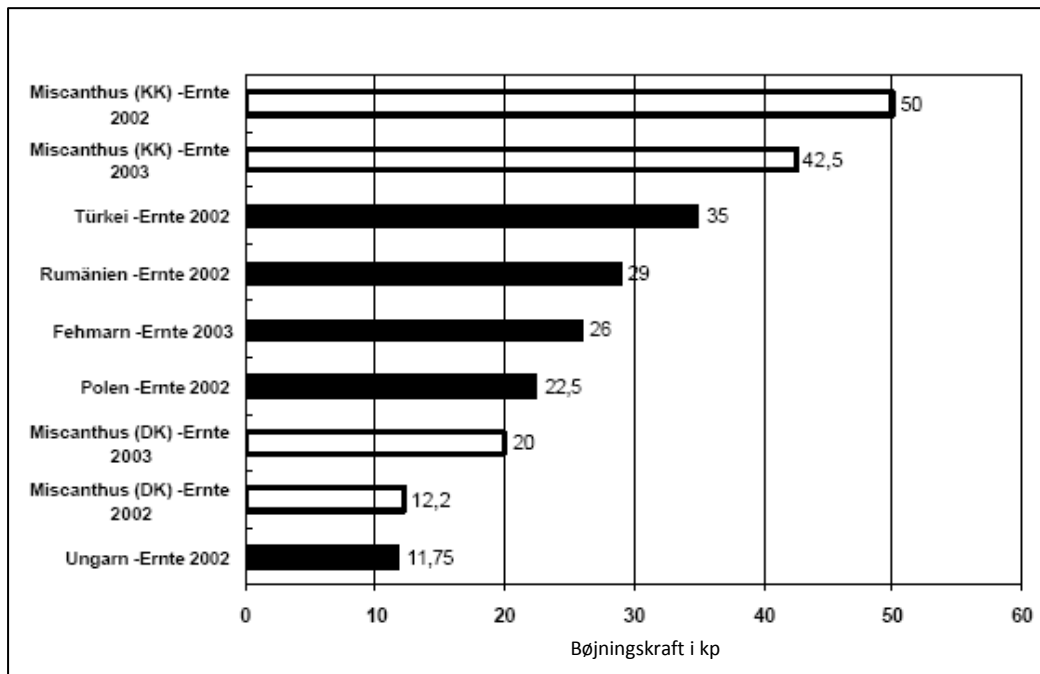


Foto 19: Miscanthus og tagrørsmateriale til undersøgelse af bøjningskraft

De første tre bundter fra venstre er miscanthus-bundter fra Schleswig-Holstein (Kleinkummerfeld) og Danmark (Jylland). Der ses færre toppe på tækkemiscanthus end på tagrørssorterne, hvad der kan have en fordelagtig virkning på arbejdsprocessen, idet massen på den øverste del kan føre til en overdimensionering af tagtykkelsen. Taget bliver fra tagfod til rygning gradvist tykkere, når toppene er meget voluminøse. Dette gælder også, hvis materialet ikke har tilstrækkelig konisk form eller har en meget stor strådiameter.

Bundterne 4 – 8 er tagrør. Nr. 4 kommer fra tagrørsområder på Fehmarn. Tagrørsbundt nr. 5 er fra Ungarn, nr. 6 fra Polen, nr. 7 fra Donau-deltaet i Rumænien, og tagrørsbundt nr. 8 er fra Tyrkiet.

Figur 20 viser resultaterne fra bøjningsforsøget. Oprindelseslandene blev anbragt efter den præsterede bøjningskraft i en rækkefølge, som gør det muligt at foretage sammenligning mellem oprindelse og høstår. Bøjningskraften, der blev målt, er den kraft, der skal til for at frembringe et svaj på 3,3 cm (bøjningsafstand).



Figur 20: Bøjningsafstanden ved miscanthus- og tagrørsbundter med den samme bøjningsafstand på 3,3 cm. Oprindelsessted for miscanthus: Jylland (DK) og Kleinkummerfeld (KK) i Schleswig-Holstein.

Forsøgets resultater viser, at miscanthus fra Schleswig-Holstein (KK) krævede den største kraftanvendelse. Miscanthus fra Danmark (DK) indplacerer sig i gruppen af tagrør med elastiske egenskaber. Denne miscanthussort tilhører gruppen af senest udvalgte sorter, som indgår i et dyrkningsprojekt på forsøgsområdet, og som fortsat overvåges.

Miscanthus fra Kleinkummerfeld viste den største modstand med op til 50 kp bøjningskraft; materialet fra Jylland viste dog resultater, som var sammenlignelige med tagrør, (høst 2003; 20 kp og høst 2002: 12,2 kp. De forskellige tagrørssorter bevæger sig i et område fra 11,75 kp og 29 kp. Tagrøret fra Tyrkiet er med 35 kp et særtilfælde, da der her er tale om et meget groft og stærkstrået materiale med høj strådiameter. Materialet efterspørges især på grund af den lyse farve og er mest egnet til store, ensartede tagflader.

Høsttidspunktet har ligeledes betydning for bundtets elasticitet, idet ældre materiale, der har været lagret for længe, bliver mere sprødt og uelastisk. Dette gælder i samme grad for tagrør. At det forholder sig anderledes for partiet fra Danmark, skyldes de korte strå i høståret 2002 (yngre bevoksning), som også viser en tydelig kegleform (se også figur 21), idet vederlaget (modstandspunktet) befinder sig i det øvre område af strået, hvor strået er meget tyndere og mere elastisk end ved basis. Fehmarn tagrøret fra høsten 2003 er i forhold til de andre tagrørssorter fra høståret 2002 yngre, og relativt set sandsynligvis mindre elastisk, hvilket først viser sig med alderen.

De viste resultater beror på stikprøver og vil blive verificeret ved yderligere undersøgelser.

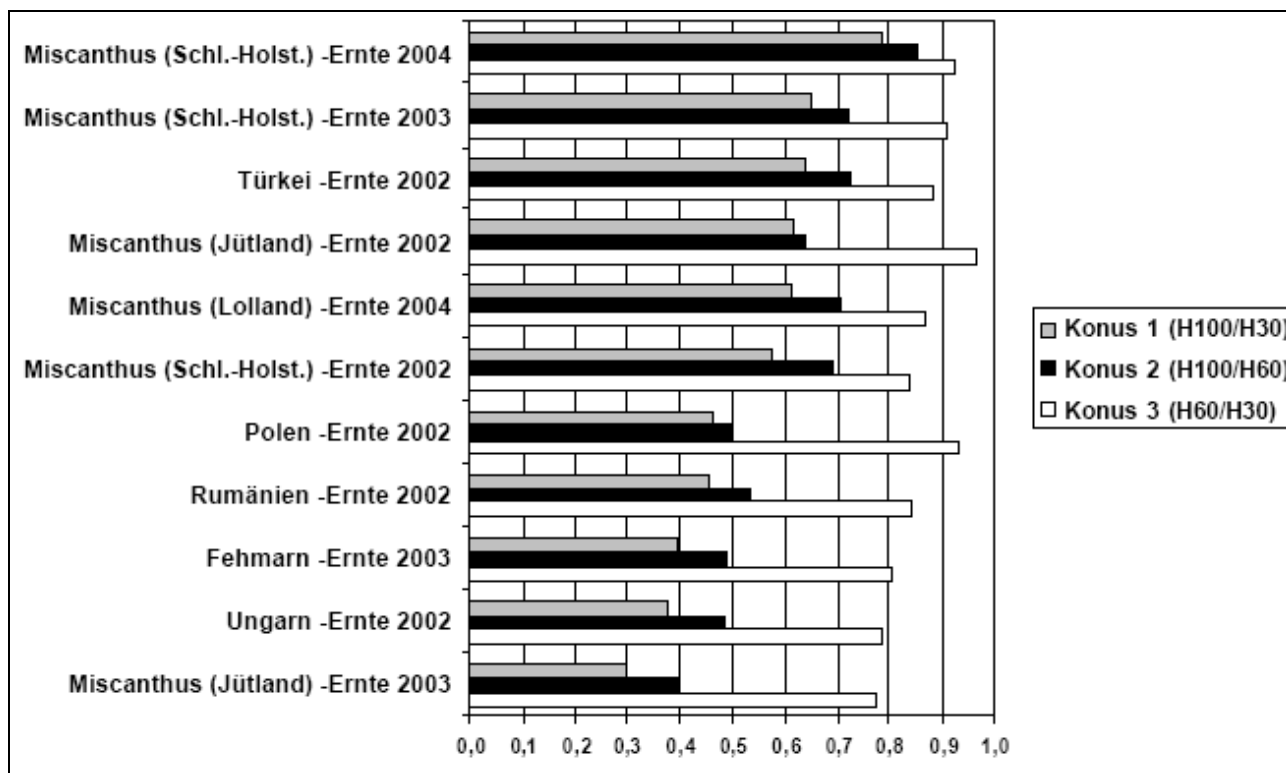
2.1.1.2 Fasthed

Undersøgelserne viser, at miscanthus udviser en høj grad af fasthed. Elasticiteten er dog på grund af den fastere stråstruktur noget reduceret. Det skal nævnes, at den store kraftanvendelse ved banking kan føre til flere skader. Brud og flækkede strå forekommer kun i et område indtil første knæ (led) (foto nr. 7). Ved iagttagelser på forsøgstaget og referencetagene i Wenningstedt på Sylt og i Albersdorf, Dithmarschen har disse skader ikke haft negativ indflydelse på holdbarheden. De beskadigede dele er blæst ned ad taget eller skyllet væk af regn. Rodenderne på tagoverfladen er nu helt intakte og uden følgerikninger, som f.eks. skimmelangreb og nedbrydning.

Ved bedømmelse af fasthed skal der tages hensyn til, at formændringer, som revner, skadedyr og sygdomme, blærevækst og sabelformet vækst ("kragefødder" ved rodender), indvirker på strukturen og er dermed med til at bestemme formændrings- og brudmodstanden.

2.1.1.3 Konus på miscanthus i forhold til tagrør

Figur 21 viser beskrivelse af kegleformen på tagrørs- og miscanthusbundterne fra forskellige oprindelsessteder og fra forskellige høstår.



Figur 21: beskrivelse af konus på tagrørs- og miscanthusbundterne fra forskellige oprindelsessteder og fra forskellige høstår. Konus beskrives ved hjælp af et tværsnit af bundtfladeforholdet i højderne 100cm/30cm (Konus 1), 100cm/60cm (Konus2) og 60cm/30cm (Konus 3).

Konus beskrives ved hjælp af et tværsnit af bundtfladeforholdet i højderne 100cm/30cm (Konus 1), 100cm/60cm (Konus2) og 60cm/30cm (Konus 3). Tværsnitbundtfladeforholdet konstateres matematisk på basis af omkreds.

Ligning til beregning af tværsnitbundtfladeforholdet:

$$\text{Ligning 1: } U = 2 \cdot p \cdot r$$

$$\text{Ligning 2: } r = \frac{U}{2 \cdot \pi}$$

$$\text{Ligning 3: } A = P \cdot r^2$$

Omkredsen af et bundt blev målt med et målebånd. Ved målingen blev bundtet udsat for et ensartet tryk.

Tværsnitbundtfladeforholdet (tbf) består af bundternes tværsnitflade i to forskellige højder. Det forudsættes, at bundterne er koniske i formen, altså ved basis besidder en større omkreds end ved spidsen.

Det område af bundtet på en bestemt højde, som udvælges til måling, ligner keglestubbens stereometriske form. Denne keglestub har en større basisflade og i 2. målehøjde en mindre topflade. Tværsnitbundtfladeforholdet kan beregnes ved hjælp af følgende ligning.

$$\text{Ligning 4: } Tbf = \frac{A2}{A1}$$

A1 = tværsnitflade ved basis af beregningskegleudsnittet

A2 = tværsnitflade ved topfladen af beregningskegleudsnittet

Resultatet af dette forhold er uafhængigt af bundternes indbyrdes forskellige diametre og omkreds og muliggør en direkte sammenligning af forskellige bundttyper (sorter, oprindelse og arter) uden at standardisere dem. I et område fra 0 til 1 udtrykker tværsnitbundtfladeforholdet bundtets konus. Ved en høj talværdi drejer det sig om bundter med en lille konus (snarere en cylindrisk form), ved en lav talværdi er konussen tilsvarende højere, det vil sige; bundtet bliver hurtigere tyndere fra basis til spids.

Målehøjderne er udvalgt som angivet, fordi bindingen af bundterne på taget sker inden for 30 til 60 cm.

I det store og hele viser figur 21, at tagrør på nuværende tidspunkt fremtræder med en noget højere konus i forhold til miscanthus, dog med en undtagelse, en miscanthus fra Nordjylland (DK), som i denne sammenligning udviste den bedste konus. Dette bundt blev høstet i 2003. Materialet fra det samme produktionsområde fra høsten 2003 havde derimod en særlig dårlig konisk form, hvilket berettiger til at konkludere, at forskellige vækstbetingelser i Norddanmark og forskellige år kan have indflydelse på kvaliteten af miscanthusmateriale. Til sammenligning viste en miscanthus fra Nordtyskland (Kleinkummerfeld, høsten 2003) den hidtil dårligste konusform. Dette fænomen skyldes formentlig sorten.

Tagrøret fra Tyrkiet adskiller sig fra de andre tagrørssorter, idet der her er tale om en større strådiаметer og en lille konus, sammenlignet med tagrør fra Ungarn, Polen, Rumænien og Fehmarn. Dette tagrør

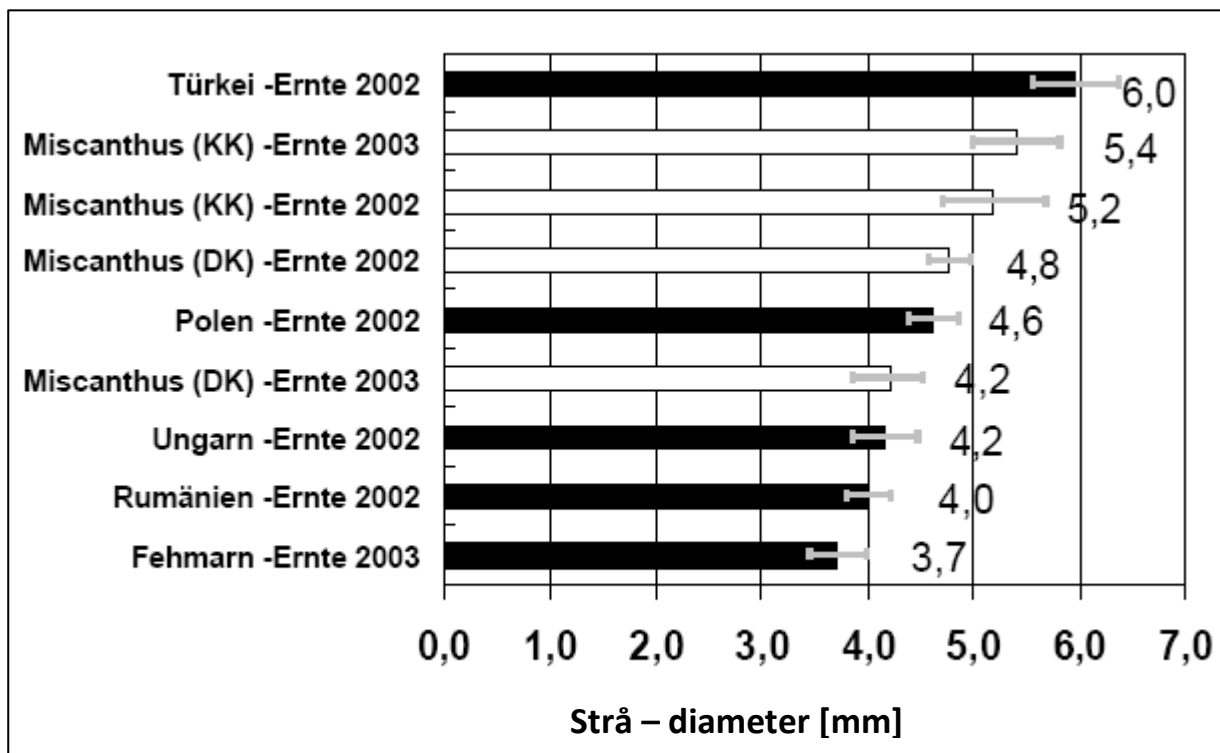
indtager en særform. Det tiltaler en forholdsvis lille kundekreds og vælges først og fremmest på grund af farven (strågul og lys), som dog efter ca. et år forvandler sig til grå, som tilfældet er med andre tagrørs- og miscanthussorter. Tagrøret fra Tyrkiet kan på nuværende tidspunkt sammenlignes med de fleste miscanthustyper, det vil sige: der findes også tagrør med stor diameter og en vækstform med en mindre konus i det afgørende måleområde.

Den gennemførte sortering (fig. 21) blev foretaget på grundlag af tværsnitbundtfladeforholdet i en målehøjde fra 100 cm til 30 cm (Konus 1). I denne målehøjde er konusværdierne særligt høje. De andre målehøjder viser alt i alt dårligere konusværdier (Konus 2 og Konus 3). Det betyder, jo højere på strået der måles, jo højere konusværdi, og omvendt. Jo mere der måles ved basis (rodende), jo ringere konusværdi. Det viser sig her, at miscanthusværdierne på den nederste tredjedel af strået (se Konus 3) næsten ikke adskiller sig fra tagrørsværdierne.

2.1.1.4 Strådiameter – tækkemiscanthus i forhold til tagrør

Strådiameteren er endnu en parameter, som har indflydelse på tagbelægningens tykkelse. Almindeligvis gælder det, at jo finere tagrør, jo bedre er det at arbejde med på komplicerede tagformer, som f.eks. på kviste, på grater og i skotrender.

Figur 22 viser den gennemsnitlige strådiameter for miscanthus og tagrør fra forskellige oprindelsessteder og fra forskellige høstår.



Figur 22: Gennemsnitlig strådiameter ved basis (rodende) på miscanthus- og tagrørstrå med forskellig herkomst og høstår. Miscanthus-herkomst: Nordjylland (DK) og Kleinkummerfeld (KK) i Schleswig-Holstein.

Disse stikprøver viser i øjeblikket en større strådiameter for miscanthus i forhold til tagrør. En større strådiameter er kun målt på en speciel tagrørssort fra Tyrkiet. Miscanthus fra Kleinkummerfeld er i for-

hold til miscanthus fra Nordjylland større i strådiameteren, hvilket skyldes vejr- og jordbundsforhold. Også miscanthus fra høsten 2003 viser en anelse finere strå (lille diameter) end fra høsten 2002. Forskellene skyldes ulige vækstbetingelser.

Den gennemsnitlige strådiameter, standardafvigelsen og variationskoefficienten som mål for spredningen, er angivet i tabel 1.

Tabel 1: Gennemsnitstrådiameter ved basis (rodende) af miscanthus- og tagrørsstrå af forskellig oprindelse. Miscanthus-oprindelse: Nordjylland (DK) og Kleinkummerfeld (KK) i Schleswig-Holstein.

Oprindelse	Gennemsnitlig strå-diameter (mm)	Standardafvigelse	Variationskoefficient (%)
Miscanthus			
Miscanthus (DK) Høst 2002	4,8	0,609	12,8
Miscanthus (DK) Høst 2003	4,2	1,028	24,5
Miscanthus (KK) Høst 2002	5,2	1,562	30,1
Miscanthus (KK) Høst 2003	5,4	1,307	24,2
Tagrør			
Fehmarn – Høst 2003	3,7	0,859	23,1
Polen – Høst 2002	4,6	0,760	16,5
Rumænien – Høst 2002	4,0	0,641	16,0
Ungarn – Høst 2002	4,2	0,953	22,9
Tyrkiet – Høst 2002	6,0	1,300	21,8

Den laveste variationsbredde i gennemsnitstrådiameteren blev konstateret på miscanthus fra Nordjylland, den højeste på miscanthus fra Kleinkummerfeld. Spredningen betragtes på grund af de forskellige stråhøjder som normal og gælder for både tagrør og miscanthus.

Der blev udviklet et direktiv for tagrørs strådiameter. Strådiameteren skulle herefter ligge på 3-9 mm og strå længden på mellem 1,4 og 2,0 m (tabel 2).

Tabel 2: Sortering af tagrørsstrå i et bundt, ifølge D. Staud (2002).

	Korte tagrør	Middellange tagrør	Lange tagrør
Længde (cm)	100 - 150	160 - 180	190 - 230
Diameter (mm)	6	3 - 9	6 - 12

Kilde: D. Staud (2002): Foredrag ved generalforsamlingen i Bundesfachgruppe Reetdachtechnik (Brancheforeningen for tagrørstækning) i Sparow.

Ved denne opstilling skulle 90% af stråene svare til bundtlængdeværdierne, og 90% af bundterne skulle svare til den angivne sortering.

Hvad angår strådiameteren ligger miscanthus i middelfeltet (tabel 1), sammenligneligt med placeringen for middellange tagrør. Med hensyn til strå længden er der imidlertid tydelige forskelle, idet der er blevet målt strå længder på over 2 m på miscanthus fra Schleswig-Holstein. De nye sorter lover forbedring i den retning. Miscanthus materialet fra Danmark har allerede nu de påkrævede strå længder, hvilket kan forklares med de bedre sorter, der er anvendt. Disse sorter befinder sig på områder med dyrkningsforsøg, og den næste høst afventes.

2.1.2 Vejrbestandighed under hensyntagen til tagkonstruktion og eksponering

Vejrbestandighed under hensyntagen til tagkonstruktion og eksponering kan vises ved hjælp af eksemplet fra referencetaget i Albersdorf / Dithmarschen.

På referencetaget i Albersdorf er der tydelig forskel på tagbeklædningens kvalitet, alt efter hvilket materiale, der er brugt, og også hvad angår eksponering.

Miscanthus materialet fra Nordjylland kommer fra en sort, som endnu ikke besidder gode egenskaber, såsom tynde og lige strå, god udpræget kegleform. Selvom tagoverfladen forekommer mere ujævn og uensartet, har den løsere struktur ved miscanthus-tækningen en positiv virkning på ventilationsevnen. Der er ikke konstateret fugtskader. (Foto nr. 12)

Tagrørs holdbarhed især på vestsiden (vindsiden) er betydelig ringere end holdbarheden på miscanthus-tage på begge sider. Vest- og østsiden af tækkede flader adskiller sig fra hinanden med hensyn til materialets fugtighed i en dybde på ca. 15 til 30 cm. Tagflader med tagrør er altid fugtigere end tagflader med miscanthus. Hovedårsagen hertil synes at ligge i den tættere beklædning ved tagrør, som derfor ikke gennemluftes i tilstrækkelig grad. Tilsyneladende forhindres borttransport af fugtighed fra tagets kerne ud i det fri (foto nr. 11). Det skal bemærkes, at taget i Albersdorf er tækket efter brancheregulativene i den tyske tagtækkerhåndværksforening (Deutsches Dachdeckerhandwerk, 2002), og dermed tilstrækkeligt ventileret. Endvidere er bygningen ubeboet og ikke udstyret med isolering, hvilket kan have en negativ virkning på fugtighedsfordelingen i taget.

På den tagrørstækkede tagflade i Albersdorf kunne det konstateres, at tagrørsfladens vestside var tydeligt fugtigere end østsiden, hvilket skyldes eksponering til vindsiden (hovedvindretning fra vest). At det forholder sig omvendt, at østsiden er fugtigere end vestsiden ved miscanthus-tækning, dog på et meget lavere niveau, er stadig et uafklaret fænomen.

Sandsynligvis hæmmes gennemluftningen af tagrørsflader på grund af pakningstætheden af tagrørsbundter og disses fine stråstruktur. Der dannes en fugtighedsprop i tagets kerne. Desuden er bygningens retning fra nord til syd skyld i, at den fugtige luft, især i vejsituationer med vestenvind, med ekstra styrke presses op fra undersiden ind i tagrørsfladerne. Undersøgelserne videreføres.

Som følge af den højere fugtighed udvikles svampe på overfladen af tagrørstaget og ned i de første 5 cm (Foto 23, til venstre). Dog ikke i samme omfang som på østsiden af taget. For tagrørs vedkommende

er der allerede på nuværende tidspunkt tale om delvis nedbrydning, hvad der er usædvanligt, og som betyder, at rodenderne brækker af og løsner sig fra spærfaget. (Foto nr. 23 til venstre)



Foto nr. 23: Virkningerne af fugtighed i taget fra Albersdorf. Til venstre tagør, til højre miscanthus.

Bygmesterens bedømmelse af miscanthus-tagfladen i Albersdorf er positiv. Tagfladen er meget hård, og udmærker sig ved en høj fasthed. Bindingerne i miscanthusmaterialet er meget stramme, og kun ved stor kraftanvendelse kan man trække strå ud af taget. Dette forhold tegner godt for miscanthus-tagets holdbarhed og stormsikkerhed. Den ubetydelige eller ikke-konstaterbare nedbrydningsgrad ved miscanthus i forhold til tagør vurderes ligeledes meget positivt, (foto nr. 23, til højre), selvom problemerne med tagørstaget i Albersdorf er usædvanlige. Undersøgelserne i denne henseende vil blive videreført og intensiveret.

Taget i Albersdorf har forskellig tagtykkelse, fordi der er anvendt rundstammer til spær og lægter. Bygningen er en del af et arkæologisk, økologisk center i Albersdorf, hvor bygningsformer fra stenalderen blev rekonstrueret så virkelighedsnært som muligt. Rundtømmerets uensartede form viser sig ved fordybninger, som blev dækket ved at lægge ekstra rør på. Der er dog ingen nøje sammenhæng mellem tagtykkelse og fugtighedsindhold i det midterste og ned til nederste tækkelag. Taghældningen følger DIN og VOB' nederste grænseværdi på 45°. Den lave taghældning bevirker en ekstra fugtighedsbelastning. Her var det ønskeligt og også hensigten at undersøge holdbarheden af miscanthus i forhold til tagør. Mindstekravet til tækning med tagør er formuleret efter VOB/C DIN 18338 nr. 3.9. I overensstemmelse hermed skal tagørsbeklædningen udføres i en tykkelse på 28 cm (vinkelret på stern) eller bedre i 40 cm tykkelse. Rørlagene i Albersdorf ligger i et område fra 30 til 40 cm. Den højere tagtykkelse kan have en negativ virkning på borttransport af fugtighed fra taget.

Sammenføjningen af bindingen skal ligge i midten af rørlaget for at beskytte bindetråden (eller kokosgarn-bindingen, som i Albersdorf) mod fugtighed. Hvad angår miscanthus kunne det på grund af stråenes højere fasthed og krumning ved rodenden ikke lade sig gøre at placere bindingen tilstrækkelig dybt i rørlaget. Der har på nuværende tidspunkt ikke været iagttaget nogen skadelig påvirkning af bindingernes funktionalitet.

Følgerne af nedbør og fugtighed på bindingen overvåges fortsat. Principielt skal det her nævnes, at miscanthus opfylder de samme krav til tagbeklædningens tæthed som tagrør.

De nye sorter, som særligt i Danmark dyrkes i et større omfang, og som kommer på markedet til næste år, lover her en forbedring af kvaliteten. Bindingerne på miscanthustaget i Albersdorf er tydeligt fastere end på tagrørstaget. Dette taler for lang holdbarhed og høj stormsikkerhed i fremtiden.

Normalt trænger nedbørsfugtighed omkring 5 cm ind i rørlaget og ved storm op til 10 cm. Tagrør påvirkes her i negativ retning, da det ikke kan tørre hurtigt nok. Ved miscanthus er der ingen betænkeligheder, undtagen hvis bindingen kan lide skade, hvilket dog ikke har været tilfældet.

2.1.3 Periodiske stikprøver ved forsøgstaget til analyse af materialeændringer

Materialeændringen ved tagrør og tækkemiscanthus på forsøgstaget overvåges og bedømmes løbende. Da ændringer i materialeegenskaber i sagens natur først viser sig efter længere tids iagttagelse, blev der også taget højde for resultaterne fra referencetagene (afsnit 1.2 og 2.1.2). Dertil kommer resultater fra undersøgelserne af det ældste miscanthustag, som ligger i Jylland, Norddanmark.

Som ventet kunne der ikke konstateres ændringer i forsøgstaget, idet der kun var gået relativ kort tid efter færdiggørelsen af taget. Alligevel viste det sig, at hvor der ved tækkemiscanthus næsten ikke kunne konstateres nogen farveændring, var der en tydelig sortfarvning af tagrørene efter kun 18 måneder efter tækning. Da forskellene mellem tagrør og miscanthus på forsøgstaget er ubetydelige, vil der i denne rapport blive henvist til resultater fra referencetagene, især fra taget i Albersdorf (afsnit 1.2).

For at fremskynde den naturlige aldringsproces, blev der udviklet en metode til bestemmelse af aldringsforhold, som også giver et fingerpeg om aldringsbestandigheden (afsnit 2.1.5).

Nedbrydningsprocessen vil uanset rørtype blive fremskyndet, hvis rørene beskadiges under tækkearbejdet. Rodenden er den del af strået, der er mest udsat for vejrforholdene. Revnedannelser ved afskæring og brud ved bankning bør undgås.



Foto nr. 24: Revnedannelse ved afskæring danner grobund for svampeangreb.
(til venstre tagrør; til højre miscanthus)

Foto nr. 25 viser en koloni af svampe og bakterier på en miscanthus-rodende 1 år efter tagets færdiggørelse.



Foto nr. 25: Koloni af svampe og bakterier på en beskadiget miscanthus-rodende 1 år efter tagets færdiggørelse.

De flængede stråvægge er inficeret af svampe og bakterier. Denne tilstand er ganske vist forbigående, da disse fragmenter af ødelagte strå allerede efter 2 år vil være faldet af, og svampeangrebet vil blive stærkt reduceret på grund af påvirkning fra solen og nedbørsfugtighed i forening.

Stråets forvitringstilstand er let at kende på den stålgrå farve (i tørt vejr). Løsrivelsen af brudfragmenterne sker kun indtil det første knæ (node), hvor nedbrydningsprocessen vil blive bremset.

Det ældste miscanthustag befinder sig i Jylland, Norddanmark og er 16 år gammelt. Foto nr. 26 viser forvitringstilstanden ved tagets rodender.



Foto nr. 26: Rodende på Miscanthusrør efter 16 års vejrpåvirkning. Jylland, Danmark

Materialet er sammenligneligt med tagrør på det samme tag. Det nederste strå er blevet sprødt og har ikke længere nogen elastiske egenskaber, men går i stykker ved den mindste berøring. Denne tilstand begrænser sig til de første 5 - 8 cm af strå længden, som er direkte udsat for vejrliget. I tagets kerne kan der ikke konstateres forskel på strå kvaliteten fra miscanthus til tagrør. Dette tilfælde kan betragtes som en normal forvitringstilstand.

Foto nr. 27 viser påvirkning fra solens UV-stråling på miscanthus 18 måneder efter færdiggørelse af taget i Albersdorf.



Foto nr. 27: Påvirkning fra solens UV-stråling på miscanthus 18 måneder efter færdiggørelse af taget i Albersdorf (set fra siden).

På oversiden af strået ses en hvidlig farve, affarvet i løbet af afblegningsprocessen. Energien fra UV-strålingen (α -, β - γ -stråling) bevirker nedbrydning af vand (H_2O) til brintoverilte (H_2O_2), som har en celledskadende virkning (oxidation) på stråets kutikula. Denne proces sætter gang i nedbrydning af celleindholdet og med den efterfølgende luftpåvirkning i cellerne fører det til lysbrydning, med den følgerkning, at overfladen forekommer hvid. Denne proces begrænses foreløbig til de øverste stråcellelag (kutikula), ved yderligere forvitring løsner disse cellelag sig (afskalning). Denne proces betegnes korrosion. Kutikula's beskyttende funktion ødelægges, og svampe og bakterier vil herefter kunne trænge ind i dybere stråcellelag. Foto nr. 28 viser sammenlignelige resultater fra tagrør, med den forskel, at miscanthusrør optræder med revner på langs af strået, hvilket kan skyldes overfladens hårdhed ved miscanthusrør.

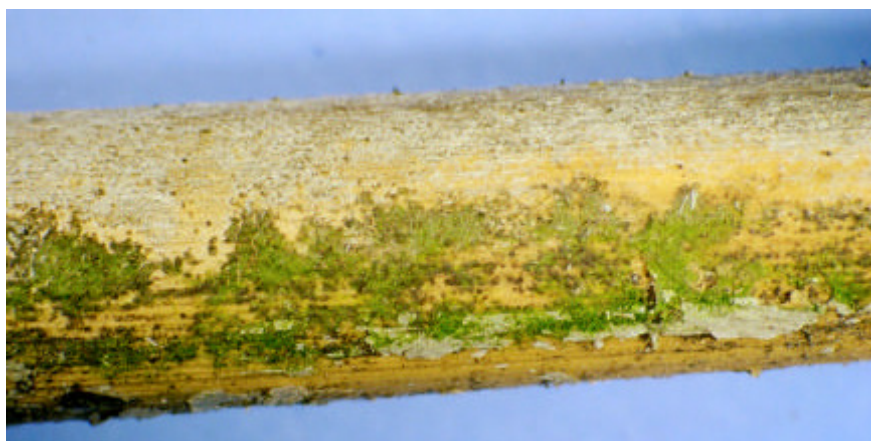


Foto nr. 28: Påvirkning fra UV-stråling på tagrør (set fra siden), efter 18 måneder i Albersdorf.

Røroverfladen belastes fysisk på grund af kvældning og indskrumpning, som medfører brud i overfladen. UV-strålingens påvirkning sammen med nedbørsmøghed og den efterfølgende udtørring vil skabe betingelser på overfladen, som gør det sværere for mikroorganismer at fremdrive nedbrydningsprocessen, det vil sige, holdbarheden behøver ikke at blive reduceret. Revnernes indflydelse på holdbarheden vil fortsat blive undersøgt.

På undersiden af strået har der udviklet sig en biofilm, bestående af mos, som er beslægtet med grøn-alger. På grund af mossets og algernes afgivelse af syre kan der ligeledes her blive tale om ødelæggelse af materialets overflade. Ulempen er, at biofilmen holder længere på fugtigheden, hvilket fremmer mikroorganismernes biologiske aktivitet (vand som livsgrundlag). Miscanthusmaterialets stærkere kutikula i forhold til tagrør er med til at skabe en stærkere resistens.

Ved en nærmere iagttagelse af rørene vækker svampe opsigt. De har en afgørende andel i den indledende fase af nedbrydningen. Foto nr. 29 viser svampetråde på overfladen af tagrør.



Foto nr. 29: svampetråde (hyfer) på overfladen af tagrør.

Svampen spreder sig først og fremmest på overfladen af strået og går så videre ned i dybere lag af strået. Det fine, næsten ikke synlige netværk betegnes mycelium. Det består af langstrakte, trådelignende, forgrenede celler. Da svampe lever saprofytisk, optager de næring fra dødt, biologisk materiale. Svampe er vidt udbredt og forekommer overalt, hvor organisk stof nedbrydes, og hvor indholdsstofferne føres tilbage til det naturlige næringsstofkredsløb. Formeringen og udbredelsen sker ved hjælp af frugten, en fortætning af svampemycelium, hvor der på overfladen dannes et enormt antal sporer, som ved hjælp af vinden kan transporteres over store områder (foto nr. 30). På egnede underlag, som f.eks. en godt gennemfugtet biofilm, kan sporerne spire og trænge ind i stråene. Da fugtighed fremmer formering af svampe, har en hurtig tørring af tagmaterialet efter nedbør en positiv virkning på tagets holdbarhed. Miscanthus har her en fordel i forhold til tagrør på grund af den tykkere stråvæg og den vandafvisende kutikula.



Foto nr. 30: Frugtlegemet af en svamp på tagrør. Myceliet har allerede bredt sig til dybere strålag.

Frugtlegemet er tegn på, at de dybere rørlag allerede er blevet inficeret med svampemycelium.

Foto nr. 31 viser skimmelangreb på overfladen af bladsleden på miscanthus. Bladsleden består af et materiale, som har en ringe modstandskraft over for svampe.



Foto nr. 31: Svampemycelium og biofilm (med grønalg) på bladskeden af miscanthus ved rodenden.

Myceliet i bladskeden trænger dog ikke ind i strået, som tilfældet er med tagrør, da miscanthus har en stor vægtykkelse og modstandsdygtig kutikula.

På grund af støv fra luften dannes der fra biofilmen med årene en tykt moslag, som er beslægtet med lav (foto nr. 32).



Foto nr. 32: mosdannelse på et 35 år gammelt tagrørstag i Bordesholm 2003.

Da mos, ligesom svampe, spreder sig ved hjælp af sporer, er mosdannelse en meget almindelig proces med konsekvenser for tagets holdbarhed. På grund af moslagets spærrefunktion kan taget ikke ånde, det vil sige, fugtigheden fra taget kan ikke føres væk. Nedbørsvandet føres ikke væk i tilstrækkelig grad.

Nedbørsmoedigheden trænger dybt ned i taget og tilbageholdes. Ifølge oplysninger fra tagtækkere tilbageholdes op til 4 mm nedbør, som forbliver i taget. Specielle firmaer og tagtækkere udfører sanering af sådanne tage, idet fjernelse af mosset betyder en betydelig forlængelse af tagets levetid.

Foto nr. 33 viser forvitningsgraden på et 16 år gammelt miscanthustag i Jylland, Norddanmark.



Foto nr. 33: forvitningsgraden på et 16 år gammelt miscanthustag i Jylland, Norddanmark.

Overfladen har ingen mosvækst, hvilket skyldes vejrforholdene på stedet. Taget befinder sig på et højt punkt midt i et landskab uden træer, hvilket sikrer hurtig udtørring. Biofilmen består fortrinsvis af grønne alger. Den minimale støvbelastning fra luften hindrer dannelse af et humuslag.

Foto nr. 34 viser tværsnittene af miscanthusrør (til venstre) og tagrør (til højre)



Foto nr. 34: tværsnit af miscanthusrør (til venstre) og tagrør (til højre)

Miscanthus er kendetegnet ved en kraftigere marvstruktur, hvilket er årsagen til, at der ikke trænger så meget fugtighed ned i de dybere lag af taget. Tagrørens hulrum (lumen) er større, og kun et tyndt cellevæg på indersiden synes i formindsket grad at tilbageholde fugtigheden.

Foto nr. 35 viser tværsnittet af et miscanthusrør.



Foto nr. 35: hulrum, marvstruktur og cellevæg med vaskulære karstrengene på et miscanthusrør.

Den store andel af marv er tydelig at se. Selvom der trods alt er et hulrum, kan marvstrukturen bidrage til, at miscanthusrøret optager mindre fugtighed. Karstrengene ses også tydeligt, og tyder på en høj stabilitet på grund af lignificeret støttevæv. Karstrengene og den høje stråvægtykkelse er årsag til den uelasticitet, der er typisk for miscanthusrør.

Foto nr. 36 viser et miscanthusrør, beskadiget ved bankning.



Foto nr. 36: Spaltning ved rodende og fibre, som er klæbet til biofilmen på miscanthusrør 6 måneder efter færdiggørelse af taget.

På dette miscanthusrør viser der sig en afskalning af fibre ved den flængede rodende, som så klæber sig til biofilmen. Da denne proces kun kan iagttages i det første år efter færdiggørelse af taget, kan der ikke heraf afledes nogen negativ indflydelse på holdbarheden.

2.1.4 Registrering af materialefugtighed i forskellige tagdybder ved hjælp af sensorer

Materialefugtighed er en væsentlig årsag til forvitring af tagrør. Fysiske faktorer som temperatur, solens stråler og vind virker ind på tagrørs materialestruktur i form af kvældning og indskrumpning. Det er ikke kun nedbør, der bidrager til gennemfugtning, også ved temperaturer omkring og under frysepunktet er der tale om tilstedeværelsen af vand og dermed er der ødelæggende kræfter på spil. I det følgende forløb viser de fysiske skader sig at være grobund for svampe og bakterier, hvis ødelæggende kræfter (vand som livsgrundlag for svampe og bakterier) ligeledes er afhængig af materialefugtigheden. Dermed har materialefugtigheden afgørende indflydelse på tagrørs holdbarhed, og det gælder også for miscanthus.

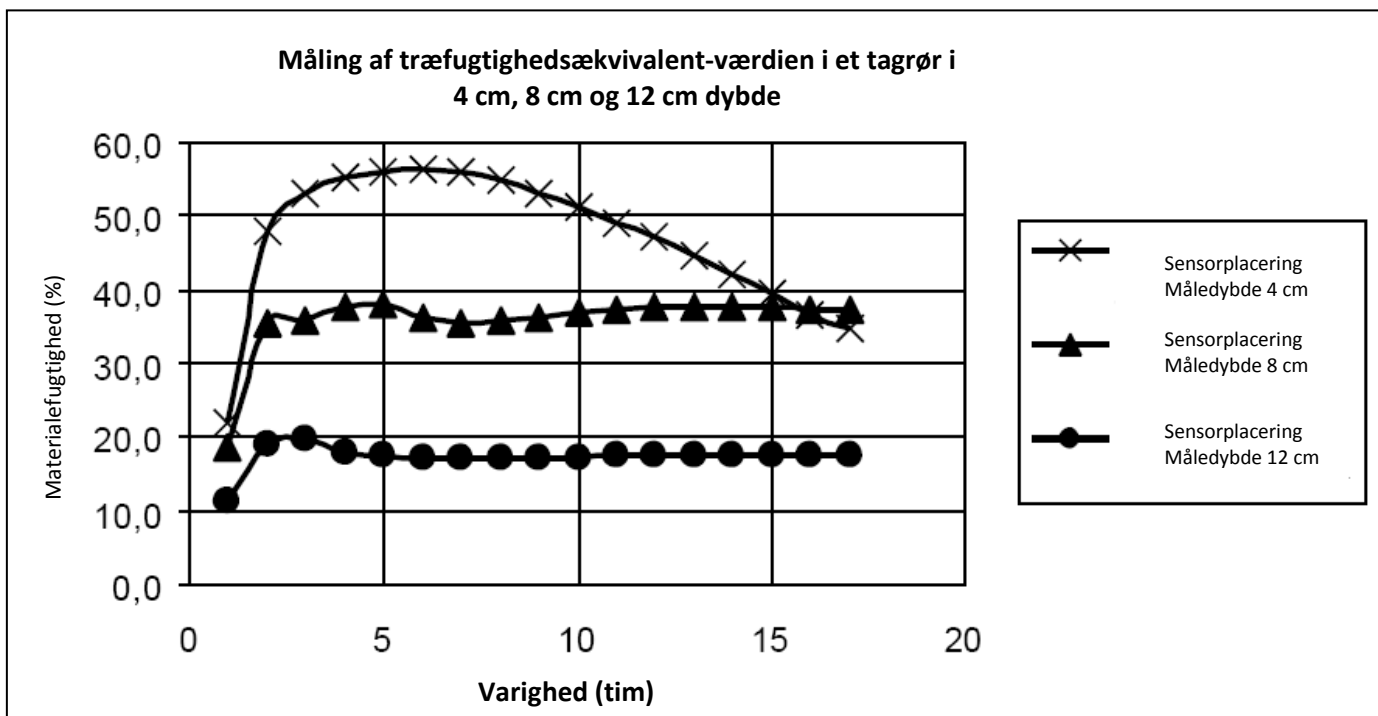
Metode til bestemmelse af materialefugtighed

Ledeevnetoden er en målemetode til bestemmelse af materialefugtighed ved hjælp af den elektriske modstand. Da modstand aftager ved stigende fugtighed, kan der frembringes en forbindelse mellem ledeevne og materialefugtighed.

Bestemmelse af ledeevnen blev gennemført med måleapparatet "Materialfox" fra firmaet Scanntronik. Måleapparatet Materialfox er et elektronisk ledeevnemåleapparat, som måler den elektriske modstand i stråmaterialet ved hjælp af 2 nåle, der stikkes ind i rørene i en bestemt afstand.

Materialets ledeevne kan måles over en vilkårlig periode, idet måleudstyret er forbundet til en datalogger, som kontinuerligt indsamler data om ledeevnen i et vilkårligt indstillet måleinterval.

Figur 37 viser resultaterne af en materialefugtighedsmåling efter ledeevnemålemetoden i et tagrørsbunt i 4 cm, 8 cm og i 12 cm dybde.



Figur 37: Måling af materialefugtighed efter ledeevnemålemetoden i et tagrørsbundet i 4 cm, 8 cm og i 12 cm dybde efter tilførsel af 500 ml vand.

Efter pågældende placering af ledeevnesensorerne i et tagrørsbundet blev dette overhældt med 0,5 l vand. Ved en luftfugtighed på 40 til 45% RH (relative humidity (fugtighed)) og en temperatur på 21°C sker der en tørring af materialet.

I begyndelsen af målingen gennemfugtes tagrørsbundet fra oven og nedefter, det vil sige, vandet passerer hurtigt gennem mellemrummene (ved overfladen af rørene) ned gennem de dybere lag. Materialefugtigheden ændrer sig gennem rørene med en forsinkelse på flere timer, idet stråenes kutikula kun tillader en mindre optagelse af vand i strået. Materialefugtigheden i det øverste lag (måledybde 4 cm) når efter 6 timer maximal fugtighed på 56 % (mf) og lander så på ligevægtsfugtigheden. Herefter falder fugtigheden yderligere, afhængig af den mængde vand, der fordampes ved tørring.

Resultaterne er påfaldende, da materialefugtigheden i de dybere lag stiger i langt mindre grad, men er til gengæld i længere tid konstant. Først og fremmest kommer der mindre vand i de dybere lag, fordi tagrørets skrå stilling udleder det meste af vandet fra overfladen af rørene. Senere sker der en vedvarende gennemfugtning af rørene i de dybere lag, som skyldes, at de oven for liggende lag forhindrer gennemluftning. Udtørring forudsætter gennemluftning, da vandet i materialet siver ud ad stråene i form af vanddamp og alt efter vanddampgradienten borttransporteres fra bundtet ved hjælp af luftskiftet. Det betyder også, at tagets struktur (fine eller grove rør) har afgørende betydning for, hvor langsomt eller hurtigt taget er om at tørre.

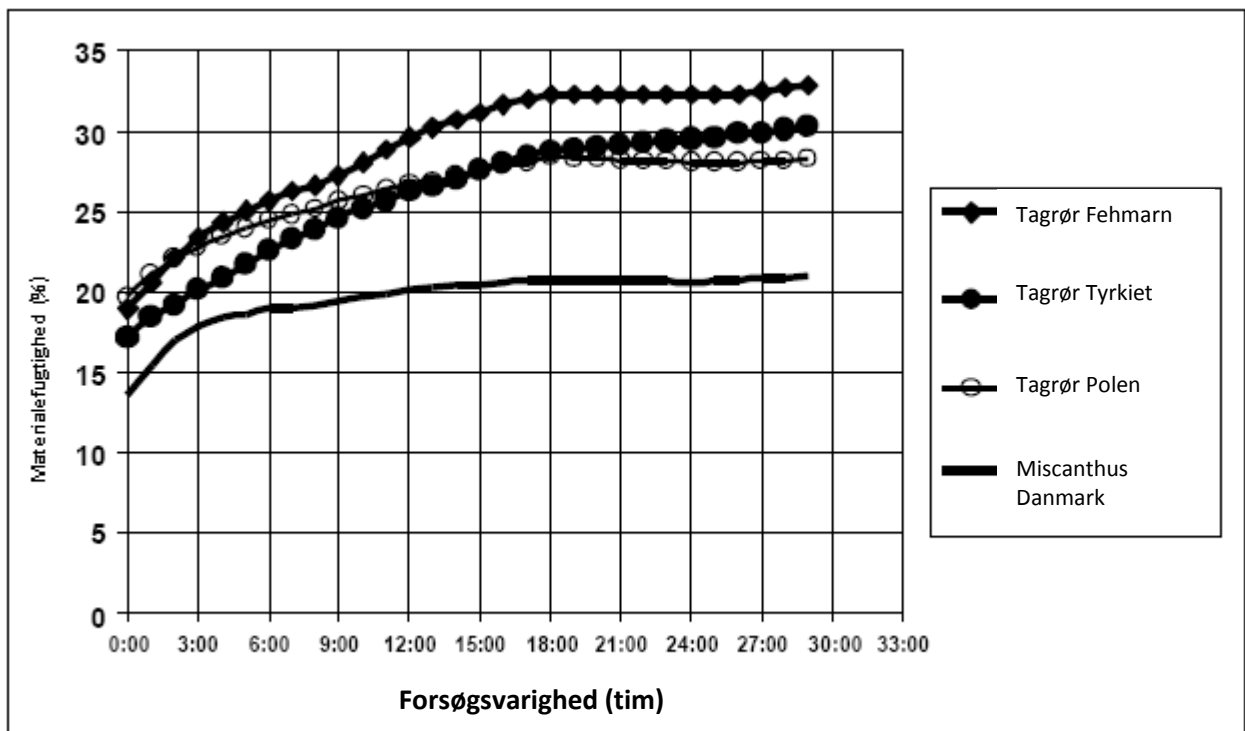
Vanddampoptagelsesevne

Indstrømning af fugtighed sker ikke kun ved nedbør. I fugtigt vejr kan luftfugtigheden (vanddamp) føres med vinden ned i taget, hvor den vil blive absorberet.

Vanddampen fra luften vil, afhængig af den relative fugtighed, blive ført ind i materialet. Da tagrør og miscanthusrør er biologisk materiale, fremstår det med en vis porøsitet, som muliggør optagelse af vanddamp.

Foto nr. 38 viser resultaterne af et laboratorieforsøg til bestemmelse af vanddampoptagelsesevne på basis af ledeevnemålemetoden. Materialeprøver af tagrør og miscanthus blev udstyret med ledeevne-sensorer og placeret i en hermetisk lukket beholders luftrum. Bunden af beholderen var dækket af vand. Prøverne havde ikke direkte kontakt med vandet, men befandt sig over vandoverfladen, og den vanddamp, der blev dannet i den lukkede beholder over vandoverfladen (mætning 100 RH%) ved en temperatur på 21°C blev absorberet af rørprøverne.

Kurverne viser ændring af materialefugtigheden (mf) i miscanthus og i tagrør fra tre forskellige oprindelsessteder i en vanddampmættet atmosfære i en varighed af 29 timer. Bestemmelse af materialefugtigheden foregik med ledeevnemetoden; det vil sige, stråmaterialets ledeevne ændrer sig afhængig af materialefugtigheden og er positivt korreleret. Jo højere fugtighed, desto højere ledeevne. Det faktiske materialefugtighedsindhold af prøverne blev sat i system med empirisk indsamlede data fra den termogravimetrisk materialefugtighedsbestemmelse (Nagel 2003).



Figur 38: Vanddamps indflydelse på materialefugtigheden i tagrør fra forskellige oprindelsesområder sammenlignet med miscanthus.

Tabel 3 viser det indbyrdes forskellige materialefugtighedsindhold i starten af målingen, tilvæksten i fugtighed og den maximale materialefugtighed, såvel som den gennemsnitlige vanddampoptagelsesrate.

Miscanthus-materialet har det laveste vandindhold i slutningen af målingen, den laveste max. fugtighedsindhold efter 29 timer og med 7,4% mf (materialefugtighed) den laveste absolut optaget fugtighedsindhold efter 29 timer, dermed også den laveste middel vanddampoptagelsesrate (0,3%/h).

Hvad angår tagrørene blev der målt middel vanddampoptagelsesrater fra 0,3 til 0,6%/h, tilvækst af absolut optaget fugtighedsindhold fra 8,7 (tagrør Polen) til 18,2% mf (tagrør Rumænien).

Tabel 3: Materialefugtighed i Miscanthus og tagrør i vanddampmættet luft (100% RH) ved 21°C.

Materialefugtighed	Miscanthus Danmark	Tagrør Polen	Tagrør Tyrkiet	Tagrør Rumænien	Tagrør Fehmarn
Materialefugtighedsindhold i starten af målingen (%)	13,6	19,7	17,2	17,0	18,9
Maximal materialefugtighedsindhold (%)	21,0	28,4	30,3	35,2	32,8
Tilvækst i materialefugtighedsindhold (%)	7,4	8,7	13,1	18,2	13,9
Middel vanddampoptagelsesrate (%7h)	0,3	0,3	0,5	0,6	0,5

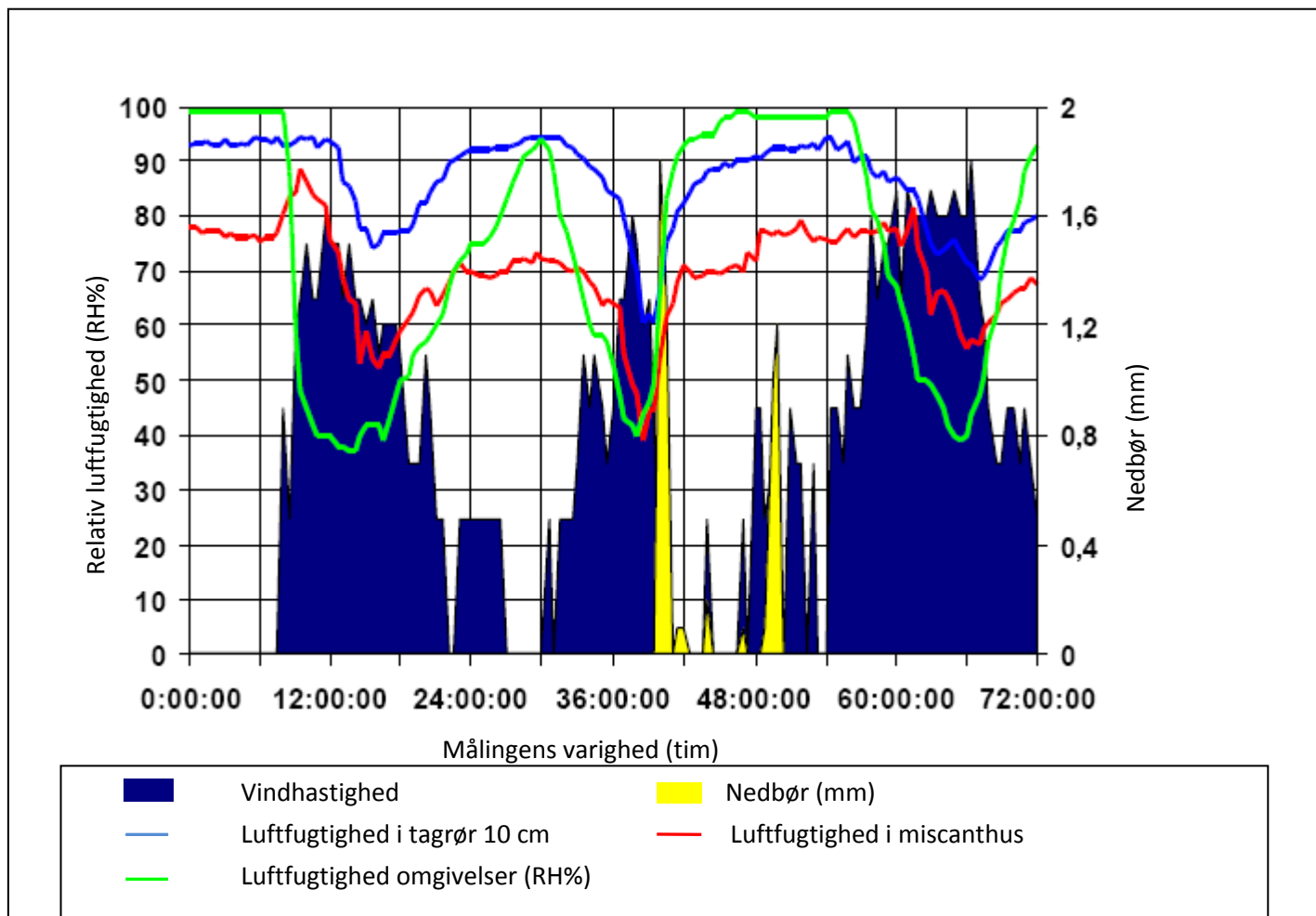
Den mængde af fugtighed, der kan optages, afhænger af stråmaterialets materialeegenskaber. Tagrør fra Polen viste i det forsøg den højeste materialefugtighed i slutningen af målingen sammen med en lav vanddampoptagelsesrate. Tagrør fra Rumænien viste en høj optagelse af fugtighed på 18,2% til maksimalt 35,2% mf og dermed den højeste vanddampoptagelsesrate (0,6%). Sammenlagt kan konkluderes, at jo lavere slutfugtighedsindholdet er og jo højere den relative fugtighed er, desto mere luftfugtighed vil der blive optaget i materialet.

Den maksimale mætning af vand afhænger af materialeegenskaberne og disses porøsitet. Tagrør absorberer mere luftfugtighed end miscanthus, hvilket beror på miscanthusrørets mindre grad af porøsitet og dets større stråvægttykkelse.

Luftfugtighed i tagmateriale og vejrforholdenes påvirkning

Til bestemmelse af den relative luftfugtighed (RH%) i tag med miscanthus- og tagrør blev der i forsøgstaget anbragt luftfugtighedssensorer i 3 forskellige tagdybder. Derudover blev der med hjælp fra en vejrstation indsamlet vejrdata i form af den relative luftfugtighed, nedbør og vindhastigheden i omgivelserne.

Figur 39 viser resultaterne af dataregistreringen i en periode på 72 timer.



Figur 39: den relative luftfugtighed i tagmaterialet i 10 cm tagdybde i miscanthus og tagrør alt efter nedbør, vindhastigheder og den relative luftfugtighed i omgivelserne (vejrdata).

Vindhastigheden varierer alt efter tidspunktet på dagen. I hvert enkelt tilfælde frisker vinden op ved middagstid, - skal dog med en vindhastighed på 1,8 m/s betragtes som en let brise. Om natten stilner vinden af og aftager til vindstille. Omgivelsernes relative luftfugtighed følger denne rytme, - bare i omvendt rækkefølge, det vil sige, luftfugtigheden når i løbet af dagen minimumsværdier omkring 40%RH, om natten stiger luftfugtigheden op til 100% RH, og med aftagende temperatur vil der ske tågedannelse. Denne fugtighed slår ned på tagoverfladen og ned i stråene, og bevirker en stigning i luftfugtighedsværdien i tagmaterialet, tydeligst at konstatere i en tagdybde på 10 cm i miscanthus- og også i tagrørsmateriale. Forskellene mellem luftfugtighedsværdierne fra miscanthus til tagrør inde i tagmaterialet bevæger sig i et interval fra minimum 3,2% RH til 24,9% RH. Det betyder, at miscanthus reagerer i mindre omfang på tilførsel af luftfugtighed fra omgivelserne end tagrør. Selvom strukturen på miscanthustaget i det store og hele er løsere og dermed yder en ringe modstand mod indtrængen af luftfugtighed, optager tagrør tydeligt mere luftfugtighed. Dette fænomen kan forklares ved, at tagrørsstråene hurtigere og i højere omfang optager vand fra den omgivne luft. På grund af kapillærvirkningen i de hule tagrør bliver fugtighed lagret i de dybe lag af taget. Miscanthus bliver derimod kun fugtet, - der optages mindre fugtighed, og rørene tørrer hurtigere. Rørene er marvfyldte, hvilket bevirker en naturlig barriere mod transport af luftfugtighed inde i rørene i de dybere tagmaterialelag. (se foto 34 og 35). Resultaterne fra undersøgelserne af vanddampoptagelseskapaciteten bekræfter denne konstatering (foto 38).

De ekstra registrerede nedbør ved slutningen af den 2. dag påvirker ikke luftfugtigheden i taget i det forventede omfang. Luftfugtighedskurverne for tagrør afviger ikke væsentligt fra tallene, som blev målt dagen før uden nedbør. Dette fænomen kan forklares ved, at de skråstillede rør (taghældning 45°) er gode til at lede vandet bort, og den tætte overflade af tagrørstaget lader ikke vandet trænge længere ind end til 10 cm dybde. På grundlag af den mere uhomogene, grovere struktur på miscanthus-taget er forskellen på luftfugtigheden mellem miscanthus og tagrør imidlertid mindre end dagen før uden nedbør, det vil sige, at nedbørsvandet ikke trænger væsentlig dybere ned i overfladen på miscanthustaget. Det skal dog endnu engang påpeges, at også miscanthus til fulde opfylder kravet til vandtæthed.

Fordelen ved det mere åbne miscanthustag er, at den optagne fugtighed bedre bortledes om dagen (udtørring).

2.1.5 Metodeudvikling til tagrørsmaterialers aldringsbestandighed

Til bedømmelse af begge tækkematerialer med hensyn til levetid blev der udviklet en metode, der var egnet til at bestemme miscanthus- og tagrørs aldringsmodstand.

Denne enkle metode skal bidrage til, at der inden for en kort tidsperiode kan finde en sammenlignende analyse af levetidsforventning sted. Ved hjælp af iagttagelser og på grundlag af undersøgelser af referencetagene og af forsøgstaget blev der indledningsvist foretaget evaluering af virkningerne af forskellige påvirkningsfaktorer, - faktorer, som indvirker på tagets levetid. Også ældre stråtage på forskellige steder i Schleswig-Holstein blev undersøgt (dog kun tage, der var tækket med tagrør).

Metoden kan ses som et forrådnelsesforsøg og er blevet udviklet i jord for at fremme nedbrydningsprocesserne. Strå ved basis (stubende) stikkes ned i en tørvkultursubstrat af standardiseret oprindelse. Efter periodiske tidsintervaller blev stråene undersøgt med hensyn til fasthed, og resistens over for nedbrydningsprocessen i substraten. Undersøgelserne viser på nuværende tidspunkt en tendens til en højere nedbrydningsgrad for tagrørs vedkommende i forhold til miscanthus, hvilket kan henføres til miscanthusrørets højere vægtykkelse. Ligeledes kunne det konstateres, at mere finstrået tagrør udviser en større grad af nedbrydning end tagrør med en stor strådiameter (f.eks. tagrør fra Tyrkiet). Rør med stor diameter er sandsynligvis derfor mere resistente, fordi dette er vækstsæsonens fuldtudviklede rør, som på grund af den højere strå længde har stærkere lignificeret støttevæv efter påvirkning af vind. Yngre og dermed kortere og tyndere strå er derimod endnu ikke fuldt udviklet. Den fulde udvikling for et stabilt strå sker ved afslutning af blomstringen. Foto nr. 40 viser forrådnelsesforsøget ved tagrør og miscanthus (helt til højre) efter 6 måneder. Resultaterne for tagrør fra 3 oprindelsesområder (fra venstre: Fehmarn, Ungarn, Polen) og for miscanthus fra Kleinkummerfeld (til højre) blev registreret, efter at de havde tilbragt 6 måneder i et tørvkultursubstrat.



Foto nr. 40: Rodender fra tagrør (oprindelse fra venstre: Fehmarn, Ungarn, Polen) og miscanthus (til højre) efter 6 måneder i muldagtig tørvkultursubstrat.

Nedbrydningen er endnu ikke tydelig fremskreden; såvel for tagrør som for miscanthus gælder det, at rørens fasthed endnu ikke er væsentlig negativt påvirket. Undersøgelserne fortsætter.

2.2 Dataanalyse og kvalitetsbedømmelse af stråmaterialet ud fra en teknisk synsvinkel

For at muliggøre en sammenfattende bedømmelse af tagrør og miscanthus, viser tabel 4 begge materialers vigtigste egenskaber.

Tabel 4: Beskrivelse af egenskaberne ved tagrør og ved miscanthus.

Egenskaber	Miscanthus	Tagrør
Strå længde	For en dels vedkommende – lange strå (afhænger af vækstbetingelserne, i DK kan man også få korte rør.	Også korte rør på markedet
Strå diameter (finstrået kvalitet)	I øjeblikket relativ stor strå diameter. Tynde rør er sjældne	Finstrået kvalitet fås også
Strå vægtykkelse	Høj strå vægtykkelse og høj stabilitet	Lille strå vægtykkelse og mindre grad af stabilitet
Lige form	Rodskydningsvækst fører til krumning af rodenderne. Afhjælpning: høj bevoksnings-tæthed.	Udløbevækst medfører lige vækst, også ved lav bevoksnings-tæthed

Hårdhed og sprødhed	Spaltnings ved rodender, men kun indtil første knæ	Kun let beskadigelse af rodenderne, blødere, mere modtagelig materiale
Bøjningsvinkel (svaj)	Lille grad af elasticitet, lille bøjningsvinkel, men høj fasthed	Høj elasticitetsgrad, lille grad af fasthed, større bøjningsvinkel
Konus	Mindre konisk	Udpræget koniske
Farve og optisk indtryk	Farve, nærmest rødlig og af længere holdbarhed	Stærkt varierende farve, på grund af det store sortsudvalg og oprindelse

2.2.1 Strållængde, finstrået og opret kvalitet

Der arbejdes fortrinsvis med tagrør og miscanthus af en finstrået kvalitet, fordi kunderne foretrækker fine rør frem for grove. Miscanthussorterne har indtil nu været for grove til at kunne opfylde dette kvalitetskrav, men de nye sorter lover en forbedring af kvaliteten. De mere finstråede (lille strådiameter) og for det meste så også mere kortstråede tagrørssorter gør det lettere at opnå en glat, jævn tagoverflade end med de langstråede og kraftigere miscanthusrør.

For både tagrør og Miscanthus er det vigtigt, at sorterne har en lige vækst. Denne egenskab ved rørene bidrager til at gøre tagoverfladen sammenhængende og homogen.

Også ved reparationer på beskadigede tagrørsflader foretrækkes kortere og finstråede tækkerør. For at imødekomme dette behov bør der vælges og dyrkes endnu kortere og mere finstråede miscanthustyper. De nye sorter, som i øjeblikket er under dyrkning, lover på dette område en forbedring. Den første af de nye sorter afventes.

2.2.2 Stråhårdhed og sprødhed

Bankning/klapning af bundterne med tækkeskovlen under tækkearbejdet reducerer holdbarheden af rodenderne på miscanthus, da disse er hårdere og mere sprøde end de blødere tagrør, og er dermed mere tilbøjelige til at knække. Stråene sprækker, og der dannes revner på tværs og på langs af strået, dog kun indtil næste knæ. En overdreven bankning kan derfor ikke anbefales, selvom holdbarheden ved bindingen forbedres. Det ser dog ud som om, at de spaltede rodender ikke har den store betydning for holdbarheden af miscanthus. Der vil på grund af en hurtigere forvitring af de beskadigede rodender ske tab af stængelmasse, men kun til næste knæ (stængelled). Her danner stængelledet en barriere for den videre nedbrydningsproces. Muligvis giver denne effekt sig udslag i miscanthustagets udseende, idet det forekommer mere uensartet (pga forskellig afstand mellem leddene ved basis af strået ved afskæring). Ved udvælgelse af egnede miscanthustyper bør man være opmærksom på rørets elasticitet og stabilitet ved basis. De nye sorter 111 og 20 dyrkes allerede i Danmark, og dyrkningsprojektet vil blive fulgt og rørenes egenskaber testet. De første resultater forventes i den kommende høstsæson.

Miscanthusrørets højere grad af hårdhed har en positiv effekt på bindingens fasthed, idet den ekstra kraft ved bankningen frembringer en stærkere sammenføjning af strå og bindetråd i bindingen.

2.2.3 Elasticitet og bøjningsvinkel

På grund af miscanthusrørets ringere elasticitet bliver bøjningsvinklen ofte utilstrækkelig, hvilket bidrager til at give tagoverfladen et grovere udseende. Ved de mere elastiske tagrør opnås en større bøjningsvinkel med en forholdsvis lille kraftanvendelse. Dette fænomen hænger dog sammen med materialets alder. Da det på grund af det store udbud af tagrør altid er muligt at få friske tagrør at arbejde med, synes tagrørsfladerne på uretfærdig vis mere vellykket udført end miscanthustage. Fagfolk i Danmark (Søren Vodder, Lolland) har dog konstateret et ligeså vellykket resultat med et tag, tækket udelukkende med miscanthus fra ny høst. Materialet var som ventet mere elastisk end overlageret miscanthusmateriale, og tækningen kunne derfor også udføres efter forskrifterne ved kviste, grater og i skotrender. Tagfladen på dette miscanthustag gav et harmonisk glat og jævnt indtryk.

Fastheden og dermed stormsikkerheden ved miscanthustækkede tagflader opnås ved hjælp af den sammenkilende effekt, selvom der er tale om ældre tækkemateriale og lille rørkonus (se ovenfor stråhårdhed). Miscanthustagfladernes udseende vil i fremtiden kunne forbedres ved at have tilstrækkelig og friskt materiale til rådighed. De nye sorter forventes at besidde endnu bedre egenskaber, hvilket yderligere vil understrege betydningen af miscanthus som et holdbart byggemateriale til tagtækning.

2.2.4 Konus

Konussen er afgørende for den maksimale højde af tækkelaget fra stern til rygning (rejsning og overhøjde) og for stormsikkerheden. En for lille konus medfører for stor volumen i tækkelaget og en dårligere sammenføjning af bundterne med bindingen ved bankning.

Selvom miscanthus har en relativ lille konus, er fastheden i bindingen usædvanlig høj, hvilket skyldes den højere stråhårdhed. Overhøjden modvirkes ved at bundterne lægges i den fladere bøjningsvinkel, hvilket betyder, at rodenderne, som fremkommer på det færdige tag, bliver længere, og dermed bliver en større del af hvert enkelt strå udsat for forvitring. De nye sorter, især hvis de bearbejdes i frisk tilstand, forventes at blive bedre.

2.2.5 Vanddampoptagelsesevne

Miscanthusrørenes tydeligt mindre vanddampoptagelsesevne i forhold til tagrør har en positiv virkning på holdbarheden. De fremstillede resultater i denne rapport bekræfter dette. Årsagen hertil ligger i den høje stråvægtykkelse og i kutikulaens beskaffenhed, hvor vokslaget er særlig udpræget. Miscanthusrør-biotopen har ført til udvikling af strå med meget lille porøsitet (vandbesparelse).

2.2.6 Tækkematerialets farve på overfladen

Tækkematerialets farve spiller en nærmest underordnet rolle, da der udvikler sig en ensartet farve i retning af grå allerede efter kort tid (ca. 1 år) på grund af forvittringsprocessen (især UV-stråling og vand).

Miscanthusrørets lyse farve holder sig også efter nogle måneder bedre end farven på tagrør, som på grund af den beskrevne forvittringsproces bliver mørkere og mørkere. Især de tagrør, hvor stubenderne under væksten har stået under vand, antager hurtigt en mørk farve. Ved anvendelse af miscanthus kan denne effekt udelukkes, da miscanthussorter dyrkes på mark. Resultaterne fra iagttagelserne af referencetagene understøtter denne farvevirkning.

3 Planteavls- dyrknings- og metodemæssige forsøg med miscanthus

3.1 Udvikling af kravspecifikation til kvalitetsbedømmelse

Kravspecifikationen sammenfatter de vigtigste bearbejdningstekniske og planteavlsmæssige krav til strå-kvaliteten. Tagrørs- og miscanthustage skal opfylde bestemte krav. Disse krav er opført i tabel 5.

Tabel 5: Kravsprofil på tagrørs- og miscanthustage

Krav	Kendetegn
Regn- sne- og støvtæthed	Bøjningsvinkel, konus, strådiameter, oprethed
Diffusionsevne, åndbarhed	Materialeegenskaber, marv, hulrum mellem strå
Frostbestandighed	Vand- og vanddampoptagelsesevne
Aldringsbestandighed	Stråstyrke, stråvæggens indholdsstoffer
Stormsikkerhed	Bøjningsvinkel, konus, elasticitet, fasthed
Udseende	Oprethed, farve, homogenitet

Tagrørs- og miscanthustaget skal yde beskyttelse for vejret, -altså være regn- sne- og støvtæt. Samtidig skal det være diffusionsåbent og sørge for at modvirke fugtighed indendørs. De ydre flader skal være frostbestandige, langtidsholdbare og stormsikre. Endelig tæller udseendet med til de krav, forbrugeren stiller til byggematerialet.

De tekniske krav til miscanthus kan formuleres på følgende måde:

- Kegleformet stråudvikling, således at kravet til ensartet tagtykkelse fra stern til rygning kan overholdes,
- Korte og tynde strå, jo kortere og tyndere, desto lettere er det at forme taget ved korte tage, kviste, skotrender, grater osv.
- ingen, eller kun få blade (hvis muligt uden bladskeder)
- På tidspunktet for bearbejdning skal stråene være stabile, elastiske og ikke skøre.
- Rodenderne skal skæres glat og ikke være tilbøjelig til at spalte og brække.
- Lige vækst

- Stabile rodender, som ikke sprækker under formning af tagoverfladen

Planteavlsmæssige krav:

- Ensartet og tidlig modning, ingen grønne strå (for høj fugtighed udgør risiko for skimmelangreb)
- Rodskydningsarter undgås på grund af krumning af strået ved stub (bue- og knækvækst), eller høj plantetæthed.
- Kun få blade – letter rengøring af bundterne (salgsvarer)
- Stabile rør med lille risiko for brud og revner på grund af sne
- Bevoksningstæthed - ikke for høj (risiko for lejesæd pga sne)
- Bevoksningstæthed - ikke for lille pga udbytteforventning og buet vækst ved stub (rodskydning med krumning af de yderste strå)
- Ved høst skal stråene være så tørre som muligt for at undgå skimmelangreb under lagring.
- Rørhøst kun i tørt vejr (som ved tagrør)
- Råbundter (med blade, ikke rengjort) er tilbøjelig til hurtigt at danne skimmel end rengjorte bundter, derfor skal der så vidt muligt høstes med maskiner, som afpudser løvet.

Den ideelle miscanthussort

Miscanthussorter med udløbervækst, og som er kortstrået, stabil, elastisk i strået, er at foretrække for sorter, som skyder direkte fra roden. Bestanden bør udmærke sig ved en opret og konisk vækst (kegleformen udvikles omkring blomstring) og en god fordeling af lange og korte rør. Egnede miscanthussorter kendetegnes ved kun lidt løv, som i begyndelsen af vinterperioden (f.eks. efter den første frost) helst fuldstændig skal være faldet af.

3.2 Udvalgelse af aktuelle miscanthusstammer (sorter)

Der blev udvalgt og plantet tre forskellige miscanthusstammer fra tyske og danske genpuljer til markdyrking i Kleinkummerfeld, Wankenforf, Schädtebek og Tönning. Miscanthussorterne, som beskrives i afsnit 3.3, blev etableret på de fire voksesteder som populationsforsøg. Yderligere blev der dyrket enkeltplanter i Tönning, Schädtebek og Kleinkummerfeld. Disse udgør som udvælgelsesmateriale grundlaget for fremtidige bevoksninger.

3.3 Beskrivelse af sorterne i henhold til morfologiske kriterier

Beskrivelserne til de dyrkede sorter baserer sig på dels egne erfaringer og dels opformeringsangivelser.

Miscanthus sinensis (anvendelse som tagmateriale)

- Type Foulum: Tyndstrået rør 0,5 – 0,8 cm i diameter, 200-220 cm strå længde, 30-75 strå/plante.
- Type 111: Samme som type Foulum, noget mindre bladandel ved høst, forholdsvis let at dyrke.
- Type 20: Ligeledes tyndstrået, strå længde ca. 200 cm. Vanskeligere at dyrke end type 111. Tekniske forudsætninger som tagmateriale gunstigere end ved type 111.

Miscanthus sinensis – polulation

Det drejer sig om krydsningsplanter fra firmaet Tinplant, Kleinwanzleben. Planterne blev fremdrevet fra såsæd, som blev udtaget fra en miscanthus sinensis – population med meget forskellige genotyper.

Miscanthus giganteus (som byggemateriale, strømateriale, etc.):

For det meste dyrket i Europa, også til energiformål (i øjeblikket i England) med højt udbyttepotentiale. Stråtykkelse ca. 1 cm, strå længde ca. 350 cm, rodskydningsvækst med 20-35 spirer/plante.

Triarrhena (anvendelse som tagmateriale og plademateriale, afhængig af stråtykkelsen):

Population af tyndstråede enkeltplanter (som tagmateriale), til dels som pottedplanter, som blev opformeret til udvalg. Udløberdannende, svarer derfor mere til tagrørets vækstform end til *Miscanthus sinensis*-typer (rodskydnings-sort). Beskrivelse af stråtype endnu ikke mulig.

- Type N (som byggemateriale): høj strå diameter (2 cm), væksthøjde indtil 450 cm. Udløberdannende, fuldstændigt løvfald i løbet af vinteren.
- Type S (som byggemateriale): som type N, men noget højere strå diameter ved mindre bevoksnings-tæthed og ikke helt så stabilt stående.

3.4 Prøveudtagning og prøvebearbejdning for laboratorieundersøgelser

Prøveudtagningen til laboratorieundersøgelserne blev gennemført på høsttidspunktet i foråret. Stråmateriale var på dette tidspunkt lufttørret og kunne lagres. Dette materiale blev anvendt til elasticitets- og fasthedsundersøgelser i sammenligning med tagrør (se opgaveområde 2). Yderligere blev plantenæringsstofindholdet undersøgt (se tabel 6). *Miscanthus*'s indhold af aske er mindre end tagrørs, hvilket fortrinsvis skyldes forskelle i siliciumindholdet. Si-indholdet i tagrør er 3 gange så højt som i *Miscanthus*. De øvrige næringsstoffer ligger for begge arter på samme niveau.

Tabel 6: Aske- og næringsstofindhold for *Miscanthus* og tagrør (Data for tagrør fra *Das Schilfrohr, Rodewald – Rodescu. 1974*)

Art	Aske	Si	N	Ca	Mg	P	K
<i>Miscanthus</i>	1,8	0,3	0,37	0,07	0,06	0,04	0,6
Tagrør	3,0	1,04	0,2	0,06	0,05		

3.5 Udvikling af en simpel metode til bedømmelse af aldringsadfærd

Der blev udviklet en enkel bedømmelsesmetode til konstatering af aldringsbestandighed. Da nedbrydningsprocessen på taget forløber relativt langsomt, kan aldringsbestandigheden kun konstateres over lange tidsrum. Anbringes stråene derimod i et fugtigt tørvkultursubstrat, forløber forrådnelsesprocessen betydelig hurtigere, så der efter relativ kort tid kan siges noget om aldringsbestandighed. Se herom i afsnit 2.1.5: metodeudvikling til bedømmelse af aldringsbestandighed.

3.6 Formeringsmetoder for miscanthus

Metoden til formering af miscanthus valgtes ud fra anvendelsesformålet. Der skelnes mellem følgende formeringsmetoder:

In-vitro-kultur: overvejende ved miscanthus sinensis til tagtækning.

Rhizomformerings: overvejende ved miscanthus giganteus (forskellig udnyttelse)

Stiklingsformerings af stråknopper : bl.a. ved Triarrhena (plademateriale)

Frøformerings: for tiden kun til opbygning af stammeblandinger (populationer) som grundlag for udvælgelser.

In-vitro kulturen giver de bedste forudsætninger for at etablere en ensartet bevoksning. I modsætning til rhizomformerings kan planteafstanden fastlægges ved at anvende fremdrevne planter fra in-vitro kulturen. Rhizomers vækstform er fra naturens side en uberegnelig størrelse, og det endelige planteantal lader sig ikke i samme grad forudbestemme. Kun tæt, ubrudt bevoksning resulterer i lige og i diameter ensartede strå. Længde og konus bestemmes ligeledes af plantetætheden, men måske ligeså meget af valg af sort.

Ved anvendelse af stråmateriale til energiformål, og også ved alle øvrige anvendelsesformer, hvor materialet findeles, spiller bestandens ensartethed ikke en helt så stor rolle. I de tilfælde kan rhizombepantninger foretrækkes, som ud fra en omkostningsmæssig synsvinkel er gunstigere. For alle anvendelsesformer gælder dog, at en ensartet og tæt bevoksning reducerer pasningsbehovet (ukrudtsformerings), og udbyttet bliver sædvanligvis bedre.

3.6.1. In-vitro kultur

In-vitro kulturen indledtes med triarrhena-planter. Metoden overføres i øjeblikket på miscanthus. Triarrhena-stiklinger blev afskåret i oktober 2003 og blev yderligere delt i segmenter med 2 cm strå på hver side af knæet. Stråsegmenterne blev steriliseret i en 2%-holdig Ca-hypochlorid- og derefter i en 75%-holdig Ethanolopløsning. Efterfølgende blev knopperne enkeltvist placeret i sterile beholdere med næringsmedium og fremdrevet i vegetationsrum ved 22°C og under belysning i 16 timer om dagen.

Næringsmediet bestod af:

20 g sukker

4,3 g næringssalte/l (MS-medium)

300 µl BAP/l

pH: 5,6 – 5,8

Efter en uge blev de inficerede knopper frasorteret og fjernet. De ikke-inficerede knopper, der allerede viste længdevækst, blev skåret af strået og overført i nye beholdere med næringsmedium til viderekultur under de samme betingelser i vegetationsrummet.

Efter ca. 4-6 uger begyndte dannelsen af sideskud. Var der dannet tilstrækkeligt med sideskud, blev planterne delt med kun et skud pr. plante og overført i nye beholdere med næringsmedium, og der begyndte en ny cyklus, indtil der igen udvikledes tilstrækkeligt mange sideskud eller rodskydninger, og planterne på ny

blev delt. Alt efter spireantallet blev der i starten opnået formeringsrater på 1:3. Med stigende antal cyklusser steg spireantallet og formeringsraten til 1:5. Cyklusvarigheden udgjorde ca. 4 uger under de oven for nævnte temperaturbetingelser i vegetationsrummet. I marts/april 2004 blev de indtil da producerede planter overført i jord. Efter yderligere 6 uger blev planterne udplantet i marken.

Formeringsmetoden, som betegnes in-vitro rodskydning, virkede, men var meget tidskrævende. Der arbejdes i øjeblikket på en forenkling af metoden. Herefter skal der dannes kallus af det meristematiske væv, som formeres og til sidst regenereres til nye planter. Denne såkaldte kalluskultur arbejder med forskellige næringsmedier. Induktionsmediet med tilsætning af auxiner og cytokininer fører til dannelse af kallusvæv. Omstillingen til et regenerationsmedium, som kun indeholder cytokinin som phytohormon, indleder plante-regenerationen fra kallusvævet. Metoden stiller større krav til næringsmediet, men er mindre tidskrævende. Kallusvæv lader sig hurtigere dele end spirede planter, som skal deles i rodskydningen. Rodskydningsområdet er meget lille, så der skal arbejdes meget nøjagtigt. Dette er meget tidskrævende.

Udstyret til in-vitro kultur omfatter bl.a en steril arbejdsplads. Planterne dyrkes i drivningsfasen på næringsmedier i temperaturstyrede vegetationsrum i kunstigt lys. Forbrugsmaterialer består af næringsmedier, plantehormoner, plantebeholdere, desinfektionsmiddel og –apparatur, værktøj til plantedeling .

3.6.2 Rhizomformering

I foråret 2004 blev der gennemført forsøg med rhizomformering. Planter af typen 20 blev manuelt delt ved fremkomst af det første skud i foråret (6.5.04). Der blev udtaget 1-årige planter. Af disse blev der i gennemsnit skabt 10 nye planter. De nye planter blev sat ud i mark ved Diakonie Eiderstedt i Wankendorf og i Töning. Det viste sig, at disse planter fra starten voksede dårligt og førte til bestande, som også i sommer havde et meget uensartet udseende.

3.6.3 Stiklingsformering af stråknopper

Der blev dyrket nogle få triarrhena-genotyper i 2001. Under vores voksepladsbetingelser blev stråenes diameter for stor, og materialet kunne ikke anvendes til tagbeklædning. Det kunne dog bruges til at afprøve stiklingsformering af stråknopper. Til dette formål blev der i sommer, i begyndelsen af juli, høstet rør, som blev sat ned i en beholder, der var fyldt med tørvsstrat. Mens stråene var vokset med over 75% - 90%, lå overlevelsesraten efter de første tre uger mellem 25 og 75%. Hvis stiklingerne inficeres af svampe, vil der altid ske udfald. I øjeblikket undersøges virkningen af fungicider og af naturlige antagonister for at stabilisere vækstraten på et højt niveau. Som naturligt behandlingsmiddel anvendtes de i tabel 7 nævnte præparater. Præparaterne blev med undtagelse af "Terra biosa" leveret af Kieler-firmaet e-nema, som producerer

midlet. "Terra biosa" kom fra firmaet UHS i Rostock. Midlet indeholdt bakteriekulturer og en blanding af bakterier og svampe.

Endnu kan det ikke bedømmes, hvorvidt de enkelte midler er virksomme. Således opnåede "Terra biosa" udover gode resultater også resultater, som svarede til den ubehandlede kontrolgruppe. Det samme gælder for de øvrige præparater.

Tabel 7: Biologiske præparater til bekæmpelse af svampeinfektioner ved stiklingedrivning.

Præparat	Ressourceforbrug	Anvendelse mod	Navn på virksomme mikroorganismer
Terra biosa	10-25 ml/l	Svampeinfektioner generel	Mælkesyrebakterier Fotobakterier Gærsvampe, aktinomy-ceten
Prestop WP	10g/l	Botrytis, Phytophthora, rodsygdom Pythium	Gliocladium catenulatum (Ascomycet)
Phytovit	10g/l	Rhizoctonia, Pythium, Fusarier	Bacillus subtilis
Mycostop	1g/l	Fusarier og jordbærende svampe	Streptomyces griseo viridis (bakterie)

3.6.4 Frøplanter

Planter af frøformering blev leveret i forsommeren 2003 af firmaet Tiplant. Frøene kom fra en frit, afblomstrende population, så forskellige individer var ventet. Planterne blev først skilt ad og placeret i planteholdere med 96 stk. i hver. Planterne overvintrede i beholderne og blev plantet ud i foråret ved Diakonie Tönning. Disse planter udviklede sig meget godt i begyndelsen. Planteafstandene valgtes forholdsvis store med 90 x 90 cm for at kunne bedømme planterne enkeltvist. Bevoksningen skal i fremtiden tjene som sorteringsbestand for at forbedre sortsegenskaberne af miscanthus som tækkemateriale. Bestanden består af ca. 700 enkeltplanter. Af disse kan vælges planter med egnede egenskaber, som så opformeres til sort.

3.7 Forsøgsbestand

3.7.1 Kleinkummerfeld

Græsningsareal: anlæggelse af voksestedet: forår 2002

Som voksested blev der valgt et område i Kleinkummerfeld (syd for Neumünster). Voksestedet ligger i et højtliggende område og er et moseagtigt areal, hvor der på steder står vand i nedbørsrige år. Disse våde områder blev udelukket fra forsøget. Jordscore omkring 30. Området blev tidligere benyttet som ekstensivt græsningsareal og blev ved opløjning af græsvækstlaget forberedt til miscanthusbeplantning. I området befinder der sig fra tidligere forsøg en miscanthusbeplantning af typen giganteus. Dette område blev reaktiveret til det forestående projekt, d.v.s. afhøstet, således at der kunne rådes over ensartet stråmateriale til forsøgsformål. Forsøgsområdets størrelse ca. 0,5 ha.

Forsøgsparellens anlægsplan i Kleinkummerfeld er afbildet i figur 41.

Beplantning 2002 (juni):

Type Foulum: Beplantningen blev anlagt som stribebeplantning med minimal jordbearbejdning. Der blev fræset striber i 50 cm bredde for at indarbejde resterne af græslaget og forberede plantebedet. Planterne blev taget fra den eksisterende gamle bevoksning ved deling af rhizomer. Der blev udvalgt to-årige moderplanter, som blev delt i midten. Den ene rhizomhalvdel forblev i jorden, - på den måde fik moderplanterne, ganske vist forstyrret i væksten, lov til gro videre. Den anden halvdel blev gravet op og manuelt delt alt efter størrelse i to til max. ti rhizomstykker. De nye rhizomstykker havde en til fem knopper. Knopperne var delvis udvokset og havde dannet de første nye skud. På den ene side besværliggjorde dette delingen af rhizomerne, da de nye skud var meget sarte og let brækkede af. På den anden side var det dermed lettere at skelne mellem aktive og hvilende eller døde knopper, så der allerede på det tidspunkt kunne foretages en udvælgelse. Svage rhizomstykker blev sat sammen to eller tre for senere at få kraftigere unge planter. Ikke alle planter fra den gamle bevoksning blev delt. Der blev frembragt nye planter af ca. 2/3 af den gamle bevoksning. Den første tredjedel ved den østlige ende af marken fik lov til at stå til brug for undersøgelser. Denne parcel skulle levere de første resultater med hensyn til kvalitet og høstmængde på en allerede etableret bestand med tyndstrået materiale.

Plantebestand (nybeplantning): 10 rækker med hver 88 planter: Planteafstanden udgjorde 66 x 66 cm (2,3 planter/m²). Forsøgsanlægget er afbildet i figur 41.

Plantefremkomst efter plantning af rhizomstykkerne

Efter ca. 10 dage begyndte de første og kraftigste rhizom-ungplanter at udvikle nye skud. I slutningen af juni blev bestanden undersøgt og visne og svage planter blev erstattet af nye. I midten af juli blev der igen kontrolleret og rettet op på svage steder. Til det formål blev der igen delt og omplantet skud fra den to-årige bevoksning. Denne gang blev der udtaget større rhizomstykker for at afbøde for den sene plantning. Det viste sig, at delte planter med meget udviklede spirer reagerede med bladchlorose på rhizomdelingen og omplantningen. Ofte regenereredes sådanne planter fra nye skud fra endnu hvilende knopper, mens de knopper, der var kommet til syne på omplantningstidspunktet, visnede.

Beplantning 2003 (maj)

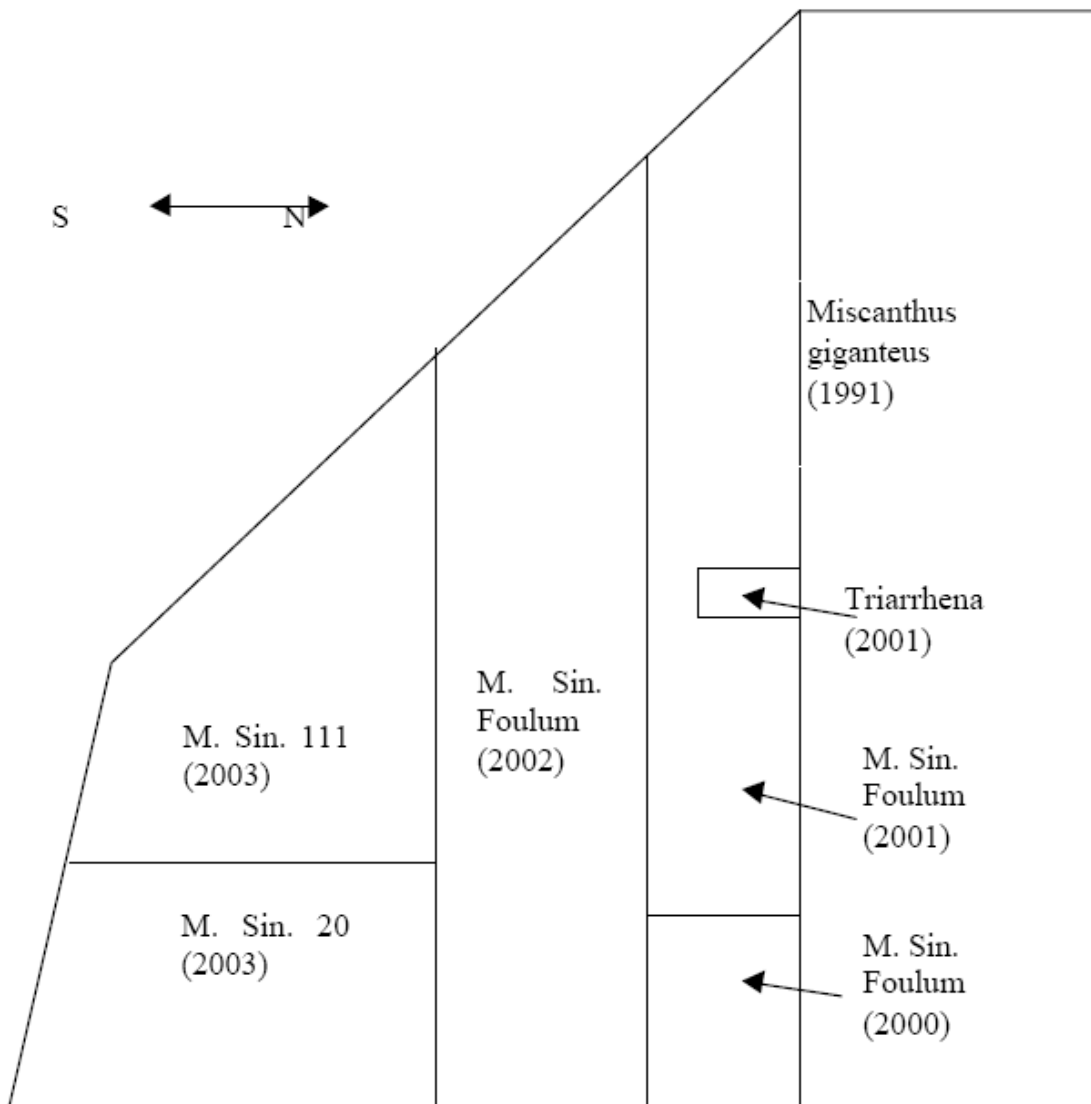
Genotyperne 111 og 20 blev plantet med ca. 650 planter af hver. Det drejede sig om mikrovegetativ formeret plante fra Danmark. (Mikroformering ved Invitroform, Aarslev. Potteplantning og drivning af planter i gartneriet Leif Markvart, Odense). Inden udplantning blev planterne hærdet i fem dage. Det vil sige, planterne blev fjernet fra væksthuset og sat ud i det fri, og dækket med et net om natten som værn mod de kølige temperaturer.

Med et hyppejern blev der etableret en plantefure på forsøgsmarken inden plantning. Planterne blev herefter sat ned i furen. Plantetætheden i parcellen udgjorde 2,7 planter/m² (75 x 50 cm). Efter plantning blev planterne vandet. I ugen efter plantning faldt der yderligere 50 mm regn.

Planternes udviklingstilstand ved plantningen: For størstedelens vedkommende var der plantespirer på ca. 30 cm højde (bladspidser fjernet).

Beplantning 2004

Fra *M. sinensis*-populationen fra firmaet Tinplant blev der i den vestlige udkant af området sat ca. 200 enkeltplanter i en afstand på 75 x 75 cm. Disse planter skal sammenlignes med tilsvarende planter, som blev plantet i Tönning på en bedre jord.



Figur 41: Forsøgsparell i Kleinkummerfeld ved Neumünster

Vegetationsperiodens afslutning og overvintring

Rhizomplanter fra beplantning 2002: Ved vegetationsperiodens afslutning havde de unge planter i snit 3-4 skud. Mange havde en top. Den fine spireevne og dannelsen af blomsterstand tydede på en god etablering. Overvintringen af den nye bevoksning faldt ligeså positivt ud. Plantefremkomsten i 2003 lå på over 90%, hvor selv de sent satte planter fra august 2002 overvintrede. Gødskningsvarianterne viste ingen forskelle mellem parcellerne i plantevæksten. Unge planter og moderplanter viste i 2002 en vis modtagelighed over for en såkaldt hvidfarvning af skuddene. Det drejer sig om farveændringer af skud og blade, som dels optræder som hvid/grønne striber på langs eller som komplet hvidfarvning af skuddet. Det var de tidlige skud,

der blev ramt. På senere skud optrådte disse symptomer i mindre grad. Symptomerne fortog sig for det meste igen ved fremkomst af nye skud. Nogle planter var dog hårdere ramt end andre og vantrivedes. Årsagerne er uklare, men blev forklaret med de marginale voksepladsbetingelser. De planter, der blev sat i bedre jorder viste i 2003 ikke disse symptomer, mens symptomerne igen viste sig på de nye skud i 2003 i Kleinkummerfeld.

In-vitro planter fra beplantning 2003: Efter en længerevarende stagnation i starten på grund af tørke i 2003 udvikledes endda kraftige planter med op til 4-5 skud og en højde på 80-100 cm. Genotype 111 udviste en bedre vækst i 2003 end genotype 20 og havde flere skud og blev højere. Begge genotyper fik tilført vand, da planterne led af vandmangel på de lette jorder. 95% af begge genotyper overvintrede. I 2004 om sommeren viste genotype 20 sig overlegen både med hensyn til skudantal og også hvad angår væksthøjde. Genotype 111 bestod derimod af en meget uregelmæssig plantebestand med store vækstforskelle mellem enkeltplanterne. Det generelle billede af genotype 20 bevoksningen gav et meget homogent indtryk.

3.7.2 Wankendorf

Anlæg af vokseplads: forår 2003

Voksestedet er beliggende i udkanten af det østholstenske bakkeland. Der er tale om et braklagt område af middel til god kvalitet og en jordscore på 55-60. Jordtype: brunjord, lerjord med kun lidt sand, som i det nederste muldjordlag indeholder rigtig meget humusmateriale (fra udgravningen af en dam i lavningen). Området er fra alle sider omgærdet af buske (vindskærm) med gunstige vækstbetingelser for miscanthus. Arealstørrelse ca. 0,4 ha. Forsøgsområdet: p.t. 0,15 ha. Området har på grund af den ringe størrelse i de senere år ikke været brugt til agerbrug, men har været braklagt. Området til miscanthusbeplantningen er blevet fræset tre gange i foråret.

Beplantning 2003 (maj)

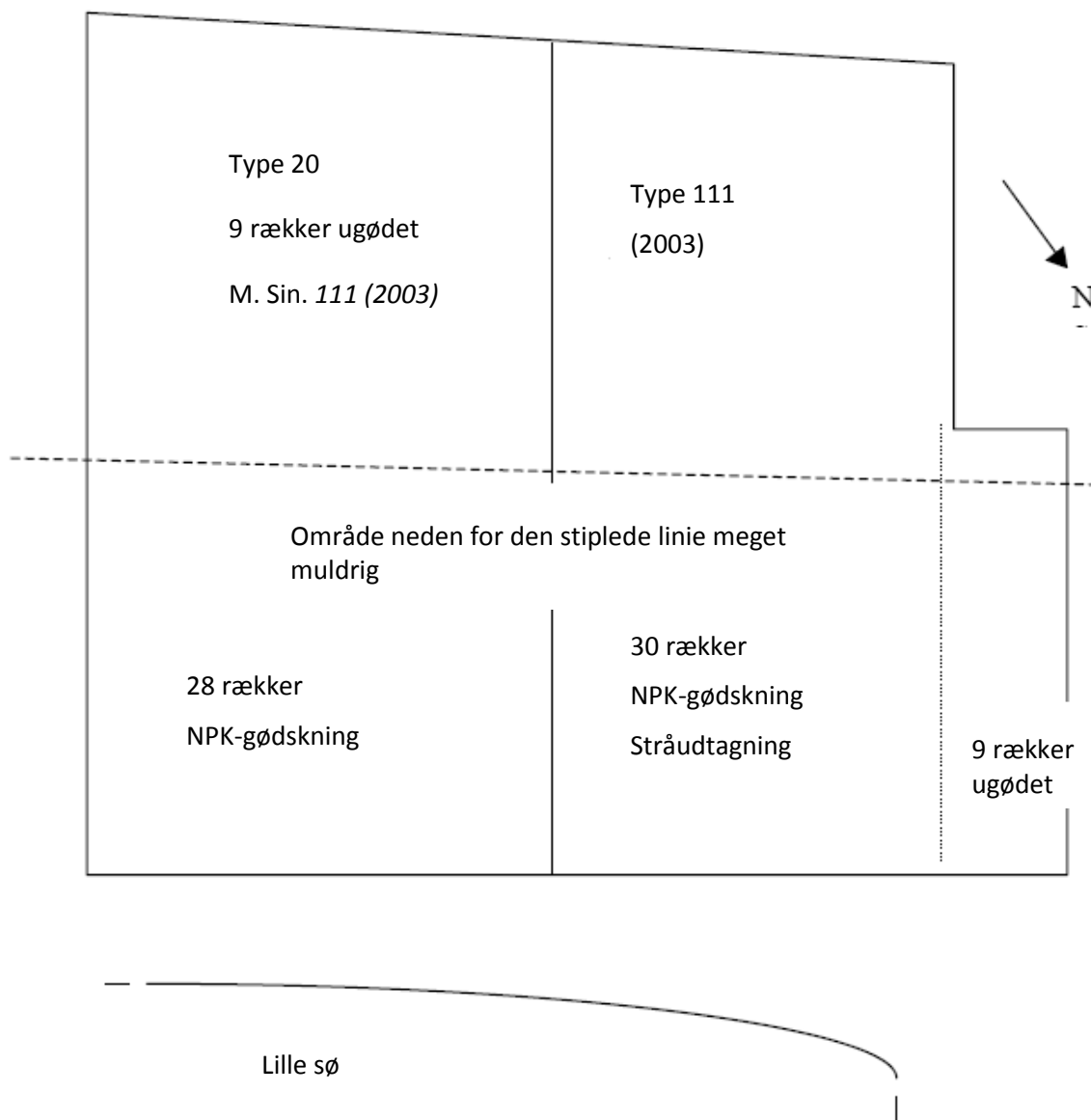
Der blev plantet genotype 111 (1495 planter) og type 20 (1430 planter). Som i Kleinkummerfeld var det mikrovegetativt formerede planter fra Danmark (se ovenfor). 2,7 planter/m² blev plantet. Forsøgsanlæg se figur 42. I modsætning til i Kleinkummerfeld blev der plantet uden plantefure. Den forudgående fræsning havde løsnet jorden godt, så planterne let kunne sættes ned med en plantepind. Efter plantningen tilførtes vand.

Som stressreaktion viste der sig i starten en rødifarvning af bladene (Anthocyandannelse), men efter ca. 14 dage kom den grønne bladfarve igen til syne. Denne reaktion optrådte, uanset om planterne blev gødsket.

Vækstperiodens afslutning og overvintring

Som i Kleinkummerfeld udviklede planterne sig først langsomt og udviste stagnation i lang tid. Ved slutningen af den første vækstperiode havde planterne dog udviklet et antal skud på mellem 6 og 8. Der var dermed tale om gunstige forudsætninger for udvikling af nye skud i 2004. Begge genotyper overvintrede

med over 95%. Som i Kleinkummerfeld overgik den i 2003 dårligt udviklede genotype 20 i 2004 genotype 111. Sidstnævnte var som i Kleinkummerfeld i sommeren 2004 kendetegnet af en meget uensartet bestand, mens planterne af genotypen 111 varierede stærkt i højde og skudantal.



Figur 42: Forsøgsanlæg Wankendorf. Rækkeafstand 75 cm, afstand i rækken 50 cm, 2,7 planter/m².

3.7.3 Schierensee

Anlæg af vokseplads: Sommer 2002

Udløber af det østholstenske bakkeland med meget god jordbonitet, 65-70 jordscore. Brunjord med høj andel af ler, tung jord. Området er omgærdet og er som i Wankendorf ideelt til dyrkning af miscanthus. Arealstørrelse ca. 0,5 ha. Forsøgsområde: 0,2 ha. Området har på grund af størrelsen været braklagt og altså ikke været dyrket de senere år. Som forberedelse til miscanthusplantningen blev voksestedet i sommer grubet og herefter pløjet.

Beplantning 2002 (august)

Der blev plantet Triarrhena, type S og Type N (forsøgsanlæg figur 43)

Forsøgsvarianter:

Plantning af stråsegmenter (stråstiklinger)

Da stråstiklingerne først selv skulle vokse til, skete plantningen sent, den 24. og 25.08.02. På den ene side er sen plantning en fordel, da stråene fra moderplantebestanden er godt udviklet og på dette tidspunkt besidder fuldt udviklede akselknopper. De relative høje jordtemperaturer forhøjer fremkomstraten af de unge planter. På den anden side har de nye planter kun en kort vækstperiode til rådighed. Denne er muligvis ikke lang nok til at opnå en tilstrækkelig vinterfasthed. Især udviklingen af rhizomer, som udgør overvintringsorganet, bremses på grund af den korte vækstperiode, hvilket betyder et mindre næringsstoflager og færre knopanlæg til den videre spiring i foråret, end hvis planterne er blevet sat tidligt.

Inden plantning blev der med et hypperedskab trukket baner og furer. Der blev plantet i furerne. Furerne blev efter plantefremkomst igen dækket til. Det var her hensigten at opnå et større jorddække af rhizomerne i vækstperioden. Rhizomerne skulle derved være beskyttet mod længerevarende frostperioder. I furerne blev der valgt en normal plantedybde på 5 cm. Jorddækket udgjorde nogle steder 15 cm, i gennemsnit 10 cm. Stiklinger derimod, som lægges i en dybde på 10-15 cm, har dårligere fremkomstrate, da jordtemperaturen aftager med jorddybden, og knoppernes udspring sinkes. Med hensyn til skudmodningen til foråret må det større jorddække sørge for, at der er et tilstrækkeligt næringsstoflager i rhizomet til at forsyne de nye skud med reserver til at kunne modnes fra større jorddybder.

Plantning af fremelskede planter

Også her blev der afskåret stråsegmenter, som ikke straks blev sat ud på friland, men fremdrevet i væksthushuset i plantebakker i 10 til 14 dage ved temperaturer på 20 – 30°C. Fremkomstraten af disse planter lå på over 90% for type S og på over 80% for type N. Type S udviklede sig hurtigere og var ved udplantning på friland på 4. – 5. bladstadiet, mens type N befandt sig på 3. – 4. bladstadiet.

Formeringsproblemer

Ved formering af stråstiklinger måtte forårets knopmodning afventes. De nye skud skal have nået en vis modning, før de kan afskæres til formering og deles i enkelte stråafsnit med knæ (node). Det betyder, at planterne fra stråformeringen bliver udplantet relativt sent i forhold til planter fra rhizomformeringen eller in-vitro-formeringen. Planter fra rhizom- eller in-vitro-formering kan allerede plantes i april/maj. Planter fra strånoder kan tidligst sættes i juni. Her må man afveje valget mellem en tidlig plantetermin med endnu forholdsvis unge skud, som kun råder over et lille nodeantal pr. strå (lille formeringsrate) eller et sent plantetidspunkt med længere strå og et højere udbytte af knopbærende knæ pr. strå (høj formeringsrate). Jo kortere den endnu resterende vækstperiode er, desto svagere bliver udviklingstilstanden af stråstiklingerne i slutningen af vækstperioden, og risikoen for vinterskader tiltager.

Plantedybde

På delstykket til de fremdrevne planter kunne der på grund af den bedre dydbearbejdning af jorden trækkes dybere furer. De fremdrevne planter opnåede derfor efter tildækning af furen et jorddække på 15 cm (målt fra overkant af rodklump). Stiklingerne lå efter tildækning af furen i en dybde på indtil 10 cm (dybde indtil det lagte stråsegment).

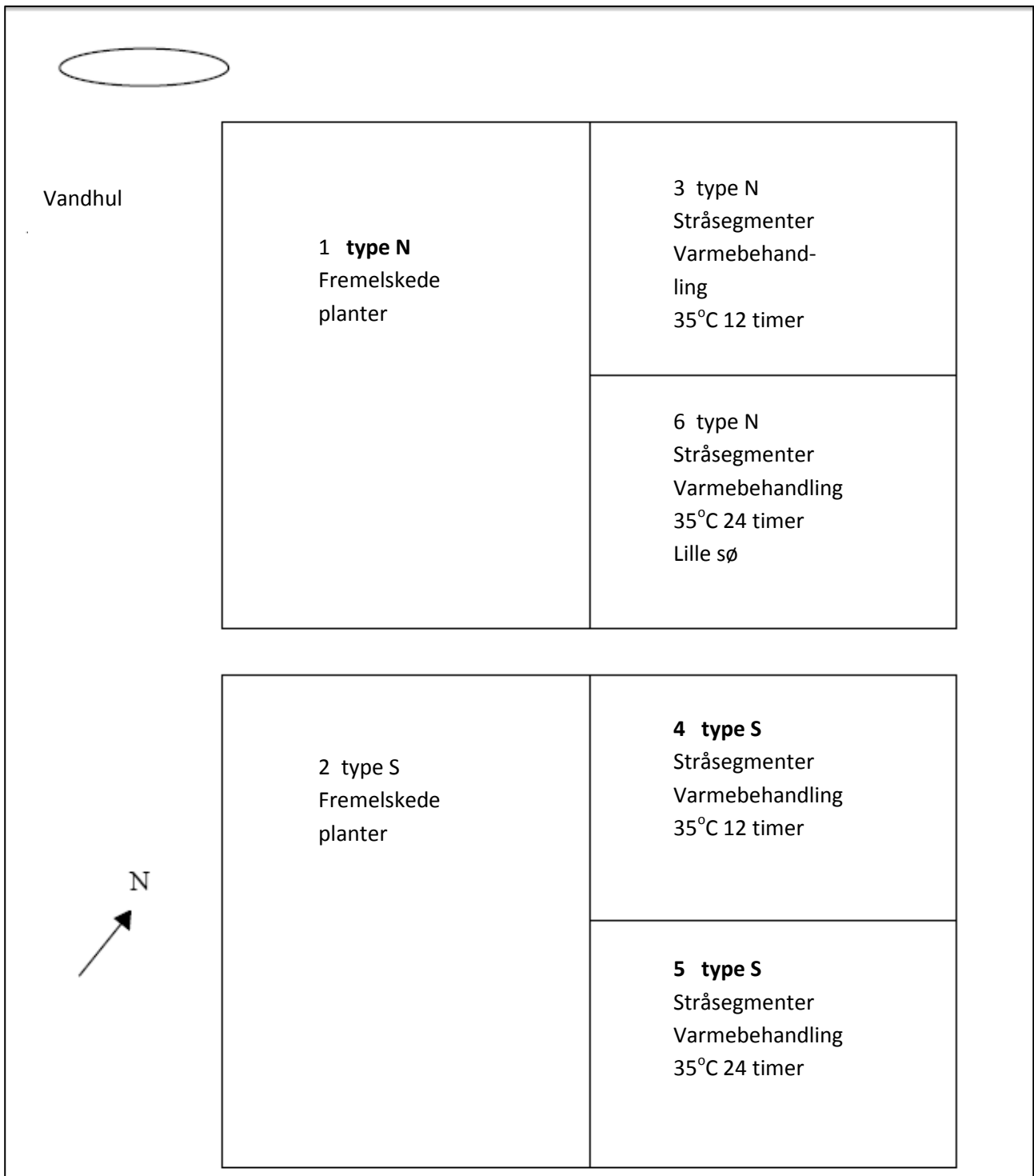
Udover lægning af stråsegmenter direkte på friland eller drivning af planter i væksthus blev yderligere forsøgsvarianter afprøvet:

Forbehandling af afskårne stråsegmenter i 35°C varmt vand i 12 timer og ved 28°C i 24 timer. Varmebehandling anvendes ved sukkerrør og forøger knopmodningsraten af stiklingerne. (*Triarrhena* har mange lighedspunkter med sukkerrør, er dog væsentlig mere kuldetolerant).

Integrering af stråsegmenter i Stockosorb, som besidder en meget høj vandkapacitet, forsyner de uspirede stråsegmenter med bedre vækstbetingelser. Stockosorb er en polymer, som kan optage vand indtil to hundrede gange sit volumen.

Integrering af stråsegmenter i tørvemuld: Samme effekt som for *Stockosorb*. Tørvemulds høje vandkapacitet forsyner stiklingerne med gunstige vækstbetingelser.

Opbygningen af forsøgsanlægget i Schierensee er afbildet i figur 43. Samtlige forsøgsvarianter havde til formål at afprøve, om og i hvilket omfang behandlingerne øgede planternes fremkomstrate.



Figur 43: Forsøgsanlæg Schierensee. Stikning af stråsegmenter og af fremelskede planter

Plantefremkomst

Den bedste planteudvikling blev iagttaget for de planter, der blev opformeret i væksthuse. Selvom de kom ud på friland senere end de direkte stukne stråsegmenter, var de ved vækstperiodens afslutning længere fremme i udvikling. De befandt sig på et højere bladstadium og havde længere strå (tabel 8). Af begge sorter

havde type S den frodigste vækstform, både med hensyn til bladstadiet og stråhøjde. Alligevel formåede samtlige planter ikke, inklusive de fremelskede planter – at udvikle skud nr. 2. Både type S og Type N sluttede vækstperioden med kun en knopskydning. Dette var en konsekvens af det sene plantetidspunkt. Samtidig øgedes risikoen for manglende nye knopmodninger det følgende forår.

Tabel 8: Triarrhena's udviklingsstadier i slutningen af vegetationen i 2002. Drivning af planter i væksthuse i forhold til stiklinger, som blev plantet direkte i marken.

Triarrhena Type	Fremkomst i dage	Bladstadiet	Fremkomstrate [%]	Væksthøjde [cm]	Antal skud
Type (væksthus)	7-10	7-9	91	30-60	1
Type S (mark)	2-3	3-5	59	10-40	1
Type N (væksthus)	10-12	5-7	85	20-50	1
Type N (mark)	3-4	3-5	55	10-30	1

Af de planter, der blev sat direkte på friland, kom de første planter af type S efter 7-10 dage, af type N efter 10-12 dage. Efter 3 uger viste der ikke længere nogen nye skud, så efter 4 uger kunne de fremkomne planter tælles. Ved de fremelskede planter i væksthuse gik der som regel kun 2-4 dage til det første skud udviklede sig fra knoppen. Også her var type S tidligere end type N. Alt i alt gik formeringen af type S lettere end for type N.

Formeringen af stråsegmenterne i væksthuse er mere tidskrævende end den direkte udplantning af stråsegmenter i friland. Ved ugunstigt, d.v.s. for kølige vejrforhold eller meget sene plantetidspunkter, kan formering i væksthuse være en mulighed for at forbedre resultatet.

Nedsænkning af stråsegmenterne i et bestemt antal timer i varmt vand fører i forhold til ikke-varmebehandlede planter til en tidligere og forbedret plantefremkomst. For type S' vedkommende viste varianten 35°C og 12 timer sig at overgå varianten 28°C og 24 timer (tabel 9). Modningsraten lå i første tilfælde på 66% og i andet tilfælde på 52%. Ved type N kunne der ikke konstateres nogen tydelige forskelle mellem varmebehandlingerne, om end reaktionen tenderer et modsat forløb af type S. Et ekstra forsøg, hvor stråsegmenterne blev placeret i en iltet næringsopløsning (20-22°C) i en uge, - en opløsning, som skulle erstatte potteplantningen i et tørvsubstrat, slog fejl. Nogle knopper viste en tilvækst på mindre end 1 cm, de fleste knopper forblev dog uforandret og modnedes heller ikke, da stiklingerne efter en uge blev plantet ud i jord.

Tabel 9: plantefremkomst ved Triarrhena efter varmtvandsbehandling af stråsegmenterne.

Type	Varmebehandling	Plantefremkomst [%]
Triar. type S	35°C, 12 h	65,7
	28°C, 24 h	52,0
Triar. type N	35°C, 12h	53,1
	28°C, 24 h	56,4

Stikning af stråsegmenterne i jord med *Stockosorb* eller tørsubstrat er en måde, hvorpå man under tørre betingelser kan skabe et fugtigt jordbundsmiljø til de endnu ikke spirede stiklinger for at fremme modning. *Stockosorb* viste sig meget effektiv med hensyn til vandoptagelse. I de planterækker, der var præpareret med *Stockosorb*, forløb startvækstfasen hurtigere. Planterne virkede kraftigere og havde en større bladspredning. Da man ønskede at opnå en høj fremkomstrate, blev hele bevoksningen vandet regelmæssigt, så vand var ikke nogen minimum- eller stressfaktor i forsøget.

Der kunne ikke iagttages forskel på de rækker, hvor der var tilført tørsubstrat og de ubehandlede rækker.

Overvintring

Selvom voksestedet blev dækket af med halm for at beskytte mod frost, overlevede bestanden ikke. Det sene plantetidspunkt blev lagt til grund. Vækstperioden blev således for kort til at danne en tilstrækkelig udviklet rhizom. Opgravning af nogle enkelte stiklinger viste, at der kun kunne konstateres anlæg til en rhizomudvikling på planterne.

På grund af det dårlige overvintringsresultat og de vanskelige driftsforhold blev voksestedet ikke videreført. Schädtebek blev valgt som erstatningsplacering.

3.7.4 Schädtebek

Anlæg af voksestedet: forår 2003

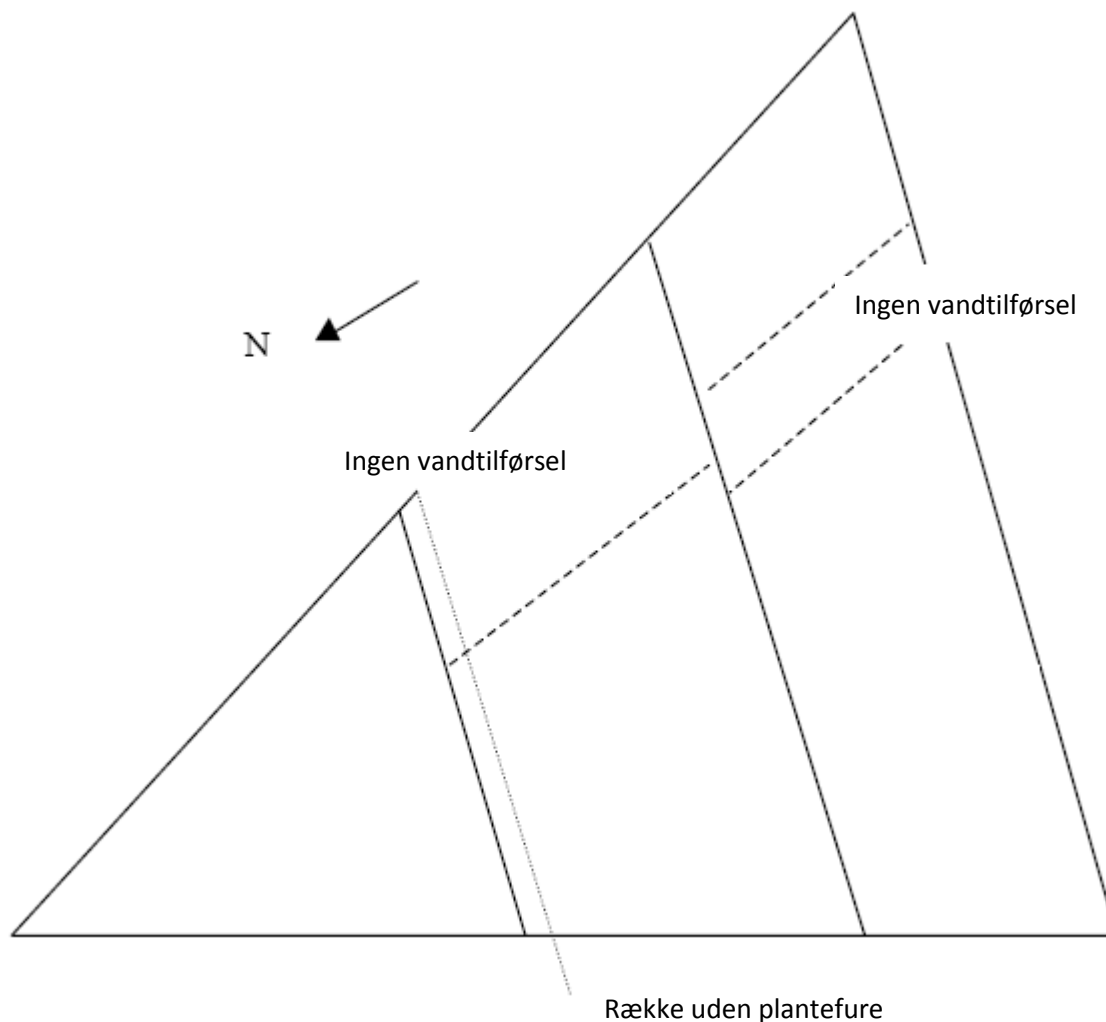
Arealet ligger i udkanten af det østholstenske bakkeland. Der er tale om agerland af middel til god kvalitet og en jordscore på 50. Jordtypen er brunjord, - som i Wankendorf er en del af arealet beriget med humus på grund af jordudgravning af en tilgrænsende dam (sydlig del af marken). I den østlige del består muldjorden af sandholdigt ler. Samlet størrelse ca. 0,4 ha. Forsøgsområde: p.t. 0,2 ha. Stedet blev tidligere brugt til majssåsæd. Forsøgsanlægget er afbildet i figur 44.

Beplantning 2003 (maj)

Genotyperne 111 (1235) og 20 (1560) blev plantet. Planterne var mikrovegetativt formerede planter fra Danmark (se ovenfor). Plantetætheden udgjorde 2,7 planter/m² (75 x 50 cm). Som i Kleinkummerfeld blev størstedelen af planterne stukket i forinden anlagte planterfurer. Resten blev til sammenligning plantet uden anlagte plantefurer (forsøgsanlæg se figur 44). Efter plantningen blev der vandet. Kontrolparceller (uden vanding) blev udeladt. Planterne blev stukket ca. 14 dage senere end i Kleinkummerfeld og Wankendorf. For type 111 kunne der allerede konstateres tydelige vækstforskelle i plantebakkerne. Spirene var i dette tidsrum vokset med 5-10 cm. For at frembringe gunstige rodskydningsbetingelser, blev en del af planterne af type 111 skåret tilbage. Type 20 viste efter 14 dage næsten ingen vækstforskelle og blev ikke klippet tilbage.

Så sent som i juni blev der stukket yderligere planter på dette sted. De blev ikke leveret som pottedplanter, men i plastbakker på næringsmedium. Pottede planter blev også testet som udplantningsplanter. Planter på næringsmedium reducerer prisen med 30% i forhold til pottede planter, som p.t. koster 0,5 €/plante.

Men man bærer også selv risikoen for planteudfald efter ompotning. Planter på næringsmedium er sartere og skal efter ompotning i jord viderekultiveres ved temperaturer på 22-25°C. Det forudsætter et opvarmet væksthus.



Figur 44: forsøgsanlæg i Schädtebek: 2,7 planter/m².

Vækstperiodens afslutning og overvintring

Som på begge andre voksesteder Kleinkummerfeld og Wankendorf udviklede planterne sig først langsomt og stagnerede i lang tid. Denne stagnation var endnu mere udpræget i Schädtebek end på de andre to steder, idet plantningen fandt sted 14 dage senere, og sommertørken skadede de sent plantede stiklinger mere end dem, der var plantet tidligere. I forhold til de to andre voksesteder gik planterne i Schädtebek vinteren i møde, svagere udviklet med ca. 3 skud og en væksthøjde på 70 cm. Men selv denne udviklingstilstand inden vinteren var tilstrækkelig til at nå en god forårsmodning med fremkomstrater på over 95% af planterne. Genotype 20 fremviste som på de andre steder et uensartet billede det første år, og det andet år et mere ensartet billede end genotype 111.

3.7.5 Tønning

Anlæg af voksestedet: forår 2004

Dyrkningsarealet ligger i marskområdet. Der er tale om en lerholdig jord af middel til god bonitet. Voksestedet blev etableret i samarbejde med Diakonie Eiderstedt GmbH. Før miscanthusdyrkingen var området et græsningsareal. Området blev pløjet i efteråret og grubet og harvet i foråret. Dyrkningsarealet udgør 1 ha.

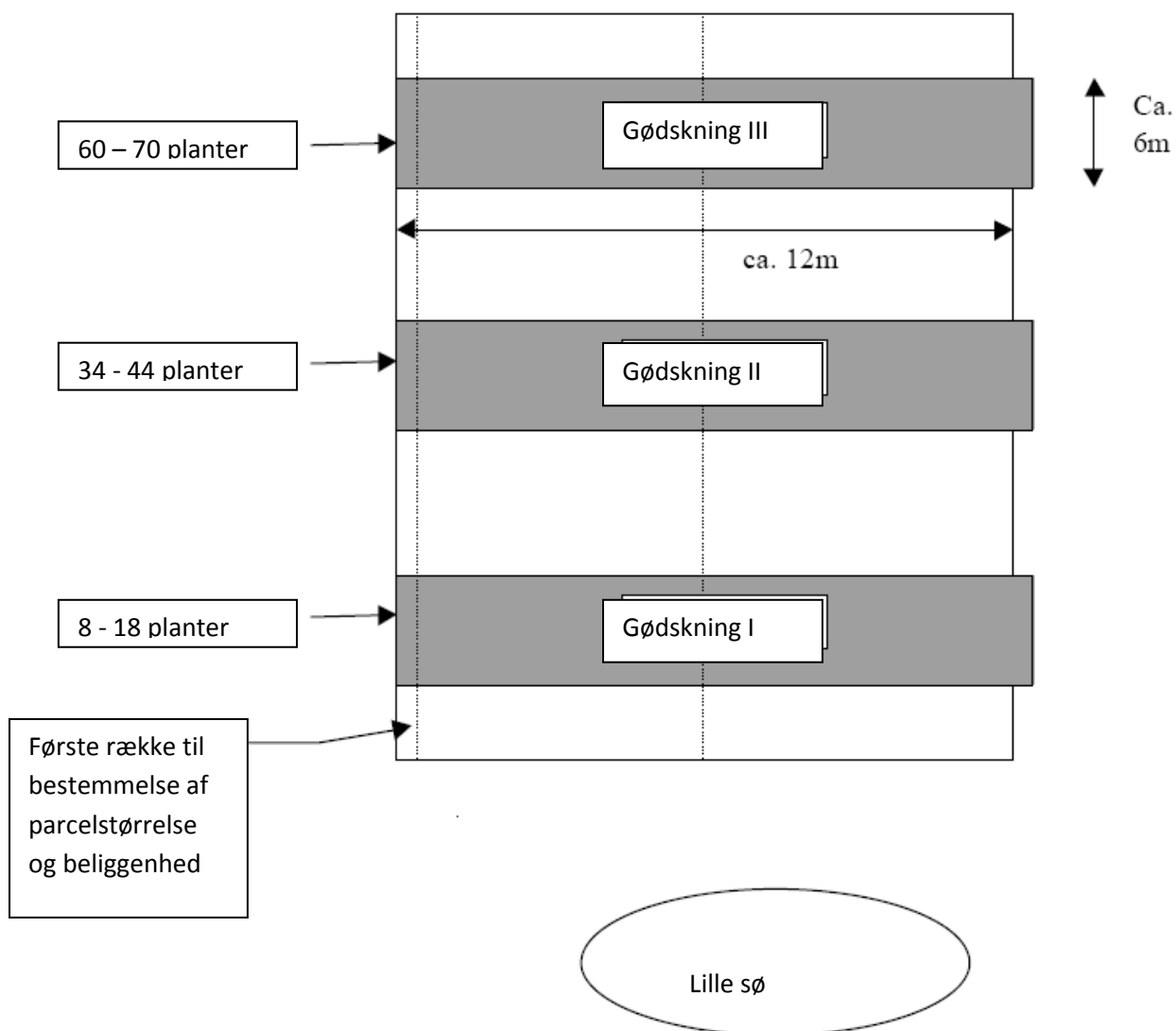
Beplantning 2004

Frøplanter: Planter, formeret ved frø, blev leveret i forsommeren 2003 af firmaet Tinplant. Frøene stammede fra en frit afblomstrende population. Planterne blev først delt enkeltvist og derefter sat sammen i plantebakker med 96 stk. i hver. Planterne overvintrede i bakkerne og blev plantet ud i foråret ved Diakonie Tønning. Disse planter udviklede sig meget godt lige fra begyndelsen. Planteafstandene blev valgt forholdsvis store 90 x 90 cm for at kunne bedømme hver enkelt plante for sig. Bestanden skal i fremtiden være et sortsudvalgsområde for at forbedre sortsegenskaberne på miscanthus til tækkebrug. Bestanden består af 700 enkeltplanter, hvoraf planter med egnede egenskaber kan udvælges og videreformeres til sort.

Rhizomplanter: Derudover blev der tilplantet rhizomplanter fra Wankendorf i Tønning. 1-årige planter fra Wankendorf (genotype 20) blev gravet op og delt manuelt. Ca. 1000 moderplanter blev transporteret til Tønning, hvor de blev delt og genplantet. Pr. plante blev der 5-7 nye. En del af planterne havde allerede små skud. De fleste af disse skud overlevede ikke denne procedure og gik ud. Efter en stagnation i starten blev der dannet nye skud, som resulterede i en kraftig planteudvikling. Frøplanterne, derimod, gennemgik ikke nogen stagnationsfase og voksede efter omplantning fra plantebakkerne til marken straks videre.

3.8 Miscanthus gødskningsforsøg

På den gamle bevoksning i Kleinkummerfeld blev der i 2002 anlagt et gødskningsforsøg. Følgende figur 45 viser anlægsplanen.



Figur 45: Gødskningsforsøg 2002 – Anlægsplan

Den venstre halvdel af forsøgsparcellen blev tilplantet i 2002, og den højre halvdel af parcellen var en bestand fra 2001.

Gødningen i den gamle bestand og i beplantningen fra 2002 blev udbragt pr. håndkraft. 3 kg fuldneringsstofgødning pr. parcel, svarende til 50 kg N/ha. 3 parceller med en størrelse på 6 x 12 m (figur 45):

- Parcel I: Planter 8 – 18 (i rækken, 88 planter/række)
- Parcel II: Planter 34 – 44
- Parcel III: Planter 60 – 70

Gødningsvarianterne viste ingen forskelle i plantevæksten mellem parcellerne. Både den rhizomformerede bestand, etableret i 2001 og bestanden fra 2002, reagerede i langt ringere grad på en NPK-gødning end de mikrovegetativt formerede planter af de nye sorter i 2003. Generelt har unge planter ikke så mange reserver, derfor reagerer de positivt på en NPK-gødning. Mikrovegetativt formerede ungplanter reagerer i denne sammenligning tydeligt stærkere på en NPK-gødning end rhizomformerede.

3.9 Ukrudtskontrol

2002: Ukrudtsfloraen udviklede sig som ventet hurtigere end de unge miscanthusplanter, og der måtte hakkes for at begrænse konkurrencen til miscanthus. Bevoksningen blev radrenset maskinelt mellem rækkerne og hakket med håndkraft i rækkerne. Gåsefod og tidsler formerede sig meget stærk. Skræppe dukkede pletvis også op mange steder. Med gentagne hakninger ca. hver 3. uge til ind i august blev ukrudtet holdt nede på et minimalt konkurrenceniveau det første år. Fra midten af august blev hakningen indstillet, så der kunne udvikle sig en tæt underbestand med et harmonisk vegetationsdække. Til at begynde med var det først og fremmest det såkaldte tokimbladede ukrudt, der var dominerede, men hen i august udviklede der sig et græsdække, hvor det lodne honninggræs var fremherskende. På dette tidspunkt var miscanthusplanterne så langt fremme, at ukrudtforekomsten ikke længere blev vurderet som konkurrence, men som et jorddækkende beskyttelseslag for miscanthusrhizomerne nede under vegetationen mod eventuel hård frost i løbet af vinteren.

2003: Radrensning/fræsning i foråret og sommer 2003. Næsten intet ukrudt på grund af tørke.

2004: Da der her var tale om en sund bestand af miscanthus, blev der kun sat ind over for ukrudt i starten af vækstperioden. Yderligere foranstaltninger var ikke nødvendige.

3.10 Høst og udvikling af høstteknik for *Triarrhena*

Først blev det forsøgt at høste miscanthus med den høsteteknik, der anvendes ved tagrør. Der blev aftalt en høsttermin med firma Milz und Kühlsen i foråret 2003 på forsøgsområde i Kleinkummerfeld. Prøvekørslen blev gennemført i en etableret miscanthus giganteus bestand. Traktoren, fra firmaet Saiga (Danmark) fik påmonteret et redskab med en snitbredde på 140 cm. Der viste sig dog ved testkørsler med maskinen problemer ved indføring og ved transport af rørene i den smalle sliske, som på grund af tværliggende rør blev stoppet.

Høst af tagrør med samme maskine skabte ikke de samme problemer, da tagrør er blødere, lader sig bøje eller brække og bliver trukket med igennem transportbåndet med de andre rør. Kun miscanthus sinensis kan komme i betragtning til denne maskine, da miscanthus sinensis i modsætning til andre miscanthussorter har en strådiameter, der minder mest om tagrør.

Manglende mulighed for at integrere børster til fjernelse af endnu fastsiddende blade er endnu en ulempe ved dette høstredskab. Dette er imidlertid så meget mere ønskeligt, da rensning og efterbehandling af bundterne andrager ca.25% af omkostningerne/bundt. For landmanden har dette forhold stor betydning

for det driftsøkonomiske resultat. Der blev testet en andet redskab til høst af miscanthus, og det var en selvbinder fra det italienske firma Agostini, ligeledes et bugseret redskab og beregnet til mindre områder (figur 46).



Figur 46: Selvbinders: bugseret redskab(Agostini) til traktor (til venstre), BCS 1-akslet selvbinder. Skæret er forsynet med fangarme, som fører de snittede rør ind til midten af skæret og videre til bindeanordningen.

Til endnu mindre områder blev der afprøvet et 1-akslet traktorkøretøj (Viking, BCS) med et skær. BCS-maskinen var, som det bugserede redskab fra Agostini, en selvbinder, som var udstyret med fangarme og bindeanordning. Til små arealer er denne maskine den mest anvendelige. Da den ikke vejer så meget, kan den anvendes også under mindre gunstige terrænforhold. Viking-maskinen snitter stråene, som opfanges i en kurv og bindes med håndkraft. Med dette redskab blev der gjort lignende erfaringer som med Saiga-maskinen. Især for miscanthussorter med stor strådiameter viste den sig kun at være betinget brugbar og i udførelsen ikke tilstrækkelig stabil. Afrivning af bladene foregik med en simpel rive i en senere arbejdsgang. Denne meget tidskrævende proces anvendes p.t. af de fleste miscanthusdyrkere, som kun dyrker mindre miscanthusarealer.

Høstforsøgene med redskabet fra Saiga og de 1-akslede traktorkøretøjer fra BCS og Viking leverede vigtige oplysninger til de krav, der skal stilles til fremtidig høstteknik:

- Tilstrækkelig stor knivafstand, så også rør med store diametre let gribes og skæres rent.
- Føring af rørene efter afskæring.
- Afrivning af blade og for korte strå.

Mulige høstmetoder kan opdeles i følgende:

Afbrudte metoder (som hidtil), hvor flere arbejds gange udføres efter hinanden. Disse metoder er teknisk mindre krævende. Rensning af bundterne foregår manuelt.

Kontinuerligt forløbne metoder med mange sammenhængende arbejds gange (fuldautomatik). Alle arbejds gange er forenet i en maskine, - er ofte forbundet med stort teknologisk ressourceforbrug, som ikke vil kunne betale sig på små dyrkningsarealer. Derfor bør man i starten vælge en billig løsning. Der er også grænser for mekanisering. Der er f.eks. et problem med "krumme rør". Så vidt vides, findes der ingen maskine, der kan sortere dem fra.

Ved udvikling af egnede høstmetoder bør man tage hensyn til bestemte grundforudsætninger, som betinges af forskellene i stråudviklingen i tagrør, miscanthus og triarrhena. Det er hensigten at udvikle en rørhøster, der kan benyttes ikke kun til tagrør eller enkelte miscanthus- og triarrhensorter, men til et bredt spektrum af forskellige rør med forskellig hårdhed, diametre og længder.

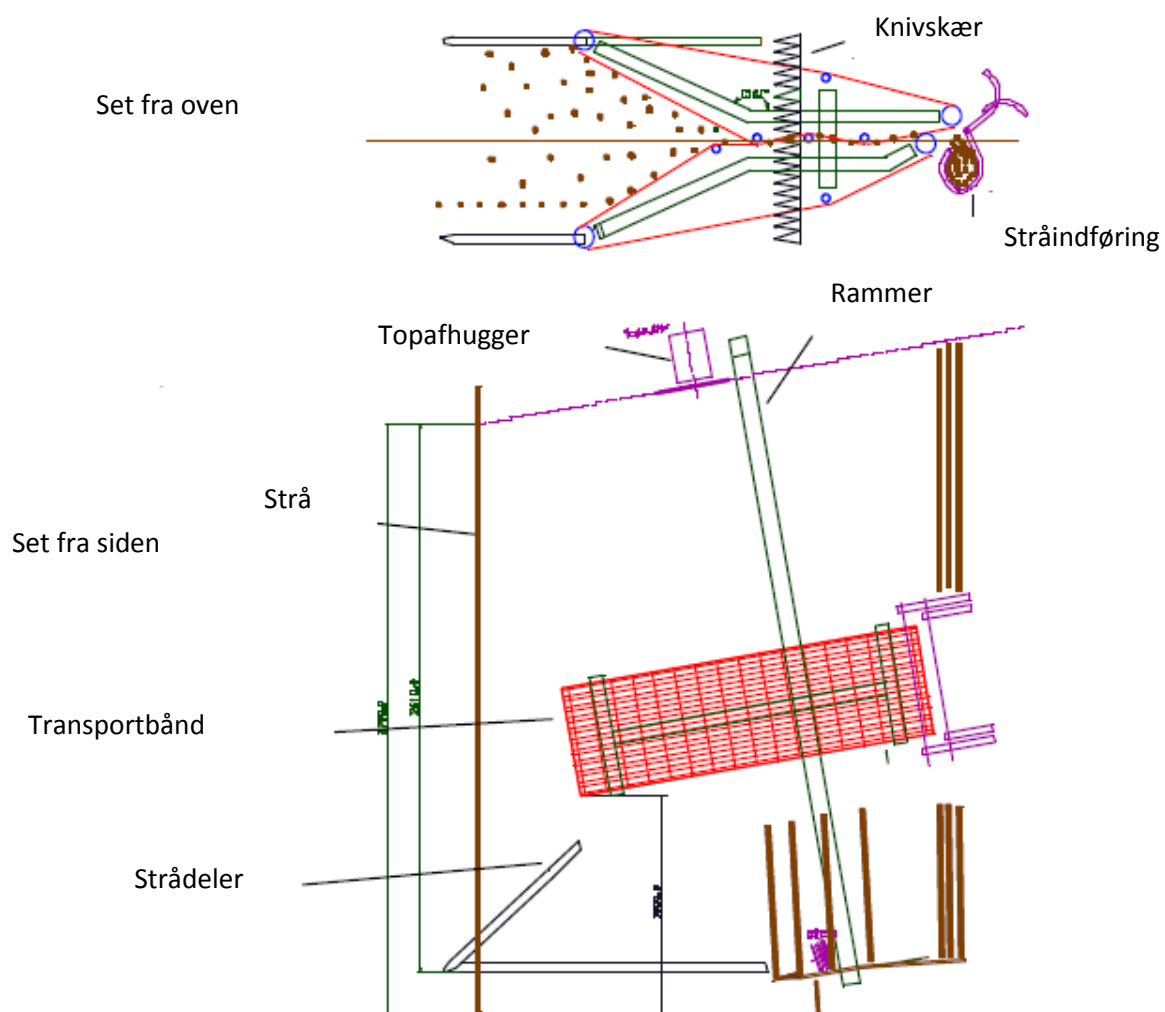
Stråene fra miscanthus sinensis har normalt en lille diameter og ligner tagrør. Miscanthus giganteus optræder med diametre på indtil 1,8 cm, mens triarrhena ligger på diametre indtil 3 cm. Strå længderne varierer fra 150 cm (tagrør) til 500 cm (triarrhena). Fordeler planterne sig via rod- og sideskud regelmæssigt over hele arealet, - eller er det rodskydningsvækst, som udvikler mange strå på visse steder, har alt sammen betydning for høstresultatet. Det bedste er en ensartet stråfordeling, så der kontinuerligt snittes samme stråmængde. En uregelmæssig stråfordeling kan forårsage problemer ved optagelsen og indføringen.

Tabel 10: Krav til en rørhøster med henblik på stråudvikling..

	Tagrør	Miscanthus Sinensis	Miscanthus Giganteus	Triarrhena
Stråtykkelse (cm)	0,4 - 0,8	0,4 - 0,8	0,8 - 1,8	1,5 - 3,0
Strå længde (m)	1,50 - 2,50	1,60 - 2,50	3,00 - 4,20	4,00 - 5,00
Strå/m ²	40 - 60	80 - 120	25 - 35	20 - 25
Stråfordeling	Udløbervækst Ensartet	Rodskydningsvækst Uensartet	Rodskydningsvækst Uensartet	Udløbervækst Ensartet

Yderligere krav til maskinen er følgende:

Rørhøsteren skal være lille og let at transportere, da det i projektets pilotfase bliver for dyrt at benytte store maskiner på de i starten små arealer, som måske også ligger spredt over et stort område. Funktionsprincippet er afbildet i figur 47.



Figur 47: Skematisk fremstilling af en rørhøster

Funktionsprincippet i den nyudviklede rørhøster kan forklares på følgende måde: Rørene gribes af 2 transportbånd og klemmes fast mellem dem og snittes herefter med skæret. Stråene transporteres via båndet til en transportkasse og står deri opstillet. To fjederarme holder stråene og åbner sig ved trykket af de efterfølgende strå. Stråmængder med en diameter på indtil 40 cm holdes mellem fjederarmene, hvorefter de fratages med håndkraft og lægges sammen til storbundter med en diameter på 60 cm. Storbundterne bindes manuelt og lægges på marken. Borttransport og oprensning af bundterne finder sted i senere arbejds-gange.

De tekniske data på miscanthus-rørhøster er opstillet i tabel 11:

Tabel 11: Tekniske data på miscanthus-rørhøster

Trapezarm med skæreværk	Grundflade: 276 cm x 96 cm (uden strådelere)
-------------------------	--

	eller 217 cm (med strådelers)
Trapezarm	Agostini Meccanica, trepunktsophæng Heckanbau
Skæreværk	Schumacher dobbelt knivfingerskær med afviserkugle, arbejdsbredde 80 – 100 cm
Rammer for transportbånd	279 cm høj, 52 cm bred, åbningsbredde 32 cm
Transportbånd	W&K Supergrip, 2 PVC-bånd: 367 cm og 375 cm x 50 cm x 0,5 m Griberhøjde: 120 – 170 cm, arbejdshøjde variabel
Topafhugger	Tandhjul med knivskær, arbejdshøjde variabel
Kraftoverføring	Kraftudtag, kilremme
Ydeevne	< 20 kw
Totalvægt	350 kg

I Holland blev der udviklet en specialmaskine, som ved hjælp af roterende børster muliggjorde rensning af de nederste 60 cm af tagrørene i samme arbejdsgang. Denne maskine er på grund af vægten monteret på et bælteketretøj, som blev fremstillet specielt eller bygget på basis af Pistenbullys, og kan operere på våd jord. Denne maskine ville kunne egne sig til miscanthushøst, da miscanthus normalt har en højere bladandel. I modsætning til tagrør har miscanthus en højere bladandel i det nederste område af strået (i en højde på indtil 1 m). Desuden kendetegnes miscanthus ved en højere bladskedeandel, som bliver siddende på strået i højere grad end på siv. Da miscanthus kan dyrkes på marker, ikke vådområder, kan der benyttes enklere og billigere høstmaskiner (intet behov for bælteketretøjer).

Idé til en egnet høstmetode til miscanthus:

På miscanthus forsinkes løvfaldet i løbet af vinteren eller finder slet ikke sted. Hvorvidt der sker løvfald, afhænger af vejrforholdene om vinteren og af den anvendte sorts egenskaber. Der dyrkes i øjeblikket en miscanthussort med en meget høj bladandel. Rensning før ombinding er derfor påkrævet. Til høst af tagrør er der allerede udviklet en egnet høstmetode. På basis af denne skal der udvikles en prisbillig metode, som kan anvendes til høst af miscanthusrør. Overvejelser med hensyn til rensningsmetoden skal også omfatte miscanthustråets bladskedeandel.

Til de forestående forsøg kan der også anvendes en selvbinde, der er forsynet med egnede rensningsfaciliteter. Der arbejdes med udvikling af denne høstteknik. De arbejdsgange, som alle høstmetoder skal kunne magte, sammenfattes i det følgende:

Meje – snitning af stråene tæt ved jorden, rent snit for at undgå ridser og iturevne rodender.

Rensning – intet ukrudt og græs, ingen korte strå (kortere en 60 cm)

Bundtning – 60 cm omfang = standardbundt (handelsvare)

Knuder – faste knuder og stramme bånd – stabile bundter, som ikke går i stykker under transport

Hårdheden i miscanthusmaterialet afstedkom følgende problemer: Snittet var ofte urent, da strået var sprødt og fast på grund af den tykkere stråvæg. Lagttagelserne viste, at stråene revnede på langs og på tværs. Et lige og rent snit er af afgørende betydning for det senere helhedsindtryk af et tag.

Den tekniske løsning til sortering og rensning af bundterne udgør en stor udfordring. Som det allerede har vist sig, har anvendelse af maskiner svært ved at hamle op med håndarbejde. Alligevel arbejdes der videre med mekanisering af denne meget vigtige arbejdsangang.

3.11 Dækningsbidrag ved dyrkning af miscanthus

Den driftsøkonomiske succes ved miscanthusdyrkning for landmanden afhænger af konkurrenceevnen ved miscanthus i forhold til tagrør og andre markafgrøder. Tagrør handles alt efter kvalitet til 1,6 – 2,2€/bundt. (Bundter handles med en omkreds på 60 cm, 750-1000 strå og i forskellige længder). Til beregning af dækningsbidraget på miscanthus blev der forudsat en pris på 1,9€/bundt (tabel 12). Høstmængden blev sat til 1500 bundter/ha. I danske forsøg blev der i et tidsrum på 3 år høstet 1500 bundter/ha om året i gennemsnit.

Tabel 12: Dækningsbidragsberegning ved dyrkning af miscanthus til tækkebrug.

Indtægt/ Omkostninger		Antal	Enhed Ha	Pris Enhed €	År 1 €	År 2 €	År 3 €	År 4 €	År 25 €
Indtægt Rørmateriale		100	M3	15	0	0	750	1500		1500
Udgifter til plantebeskyttelse og gødning. Plantebeskyttelse: Round up Ultra		3	1	7	21	21	21			
Andre midler		2	X	12,5	25	25	25			
Plantning (Rhizomer)		15000	stk.	0,1	1500					
Gødning	N	30	Kg	0,6	18	18	18	18		18
	P	10	Kg	0,7	7	7	7	7		7
	K	75	Kg	0,3	22,5	22,5	22,5	22,5		22,5
Maskin- og løn- udgifter:										
Pløjning		1	X	64	64					
Fingrubning		1	x	18	18					
Sprøjtning (Round-up)		1	x	25	25	25	25			
Sprøjtning (frøukrudt)		1	x	25	25	25	25			
Høst		100	m3	3				300	300
Lager		100	m3	1				100	100
Omdrift 15 År		1	x	200						200
Årligt dæknings- bidrag/ha					-2025,5	-143,5	606,5	1052,5	852,50
Gennemsn. dæk- ningsbidrag/ha										855,70

Etablering af bestanden er en væsentlig omkostningsfaktor. Derfor var udgangspunktet formeringsbestande, hvis rhizomer blev delt maskinelt, høstet og genplantet. Her blev omkostningerne anslået til 1500€/ha. Rensning og sortering af bundterne blev fastsat til 25% af bundtpriserne, hvilket sædvanligvis også gælder for tagrør. Projektets mål er dog på lang sigt at forbedre de anvendte miscanthussorter ved at udvælge bladfattige stammer og dermed reducere omkostningerne til rensning. Braklægningspræmien, som forhøjer dækningsbidraget yderligere, blev ikke indregnet, da de gældende regler kun gælder til 2006.

Trods det alt i alt moderate budget kan der regnes med et gennemsnitligt dækningsbidrag over 15 år på 972€/år. Grunden til det negative dækningsbidrag i starten er den manglende mulighed for at høste i etableringsfasen. Etableringsfasen er sat til 3 år. Man kan dog godt regne med at høste små til middelstore mængder i anden og tredje år.

Ved en stigning i høstmængden på 100 bundter/ha stiger dækningsbidraget med 105€/ha. Ved høstmængder på 1500 bundter/ha kommer man i nærheden af dækningsbidraget for roer, og så er kravene til voksestedet mindre end ved roedyrkning. Hvis miscanthus opfører sig med hensyn til udnyttelsesvarigheden som tagrør, hvad der absolut kan forventes, kan der regnes med en udnyttelsesperiode på mere end 15 år, hvorved de forholdsvis høje etableringsomkostninger udjævner sig med årene.

Det har vist sig, at de maskinelle planter fra rhizomstykkerne fører til uregelmæssige plantebestande, i hvilke der også med hensyn til stråtykkelse forekommer stor variation, og det er uønsket. Mere ensartede bestande kan etableres, hvis unge planter sættes til drivning. Dette fordyrer bestandsetableringen. De unge planter kan både fremelskes fra rhizomer og drives fra in-vitro kultur. Alt efter kulturform og tilstræbet plantetal pr. ha vil etableringsomkostningerne ligge mellem 7750 og 11000 €/ha (tabel 13).

Tabel 13: Planteudgifter ved forskellige drivningsformer

		Stykpris €	10000 pl/ha Udgifter/ha €	15000 pl/ha Udgifter/ha €	25000 pl/ha Udgifter/ha €
Miscanthus giganteus	Rhizomer	0,16	1600	2400	
	In-vitro planter: Pottet	0,31	3100	4650	
	Med rodnet uden potte	0,24 0,13	2400 1300	3600 1950	
	Egen forkultur				
Miscanthus sinensis	In-vitro planter: Pottet (DK)	0,44			11000
	Egen forkultur (DK)	0,31			7750

4 Omsætning af forsøgsresultaterne i praksis (opgaveområde 4)

4.1 Evaluering, udvikling af foranstaltninger til fremme af regional, kontrolleret dyrkning af miscanthus

Den kontrollerede dyrkning af miscanthus til tækkebrug kommer ikke af sig selv. Erfaringsgrundlaget er endnu for lille. De regelmæssigt arrangerede informationsevents har vist, at materialet er modtaget og bedømt positivt af tagtækkerne, og at det egner sig til tagmateriale. Da det er et relativt ukendt materiale, som der ingen langtidsiagttagelser findes af, kan referencetage og forsøgstaget anses for tilstrækkeligt grundlag til at teste miscanthus i praksis. De hidtidige endnu kortvarige iagttagelser og undersøgelser viser allerede nu, at miscanthus med hensyn til holdbarhed fuldt og helt kan måle sig med tagrør. Næste skridt må derfor være at udvide dyrkningsarealet og udover tagtækkerne også at gøre landmænd interesserede og få dem til at etablere arealstørrelser, hvorfra der kan høstes praksisrelevante mængder til tækning af yderligere tage.

4.2 Anlæg af en hektar miscanthusareal som praksisforsøg

De eksisterende miscanthusarealer fordeler sig på 3 voksesteder, som tilsammen dækker 1 ha. Voksestederne ligger bl.a. i Kleinkummerfeld, Wankendorf, Schädtebek og Tönning. Voksestedet Neumünster er med et areal på 0,5 ha det største. På dette sted dyrkes ikke kun miscanthussorter til tækkebrug, men også miscanthus giganteus, som på grund af stråtykkelsen er mindre egnet til tagmateriale, men som åbner mulighed for anden anvendelse. I øjeblikket bruges miscanthus giganteus som strøelse. Cementbundne byggematerialer er ligeledes fremstillet af miscanthus giganteus. Materialet er også anvendt som prøvemateriale af firmaet BGS *Ingenieurbiologie* i Tangstedt til bygning af faskiner eller mætter til kystsikring og befæstning af skrænter. Firmaet har testet materialet og bedømt det positivt. De mere finstråede miscanthus sinensis genotyper skal anvendes som testmateriale til tagbeklædning, kunne dog også komme i betragtning til de øvrige anvendelsesområder. Der befinder sig yderligere en samling af genotypisk forskellige miscanthus sinensis enkeltplanter som materiale til fremtidig sortering.

I Wankendorf og Schädtebek dyrkes miscanthus sinensis genotyperne 20 og 111, som begge kommer fra Danmark. Arealstørrelserne på begge bevoksninger udgør ca. 0,2 ha. I Tönning blev der dyrket ca. 0,1 ha enkeltplanter som udvælgelsesmateriale og en større parcel af genotype 20.

4.3 Etablering af interessefælleskab (kompetencenetværk) af miscanthusdyrkere og brugere

I øjeblikket findes der et netværk af miscanthusinteresserede, som omfatter Danmark og Mecklenburg-Vorpommern. I starten af projektet var det folk, der var tilknyttet forskningsinstitutter, som beskæftigede sig med miscanthus, senere er der kommet et forholdsmæssigt stort antal tagtækkere til og et mindre antal landmænd. Mens tagtækkere kan betegnes som godt informeret, gælder det om nu at få landmænd i et større antal til at interessere sig for miscanthusdyrkning.

4.4 Dokumentation af forsøgsarbejderne

Årsberetninger, artikler i fagtidsskrifter, markbesøg, besigtigelse af referencetage, fremstilling af projektet på internettet.

Et informationsarrangement om projektet blev gennemført den 2. august 2003. I arrangementet indgik en markvandring på projektområdet i Kleinkummerfeld. Med foredrag om projektet fremvistes projektarbejdes resultater. Et andet arrangement fandt sted den 29.04.2004 i Flensburg i Handwerkskammer Flensburg. Begge arrangementer blev hovedsagelig organiseret af TTZ Schleswig-Holstein. Med 60 deltagere til det første arrangement var de tale om en god respons. Til det 2. arrangement kom ca. 30 deltagere, for det meste deltagere, som også var der til det første arrangement, og som viste stor interesse.

Med repræsentanter fra tækkelaugene fandt der den 15.03.04 en ekskursion sted til Lolland, Danmark med det formål at se på et 9 ha stort miscanthusareal hos Søren Vodder, tagtækker og fritidslandmand. Indtrykkene og resultaterne fra ekskursionen blev videregivet i forbindelse med informationsarrangementet den 29.04.04.

Derudover blev der udarbejdet et informationsblad i samarbejde med TTZ Flensburg og IHK Flensburg, som beskriver projektets indhold og målsætninger. En præsentation af projektet findes på internettet på Miljøministeriet Schleswig-Holstens' info-net. Foredragsarrangementerne findes ligeledes på internettet hos TTZ SH. Fælles med IHK blev der i septemberudgaven 2004 i IHK-bladet offentliggjort en artikel om projektet.

Præsentation på internettet

Informationer om miscanthus & tagrør er offentliggjort Schleswig-Holstein's Info-net og kan ses på følgende internetadresse:

<http://umwelt.landsh.server.de/servlet/is/Entry.23135.Display/>

eller på

<http://umwelt.landsh.server.de/>

Søgeord: Miscanthus

TTZ – Schleswig-Holstein offentliggjorde foredragene om projektet miscanthus & tagrør på internettet.

TTZ kan ses på følgende internetadresse:

<http://www.ttzsh.de/de/ttzsh/index.html>

Miscanthus arrangementet fra den 20. August 2003 Neumünster:

<http://www.ttzsh.de/de/ttzsh/berater/beratungsleistung/arbeitskreise/artikel01518.html>

eller download direkte her:

Invitation

http://www.ttzsh.de/imperia/md/content/arbeitskreise/nachwachsenrohstoffe/einladung_miscanthus.pdf

Deltagerliste

http://www.ttzsh.de/imperia/md/content/arbeitskreise/nachwachsenrohstoffe/teilnehmer_miscanthus_veranstaltung.pdf

Moderation af fru Dr. M. Oesser:

http://www.ttzsh.de/imperia/md/content/arbeitskreise/nachwachsenerohstoffe/moderation_ttzsh.pdf

Foredrag af R. Junge (21,4 MB!):

http://www.ttzsh.de/imperia/md/content/arbeitskreise/nachwachsenerohstoffe/vortrag_junge.pdf

Foredrag af K.-U. Schwarz (21,1 MB!):

http://www.ttzsh.de/imperia/md/content/arbeitskreise/nachwachsenerohstoffe/vortrag_schwarz.pdf

Informationsarrangement ”Miscanthus som Tagrørssupplement” ved HWK Flensburg den 29.04.04:

<http://www.ttzsh.de/de/ttzsh/service/download/>

eller download direkte her:

Rapporten om rørhøsteren af K.-U. Schwarz:

<http://www.ttzsh.de/imperia/md/content/service-download/Erntemaschine.pdf>

De tekniske data på miscanthus og tagrør af R. Junge

<http://www.ttzsh.de/imperia/md/content/service-download/Technikdaten.pdf>

Rapporten om planteavl af K.-U. Schwarz:

<http://www.ttzsh.de/imperia/md/content/service-download/Pflanzenzuechtung.pdf>

Beretning fra ekskursionen til Lolland/DK af fru Dr. M. Oesser:

<http://www.ttzsh.de/imperia/md/content/service-download/Exkursion.pdf>

Deltagerliste:

<http://www.ttzsh.de/imperia/md/content/service-download/Teilnehmerliste.pdf>

TTZ – Schleswig-Holstein offentliggjorde i ”TechReport” en artikel om projektet på følgende internetadresse:

www.imp04.ttzsh.de/imperia/md/content/newsletter/5.pdf

Industri- og Handelskammeret i Kiel og Flensburg offentliggjorde i det fælles Erhvervsmagasin ”Die WNO” (Wirtschaft zwischen Nord- und Ostsee), udgave 9/2004 på side 6 en informationsartikel til håndværksrådet i Schleswig-Holstein. Artiklen ”Miscanthus som tagrørserstatning – en situationsrapport” (Kurbjuhn, 2004) kan findes på internettet under følgende download-adresse:

www.wno.de/pdf/WNO0904.pdf

Det Arkæologiske-Økologiske Center Albersdorf (AÖZA), c/o Bahnhofsstr. 23, i 25767 Albersdorf offentliggjorde information om projektet og referencetaget i Albersdorf på følgende internetside:

www.aoeza.kulturnetz-sh.de/STEINZEITHAUS/miscanthus.html

På den 3. internationale miscanthus-møde den 02.03.04 holdt Dr. K.U.Schwarz et foredrag, som præsenterede projektet til en bred tilhørerskare af internationale fagfolk (Schwarz, et al. 2004).

5 Litteratur

- BOELCKE, B. (1995): Untersuchungsergebnisse zum Einfluss der Pflanzzeit und des Termins der Stickstoffdüngung auf die Ertragsbildung von Miscanthus. In: Symposium Miscanthus. Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung, Vorstellung der Ergebnisse aus den BML/VEBA OEL AG-Verbundvorhaben, 6./7. Dezember 1994 in Dresden. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, 71-86.
- CLIFTON-BROWN, J.C., LEWANDOWSKI, I., ANDERSSON, B., BASCH, G., CHRISTIAN, D.G., BONDERUP KJELDSSEN, J., JORGENSEN, U., MORTENSEN, V., RICHE, A.B., SCHWARZ, K.-U., KOEYUMARS, T., TEIXEIRA, F. (2001): Performance of 15 Miscanthus Genotypes at Five Sites in Europa. *Agronomy Journal*, 93, 1013- 1019.
- DEUTSCHES DACHDECKERHANDWERK (2002): Deutsches Dachdeckerhandwerk - Regeln für Dachdeckungen. Hrsg. Zentralverband des deutschen Dachdeckerhandwerks, Stand August 2002; Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 3. Aufl., 2002, 906 Seiten, ISBN 3-481-01939-4.
- KAACK, K. & SCHWARZ, K.-U., (2001). Morphological and mechanical properties of Miscanthus in relation to harvesting, lodging, and growth conditions. *Ind. Crops Prod.* 14, 145-154.
- KAACK, K., SCHWARZ, K.-U. und BRANDER, P.E., (2003). Variation in morphology, anatomy and chemistry of stems of Miscanthus genotypes differing in mechanical properties, *Industrial Crops and Products* 17, 131-142.
- KURBJUHN, F. (2004): Miscanthus als Reetersatz – ein Sachstandsbericht. In: Die WNO (Wirtschaft zwischen Nord- und Ostsee), gemeinsames Wirtschaftsmagazin der Industrie- und Handelskammern zu Kiel und zu Flensburg. Verlag: Industrie- und Handelskammer zu Kiel, Lorentzendamm 24, 24103 Kiel, Ausgabe 9/2004, S. 6;
- NAGEL, H. (2003): Thermogravimetrische Materialfeuchtebestimmung. Grundlagen und praktische Anwendungen; in: Die Bibliothek der Technik, Band 229, Verlag Moderne Industrie; aus: Information der Fa. Sartorius, www.sartorius.de.
- RODEWALD-RODESCU (1974): Das Schilfrohr. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- SCHATTKE, W. (2002): Das Reetdach: natürliches Wohnen unter sanftem Dach – von der Urzeit bis heute; 5. Auflage. Hamburg: Verlag Christians; ISBN 3-7672-1140-8.
- SCHRADER, M. (1998): Reet und Stroh als historisches Baumaterial. Ein Materialleitfaden und Ratgeber. Anderweit Verlag Sederburg-Hösseringen; ISBN 3-931824-09-8.
- SCHWARZ, K.-U., MÖLLER, F. und JUNGE, R. (2004): Dachdeckung und Sandwichplatten aus Miscanthus bzw. Triarrhena. In: Anbau, Verwertung und Erfolgsaussichten von Miscanthus in Europa; 3. Internationale Miscanthus – Tagung vom 02.03.04 in Bonn; Beiträge zu Agrarwissenschaften, Band 28; Hrsg.: Dr. Ralf Pude, Verlag Wehle, Bad Neuenahr, 2004.