



**Naturlig tørring af brænde  
resultater fra en undersøgelse 2007-2010**

Bergstedt, Andreas Christian E; Sønderby, Linda Kjær; Heding, Niels

*Publication date:*  
2010

*Document version*  
Peer-review version

*Citation for published version (APA):*  
Bergstedt, A. C. E., Sønderby, L. K., & Heding, N. (2010). *Naturlig tørring af brænde: resultater fra en undersøgelse 2007-2010*. Skov & Landskab, Københavns Universitet. Arbejdsrapport / Skov & Landskab, Nr. 119



# Naturlig tørring af brænde

Resultater fra en undersøgelse 2007 - 2010

ARBEJDSRAPPORT SKOV & LANDSKAB

119 / 2010



Andreas Bergstedt, Linda Kjær Sønderby og Niels Heding



**Titel**

Naturlig tørring af brænde. Resultater fra en undersøgelse 2007 - 2010

**Forfattere**

Andreas Bergstedt, Linda Kjær Sønderby og Niels Heding

**Udgiver**

Skov & Landskab  
Københavns Universitet  
Rolighedsvej 23  
1958 Frederiksberg C  
Tlf. 3533 1500  
E-post sl@life.ku.dk

**Serietitel, nr.**

Arbejdsrapport Skov & Landskab nr. 119  
Rapporten publiceres udelukkende på [www.sl.life.ku.dk](http://www.sl.life.ku.dk)

**ISBN**

978-87-7903-513-3

**DTP**

Karin Kristensen

**Bedes citeret**

Andreas Bergstedt, Linda Kjær Sønderby og Niels Heding 2010:  
Tørring af brænde. Resultater fra en undersøgelse 2007 - 2010.  
Arbejdsrapport nr. 119, Skov & Landskab, Københavns Universitet, Frederiksberg, 14 s.

**Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse**

I salgs- eller reklameøjemed er eftertryk og citering af rapporten samt anvendelse af Center for Skov, Landskab og Planlægnings navn kun tilladt efter skriftlig tilladelse.

# Forord

Selv om de grundlæggende betingelser for brændetørring er alment kendte, findes der kun meget lidt dokumentation om tørreforløbet. Egentlige sammenlignende forsøg med forskellige træarter foreligger ikke, og betydningen af tidspunktet for fældning og oparbejdning er dårligt belyst. Endvidere er betydningen af at have brændet under tag ikke kvantificeret.

Samtidigt er brændets tørring imidlertid under voksende opmærksomhed, fordi fyring med fugtigt brænde kan være en betydelig kilde til luftforurening.

For at bidrage til forøget viden om tørring af brænde har Skov & Landskab gennemført denne undersøgelse. Arbejdet er gjort muligt ved, at *Gluds Le-gat* har ydet økonomisk støtte, for hvilken vi bringer en varm tak.

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>3</b>
<b>Indhold</b>	<b>4</b>
<b>Indledning</b>	<b>5</b>
Baggrund	5
Problemstillingen	6
<b>Metode</b>	<b>7</b>
<b>Resultater</b>	<b>9</b>
Skovningstidspunktet	9
Variationer i nedbør	10
Årstidens betydning for tørringen	10
Halvtag / ikke halvtag	10
<b>Anbefalinger</b>	<b>13</b>
<b>Referencer</b>	<b>14</b>

# Indledning

## Baggrund

Træ dækker 44 procent af den vedvarende energi i Danmark og er dermed den vigtigste kilde til vedvarende energi her i landet. Træ tillægges derfor stor betydning i energiplanlægningen. Der er et politisk ønske om at mindske afhængigheden af fossile brændsler, og Energistyrelsen regner med, at forbruget af træ skal fordobles i løbet af de næste ti år. Selvom der anvendes store mængder af træ til fjernvarme og i kraftvarmeværkerne, så bruges der endnu mere i de cirka 700.000 brændeovne og brændefyr, der findes her i landet. Ifølge Energistyrelsens statistik 2008 leverer brændefyring en energimængde på 27 Petajoule, og overgår dermed den samlede energiproduktion fra landets vindmøller.

Men brændefyring har givet anledning til helbreds- og miljømæssige betænkeligheder. Således har Det økologiske Råd været ude i en kampagne for at begrænse brændefyring, fordi de mener, at brændefyring giver anledning til sundhedsfarlige emissioner. Baggrunden er i høj grad en ældre undersøgelse (Illerup & Nielsen 2004, Glasius et al. 2007) som er blevet tolket derhen, at fyring i private brændeovne var en meget væsentlig kilde til forurening med luftbårne partikler. Nyere målinger gennemført af Danmarks Miljøundersøgelser (Olsen et al. 2010, Wählin et al. 2010) har dog vist, at bidraget fra brændeovne kun er 10-20 % af den totale partikelforurening, og dermed betydeligt mindre end det tidligere er blevet fremført i pressen. Endvidere har studier ved Lunds Universitet (Löndahl 2009) påvist, at partiklerne i brænderøg har en anden kemisk sammensætning end partiklerne fra bilers udstødningsgas. Denne sammensætning medfører, at 80 procent af de partikler, som man eventuelt indånder ved brændefyring, udåndes igen.

Ovennævnte undersøgelser fra DMU har peget på, at langt størstedelen af forureningen stammer fra nogle ganske få brændeovne, hvor der fyres på en uhensigtsmæssig måde og/eller med fugtigt og forkert brænde. For at komme dette problem til livs har der været forslag fremme om, at man i stedet for brænde burde producere træflis til anvendelse i fjern- og kraftvarmeværker, og ikke i brændeovne. I de store flisfyr kan forbrændingen holdes under kontrol uden nævneværdig forurening, og man vil kunne få en del af energien i form af elektricitet, som er mere værdifuld end blot varme. Men disse forslag overser den kendsgerning, at hovedparten af brændet stammer fra kilder, som ikke er tilgængelige på markedet, og som ikke eller kun meget vanskeligt kan udnyttes til flis (Evald 2006). Regulært skovtræ udgør kun en mindre del, mens en stor andel af brændet er tyndings- og beskæringsrester fra haver, levende hegn m.m.

## Problemstillingen

Uanset hvor brændet hidrører fra, er det af stor betydning, at brændet er tørt, inden det kommer i ovnen. For at sikre en ren forbrænding og undgå luftforurening med tjære, sod og andre skadelige stoffer, skal forbrændingstemperaturen være høj. Det fordrer dels en effektiv brændeovn, dels at der bruges tørt brænde.

Når træ brænder, frigøres en mængde forskellige stoffer i luftform, blandt andet eddikesyre og tjære, mens træet forkuller. For at opnå en fuldstændig iltning og nedbrydning af disse stoffer, så der kun bliver vand, kuldioxid og aske tilbage, skal temperaturen nå op på 700 grader eller mere.

Er brændet fugtigt, når denne høje temperatur ikke: en del af forbrændingsenergien bruges til at fordampe vandet i brændet, og den dannede vanddamp kan fortrænge den luft, som ellers skulle være forbrændingen. Resultatet er en ineffektiv forbrænding: brændets energi-indhold udnyttes dårligt, og en del tjærestoffer m.m. forlader ovnen uden at være forbrændt. Evt. kan tjære og vand fortættes allerede i skorstenen og danne løbesod. Ellers kommer de uforbrændte stoffer op af skorstenen som synlig røg og spredes til omgivelserne som generende luftforurening. For at undgå disse ulemper anbefaler Miljøstyrelsen at brænde højst må indeholde 18 % vand, når det bruges.

Da brænde har været brugt til opvarmning i tusinder af år, findes der naturligvis erfaringsbaserede retningslinier for, hvordan brænde bør oparbejdes og behandles. For almindeligt »kakkellovnsbrænde« er kan tommelfingerreglerne groft sammenfattes således: Træet bør skoves og flækkes om vinteren/tidligt forår (»senest til påske«) og straks stilles op i stakke. Midt på sommeren bør det overdækkes eller flyttes under (halv-)tag, og er så klart til brug den kommende vinter. Huskereglene tager dog forbehold for egetræ, som tørrer så langsomt, at det bør stå to somre over. Endvidere forudsættes det, at brændet er flækket ud i ikke alt for store stykker: Tykkelsen bør ikke overstige, hvad der svarer til en almindelig vinflaske.

I dette forsøg er brændestykkernes størrelse holdt inden for de sædvanlige rammer. Derimod er tidspunktet for brændets fældning og oparbejdning varieret, sådan at de fleste af årets måneder er repræsenteret. Endvidere er tørringen fulgt over en lang periode, så man kan følge virkningen af vejrets variation over året og mellem forskellige år.

# Metode

Forsøget er anlagt således, at fire spørgsmål kan belyses:

- *Træarten:* Som repræsentanter for henholdsvis løv- og nåletræ er valgt Bøg og Rødgran. I forsøget indgår til sammenligning desuden mindre mængder af Eg og Ahorn (Ær).
- *Vandindholdet i friskskovet træ:* Forsøget er etableret med friskskovet brænde, som er skovet på forskellige årstider. Man kan derfor se, hvordan vandindholdet i de levende træer varierer i årets løb.
- *Årstidens betydning for tørringen:* Forsøget muliggør en undersøgelse af tørreforløbet på forskellige årstider.
- *Betydningen af overdækning:* Halvdelen af brændet er lagt op under et halvtag og den anden halvdel i det fri uden tag.

Inden for tidsrummet marts 2007 til oktober 2008 er med mellemrum oparbejdet brænde af levende træer, fældet i bevoksninger i Grib Skov. Der er fældet træer i månederne februar, marts, april, maj, juni, august, september og oktober. Straks efter fældningen er træet opskåret i længder på 33 cm og flækket ud i stykker, hvis tværsnit har en tilstræbt sidelængde på 7-10 cm.

Til brændets tørring er fremstillet et antal jernrammer med en åbning på 1 x 1 meter og en dybde på ½ meter (se figurerne). Med en brændelængde på 33 cm rummer jernrammen en tredjedel rummeter, når den fyldes helt. Det nyskovede brænde er stablet i rammerne, som er vejet med en kranvægt (figur 1) umiddelbart efter fyldningen. Mellem træernes fældning og den indledende vejning af det friske brænde er der således gået højst 1 dag.

Hver gang der er oparbejdet nyt brænde, er der fyldt to rammer med hver træart, hvoraf den ene ramme er henstillet i det fri (figur 2), mens den anden er stillet under et halvtag (figur 3). For at kunne køre under halvtaget



Figur 1. Man ser en ramme ophængt i et åg og med den elektroniske vejecelle indskudt.





Figur 2. Rammer uden halvtag.

med en lille læsemaskine (figur 1) er halvtaget bygget meget højere end et normalt brændeskur. Det har selvfølgelig forringet effekten af halvtaget (pga. slagregn fra siden) men resultaterne viser at taget alligevel har haft en stor virkning.

I forsøget indgår i alt 52 rammer med brænde af de fire forskellige træarter: Bøg (18 rammer), Rødgran (18 rammer), Eg (8 rammer) og Ahorn (8 rammer).

Tørringens forløb er bestemt ved at veje den fyldte ramme med intervaller på én til nogle måneder (afhængigt af årstiden) gennem hele tørreperioden. Forsøget blev påbegyndt i marts 2007 og afsluttet i juni 2010. I den tidligst påbegyndte del af forsøget har det således været muligt at følge tørreforløbet over mere end 2 år, mens det sidst tilkomne brænde er fulgt med vejninger i 1½ år (to vintre og én sommer).

Ved forsøgets afslutning er brændet tørret i en ovn ved 103 grader og derefter vejet en sidste gang, for at bestemme indholdet af tørstof i hver ramme.



Figur 3. Det anvendte halvtag er på ingen måde ideelt. Af hensyn til vejning af rammerne måtte halvtaget bygges (for) højt over brændet.

## Resultater

### Skovningstidspunktet

Tabel 1 viser vandindholdet i de nyfældede træer, udtrykt som procent af totalvægten. Det fremgår, at for løvtræernes vedkommende er der ikke er nogen større variation i træernes vandindhold i årets løb.

Tabel 1. Vandindholdet i de nyfældede træer.

Fældningstidspunkt Dato	Vandindhold %			
	Bøg	Eg	Ahorn	Rødgran
16. marts '07	43,5	43	40,5	46,1
	46,8	44	44	45,8
18. april '07	44,5			54,7
	47,1			55,4
4. juni '07	48,1			57,3
	48,9			57,2
21. august '07	48,5			54,5
	49,6			54,8
20. september '07		46,8	43,7	
		45,4	42,2	
8. februar '08	46,6	48,9	43,4	65,7
	49,6	48,5	44,2	66,5
8. april '08	48,2			60,7
	47,6			60,2
29. maj '08	41,5			62
	42,7			61,9
5. september '08	44,4			59,5
	45,2			59,5
28. oktober '08				62,3
				62,1
29. oktober '08	47,6	44,3	39,8	
	48,1	44,9	41,8	
<b>Middelværdi</b>	<b>46,6</b>	<b>45,7</b>	<b>42,5</b>	<b>58,1</b>

Friskskovet bøg og eg har et vandindhold på cirka 45 procent. Ahorn ligger lidt lavere med cirka 42 procent. Rødgran udviser den største variation, idet især de to målinger i marts måned 2007 viser markant lavere vandindhold end de øvrige måneder. Dette skyldes imidlertid, at rødgran brændet i marts 2007 stammer fra gammel gran, hvor kærnetræet erfaringsmæssigt er meget tørrere end unge træers dominerende andel af splint. Rødgranbrændet i 2008 stammer udelukkende fra unge træer.

## Variationer i nedbør

Nedbøren spiller en rolle for tørring af brænde. I tabel 2 ses nedbøren i hver måned i 2007, 2008 og 2009. Til sammenligning er den gennemsnitlige nedbør i perioden 1961 – 1990 anført (»normalnedbør«). I alle forsøgets tre år har nedbøren været højere end »normalnedbøren«.

Tabel 2. Månedsnedbør i 2007, 2008 og 2009 og normalnedbør.

Måned	Normalnedbør mm		Nedbør mm	
	1961 – 1990	2007	2008	2009
Januar	57	123	90	41
Februar	38	79	47	34
Marts	46	42	77	53
April	41	11	41	10
Maj	48	71	13	56
Juni	55	124	39	64
Juli	66	126	55	86
August	67	60	146	68
September	73	85	66	45
Oktober	76	33	108	79
November	79	48	71	126
December	66	65	30	71
<b>Året</b>	<b>712</b>	<b>867</b>	<b>783</b>	<b>733</b>

Det fremgår, at 2007 var et år med usædvanligt høj nedbør, og at især månederne maj - juli var meget regnfulde. Det afspejles i forsøgsresultaterne nedenfor, hvor sommeren 2007 fremviser en noget dårligere (langsommere) tørring end 2008 og 2009.

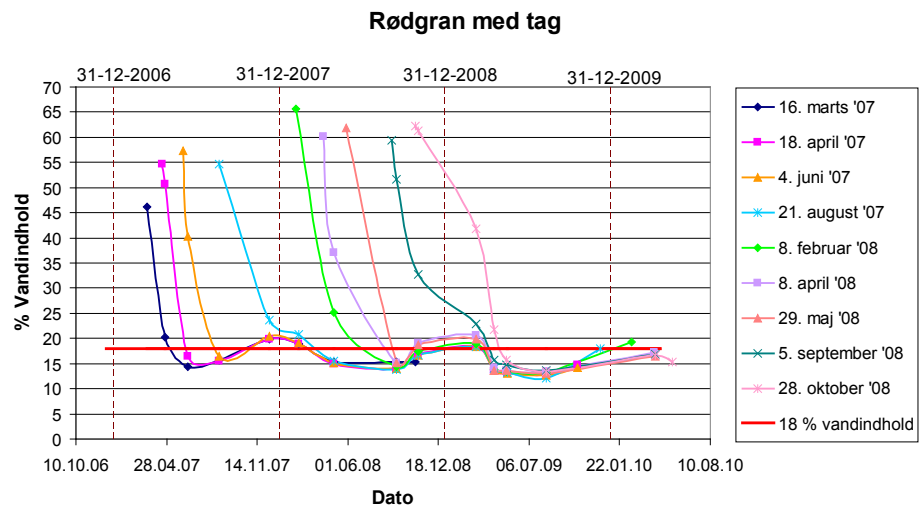
## Årstidens betydning for tørringen

Til illustration af årstidens betydning er udarbejdet et diagram for hver forsøgsrække, der viser tørringens forløb hen over årene. Disse diagrammer har alle et ensartet udsende. De fire under tag har samme forløb og de fire uden tag på samme måde. Figur 4 (Rødgran med tag) og figur 5 (Bøg med tag) viser forløbet.

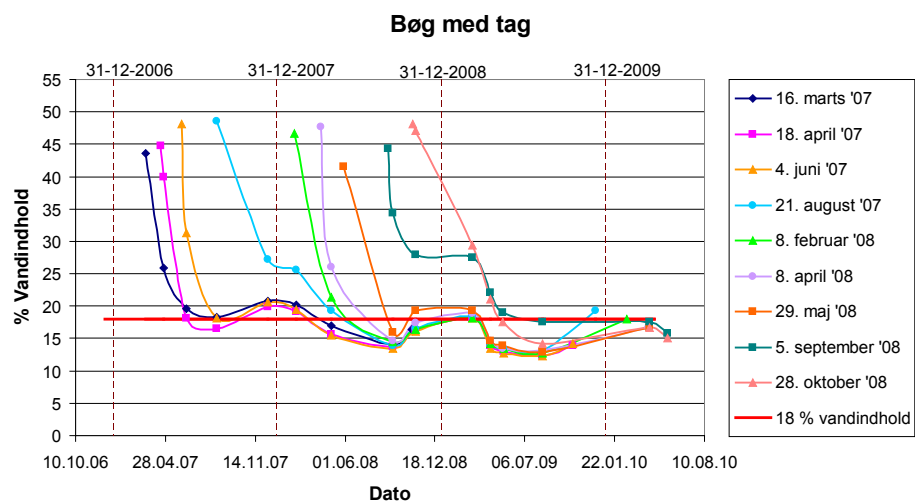
Det interessante er, at brændetørringen forløber ret ensartet til at begynde med, uanset skovningstidspunktet. I de første par måneder efter fældningen falder vandindholdet meget hurtigt, i de fleste tilfælde fra nær 50 til omkring 20 procent. Det brænde, der er skovet efter midsommer, viser en tørring, som går i stå i vintermånederne. Det fremgår, at granbrænde som blev skovet før midsommer kunne nå at tørre helt ned til cirka 15 procent, selv i den regnfulde sommer 2007.

Når efterårsvejret sætter ind med regn og fugtig luft, optager brændet imidlertid igen fugt, så det svært at holde sig under de anbefalede 18 % i hele fyringssæsonen. For stort set alle brændepartierne gælder, at vandindholdet stiger med omkring 5 procentpoint fra sensommeren og frem mod nytår, selv om brændet opbevares under halvtag. Det skyldes at brændet opsuger vanddamp direkte fra luften, selv om det ikke er udsat for direkte regn.

Løvtræet (bøg, eg og ahorn) nåede kun lige akkurat ned på 18 % i sommeren 2007, og i det efterfølgende efterår optog det på ny så megen fugtighed, at vandindholdet oversteg grænseværdien. I 2008 og 2009 var tørreforløbet mere gunstigt, men resultaterne viser, at løvtræet har et noget langsommere tørreforløb end rødgran.



Figur 4. Tørreløbet for de 9 rammer med rødgran under tag. Skovningstidspunktet fremgår af boksen til højre.



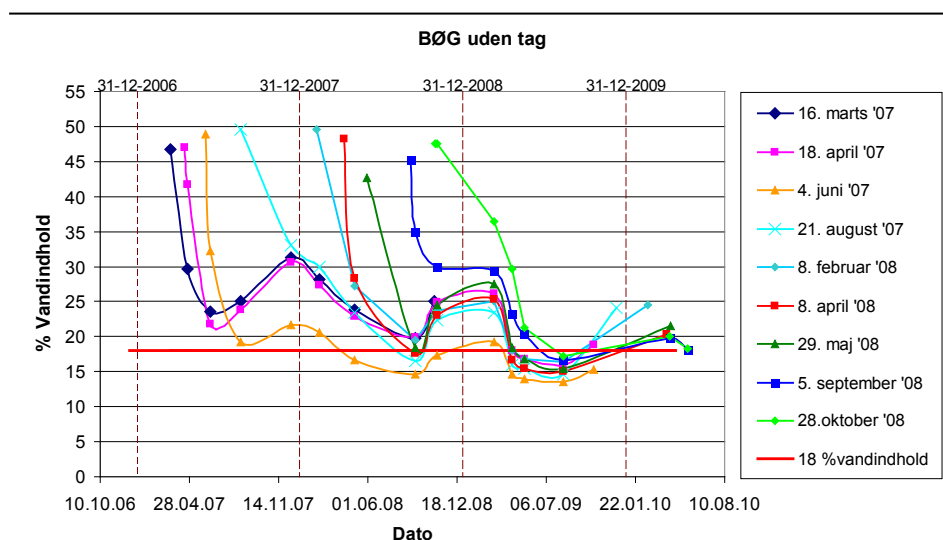
Figur 5. Tørreforløbet for de 9 rammer med bøg under tag. Skovningstidspunktet fremgår af boksen til højre.

## Halvtag / ikke halvtag

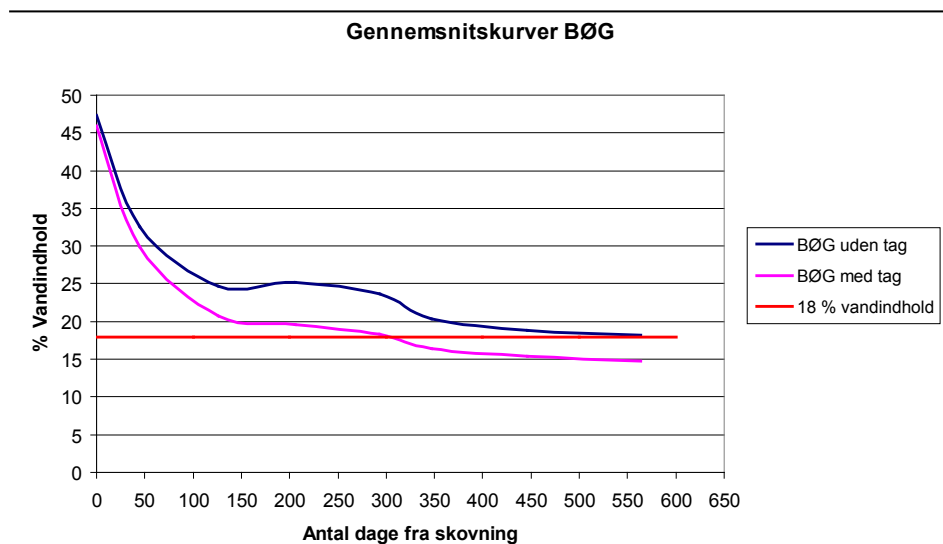
Betydningen af at få brændet under tag fremgår meget klart, når figur 6 (nedenfor) sammenholdes med figur 5. Hvis brændet ikke er overdækket, når vandindholdet i bedste fald ned under de 18 % i løbet af den anden sommer efter fældning, og hvad værre er: I løbet af efteråret og vinteren optager brændet så megen fugtighed, at vandindholdet når op omkring 25 %. Med så fugtigt brænde bliver det svært at tænde op, og man kan vanskeligt undgå en kraftig røgudvikling, som vil genere omgivelserne.

Betydningen af at få brændet *hurtigt* under tag fremgår af figur 7. Allerede efter 50 dages tørring optræder der en forskel på cirka fem procentenheder imellem vandindholdet i brænde, der står ude og brændet, der er under halvtag. Denne forskel er vedvarende igennem næsten hele forsøgsperioden.

Når kurverne i figur 7 ikke har et jævnt forløb, skyldes det at fældningstidspunkterne ikke er fordelt jævnt over året. Det meste af brændet er skovet i det tidlige forår, og »puklen« på kurverne skyldes den opfugtning, der sker om vinteren.



Figur 6. Tørreforløbet for bøg i det fri (uden tag). Skovningstidspunktet fremgår af boksen til højre.



Figur 7. Forskellen mellem tørreforløbet under halvtag og i det fri for bølgebrænde.

# Anbefalinger

Der er ikke nogen bestemt årstid, som man bør hugge brænde på. Vandindholdet i de levende træer varierer kun lidt i årets løb.

Brændet bør altid overdækkes eller bringes under tag, senest når efterårsvejrret sætter ind med regn og fugt. Ellers vil det optage så megen fugtighed, at vandindholdet bliver utilladeligt højt.

Hvis man har mulighed for det, er det en fordel at få brændet under tag så hurtigt som muligt.

Granbrænde tørrer hurtigere end brænde af bøg, eg og ahorn. Ved skovning inden midsommer kan granbrænde nå ned på 15 procent vand inden fyringssæsonen begynder. Brænde af bøg, eg og ahorn når ikke at tørre tilstrækkeligt på én sæson, hvis vi får en regnfuld sommer.

# Referencer

*Evald, A. (2006):*

Brændeforbrug i Danmark. En undersøgelse af antallet af og brændeforbruget i brændeovne, pejse, masseovne og brændekedler i danske boliger og sommerhuse. Force Technology. [http://www.ens.dk/da-DK/Info/TalOgKort/Statistik\\_og\\_noegletal/Maanedsstatistik/Documents/Br%C3%A6nde%202005.doc](http://www.ens.dk/da-DK/Info/TalOgKort/Statistik_og_noegletal/Maanedsstatistik/Documents/Br%C3%A6nde%202005.doc)

*Glasius, M., Konggaard, P., Stubkjær, J., Bossi, R., Hertel, O., Ketznel, M., Wählin, P., Schleicher, O. & Palmgren, F. (2007):*

Partikler og organiske forbindelser fra træfyring – nye undersøgelser af udslip og koncentrationer. Arbejdsrapport fra DMU, nr. 235. 42s. <http://www.dmu.dk/Pub/AR235.pdf>

*Illerup, J.B. and Nielsen, M. (2004):*

Improved PM emissions inventory for residential wood combustion. In: Dilara, P., Muntean, M., Angelino, E. (Eds): Proceedings of the PM Emission Inventories Scientific Workshop, Lago Maggiore, Italy, 18 October 2004. European Commission – EUR 21302: 142-149.

*Löndahl, J. (2009):*

Experimental Determination of the Deposition of Aerosol Particles in the Human Respiratory Tract. Thesis, Lund University (Faculty of Technology) 161 pp., ISBN: 978-91-628-7702-6

*Olsen, H.R., Wählin, P. & Illerup, J.B. (2010):*

Brændefyrings bidrag til luftforurening. Nogle resultater fra projektet WOODUSE. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 71 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 779.

*Wählin, P., Olesen, H.R., Rossi, B., Stubkjær, J. (2010):*

Air pollution from residential wood combustion in a Danish village. Measuring campaign and results. Danmarks Miljøundersøgelser, AU. Faglig rapport fra DMU nr. 777. <http://www.dmu.dk/Pub/FR777.pdf>



Skov & Landskab  
Københavns Universitet  
Rolighedsvej 23  
1958 Fredriksberg C  
Tel. 3533 1500  
sl@life.ku.dk  
www.sl.life.ku.dk

Nationalt center for  
forskning, uddannelse og  
rådgivning i skov  
og skovprodukter,  
landskabsarkitektur og  
landskabsforvaltning,  
byplanlægning og bydesign