

## Tørkekvalitet i trelastindustrien

*Drying quality in the sawmill industry*

**Sammendrag av 80 industritester av tørkekvalitet utført av medlemsbedrifter i teknologiringen Tørkeklubben.**

Saksbehandler: Sverre Tronstad, NTI  
Dato: 1998-11-15  
Oppdragsgiver: Teknologiringen Tørkeklubben  
Prosjektnummer: 389002

### Sammendrag

Medlemsbedriftene i teknologiringen Tørkeklubben har i perioden 1993-1996 samlet gjennomført 80 tester av sine tørkeanlegg. Hovedhensikten med undersøkelsene har vært å få en bred gjennomgang av tørkenes evne til å oppnå de tørketekniske krav som stilles i markedet, uttrykt gjennom kravene til slutfuktighetens middelvei og spredning, fuktighetsgradienten og yteherdingen i den nordiske standarden INSTA 141, og i forslaget til europeisk tørkestandard utarbeidet av European Drying Group (EDG).

Når det gjelder slutfuktighet og -spredning, klarte 86 % av bedriftene kravene i INSTA 141. I forhold til EDG-standard klarte 93 % av bedriftene kravene i klasse S, 83 % i klasse Q og 7 % i klasse E. Undersøkelsen viste også at treffsikkerheten på ønsket slutfuktighet var for dårlig, med en bom for de fleste på  $\pm 1-2$  %, og at dette var hovedgrunnen til problemet med å oppnå klasse E. Undersøkelsene avdekket også en gjennomsnittlig målefeil på de elektriske fuktighetsmålere på  $\pm 1,2$  %. Ellers viste undersøkelsene en klar sammenheng mellom nivået i slutfuktigheten og fuktighetsspredningen, med en tilnærmet lineær økning i spredningen med økende slutfuktighet.

For fuktighetsgradienten synes kravene å være lettere å oppnå, idet 91 % klarte EDG-kravene i både klasse S og klasse Q, mens 73 % klarte kravene i klasse E. 13 % klarte klasse E i EDG-kravene til yteherding, mens 53 % klarte kravene i Q og 80 % i klasse S. 20 % klarte således ingen av kravene. I forhold til INSTA 141 klarte 67 % kravene til såkalte "ingen spenninger" eller "små spenninger", mens 33 % lå på "middels spenninger" til "store spenninger".

Undersøkelsene har generelt avdekket et stort behov for oppgradering av baseutstyret og bedring av utstyr og prosesser for å treffe ønsket slutfuktighet. Dataene som er kommet inn, er også til stor nytte i arbeidet med utarbeidelsen av CEN-standarder for fuktighet og yteherding.

---

**Stikkord:** Trefuktighet, fuktighetsgradient, yteherding.

**Keywords:** Wood moisture content, moisture gradient, casehardening.

---

## Summary

The Norwegian kiln drying club with 50 sawmills as members has in the period 1993-96 carried out 80 test runs at their drying installations based on test procedures worked out by the Norwegian Institute of Wood Technology, which is the secretariat for the club. The main goal of the test runs has been to test the capability of the kilns against the requirements of the INSTA 141 standard and the "EDG-standard" as to the level of end moisture content, moisture spread, moisture gradient and casehardening.

Concerning the end moisture content and the moisture spread, 86 % of the sawmills fulfilled the requirements in the INSTA 141 standard. Tested against the EDG-proposal, 93 % of the sawmills fulfilled the requirements in class S, 83 % in class Q and 7 % in class E. The main reason for the low percentage in class E is the rather poor ability to hit the target moisture content, with most of the misses in the 1-2 % range. As to the spread in the moisture content, the tests showed a clear connection between the end moisture content and the moisture spread with an approximate linear increase in the spread with increasing moisture content.

The deviation between the mean moisture content measurements with resistance meters and the oven-dry method was approximately  $\pm 1,5-2$  % with deviations up to 7 %.

The requirements in the EDG-standard as to the moisture gradients were easier to fulfil, as 91 % of the sawmills managed class S and Q, with 73 % in class E.

13 % managed the class E-requirements for casehardening in the EDG-standard, with 53 % in class Q and 80 % in class S. 20 % did not fulfil any of the classes.

The tests showed clearly the necessity of improving the water spraying systems in the kilns, and the systems and methods of hitting the target moisture content.

All the data from the test have been of great help in the work of generating a CEN-standard for drying quality.

## Forord

Kravene til trelasten når det gjelder retthet, dimensjonsstabilitet og bestandighet mot sopp og råteangrep er økende i takt med strengere brukerkrav fremskyndet av konkurranse fra andre materialer. Alle disse egenskapene ved trelasten henger nøye sammen med forhold som er påvirket av tørkeprosessen, som nivå på slutfuktighet, spredning i slutfuktighet, fuktighetsgradienter og spenninger/yteherding.

De skjerpede kravene til trelasten når det gjelder disse egenskaper er avspeilet i nye tørkestandarder og standarder under utarbeidelse, både nordiske og internasjonale.

Medlemmene i teknologiringen Tørkeklubben har tatt denne utfordringen alvorlig og derfor gjennomført inngående tester av kapabiliteten på sine tørkeanlegg i forhold til de krav som ligger i de nye standarder, med det hovedformål å avdekke avvik og gi grunnlagsdata for å sette inn tiltak for å bedre tørkekvaliteten.

Dette arbeidet har vært meget omfattende, og det er enormt mye data som er samlet i de 80 tørketestene som er kjørt i forsøksperioden, som har strukket seg fra 1993 til 1996. Arbeidet er i hovedsak utført av de tørkeansvarlige ved bedriftene etter opplegg utarbeidet av prosjektledelsen ved NTI. En stor takk rettes derfor til de som har utført én eller flere tester ved følgende bedrifter:

AS Stangeskovene - Vikodden Bruk, Begna Bruk AS, Bergene Holm AS - Hellenæs, Bergene Holm AS - Nidarå, Brumund Sag, Bruvoll Sag & Høvleri A/L, Eliløkken Bruk A/S, Emil Fjeld AS - Skarnes, Brandval Sag A/S, Flaen Sag & Høvleri A/S, Forestia AS - Østerdalen, Forestia AS, Langmoen, Forestia AS - Numedal Bruk, Forestia AS - Sokna, Forestia AS - Van Severen, Forestia AS - Våler, Gausdal Bruk A/L, Gilstad Trelast A/S, Gran Tre, Haslestad Bruk A/S, K/S Ringsaker Almanning, Kirknesvaag Sagbruk & Høvleri A/S, Kjeldstad Trelast A.S, Lunner Almanning - Harestubruket AS, Løvenskiold Kirkenær Bruk A/S, Løvenskiold-Vækerø AS - Fossum Bruk, Moelven Mjøsbruket AS, MøreTre AS, Norske Skog Flooring - Langmoen Parkett, Olaf Sæter A/S, P/L Granvin Bruk, Ringebu Sag & Høvleri A/S, Romerike Trelast A/S, Skjåk Almanning, Støren Trelast A/S, T-Komponent A/S, Trones Bruk AS, Trysil Skog.

Prosjektet har vært ledet av et styre som i forsøksperioden har bestått av:

Arvid Brekke (styreformann)	Bruvoll Sag og Høvleri A/L
Per Olav Gilstad	Gilstad Trelast A/S
Kjell Larsen	Norske Skogindustrier A/S
Øivind Skogmo	Nortimber AS

Prosjektleder har vært Sverre Tronstad ved Norsk Treteknisk Institutt.

En takk rettes til Norges forskningsråd som i hovedsak har finansiert prosjektet.



## Innhold

Tørke kvalitet i trelastindustrien .....	3
Sammendrag .....	3
Summary .....	4
Forord .....	5
Innhold .....	7
Definisjoner/forkortelser .....	8
1. Innledning .....	9
2. Trefuktighet .....	11
2.1 Forsøksopplegg .....	11
2.2 Forsøksparametre .....	12
2.3 Resultater og analyser .....	15
2.3.1 Fuktighet, spredning (start og slutt) .....	16
2.3.2 Treffsikkerhet på ønsket slutfuktighet .....	20
2.3.3 Fuktighetsgradienter .....	21
2.3.4 Jevnhet i fuktighet mellom tørkepakker .....	23
2.3.6 Test av trefuktighet mot INSTA 141 .....	26
2.4 Konklusjon .....	28
3. Spenning/yteherding .....	30
3.1 Forsøksopplegg .....	31
3.2 Resultater og analyser .....	31
3.2.1 Test av spenning/yteherding mot INSTA 141 .....	31
3.2.2. Spenninger som funksjon av kondisjoneringsklimaet .....	32
3.3 Konklusjon .....	34
4. Test av EDG-forslag til europeisk tørkestandard .....	35
4.1 Oppbygging av EDG-forslag .....	35
4.2 Forsøksopplegg .....	40
4.3 Resultater og analyser .....	43
4.3.2 Fuktighetsgradient .....	48
4.3.3 Yteherding .....	50
4.4 Konklusjon .....	52
5. Litteratur .....	53
Bilag 1. Resultater fra målinger utført 1993/94 .....	54
Bilag 2. Resultater fra målinger utført 1996 .....	59

## Definisjoner/forkortelser

<i>EDG</i>	European Drying Group. (En samarbeidsgruppe innen trelasttørking bestående av forskere fra 16 europeiske land.)
<i>Standardavvik (Std)</i>	Et statistisk uttrykk for den spredning enkelt- verdiene har omkring middelveidien.
<i>Yteherding</i>	Det fenomen at trevirkets overflate blir forstretket under tørkeprosessen, noe som fører til spenninger i trevirket etter fuktighetsutjevning eller deformasjoner etter kløyving/bearbeiding.
<i>LVF</i>	Likevektsfuktighet – den fuktighet trevirket vil innstille seg på etter lang tids lagring ved en bestemt temperatur og relativ fuktighet.
$\Delta LVF$	Her definert som forskjellen mellom likevektsfuktigheten i tørkelufta og trevirkets middelfuktighet.
<i>Fuktighetsgradient</i>	I følge EDG-standarden definert som differansen mellom fuktigheten i midten av trevirket og i en avstand på 1/6 fra overflaten.
<i>RF</i>	Relativ (luft)fuktighet – forholdet mellom den vanndampmengden som luften inneholder ved en viss temperatur og den vanndampmengden som luften maksimalt kan inneholde ved samme temperatur (uttrykt i prosent).
<i>CEN</i>	Den europeiske standardiseringsorganisasjon.
<i>INSTA (141)</i>	Betegnelse for en nordisk standard.

## 1. Innledning

Tørkeklubben ble etablert i 1983, og var opprinnelig et rent informasjonsforum for alle som drev med trelasttørking ved NTI's medlemsbedrifter. Driften ble finansiert gjennom generelle NTI-midler.

I 1993 ble Tørkeklubben omorganisert til en industristyrte teknologiring med formål å drive både med informasjon og prosjekter. Finansieringen ble også endret med en grunnfinansiering gjennom en gradert medlemsavgift pluss prosjekttilskudd via søknader til Norges forskningsråd. Bevilgninger fra NFR er betinget av gode prosjektsøknader og krav om en egenandel fra industrien, som i dag er helt oppe i 65 % av de totale prosjektkostnader.

Denne omorganiseringen av Tørkeklubben til en mer prosjektorientert teknologiring med stor industriinnsats, krevde at prosjektene hadde en bred industriforankring med mulighet til deltagelse fra alle bedrifter.

Med så mange medlemmer som det ble i teknologiringen (over 50 bedrifter), var det naturlig å starte med en bred registrering av tilstanden ved medlemmenes tørkeanlegg. Som første prosjekt i 1993 ble det bestemt å foreta en registrering av alle inngående data av interesse for tørkeprosessen og hvilket resultat man fikk i midlere slutfuktighet, spredning i slutfuktighet og tørkespenninger. Alle resultater ble målt opp mot kravene i den nye nordiske tørkestandard INSTA 141, og skulle samtidig være grunnlagsdata for utarbeidelse av ny europeisk tørkestandard.

I 1994 ble denne undersøkelsen, etter ønske fra bedriftene, gjentatt og supplert med undersøkelser fra bedrifter som ikke var med i første runde.

Parallelt med disse undersøkelser ble det i 1994 og delvis i 1995 også lagt opp til test av et utkast til ny europeisk standard utarbeidet av European Drying Group (EDG). EDG er en samarbeidsgruppe innen tørketeknikk med deltagere fra 16 europeiske forskningsinstitutter.

I 1995 ble det ikke gjennomført noen bredt anlagte egenanalyser ved medlemsbedriftene grunnet manglende bevilgninger. På bakgrunn av de resultater som kom frem i egenanalysene, ble det imidlertid gjennomført omfattende forsøk omkring tørkespenninger og kondisjonering ved en av medlemsbedriftene og i NTI's forsøkstørke. For disse forsøkene er det utarbeidet en egen NTI-rapport (nr. 35).

I rapporten inngår også fuktighetsdata fra egenanalysene i 1996, som primært gikk på registrering av tørkeskader. Resultatene fra denne undersøkelsen, sammen med resultatene fra årets undersøkelser av deformasjoner, vil senere bli utgitt som egen rapport.

Alle egenanalysene har blitt gjennomført i perioden juni-november. Dataene har blitt samlet og analysert i løpet av senhøsten, og umiddelbart presentert for

Tørkeklubbens medlemmer i møter ved utgangen av året. Foruten kopier av alle foredrag, er det også utarbeidet et sammendrag av de første undersøkelsene, som er gitt til medlemmene i teknologiringen.

NFR er hovedfinansieringskilde for prosjektet, og etter at dataene og resultatene fra undersøkelsene har vært tilgjengelig for medlemsbedriftene over lengre tid, er det nå riktig å samle resultatene i én rapport og gjøre den tilgjengelig for andre interesserte.

De data og sammenhenger som har kommet frem i undersøkelsene, har gitt et særdeles godt bilde av den tørketekniske tilstanden ved medlemsbedriftene. Dette har igjen gitt grunnlag for å sette inn tiltak hvor det har vært nødvendig, for å tilfredsstille de stadig strengere tørketekniske krav som stilles til trelasten bl.a. gjennom nye standarder.

Dataene fra alle undersøkelser over fuktighet, spredning, gradient og spenninger har også vært av uvurderlig betydning i arbeidet med utarbeidelse og senere evaluering av en europeisk standard for tørke kvalitet.



## 2. Trefuktighet

### 2.1 Forsøksopplegg

Formålet med egenanalysene i 1993/94 var å :

- Gi grunnlagsdata for ny europeisk tørkestandard.
- Teste tørkeresultatene i forhold til nordisk standard NS-INSTA 141.
- Gi grunnlag for "diagnostisering" av egen tørke, fuktighetsmålere, målepraksis m.m.
- Gi datagrunnlag for analyse av en rekke tørketekniske sammenhenger.

Med så mange bedrifter i undersøkelsene, var det spesielt viktig å lage skjemaer og beskrivelser som sikret en riktig og ensartet gjennomføring av egenanalysene. Det ble derfor utformet detaljerte skjemaer med tegninger for hvilke data som skulle inn og hvordan prøvene skulle tas. I fig. 1 er det vist hvordan første side av skjemaene for forsøkene utført i 1993/94 ser ut. Alle grunndata som kunne ha betydning for vurdering av resultatene, ble her lagt inn.

Valg av treslag og dimensjon var i utgangspunktet fritt, men av praktiske årsaker, bl.a. tilgjengelighet og muligheten for elektrisk måling av fuktigheten i midten av planken (elektrodelengde), ble det anbefalt å benytte 50 mm tykkelse. Det ble oppfordret til å tørke til forskjellige slutfuktigheter, gjerne 18 %, 12 % og 8 %, slik at en kunne få et bilde av sammenhengen mellom midlere slutfuktighet og spredning i slutfuktigheten.

For å få en grov oversikt over tørkeskjemaet som ble benyttet, ble det lagt inn data over tørkeklimaet i starten, midten og slutfasen av tørkingen. For de som hadde kontinuerlig registrering av klimaet, ble det sendt inn utskrift av tørkeforløpet.

Ved eventuell spenningsutjevning av virket etter endt tørkefase, ble det oppgitt hvilket kondisjoneringsklima som ble benyttet.

Målingen skulle gjennomføres så snart etter tørkingen som praktisk mulig, men etter at lasten var nedkjølt til omtrent omgivelsestemperatur.

For å få et ensartet forsøksopplegg er det i nedre del av skjemaet visualisert hvordan prøveuttaket av pakker skulle være, hvordan man skulle ta ut prøver fra planken etter tørking og hvordan man måler middelfuktigheten og senterfuktigheten med elektriske fuktighetsmålere av motstandstypen.

Som det fremgår av skjemaet, ble det tatt prøver fra fire pakker fordelt diagonalt i kammertørkene og vertikalt i kanaltørkene. Videre ble det tatt tørke-veieprøver min. 50 cm fra enden.

For måling av plankenes midlere fuktighet ved hjelp av elektriske målere ble det anbefalt å slå elektrodene inn i plankens flatside til ca.  $\frac{1}{4}$  av tykkelsen. Senterfuktigheten ble målt ved å stikke elektrodene til midten av plankene. Derved kunne man også få et uttrykk for fuktighetsgradienten i tverrsnittet.

Skjemaet inneholder også beskrivelse av hvordan man skal ta ut spenningsprøver etter INSTA-141. Dette vil bli nærmere beskrevet i kapittel 3.

For hver pakke ble det tatt 2 x 40 prøver med motstandsmålere og åtte prøver etter tørke/veiemetoden.

Som en tilleggsopplysning ble det bedt om å angi tørketype, tørkefabrikat og type motstandsmåler.

I det første forsøket, som ble kjørt i 1993, var det lagt vekt på å få et bilde av tørkeresultatene ved bedriftene uten noen som helst påvirkning når det gjaldt tørkeskjema og opplegg ellers. I oppfølgingsforsøkene i 1994 ble det etter erfaringene fra 1993-forsøkene foretatt en del justeringer av tørkeskjemaene, men da i hovedsak når det gjaldt kondisjoneringsklima.

I forbindelse med forsøkene vedr. tørkeskader i 1996, ble det også foretatt en omfattende registrering av start- og slutfuktighet. Resultatene fra disse forsøkene vil bli gitt ut som en egen rapport, men en del fuktighetsdata fra disse forsøkene blir også presentert i denne rapporten.

Alle målinger er utført av personell fra de enkelte medlemsbedrifter.

## 2.2 Forsøksparametre

Som det fremgår av fig. 1 er det under "Grunndata" samlet opplysninger som kan ha betydning for start- og slutfuktighet, samt fuktighetsspredning og -gradient. Heri inngår opplysninger om treslag, vannlagrings- eller overrislingstid, trelastdimensjon, ønsket slutfuktighet og antatt startfuktighet. Når det gjelder trelastdimensjoner, ble det oppfordret å bruke 50 mm tykkelse ved forsøkene i 1993 og 1994, mens det ble anbefalt 50 mm og 63 mm ved forsøkene i 1996, som primært gikk på skademålinger. Videre er det angitt tørketype og hvilket tørkeklima og kondisjoneringsklima som ble brukt under forsøkene. For de brukene som hadde kontinuerlige registreringer av klimaet i tørkene, ble det sendt inn utskrifter av tørkeskjemaene.

<b>Teknologiringen</b>	Bedrift <input style="width:100%;" type="text"/>	
<b>Tørkeklubben</b>	Bedriftskode <input style="width:100%;" type="text"/>	INSTA 141 test nr. <input style="width:100%;" type="text"/> -94

GRUNNDATA			
Treslag <input style="width:50px;" type="text"/>	Vannlagret(uker) <input style="width:50px;" type="text"/>	Overrislet(uker) <input style="width:50px;" type="text"/>	
	Tykkelse(mm) <input style="width:50px;" type="text"/>	Bredde(mm) <input style="width:50px;" type="text"/>	
Lagringstid mellom strøl. og tørking(dager) <input style="width:50px;" type="text"/>		Dobbellagt(ja/nei) <input style="width:50px;" type="text"/>	
Antatt(A) event. målt(M) startfuktighet(%) <input style="width:50px;" type="text"/>		Ønsket fuktighet <input style="width:50px;" type="text"/>	
Tørkefabr. <input style="width:150px;" type="text"/>	El.måler <input style="width:150px;" type="text"/>		
Tørketype(kryss av)	Kammer <input style="width:50px;" type="text"/>	Kanal <input style="width:50px;" type="text"/>	
Klima(start tørkefase):	T tørr <input style="width:50px;" type="text"/>	T tørr <input style="width:50px;" type="text"/>	
"	T våt(event.RF) <input style="width:50px;" type="text"/>	T våt(ev.RF) <input style="width:50px;" type="text"/>	
Klima (midt):		T tørr <input style="width:50px;" type="text"/>	
"		T våt(ev.RF) <input style="width:50px;" type="text"/>	
Klima (slutt):	T tørr <input style="width:50px;" type="text"/>	T tørr <input style="width:50px;" type="text"/>	
"	T våt(ev.RF) <input style="width:50px;" type="text"/>	T våt(ev.RF) <input style="width:50px;" type="text"/>	
Klima (kond.):	T tørr <input style="width:50px;" type="text"/>		
"	T våt(ev.RF) <input style="width:50px;" type="text"/>	T.skjema vedlagt? <input style="width:50px;" type="text"/>	
Kond.tid (t) <input style="width:50px;" type="text"/>	Tørketid (eks.kond) <input style="width:50px;" type="text"/>	Tørk.-måling(dg) <input style="width:50px;" type="text"/>	

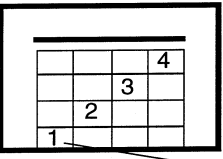
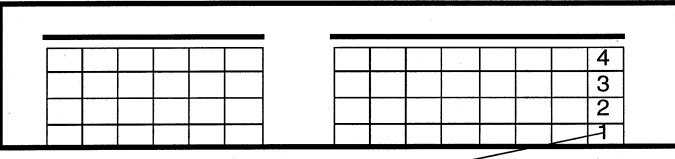
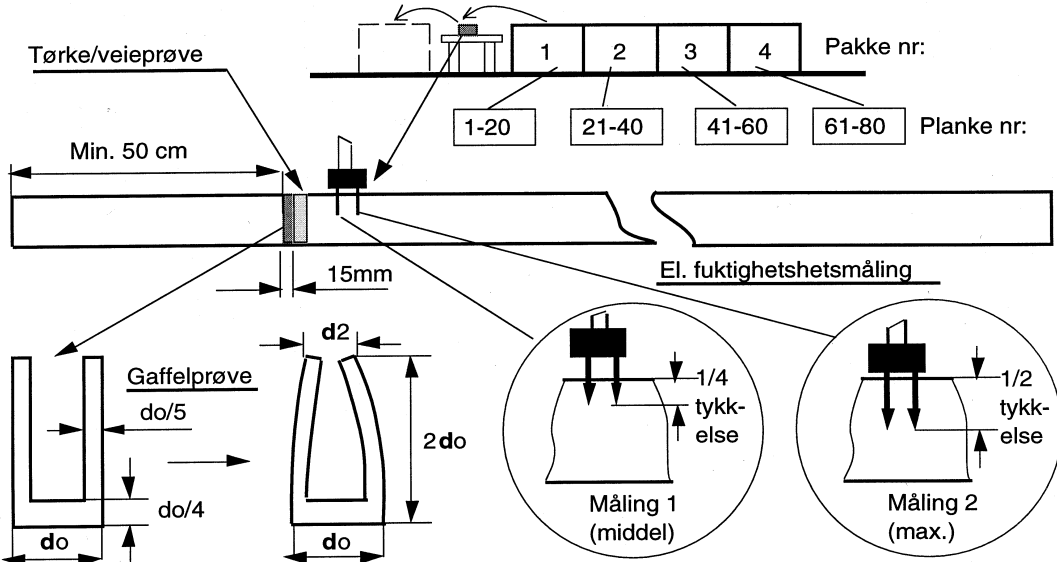
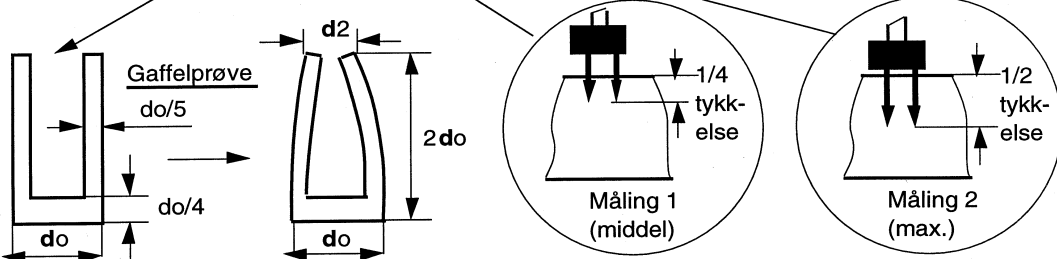
FORSØKSOPPLEGG	
Kammer	Kanal
	
	
	

Fig. 1 Grunndataskjema og forsøksopplegg for egenanalyser 1993/94.  
Main data form and test procedure for the industrial tests in 1993/94.

Alle forsøksparametre sammen med forsøksresultatene er samlet i tabellform i bilag 1, bakerst i rapporten.

Som det fremgår av tabellene, ble det totalt gjennomført 44 forsøk, hvorav 39 i kammertørker og 5 i kanaltørker. 37 forsøk ble kjørt med gran og 6 med furu. Ved ett forsøk er treslag ikke oppgitt.

De fleste forsøkene ble gjennomført på høsten, og det ble derfor registrert hvorvidt tømmeret ble overrislet eller ikke. Overrisling ble oppgitt brukt ved ca. halvparten av bedriftene, med en gjennomsnittlig overrislingstid på 11 uker (2-25 uker) på det virket som gikk til tørkeforsøkene.

Tykkelsen på virket varierte mellom 16 mm og 66 mm, med hovedtyngden på 50 mm. Bredden varierte mellom 100 mm og 200 mm med et gjennomsnitt på ca. 125 mm.

Tiden mellom strølegging og tørking varierte som ventet meget fra 1 dag til hele 40 dager, med et gjennomsnitt på 7,8 dager.

Startfuktigheten ble ikke målt, men det ble bedt om å oppgi en antatt verdi. Det er tydelig at det er mange som har angitt startfuktigheten lik splintfuktigheten (110 - 120 %), selv ved 50 og 63 mm virke. Dette er en riktig verdi ved innsetting i bl.a. Malmquist's beregningsmodell, men er tvilsomt den riktige verdien for middelfuktigheten. Ved 3 - 4 sagbruk ble det gjennomført en ettertørking fra ca. 18 % fuktighet til 7-9 %.

De aller færreste tar fuktighetsprøver før start ved tørking fra rått. Med den store spredningen i startfuktighet, som ligger på ca. 20 % uttrykt i standardavvik vil en måtte ta over 60 prøver for å få en statistisk sikkerhet i middel-fuktigheten på  $\pm 5\%$  (95 % konfidensintervall).

Det ble oppfordret til å tørke til *forskjellige* slutfuktigheter. I fig. 2 fremgår det hvilke slutfuktigheter som brukene oppga at de ønsket å tørke til (Ubør).

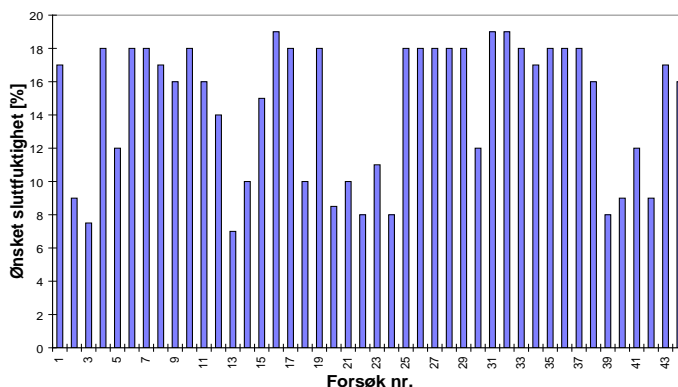


Fig. 2 Ønsket slutfuktighet (Ubør) ved de 44 forsøktørkingene.

Target mc. by the 44 industrial drying tests.

Tørkeklimaet i startfasen, ved slutten av tørkeforløpet og ved kondisjonering, ble delvis angitt i spørreskjemaene og delvis tatt ut av klimautskrifter. I fig. 3 er det ut fra disse observasjoner satt opp et uttrykk for det “typiske” tørkeklimaet som ble brukt under forsøktørkingene, som besto i en overveiende andel av 50 mm gran som ble tørket fra nysaget til ca. 18 %.

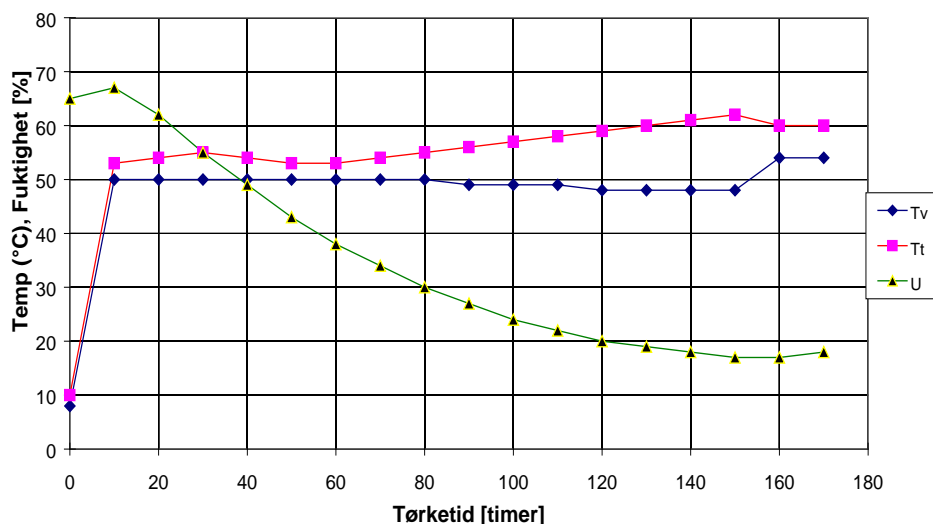


Fig. 3 “Typisk” tørkeskjema for de 44 forsøktørkinger.  
“Typical” drying schedule for the 44 industrial tests.

## 2.3 Resultater og analyser

Alle forsøksparametre og resultater er som nevnt samlet i tabellform i bilag 1. For ikke å få tabellen altfor stor, har det vært nødvendig med en god del forkortinger. For å unngå tvil, er det derfor satt opp en del forklaringer nedenfor:

Strøl.-tørk	Lagringstid mellom strølegging og tørking
Ustart	Startfuktighet
Ubør	Ønsket slutfuktighet
LVF	Likevektsfuktighet
U1/4	Fuktighet målt med el-måler og med 1/4 innstikningsdyp
U1/2	Fuktighet målt med el-måler og med 1/2 innstikningsdyp (fuktigheten midt i planken)
Std	Standardavvik (spredning)
Gradient	U1/2 - U1/4 (I EDG-forslag U1/2 -U1/6)
Uer - Ubør	Virkelig slutfuktighet (tørke/veie) - ønsket slutfuktighet
Uel - Utv	Fuktighet etter el-måling - fuktighet etter tørke/veiemetoden
D2/D0	Uttrykk for spenningstilstanden målt etter gaffelmetoden

### 2.3.1 Fuktighet, spredning (start og slutt)

Midlere startfuktighet ved 93/94-målingene ble oppgitt av brukene, for det meste ut fra erfaringer fra tidligere tørkinger av tilsvarende dimensjoner. Under forutsetning av at noen bruk har brukt splintfuktigheten i stedet for middel-fuktigheten, er midlere startfuktighet for alle forsøk 68 % med variasjoner fra 18 % (ettertørking) til 120 %. Skiller man ut de brukene som ettertørket fra 18 -20 %, blir midlere startfuktighet ca. 75 % med en variasjon i midlere startfuktigheten mellom de enkelte testene på  $\pm 45$  % (120 - 32 %).

Ved målingene av tørke kvalitet i 1996-undersøkelsene ble det imidlertid tatt reelle målinger av *startfuktigheten* (se bilag 2) På grunnlag av disse målinger er det beregnet hvilken spredning (std) man fikk ved de forskjellige nivåer.

I fig. 4 fremgår det hvilke variasjoner det var i startfuktigheten (fra 20 % til 95 % med et middel på ca. 65 %), og hvilken fuktighetsspredning (std) det var omkring de enkelte middelveier.

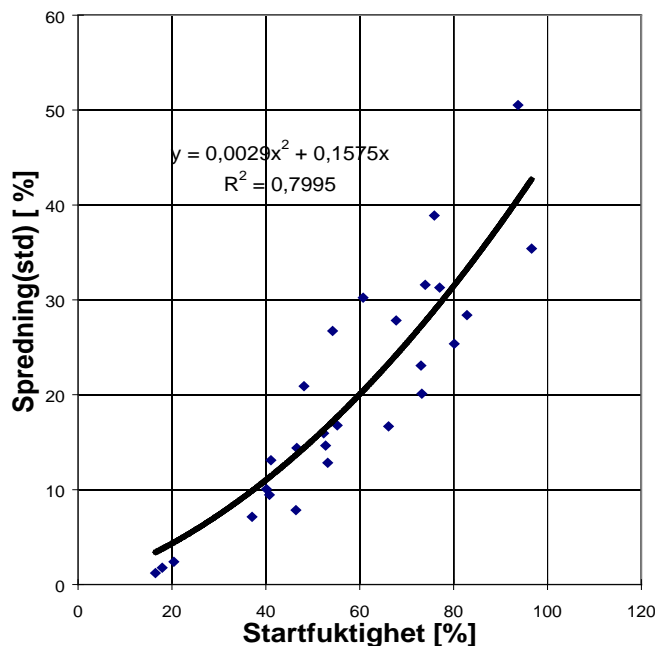


Fig. 4 Spredning (std) i startfuktighet avhengig av midlere startfuktighet (1996).  
Standard deviation (std) in initial mc. by different mean green moisture contents.

Som det framgår av diagrammet, er det en klar sammenheng mellom nivået på startfuktigheten og spredningen omkring middelveien. Det er også lagt inn en trendkurve (2. grads polynom) som gir en  $R^2$ -verdi på ca. 0,8. Som en ser, er spredningen i startfuktigheten for de enkelte tørkesatsene temmelig store. Ved en startfuktighet på f.eks. 80 % ligger spredningen uttrykt i standardavvik på ca. 30 %. Det vil mer praktisk uttrykt si at ca. 95 % av plankene vil ligge mellom  $80 \pm 60$  % (20 % til 140 %). Med en så stor spredning som utgangspunkt, skulle en forvente at en også vil få problemer med spredningen i slutt fuktigheten. Som fig. 5 viser er det en sammenheng mellom spredningen i startfuktighet og

spredningen i slutfuktighet (selv om  $R^2$ -verdien er lav, viser andre statistiske tester en sannsynlighet på 94 % for en sammenheng).

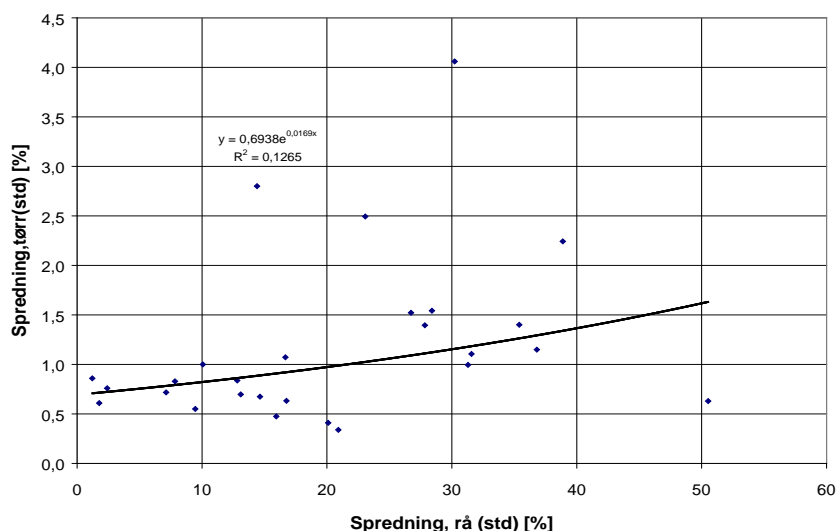


Fig. 5 Spredning i slutfuktighet avhengig av spredning i startfuktighet (96)  
Stdv. in end mc. content by different stdv. in start mc.

Slutfuktigheten i 93/94-forsøkene er målt både etter tørke/veiemetoden og med elektriske fuktighetsmålere med et innstikningsdyp på 1/4 av plankens tykkelse.

Disse målinger har gitt mange interessante data for utregning av spredningen i slutfuktigheten, treffsikkerheten på ønsket slutfuktighet, nøyaktigheten av elektriske fuktighetsmålere og størrelsen på fuktighetsgradienten i trevirket.

Ser en først på *spredningen i slutfuktigheten*, er den i fig. 6 satt opp som funksjon av midlere slutfuktighet (målinger etter tørke/veiemetoden).

Selv om det er stor variasjon i verdiene, fremgår det av diagrammet at spredningen i slutfuktigheten reduseres med avtagende slutfuktighet. Ved 20 % fuktighet ligger spredningen i middel på nærmere 2 %, mens den ved 10 % er nede på ca. 1 %.

Det er forsøksvis lagt inn en lineær trendkurve gjennom 0-punktet, da spredningen ved en tenkt nedtørking til 0 % nødvendigvis må bli 0 %. En statistisk test av denne linjen viser at den er signifikant.

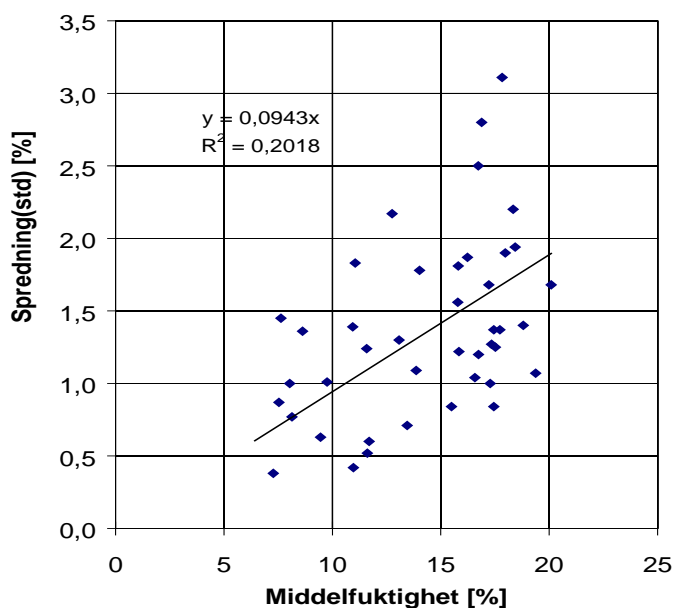


Fig. 6 Spredning (std) i slutfuktighet avhengig av midl. slutfuktighet (93/94).  
Standard deviation (std) in mc. by different mean end moisture contents.

Disse måleresultatene har vært svært nyttige retningslinjer ved utarbeidelsen av forslag til ny europeisk standard for tørkekvalitet.

I 1996 ble det også ved Tørkeklubbens medlemsbedrifter gjennomført målinger av slutfuktigheten i forbindelse med målingen av tørkeskader. Her ble det utført 28 målinger etter tørke/veiemetoden, og resultatene fremgår av fig. 7.

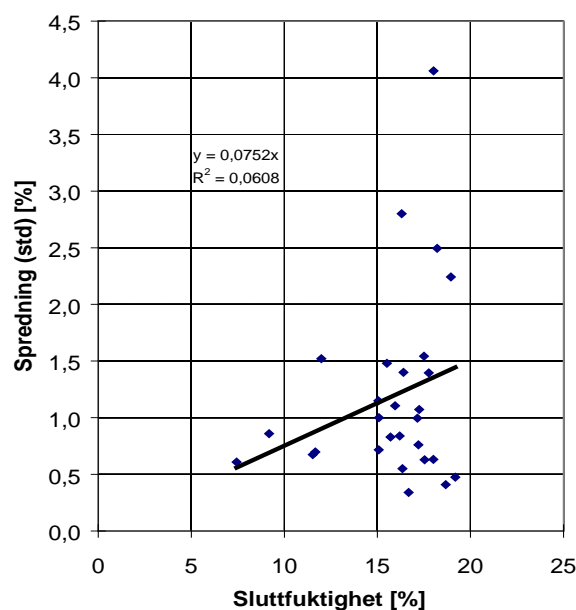
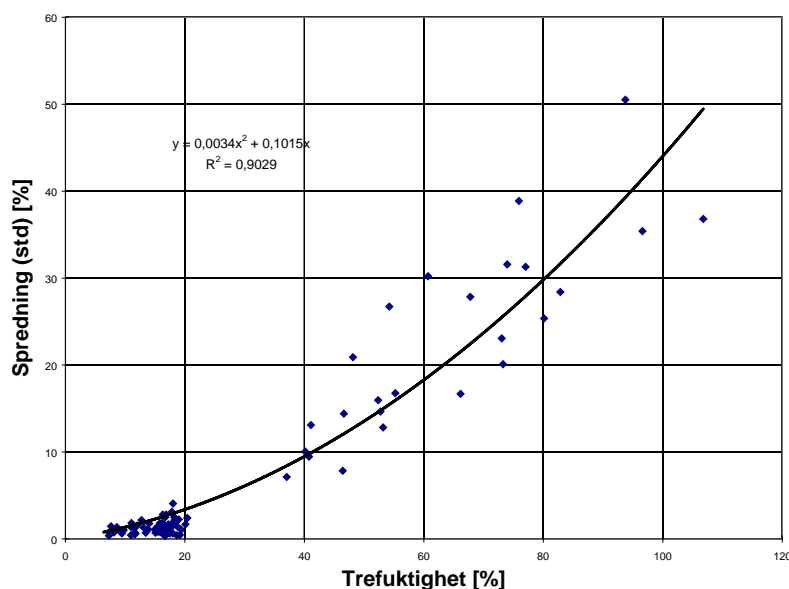


Fig. 7 Spredning (std) i slutfuktighet avhengig av midlere slutfuktighet (1996).  
Standard deviation (stdv) in mc. by different mean end moisture contents.



Resultatene viser her ennå større spredning, men tendensen er den samme, selv om den lineære trendkurven har for lav  $R^2$ -verdi til å verifisere en slik trend. Det som er spesielt ved disse resultatene, er at det ved en rekke av forsøkene er en nesten usannsynlig lav spredning i slutfuktigheten (ca. 0,5 %) ved slutfuktigheter mellom 15 % og 20 %. Dette kan skyldes en mer utstrakt bruk av kondisjonering/utjevning sammenlignet med de tidligere forsøk. Dette til tross, er spredningsverdiene ennå meget lave.

Sammenstiller man alle fuktighetsdataene (både start- og slutfuktighet) fra tørkeskadeundersøkelsene i 1996, får man en sammenheng mellom midlere fuktighet og spredning som vist i fig. 8. En trendkurve (2. grads polynom) som er tvunget gjennom nullpunkt for begge akser, gir en meget god korrelasjon ( $R^2=0,9$ ). Av diagrammet ser en imidlertid at spredningsverdiene på ferdigtørket virke i snitt ligger under trendkurven, noe som kan skyldes at det blir foretatt kondisjonering/utjevning ved de fleste tørkeomganger, og som igjen bidrar til en lavere spredning enn ved bare tørking.



*Fig. 8 Spredning og trendkurve for alle fuktighetsmålinger inkl. startfuktigheter fra 1996-målinger.*

Standard deviation and trend for all mc. measurements incl. initial. mc.

Diagrammet i fig. 8 viser ikke direkte utviklingen i spredningen ved nedtørking, men gir allikevel et sannsynlig bilde av hvilken utvikling en kan forvente seg i spredningen ved en aktuell nedtørking.

### 2.3.2 Treffsikkerhet på ønsket slutfuktighet

Kravene til riktig slutfuktighet øker med de økende krav til kvalitet på sluttproduktene. Dette avspeiler seg igjen i behovet for bedre treffsikkerhet i slutfuktigheten for å oppfylle kravene i INSTA 141, og i den kommende CEN-standard, som vil bli basert på EDG-forslaget til tørkekvalitet.

I fig. 9 er det satt opp en oversikt over graden av treffsikkerhet på ønsket slutfuktighet for 78 forskjellige tørkeforsøk.

Som det fremgår av måleresultatene, har de aller fleste problemer med å treffe ønsket slutfuktighet. Hovedtyngden av avvikene ligger innen  $\pm 2\%$ , mens det er slengere helt opp til  $8\%$ . En lineær trendlinje lagt gjennom punktskaren viser også at det i gjennomsnitt blir tørket til en lavere fuktighet enn ønsket (ca.  $0,6\%$ ).

Denne dårligere treffsikkerheten på ønsket slutfuktighet er et alvorlig problem når man skal oppfylle forskjellige kundekrav eller krav i nye standarder, som enten går på en  $\pm$ -toleranse på midlere fuktighet eller at en viss prosent av prøvebitene skal ligge innen en øvre og nedre grense.

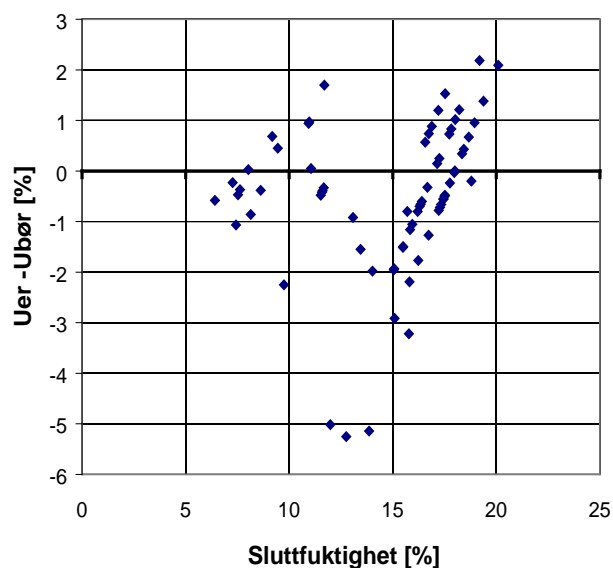
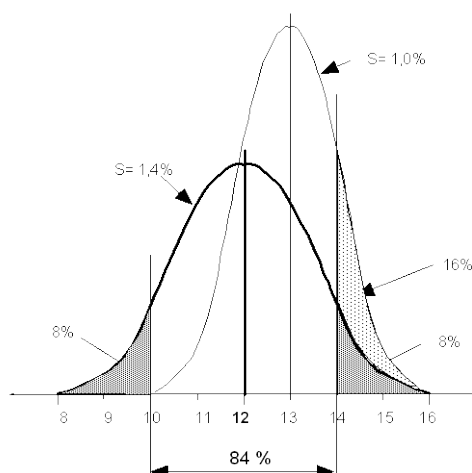


Fig. 9 Avvik fra ønsket slutfuktighet ved 78 industrielle tørkeforsøk.  
*Deviation from target moisture content by 78 industrial tests.*

Dette kan illustreres ved et eksempel fra INSTA 141, se fig. 10, hvor kravene til slutfuktighet ved  $12\%$  er at  $84\%$  av prøvebitene skal ligge innen  $12 \pm 2\%$ .



*Fig. 10 Krav til spredning i fuktighet ved treff av slutfuktighet (12 %) og ved 1 % avvik (13 %). (Etter INSTA-141-krav.)*

Requirement to stdv. in mc. by hitting the target mc. (12 %) and by missing with 1 % (13 %).  
(After INSTA-141-requirements.)

Av figuren ser en at kravet til spredning etter INSTA-141 er  $S = 1,4 \%$  hvis man treffer ønsket midlere slutfuktighet. Bommer man med 1 % på midlere slutfuktigheten må spredningen i slutfuktigheten ned på  $S = 1,0 \%$  hvis man skal oppfylle kravet om at 84 % av alle verdier skal ligge innen  $12 \pm 2 \%$ .

I forslaget til ny CEN-standard for tørkekvalitet vil sannsynligvis kravet til en god treffsikkerhet på slutfuktigheten bli enda strengere.

De dårlige resultatene når det gjelder treffsikkerhet har fokusert på behovet for å komme frem til utstyr og metoder som bedre kan styre tørkeprosessen mot ønsket slutfuktighet. EU-prosjektet IMCOPCO, hvor Tørkeklubben også deltar, er en følge bl.a. av de resultater som er kommet frem i disse forsøkene.

### 2.3.3 Fuktighetsgradienter

Fuktighetsgradienten er av stor betydning for virke som skal kløves ved videreforedling. Det er derfor kommet forslag til kvalitetsklasser for nivået på gradienten i EDG-forslaget til CEN-standard (se kap. 4). Her blir gradienten definert som *forskjellen i fuktighet mellom gjennomsnittet av ytterlamellene og midtlamellen ved splitting av prøvebiten i tre deler*. I praksis vil gradienten bli målt elektrisk ved å stikke elektrodene til midten og til 1/6 av tykkelsen, og regnet ut som differansen mellom disse verdier.

Man kan også finne krav til gradienter i produktstandarder, bl.a. i en hollandsk standard for fingerskjøting (NPR 7077) er kravet max. 0,5 % fuktighetsforskjell pr. 10 mm med et maksimum fra overflaten til midten på 3 %.

I INSTA 141 er det ikke satt noen krav til fuktighetsgradienten.

I egenanalysene utført 1993/94 er gradienten uttrykt som differansen mellom fuktigheten målt i midten og fuktigheten målt i 1/4 av tykkelsen. Dette gir gradientverdier som vil bli lavere enn målt etter EDG-normen. Forutsetter man en parabolisk fuktighetsfordeling, kan man imidlertid foreta en omregning fra den ene målingen til den andre. Dette vil bli nærmere behandlet under kap. 4, hvor måleresultatene fra 93/94 vil bli vurdert mot kravene i EDG-standarden.

I fig. 11 er alle målte fuktighetsgradienter ( $U_{1/2}-U_{1/4}$ ) satt opp avhengig av middelveidien i fuktigheten.

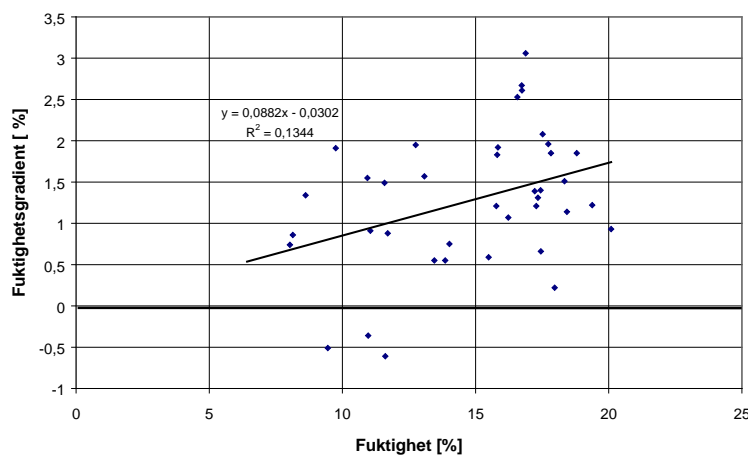


Fig. 11 Fuktighetsgradienter ( $U_{1/2}-U_{1/4}$ ) ved forskjellige middelfuktigheter.  
Moisture gradients (MC1/2-MC1/4) by different mean moisture contents.

Som en ser, er det store variasjoner i måleverdiene, med verdier varierende fra ca. + 3 % til - 0,6 %. Negative gradienter betyr at fuktigheten i de ytre deler av planken er større enn i midten. Dette kan oppstå ved kraftig og langvarig kondisjonering.

Som ventet er det en tendens til høyere gradient ved høyere fuktigheter. Sammenhengen er ikke spesielt god, men den er testet statistisk og funnet signifikant.

Fuktighetsgradienten har spesielt stor betydning hvor det er kort tid mellom tørking og videre oppdeling, og hvor gradienten derved ikke får tid til å jevne seg ut. Dette gjelder derfor først og fremst internt i bedriften hvor en stor andel av skurlasten går til videre oppdeling i høvleriet. Ved f.eks. trebordskløving av plank før høvling, vil en få problemer med fuktighetsforskjellen mellom midtbordet og de to ytterbordene, idet midtbordet vil bli høvlet ved en høyere fuktighet enn de to andre. Etter fuktighetsutjevning vil bordene kunne få så stor breddeforskjell at de ikke klarer å oppfylle dimensjonskravene i høvlaststandarden.

Går det lang tid mellom tørkeprosessen og oppdelingen av skurlasten, vil fuktighetsgradienten ha jevnet seg ut og gradienten vil i så tilfelle være uinteressant å måle. Da standardene er bygget opp for kjøp og salg mellom forskjellige ledd i distribusjonskjeden, med relativt lang tid mellom tørking og oppdeling i neste ledd, er man i tvil om det vil bli utarbeidet noen CEN-standard for fuktighetsgradient.

I EDG-standarden og i den australske/newzealandske tørkestandard, er imidlertid gradienten tatt med. I kapittel 4 vil måleresultatene derfor bli vurdert mot kravene som er satt i EDG-forslaget til europeisk standard.

Teoretisk er det også en sammenheng mellom fuktighetsgradienten og spenningen. Har man stor fuktighetsgradient etter endt tørking, er det også stor sannsynlighet for høy spenning i virket etter at fuktigheten har jevnet seg ut. (NTI-rapport 35, 1996.) Gradienten kan derfor benyttes som et mål på hvor langt man er kommet i spenningsutjevningen i en kondisjoneringsprosess etter endt tørkefase.

En liten gradient i en planke er derimot ingen garanti for små spenninger, da dette kan være en planke med opprinnelig stor gradient og derved store spenninger, hvor gradienten har jevnet seg ut ved lagring over lengre tid.

### 2.3.4 Jevnhet i fuktighet mellom tørkepakker

For å undersøke jevnheten i fuktigheten mellom pakker, ble det for de 39 kammertørkene gjort fuktighetsmålinger i fire pakker, diagonalt plassert i tørka. For de fem kanaltørkene ble fuktigheten målt i de tre eller fire pakkene i én ranke (se fig. 12).

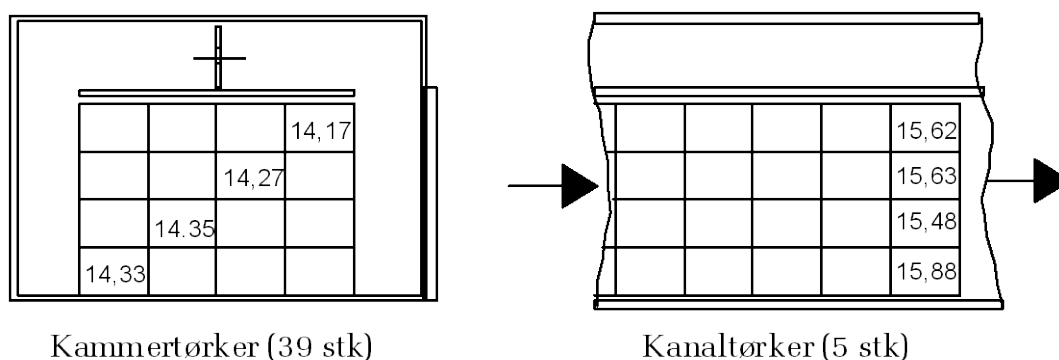


Fig. 12 Jevnhet i fuktighet mellom pakker i de undersøkte kammer- og kanaltørker.

Regularity in mc. between packages in the tested compartment- and continues kilns.

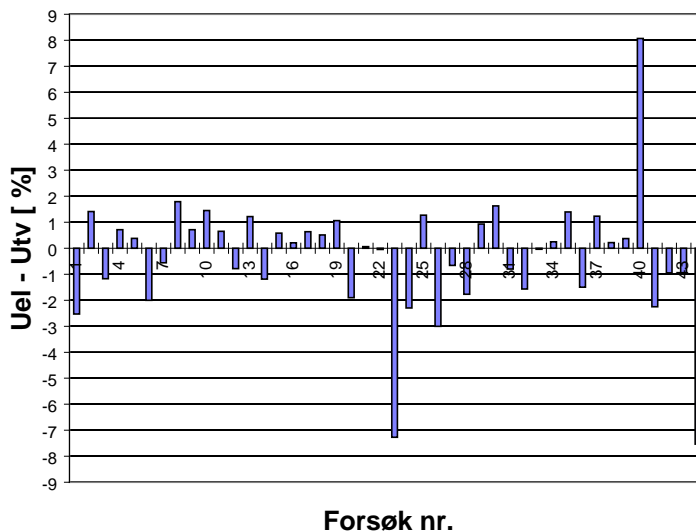
Som det fremgår av figuren, er det forbausende liten forskjell i middel-fuktigheten i pakkene ved de fire forskjellige plasseringene i tørkene, enten det er kammer- eller kanaltørker. Ved kanaltørker med god tetting rundt lasten og i riktig konstruerte kammertørker, skulle en forvente en relativt liten variasjon over høyden. I dybden skulle en for kammertørker derimot forvente at ytterpakkene (som blir utsatt for et skarpere klima) i middel hadde en lavere fuktighet enn innerpakkene, selv ved reversering av luften. Måleresultatene viser imidlertid ingen slik tendens. Den utbredte bruk av kondisjonering ved forsøkene kan derfor

ha hatt en utjevneende effekt på en eventuell ujevn fuktighetsfordelingen i tørketverrsnittet etter endt tørkefase.

Ved kondisjoneringen vil nemlig ytterpakkene måtte ta opp mer fuktighet enn innerpakkene, fordi kondisjoneringslufta vil avgi fuktighet til trevirket og derved bli tørrere etter hvert som den går gjennom pakkene. Selv om mye av fuktigheten som blir tatt opp ved kondisjoneringen ligger nær yta og lett vil "flashe" av, har målinger vist at man vil få en reell økning i middelfuktigheten i det virket som er kondisjonert. Derved må en også forvente å få en større økning i middelfuktigheten i ytterpakkene enn i innerpakkene, som derved vil være med på å jevne ut forskjellene etter tørkefasen.

### 2.3.5 Elektrisk motstandsmåling mot tørke/veiemetoden

For å sjekke hvor nøyaktig de forskjellige elektriske fuktighetsmålerne var i forhold til "fasiten", tørke/veiemetoden, ble det gjennomført målinger etter begge metodene på de samme prøveuttakene. Det ble gjennomført 80 sammenlignende målinger ved hver bedrift, som totalt blir ca. 3500 målinger. Ved målingen med elektriske motstandsmålere ble det benyttet et innstikningsdyp på  $\frac{1}{4}$  av tykkelsen for å få et uttrykk for middelfuktigheten i tverrsnittet. Målingene ble utført med målere av syv forskjellige fabrikater. To bedrifter hadde ikke oppgitt leverandør.



*Fig. 13 Avvik i midlere slutfuktighet målt med elektriske motstandsmålere og etter tørke/veiemetoden (25 % innstikningsdyp).*

Deviations in mean end mc. between electric resistance measurements and the oven-dry-method (25 % penetration depth of electrodes).

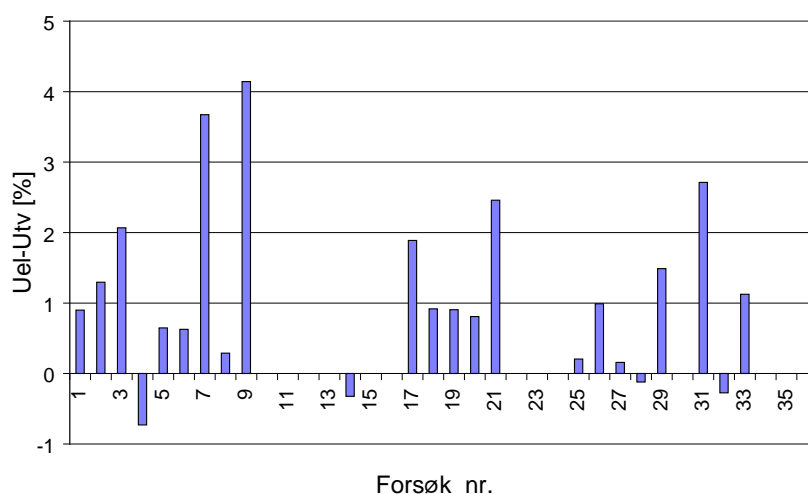
Resultatene fra målingene i 1993/94 ved 44 bedrifter fremgår av bilag 1, samt av fig. 13, som viser avviket i midlere fuktighet målt med elektriske motstandsmålere (middel av 80 målinger) i forhold til tørke/veiemetoden (middel av 32 målinger) for hvert enkelt forsøk.

Som det fremgår av målingene var det til dels store midlere avvik (opptil 8 %) mellom fuktigheten målt etter de to forskjellige metodene. I gjennomsnitt ligger

avviket på ca.  $\pm 1,5$  % iberegnet de 3 ekstremverdiene på 7-8 %. Tar man bort disse verdiene fra beregningene ligger midlere avvik på  $\pm 1,1$  %.

Som et gjennomsnitt av alle målinger ble det registrert 0,3 % lavere fuktighet med el-målerne med 25 % innstikningsdyp (av tykkelsen) for elektrodene enn ved tørke/veiemetoden.

Ved forsøkene i 1996, som primært gikk på tørkeskader, var det også lagt inn en sammenligning av elektrisk fuktighetsmåling og tørke/veiemetoden. 22 bedrifter hadde utført denne sammenligningen, med 20 målinger for hver av målemetodene.



*Fig. 14. Midlere avvik i målt slutfuktighet mellom el. motstandsmåling og tørke/veiemetoden (30 % innstikningsdyp) ved de forskjellige forsøkene (1996.)*  
Mean deviation between electrical measurements and the oven-dry-method (30 % penetration depth of the electrodes) by the different tests (1996)

Som det fremgår av fig. 14, er det også ved disse målingene store avvik mellom de midlere slutfuktigheter målt med el. motstandsmålerne og etter tørke/veiemetoden. I gjennomsnitt viste el-målingene et avvik på  $\pm 1,3$  % sammenlignet med tørke/veie-metoden. Det fremgår her at el-målerne i gjennomsnitt viste for høye verdier (1,1 %), mot 0,3 % for lave verdier ved 93/94- målingene. Dette kan delvis forklares ut fra et større innstikningsdyp for elektrodene i de siste målingene (1996) enn i de første (93/94), 30 % mot 25 % av planketykkelsen.

Begge målingene sett under ett viser at de elektriske fuktighetsmålerne i praktisk bruk har hatt et midlere avvik fra riktig verdi (tørke/veiemetoden) på ca.  $\pm 1,2$  %.

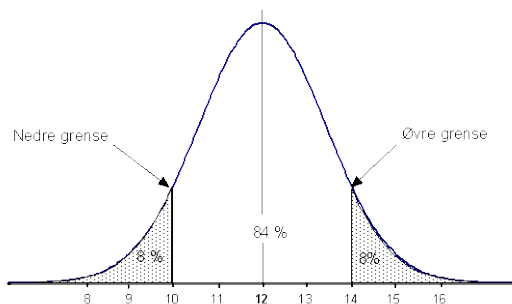
De elektriske fuktighetsmålernes avvik når det gjelder enkeltmålinger er mye større og var f.eks. ved et midlere avvik på + 1,1 % fra + 2,5% til - 0,1% ved ett

forsøk. Et annet forsøk ga ved et midlere avvik på - 2,4 %, et avvik i enkeltmålingene på fra + 3,5 % til - 4,2 %.

Når det gjelder elektrodernes innstikningsdyp, antyder industrimålingene at innstikningsdypet bør ligge i området 25-30 % av trevirkets tykkelse, for best å angi middelfuktigheten i tverrsnittet.

### 2.3.6 Test av trefuktighet mot INSTA 141

I NS-INSTA 141 er kravet i hver fuktighetsklasse at 84 % av trelasten skal ha en fuktighet som ligger mellom en nedre og øvre grense i forhold til ønsket middelfuktighet. Prinsippet for oppbyggingen av standarden er vist i fig. 15 for en ønsket fuktighet på 12 %, hvor kravet er at 84 % alle biter skal ligge mellom 10 % og 14 %. Dette tilsvarer en spredning i fuktigheten på 1,4 % uttrykt i standardavvik, vel å merke hvis man treffer ønsket slutfuktighet.



*Fig. 15 Prinsipiell oppbygging av INSTA 141.*  
Principal build-up of the Nordic standard INSTA 141.

Hvis man bommer med 1 % på fuktigheten og ender opp med en middelfuktighet på f.eks. 13 %, må spredningen reduseres til 1,0 % for å oppnå kravene (se fig. 10).

I standarden står det oppgitt tre fuktighetsklasser (8, 12 og 18) hvor kravene er strengest ved de lavere fuktigheter og slappere ved de høyere fuktigheter. Det er egne grenseverdier for trevirke over og under 25 mm tykkelse. I disse undersøkelsene er alle målingene utført på dimensjoner over 25 mm.

I praksis er det behov for en rekke fuktigheter som ligger utenfor 8 %, 12 % og 18 %. Det er derfor i tabell 1 beregnet hvilke krav det vil være til fuktigheter også for hele fuktighetsprosjenter mellom 8 og 18 %.



*Tabell 1. Standardens krav til tillatt max. avvik i fuktigheten for 84 % av enkeltverdiene for fuktighetsklassene 8, 12 og 18, samt forslag til nivåer for mellomliggende verdier.*

Requirements to the max. spread in mc according to INSTA 141 (84 % must be within the upper and lower limits).

Klasse	Tykkelse >25 mm [%]	Tykkelse ≤ 25 mm [%]
<b>8</b>	<b>6.5 - 9.5</b>	<b>6.0 - 9.0</b>
9	7.5 - 10.5	7.0 - 11.0
10	8.0 - 11.5	8.0 - 12.0
11	9.0 - 12.5	8.5 - 13.0
<b>12</b>	<b>10.0 - 14.0</b>	<b>9.0 - 14.0</b>
13	10.5 - 15.0	9.5 - 15.0
14	11.0 - 16.0	10.0 - 16.5
15	12.0 - 17.5	11.0 - 18.0
16	12.5 - 19.0	11.5 - 19.5
17	13.5 - 20.0	12.0 - 20.5
<b>18</b>	<b>14.0 - 22.0</b>	<b>12.5 - 22.0</b>

Det er egne regler for hvordan man skal teste hvorvidt en leveranse oppfyller disse kravene. I en egen tabell i INSTA-141 er det angitt hvor mange pakker som skal åpnes, avhengig av totalt antall pakker i leveransen. Hvis det for eksempel er 12 eller flere pakker i leveransen, skal fire pakker åpnes. Videre er det en tabell som viser hvor mange enheter som skal kontrollmåles. Antall enheter er igjen avhengig av det totale antallet enheter i leveransepartiet.

Som et tillegg til standarden, er det gitt en veiledning i hvor man bør ligge i middelfuktighet og spredning i enkeltpakker for å kunne oppnå standardens krav.

Regner man med at en tørkeomgang i kammertørkene er et parti på 16 pakker, vil en med ca. 180 biter pr. pakke ved 50 mm (100-150 mm) få et totalt antall planker på 2880. I følge tabellen skal man da teste 32 biter etter tørke/veie-metoden. Av disse bitene kan maksimum 10 biter ligge utenfor grensene. Bruker man elektrisk fuktighetsmåler, må man pga. dårligere målenøyaktighet tilsvarende teste 80 biter, hvorav maks. 21 biter kan ligge utenfor grensene.

I bilag 1 er vist resultatene fra alle målinger utført 1993/94 hvor bl.a. slutfuktighetene er testet mot INSTA 141 etter både tørke/veiemetoden og elektrisk motstandsmåling.

For tørke/veiemetoden viste det seg at i 37 av 43 tørkeomganger ble kravene i INSTA-141 oppfylt, dvs. 86 %. 14 % klarte altså ikke kravene.

Ved bruk av elektrisk fuktighetsmåling klarte 35 av 43 bedrifter kravene, dvs. 77 %. 23 % klarte her ikke kravene.

For de bedrifter som ikke klarte kravene til INSTA 141, var hovedårsaken at avviket fra ønsket slutfuktighet ble for stort, mer enn at spredningen var større enn anbefalt.

## 2.4 Konklusjon

Forsøkene har gitt meget omfattende og interessante data over fuktigheten i trevirket både før og etter tørkingen, hvor nøyaktig man måler denne og hvordan man ligger i forhold til den nordiske standarden INSTA 141. Disse data er nyttige både som grunnlag for tiltak for å bedre tørkeprosessen, og som grunnlagsdata ved utarbeidelsen av nye og event. revidering av gamle standarder.

Når det gjelder *startfuktigheten*, viser undersøkelsen at det er store variasjoner i middelveien mellom de enkelte forsøkene, med variasjon fra 20 % og opp til 95 %, med en midlere startfuktighet på ca. 65 %. Spredningen omkring middelveien øker kraftig med økende midlere startfuktighet, og er uttrykt i standardavvik ca. 10 % ved 40 %, og hele 40 % ved 95 % i midlere startfuktighet.

For *sluttfuktigheten* viste hovedforsøkene i 93/94 også en klar sammenheng mellom fuktighetsnivået og spredningen i fuktigheten, med en midlere spredning (standardavvik) på ca. 1 % ved 10 %, jevnt stigende til ca. 2 % ved 20 % midlere sluttfuktighet. Omkring disse middelveiene er det igjen store variasjoner med spredningsverdier helt oppe i 3,2 % ved 20 % midlere fuktighet og nede i 0,4 % ved 10 % midlere fuktighet. Ved forsøkene i 1996 ble det ved flere bedrifter oppnådd lave spredningsverdier også ved fuktigheter mellom 15 % og 20 %, noe som i det vesentligste skyldes større bruk av kondisjonering etter avsluttet tørkeprosess.

Undersøkelsene har også vist at det er en sammenheng mellom spredningen i startfuktighet og spredningen i sluttfuktighet. På denne bakgrunn er det viktig å iverksette tiltak for å redusere spredningen i startfuktighet.

*Treffsikkerheten* på ønsket sluttfuktighet var dårlig. Hovedtyngden av avvikene ligger innen  $\pm 2\%$ , men med verdier helt oppe i 8,5 %. I gjennomsnitt ble det tørket litt i underkant av 1 % for langt ned i fuktighet. Disse avvikene kan gi problemer med å oppnå kravene i både INSTA 141, EDG-forslaget til europeisk standard og den kommende CEN-standard til tørkekvalitet.

*Fuktighetsgradienten* uttrykt som differansen mellom senterfuktigheten og fuktigheten  $\frac{1}{4}$  inn i planken ble i middel for alle forsøk målt til 1,1 %. Omregnet etter målereglerne i EDG-forslaget (senter  $-1/6$  tykkelse) tilsvarer det ca. 1,6 %. I forhold til kravene i "EDG-standard" ligger midlere gradientnivå i klasse E, og er således meget tilfredsstillende. Spørsmålet er vel om standarden er streng nok når det gjelder fuktighetsgradienter.

*Jevnheten i trefuktighet mellom pakkene* i tørkene var forbausende bra, både i dybden og i høyden. En skulle forvente at ytterpakkene i kammertørkene hadde en lavere fuktighet, men kondisjoneringen ved tørkeslutt kan ha bidratt til å jevne ut denne forskjellen.

Som ventet var det til dels store forskjeller mellom fuktigheten målt etter *tørke/veiemetoden* og *etter elektrisk motstandsmåling*. I middel lå avviket på  $\pm 1,2\%$ , med ekstremverdier på 7 - 8 %.

Ved 25 % innstikningsdyp (93/94-målingene) av elektrodene ble det i middel registrert 0,3 % for lav fuktighet. Ved 30 % innstikningsdyp ble det derimot målt 1,1 % for høye verdier, riktignok ved færre målinger.

I *testen mot INSTA 141* klarte 86 % av bedriftene kravene. De som ikke klarte kravene, hadde først og fremst for store avvik fra ønsket slutfuktighet.

Samlet viser disse forsøkene vedrørende trefuktighet:

- Stor spredning i startfuktigheten både mellom og innen hvert forsøk.
- Spredningen i slutfuktigheten er klart avhengig av fuktighetsnivået.
- Treffsikkerheten på ønsket slutfuktighet er dårlig. Tendens til overtørring.
- Fuktighetsgradienten ligger innen akseptable nivåer etter EDG-standard.
- Forbausende liten spredning i middelfuktigheten mellom pakker i tørkene.
- Store avvik mellom elektrisk fuktighetsmåling (motstandsmetoden) og tørke/veiemetoden.

### 3. Spenning/yteherding

Trevirkets spenningstilstand etter tørking og utjevning av fuktigheten har blitt viet stadig større oppmerksomhet hos brukere av trevirke, spesielt hos de som foretar en videre oppsplitting av virket.

Bruk av høyere temperaturer under tørkeprosessen, som gjør at trevirket blir mer plastisk, har bidratt til at sprekkmengden er vesentlig redusert. I stedet for sprekker har en fått en plastisk forstrekning av trevirkets overflate (yteherding) som medfører uheldige spenninger i trevirket og deformasjoner ved kløyving. (For nærmere studier henvises til NTI-rapportene nr. 34 og 35, hvor en bl.a. vil få en bedre forståelse av sammenhengen mellom spenning og yteherding, som er begreper som ofte blir brukt om en annen.)

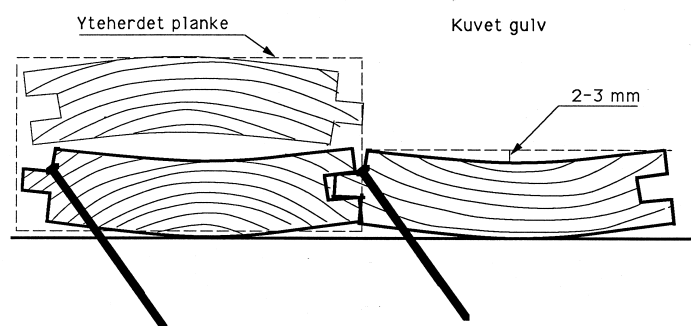


Fig. 16. Gulvbord produsert av yteherdet plank.  
Wooden flooring produced from casehardened timber.

I fig. 16 er det vist et eksempel på hvordan resultatet kan bli hvis en slik yteherdet planke blir kløyvd i to, til emner for gulvbord. Ved kløyving av planken er det ofte en fuktighetsgradient som gjør at kløyvsnittet er relativt rett når bordene går videre fra tørrkløyva og inn i høvelen. Etter høvelen er derfor gulvbordene helt rette. Etter en viss tid vil imidlertid fuktighetsgradienten ha jevnet seg ut, med det resultat at gulvbordene kuger seg som vist i figuren.

Det er ikke tvil om at yteherding er et problem som må tas alvorlig, skal en kunne levere et tilfredsstillende sluttprodukt.

På denne bakgrunn er det gjennomført en test av i hvilken grad slike spenninger oppstår ved vanlig tørking, i hvilken grad kondisjonering er tatt i bruk, og hvilken effekt den eventuelt har hatt på spenningstilstanden.

En gradering av yteherdingen er nå ansett så viktig at det i tillegg til den nordiske standarden INSTA 141 også er under utarbeidelse en CEN-standard basert på EDG-forslaget til europeisk standard.

### 3.1 Forsøksopplegg

For å få et kvantitativt uttrykk for graden av yteherding, ble prosedyrene for måling i 1993/94 tatt fra den nordiske standarden NS-INSTA 141, tillegg B.

I NS-INSTA 141 er spenningen uttrykt gjennom graden av innbøyning av gafflene gjennom forholdet  $d_2/d_0$  i de såkalte gaffelprøver, som vist i fig. 17. Hvordan prøvene er tatt ut, og den geometriske formen på gafflene, fremgår av fig. 1. Etter at prøvene ble tatt ut og bearbeidet til riktig gaffelform, ble de lagret i 24 - 48 timer i kontrollrommene ved de forskjellige brukene før målingene ble foretatt ( $d_2$  og  $d_0$ ). Temperatur og relativ fuktighet ble ikke registrert, men en antar at temperaturen har ligget i området 20-25 °C, mens RF sannsynligvis har ligget på 40-60 %, som er noe lavere enn anbefalte verdier.

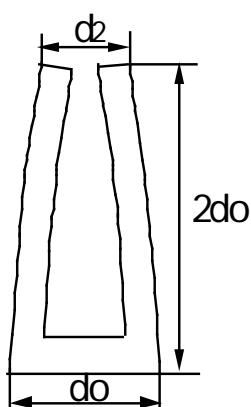


Fig. 17. Prinsipp for måling av yteherding med gaffelprøver.  
Principle for measuring of casehardening by the prong test.

Spenningen blir gradert i 4 klasser etter følgende skala:

$d_2/d_0 = 1.0 - 0.9$ eller $1.0 - 1.1$	Ingen spenninger
$d_2/d_0 = 0.9 - 0.8$ eller $1.1 - 1.2$	Små spenninger
$d_2/d_0 = 0.8 - 0.6$ eller $1.2 - 1.4$	Middels spenninger
$d_2/d_0 < 0.6$ eller $> 1.4$	Store spenninger

### 3.2 Resultater og analyser

#### 3.2.1 Test av spenning/yteherding mot INSTA 141

Måleresultatene fra alle 42 brukene fremgår av bilag 1 bakerst i rapporten. Som ventet er det store variasjoner, fra en gjennomsnittlig  $d_2/d_0$  på 0,64 til 1,0. Totalt gjennomsnitt for alle brukene var 0,84.

Det er også store variasjoner innen brukene spesielt for de som har spenningsverdier som ligger på midlere og lavere verdier.

Ser en på alle spenningsprøvene under ett, får en som resultat etter definisjonene i NS-INSTA 141:

Ingen spenninger	32,8 %
Små spenninger	34,0 %
Middels spenninger	30,8 %
Store spenninger	2,3 %

Med de graderinger av spenningsnivå som er brukt i INSTA, har det gjennomgående blitt lave spenninger i lasten, bare noen få prosenter av prøvene ble gradert til "store spenninger". Nå må en imidlertid være klar over at graderingen av spenningene i INSTA er satt veldig "snilt" i forhold til de verdier som er foreslått i EDG-forslaget til europeisk standard. I og med at EDG-forslaget bruker en annen måte å måle spenningen, er imidlertid verdiene ikke så lett å sammenligne.

### 3.2.2. Spenninger som funksjon av kondisjoneringsklimaet

Ved kondisjonering, som har som hensikt å ta bort spenninger i virket etter at fuktigheten har jevnet seg ut, bør en øke relativ fuktighet i tørka så mye at likevektsfuktigheten (LVF) i tørkeluften er minst 2 % over midlere slutfuktighet. Dette kan også uttrykkes som at  $\Delta LVF$  ( $LVF_{\text{kondisjonering}} - \text{midlere slutfuktighet}$ ) er minst 2 %. Dette vil føre til at overflaten av trevirket blir fuktet opp og sveller, med det resultat at den "forstrekte" overflaten etter tørkefasen blir trykket sammen til riktig dimensjon i forhold til sin fuktighet. Dette er illustrert i fig. 18.

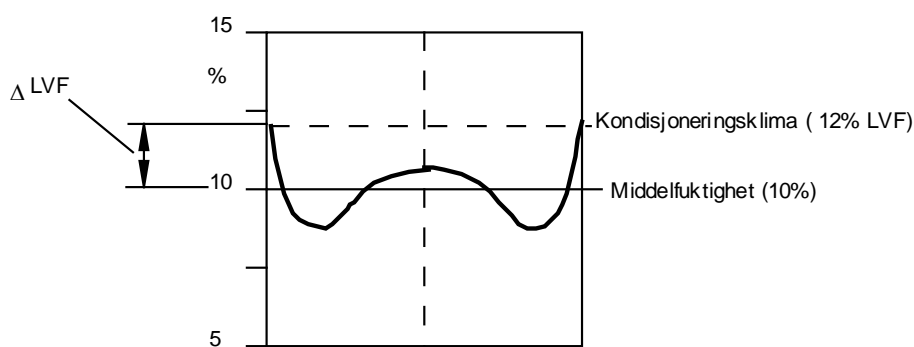


Fig. 18. Ønsket fuktighetsprofil over tverrsnittet under kondisjonering.  
Wanted moisture distribution over the cross-section during conditioning.

En nærmere analyse av tørkeforsøkene viste imidlertid at brukene i gjennomsnitt kjørte med et kondisjoneringsklima som tilsvarte en likevektsfuktighet som lå 1,6 % under midlere slutfuktighet. Bare noen få bruk kjørte med tilnærmet riktig

kondisjoneringsklima. Disse brukene var også de eneste som hadde alle spenningsprøvene i klassen "Ingen spenninger".

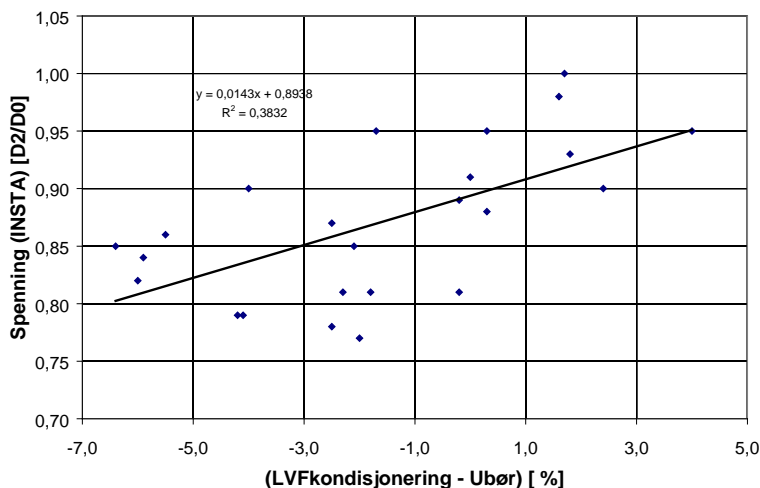


Fig. 19. Spenningen som funksjon av kondisjoneringsklimaet ( $\Delta LVF$ ).  
Casehardening level as a function of conditioning level ( $\Delta EMC$ ).

Sammenligner en *kondisjoneringsklimaet*, uttrykt i  $\Delta LVF$  (differansen mellom LVF under kondisjonering og ønsket slutfuktighet ( $U_{bør}$ )) og spennings-tilstanden som vist i fig. 19, ser en klart tendensen til lavere spenninger når  $\Delta LVF$  øker. Sammenhengen er signifikant.

Grunnen til feil kondisjoneringsklima ligger ikke bare i uriktig innstilling av likevektsfuktigheten, selv om den i utgangspunktet bør være riktig, men mer i det faktum at man ikke klarte å oppnå så høy relativ fuktighet i tørkene grunnet dårlig baseutstyr. Ved flere av anleggene lå relativ luftfuktighet ved kondisjoneringen 10-15 % under innstilt verdi, som i seg selv var 5-10 % for lavt innstilt.

For å kunne oppnå et tilfredsstillende kondisjoneringsklima, kan flere alternativer tenkes, bl.a. installasjon av flere basedyser, høytrykksforstøvning av vannet eller å gå over til bruk av mettet damp. Både høytrykksbasing og dampbasing gir en langt bedre og raskere oppfukning av lufta enn bruk av lavtrykksvann. Fordelene og ulempene ved disse og andre systemer er nærmere beskrevet i NTI-rapport 35.

Effekten av spenningsutjevningen er normalt også avhengig av *kondisjoneringstiden*, men grunnet store variasjoner i  $\Delta LVF$  i de enkelte forsøkene er det ikke riktig å trekke ut noen sammenhenger mellom kondisjoneringstid og spenning fra disse forsøkene. Det er bare ved helt kontrollerte forsøk med noenlunde like dimensjoner og lik  $\Delta LVF$  at en kan finne frem til slike sammenhenger.

### 3.3 Konklusjon

De 44 industriforsøkene viser at 97 % av bedriftene ligger på ”middels spenninger” eller bedre etter de kriterier som er satt opp i NS-INSTA 141. Etter dette skulle en tro at de fleste bedriftene behersket spenningsutjevningen, og at spenningen i lasten var tilfredsstillende.

Som det vil fremgå av neste kapittel hvor de nye forslagene til europeisk standard for bl.a. tørkespenninger blir presentert og testet, vil en erfare en vesentlig skjerping av kvalitetskriteriene i forhold til NS-INSTA 141. Målt etter disse kriterier, er resultatene ikke så tilfredsstillende.

Grunnen til den lite tilfredsstillende kondisjoneringen ligger først og fremst i et gjennomgående for dårlig basningsutstyr. De fleste tørkeanleggene klarer ikke å oppnå den høye RF (lave psykrometerdifferanse) som er nødvendig for å oppnå en rask og effektiv kondisjonering, selv om verdiene er riktig innstilt.

En bedring av kondisjoneringen/spenningsutjevningen kan bare skje gjennom en utbedring av basningsystemene i kombinasjon med en klar forståelse av prinsippene omkring spenningsutjevning. Et bedret basningsystem, enten det er høytrykksbasning eller dampbasning, vil i tillegg til bedre spenningsutjevning av lasten også gi vesentlig kortere oppvarmingstid og mindre sprekk.

På bakgrunn av disse resultater ble det i regi av Tørkeklubben satt i gang med grunnleggende studier omkring yteherdingsfenomenet, og hvordan man gjennom bedre kondisjonering kan oppheve yteherdingen på en effektiv måte. Når det gjelder basningsmetoder, ble det spesielt fokusert på de muligheter som ligger i høytrykksforstøving av vann for å oppnå en rask og effektiv oppfukning av tørkeluften. (NTI-rapport 35.)



## 4. Test av EDG-forslag til europeisk tørkestandard

Formålet med utprøvingen av forslaget til EDG-standard var:

- Teste hvorvidt de krav som var foreslåtte, var realistisk oppnåelige.
- Teste hvorvidt måle metodene var praktisk gjennomførbare.
- Gi medlemmene trening i å gjennomføre en systematisk kvalitetskontroll.
- Gi ytterligere data for analyse av tørketekniske sammenhenger.

Testene ble kjørt med utgangspunkt i det forslag til EDG-standard som forelå i begynnelsen av 1994, hvor det ennå ble benyttet 3-kløv test for bestemmelse av yteherding og fuktighetsgradient. I den mer ”offisielle” versjonen fra 22. oktober 1994 var man gått over til den såkalte 2-kløyv testen grunnet liten forskjell i utslag mellom de to metodene (konfr. NTI-rapport 35 hvor denne sammenhengen er grundig testet).

### 4.1 Oppbygging av EDG-forslag

I det omfattende arbeidet innen EDG (European Drying Group) med utarbeidelse av en felles europeisk standard for tørkekvalitet, var det av stor betydning å ha statistisk gode verdier fra industrien over oppnåelige verdier for treffsikkerhet i slutfuktighet, spredning i slutfuktighet, fuktighetsgradienter og spenninger/yteherding. I denne sammenheng har den norske Tørkeklubben bidratt i stor grad gjennom de omfattende egenanalysene fra medlems-bedriftene.

Med et første forslag til EDG-standard i oktober 1994, var neste viktige skritt å foreta en industritest av standarden.

Standardforslaget tar for seg 3 kvalitetskriterier, *fuktighetsvariasjon*, *fuktighetsgradient* og *yteherding*. For hvert kriterium er det 3 klasser, S (Standard), Q (Quality) og E (Exclusive).

Kravet til **fuktighetsvariasjon** er angitt som en øvre og nedre grense for fuktigheten i de enkelte biter i leveransepartiet hvor 90 % av alle biter skal ligge innenfor. Spennvidden i disse grensene vil variere med fuktighetsnivå og kvalitetsklasse.

I fig. 20 er som eksempel vist tillatt spennvidde i fuktigheten for de enkelte biter i et parti (for 90 % av bitene) for de 3 kvalitetsklassene E, Q og S ved en ønsket slutfuktighet på 10 %.

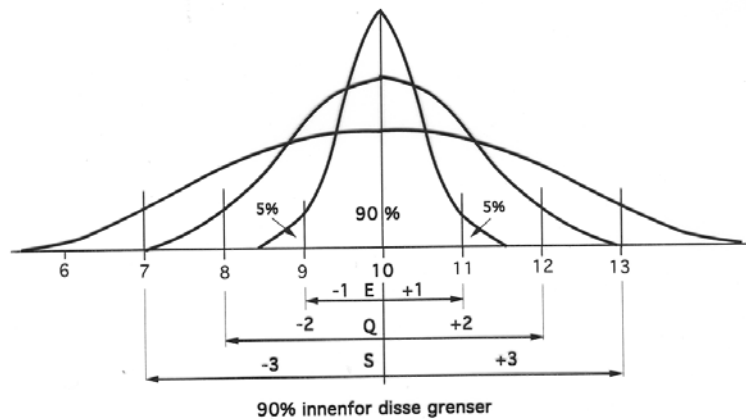


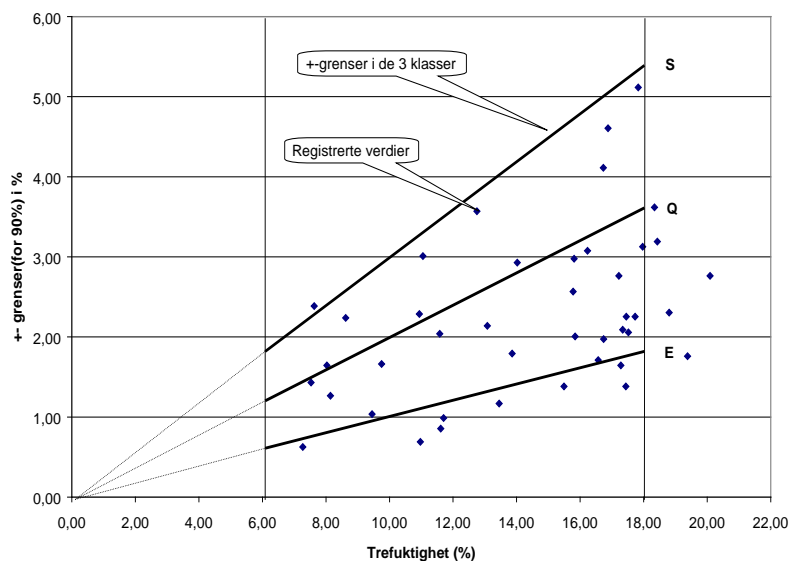
Fig. 20. Tillatt avvik i fuktighet (for 90 % av bitene) i klasse E, Q og S ved en ønsket fuktighet på 10 %.

Allowable range in mc. (for 90 % of the pieces) in class E, Q and S by a target mc. of 10 %.

Ved utarbeidelsen av standardforslaget var det mye diskusjon om hvordan man skulle definere begrensningen i fuktighetsspredningen omkring ønsket slutfuktighet. Den ene måten var å sette  $\pm$  grenser for spredningen i middelfuktigheten omkring ønsket slutfuktighet, pluss en grense for spredningen av enkeltbitene uttrykt i tillatt standardavvik. Selv om denne metoden på mange måter rent måleteknisk var praktisk med det måleutstyr med innbygde kalkulatorer for beregning av middelfuktighet og standardavvik som var på innmarsj, ble det hevdet fra flere hold at begrepet standardavvik ennå var altfor lite kjent blant tørkeoperatører. Det ble derfor vedtatt å bruke  $\pm$  grenser for de enkelte biter i partiet omkring ønsket slutfuktighet, og at dette skulle gjelde for 90 % av bitene. Dette er enklere å forstå, men mer tungvint å beregne.

Da bl.a. måleverdiene fra egenanalysene (se fig. 6) viste at fuktighetspredningen i praksis var sterkt avhengig av nivået på slutfuktigheten, ble det vedtatt å ta hensyn til dette ved utarbeidelsen av standardforslaget.

Et annet krav til en standard er at den skal være enkel. Det ble derfor på basis av bl.a. resultatene fra egenanalysene lagt inn et enkelt lineært samband mellom slutfuktigheten og krav til  $\pm$  grenser for de tre klassene S, Q og E. Hvordan kravene til maksimal fuktighetsvariasjon endrer seg med fuktighets-nivået for de tre kvalitetsklassene fremgår klart av fig. 21. I samme figuren er det også vist hvilke resultater som ble oppnådd ved egenanalysene *under forutsetning av man treffer ønsket slutfuktighet*.



*Fig. 21 Grenser for enkeltverdiene tillatte variasjon i fuktighet (for 90 %) omkring ønsket middelværdi i EDG-forslaget og registrerte verdier fra egenanalysene under forutsetning av treff i ønsket slutfuktighet.*

Allowable range in MC for individual pieces (for 90 %) around the target MC in EDG-proposal and measured values from the industrial tests corrected to a hitting of target MC.

Det generelle uttrykket for fuktighetskravene er satt opp i tabell 2 hvor  $U_{bør}$  betyr den trefuktighet man ideelt ønsker å oppnå. Med trefuktighet menes her trevirkets tverrsnittsfuktighet målt etter tørke/veiemetoden eller målt med elektrisk motstandsmåler med et innstikningsdyp på 1/3 av plankens tykkelse.

*Tabell 2. Kravene til fuktighetsvariasjon i EDG-forslaget til europeisk standard. Allowable range of moisture content in the EDG-proposal.*

Kvalitetsklasse	90 % av måleverdiene må være innen grensene:	Eksempler på tillatte fuktighetsvariasjoner (90 %) ved forskjellige ønskede fuktighetsnivåer ( $U_{bør}$ ):		
		10 %	14 %	18 %
S (Standard)	$U_{bør} \pm U_{bør} \times 0,3$	7,0 - 13,0	9,8 - 18,2	12,6 - 23,4
Q (Kvalitet)	$U_{bør} \pm U_{bør} \times 0,2$	8,0 - 12,0	11,2 - 16,8	14,4 - 21,6
E (Eksklusiv)	$U_{bør} \pm U_{bør} \times 0,1$	9,0 - 11,0	12,6 - 15,4	16,2 - 19,8

I EDG-standarden er det også lagt inn en klassifisering av **fuktighetsgradienten** i et planke- eller bordtverrsnitt. Fuktighetsgradienten er her definert som differansen mellom fuktigheten i midten av planken og fuktigheten målt i 1/6-del av plankens tykkelse.

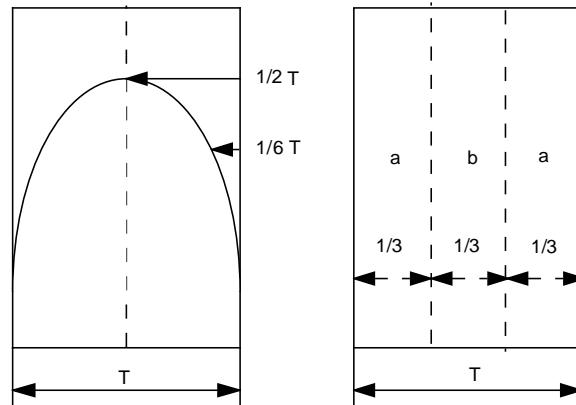


Fig. 22 Måling av fuktighetsgradient etter EDG-forslaget ved elektrisk motstandsmåling (til venstre) og ved tørke/veiemetoden.

Measuring of the moisture gradient according to the EDG-proposal with the electrical resistance (left) and the dryweight method.

Gradienten blir enklest målt med elektrisk motstandsmåler, som vist i fig. 22. En slår da elektroden først inn til ca.  $1/6$  av tykkelsen (dog minimum 5 mm) og leser av verdien. Deretter slås elektroden inn til midten av planken med ny avlesning. Differansen mellom de to verdiene er da definert som fuktighets-gradienten. For å få et gjennomsnittlig uttrykk for fuktighetsgradienten, bør man vekselvis måle fra splintsiden og kjerne-siden.

En kan også bruke tørke/veiemetoden ved å kløyve planken i 3 deler, som vist i samme figur. Fuktighetsgradienten blir da beregnet som fuktigheten av midtbiten (b) minus fuktigheten av en av sidebitene (a). En bør også her ta vekselvise målinger med sidebitene fra kjerne- og ytesiden.

De generelle kravene til gradienter i de 3 klassene (se tabell 3) er også angitt som en funksjon av fuktighetsnivået.

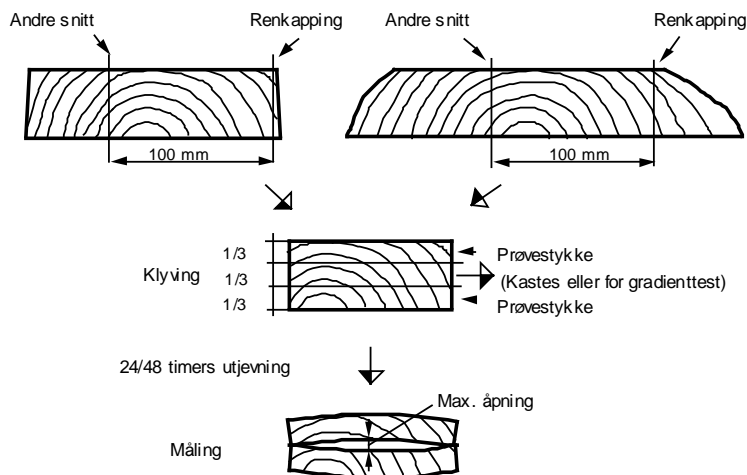
Tabell 3. Kravene til fuktighetsgradienter i EDG-forslaget, med eksempler.

The allowable range of mc-gradients in the EDG-proposal with examples.

Kvalitetsklasse	90 % av alle gradientene må være innen grensene:	Eksempler på tillatte fuktighetsgradienter (90 %) ved forskjellige ønskede fuktighetsnivåer ( $U_{bør}$ ):		
		10 %	14 %	18 %
S (Standard)	$U_{bør} \times 0,4$	4,0	5,6	7,2
Q (Kvalitet)	$U_{bør} \times 0,3$	3,0	4,2	5,4
E (Eksklusiv)	$U_{bør} \times 0,2$	2,0	2,8	3,6

**Yteherding** blir målt på en helt annen måte etter EDG-forslaget enn etter INSTA 141. I stedet for gaffelprøver blir det benyttet en såkalt kløyvtest.

Hvordan denne kløyvtesten utføres, fremgår av fig. 23.



*Fig. 23 Måling av yteherding ved kløyvtest etter første EDG-forslag.*  
Measurement of casehardening by the EDG slicing test method (first proposal).

Man kapper en feilfri skive på ca. 15 mm av den ferdigtørkede planken minimum 30 cm fra plankeenden (halvparten av prøvene skal tas fra respektive topp- og rotende). Hvis virkesbiten er bredere enn 100 mm, kappes den ned til 100 mm bredde. Deretter deler man opp biten som vist i tre like deler. Midtbiten kastes eller brukes til måling av gradienten etter tørke/veiemetoden. De to ytterbitene lagres deretter i minimum 24 timer (48 timer for løvtre) i et rom med et klima på  $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  og en relativ fuktighet på  $55\% \pm 10\%$  for å jevne ut fuktighetsgradienten. Bitene legges deretter mot hverandre som vist i figuren, og det største gapet mellom dem måles i mm.

Størrelsen på gapet er et mål på graden av yteherding, og dette blir i EDG-forslaget gradert som vist i tabell 4.

*Tabell 4. Kravene til yteherding (uttrykt som gap) i EDG-forslag*  
Allowable degree of casehardening (max.gap) in the EDG-proposal

Kvalitetsklasse	90 % av alle gap må etter fuktighetsutjevning være mindre enn:
S (Standard)	3 mm
Q (Kvalitet)	2 mm
E (Eksklusiv)	1 mm

I det siste forslaget til EDG-standard er 3-kløyvmetoden erstattet med 2-kløyv, dvs. at prøvebitene blir delt i 2 i stedet for 3 biter. Ellers er måleprosedyre og krav til gap identisk.

Standarden angir også det minimum antall prøver som må tas for å få et akseptabelt statistisk grunnlag, men samtidig et praktisk gjennomførbart prøveantall. I klasse S er dette antall satt til 15, i klasse Q til 20, og i klasse E til 25.

EDG-forslaget er ingen europeisk standard, men vil være det viktigste grunnlaget for det arbeidet som nå er i gang for å utarbeide egne CEN-standarder for fuktighet og for yteherding. Det er foreløpig usikkert om det vil bli noen CEN-standard for fuktighetsgradient.

## 4.2 Forsøksopplegg

I fig. 24 er det vist hvordan første side av testskjemaene ser ut.

Som ved testen av INSTA 141 er de viktigste data over treslag, dimensjoner og lignende det lagt inn. For å få en oversikt over tørkeskjemaet som ble benyttet, ble det lagt inn data over tørkeklimaet i starten, midten og sluttfasen av tørkingen. For de som hadde kontinuerlig registrering av klimaet, ble det sendt inn utskrift av tørkeforløpet.

Forsøksopplegget fremgår ellers av figuren nederst på testskjemaet. Det er valgt å utføre testen på 4 pakker med 8 prøver fra hver pakke, totalt 32 prøver. Dette oppfyller kravet til prøveuttak i standarden for alle tre klasser når det gjelder et parti på opptil 25 pakker. Antall prøver skulle derfor dekke en test av et kammer på 16-20 pakker og et uttak på opptil 25 pakker fra en kanaltørke.

Ved vanlige leveranser vil det som oftest bli en blanding av pakker fra forskjellige kammer/kanaler, og antall pakker som skal tas ut til kontroll vil da avhenge av partiets størrelse.

Valg av treslag og dimensjon var i utgangspunktet fritt, men av praktiske årsaker, bl.a. med hensyn til elektrisk motstandsmåling av fuktigheten i midten av planken, ble det anbefalt å benytte 50 mm tykkelse. Det ble oppfordret til å tørke til forskjellige slutfuktigheter, gjerne 18 %, 12 % og 8 %, slik at en kunne få et bilde av sammenhengen mellom slutfuktighet og spredning.

Ved kondisjonering av virket etter endt tørkefase ble det oppgitt hvilket kondisjoneringssklima og hvilke kondisjoneringstider som ble benyttet. Målingen skulle gjennomføres så snart etter tørkingen som praktisk mulig, men etter at lasten var nedkjølt til ca. omgivelsestemperatur.

<b>Teknologiringen</b>	<b>Bedrift</b> <input style="width: 100%;" type="text"/>
<b>Tørkeklubben</b>	<b>Bedriftskode</b> <input style="width: 50px;" type="text"/> <b>Test Euro-standard</b> <input style="width: 50px;" type="text" value="-95"/>

<b>GRUNNDATA</b>					
------------------	--	--	--	--	--

Treslag	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Vannlagret(uker)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Overrislet(uker)	<input style="width: 50px;" type="text"/>
		Tykkelse(mm)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Bredde(mm)	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Lagringstid mellom strøl. og tørking(dager)	<input style="width: 50px;" type="text"/>			Dobbellagt(ja/nei)	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Antatt(A) event. målt(M) startfuktighet(%)	<input style="width: 50px;" type="text"/>			Ønsket fuktighet	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Tørkefabr.	<input style="width: 150px;" type="text"/>	El.måler	<input style="width: 150px;" type="text"/>		
Tørketype(kryss av)		Kammer	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Kanal	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Klima(start tørkefase):		T tørr	<input style="width: 50px;" type="text"/>	T tørr	<input style="width: 50px;" type="text"/>
"		T våt(event.RF)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	T våt(ev.RF)	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Klima (midt):				T tørr	<input style="width: 50px;" type="text"/>
"				T våt(ev.RF)	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Klima (slutt):		T tørr	<input style="width: 50px;" type="text"/>	T tørr	<input style="width: 50px;" type="text"/>
"		T våt(ev.RF)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	T våt(ev.RF)	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Klima (kondisjonering):		T tørr	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Klima(utjevn)Ttørr	<input style="width: 50px;" type="text"/>
"		T våt(ev.RF)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	" (utjevn)Tvåt	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Kond.tid (t)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Tørketid (eks.kond)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Tørk.-måling(dg)	<input style="width: 50px;" type="text"/>

<b>FORSØKSOPPLEGG- EUROPEISK PILOTSTANDARD</b>					
--	--	--	--	--	--

Kammer (I standard - tilfeldig utvalg av pakker)

Kanal

**Klyv-og gradienttest**

**Tørke-veieprøve**

Pakke nr: 1 2 3 4

1-8 9-16 17-24 25-32

Planke nr:

Min. 30 cm

15mm

**El. fuktighetsmåling**

Måling 1 ("overflate") 1/6 tykkelse

Måling 2 (middel) 1/3 tykkelse

Måling 3 (senter) 1/2 tykkelse

24 t lagring- måling

Maks. åpning

Tørking-veing (grad.)

Fig. 24 Grunndata og forsøksopplegg for test av EDG-standard.  
Main data and test procedure for EDG-standard.

Ved kondisjonering av virket etter endt tørkefase, ble det oppgitt hvilket kondisjoneringsklima og hvilke kondisjoneringstider som ble benyttet. Målingen skulle gjennomføres så snart etter tørkingen som praktisk mulig, men etter at lasten var nedkjølt til ca. omgivelsestemperatur.

Som en ser av figuren, er det er valgt å foreta fuktighetsmålingene både etter tørke/veiemetoden og ved bruk av elektrisk motstandsmåling

Når det gjelder tørke/veieprøven, som er "fasiten" for riktig middelfuktighet i tverrsnittet, er den utført på vanlig måte og fordelt likt på topp- og rotende. Ved den elektriske motstandsmålingen er det målt i 3 dyp (1/6, 1/3 og 1/2) for å få "overflatefuktigheten", middelfuktigheten og fuktigheten i midten. Som et eksempel på en måling av 50 mm plank må en derfor først slå inn elektroden ca. 8 mm for å få  $U1/6$ , deretter ca. 17 mm for å få  $U1/3$ , og til slutt ca. 25 mm for å få  $U1/2$ .

$U1/3$  skal representere *tverrsnittets middelfuktighet*, og skal egentlig tilsvare resultatet fra tørke/veieprøven. Sammenligningen med tørke/veiemetoden skal gi et bedre grunnlag for å fastlegge hvilket innstikkingsdyp som best representerer middelfuktigheten i tverrsnittet.

Differansen mellom  $U1/2$  og  $U1/6$  er et uttrykk for *fuktighetsgradienten*, og er en viktig opplysning i de tilfeller hvor det er kort tid mellom tørking og tørrkløving. Ved lengre tids lagring og transport vil gradienten jevne seg ut, men yteherdingen vil ikke forsvinne.

For test av *yteherdingen* er det som nevnt foreslått en helt ny målemetode, som forslagsvis er oversatt fra "slicing test" til kløyvtest. Hvordan den utføres fremgår av kapittel 4.1.

Sammen med testen av yteherdingen blir det også foretatt en test av *gradienten etter tørke/veiemetoden*. Rett etter kløyving veier man en av ytterbitene og midtbiten. Etter at yteherdingsmålingene er utført, tørker man ned den valgte ytterbiten og midtbiten til 0 % for å fastlegge fuktigheten og derved gradienten.

I tabell 5 er vist hvordan et utfylt skjema for utfylling av måleresultatene er. Øverst er angitt ønsket *fuktighet*, *gradient* og *yteherding* og standardens krav i de 3 kvalitetsklassene S, Q og E. For hvilken som helst fuktighet mellom 6 og 18 % kan man enkelt regne ut hvilken spredning som tillates og hvilken gradient som tolereres i de 3 klasser.



Tabell 5. Eksempel på utfylt skjema for test av EDG-forslag til tørkekvalitet.  
Filled in form for the test of EDG-proposal (example).

Teknologiringen Tørkekлубben		Bedrift Tørkekлубben Sag A/S		Test europeisk standardforslag		Nr. 2- 94																									
		Bedriftscode TK-EDG-65				Ønsket klasse																									
Fuktighet (90%)	S: $U \pm U^*0,3$ (8,4% -15,6%)	Q: $U \pm U^*0,2$ (9,6% -14,4%)	E: $U \pm U^*0,1$ (10,8 % -13,2%)	Ønsket fuktighet(U)		12,0%	Q																								
Gradient (90%)	S: $= U^*0,3$ (3,6 %)	Q: $= U^*0,2$ (2,4%)	E: $= U^*0,1$ (1,2%)	Ønsket max.gradient		2,4%	Q																								
Yteherding (90%)	S: = 3mm	Q: = 2 mm	E: = 1 mm	Ønsket max.yteherding		2 mm	Q																								
Prøve- nr.	Fuktighet									Gradient									Yteherding												
	Elektrisk			Tørke-veie			Elektrisk			Tørke-veie																					
	U1/3	S	Q	E	Gu	Go	%	S	Q	E	U1/2	U1/6	Grad	S	Q	E	Gu(2)	Go(2)	U(2)	Gu(3)	Go(3)	U(3)	Grad	S	Q	E	Gap	S	Q	E	
	%	ok	ok	ok	g	g	%	ok	ok	ok	g	g	%	ok	ok	ok	g	g	%	g	g	%	%	ok	ok	ok	mm	ok	ok	ok	
1	12,5	1	1	1	73,2	65,1	12,4	1	1	1	14	12,0	2,0	1	1	1	25,1	22,0	14,2	12,0	10,6	12,7	1,5	1	1	1,5	1	1	1	1	
2	13	1	1	1	70,1	62,1	12,9	1	1	1	14,5	12,7	1,8	1	1	1	24,9	21,8	14,2	12,7	11,3	12,8	1,4	1	1	1,5	1	1	1	1	
3	9,2	1	1	1	70,4	64,3	9,5	1	1	1	10	7,5	2,5	1	1	1	23,8	21,4	11	7,5	6,9	8,8	2,2	1	1	2,4	1	1	1	1	
4	10,5	1	1	1	65,7	59,3	10,8	1	1	1	11,5	9,6	1,9	1	1	1	24,5	21,9	11,7	9,6	8,7	9,8	1,9	1	1	1,9	1	1	1	1	
5	11,6	1	1	1	65,1	58,3	11,7	1	1	1	12,5	8,8	3,7	1	1	1	24,6	21,9	12,3	8,8	8,0	9,5	2,8	1	1	2,9	1	1	1	1	
6	13,5	1	1	1	74,8	66,1	13,2	1	1	1	14,2	12,0	2,2	1	1	1	26,6	23,3	14,1	12,0	10,7	12,1	2	1	1	2,2	1	1	1	1	
7	14	1	1	1	71,3	62,8	13,5	1	1	1	15	13,2	1,8	1	1	1	25,9	22,6	14,8	13,2	11,7	12,8	2	1	1	1,9	1	1	1	1	
8	14,5	1	1	1	75,0	66,1	13,5	1	1	1	15	13,3	1,7	1	1	1	26,3	22,9	14,7	13,3	11,7	13,2	1,5	1	1	1,7	1	1	1	1	
Midd.	12,4						12,2				13,3	11,1	2,2							13,4			11,5	1,9		2,0					
9	12,3	1	1	1	71,5	63,8	12,1	1	1	1	13,5	11,5	2,0	1	1	1	24,8	21,9	13,2	11,5	10,3	11,7	1,5	1	1	1,6	1	1	1	1	
29	9,3	1			61,2	55,8	9,6	1	1		10,2	7,8	2,4	1	1		22,4	20,4	10	20,0	18,5	7,9	2,1	1	1	2,1	1	1	1	1	
30	13,2	1	1	1	70,4	62,4	12,9	1	1	1	14,7	12,2	2,5	1	1		24	20,9	14,8	21,5	19,1	12,6	2,2	1	1	2,2	1	1	1	1	
31	11,3	1	1	1	67,9	60,7	11,8	1	1	1	12,8	10,6	2,2	1	1		23,1	20,5	12,8	20,9	18,8	11	1,8	1	1	2	1	1	1	1	
32	10,2	1	1	1	64,8	58,6	10,5	1	1	1	11,1	9,6	1,5	1	1		22,3	20,1	10,7	20,8	19,0	9,2	1,5	1	1	1,4	1	1	1	1	
Midd.	12,3						11,6				13,1	10,9	2,3							12,8			10,9	1,9		1,9					
Total	11,9	32	29	15			11,8	32	30	19	13,1	10,9	2,2	30	25	2				12,6			10,8	2,0	32	23	2	2,0	32	29	2
Klasse	Midd. 29	S	Q				S	Q			S												S				S	Q			

Under "Fuktighet" blir verdiene for både elektrisk måling og måling etter tørke/veiemetoden lagt inn. For hver måling blir det krysset av om prøven ligger innenfor kravene til S, Q eller E eller tilfredsstillere flere av kravene. Tilsvarende prosedyre blir utført for "Gradient" og "Yteherding".

Når alle målinger er utført, blir det summert hvor mange prøver som ligger innen hver av kvalitetsklassene. Ved 32 prøver som her, vil en ved kravet om at 90 % skal ligge innen visse grenser, måtte ha min. 29 prøvebiter innen klassegrensene.

Ved de praktiske forsøkene ved trelastbrukene ble det ikke lagt spesiell vekt på å oppnå bestemte EDG-klasser. Forsøkene skulle mer gi et bilde av hvor man ved vanlig praktisert tørking/kondisjonering ville bli liggende i forhold til EDG-kravene.

### 4.3 Resultater og analyser

I tabell 6 er måleresultatene fra alle 15 bedrifter samlet. Alle bedriftene har gjennomført testen av fuktighet, gradient og yteherding, hvor de fleste har målt fuktigheten både med elektriske motstandsmålere og etter tørke/veiemetoden.

Det ble i forsøksopplegget bedt om å oppgi hvilken kvalitetsklasse man ønsket å oppnå i fuktighet, gradient, og yteherding, men da de fleste brukene på det tidspunktet hadde for lite begrep om nivåene for fuktighetsgradient og yteherding, ble det kun oppgitt bør-verdien for fuktigheten.

Tabell 6. Resultater fra test av EDG-forslag til europeisk standard.  
Results from test of the EDG-proposal for European standard.

Test nr	Dim mm	Ubør %	Fuktighet (midl.)						Gradient (U1/2-U1/6) (midl.)				Yteherding (midl.)		
			Uel1/3 %	Std %	Klasse EDG	Utv %	Std %	Klasse EDG	Uel %	Klasse EDG	U tv %	Klasse EDG	Gap mm	Std %	Klasse EDG
1	50	18	20,2	2	S	18,3	2,1	S	2,2	E	1,4	E	0,9	0,38	Q
2	50	16	16,3	1,7	Q	16,4	1,7	Q	3,3	Q	1,2	E	0,6	0,33	E
3	50	18	16,6	2	Q				3,7	Q	5,5	vrak	2,6	0,82	vrak
4	50	9	8,7	1,1	Q	8,1	0,7	Q	2	S	0,5	E	0,7	0,41	Q
5	50	9	9,9	0,9	Q	9,4	0,6	Q	-2,1	vrak	-0,1	E	0,7	0,45	Q
6	50	17	17,4	1,1	Q	15,3	0,8	Q	0,9	E	-1	E	1,2	0,66	Q
7	38	10	9,8	1,1	Q	9,6	0,7	Q	2,1	Q	1,9	Q	2,7	0,92	vrak
8	50	18	16,7	1,5	Q	17,0	1,4	Q	2	E	2,2	Q	1,3	0,61	Q
9	38	9	7,3	1,4	S	9,1	0,9	Q	1,1	Q	0,9	E	1,9	0,87	S
10	38	17	14,4		Q	14,3		S	1,8	E			1,5	0,86	S
11	38	12	13,0		S	12,6		Q	1,96	Q			1,8		S
12	38	12	16,2		vrak	15,1		vrak	0,8	E			2		vrak
13	44	13	13,5	1,1	Q	12,1	0,9	Q	2,8	Q			2	0,61	S
14	50	8				7,8	0,9	E			0,1	E	0,9	0,58	Q
15	50	8		1,0		10,1	0,6	Q			0	E	0,7	0,49	E
S					92 %			93 %		92 %		91 %			80 %
Q					69 %			78 %		83 %		91 %			53 %
E					0 %			7 %		42 %		73 %			13 %
Vrak					8 %			7 %		8 %		9 %			20 %

For hver bedrift er det ut fra kravene i EDG-forslaget beregnet hvilken kvalitetsklasse man har oppnådd. Tester hvor det ikke er oppnådd noen av kravene S, Q eller E er i tabellen angitt som "vrak".

I de nederste kolonner er det angitt hvor stor prosentandel som er oppnådd i de enkelte klasser.

For fuktighet og yteherding er det i tillegg til midlere fuktighet også oppgitt spredningen uttrykt i standardavvik.

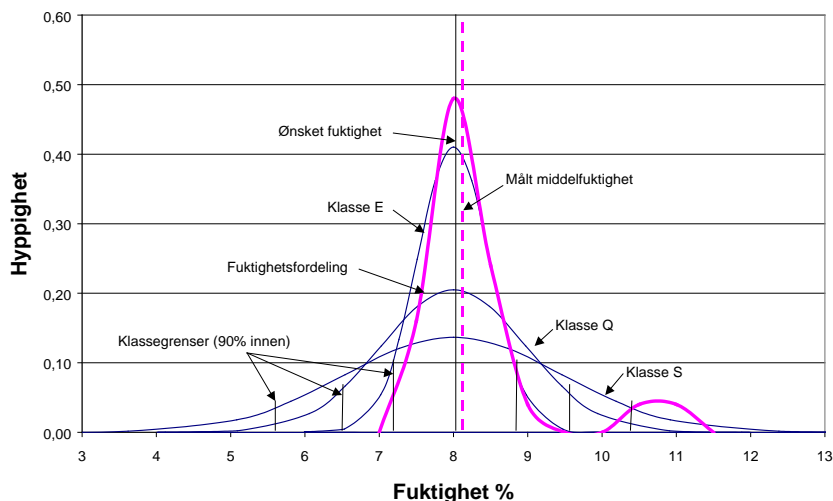
#### 4.3.1 Fuktighet

Ser man først på elektrisk motstandsmåling av fuktigheten, har 92 % klart å tilfredsstille ett av kravene i standarden, altså minst klasse S. Ingen av brukene klarte her kravene til E, mens 69 % klarte Q. Ett av brukene klarte ingen av kravene og er i tabellen angitt som "vrak".

Ved bruk av tørke/veiemetoden var resultatet litt bedre, med 93 % som klarte klasse S og 78 % som klarte Q. Her klarte én av bedriftene også kravene til klasse E.

Fig. 25 viser et eksempel på god tørking hvor man både har truffet ønsket fuktighet med god nøyaktighet, samtidig som det er liten spredning i fuktigheten, bortsett fra noen få prøvebiter med ekstra høy fuktighet. Disse få prøvebitene har

dratt opp standardavviket fra 0,3 % til 0,8 %. I figuren er det også lagt inn de klassegrenser og fuktighetsfordelinger som gjelder for EDG-klassene S, Q og E. Teoretisk er kravet til E ved 8 % omregnet i standardavvik ca. 0,5 %. Dette til tross, er det her oppnådd klasse E på grunn av at de prøvebitene som lå utenfor klassegrensene utgjorde mindre enn 10 %.

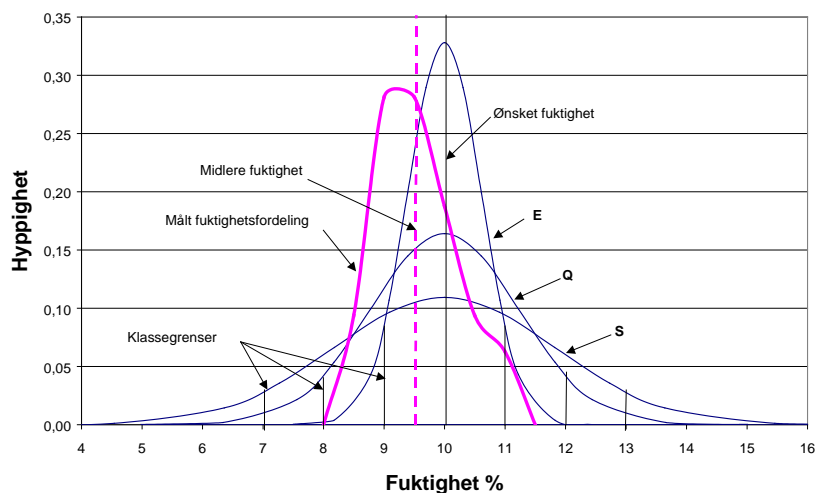


*Fig. 25 Fuktighetsfordeling ved test nr. 14 sammenlignet med kravene til S, Q og E i EDG-forslaget til standard. ( Oppnådd klasse E .)*

MC-distribution by test no. 14 compared with the requirements S, Q and E in the EDG-proposal. (Result class E.)

Årsaken til at så få ellers har klart klasse E, er først og fremst for dårlig treff på ønsket slutfuktighet men også for stor spredning. Jo dårligere treff jo større krav stilles det også til spredningen for at 90 % av verdiene skal ligge innen grensene. Stor spredning skyldes som oftest at noen få planker blir hengende igjen på et ekstra høyt fuktighetsnivå. Disse forhold er illustrert med noen flere eksempler fra forsøkene.

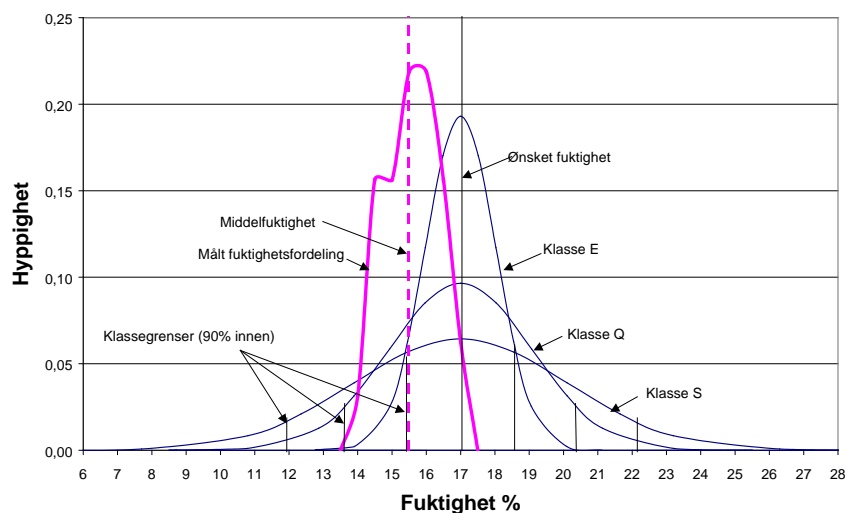
I forsøk 7 (se fig. 26) kan man se at selv et mindre avvik i middelfuktigheten fra ønsket fuktighet (9,6 % mot ønsket 10 %) klart reduserer muligheten til å oppnå klasse E. Nødvendig standardavvik ved 10 % for å oppnå klasse E er ca. 0,6 %. Målt standardavvik ligger på ca. 0,7 %. Det vil si at selv om man hadde truffet ønsket slutfuktighet, hadde man i dette tilfelle ikke klart klasse E. Klasse E stiller således meget store krav til treffsikkerhet og spredning. Av diagrammet ser en at måleverdiene derimot ligger klar innen kravene til klasse Q.



*Fig. 26 Fuktighetsfordeling ved test nr. 7 sammenlignet med kravene i EDG-standarden. (Oppnådd klasse Q.)*

Moisture distribution in test no. 7 compared with the requirements in the EDG-proposal. (Result class Q.)

I fig. 27 er vist resultatene fra test 6 hvor ønsket fuktighet var 17 %, men hvor middelfuktigheten ble 15,3 %. Som en ser, ligger man av denne grunn langt unna kravene til E, men på grunn av liten spredning (Std = 0,8 %) har man klart kravene til klasse Q med god margin.



*Fig. 27 Fuktighetsfordeling ved test 6 sammenlignet med kravene i EDG-standarden. (Oppnådd klasse Q.)*

Moisture distribution in test no. 6 compared to the requirements in the EDG-proposal. (Result class Q.)

Kravet til E omregnet til spredning ligger her på 1,0 %, mot oppnådd 0,8 %. Hadde man her hatt bedre treff på slutfuktigheten, ville man ha oppnådd klasse E.

I fig. 28 er det vist et eksempel på at man har truffet ønsket slutfuktighet med god nøyaktighet (18,3 % mot ønsket 18 %), men allikevel ikke oppnådd bedre klasse enn S. Selv om standardavviket på 2,1 % ligger under kravet på 2,2 %, er den beskjedne bommen på slutfuktighet nok til å klasse ned fra Q til S.

En kan ellers se at det er noen ekstremverdier med for høye fuktigheter som har dratt opp en ellers brukbar spredning i slutfuktigheten. Disse ekstremverdier i fuktighet er å forvente, da det ved nedtørking alltid vil bli en skjevfordeling av fuktigheten med en større spredning på den fuktigste siden av middelverdien enn på den tørreste siden.

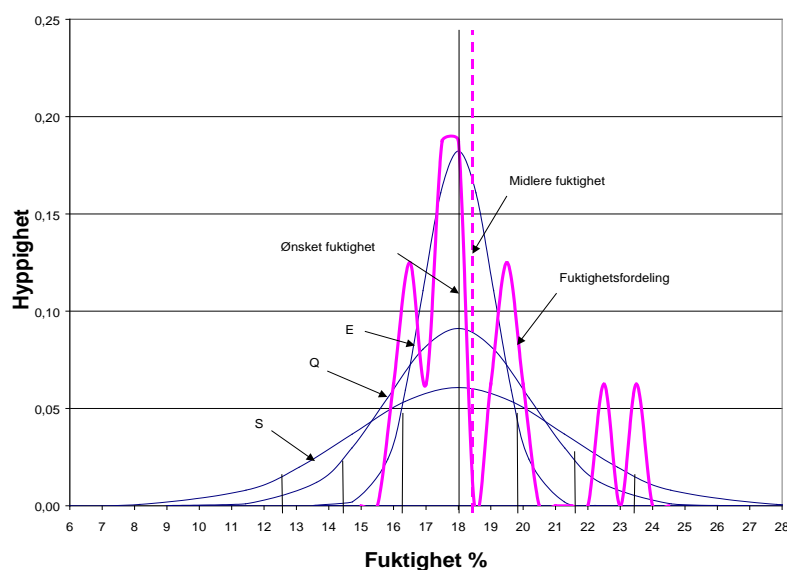


Fig. 28 Eksempel på god treff i slutfuktighet, men høy spredning grunnet noen få ekstremverdier har gitt klasse S (forsøk 1).

Example of low classification (S) caused by high stdv. from a few extreme mc. values (test no.1).

Alle disse eksemplene viser klart at det stilles store krav til treffsikkerhet på slutfuktigheten i kombinasjon med liten spredning for å oppnå klasse E. En må imidlertid være oppmerksom på at ingen av brukene som kjørte testen bevisst gikk inn for å oppnå klasse E, som i følge EDG-forslaget er en klasse for produkter med helt spesielle kvalitetskrav (parkett, høykvalitets gulvbord og lignende). For å kunne oppnå kravene i E, må en legge inn en ekstra utjevningsfase i tørkeprosessen og i tillegg lagre trelasten for videre utjevning i klimalager. En annen mulighet for å minke spredningen er ved utsortering av ekstremverdiene (som oftest på den fuktigste siden) gjennom bruk av kontinuerlige fuktighetsmålere montert i tørrsorteringsanlegget.

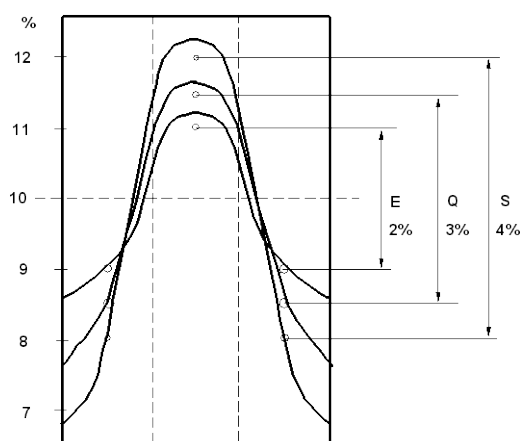
En ytterligere måte å møte problemet på er å ta hensyn til skjevfordelingen ved oppbyggingen av standarden, og tillate en større spredning på den fuktigste siden

av middelverdien. Dette er foreslått i forslaget til tørkestandard for Australia og New Zealand.

### 4.3.2 Fuktighetsgradient

Fuktighetsgradienten, som i EDG-forslaget er definert som differansen mellom fuktigheten i midten og 1/6 fra overflaten, ligger i området 1 til 3 % med en ekstremverdi på 5,5 % og én vraking. Det ser her ut som det har vært vesentlig lettere å oppnå den strengeste klassen E, med 42 % ved elektrisk fuktighetsmåling og hele 73 % etter tørke/veiemetoden.

Som det fremgår av fig. 29, som viser kravene til gradienten ved en middelfuktighet på 10 %, tillates det en gradient på 2 % ved klasse E, 3 % ved klasse Q og 4 % ved klasse S. 90 % av prøvene skal oppfylle dette kravet.



*Fig. 29* Kravene til fuktighetsgradient ved 10 % fuktighet i EDG-forslaget.  
Requirements for the moisture gradient at 10 % mc by the EDG-proposal.

Sammenlignet med kravene til fuktighet synes kravene til fuktighetsgradienter å være slappere. Hvorvidt kravene bør skjerpes er kanskje uinteressant, da det ikke ser ut til å bli utarbeidet noen CEN-standard for fuktighetsgradienter.

Tross dette er fuktighetsgradienten, som tidligere diskutert, av betydning i hvert fall internt i bedriften. Krav til gradienten er det som før nevnt også i noen produktstandarder. Det burde derfor være en fordel om man definerte nivåer og standardiserte metoder for måling av gradienten.

Det er gjennom tidligere undersøkelser i Tørkeklubbens regi (NTI-rapport 35) sett på sammenhengen mellom fuktighetsgradienten og graden av yteherding, og hvor det er funnet at yteherdingen er en funksjon av gradienten. Jo større gradient etter endt tørking, jo større yteherding kan forventes.

Selv om det er flere usikre variable i industriforsøkene, kan det være interessant å se om man har samme trenden der som ved laboratorieforsøkene.

I fig. 30 er målt yteherding satt opp i avhengighet av fuktighetsgradienten. Vi ser her en klar sammenheng mellom de to parametrene. Ved store fuktighetsgradienter etter endt tørking er det derfor også stor sannsynlighet for store spenninger i virket etter fuktighetsutjevning.

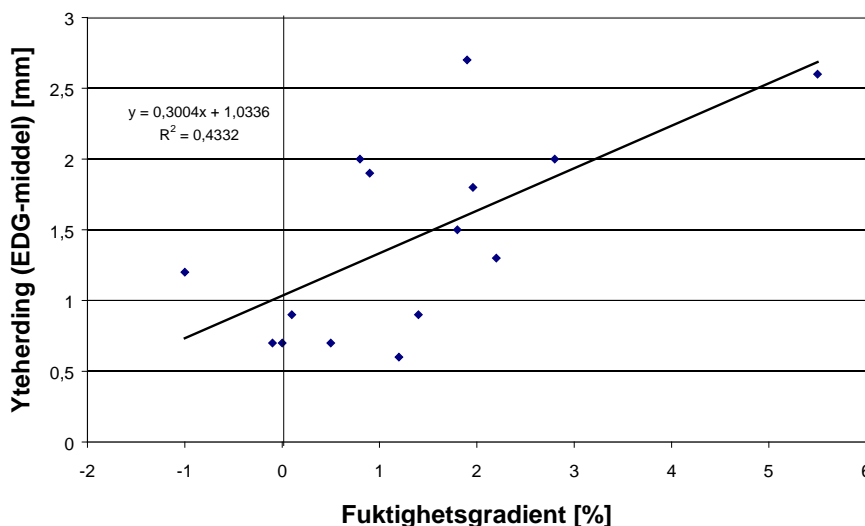


Fig. 30 Midlere yteherding (EDG) i avhengighet av fuktighetsgradient.  
Mean level of casehardening against moisture gradient.

Ved forsøkene i 93/94 hvor man testet tørkeresultatene mot INSTA 141-standarden, målte man også fuktighetsgradienten, selv om det ikke er noe krav i denne standarden. Målingene ble her kun utført med elektrisk fuktighetsmåler, og til forskjell fra EDG-standarden (som da ikke var ferdig) ble gradienten målt som differansen mellom fuktigheten i midten ( $U_{1/2}$ ) og fuktigheten  $\frac{1}{4}$  inn i fra overflaten ( $U_{1/4}$ ). Måleresultatene som er middelerverdien av 80 enkeltmålinger for hver bedrift, fremgår av bilag 1 og av fig. 11.

Forutsetter man at de fleste fuktighetsprofiler hadde en parabelform, kan man omregne disse måleresultatene til EDG-verdier ved å multiplisere INSTA-verdiene med 1,19.

Skal man videre finne ut hvordan disse omregnede måleverdier vil ligge i forhold til EDG-standarden, som krever at 90 % av måleverdiene skal ligge innen visse grenser, må man kjenne til spredningen av enkeltmålingene omkring middelerverdien og beregne hvilken øvre eller nedre grenseverdi (ved minusverdier) som tilsvarer at 90 % ligger innenfor kravene.

Resultatet av disse beregninger fremgår av fig. 31 som viser hvor disse grenseverdier (som streker) ligger for de enkelte forsøkene, og hvor det også er lagt inn de fuktighetsavhengige klassegrenser for klasse E, Q og S.

Disse målinger viser at 98 % av testene ville være lik eller bedre enn klasse S, 96 % lik eller bedre enn klasse Q og 69 % innen klasse E. 2 % ville ikke klare

noen av klassene. Dette avviker ikke så mye fra de 15 EDG-testene, og viser igjen at det er lettere å oppnå gradientkravene enn kravene til slutfuktighet.

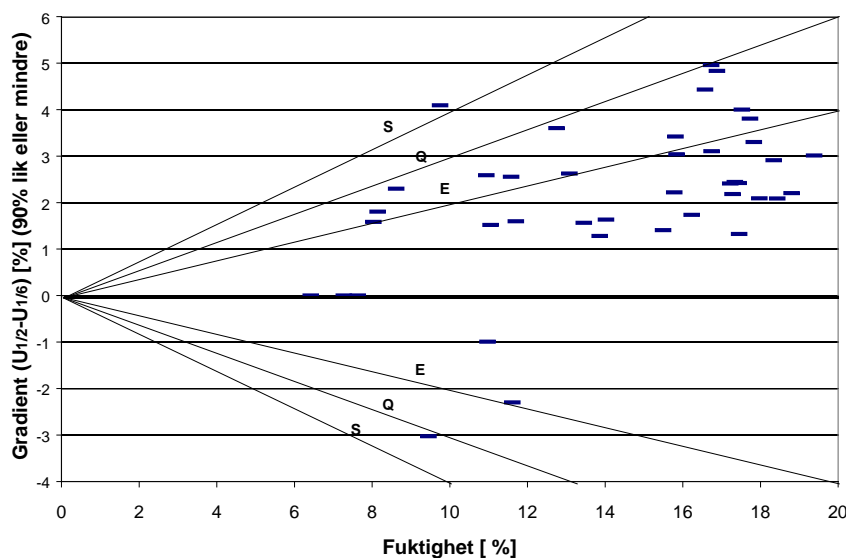


Fig. 31. Beregnede øvre og nedre grenseverdier (90 % av målingene innenfor) for gradientmålingene fra 93/94-forsøkene omregnet etter EDG-norm med innlagte EDG-klassegrenser.

Calculated upper and lower limits (90 %) of the mc-gradient measurements from the 93/94 tests recalculated according to the EDG-norm, with the EDG-limits included.

Ser en på den prosentvise andelen som ligger innen hver klasse, vil det være 69 % i klasse E, 27 % i klasse Q og 2 % i klasse S og 2 % som faller utenfor alle klasser.

#### 4.3.3 Yteherding

Som det fremgår av tabell 8, har 80 % av alle brukene klart klasse S og bedre, 53 % klasse Q og bedre og 13 % klasse E. 20 % har ikke klart noen av kravene.

Når en vet at ingen av brukene la spesiell vekt på å oppnå klasse E, må resultatene sies å være tilfredsstillende.

I tabellen er yteherdingen angitt som middelverdien av gapet ved kløyvtesten. I tillegg er spredningen i måleverdiene angitt i standardavvik. Som en ser, må middelverdien i gapet ligge vesentlig under grenseverdiene for de enkelte klasser for å kunne oppnå kravene. Dette henger sammen med forutsetningene i standarden som sier at 90 % av alle måleverdier skal være mindre enn kravet. Jo større spredning det er i måleverdiene, jo lavere middelverdi må man ha for å kunne oppnå kravene.



I fig. 32 har man sett på sammenhengen mellom midlere gap og spredningen i enkeltverdiene. Man ser her en klar økning i spredningen ved økende middelgap.

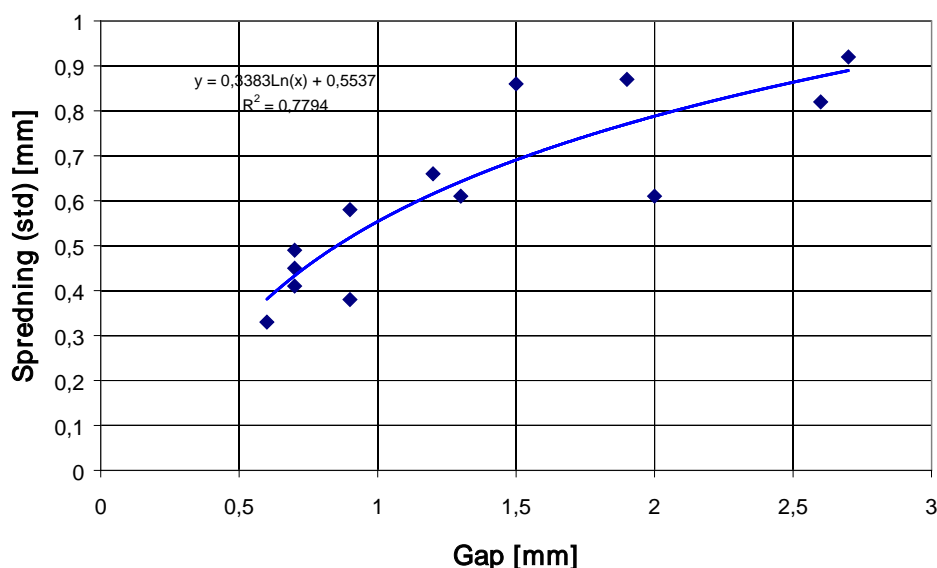


Fig. 32 Sammenhengen mellom midlere gap og spredning.  
Correlation between mean gap and stdv.

Benyttet man verdiene fra diagrammet og forutsetter at gapene er normalfordelt, kan det beregnes hvilken teoretisk middelvei en må ha for å oppnå kravene i E (1 mm), Q (2 mm) og S (3 mm). (90 % av verdiene mindre enn kravet i hver klasse.)

$$\text{Maksimal middelvei} = \text{Krav til gap} - 1,28 \times \text{spredning (std)}$$

Som spredningsverdier benytter man da spredningen ved et gjennomsnitt av de midlere (positive) gap som ga klasse E, Q og S.

For klasse E får man da en maksimal middelvei :  $1 - 1,28 \times 0,35 = 0,55$  mm

For klasse Q får man da en maksimal middelvei :  $2 - 1,28 \times 0,50 = 1,4$  mm

For klasse S får man da en maksimal middelvei :  $3 - 1,28 \times 0,70 = 2,1$  mm

Dette gjelder kun ved positive gap-verdier. Har man overkondisjonert med negative gap som resultat, gjelder ikke ovennevnte betraktning.

Ved hjelp av disse beregninger kan man ut fra middelveien av gapet raskt se hvor man noenlunde ligger i kvalitet uten å telle opp det prosentvise antallet biter som ligger innen kravene. Betraktningen kan også være av betydning ved den diskusjon som har vært ført innen CEN om å innføre grenser for middelveien av gapet i stedet for i EDG-forslaget at 90 % av bitene skal ligge innen visse grenser.

## 4.4 Konklusjon

15 bedrifter har testet sin tørke kvalitet mot kravene i EDG-forslaget til europeisk standard. Når det gjelder *fuktighet*, klarte 14 av bedriftene (93 %) minst kravet til S i standarden, 11 klarte Q (83 %) og en bedrift kravet til E (7 %). En av bedriftene klarte ingen av kravene.

Dette viser at fuktighetskravene til S og Q i standarden er mulig å oppnå ved normalt god tørking uten spesielle tiltak. For å oppnå klasse E (eventuelt Q) må man bevisst gå inn for å redusere spredningen og øke treffsikkerheten på ønsket fuktighet.

Spredningen kan reduseres gjennom bruk av ekstra utjevningssklima i tørka, eller ved å sette lasten til utjevning i et klimalager. Da det viser seg at det ofte er noen biter med for høy fuktighet som ødelegger spredningen, kan man også ved bruk av fuktighetsmåler på tørrsorteringsanlegget sortere ut disse ekstremverdiene og få et langt bedre spredningsresultat.

Treffsikkerheten kan bedres gjennom bruk av elektriske fuktighetsmålere i tørka, eller gjennom føring av statistikk i kombinasjon med gode tørkemodeller. Nye målemetoder er også på gang. Treffsikkerheten kan også bedres gjennom bruk av utjevningssklima i tørka og/eller i et klimalager.

Kravene til *fuktighetsgradienten* var lettere å oppnå, idet hele 91 % klarte klasse S og Q og 73 % klarte E. Kun én bedrift klarte ikke kravene. Ved en omregning av måleverdiene fra testen av INSTA-standarder fant en at 98 % klarte klasse S, 96 % klasse Q og 69 % klasse E.

Fuktighetsgradienten er viktig å ha kontroll med internt i bedriften, da det som oftest kan være kort tid mellom tørking og kløyving i høvleriet. Stor gradient, f.eks. ved 3-bordsklyving og etterfølgende direkte høvling, kan gi uriktige mål på høvlasten. Da denne og tidligere målinger i Tørkeklubbens regi har vist en klar sammenheng mellom gradient og yteherding, vil en ren gradientmåling rett etter tørka også gi en god indikasjon på den spenning som vil oppstå etter utjevning eller den deformasjon som vil komme ved oppkløyving.

Når det gjelder *yteherding*, klarte 80 % av brukerne kravene til klasse S eller bedre, 53 % Q eller bedre og 13 % klasse E. 20 % klarte ikke noen av kravene. Når en vet at ingen av brukerne bevisst gikk inn for å oppnå klasse E, må en si at fordelingen er tilfredsstillende.

Skal man oppnå klasse E, må man påregne en ekstra kraftig kondisjonering ved høy relativ fuktighet og temperatur eller en ekstra lang kondisjonering. Disse muligheter er inngående belyst i NTI-rapport 35.

Testene har gitt meget nyttige data for evaluering av EDG-standarder, som igjen danner grunnlaget for utarbeidelsen av en CEN-standard for tørke kvalitet.

## 5. Litteratur

European Drying Group : EDG-recommendation - Assessment of drying quality of timber, 1994

Fløtaker, S. & Sandland, K. M. & Tronstad, S.: Tørkespenninger - kondisjonering. Rapport 35, Norsk Treteknisk Institutt, 1996

Norsk Standard - NS-INSTA 141: Trevirke - Skurlast, justert last og høvellast av bartre - Fuktighetsinnhold (med tillegg) aug. 1992.

Sandland, K. M. : Stress and strain in drying of wood. Rapport 34, Norsk Treteknisk Institutt, 1996

NPR 7077 - Nederlandse praktijkrichtlijn "Vingerlassen in hout", juni 1984

## **Bilag 1. Resultater fra målinger utført 1993/94**











## **Bilag 2. Resultater fra målinger utført 1996**













