



NORGE

(12) **UTLEGNINGSSKRIFT**

(19) NO

(11) **176895**

(13) B

(51) Int Cl⁶ F 26 B 3/04

Styret for det industrielle rettsvern

(21) Søknadsnr	902284	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	27.09.89, PCT/FI89/00186
(22) Inng. dag	23.05.90	(85) Videreføringsdag	23.05.90
(24) Løpedag	27.09.89	(30) Prioritet	27.09.88, FI, 884428
(41) Alm. tilgj.	18.07.90		
(44) Utlegningsdato	06.03.95		

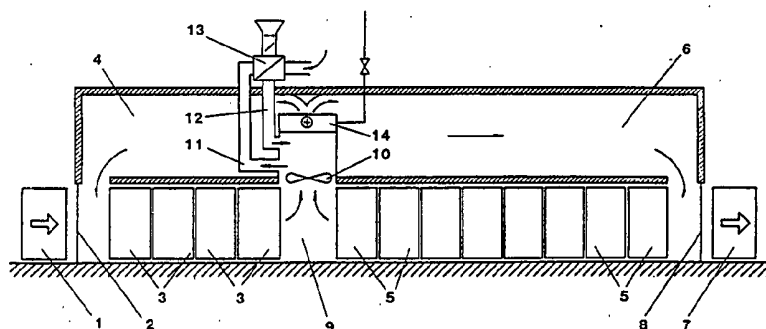
(71) Patentsøker	Ekono OY, Teknikvägen 4, SF-02150 Espoo, FI
(72) Oppfinner	Jarl Gunnar Salin, Espoo, FI
(74) Fullmektig	Knut B. Byklum, Bryns Patentkontor AS, Oslo

(54) **Benevnelse** Fremgangsmåte ved tørking av tre

(56) **Anførte publikasjoner** DE B2 2528565, GB 554930

(57) **Sammendrag**

En fremgangsmåte for tørking av tre hvor treet mates gradvis gjennom en tørketunnell mens den samtidig gjennomtrenges av et gassformig tørkemedium slik som luft transportert primært i tunnellenes lengderetning. Tørketunnellen er delt i to adskilte seksjoner med tørkemediet delt i to sirkulerende understrømmer, hvor en av disse strømmer gjennom den første tunnelseksjon i bevegelsesretningen av treet og den andre gjennom den andre tunnelseksjon mot bevegelsesretningen for treet, hvorefter understrømmene kondisjoneres og returneres til deres seksjoner.



Foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte for økonomisk tørking av sprekkfølsomt virke i en tørketunnell under omspyling av et gassformet tørkemedium fremført hovedsakelig i tunnellens lengderetning, slik det nærmere er angitt i ingressen til det etterfølgende selvstendige krav.

Nærmere bestemt vedrører den foreliggende oppfinnelse en slik fremgangsmåte hvor tørketunnellen er delt i to seksjoner adskilt av et mellomliggende rom og med tørkemediumet delt i to sirkulerende understrømmer. Ved hjelp av fremgangsmåten oppnås forbedret kvalitet på det tørkede trevirke med uendret tørketid, eller alternativt en kortere tørketid med uendret kvalitetsnivå.

Sagd treverk bør tørkes til et fuktighetsinnhold på omlag 15-20%, beregnet på treets tørrvekt, for at treverket kan lagres uten biologisk angrep i form av mugg osv. For tørking av treverk på sagbruk benyttes to hovedtyper tørkeovner, såkalte avdelingsovner og kontinuerlige ovner (tunnelovner), mens tørking på trelasttomter praktisk talt har opphørt.

I avdelingsovnen legges hele trevirkemengden som skal tørkes inn i ovnen på en gang, lagt i stabler på kjent måte. I prinsipp kan en hvilken som helst tørkeplan oppnås i en ovn av denne typen. Med tørkeplan menes hvordan temperaturen og fuktighetsinnholdet i tørkeluften og dens strømningshastighet gjennom trestabelen bevirkes til å variere under tørkeperioden. Det er derfor mulig med denne ovnstype å benytte hva som er, ved enkelte kriterium, den optimale tørkeplan. Dette er hovedfordelen med denne ovn. Ulempene innbefatter et forholdsvis høyt energiforbruk og at disse ovner ikke kan lages spesielt store for ellers ville tørkeklimate variere for mye i ulike partier av trelasten.

I en konvensjonell ett-trinns kontinuerlig ovn beveger trestablene seg gradvis gjennom tunnellen mens nye stabler legges inn med regelmessige intervaller og samtidig tas

tørkede stabler ut fra tunnellens andre ende. Tørkeluften strømmer langs tunnellens lengde i en motstrømmende retning gjennom stablene. Etterhvert som tørkeluften strømmer gjennom stablene avkjøles den samtidig som dens fuktighetsinnhold stiger. Når betingelsene for tørkeluften som mates inn i 5 tunnellen og dens hastighet er valgt kan endringene i temperatur og fuktighetsinnhold i luften (dvs. tørkeplanen) ikke lenger styres, men avhenge kun av interaksjonen med treverket gjennom hvilket luften strømmer. Således er det i 10 en ett-trinns kontinuerlig ovn, til forskjell fra avdelingsovnen, ikke mulig å oppnå noen optimal tørkeplan. Mot dette har den kontinuerlige ovn den fordel at energiforbruket er betraktelig lavere ettersom luften som forlater ovnen nesten er mettet og varmegjenvinning kan også lett oppnås. Videre 15 kan den kontinuerlige ovn fordelaktig bygges opp for høye kapasiteter, 10000-20000 m³/år.

En deling av den kontinuerlige ovn i to trinn har vært foreslått og har også kommet til anvendelse ved enkelte 20 sagbruk. I en slik to-trinns ovn innføres tørkeluften i tunnellen mellom trinnene slik at en del strømmer i en motstrømmende retning i det første trinn av ovnen og en del i en medstrømmende retning i det andre tørketrinn. Sammenlignet med den ett-trinns kontinuerlige ovn, har denne to- 25 trinns kontinuerlige ovn fordeler primært med hensyn til styringsteknologien ettersom den har flere selvregulerende egenskaper.

I valget av tørkeplanen for en avdelingsovn eller av 30 tilstanden for innløpsluften for en kontinuerlig ovn, er det to hovedkrav som skal tilfredsstilles. På den ene side skal det endelige fuktinnhold i treverket etter den ønskede tørketid være det som det er siktet mot, og på den andre side skal kvalitetstapet i treverket under tørkingen være så 35 lite som mulig eller i det minste akseptabelt. Generelt øker tørkehastigheten når forskjellen mellom tørr- og våt-

temperaturene i luften øker. Størrelsen på endringen i treverkets kvalitet er en mer komplisert funksjon av tørkeprosessen, men grovt kan det sies at desto hurtigere tørkingen utføres desto større er kvalitetstapet. Generelt er det et kompromisspørsmål mellom langsom tøking med langsom gjennomkjøringskapasitet, men god kvalitet, og hurtig tørking med redusert kvalitet. Avdelingsovnen har derved oppnådd en økt betydning for tørking med bevaring av kvaliteten fordi med en slik ovn kan tørkeplanen velges på en optimal måte. Tørking kan nemlig utføres forholdsvis hurtig uten å aksentuere kvalitetstapet.

På bakgrunn av de forannevnte omstendigheter har det vært et tydelig fremstøt mot å prøve å bygge kontinuerlige ovner med de karakteristiske fordeler denne type har, men slik at ulempene med den ikke-optimale tørkeplan kan omgås.

Kvalitetstapet for trevirke under tørking kan deles i to hovedkomponenter. En er at med høye temperaturnivåer og/eller lange tørketider foreligger det en harpiksstrøm ved kvister etc. sammen med en mørkning av treets overflate, den andre er at det oppstår sprekker i trevirket. Av disse to grupper er sprekkdannelsen, spesielt med tykkere dimensjoner, klart den viktigste. Årsaken til sprekkdannelsen kan forklares på følgende måte. Under tørking tørker tømmerets overflate hurtigere enn de indre deler av trestykket på grunn av motstand mot bevegelse av fuktigheten inne i materialet. Når fibermetningspunktet nås, dvs. når det frie vann er fjernet og kun vann bundet til tresubstansen gjenstår, begynner treverket å krympe. Dette betyr at en innvendig mekanisk strekkspenning oppstår i treets overflate. Denne strekkspenning frembragt ved krymping balanseres av en tilsvarende trykkspenning i de indre deler av tømmeret. Dersom strekkspenningene i overflatelaget overskrider styrken i treet finner en brytning sted, dvs. overflatesprekker oppstår. Således er det tydelig at dersom forskjellen i fuktighetsinnhold mellom treets overflate og dets indre deler

(fuktighetsprofilen) er fremhevet øker risikoen for sprekkdannelse, dvs. ved hurtig tørking øker risikoen. Saken er imidlertid komplisert grunnet den kjensgjerning at treverk ikke er et rent elastisk materiale, men oppviser viskoelastiske egenskaper. Dette betyr f.eks. at dersom treets overflate utsettes for strekkspenninger over en lengre tid, oppstår krymping, dvs. det er en permanent forlengelse av overflatelaget. Når tørkingen har gått så langt at også de indre deler har nådd fibermetningspunktet, har overflaten følgelig forlenget seg mer enn innsiden og spenningsmønsteret blir så reversert slik at utsiden utsettes for trykkspenning og de indre deler strekkspenning. Under denne siste tørkefase kan dermed innvendig oppsprekking av treverket skje. Selvom disse indre sprekker ikke kan sees er de av stor betydning ved eventuell påfølgende bearbeiding av tømmeret.

Selvom begge mekanismene for kvalitetstap beskrevet ovenfor og mekanismene for fuktighetstransport lenge har vært kjent ved et kvalitativt nivå, har utviklingen av forbedrede tørkeplaner nesten utelukkende vært empirisk, dvs basert på direkte erfaring vedrørende det endelige fuktighetsinnhold og kvaliteten som oppnås med den tørkeplan som er utprøvd. Det kan også fastslås at den kontinuerlige måling av fuktighetsinnholdet og -profilen for tømmeret under tørking er visserligen mulig, men i praksis svært vanskelig. På den andre side foreligger det så langt ingen pålitelig metode for kontinuerlig måling av spenningsforholdene i treverket, og heller ikke for registrering av når sprekker oppstår.

Det har nå imidlertid vist seg mulig med hjelp av fysiske og matematiske beregningsmetoder å forutsi på en pålitelig måte, på den ene side hvordan fuktighetsinnholdet og fuktighetsprofilen i tømmeret utvikler seg og varierer i ulike tørkeklimaer, og på den andre side å forutsi på grunnlag av disse profiler hvilke spenninger som oppstår og således risikoen for spekkdannelse. Likeledes er det muligheter for å estimere harpiksstrømmingen og fargeendringen i treverkets overflate.

Således kan det endelige fuktighetsinnhold i treverket med en gitt tørkeplan beregnes og kvalitetstapet kan også forutsis med slike modeller. Fig. 1 kan fremtrekkes som et eksempel.

5

I figuren er det målte verditap i prosent markert på vertikalaksen for kvalitetsgrader 1-3 på 75 x 150 mm redwood tømmer med ulike tørkeplaner. Horisontalaksen viser en indeks beregnet for de respektive tørkeplaner som setter de

10

maksimal strekkspenninger i forhold til styrken i treet. Tatt i betraktning de eksperimentelle vanskeligheter med slike tester må korellasjonen betraktes som helt tilfredsstillende.

15

Når en konvensjonell ett-trinns progressiv ovn analyseres med hjelp av modellberegninger av denne type oppnår man et bilde som kan eksemplifiseres med hjelp av fig. 2. Den øvre del av figuren viser langs vertikalaksen hvordan den relative strekkspenning i et 75 x 200 mm redwood-tømmer endrer seg som en funksjon av tørketiden uttrykt i dager når tømmeret tørkes fra frisk tilstand ned til et endelig fuktighetsinnhold på 19% på 6 dager under normale forhold. Den nedre del av figuren viser hvordan den psykometriske forskjell (forskjellen mellom tørr- og våttemperaturene) varierer i

20

25

trestabelen når tørkeluften strømmer motstrøms gjennom tømmeret med en hastighet på 4 m pr. sek. Fra figuren kan det fastslås at ingen spenning oppstår i treet under de første 24 timer ettersom treet overflate da enda ikke har tørket til under fibermetningspunktet. Deretter stiger spenningen

30

hurtig til å nå sitt maksimum mot enden av den andre dag. Spenningen avtar så kontinuerlig under hele den gjenværende tørketid.

35

Ettersom det er det maksimale spenningsnivå som bestemmer risikoen for oppsprekking (fig. 1), kan det ses at det er den psykometriske forskjell rundt slutten av den andre dag som bestemmer kvalitetstapet for treverket. Både før og etter

denne kritiske periode kunne den psykometriske forskjell være større enn nivåene gitt i fig. 2. Dette kan imidlertid ikke endres i en konvensjonell kontinuerlig ovn.

5 Det er nå uventet oppdaget at disse negative egenskaper tilknyttet den konvensjonelle kontinuerlige ovn i stor utstrekning kan elimineres dersom ovnen deles i to tørketrinn på en hensiktsmessig måte.

10 Hovedkjennetegnene ved oppfinnelsen fremgår av det vedlagte krav 1.

Den foreliggende oppfinnelse er følgelig basert på den oppdagelse at dersom strømningsretningen for tørkeluften
15 under det første tørketrinn er medstrømmende og under det neste trinn er motstrømmende i forhold til trevirket, oppnås en lav psykometrisk forskjell under perioden som er kritisk for kvaliteten til trevirket med en økende psykometrisk forskjell på hver side av dette punkt. Som et eksempel på en
20 utførelse av oppfinnelsen er fig. 3 vist. Ved den reverserte strømningsretning for tørkeluften under det første trinn, avtar her den psykometriske forskjell med tiden, som fører til en hurtig tørking ved begynnelsen, slik at fibermetningspunktet nås allerede etter 12 timer, mens spenningsnivået nå ikke stiger så høyt som i fig. 2. Under det andre
25 tørketrinn avviker forholdet fra de i en konvensjonell ovn bare ved at hastigheten på den tørkende luft nå kan fordelaktig holdes noe lavere (f.eks. 2,6 m pr. sek.) som gir en mildere tørkeatmosfære under den kritiske periode. De ytre
30 forhold er uendret både i eksempelet vedrørende en konvensjonell ovn (fig. 2) og i eksempelet vedrørende to-trinns tørking i samsvar med oppfinnelsen, slik at en direkte sammenligning er mulig. Man ser da at den høye spenningsstopp i fig. 2 nå er delt i to mindre topper. I eksempelet i fig. 3
35 er delingspunktet mellom de to trinn også temperaturene og hastighetene for tørkeluften blitt valgt slik at disse

to spenningstopper er av lik høyde og ved et så lavt nivå som mulig. Dette oppnås dersom det første tørketrikk representerer omtrentlig $1/3$ og det andre trinn følgelig $2/3$ av hele tørketiden (lengden av tørketunnellen). Videre holdes 5 fordelaktig hastigheten på tørkeluften i det første trinn noe høyere og i det andre trinn noe lavere enn den som er normal i en konvensjonell ett-trinns kontinuerlig ovn. Spenningstoppene i fig. 3 er ved et omtrentlig 20% lavere nivå enn spenningstoppen i fig. 2 som fører til en betraktelig 10 reduksjon av kavlitetstapene under tørking (fig. 1) uten at tørketiden (kapasiteten) blir endret. Alternativt kan denne forbedring som er oppnådd ved hjelp av oppfinnelsen anvendes slik at kvaliteten til treet holdes uendret, men tørketiden forkortes.

15 Det skal bemerkes at i den to-trinns progressive ovn som ble presentert tidligere er strømningsretningen for tørkeluften i forhold til treet motstrømmende i det første trinn og medstrømmende i det andre, som naturligvis har den følge at 20 den psykometriske forskjell er størst i området rundt den kritiske tørkeperiode. Med hensyn til strømningsretningene utgjør denne tidligere konstruksjon således det verst tenkelige alternativ.

25 Det har nå også uventet blitt oppdaget at, skjønt tørking i samsvar med oppfinnelsen er delt i to trinn, kan viktige prosessenheter gjøres felles for begge trinn som betraktelig forenkler konstruksjonen av tørkeovnen uten praktisk talt noen virkning på kvalitetsbevarende egenskaper ved oppfinnel- 30 sen. Typen prosessenheter som kan lages felles er oppvarmingsenheten for tørkeluften, vifter for transport av luften gjennom trematerialene, og ventilasjonsenheten for opprettholdelse av den ønskede luftfuktighet.

35 Som det fremgikk av fig. 3 er det fordelaktig å opprettholde en høyere lufthastighet i det første trinn enn i det andre tørketrikk. Etersom antallet tømmerstabler i det første

trinn (tunnellengden) er mindre enn i det andre trinn, betyr dette at strømmingstapene er nesten like i de to trinn til tross for ulike hastigheter. Følgelig kan luftsirkulasjonen i de to trinn opprettholdes av én enkelt vifteenhet uten deling av luften mellom to trinn som avviker betydelig fra det 5 ønskede. Likeledes er det tydelig utfra fig. 3 at luftstrømmene som føres inn i hver av tørketrinnene ved endene av tunnelen ikke avviker svært mye med hensyn til deres tilstand. Dette viser at kvalitetsfordelene ved oppfinnelsen 10 kan bibeholdes selv om luft med samme betingelse, dvs. fra den samme varmeenhet, mates inn i begge tørketrinnene.

Fig. 4 viser et eksempel sammenlignbart med fig. 2 og 3 og hvor den samme luft (psykometrisk forskjell $9,5^{\circ}\text{C}$) mates inn 15 i begge tørketrinn og i hvilke lufthastighetene ($3,12$ og $2,24$ m pr.sek. respektivt) blir sammenholdt slik at trykkfallene er de samme, dvs. en situasjon som kan oppnås ved å bruke kun en enkelt, felles oppvarmingsenhet og en enkelt vifteenhet. Det fremgår fra figuren at spenningstoppene er praktisk talt 20 identiske med toppene i fig. 4. Videre er det funnet at tørkeluften fra hvert av trinnene har nesten den samme tilstand (psykometrisk forskjell omtrentlig 4°C). Således får det ingen vesentlig følge for energiforbruket om utslippet av fuktig luft fra ovnen finner sted fra det første eller det 25 andre trinn eller etter blanding av luften fra disse trinn, dvs. en felles enhet for utslipp av fuktig luft og innføring av frisk luft kan benyttes. En utførelse av oppfinnelsen representert ved fig. 4 viser at denne to-trinns tørketunnel ikke i en avgjørende grad er mer komplisert i sin oppbygning 30 enn en tilsvarende ett-trinns konvensjonell tørketunnel, men med den forskjell at kvaliteten til det tørkede trematerialet er betraktlig bedre tiltross for en uendret tørketid. Alternativt kan tørketiden forkortes betraktelig uten å endre kvaliteten sammenlignet med en ett-trinns tørketunnel.

35 Et eksempel på en utførelse ifølge oppfinnelsen er vist i fig. 5, som viser et horisontalt riss i tverrsnitt av et

arrangement for virkeliggjøring av den foreliggende fremgangsmåte. I figuren venter trestabelen på å bli innsatt i tørketunnellen gjennom innløpsdøren 2. Trestabelen 3 i den første tørkeseksjon gjennomtrenges av tørkeluft som strømmer i en medstrømmende retning fra returtunnellen 4. Trestabelen 5 i den andre tørkeseksjon gjennomtrenges av tørkeluft som strømmer i motstrømmende retning fra returtunnellen 6. Etter den andre seksjon tas en tørket trestabel 7 ut gjennom utløpsdøren 8. Etter de respektive tørkeseksjoner suges tørkeluften ut fra det mellomliggende rom 9 ved hjelp av en vifteenhet 10 til kondisjoneringsenheten. For å opprettholde det ønskede fuktighetsinnhold i tørkeluften suges en andel av tørkeluften ut gjennom kanalen 11 og erstattes med friskluft gjennom kanalen 12. Endel av varmeinnholdet i utslippsluften gjenvinnes til utskiftningsluften i varmeveksleren 13. Tørkeluften oppvarmes til ønsket temperatur i varmtvanns- eller dampoppvarmet luftvarmer og blir deretter ledet til returtunnellene 4 og 6. Etter at tørking har foregått tilstrekkelig åpnes dørene 2 og 8 og en trestabel 5 tas ut til posisjonen 7 hvorefter hele raden med trestabler 3 og 5 beveges et trinn fremad og en ny trestabel innsettes fra posisjonen 1 inn i den første tørkeseksjon hvorefter dørene stenges og tørkeprosessen fortsetter.

Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen kan også enkelt suppleres med tillegg av et hviletrinn mellom de faktiske tørketrinn. Dersom treet, etter føring gjennom det første trinn, men før mating inn i det andre tørketrinn, oppbevares i hovedsakelig stasjonær luft med omtrentlig den samme temperatur som i tørkettrinnet for en periode på f.eks. 5 timer, finner en hurtig utligning av fuktighetsprofilen i treverket i tykkelsesretningen sted. Ved inngang til det andre tørketrinn, på grunn av det økende fuktighetsinnhold i overflatelaget, oppnås mer hurtig tørking, hvorved den totale tørketid ikke påvirkes i en avgjørende grad til tross for dødtiden som hviletrinnet representerer. Det er imidlertid tidligere kjent at de visko-elastiske egenskaper (krymping) i

treet blir aksentuert ved fuktighetsendringer. På grunn av disse såkalte "mekano-sorptive" virkninger har hviletrinnene en positiv virkning med hensyn til spenningsutviklingen i det andre tørke-trinn. Dette kan utnyttes i form av forbedret kvalitet i treet etter tørking eller alternativt høyere 5
ovnkapasitet.

10

15

20

25

30

35

P a t e n t k r a v

1.

5 Fremgangsmåte for økonomisk tørking av sprekkfølsomt virke i en tørketunnell under omspyling av et gassformet tørkemedium fremført hovedsakelig i tunnellens lengderetning, hvilken tørketunnell er oppdelt i to adskilte avsnitt, gjennom hvilke virket innenfor hvert avsnitt i flere trinn fremmates og har tørkemediet oppdelt i to sirkulerende delstrømmer slik at den 10 ene delstrømmen bringes til å strømme gjennom tunnellens første avsnitt med virkets bevegelsesretning innenfor avsnittet slik at delstrømmen først kommer i kontakt med det virket som sist ble innført i kanalen samt deretter suksessivt med virket som har tørket lengre tid, og den andre 15 gjennom kanalens andre avsnitt mot virkets bevegelsesretning innenfor avsnittet slik at delstrømmen først kommer i kontakt med det virke som har tørket lengst samt deretter suksessivt med virket som har tørket kortere tid, k a r a k t e r i s e r t v e d at det første avsnittet er kortere enn det 20 andre og at tørkemediets strømningshastighet i det første avsnittet er høyere enn i det andre og slik at tørkemediets våttemperatur er i hovedsak den samme i begge avsnittene, mens psykrometerforskjellen er lavest ved overgangen mellom avsnittene og vesentlig stiger i retning mot tunnellens begge 25 ender og at nevnte temperaturer holdes hovedsakelig konstant, samt slik at den maksimale drag- eller trekkspenningen i virkeoverflaten er vesentlig ved det samme nivå i begge avsnittene og at de nevnte delstrømmene deretter kondisjoneres og resirkuleres.

2.

30 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at understrømmene etter kontakt med trevirket blandes og deretter igjen deles i understrømmer som kondisjoneres og 35 returneres til deres respektive seksjoner.

3.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t
v e d at understrømmene etter kontakt med trevirket blandes
5 og kondisjoneres og deretter igjen deles i to understrømmer
som returneres til deres respektive seksjoner.

4.

Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-3,
10 k a r a k t e r i s e r t v e d at lengden av den første
tørkeseksjon utgjør 25-50%, fordelaktig omkring 1/3, av den
effektive lengde av hele tørketunnellen.

5.

15 Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-4,
k a r a k t e r i s e r t v e d at trevirket etter den
første seksjon, men før den andre seksjon, passerer gjennom
en hvilefase under hvilken virket omgis av hovedsakelig
stasjonær luft med en tilstand hovedsakelig på samme nivå som
20 i de faktiske tørkeseksjoner.

6.

Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-5,
25 k a r a k t e r i s e r t v e d at sirkulasjonen av
tørkemedium oppnås med et organ som er felles for begge
seksjoner.

30

35

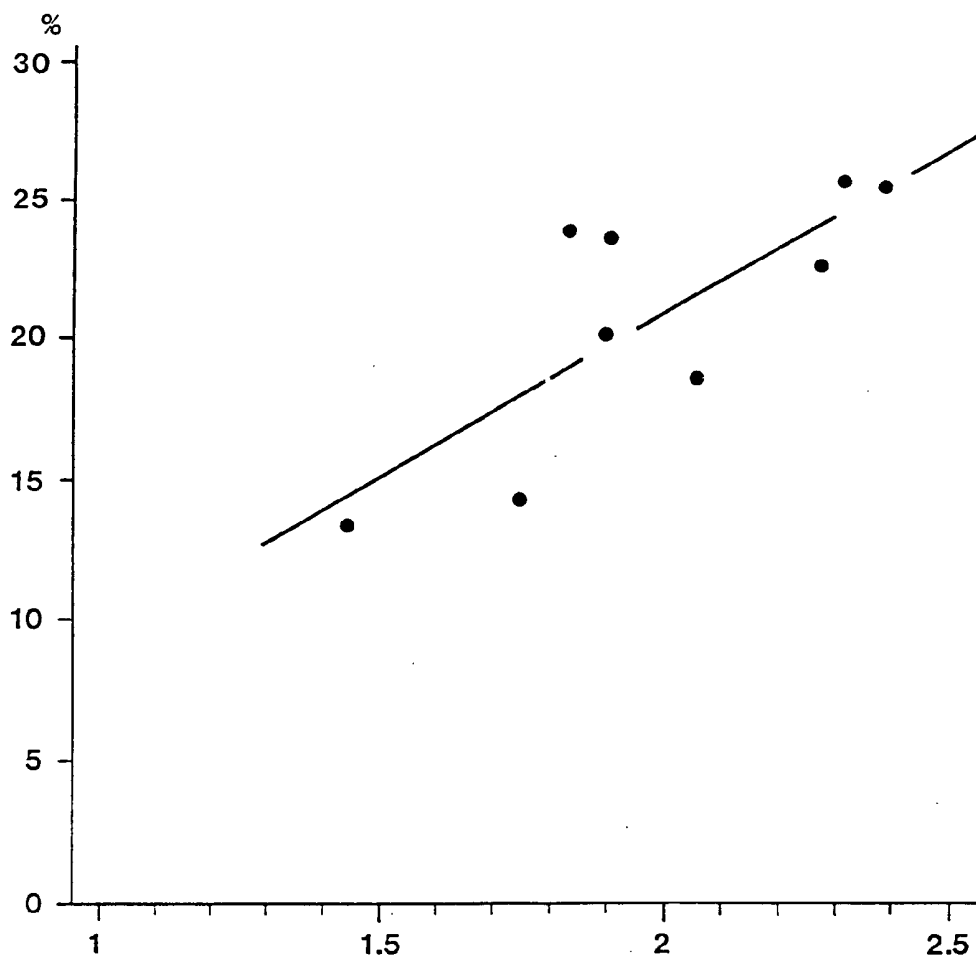


FIG. 1

176895

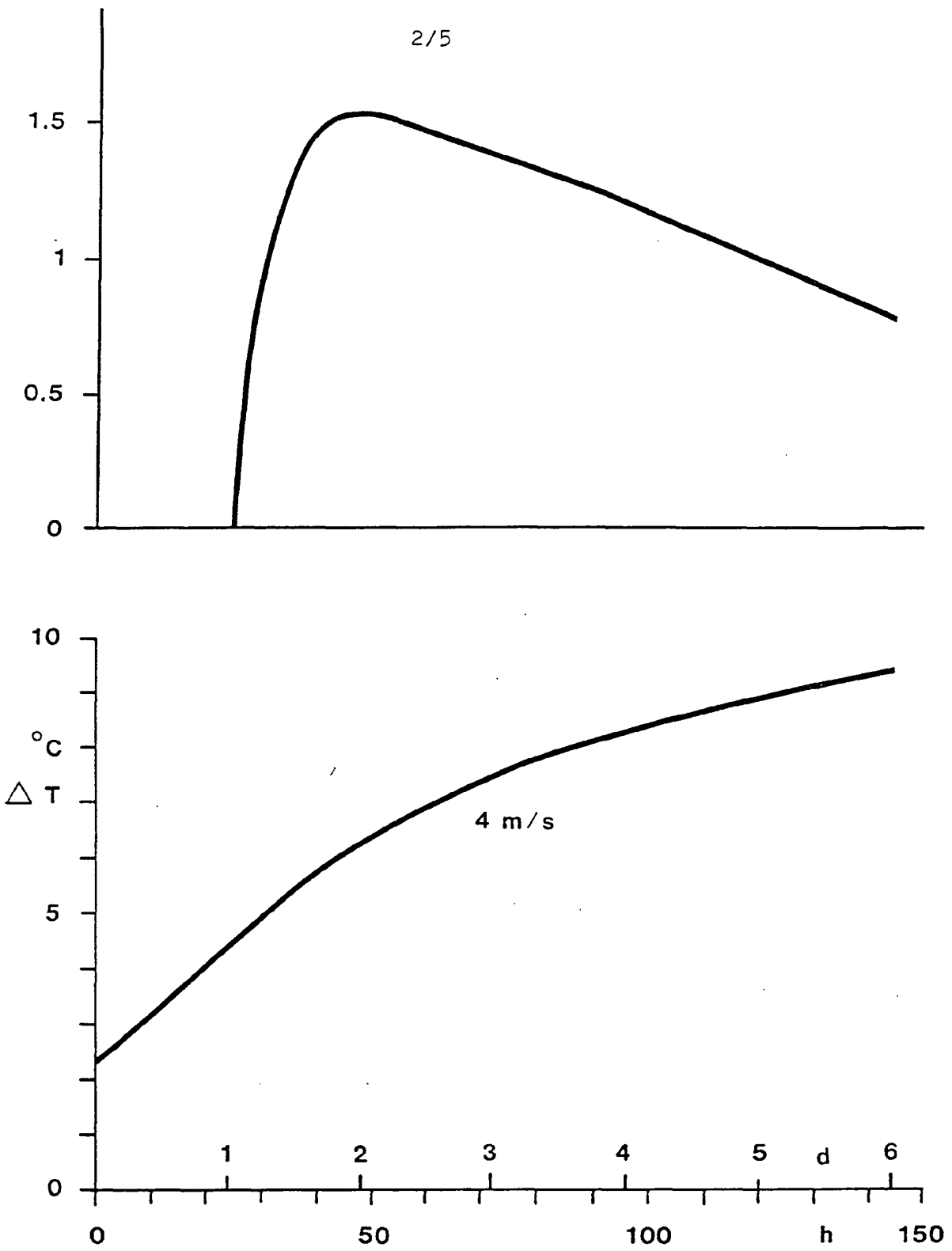


FIG. 2

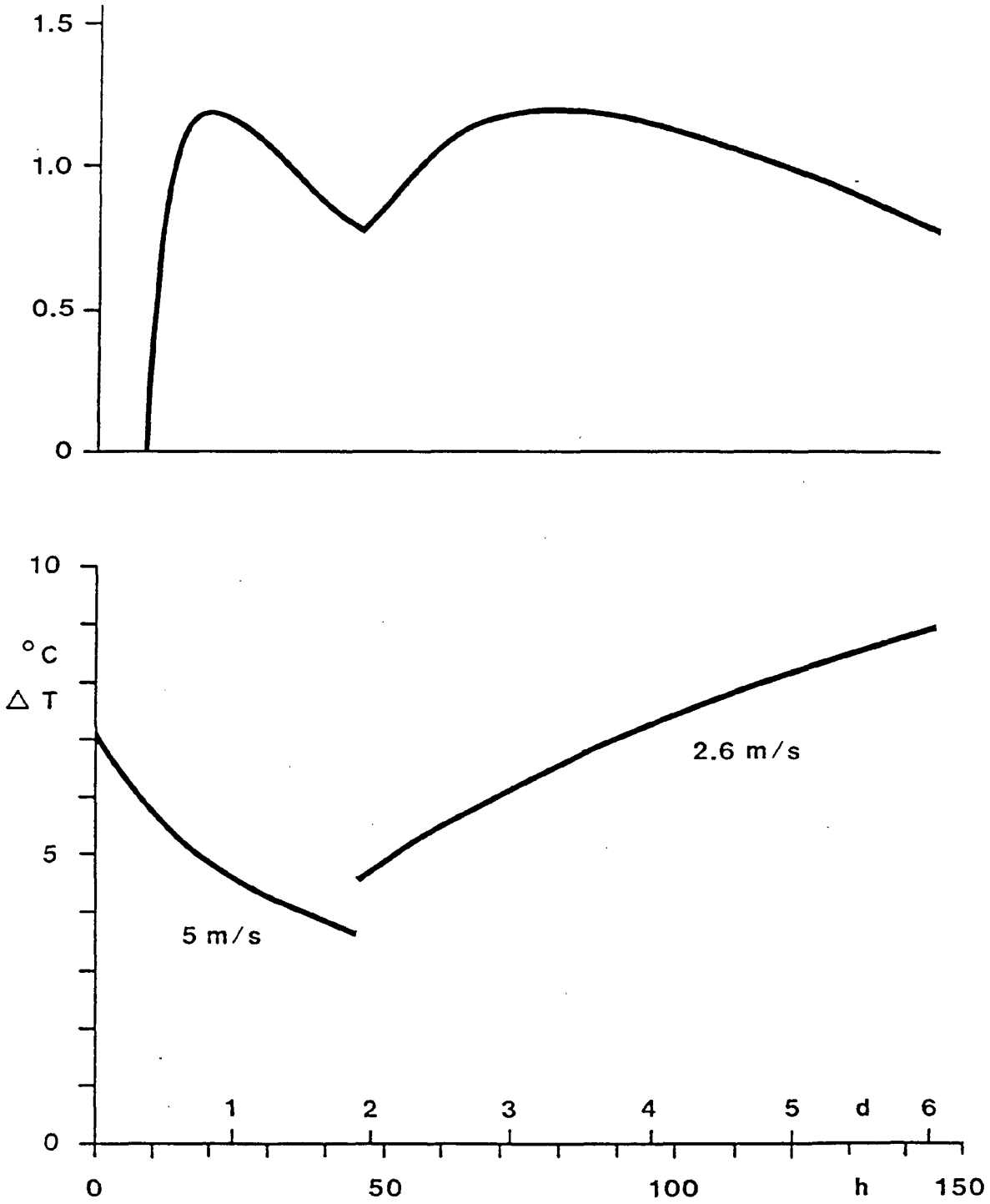


FIG. 3

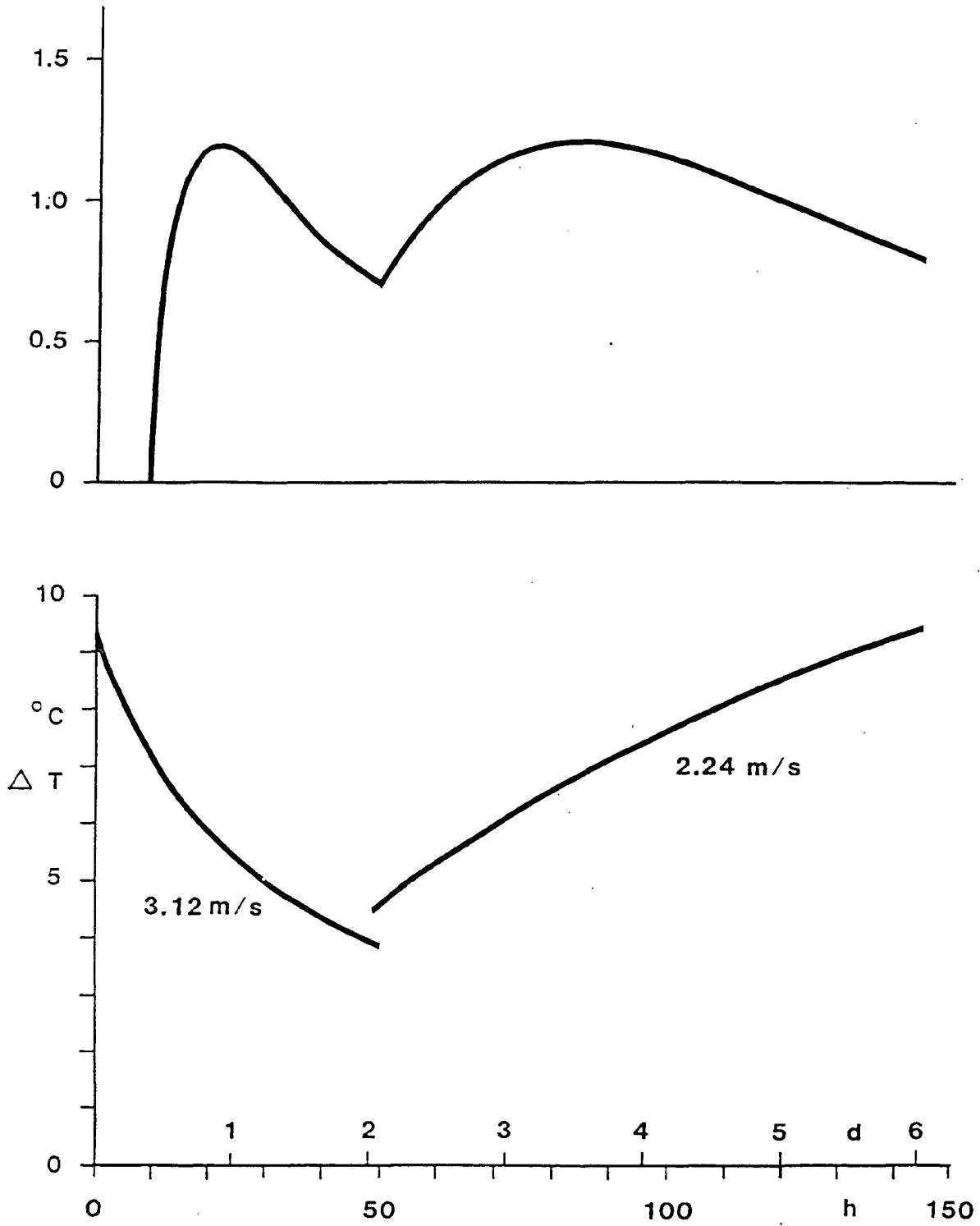


FIG. 4

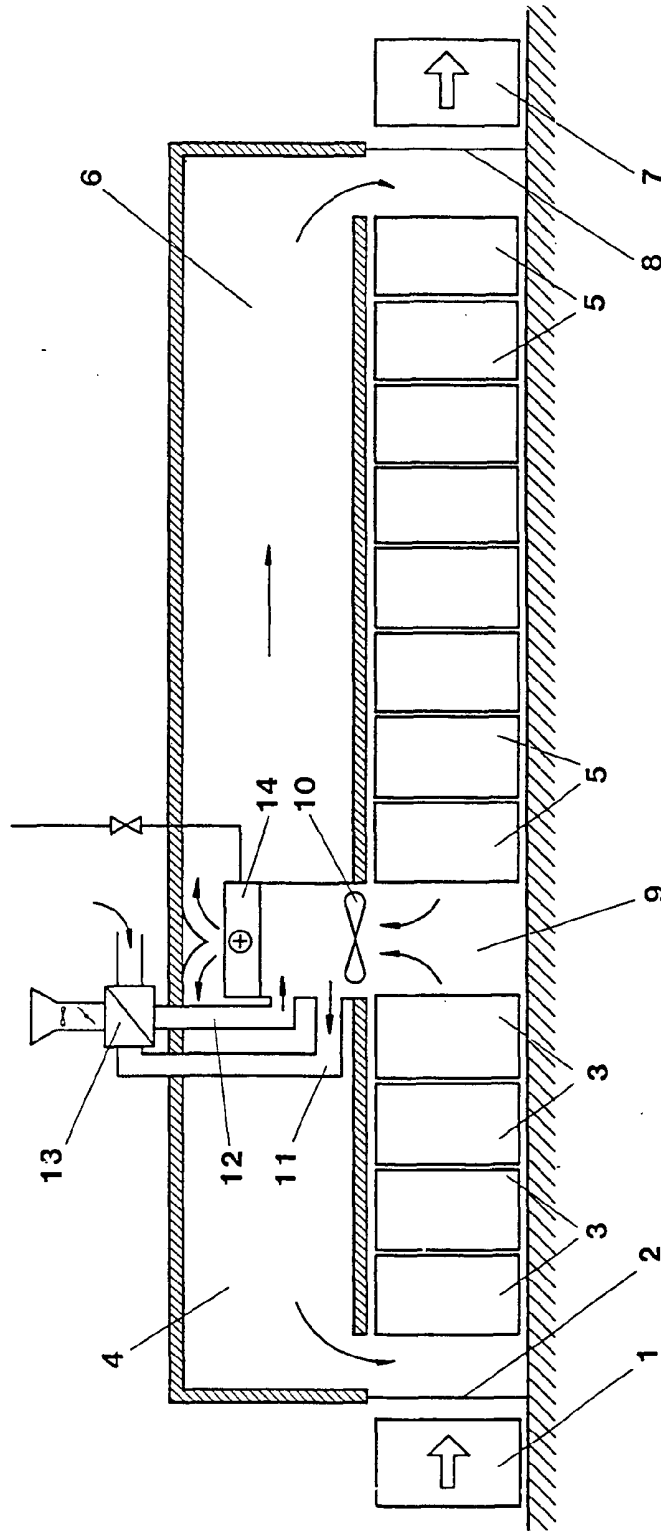


FIG. 5