



UNIVERSITEIT GENT

Faculteit Ingenieurswetenschappen
Vakgroep Architectuur en Stedenbouw
voorzitter: Prof. Dr. B. Verschaffel

Academiejaar 2005 – 2006

VOCHTTRANSPORTEIGENSCHAPPEN VAN CAPILLAIRE ONDERDAKMATERIALEN

deel 1

Verhandeling ingediend tot het behalen van de academische graad van Burgerlijk
Ingenieur - Architect, optie bouwtechniek
door

Sophie De Jonghe

Promotor
Prof. Dr. Ir. - Arch. A. Janssens

Vochttransporteigenschappen van capillaire onderdakmaterialen

door Sophie De Jonghe

Verhandeling ingediend tot het behalen van de academische graad van Burgerlijk Ingenieur - Architect, optie bouwtechniek

Academiejaar 2005 – 2006
Promotor Prof. Dr. Ir. – Arch. A. Janssens

Universiteit Gent, Faculteit Ingenieurswetenschappen
Vakgroep Architectuur en stedenbouw

overzicht en vraagstelling

Aan gebouwen worden steeds strengere eisen opgelegd op het vlak van energie-efficiëntie. Aanvankelijk waren economische motieven hiervoor de oorzaak, nu spelen ook de ecologische motieven een rol. De beste manier om de energievraag voor woningen te beperken is nog steeds een doorgedreven thermische isolatie. Daardoor neemt de isolatiedikte in daken alsmaar toe. Samen met dit feit werd echter ook een toename van het aantal vochtproblemen in hellende daken waargenomen. Om dit in de toekomst te vermijden, is het nodig nieuwe ontwerpmethodes te ontwikkelen die de vochtthuishouding in de daken garanderen bij de actuele randvoorwaarden en bouwtechnieken.

Aangezien hellende daken helemaal niet luchtdicht zijn, door het gebruik van luchtdoorlatende materialen en de aanwezigheid van luchtlekken (bijvoorbeeld: perforaties door elektriciteitsleidingen), is inwendige condensatie door luchtlekkage de grootste schade-oorzaak van vochtproblemen in daken.

In vorige studies werd reeds aangetoond dat de methode van Glaser – die de hoeveelheid inwendige condensatie bepaalt enkel rekening houdende met het waterdamptransport door diffusie – kan vervangen worden door het één-dimensionaal diffusie-convectiemodel. Het kan worden toegepast om de maximale impact van luchtlekkage op het vochtgedrag van een constructie op een veilige manier te evalueren. Er zijn echter wel enkele beperkingen: het diffusie-convectiemodel brengt enkel het waterdamptransport door diffusie en convectie in rekening, capillair watertransport wordt dus verwaarloosd. Het model is dus niet geschikt om condensatie in daken met sterk capillaire materialen te voorspellen.

Daarom wordt in deze scriptie bijkomend onderzoek gedaan op nieuwe onderdakmaterialen. Hun vochttransporteigenschappen (capillariteit en dampdoorlatendheid) worden onderzocht. Deze studies moeten daarna toelaten om richtlijnen te ontwikkelen voor het gebruik van berekeningsnormen voor inwendige condensatie.

trefwoorden

onderdakmaterialen, vochttransporteigenschappen, capillariteit, diffusie, inwendige condensatie...

dankwoord

Vooraleerst wil ik professor Arnold Janssens bedanken voor de deskundige uitleg en het altijd beschikbaar zijn wanneer nodig.

De medewerkers van het Labo Magnel te Zwijnaarde die me alle hulp gaven die nodig was en me steeds te woord stonden toen ik vragen had.

An, bedankt voor de vijf jaar toffe samenwerking in het atelier en alle andere werkjes.

Ook wil ik mijn “nonkel Jos” bedanken omdat hij deze thesis zo nauwkeurig heeft nagelezen.

En tenslotte mijn ouders voor de jarenlange steun en het helpen waar het nodig was...

toelating tot bruikleen

De auteur geeft toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de scriptie te kopiëren voor persoonlijk gebruik.

Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze scriptie.

30 mei 2006,

Sophie De Jonghe

afkortingen en symbolen

A:	waterabsorptie - coëfficiënt [$\text{kg/m}^2 \cdot \sqrt{\text{s}}$]
b:	breedte [m]
c:	waterdampconcentratie [kg/m^3]
c':	maximale waterdampconcentratie [kg/m^3]
c _e :	waterdampconcentratie buiten [kg/m^3]
c _i :	waterdampconcentratie binnen [kg/m^3]
d:	dikte [m]
E:	buiten
g:	waterdampstroomdichtheid [$\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$]
g:	valversnelling [$9,81 \text{ m/s}^2$]
G:	waterdampstroom [kg/s]
h:	enthalpie van vochtige lucht [J/kg]
H:	capillaire stijghoogte [m]
I:	binnen
K:	neerslaande waterdamphoeveelheid door oppervlaktecondensatie [g/h]
m:	massa [kg]
m:	opgezogen hoeveelheid per eenheidsoppervlakte [kg/m^2]
n:	ventilatievoud = aantal luchtwisseling per uur [-/h]
p:	dampdruk [Pa]
p':	maximale dampdruk [Pa]
p _a :	luchtdruk [Pa]
p _c :	capillaire opzuiging [Pa]
p _e :	droge luchtdruk [Pa]
p _e :	luchtdruk binnen [Pa]
p _i :	luchtdruk buiten [Pa]
P:	de geproduceerde waterdamp [g/h]
r:	poriëndiameter [m]
R ² :	correlatie
R:	gasconstante [$432 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$]
R:	warmteweerstand [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$]
R.V.:	relatieve vochtigheid [%]
t:	tijd [s]
T:	temperatuur [K]
T _i :	temperatuur binnen [K]

v :	stroomsnelheid [m/s]
V :	volume [m ³]
w_c :	capillair vochtgehalte [kg/m ³]
x :	waterdampgehalte [g/m ³]
Z :	diffusieweerstand [m/s]
β :	waterdampovergangscoefficiënt [m/s]
δ :	dampgeleidingscoëfficiënt [s]
δ_a :	damppermeabiliteit van lucht [= 2.10 ⁻² s]
λ :	warmtegeleidingscoëfficiënt [W/m.K]
μ :	diffusieweerstandsgetal [-]
μ_d :	equivalente diffusiedikte [m]
φ :	relatieve vochtigheid [%]
η :	dynamische viscositeit van water [N.s/m ²]
ρ :	soortelijke massa [kg/m ³]
σ :	oppervlaktespanning van water [+/- 75.10 ⁻³ N/m]
θ :	temperatuur [°C]

Inhoud

deel 1

Inleiding	1
Hoofdstuk I: Vochttransport in poreuze materialen	3
INLEIDING	4
DIFFUSIE VAN WATERDAMP	4
1. Theoretische achtergrond	4
1.1 Waterdamp – luchtmengsels	4
1.2 Diffusie van waterdamp in lucht	7
1.3 Diffusie door poreuze materialen	7
1.4 Beschrijving van het diffusieproces in poreuze materialen	8
1.5 Hygroscopisch vochtgehalte	10
WATERTRANSPORT	14
1. Theoretische achtergrond	14
1.1 Capillaire opzuiging	14
1.2 Kritisch vochtgehalte	16
1.3 Capillair vochttransport in poreuze materialen	17
BESLUIT	18
Hoofdstuk II: Proeven op onderdakmaterialen	19
0. Inleiding	20
1. Soorten onderdakmaterialen	22
1.1 Multiplex-top onderdakplaten (Gutex)	22
1.2 Celit onderdakplaten (Isoproc)	23
1.3 Menuiserite onderdakplaten (Eternit)	25
1.4 Novex onderdakplaten (SVK)	26
2. De dampdiffusieproef	27
2.1 Uitleg proef	27
2.2 Indeling in de onderdakklassen	30
2.3 Klimaatkamer	31
2.4 Metingen	32
2.5 Resultaten van de metingen	33
2.6 Conclusies uit de metingen	35

3. De capillariteitsproef	39
3.1 Uitleg proef	39
3.2 Metingen	42
3.3 Resultaten van de metingen	43
3.4 Conclusies uit de metingen	46
4. Besluit	51
 Hoofdstuk III: Vochttransport doorheen constructies	52
INLEIDING	53
WOONVOCHT	53
1. Vochtbalans	53
2. Binnenklimaatklassen	55
VOCHTBEHEERSING	56
1. Inwendige condensatie	56
2. De methode van Glaser	57
3. Dampschermen	57
4. Oppervlaktecondensatie	58
BESLUIT	59
 Hoofdstuk IV: Het hellende dak	60
0. Inleiding	61
1. Theoretische achtergrond	61
1.1 Opbouw	61
1.2 Probleemstelling	62
1.3 Basiscriteria	62
1.4 Het bouwvochtgehalte	63
1.5 Beperking van de condensatiehoeveelheden	64
2. Invloed van het onderdakmateriaal op de dakconstructie	65
2.1 Methode	65
2.2 Randvoorwaarden	69
2.2.1 Het buitenklimaat	69
2.2.2 Het binnenklimaat	70
2.2.3 Dakhelling en –oriëntatie	71
2.2.4 Oppervlakte-overgangswaarden	71
2.3 Analyse van enkele daken met verschillende onderdakmaterialen	72

2.4 Beoordeling van de resultaten	72
2.4.1 Algemeen	72
1. Vochtgehalte in de isolatie	72
2. Isolierend vermogen van de isolatie	74
3. Totaal vochtgehalte in het dak	75
4. Vochtgehalte in het onderdak	82
2.4.2 Winter- en zomersituatie	83
1. Resultierend vochtgehalte na de winter	83
2. Evolutie vochtgehalte	85
3. Besluit	88
 Hoofdstuk V: Algemeen besluit	 89
 Bibliografie	 92

deel 2

Appendix I:	Metingen, berekeningen en grafieken van de dampdiffusieproeven	1
Appendix II:	Metingen, berekeningen en grafieken van de capillariteitsproeven	44
Appendix III:	Gegevens, simulaties en resultaten van de analyse van enkele daken	140

Inleiding

Deze thesis valt uiteen in twee luiken, een eerste waarin proeven op een aantal onderdakmaterialen uitgevoerd worden en een tweede waarin het nut van capillaire onderdakmaterialen in een hellend dak onderzocht wordt. Ter ondersteuning wordt eerst een theoretische beschouwing gegeven zodat de verdere toepassingen beter begrepen kunnen worden.

In hoofdstuk I van het eerste luik wordt daarom begonnen met een theoretische achtergrond die het vochttransport doorheen poreuze materialen beschrijft. Er worden twee processen aangehaald namelijk diffusie van waterdamp en capillair watertransport. Daarna worden er in hoofdstuk II proeven verricht op zeven soorten onderdakmaterialen waarbij hun vochttransporteigenschappen getest worden. Hun capillariteit en dampdoorlatendheid worden gemeten door middel van opzuigings- en dampdiffusieproeven. Daaruit kunnen we verschillende parameters halen zoals de equivalente diffusiedikte, de waterabsorptie-coëfficiënt en het capillair vochtgehalte.

Deze waarden hebben we nodig in luik 2. Inleidend bestuderen we in hoofdstuk III hoe vocht zich verplaatst doorheen een constructie. Na deze algemene beschouwing spitsen we ons toe op hellende daken want hierin worden reeds geruime tijd vochtproblemen vastgesteld. Dit is dus het actuele probleem. In hoofdstuk IV kunnen we door middel van simulaties met het programma 'Wufi 4 light' het belang en de invloed van het onderdak in het hellende dak testen. De geteste capillaire materialen uit hoofdstuk II worden vergeleken met niet – capillaire materialen en er wordt bekeken of er meer of minder vochtproblemen zullen optreden en wat hiervan de oorzaak is.

Uit deze studie moet dan blijken of de vochtproblemen in hellende daken met bestaande materialen reeds opgelost kunnen worden of zo er nog andere middelen nodig zijn om alle problemen te vermijden. En zo ja, welke?

Hoofdstuk I: Vochttransport in poreuze materialen

INLEIDING

Ter ondersteuning van de proeven die in hoofdstuk II zullen besproken worden, wordt in hoofdstuk I van deze thesis een theoretische benadering gegeven. Zo wordt het transport van vocht in de vorm van waterdamp besproken. Dit wordt het diffusieproces van waterdamp genoemd. Dit proces bepaalt onder andere het optreden van condensatie en speelt ook een belangrijke rol bij het droogproces van materialen en constructies. Ook het transport van water in vloeibare vorm wordt uitgelegd (capillair watertransport) omdat dit proces plaats vindt bij de opzuiging van condensatie in het onderdakmateriaal.

DIFFUSIE VAN WATERDAMP

In dit deel zal het transport van vocht in de vorm van waterdamp worden besproken. Deze vorm van vochttransport bepaalt onder andere het optreden van condensatie en speelt ook een belangrijke rol bij het droogproces van materialen en constructies.

1. Theoretische achtergrond

1.1 Waterdamp – luchtmengsels

Waterdamp is alom aanwezig in de atmosfeer: beslagen ruiten (condensatie van waterdamp) zijn er een duidelijk bewijs van.

Lucht bevat dus altijd een zekere hoeveelheid waterdamp, die onzichtbaar is. Echter stoom en mist zijn kleine druppeltjes die wel zichtbaar zijn. Lucht kan dus gezien worden als een mengsel van droge lucht en waterdamp. Deze worden beiden beschouwd als ideale gassen zodat de wet van Boyle Gay-Lussac geldt.

Voor waterdamp is dit:

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

p: dampdruk (Pa)

V: volume lucht (mengsel) (m³)

m: massa waterdamp (kg)

R: gasconstante van waterdamp (432 J/kg.K)

T: temperatuur (K)

En voor het mengsel geldt bovendien ook de wet van Dalton:

$$p_a = p_e + p$$

p_a : luchtdruk (Pa)

p_e : droge luchtdruk (Pa)

p : dampdruk (Pa)

Dit toont aan dat de luchtdruk de som is van twee partiële drukken: deze van droge lucht en de dampdruk.

Lucht kan slechts een beperkte hoeveelheid waterdamp opnemen. Dit wordt gedefinieerd door de waterdampconcentratie c (kg/m^3), dit is de hoeveelheid damp per volume-eenheid droge lucht. Deze hoeveelheid hangt eveneens af van de temperatuur. Hoe hoger de temperatuur, hoe meer damp kan worden opgenomen (zie ook wet van Gay-Lussac). In de volgende figuur wordt de maximale concentratie getekend in functie van de temperatuur.

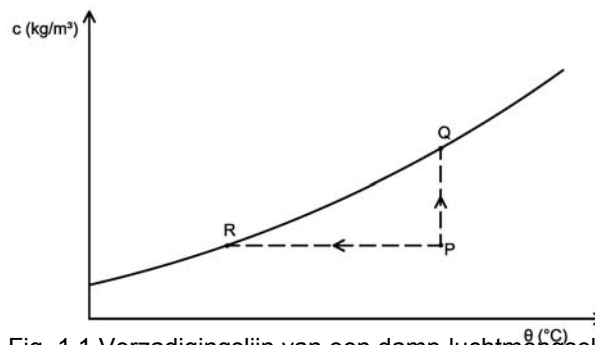


Fig. 1.1 Verzadigingslijn van een damp-luchtmengsel

Indien een lucht-waterdampmengsel niet met damp verzadigd is – de waterdampconcentratie is kleiner dan de maximale concentratie – bestaan er twee methoden om tot verzadiging te komen.

Stel beginsituatie P: Men kan waterdamp toevoegen, terwijl de temperatuur constant blijft. De situatie verplaatst zich volgens de rechte PQ. Indien punt Q wordt bereikt, is het mengsel verzadigd. Wanneer er nog meer damp wordt toegevoegd, dan treedt condensatie op (condenseren is het omzetten van waterdamp in water, het omgekeerde verschijnsel noemen we verdampen).

In plaats van damp toe te voegen, kan men ook de temperatuur verlagen (PR). Als punt R bereikt is, is de lucht verzadigd. De bij punt R behorende temperatuur wordt de dauwpuntstemperatuur genoemd. In de grafiek is gemakkelijk te zien dat alle punten op éénzelfde horizontale lijn het zelfde dauwpunt bezitten.

De dauwpuntstemperatuur wordt dus uitsluitend bepaald door de dampconcentratie, en dus niet door de temperatuur.

Wanneer men de temperatuur nog verder zou laten zakken, volgt het punt de verzadigingslijn en vindt er condensatie plaats.

De verhouding tussen de werkelijk gemeten dampconcentratie van de lucht en de bij dezelfde temperatuur behorende maximale dampconcentratie noemt men de relatieve vochtigheid ϕ (R.V.).

$$\phi = \frac{c}{c'} = \frac{\text{werkelijke dampconcentratie}}{\text{maximale dampconcentratie}} \times 100$$

De relatieve vochtigheid is dimensieloos en wordt in het algemeen uitgedrukt in procenten.

In plaats van te werken met concentraties, kunnen we de relatieve vochtigheid ook definiëren als de verhouding tussen de werkelijke dampdruk p en de maximale dampdruk p' (bij verzadiging) horende bij dezelfde temperatuur.

$$\phi = \frac{p}{p'}$$

De toestand van lucht kan volledig worden bepaald wanneer twee van de vier parameters gekend zijn:

- de temperatuur van de lucht (θ)
- de enthalpie (h)
- het waterdampgehalte (x)
- de relatieve vochtigheid (ϕ)

Het verband tussen deze parameters is weergegeven in het diagram van Mollier.

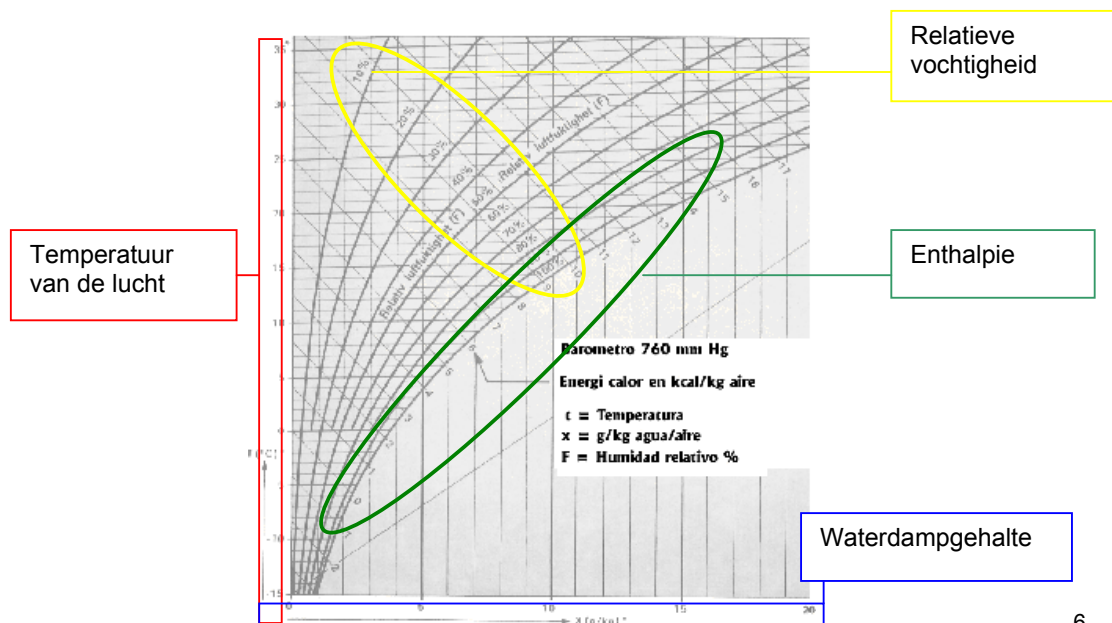


Fig. 1.2 Diagram van Mollier

1.2 Diffusie van waterdamp in lucht

De moleculen in een gas zijn voortdurend in beweging, ze bewegen vrij in alle richtingen, dit is ook zo in het geval van een mengsel van twee of meer gassen. Luchtdrukverschillen die ontstaan door temperatuurverschillen tussen de moleculen zullen proberen een evenwichtstoestand tot stand te brengen.

Stellen we twee begrensde milieus voor met gelijke luchtdruk, maar met verschillende partiële dampdruk. Door de moleculaire beweging van de gassen zal dit verschil verdwijnen, wat betekent dat vocht wordt getransporteerd onder de vorm van waterdamp. Dit transportmechanisme noemen we diffusie. Dit proces gaat door tot de partiële dampdruk zich vereffent in gans het milieu.

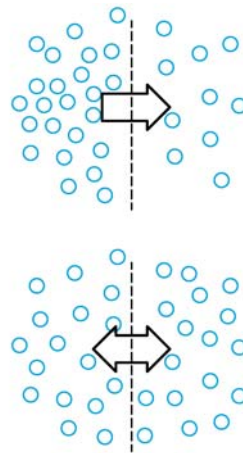


Fig. 1.3 Dampdiffusie in lucht

1.3 Diffusie door poreuze materialen

De waterdampdruk is hoger binnen in een woning dan buiten. Door de moleculaire gasbewegingen zal de waterdamp van binnen naar buiten diffunderen, doorheen de wanden, via de open poriën. De wand zal hiertegen weerstand bieden.

Om de diffusie doorheen poreuze materialen te beschrijven, voerde Kirchner het dimensieloze diffusieweerstandsgetal μ in. Dit geeft aan hoeveel maal de weerstand van een materiaal tegen diffusie groter is dan deze van een stilstaande luchtlaag met gelijke dikte. De μ -waarde van lucht is dus gelijk aan 1 en doordat elk poreus materiaal remmend werkt, is het diffusieweerstandsgetal van een dergelijk materiaal dan ook altijd groter dan 1.

Deze waarde wordt bepaald door de inwendige structuur van het materiaal. Materialen met een groot aantal poriën hebben meestal een lagere μ -waarde dan materialen met een meer of min gesloten structuur.

Ook kunnen we de dampgeleidingscoëfficiënt δ (s) definiëren.

$$g = \frac{\delta (p_i - p_e)}{d} \quad \text{of} \quad \delta = \frac{g \cdot d}{(p_i - p_e)}$$

g : waterdampstroomdichtheid ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)

d : dikte van het materiaal (m)

$p_i - p_e$: verschil in partiële dampdruk (Pa)

De hoeveelheid waterdamp die per tijdseenheid doorheen een materiaal met een dikte d migreert, is gelijk aan het verschil van de partiële dampdrukken, vermenigvuldigd met de waterdampgeleidingscoëfficiënt van het materiaal. δ is een materiaalconstante afhankelijk van de temperatuur, de structuur en de aard van de poriën.

1.4 Beschrijving van het diffusieproces in poreuze materialen

Wanneer een volledig droog poreus materiaal geplaatst wordt in een atmosfeer met een zekere relatieve vochtigheid, zal na een tijdsinterval een verhoging van de massa optreden. Een hoeveelheid vocht – hygroscopisch vocht genoemd – zal worden opgenomen uit de atmosfeer en dit zal duren tot het vochtgehalte van het materiaal een evenwichtstoestand heeft bereikt. Dit heet het evenwichtsvochtgehalte. Hoe hoger de relatieve vochtigheid in de omgeving, hoe meer vocht wordt opgenomen en vastgehouden.

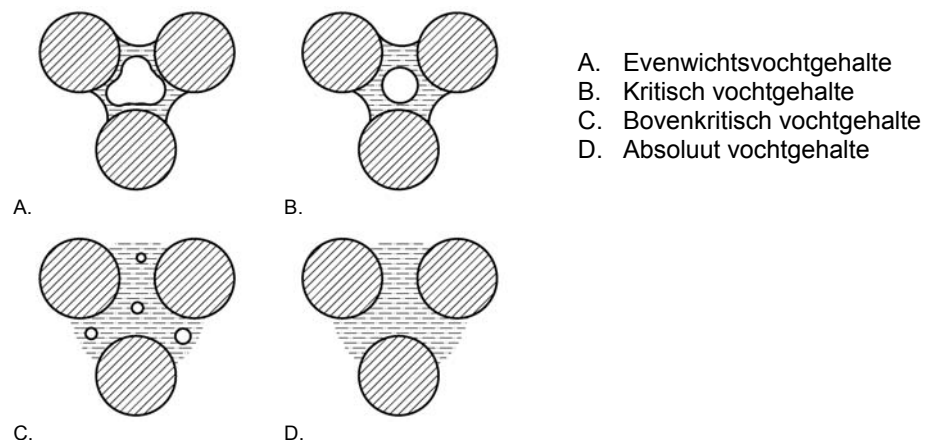


Fig. 1.4 Vochtgehalte

Deze stationaire toestand kan beschreven worden met de vergelijking:

$$g = \frac{\delta \cdot \Delta p}{d}$$

Zoals hierboven reeds vermeld werd, is δ de dampgeleidingscoëfficiënt van materialen. Aangezien de porositeit van lucht gelijk is aan 1, is de damppermeabiliteit van lucht dan ook de bovengrens voor alle waarden.

$$\delta_a = 2.10^{-2} \text{ s}$$

Hieruit volgt:

$$\mu = \frac{\delta_a}{\delta}$$

De factor $\frac{\mu d}{\delta_a} = \frac{d}{\delta}$ is de diffusieweerstand Z (m/s) van de laag:

$$Z = \frac{\mu d}{\delta_a} = \frac{d}{\delta}$$

μd : equivalente diffusiedikte (m)

De evenwichtstoestand kan dan geschreven worden als:

$$g = \frac{\Delta p}{Z}$$

De diffusieweerstand van een uit meerdere lagen opgebouwde constructie kan berekend worden door de diffusieweerstanden van elke laag apart op te tellen:

$$Z = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n = \sum_{k=1}^n Z_k$$

Indien damptransport plaats vindt van een constructie naar de lucht in de omgeving of omgekeerd, moet aan het oppervlak nog een weerstand overwonnen worden. Deze waterdampovergangsweerstand hangt af van de luchtsnelheid langsheen het oppervlak. Meestal wordt dit uitgedrukt met omgekeerde waarden en wordt dus met een waterdampovergangscoefficiënt β gewerkt.

$$\begin{aligned}\beta_i &= 2.8.10^{-3} \text{ m/s} \\ \beta_u &= 16.10^{-3} \text{ m/s}\end{aligned}$$

β_i : waterdampovergangscoefficiënt binnen

β_u : waterdampovergangscoefficiënt buiten

De waterdampstroomdichtheid aan de oppervlakken kan nu geschreven worden als:

binnen: $g = \beta_i \cdot (p_i - p_1)$

buiten: $g = \beta_u \cdot (p_2 - p_u)$

p_i : dampdruk binnen

p_1 : dampdruk binnenoppervlak

p_2 : dampdruk buitenoppervlak

p_u : dampdruk buiten

Gewoonlijk zijn de overgangsweerstanden zeer klein tegenover de constructieweerstand. Daarom wordt verondersteld dat:

$$p_i = p_1$$

$$p_2 = p_u$$

1.5 Hygroscopisch vochtgehalte

De hoeveelheid damp die een materiaal uit de lucht heeft geabsorbeerd bij de evenwichtstoestand, wordt het hygroscopisch vochtgehalte genoemd.

Bij elke waarde van de relatieve vochtigheid van de lucht, behoort een bepaald vochtgehalte van het materiaal. Volgende figuur toont het verband tussen de relatieve vochtigheid en het hygroscopisch vochtgehalte ψ_H .

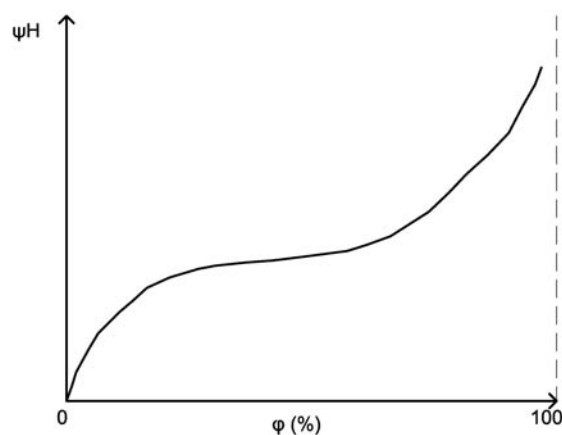


Fig. 1.5 Grafiek vochtgehalte

De curve is concaaf naar de ϕ -as bij lage relatieve vochtigheid; voor hoge ϕ is het net het omgekeerde, hier stijgt Ψ_H heel snel. Tussen beide gedeelten is een gebied waarin het vochtigheidsgehalte slechts weinig verandert.

Voor materialen die in de bouw worden gebruikt, is de vorm van alle curven ongeveer dezelfde, maar het niveau kan echter enorm verschillen.

De grafiek kan als volgt verklaard worden:

Het eerste deel van de curve is het gevolg van moleculaire absorptie. Ten gevolge van de adhesiekrachten tussen celwandmateriaal en de watermoleculen, worden deze laatste aan de poriënwand gebonden. Bij lage relatieve vochtigheid is deze laagdikte één molecuul; bij hogere relatieve vochtigheid zijn dit meerdere moleculen. Dit proces wordt tevens sterk beïnvloed door de poriënverdeling van het materiaal. Doordat materialen met kleine poriën bij gelijke porositeit een groter poriënoppervlak hebben dan materialen met grotere poriën, nemen fijnporeuze materialen meer vocht op.

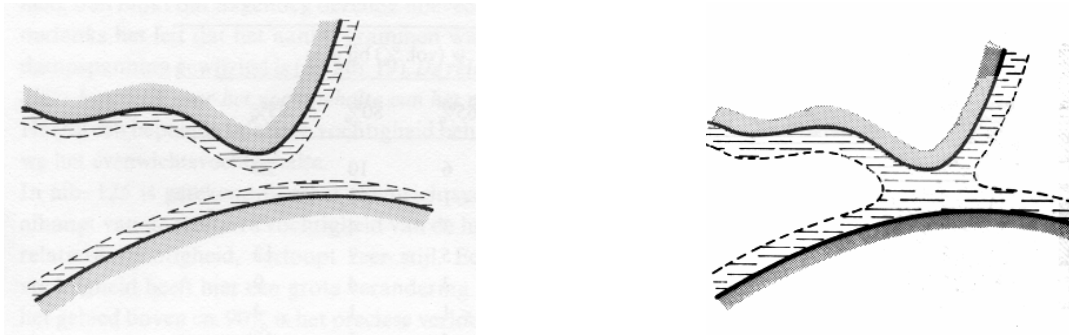


Fig. 1.6 Moleculaire absorptie

Het tweede gedeelte, dat betrekking heeft op de hogere relatieve vochtigheid, is het gevolg van capillaire condensatie. Dit komt omdat in nauwe capillairen, waarin een meniscus aanwezig is, de maximale dampconcentratie lager is dan normaal. De vochtige lucht condenseert boven het holle wateroppervlak, dus bij een relatieve vochtigheid die lager is dan 100%.

Bij toenemende dikte van de in de poriën geabsorbeerde waterlaagjes worden de fijnste poriën gevuld met water. Waar de overgang gebeurt met de nog niet volledig gevulde grotere poriën ontstaan holle watermenisci. Doordat het holle wateroppervlak een aantrekkingskracht uitoefent op de in de lucht aanwezig zijnde condensatiedruppeltjes, is de dampdruk van de verzadigde lucht boven dit oppervlak kleiner dan de eerder vermelde maximale verzadigingsdruk p' die geldt boven een vlak wateroppervlak.

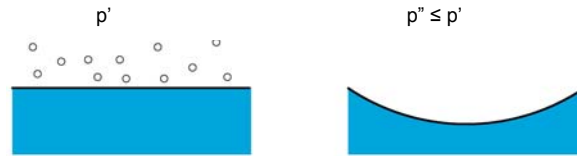


Fig. 1.7 Vlak wateroppervlak-holle meniscus

Hoeveel kleiner de dampdruk is, hangt af van de kromtestraal van de meniscus en dus van de capillairstraal. Hoe kleiner de poriëndiameter r , hoe kleiner de verzadigingsdampdruk boven de meniscus in de porie: wet van Kelvin-Thompson:

$$\frac{p''}{p'} = \exp \left(\frac{-2 \cdot \sigma}{r \cdot \rho \cdot R \cdot T} \right)$$

p'' : dampdruk boven de meniscus (Pa)

p' : maximale verzadigingsdampdruk (Pa)

σ : oppervlaktespanning van water (+/- $75 \cdot 10^{-3}$ N/m)

r : poriëndiameter (m)

ρ : soortelijke massa van water (kg/m^3)

R : gasconstante van waterdamp (462 J/kg.K)

T : temperatuur (K)

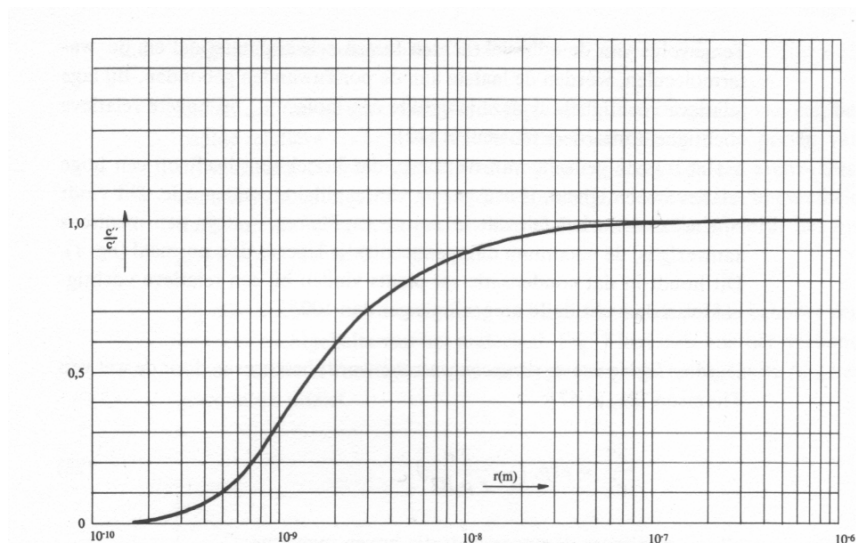


Fig. 1.8 Relatieve maximum dampconcentratie ifv de capillairstraal

De condensatie stopt als de dampdruk van de lucht gelijk is aan de verzadigingswaarde boven de meniscus:

$$p = p''$$

Dus:

$$\varphi = \exp \left(\frac{-2 \cdot \sigma}{r \cdot p \cdot R \cdot T} \right)$$

Hieruit volgt dat de relatieve vochtigheid van de lucht bepaalt in welke poriën capillaire condensatie optreedt en dus wat het evenwichtsvochtgehalte in het materiaal is. Bij hogere relatieve vochtigheden worden steeds wijdere poriën gevuld en neemt het evenwichtsvochtgehalte toe. Dus het maximum hygroscopisch vochtgehalte wordt bereikt als alle microcapillairen, voorzover ze damptoegankelijk zijn, met water gevuld zijn.

WATERTRANSPORT

In dit deel wordt het transport van water door poreuze materialen beschreven. In de praktijk krijgt men te maken met het transport van water in vloeibare vorm als (regen)water in buitenwanden doordringt en wanneer vocht zich ophoopt aan de rand van materialen bijvoorbeeld door inwendige condensatie in een constructiedeel.

1. Theoretische achtergrond

1.1 Capillaire opzuiging

Een poreus materiaal bestaat uit een netwerk van holtes en kanaaltjes waardoor vocht (damp of water) zich zowel in horizontale als in verticale zin kan verplaatsen, ongeacht de richting. Als we de vloeibare fase bekijken, dan zijn het vooral de capillaire krachten die, naast de aantrekkingskracht, voor het watertransport zorgen.

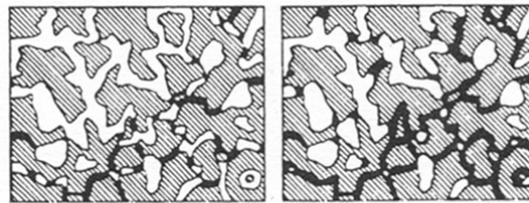


Fig. 1.9 Illustratie capillaire opzuiging

Deze capillaire krachten zijn het gevolg van de cohesiekrachten aan een wateroppervlak en van de adhesiekrachten tussen water en poriënwallen. Hoe nauwer de gang, hoe sterker de opzuigkracht.

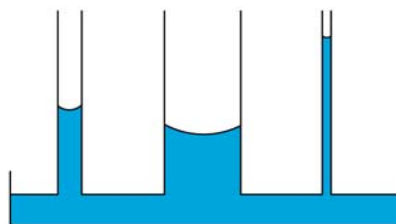


Fig. 1.10 Opzuiging van water in capillairen

Om dit te verklaren veronderstellen we dat een porie een constante cirkelvormige doorsnede heeft, dat de temperatuur constant is en dat er behalve de zwaartekracht geen uitwendige krachten op het systeem werken.

Bij hydrofiele materialen zorgen de adhesiekrachten voor een kracht op het wateroppervlak, zodat een waterfilm tegen het materiaal opgetrokken wordt, dit gebeurt onder een hoek tussen de 0° en 90°.

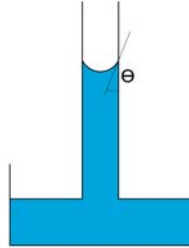


Fig. 1.11 Capillaire opzuiging in een porie

De op het water uitgeoefende druk door deze kracht is:

$$p_c = \frac{4 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{r}$$

p_c : capillaire opzuiging (Pa)

σ : oppervlaktespanning van water (+/- 75.10⁻³ N/m)

θ : contacthoek

r : capillairstraal

Hierbij moet worden vermeld dat de stromingsweerstand tegen opzuiging ook groter wordt met een kleinere poriëndiameter: wet van Poiseuille:

$$\Delta p = \frac{32 \cdot \eta \cdot v \cdot x}{d^2}$$

Δp : stromingsweerstand (Pa)

η : dynamische viscositeit van water (N.s/m²)

v : stroomsnelheid (m/s)

x : afstand die het water afgelegd heeft (m)

d : poriëndiameter (m)

Dus ondanks het feit dat fijnere poriën sterker opzuigen, zuigen ze toch trager op door de grotere stromingsweerstand.

In een verticale porie in contact met water wordt zoveel water opgezogen totdat de capillaire zuiging in de porie gelijk is aan de druk tengevolge van het gewicht van de waterkolom, veroorzaakt door de zwaartekracht:

$$p_c = \rho \cdot g \cdot H$$

p_c : capillaire opzuiging (Pa)

ρ : soortelijke massa van water (kg/m³)

g : valversnelling (9,81 m/s²)

H : capillaire stijghoogte (m)

Wanneer er evenwicht is, is de maximale stijghoogte in een porie:

$$H = \frac{4 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot d}$$

In een horizontale porie in contact met water bestaat er geen evenwichtsituatie: de opzuiging van het water blijft doorgaan zolang er langs één kant contact blijft met het water en zolang dit het andere uiteinde van de porie niet bereikt heeft. Wanneer dit wel gebeurt, wordt de meniscus recht en verdwijnt de zuiging. De krachten die daarnet de opzuiging van het water veroorzaakten, verhinderen nu dat de porie leegloopt onder invloed van uitwendige drukken.

1.2 Kritisch vochtgehalte

Een poreus materiaal zal het water waarmee het in contact komt opzuigen. Het water zal steeds verder in het materiaal dringen doorheen het netwerk van poriën en kleine gangen.

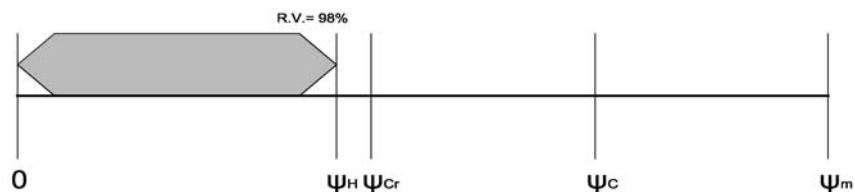


Fig. 1.12 Vochtgehalteschaal

Afhankelijk van de relatieve vochtigheid van de omgevingslucht zal het materiaal een vochtgehalte binnen de hygroscopische zone aannemen. Daarbij is Ψ_H het vochtgehalte voor een relatieve vochtigheid van 98%. Is Ψ_H gelijk aan 0, dan spreekt men van een niet-hygroscopisch materiaal.

Ψ_{cr} is het kritisch vochtgehalte, onder dit vochtgehalte is er geen capillair watertransport mogelijk, erboven wel. $\Psi_{cr} > \Psi_H$.

Ψ_c is het capillair vochtgehalte, dit is het maximale vochtgehalte dat in een materiaal, in contact met water, kan worden bereikt. Wanneer men het vochtgehalte nog hoger wil opvoeren, moet men op kunstmatige wijze de lucht aan de poriën onttrekken en/of de poriën onder druk met water vullen. Het vochtgehalte wordt dan het maximale of absolute vochtgehalte Ψ_m genoemd. Dit kan dus in normale omstandigheden niet voorkomen.

1.3 Capillair vochttransport in poreuze materialen

Wanneer men een droog poreus materiaal in contact brengt met water, kan men het volgende vaststellen.

Het materiaal zuigt water op waardoor er zich in een homogeen materiaal een waterverplaatsing evenwijdig met het wateroppervlak voordoet. De scheiding tussen het droog (hygroscopisch vochtig) deel en het vochtig deel wordt het vochtfront genoemd. De opzuiging zal pas stoppen wanneer het vochtfront de andere kant van het materiaal heeft bereikt.

Het verloop van de opgezogen hoeveelheid water per eenheidsoppervlakte in functie van de tijd verloopt in het algemeen als volgt:

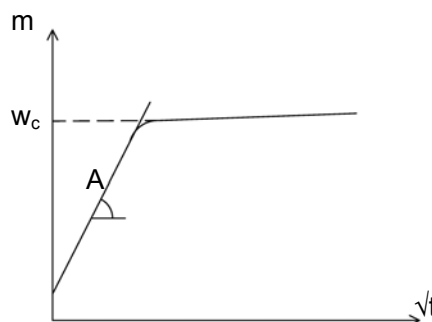


Fig. 1.13 Verloop capillaire opzuiging

$$m = A \cdot \sqrt{t}$$

m: opgezogen hoeveelheid water per contact-eenheidsoppervlakte (kg/m²)

A: waterabsorptie-coëfficiënt van het materiaal (kg/m²·√s)

t: tijd (s)

In de grafiek zijn duidelijk twee verschillende gedeelten te zien, een eerste waar de opzuiging snel verloopt in functie van de tijd: de primaire opzuiging. En een tweede waar de opzuiging veel trager verloopt: secundaire opzuiging, hier worden de nog resterende lege poriën gevuld met water, het capillair vochtgehalte is dan reeds bereikt. Het uiteindelijke vochtgehalte blijft steeds kleiner dan het maximale vochtgehalte want in de doodlopende poriën wordt steeds een deel lucht ingesloten.

BESLUIT

Door deze theoretische achtergrond weten we nu hoe materialen zich gedragen in contact met waterdamp en water in vloeibare vorm. Porositeit en capillariteit zijn heel belangrijke eigenschappen die een grote rol zullen spelen wanneer we het vochttransport doorheen constructie gaan bekijken.

Deze eigenschappen kunnen uitgedrukt worden door gebruik te maken van parameters zoals de equivalente diffusiedikte μd , de waterabsorptie-coëfficiënt A en het capillair vochtgehalte w_c .

Deze parameters kunnen we nu afleiden door proeven uit te voeren op onderdakmaterialen en zo hun vochttransporteigenschappen te bepalen.

Hoofdstuk II: Proeven op onderdakmaterialen

0. Inleiding

In vorig hoofdstuk leidden we af hoe materialen zich theoretisch gedragen in contact met vocht. We bepaalden ook de belangrijkste parameters zoals de equivalente diffusiedikte, de waterabsorptie-coëfficiënt en het capillair vochtgehalte. Met deze achtergrond kunnen we nu proeven uitvoeren op onderdakmaterialen om zo hun vochttransporteigenschappen te bepalen. Door middel van dampdiffusie- en capillariteitsproeven worden de parameters berekend.

Omdat in de proeven vaak symbolen en afkortingen gebruikt worden, worden de belangrijkste en meest voorkomende hier eerst nog even uitgelegd.

Dampdiffusieproeven:

μ : **Waterdampdiffusieweerstand:** parameter die aangeeft hoeveel kleiner de damppermeabiliteit van een materiaal is in vergelijking met die van stilstaande lucht
[-]

μ_d : **Equivalente diffusiedikte:** parameter die aangeeft hoe dik een laag lucht moet zijn om dezelfde diffusieweerstand te hebben als deze van het materiaal
[m]

ρ : **Densiteit:** de massa van een materiaal uitgedrukt per volume-eenheid
[kg/m³]

G : **Waterdampstroom:** de massa water die per tijdseenheid door een monster stroomt
[kg/s]

g : **Waterdampstroomdichtheid:** de massa water die per eenheid van tijd en oppervlakte door een monster stroomt
[kg/m².s]

δ : **dampgeleidingscoëfficiënt/damppermeabiliteit:** transporteigenschap die afhangt van de porositeit van het materiaal
[s]

δ_a : **Damppermeabiliteit van lucht**

[$2 \cdot 10^{-10}$ s]

Z: **Diffusieweerstand:** de verhouding tussen de diffusiedikte van een materiaal laag en de dampgeleidingscoëfficiënt van lucht

[m/s]

Capillariteitsproeven:

A: **Waterabsorptie-coëfficiënt:** materiaaleigenschap die aantoont hoe snel het water in het materiaal opgezogen wordt en vervolgens een idee geeft over de grootte van de poriën

[kg/m²·√s]

m: **opgezogen hoeveelheid water per contactoppervlakte**

[kg/m²]

w_c : **Capillair vochtgehalte:** de hoeveelheid water in het monster op het ogenblik dat het vochtfront de andere zijde van het monster bereikt

[kg/m³]

ρ : **Densiteit:** de massa van een materiaal uitgedrukt per volume-eenheid

[kg/m³]

1. Soorten onderdakmaterialen

1.1 Multiplex top onderdakplaten (Gutex)

Oorsprong:

De multiplex top-onderdakplaten zijn geperste, waterbestendige, isolerende houtwolplaten een gepatenteerd tand/groef - systeem. De grondstof voor de platen bestaat uit houtvezels van naaldhout. Het hout wordt thermisch mechanisch vermaald en met water vermengd. De ontstane houtpulp wordt via de platenmachine en oven gedroogd. Gutex maakt geen gebruik van bindmiddelen waardoor een ecologisch verantwoorde plaat ontstaat. Wel wordt latex geïmpregneerd zodat de platen bescherming tegen vocht bieden.

Samenstelling:

- houtvezels van naaldhout
- latex

Gekende technische gegevens:

Dikte:	18mm
Waterdampdiffusieweerstand μ :	5
Equivalente diffusiedikte μd :	0,09 m
Densiteit:	260 kg/m ³
Buigvastheid:	$\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$

1.2 Celit onderdakplaten (Isoproc)

Oorsprong en samenstelling:

Het hout afkomstig van het dunnen van bossen en onbehandelde stamresten uit zagerijen vormen de grondstof voor de houtvezelplaten. Dit resthout wordt onder druk en hitte ontbonden tot vezels. De zo ontstane brij wordt lichtjes samengedrukt tot platen die veel poriën bevatten. De grote hoeveelheden harsen in het resthout (schors en spinthout) maken bijkomende bindmiddelen overbodig. Het toevoegen van een hoeveelheid bitumenemulsie maakt de platen vochtbestendig.

Er zijn vier soorten Celit-onderdakplaten:

Celit A: Dit zijn de Celit-platen zoals die momenteel op de Belgische markt zijn. Het zijn bleekbruine platen van 22mm dik.

Samenstelling:

- +/- 88% naaldhout
- +/- 6% bitumenemulsie
- +/- 6% synthetische latex

Celit B: Dit zijn donkerbruine, éénzijdig gecacheerde platen met een dikte van 18 mm (Scandinavië).

Samenstelling:

- +/- 73,3% naaldhout
- +/- 6% papier
- +/- 0,7% formaldehyde
- +/- 20% bitumenemulsie

Celit C: Deze platen zijn beige van kleur en hebben een dikte van 22mm (Scandinavië).

Samenstelling:

- +/- 90% naaldhout
- +/- 10% synthetische latex

Celit D: Deze Celit-platen waren tot +/- 2002 op de Belgische markt verkrijgbaar, ze zijn donkerbruin en 22mm dik.

Samenstelling:

- +/- 83,8% naaldhout
- +/- 14,9% bitumenemulsie
- +/- 1% bentoniet
- +/- 0,1% aluminiumsulfaat
- +/- 0,2% hydrofoberingspolymeer

Gekende technische gegevens onderdakplaat Celit A:*

Dikte:	22 mm
Waterdampdiffusieweerstand μ :	5
Equivalentte diffusiedikte μd :	0,11 m
Densiteit:	270 kg/m ³

* Omdat op de Belgische markt enkel Celit A voorkomt, zijn er enkel technische gegevens hiervan beschikbaar.

1.3 Menuiserie onderdakplaten (Eternit)

Oorsprong:

De Menuiserie-onderdakplaat is een vezelcementplaat die roze van kleur is met kleurschakeringen door het natuurlijke karakter van de bestanddelen. De platen worden geproduceerd op een Hatschek-machine, ze worden noch nageperst, noch geautoclaveerd.

Samenstelling:

- portlandcement
- minerale vulstoffen
- natuurlijke en synthetische versterkingsvezels
- toeslagstoffen
- rode pigmenten

Gekende technische gegevens:

Dikte:	3 mm
Waterdampdiffusieweerstand	μ : 17
Equivalentte diffusiedikte	μ_d : 0,051 m
Densiteit:	1250 kg/m ³
Porositeit:	38%

1.4 Novex onderdakplaten (SVK)

Oorsprong:

Novex-onderdakplaten zijn dunne, stijve platen in geperst of dubbelgeperst vezelcement die vervaardigd zijn op basis van een homogeen mengsel van Portlandcement en versterkt met natuurlijke en synthetische vezels. De platen zijn glad en roze in de massa gekleurd. Ze hebben een dikte van 3 mm.

Samenstelling:

- portlandcement
- natuurlijke en synthetische versterkingsvezels

Gekende technische gegevens:

- Dikte: 3 mm
- Densiteit: 1500 kg/m³
- Wateropname (% van het drooggewicht): 26%
- Buigsterkte $\perp$ op de vezels: 27 N/mm²
- Buigsterkte // met de vezels: 16 N/mm²
- Brandreactie: A1

2. De dampdiffusieproef

2.1 Uitleg proef

Om de equivalente diffusiedikte van een onderdakmateriaal te bepalen worden proeven uitgevoerd gebaseerd op de geregistreerde Belgische norm *NBN EN ISO 12572: Warmte- en vochteigenschappen van bouwmaterialen en –producten. Bepaling van de waterdampdoorlatendheidseigenschappen*.

Deze norm beschrijft een methode met “cup tests” om de waterdampdoorlatendheidseigenschappen van bouwmaterialen te bepalen onder isothermische omstandigheden.

De methode bestaat erin om enkele monsters boven een - met water verzadigde - oplossing te plaatsen en de evolutie van de massa van het ganse proefstuk te volgen in functie van de tijd. Hieruit wordt vervolgens de equivalente diffusiedikte bepaald, wat een idee geeft over de dampopenheid van de onderdakmaterialen.

Omdat we hier vooral de eigenschappen willen onderzoeken die de materialen vertonen in gebieden met hoge vochtigheid, wordt hier dan ook gebruik gemaakt van de “wet cup test”. Hierbij wordt in het potje een met water verzadigde oplossing gebracht zodat het water doorheen het materiaal kan verdampen, en we dus het verschil in diffusieweerstand met een luchtlaag kunnen berekenen.

Beschrijving van de proef:

De monsters worden vooraf nauwkeurig gemeten. Daarna wordt aan de open kant het potje (het potje is vervaardigd uit inox) het monster verzegeld door middel van een siliconenkit, zodat - behalve doorheen het monster zelf - geen verdamping mogelijk is. In het potje bevindt zich een oplossing van 110 g Ammoniumdiwaterstoffsfaat per 277g water, waardoor boven het wateroppervlak een relatieve vochtigheid van 93% ontstaat. Dit geheel wordt in een klimaatkamer geplaatst waar een relatieve vochtigheid van 60% en een temperatuur van 20°C heerst. Door de verschillende dampdruk tussen het kopje en de kamer, ontstaat een dampstroom doorheen het testmonster. Het water verdampt en de massa van het proefstuk vermindert lineair met de tijd.

Omdat we ook geïnteresseerd zijn in het gecombineerde effect van diffusie en capillariteit, worden enkele van deze proefstukken omgedraaid zodat het water in contact is met het monster. Hier wordt gewoon water als vloeistof gebruikt, zodat er kan gerekend worden met een relatieve vochtigheid van 100%.

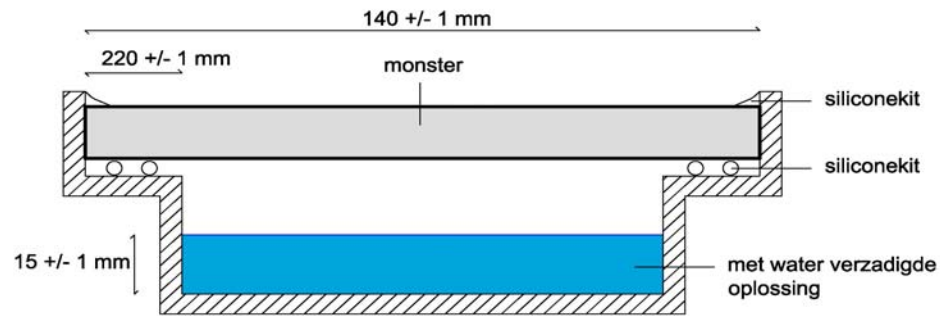


Fig. 2.1 Plaatsing proefstuk

Verwerking van de resultaten:

Tijdens de proeven werden telkens de massa's genoteerd van de proefstukken. Wanneer men deze massa uitzet in functie van de tijd, bekomt men een lineair verloop (enkel diffusie). De helling van deze lijn is G (kg/s), de waterdampstroom doorheen het monster. Hieruit kan de waterdampstroombichtheid berekend worden:

$$g_{me} = \frac{G}{A} \quad (\text{kg/m}^2 \cdot \text{s})$$

Omdat het monster het potje een eindje overlapt, en zo een 'gemaskeerde' rand ontstaat, moet een correctiefactor toegepast worden. De totale stroom doorheen het monster is groter dan deze door het blootgestelde gebied, wat leidt tot een overschatting van de dampdoorlatendheid. Dit zou leiden tot betere resultaten dan de werkelijkheid en moet dus best gecorrigeerd worden.

$$x = 1 + \frac{(4 \cdot d)}{(\pi \cdot S)} \cdot \ln \left(\frac{2}{1 + e^{(-2\pi b/d)}} \right)$$

d (m): dikte monster

b (m): breedte 'gemaskeerde' rand

S (m) = 4. A / omtrek

Zodat de waterdampstroomdichtheid:

$$g = \frac{g_{me}}{x} \quad (\text{kg/m}^2 \cdot \text{s})$$

De wet van Fick toont aan dat de dampstroomdichtheid doorheen een materiaal evenredig is met de dampdrukgradiënt in het materiaal en met de dampgeleidingscoëfficiënt δ van het materiaal:

$$g = - \delta \cdot \frac{\Delta p_v}{d}$$

δ (s): dampgeleidingscoëfficiënt

Δp_v (Pa): dampdrukgradiënt

d (m): dikte monster

De diffusie van waterdampmoleculen vindt grotendeels plaats doorheen het poriënnetwerk. Hierdoor hangt de damppermeabiliteit δ sterk af van de porositeit van een materiaal. Dus hoe poreuzer een materiaal, hoe groter de dampgeleidingscoëfficiënt is. Hieruit kan men afleiden dat de damppermeabiliteit van stilstaande lucht, waarvan de porositeit gelijk is aan 1, de bovengrens is voor de damppermeabiliteit van materialen.

$$\delta_a = 2 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

Om gemakkelijker de diffusie-eigenschappen van de verschillende materialen te kunnen vergelijken wordt in plaats van de damppermeabiliteit nog een andere parameter ingevoerd. Dit is het diffusieweerstandsgetal μ dat aangeeft hoeveel kleiner de damppermeabiliteit is in vergelijking met die van stilstaande lucht:

$$\mu = \frac{\delta_a}{\delta}$$

Aangezien δ altijd kleiner is dan δ_a , een materiaal kan niet poreuzer zijn dan stilstaande lucht, is het diffusieweerstandsgetal altijd groter dan 1.

Men bekomt de equivalente diffusiedikte μd (m) door het diffusieweerstandsgetal te vermenigvuldigen met de dikte van het materiaal. Dit geeft aan hoe dik een laag lucht moet zijn om dezelfde diffusieweerstand te hebben als deze van het materiaal.

De equivalente diffusiedikte kan ook bekomen worden door eerst de diffusieweerstand Z (m/s) te berekenen:

$$W = \frac{g}{\Delta p_v} = \frac{\delta}{d} \quad (\text{s/m})$$

$$Z = \frac{1}{W} \quad (\text{m/s})$$

Equivalente diffusiedikte:

$$\mu d = \delta_a \cdot Z \quad (\text{m})$$

2.2 Indeling in de onderdakklassen

Doordat de equivalente diffusiedikte van de verschillende materialen gekend is, kan men ze indelen in één van beide onderdakklassen.

Onderdakklasse 1:	$0,05\text{m} \leq \mu d < 2\text{m}$
-------------------	---------------------------------------

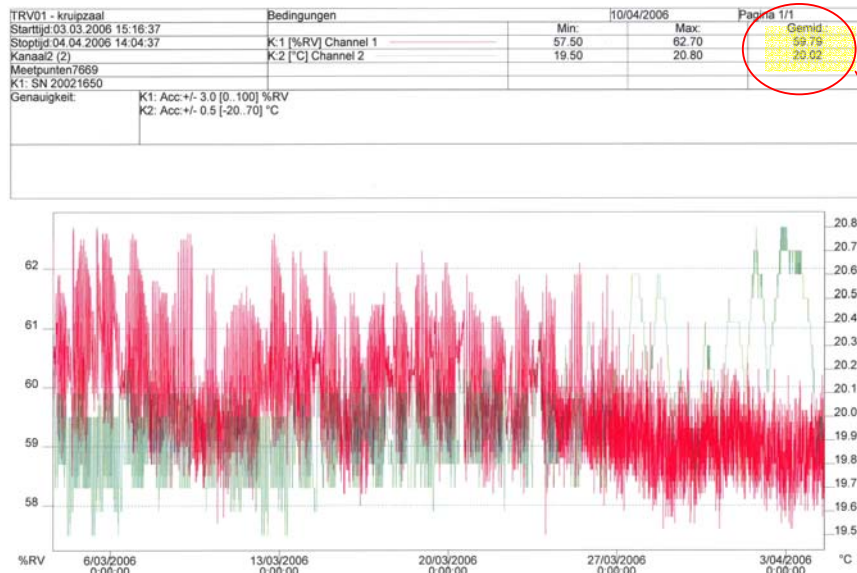
Onderdakklasse 2:	$\mu d < 0,05\text{m}$
-------------------	------------------------

De eerste klasse heeft betrekking op onderdaken die het optreden van inwendige condensatie door luchtlekkage niet beïnvloeden, de tweede klasse bevat onderdaken die bijdragen tot een vermindering van de hoeveelheid condensatie door luchtlekkage. Omdat we streven naar zo weinig mogelijk vocht in de constructie, is het dus beter een onderdakmateriaal uit de tweede klasse te gebruiken.

2.3 Klimaatkamer

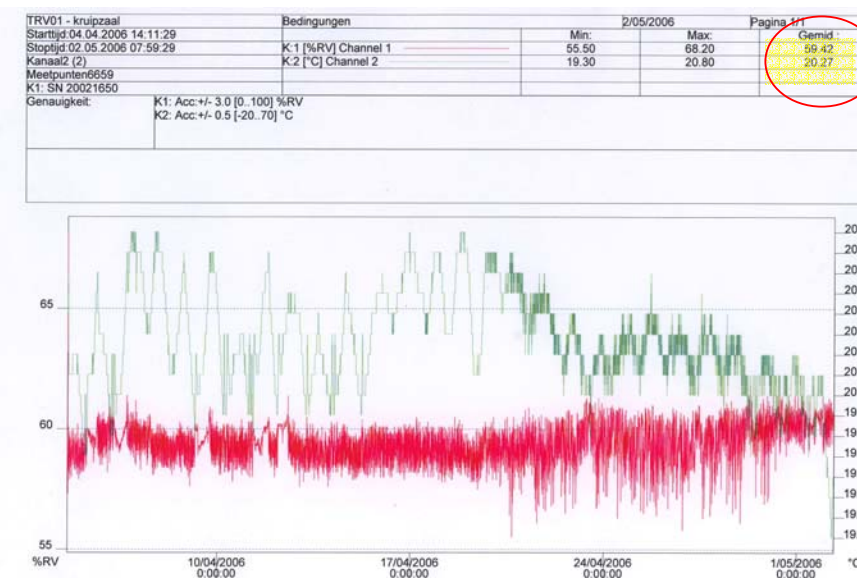
In theorie kunnen we in de berekening van de resultaten rekenen met een relatieve vochtigheid van 60% en een temperatuur van 20°C. Omdat we ernaar streven om zo nauwkeurig mogelijk te werken, werd gerekend met de gemiddelde waarden bekomen uit de grafieken die de variatie in de klimaatkamer te Zwijnaarde* weergeven.

maart:



R.V.: 59,79%
T: 20,02°C

april:



R.V.: 59,42%
T: 20,27°C

* De dampdiffusieproeven werden uitgevoerd in de klimaatkamer van het Labo Magnel te Zwijnaarde.

2.4 Metingen*

Volgende monsters** werden getest:

- enkel diffusie:

Gutex – Multiplex top 1
Gutex – Multiplex top 3

Isoproc – Celit A 2
Isoproc – Celit A 3

Isoproc – Celit B 1
Isoproc – Celit B 2

Isoproc – Celit C 1
Isoproc – Celit C 2

Isoproc – Celit D 1
Isoproc – Celit D 2

Eternit – Menuiserite 1
Eternit – Menuiserite 3

SVK – Novex 2

- combinatie diffusie en capillariteit :

Gutex – Multiplex top 2

Isoproc – Celit A 1

Isoproc – Celit B 3

Isoproc – Celit C 3

Isoproc – Celit D 3

Eternit – Menuiserite 2

SVK – Novex 3

* Alle opgemeten waarden, berekeningen en grafieken zijn terug te vinden in deel 2 (p. 1 t.e.m. 43) van deze thesis.

** De nummering van de monsters volgt uit de volgorde waarin de proeven werden uitgevoerd.

2.5 Resultaten van de metingen

- enkel diffusie:

<u>monster</u>	<u>opgemeten waarde</u>	<u>gemiddelde waarde</u>
Gutex – Multiplex top 1	μ : 7,72 μd : 0,14	μ : 7,66 μd : 0,14
Gutex – Multiplex top 3	μ : 7,60 μd : 0,14	
Isoproc – Celit A 2	μ : 6,26 μd : 0,14	μ : 6,26 μd : 6,26
Isoproc – Celit A 3	μ : 6,26 μd : 0,14	
Isoproc – Celit B 1	μ : 15,21 μd : 0,27	μ : 15,15 μd : 0,27
Isoproc – Celit B 2	μ : 15,09 μd : 0,27	
Isoproc – Celit C 1	μ : 7,49 μd : 0,13	μ : 7,55 μd : 0,14
Isoproc – Celit C 2	μ : 7,60 μd : 0,14	
Isoproc – Celit D 1	μ : 6,22 μd : 0,14	μ : 6,24 μd : 0,14
Isoproc – Celit D 2	μ : 6,26 μd : 0,14	
Eternit – Menuiserie 1	μ : 109,56 μd : 0,33	μ : 98,61 μd : 0,30
Eternit – Menuiserie 3	μ : 87,65 μd : 0,26	

SVK – Novex 2*	μ :	126,18
	μ_d :	0,38

- combinatie diffusie en capillariteit :

<u>monster</u>	<u>opgemeten waarde</u>
Gutex – Multiplex top 2	μ : 3,07 μ_d : 0,06
Isoproc – Celit A 1	μ : 5,05 μ_d : 0,11
Isoproc – Celit B 3	μ : 6,13 μ_d : 0,11
Isoproc – Celit C 3	μ : 6,23 μ_d : 0,11
Isoproc – Celit D 3	μ : 5,05 μ_d : 0,11
Eternit – Menuiserite 2	μ : 13,46 μ_d : 0,04
SVK – Novex 3	μ : 11,87 μ_d : 0,04

* Door omstandigheden kon maar één monster van SVK - Novex beproefd worden (enkel diffusie).

2.6 Conclusies uit de metingen

Uit de resultaten van de proeven waarbij de potjes rechtstaan blijkt dat we de onderdakmaterialen kunnen indelen in drie groepen. Ten eerste de houtvezelplaten zonder cacheerlaag (Gutex – Multiplex top, Isoproc – Celit A, C en D), ten tweede de houtvezelplaat met cacheerlaag (Isoproc – Celit B) en als laatste de vezelcementplaten (SVK – Novex en Eternit – Menuiserite).

De meest dampdoorlatende materialen zijn de houtvezelplaten zonder cacheerlaag. Het was te verwachten dat de plaat met een cacheerlaag dampdichter zou zijn. Deze doet immers dienst als een barrière om gemakkelijke doorgang van waterdamp te bemoeilijken/af te remmen.

Vezelcementplaten zijn nog vrij dampopen, toch is er een duidelijk verschil met houtvezelplaten. De equivalente diffusiedikte schommelt hier tussen de 0,3m en de 0,4m terwijl bij de houtvezelplaten we slechts een waarde terugvinden van 0,14m. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat cement veel dampdichter is dan de brij van houtvezels waaruit de houtvezelplaat bestaat.

Door deze resultaten is het nu mogelijk om de verschillende onderdakmaterialen in te delen in één van beide onderdakklassen (zie tabel p. 30).

Zo blijkt dat alle geteste onderdakmaterialen behoren tot de eerste klasse. Dit wil zeggen dat zij het optreden van inwendige condensatie door luchtlekkage niet beïnvloeden. Zij zullen dus weinig bijdragen tot een betere vochthuishouding van het dak.

Echter, wanneer we kijken naar de resultaten van de proeven die diffusie en capillariteit combineren (de omgekeerde potjes), zijn zowel Eternit – Menuiserite als SVK – Novex in te delen in onderdakklasse twee. Deze materialen beïnvloeden dus wel de inwendige condensatie door luchtlekkage. Het vocht gevormd in het dak tussen isolatie en onderdakplaat zal opgenomen worden door deze plaat en zal door de lage equivalente diffusiedikte snel terug uit het dak verdwijnen. De Gutex – Multiplex top – plaat sluit nauw aan bij de vezelcementplaten. Met een equivalente diffusiedikte van 0,06m is er slechts een klein verschil met de μ d- waarde van de vezelcementplaten (0,04m). Misschien valt deze plaat dan ook beter in te delen in onderdakklasse twee.

Hoewel we in deze proef geen niet – capillaire materialen getest hebben, kunnen we hier reeds afleiden dat de capillaire materialen zullen zorgen voor een betere vochthuishouding in het dak. Immers niet – capillaire materialen zullen geen vocht opzuigen en aldus zal hun equivalente diffusiedikte de waarde aannemen die zou gevonden worden wanneer men enkel diffusie in rekening brengt. Deze zal dus heel wat hoger liggen dan die van de capillaire materialen, waardoor het vocht trager uit de constructie zal verdwijnen. Ook zullen zij het afdruppelend vocht afkomstig van inwendige condensatie niet opnemen.

Over deze proef (combinatie van diffusie en capillariteit) moet nog vermeld worden dat de grafieken die de massa uitzetten in functie van de tijd niet de verwachte curve volgen (zie deel 2, p 30 t.e.m. 43).

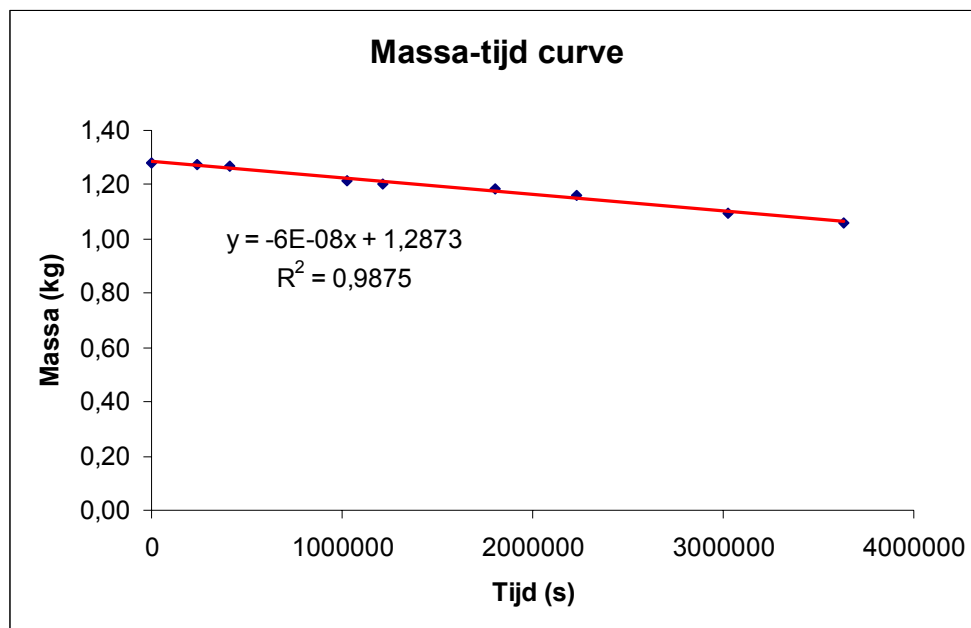


Fig. 2.2 Grafiek: massa in functie van de tijd (omgekeerde diffusieproef van Gutex Multiplex-top 2)

Er werd verwacht dat de grafiek er als volgt zou uitzien:

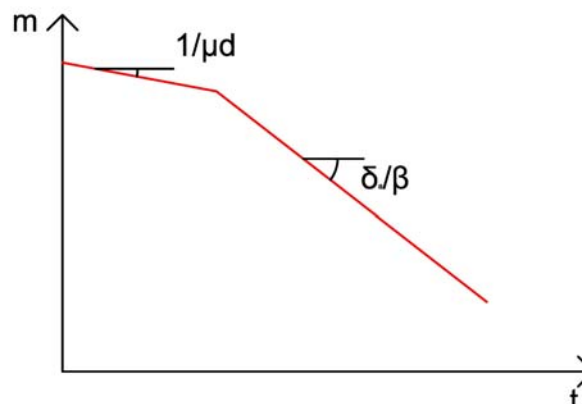


Fig. 2.3 Theoretische grafiek: massa in functie van de tijd (omgekeerde diffusieproef)

waarbij er twee periodes zijn. Een eerste waarbij het water in het monster aan het dringen is (het water wordt capillair opgezogen), hierbij is de helling van de grafiek evenredig met het omgekeerde van de equivalente diffusiedikte. Tussen de twee delen is er een knik: dit is het moment wanneer het vochtfront de andere kant van het monster bereikt. Daarna verloopt de kromme wat steiler, want het water dat verdampt is al volledig doorheen het monster en moet dus geen zo'n grote grens overbruggen en de helling is dus evenredig met δ_a/β .

Wanneer we de lineariteit van de grafieken bekijken zien we dat ze haast allemaal, behalve de vezelcementplaten, een correlatie R^2 hebben van 0,99 (zie ook fig. 2.2). Dit wil dus zeggen dat de curve over gans de tijdsperiode strikt lineair verloopt. Dit toont nogmaals aan dat er geen knik aanwezig is in tegenstelling tot wat we verwachtten uit de theorie.

De correlatie van de vezelcementplaten is slechts 0,82 (zie fig. 2.4) en 0,77 (zie fig. 2.5). Dit wil zeggen dat de regressielijn niet zo goed aansluit met de gegevens uit de grafiek. Dit betekent dus ook dat deze platen anders reageren dan de houtvezelplaten, waar de correlatie bijna 1 is.

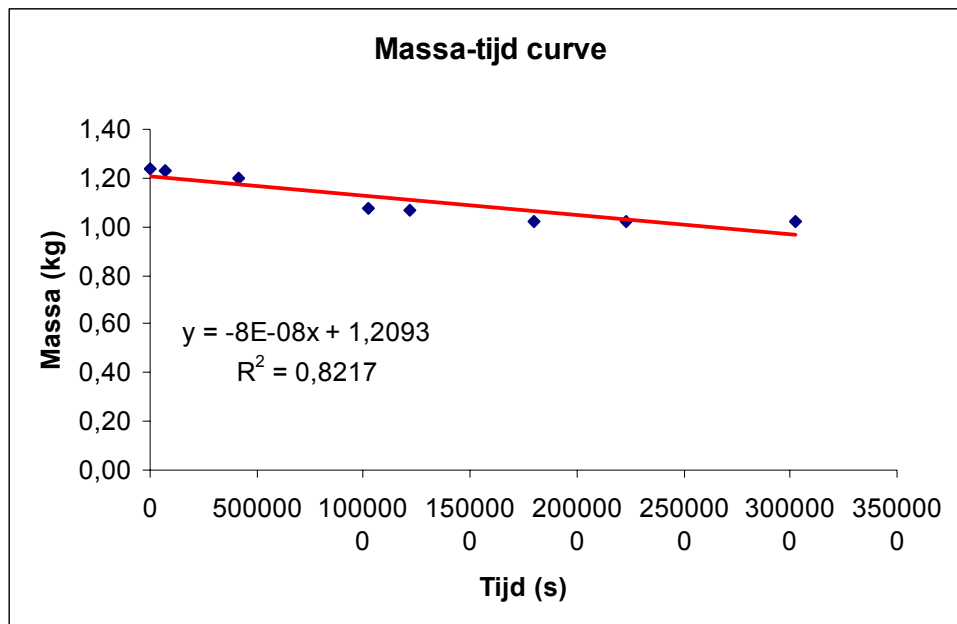


Fig. 2.4 Grafiek: massa in functie van de tijd (omgekeerde diffusieproef van Eternit Menuiserie 2)

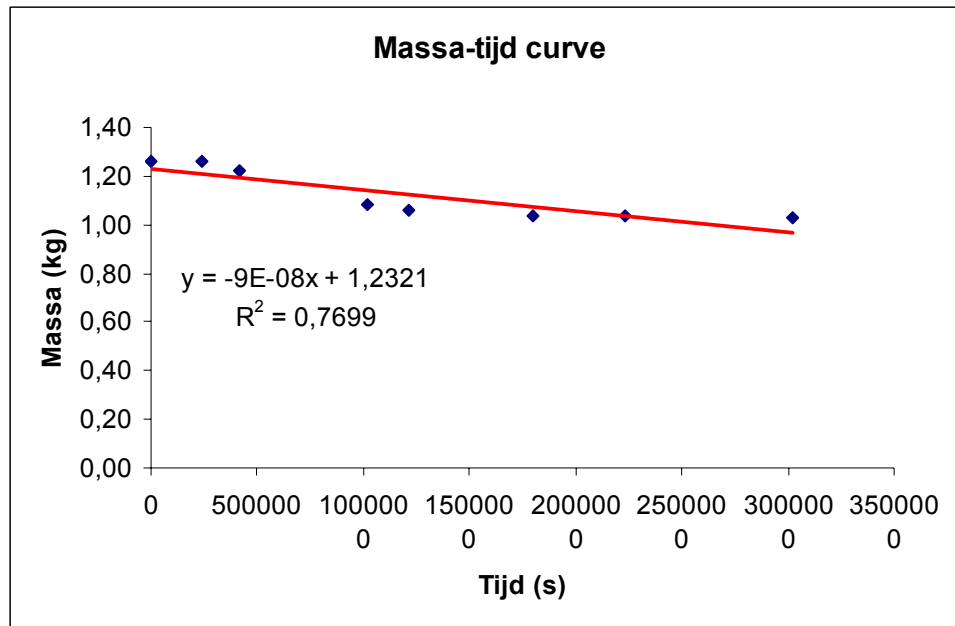


Fig. 2.5 Grafiek: massa in functie van de tijd (omgekeerde diffusieproef van SVK Novex 3)

Opmerkelijk is ook dat de cacheerlaag geen invloed heeft op de equivalente diffusiedikte als het gaat om een gecombineerd effect van capillariteit en diffusie. Het monster Isoproc – Celit B heeft een equivalente diffusiedikte van 0,11m net als de andere houtvezelplaten. Dit betekent dat de capillaire functie wellicht belangrijker is dan de dampdoorlatendheid.

3. De capillariteitsproef

3.1 Uitleg proef

De proef om de capillariteit van onderdakmaterialen te bepalen is gebaseerd op de norm *NBN B 27-010: Vorstbestendigheid - vermogen tot wateropsorping door capillariteit*.

Deze norm beschrijft een wateropsorplingsproef door capillariteit van keramische producten voor wand- en vloerbekleding, teneinde een karakteristiek te bepalen in verband met de vorstbestendigheid van deze producten. Mits hier enkel interesse is voor de opslorplingskarakteristieken, wordt niet verder ingegaan op de vorstbestendigheid.

De methode bestaat erin om enkele monsters - van de te onderzoeken materialen - in water te plaatsen en de evolutie van de massa van het proefstuk te volgen in functie van de tijd. Hieruit worden vervolgens de waterabsorptie-coëfficiënt en het capillair vochtgehalte van het materiaal bepaald.

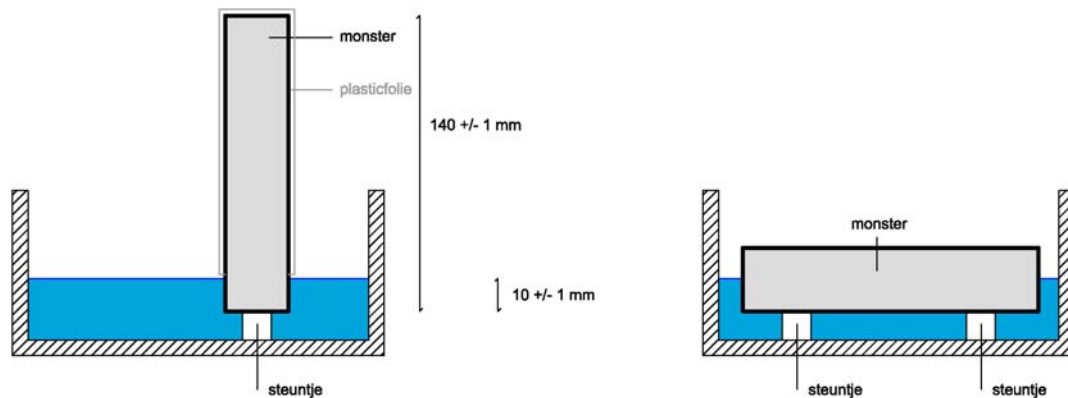


Fig. 2.6 Plaatsing proefstuk verticaal - horizontaal

Beschrijving van de proef:

Van de monsters worden nauwkeurig alle afmetingen bepaald, daarna worden zij in een waterbad van 1cm geplaatst, dit zowel verticaal (opsorping evenwijdig met de richting van de vezels) als horizontaal (opsorping loodrecht op de richting van de vezels). Van elk materiaal worden telkens vier proefstukken (twee verticaal en twee horizontaal) onderzocht. Op regelmatige tijdstippen worden de monsters uit het water gehaald, afgedroogd met een vochtig zeemvel en gewogen. In het begin gebeurt dit om de 30

seconden, naargelang de proef vordert worden de intervallen vergroot. Telkens wordt het monster zo vlug mogelijk terug in het water geplaatst.

Wanneer het vochtfront de bovenkant van het proefstuk bereikt heeft en daarbij de massa constant blijft, wordt het uit het water gehaald en is de proef afgelopen.

Omdat uit de proeven bleek dat de verticale monsters te veel beïnvloed werden door verdamping, (het vochtfront bereikte de bovenkant niet), werd de proef nogmaals herhaald, en hierbij werden de proefstukken ingepakt in plasticfolie om dit effect te vermijden.

Na de proef werden alle proefstukken in een droogoven geplaatst om zo hun drooggewicht te kunnen bepalen. De meeste materialen bevatten immers een bepaalde hoeveelheid vocht, die daar gewoon in thuishoort. Dit noemt men het hygroscopisch vochtgehalte. De hoeveelheid hiervan is afhankelijk van de relatieve vochtigheid van de lucht waarin het materiaal zich bevindt. De hoeveelheid vocht die bij een bepaalde relatieve vochtigheid aan het materiaal gebonden wordt, noemen we het evenwichtsvochtgehalte (zie ook hoofdstuk I – diffusie van waterdamp 1.1.5 Hygroscopisch vochtgehalte p.10).

Verwerking van de resultaten:

Tijdens de proef werden telkens de massa's genoteerd van de monsters, hieruit kan m de opgezogen hoeveelheid water per contactoppervlak (kg/m^2) berekend worden. Wanneer men deze uitzet als functie van de vierkantswortel van de tijd t (s) vindt men een lineair verband.

$$m = A\sqrt{t}$$

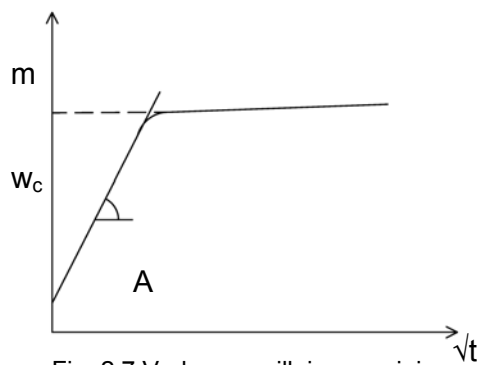


Fig. 2.7 Verloop capillaire opzuiging

Uit deze grafiek kunnen zowel A de waterabsorptie-coëfficiënt van het materiaal ($\text{kg/m}^2 \cdot \sqrt{\text{s}}$) als w_c het capillair vochtgehalte (kg/m^3) afgeleid worden. Beiden zijn materiaaleigenschappen. Het capillair vochtgehalte is de hoeveelheid water in het monster op het ogenblik dat het vochtfront de andere zijde van het monster bereikt. Hoe hoger w_c , hoe meer water er in de poriën opgezogen kan worden en dus hoe poreuzer het materiaal is. Er moet wel vermeld worden dat er ook vaak lucht ingesloten wordt in doodlopende poriën en het capillair vochtgehalte dus steeds kleiner is dan het verzadigingsvochtgehalte w_m .

Hoe groter de waterabsorptie-coëfficiënt, hoe sneller het water opgezogen wordt wat wijst op grotere poriën.

3.2 Metingen*

Volgende monsters** werden onderzocht:

Gutex – Multiplex top horizontaal 1
 Gutex – Multiplex top horizontaal 2
 Gutex – Multiplex top verticaal 3
 Gutex – Multiplex top verticaal 4

Isoproc – Celit A horizontaal 1
 Isoproc – Celit A horizontaal 2
 Isoproc – Celit A verticaal 3
 Isoproc – Celit A verticaal 4

Isoproc – Celit B horizontaal 1
 Isoproc – Celit B horizontaal 2
 Isoproc – Celit B verticaal 3
 Isoproc – Celit B verticaal 4

Isoproc – Celit C horizontaal 1
 Isoproc – Celit C horizontaal 2
 Isoproc – Celit C verticaal 3
 Isoproc – Celit C verticaal 4

Isoproc – Celit D horizontaal 1
 Isoproc – Celit D horizontaal 2
 Isoproc – Celit D verticaal 3
 Isoproc – Celit D verticaal 4

Eternit – Menuiserite horizontaal 3
 Eternit – Menuiserite horizontaal 4
 Eternit – Menuiserite verticaal 3
 Eternit – Menuiserite verticaal 4

SVK – Novex horizontaal 3
 SVK – Novex horizontaal 4
 SVK – Novex verticaal 3
 SVK – Novex verticaal 4

* Alle opgemeten waarden, berekeningen en grafieken zijn terug te vinden in deel 2 (p. 44 t.e.m. 139) van deze thesis.

** De nummering van de monsters volgt uit de volgorde waarin de proeven werden uitgevoerd.

3.3 Resultaten van de metingen

<u>monster</u>	<u>opgemeten waarde</u>	<u>gemiddelde waarde</u>
Gutex – Multiplex top horizontaal 1	A: 0,0102 w _c : 103,89	A: 0,0094 w_c: 103,06
Gutex – Multiplex top horizontaal 2	A: 0,0085 w _c : 102,22	
Gutex – Multiplex top verticaal 3	A: 0,0116	A: 0,0119
Gutex – Multiplex top verticaal 4	A: 0,0121	
Densiteit:		ρ: 273,73
Isoproc – Celit A horizontaal 1	A: 0,0041 w _c : 47,66	A: 0,0043 w_c: 48,61
Isoproc – Celit A horizontaal 2	A: 0,0044 w _c : 49,55	
Isoproc – Celit A verticaal 3	A: 0,0035	A: 0,0041
Isoproc – Celit A verticaal 4	A: 0,0047	
Densiteit:		ρ: 276,68
Isoproc – Celit B horizontaal 1	A: 0,0033 w _c : 94,89	A: 0,0029 w_c: 85,05
Isoproc – Celit B horizontaal 2	A : 0,0024 w _c : 75,21	
Isoproc – Celit B verticaal 3	A : 0,0056	A : 0,0055
Isoproc – Celit B verticaal 4	A : 0,0053	
Densiteit:		ρ: 241,43

<u>monster</u>	<u>opgemeten waarde</u>	<u>gemiddelde waarde</u>
Isoproc – Celit C horizontaal 1	A : 0,0045 w _c : 60,19	A : 0,0041 w_c : 63,36
Isoproc – Celit C horizontaal 2	A : 0,0036 w _c : 66,52	
Isoproc – Celit C verticaal 3	A : 0,0046	A : 0,0046
Isoproc – Celit C verticaal 4	A : 0,0046	
Densiteit:		ρ: 271,25
Isoproc – Celit D horizontaal 1	A : 0,0068 w _c : 134,19	A : 0,0074 w_c : 142,50
Isoproc – Celit D horizontaal 2	A : 0,0080 w _c : 150,80	
Isoproc – Celit D verticaal 3	A : 0,0092	A : 0,0104
Isoproc – Celit D verticaal 4	A : 0,0116	
Densiteit:		ρ: 270,44
Eternit – Menuiserite horizontaal 3	A : 0,0067 w _c : 322,50	A : 0,0066 w_c : 320,87
Eternit – Menuiserite horizontaal 4	A : 0,0065 w _c : 319,23	
Eternit – Menuiserite verticaal 3	A : 0,2430 w _c : 380,10	A : 0,2304 w_c : 358,53
Eternit – Menuiserite verticaal 4	A : 0,2177 w _c : 336,95	
Densiteit:		ρ: 1559,91

<u>monster</u>	<u>opgemeten waarde</u>	<u>gemiddelde waarde</u>
SVK – Novex horizontaal 3	A : 0,0163 w _c : 304,17	A : 0,0145 w_c : 311,25
SVK – Novex horizontaal 4	A : 0,0127 w _c : 318,33	
SVK – Novex verticaal 3	A : 0,345 w _c : 340,29	A : 0,3146 w_c : 354,31
SVK – Novex verticaal 4	A : 0,2841 w _c : 368,32	
Densiteit:		ρ: 1713,57

3.4 Conclusies uit de metingen

Uit de grafieken blijkt dat de nieuwe materialen niet altijd de te verwachten kromme volgen.

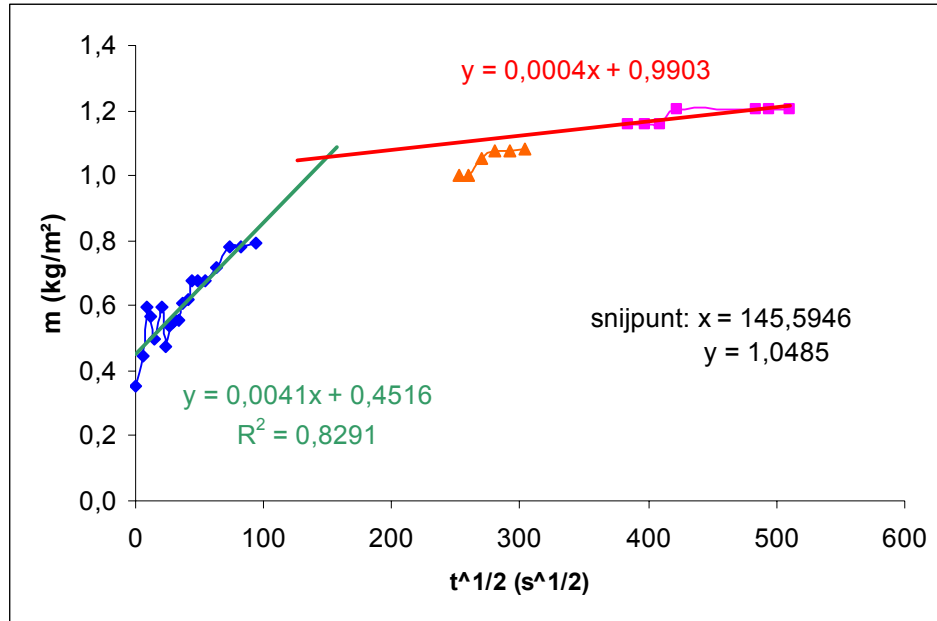


Fig. 2.8 Grafiek: massa in functie van de vierkantswortel van de tijd (capillariteitsproef Isoproc – Celit A horizontaal 1)

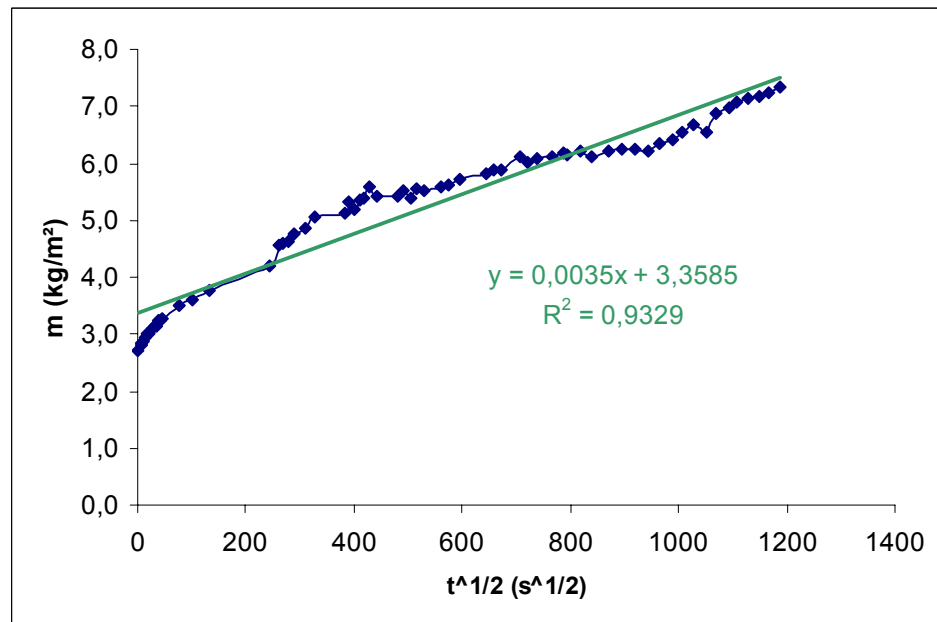


Fig. 2.9 Grafiek: massa in functie van de vierkantswortel van de tijd (capillariteitsproef Isoproc – Celit A verticaal 3)

Het lineaire gedeelte van de grafiek kan in theorie beschreven worden door de vergelijking:

$$m = A \cdot \sqrt{t}$$

Hier is dat soms niet het geval. We zien dit doordat de correlatie R^2 niet zo nauw aansluit met 1 (zie deel 2 – p. 44 t.e.m. 139). Dit wil zeggen dat de regressielijn, die theoretisch lineair moet zijn, niet zo strikt lineair is als verwacht.

Dit duidt op het feit dat er toch een redelijke differentiatie is tussen de verschillende materialen. Om een beeld te krijgen van die variatie werd ook een logaritmische kromme gemaakt waarin $\ln(m)$ werd uitgezet in functie van $\ln(t)$.

De vergelijking van deze curve:

$$\ln m = \ln A' + x \cdot \ln t$$

toont meteen ook aan welke machtswortel (x) het lineaire gedeelte van de grafiek best beschrijft. Hieruit leiden we af dat sommige materialen het best door een derde machtswortel tot bij een enkele keer zelfs door een tiende machtswortel worden beschreven. De correlatie van de grafieken die uitgedrukt werden in deze machtswortel lag veel dichterbij 1. Dit wijst erop dat deze curven veel meer lineair zijn dan diegene waarbij m uitgedrukt wordt in functie van $\sqrt{t}$.

Omdat de waterabsorptie-coëfficiënt die hieruit wordt afgeleid enkel geldig is bij die specifieke machtswortel en we de verschillende materialen dus niet met elkaar kunnen vergelijken, wordt hier niet verder op ingegaan.

Omdat A sowieso bepaald moet worden uit de grafiek waarin m uitgezet wordt in functie van $\sqrt{t}$, wordt deze grafiek nader onderzocht.

We zien dat de opzuiging meestal bestaat uit drie verschillende gedeeltes. Een redelijk steil deel: de primaire opzuiging, een deel dat bijna horizontaal verloopt: de secundaire opzuiging en daartussen een overgangsfase.

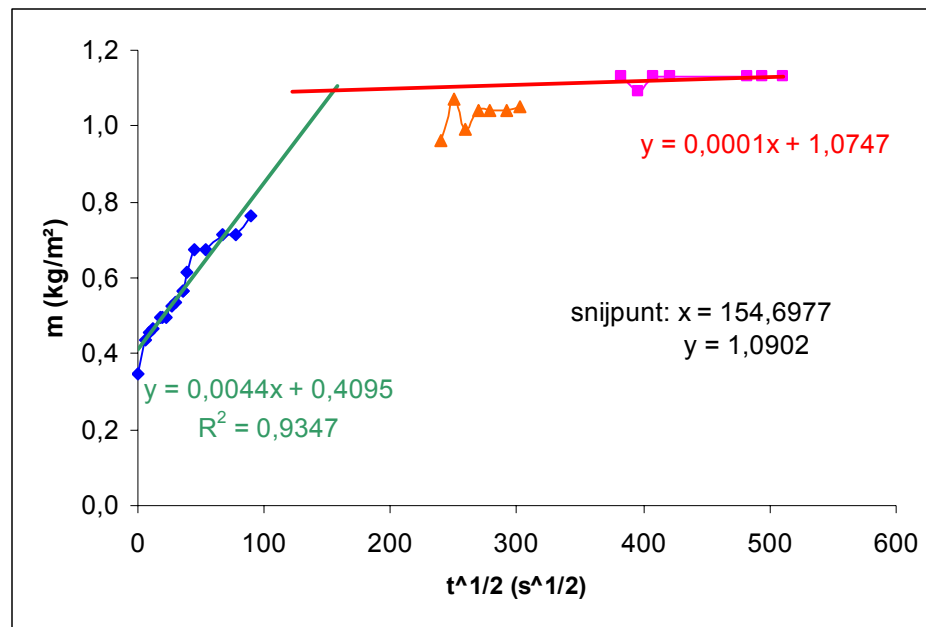


Fig. 2.10 Grafiek: massa in functie van de vierkantswortel van de tijd (capillariteitsproef Isoproc – Celit A horizontaal 2)

Vooral bij de vezelcementplaten (Menuiserite en Novex) die horizontaal liggen, zien we dat het begin van de opzuiging heel snel verloopt. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat deze dunne plaatjes niet helemaal perfect horizontaal kunnen gelegd worden en dat er ook wat water langs de zijanten opgezogen wordt.

De berekeningen van de waterabsorptie-coëfficiënt werden gebaseerd op een gemiddelde van deze waarden of op een duidelijk af te scheiden deel in het begin. In hellende daken is de beginsnelheid waarmee het water – dat vrijkomt bij inwendige condensatie – opzogen wordt immers het belangrijkste.

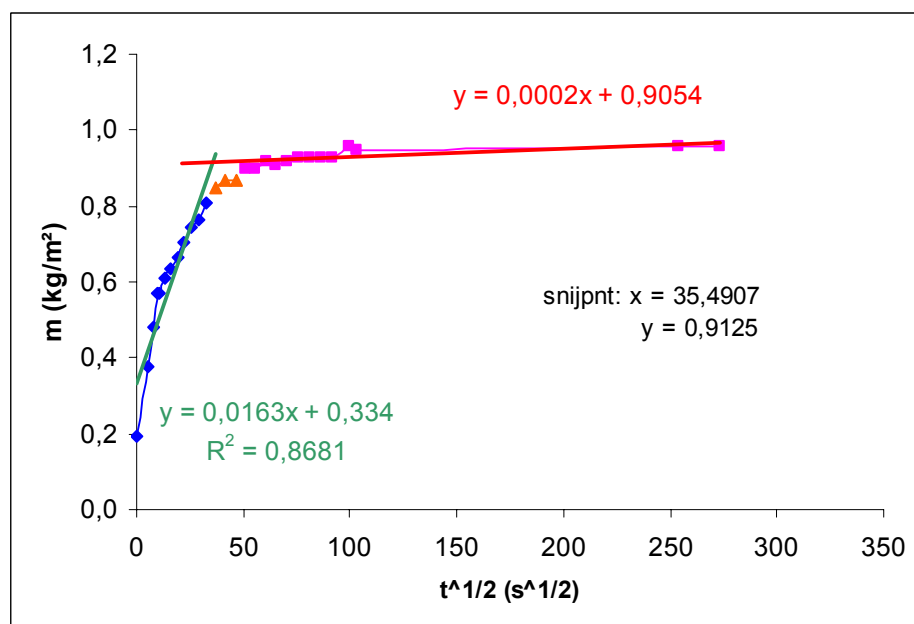


Fig. 2.11 Grafiek: massa in functie van de vierkantswortel van de tijd (capillariteitsproef SVK – Novex horizontaal 3)

Het capillair vochtgehalte w_c wordt bepaald uit het snijpunt van de lijn van primaire opzuiging en de lijn van secundaire opzuiging. Wanneer we dit ook eens probeerden bij de verschillende machtswortels valt het op dat we voor w_c altijd hetzelfde resultaat bekomen, onafhankelijk welke machtswortel we gebruiken. Dit is eigenlijk logisch omdat het capillair vochtgehalte niet afhangt van de snelheid van opslorping, maar van het aantal poriën in het materiaal.

Hierbij moet nog vermeld worden dat bij de verticale opzuiging het vochtfront de bovenkant van het monster nog niet bereikte toen de proef werd stopgezet (behalve bij de vezelcementplaten); dit omwille van het feit dat de opzuiging zo traag verliep. Er was dus geen probleem om de waterabsorptie-coëfficiënt te bepalen, maar daartegenover kon het capillair vochtgehalte niet bepaald worden. Dit was echter ook geen probleem omdat we w_c konden bepalen uit de horizontale opzuiging.

Wanneer we de resultaten algemeen bekijken, valt het op dat de waterabsorptie-coëfficiënten bij de verticale en horizontale opzuiging niet zo veel van elkaar verschillen. Men zou kunnen verwachten dat de opzuiging evenwijdig met de vezels gemakkelijker zou gaan dan deze loodrecht op de vezels, maar de proef wijst uit dat dit niet het geval is. Dit kan misschien verklaard worden door het feit dat A bepaald wordt door de grootte van de poriën en deze dus even groot zijn in elke richting. Bij de vezelcementplaten is er wel verwachte resultaat. Hun waterabsorptie-coëfficiënt evenwijdig met de vezels is duidelijk veel groter dan deze er loodrecht op.

Ook hun densiteit is veel groter dan deze van de houtvezelplaten. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de aanwezigheid van het portlandcement, dat veel meer weegt dan de houtvezels.

Hoewel deze houtvezelplaten allemaal heel gelijkaardig zijn qua densiteit merken we enkele verschillen op. Als we zowel de waterabsorptie-coëfficiënt als het capillair vochtgehalte bekijken, valt het op dat we ze kunnen indelen in twee soorten: enerzijds de Multiplex top – en de Celit D – plaat en anderzijds de Celit A, B en C. Deze laatste hebben een duidelijk kleinere waterabsorptie-coëfficiënt wat betekent dat ze kleinere poriën hebben, en ze dus trager het water opzuigen. Ook het capillair vochtgehalte wijst op het feit dat deze materialen wat minder poreus zijn dan de twee andere. Daarvan is Celit D nog de meest poreuze, want zijn capillair vochtgehalte loopt zelfs op tot $142,50 \text{ kg/m}^3$, wat bijna 53% is van zijn densiteit.

Omdat de Multiplex top slechts bestaat uit houtvezels van naaldhout en latex, zoals Celit A en C, zouden we nochtans verwachten dat hij meer gelijkheden zou vertonen met deze

materialen. Maar nogmaals volgt uit de proef dat de resultaten niet altijd zijn zoals verwacht.

Hoewel de vezelcementplaten in densiteit helemaal anders zijn dan de houtvezelplaten, is hun waterabsorptie-coëfficiënt loodrecht op de vezels vrij gelijkaardig. In daken gebeurt de wateropname meestal in die richting wat er op duidt dat hun functie qua capillair gedrag redelijk gelijklopend zal zijn.

4. Besluit

Alle onderdakmaterialen die we getest hebben zijn capillair. Ze hebben allen een behoorlijk gelijkaardige waterabsorptie-coëfficiënt wat betekent dat hun functie in het dak ook redelijk gelijkaardig zal zijn.

Uit de dampdiffusieproeven kunnen we ook reeds afleiden dat de capillaire materialen zullen zorgen voor een betere vochthuishouding in het dak. Immers niet – capillaire materialen zullen geen vocht opzuigen en aldus zal hun equivalente diffusiedikte de waarde aannemen die zou gevonden worden wanneer men enkel diffusie in rekening brengt. Deze zal in tegenstelling met capillaire materialen heel wat hoger liggen omdat bij hen ook de opzuigingseigenschappen een rol spelen.

Door dit feit kunnen we al voorzichtig vaststellen dat capillariteit waarschijnlijk een belangrijkere eigenschap zal zijn in de vochthuishouding van het dak dan de dampdoorlatendheid. Maar beiden zullen niet mogen ontbreken wanneer we spreken over een goed presterend onderdak.

Daarom zullen we nu eerst algemeen het vochttransport doorheen constructies bekijken om het dan in een volgend hoofdstuk te kunnen hebben over het hellend dak.

Hoofdstuk III: Vochttransport doorheen constructies

INLEIDING

Vocht is alom aanwezig in gebouwen en wordt beïnvloed door het binnen- en buitenklimaat. Dit heeft te maken met factoren zoals neerslag, temperatuur, luchtdruk, relatieve vochtigheid,... Binnen in huis is de oorzaak van vocht vaak de condensatie van de door de bewoners geproduceerde waterdamp als het gevolg van koken, wassen, baden, strijken, ademen...

We kunnen stellen dat de vochthuishouding van een gebouw een labiel evenwicht heeft, afhankelijk van interne en externe invloeden. Logischerwijze moet dit evenwicht zodanig zijn dat er geen schade kan worden veroorzaakt aan de constructie en het comfort van de bewoners niet wordt gestoord.

De juiste keuze van de constructie en materialen moet ervoor zorgen dat een goed evenwicht bewerkstelligd wordt. Daarom bekijken we hier nu eerst algemeen hoe het vochttransport doorheen een constructie verloopt.

WOONVOCHT

1. De vochtbalans

De invloed van woonvocht op de luchtvochtigheid binnen een woning neemt toe onder invloed van verbeterde luchtdichtheid. Daarom wordt eerst de vochtbalans beschreven:

$$n \cdot V \cdot (c_i - c_e) + G + K = P$$

n: aantal luchtwisselingen per uur
= het ventilatievoud

V: volume van de woning (m³)

$c_i - c_e$: het verschil in waterdampconcentratie
tussen binnen- en buitenlucht (g/m³)

G: de waterdampstroom die door
diffusie ontwijkt (g/h)

K: de neerslaande waterdamphoeveelheid
door oppervlaktecondensatie (g/h)

P: de hoeveelheid geproduceerde waterdamp
in de woning (g/h)

In deze vochtbalans zijn G en K verwaarloosbaar tegenover P. Daaruit volgt:

$$n \cdot V \cdot (c_i - c_e) = P$$

Vermits het verschil in waterdampconcentratie ($c_i - c_e$) gelijk is aan de verhouding van het dampdrukverschil ($p_i - p_e$) tot ($R \times T_i$) kan deze formule ook op de volgende manier uitgedrukt worden:

$$p_i = p_e + \frac{R \cdot T_i \cdot P}{n \cdot V}$$

Hieruit kunnen we het volgende besluiten:

- in een gebouw is de lucht altijd vochtiger dan erbuiten ($P > 0$; $p_i > p_e$). In een onbewoond gebouw ($P = 0$; $p_i = p_e$) is de dampdruk binnen gelijk aan de dampdruk buiten.
- Wanneer men ventileert ($n \uparrow$) kan de dampdruk binnen beperkt worden. Het verband tussen p_i en n verloopt wel hyperbolisch wat tot gevolg heeft dat bij een klein ventilatievoud een verandering een grote invloed heeft op de dampdruk, terwijl bij een groot ventilatievoud een verandering nauwelijks de dampdruk beïnvloedt.

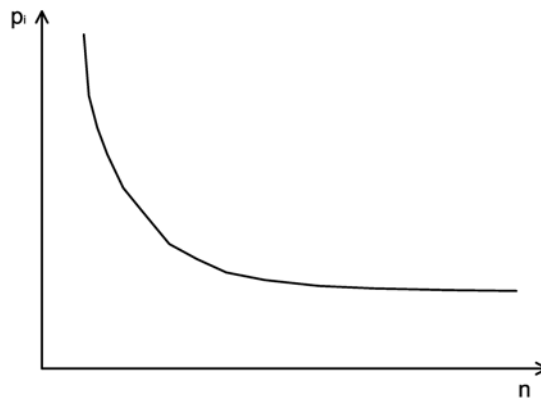


Fig. 3.1 Grafiek verband ventilatievoud – dampdruk binnen

- bij gelijkblijvende vochtproductie en ventilatievoud is de dampdruk binnen een groot gebouw kleiner dan in kleine woningen. Dit verklaart waarom in sociale woningen dikwijls meer vochtproblemen voorkomen dan in andere, grotere huizen.

Uit de vorige formule zou je theoretisch ook kunnen besluiten dat het dampdrukverschil tussen binnen en buiten gans het jaar door constant is, dit is in de praktijk echter niet zo. Uit metingen is gebleken dat het dampdrukverschil erg afhangt van de buitentemperatuur. Hoe warmer, hoe kleiner het dampdrukverschil, maar dit is vooral het gevolg van het gedrag van de bewoners. Wanneer het buiten warmer is, worden vlugger ramen en deuren opengezet en wordt er dus meer geventileerd. Dit heeft dus in feite niks te maken met de theoretische benadering waarbij de variatie van n onafhankelijk is van de temperatuur.

2. Binnenklimaatklassen

Omdat woningen nu eenmaal niet allemaal gelijk zijn (zwembaden, klein, groot,...) worden er bij toepassingen van vochtbeheersing binnenklimaatklassen ingevoerd. Deze zijn een maat voor de vochtbelasting van een gebouw. In principe wordt een gebouw ingedeeld in een bepaalde klasse op basis van de te verwachten dampdruk maar omdat dit rechtstreeks gekoppeld is aan het gebruik en de activiteiten in het gebouw, kan de binnenklimaatklasse ook geschat worden op basis van de gebouwfunctie:

Er zijn vier verschillende klassen:

1. Heel lage dampdruk van de binnenlucht, bijna onmogelijk dat condensatie voorkomt. Bijvoorbeeld: opslagplaatsen en garages.
2. Gebouwen met beperkte vochtproductie en/of een goede ventilatie. Bijvoorbeeld: kantoren, scholen en grote woningen.
3. Gebouwen met een belangrijke vochtproductie en/of een matige ventilatie. Bijvoorbeeld: kleine woningen, ziekenhuizen en restaurants.
4. Gebouwen met heel hoge vochtproductie, waar zonder aangepaste maatregelen een hoge vochttopstapeling te verwachten is. Bijvoorbeeld: (woningen met) zwembaden.

VOCHTBEHEERSING

In dit deel zullen de hygrothermische oorzaken van vochtproblemen besproken worden:

- inwendige condensatie
- oppervlaktecondensatie

Andere oorzaken zijn nog gevolgen van constructiefouten, de kwaliteit van de materialen en toevalligheden.

1. Inwendige condensatie

Inwendige condensatie is een gevolg van het temperatuursverschil binnen in een constructie en van het transport van waterdamp. Daarom bekijken we eerst het temperatuursverloop doorheen een constructie.

Afhankelijk van de warmteweerstand R van de gebruikte materialen zal de temperatuur doorheen een constructie afnemen van binnen naar buiten. Ook zal waterdamp van binnen naar buiten migreren omdat de dampdruk (partiële en absolute) bij normale omstandigheden in een woning hoger ligt dan buiten.

Indien waterdamp op zijn weg van binnen naar buiten – dus in de richting van de dalende temperatuur – terecht komt in een gebied waar de temperatuur zo laag is dat de hierbij horende maximaal mogelijke concentratie waterdamp lager is dan de werkelijke concentratie, zal condensatie van waterdamp optreden. In de volgende figuur wordt dit duidelijk gemaakt:

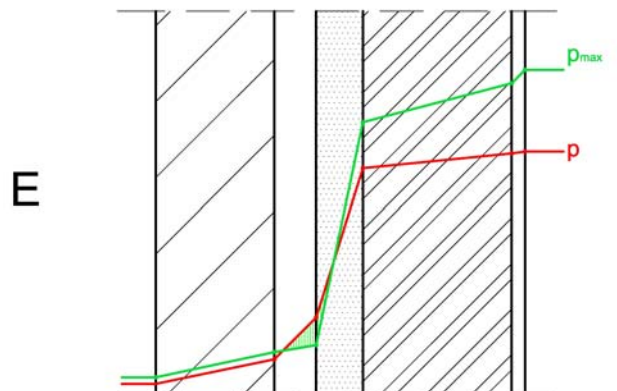


Fig. 3.2 Condensatie in een spouwmuur

Uit het temperatuursverloop kan men de maximale dampdruk ($p_{\max}$ – groene lijn) doorheen de constructie berekenen. Deze vergelijken we met de heersende dampdruk (p – rode lijn). Waar de twee curven elkaar snijden, ontstaat een onmogelijke situatie. De heersende dampdruk kan niet hoger zijn dan de maximale dampdruk, daarom zal daar condensatie optreden (groen gearceerd oppervlak). Doordat dit binnen een constructie gebeurt, spreken we van inwendige condensatie. In het algemeen mag men aannemen dat dit het geval zal zijn in de directe omgeving van een grensvlak van twee lagen van een constructie met verschillende diffusieweerstanden.

Inwendige condensatie kan voorkomen of beperkt worden door aan de warme zijde een sterk dampremmende laag aan te brengen. Hierdoor wordt de heersende dampdruk heel wat lager en vaak ook lager dan de maximale dampdruk. Ook dampopen materialen in de constructie gebruiken, kan ervoor zorgen dat het vocht verdampt en de materialen uit zichzelf terug gaan drogen.

Het is niet echt noodzakelijk iedere vorm van inwendige condensatie te voorkomen. Zolang de hoeveelheid vocht die door inwendige condensatie achterblijft na de winterperiode een bepaald maximum niet overschrijdt. Daarom moet hetgeen in de winter binnendringt, 's zomer weer kunnen verdwijnen door uitdroging/verdamping.

2. De methode van Glaser

De zogenaamde Glasermethode voorspelt, lokaliseert en berekent nu precies deze inwendige condensatie. Ze houdt echter enkel rekening met de inwendige condensatie als gevolg van waterdamptransport door diffusie.

Omdat in daken de inwendige condensatie nu wel meestal veroorzaakt wordt door luchtlekkage, is een nieuw berekeningssysteem ontwikkeld dat ook rekening houdt met waterdamptransport door convectie. Dit heet het één-dimensionaal diffusie-convectiemodel.

3. Dampschermen

Inwendige condensatie ontstaat op een grensvlak. Dit is een raakvlak tussen verschillende materialen. Het condensaat zal worden opgezogen door het capillair gedrag van de materialen grenzend aan het condensatievlak. Dit proces is continu tot er een evenwichtstoestand is bereikt. Het capillair materiaal zal tot een bepaalde dikte kritisch vochtig worden (zie Hoofdstuk I: Watertransport: 1.1.2 Kritisch vochtgehalte p.16).

Vocht, onder de vorm van waterdamp, migreert in normale omstandigheden van binnen naar buiten. Om de constructie te beschermen tegen het indringen van waterdamp en dus tegen inwendige condensatie, brengt men dampremmende lagen aan. Deze zijn gekenmerkt door hun grote μ -waarde en hun geringe dikte. Ze worden onderverdeeld in klassen naargelang hun diffusieweerstand. Naargelang de klimaatklasse zal een strengere eis worden gesteld wat betreft de dampschermklasse.

Klasse	Klassegrenzen	Materialen
D1	$2 < \mu_d < 5$	- gebitumineerd bouw papier - bitumenglasvlies - met kunststof behandeld behang-papier - bepaalde verflagen
D2	$5 < \mu_d < 25$	- gipskarton + alufolie - kunststoffolie of gewapend bitumen met glasvlies
D3	$25 < \mu_d < 200$	- gewapend bitumen met glasvlies
D4	$\mu_d > 200$	- gewapend bitumen met metaalfolie

Tabel: De dampschermklassen

Een dampscherm moet altijd langs de binnenzijde van een isolatiemateriaal worden aangebracht, anders zal vocht in de isolatie binnendringen en in de scheiding tussen isolatie en onderdak condenseren. Veelal is het niet noodzakelijk een scherm te plaatsen omdat bepaalde materialen in de zomer opdrogen. Deze materialen zullen we verder nog bespreken.

4. Oppervlaktecondensatie

Lucht bevat steeds een hoeveelheid waterdamp. De maximale hoeveelheid waterdamp is afhankelijk van de temperatuur. De lucht is verzadigd met waterdamp wanneer de maximale hoeveelheid waterdamp, overeenstemmend met de temperatuur is bereikt. Men spreekt dan van een relatieve vochtigheid van 100% (zie Hoofdstuk I: Diffusie van waterdamp: 1.1.1 Waterdamp - luchtmengsels p.4).

Wanneer lucht langs een koud oppervlak beweegt dan daalt de temperatuur van de lucht. Bij de dauwpuntstemperatuur is de lucht volledig verzadigd en zal waterdamp condenseren. Dit fenomeen kan zich voordoen op elk koud oppervlak. Door de poreusheid en capillariteit zal de constructie dit condensatievocht opzuigen, zodat het materiaal

vochtig wordt. Bij een permanente vochttoevoer zal het materiaal tot op een zekere diepte vochtig blijven zodat er een optimaal milieu geschapen wordt voor schimmelgroei,... Enerzijds vormen schimmels een esthetisch probleem (zwarte plekken), anderzijds is er ook een relatie met de gezondheid. Schimmelsporen kunnen allergische reacties bij mensen teweeg brengen.

Om dit te voorkomen moet al bij het ontwerp gezorgd worden dat er voldoende dampopen materialen gebruikt worden zodat vocht langs de buitenkant kan verdampen. Op niet poreuze materialen, zoals glas of metaal, zal het condensaat afdruppelen.

BESLUIT

Zoals we zien uit de theoretische studie is een goede vochtbeheersing in een constructie niet eenvoudig. Er zijn al verschillende maatregelen bekend om een goed evenwicht te bewerkstelligen, maar ook het gedrag van de bewoners is een factor die zeker niet vergeten mag worden.

Daarom zullen we verder onderzoeken welke ontwerptechnieken reeds kunnen bijdragen tot een betere vochtbeheersing in een constructie.

Hoofdstuk IV: Het hellende dak

0. Inleiding

Nu we weten hoe vochttransport doorheen een constructie gebeurt, kunnen we ons concentreren op het hellende dak. Aan gebouwen worden steeds strengere eisen opgelegd op het vlak van energie-efficiëntie. De beste manier om de energievraag voor woningen te beperken is nog steeds een doorgedreven thermische isolatie. Daardoor neemt de isolatiedikte in daken alsmaar toe. Samen met dit feit werd echter ook een toename van het aantal vochtproblemen in hellende daken waargenomen. Om dit in de toekomst te vermijden, is het nodig nieuwe ontwerpmethodes te ontwikkelen die de vochthuishouding in de daken garanderen bij de actuele randvoorwaarden en bouwtechnieken.

Daarom zullen we in dit hoofdstuk onderzoeken welke eigenschappen onderdakmaterialen moeten hebben om een goede vochthuishouding in een hellend dak te bewerkstelligen.

1. Theoretische achtergrond

1.1 Opbouw

Een traditioneel dak is veelal opgebouwd uit achtereenvolgens: een spantconstructie (2), een onderdak (1) met daarop tengellatten, panlatten (3) en daarop een dakbedekking (4) met pannen of leien.

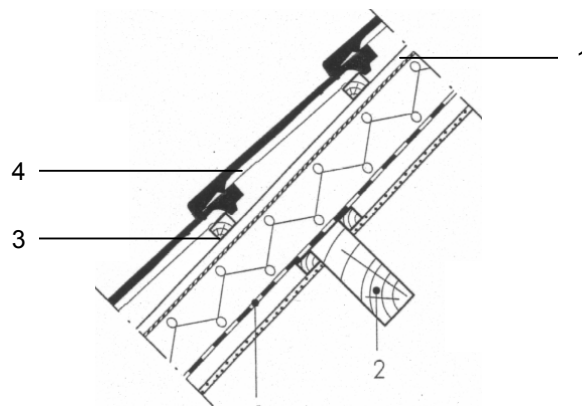


Fig. 4.1 Opbouw van een hellend dak

Omdat de thermische weerstand van dit traditioneel dak heel klein is, wordt tussen de kepers isolatie geplaatst om zo te voldoen aan de nieuwe energieprestatie-eisen. Is de zolderruimte niet voor bewoning bedoeld, dan wordt het isolatiemateriaal bij voorkeur in de

zoldervloer verwerkt. Deze vorm van isoleren wordt hier echter niet verder behandeld omdat ze buiten het bestek van deze studie valt.

De pannen of leien verzekeren de waterdichtheid. Het verschil met platte daken is dat deze waterkerende laag luchtdoorlatend is en dus niet dampremmend. Hierdoor ontstaat automatisch een ruime ventilatie van de spouw onder de pannen, waardoor het onderdak weliswaar vochtig kan worden, maar ook weer goed kan drogen.

Wanneer een waterkerende laag zoals bijvoorbeeld een kunststoffolie op het onderdak wordt aangebracht, is het noodzakelijk dat deze dampdoorlatend is om zo de kans op droging niet te beperken.

De functie van het onderdak bestaat erin een tweede scherm te vormen tegen binnendringen van stof, stuifsnieuw of regenwater.

1.2 Probleemstelling

Zoals hoger aangegeven is de methode van Glaser niet geschikt om inwendige condensatie als gevolg van luchtlekkage te berekenen. Zij gaat enkel op wanneer het dak perfect luchtdicht is. Voor hellende daken – in tegenstelling tot platte daken – is zelden voldaan aan deze voorwaarde. Dus beperkt deze studie zich tot het hellend dak en wordt verder gewerkt met het programma Wufi dat in staat is realistische berekeningen te maken, rekening houdende met de nieuwste bevindingen betreffende dampverspreiding en capillair vochttransport.

Het doel van het onderzoek is dus te bepalen welke materialen en dakopbouw kunnen bijdragen tot de vermindering van de risico's op inwendige condensatie rekening houdend met een bepaalde luchtdoorlatendheid van het dak.

1.3 Basiscriteria

Bij het onderzoek van enkele typedaken moet worden daarom uitgegaan van een aantal basiscriteria:

- het dak moet waterdicht zijn;
- het moet weerstaan aan de te verwachten mechanische krachtwerkingen, zoals wind- en sneeuwbelasting;

- het dakontwerp moet zo gemaakt worden dat uitdroging gemakkelijk kan gebeuren. Er mag dus geen bouwvocht opgesloten worden tussen twee dampremmende lagen.
- ontoelaatbare oppervlaktecondensatie moet vermeden worden;
- ontoelaatbare inwendige condensatie moet vermeden worden;
- thermische bewegingen moeten beperkt worden, zodat scheurvorming uitgesloten is.

1.4 Het bouwvochtgehalte

Uit metingen in situ blijkt dat in veel gevallen het gehalte aan bouwvocht het capillair vochtgehalte van het materiaal benadert.

Bij inwendige condensatie vindt men meestal het kritisch vochtgehalte terug.

Het kritisch vochtgehalte is lager dan het capillair vochtgehalte (zie Hoofdstuk I: Watertransport: 1.1.2 Kritisch vochtgehalte p.16) . Dit wil zeggen dat het bouwvochtgehalte hoger is dan de hoeveelheid vocht die in een materiaal terechtkomt bij inwendige condensatie.

Hieruit kunnen we besluiten dat door de aanwezigheid van bouwvocht de vereiste is dat het dak moet kunnen drogen. Deze eis bepaalt onder andere de plaats van het dampscherm in een constructie.

Is er bouwvocht aanwezig in de dakopbouw, dan zal in de zomer meestal een gedeelte van het bouwvocht drogen. De hoeveelheid hangt af van:

- de dampdruk binnen het gebouw;
- de diffusieweerstand van de lagen waartussen het vochtig materiaal ingesloten is (= de hygrothermische karakteristieken van de gebruikte materialen).

Schommelingen van zowel binnen- als buitenklimaat beïnvloeden het condensatieproces in belangrijke mate waardoor inwendige condensatie afgewisseld wordt met periodes van droging. Vooral bezonning heeft een belangrijke invloed op het drogingsproces. De invloed van de bezonning is uiteraard afhankelijk van de dakoriëntatie en van de dakhelling. Beide factoren variëren van gebouw tot gebouw. Dit is een bijkomende moeilijkheid want algemene regels dienen geval per geval aangepast te worden.

1.5 Beperking van de condensatiehoeveelheden

Schadelijke oppervlakte- en inwendige condensatie moeten vermeden worden. Dit wil zeggen dat er geen schade mag zijn aan de materialen en de afwerking en dat het wooncomfort moet behouden worden.

Eerder technisch uitgedrukt betekent dit:

- afdruppelend vocht mag niet voorkomen;
 - de condensatiehoeveelheden moeten beperkt worden zodat:
 - het isolerend vermogen van het dak niet geschaad wordt
 - de vochtig geworden materialen geen schade oplopen door
- bijvoorbeeld:
- vorst
 - corrosie
 - rot (plantaardige materialen)
 - schimmelontwikkeling

Om deze zaken te vermijden is het belangrijk om er in het ontwerp reeds voor te zorgen dat er zo weinig mogelijk condensaat zal kunnen ontstaan. Bij stijgende equivalente diffusieweerstand van dakbedekking en onderdak samen neemt de condensatiegevoeligheid van hellende daken toe*, dus niet alleen dakoriëntatie en dakhelling zijn belangrijk. Hierdoor is een bijkomende studie van enkele typedaken noodzakelijk.

* Dit wordt hierna nog verder bestudeerd.

2. Invloed van het onderdakmateriaal op de dakconstructie

De hygrothermische eigenschappen van de onderdakmaterialen die we hogerop, in hoofdstuk II, gemeten en bepaald hebben, kunnen nu in een model verwerkt worden om hun invloed op de dakconstructie te bepalen. Dit gebeurt met het programma *Wufi 4 light*.

2.1 Methode

In het programma kunnen we de evolutie van een welbepaald dak volgen gedurende twee jaar. Daartoe stellen we eerst een dak samen met telkens andere onderdakmaterialen die de hygrothermische eigenschappen zoals isolatie, dampdoorlatendheid en capillariteit al dan niet bezitten. Telkens worden ook welbepaalde randvoorwaarden ingevoerd (zie p. 69).

Het dak wordt beschouwd als een één-dimensionaal systeem en de samenstelling van het dak is als volgt:

	dikte (m)	λ (W/m.K)	μ
luchtlaag	0,013	0,18	0,46
onderdak	afh.	afh.	afh.
minerale wol	0,3	0,04	1,3
gipskarton	0,0125	0,16	7,03

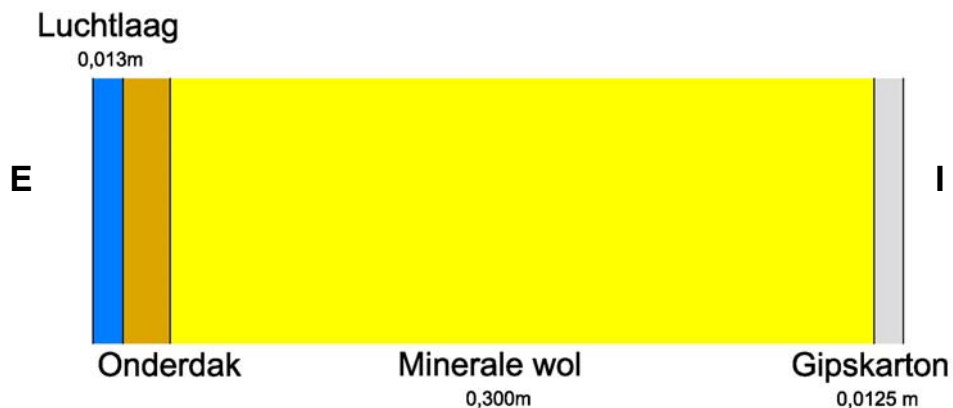


Fig. 4.2 Samenstelling van het dak

Het vochtgedrag wordt onderzocht voor verschillende onderdakmaterialen.

Omdat het in deze versie van het programma niet mogelijk is om de eigen onderzochte onderdakmaterialen in te geven, moeten we de materialen gebruiken die in Wufi

beschikbaar zijn. Deze werden door andere laboratoria onderzocht en hun parameters zoals densiteit, warmtegeleidingscoëfficiënt, μ -waarde, waterabsorptie-coëfficiënt en capillair vochtgehalte werden ingegeven. Door deze waarden te vergelijken met de waarden van de onderdakmaterialen die getest werden in hoofdstuk II, kunnen we de best passende materialen selecteren en gebruiken voor de simulaties.

- vezelcementplaat: materiaal in Wufi: **cement board**

	menuiserite	novex	cement board
ρ (kg / m ³)	1570	1780	1130
λ (W/m.K)	0,14	-	0,255
μ (bij $\phi=75\%$)	90	109	16
DWS* (m ² /s)	0 $\rightarrow$ 9,4.10-9	0 $\rightarrow$ 3,63.10-11	0 $\rightarrow$ 1,46.10-10
w_c	340	333	350

Zoals blijkt uit deze tabel is de vezelcementplaat niet volledig gelijkaardig met onze onderzochte materialen. Maar we hadden slechts keuze uit twee soorten en deze was degene die de onze best benaderde.

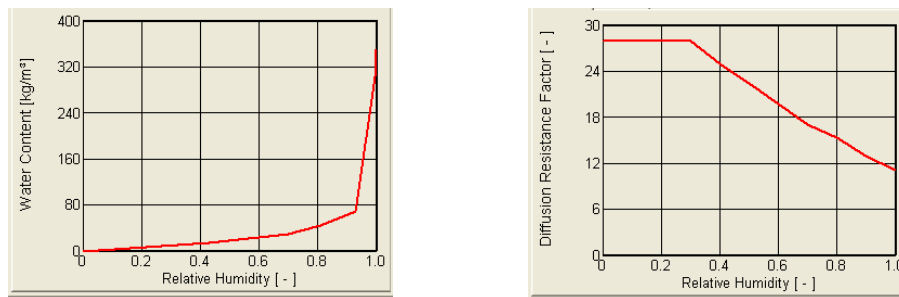


Fig. 4.3 Vochtgehalte en diffusieweerstandsgetal in functie van de relatieve vochtigheid van de vezelcementplaat

- houtvezelplaat:

omdat alle onderzochte houtvezelplaten erg op elkaar gelijken, werd slecht één onderscheid gemaakt, namelijk tussen deze zonder (Multiplex-top, Celit A,C,D) en de plaat met een cacheerlaag (Celit B).

	zonder cacheerlaag	wood fibre board
ρ (kg / m ³)	270	300
λ (W/m.K)	0,055	0,05
μ (bij $\phi=75\%$)	6,5	7
DWS* (m ² /s)	niet gekend	niet gekend
w_c	85	150

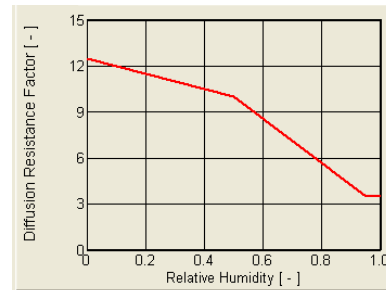
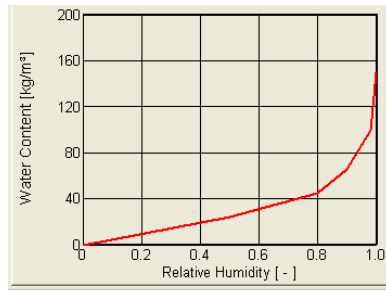


Fig. 4.4 Vochtgehalte en diffusieweerstandsgetal in functie van de relatieve vochtigheid van de houtvezelplaat zonder cacheerlaag

	met cacheerlaag	fibreboard with black coating
ρ (kg / m ³)	240	325
λ (W/m.K)	0,055	0,052
μ (bij $\phi=75\%$)	15	9,5
DWS* (m ² /s)	$0 \rightarrow 8,40 \cdot 10^{-8}$	$0 \rightarrow 2,4 \cdot 10^{-10}$
w_c	90	150

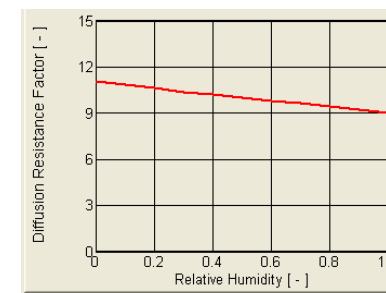
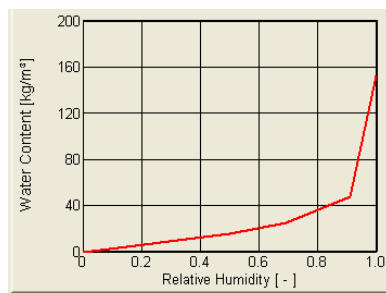


Fig. 4.5 Vochtgehalte en diffusieweerstandsgetal in functie van de relatieve vochtigheid van de houtvezelplaat met cacheerlaag

* DWS (w) = $3,8 \cdot (A/w_f)^2 \cdot 1000^{w/w_f - 1}$ uit Künzle H.M., *Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten*, 1994, p. 36 - 39

Deze materialen worden verderop vergeleken met andere, die deze eigenschappen (capillariteit, dampdoorlatendheid, isolerend vermogen) niet bezitten.

- onderdakfolie (niet capillair en niet isolerend): dampopen (membraan van gelamineerd polyethyleen en polypropyleen) en dampdicht (PE – membraan)

	dampopen folie	dampdichte folie
ρ (kg / m ³)	130	130
λ (W/m.K)	3	2,2
μ (bij $\phi=75\%$)	14	70000
DWS (m ² /s)	niet capillair	niet capillair

- isolierend materiaal (niet capillair): dampopen (geëxpandeerd polystyreen) en dampdicht (geëxtrudeerd polystyreen)

	dampopen isolatie	dampdichte isolatie
ρ (kg / m ³)	15	28,6
λ (W/m.K)	0,04	0,025
μ (bij $\phi=75\%$)	30	170,56
DWS (m ² /s)	niet capillair	niet capillair

Door isolerende materialen te gebruiken is de oppervlakte-temperatuur op de rand van twee materialen waar er inwendige condensatie kan optreden beduidend hoger.

De warmtegeleidingscoëfficiënt van de dampopen isolatie varieert met het vochtgehalte, de λ -waarde van de dampdichte isolatie is onafhankelijk. Het belang van deze verschillen komt later nog aan bod.

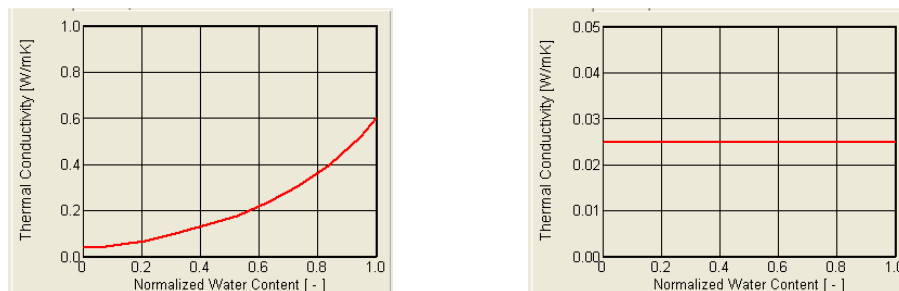


Fig. 4.6 Warmtegeleidingscoëfficiënt in functie van het vochtgehalte (dampopen en dampdichte isolatie)

2.2 Randvoorwaarden

Theoretische benaderingen zijn op zich niet voldoende om realistische besluiten te kunnen trekken. De omstandigheden waarin de materialen gebruikt worden, hebben eveneens een invloed op de resultaten. Dit is ook de grondgedachte van het programma Wufi en daarom zullen we ook de randvoorwaarden nader bekijken.

2.2.1 Het buitenklimaat

Het programma dat we konden gebruiken is beperkt, zowel in omvang als in geldigheid. Het gaat om een zogenaamde lightversie zodoende kan enkel het klimaat van Holzkirchen, Zuid – Duitsland, uit 1991 gebruikt worden.

Gegevens:

- gemiddelde luchttemperatuur: 6,4°C
- totaal aan straling: 1186 kWh/m²
- totaal aan regen: 1867 mm
- 51 ijsdagen (max. < 0°C)
- 93 vriesdagen (min.<0°C, max.>0°C)
- 19 zomerdagen (25°C < t < 30°C)
- 3 hete dagen (max. > 30°C)

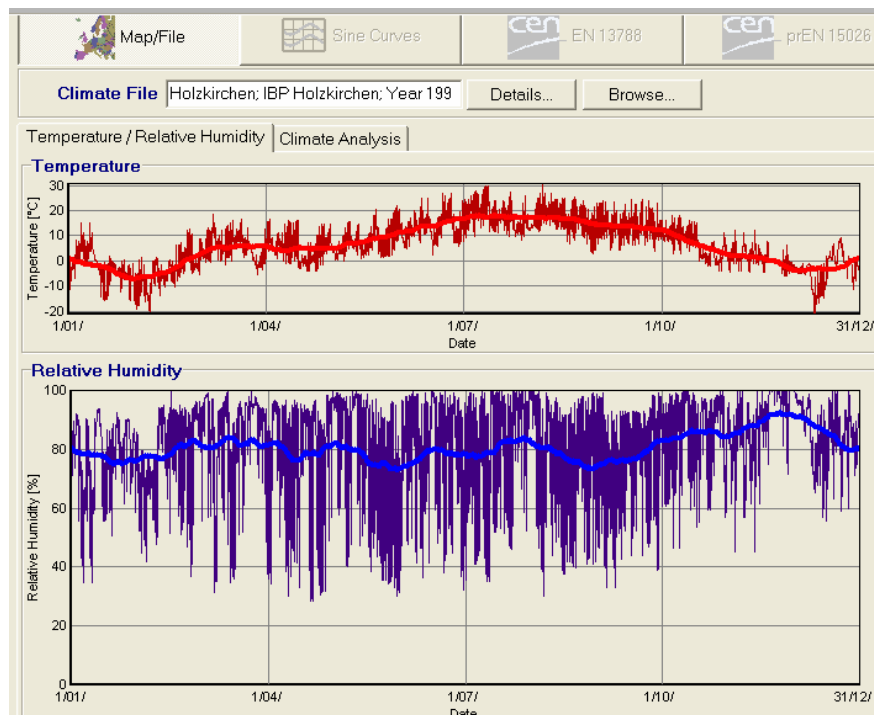


Fig. 4.7 Temperatuur en relatieve vochtigheid in Holzkirchen, 1991

Dit klimaat is een heel stuk kouder dan dat van België, maar om het vochtgehalte in daken te bestuderen, is een meer nadelige situatie helemaal niet slecht. Deze minder gunstige toestand wordt gekenmerkt door koudere temperaturen en minder zonnestraling. Droging treedt dus niet zo gemakkelijk op.

Besluiten in zake materialen bij het klimaatype uit dit programma zullen dan ook zeker bij ons geldig zijn.

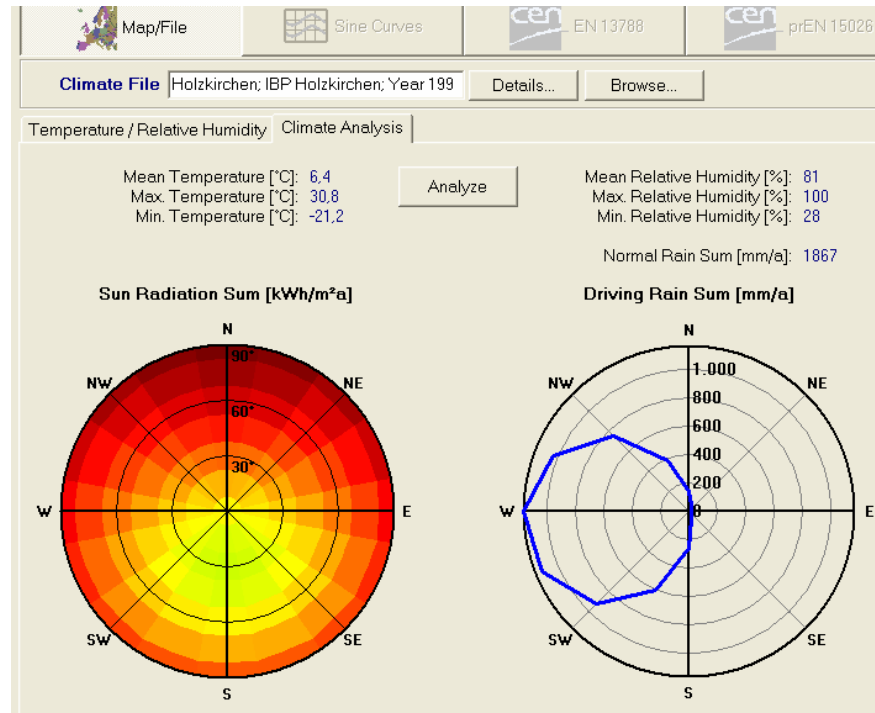


Fig. 4.8 Klimaatanalyse Holzkirchen, 1991

2.2.2 Binnenklimaat

In het programma hebben we de keuze tussen een lage, medium en hoge vochtigheidsgraad. Een hogere vochtigheidsgraad betekent dat men minder variatie krijgt in de relatieve vochtigheid, maar de maxima blijven dezelfde. Ook de invloed hiervan op de constructie wordt getest.

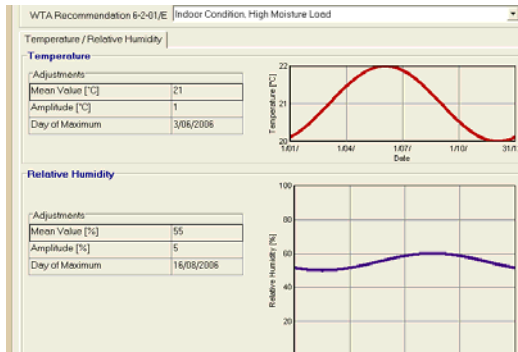


Fig. 4.9 Hoge vochtigheidsgraad

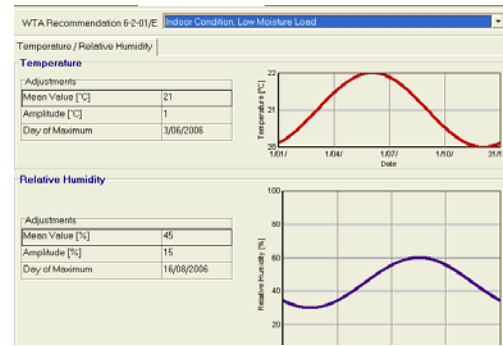


Fig. 4.10 Lage vochtigheidsgraad

2.2.3 Dakhelling en –oriëntatie

Ook hier zijn we uitgegaan van de meest nadelige situatie: geen directe bezonning en volledig beschaduwde dakschilden. Omdat we in dit programma slechts konden kiezen tussen 0° en 90°, werd om dezelfde reden gekozen voor een dak dat naar het noorden gericht is en dat 90° helt.

2.2.4 Oppervlakte-overgangsweerstanden

Het programma bestudeert alle gebouwcomponenten, in onze studie kiezen we dus logischerwijze voor (de component) 'roof'. Automatisch genereerde het programma een overgangsweerstand van 0,0526 m².K/W voor buiten, en voor binnen werd een weerstand van 0,125 m².K/W ingevuld. Om de thermische invloed van de dakpannen in rekening te brengen wordt een bijkomende luchtlaag ingevoerd, die ook als afschermlaag dient tegen de regen.

2.3 Analyse van enkele daken met verschillende onderdakmaterialen*

Omdat we de specifieke eigenschappen en het nut van de onderdakmaterialen willen analyseren hernemen we hieronder de hygrothermische eigenschappen van elk.

onderdak	isolerend	dampdoorlatend	capillair
vezelcement	- **	x	x
houtvezel met cacheerlaag	x	x	x
houtvezel zonder cacheerlaag	x	x	x
dampopen folie	-	x	-
dampdichte folie	-	-	-
dampopen isolatie	x	x	-
dampdichte isolatie	x	-	-

2.4 Beoordeling van de resultaten

De prestaties van het dak worden beoordeeld bij toepassing van zeven verschillende onderdaken en dit telkens voor een binnenklimaat met lage vochtigheidsgraad en hoge vochtigheidsgraad. Vooreerst bekijken we de algemene resultaten en cijfergegevens, daarna wordt in een volgend deeltje zomer- en wintersituatie geanalyseerd.

2.4.1 Algemeen

1. Vochtgehalte in de isolatie

In onze theoretische benadering hebben we gezien dat inwendige condensatie in een hellend dak meestal ontstaat op het scheidingsvlak tussen isolatie en onderdakplaat. Voor het wooncomfort en de gezondheid van de bewoners van een gebouw is het belangrijk dat de isolatie niet nat wordt. Bij vochtige isolatie vermindert immers het isolerend vermogen en kan rot ontstaan. Daarom hebben we in volgende grafieken het maximale vochtgehalte in de minerale wol bekeken, dit zowel voor een lage als een hoge binnenvochtigheidsgraad.

* Alle gegevens, simulaties en resultaten zijn terug te vinden in deel 2 van deze thesis (zie p. 140 t.e.m. 253).

** De vezelcementplaten ($R = 0,021 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$) zijn wel meer isolerend dan de folies, maar tegenover de houtvezelplaten ($R = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$) en de isolatie ($R = 0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$) zijn ze weinig isolerend.

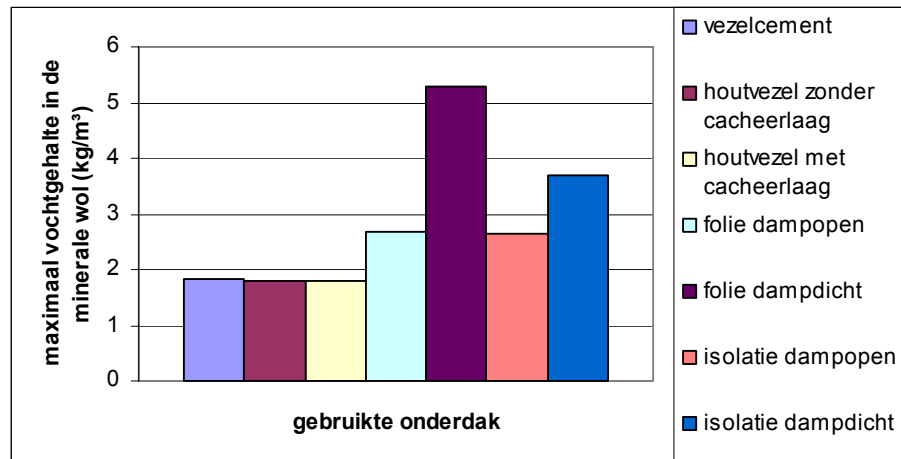


Fig. 4.11 Vochtgehalte in de minerale wol bij de verschillende onderdaken (lage vochtigheidsgraad)

Het is overduidelijk dat de capillaire onderdakmaterialen (vezelcement en houtvezel) zich onderscheiden van de rest. Er is nog steeds vocht aanwezig in de isolatie maar een heel stuk minder dan tegenover de andere materialen. Het valt op dat de materialen zich duidelijker van elkaar gaan onderscheiden naarmate de binnenomgeving vochtiger is. De meest dampopen onderdakplaten (houtvezel) zorgen ervoor dat er minder vocht aanwezig is in de isolatie, zodat er ook minder problemen kunnen ontstaan. Dit wordt nogmaals bevestigd door het feit dat er een verschil is tussen de houtvezelplaat met cacheerlaag en deze zonder, die hier het beste scoort.

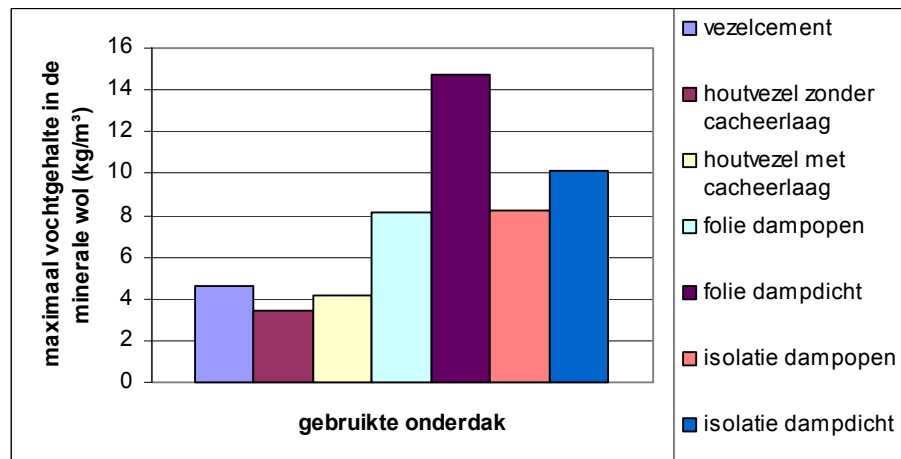


Fig. 4.12 Vochtgehalte in de minerale wol bij de verschillende onderdaken (hoge vochtigheidsgraad)

We zagen hoger (zie Hoofdstuk II – 2.2.5 Resultaten van de dampdiffusieproeven p. 33) dat het verschil in equivalente diffusiedikte tussen houtvezel met cacheerlaag en vezelcement minimaal is. Toch blijkt hier nu wel degelijk een verschillend gedrag tussen

beiden. Een verklaring hiervan blijkt uit het feit dat vezelcementplaten minder isolerend zijn dan houtvezelplaten. Het belang van de isolerende eigenschappen blijkt ook uit de vergelijking van folie en isolatie.

Wanneer we folie met isolatie als onderdak gaan vergelijken tonen de twee dampopen versies van elk slechts een licht verschil, terwijl hun dampdichte varianten een duidelijke afwijking ten opzicht van elkaar vertonen. Een isolerend onderdak is beter dan datgene zonder isolerend vermogen. Dit is te wijten aan het feit dat de schommelingen van de temperatuur tussen de isolatie en het onderdak minder snel verlopen. In de winter daalt de temperatuur niet zo snel en ze loopt in de zomer ook niet zo vlug op. Hierdoor is er dan ook minder aanleiding tot inwendige condensatie.

Het is ook niet verwonderlijk dat dampdichte folie heel slecht scoort. Dit materiaal is immers niet capillair, niet isolerend en dampdicht. Een goed presterend onderdak moet dus goede resultaten hebben inzake deze drie hygrothermische eigenschappen: capillariteit, dampdoorlatendheid en isolerend vermogen.

Uit de benadering van deze eerste resultaten kunnen we voorzichtig afleiden dat capillariteit belangrijker is dan dampdoorlatendheid en dat op zijn beurt dan isolerend vermogen.

Qua onderdakmaterialen kunnen we hier ook reeds een eerste classificatie opstellen. In volgorde van beste prestaties:

- 1) houtvezel zonder cacheerlaag
- 2) houtvezel met cacheerlaag
- 3) vezelcement

2. Isolierend vermogen van de isolatie

In de isolatie varieert de λ -waarde in functie van het vochtgehalte:

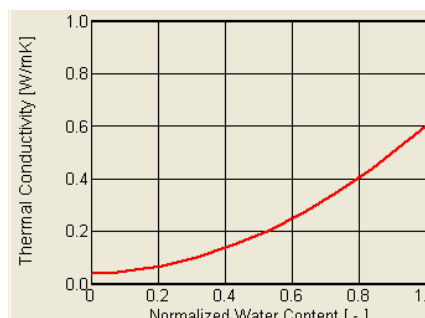


Fig. 4.13 De warmtegeleidingscoëfficiënt in functie van het vochtgehalte in de isolatie

Wanneer de warmtegeleidingscoëfficiënt van een materiaal stijgt, betekent dit dat zijn isolerend vermogen vermindert. Het dak wordt dus minder isolerend als de isolatie vochtig wordt. De studie van de warmteflux in een constructie is hiervoor een goede parameter.

Bij een droog binnenklimaat is weinig verschil te zien tussen de verschillende grafieken (zie deel 2 p. 140 t.e.m. 253). Er is wel een licht verschil tussen de isolerende platen (houtvezel en isolatie) en de niet-isolerende (vezelcement en folie). Bij deze laatste vinden we lichtjes grotere waarden van de warmteflux terug. Wanneer er een vochtig binnenklimaat is, is er nog minder verschil te zien. Daar kunnen we enkel vaststellen dat bij de daken met een isolatie als onderdak een kleinere variatie in flux te zien is.

3. Totaal vochtgehalte in het dak

Omdat we zowel geïnteresseerd zijn in het totale vochtgehalte in de constructie als in het verschil tussen het begin en einde van een periode zullen we dit ook bestuderen. Het gebruikte programma geeft ons hiervoor de geëigende middelen. Na keuze van de te bestuderen materialen en randvoorwaarden levert Wufi 4 ons immers een simulatie van de evolutie gedurende twee jaar. Het begin en het einde van deze simulatie is in elk profiel weergegeven voor elk materiaal (zie deel 2 p.140 t.e.m. 253).

De resulterende grafieken kunnen zowel het vochtgehalte weergeven in functie van het volume van het materiaal (kg/m^3) als van het (blootgesteld) oppervlak (kg/m^2). Beiden hebben hun belang vermits dunne materialen (zoals vezelcement) natter lijken, uitgedrukt in kg/m^3 dan in de tweede maateenheid. De uitdrukking in kg/m^3 geeft zeker een algemene aanduiding maar houdt geen rekening met de invloed van de dikte van de materialen. Daarom wordt eveneens en daarnaast het vochtgehalte opgegeven in kg/m^2 zodat materialen beter vergelijkbaar zijn rekening houdende met de dikte

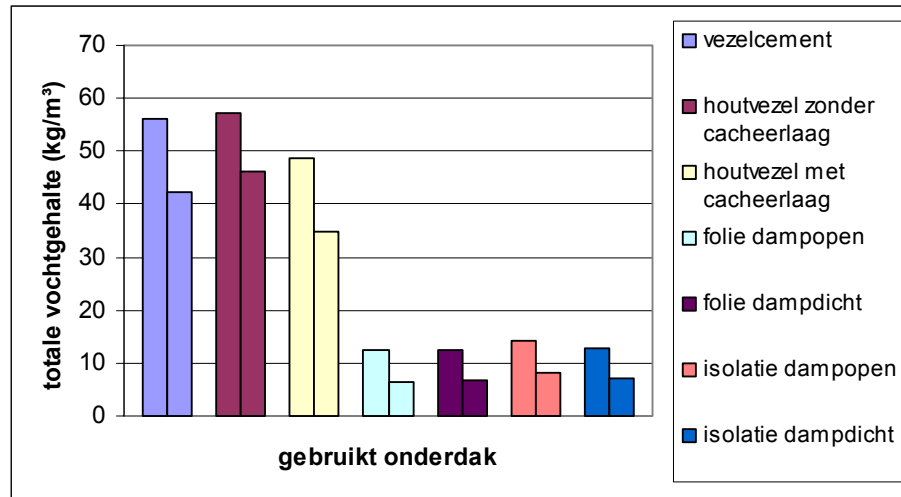
a) totaal vochtgehalte in kg/m³

Fig. 4.14 Totaal vochtgehalte in het dak bij de verschillende onderdaken (lage vochtigheidsgraad)

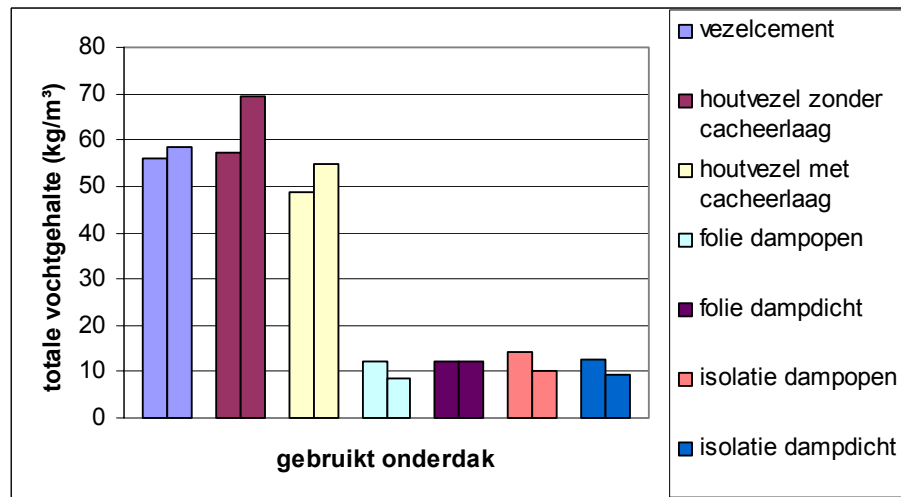


Fig. 4.15 Totaal vochtgehalte in het dak bij de verschillende onderdaken (hoge vochtigheidsgraad)

Een opmerkelijke vaststelling is dat, bij een hoge vochtigheidsgraad binnen, het totale vochtgehalte van de daken met een onderdak van vezelcement of houtvezel, hoger is bij het einde van de simulatie dan bij het begin.

Dit valt te verklaren door het feit dat dit capillaire onderdaken zijn. Wanneer inwendige condensatie optreedt, komt er vocht vrij in de scheiding tussen isolatie en onderdak. Wanneer dit onderdak capillair is en een vrij grote waterabsorptie-coëfficiënt heeft, wordt het vocht met een bepaalde snelheid, afhankelijk van de waterabsorptie-coëfficiënt, opgezogen tot een evenwicht ontstaat tussen ingaande en uitgaande dampstroom (zie figuur 4.16).

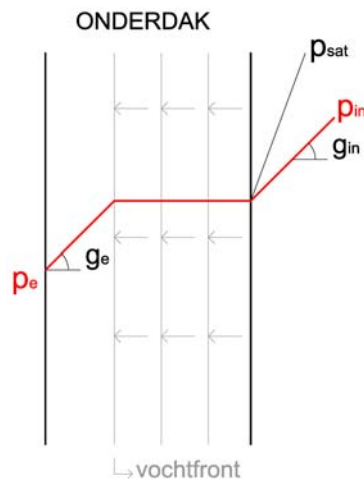


Fig. 4.16 Illustratie van de capillaire werking van onderdakplaten

Het onderdakmateriaal bevat dan een bepaalde hoeveelheid vocht. Normaal wordt in de zomer een deel van dit vocht afgegeven aan de buitenomgeving, zodat er droging plaatsvindt. Hoe vochtiger de binnenomgeving, hoe meer vocht het onderdak bevat en hoe meer vocht er overblijft na de zomer.

Wanneer we de simulatie bekijken en het verloop van het vochtgehalte in functie van de tijd, zien we dat het vochtgehalte na twee jaar toch lager is dan dit na één jaar (zie figuur 4.17).

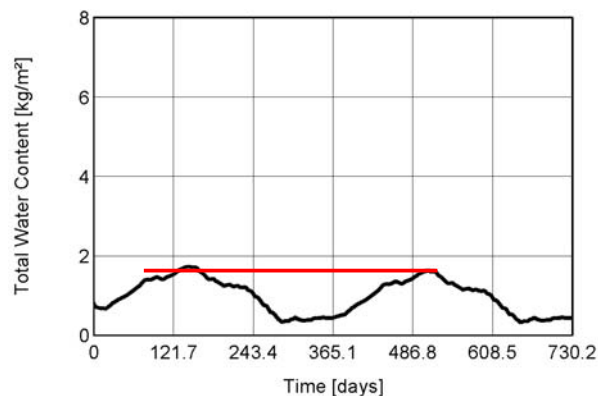


Fig. 4.17 Totaal vochtgehalte in functie van de tijd

Het is dus zo dat na verloop van jaren, het vochtgehalte wel degelijk zal dalen, maar dat het tijd vergt. Uit het verschil tussen begin- en eindwaarden in figuur 4.14 zien we dat er in een drogere binnenomgeving wel al droging van het dak plaatsvindt. Immers een drogere binnenomgeving bevat minder vocht en er zal dan ook minder vocht in het dak terechtkomen.

We moeten ook nog vermelden dat alle materialen in de beginsituatie vochtig zijn, dit is bouwvocht. In een droge omgeving verdwijnt jaarlijks een deel van dit bouwvocht, maar in een vochtige omgeving is het heel moeilijk om samen met de grote hoeveelheden inwendige condensatie ook nog het bouwvocht te laten verdwijnen. Daarom gebeurt dit dus trager en is er in het begin zelfs een sterke stijging te zien. Eerdere metingen aan de KUL* hebben wel aangetoond dat de invloed van bouwvocht bij hellende daken eerder beperkt is.

Het is ook zo dat het totale vochtgehalte het minst stijgt bij een onderdakplaat uit vezelcement. Dit is waarschijnlijk omdat het capillair vochtgehalte van vezelcement veel hoger is dan dat van de houtvezelplaat. Daardoor kan hij beter aan de pieken van hoge vochtigheid weerstaan en heeft hij dus minder tijd nodig om te herstellen.

De andere materialen vertonen een vrij gelijkaardig verloop, waarbij we toch een klein verschil zien tussen de dampopen en dampdichte materialen. Bij deze laatste en bij een lage vochtigheidsgraad daalt het vochtgehalte het minst en in het andere geval, bij de folie, is er zelfs een lichte stijging te zien. De oorzaak kan hier niet de capillariteit zijn want folie en isolatie zijn niet capillair. Het feit dat de materialen dampdicht zijn en er dus moeilijker droging zal plaatsvinden is hier de oorzaak van.

De evolutie van het totale vochtgehalte bij folie en isolatie verschilt enkel bij een hoge vochtigheidsgraad en bij dampdichte versies van de materialen. Hier wordt nogmaals aangetoond dat een dak met een isolerende onderdakplaat beter reageert dan dit er zonder. Bij isolatie neemt het vochtgehalte immers af terwijl het bij folie stijgt.

Dit is een bijzonder interessant kenmerk en daarom zullen we het nader bestuderen. Hierbij geven de profielen van waterinhoud en relatieve vochtigheid telkens het verschil weer tussen begin- en eindsituatie (zie figuren 4.18 en 4.19 en deel 2 p.140 t.e.m. 253).

* [Ref 14]

Vochtproblemen in daken, Impact van actuele randvoorwaarden en bouwtechnieken in België, eindrapport VID, 105 p.

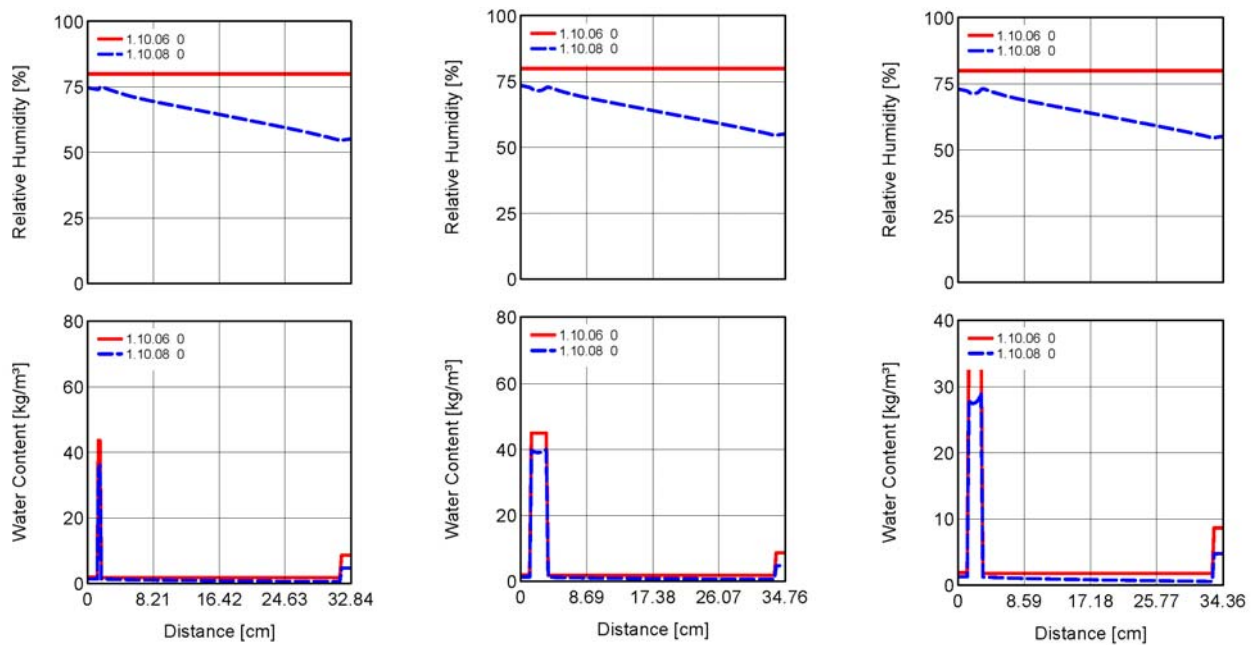


Fig. 4.18 Vochtgehalte en relatieve vochtigheid bij het begin en einde van de simulatie en een lage vochtigheidsgraad (vezelcement, houtvezel zonder en houtvezel met cacheerlaag)

Weer wordt vastgesteld dat de capillaire materialen een heel gelijkaardig verloop vertonen. Na twee jaar is het vochtgehalte en de relatieve vochtigheid opmerkelijk verminderd bij een lage vochtigheidsgraad binnen. Bij een hoge vochtigheidsgraad is het water in de onderdakplaat toegenomen, maar in de scheiding tussen onderdak en isolatie is dit slechts miniem.

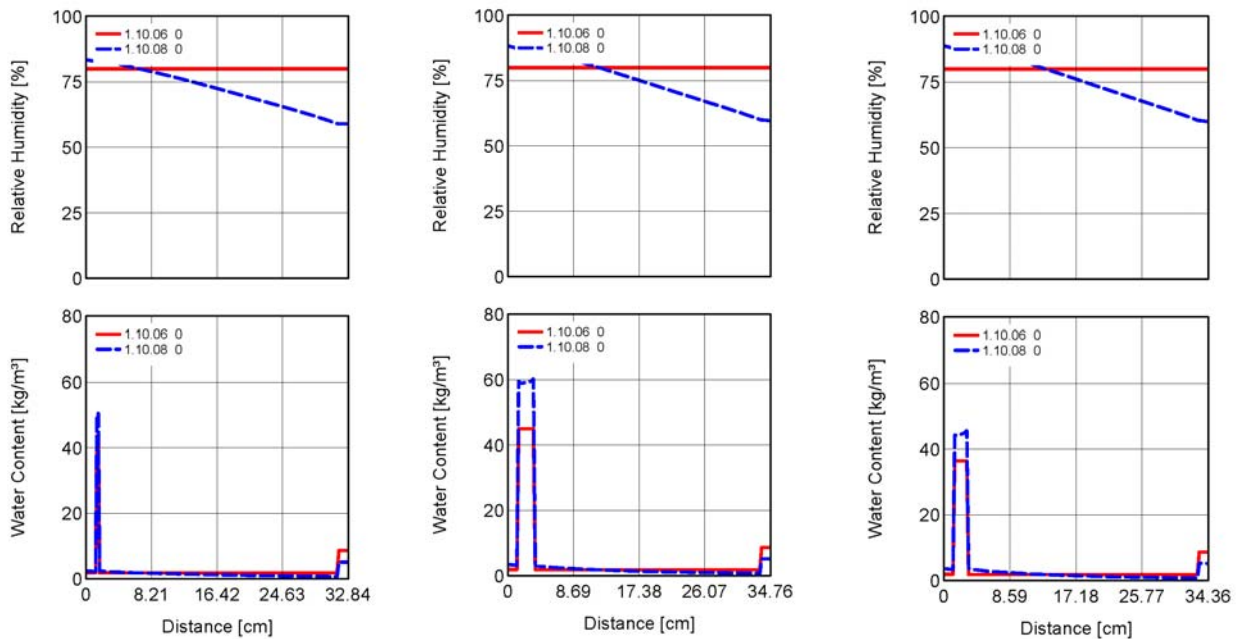


Fig. 4.19 Vochtgehalte en relatieve vochtigheid bij het begin en einde van de simulatie en een hoge vochtigheidsgraad (vezelcement, houtvezel zonder en houtvezel met cacheerlaag)

Deze lichte stijging is het meest opmerkelijk bij de houtvezelplaat met cacheerlaag. Vermits deze het minst dampopen is van de drie, wijst dit er ook weer op dat dampopenheid een heel belangrijke eigenschap is.

De materialen met de sterkste stijging van vocht en relatieve vochtigheid zijn de dampdichte folie en de dampdichte isolatie.

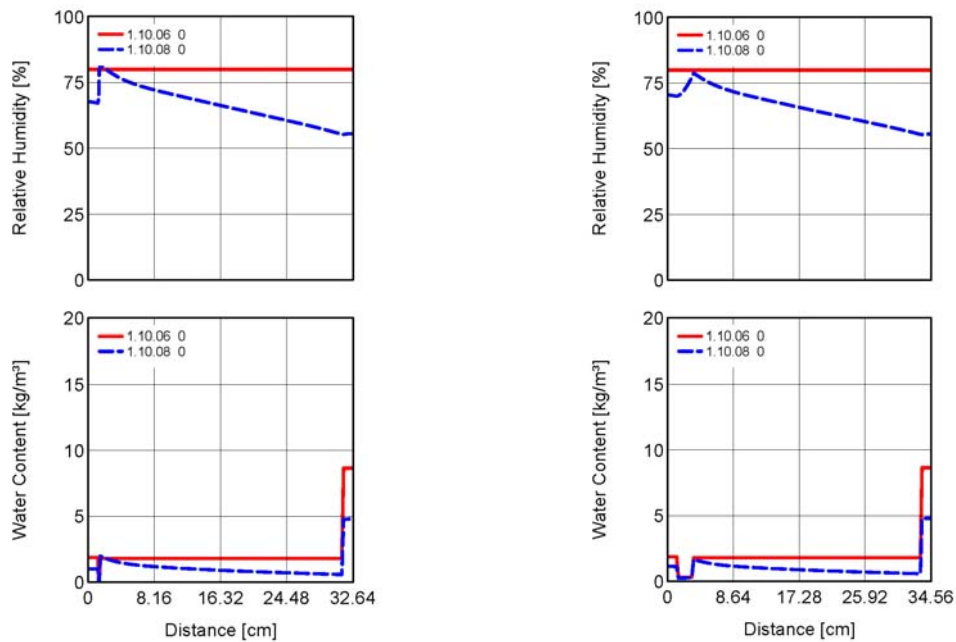


Fig. 4.20 Vochtgehalte en relatieve vochtigheid bij het begin en einde van de simulatie en een lage vochtigheidsgraad (dampdicht folie en dampdichte isolatie)

We stellen vast dat bij een lage vochtigheidsgraad binnen, bij de folie een stijging te zien is. Dit wijst er terug op dat isolatie ook zijn nut heeft in een onderdak.

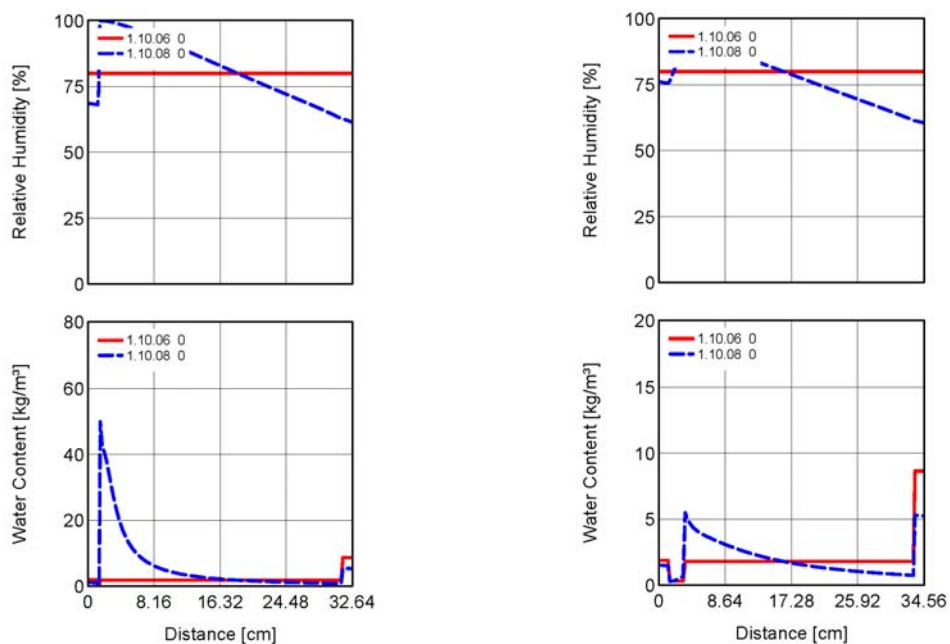


Fig. 4.21 Vochtgehalte en relatieve vochtigheid bij het begin en einde van de simulatie en een hoge vochtigheidsgraad (dampdichte folie en dampdichte isolatie)

Hier wordt nogmaals bevestigd dat deze materialen (dampdichte folie en dampdichte isolatie) helemaal niet aan te raden zijn als onderdak. Het vochtgehalte en de relatieve vochtigheid zijn na twee jaar enorm gestegen en dit verloop zal zich waarschijnlijk blijven voortzetten de komende jaren. Dit zal dus onvermijdelijk leiden tot vochtproblemen in dergelijke daken.

Ook hier is het terug mogelijk een classificatie te maken van de onderdakmaterialen:

- 1) houtvezel zonder cacheerlaag
- 2) houtvezel met cacheerlaag
- 3) vezelcement

De dampdichte isolatie en dampdichte folie worden geklasseerd op respectievelijk de voorlaatste en laatste plaats, zij presteren immers het slechts in voorgaande studie.

b) totaal vochtgehalte in kg/m²

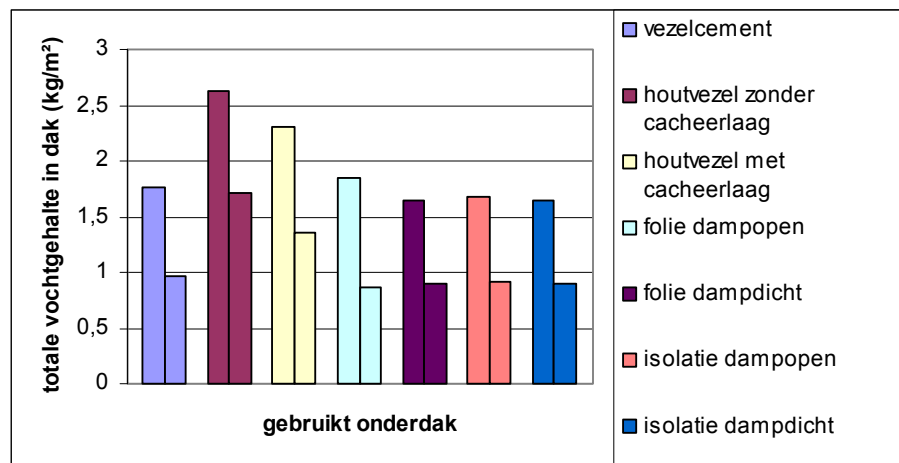


Fig. 4.22 Totaal vochtgehalte in het dak bij de verschillende onderdaken (lage vochtigheidsgraad)

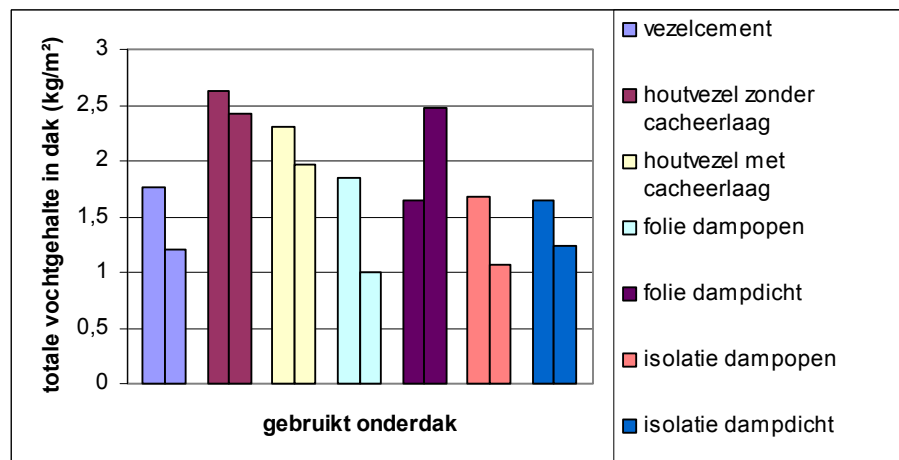


Fig. 4.23 Totaal vochtgehalte in het dak bij de verschillende onderdaken (hoge vochtigheidsgraad)

Algemeen zien we dat van alle daken het vochtgehalte vermindert, behalve van het dak met een dampdichte folie en bij hoge binnenvochtigheidsgraad. Dit is een gunstige evolutie aangezien dit betekent dat de meeste daken uiteindelijk zullen uitdrogen. Dit is goed voor de vochthuishouding van het ganse gebouw. Hier blijkt dus duidelijk het belang van deze maataanduiding, hier houden we immers rekening met de dikte van de materialen. Een dak met een onderdak uit vezelcement bevat, bij het begin van de meting en bij een lage vochtigheidsgraad binnen, $56,03 \text{ kg/m}^3$. Wanneer we dit uitdrukken in kg/m^2 komt dit neer op $0,17 \text{ kg}$ per m^2 dakoppervlakte.

Hier is er wel geen zo'n duidelijk verschil meer tussen de verschillende materialen, enkel de dampdichte folie is beduidend slechter dan de andere. De oorzaak hiervan is nogmaals dat deze folie dampdicht, niet capillair en niet isolerend is. Het bevestigt de vorige testen en besluiten.

4. Vochtgehalte in het onderdak

Door de capillaire eigenschappen van vezelcement en houtvezel zou het vochtgehalte in het onderdak, dat door het programma berekend werd, veel hoger moeten zijn dan deze van de niet-capillaire onderdaken. We vergelijken dit vochtgehalte met het capillair vochtgehalte gevonden tijdens de proeven (zie rode lijnen op figuren 4.24 en 4.25).

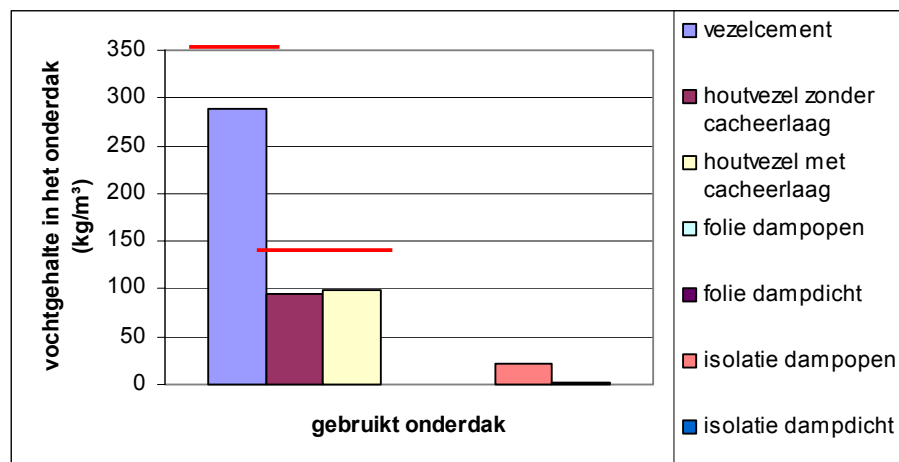


Fig. 4.24 Vochtgehalte in het onderdak bij de verschillende onderdaken (lage vochtigheidsgraad)

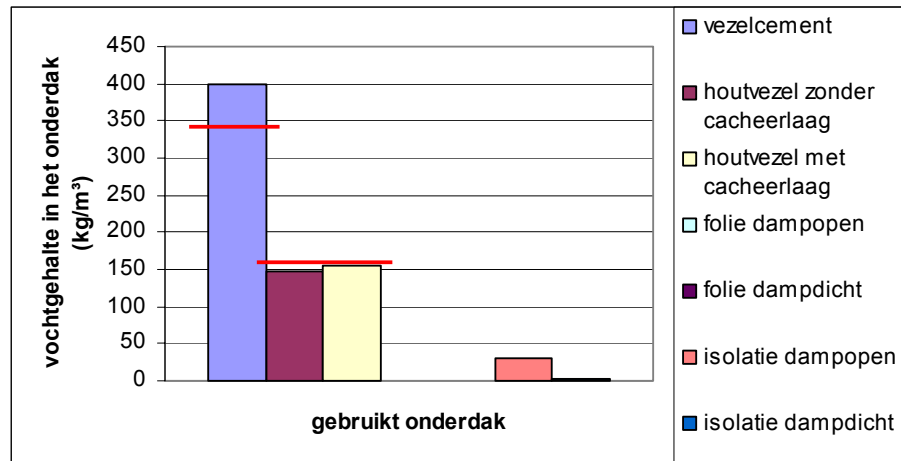


Fig. 4.25 Vochtgehalte in het onderdak bij de verschillende onderdaken (hoge vochtigheidsgraad)

En inderdaad, zoals verwacht zijn het enkel de capillaire onderdakmaterialen (vezelcement en houtvezel) die water bezitten.

Vergeleken met de waarden van het capillair vochtgehalte dat we vonden bij de capillariteitsproeven (zie p.43), blijkt dat bij een lage binnenvochtigheidsgraad alle vochtgehalten uit de simulaties lager zijn dan de proefondervindelijke. Dit betekent dat de platen het vocht opnemen maar dat ze nog niet over hun ganse dikte verzadigd zijn en ze dus hun capillaire functie goed vervullen (zie figuur 4.16).

Bij een hoge binnenvochtigheidsgraad krijgen we net het omgekeerde resultaat. Het gesimuleerde bereikte vochtgehalte bij de vezelcementplaat is hoger dan het opgemeten capillair vochtgehalte. Dit in de praktijk niet mogelijk. Dit betekent dat er vocht vrij zal zijn in de scheiding tussen onderdak en isolatie, wat dus inhoudt dat er daar vochtproblemen zullen ontstaan.

Bij de houtvezelplaten is dit niet het geval. Hun vochtgehalte is lager dan het capillair vochtgehalte. Hier wordt nogmaals bewezen wordt dat de houtvezelplaten beter zijn in de vochthuishouding van het dak.

2.4.2 Winter- en zomersituatie

1. Resultierend vochtgehalte na de winter

Om duidelijke grenzen te kunnen stellen wat kan en niet kan, is het belangrijk om te weten hoeveel vocht er op het einde van de winterperiode overblijft in de isolatie. Er wordt empirisch aangenomen dat de resulterende hoeveelheid vocht die aanwezig mag zijn in

hellende daken $0,5 \text{ kg/m}^2$ is. Ook voor de isolatie wordt deze waarde als grens aangenomen, wat betekent: maximaal $1,67 \text{ kg/m}^3$ omdat we hier werken met een minerale wol van dertig centimeter dik. Voor andere materialen gelden andere waarden.

a) vochtgehalte in de isolatie

In de klimaatanalyse van Holzkirchen wordt het einde van de winter vastgesteld op 1 april.

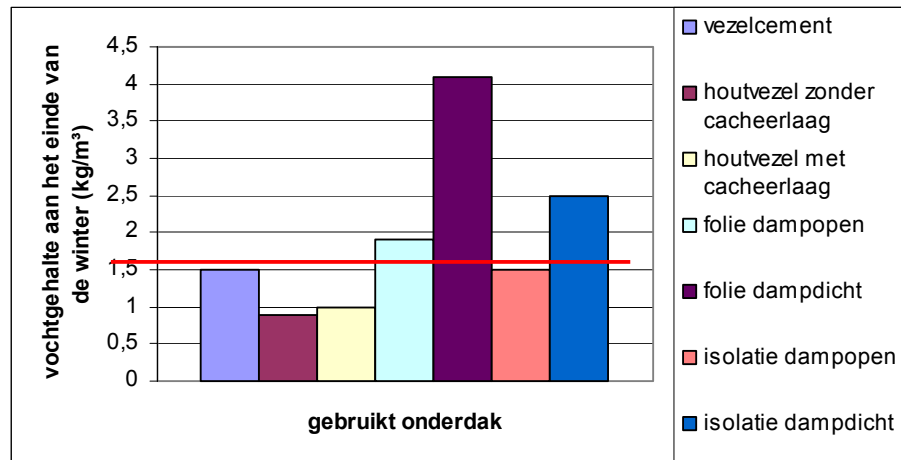


Fig. 4.26 Vochtgehalte in de isolatie aan het einde van de winterperiode (lage vochtigheidsgraad)

We zien dat bij een lage vochtigheidsgraad binnen, de capillaire materialen en de dampopen isolatie voldoen aan deze opgegeven norm (zie rode lijn op figuur 4.26). Daartegenover is er bij een vochtig binnenklimaat geen enkel daktype dat voldoet (zie rode lijn op figuur 4.27).

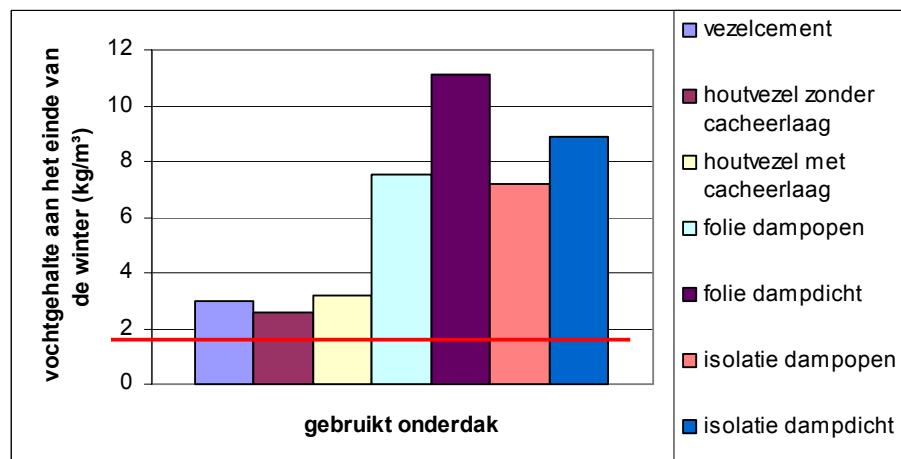


Fig. 4.27 Vochtgehalte in de isolatie aan het einde van de winterperiode (hoge vochtigheidsgraad)

* [Ref 13]

Hens H., *Syllabus: Bouwfysica 2: Warmte en vocht, praktische problemen en toepassingen*, 1982, 351 p.

De tot nu toe gebruikte materialen zijn dus duidelijk nog niet voldoende om alle vochtproblemen in daken te vermijden. Wel moet vermeld worden dat de berekeningen uitgevoerd zijn voor een buitenklimaat dat veel strenger is dan de normale Belgische winter. Dit geeft voor ons klimaat dus een bepaalde veiligheidsmarge. Ook het binnenklimaat in het programma verschilt van de binnenklimaatklassen die wij in ons land toepassen. Daardoor kunnen we ook niet precies vermelden welke gebouwen in een droog/vochtig binnenklimaat thuishoren.

Eens te meer merken we op dat de vezelcement- en houtvezelplaten duidelijk beter scoren dan de overige.

Uit de simulaties volgt ook dat voor deze materialen het resulterende vochtgehalte na het tweede jaar al lager is dan na het eerste. Dit wijst erop dat het nog zal dalen en dat wel aan de eis voldaan zal worden. Gezien de beperkingen van het programma, liet de simulatie ons niet toe dit met cijfers te staven.

b) totaal vochtgehalte in het dak

Ook hier kunnen we net hetzelfde besluiten als in 2.4.1.3. (p.75). Er is geen zo'n groot verschil te zien tussen het gedrag van de verschillende onderdakmaterialen. Enkel de dampdichte folie scoort beduidend slechter dan de overige materialen. Zo wordt nogmaals aangetoond hoe belangrijk de hygrothermische eigenschappen zoals capillariteit, dampdoorlatendheid en isolerend vermogen zijn.

2. Evolutie vochtgehalte

Het verloop van het vochtgehalte in het dak wordt gekenmerkt door een jaarlijkse cyclus van bevochtiging in de winter en droging in de zomer. Het is dus nodig de evolutie van het vochtgehalte in de tijd te kennen. Daarom analyseren we de simulaties wat gedetailleerder.

Zo is bij de dampdichte folie duidelijk te zien dat het vochtgehalte, in de scheidingslaag tussen onderdak en isolatie, duidelijk gestegen is. Dit betekent dat het vocht zich jaar na jaar zal ophopen in de isolatie en er zo problemen zullen ontstaan. Het feit dat het onderdak in dit geval niet capillair, niet dampopen en niet isolerend is, is hier duidelijk de oorzaak van.

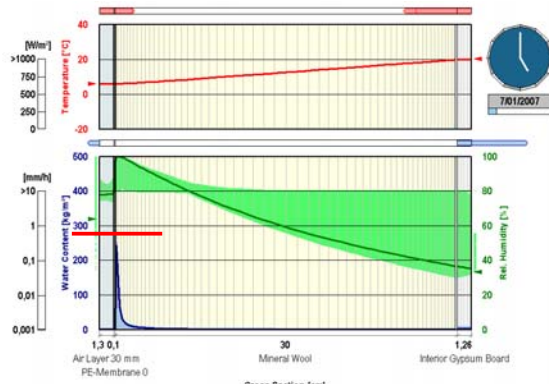


Fig. 4.28 Simulatie dak met dampdicht folie (januari 2007)

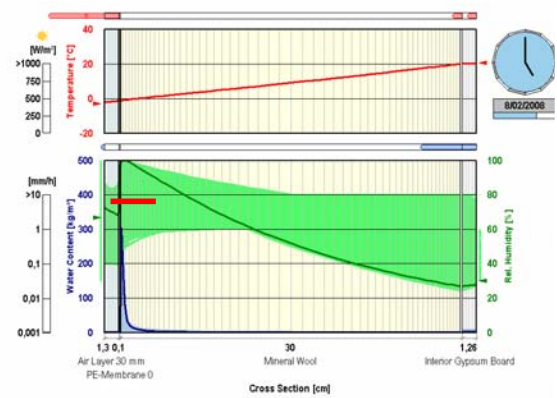


Fig. 4.29 Simulatie dak met dampdicht folie (februari 2008)

Bij een houtvezelplaat echter verandert het vochtgehalte bijna niet. Het vertoont zelfs een daling. Dit betekent dat de constructie beter uitdroogt en de houtvezelplaat als onderdak een beter materiaal is (zie ook figuur 4.31).

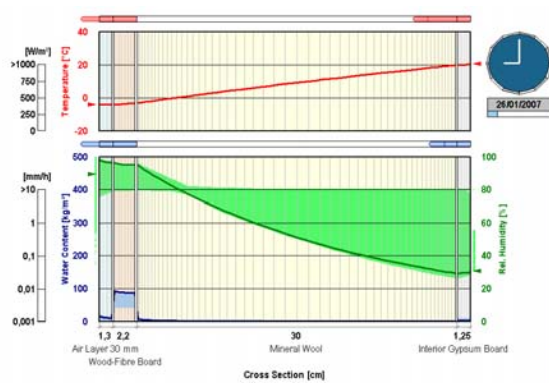


Fig. 4.30 Simulatie dak met houtvezel (januari 2007)

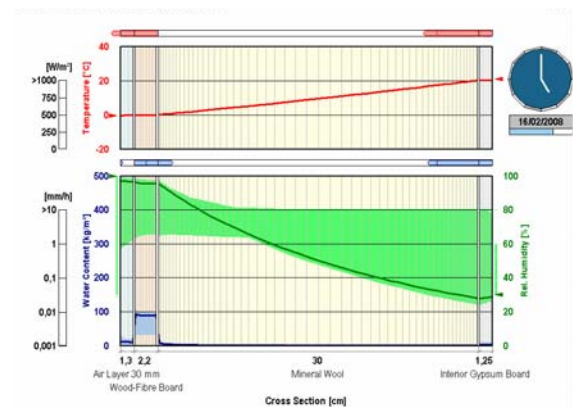


Fig. 4.31 Simulatie dak met houtvezel (februari 2008)

Dit soort van analyse wordt voor alle daktypes gedaan. De materialen worden vergeleken naargelang hun belangrijkste hygrothermische eigenschappen. Vandaar dat niet alles met alles vergeleken wordt.

tov	vezelcement	houtvezel zonder cacheerlaag	houtvezel met cacheerlaag	dampopen folie	dampdichte folie	dampopen isolatie	dampdichte isolatie
vezelcement	-	x	x	x			
houtvezel zonder cacheerlaag	x	-	x				
houtvezel met cacheerlaag	x	x	-				
dampopen folie	x			-	x	x	
dampdichte folie				x	-		x
dampopen isolatie				x		-	x
dampdichte isolatie					x	x	-

Dit leidt tot de volgende vaststelling/besluiten.

De meest dampopen materialen (vezelcement, houtvezel met en zonder cacheerlaag) zorgen ervoor dat het vocht dat zich na de winter in het dak bevindt gemakkelijkst kan verdwijnen. Dit wordt nog duidelijker door het feit dat het materiaal met de laagste diffusieweerstand (houtvezel zonder cacheerlaag) het minste vocht bevat. De vezelcementplaat, die minst dampopen en minst isolerend is, heeft de slechtste resultaten van de drie. Daarom wordt ook het verschil tussen een dampopen folie en een dampopen isolatie getest. Het enige verschil tussen beiden is het isolerend vermogen (ze zijn beiden dampopen en niet capillair). Hieruit blijkt dat bij een droger binnenklimaat beiden vrij gelijkaardig reageren. Wanneer de vochtigheid binnen oploopt, toont het dak met de isolatie betere resultaten.

Om dit te controleren werd tevens het verschil bekeken tussen een dampdichte folie en een dampdichte isolatie. Ook hier wordt weer hetzelfde fenomeen waargenomen, maar nu veel sterker. Dit wil dus zeggen dat de graad van dampopenheid van onderdakmaterialen een bijzonder kenmerk is voor het gedrag van het dak. Dit wordt ook bevestigd wanneer we de dampopen folie vergelijken met de dampdichte, en de dampopen isolatie met de dampdichte.

Ook de rol van de capillariteit wordt opnieuw bevestigd wanneer we de metingen van een vezelcementplaat in een dak vergelijken met een dampopen folie. Bij een folie bevindt zich dubbel zoveel water in de isolatie. We zien ook dat het gedeelte waar een relatieve vochtigheid van 100% heerst, veel groter is.

3. Besluit

De vochttransporteigenschappen van de beschouwde onderdakmaterialen zijn heel belangrijk voor een goede vochtuishouding in hellende daken. We kunnen de eigenschappen vermelden in volgorde van belang:

- 1) capillariteit
- 2) dampdoorlatendheid
- 3) isolerend vermogen

Wanneer materialen gebruikt worden met goede waarden voor deze hygrothermische eigenschappen, leveren zij goede resultaten.

Door alle besluiten uit de verschillende onderzoeken samen te voegen, kunnen de onderzochte onderdakmaterialen geclassificeerd worden, waarbij op plaats één het best presterende onderdakmateriaal geplaatst is.

- 1) houtvezelplaat zonder cacheerlaag
- 2) houtvezelplaat met cacheerlaag
- 3) vezelcementplaat
- 4) dampopen isolatie
- 5) dampopen folie
- 6) dampdichte isolatie
- 7) dampdichte folie

Een beperking hierbij is wel dat bij vochtige binnenklimaatklassen zelfs deze materialen niet voldoende zijn en dus bijkomende maatregelen nodig zullen zijn om alle problemen te vermijden zoals een verbeterde luchtdichtheid en/of een dampscherm.

Hoofdstuk V: Algemeen besluit

Doordat we in het eerste luik van deze thesis de vochttransporteigenschappen van enkele onderdakmaterialen getest hebben, konden we reeds afleiden dat capillaire materialen zullen zorgen voor een betere vochthuishouding in een constructie. Door hun hoge waterabsorptie-coëfficiënt zorgen zij ervoor dat water - dat afkomstig is van inwendige condensatie - direct opgezogen wordt. Hun lage equivalente diffusiedikte zorgt ervoor dat dit vocht terug uit het materiaal verdwijnt door verdamping.

Wat we hier afleidden, werd bevestigd in deel 2 van de thesis. Omdat in hellende daken de meeste vochtproblemen worden vastgesteld, werden simulaties gemaakt van enkele typedaken met telkens andere eigenschappen van het gebruikte onderdakmateriaal.

Uit het onderzoek dat gevoerd werd, is duidelijk gebleken dat capillaire onderdakmaterialen zeker een invloed hebben op de vochthuishouding in hellende daken. Door middel van vergelijkingen met niet – capillaire materialen kon vastgesteld worden dat er minder vochtproblemen zullen optreden. Ook het belang van het gebruik van dampdoorlatende en isolerende onderdakmaterialen werd bewezen.

De hygrothermische eigenschappen zijn in volgorde van belang:

- 1) capillariteit
- 2) dampdoorlatendheid
- 3) isolerend vermogen

We konden verschillende onderdakmaterialen classificeren:

- 1) houtvezelplaat zonder cacheerlaag
- 2) houtvezelplaat met cacheerlaag
- 3) vezelcementplaat
- 4) dampopen isolatie
- 5) dampopen folie
- 6) dampdichte isolatie
- 7) dampdichte folie

Het is dus overduidelijk dat een dampdichte folie volledig af te raden valt als onderdak. Een houtvezelplaat zonder cacheerlaag daarentegen is diegene die het beste resultaat levert.

Dit is echter nog niet voldoende om alle problemen te vermijden. In een vochtig binnenklimaat worden nog steeds te grote hoeveelheden inwendige condensatie vastgesteld.

In de toekomst zullen dus nog zeker bijkomende onderzoeken moeten gevoerd worden om nog andere maatregelen te kunnen nemen zodat uiteindelijk alle problemen vermeden kunnen worden.

Bibliografie

Boeken en tijdschriften:

- [Ref 1] Janssens A., *Syllabus bij de cursus Bouwfysica 1: Warmtetransport in Bouwconstructies, Warmtebalans van Gebouwen, Vochtbeheersing in Gebouwen*, Universiteit Gent, Vakgroep Architectuur en Stedenbouw, 2003-2004, 113 p.
- [Ref 2] Meert E., *WTCB, TV 202: Daken met betonpannen, opbouw en uitvoering*, Brussel, december 1996, 84 p.
- [Ref 3] Uyttenbroeck J., Carpentier G., *WTCB, TV 153: Vochthuishouding in gebouwen*, Brussel, mei 1986, 84 p.
- [Ref 4] *WTCB, TV 134: Bepalen van de dakopbouw uitgaande van de hygrothermische gegevens*, 1981
- [Ref 5] Hendriks N.A., *Stichting bouwresearch, Warmte-isolatie en vochtgedrag van spouwmuren en daken*, Rotterdam, 1994
- [Ref 6] *Stichting bouwresearch, Inwendige condensatie*, nr. 10, Brussel, 1968
- [Ref 7] *Stichting bouwresearch, Meetmethoden ter bepaling van de warmteweerstand, vochtgehalte en vochtverdeling*, nr. 12, Brussel, 1968
- [Ref 8] *Stichting bouwresearch, Vochttransport in en droging van bouwmaterialen: fundamentele grondslagen*, nr. 21, Brussel, 1969
- [Ref 9] Braeckman B., De Cock N., Drugmand K., *Thermisch en hygrisch gedrag van bouwconstructies*, november 1987, 173 p.
- [Ref 10] International Energy Agency, *Condensation and Energy: Catalogue of Material Properties*, Report Annex XIV, Volume 3, maart 1991
- [Ref 11] Carmeliet J., *Multischaal bouwfysica: van porie tot microklimaat*, Technische universiteit Eindhoven, maart 2003
- [Ref 12] van der Linden A.C., *Bouwfysica*, Utrecht / Zutphen, 2000
- [Ref 13] Hens H., *Syllabus: Bouwfysica 2: Warmte en vocht, praktische problemen en toepassingen*, 1982, 351 p.
- [Ref 14] *Vochtproblemen in daken, Impact van actuele randvoorwaarden en bouwtechnieken in België*, eindrapport VID, 105 p.

Artikels:

- [Ref 15] Janssens A., Dobbels F., *Ontwikkeling en toepassing van luchtdichtheidscriteria voor hellende daken*, Bouwfysica: Kwartaalblad van de Nederlandse Vlaamse Bouwfysica Vereniging, vol. 18, nr. 2, 2.juli 2005, p.7 - 17
- [Ref 16] Schimmelvorming in woningen, *WTCB-tijdschrift* 4/2000, p. 29 - 33
- [Ref 17] *Toelichting bij TV 134: Bepalen van de dakopbouw uitgaande van hygrothermische gegevens*, De Bouwkroniek, juli 1982, p. 16 – 20

- [Ref 18] Janssens A., Hygrische studie koud dak met cellulose-isolatie, mei 2003, 10 p.

Normen:

- [Ref 19] NBN EN ISO 12572, *Warmte- en vochteigenschappen van bouwmaterialen en –producten – Bepaling van de waterdampdoorlatendheidseigenschappen*, 1^e uitgave, september 2001
- [Ref 20] EN ISO 12572, *Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water vapour transmission properties*, juni 2001, 31 p.
- [Ref 21] EN ISO 13788, *Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation – Calculation methods*, juli 2001, 36 p.
- [Ref 22] NBN B 27 – 010, *Vorstbestendigheid – Vermogen tot wateropslorping door capillariteit*, 1983, 6 p.

Brochures

- [Ref 23] Vlaamse overheid, *Praktische gids voor als u binnenkort gaat bouwen of verbouwen*, Brussel 2006
- [Ref 24] *Celit: houtvezelplaten*, Zemst 2006, 6 p.
- [Ref 25] *Menuiserite, Product Informatie Blad*, 2003, 4 p.

+ diverse informatiemappen van fabrikanten van de onderzocht onderdakmaterialen

Internet:

- [Ref 26] [http:// www.energiesparen.be](http://www.energiesparen.be)
- [Ref 27] [http:// www.vhm.be](http://www.vhm.be)
- [Ref 28] [http:// www.ecologischbouwen.be](http://www.ecologischbouwen.be)
- [Ref 29] [http:// www.isofloc.de](http://www.isofloc.de)
- [Ref 30] [http:// www.eternit.be](http://www.eternit.be)
- [Ref 31] [http:// www.ecobouw.be](http://www.ecobouw.be)
- [Ref 32] [http:// www.thermofloc-benelux.com](http://www.thermofloc-benelux.com)
- [Ref 33] [http:// www.aecinfo.be](http://www.aecinfo.be)
- [Ref 34] [http:// www.gutex.de](http://www.gutex.de)

[Ref 35] [http:// www.svk.be](http://www.svk.be)

[Ref 36] [http:// www.bouwsite.be](http://www.bouwsite.be)



UNIVERSITEIT GENT

Faculteit Ingenieurswetenschappen
Vakgroep Architectuur en Stedenbouw
voorzitter: Prof. Dr. B. Verschaffel

Academiejaar 2005 – 2006

VOCHTTRANSPORTEIGENSCHAPPEN VAN CAPILLAIRE ONDERDAKMATERIALEN

deel 2

Verhandeling ingediend tot het behalen van de academische graad van Burgerlijk
Ingenieur - Architect, optie bouwtechniek
door

Sophie De Jonghe

Promotor
Prof. Dr. Ir.- Arch. A. Janssens

Inhoud

deel 1

Inleiding	1
Hoofdstuk I: Vochttransport in poreuze materialen	3
INLEIDING	4
DIFFUSIE VAN WATERDAMP	4
1. Theoretische achtergrond	4
1.1 Waterdamp – luchtmengsels	4
1.2 Diffusie van waterdamp in lucht	7
1.3 Diffusie door poreuze materialen	7
1.4 Beschrijving van het diffusieproces in poreuze materialen	8
1.5 Hygroscopisch vochtgehalte	10
WATERTRANSPORT	14
1. Theoretische achtergrond	14
1.1 Capillaire opzuiging	14
1.2 Kritisch vochtgehalte	16
1.3 Capillair vochttransport in poreuze materialen	17
BESLUIT	18
Hoofdstuk II: Proeven op onderdakmaterialen	19
0. Inleiding	20
1. Soorten onderdakmaterialen	22
1.1 Multiplex-top onderdakplaten (Gutex)	22
1.2 Celit onderdakplaten (Isoproc)	23
1.3 Menuiserite onderdakplaten (Eternit)	25
1.4 Novex onderdakplaten (SVK)	26
2. De dampdiffusieproef	27
2.1 Uitleg proef	27
2.2 Indeling in de onderdakklassen	30
2.3 Klimaatkamer	31
2.4 Metingen	32
2.5 Resultaten van de metingen	33
2.6 Conclusies uit de metingen	35

3. De capillariteitsproef	39
3.1 Uitleg proef	39
3.2 Metingen	42
3.3 Resultaten van de metingen	43
3.4 Conclusies uit de metingen	46
4. Besluit	51
 Hoofdstuk III: Vochttransport doorheen constructies	52
INLEIDING	53
WOONVOCHT	53
1. Vochtbalans	53
2. Binnenklimaatklassen	55
VOCHTBEHEERSING	56
1. Inwendige condensatie	56
2. De methode van Glaser	57
3. Dampschermen	57
4. Oppervlaktecondensatie	58
BESLUIT	59
 Hoofdstuk IV: Het hellende dak	60
0. Inleiding	61
1. Theoretische achtergrond	61
1.1 Opbouw	61
1.2 Probleemstelling	62
1.3 Basiscriteria	62
1.4 Het bouwvochtgehalte	63
1.5 Beperking van de condensatiehoeveelheden	64
2. Invloed van het onderdakmateriaal op de dakconstructie	65
2.1 Methode	65
2.2 Randvoorwaarden	69
2.2.1 Het buitenklimaat	69
2.2.2 Het binnenklimaat	70
2.2.3 Dakhelling en –oriëntatie	71
2.2.4 Oppervlakte-overgangsweerstanden	71
2.3 Analyse van enkele daken met verschillende onderdakmaterialen	72

2.4 Beoordeling van de resultaten	72
2.4.1 Algemeen	72
1. Vochtgehalte in de isolatie	72
2. Isolerend vermogen van de isolatie	74
3. Totaal vochtgehalte in het dak	75
4. Vochtgehalte in het onderdak	82
2.4.2 Winter- en zomersituatie	83
1. Resultierend vochtgehalte na de winter	83
2. Evolutie vochtgehalte	85
3. Besluit	88
 Hoofdstuk V: Algemeen besluit	 89
 Bibliografie	 92

deel 2

Appendix I:	Metingen, berekeningen en grafieken van de dampdiffusieproeven	1
Appendix II:	Metingen, berekeningen en grafieken van de capillariteitsproeven	44
Appendix III:	Gegevens, simulaties en resultaten van de analyse van enkele daken	140

Appendix I: Metingen, berekeningen en grafieken van de dampdiffusieproeven

Volgende monsters* werden getest:

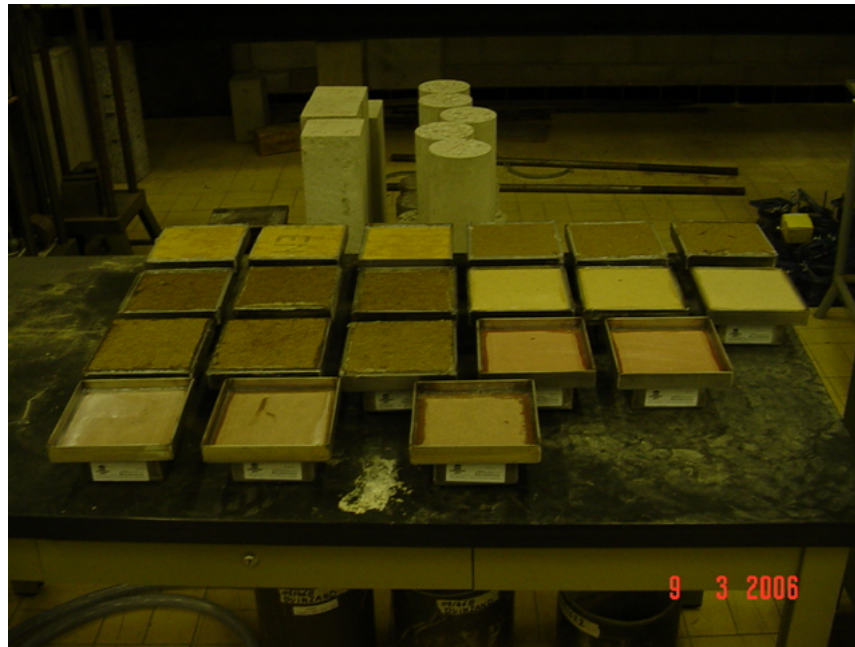
- enkel diffusie:

Gutex – Multiplex top 1	4
Gutex – Multiplex top 3	6
Isoproc – Celit A 2	8
Isoproc – Celit A 3	10
Isoproc – Celit B 1	12
Isoproc – Celit B 2	14
Isoproc – Celit C 1	16
Isoproc – Celit C 2	18
Isoproc – Celit D 1	20
Isoproc – Celit D 2	22
Eternit – Menuiserite 1	24
Eternit – Menuiserite 3	26
SVK – Novex 2	28

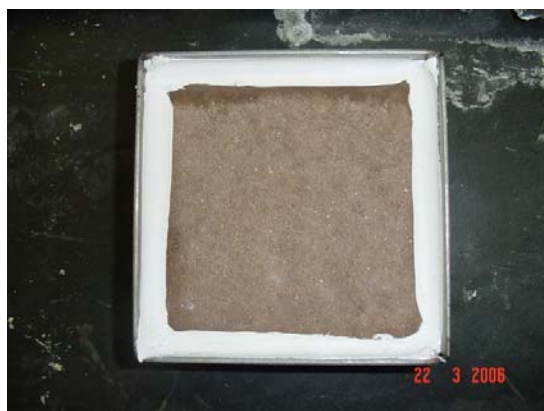
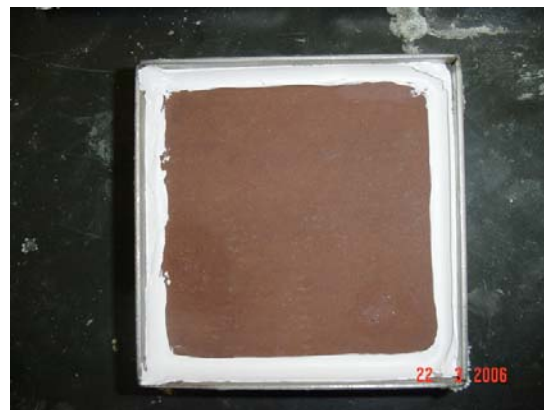
- combinatie diffusie en capillariteit :

Gutex – Multiplex top 2	30
Isoproc – Celit A 1	32
Isoproc – Celit B 3	34
Isoproc – Celit C 3	36
Isoproc – Celit D 3	38
Eternit – Menuiserite 2	40
SVK – Novex 3	42

* De nummering van de monsters volgt uit de volgorde waarin de proeven werden uitgevoerd.



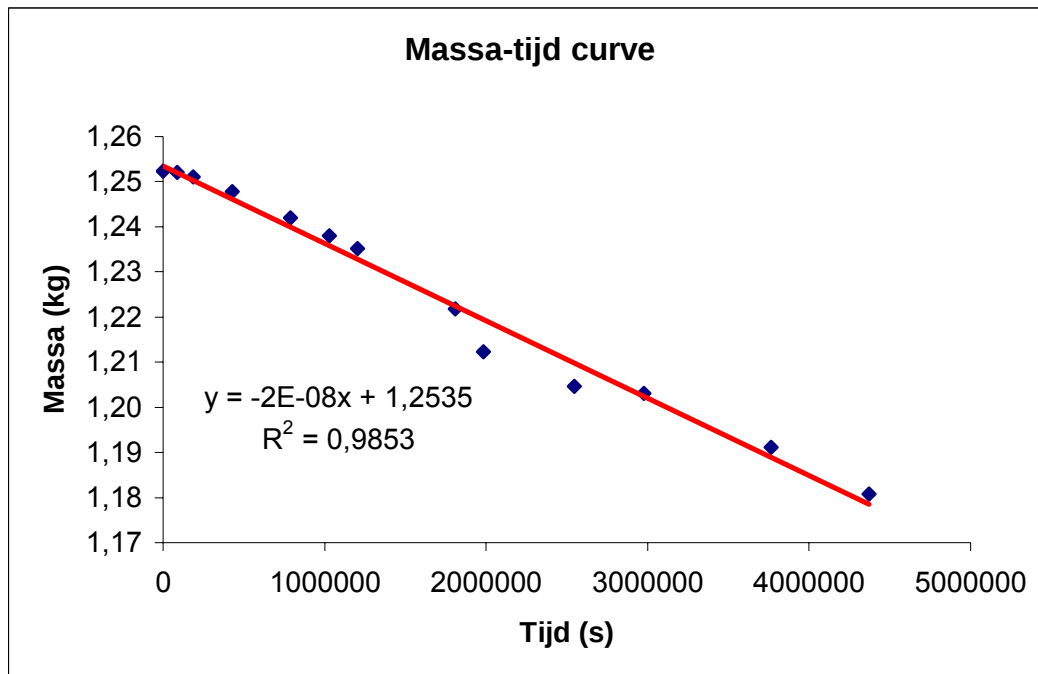
1



¹ op deze foto zijn de potjes nog niet omgekeerd, zij werden wat later omgedraaid om de dichtheid van de siliconenkit te garanderen

- enkel diffusie:

gegevens					
Gutex-multiplex top 1					
A (m²) =		0,017282	d (m) =		0,018
φ_1 =		0,93	θ_1 (°C) =		20,145
φ_2 =		0,5961	θ_2 (°C) =		20,145
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2523		
2	86040	86040	1,2520	0,000	-3,49E-09
3	184320	98280	1,2511	-0,001	-9,16E-09
4	427800	243480	1,2478	-0,003	-1,36E-08
5	788640	360840	1,2420	-0,006	-1,61E-08
6	1030980	242340	1,2380	-0,004	-1,65E-08
7	1202760	171780	1,2352	-0,003	-1,63E-08
8	1810740	607980	1,2218	-0,013	-2,20E-08
9	1983540	172800	1,2123	-0,010	-5,50E-08
10	2543700	560160	1,2047	-0,008	-1,36E-08
11	2975520	431820	1,2031	-0,002	-3,71E-09
12	3764940	789420	1,1912	-0,012	-1,51E-08
13	4369740	604800	1,1808	-0,010	-1,72E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-2,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,030296
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-1,16E-06	$g =$	-1,12E-06

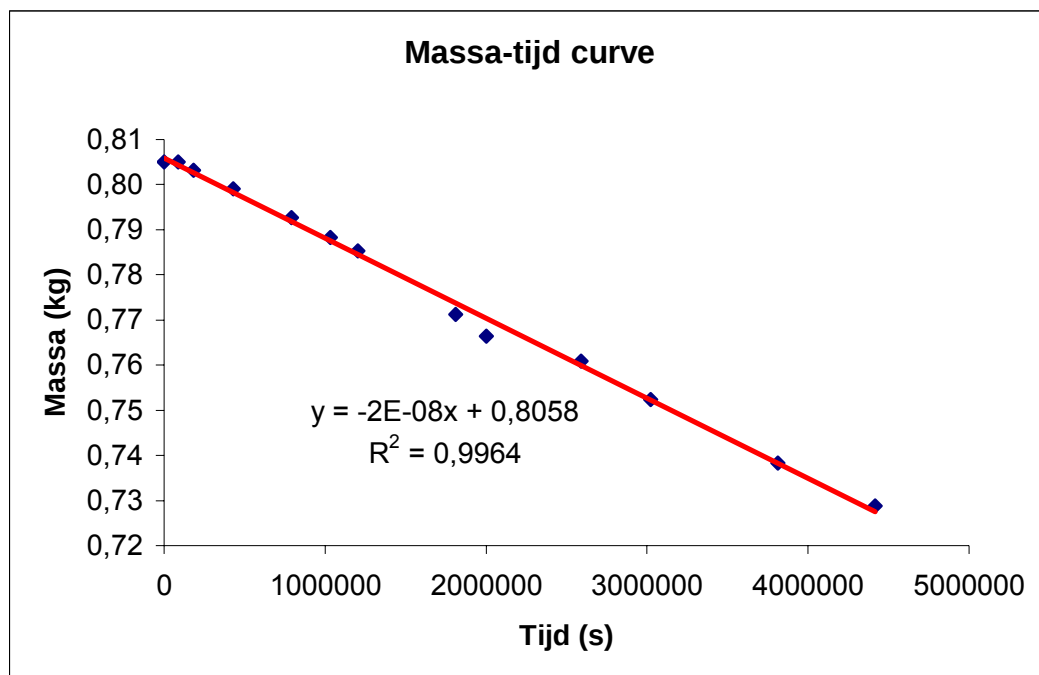
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2173,2
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	780,4

$W \text{ (s/m)} =$	1,48E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,44E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	674321484	$Z \text{ (m/s)} =$	694750816
$\delta \text{ (s)} =$	2,67E-11	$\delta \text{ (s)} =$	2,59E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	7,49	$\mu =$	7,72
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14
$s_d = \delta_a * Z =$	0,13	$s_d = \delta_a * Z =$	0,14
$\delta \text{ (s)} =$	2,67E-11	$\delta \text{ (s)} =$	2,59E-11
$\mu =$	7,49	$\mu =$	7,72
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14

gegevens					
Gutex-multiplex top 3					
	A (m²) =	0,017021	d (m)=	0,018	
	φ_1 =	0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
	φ_2 =	0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		0,8051		
2	86220	86220	0,8050	-1E-04	-1,16E-09
3	184320	98100	0,8032	-0,002	-1,83E-08
4	427860	243540	0,7991	-0,004	-1,68E-08
5	788640	360780	0,7927	-0,006	-1,77E-08
6	1031040	242400	0,7883	-0,004	-1,82E-08
7	1202760	171720	0,7853	-0,003	-1,75E-08
8	1810740	607980	0,7712	-0,014	-2,32E-08
9	2002200	191460	0,7664	-0,005	-2,51E-08
10	2591280	589080	0,7609	-0,005	-9,34E-09
11	3023100	431820	0,7524	-0,009	-1,97E-08
12	3812520	789420	0,7383	-0,014	-1,79E-08
13	4417320	604800	0,7288	-0,009	-1,57E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-2,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,030529
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-1,18E-06	$g =$	-1,14E-06

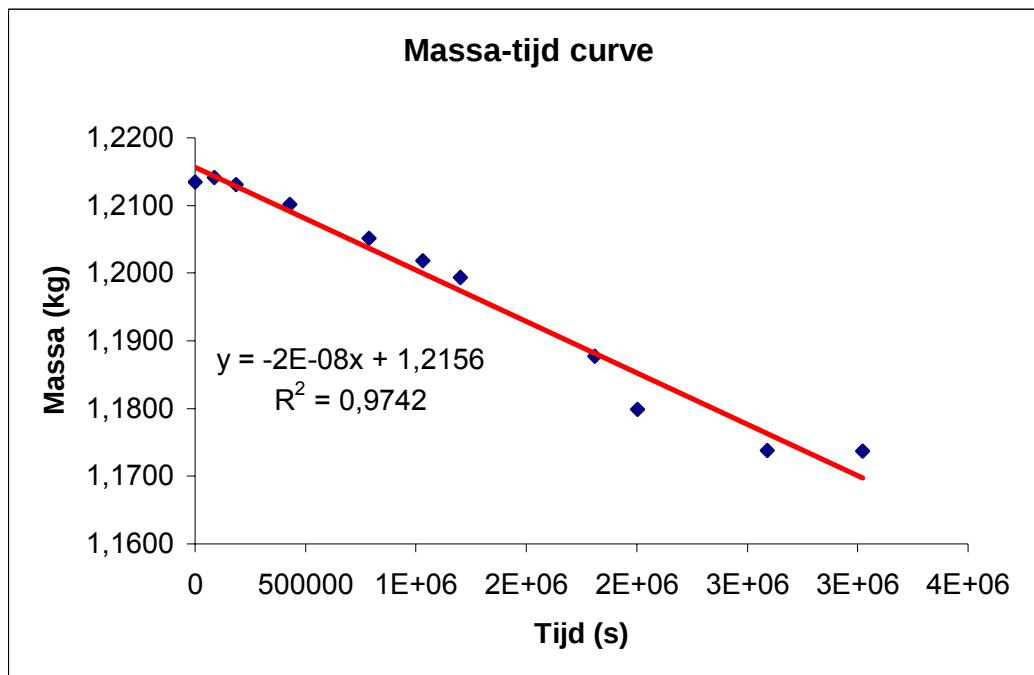
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2173,2
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	780,4

$W \text{ (s/m)} =$	1,51E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,46E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	664137599	$Z \text{ (m/s)} =$	684413173
$\delta \text{ (s)} =$	2,71E-11	$\delta \text{ (s)} =$	2,63E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	7,38	$\mu =$	7,60
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14
$s_d = \delta_a * Z =$	0,13	$s_d = \delta_a * Z =$	0,14
$\delta \text{ (s)} =$	2,71E-11	$\delta \text{ (s)} =$	2,63E-11
$\mu =$	7,38	$\mu =$	7,60
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14

gegevens					
Isoproc Celit A2					
	A (m ²) =	0,017021	d (m)=	0,022	
	φ_1 =	0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
	φ_2 =	0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2135		
2	86220	86220	1,2141	0,001	6,96E-09
3	184260	98040	1,2131	-0,001	-1,02E-08
4	427860	243600	1,2102	-0,003	-1,19E-08
5	788760	360900	1,2051	-0,005	-1,41E-08
6	1031100	242340	1,2018	-0,003	-1,36E-08
7	1202760	171660	1,1994	-0,002	-1,40E-08
8	1810740	607980	1,1877	-0,012	-1,92E-08
9	2002260	191520	1,1799	-0,008	-4,07E-08
10	2591340	589080	1,1738	-0,006	-1,04E-08
11	3023160	431820	1,1737	0,000	-2,32E-10



$G \text{ (kg/s)} =$	-2,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,037238
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-1,18E-06	$g =$	-1,13E-06

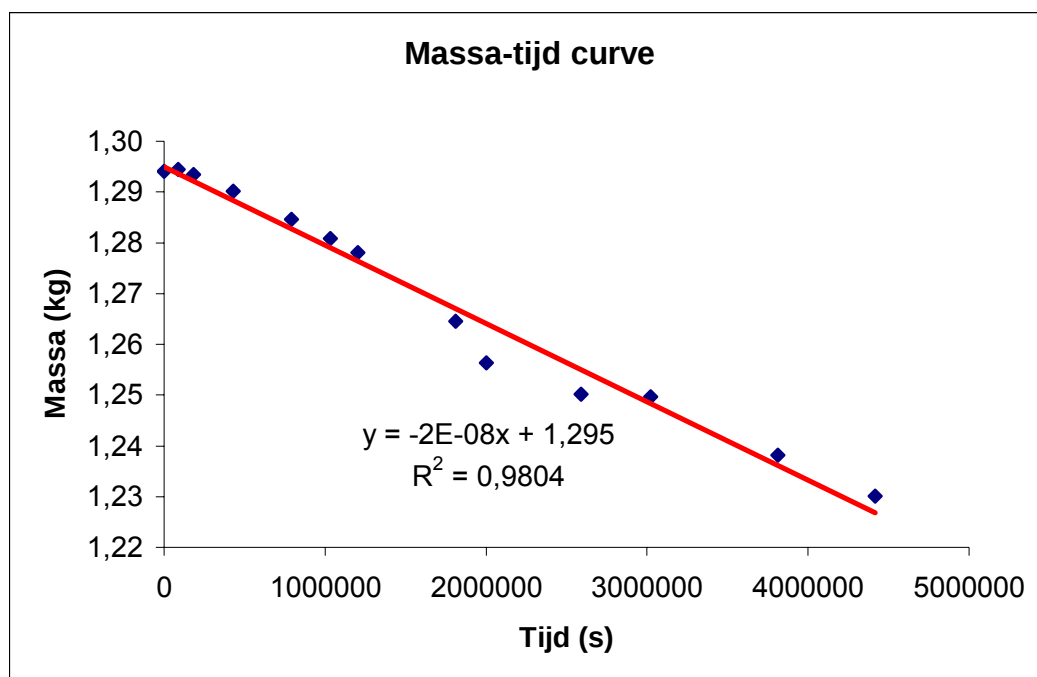
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2173,2
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	780,4

$W \text{ (s/m)} =$	1,51E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,45E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	664137599	$Z \text{ (m/s)} =$	688868642,8
$\delta \text{ (s)} =$	3,31E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,19E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	6,04	$\mu =$	6,26
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14
$s_d = \delta_a * Z =$	0,13	$s_d = \delta_a * Z =$	0,14
$\delta \text{ (s)} =$	3,31E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,19E-11
$\mu =$	6,04	$\mu =$	6,26
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14

gegevens	Isoproc Celit A3				
	A (m ²) =	0,017021	d (m)=	0,022	
	φ_1 =	0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
	φ_2 =	0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2941		
2	86280	86280	1,2945	0,0004	4,6361E-09
3	184320	98040	1,2935	-0,001	-1,02E-08
4	427920	243600	1,2902	-0,0033	-1,355E-08
5	788820	360900	1,2846	-0,0056	-1,552E-08
6	1031100	242280	1,2808	-0,0038	-1,568E-08
7	1202820	171720	1,2781	-0,0027	-1,572E-08
8	1810800	607980	1,2645	-0,0136	-2,237E-08
9	2002260	191460	1,2564	-0,0081	-4,231E-08
10	2591340	589080	1,2502	-0,0062	-1,052E-08
11	3023160	431820	1,2496	-0,0006	-1,389E-09
12	3812580	789420	1,2382	-0,0114	-1,444E-08
13	4417380	604800	1,2301	-0,0081	-1,339E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-2,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,037238
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-1,18E-06	$g =$	-1,13E-06

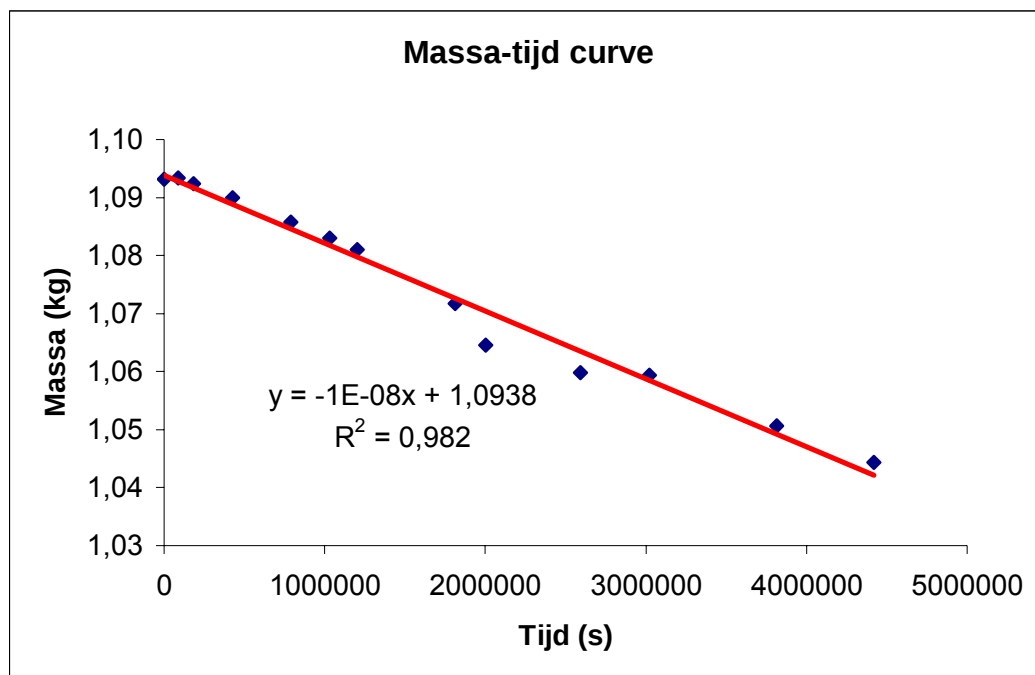
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2173,2
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	780,4

$W \text{ (s/m)} =$	1,51E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,45E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	664137599	$Z \text{ (m/s)} =$	688868643
$\delta \text{ (s)} =$	3,31E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,19E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	6,04	$\mu =$	6,26
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14
$s_d = \delta_a * Z =$	0,13	$s_d = \delta_a * Z =$	0,14
$\delta \text{ (s)} =$	3,31E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,19E-11
$\mu =$	6,04	$\mu =$	6,262442207
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14

gegevens	Isoproc Celit B1				
	A (m ²) =	0,017021	d (m)=	0,018	
	φ_1 =	0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
	φ_2 =	0,60	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,0932		
2	86280	86280	1,0934	0,000	2,32E-09
3	184260	97980	1,0924	-0,001	-1,02E-08
4	427920	243660	1,0899	-0,002	-1,03E-08
5	788760	360840	1,0858	-0,004	-1,14E-08
6	1031100	242340	1,0830	-0,003	-1,16E-08
7	1202640	171540	1,0810	-0,002	-1,17E-08
8	1810620	607980	1,0717	-0,009	-1,53E-08
9	2002080	191460	1,0646	-0,007	-3,71E-08
10	2591100	589020	1,0598	-0,005	-8,15E-09
11	3022920	431820	1,0594	0,000	-9,26E-10
12	3812340	789420	1,0507	-0,009	-1,10E-08
13	4417140	604800	1,0444	-0,006	-1,04E-08



G (kg/s) =		-1,00E-08	
		correctiefactor:	
		x=	1,030529
g _{me} (kg/m ² *s)=		g=	-5,70E-07

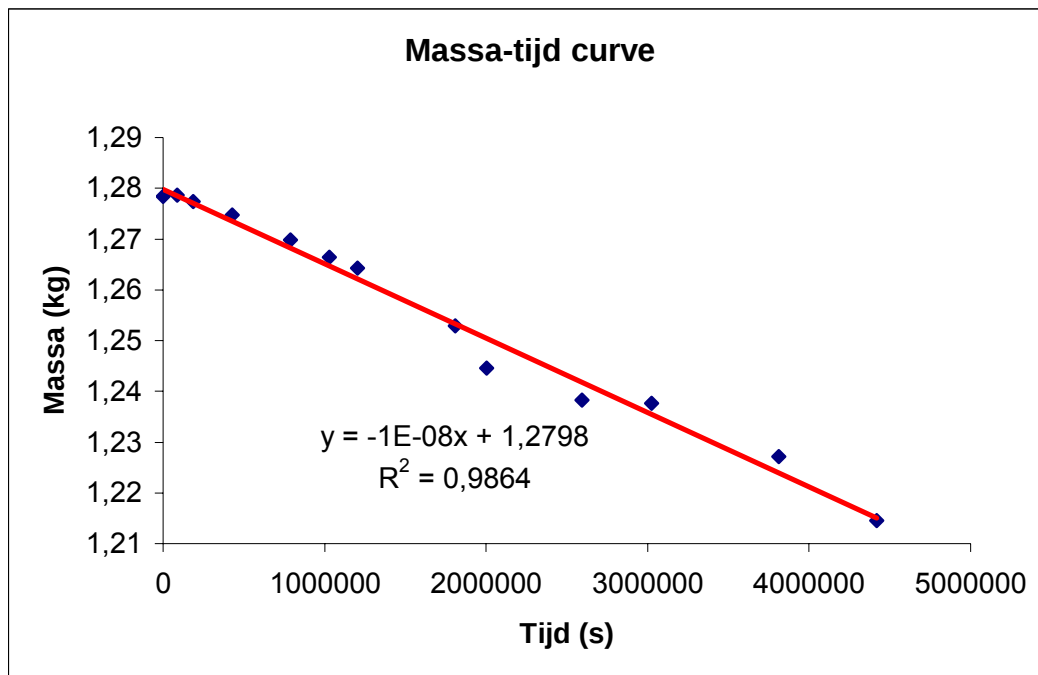
p _{sat1} (Pa)=	2336,8
p _{sat2} (Pa)=	2336,8
p _{v1} (Pa)=	2173,2
p _{v2} (Pa)=	1392,8
Δp _v (Pa)=	780,4

W (s/m)=	7,53E-10	W (s/m)=	7,31E-10
Z (m/s)=	1328275198	Z (m/s)=	1368826347
δ (s)=	1,36E-11	δ (s)=	1,31E-11

δ _a =	2E-10
------------------	-------

μ=	14,76	μ=	15,21
s _d = μd =	0,27	s _d = μd =	0,27
s _d = δ _a *Z =	0,27	s _d = δ _a *Z =	0,27
δ (s)=	1,36E-11	δ (s)=	1,31E-11
μ=	14,76	μ=	15,21
s _d = μd =	0,27	s _d = μd =	0,27

gegevens					
Isoproc Celit B2					
A (m²) =		0,016891	d (m)=	0,018	
φ_1 =		0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
φ_2 =		0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2784		
2	86340	86340	1,2786	0,000	2,32E-09
3	184260	97920	1,2774	-0,001	-1,23E-08
4	427980	243720	1,2747	-0,003	-1,11E-08
5	788820	360840	1,2698	-0,005	-1,36E-08
6	1031100	242280	1,2664	-0,003	-1,40E-08
7	1202820	171720	1,2642	-0,002	-1,28E-08
8	1810800	607980	1,2529	-0,011	-1,86E-08
9	2002200	191400	1,2446	-0,008	-4,34E-08
10	2591280	589080	1,2383	-0,006	-1,07E-08
11	3023100	431820	1,2376	-0,001	-1,62E-09
12	3812520	789420	1,2272	-0,010	-1,32E-08
13	4417320	604800	1,2145	-0,013	-2,10E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-1,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,030647
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-5,92E-07	$g =$	-5,74E-07

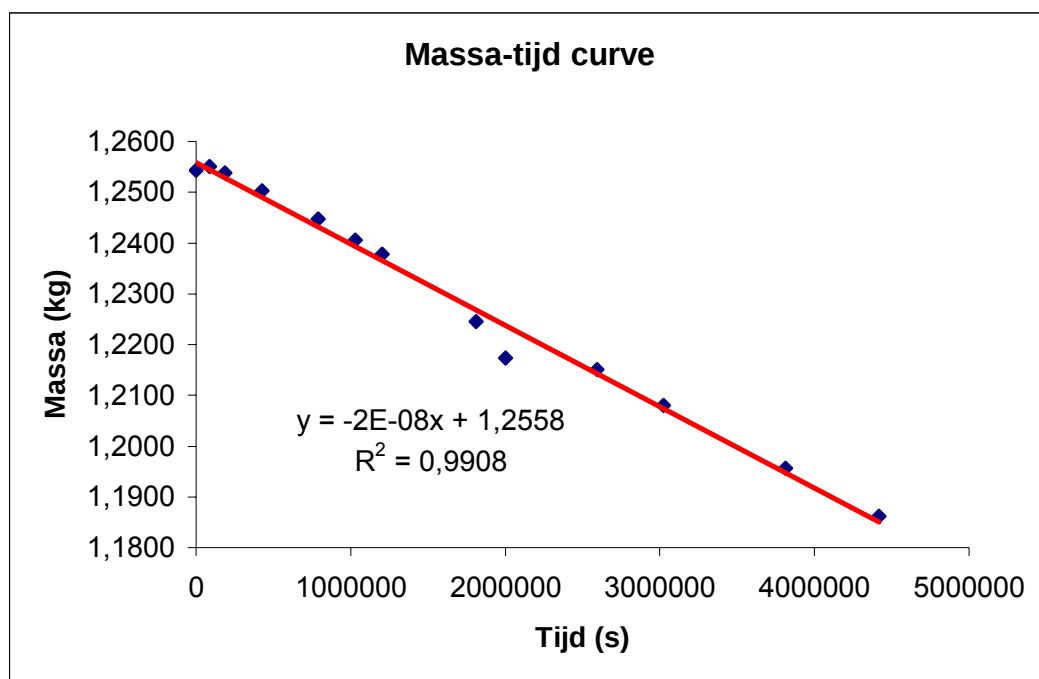
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2173,2
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	780,4

$W \text{ (s/m)} =$	7,59E-10	$W \text{ (s/m)} =$	7,36E-10
$Z \text{ (m/s)} =$	1318130331	$Z \text{ (m/s)} =$	1358527138
$\delta \text{ (s)} =$	1,37E-11	$\delta \text{ (s)} =$	1,32E-11

$\delta_a =$	2E-10
--------------	-------

$\mu =$	14,65	$\mu =$	15,09
$s_d = \mu d =$	0,26	$s_d = \mu d =$	0,27
$s_d = \delta_a * Z =$	0,26	$s_d = \delta_a * Z =$	0,27
$\delta \text{ (s)} =$	1,37E-11	$\delta \text{ (s)} =$	1,32E-11
$\mu =$	14,65	$\mu =$	15,09
$s_d = \mu d =$	0,26	$s_d = \mu d =$	0,27

gegevens					
Isoproc Celit C1					
A (m ²) =		0,016761	d (m)=	0,018	
φ_1 =		0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
φ_2 =		0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2543		
2	86400	86400	1,2551	0,001	9,26E-09
3	184260	97860	1,2538	-0,001	-1,33E-08
4	427980	243720	1,2503	-0,004	-1,44E-08
5	788820	360840	1,2447	-0,006	-1,55E-08
6	1031160	242340	1,2406	-0,004	-1,69E-08
7	1202820	171660	1,2378	-0,003	-1,63E-08
8	1810860	608040	1,2246	-0,013	-2,17E-08
9	2002320	191460	1,2173	-0,007	-3,81E-08
10	2591220	588900	1,2151	-0,002	-3,74E-09
11	3023040	431820	1,2080	-0,007	-1,64E-08
12	3812460	789420	1,1957	-0,012	-1,56E-08
13	4417260	604800	1,1862	-0,010	-1,57E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-2,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,030766
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-1,19E-06	$g =$	-1,16E-06

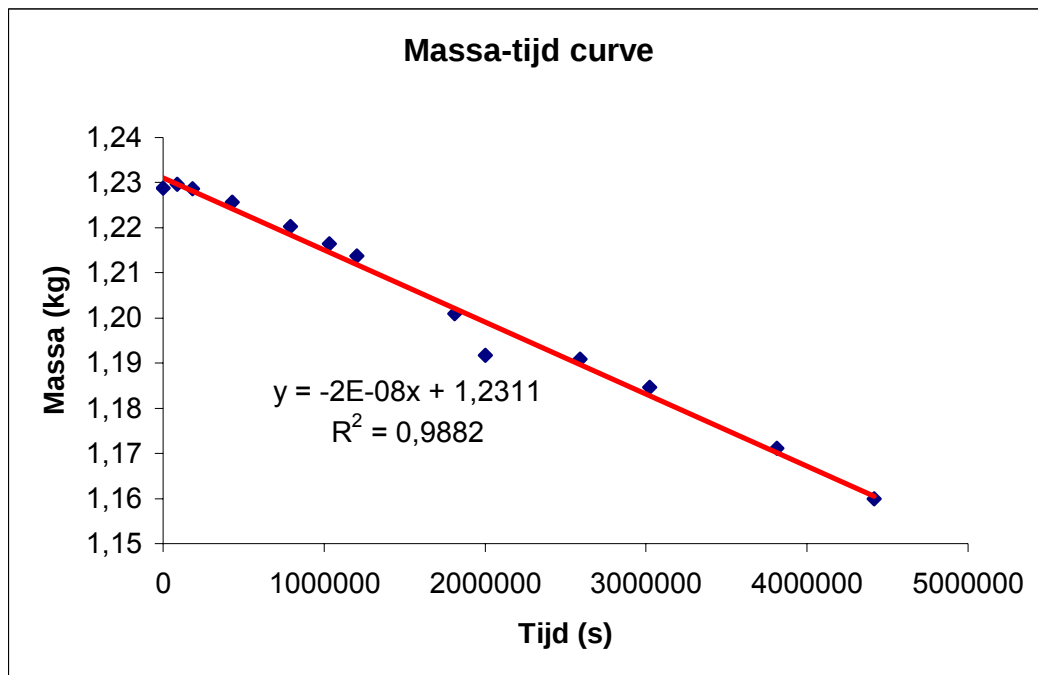
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2173,2
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	780,4

$W \text{ (s/m)} =$	1,53E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,48E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	653992732	$Z \text{ (m/s)} =$	674113366
$\delta \text{ (s)} =$	2,75E-11	$\delta \text{ (s)} =$	2,67E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	7,27	$\mu =$	7,49
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,13
$s_d = \delta_a * Z =$	0,13	$s_d = \delta_a * Z =$	0,13
$\delta \text{ (s)} =$	2,75E-11	$\delta \text{ (s)} =$	2,67E-11
$\mu =$	7,27	$\mu =$	7,49
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,13

gegevens					
Isoproc Celit C2					
A (m²) =		0,017021	d (m)=	0,018	
φ_1 =		0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
φ_2 =		0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2288		
2	86340	86340	1,2297	0,001	1,04E-08
3	184200	97860	1,2287	-0,001	-1,02E-08
4	427980	243780	1,2256	-0,003	-1,27E-08
5	788760	360780	1,2202	-0,005	-1,50E-08
6	1031100	242340	1,2164	-0,004	-1,57E-08
7	1202820	171720	1,2137	-0,003	-1,57E-08
8	1810800	607980	1,2010	-0,013	-2,09E-08
9	2002260	191460	1,1918	-0,009	-4,81E-08
10	2591160	588900	1,1909	-0,001	-1,53E-09
11	3022980	431820	1,1847	-0,006	-1,44E-08
12	3812400	789420	1,1711	-0,014	-1,72E-08
13	4417200	604800	1,1600	-0,011	-1,84E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-2,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,030529
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-1,18E-06	$g =$	-1,14E-06

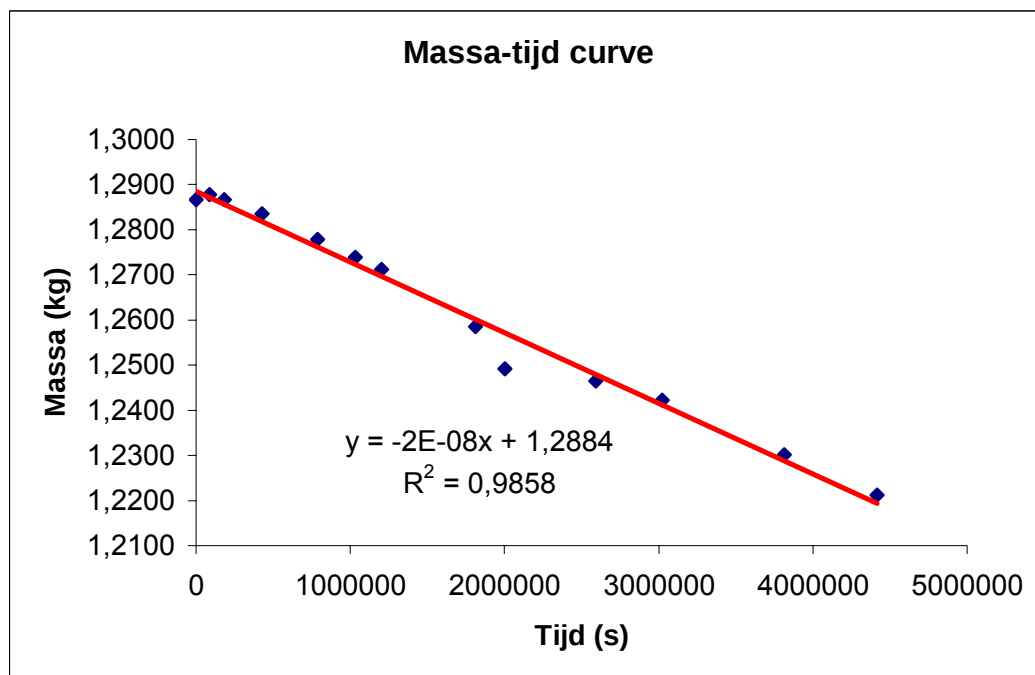
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2173,2
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	780,4

$W \text{ (s/m)} =$	1,51E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,46E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	664137599	$Z \text{ (m/s)} =$	684413173
$\delta \text{ (s)} =$	2,71E-11	$\delta \text{ (s)} =$	2,63E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	7,38	$\mu =$	7,60
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14
$s_d = \delta_a * Z =$	0,13	$s_d = \delta_a * Z =$	0,14
$\delta \text{ (s)} =$	2,71E-11	$\delta \text{ (s)} =$	2,63E-11
$\mu =$	7,38	$\mu =$	7,60
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14

gegevens					
Isoproc Celit D1					
A (m²) =		0,016891	d (m)=	0,022	
ϕ_1 =		0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
ϕ_2 =		0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2867		
2	86400	86400	1,2878	0,001	1,27E-08
3	184200	97800	1,2867	-0,001	-1,12E-08
4	427980	243780	1,2835	-0,003	-1,31E-08
5	788760	360780	1,2778	-0,006	-1,58E-08
6	1031160	242400	1,2739	-0,004	-1,61E-08
7	1202820	171660	1,2712	-0,003	-1,57E-08
8	1810860	608040	1,2585	-0,013	-2,09E-08
9	2002260	191400	1,2492	-0,009	-4,86E-08
10	2591220	588960	1,2465	-0,003	-4,58E-09
11	3023040	431820	1,2422	-0,004	-9,96E-09
12	3812460	789420	1,2302	-0,012	-1,52E-08
13	4417260	604800	1,2212	-0,009	-1,49E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-2,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,037382
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-1,18E-06	$g =$	-1,14E-06

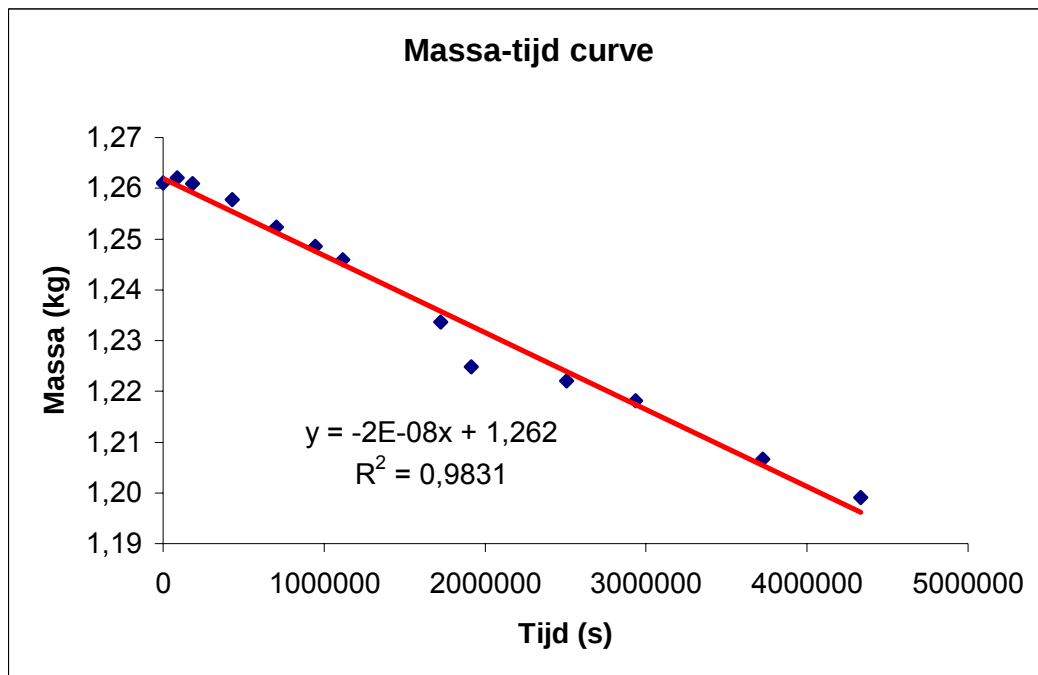
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2173,2
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	780,4

$W \text{ (s/m)} =$	1,52E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,46E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	659065166	$Z \text{ (m/s)} =$	683702080
$\delta \text{ (s)} =$	3,34E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,22E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	5,99	$\mu =$	6,22
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14
$s_d = \delta_a * Z =$	0,13	$s_d = \delta_a * Z =$	0,14
$\delta \text{ (s)} =$	3,34E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,22E-11
$\mu =$	5,99	$\mu =$	6,22
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14

gegevens					
Isoproc Celit D2					
A (m²) =		0,01702	d (m)=	0,022	
φ_1 =		0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
φ_2 =		0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2610		
2	86400	86400	1,2620	0,001	1,16E-08
3	184200	97800	1,2609	-0,001	-1,12E-08
4	428040	243840	1,2577	-0,003	-1,31E-08
5	702360	274320	1,2523	-0,005	-1,97E-08
6	944760	242400	1,2485	-0,004	-1,57E-08
7	1116480	171720	1,2459	-0,003	-1,51E-08
8	1724460	607980	1,2337	-0,012	-2,01E-08
9	1915860	191400	1,2248	-0,009	-4,65E-08
10	2504820	588960	1,2221	-0,003	-4,58E-09
11	2936640	431820	1,2182	-0,004	-9,03E-09
12	3726060	789420	1,2067	-0,011	-1,46E-08
13	4330860	604800	1,1991	-0,008	-1,26E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-2,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,037238
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{*s)} =$	-1,18E-06	$g =$	-1,13E-06

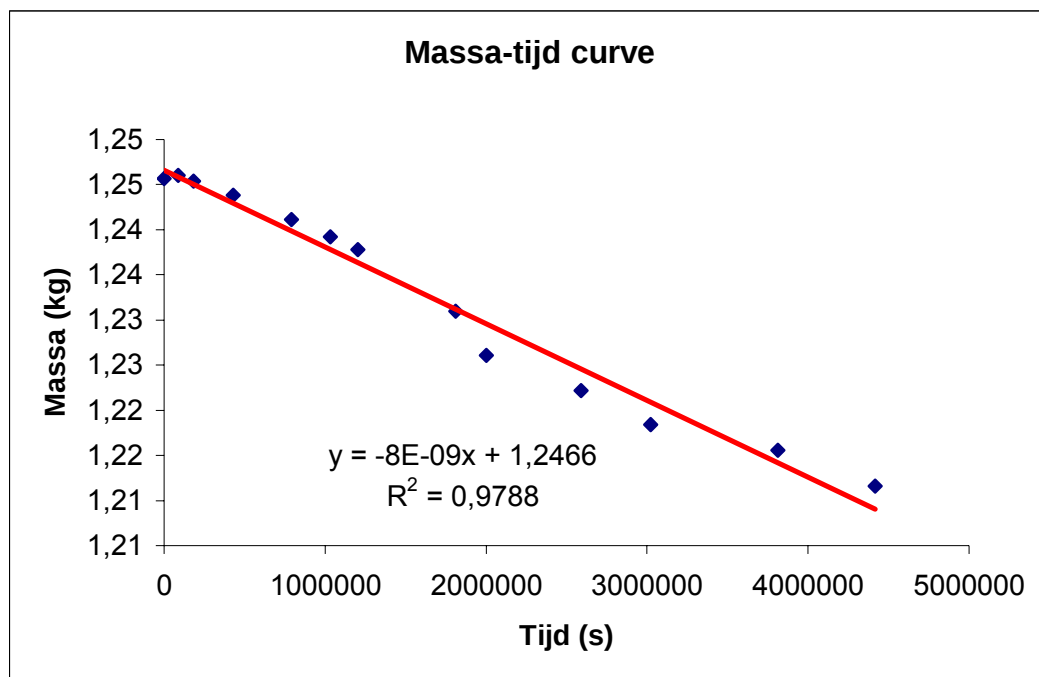
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2173,2
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	780,4

$W \text{ (s/m)} =$	1,51E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,45E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	664098580	$Z \text{ (m/s)} =$	688828171
$\delta \text{ (s)} =$	3,31E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,19E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	6,04	$\mu =$	6,26
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14
$s_d = \delta_a * Z =$	0,13	$s_d = \delta_a * Z =$	0,14
$\delta \text{ (s)} =$	3,31E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,19E-11
$\mu =$	6,04	$\mu =$	6,26
$s_d = \mu d =$	0,13	$s_d = \mu d =$	0,14

gegevens	Menuiserie 1				
	A (m ²) =	0,016761	d (m)=	0,003	
	ϕ_1 =	0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
	ϕ_2 =	0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2457		
2	86460	86460	1,2460	0,000	3,47E-09
3	184140	97680	1,2454	-0,001	-6,14E-09
4	428040	243900	1,2438	-0,002	-6,56E-09
5	788760	360720	1,2411	-0,003	-7,49E-09
6	1031220	242460	1,2392	-0,002	-7,84E-09
7	1202880	171660	1,2378	-0,001	-8,16E-09
8	1810920	608040	1,2310	-0,007	-1,12E-08
9	2002260	191340	1,2261	-0,005	-2,56E-08
10	2591220	588960	1,2222	-0,004	-6,62E-09
11	3023040	431820	1,2184	-0,004	-8,80E-09
12	3812460	789420	1,2156	-0,003	-3,55E-09
13	4417260	604800	1,2116	-0,004	-6,61E-09



G (kg/s) = -8,00E-09		correctiefactor:	
		x=	1,005131
g _{me} (kg/m ² *s)=	-4,77E-07	g=	-4,75E-07

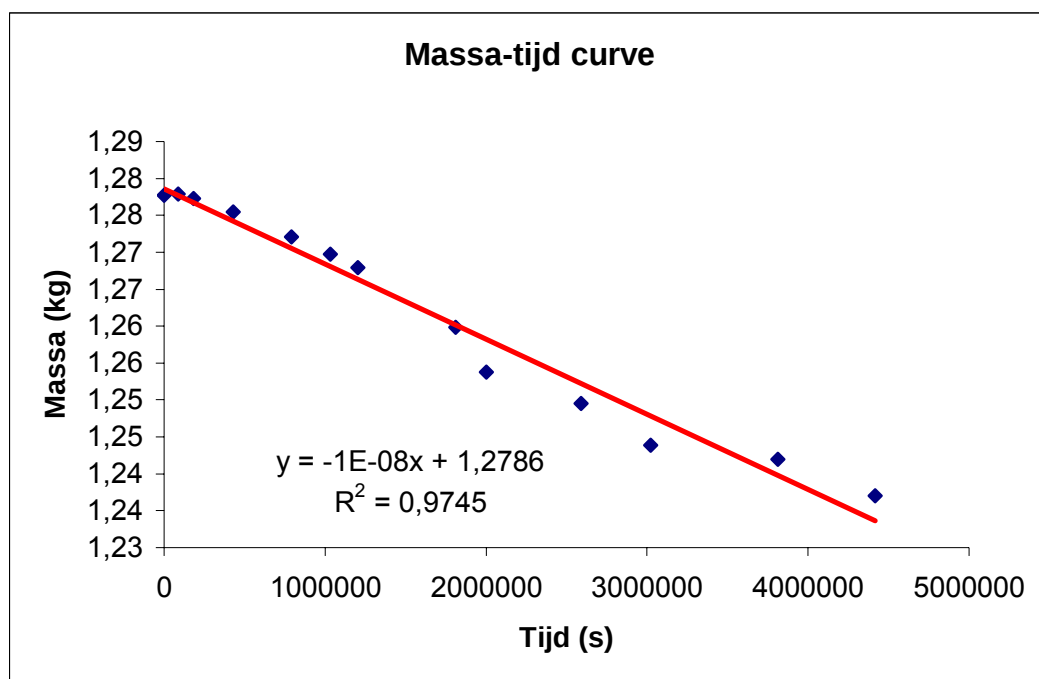
p _{sat1} (Pa)=	2336,8
p _{sat2} (Pa)=	2336,8
p _{v1} (Pa)=	2173,2
p _{v2} (Pa)=	1392,8
Δp _v (Pa)=	780,4

W (s/m)=	6,12E-10	W (s/m)=	6,09E-10
Z (m/s)=	1634981831	Z (m/s)=	1643371021
δ (s)=	1,83E-12	δ (s)=	1,83E-12

$$\delta_a = 2E-10$$

μ=	109,00	μ=	109,56
s _d = μd =	0,33	s _d = μd =	0,33
s _d = δ _a *Z =	0,33	s _d = δ _a *Z =	0,33
δ (s)=	1,83E-12	δ (s)=	1,83E-12
μ=	109,00	μ=	109,56
s _d = μd =	0,33	s _d = μd =	0,33

gegevens	Menuiserie 3				
	A (m ²) =	0,016762	d (m)=	0,003	
	φ_1 =	0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
	φ_2 =	0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2777		
2	86280	86280	1,2779	0,000	2,32E-09
3	183900	97620	1,2773	-0,001	-6,15E-09
4	427800	243900	1,2755	-0,002	-7,38E-09
5	788460	360660	1,2721	-0,003	-9,43E-09
6	1030980	242520	1,2697	-0,002	-9,90E-09
7	1202700	171720	1,2679	-0,002	-1,05E-08
8	1810680	607980	1,2598	-0,008	-1,33E-08
9	2001960	191280	1,2538	-0,006	-3,14E-08
10	2590980	589020	1,2495	-0,004	-7,30E-09
11	3022800	431820	1,2439	-0,006	-1,30E-08
12	3812220	789420	1,2420	-0,002	-2,41E-09
13	4417020	604800	1,2370	-0,005	-8,27E-09



G (kg/s) =		-1,00E-08	
		correctiefactor:	
		x=	1,005131
g _{me} (kg/m ² *s)=		g=	-5,94E-07

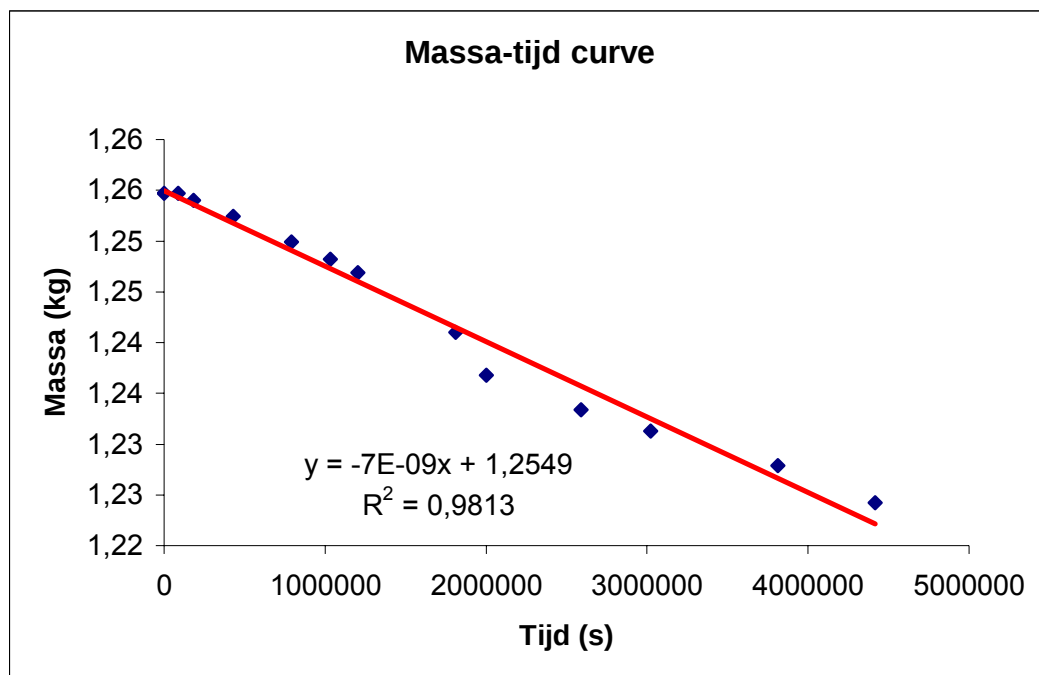
p _{sat1} (Pa)=	2336,8
p _{sat2} (Pa)=	2336,8
p _{v1} (Pa)=	2173,2
p _{v2} (Pa)=	1392,8
Δp _v (Pa)=	780,4

W (s/m)=	7,64E-10	W (s/m)=	7,61E-10
Z (m/s)=	1308063502	Z (m/s)=	1314775255
δ (s)=	2,29E-12	δ (s)=	2,28E-12

δ _a =	2E-10
------------------	-------

μ=	87,20	μ=	87,65
s _d = μd =	0,26	s _d = μd =	0,26
s _d = δ _a *Z =	0,26	s _d = δ _a *Z =	0,26
δ (s)=	2,29E-12	δ (s)=	2,28E-12
μ=	87,20	μ=	87,65
s _d = μd =	0,26	s _d = μd =	0,26

gegevens	Novex 2				
	A (m ²) =	0,016891	d (m)=	0,003	
	φ_1 =	0,93	θ_1 (°C) =	20,145	
	φ_2 =	0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2547		
2	86460	86460	1,2547	0	0
3	184200	97740	1,2540	-0,001	-7,16E-09
4	428040	243840	1,2524	-0,002	-6,56E-09
5	788760	360720	1,2499	-0,002	-6,93E-09
6	1031220	242460	1,2482	-0,002	-7,01E-09
7	1202880	171660	1,2469	-0,001	-7,57E-09
8	1810860	607980	1,2410	-0,006	-9,70E-09
9	2002260	191400	1,2368	-0,004	-2,19E-08
10	2591160	588900	1,2334	-0,003	-5,77E-09
11	3022980	431820	1,2313	-0,002	-4,86E-09
12	3812400	789420	1,2279	-0,003	-4,31E-09
13	4417200	604800	1,2242	-0,004	-6,12E-09



G (kg/s) = -7,00E-09			
		correctiefactor:	
		x=	1,005111
g _{me} (kg/m ² *s)=	-4,14E-07	g=	-4,12E-07

p _{sat1} (Pa)=	2336,8
p _{sat2} (Pa)=	2336,8
p _{v1} (Pa)=	2173,2
p _{v2} (Pa)=	1392,8
Δp _v (Pa)=	780,4

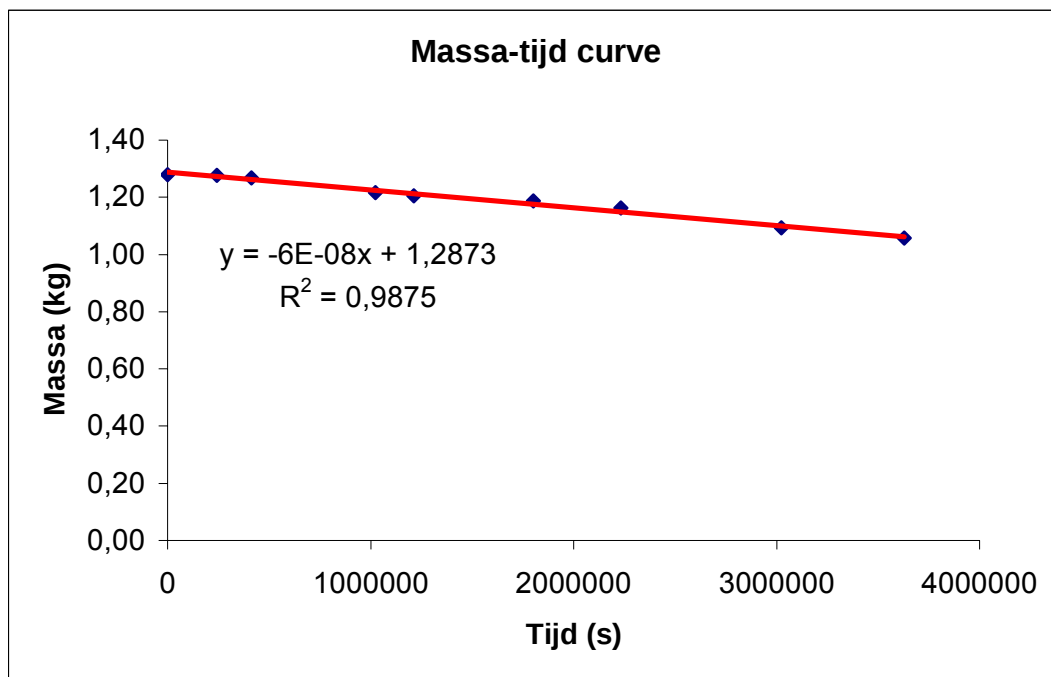
W (s/m)=	5,31E-10	W (s/m)=	5,28E-10
Z (m/s)=	1883043331	Z (m/s)=	1892668034
δ (s)=	1,59E-12	δ (s)=	1,59E-12

$$\delta_a = 2E-10$$

μ=	125,54	μ=	126,18
s _d = μd =	0,38	s _d = μd =	0,38
s _d = δ _a *Z =	0,38	s _d = δ _a *Z =	0,38
δ (s)=	1,59E-12	δ (s)=	1,59E-12
μ=	125,54	μ=	126,18
s _d = μd =	0,38	s _d = μd =	0,38

- combinatie diffusie en capillariteit

gegevens					
Gutex Multiplex-top 2 OMGEKEERD					
A (m²) =		0,017021	d (m) =	0,018	
φ_1 =		1,00	θ_1 (°C) =	20,145	
φ_2 =		0,60	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2786		
2	242340	242340	1,2762	-0,002	-9,90E-09
3	414120	171780	1,2686	-0,008	-4,42E-08
4	1022100	607980	1,2155	-0,053	-8,73E-08
5	1213560	191460	1,2052	-0,010	-5,38E-08
6	1802520	588960	1,1865	-0,019	-3,18E-08
7	2234340	431820	1,1622	-0,024	-5,63E-08
8	3023760	789420	1,0932	-0,069	-8,74E-08
9	3628560	604800	1,0578	-0,035	-5,85E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-6,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,030529
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-3,53E-06	$g =$	-3,42E-06

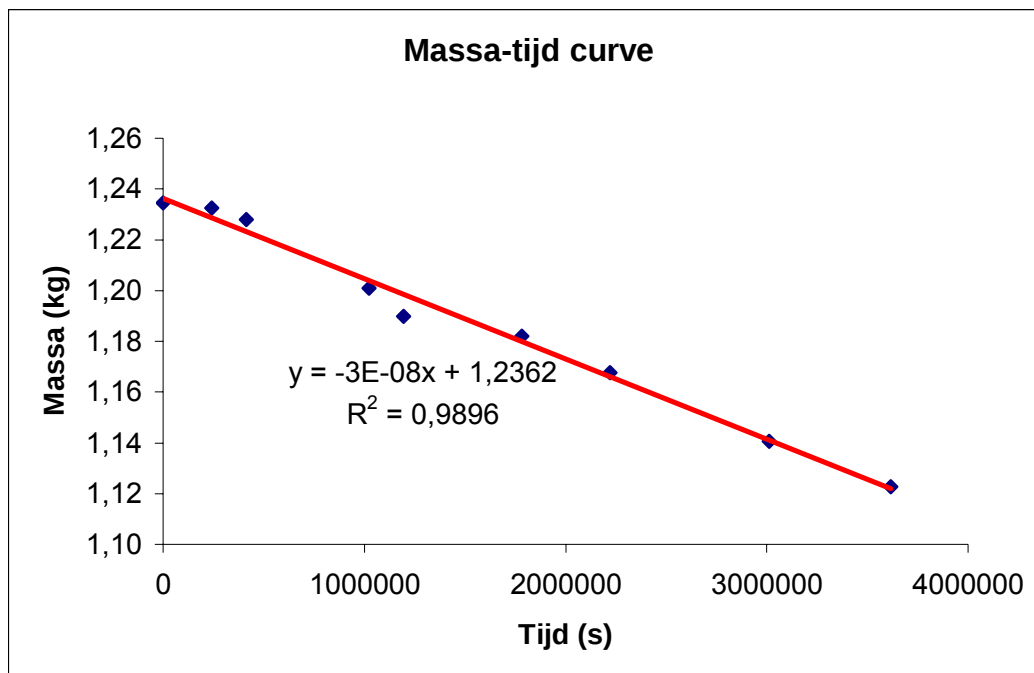
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	944,0

$W \text{ (s/m)} =$	3,73E-09	$W \text{ (s/m)} =$	3,62E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	267782985	$Z \text{ (m/s)} =$	275958179
$\delta \text{ (s)} =$	6,72E-11	$\delta \text{ (s)} =$	6,52E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	2,98	$\mu =$	3,07
$s_d = \mu d =$	0,05	$s_d = \mu d =$	0,06
$s_d = \delta_a * Z =$	0,05	$s_d = \delta_a * Z =$	0,06
$\delta \text{ (s)} =$	0,00	$\delta \text{ (s)} =$	0,00
$\mu =$	2,98	$\mu =$	3,07
$s_d = \mu d =$	0,05	$s_d = \mu d =$	0,06

gegevens					
Isoproc Celit A1 OMGEKEERD					
A (m ²) =		0,017021	d (m)=		0,022
ϕ_1 =		1,00	θ_1 (°C) =		20,145
ϕ_2 =		0,5961	θ_2 (°C) =		20,145
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2344		
2	242280	242280	1,2325	-0,0019	-7,84E-09
3	414000	171720	1,2280	-0,0045	-2,62E-08
4	1021980	607980	1,2010	-0,0270	-4,44E-08
5	1194780	172800	1,1898	-0,0112	-6,48E-08
6	1783680	588900	1,1820	-0,0078	-1,32E-08
7	2221500	437820	1,1676	-0,0144	-3,29E-08
8	3010920	789420	1,1407	-0,0269	-3,41E-08
9	3615720	604800	1,1228	-0,0179	-2,96E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-3,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,037238
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-1,76E-06	$g =$	-1,70E-06

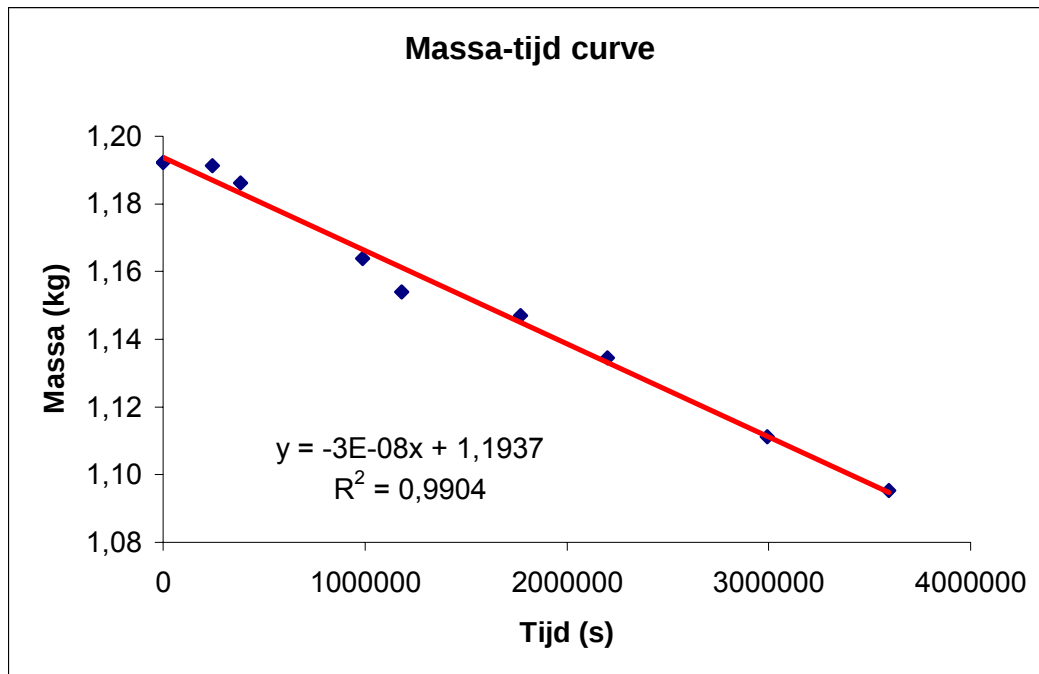
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	944,0

$W \text{ (s/m)} =$	1,87E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,80E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	535565969	$Z \text{ (m/s)} =$	555509284
$\delta \text{ (s)} =$	4,11E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,96E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	4,87	$\mu =$	5,05
$s_d = \mu d =$	0,11	$s_d = \mu d =$	0,11
$s_d = \delta_a * Z =$	0,11	$s_d = \delta_a * Z =$	0,11
$\delta \text{ (s)} =$	4,11E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,96E-11
$\mu =$	4,87	$\mu =$	5,05
$s_d = \mu d =$	0,11	$s_d = \mu d =$	0,11

gegevens	Isoproc Celit B3 OMGEKEERD				
	A (m²) =	0,017021	d (m)=	0,018	
	ϕ_1 =	1,00	θ_1 (°C) =	20,145	
	ϕ_2 =	0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,1923		
2	242340	242340	1,1913	-0,001	-4,13E-09
3	381660	139320	1,1862	-0,005	-3,66E-08
4	989640	607980	1,1638	-0,022	-3,68E-08
5	1181040	191400	1,1541	-0,010	-5,07E-08
6	1770060	589020	1,1470	-0,007	-1,21E-08
7	2201880	431820	1,1345	-0,013	-2,89E-08
8	2991300	789420	1,1113	-0,023	-2,94E-08
9	3596100	604800	1,0954	-0,016	-2,63E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-3,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,030529
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-1,76E-06	$g =$	-1,71E-06

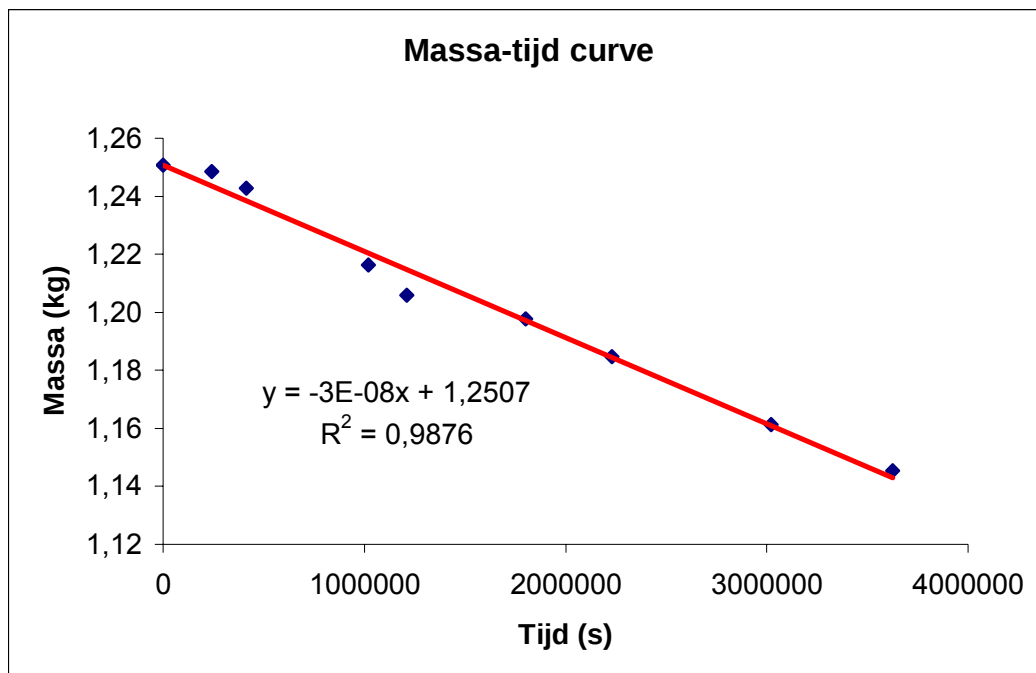
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	944,0

$W \text{ (s/m)} =$	1,87E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,81E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	535565969	$Z \text{ (m/s)} =$	551916358
$\delta \text{ (s)} =$	3,36E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,26E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	5,95	$\mu =$	6,13
$s_d = \mu d =$	0,11	$s_d = \mu d =$	0,11
$s_d = \delta_a * Z =$	0,11	$s_d = \delta_a * Z =$	0,11
$\delta \text{ (s)} =$	3,36E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,26E-11
$\mu =$	5,95	$\mu =$	6,13
$s_d = \mu d =$	0,11	$s_d = \mu d =$	0,11

gegevens					
Isoproc Celit C3 OMGEKEERD					
	A (m ²) =	0,017282	d (m)=	0,018	
	ϕ_1 =	1,00	θ_1 (°C) =	20,145	
	ϕ_2 =	0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2508		
2	240000	240000	1,2485	-0,002	-9,58E-09
3	411720	171720	1,2427	-0,006	-3,38E-08
4	1019700	607980	1,2162	-0,027	-4,36E-08
5	1211160	191460	1,2060	-0,010	-5,33E-08
6	1800060	588900	1,1977	-0,008	-1,41E-08
7	2231880	431820	1,1848	-0,013	-2,99E-08
8	3021300	789420	1,1614	-0,023	-2,96E-08
9	3626100	604800	1,1454	-0,016	-2,65E-08



G (kg/s) = -3,00E-08		correctiefactor:	
		x=	1,030296
g _{me} (kg/m ² *s)=	-1,74E-06	g=	-1,68E-06

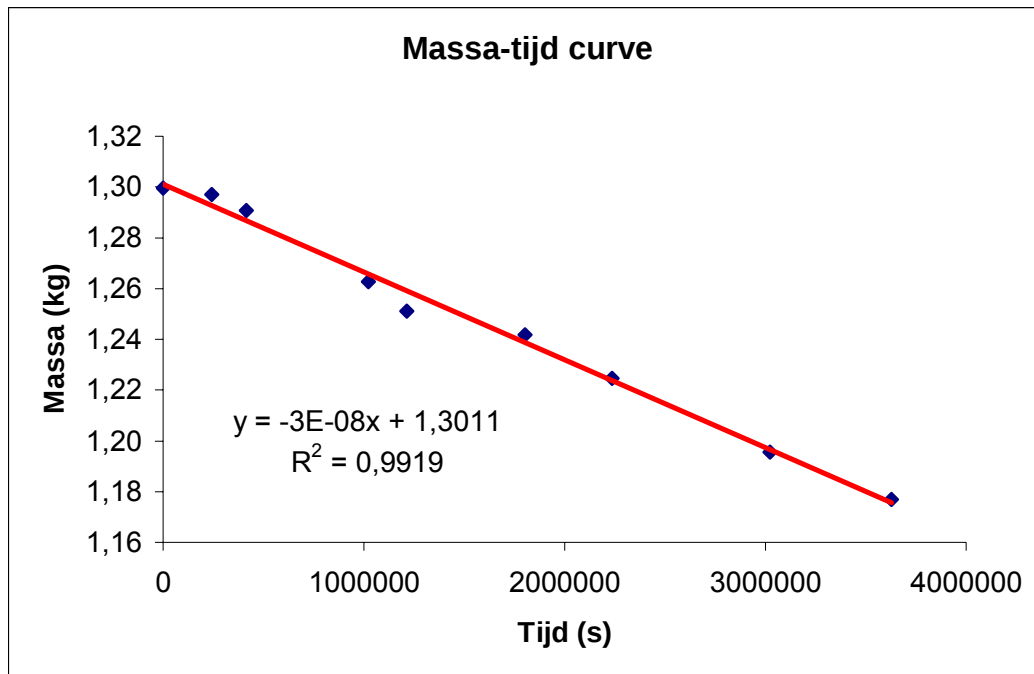
p _{sat1} (Pa)=	2336,8
p _{sat2} (Pa)=	2336,8
p _{v1} (Pa)=	2336,8
p _{v2} (Pa)=	1392,8
Δp _v (Pa)=	944,0

W (s/m)=	1,84E-09	W (s/m)=	1,78E-09
Z (m/s)=	543778337	Z (m/s)=	560252717
δ (s)=	3,31E-11	δ (s)=	3,21E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

μ=	6,04	μ=	6,23
s _d = μd =	0,11	s _d = μd =	0,11
s _d = δ _a *Z =	0,11	s _d = δ _a *Z =	0,11
δ (s)=	3,31E-11	δ (s)=	3,21E-11
μ=	6,04	μ=	6,23
s _d = μd =	0,11	s _d = μd =	0,11

gegevens					
Isoproc Celit D3 OMGEKEERD					
A (m²) =		0,017021	d (m)=		0,022
φ_1 =		1,00	θ_1 (°C) =		20,145
φ_2 =		0,5961	θ_2 (°C) =		20,145
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2996		
2	242460	242460	1,2970	-0,003	-1,07E-08
3	414180	171720	1,2908	-0,006	-3,61E-08
4	1022160	607980	1,2626	-0,028	-4,64E-08
5	1213500	191340	1,2510	-0,012	-6,06E-08
6	1802460	588960	1,2417	-0,009	-1,58E-08
7	2234280	431820	1,2247	-0,017	-3,94E-08
8	3023700	789420	1,1957	-0,029	-3,67E-08
9	3628500	604800	1,1770	-0,019	-3,09E-08



$G \text{ (kg/s)} =$	-3,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,037238
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{*s)} =$	-1,76E-06	$g =$	-1,70E-06

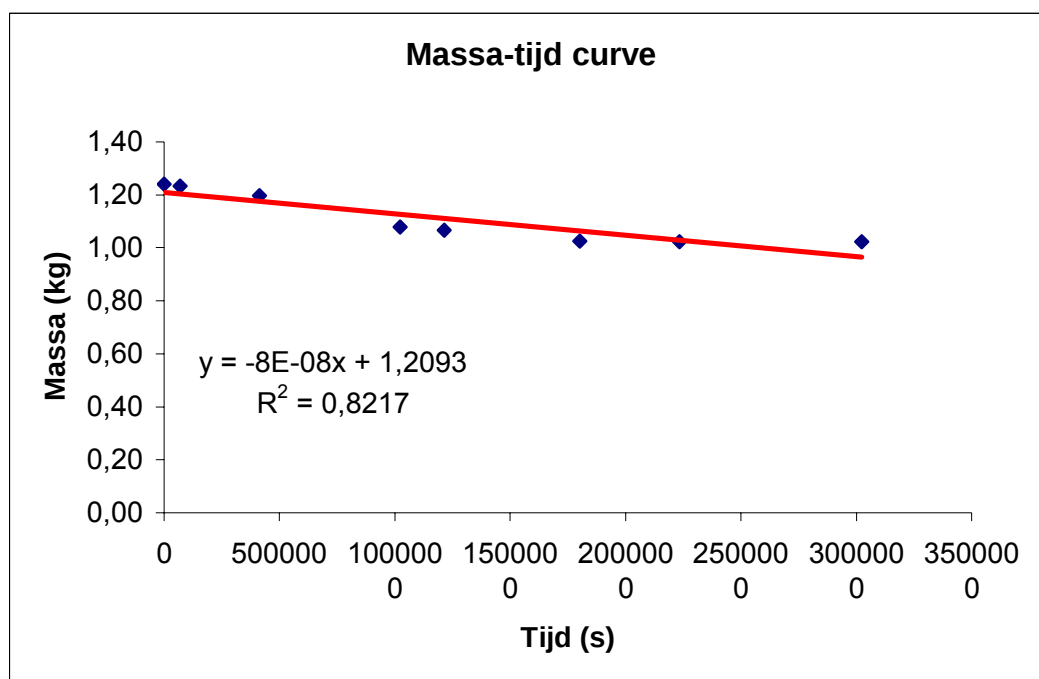
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	944,0

$W \text{ (s/m)} =$	1,87E-09	$W \text{ (s/m)} =$	1,80E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	535565969	$Z \text{ (m/s)} =$	555509284
$\delta \text{ (s)} =$	4,11E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,96E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	4,87	$\mu =$	5,05
$s_d = \mu d =$	0,11	$s_d = \mu d =$	0,11
$s_d = \delta_a * Z =$	0,11	$s_d = \delta_a * Z =$	0,11
$\delta \text{ (s)} =$	4,11E-11	$\delta \text{ (s)} =$	3,96E-11
$\mu =$	4,87	$\mu =$	5,05
$s_d = \mu d =$	0,11	$s_d = \mu d =$	0,11

gegevens	Menuiserie 2 OMGEKEERD				
	A (m ²) =	0,017021	d (m) =	0,003	
	φ_1 =	1,00	θ_1 (°C) =	20,145	
	φ_2 =	0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2394		
2	69720	69720	1,2329	-0,006	-9,32E-08
3	414180	344460	1,1963	-0,037	-1,06E-07
4	1022160	607980	1,0776	-0,119	-1,95E-07
5	1213500	191340	1,0662	-0,011	-5,96E-08
6	1802520	589020	1,0243	-0,042	-7,11E-08
7	2234340	431820	1,0232	-0,001	-2,55E-09
8	3023760	789420	1,0228	0,000	-5,07E-10



$G \text{ (kg/s)} =$	-8,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,005052
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-4,70E-06	$g =$	-4,68E-06

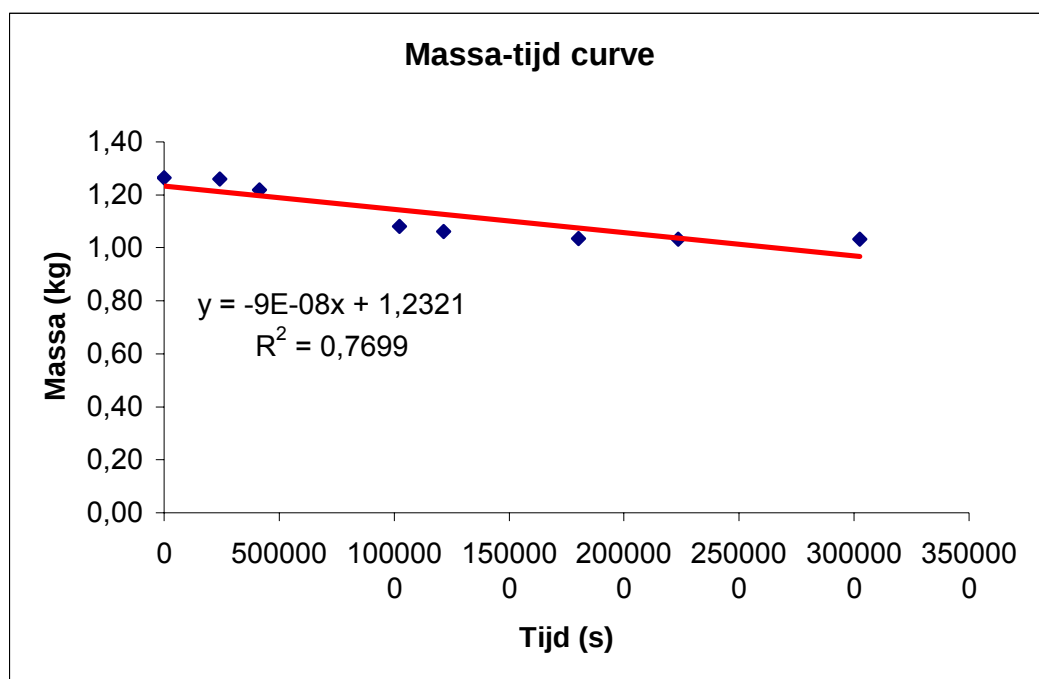
$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	944,0

$W \text{ (s/m)} =$	4,98E-09	$W \text{ (s/m)} =$	4,95E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	200837238	$Z \text{ (m/s)} =$	201851786
$\delta \text{ (s)} =$	1,49E-11	$\delta \text{ (s)} =$	1,49E-11

$$\delta_a = 2E-10$$

$\mu =$	13,39	$\mu =$	13,46
$s_d = \mu d =$	0,04	$s_d = \mu d =$	0,04
$s_d = \delta_a * Z =$	0,04	$s_d = \delta_a * Z =$	0,04
$\delta \text{ (s)} =$	1,49E-11	$\delta \text{ (s)} =$	1,49E-11
$\mu =$	13,39	$\mu =$	13,46
$s_d = \mu d =$	0,04	$s_d = \mu d =$	0,04

Novex 3 OMGEKEERD					
gegevens	A (m ²) =	0,016891	d (m) =	0,003	
	ϕ_1 =	1,00	θ_1 (°C) =	20,145	
	ϕ_2 =	0,5961	θ_2 (°C) =	20,145	
	t (s)	Δt (s)	m (kg)	Δm (kg)	Δm_{12} (kg/s)
1	0		1,2639		
2	242460	242460	1,2590	-0,005	-2,02E-08
3	414180	171720	1,2198	-0,039	-2,28E-07
4	1022160	607980	1,0800	-0,140	-2,30E-07
5	1213500	191340	1,0607	-0,019	-1,01E-07
6	1802460	588960	1,0342	-0,027	-4,50E-08
7	2234280	431820	1,0327	-0,002	-3,47E-09
8	3023700	789420	1,0322	0,000	-6,33E-10



$G \text{ (kg/s)} =$	-9,00E-08		
		correctiefactor:	
		$x =$	1,005111
$g_{me} \text{ (kg/m}^2\text{s)} =$	-5,33E-06	$g =$	-5,30E-06

$p_{sat1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{sat2} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v1} \text{ (Pa)} =$	2336,8
$p_{v2} \text{ (Pa)} =$	1392,8
$\Delta p_v \text{ (Pa)} =$	944,0

$W \text{ (s/m)} =$	5,64E-09	$W \text{ (s/m)} =$	5,62E-09
$Z \text{ (m/s)} =$	177158506	$Z \text{ (m/s)} =$	178064007
$\delta \text{ (s)} =$	1,69E-11	$\delta \text{ (s)} =$	1,68E-11

$\delta_a =$	2E-10
--------------	-------

$\mu =$	11,81	$\mu =$	11,87
$s_d = \mu d =$	0,04	$s_d = \mu d =$	0,04
$s_d = \delta_a * Z =$	0,04	$s_d = \delta_a * Z =$	0,04
$\delta \text{ (s)} =$	1,69E-11	$\delta \text{ (s)} =$	1,68E-11
$\mu =$	11,81	$\mu =$	11,87
$s_d = \mu d =$	0,04	$s_d = \mu d =$	0,04

Appendix II: Metingen, berekeningen en grafieken van de capillariteitsproeven

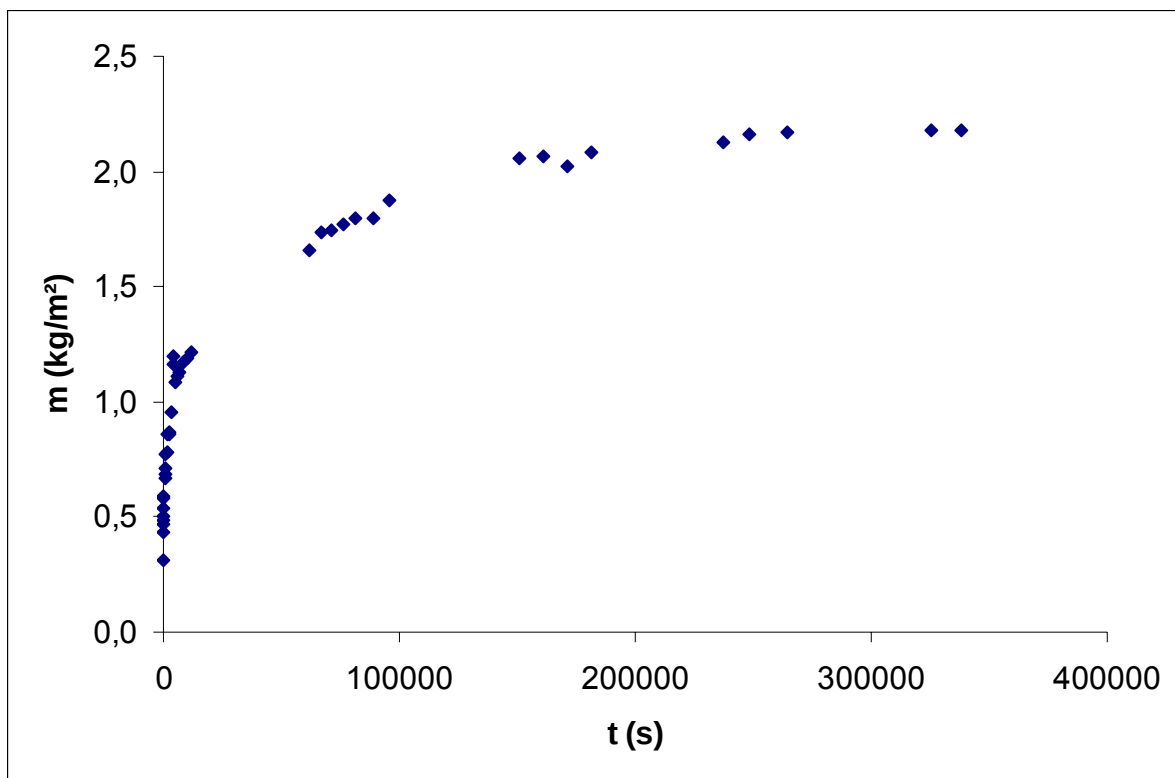
Volgende monsters* werden onderzocht:

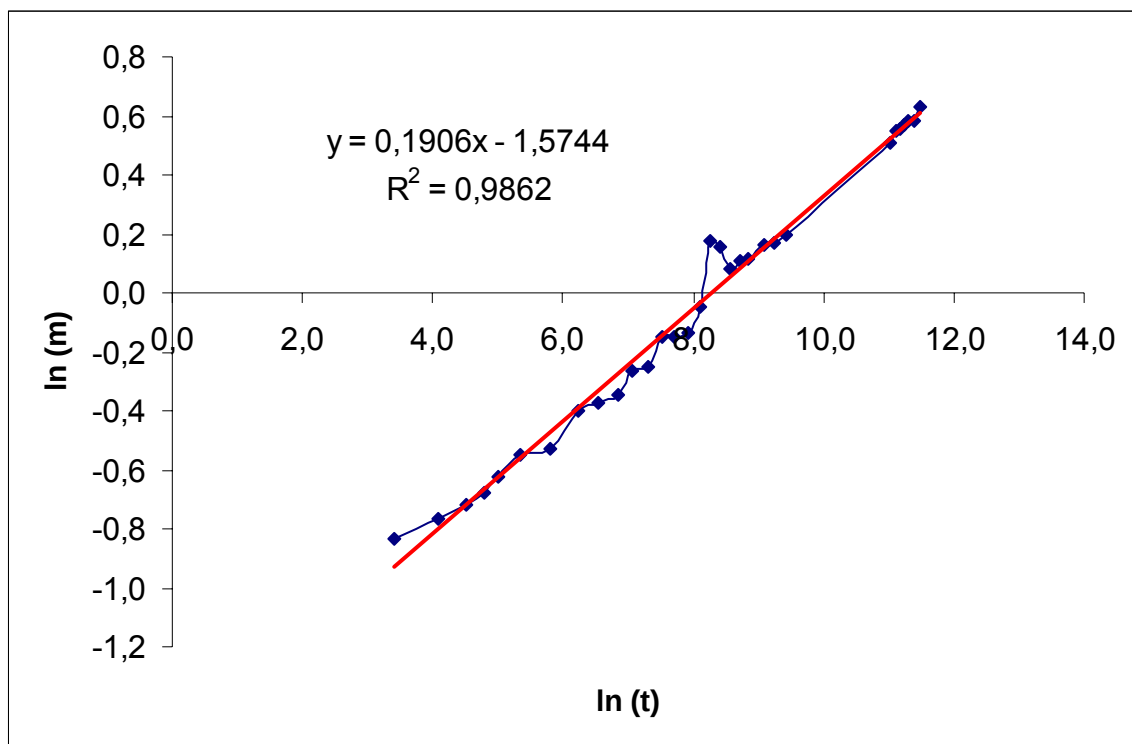
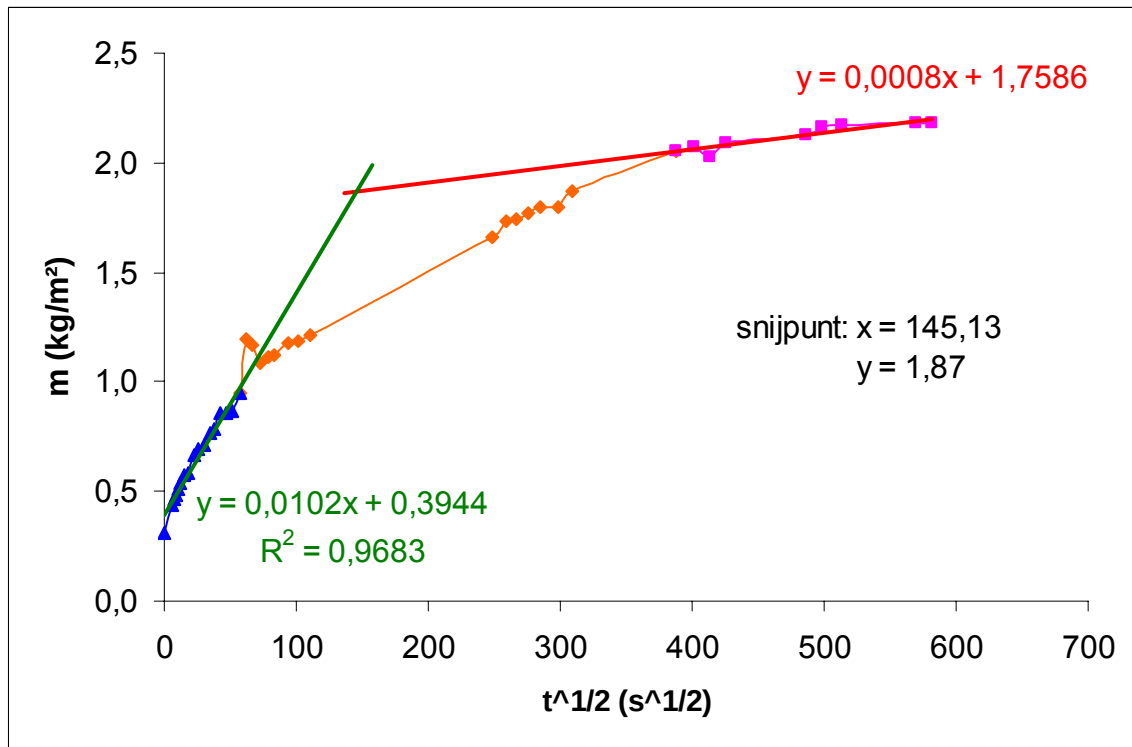
Gutex – Multiplex top horizontaal 1	46
Gutex – Multiplex top horizontaal 2	49
Gutex – Multiplex top verticaal 3	52
Gutex – Multiplex top verticaal 4	56
Isoproc – Celit A horizontaal 1	60
Isoproc – Celit A horizontaal 2	63
Isoproc – Celit A verticaal 3	66
Isoproc – Celit A verticaal 4	70
Isoproc – Celit B horizontaal 1	74
Isoproc – Celit B horizontaal 2	77
Isoproc – Celit B verticaal 3	80
Isoproc – Celit B verticaal 4	84
Isoproc – Celit C horizontaal 1	88
Isoproc – Celit C horizontaal 2	91
Isoproc – Celit C verticaal 3	94
Isoproc – Celit C verticaal 4	98
Isoproc – Celit D horizontaal 1	102
Isoproc – Celit D horizontaal 2	105
Isoproc – Celit D verticaal 3	108
Isoproc – Celit D verticaal 4	112
Eternit – Menuiserite horizontaal 3	116
Eternit – Menuiserite horizontaal 4	119
Eternit – Menuiserite verticaal 3	122
Eternit – Menuiserite verticaal 4	125
SVK – Novex horizontaal 3	128
SVK – Novex horizontaal 4	131
SVK – Novex verticaal 3	134
SVK – Novex verticaal 4	137

* De nummering van de monsters volgt uit de volgorde waarin de proeven werden uitgevoerd.

gegevens		Gutex Multiplex top horizontaal 1 d (mm) : 18 afmetingen (mm) : 141 x 70 contactopp (m²): 0,00987 densiteit (kg/m³): 256,11 drooggewicht (kg): 0,0455					
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0031	0,0000	0,3141	0,0486	#GETAL!	-1,1581
2	30	0,0043	5,4772	0,4357	0,0498	3,4012	-0,8309
3	60	0,0046	7,7460	0,4661	0,0501	4,0943	-0,7634
4	90	0,0048	9,4868	0,4863	0,0503	4,4998	-0,7209
5	120	0,0050	10,9545	0,5066	0,0505	4,7875	-0,6801
6	150	0,0053	12,2474	0,5370	0,0508	5,0106	-0,6218
7	210	0,0057	14,4914	0,5775	0,0512	5,3471	-0,5490
8	330	0,0058	18,1659	0,5876	0,0513	5,7991	-0,5316
9	510	0,0066	22,5832	0,6687	0,0521	6,2344	-0,4024
10	690	0,0068	26,2679	0,6890	0,0523	6,5367	-0,3726
11	930	0,0070	30,4959	0,7092	0,0525	6,8352	-0,3436
12	1170	0,0076	34,2053	0,7700	0,0531	7,0648	-0,2614
13	1470	0,0077	38,3406	0,7801	0,0532	7,2930	-0,2483
14	1830	0,0085	42,7785	0,8612	0,0540	7,5121	-0,1494
15	2250	0,0085	47,4342	0,8612	0,0540	7,7187	-0,1494
16	2730	0,0086	52,2494	0,8713	0,0541	7,9121	-0,1377
17	3270	0,0094	57,1839	0,9524	0,0549	8,0925	-0,0488
18	3820	0,0118	61,8061	1,1955	0,0573	8,2480	0,1786
19	4480	0,0115	66,9328	1,1651	0,0570	8,4074	0,1528
20	5200	0,0107	72,1110	1,0841	0,0562	8,5564	0,0807
21	6100	0,0110	78,1025	1,1145	0,0565	8,7160	0,1084
22	6940	0,0111	83,3067	1,1246	0,0566	8,8451	0,1174
23	8740	0,0116	93,4880	1,1753	0,0571	9,0757	0,1615
24	10240	0,0117	101,1929	1,1854	0,0572	9,2341	0,1701
25	12280	0,0120	110,8152	1,2158	0,0575	9,4157	0,1954
26	61840	0,0164	248,6765	1,6616	0,0619	11,0323	0,5078
27	67120	0,0171	259,0753	1,7325	0,0626	11,1142	0,5496
28	71140	0,0172	266,7208	1,7427	0,0627	11,1724	0,5554
29	75940	0,0175	275,5721	1,7730	0,0630	11,2377	0,5727
30	81520	0,0177	285,5171	1,7933	0,0632	11,3086	0,5841
31	89020	0,0177	298,3622	1,7933	0,0632	11,3966	0,5841
32	95680	0,0185	309,3218	1,8744	0,0640	11,4688	0,6283
33	150820	0,0203	388,3555	2,0567	0,0658	11,9238	0,7211
34	160900	0,0204	401,1234	2,0669	0,0659	11,9885	0,7260
35	171280	0,0200	413,8599	2,0263	0,0655	12,0511	0,7062
36	181480	0,0206	426,0047	2,0871	0,0661	12,1089	0,7358
37	237280	0,0210	487,1139	2,1277	0,0665	12,3770	0,7550
38	248080	0,0213	498,0763	2,1581	0,0668	12,4215	0,7692
39	264460	0,0214	514,2567	2,1682	0,0669	12,4854	0,7739
40	325180	0,0215	570,2456	2,1783	0,0670	12,6921	0,7786

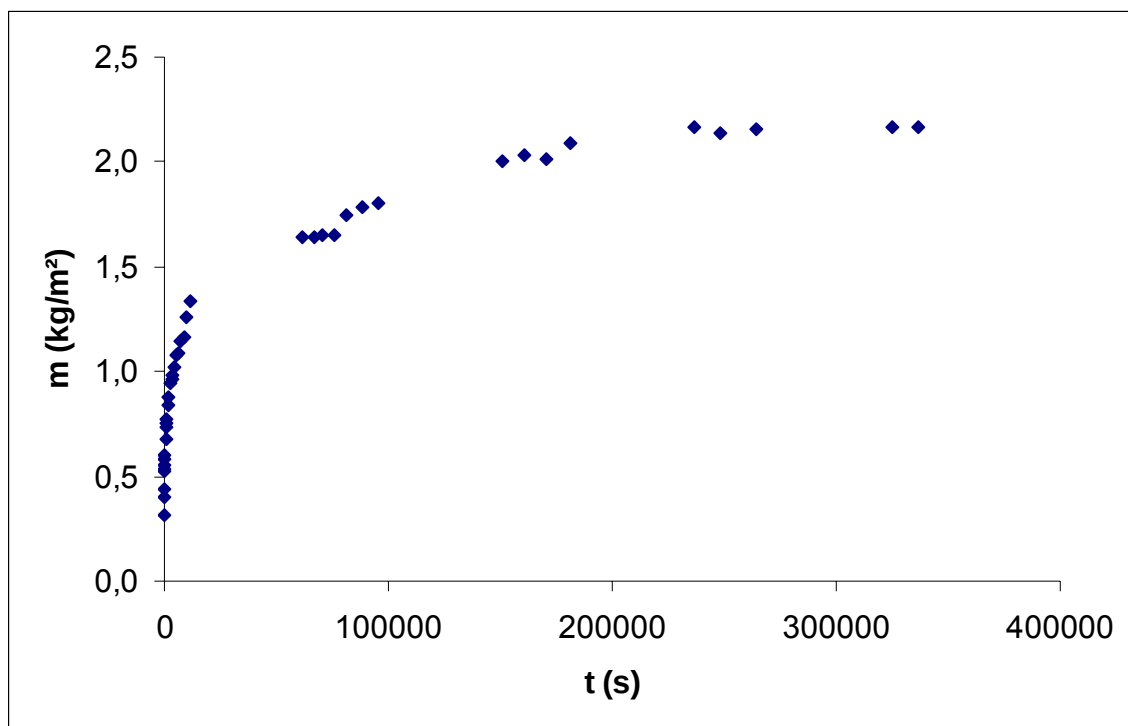
41	338080	0,0215	581,4465	2,1783	0,0670	12,7310	0,7786
A (kg/(m ² *s ^{1/2})) =		0,0102					
w _c (kg/m ³) =		103,89					

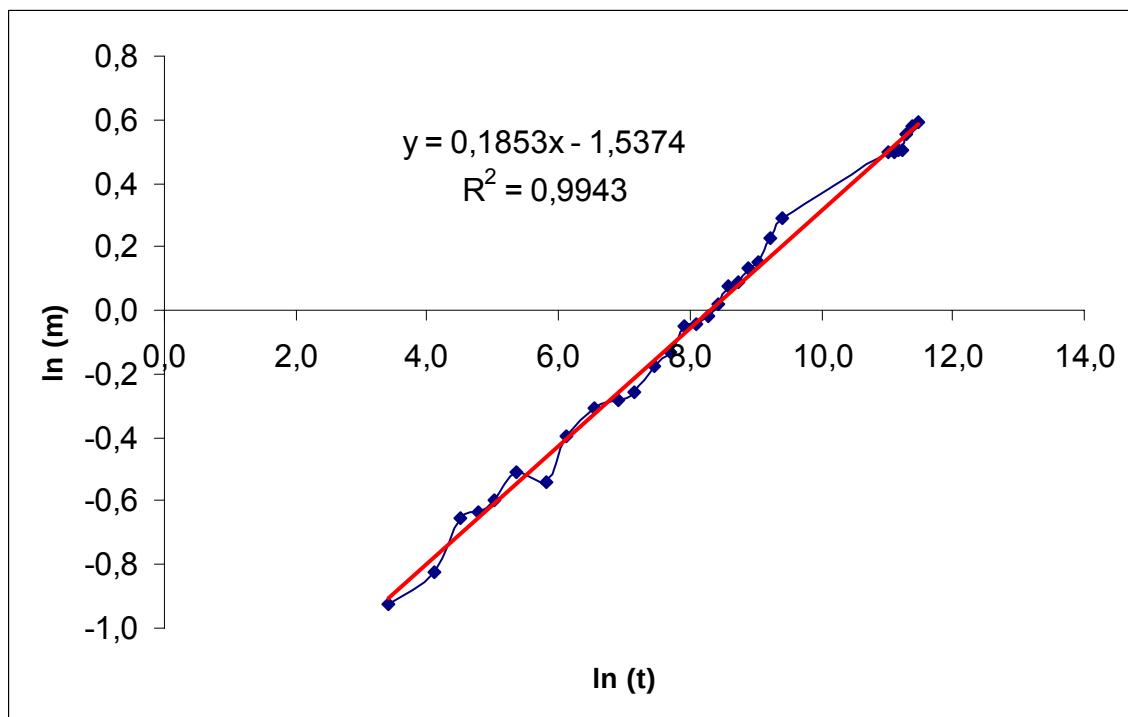
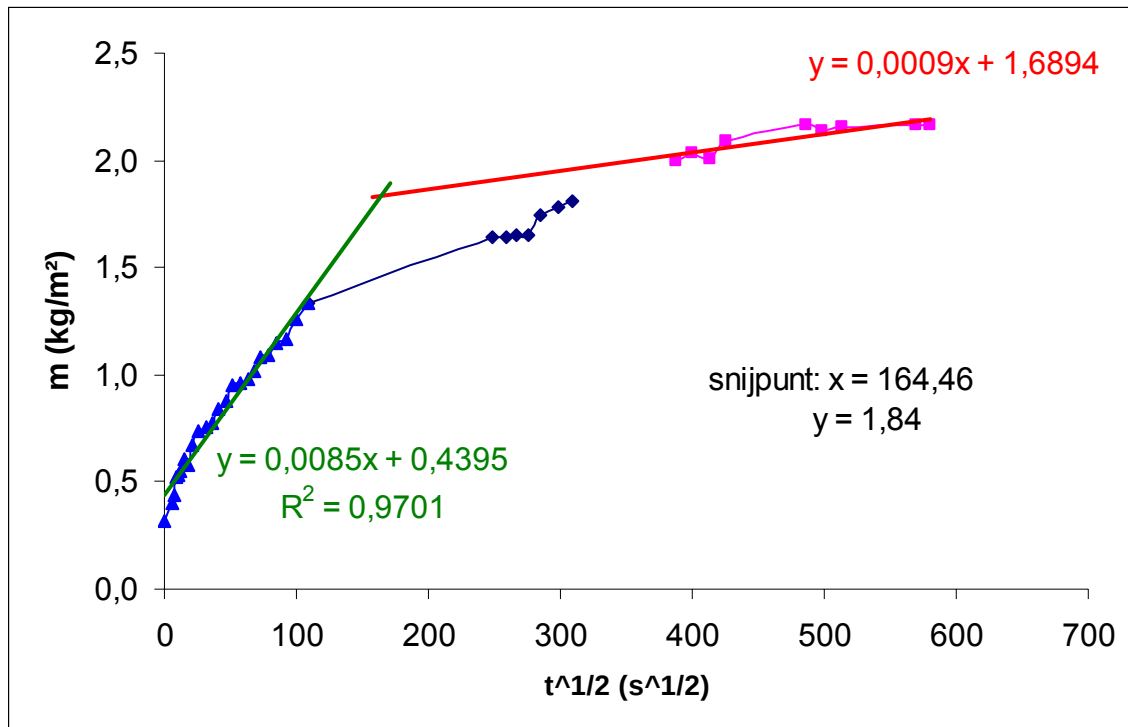




gegevens		Gutex Multiplex top horizontaal 2 d (mm) : 18 afmetingen (mm) : 140 x 70 contactopp (m²): 0,0098 densiteit (kg/m³): 278,91 drooggewicht (kg): 0,0461					
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0031	0,0000	0,3163	0,0492	#GETAL!	-1,1510
2	30	0,0039	5,4772	0,3980	0,0500	3,4012	-0,9214
3	60	0,0043	7,7460	0,4388	0,0504	4,0943	-0,8238
4	90	0,0051	9,4868	0,5204	0,0512	4,4998	-0,6531
5	120	0,0052	10,9545	0,5306	0,0513	4,7875	-0,6337
6	150	0,0054	12,2474	0,5510	0,0515	5,0106	-0,5960
7	210	0,0059	14,4914	0,6020	0,0520	5,3471	-0,5074
8	330	0,0057	18,1659	0,5816	0,0518	5,7991	-0,5419
9	450	0,0066	21,2132	0,6735	0,0527	6,1092	-0,3953
10	690	0,0072	26,2679	0,7347	0,0533	6,5367	-0,3083
11	990	0,0074	31,4643	0,7551	0,0535	6,8977	-0,2809
12	1290	0,0076	35,9166	0,7755	0,0537	7,1624	-0,2542
13	1710	0,0082	41,3521	0,8367	0,0543	7,4442	-0,1782
14	2190	0,0086	46,7974	0,8776	0,0547	7,6917	-0,1306
15	2730	0,0093	52,2494	0,9490	0,0554	7,9121	-0,0524
16	3330	0,0094	57,7062	0,9592	0,0555	8,1107	-0,0417
17	3990	0,0096	63,1664	0,9796	0,0557	8,2915	-0,0206
18	4590	0,0100	67,7495	1,0204	0,0561	8,4316	0,0202
19	5310	0,0106	72,8697	1,0816	0,0567	8,5773	0,0785
20	6210	0,0107	78,8036	1,0918	0,0568	8,7339	0,0879
21	7230	0,0112	85,0294	1,1429	0,0573	8,8860	0,1335
22	8490	0,0114	92,1412	1,1633	0,0575	9,0466	0,1512
23	9990	0,0123	99,9500	1,2551	0,0584	9,2093	0,2272
24	12030	0,0131	109,6814	1,3367	0,0592	9,3952	0,2902
25	61590	0,0161	248,1733	1,6429	0,0622	11,0283	0,4964
26	66870	0,0161	258,5923	1,6429	0,0622	11,1105	0,4964
27	70830	0,0162	266,1391	1,6531	0,0623	11,1680	0,5026
28	75690	0,0162	275,1182	1,6531	0,0623	11,2344	0,5026
29	81270	0,0171	285,0789	1,7449	0,0632	11,3055	0,5567
30	88770	0,0175	297,9429	1,7857	0,0636	11,3938	0,5798
31	95550	0,0177	309,1116	1,8061	0,0638	11,4674	0,5912
32	150570	0,0196	388,0335	2,0000	0,0657	11,9222	0,6931
33	160590	0,0199	400,7368	2,0306	0,0660	11,9866	0,7083
34	170970	0,0197	413,4852	2,0102	0,0658	12,0492	0,6982
35	181170	0,0205	425,6407	2,0918	0,0666	12,1072	0,7380
36	236970	0,0212	486,7956	2,1633	0,0673	12,3757	0,7716
37	247770	0,0209	497,7650	2,1327	0,0670	12,4203	0,7574
38	264270	0,0211	514,0720	2,1531	0,0672	12,4847	0,7669
39	324870	0,0212	569,9737	2,1633	0,0673	12,6912	0,7716
40	336630	0,0212	580,1982	2,1633	0,0673	12,7267	0,7716

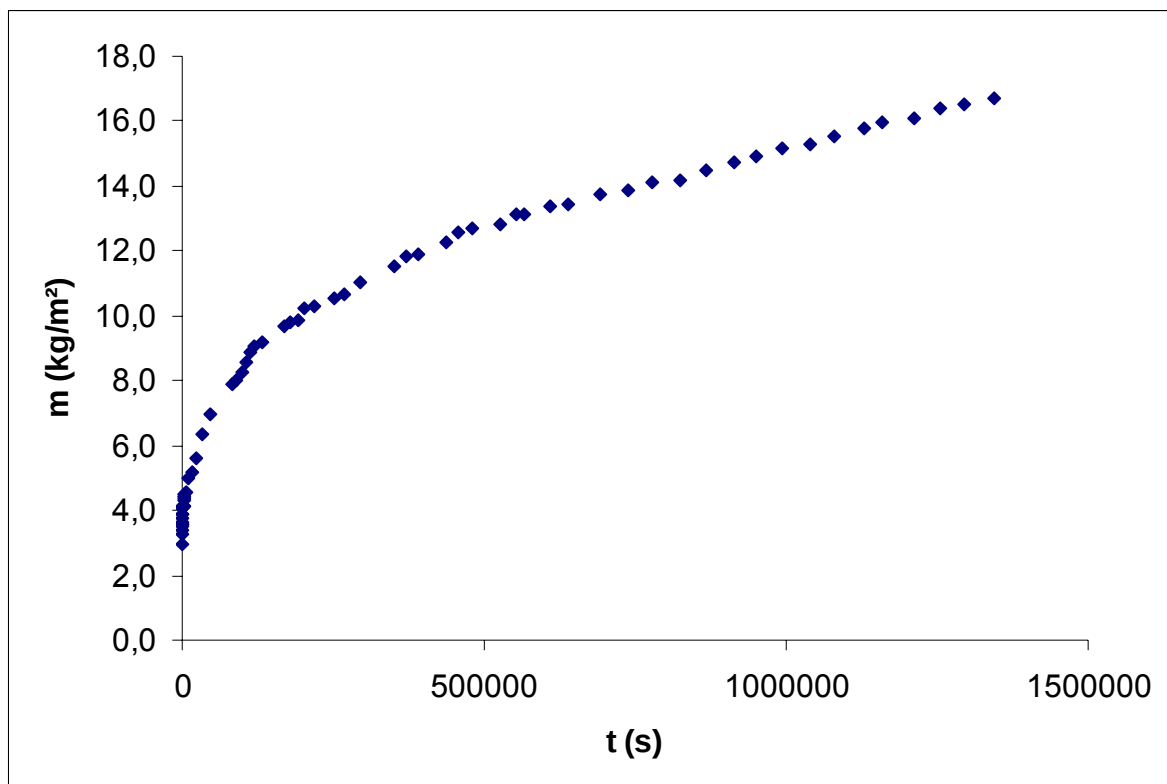
$A \text{ (kg/(m}^2\text{s}^{1/2}\text{))} =$	0,0085						
$w_c \text{ (kg/m}^3\text{)} =$	102,22						

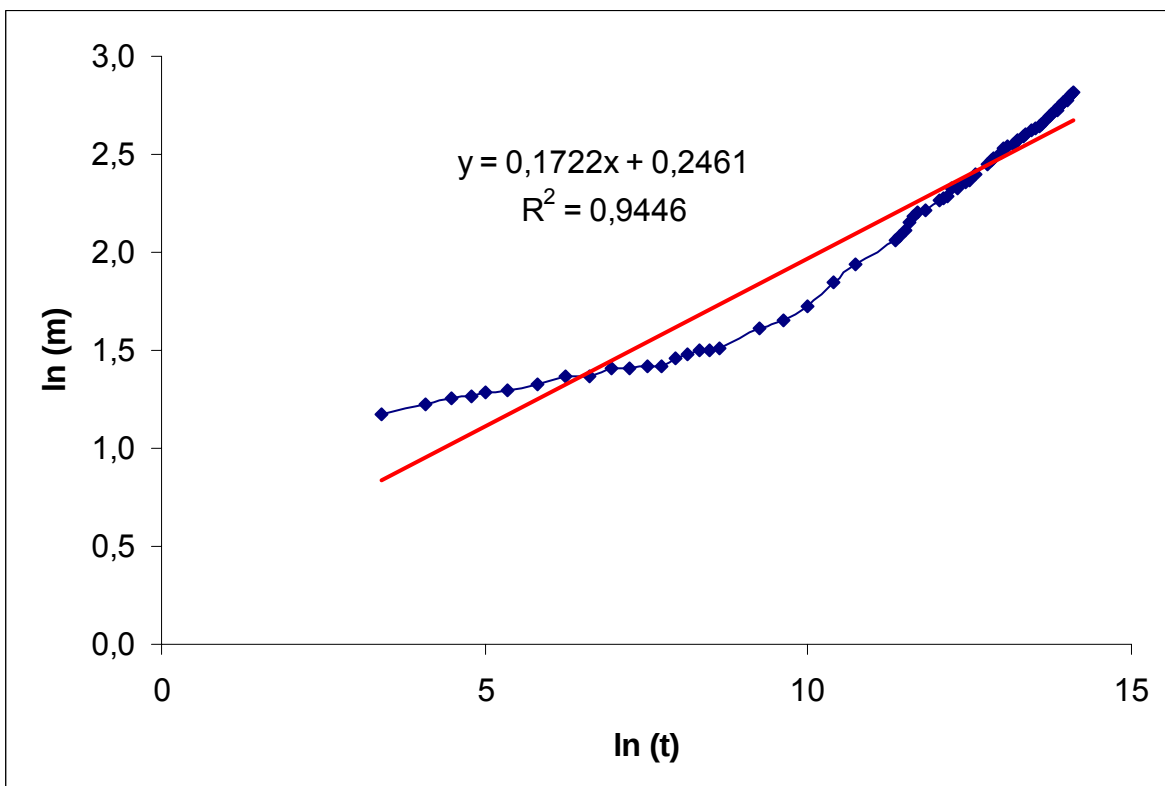
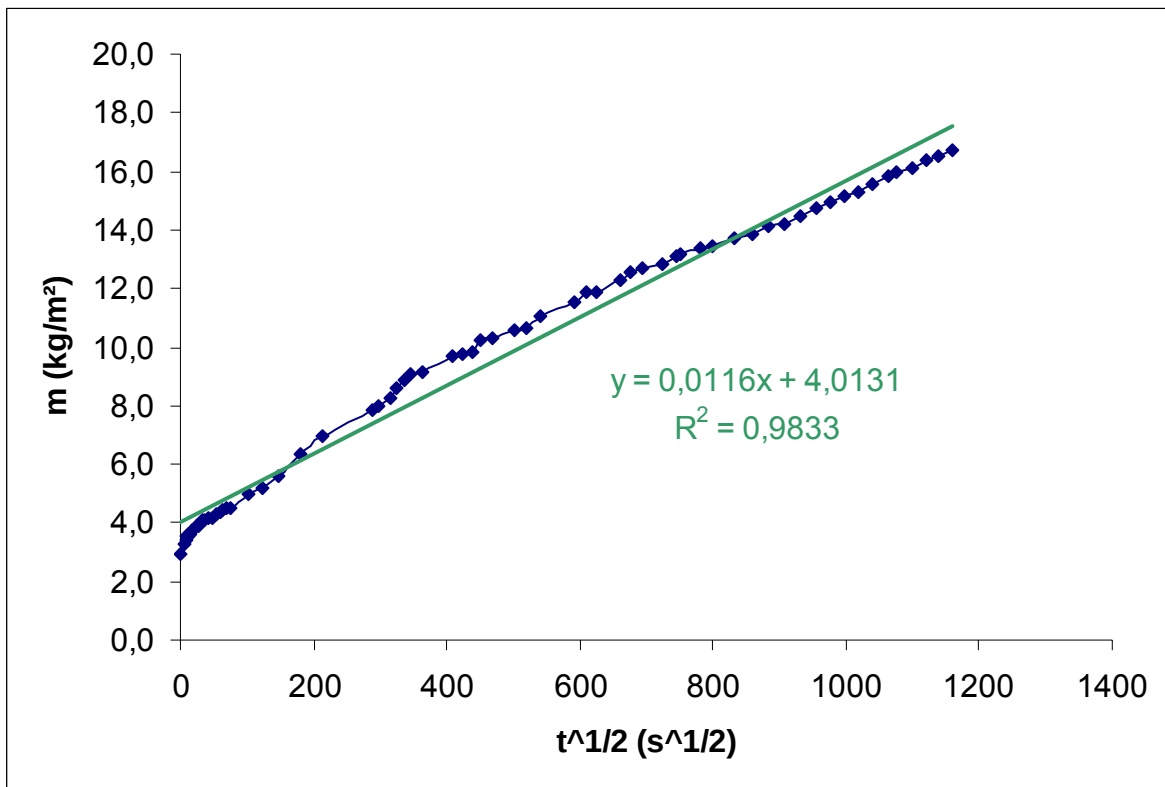




gegevens		Gutex Multiplex top verticaal 3 d (mm) : 18 afmetingen (mm) : 142 x 142 contactopp (m²): 0,002556 densiteit (kg/m³): 282,41 drooggewicht (kg): 0,095					
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0075	0,0000	2,9343	0,1025	#GETAL!	1,0765
2	30	0,0083	5,4772	3,2473	0,1033	3,4012	1,1778
3	60	0,0087	7,7460	3,4038	0,1037	4,0943	1,2249
4	90	0,0090	9,4868	3,5211	0,1040	4,4998	1,2588
5	120	0,0091	10,9545	3,5603	0,1041	4,7875	1,2698
6	150	0,0092	12,2474	3,5994	0,1042	5,0106	1,2808
7	210	0,0093	14,4914	3,6385	0,1043	5,3471	1,2916
8	330	0,0096	18,1659	3,7559	0,1046	5,7991	1,3233
9	510	0,0100	22,5832	3,9124	0,1050	6,2344	1,3641
10	750	0,0100	27,3861	3,9124	0,1050	6,6201	1,3641
11	1050	0,0104	32,4037	4,0689	0,1054	6,9565	1,4034
12	1410	0,0105	37,5500	4,1080	0,1055	7,2513	1,4129
13	1830	0,0106	42,7785	4,1471	0,1056	7,5121	1,4224
14	2310	0,0106	48,0625	4,1471	0,1056	7,7450	1,4224
15	2850	0,0110	53,3854	4,3036	0,1060	7,9551	1,4595
16	3450	0,0112	58,7367	4,3818	0,1062	8,1461	1,4775
17	4110	0,0114	64,1093	4,4601	0,1064	8,3212	1,4952
18	4830	0,0115	69,4982	4,4992	0,1065	8,4826	1,5039
19	5610	0,0116	74,8999	4,5383	0,1066	8,6323	1,5126
20	10470	0,0128	102,3230	5,0078	0,1078	9,2563	1,6110
21	15210	0,0133	123,3288	5,2034	0,1083	9,6297	1,6493
22	21990	0,0143	148,2903	5,5947	0,1093	9,9983	1,7218
23	32910	0,0162	181,4111	6,3380	0,1112	10,4015	1,8466
24	45330	0,0178	212,9084	6,9640	0,1128	10,7217	1,9408
25	83790	0,0201	289,4650	7,8638	0,1151	11,3361	2,0623
26	89250	0,0205	298,7474	8,0203	0,1155	11,3992	2,0820
27	98610	0,0211	314,0223	8,2551	0,1161	11,4989	2,1108
28	105270	0,0219	324,4534	8,5681	0,1169	11,5643	2,1480
29	113250	0,0227	336,5264	8,8811	0,1177	11,6374	2,1839
30	120390	0,0232	346,9726	9,0767	0,1182	11,6985	2,2057
31	133230	0,0234	365,0068	9,1549	0,1184	11,7998	2,2143
32	167490	0,0247	409,2554	9,6635	0,1197	12,0287	2,2684
33	178830	0,0250	422,8830	9,7809	0,1200	12,0942	2,2804
34	191670	0,0252	437,8013	9,8592	0,1202	12,1635	2,2884
35	203610	0,0261	451,2316	10,2113	0,1211	12,2240	2,3235
36	219270	0,0263	468,2627	10,2895	0,1213	12,2981	2,3311
37	251130	0,0270	501,1287	10,5634	0,1220	12,4337	2,3574
38	269610	0,0272	519,2398	10,6416	0,1222	12,5047	2,3648
39	293730	0,0282	541,9686	11,0329	0,1232	12,5904	2,4009
40	351030	0,0295	592,4778	11,5415	0,1245	12,7686	2,4459

41	371730	0,0303	609,6966	11,8545	0,1253	12,8259	2,4727
42	389310	0,0304	623,9471	11,8936	0,1254	12,8721	2,4760
43	437310	0,0314	661,2942	12,2848	0,1264	12,9884	2,5084
44	458010	0,0321	676,7644	12,5587	0,1271	13,0346	2,5304
45	480750	0,0324	693,3614	12,6761	0,1274	13,0831	2,5397
46	525450	0,0328	724,8793	12,8326	0,1278	13,1720	2,5520
47	553590	0,0335	744,0363	13,1064	0,1285	13,2242	2,5731
48	565590	0,0336	752,0572	13,1455	0,1286	13,2456	2,5761
49	608370	0,0342	779,9808	13,3803	0,1292	13,3185	2,5938
50	639630	0,0344	799,7687	13,4585	0,1294	13,3686	2,5996
51	692490	0,0351	832,1598	13,7324	0,1301	13,4480	2,6198
52	738030	0,0355	859,0867	13,8889	0,1305	13,5117	2,6311
53	779610	0,0361	882,9553	14,1236	0,1311	13,5665	2,6478
54	824490	0,0363	908,0143	14,2019	0,1313	13,6225	2,6534
55	867210	0,0370	931,2411	14,4757	0,1320	13,6730	2,6725
56	913710	0,0377	955,8818	14,7496	0,1327	13,7253	2,6912
57	951690	0,0382	975,5460	14,9452	0,1332	13,7660	2,7044
58	994710	0,0388	997,3515	15,1800	0,1338	13,8102	2,7200
59	1039650	0,0390	1019,6323	15,2582	0,1340	13,8544	2,7251
60	1080930	0,0397	1039,6778	15,5321	0,1347	13,8933	2,7429
61	1130490	0,0404	1063,2450	15,8059	0,1354	13,9382	2,7604
62	1159110	0,0408	1076,6197	15,9624	0,1358	13,9632	2,7702
63	1211730	0,0412	1100,7861	16,1189	0,1362	14,0076	2,7800
64	1253970	0,0419	1119,8080	16,3928	0,1369	14,0418	2,7968
65	1295550	0,0422	1138,2223	16,5102	0,1372	14,0744	2,8040
66	1343070	0,0427	1158,9090	16,7058	0,1377	14,1105	2,8158
A (kg/(m ² *s ^{1/2})) =		0,0116					



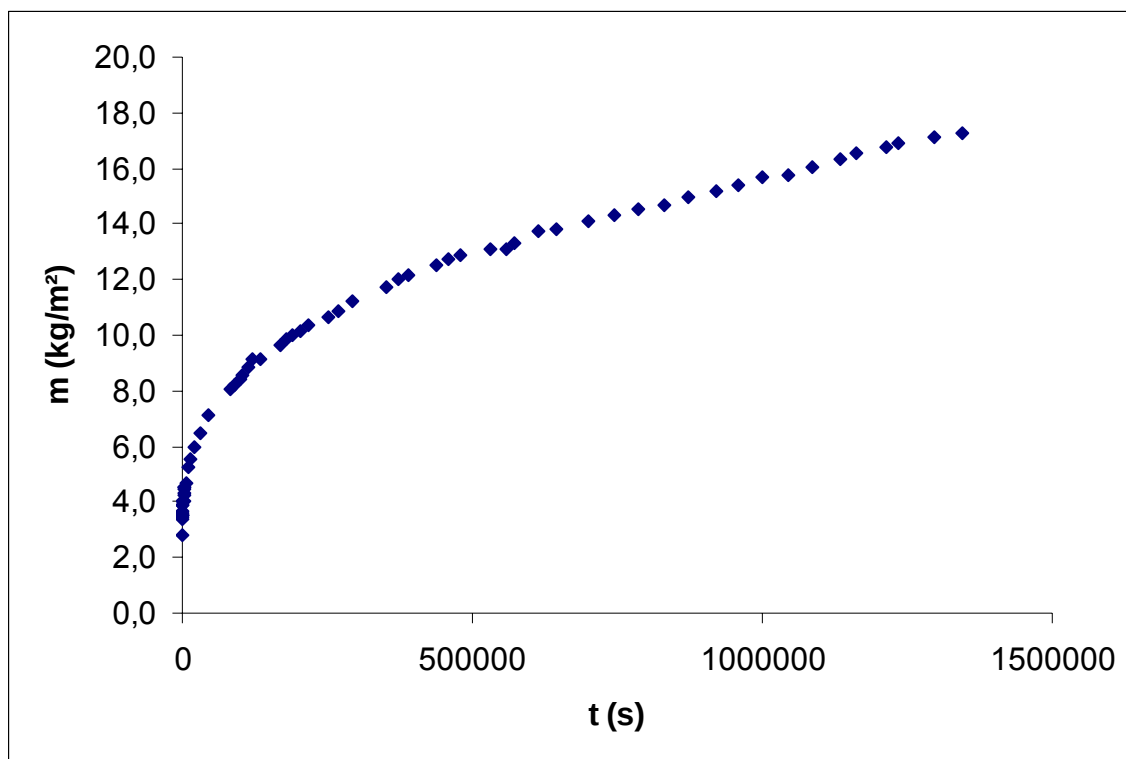


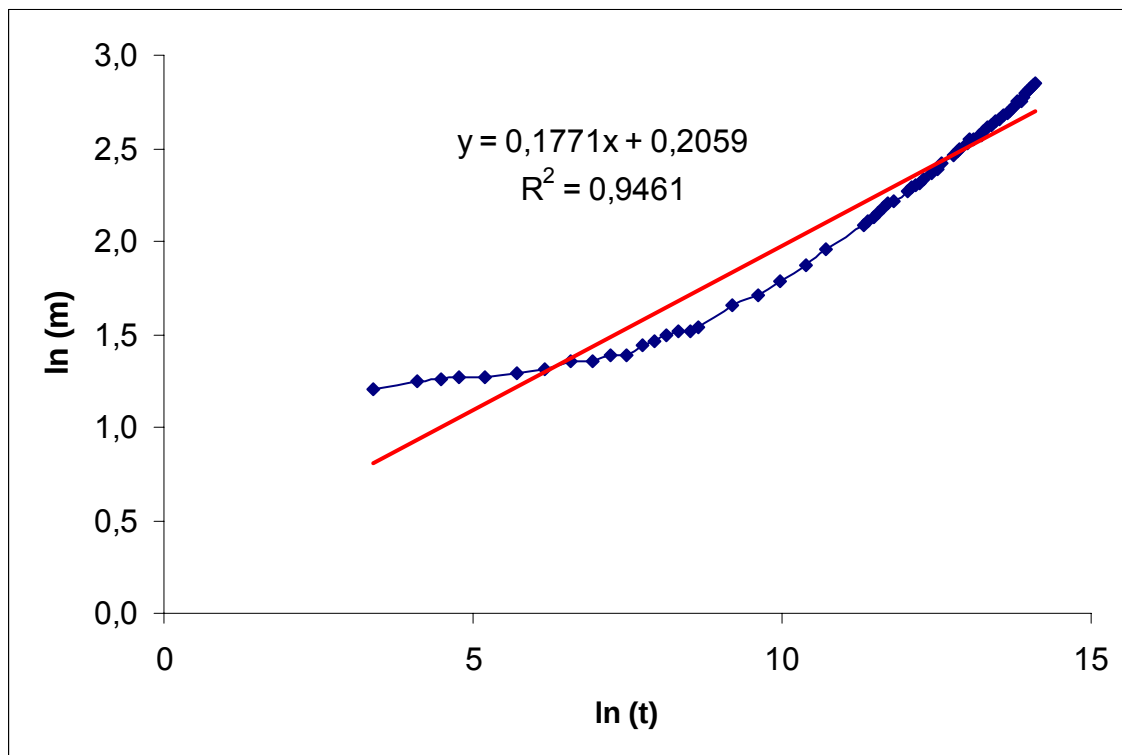
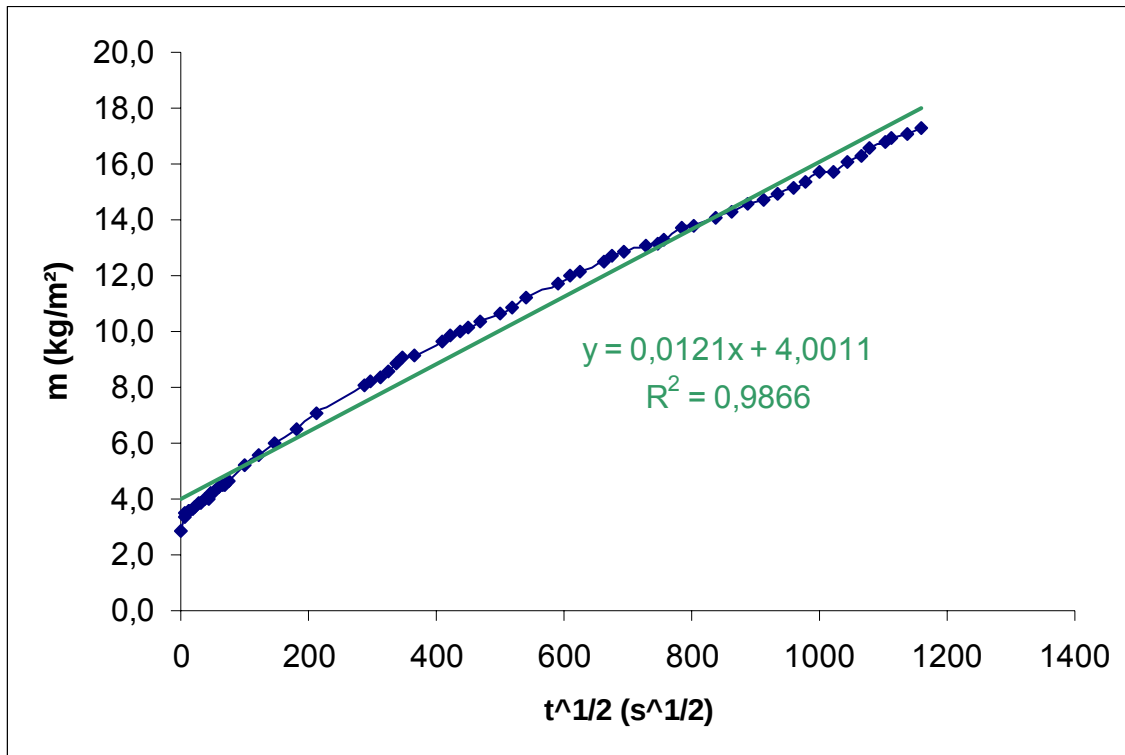


gegevens		Gutex Multiplex top verticaal 4 d (mm) : 18 afmetingen (mm) : 141 x 142 contactopp (m²): 0,002538 densiteit (kg/m³): 277,47 drooggewicht (kg): 0,0928						
metingen:								
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m	
1	0	0,0072	0,0000	2,8369	0,1000	#GETAL!	1,0427	
2	30	0,0085	5,4772	3,3491	0,1013	3,4012	1,2087	
3	60	0,0088	7,7460	3,4673	0,1016	4,0943	1,2434	
4	90	0,0089	9,4868	3,5067	0,1017	4,4998	1,2547	
5	120	0,0090	10,9545	3,5461	0,1018	4,7875	1,2658	
6	180	0,0090	13,4164	3,5461	0,1018	5,1930	1,2658	
7	300	0,0092	17,3205	3,6249	0,1020	5,7038	1,2878	
8	480	0,0094	21,9089	3,7037	0,1022	6,1738	1,3093	
9	720	0,0098	26,8328	3,8613	0,1026	6,5793	1,3510	
10	1020	0,0098	31,9374	3,8613	0,1026	6,9276	1,3510	
11	1380	0,0102	37,1484	4,0189	0,1030	7,2298	1,3910	
12	1800	0,0102	42,4264	4,0189	0,1030	7,4955	1,3910	
13	2280	0,0107	47,7493	4,2159	0,1035	7,7319	1,4389	
14	2820	0,0109	53,1037	4,2947	0,1037	7,9445	1,4574	
15	3420	0,0113	58,4808	4,4523	0,1041	8,1374	1,4934	
16	4140	0,0115	64,3428	4,5311	0,1043	8,3285	1,5110	
17	4920	0,0115	70,1427	4,5311	0,1043	8,5011	1,5110	
18	5760	0,0118	75,8947	4,6493	0,1046	8,6587	1,5367	
19	9960	0,0133	99,7998	5,2403	0,1061	9,2063	1,6564	
20	15060	0,0141	122,7192	5,5556	0,1069	9,6198	1,7148	
21	21480	0,0152	146,5606	5,9890	0,1080	9,9749	1,7899	
22	32580	0,0165	180,4993	6,5012	0,1093	10,3915	1,8720	
23	44940	0,0180	211,9906	7,0922	0,1108	10,7131	1,9590	
24	83400	0,0204	288,7906	8,0378	0,1132	11,3314	2,0842	
25	88920	0,0209	298,1946	8,2348	0,1137	11,3955	2,1084	
26	98280	0,0213	313,4964	8,3924	0,1141	11,4956	2,1273	
27	104940	0,0217	323,9444	8,5500	0,1145	11,5611	2,1459	
28	112920	0,0225	336,0357	8,8652	0,1153	11,6344	2,1821	
29	120000	0,0231	346,4102	9,1017	0,1159	11,6952	2,2085	
30	132900	0,0232	364,5545	9,1411	0,1160	11,7974	2,2128	
31	167280	0,0245	408,9988	9,6533	0,1173	12,0274	2,2673	
32	178320	0,0251	422,2795	9,8897	0,1179	12,0913	2,2915	
33	191220	0,0253	437,2871	9,9685	0,1181	12,1612	2,2994	
34	203100	0,0257	450,6662	10,1261	0,1185	12,2215	2,3151	
35	218820	0,0263	467,7820	10,3625	0,1191	12,2960	2,3382	
36	250620	0,0271	500,6196	10,6777	0,1199	12,4317	2,3682	
37	269100	0,0276	518,7485	10,8747	0,1204	12,5028	2,3864	
38	293280	0,0284	541,5533	11,1899	0,1212	12,5889	2,4150	
39	350580	0,0298	592,0980	11,7415	0,1226	12,7673	2,4631	
40	371220	0,0305	609,2783	12,0173	0,1233	12,8246	2,4864	

41	388800	0,0308	623,5383	12,1355	0,1236	12,8708	2,4961
42	436860	0,0317	660,9539	12,4901	0,1245	12,9874	2,5249
43	457560	0,0323	676,4318	12,7266	0,1251	13,0337	2,5437
44	480300	0,0326	693,0368	12,8448	0,1254	13,0822	2,5529
45	531960	0,0332	729,3559	13,0812	0,1260	13,1843	2,5712
46	560100	0,0333	748,3983	13,1206	0,1261	13,2359	2,5742
47	572100	0,0337	756,3729	13,2782	0,1265	13,2571	2,5861
48	614880	0,0348	784,1428	13,7116	0,1276	13,3292	2,6182
49	646140	0,0350	803,8283	13,7904	0,1278	13,3788	2,6240
50	699060	0,0358	836,0981	14,1056	0,1286	13,4575	2,6466
51	744600	0,0363	862,9021	14,3026	0,1291	13,5206	2,6604
52	786120	0,0369	886,6341	14,5390	0,1297	13,5749	2,6768
53	831000	0,0373	911,5920	14,6966	0,1301	13,6304	2,6876
54	873780	0,0379	934,7620	14,9330	0,1307	13,6806	2,7036
55	919680	0,0385	958,9995	15,1694	0,1313	13,7318	2,7193
56	957600	0,0390	978,5704	15,3664	0,1318	13,7722	2,7322
57	1000620	0,0398	1000,3100	15,6816	0,1326	13,8161	2,7525
58	1045620	0,0399	1022,5556	15,7210	0,1327	13,8601	2,7550
59	1086900	0,0408	1042,5450	16,0757	0,1336	13,8988	2,7773
60	1132800	0,0414	1064,3308	16,3121	0,1342	13,9402	2,7919
61	1161480	0,0420	1077,7198	16,5485	0,1348	13,9652	2,8063
62	1214040	0,0426	1101,8348	16,7849	0,1354	14,0095	2,8205
63	1234660	0,0429	1111,1526	16,9031	0,1357	14,0263	2,8275
64	1296240	0,0434	1138,5254	17,1001	0,1362	14,0750	2,8391
65	1343760	0,0438	1159,2066	17,2577	0,1366	14,1110	2,8483

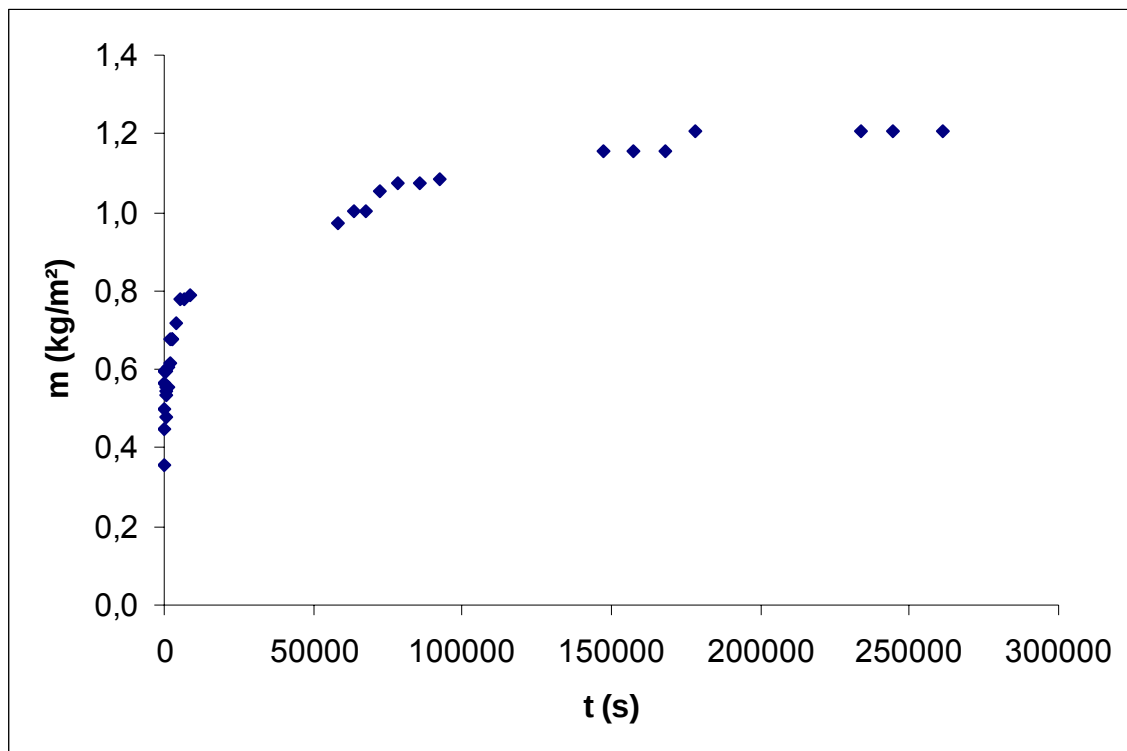
$$A \text{ (kg/(m}^2\text{s}^{1/2}\text{))} = 0,0121$$

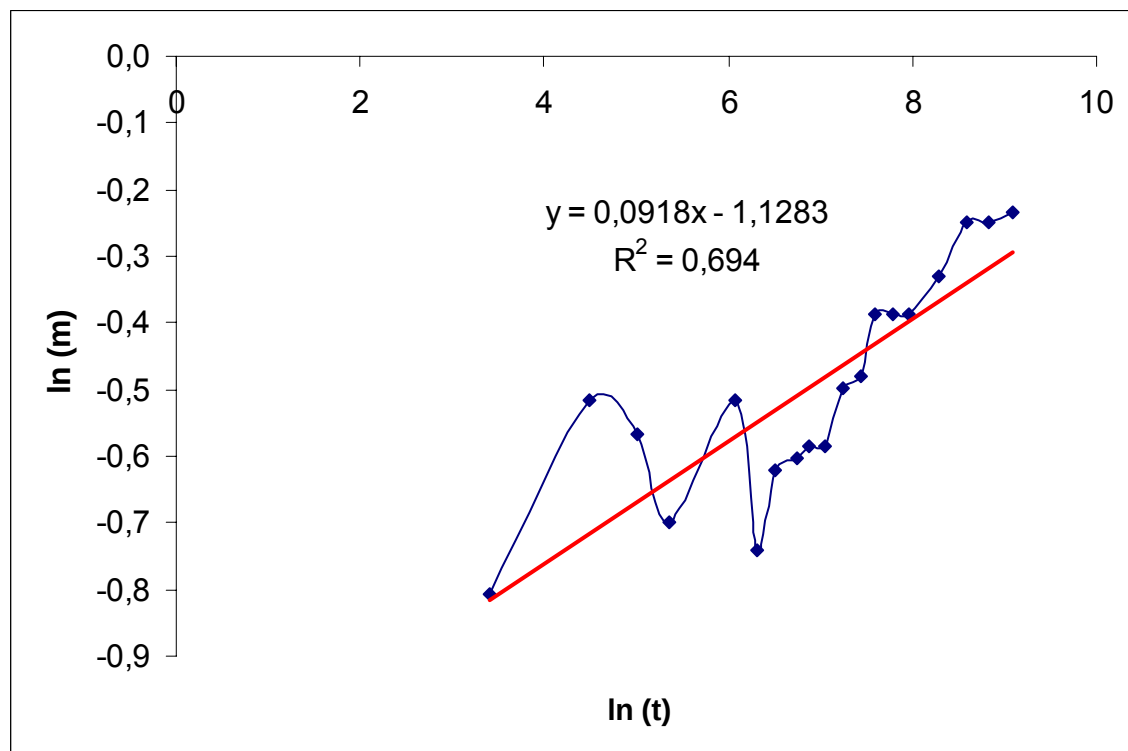
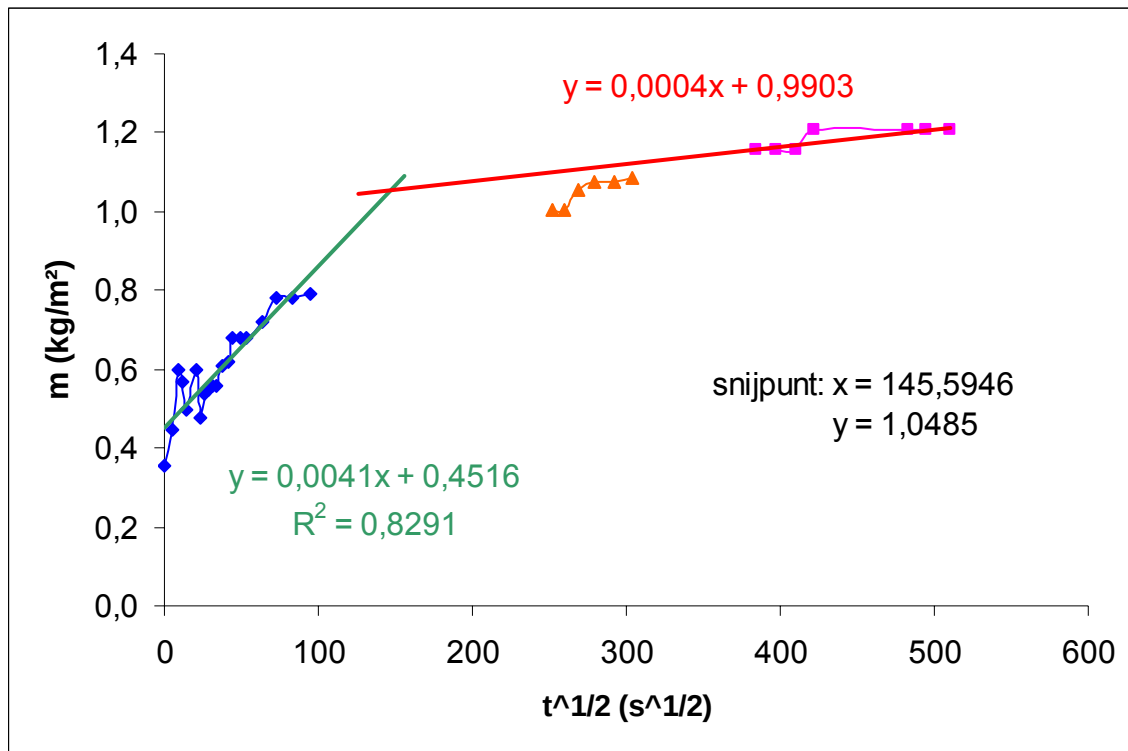




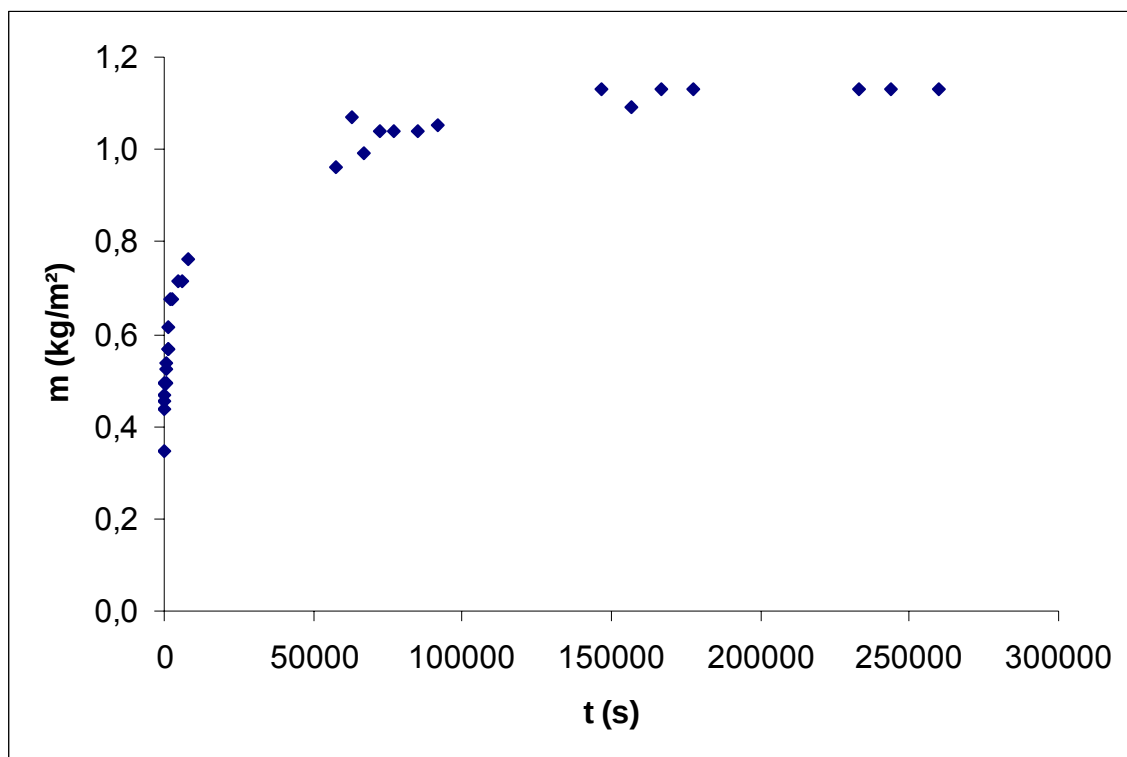


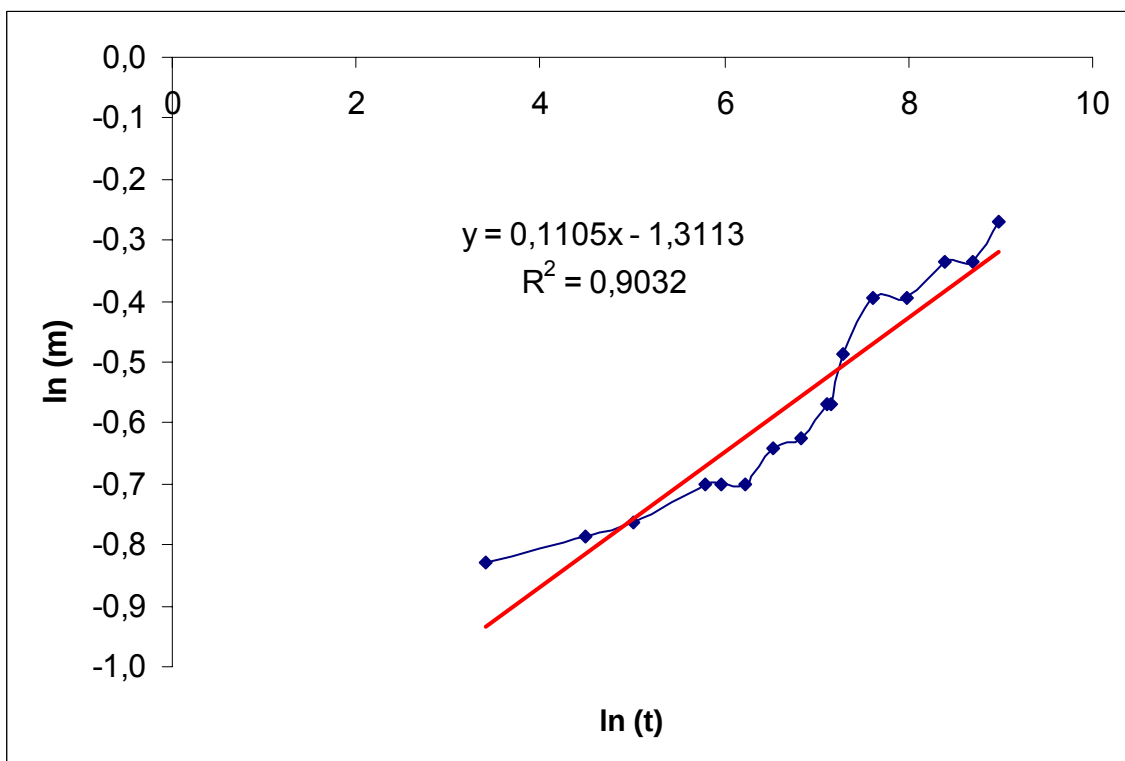
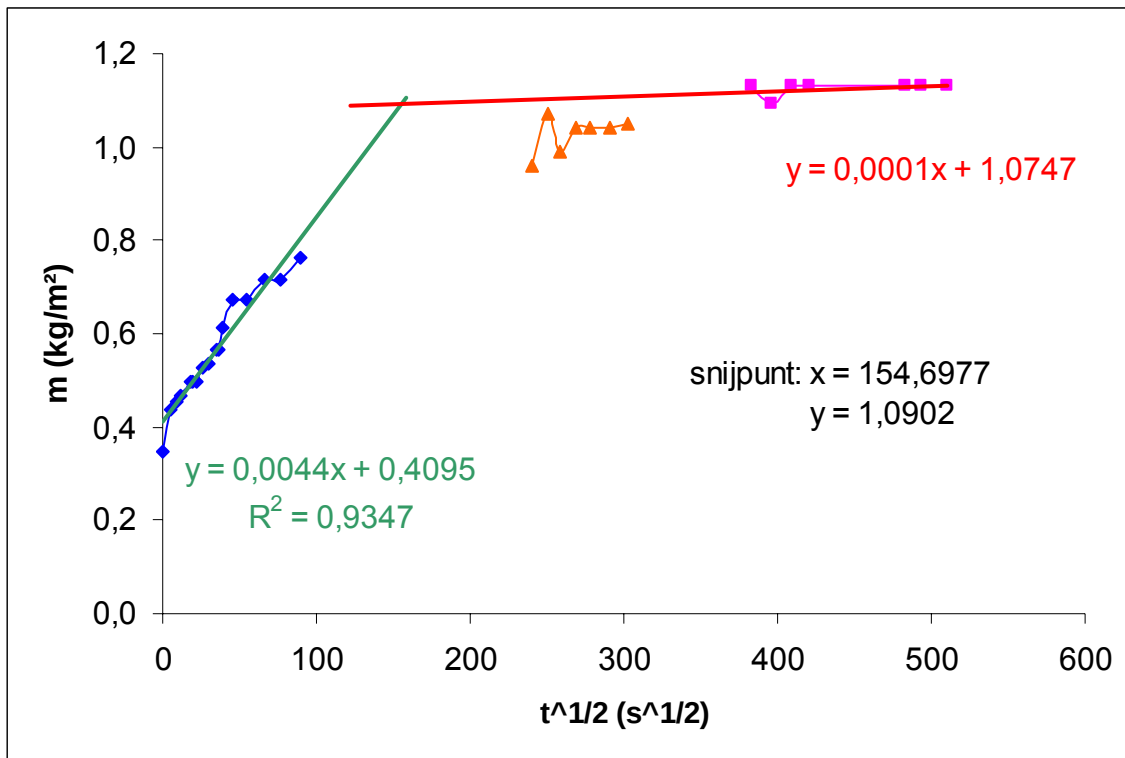
gegevens		Isoproc Celit A						
		horizontaal 1						
		d (mm) :	22					
		afmetingen (mm) :	141 x 70					
		contactopp (m²):	0,00987					
		densiteit (kg/m³):	270,33					
		drooggewicht (kg):	0,0552					
metingen:								
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m	
1	0	0,0035	0,0000	0,3546	0,0587	#GETAL!	-1,0367	
2	30	0,0044	5,4772	0,4458	0,0596	3,4012	-0,8079	
3	90	0,0059	9,4868	0,5978	0,0611	4,4998	-0,5145	
4	150	0,0056	12,2474	0,5674	0,0608	5,0106	-0,5667	
5	210	0,0049	14,4914	0,4965	0,0601	5,3471	-0,7003	
6	430	0,0059	20,7364	0,5978	0,0611	6,0638	-0,5145	
7	550	0,0047	23,4521	0,4762	0,0599	6,3099	-0,7419	
8	670	0,0053	25,8844	0,5370	0,0605	6,5073	-0,6218	
9	850	0,0054	29,1548	0,5471	0,0606	6,7452	-0,6031	
10	970	0,0055	31,1448	0,5572	0,0607	6,8773	-0,5848	
11	1150	0,0055	33,9116	0,5572	0,0607	7,0475	-0,5848	
12	1390	0,0060	37,2827	0,6079	0,0612	7,2371	-0,4977	
13	1690	0,0061	41,1096	0,6180	0,0613	7,4325	-0,4812	
14	1990	0,0067	44,6094	0,6788	0,0619	7,5959	-0,3874	
15	2410	0,0067	49,0918	0,6788	0,0619	7,7874	-0,3874	
16	2890	0,0067	53,7587	0,6788	0,0619	7,9690	-0,3874	
17	3970	0,0071	63,0079	0,7194	0,0623	8,2865	-0,3294	
18	5350	0,0077	73,1437	0,7801	0,0629	8,5849	-0,2483	
19	6850	0,0077	82,7647	0,7801	0,0629	8,8320	-0,2483	
20	8890	0,0078	94,2868	0,7903	0,0630	9,0927	-0,2354	
21	58450	0,0096	241,7643	0,9726	0,0648	10,9759	-0,0277	
22	63670	0,0099	252,3292	1,0030	0,0651	11,0615	0,0030	
23	67750	0,0099	260,2883	1,0030	0,0651	11,1236	0,0030	
24	72550	0,0104	269,3511	1,0537	0,0656	11,1920	0,0523	
25	78130	0,0106	279,5174	1,0740	0,0658	11,2661	0,0714	
26	85630	0,0106	292,6260	1,0740	0,0658	11,3578	0,0714	
27	92290	0,0107	303,7927	1,0841	0,0659	11,4327	0,0807	
28	147490	0,0114	384,0443	1,1550	0,0666	11,9015	0,1441	
29	157510	0,0114	396,8753	1,1550	0,0666	11,9672	0,1441	
30	167890	0,0114	409,7438	1,1550	0,0666	12,0311	0,1441	
31	178090	0,0119	422,0071	1,2057	0,0671	12,0900	0,1870	
32	233890	0,0119	483,6218	1,2057	0,0671	12,3626	0,1870	
33	244690	0,0119	494,6615	1,2057	0,0671	12,4077	0,1870	
34	261010	0,0119	510,8914	1,2057	0,0671	12,4723	0,1870	
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0041						
w _c (kg/m³) =		47,66						





gegevens	Isoproc Celit A horizontaal 2 d (mm) : 22 afmetingen (mm) : 142 x 71 contactopp (m²): 0,010082 densiteit (kg/m³): 266,00 drooggewicht (kg): 0,0555						
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
droog (m'₁)	0	0,0035	0,0000	0,3472	0,0590	#GETAL!	-1,0580
	2 30	0,0044	5,4772	0,4364	0,0599	3,4012	-0,8291
	3 90	0,0046	9,4868	0,4563	0,0601	4,4998	-0,7847
	4 150	0,0047	12,2474	0,4662	0,0602	5,0106	-0,7632
	5 330	0,0050	18,1659	0,4959	0,0605	5,7991	-0,7013
	6 390	0,0050	19,7484	0,4959	0,0605	5,9661	-0,7013
	7 510	0,0050	22,5832	0,4959	0,0605	6,2344	-0,7013
	8 690	0,0053	26,2679	0,5257	0,0608	6,5367	-0,6430
	9 930	0,0054	30,4959	0,5356	0,0609	6,8352	-0,6244
	10 1230	0,0057	35,0714	0,5654	0,0612	7,1148	-0,5703
	11 1290	0,0057	35,9166	0,5654	0,0612	7,1624	-0,5703
	12 1470	0,0062	38,3406	0,6150	0,0617	7,2930	-0,4862
	13 2010	0,0068	44,8330	0,6745	0,0623	7,6059	-0,3938
	14 2910	0,0068	53,9444	0,6745	0,0623	7,9759	-0,3938
	15 4410	0,0072	66,4078	0,7141	0,0627	8,3916	-0,3367
	16 5970	0,0072	77,2658	0,7141	0,0627	8,6945	-0,3367
	17 8010	0,0077	89,4986	0,7637	0,0632	8,9884	-0,2695
	18 57570	0,0097	239,9375	0,9621	0,0652	10,9608	-0,0386
	19 62670	0,0108	250,3398	1,0712	0,0663	11,0456	0,0688
	20 66870	0,0100	258,5923	0,9919	0,0655	11,1105	-0,0082
	21 72270	0,0105	268,8308	1,0415	0,0660	11,1882	0,0406
	22 77190	0,0105	277,8309	1,0415	0,0660	11,2540	0,0406
	23 84750	0,0105	291,1185	1,0415	0,0660	11,3475	0,0406
	24 91410	0,0106	302,3409	1,0514	0,0661	11,4231	0,0501
	25 146610	0,0114	382,8969	1,1307	0,0669	11,8955	0,1229
	26 156570	0,0110	395,6893	1,0911	0,0665	11,9613	0,0871
	27 167010	0,0114	408,6686	1,1307	0,0669	12,0258	0,1229
	28 177150	0,0114	420,8919	1,1307	0,0669	12,0848	0,1229
	29 233010	0,0114	482,7111	1,1307	0,0669	12,3588	0,1229
	30 243810	0,0114	493,7712	1,1307	0,0669	12,4041	0,1229
	31 260130	0,0114	510,0294	1,1307	0,0669	12,4689	0,1229
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0044					
w _c (kg/m³) =		49,55					

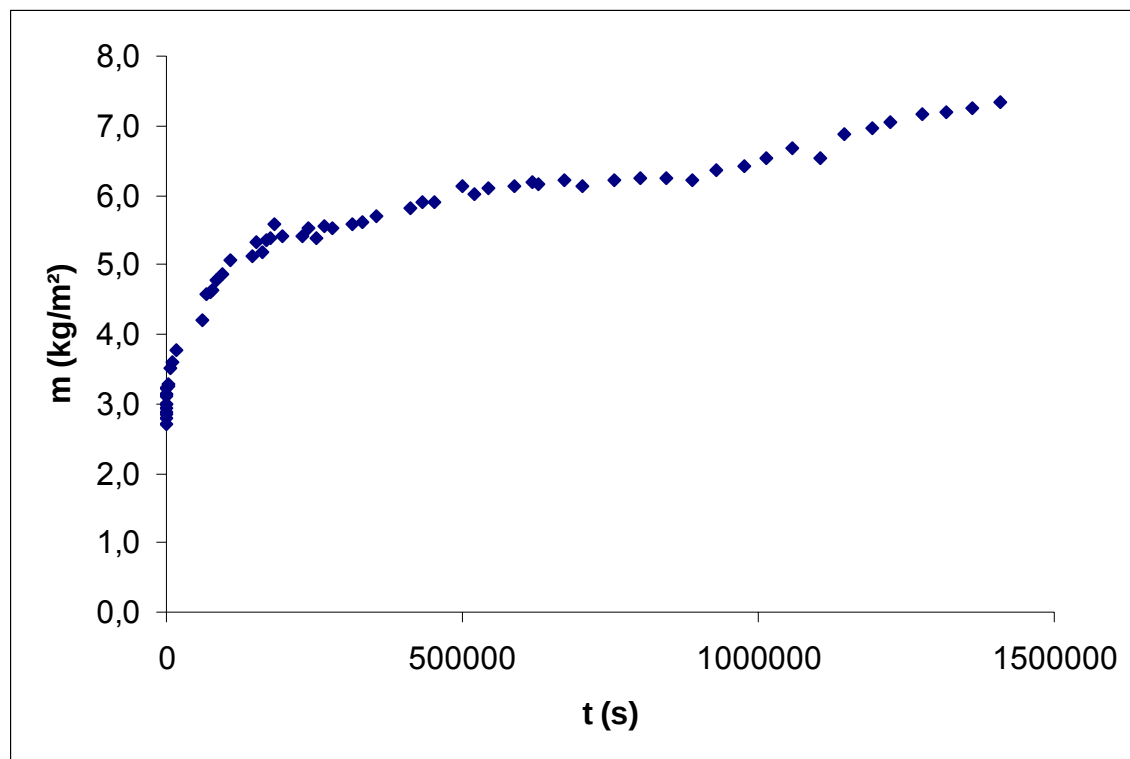


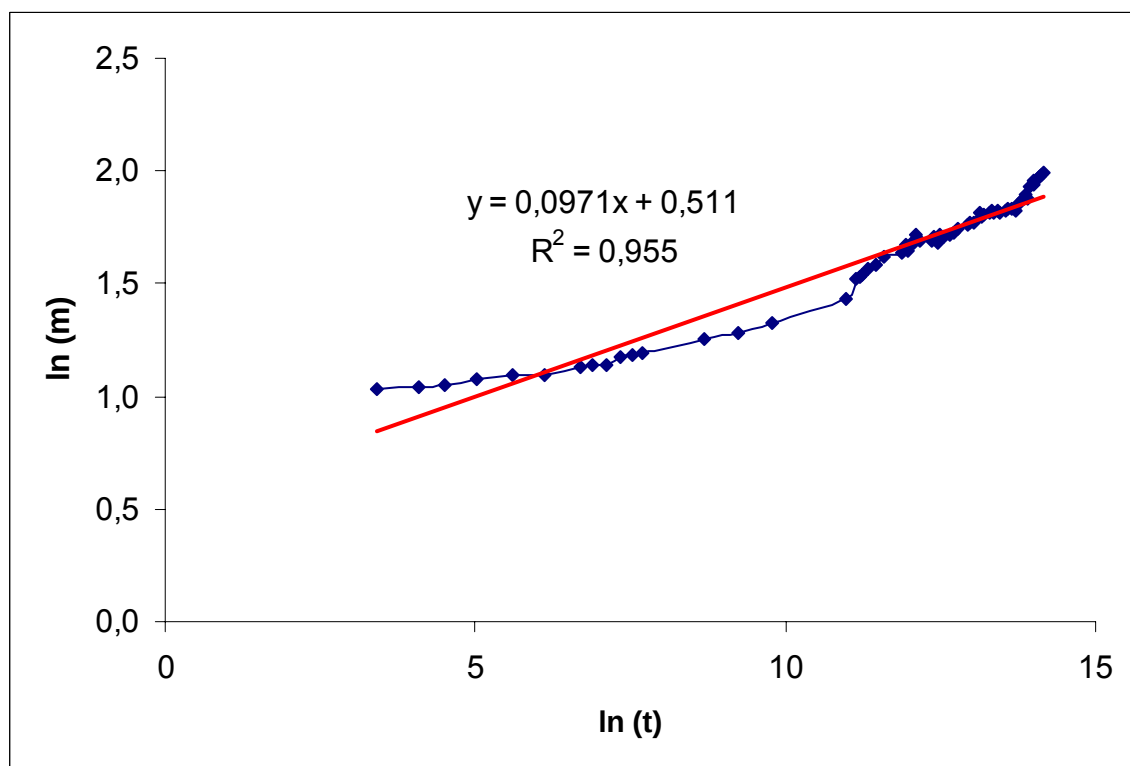
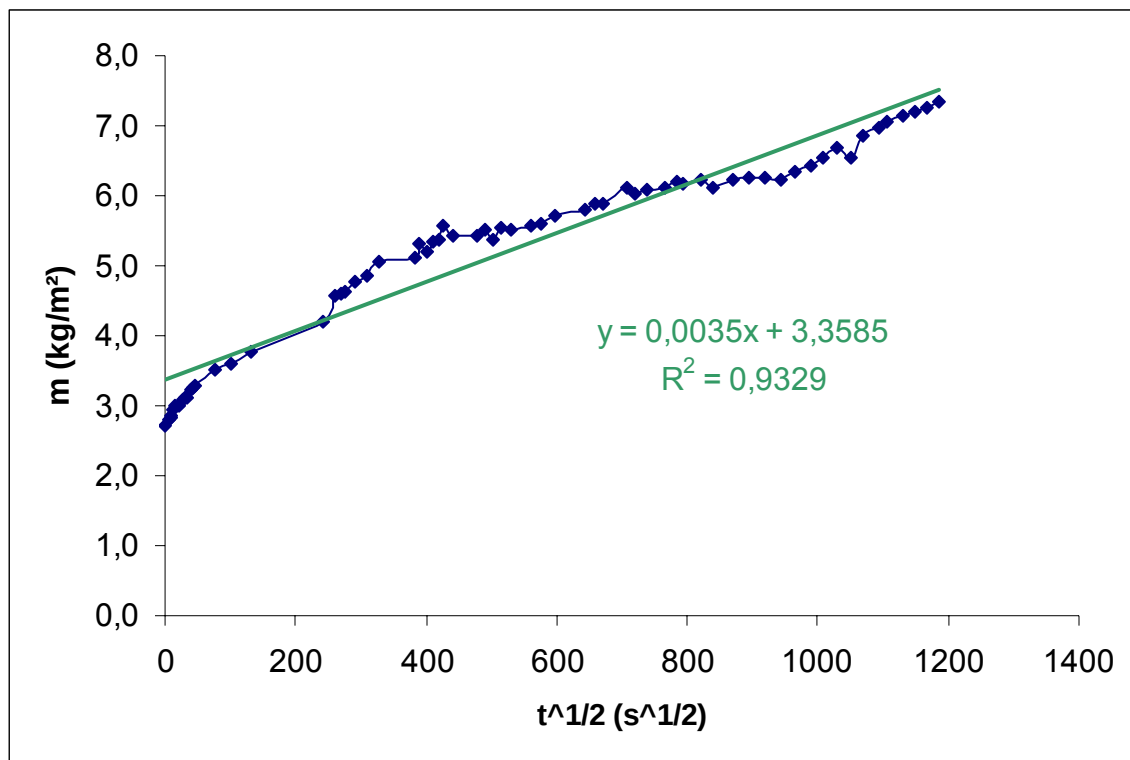


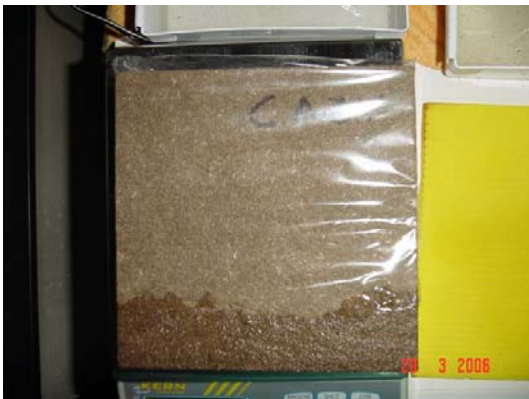
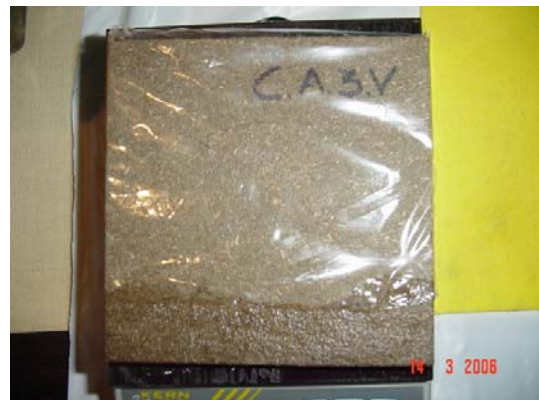
gegevens		Isoproc Celit A						
		verticaal 3						
		d (mm) :	22					
		afmetingen (mm) :	141 x 141					
		contactopp (m²):	0,003102					
		densiteit (kg/m³):	271,84					
		drooggewicht (kg):	0,1105					
metingen:								
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m	
1	0	0,0084	0,0000	2,7079	0,1189	#GETAL!	0,9962	
2	30	0,0087	5,4772	2,8046	0,1192	3,4012	1,0313	
3	60	0,0088	7,7460	2,8369	0,1193	4,0943	1,0427	
4	90	0,0089	9,4868	2,8691	0,1194	4,4998	1,0540	
5	150	0,0091	12,2474	2,9336	0,1196	5,0106	1,0762	
6	270	0,0093	16,4317	2,9981	0,1198	5,5984	1,0980	
7	450	0,0093	21,2132	2,9981	0,1198	6,1092	1,0980	
8	810	0,0096	28,4605	3,0948	0,1201	6,6970	1,1297	
9	990	0,0097	31,4643	3,1270	0,1202	6,8977	1,1401	
10	1230	0,0097	35,0714	3,1270	0,1202	7,1148	1,1401	
11	1530	0,0100	39,1152	3,2237	0,1205	7,3330	1,1705	
12	1890	0,0101	43,4741	3,2560	0,1206	7,5443	1,1805	
13	2190	0,0102	46,7974	3,2882	0,1207	7,6917	1,1903	
14	6030	0,0109	77,6531	3,5139	0,1214	8,7045	1,2567	
15	10170	0,0112	100,8464	3,6106	0,1217	9,2272	1,2839	
16	17490	0,0117	132,2498	3,7718	0,1222	9,7694	1,3275	
17	59250	0,0130	243,4132	4,1908	0,1235	10,9895	1,4329	
18	67890	0,0142	260,5571	4,5777	0,1247	11,1256	1,5212	
19	72810	0,0143	269,8333	4,6099	0,1248	11,1956	1,5282	
20	76770	0,0144	277,0740	4,6422	0,1249	11,2486	1,5352	
21	84450	0,0148	290,6028	4,7711	0,1253	11,3439	1,5626	
22	95010	0,0151	308,2369	4,8678	0,1256	11,4617	1,5826	
23	107430	0,0157	327,7652	5,0613	0,1262	11,5846	1,6216	
24	145890	0,0159	381,9555	5,1257	0,1264	11,8906	1,6343	
25	151530	0,0165	389,2685	5,3191	0,1270	11,9285	1,6713	
26	160830	0,0161	401,0362	5,1902	0,1266	11,9881	1,6468	
27	167490	0,0166	409,2554	5,3514	0,1271	12,0287	1,6774	
28	175470	0,0167	418,8914	5,3836	0,1272	12,0752	1,6834	
29	182610	0,0173	427,3289	5,5770	0,1278	12,1151	1,7187	
30	195450	0,0168	442,0973	5,4159	0,1273	12,1831	1,6893	
31	229770	0,0168	479,3433	5,4159	0,1273	12,3448	1,6893	
32	241050	0,0171	490,9684	5,5126	0,1276	12,3928	1,7070	
33	253890	0,0167	503,8750	5,3836	0,1272	12,4447	1,6834	
34	265830	0,0172	515,5870	5,5448	0,1277	12,4906	1,7129	
35	281490	0,0171	530,5563	5,5126	0,1276	12,5479	1,7070	
36	313350	0,0173	559,7767	5,5770	0,1278	12,6551	1,7187	
37	331830	0,0174	576,0469	5,6093	0,1279	12,7124	1,7244	
38	355950	0,0177	596,6155	5,7060	0,1282	12,7825	1,7415	
39	413250	0,0180	642,8452	5,8027	0,1285	12,9318	1,7583	
40	433950	0,0183	658,7488	5,8994	0,1288	12,9807	1,7749	

41	451530	0,0183	671,9598	5,8994	0,1288	13,0204	1,7749
42	499530	0,0190	706,7744	6,1251	0,1295	13,1214	1,8124
43	520230	0,0187	721,2697	6,0284	0,1292	13,1620	1,7965
44	542970	0,0189	736,8650	6,0928	0,1294	13,2048	1,8071
45	587610	0,0190	766,5572	6,1251	0,1295	13,2838	1,8124
46	616950	0,0192	785,4616	6,1896	0,1297	13,3325	1,8229
47	629010	0,0191	793,1015	6,1573	0,1296	13,3519	1,8176
48	671730	0,0193	819,5914	6,2218	0,1298	13,4176	1,8281
49	702990	0,0190	838,4450	6,1251	0,1295	13,4631	1,8124
50	755910	0,0193	869,4308	6,2218	0,1298	13,5357	1,8281
51	801450	0,0194	895,2374	6,2540	0,1299	13,5942	1,8332
52	843030	0,0194	918,1667	6,2540	0,1299	13,6448	1,8332
53	887850	0,0193	942,2579	6,2218	0,1298	13,6966	1,8281
54	930630	0,0197	964,6917	6,3507	0,1302	13,7436	1,8486
55	977130	0,0199	988,4989	6,4152	0,1304	13,7924	1,8587
56	1015110	0,0203	1007,5267	6,5442	0,1308	13,8305	1,8786
57	1058130	0,0207	1028,6545	6,6731	0,1312	13,8720	1,8981
58	1103070	0,0203	1050,2714	6,5442	0,1308	13,9136	1,8786
59	1144350	0,0213	1069,7430	6,8665	0,1318	13,9503	1,9267
60	1193910	0,0216	1092,6619	6,9632	0,1321	13,9927	1,9406
61	1223130	0,0219	1105,9521	7,0600	0,1324	14,0169	1,9544
62	1275690	0,0222	1129,4645	7,1567	0,1327	14,0590	1,9680
63	1317990	0,0223	1148,0375	7,1889	0,1328	14,0916	1,9725
64	1360110	0,0225	1166,2375	7,2534	0,1330	14,1231	1,9815
65	1407690	0,0228	1186,4611	7,3501	0,1333	14,1575	1,9947

$A \text{ (kg/(m}^2\text{s}^{1/2}\text{))} = 0,0035$

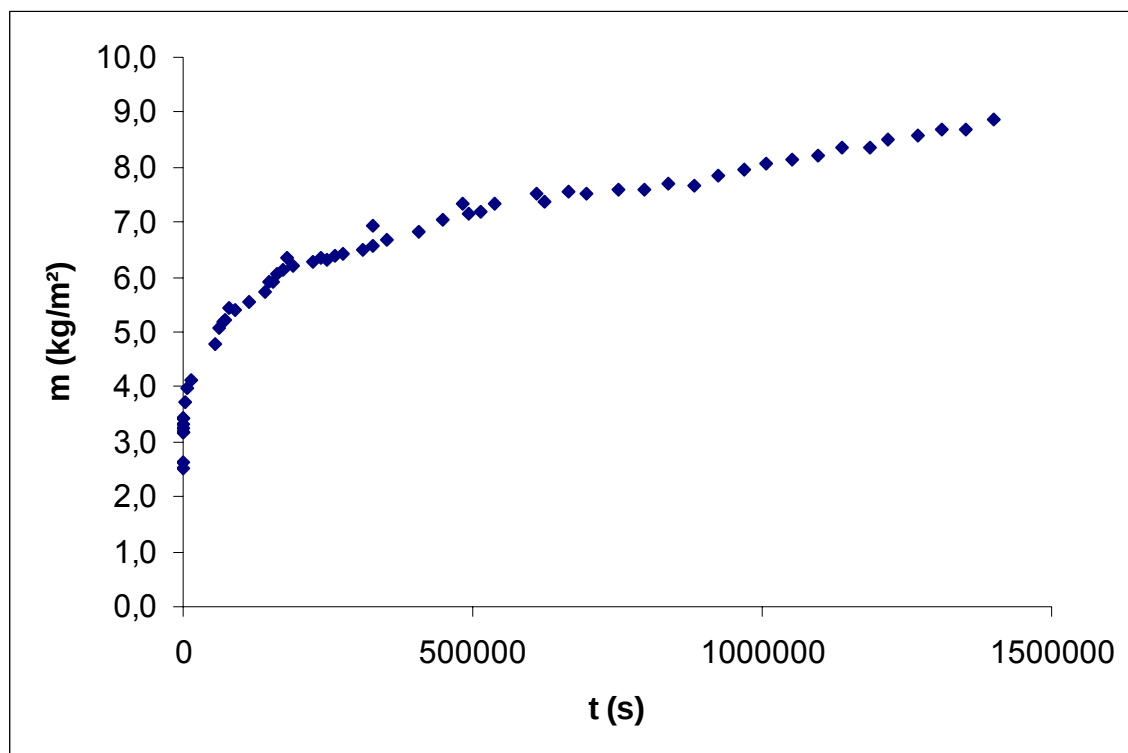


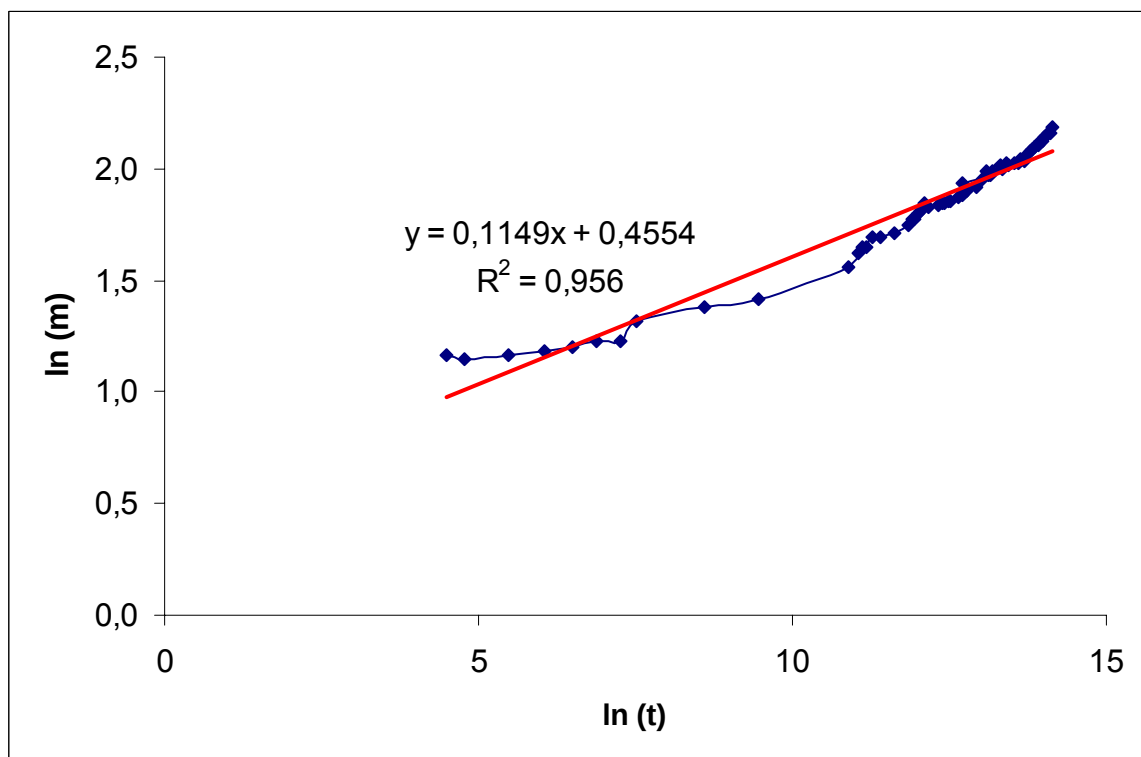
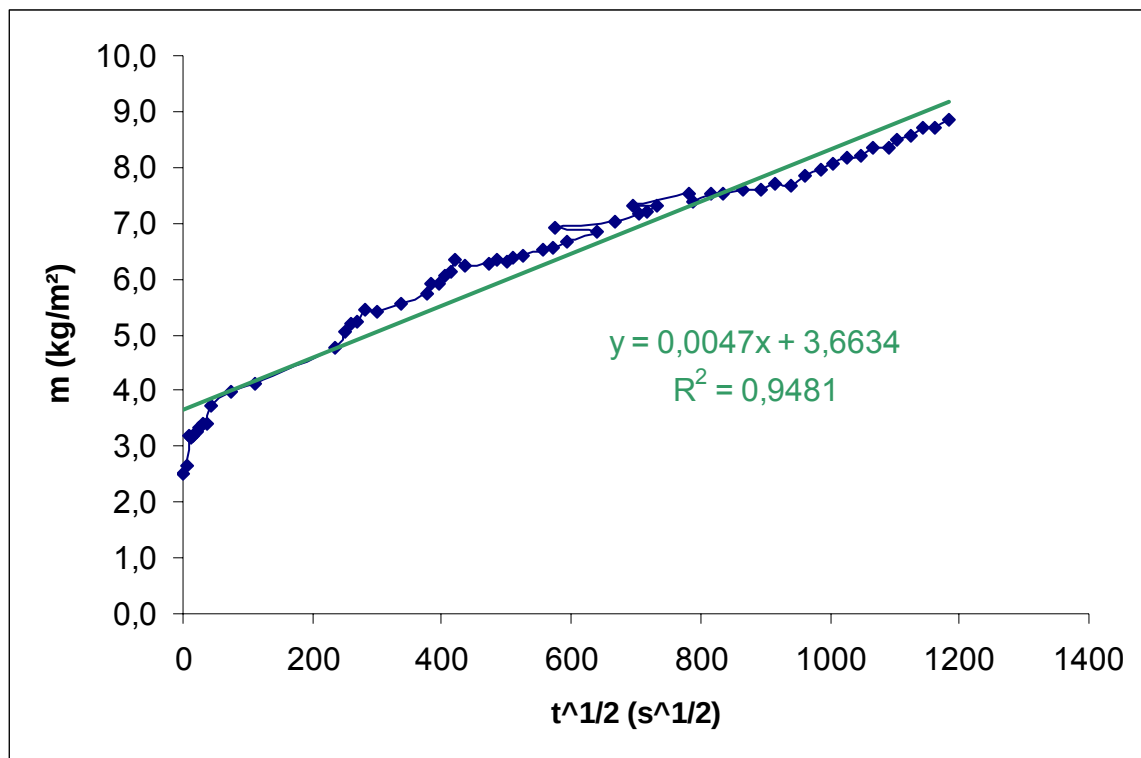


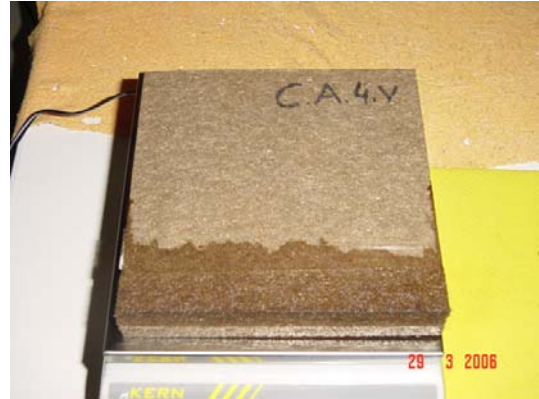


gegevens		Isoproc Celit A					
		verticaal 4					
		d (mm) :	22				
		afmetingen (mm) :	141 x 141				
		contactopp (m²):	0,003102				
		densiteit (kg/m³):	298,53				
		drooggewicht (kg):	0,1109				
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
droog (m'₁)	0	0,0078	0,0000	2,5145	0,1187	#GETAL!	0,9221
2	30	0,0082	5,4772	2,6435	0,1191	3,4012	0,9721
3	90	0,0099	9,4868	3,1915	0,1208	4,4998	1,1605
4	120	0,0098	10,9545	3,1593	0,1207	4,7875	1,1503
5	240	0,0099	15,4919	3,1915	0,1208	5,4806	1,1605
6	420	0,0101	20,4939	3,2560	0,1210	6,0403	1,1805
7	660	0,0103	25,6905	3,3204	0,1212	6,4922	1,2001
8	960	0,0106	30,9839	3,4172	0,1215	6,8669	1,2288
9	1440	0,0106	37,9473	3,4172	0,1215	7,2724	1,2288
10	1860	0,0116	43,1277	3,7395	0,1225	7,5283	1,3190
11	5460	0,0123	73,8918	3,9652	0,1232	8,6052	1,3776
12	12720	0,0128	112,7830	4,1264	0,1237	9,4509	1,4174
13	54540	0,0148	233,5380	4,7711	0,1257	10,9067	1,5626
14	63180	0,0157	251,3563	5,0613	0,1266	11,0537	1,6216
15	68040	0,0161	260,8448	5,1902	0,1270	11,1279	1,6468
16	71940	0,0162	268,2163	5,2224	0,1271	11,1836	1,6530
17	79740	0,0169	282,3827	5,4481	0,1278	11,2865	1,6953
18	90240	0,0168	300,3997	5,4159	0,1277	11,4102	1,6893
19	112660	0,0172	335,6486	5,5448	0,1281	11,6321	1,7129
20	141180	0,0178	375,7393	5,7382	0,1287	11,8578	1,7472
21	146760	0,0183	383,0927	5,8994	0,1292	11,8966	1,7749
22	156120	0,0183	395,1202	5,8994	0,1292	11,9584	1,7749
23	162780	0,0188	403,4600	6,0606	0,1297	12,0002	1,8018
24	170760	0,0190	413,2312	6,1251	0,1299	12,0480	1,8124
25	177840	0,0197	421,7108	6,3507	0,1306	12,0886	1,8486
26	190740	0,0193	436,7379	6,2218	0,1302	12,1587	1,8281
27	225000	0,0195	474,3416	6,2863	0,1304	12,3239	1,8384
28	236280	0,0197	486,0864	6,3507	0,1306	12,3728	1,8486
29	249180	0,0196	499,1793	6,3185	0,1305	12,4259	1,8435
30	261060	0,0198	510,9403	6,3830	0,1307	12,4725	1,8536
31	276720	0,0199	526,0418	6,4152	0,1308	12,5308	1,8587
32	308640	0,0202	555,5538	6,5119	0,1311	12,6399	1,8736
33	327060	0,0204	571,8916	6,5764	0,1313	12,6979	1,8835
34	351240	0,0207	592,6550	6,6731	0,1316	12,7692	1,8981
35	408480	0,0212	639,1244	6,8343	0,1321	12,9202	1,9220
36	329240	0,0215	573,7944	6,9310	0,1324	12,7045	1,9360
37	446760	0,0218	668,4011	7,0277	0,1327	13,0098	1,9499
38	494760	0,0222	703,3918	7,1567	0,1331	13,1118	1,9680
39	515460	0,0223	717,9554	7,1889	0,1332	13,1528	1,9725
40	538200	0,0227	733,6212	7,3179	0,1336	13,1960	1,9903

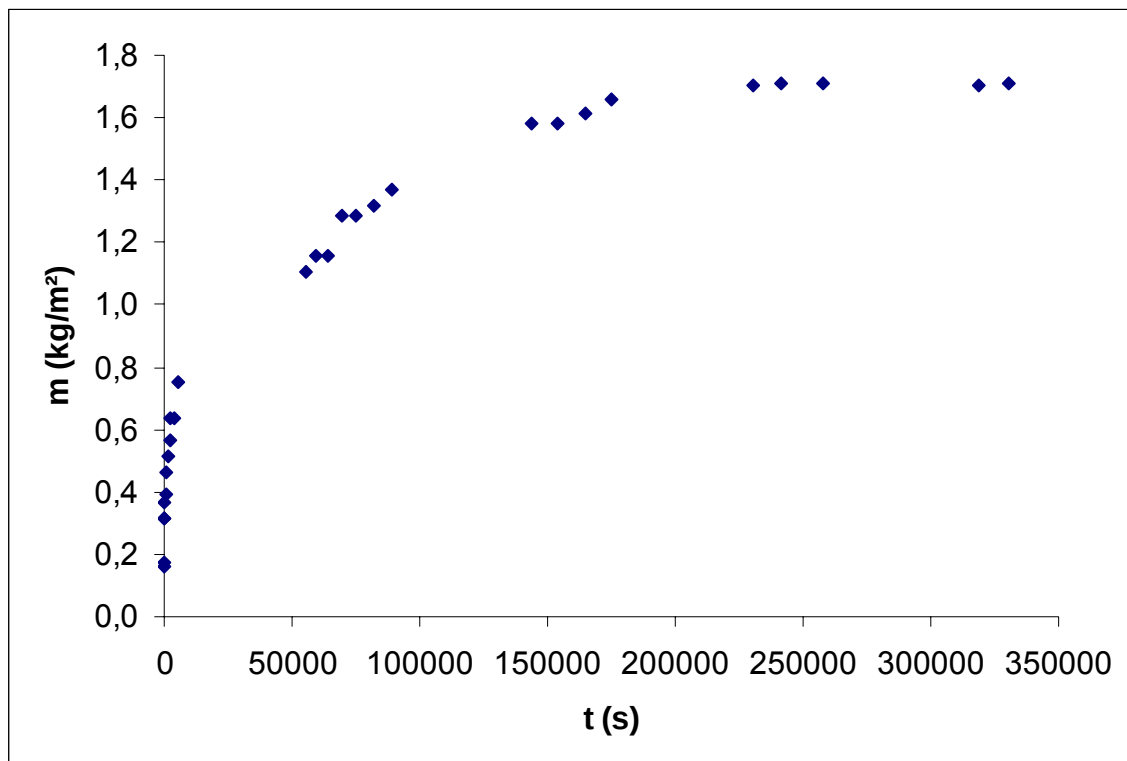
41	482900	0,0227	694,9101	7,3179	0,1336	13,0876	1,9903
42	610980	0,0233	781,6521	7,5113	0,1342	13,3228	2,0164
43	623040	0,0229	789,3288	7,3823	0,1338	13,3424	1,9991
44	665820	0,0234	815,9779	7,5435	0,1343	13,4088	2,0207
45	697080	0,0233	834,9132	7,5113	0,1342	13,4547	2,0164
46	750000	0,0236	866,0254	7,6080	0,1345	13,5278	2,0292
47	795540	0,0236	891,9305	7,6080	0,1345	13,5868	2,0292
48	837060	0,0239	914,9098	7,7047	0,1348	13,6377	2,0418
49	881880	0,0238	939,0847	7,6725	0,1347	13,6898	2,0376
50	924720	0,0243	961,6236	7,8337	0,1352	13,7372	2,0584
51	970560	0,0247	985,1700	7,9626	0,1356	13,7856	2,0748
52	1008540	0,0250	1004,2609	8,0593	0,1359	13,8240	2,0868
53	1051560	0,0253	1025,4560	8,1560	0,1362	13,8658	2,0988
54	1096560	0,0255	1047,1676	8,2205	0,1364	13,9077	2,1066
55	1137780	0,0259	1066,6677	8,3495	0,1368	13,9446	2,1222
56	1187340	0,0259	1089,6513	8,3495	0,1368	13,9872	2,1222
57	1215960	0,0264	1102,7058	8,5106	0,1373	14,0110	2,1413
58	1268580	0,0266	1126,3126	8,5751	0,1375	14,0534	2,1489
59	1310820	0,0270	1144,9105	8,7041	0,1379	14,0862	2,1638
60	1352340	0,0270	1162,9015	8,7041	0,1379	14,1173	2,1638
61	1399920	0,0275	1183,1821	8,8652	0,1384	14,1519	2,1821
A (kg/(m ² *s ^{1/2})) =		0,0047					

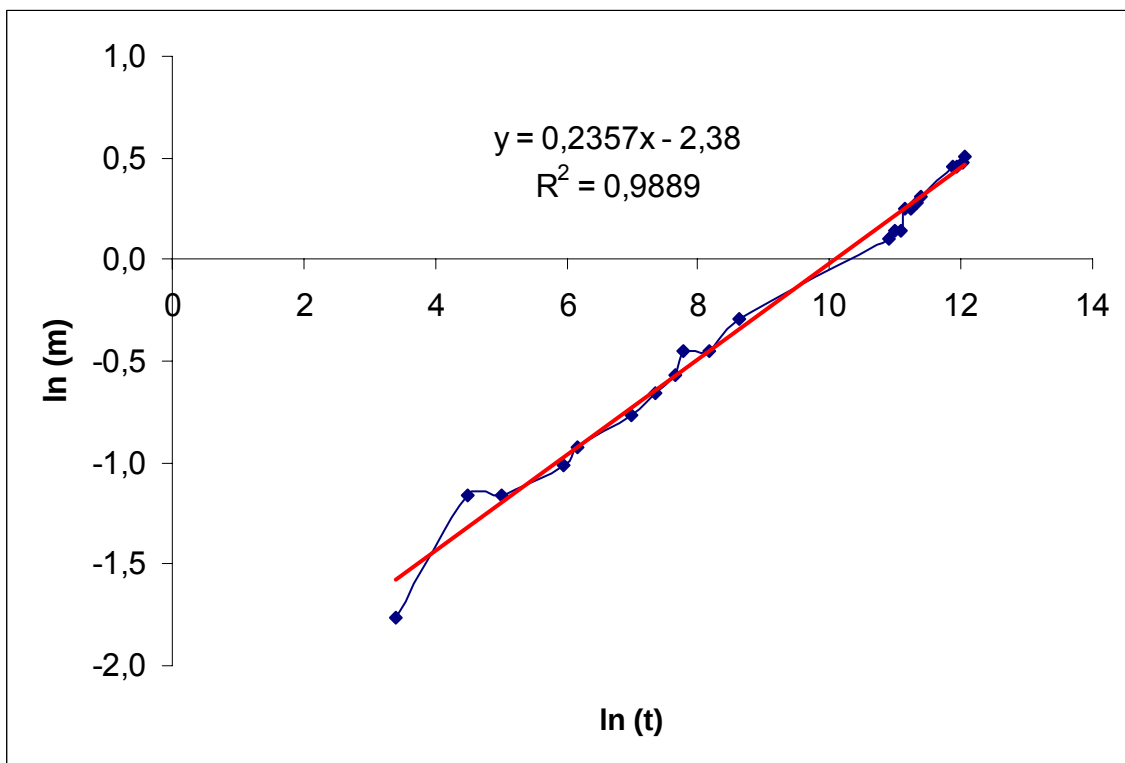
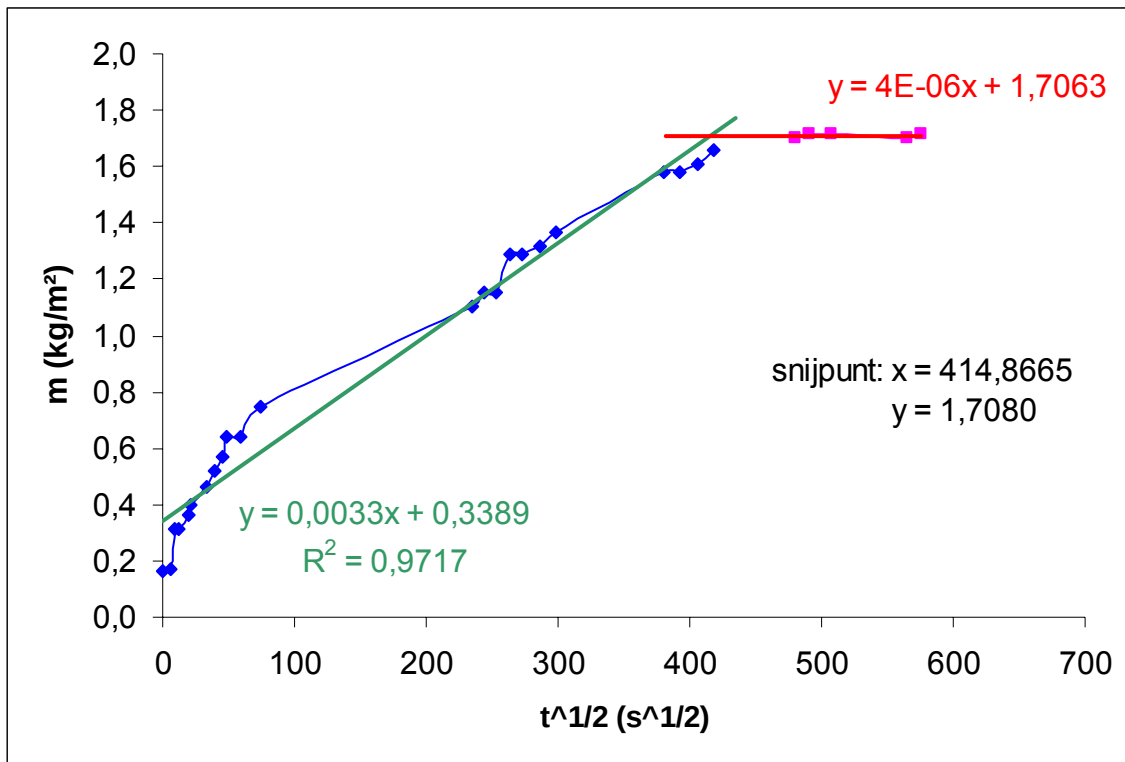




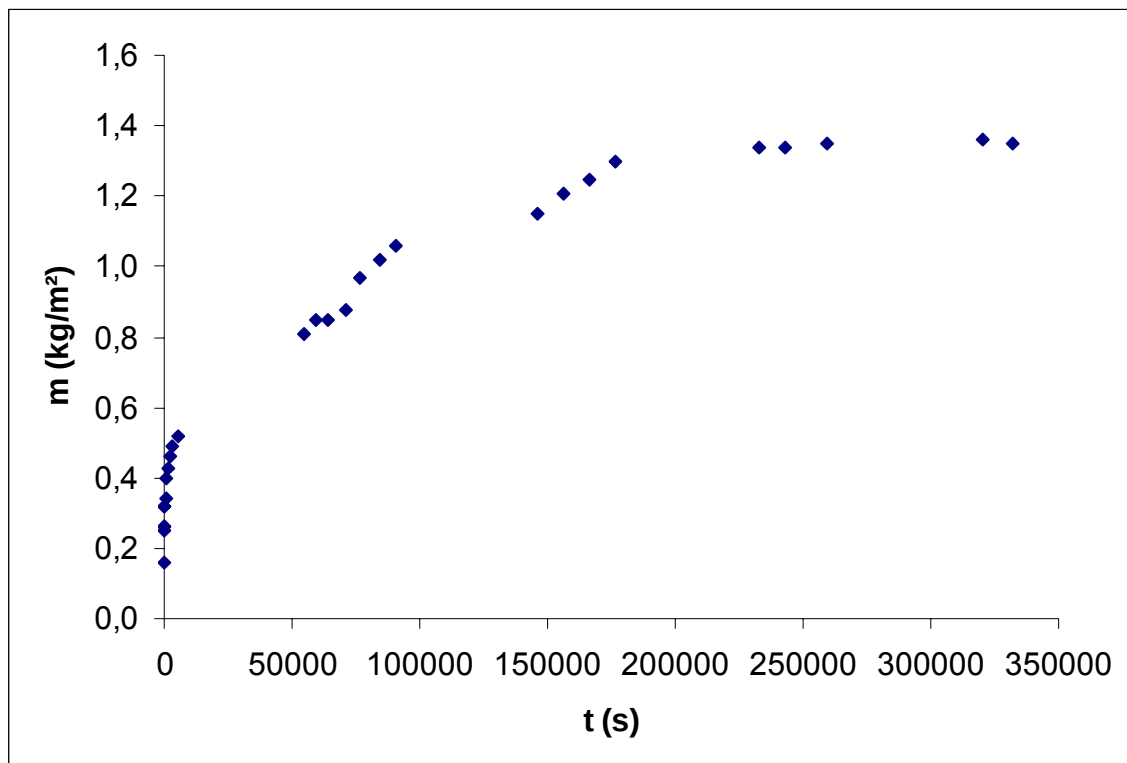


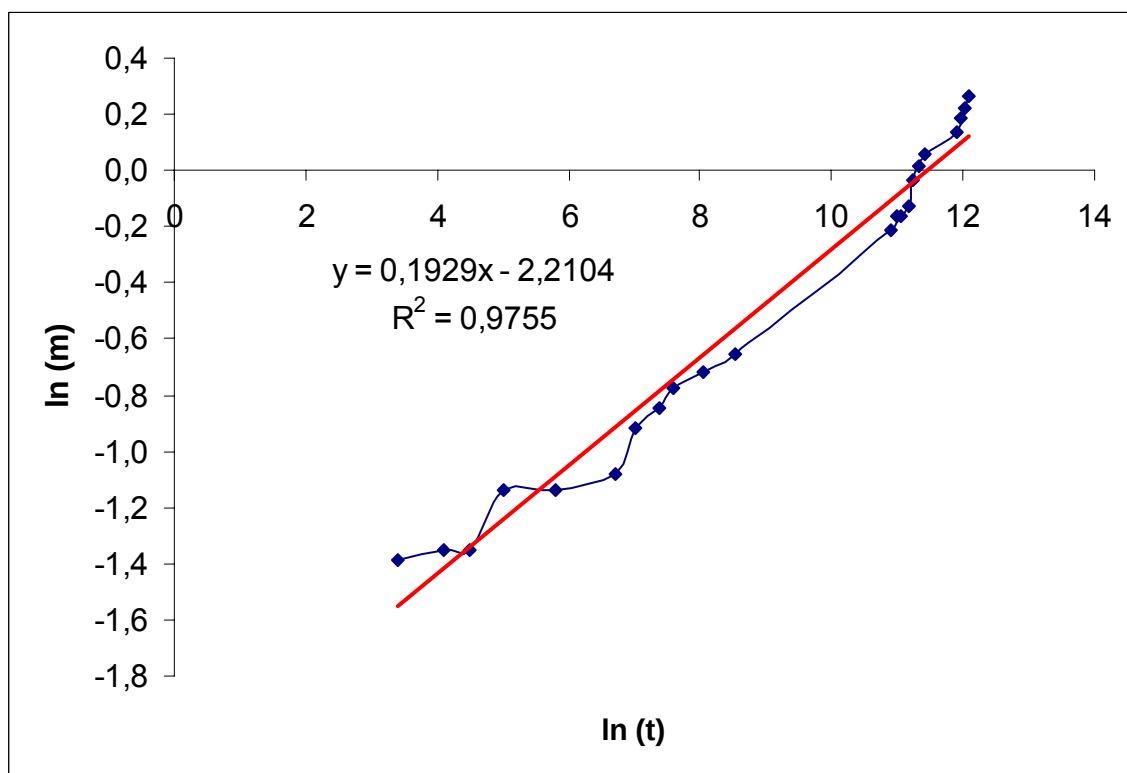
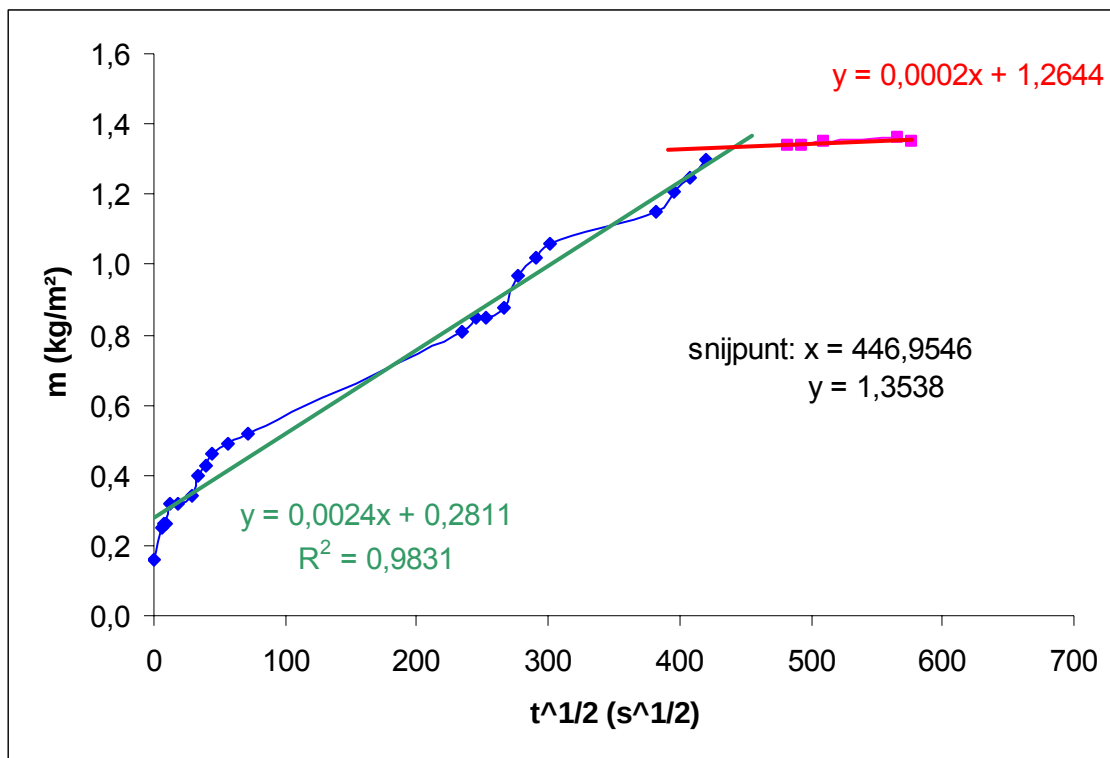
gegevens		Isoproc Celit B					
		horizontaal 1					
		d (mm) :		18			
		afmetingen (mm) :		141 x 70			
		contactopp (m²):		0,00987			
		densiteit (kg/m³):		240,35			
		drooggewicht (kg):		0,0411			
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0016	0,0000	0,1621	0,0427	#GETAL!	-1,8195
2	30	0,0017	5,4772	0,1722	0,0428	3,4012	-1,7589
3	90	0,0031	9,4868	0,3141	0,0442	4,4998	-1,1581
4	150	0,0031	12,2474	0,3141	0,0442	5,0106	-1,1581
5	390	0,0036	19,7484	0,3647	0,0447	5,9661	-1,0086
6	470	0,0039	21,6795	0,3951	0,0450	6,1527	-0,9285
7	1070	0,0046	32,7109	0,4661	0,0457	6,9754	-0,7634
8	1550	0,0051	39,3700	0,5167	0,0462	7,3460	-0,6603
9	2090	0,0056	45,7165	0,5674	0,0467	7,6449	-0,5667
10	2350	0,0063	48,4768	0,6383	0,0474	7,7622	-0,4490
11	3550	0,0063	59,5819	0,6383	0,0474	8,1747	-0,4490
12	5530	0,0074	74,3640	0,7497	0,0485	8,6179	-0,2880
13	55090	0,0109	234,7126	1,1044	0,0520	10,9167	0,0993
14	59710	0,0114	244,3563	1,1550	0,0525	10,9973	0,1441
15	64270	0,0114	253,5153	1,1550	0,0525	11,0708	0,1441
16	69190	0,0127	263,0399	1,2867	0,0538	11,1446	0,2521
17	74710	0,0127	273,3313	1,2867	0,0538	11,2214	0,2521
18	82210	0,0130	286,7229	1,3171	0,0541	11,3170	0,2754
19	88870	0,0135	298,1107	1,3678	0,0546	11,3949	0,3132
20	144070	0,0156	379,5655	1,5805	0,0567	11,8781	0,4578
21	154030	0,0156	392,4666	1,5805	0,0567	11,9449	0,4578
22	164530	0,0159	405,6230	1,6109	0,0570	12,0108	0,4768
23	174670	0,0164	417,9354	1,6616	0,0575	12,0707	0,5078
24	230530	0,0168	480,1354	1,7021	0,0579	12,3481	0,5319
25	241270	0,0169	491,1924	1,7123	0,0580	12,3937	0,5378
26	257530	0,0169	507,4741	1,7123	0,0580	12,4589	0,5378
27	318550	0,0168	564,4023	1,7021	0,0579	12,6715	0,5319
28	330670	0,0169	575,0391	1,7123	0,0580	12,7089	0,5378
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0033					
w _c (kg/m³) =		94,89					





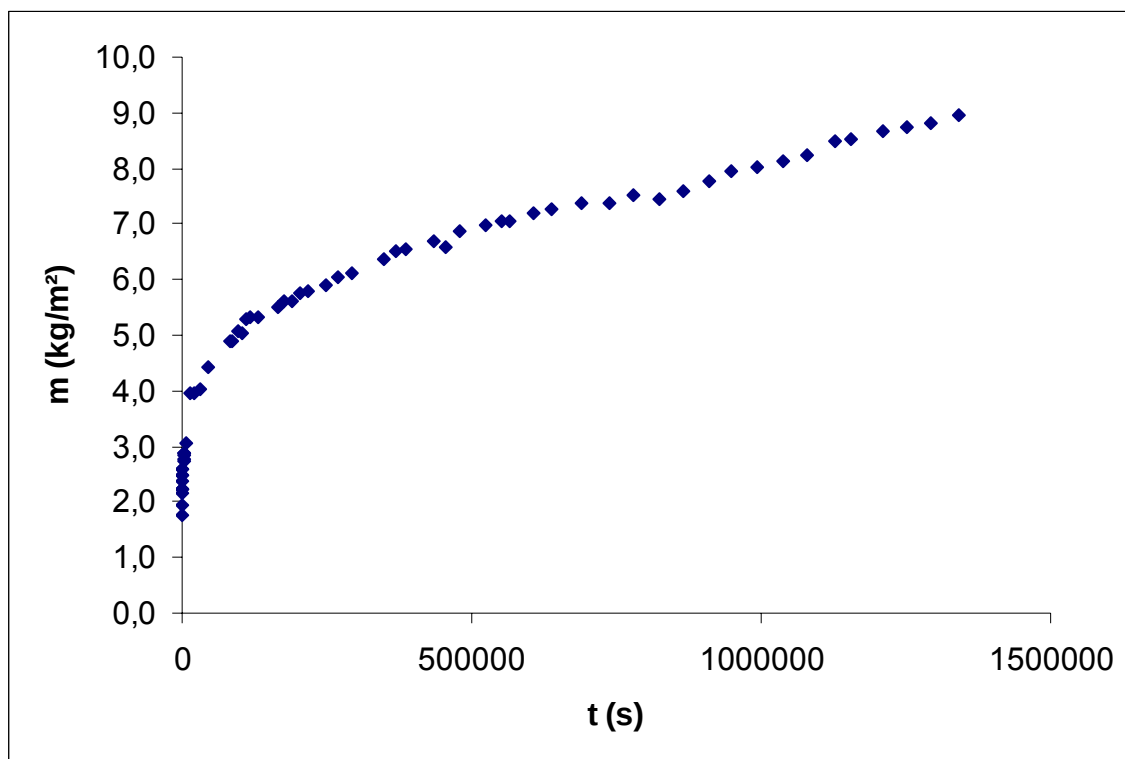
gegevens		Isoproc Celit B					
		horizontaal 2					
		d (mm) :		18			
		afmetingen (mm) :		141 x 71			
		contactopp (m²):		0,010011			
		densiteit (kg/m³):		240,29			
		drooggewicht (kg):		0,0417			
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0016	0,0000	0,1598	0,0433	#GETAL!	-1,8337
2	30	0,0025	5,4772	0,2497	0,0442	3,4012	-1,3874
3	60	0,0026	7,7460	0,2597	0,0443	4,0943	-1,3482
4	90	0,0026	9,4868	0,2597	0,0443	4,4998	-1,3482
5	150	0,0032	12,2474	0,3196	0,0449	5,0106	-1,1405
6	330	0,0032	18,1659	0,3196	0,0449	5,7991	-1,1405
7	810	0,0034	28,4605	0,3396	0,0451	6,6970	-1,0799
8	1110	0,0040	33,3167	0,3996	0,0457	7,0121	-0,9174
9	1590	0,0043	39,8748	0,4295	0,0460	7,3715	-0,8451
10	2010	0,0046	44,8330	0,4595	0,0463	7,6059	-0,7776
11	3150	0,0049	56,1249	0,4895	0,0466	8,0552	-0,7144
12	5130	0,0052	71,6240	0,5194	0,0469	8,5429	-0,6550
13	54750	0,0081	233,9872	0,8091	0,0498	10,9105	-0,2118
14	59730	0,0085	244,3972	0,8491	0,0502	10,9976	-0,1636
15	63930	0,0085	252,8438	0,8491	0,0502	11,0655	-0,1636
16	71130	0,0088	266,7021	0,8790	0,0505	11,1723	-0,1289
17	76710	0,0097	276,9657	0,9689	0,0514	11,2478	-0,0316
18	84210	0,0102	290,1896	1,0189	0,0519	11,3411	0,0187
19	90870	0,0106	301,4465	1,0588	0,0523	11,4172	0,0572
20	146070	0,0115	382,1911	1,1487	0,0532	11,8918	0,1387
21	155970	0,0121	394,9304	1,2087	0,0538	11,9574	0,1895
22	166470	0,0125	408,0074	1,2486	0,0542	12,0226	0,2220
23	176670	0,0130	420,3213	1,2986	0,0547	12,0820	0,2613
24	232470	0,0134	482,1514	1,3385	0,0551	12,3565	0,2916
25	243270	0,0134	493,2241	1,3385	0,0551	12,4019	0,2916
26	259530	0,0135	509,4409	1,3485	0,0552	12,4666	0,2990
27	320550	0,0136	566,1714	1,3585	0,0553	12,6778	0,3064
28	332370	0,0135	576,5154	1,3485	0,0552	12,7140	0,2990
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0024					
w _c (kg/m³) =		75,21					

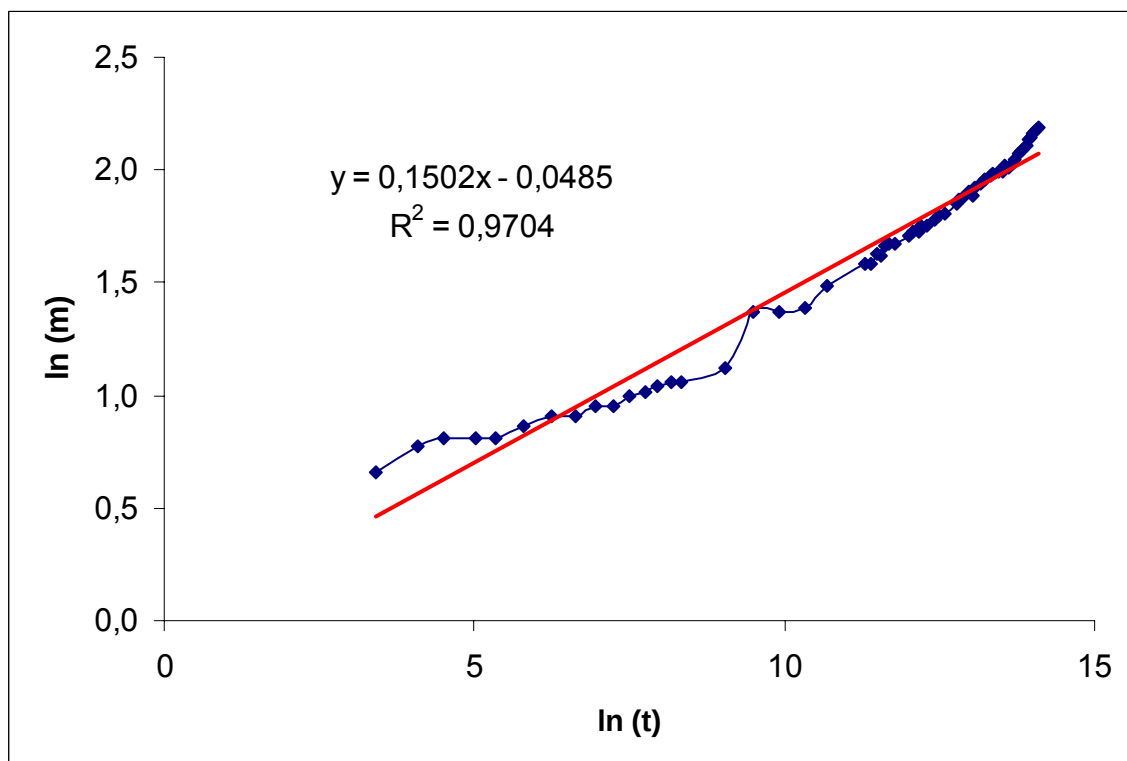
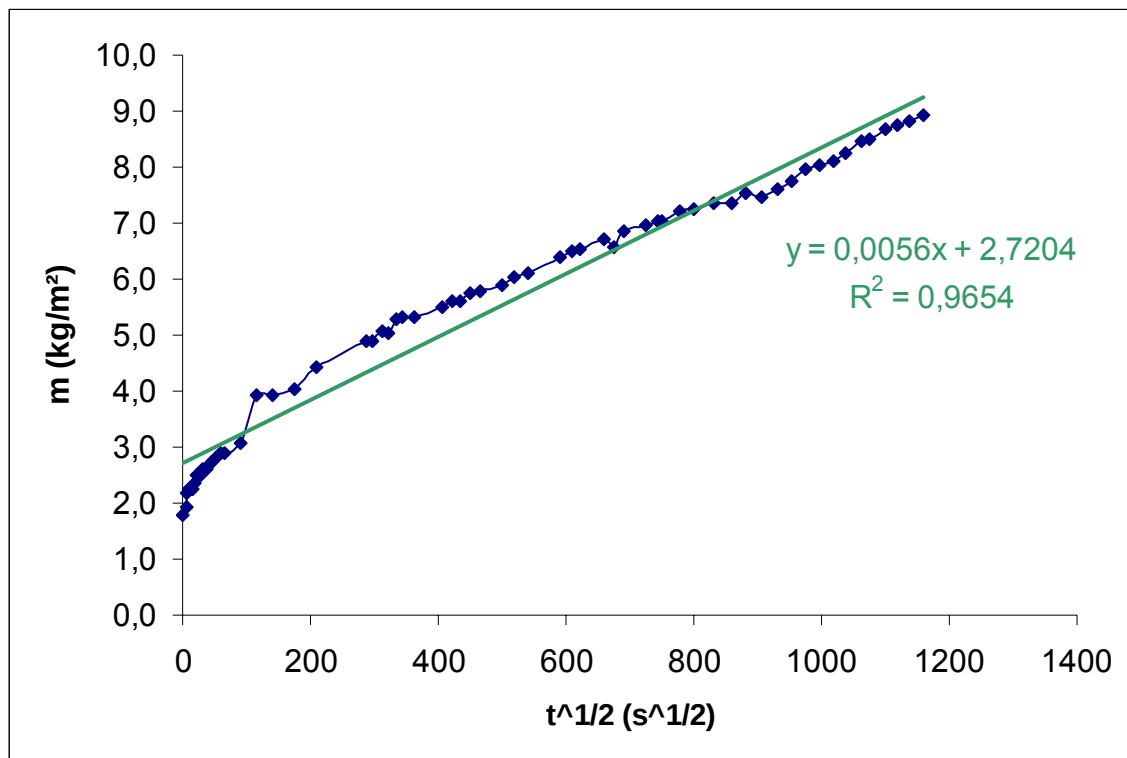




gegevens		Isoproc Celit B						
		verticaal 3						
		d (mm) :	18					
		afmetingen (mm) :	141 x 141					
		contactopp (m²):	0,002538					
		densiteit (kg/m³):	243,39					
		drooggewicht (kg):	0,0826					
metingen:								
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m	
1	0	0,0045	0,0000	1,7730	0,0871	#GETAL!	0,5727	
2	30	0,0049	5,4772	1,9307	0,0875	3,4012	0,6579	
3	60	0,0055	7,7460	2,1671	0,0881	4,0943	0,7734	
4	90	0,0057	9,4868	2,2459	0,0883	4,4998	0,8091	
5	150	0,0057	12,2474	2,2459	0,0883	5,0106	0,8091	
6	210	0,0057	14,4914	2,2459	0,0883	5,3471	0,8091	
7	330	0,0060	18,1659	2,3641	0,0886	5,7991	0,8604	
8	510	0,0063	22,5832	2,4823	0,0889	6,2344	0,9092	
9	750	0,0063	27,3861	2,4823	0,0889	6,6201	0,9092	
10	1050	0,0066	32,4037	2,6005	0,0892	6,9565	0,9557	
11	1410	0,0066	37,5500	2,6005	0,0892	7,2513	0,9557	
12	1830	0,0069	42,7785	2,7187	0,0895	7,5121	1,0001	
13	2310	0,0070	48,0625	2,7581	0,0896	7,7450	1,0145	
14	2850	0,0072	53,3854	2,8369	0,0898	7,9551	1,0427	
15	3510	0,0073	59,2453	2,8763	0,0899	8,1634	1,0565	
16	4110	0,0073	64,1093	2,8763	0,0899	8,3212	1,0565	
17	8490	0,0078	92,1412	3,0733	0,0904	9,0466	1,1227	
18	13410	0,0100	115,8016	3,9401	0,0926	9,5038	1,3712	
19	20010	0,0100	141,4567	3,9401	0,0926	9,9040	1,3712	
20	31110	0,0102	176,3803	4,0189	0,0928	10,3453	1,3910	
21	43470	0,0112	208,4946	4,4129	0,0938	10,6798	1,4845	
22	81930	0,0124	286,2342	4,8857	0,0950	11,3136	1,5863	
23	87510	0,0124	295,8209	4,8857	0,0950	11,3795	1,5863	
24	96870	0,0129	311,2395	5,0827	0,0955	11,4811	1,6259	
25	103590	0,0128	321,8540	5,0433	0,0954	11,5482	1,6181	
26	111570	0,0134	334,0210	5,2797	0,0960	11,6224	1,6639	
27	118650	0,0135	344,4561	5,3191	0,0961	11,6839	1,6713	
28	131490	0,0135	362,6155	5,3191	0,0961	11,7867	1,6713	
29	165750	0,0140	407,1241	5,5162	0,0966	12,0182	1,7077	
30	177090	0,0142	420,8206	5,5950	0,0968	12,0844	1,7219	
31	189990	0,0142	435,8784	5,5950	0,0968	12,1547	1,7219	
32	201870	0,0146	449,2995	5,7526	0,0972	12,2154	1,7496	
33	217470	0,0147	466,3368	5,7920	0,0973	12,2898	1,7565	
34	249390	0,0150	499,3896	5,9102	0,0976	12,4268	1,7767	
35	267870	0,0153	517,5616	6,0284	0,0979	12,4983	1,7965	
36	291990	0,0155	540,3610	6,1072	0,0981	12,5845	1,8095	
37	349230	0,0162	590,9569	6,3830	0,0988	12,7635	1,8536	
38	369990	0,0165	608,2680	6,5012	0,0991	12,8212	1,8720	
39	387510	0,0166	622,5030	6,5406	0,0992	12,8675	1,8780	
40	435510	0,0170	659,9318	6,6982	0,0996	12,9843	1,9018	

41	456210	0,0167	675,4332	6,5800	0,0993	13,0307	1,8840
42	478950	0,0174	692,0621	6,8558	0,1000	13,0794	1,9251
43	523650	0,0177	723,6366	6,9740	0,1003	13,1686	1,9422
44	551730	0,0179	742,7853	7,0528	0,1005	13,2208	1,9534
45	563850	0,0179	750,8995	7,0528	0,1005	13,2425	1,9534
46	606570	0,0183	778,8260	7,2104	0,1009	13,3156	1,9755
47	637830	0,0184	798,6426	7,2498	0,1010	13,3658	1,9810
48	690750	0,0187	831,1137	7,3680	0,1013	13,4455	1,9971
49	736290	0,0187	858,0734	7,3680	0,1013	13,5094	1,9971
50	777810	0,0191	881,9354	7,5256	0,1017	13,5642	2,0183
51	822630	0,0189	906,9895	7,4468	0,1015	13,6203	2,0078
52	865470	0,0193	930,3064	7,6044	0,1019	13,6710	2,0287
53	911310	0,0197	954,6256	7,7620	0,1023	13,7226	2,0492
54	949350	0,0202	974,3459	7,9590	0,1028	13,7635	2,0743
55	992310	0,0204	996,1476	8,0378	0,1030	13,8078	2,0842
56	1037310	0,0206	1018,4842	8,1166	0,1032	13,8521	2,0939
57	1078530	0,0209	1038,5230	8,2348	0,1035	13,8911	2,1084
58	1128090	0,0215	1062,1158	8,4712	0,1041	13,9360	2,1367
59	1156710	0,0216	1075,5045	8,5106	0,1042	13,9611	2,1413
60	1209270	0,0220	1099,6681	8,6682	0,1046	14,0055	2,1597
61	1252510	0,0222	1119,1559	8,7470	0,1048	14,0407	2,1687
62	1293090	0,0224	1137,1412	8,8258	0,1050	14,0725	2,1777
63	1340670	0,0227	1157,8731	8,9441	0,1053	14,1087	2,1910
A (kg/(m ² *s ^{1/2})) =		0,0056					

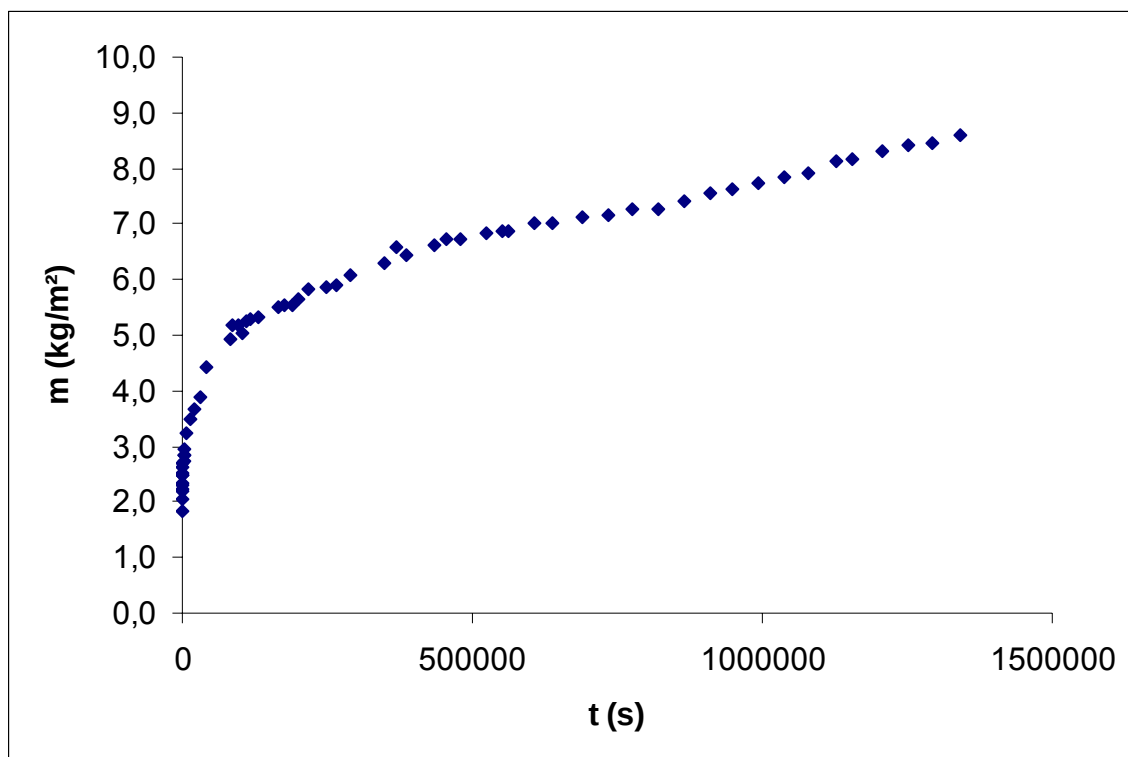


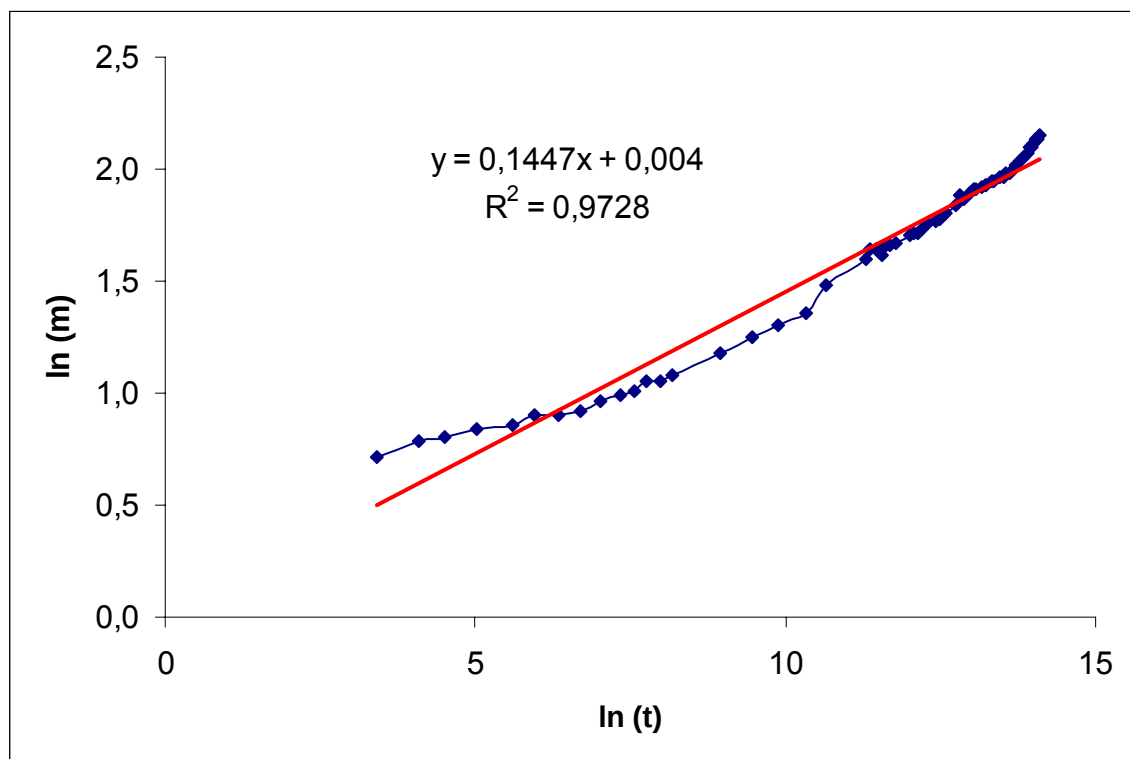
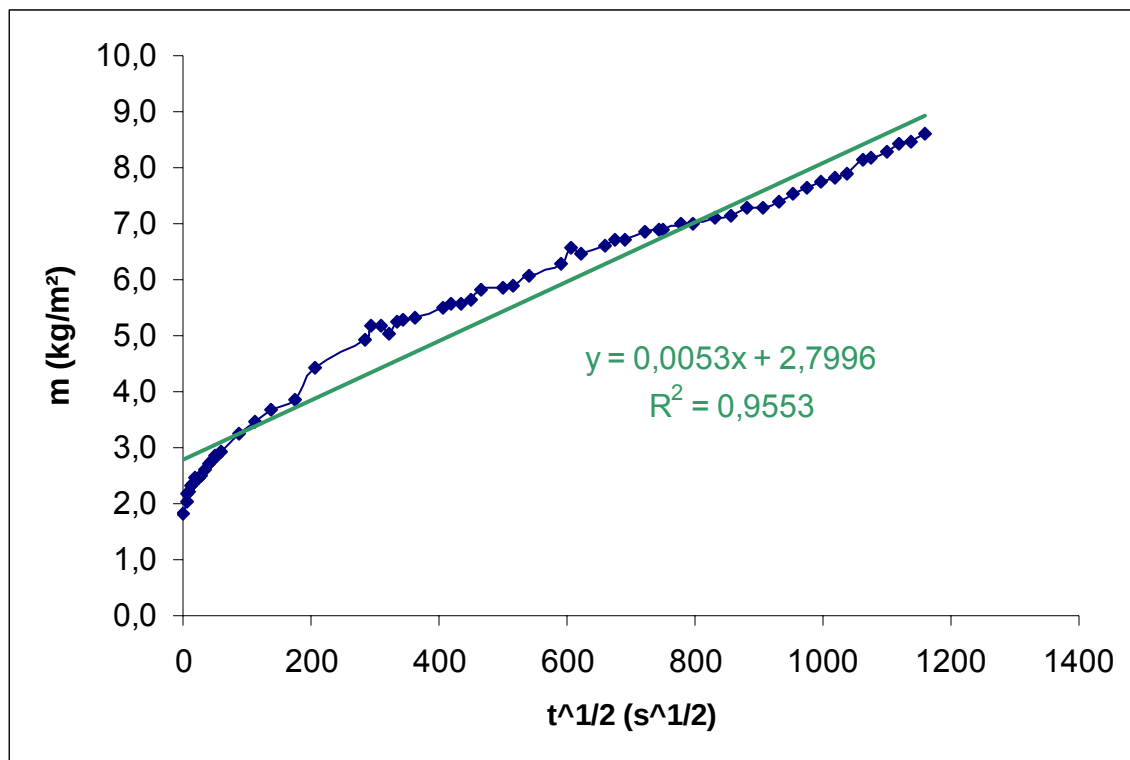




gegevens		Isoproc Celit B					
		verticaal 4					
		d (mm) :	18				
		afmetingen (mm) :	142 x 141				
		contactopp (m²):	0,002556				
		densiteit (kg/m³):	241,68				
		drooggewicht (kg):	0,0825				
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0047	0,0000	1,8388	0,0872	#GETAL!	0,6091
2	30	0,0052	5,4772	2,0344	0,0877	3,4012	0,7102
3	60	0,0056	7,7460	2,1909	0,0881	4,0943	0,7843
4	90	0,0057	9,4868	2,2300	0,0882	4,4998	0,8020
5	150	0,0059	12,2474	2,3083	0,0884	5,0106	0,8365
6	270	0,0060	16,4317	2,3474	0,0885	5,5984	0,8533
7	390	0,0063	19,7484	2,4648	0,0888	5,9661	0,9021
8	570	0,0063	23,8747	2,4648	0,0888	6,3456	0,9021
9	810	0,0064	28,4605	2,5039	0,0889	6,6970	0,9179
10	1110	0,0067	33,3167	2,6213	0,0892	7,0121	0,9637
11	1530	0,0069	39,1152	2,6995	0,0894	7,3330	0,9931
12	1950	0,0070	44,1588	2,7387	0,0895	7,5756	1,0075
13	2370	0,0073	48,6826	2,8560	0,0898	7,7706	1,0494
14	2910	0,0073	53,9444	2,8560	0,0898	7,9759	1,0494
15	3510	0,0075	59,2453	2,9343	0,0900	8,1634	1,0765
16	7770	0,0083	88,1476	3,2473	0,0908	8,9580	1,1778
17	12810	0,0089	113,1813	3,4820	0,0914	9,4580	1,2476
18	19290	0,0094	138,8884	3,6776	0,0919	9,8673	1,3023
19	30450	0,0099	174,4993	3,8732	0,0924	10,3238	1,3541
20	42810	0,0113	206,9058	4,4210	0,0938	10,6645	1,4864
21	81270	0,0126	285,0789	4,9296	0,0951	11,3055	1,5953
22	86910	0,0132	294,8050	5,1643	0,0957	11,3726	1,6418
23	96270	0,0132	310,2741	5,1643	0,0957	11,4749	1,6418
24	102930	0,0129	320,8271	5,0469	0,0954	11,5418	1,6188
25	110910	0,0134	333,0315	5,2426	0,0959	11,6165	1,6568
26	117990	0,0135	343,4967	5,2817	0,0960	11,6784	1,6642
27	130830	0,0136	361,7043	5,3208	0,0961	11,7817	1,6716
28	165210	0,0141	406,4603	5,5164	0,0966	12,0150	1,7077
29	176490	0,0142	420,1071	5,5556	0,0967	12,0810	1,7148
30	189330	0,0142	435,1207	5,5556	0,0967	12,1512	1,7148
31	201210	0,0144	448,5644	5,6338	0,0969	12,2121	1,7288
32	216810	0,0149	465,6286	5,8294	0,0974	12,2868	1,7629
33	248730	0,0150	498,7284	5,8685	0,0975	12,4241	1,7696
34	267210	0,0151	516,9236	5,9077	0,0976	12,4958	1,7763
35	291330	0,0155	539,7499	6,0642	0,0980	12,5822	1,8024
36	348570	0,0161	590,3982	6,2989	0,0986	12,7616	1,8404
37	369330	0,0168	607,7253	6,5728	0,0993	12,8194	1,8829
38	386910	0,0165	622,0209	6,4554	0,0990	12,8659	1,8649
39	434910	0,0169	659,4771	6,6119	0,0994	12,9829	1,8889
40	455550	0,0172	674,9444	6,7293	0,0997	13,0293	1,9065

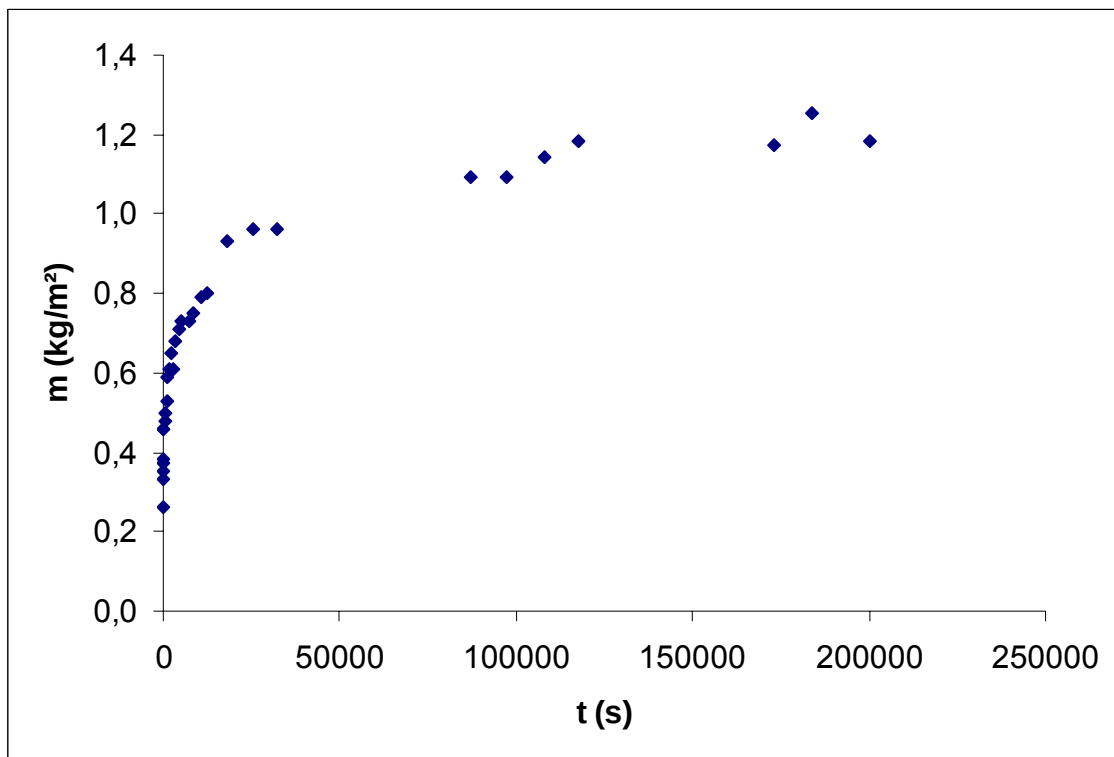
41	478290	0,0172	691,5851	6,7293	0,0997	13,0780	1,9065
42	522990	0,0175	723,1805	6,8466	0,1000	13,1673	1,9238
43	551070	0,0176	742,3409	6,8858	0,1001	13,2196	1,9295
44	563190	0,0176	750,4599	6,8858	0,1001	13,2414	1,9295
45	605910	0,0179	778,4022	7,0031	0,1004	13,3145	1,9464
46	637230	0,0179	798,2669	7,0031	0,1004	13,3649	1,9464
47	690090	0,0182	830,7166	7,1205	0,1007	13,4446	1,9630
48	735690	0,0183	857,7237	7,1596	0,1008	13,5086	1,9685
49	777210	0,0186	881,5951	7,2770	0,1011	13,5635	1,9847
50	821970	0,0186	906,6256	7,2770	0,1011	13,6195	1,9847
51	864810	0,0189	929,9516	7,3944	0,1014	13,6703	2,0007
52	910650	0,0193	954,2798	7,5509	0,1018	13,7219	2,0217
53	948690	0,0195	974,0072	7,6291	0,1020	13,7628	2,0320
54	991650	0,0198	995,8162	7,7465	0,1023	13,8071	2,0472
55	1036650	0,0200	1018,1601	7,8247	0,1025	13,8515	2,0573
56	1077870	0,0202	1038,2052	7,9030	0,1027	13,8905	2,0672
57	1127430	0,0208	1061,8051	8,1377	0,1033	13,9355	2,0965
58	1156050	0,0209	1075,1977	8,1768	0,1034	13,9605	2,1013
59	1208610	0,0212	1099,3680	8,2942	0,1037	14,0050	2,1156
60	1251810	0,0215	1118,8432	8,4116	0,1040	14,0401	2,1296
61	1293330	0,0216	1137,2467	8,4507	0,1041	14,0727	2,1342
62	1340910	0,0220	1157,9767	8,6072	0,1045	14,1089	2,1526
A (kg/(m ² *s ^{1/2})) =		0,0053					

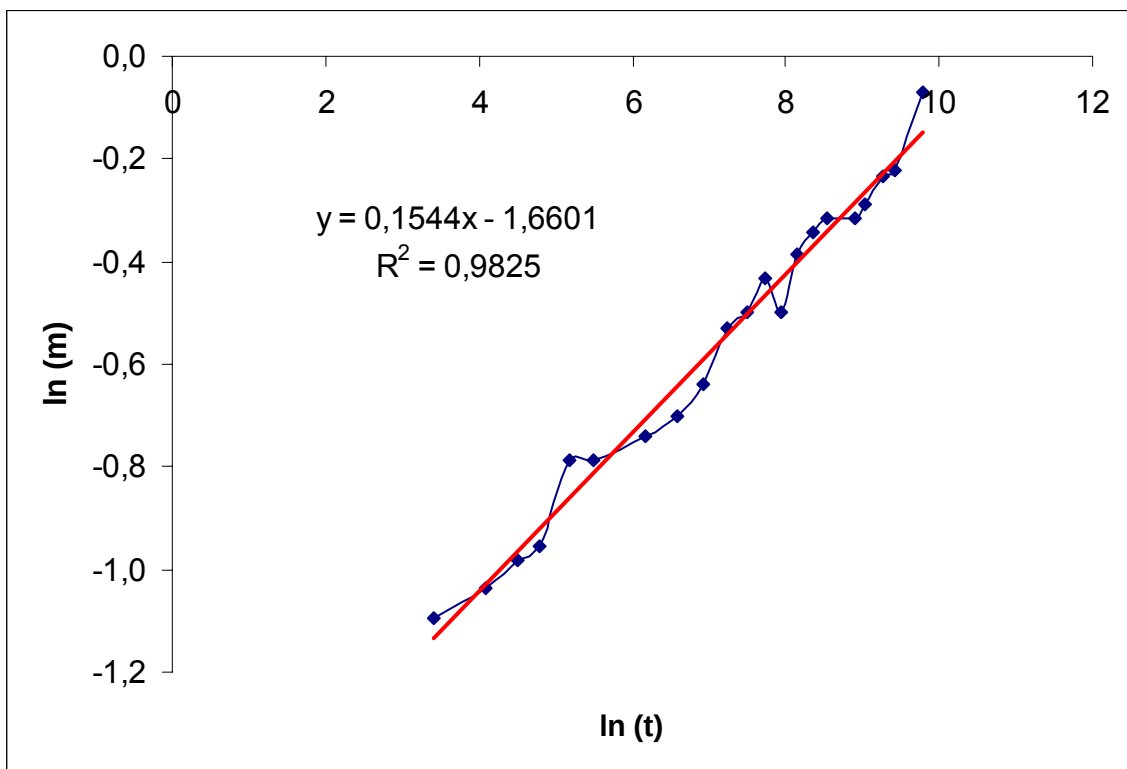
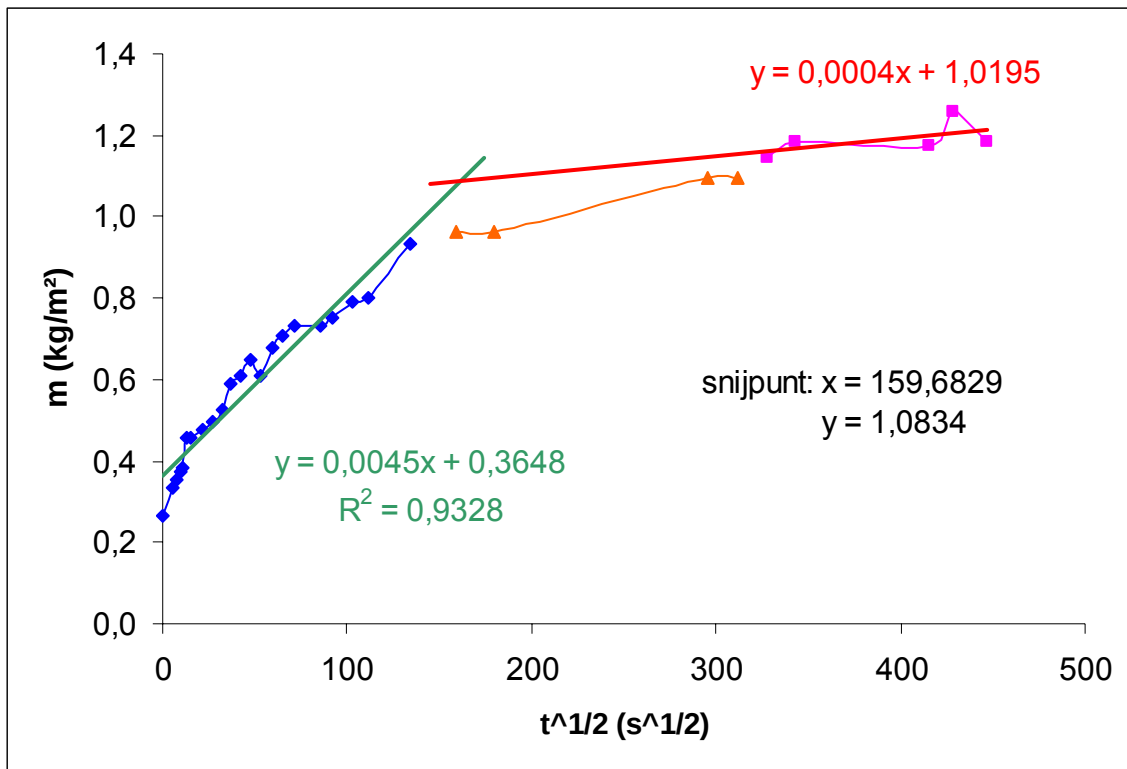




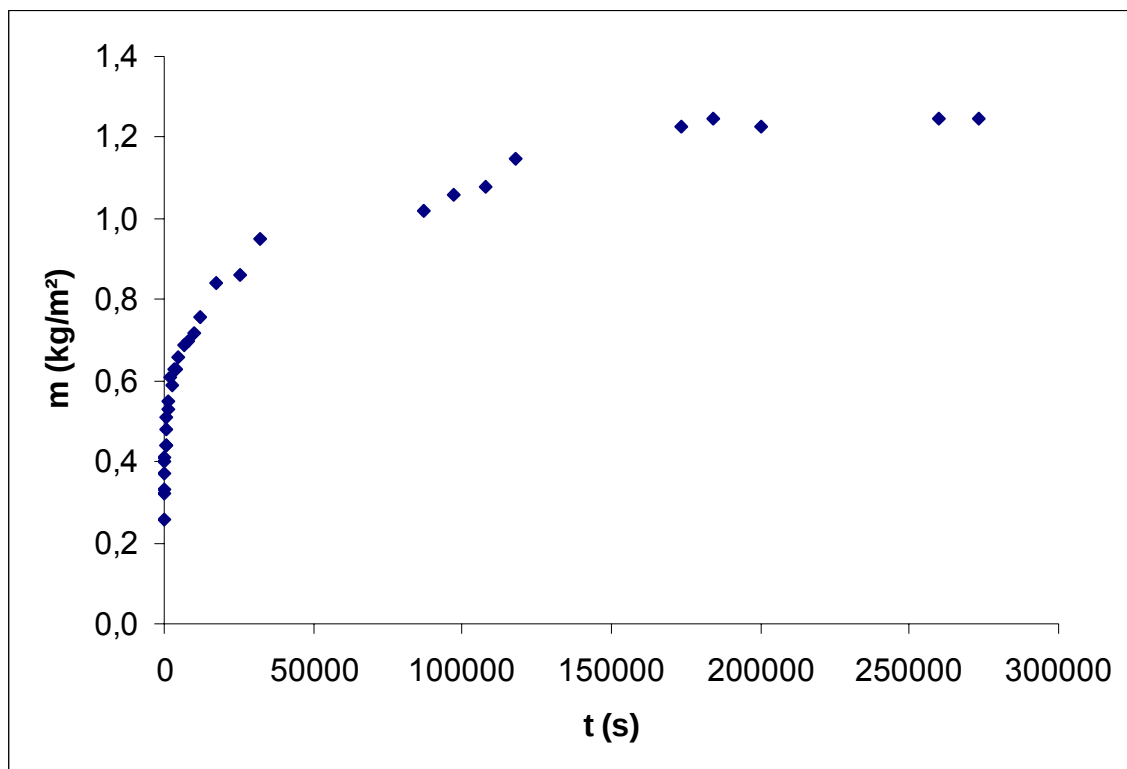


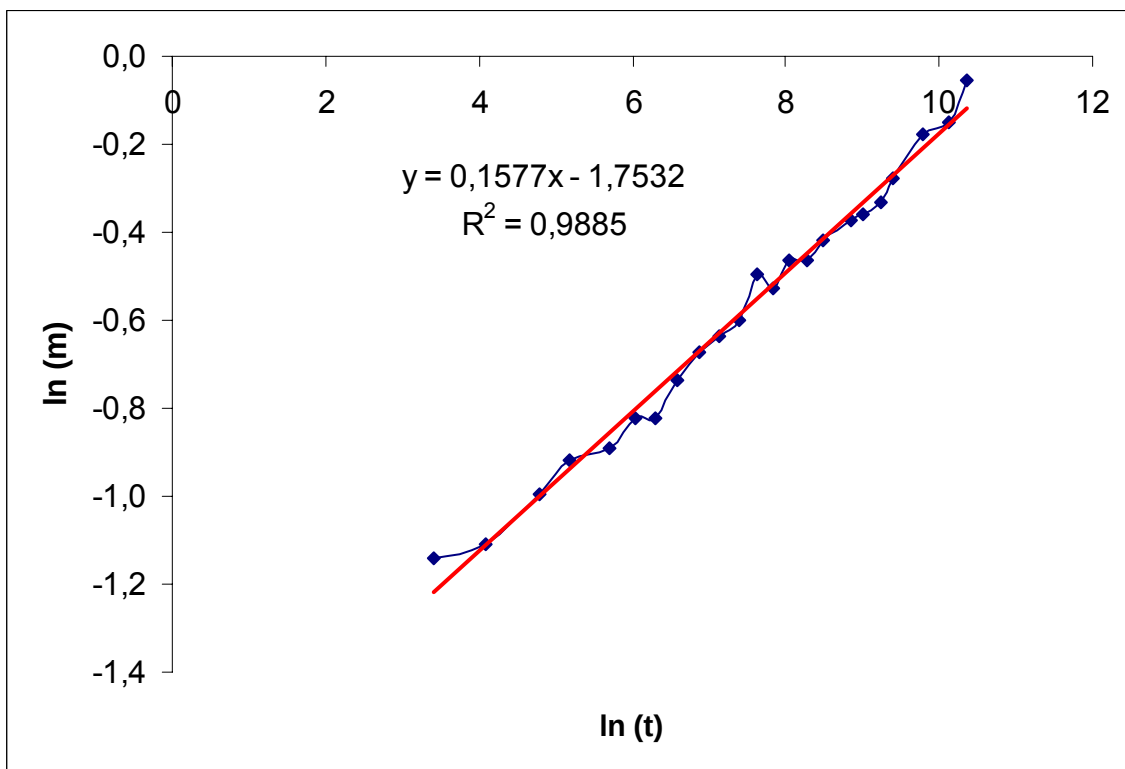
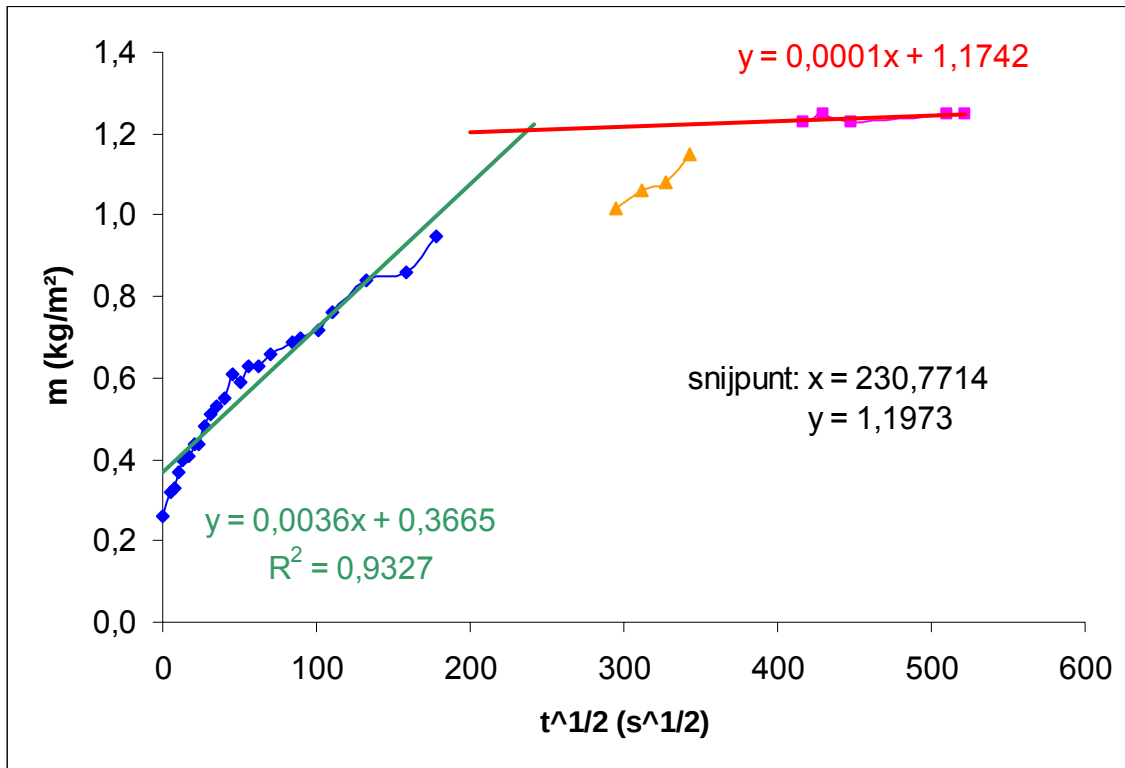
gegevens		Isoproc Celit C					
		horizontaal 1					
		d (mm) :		18			
		afmetingen (mm) :		141 x 70			
		contactopp (m²):		0,00987			
		densiteit (kg/m³):		267,93			
		drooggewicht (kg):		0,045			
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0026	0,0000	0,2634	0,0476	#GETAL!	-1,3340
2	30	0,0033	5,4772	0,3343	0,0483	3,4012	-1,0956
3	60	0,0035	7,7460	0,3546	0,0485	4,0943	-1,0367
4	90	0,0037	9,4868	0,3749	0,0487	4,4998	-0,9812
5	120	0,0038	10,9545	0,3850	0,0488	4,7875	-0,9545
6	180	0,0045	13,4164	0,4559	0,0495	5,1930	-0,7854
7	240	0,0045	15,4919	0,4559	0,0495	5,4806	-0,7854
8	480	0,0047	21,9089	0,4762	0,0497	6,1738	-0,7419
9	720	0,0049	26,8328	0,4965	0,0499	6,5793	-0,7003
10	1020	0,0052	31,9374	0,5268	0,0502	6,9276	-0,6408
11	1380	0,0058	37,1484	0,5876	0,0508	7,2298	-0,5316
12	1800	0,0060	42,4264	0,6079	0,0510	7,4955	-0,4977
13	2280	0,0064	47,7493	0,6484	0,0514	7,7319	-0,4332
14	2820	0,0060	53,1037	0,6079	0,0510	7,9445	-0,4977
15	3480	0,0067	58,9915	0,6788	0,0517	8,1548	-0,3874
16	4260	0,0070	65,2687	0,7092	0,0520	8,3570	-0,3436
17	5100	0,0072	71,4143	0,7295	0,0522	8,5370	-0,3154
18	7320	0,0072	85,5570	0,7295	0,0522	8,8984	-0,3154
19	8400	0,0074	91,6515	0,7497	0,0524	9,0360	-0,2880
20	10560	0,0078	102,7619	0,7903	0,0528	9,2648	-0,2354
21	12420	0,0079	111,4451	0,8004	0,0529	9,4271	-0,2226
22	17940	0,0092	133,9403	0,9321	0,0542	9,7948	-0,0703
23	25440	0,0095	159,4992	0,9625	0,0545	10,1441	-0,0382
24	32160	0,0095	179,3321	0,9625	0,0545	10,3785	-0,0382
25	87240	0,0108	295,3642	1,0942	0,0558	11,3764	0,0900
26	97260	0,0108	311,8654	1,0942	0,0558	11,4851	0,0900
27	107820	0,0113	328,3596	1,1449	0,0563	11,5882	0,1353
28	117900	0,0117	343,3657	1,1854	0,0567	11,6776	0,1701
29	173100	0,0116	416,0529	1,1753	0,0566	12,0616	0,1615
30	183900	0,0124	428,8356	1,2563	0,0574	12,1221	0,2282
31	200040	0,0117	447,2583	1,1854	0,0567	12,2063	0,1701
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0045					
w _c (kg/m³) =		60,19					





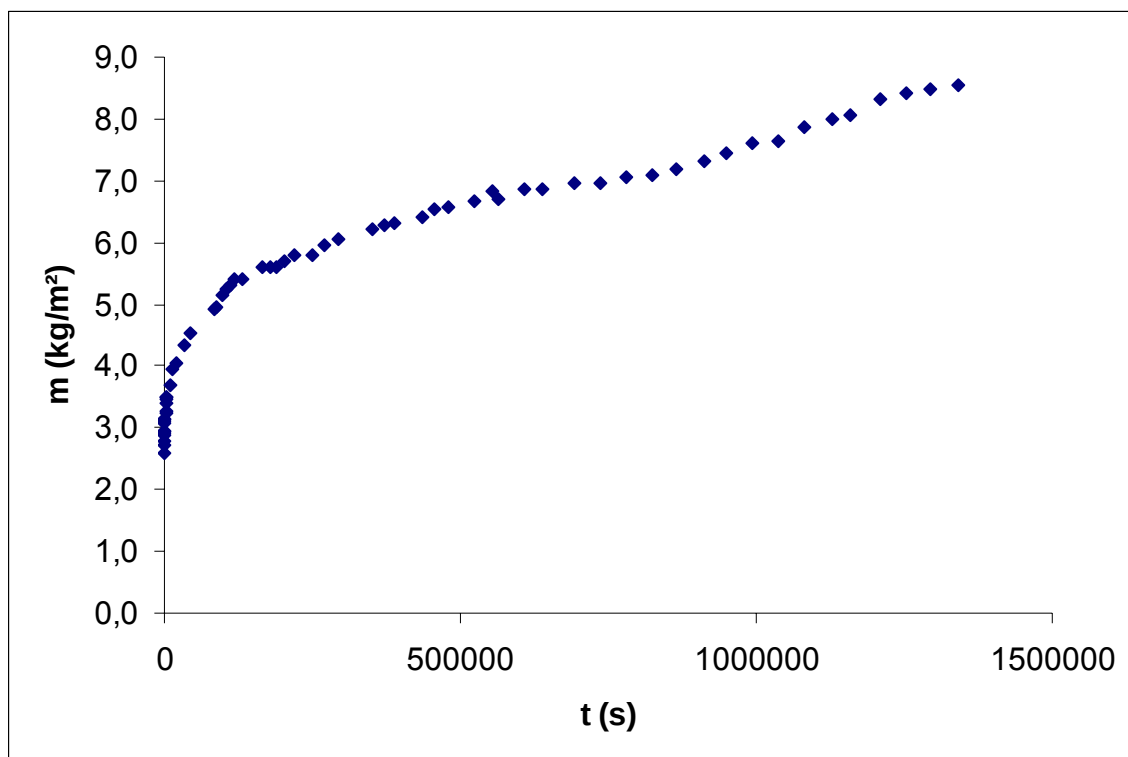
gegevens	Isoproc Celit C horizontaal 2 d (mm) : 18 afmetingen (mm) : 141 x 71 contactopp (m²): 0,010011 densiteit (kg/m³): 270,81 drooggewicht (kg): 0,0462						
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0026	0,0000	0,2597	0,0488	#GETAL!	-1,3482
2	30	0,0032	5,4772	0,3196	0,0494	3,4012	-1,1405
3	60	0,0033	7,7460	0,3296	0,0495	4,0943	-1,1098
4	120	0,0037	10,9545	0,3696	0,0499	4,7875	-0,9954
5	180	0,0040	13,4164	0,3996	0,0502	5,1930	-0,9174
6	300	0,0041	17,3205	0,4095	0,0503	5,7038	-0,8927
7	420	0,0044	20,4939	0,4395	0,0506	6,0403	-0,8221
8	540	0,0044	23,2379	0,4395	0,0506	6,2916	-0,8221
9	720	0,0048	26,8328	0,4795	0,0510	6,5793	-0,7351
10	960	0,0051	30,9839	0,5094	0,0513	6,8669	-0,6744
11	1260	0,0053	35,4965	0,5294	0,0515	7,1389	-0,6360
12	1620	0,0055	40,2492	0,5494	0,0517	7,3902	-0,5989
13	2040	0,0061	45,1664	0,6093	0,0523	7,6207	-0,4954
14	2520	0,0059	50,1996	0,5894	0,0521	7,8320	-0,5287
15	3120	0,0063	55,8570	0,6293	0,0525	8,0456	-0,4631
16	3900	0,0063	62,4500	0,6293	0,0525	8,2687	-0,4631
17	4860	0,0066	69,7137	0,6593	0,0528	8,4888	-0,4166
18	7020	0,0069	83,7854	0,6892	0,0531	8,8565	-0,3722
19	8100	0,0070	90,0000	0,6992	0,0532	8,9996	-0,3578
20	10320	0,0072	101,5874	0,7192	0,0534	9,2418	-0,3296
21	12120	0,0076	110,0909	0,7592	0,0538	9,4026	-0,2755
22	17640	0,0084	132,8157	0,8391	0,0546	9,7779	-0,1755
23	25200	0,0086	158,7451	0,8591	0,0548	10,1346	-0,1519
24	31860	0,0095	178,4937	0,9490	0,0557	10,3691	-0,0524
25	86940	0,0102	294,8559	1,0189	0,0564	11,3730	0,0187
26	96960	0,0106	311,3840	1,0588	0,0568	11,4821	0,0572
27	107520	0,0108	327,9024	1,0788	0,0570	11,5854	0,0759
28	117660	0,0115	343,0160	1,1487	0,0577	11,6756	0,1387
29	173460	0,0123	416,4853	1,2286	0,0585	12,0637	0,2059
30	184260	0,0125	429,2552	1,2486	0,0587	12,1241	0,2220
31	200400	0,0123	447,6606	1,2286	0,0585	12,2081	0,2059
32	259920	0,0125	509,8235	1,2486	0,0587	12,4681	0,2220
33	273000	0,0125	522,4940	1,2486	0,0587	12,5172	0,2220
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0036					
w _c (kg/m³) =		66,52					

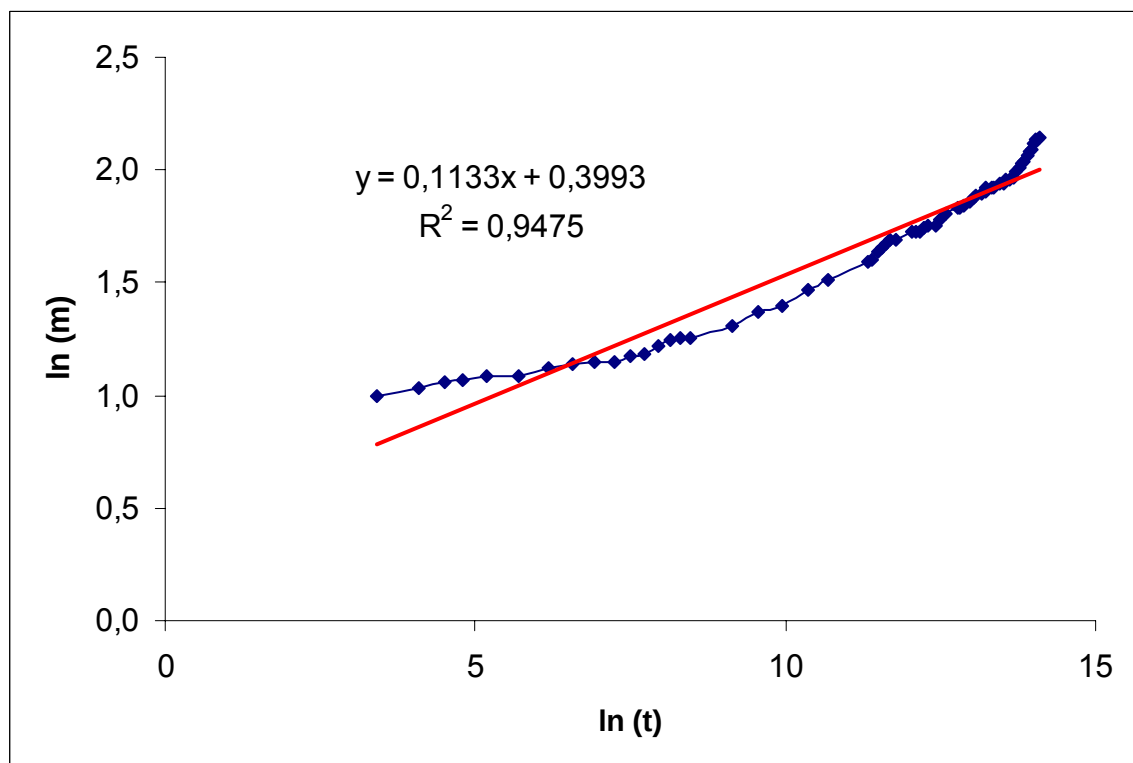
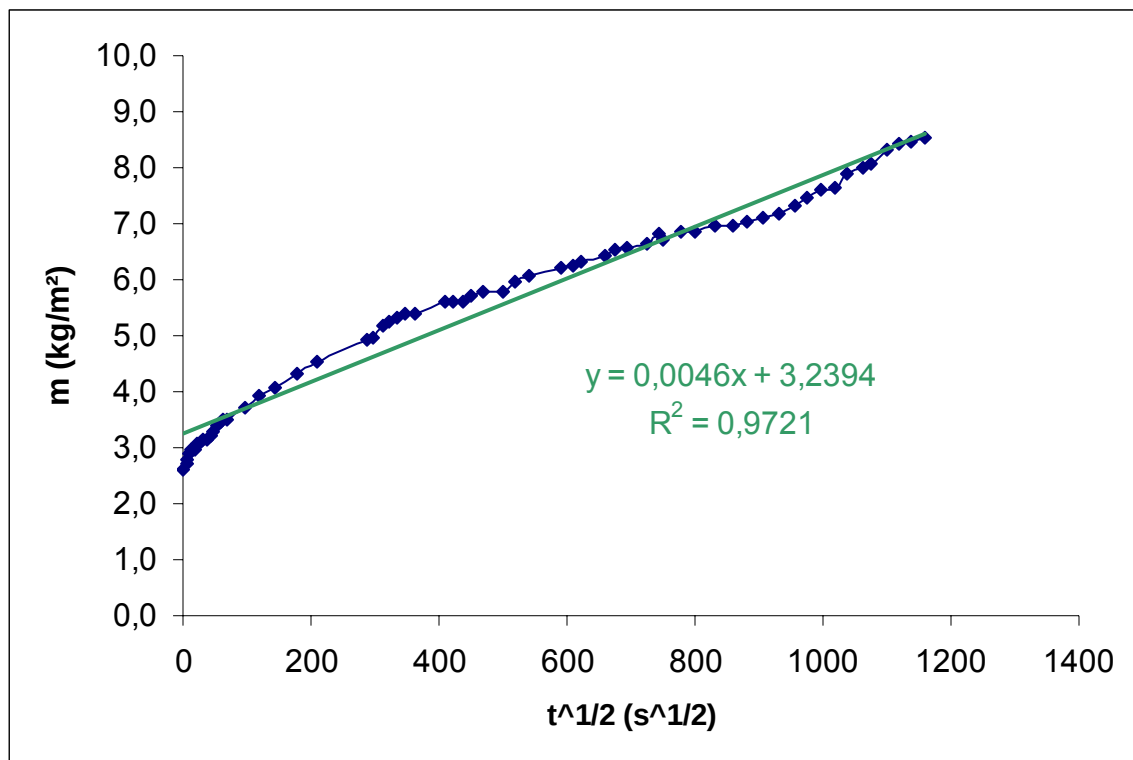




gegevens		Isoproc Celit C					
		verticaal 3					
		d (mm) :	18				
		afmetingen (mm) :	141 x 139				
		contactopp (m²):	0,002538				
		densiteit (kg/m³):	271,27				
		drooggewicht (kg):	0,0891				
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0066	0,0000	2,6005	0,0957	#GETAL!	0,9557
2	30	0,0069	5,4772	2,7187	0,0960	3,4012	1,0001
3	60	0,0071	7,7460	2,7975	0,0962	4,0943	1,0287
4	90	0,0073	9,4868	2,8763	0,0964	4,4998	1,0565
5	120	0,0074	10,9545	2,9157	0,0965	4,7875	1,0701
6	180	0,0075	13,4164	2,9551	0,0966	5,1930	1,0835
7	300	0,0075	17,3205	2,9551	0,0966	5,7038	1,0835
8	480	0,0078	21,9089	3,0733	0,0969	6,1738	1,1227
9	720	0,0079	26,8328	3,1127	0,0970	6,5793	1,1355
10	1020	0,0080	31,9374	3,1521	0,0971	6,9276	1,1481
11	1380	0,0080	37,1484	3,1521	0,0971	7,2298	1,1481
12	1800	0,0082	42,4264	3,2309	0,0973	7,4955	1,1728
13	2280	0,0083	47,7493	3,2703	0,0974	7,7319	1,1849
14	2820	0,0086	53,1037	3,3885	0,0977	7,9445	1,2204
15	3480	0,0088	58,9915	3,4673	0,0979	8,1548	1,2434
16	4080	0,0089	63,8749	3,5067	0,0980	8,3139	1,2547
17	4740	0,0089	68,8477	3,5067	0,0980	8,4638	1,2547
18	9420	0,0094	97,0567	3,7037	0,0985	9,1506	1,3093
19	14280	0,0100	119,4990	3,9401	0,0991	9,5666	1,3712
20	20940	0,0103	144,7066	4,0583	0,0994	9,9494	1,4008
21	32100	0,0110	179,1647	4,3341	0,1001	10,3766	1,4665
22	44400	0,0115	210,7131	4,5311	0,1006	10,7010	1,5110
23	82920	0,0125	287,9583	4,9251	0,1016	11,3256	1,5944
24	88380	0,0126	297,2877	4,9645	0,1017	11,3894	1,6023
25	97740	0,0131	312,6340	5,1615	0,1022	11,4901	1,6412
26	104460	0,0133	323,2027	5,2403	0,1024	11,5566	1,6564
27	112440	0,0135	335,3207	5,3191	0,1026	11,6302	1,6713
28	119460	0,0137	345,6299	5,3980	0,1028	11,6907	1,6860
29	132360	0,0137	363,8131	5,3980	0,1028	11,7933	1,6860
30	166560	0,0142	408,1176	5,5950	0,1033	12,0231	1,7219
31	177960	0,0142	421,8531	5,5950	0,1033	12,0893	1,7219
32	190860	0,0142	436,8753	5,5950	0,1033	12,1593	1,7219
33	202800	0,0145	450,3332	5,7132	0,1036	12,2200	1,7428
34	218460	0,0147	467,3970	5,7920	0,1038	12,2944	1,7565
35	250320	0,0147	500,3199	5,7920	0,1038	12,4305	1,7565
36	268800	0,0151	518,4593	5,9496	0,1042	12,5017	1,7833
37	292920	0,0154	541,2208	6,0678	0,1045	12,5877	1,8030
38	350160	0,0158	591,7432	6,2254	0,1049	12,7661	1,8286
39	370920	0,0159	609,0320	6,2648	0,1050	12,8237	1,8349
40	388500	0,0160	623,2977	6,3042	0,1051	12,8700	1,8412

41	436500	0,0163	660,6815	6,4224	0,1054	12,9865	1,8598
42	457140	0,0166	676,1213	6,5406	0,1057	13,0327	1,8780
43	479880	0,0167	692,7337	6,5800	0,1058	13,0813	1,8840
44	524580	0,0169	724,2790	6,6588	0,1060	13,1704	1,8959
45	552720	0,0173	743,4514	6,8164	0,1064	13,2226	1,9193
46	564780	0,0170	751,5185	6,6982	0,1061	13,2442	1,9018
47	607500	0,0174	779,4229	6,8558	0,1065	13,3171	1,9251
48	638760	0,0174	799,2246	6,8558	0,1065	13,3673	1,9251
49	691680	0,0177	831,6730	6,9740	0,1068	13,4469	1,9422
50	737220	0,0177	858,6152	6,9740	0,1068	13,5106	1,9422
51	778800	0,0179	882,4965	7,0528	0,1070	13,5655	1,9534
52	823620	0,0180	907,5351	7,0922	0,1071	13,6215	1,9590
53	866400	0,0182	930,8061	7,1710	0,1073	13,6721	1,9700
54	912300	0,0186	955,1440	7,3286	0,1077	13,7237	1,9918
55	950280	0,0189	974,8231	7,4468	0,1080	13,7645	2,0078
56	993240	0,0193	996,6143	7,6044	0,1084	13,8087	2,0287
57	1038240	0,0194	1018,9406	7,6438	0,1085	13,8530	2,0339
58	1079460	0,0200	1038,9706	7,8802	0,1091	13,8920	2,0644
59	1129020	0,0203	1062,5535	7,9984	0,1094	13,9369	2,0792
60	1157700	0,0205	1075,9647	8,0772	0,1096	13,9619	2,0890
61	1210260	0,0211	1100,1182	8,3136	0,1102	14,0063	2,1179
62	1252500	0,0214	1119,1515	8,4318	0,1105	14,0407	2,1320
63	1294080	0,0215	1137,5764	8,4712	0,1106	14,0733	2,1367
64	1341600	0,0217	1158,2746	8,5500	0,1108	14,1094	2,1459
A (kg/(m ² *s ^{1/2})) =		0,0046					

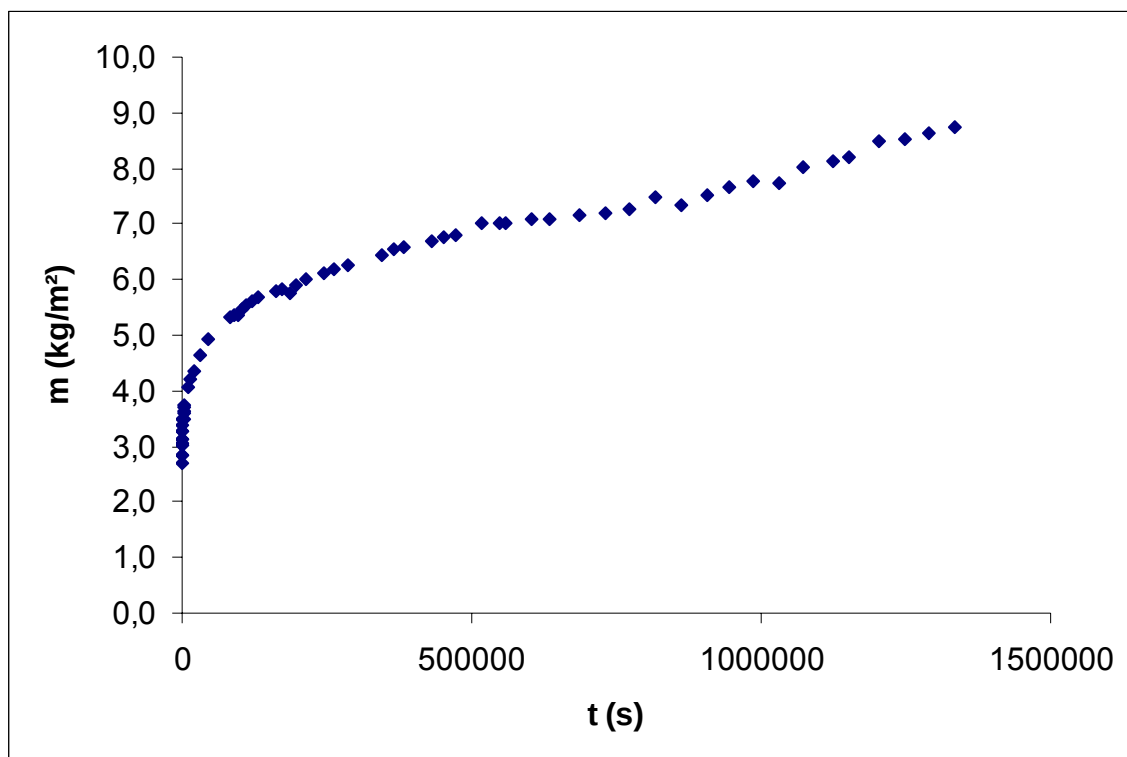


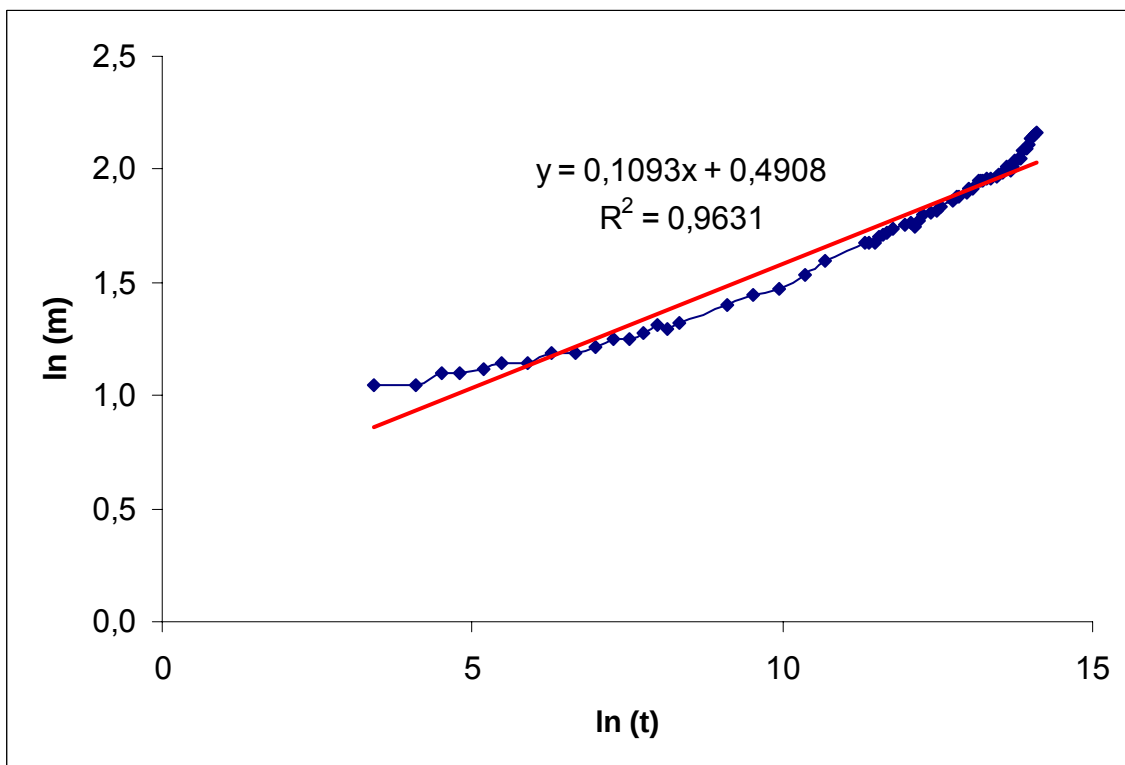
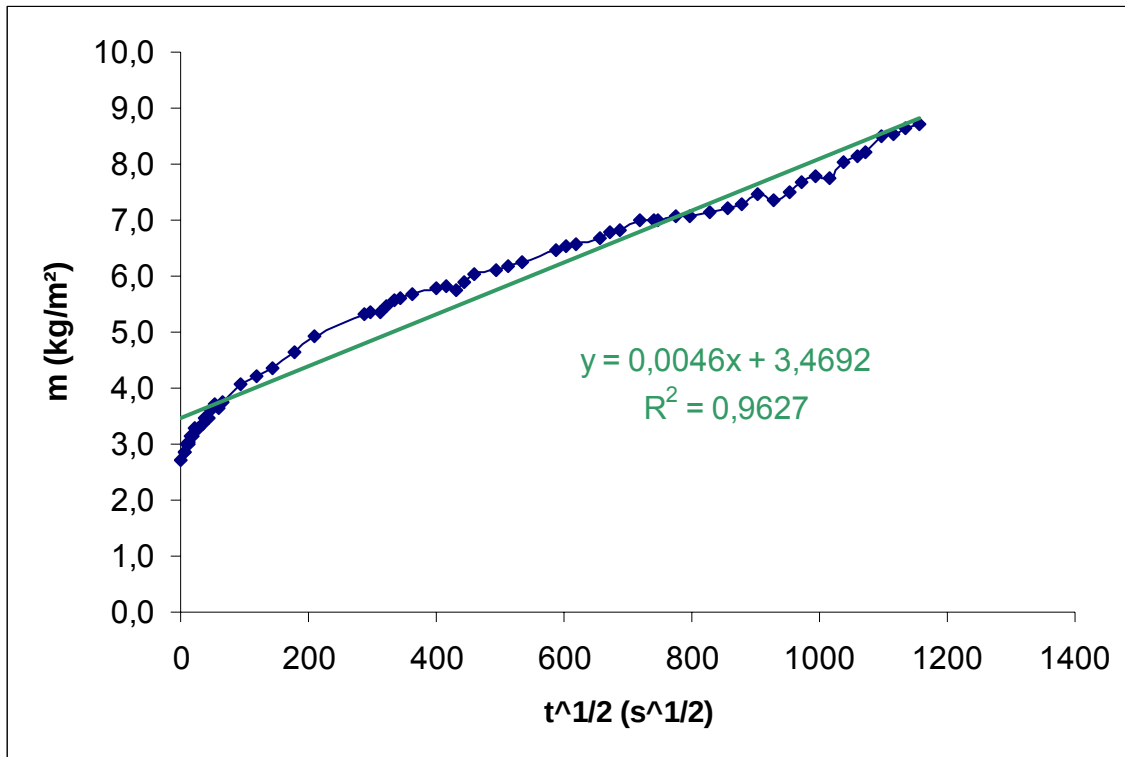


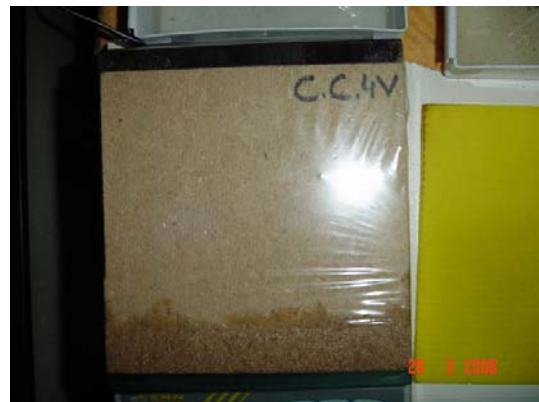


gegevens		Isoproc Celit C					
		verticaal 4					
		d (mm) :	18				
		afmetingen (mm) :	142 x 141				
		contactopp (m²):	0,002556				
		densiteit (kg/m³):	274,98				
		drooggewicht (kg):	0,0922				
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0069	0,0000	2,6995	0,0991	#GETAL!	0,9931
2	30	0,0073	5,4772	2,8560	0,0995	3,4012	1,0494
3	60	0,0073	7,7460	2,8560	0,0995	4,0943	1,0494
4	90	0,0077	9,4868	3,0125	0,0999	4,4998	1,1028
5	120	0,0077	10,9545	3,0125	0,0999	4,7875	1,1028
6	180	0,0078	13,4164	3,0516	0,1000	5,1930	1,1157
7	240	0,0080	15,4919	3,1299	0,1002	5,4806	1,1410
8	360	0,0080	18,9737	3,1299	0,1002	5,8861	1,1410
9	540	0,0084	23,2379	3,2864	0,1006	6,2916	1,1898
10	780	0,0084	27,9285	3,2864	0,1006	6,6593	1,1898
11	1080	0,0086	32,8634	3,3646	0,1008	6,9847	1,2133
12	1440	0,0089	37,9473	3,4820	0,1011	7,2724	1,2476
13	1860	0,0089	43,1277	3,4820	0,1011	7,5283	1,2476
14	2340	0,0092	48,3735	3,5994	0,1014	7,7579	1,2808
15	2940	0,0095	54,2218	3,7167	0,1017	7,9862	1,3128
16	3480	0,0093	58,9915	3,6385	0,1015	8,1548	1,2916
17	4140	0,0096	64,3428	3,7559	0,1018	8,3285	1,3233
18	9060	0,0104	95,1840	4,0689	0,1026	9,1116	1,4034
19	13740	0,0108	117,2177	4,2254	0,1030	9,5281	1,4411
20	20580	0,0111	143,4573	4,3427	0,1033	9,9321	1,4685
21	31680	0,0119	177,9888	4,6557	0,1041	10,3634	1,5381
22	43980	0,0126	209,7141	4,9296	0,1048	10,6915	1,5953
23	82500	0,0136	287,2281	5,3208	0,1058	11,3206	1,6716
24	88020	0,0137	296,6816	5,3599	0,1059	11,3853	1,6790
25	97380	0,0137	312,0577	5,3599	0,1059	11,4864	1,6790
26	104040	0,0140	322,5523	5,4773	0,1062	11,5525	1,7006
27	112020	0,0142	334,6939	5,5556	0,1064	11,6264	1,7148
28	119100	0,0143	345,1087	5,5947	0,1065	11,6877	1,7218
29	131940	0,0145	363,2355	5,6729	0,1067	11,7901	1,7357
30	160500	0,0148	400,6245	5,7903	0,1070	11,9860	1,7562
31	171960	0,0149	414,6806	5,8294	0,1071	12,0550	1,7629
32	184800	0,0147	429,8837	5,7512	0,1069	12,1270	1,7494
33	196680	0,0151	443,4862	5,9077	0,1073	12,1893	1,7763
34	212340	0,0154	460,8036	6,0250	0,1076	12,2659	1,7959
35	244260	0,0156	494,2267	6,1033	0,1078	12,4060	1,8088
36	262680	0,0158	512,5232	6,1815	0,1080	12,4787	1,8216
37	286800	0,0160	535,5371	6,2598	0,1082	12,5665	1,8341
38	344100	0,0165	586,6004	6,4554	0,1087	12,7487	1,8649
39	364800	0,0167	603,9868	6,5336	0,1089	12,8071	1,8770
40	382380	0,0168	618,3688	6,5728	0,1090	12,8542	1,8829

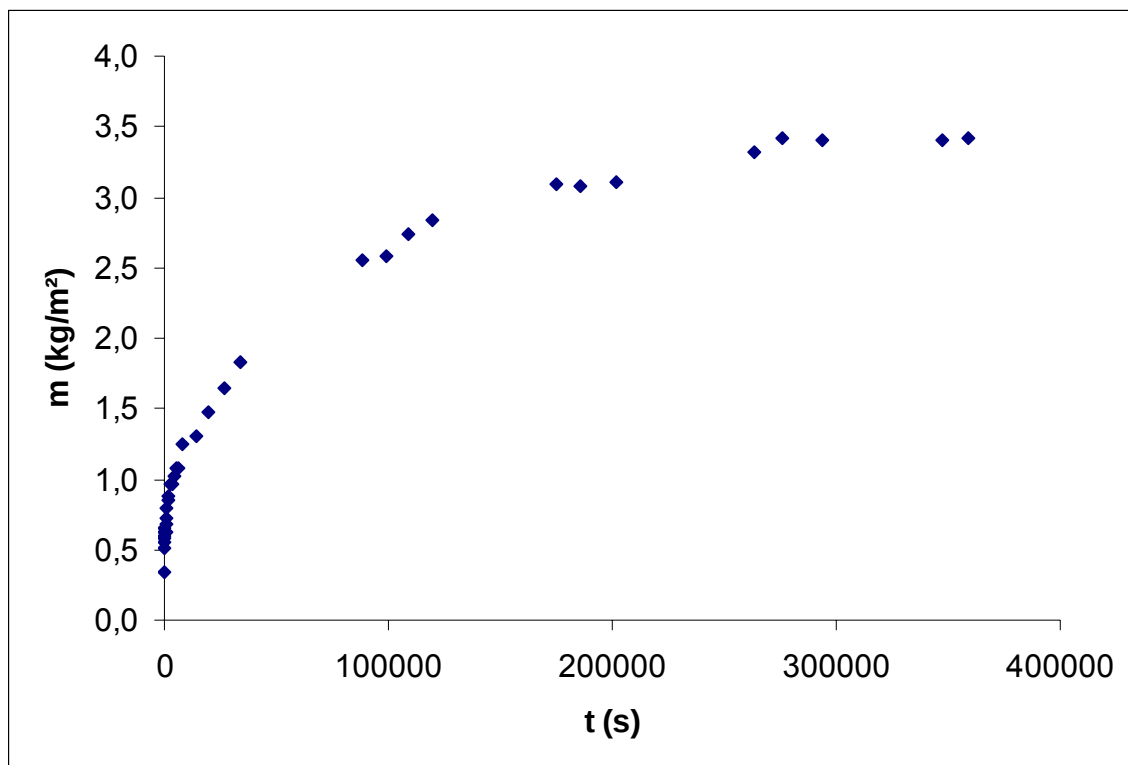
41	430380	0,0171	656,0335	6,6901	0,1093	12,9724	1,9006
42	451080	0,0173	671,6249	6,7684	0,1095	13,0194	1,9123
43	473820	0,0174	688,3458	6,8075	0,1096	13,0686	1,9180
44	518520	0,0179	720,0833	7,0031	0,1101	13,1587	1,9464
45	546600	0,0179	739,3240	7,0031	0,1101	13,2115	1,9464
46	559260	0,0179	747,8369	7,0031	0,1101	13,2344	1,9464
47	602040	0,0181	775,9124	7,0814	0,1103	13,3081	1,9575
48	633300	0,0181	795,8015	7,0814	0,1103	13,3587	1,9575
49	686160	0,0183	828,3478	7,1596	0,1105	13,4389	1,9685
50	731760	0,0184	855,4297	7,1987	0,1106	13,5032	1,9739
51	773280	0,0186	879,3634	7,2770	0,1108	13,5584	1,9847
52	818100	0,0191	904,4888	7,4726	0,1113	13,6147	2,0112
53	860880	0,0188	927,8362	7,3552	0,1110	13,6657	1,9954
54	906780	0,0192	952,2500	7,5117	0,1114	13,7177	2,0165
55	944760	0,0196	971,9877	7,6682	0,1118	13,7587	2,0371
56	987720	0,0199	993,8410	7,7856	0,1121	13,8032	2,0523
57	1032720	0,0198	1016,2283	7,7465	0,1120	13,8477	2,0472
58	1074000	0,0205	1036,3397	8,0203	0,1127	13,8869	2,0820
59	1123560	0,0208	1059,9811	8,1377	0,1130	13,9320	2,0965
60	1152180	0,0210	1073,3965	8,2160	0,1132	13,9572	2,1061
61	1204740	0,0217	1097,6065	8,4898	0,1139	14,0018	2,1389
62	1246980	0,0218	1116,6826	8,5290	0,1140	14,0362	2,1435
63	1288560	0,0221	1135,1476	8,6463	0,1143	14,0690	2,1571
64	1336140	0,0223	1155,9152	8,7246	0,1145	14,1053	2,1661
A (kg/(m ² *s ^{1/2})) =		0,0046					

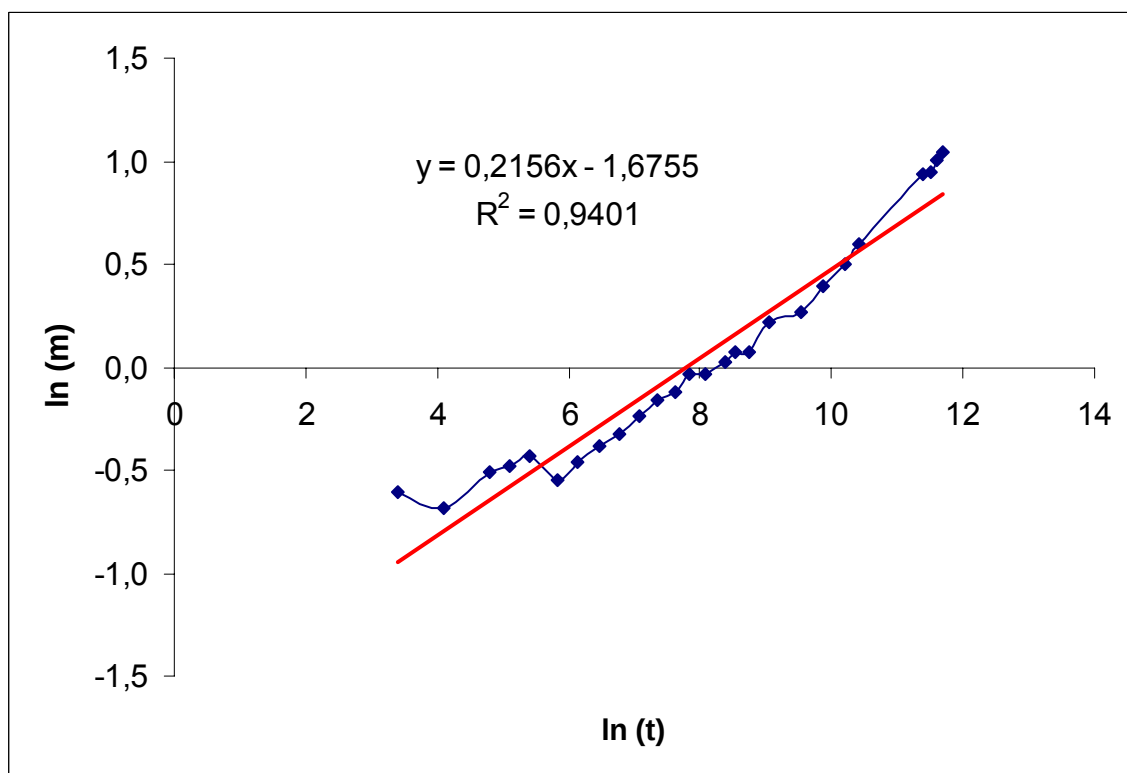
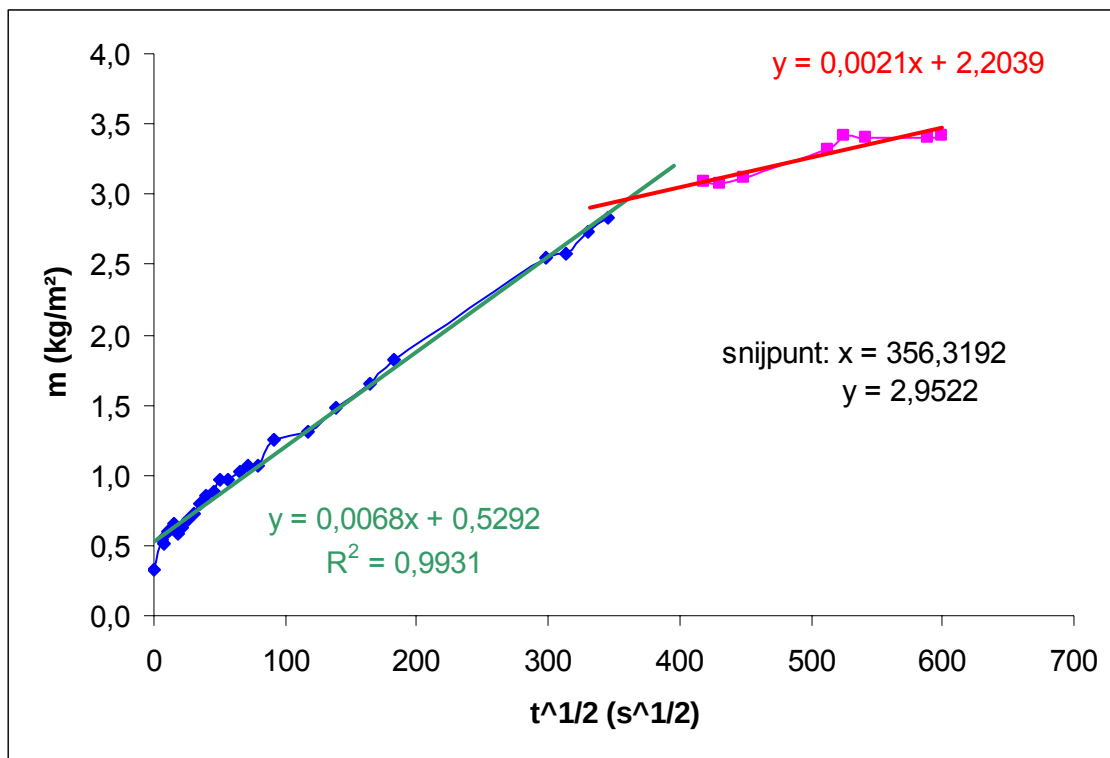




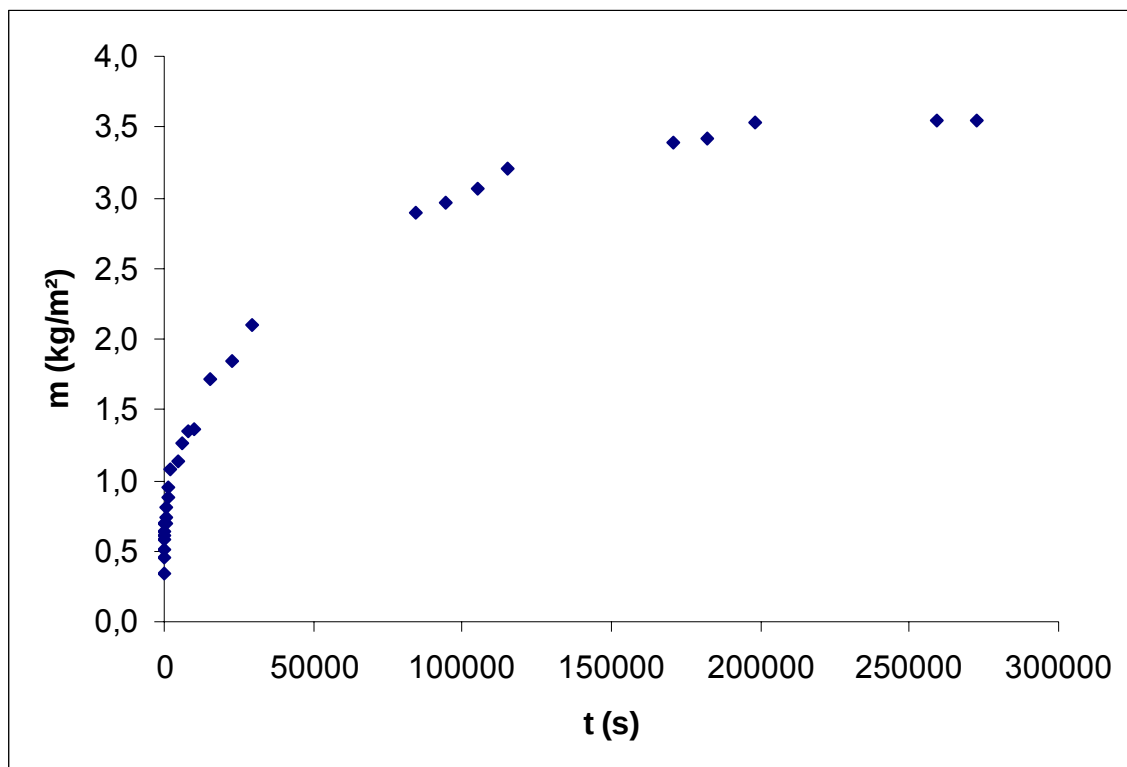


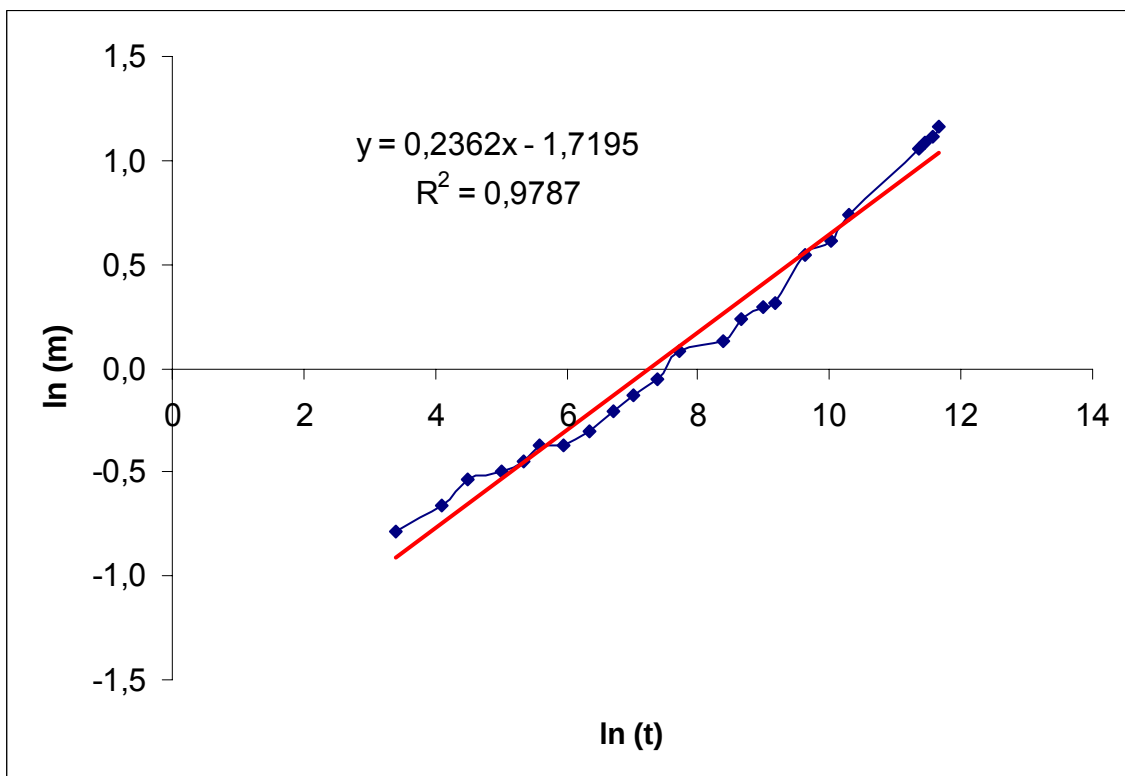
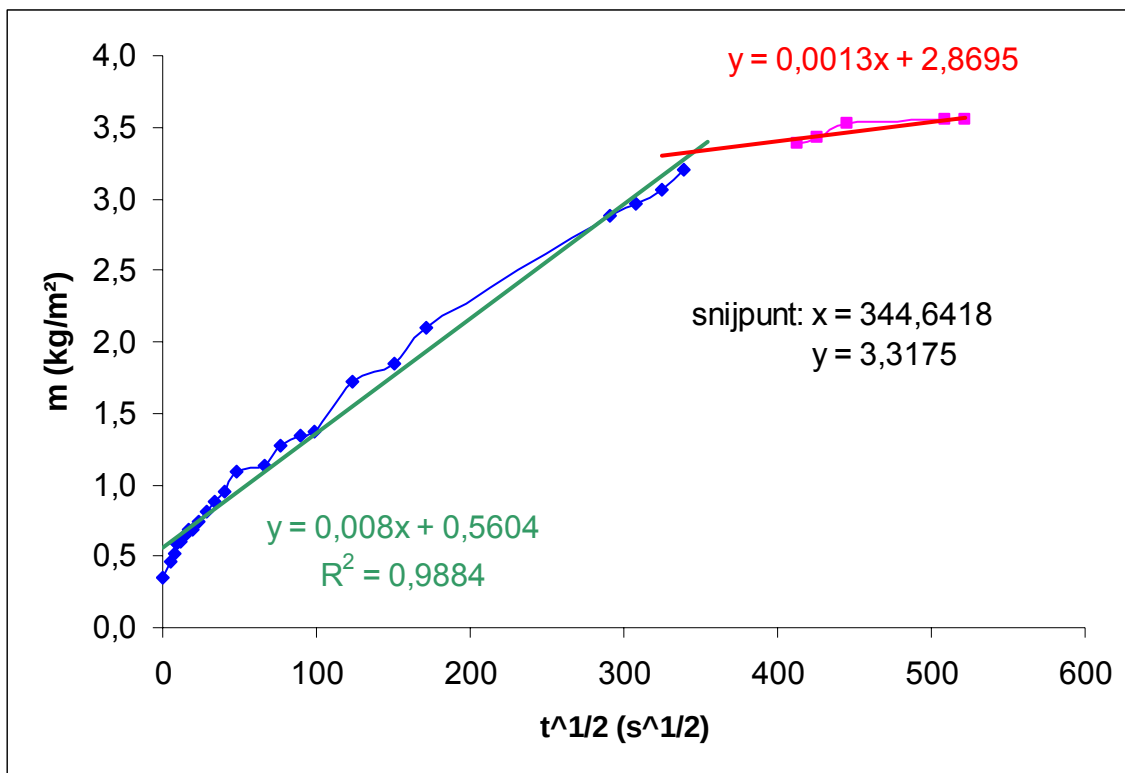
gegevens		Isoproc Celit D						
		horizontaal 1						
		d (mm) :	22					
		afmetingen (mm) :	141 x 70					
		contactopp (m²):	0,00987					
		densiteit (kg/m³):	270,33					
		drooggewicht (kg):	0,0554					
metingen:								
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m	
1	0	0,0033	0,0000	0,3343	0,0587	#GETAL!	-1,0956	
2	30	0,0054	5,4772	0,5471	0,0608	3,4012	-0,6031	
3	60	0,0050	7,7460	0,5066	0,0604	4,0943	-0,6801	
4	120	0,0059	10,9545	0,5978	0,0613	4,7875	-0,5145	
5	165	0,0061	12,8452	0,6180	0,0615	5,1059	-0,4812	
6	225	0,0064	15,0000	0,6484	0,0618	5,4161	-0,4332	
7	345	0,0057	18,5742	0,5775	0,0611	5,8435	-0,5490	
8	465	0,0062	21,5639	0,6282	0,0616	6,1420	-0,4650	
9	645	0,0067	25,3969	0,6788	0,0621	6,4693	-0,3874	
10	885	0,0071	29,7489	0,7194	0,0625	6,7856	-0,3294	
11	1185	0,0078	34,4238	0,7903	0,0632	7,0775	-0,2354	
12	1545	0,0084	39,3065	0,8511	0,0638	7,3428	-0,1613	
13	2025	0,0087	45,0000	0,8815	0,0641	7,6133	-0,1262	
14	2565	0,0095	50,6458	0,9625	0,0649	7,8497	-0,0382	
15	3225	0,0095	56,7891	0,9625	0,0649	8,0787	-0,0382	
16	4365	0,0101	66,0681	1,0233	0,0655	8,3814	0,0230	
17	5145	0,0106	71,7287	1,0740	0,0660	8,5458	0,0714	
18	6225	0,0106	78,8987	1,0740	0,0660	8,7363	0,0714	
19	8445	0,0123	91,8967	1,2462	0,0677	9,0413	0,2201	
20	13845	0,0129	117,6648	1,3070	0,0683	9,5357	0,2677	
21	19365	0,0146	139,1582	1,4792	0,0700	9,8712	0,3915	
22	26865	0,0163	163,9055	1,6515	0,0717	10,1986	0,5017	
23	33585	0,0180	183,2621	1,8237	0,0734	10,4218	0,6009	
24	88665	0,0252	297,7667	2,5532	0,0806	11,3926	0,9373	
25	98685	0,0255	314,1417	2,5836	0,0809	11,4997	0,9492	
26	109185	0,0270	330,4315	2,7356	0,0824	11,6008	1,0063	
27	119385	0,0280	345,5213	2,8369	0,0834	11,6901	1,0427	
28	175185	0,0305	418,5511	3,0902	0,0859	12,0736	1,1282	
29	185985	0,0304	431,2598	3,0800	0,0858	12,1334	1,1249	
30	202185	0,0307	449,6499	3,1104	0,0861	12,2169	1,1348	
31	263265	0,0328	513,0936	3,3232	0,0882	12,4809	1,2009	
32	276285	0,0337	525,6282	3,4144	0,0891	12,5292	1,2280	
33	293505	0,0336	541,7610	3,4043	0,0890	12,5896	1,2250	
34	347445	0,0336	589,4447	3,4043	0,0890	12,7584	1,2250	
35	359145	0,0337	599,2871	3,4144	0,0891	12,7915	1,2280	
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0068						
w _c (kg/m³) =		134,19						





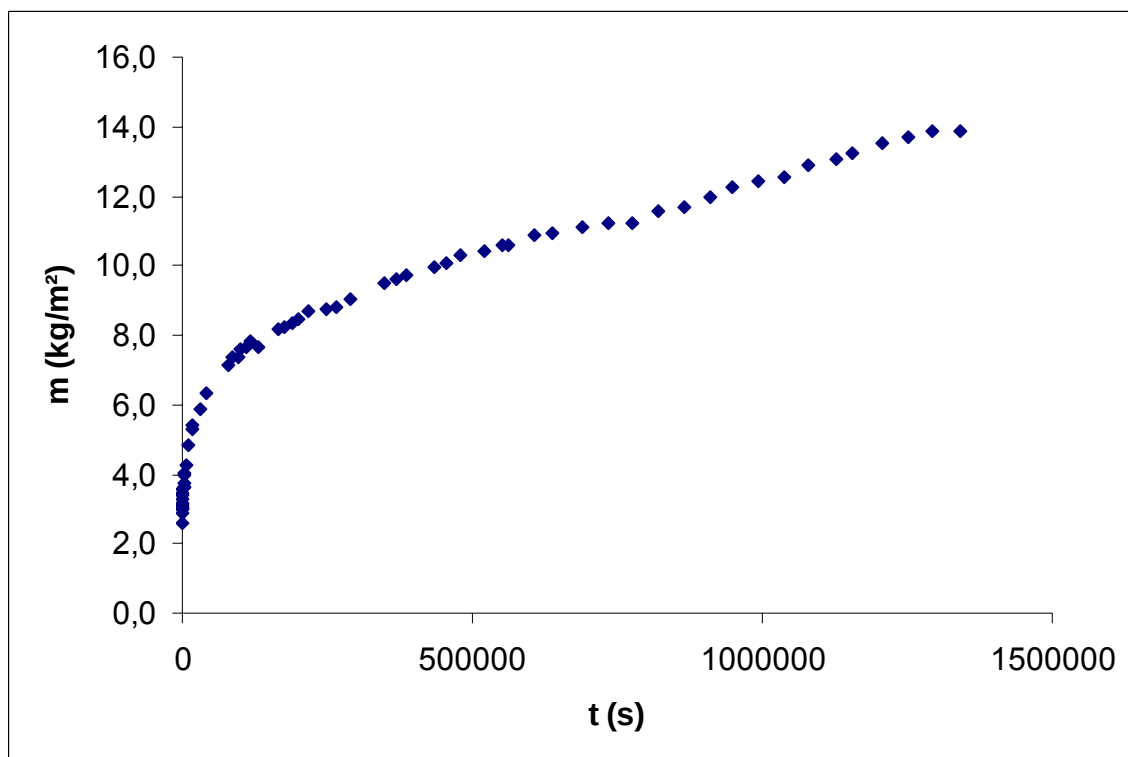
gegevens		Isoproc Celit D					
		horizontaal 2					
		d (mm) :	22				
		afmetingen (mm) :	141 x 71				
		contactopp (m²):	0,00987				
		densiteit (kg/m³):	271,25				
		drooggewicht (kg):	0,0555				
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0034	0,0000	0,3445	0,0589	#GETAL!	-1,0657
2	30	0,0045	5,4772	0,4559	0,0600	3,4012	-0,7854
3	60	0,0051	7,7460	0,5167	0,0606	4,0943	-0,6603
4	90	0,0058	9,4868	0,5876	0,0613	4,4998	-0,5316
5	150	0,0060	12,2474	0,6079	0,0615	5,0106	-0,4977
6	210	0,0063	14,4914	0,6383	0,0618	5,3471	-0,4490
7	270	0,0068	16,4317	0,6890	0,0623	5,5984	-0,3726
8	390	0,0068	19,7484	0,6890	0,0623	5,9661	-0,3726
9	570	0,0073	23,8747	0,7396	0,0628	6,3456	-0,3016
10	810	0,0080	28,4605	0,8105	0,0635	6,6970	-0,2101
11	1110	0,0087	33,3167	0,8815	0,0642	7,0121	-0,1262
12	1590	0,0094	39,8748	0,9524	0,0649	7,3715	-0,0488
13	2250	0,0107	47,4342	1,0841	0,0662	7,7187	0,0807
14	4410	0,0112	66,4078	1,1348	0,0667	8,3916	0,1264
15	5790	0,0125	76,0920	1,2665	0,0680	8,6639	0,2362
16	7950	0,0133	89,1628	1,3475	0,0688	8,9809	0,2983
17	9750	0,0135	98,7421	1,3678	0,0690	9,1850	0,3132
18	15270	0,0170	123,5718	1,7224	0,0725	9,6336	0,5437
19	22830	0,0182	151,0960	1,8440	0,0737	10,0358	0,6119
20	29490	0,0207	171,7265	2,0973	0,0762	10,2918	0,7406
21	84630	0,0285	290,9124	2,8875	0,0840	11,3460	1,0604
22	94650	0,0292	307,6524	2,9585	0,0847	11,4579	1,0847
23	105150	0,0302	324,2684	3,0598	0,0857	11,5631	1,1183
24	115290	0,0316	339,5438	3,2016	0,0871	11,6552	1,1637
25	171090	0,0334	413,6303	3,3840	0,0889	12,0499	1,2191
26	181890	0,0338	426,4856	3,4245	0,0893	12,1112	1,2310
27	198150	0,0348	445,1404	3,5258	0,0903	12,1968	1,2601
28	259350	0,0350	509,2642	3,5461	0,0905	12,4659	1,2658
29	272370	0,0350	521,8908	3,5461	0,0905	12,5149	1,2658
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0080					
w _c (kg/m³) =		150,80					

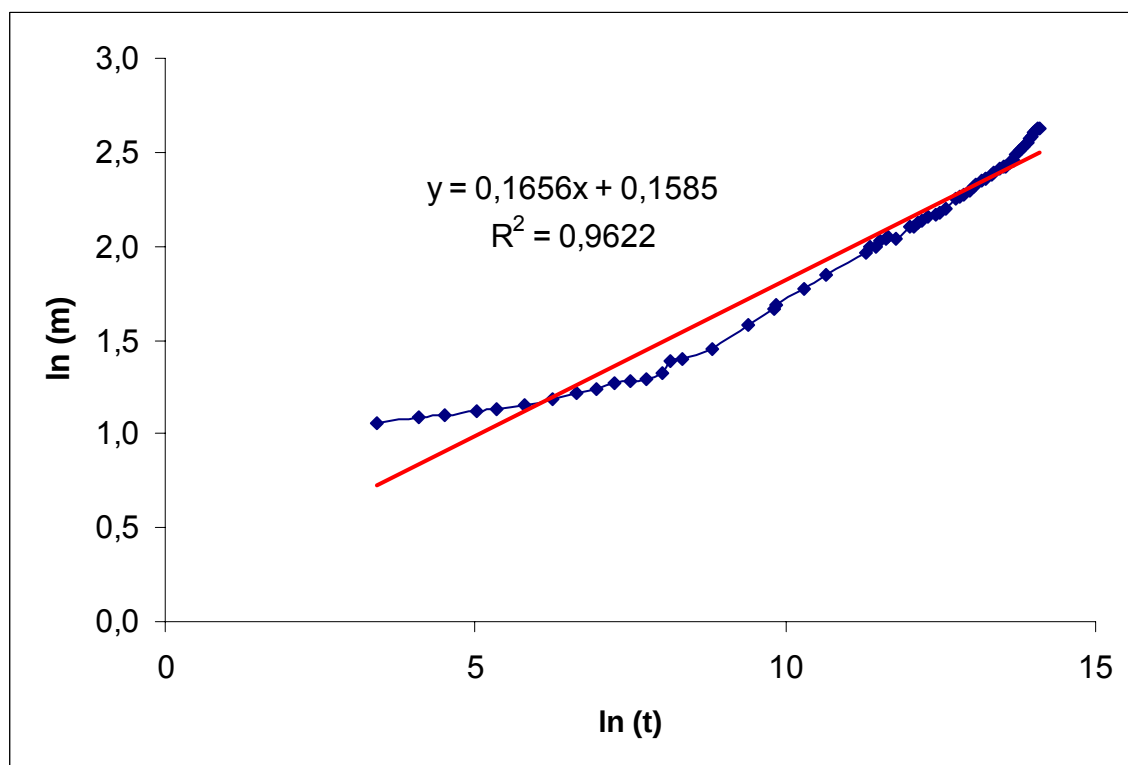
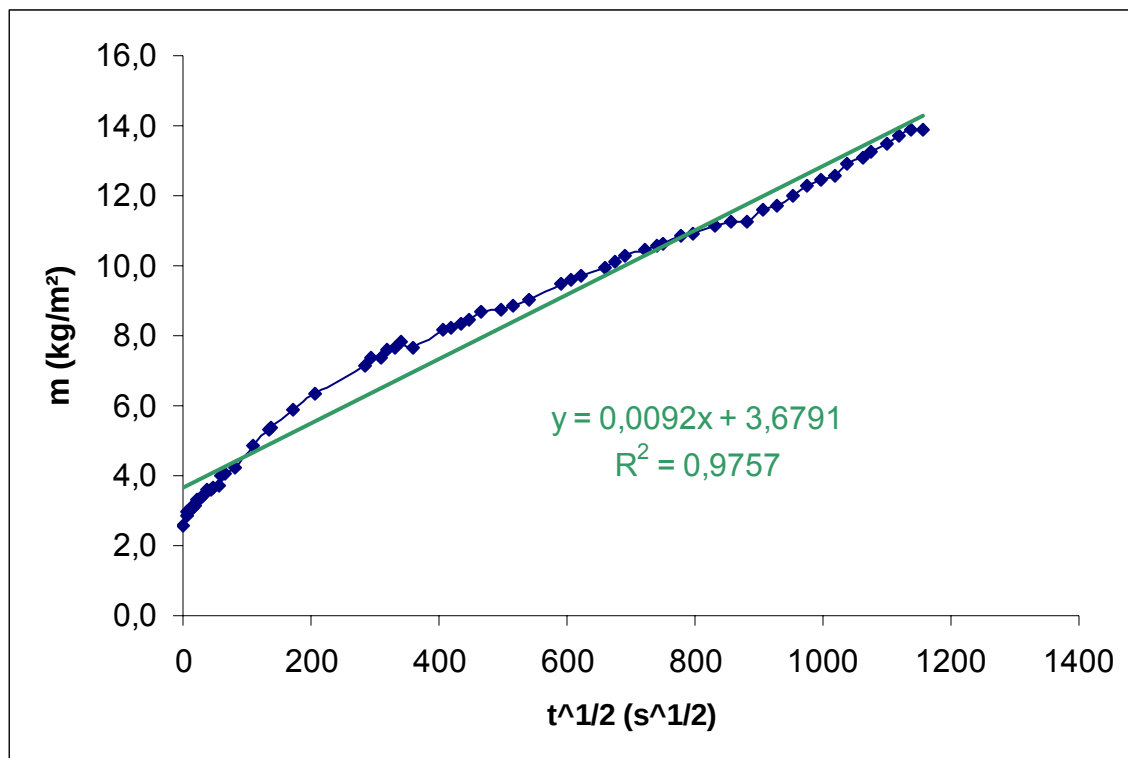


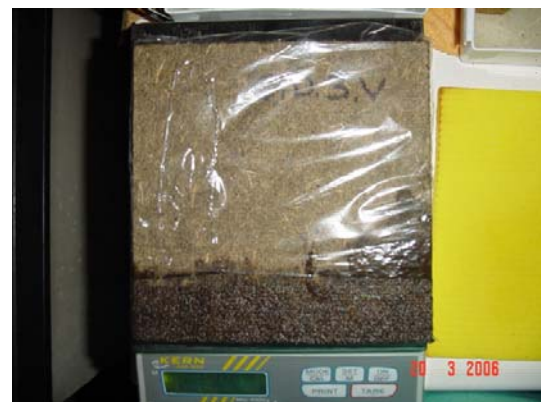


gegevens		Isoproc Celit D					
		verticaal 3					
		d (mm) :	22				
		afmetingen (mm) :	141 x 142				
		contactopp (m²):	0,003102				
		densiteit (kg/m³):	270,61				
		drooggewicht (kg):	0,1112				
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0080	0,0000	2,5790	0,1192	#GETAL!	0,9474
2	30	0,0089	5,4772	2,8691	0,1201	3,4012	1,0540
3	60	0,0092	7,7460	2,9658	0,1204	4,0943	1,0872
4	90	0,0093	9,4868	2,9981	0,1205	4,4998	1,0980
5	150	0,0095	12,2474	3,0625	0,1207	5,0106	1,1192
6	210	0,0096	14,4914	3,0948	0,1208	5,3471	1,1297
7	330	0,0098	18,1659	3,1593	0,1210	5,7991	1,1503
8	510	0,0102	22,5832	3,2882	0,1214	6,2344	1,1903
9	750	0,0105	27,3861	3,3849	0,1217	6,6201	1,2193
10	1050	0,0107	32,4037	3,4494	0,1219	6,9565	1,2382
11	1410	0,0111	37,5500	3,5783	0,1223	7,2513	1,2749
12	1830	0,0112	42,7785	3,6106	0,1224	7,5121	1,2839
13	2310	0,0113	48,0625	3,6428	0,1225	7,7450	1,2928
14	3030	0,0116	55,0454	3,7395	0,1228	8,0163	1,3190
15	3450	0,0124	58,7367	3,9974	0,1236	8,1461	1,3856
16	4110	0,0125	64,1093	4,0297	0,1237	8,3212	1,3937
17	6750	0,0132	82,1584	4,2553	0,1244	8,8173	1,4482
18	11910	0,0150	109,1329	4,8356	0,1262	9,3851	1,5760
19	18270	0,0164	135,1666	5,2869	0,1276	9,8130	1,6652
20	18810	0,0167	137,1496	5,3836	0,1279	9,8421	1,6834
21	29610	0,0182	172,0756	5,8672	0,1294	10,2959	1,7694
22	41910	0,0196	204,7193	6,3185	0,1308	10,6433	1,8435
23	80370	0,0221	283,4960	7,1244	0,1333	11,2944	1,9635
24	85710	0,0228	292,7627	7,3501	0,1340	11,3587	1,9947
25	95010	0,0229	308,2369	7,3823	0,1341	11,4617	1,9991
26	101670	0,0235	318,8573	7,5758	0,1347	11,5295	2,0250
27	109650	0,0238	331,1344	7,6725	0,1350	11,6050	2,0376
28	116790	0,0242	341,7455	7,8014	0,1354	11,6681	2,0543
29	129630	0,0238	360,0417	7,6725	0,1350	11,7724	2,0376
30	163830	0,0253	404,7592	8,1560	0,1365	12,0066	2,0988
31	175230	0,0255	418,6048	8,2205	0,1367	12,0739	2,1066
32	188010	0,0259	433,6012	8,3495	0,1371	12,1443	2,1222
33	200010	0,0262	447,2248	8,4462	0,1374	12,2061	2,1337
34	215730	0,0269	464,4674	8,6718	0,1381	12,2818	2,1601
35	248070	0,0271	498,0663	8,7363	0,1383	12,4215	2,1675
36	266610	0,0274	516,3429	8,8330	0,1386	12,4935	2,1785
37	290790	0,0280	539,2495	9,0264	0,1392	12,5804	2,2002
38	348090	0,0294	589,9915	9,4778	0,1406	12,7602	2,2489
39	368670	0,0298	607,1820	9,6067	0,1410	12,8177	2,2625
40	386310	0,0301	621,5384	9,7034	0,1413	12,8644	2,2725

41	434250	0,0309	658,9765	9,9613	0,1421	12,9814	2,2987
42	455010	0,0313	674,5443	10,0903	0,1425	13,0281	2,3116
43	477750	0,0319	691,1946	10,2837	0,1431	13,0768	2,3306
44	522390	0,0324	722,7655	10,4449	0,1436	13,1662	2,3461
45	550530	0,0328	741,9771	10,5738	0,1440	13,2186	2,3584
46	562530	0,0329	750,0200	10,6061	0,1441	13,2402	2,3614
47	605310	0,0337	778,0167	10,8640	0,1449	13,3135	2,3855
48	636570	0,0339	797,8534	10,9284	0,1451	13,3638	2,3914
49	689430	0,0345	830,3192	11,1219	0,1457	13,4436	2,4089
50	734970	0,0349	857,3039	11,2508	0,1461	13,5076	2,4204
51	776550	0,0349	881,2207	11,2508	0,1461	13,5626	2,4204
52	821430	0,0359	906,3278	11,5732	0,1471	13,6188	2,4487
53	864150	0,0363	929,5967	11,7021	0,1475	13,6695	2,4598
54	910710	0,0372	954,3113	11,9923	0,1484	13,7220	2,4843
55	948630	0,0381	973,9764	12,2824	0,1493	13,7628	2,5082
56	991770	0,0386	995,8765	12,4436	0,1498	13,8072	2,5212
57	1036710	0,0390	1018,1896	12,5725	0,1502	13,8516	2,5315
58	1078050	0,0400	1038,2919	12,8949	0,1512	13,8907	2,5568
59	1127610	0,0406	1061,8898	13,0883	0,1518	13,9356	2,5717
60	1156230	0,0411	1075,2814	13,2495	0,1523	13,9607	2,5840
61	1208550	0,0419	1099,3407	13,5074	0,1531	14,0049	2,6032
62	1251090	0,0425	1118,5213	13,7008	0,1537	14,0395	2,6175
63	1292610	0,0430	1136,9301	13,8620	0,1542	14,0722	2,6292
64	1340130	0,0431	1157,6398	13,8943	0,1543	14,1083	2,6315
A (kg/(m ² *s ^{1/2})) =		0,0092					

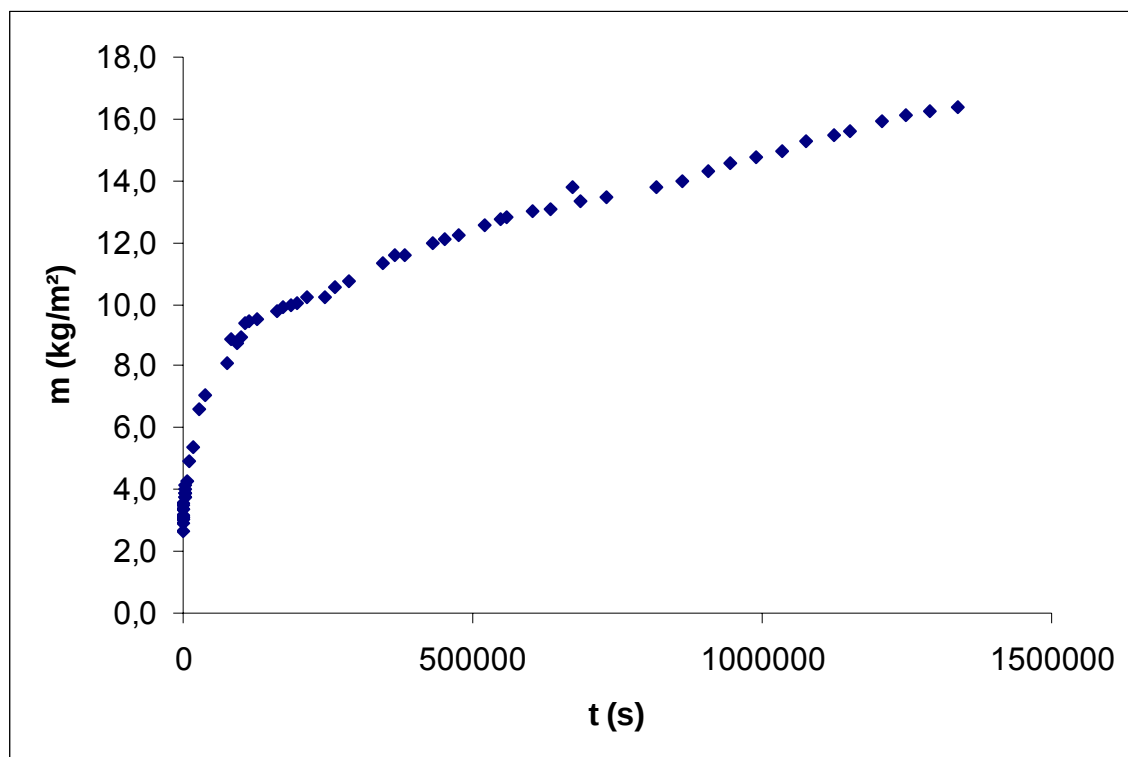


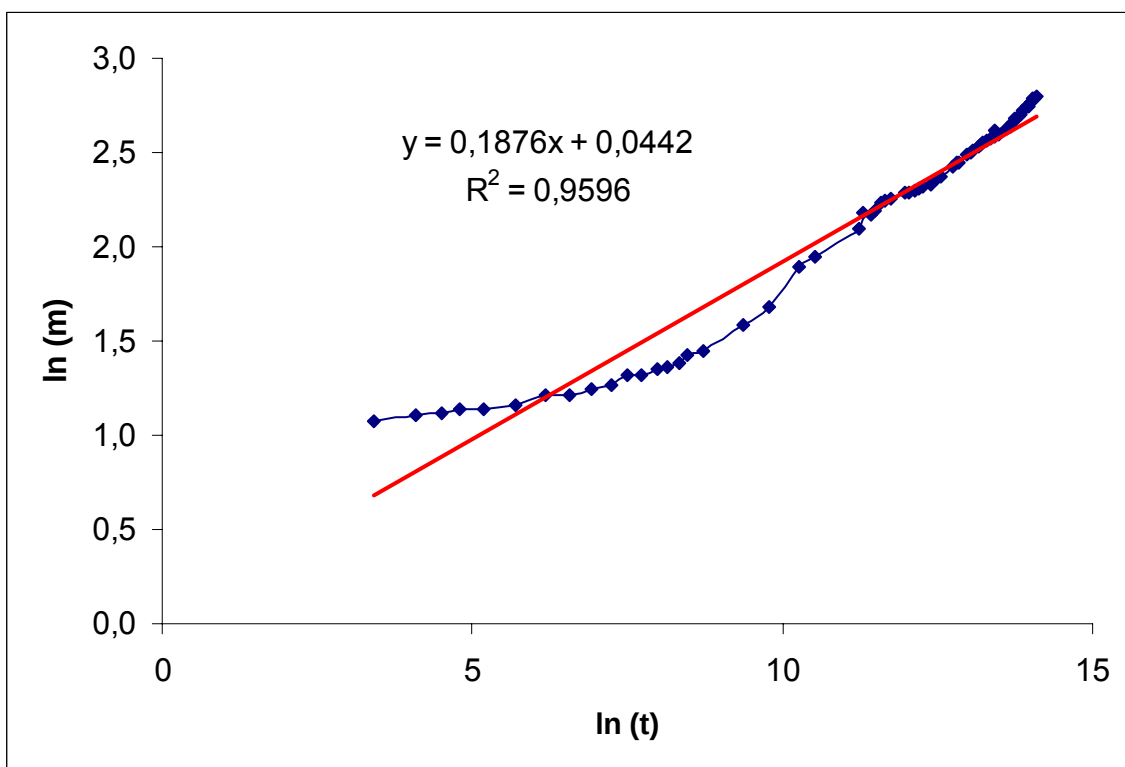
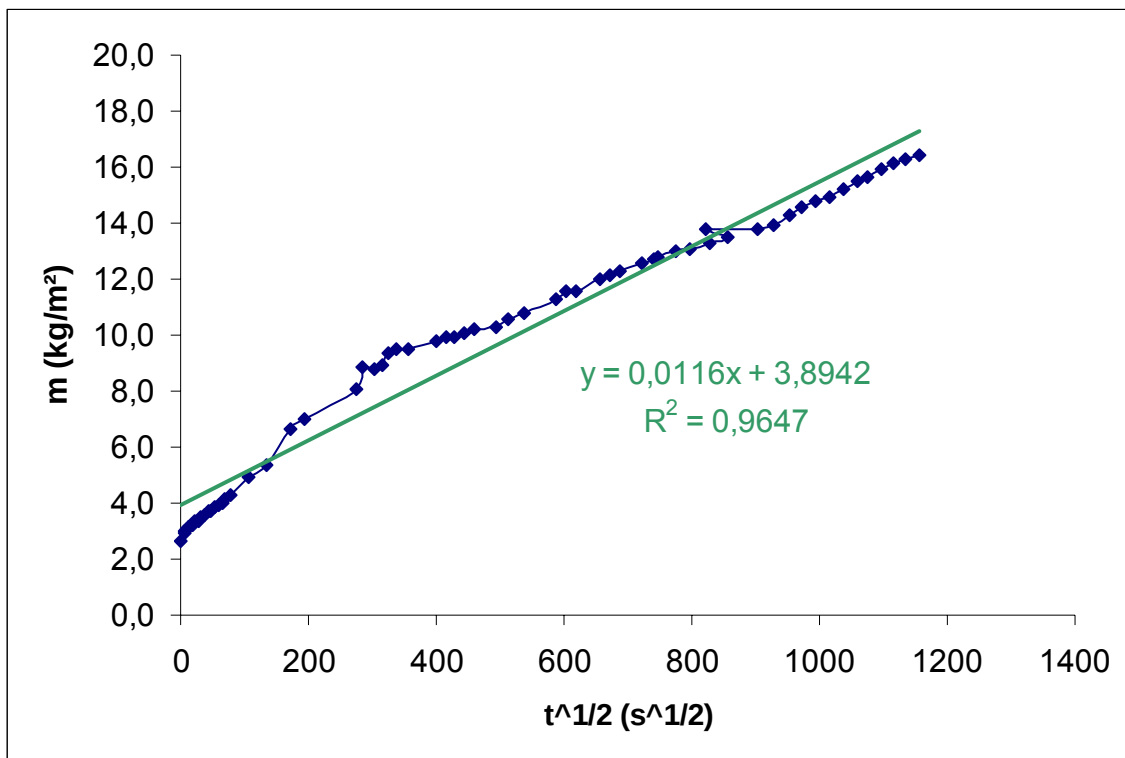




gegevens		Isoproc Celit D					
		verticaal 4					
		d (mm) :					
		afmetingen (mm) :					
		contactopp (m²):					
		densiteit (kg/m³):					
		drooggewicht (kg):					
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0082	0,0000	2,6435	0,1179	#GETAL!	0,9721
2	30	0,0091	5,4772	2,9336	0,1188	3,4012	1,0762
3	60	0,0094	7,7460	3,0303	0,1191	4,0943	1,1087
4	90	0,0095	9,4868	3,0625	0,1192	4,4998	1,1192
5	120	0,0097	10,9545	3,1270	0,1194	4,7875	1,1401
6	180	0,0097	13,4164	3,1270	0,1194	5,1930	1,1401
7	300	0,0099	17,3205	3,1915	0,1196	5,7038	1,1605
8	480	0,0104	21,9089	3,3527	0,1201	6,1738	1,2098
9	720	0,0104	26,8328	3,3527	0,1201	6,5793	1,2098
10	1020	0,0108	31,9374	3,4816	0,1205	6,9276	1,2475
11	1380	0,0110	37,1484	3,5461	0,1207	7,2298	1,2658
12	1800	0,0116	42,4264	3,7395	0,1213	7,4955	1,3190
13	2280	0,0116	47,7493	3,7395	0,1213	7,7319	1,3190
14	2940	0,0120	54,2218	3,8685	0,1217	7,9862	1,3529
15	3420	0,0121	58,4808	3,9007	0,1218	8,1374	1,3612
16	4140	0,0124	64,3428	3,9974	0,1221	8,3285	1,3856
17	4800	0,0129	69,2820	4,1586	0,1226	8,4764	1,4252
18	6240	0,0132	78,9937	4,2553	0,1229	8,7387	1,4482
19	11520	0,0152	107,3313	4,9001	0,1249	9,3518	1,5892
20	17760	0,0167	133,2666	5,3836	0,1264	9,7847	1,6834
21	29160	0,0205	170,7630	6,6086	0,1302	10,2806	1,8884
22	37860	0,0218	194,5765	7,0277	0,1315	10,5417	1,9499
23	76380	0,0251	276,3693	8,0916	0,1348	11,2435	2,0908
24	81660	0,0275	285,7621	8,8652	0,1372	11,3103	2,1821
25	91560	0,0272	302,5888	8,7685	0,1369	11,4247	2,1712
26	98880	0,0278	314,4519	8,9620	0,1375	11,5017	2,1930
27	106260	0,0291	325,9755	9,3810	0,1388	11,5736	2,2387
28	113340	0,0294	336,6601	9,4778	0,1391	11,6381	2,2489
29	126240	0,0295	355,3027	9,5100	0,1392	11,7459	2,2523
30	160440	0,0304	400,5496	9,8001	0,1401	11,9857	2,2824
31	171840	0,0307	414,5359	9,8968	0,1404	12,0543	2,2922
32	184560	0,0309	429,6045	9,9613	0,1406	12,1257	2,2987
33	196620	0,0312	443,4185	10,0580	0,1409	12,1890	2,3084
34	212280	0,0317	460,7385	10,2192	0,1414	12,2657	2,3243
35	244680	0,0318	494,6514	10,2515	0,1415	12,4077	2,3274
36	263160	0,0328	512,9912	10,5738	0,1425	12,4805	2,3584
37	287340	0,0334	536,0410	10,7672	0,1431	12,5684	2,3765
38	344640	0,0351	587,0605	11,3153	0,1448	12,7503	2,4262
39	365280	0,0359	604,3840	11,5732	0,1456	12,8084	2,4487
40	382860	0,0360	618,7568	11,6054	0,1457	12,8554	2,4515

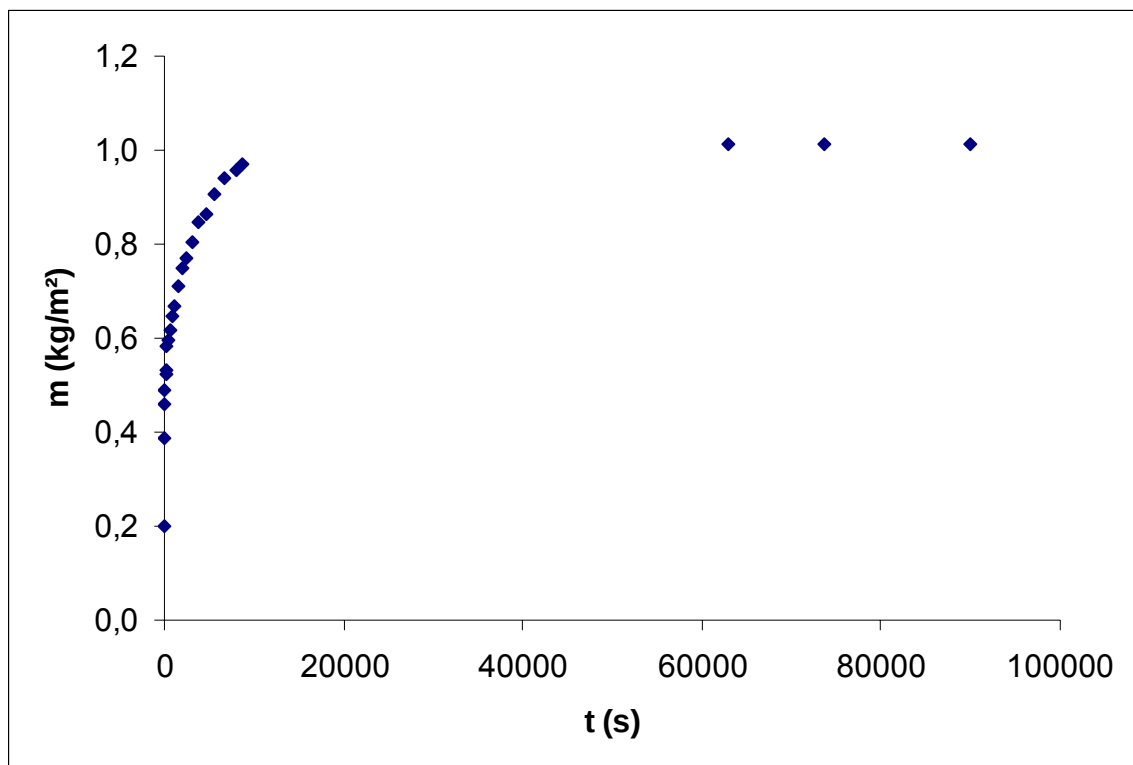
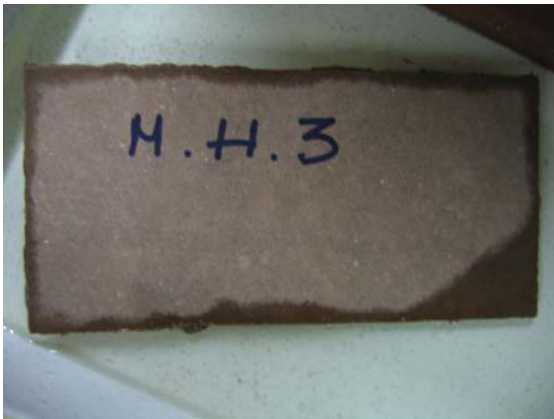
41	430920	0,0372	656,4450	11,9923	0,1469	12,9737	2,4843
42	451620	0,0376	672,0268	12,1212	0,1473	13,0206	2,4950
43	474360	0,0380	688,7380	12,2502	0,1477	13,0697	2,5055
44	519000	0,0389	720,4165	12,5403	0,1486	13,1597	2,5289
45	547140	0,0395	739,6891	12,7337	0,1492	13,2125	2,5443
46	559140	0,0397	747,7566	12,7982	0,1494	13,2342	2,5493
47	601920	0,0403	775,8350	12,9916	0,1500	13,3079	2,5643
48	633180	0,0406	795,7261	13,0883	0,1503	13,3585	2,5717
49	686100	0,0413	828,3115	13,3140	0,1510	13,4388	2,5888
50	731640	0,0418	855,3596	13,4752	0,1515	13,5030	2,6008
51	673220	0,0427	820,4998	13,7653	0,1524	13,4198	2,6222
52	818040	0,0428	904,4556	13,7975	0,1525	13,6147	2,6245
53	860820	0,0433	927,8039	13,9587	0,1530	13,6656	2,6361
54	907320	0,0443	952,5335	14,2811	0,1540	13,7183	2,6589
55	945300	0,0452	972,2654	14,5712	0,1549	13,7593	2,6791
56	988320	0,0458	994,1428	14,7647	0,1555	13,8038	2,6922
57	1033200	0,0464	1016,4645	14,9581	0,1561	13,8482	2,7053
58	1074540	0,0473	1036,6002	15,2482	0,1570	13,8874	2,7245
59	1124100	0,0481	1060,2358	15,5061	0,1578	13,9325	2,7412
60	1152720	0,0485	1073,6480	15,6351	0,1582	13,9576	2,7495
61	1205280	0,0494	1097,8524	15,9252	0,1591	14,0022	2,7679
62	1247580	0,0501	1116,9512	16,1509	0,1598	14,0367	2,7820
63	1289160	0,0505	1135,4118	16,2798	0,1602	14,0695	2,7899
64	1336680	0,0509	1156,1488	16,4088	0,1606	14,1057	2,7978
A (kg/(m ² *s ^{1/2})) =		0,0116					

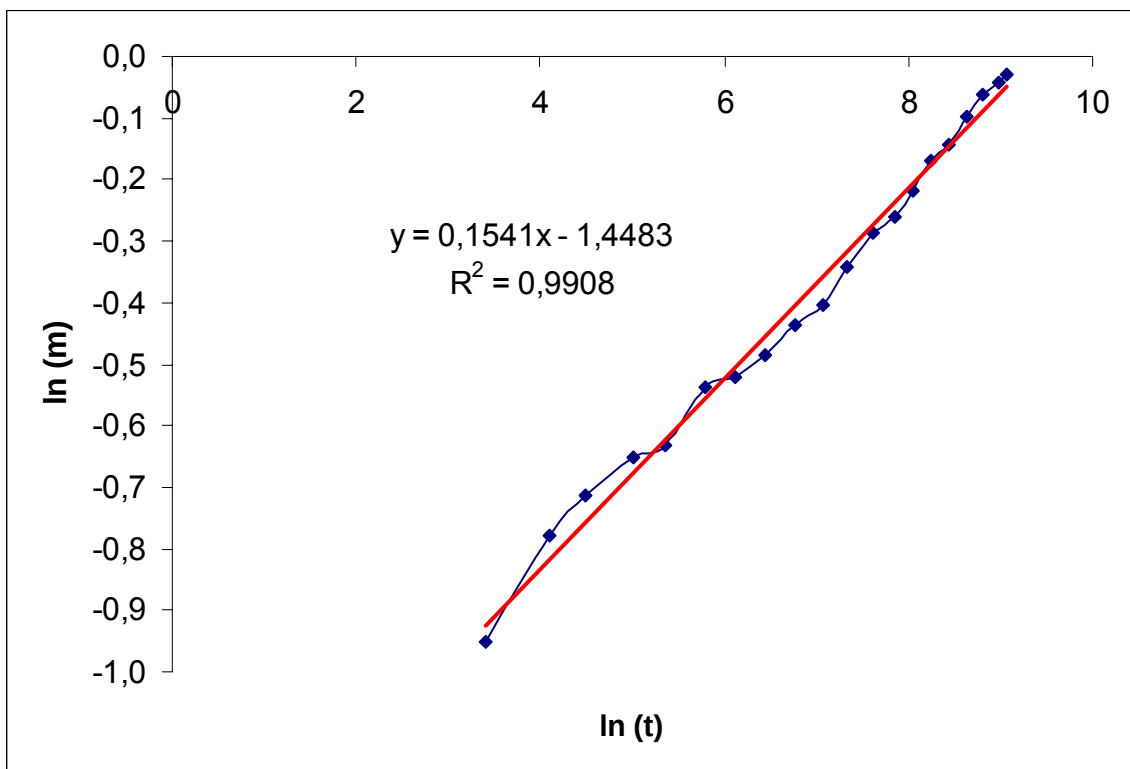
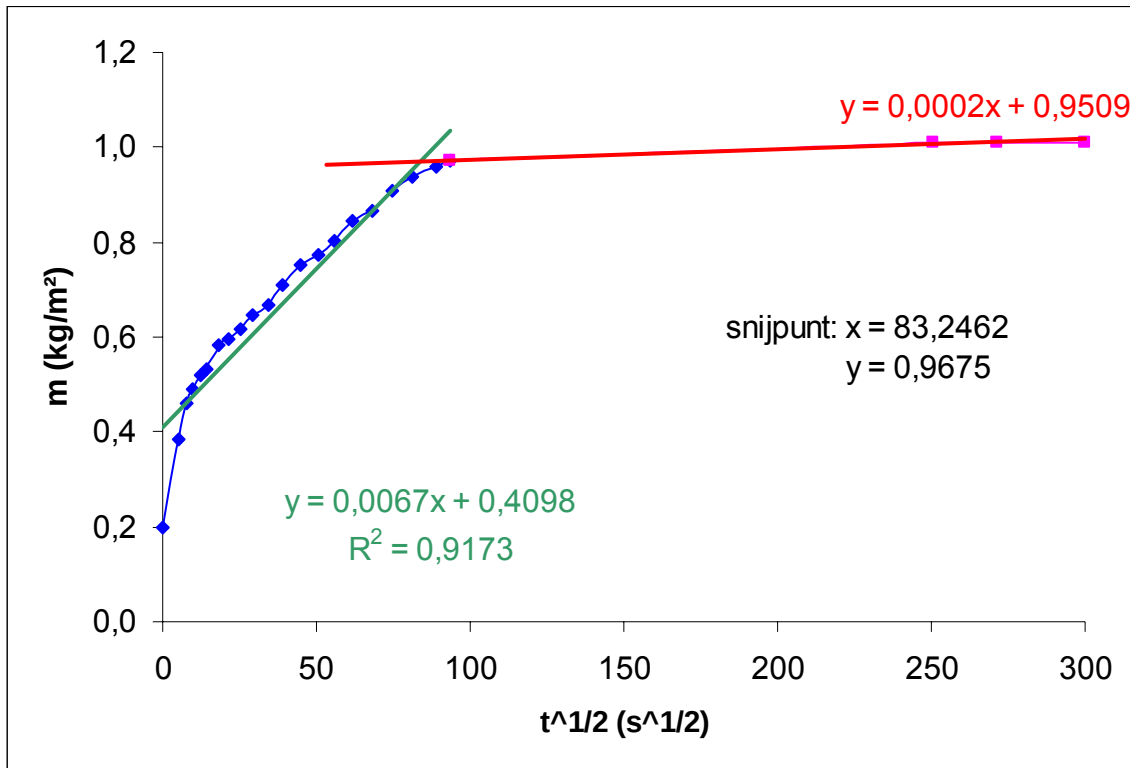




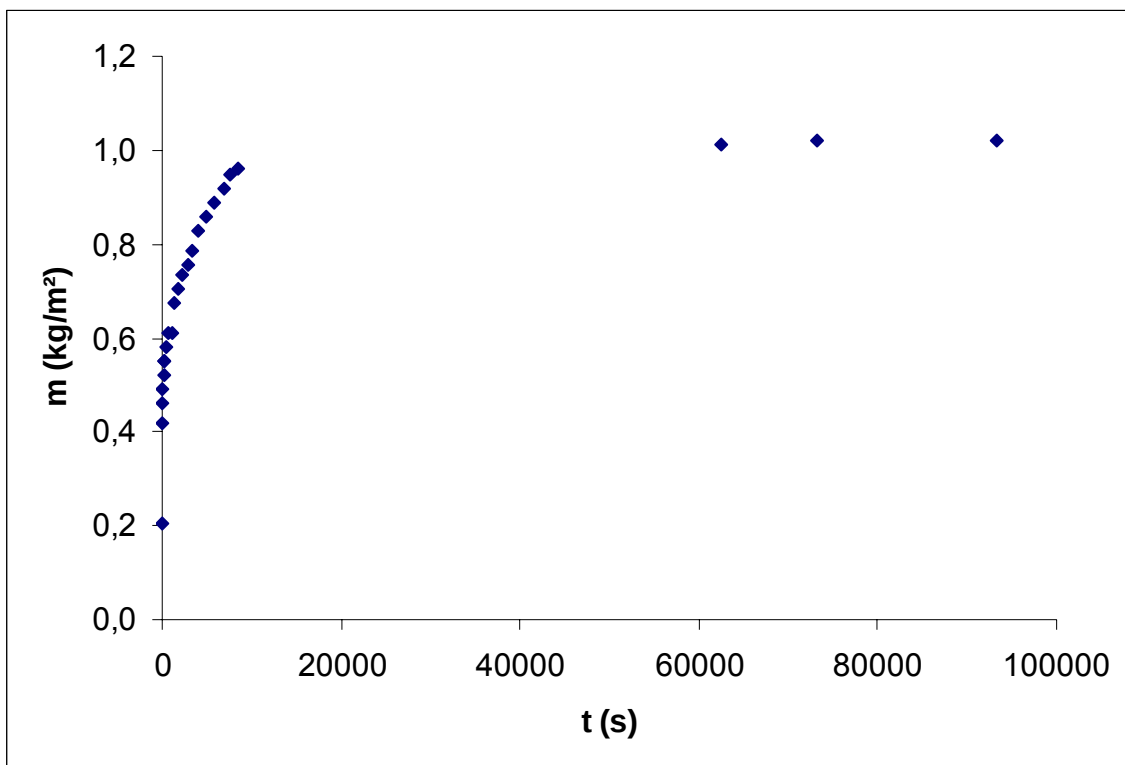


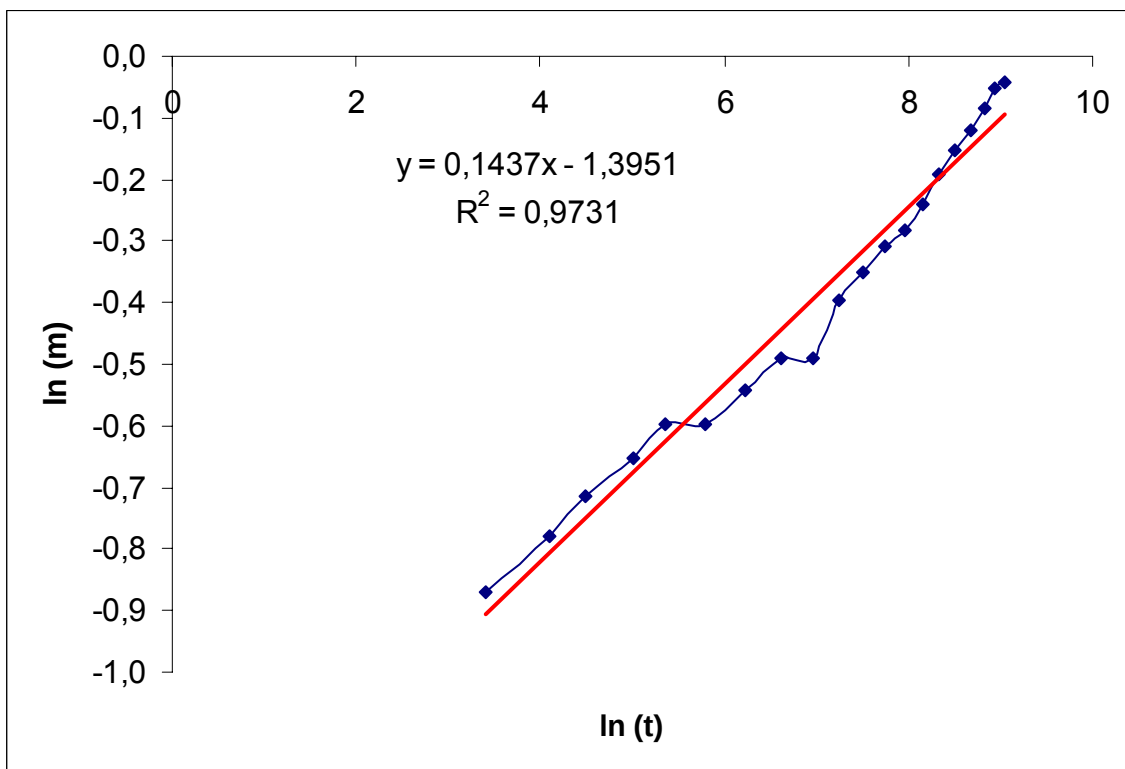
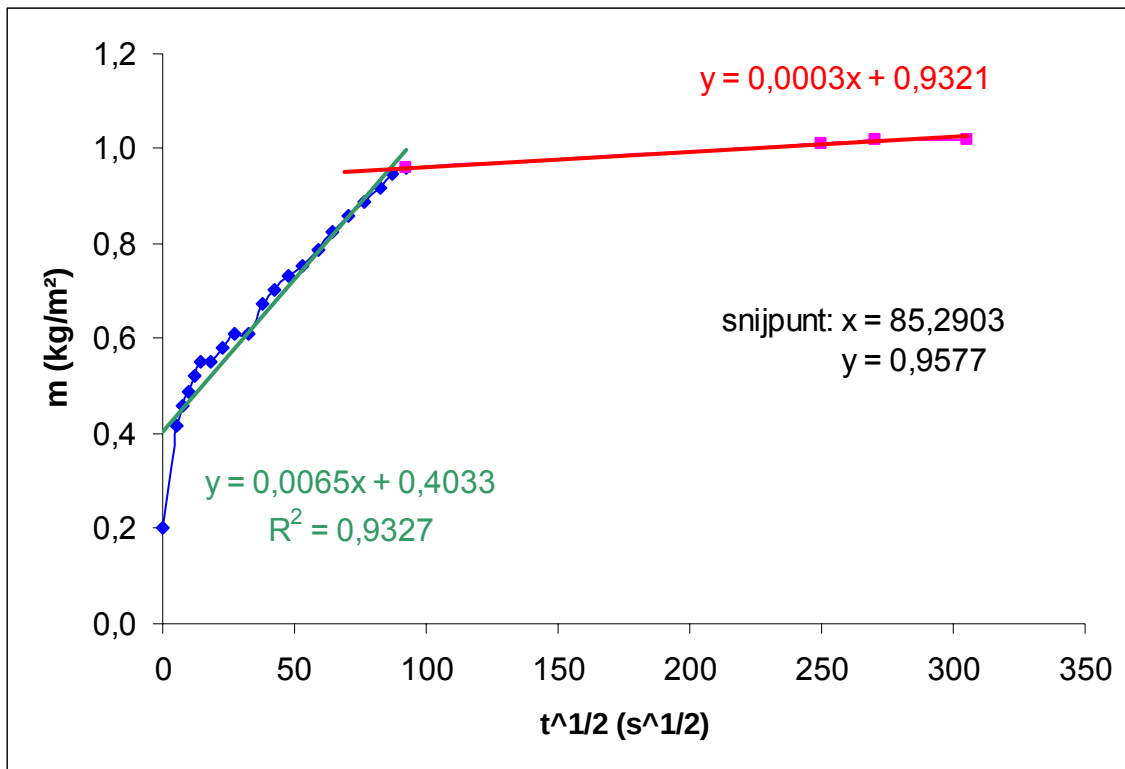
gegevens		Eternit Menuiserite					
		horizontaal 3					
		d (mm) :		3			
		afmetingen (mm) :		141 x 68			
		contactopp (m²):		0,009588			
		densiteit (kg/m³):		1564,46			
		drooggewicht (kg):		0,0431			
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0019	0,0000	0,1982	0,0450	#GETAL!	-1,6187
2	30	0,0037	5,4772	0,3859	0,0468	3,4012	-0,9522
3	60	0,0044	7,7460	0,4589	0,0475	4,0943	-0,7789
4	90	0,0047	9,4868	0,4902	0,0478	4,4998	-0,7129
5	150	0,0050	12,2474	0,5215	0,0481	5,0106	-0,6511
6	210	0,0051	14,4914	0,5319	0,0482	5,3471	-0,6313
7	330	0,0056	18,1659	0,5841	0,0487	5,7991	-0,5377
8	450	0,0057	21,2132	0,5945	0,0488	6,1092	-0,5200
9	630	0,0059	25,0998	0,6154	0,0490	6,4457	-0,4856
10	870	0,0062	29,4958	0,6466	0,0493	6,7685	-0,4360
11	1170	0,0064	34,2053	0,6675	0,0495	7,0648	-0,4042
12	1530	0,0068	39,1152	0,7092	0,0499	7,3330	-0,3436
13	2010	0,0072	44,8330	0,7509	0,0503	7,6059	-0,2864
14	2550	0,0074	50,4975	0,7718	0,0505	7,8438	-0,2590
15	3150	0,0077	56,1249	0,8031	0,0508	8,0552	-0,2193
16	3810	0,0081	61,7252	0,8448	0,0512	8,2454	-0,1686
17	4650	0,0083	68,1909	0,8657	0,0514	8,4446	-0,1443
18	5610	0,0087	74,8999	0,9074	0,0518	8,6323	-0,0972
19	6630	0,0090	81,4248	0,9387	0,0521	8,7994	-0,0633
20	7950	0,0092	89,1628	0,9595	0,0523	8,9809	-0,0413
21	8730	0,0093	93,4345	0,9700	0,0524	9,0745	-0,0305
22	62850	0,0097	250,6990	1,0117	0,0528	11,0485	0,0116
23	73590	0,0097	271,2748	1,0117	0,0528	11,2063	0,0116
24	89910	0,0097	299,8500	1,0117	0,0528	11,4066	0,0116
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0067					
w _c (kg/m³) =		322,50					



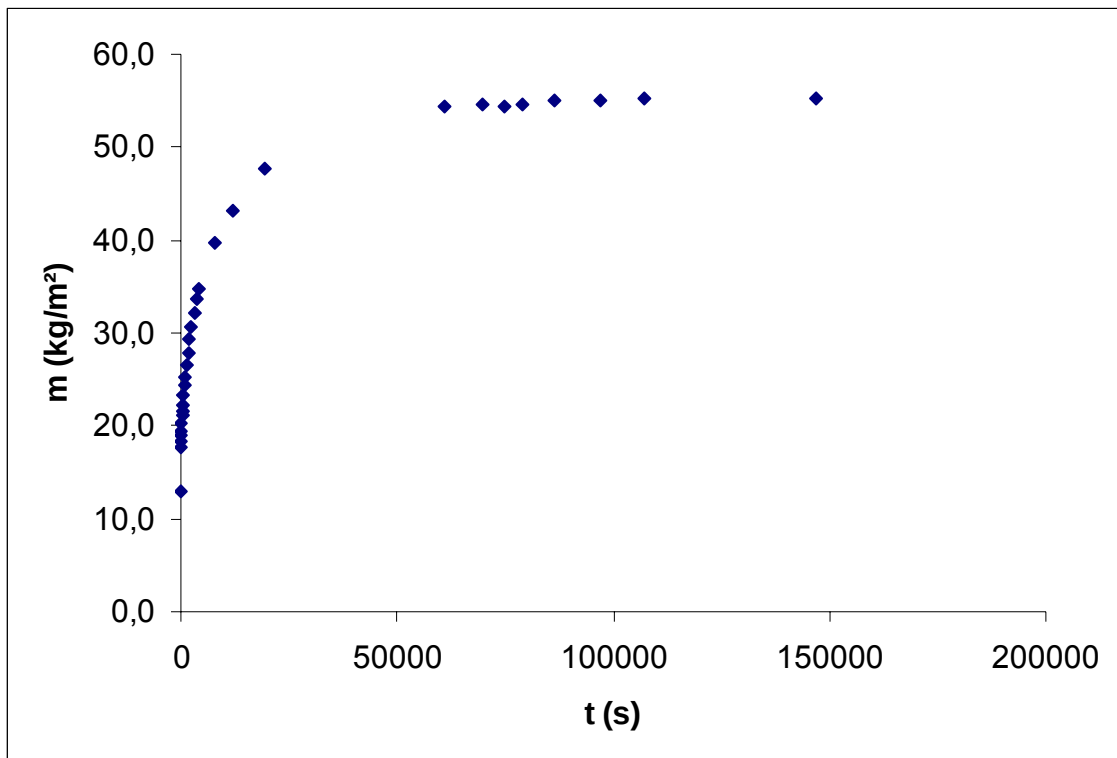


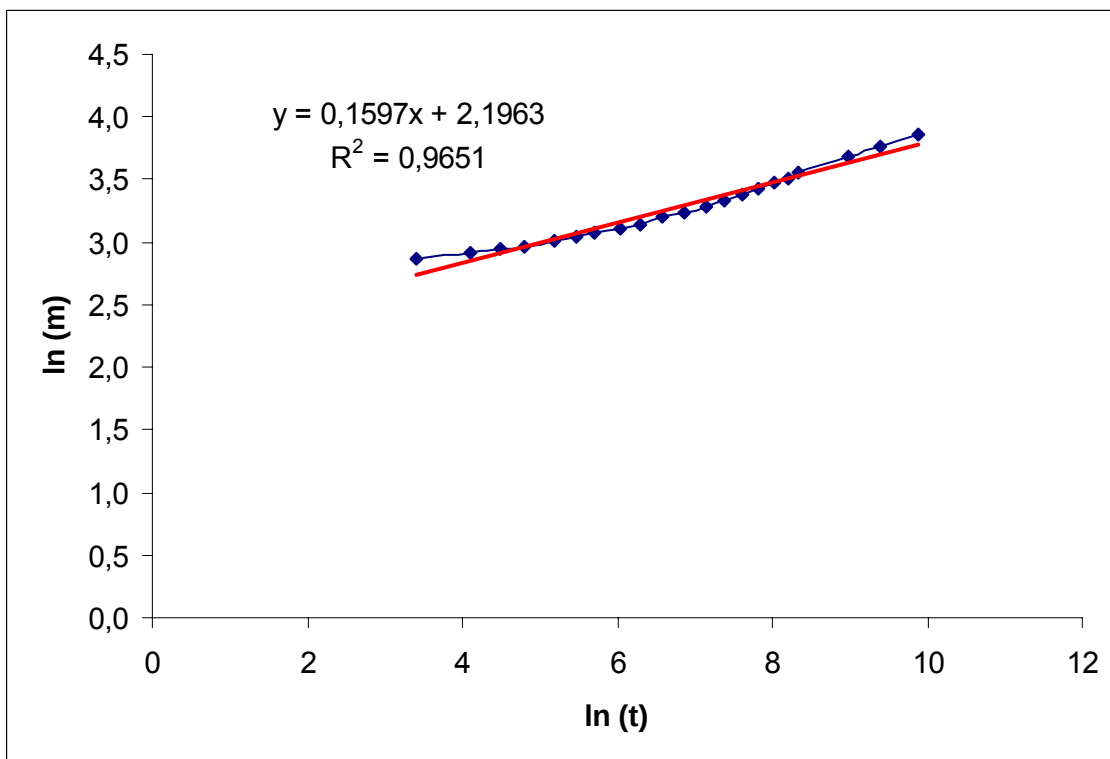
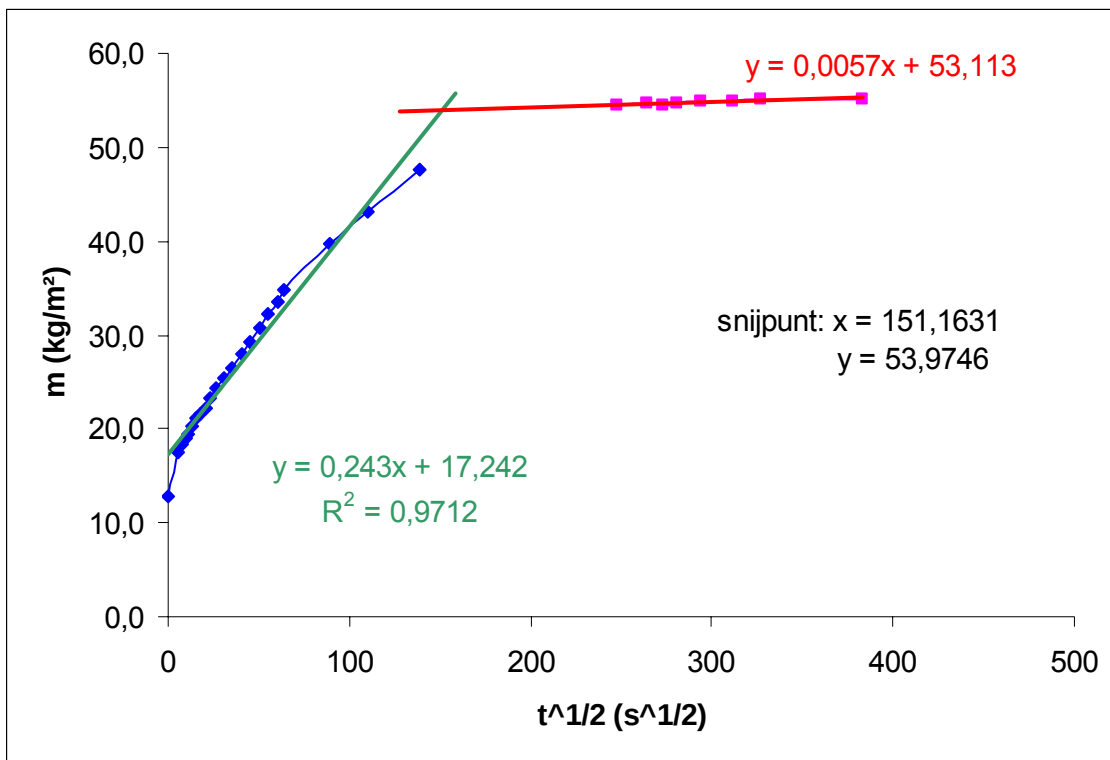
gegevens		Eternit Menuiserite						
		horizontaal 4						
		d (mm) :		3				
		afmetingen (mm) :		140 x 70				
		contactopp (m²):		0,0098				
		densiteit (kg/m³):		1540,82				
		drooggewicht (kg):		0,0433				
metingen:								
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m	
1	0	0,0020	0,0000	0,2041	0,0453	#GETAL!	-1,5892	
2	30	0,0041	5,4772	0,4184	0,0474	3,4012	-0,8714	
3	60	0,0045	7,7460	0,4592	0,0478	4,0943	-0,7783	
4	90	0,0048	9,4868	0,4898	0,0481	4,4998	-0,7138	
5	150	0,0051	12,2474	0,5204	0,0484	5,0106	-0,6531	
6	210	0,0054	14,4914	0,5510	0,0487	5,3471	-0,5960	
7	330	0,0054	18,1659	0,5510	0,0487	5,7991	-0,5960	
8	510	0,0057	22,5832	0,5816	0,0490	6,2344	-0,5419	
9	750	0,0060	27,3861	0,6122	0,0493	6,6201	-0,4906	
10	1050	0,0060	32,4037	0,6122	0,0493	6,9565	-0,4906	
11	1410	0,0066	37,5500	0,6735	0,0499	7,2513	-0,3953	
12	1830	0,0069	42,7785	0,7041	0,0502	7,5121	-0,3509	
13	2310	0,0072	48,0625	0,7347	0,0505	7,7450	-0,3083	
14	2850	0,0074	53,3854	0,7551	0,0507	7,9551	-0,2809	
15	3450	0,0077	58,7367	0,7857	0,0510	8,1461	-0,2412	
16	4110	0,0081	64,1093	0,8265	0,0514	8,3212	-0,1905	
17	4950	0,0084	70,3562	0,8571	0,0517	8,5071	-0,1542	
18	5850	0,0087	76,4853	0,8878	0,0520	8,6742	-0,1191	
19	6810	0,0090	82,5227	0,9184	0,0523	8,8261	-0,0852	
20	7650	0,0093	87,4643	0,9490	0,0526	8,9425	-0,0524	
21	8490	0,0094	92,1412	0,9592	0,0527	9,0466	-0,0417	
22	62490	0,0099	249,9800	1,0102	0,0532	11,0428	0,0102	
23	73230	0,0100	270,6104	1,0204	0,0533	11,2014	0,0202	
24	93210	0,0100	305,3031	1,0204	0,0533	11,4426	0,0202	
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0065						
w _c (kg/m³) =		319,23						





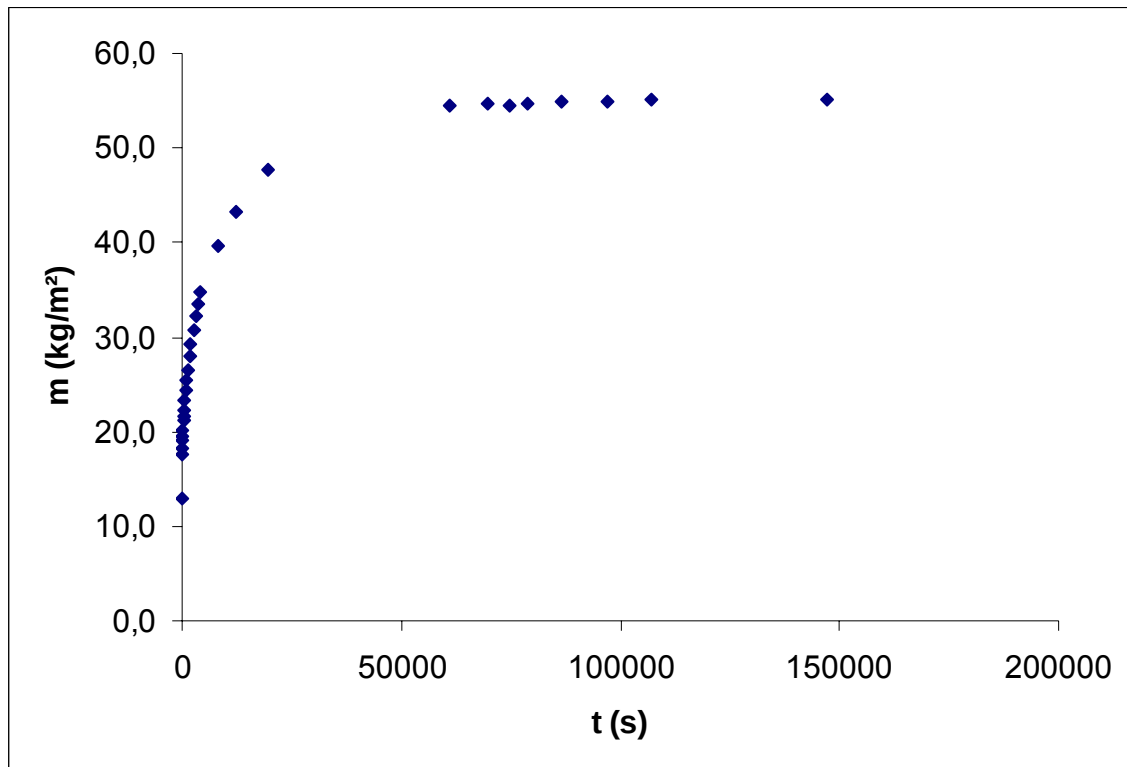
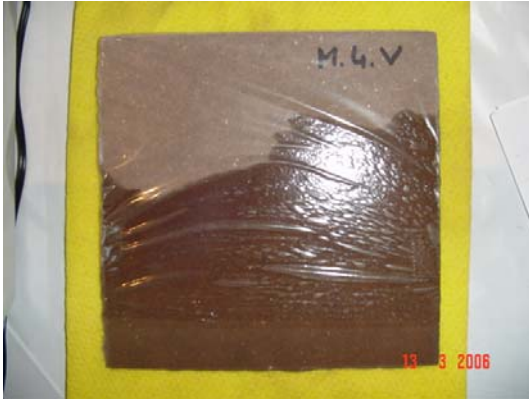
gegevens		Eternit Menuiserite						
		verticaal 3						
		d (mm) :	3					
		afmetingen (mm) :	142 x 140					
		contactopp (m²):	0,000426					
		densiteit (kg/m³):	1567,74					
		drooggewicht (kg):	0,088					
metingen:								
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m	
1	0	0,0055	0,0000	12,9108	0,0935	#GETAL!	2,5581	
2	30	0,0075	5,4772	17,6056	0,0955	3,4012	2,8682	
3	60	0,0078	7,7460	18,3099	0,0958	4,0943	2,9074	
4	90	0,0081	9,4868	19,0141	0,0961	4,4998	2,9452	
5	120	0,0083	10,9545	19,4836	0,0963	4,7875	2,9696	
6	180	0,0086	13,4164	20,1878	0,0966	5,1930	3,0051	
7	240	0,0090	15,4919	21,1268	0,0970	5,4806	3,0505	
8	300	0,0092	17,3205	21,5962	0,0972	5,7038	3,0725	
9	420	0,0095	20,4939	22,3005	0,0975	6,0403	3,1046	
10	540	0,0099	23,2379	23,2394	0,0979	6,2916	3,1459	
11	720	0,0104	26,8328	24,4131	0,0984	6,5793	3,1951	
12	960	0,0108	30,9839	25,3521	0,0988	6,8669	3,2329	
13	1260	0,0113	35,4965	26,5258	0,0993	7,1389	3,2781	
14	1620	0,0119	40,2492	27,9343	0,0999	7,3902	3,3299	
15	2040	0,0125	45,1664	29,3427	0,1005	7,6207	3,3790	
16	2520	0,0131	50,1996	30,7512	0,1011	7,8320	3,4259	
17	3060	0,0137	55,3173	32,1596	0,1017	8,0262	3,4707	
18	3660	0,0143	60,4979	33,5681	0,1023	8,2052	3,5136	
19	4140	0,0148	64,3428	34,7418	0,1028	8,3285	3,5479	
20	7980	0,0169	89,3308	39,6714	0,1049	8,9847	3,6806	
21	12120	0,0184	110,0909	43,1925	0,1064	9,4026	3,7657	
22	19380	0,0203	139,2121	47,6526	0,1083	9,8720	3,8639	
23	61140	0,0232	247,2650	54,4601	0,1112	11,0209	3,9975	
24	69780	0,0233	264,1590	54,6948	0,1113	11,1531	4,0018	
25	74760	0,0232	273,4227	54,4601	0,1112	11,2220	3,9975	
26	79020	0,0233	281,1050	54,6948	0,1113	11,2775	4,0018	
27	86400	0,0234	293,9388	54,9296	0,1114	11,3667	4,0061	
28	96840	0,0234	311,1913	54,9296	0,1114	11,4808	4,0061	
29	107280	0,0235	327,5363	55,1643	0,1115	11,5832	4,0103	
30	147060	0,0235	383,4840	55,1643	0,1115	11,8986	4,0103	
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,2430						
w _c (kg/m³) =		380,10						

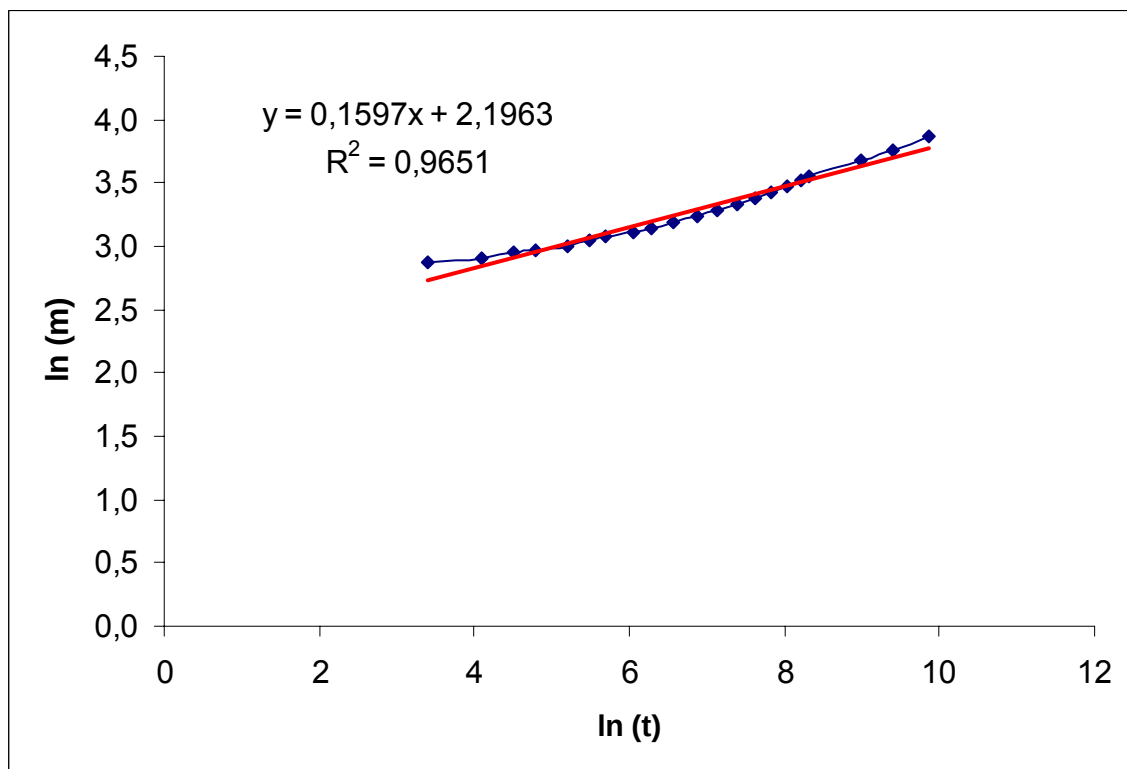
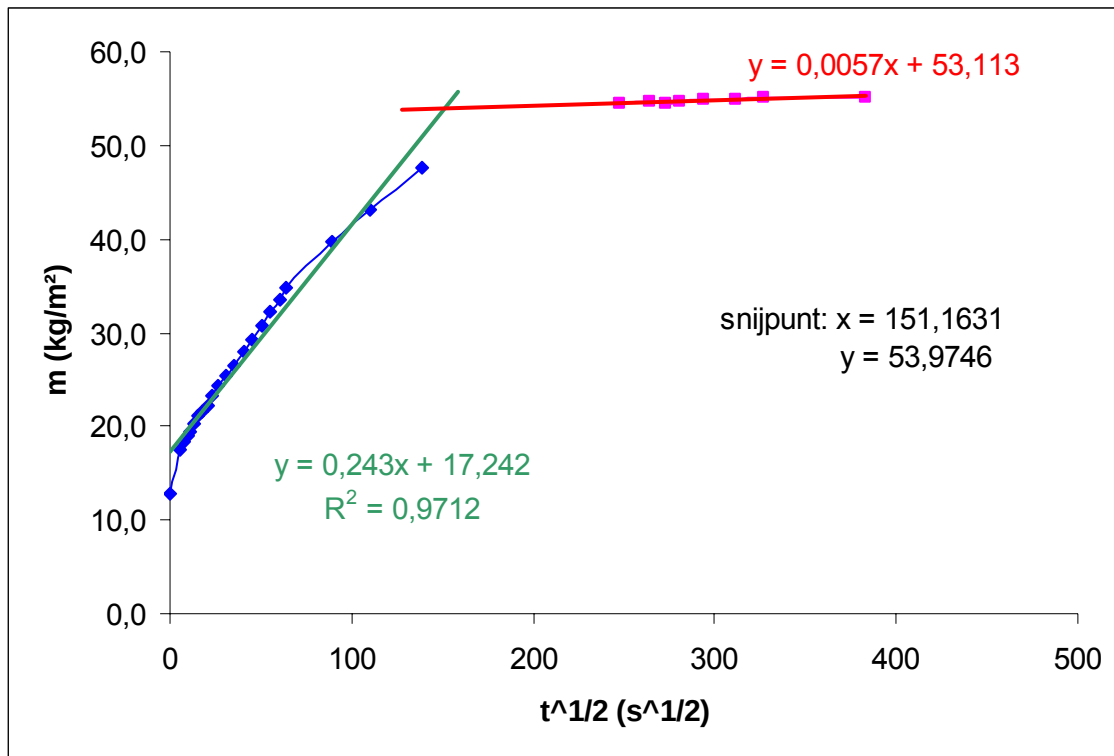




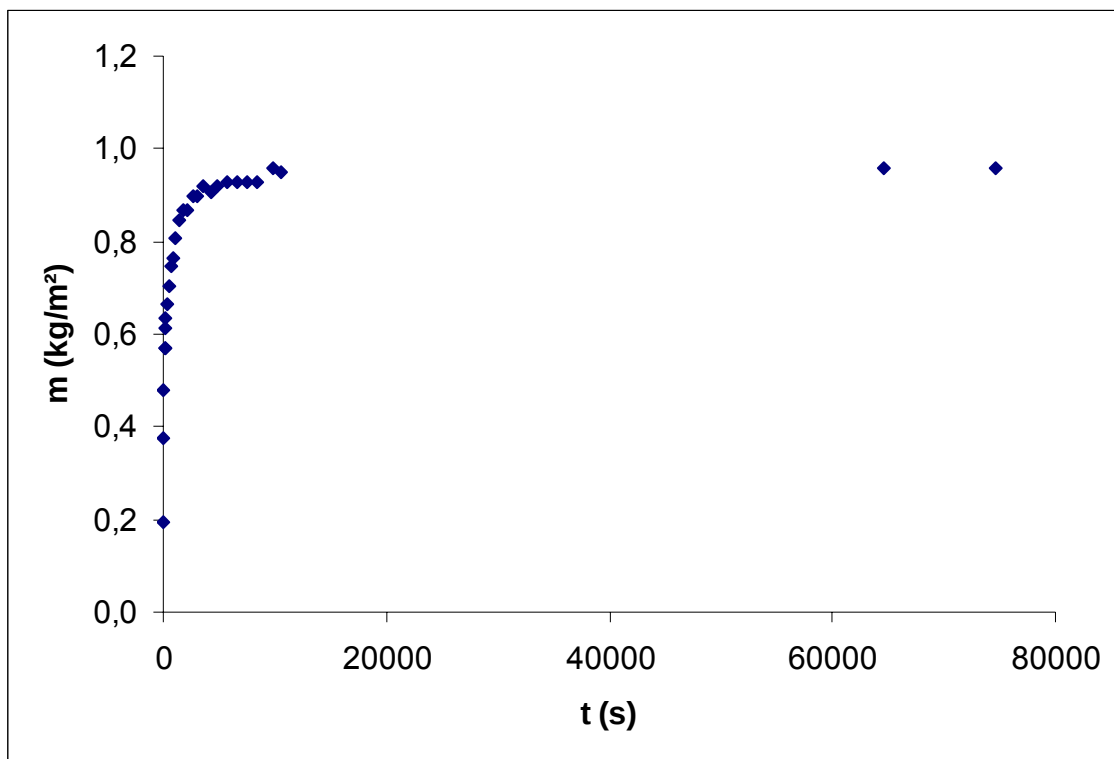
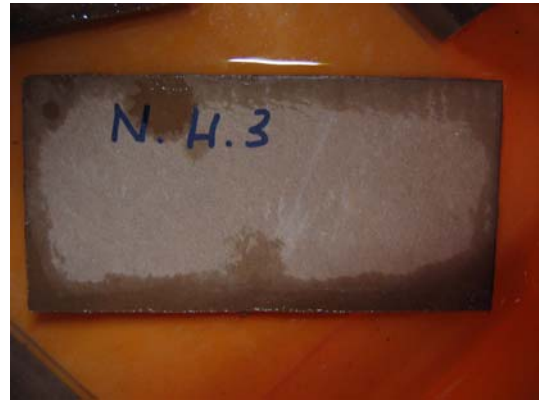
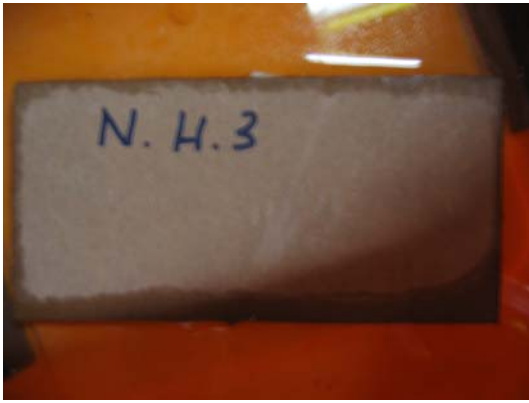
gegevens		Eternit Menuiserite					
		verticaal 4					
		d (mm) :	3				
		afmetingen (mm) :	142 x 141				
		contactopp (m²):	0,000426				
		densiteit (kg/m³):	1556,62				
		drooggewicht (kg):	0,089				
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0052	0,0000	12,2066	0,0942	#GETAL!	2,5020
2	30	0,0065	5,4772	15,2582	0,0955	3,4012	2,7251
3	60	0,0069	7,7460	16,1972	0,0959	4,0943	2,7848
4	90	0,0071	9,4868	16,6667	0,0961	4,4998	2,8134
5	120	0,0073	10,9545	17,1362	0,0963	4,7875	2,8412
6	180	0,0075	13,4164	17,6056	0,0965	5,1930	2,8682
7	240	0,0077	15,4919	18,0751	0,0967	5,4806	2,8945
8	360	0,0080	18,9737	18,7793	0,0970	5,8861	2,9328
9	540	0,0085	23,2379	19,9531	0,0975	6,2916	2,9934
10	780	0,0091	27,9285	21,3615	0,0981	6,6593	3,0616
11	1080	0,0097	32,8634	22,7700	0,0987	6,9847	3,1254
12	1440	0,0114	37,9473	26,7606	0,1004	7,2724	3,2869
13	1860	0,0119	43,1277	27,9343	0,1009	7,5283	3,3299
14	2340	0,0127	48,3735	29,8122	0,1017	7,7579	3,3949
15	2880	0,0130	53,6656	30,5164	0,1020	7,9655	3,4183
16	3480	0,0135	58,9915	31,6901	0,1025	8,1548	3,4560
17	3840	0,0138	61,9677	32,3944	0,1028	8,2532	3,4780
18	7620	0,0150	87,2926	35,2113	0,1040	8,9385	3,5614
19	11820	0,0159	108,7198	37,3239	0,1049	9,3775	3,6196
20	19020	0,0174	137,9130	40,8451	0,1064	9,8532	3,7098
21	60780	0,0208	246,5360	48,8263	0,1098	11,0150	3,8883
22	69420	0,0213	263,4768	50,0000	0,1103	11,1479	3,9120
23	74340	0,0215	272,6536	50,4695	0,1105	11,2164	3,9214
24	78480	0,0218	280,1428	51,1737	0,1108	11,2706	3,9352
25	85980	0,0221	293,2235	51,8779	0,1111	11,3619	3,9489
26	96420	0,0226	310,5157	53,0516	0,1116	11,4765	3,9713
27	107580	0,0228	327,9939	53,5211	0,1118	11,5860	3,9801
28	147420	0,0232	383,9531	54,4601	0,1122	11,9010	3,9975
29	152940	0,0235	391,0754	55,1643	0,1125	11,9378	4,0103
30	162240	0,0237	402,7903	55,6338	0,1127	11,9968	4,0188
31	168900	0,0236	410,9745	55,3991	0,1126	12,0371	4,0146
32	176880	0,0237	420,5710	55,6338	0,1127	12,0832	4,0188
33	184020	0,0237	428,9755	55,6338	0,1127	12,1228	4,0188
34	196860	0,0237	443,6891	55,6338	0,1127	12,1902	4,0188
35	231120	0,0237	480,7494	55,6338	0,1127	12,3507	4,0188
36	242460	0,0238	492,4023	55,8685	0,1128	12,3986	4,0230
37	255240	0,0238	505,2128	55,8685	0,1128	12,4500	4,0230
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0.2177					

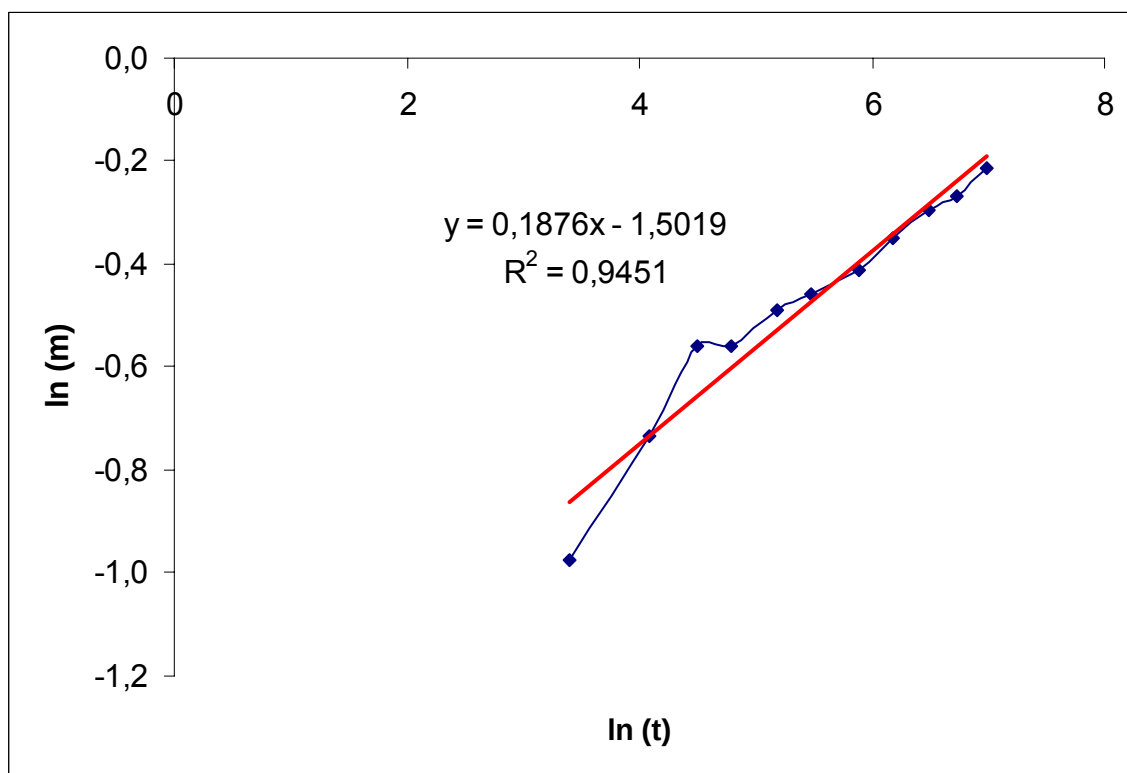
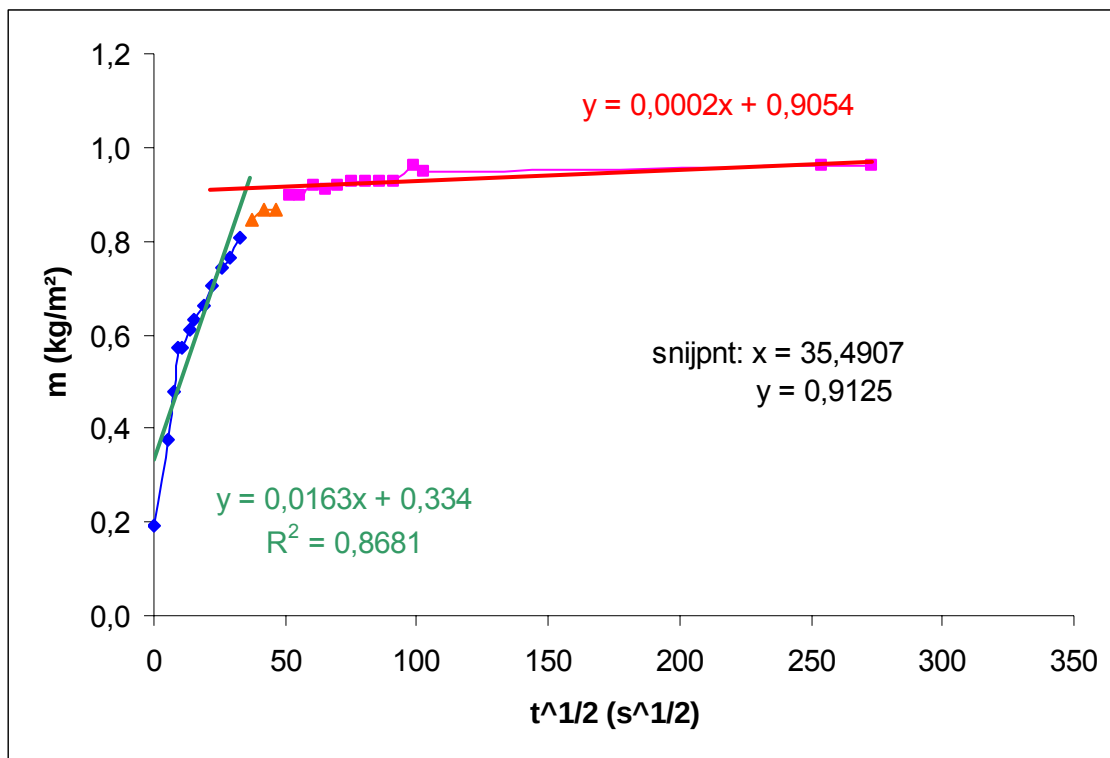
$w_c \text{ (kg/m}^3\text{)} = 336,95$



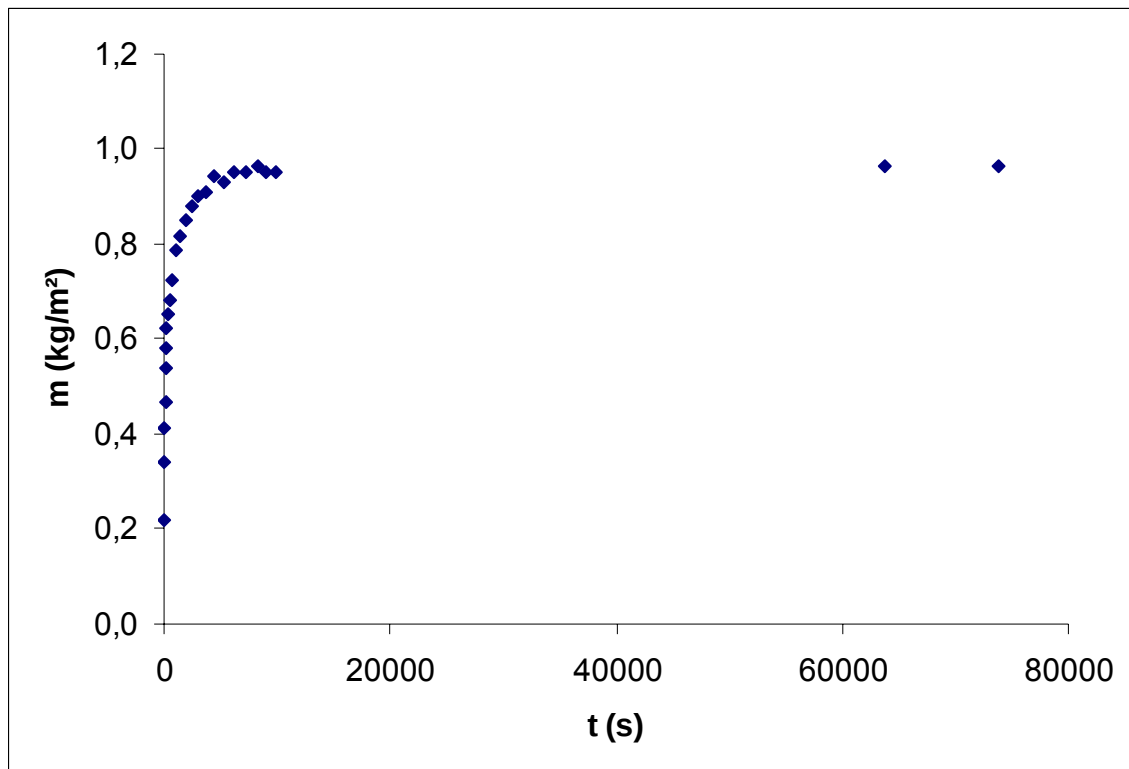
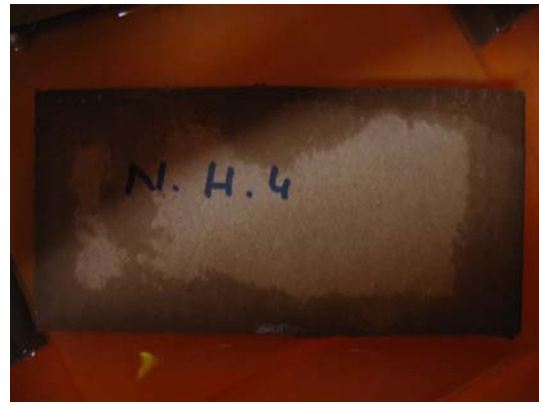
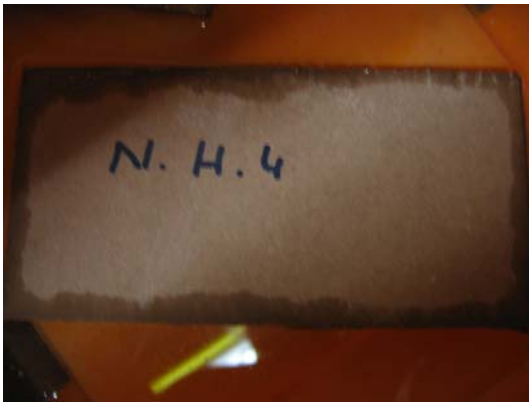


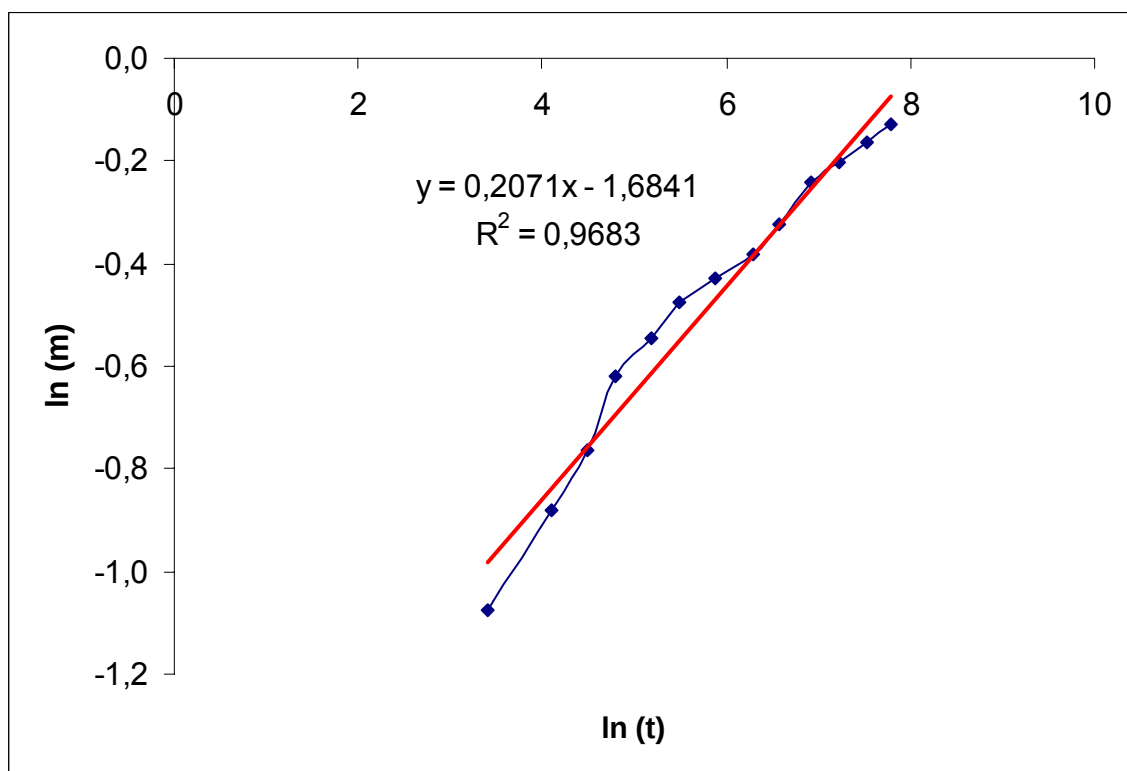
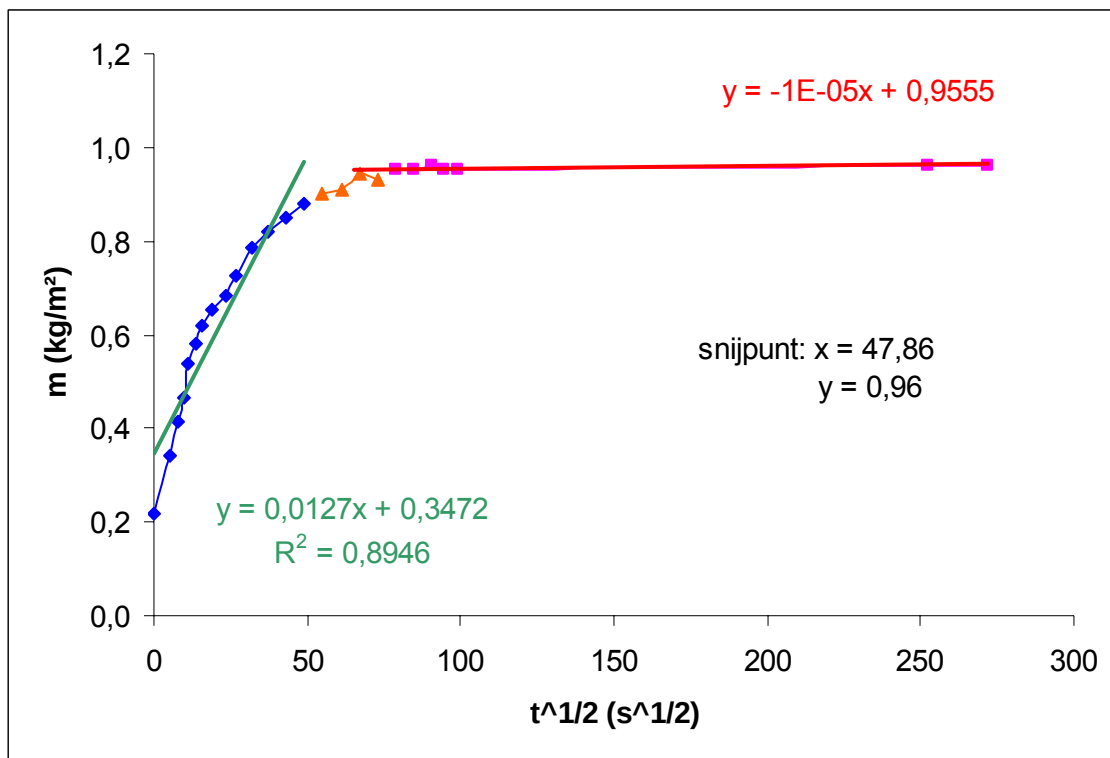
gegevens	SVK Novex horizontaal 3 d (mm) : 3 afmetingen (mm) : 140 x 70 contactopp (m²): 0,0098 densiteit (kg/m³): 1659,86 drooggewicht (kg): 0,0469						
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0019	0,0000	0,1939	0,0488	#GETAL!	-1,6405
2	30	0,0037	5,4772	0,3776	0,0506	3,4012	-0,9740
3	60	0,0047	7,7460	0,4796	0,0516	4,0943	-0,7348
4	90	0,0056	9,4868	0,5714	0,0525	4,4998	-0,5596
5	120	0,0056	10,9545	0,5714	0,0525	4,7875	-0,5596
6	180	0,0060	13,4164	0,6122	0,0529	5,1930	-0,4906
7	240	0,0062	15,4919	0,6327	0,0531	5,4806	-0,4578
8	360	0,0065	18,9737	0,6633	0,0534	5,8861	-0,4106
9	480	0,0069	21,9089	0,7041	0,0538	6,1738	-0,3509
10	660	0,0073	25,6905	0,7449	0,0542	6,4922	-0,2945
11	840	0,0075	28,9828	0,7653	0,0544	6,7334	-0,2675
12	1080	0,0079	32,8634	0,8061	0,0548	6,9847	-0,2155
13	1380	0,0083	37,1484	0,8469	0,0552	7,2298	-0,1661
14	1740	0,0085	41,7133	0,8673	0,0554	7,4616	-0,1423
15	2160	0,0085	46,4758	0,8673	0,0554	7,6779	-0,1423
16	2640	0,0088	51,3809	0,8980	0,0557	7,8785	-0,1076
17	3120	0,0088	55,8570	0,8980	0,0557	8,0456	-0,1076
18	3660	0,0090	60,4979	0,9184	0,0559	8,2052	-0,0852
19	4260	0,0089	65,2687	0,9082	0,0558	8,3570	-0,0963
20	4920	0,0090	70,1427	0,9184	0,0559	8,5011	-0,0852
21	5700	0,0091	75,4983	0,9286	0,0560	8,6482	-0,0741
22	6540	0,0091	80,8703	0,9286	0,0560	8,7857	-0,0741
23	7440	0,0091	86,2554	0,9286	0,0560	8,9146	-0,0741
24	8400	0,0091	91,6515	0,9286	0,0560	9,0360	-0,0741
25	9840	0,0094	99,1968	0,9592	0,0563	9,1942	-0,0417
26	10560	0,0093	102,7619	0,9490	0,0562	9,2648	-0,0524
27	64560	0,0094	254,0866	0,9592	0,0563	11,0754	-0,0417
28	74580	0,0094	273,0934	0,9592	0,0563	11,2196	-0,0417
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0163					
w _c (kg/m³) =		304,17					



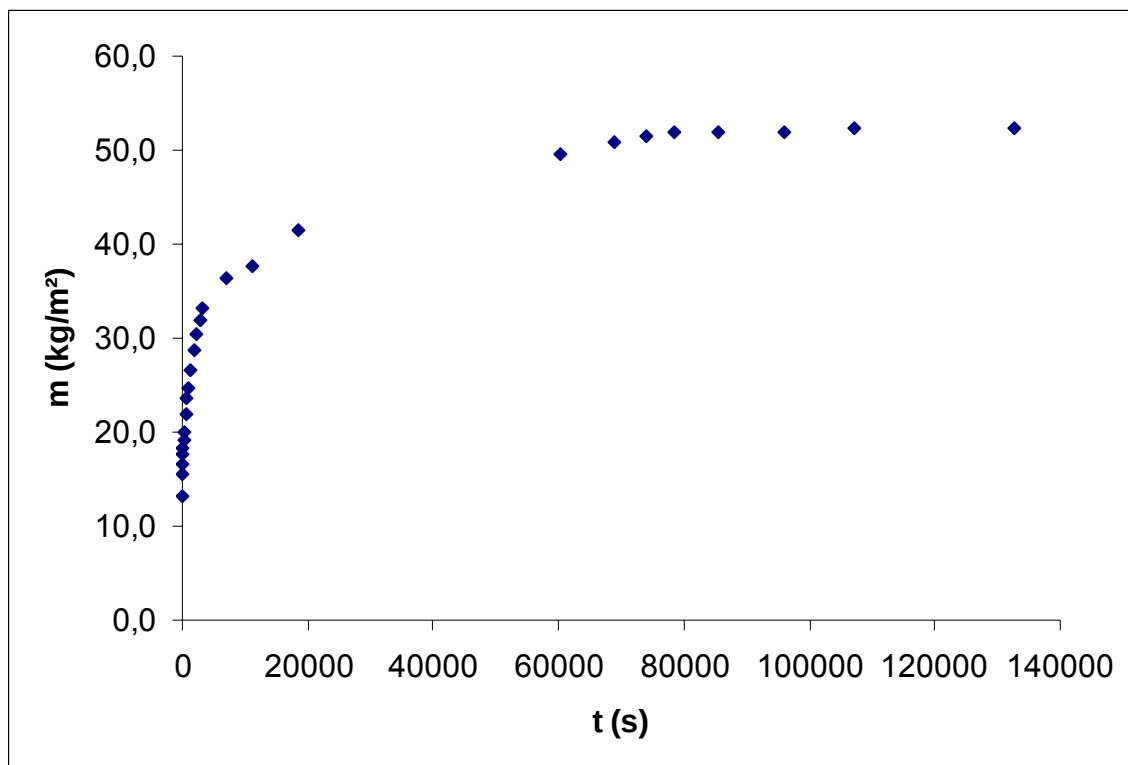
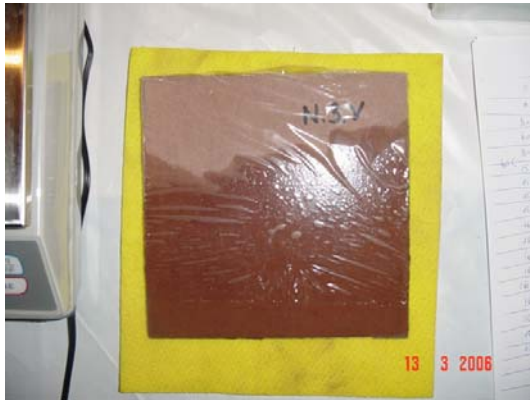


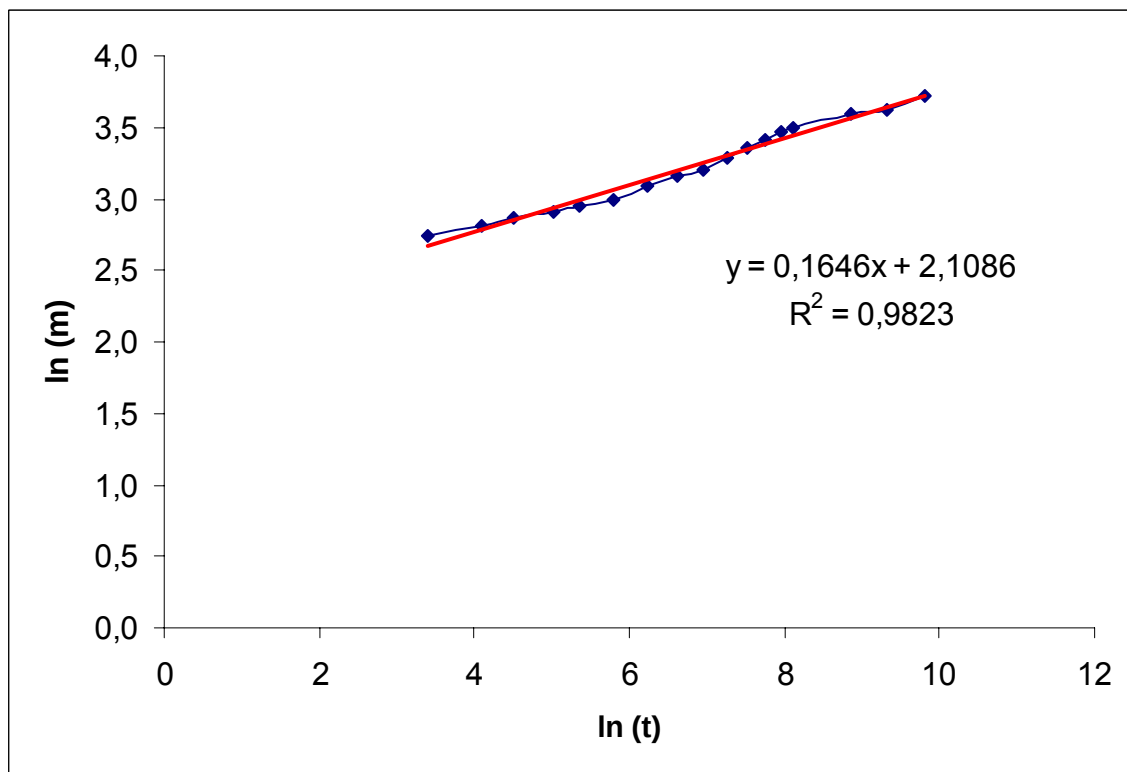
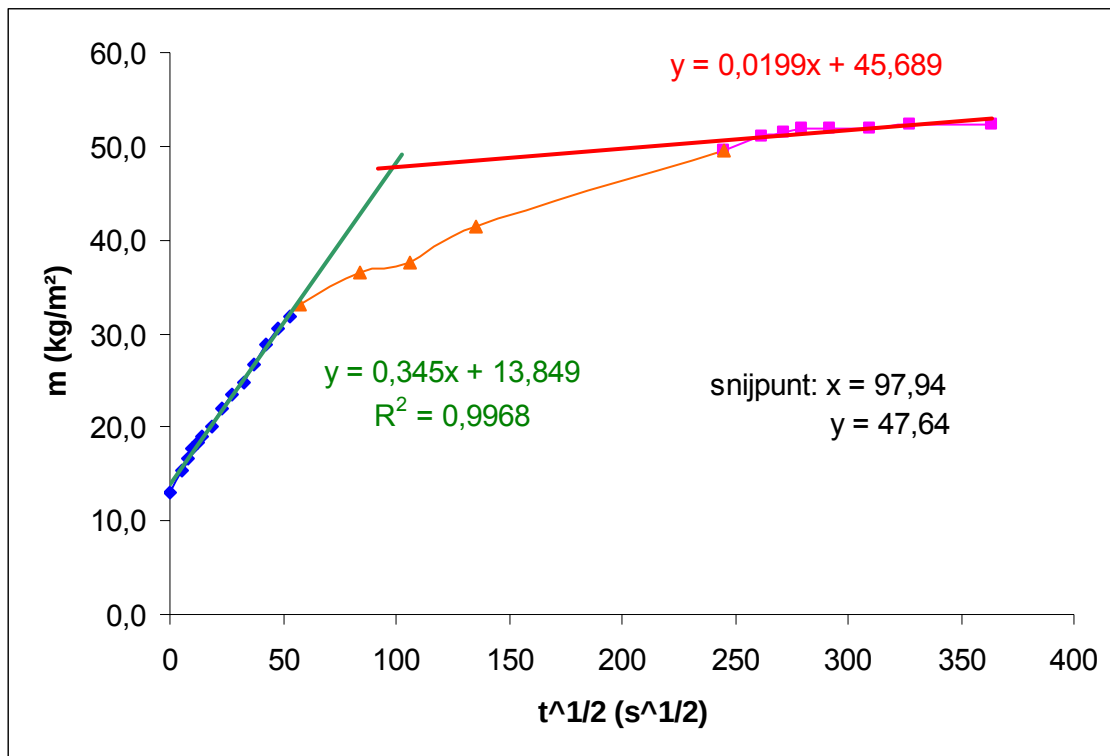
gegevens		SVK Novex					
		horizontaal 4					
		d (mm) :		3			
		afmetingen (mm) :		140 x 69			
		contactopp (m²):		0,00966			
		densiteit (kg/m³):		1677,02			
		drooggewicht (kg):		0,0465			
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0021	0,0000	0,2174	0,0486	#GETAL!	-1,5261
2	30	0,0033	5,4772	0,3416	0,0498	3,4012	-1,0741
3	60	0,0040	7,7460	0,4141	0,0505	4,0943	-0,8817
4	90	0,0045	9,4868	0,4658	0,0510	4,4998	-0,7639
5	120	0,0052	10,9545	0,5383	0,0517	4,7875	-0,6193
6	180	0,0056	13,4164	0,5797	0,0521	5,1930	-0,5452
7	240	0,0060	15,4919	0,6211	0,0525	5,4806	-0,4762
8	360	0,0063	18,9737	0,6522	0,0528	5,8861	-0,4274
9	540	0,0066	23,2379	0,6832	0,0531	6,2916	-0,3809
10	720	0,0070	26,8328	0,7246	0,0535	6,5793	-0,3221
11	1020	0,0076	31,9374	0,7867	0,0541	6,9276	-0,2398
12	1380	0,0079	37,1484	0,8178	0,0544	7,2298	-0,2011
13	1860	0,0082	43,1277	0,8489	0,0547	7,5283	-0,1639
14	2400	0,0085	48,9898	0,8799	0,0550	7,7832	-0,1279
15	3000	0,0087	54,7723	0,9006	0,0552	8,0064	-0,1047
16	3720	0,0088	60,9918	0,9110	0,0553	8,2215	-0,0932
17	4500	0,0091	67,0820	0,9420	0,0556	8,4118	-0,0597
18	5340	0,0090	73,0753	0,9317	0,0555	8,5830	-0,0708
19	6240	0,0092	78,9937	0,9524	0,0557	8,7387	-0,0488
20	7200	0,0092	84,8528	0,9524	0,0557	8,8818	-0,0488
21	8220	0,0093	90,6642	0,9627	0,0558	9,0143	-0,0380
22	9000	0,0092	94,8683	0,9524	0,0557	9,1050	-0,0488
23	9840	0,0092	99,1968	0,9524	0,0557	9,1942	-0,0488
24	63720	0,0093	252,4282	0,9627	0,0558	11,0623	-0,0380
25	73800	0,0093	271,6616	0,9627	0,0558	11,2091	-0,0380
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,0127					
w _c (kg/m³) =		318,33					



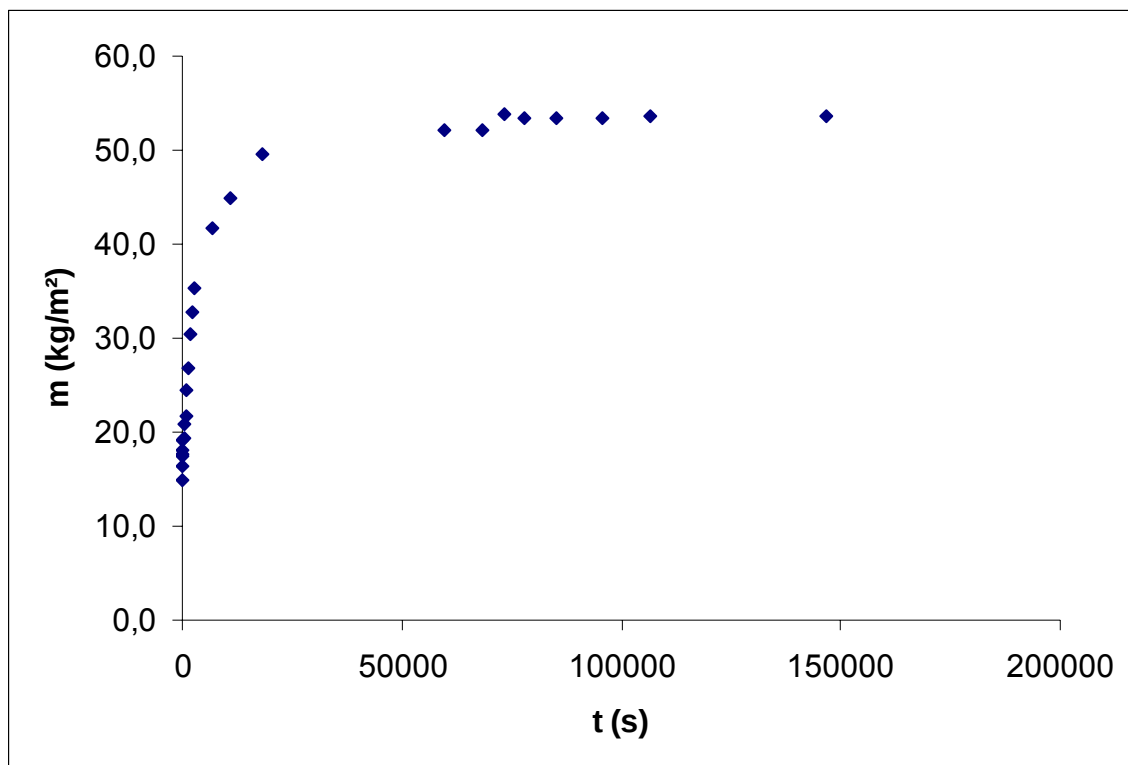


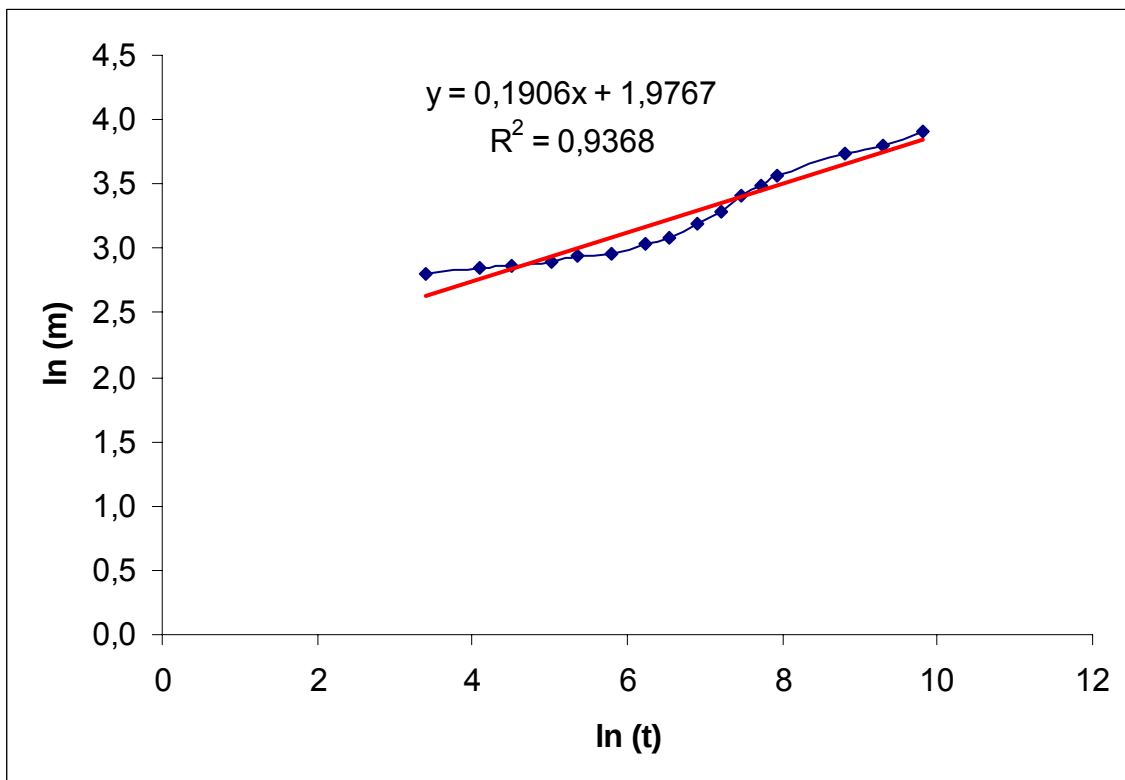
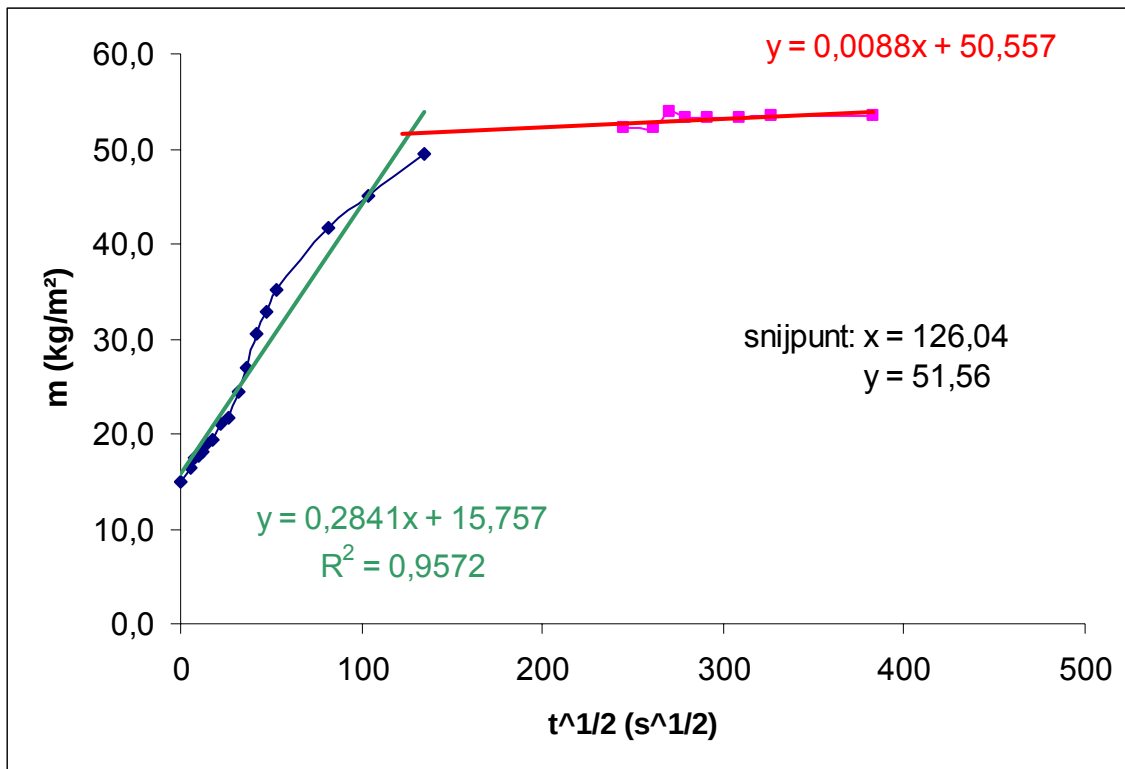
gegevens	SVK Novex verticaal 3 d (mm) : 3 afmetingen (mm) : 140 x 141 contactopp (m²): 0,00042 densiteit (kg/m³): 1779,80 drooggewicht (kg): 0,0999						
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0055	0,0000	13,0952	0,1054	#GETAL!	2,5722
2	30	0,0065	5,4772	15,4762	0,1064	3,4012	2,7393
3	60	0,0070	7,7460	16,6667	0,1069	4,0943	2,8134
4	90	0,0074	9,4868	17,6190	0,1073	4,4998	2,8690
5	150	0,0077	12,2474	18,3333	0,1076	5,0106	2,9087
6	210	0,0080	14,4914	19,0476	0,1079	5,3471	2,9469
7	330	0,0084	18,1659	20,0000	0,1083	5,7991	2,9957
8	510	0,0092	22,5832	21,9048	0,1091	6,2344	3,0867
9	750	0,0099	27,3861	23,5714	0,1098	6,6201	3,1600
10	1050	0,0104	32,4037	24,7619	0,1103	6,9565	3,2093
11	1410	0,0112	37,5500	26,6667	0,1111	7,2513	3,2834
12	1830	0,0121	42,7785	28,8095	0,1120	7,5121	3,3607
13	2310	0,0128	48,0625	30,4762	0,1127	7,7450	3,4169
14	2850	0,0134	53,3854	31,9048	0,1133	7,9551	3,4628
15	3300	0,0139	57,4456	33,0952	0,1138	8,1017	3,4994
16	7110	0,0153	84,3208	36,4286	0,1152	8,8693	3,5954
17	11250	0,0158	106,0660	37,6190	0,1157	9,3281	3,6275
18	18450	0,0174	135,8308	41,4286	0,1173	9,8228	3,7240
19	60150	0,0208	245,2550	49,5238	0,1207	11,0046	3,9025
20	68730	0,0214	262,1641	50,9524	0,1213	11,1379	3,9309
21	73830	0,0216	271,7168	51,4286	0,1215	11,2095	3,9402
22	78390	0,0218	279,9821	51,9048	0,1217	11,2695	3,9494
23	85410	0,0218	292,2499	51,9048	0,1217	11,3552	3,9494
24	96030	0,0218	309,8871	51,9048	0,1217	11,4724	3,9494
25	107190	0,0220	327,3988	52,3810	0,1219	11,5824	3,9585
26	132570	0,0220	364,1016	52,3810	0,1219	11,7949	3,9585
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,3450					
w _c (kg/m³) =		340,29					





gegevens	SVK Novex verticaal 4 d (mm) : 3 afmetingen (mm) : 140 x 141 contactopp (m²): 0,00042 densiteit (kg/m³): 1737,59 drooggewicht (kg): 0,0966						
metingen:							
	t (s)	M _{water} (kg)	t ^{1/2} (s ^{1/2})	m (kg/m²)	M _{tot} (kg)	ln t	ln m
1	0	0,0063	0,0000	15,0000	0,1029	#GETAL!	2,7081
2	30	0,0069	5,4772	16,4286	0,1035	3,4012	2,7990
3	60	0,0073	7,7460	17,3810	0,1039	4,0943	2,8554
4	90	0,0074	9,4868	17,6190	0,1040	4,4998	2,8690
5	150	0,0076	12,2474	18,0952	0,1042	5,0106	2,8956
6	210	0,0080	14,4914	19,0476	0,1046	5,3471	2,9469
7	330	0,0081	18,1659	19,2857	0,1047	5,7991	2,9594
8	510	0,0088	22,5832	20,9524	0,1054	6,2344	3,0423
9	690	0,0091	26,2679	21,6667	0,1057	6,5367	3,0758
10	990	0,0103	31,4643	24,5238	0,1069	6,8977	3,1996
11	1350	0,0113	36,7423	26,9048	0,1079	7,2079	3,2923
12	1770	0,0128	42,0714	30,4762	0,1094	7,4787	3,4169
13	2250	0,0138	47,4342	32,8571	0,1104	7,7187	3,4922
14	2790	0,0148	52,8205	35,2381	0,1114	7,9338	3,5621
15	6630	0,0175	81,4248	41,6667	0,1141	8,7994	3,7297
16	10830	0,0189	104,0673	45,0000	0,1155	9,2901	3,8067
17	18090	0,0208	134,4991	49,5238	0,1174	9,8031	3,9025
18	59790	0,0219	244,5199	52,1429	0,1185	10,9986	3,9540
19	68490	0,0219	261,7059	52,1429	0,1185	11,1344	3,9540
20	73410	0,0226	270,9428	53,8095	0,1192	11,2038	3,9855
21	77850	0,0224	279,0161	53,3333	0,1190	11,2625	3,9766
22	85050	0,0224	291,6333	53,3333	0,1190	11,3510	3,9766
23	95670	0,0224	309,3057	53,3333	0,1190	11,4687	3,9766
24	106770	0,0225	326,7568	53,5714	0,1191	11,5784	3,9810
25	146610	0,0225	382,8969	53,5714	0,1191	11,8955	3,9810
A (kg/(m²*s ^{1/2})) =		0,2841					
w _c (kg/m³) =		368,32					



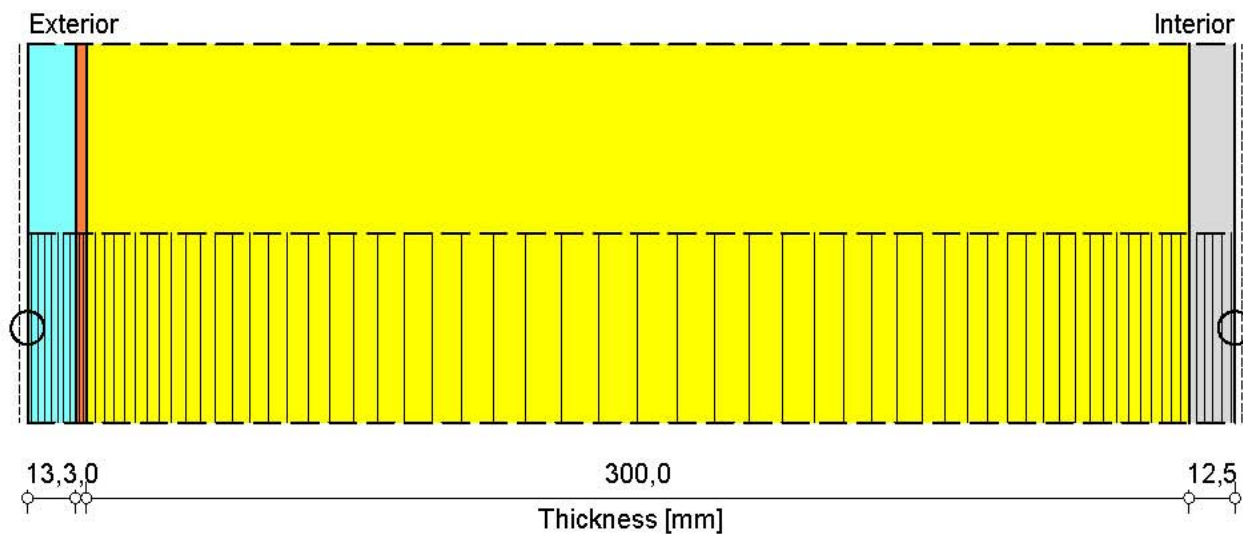


Appendix III: Gegevens, simulaties en resultaten van de analyse van enkele daken

Type onderdak	Binnenklimaat	
Vezelcementplaat	droog	142
	vochtig	150
Houtvezelplaat zonder cacheerlaag	droog	158
	vochtig	166
Houtvezelplaat met cacheerlaag	droog	174
	vochtig	182
Dampopen folie	droog	190
	vochtig	198
Dampdichte folie	droog	206
	vochtig	214
Dampopen isolatie	droog	222
	vochtig	230
Dampdichte isolatie	droog	238
	vochtig	246

Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

 - Air Layer 30 mm

 - Cement Board

 - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)

 - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, Low Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and construction

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

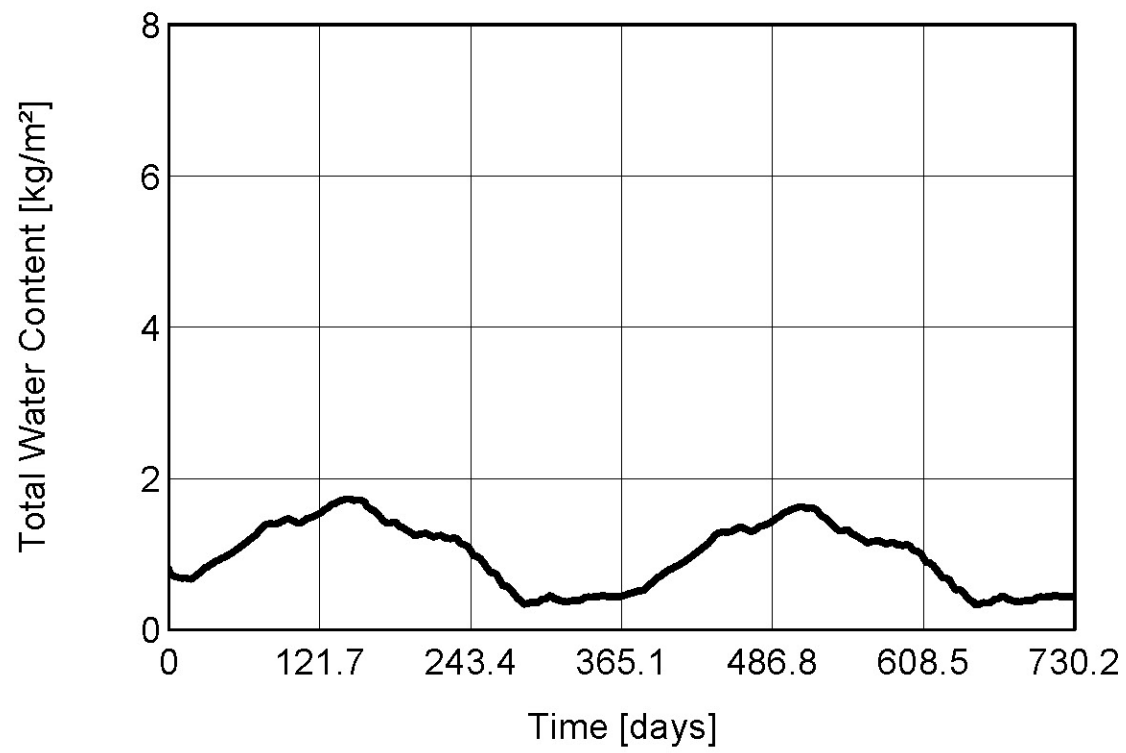
Results from Last Calculation

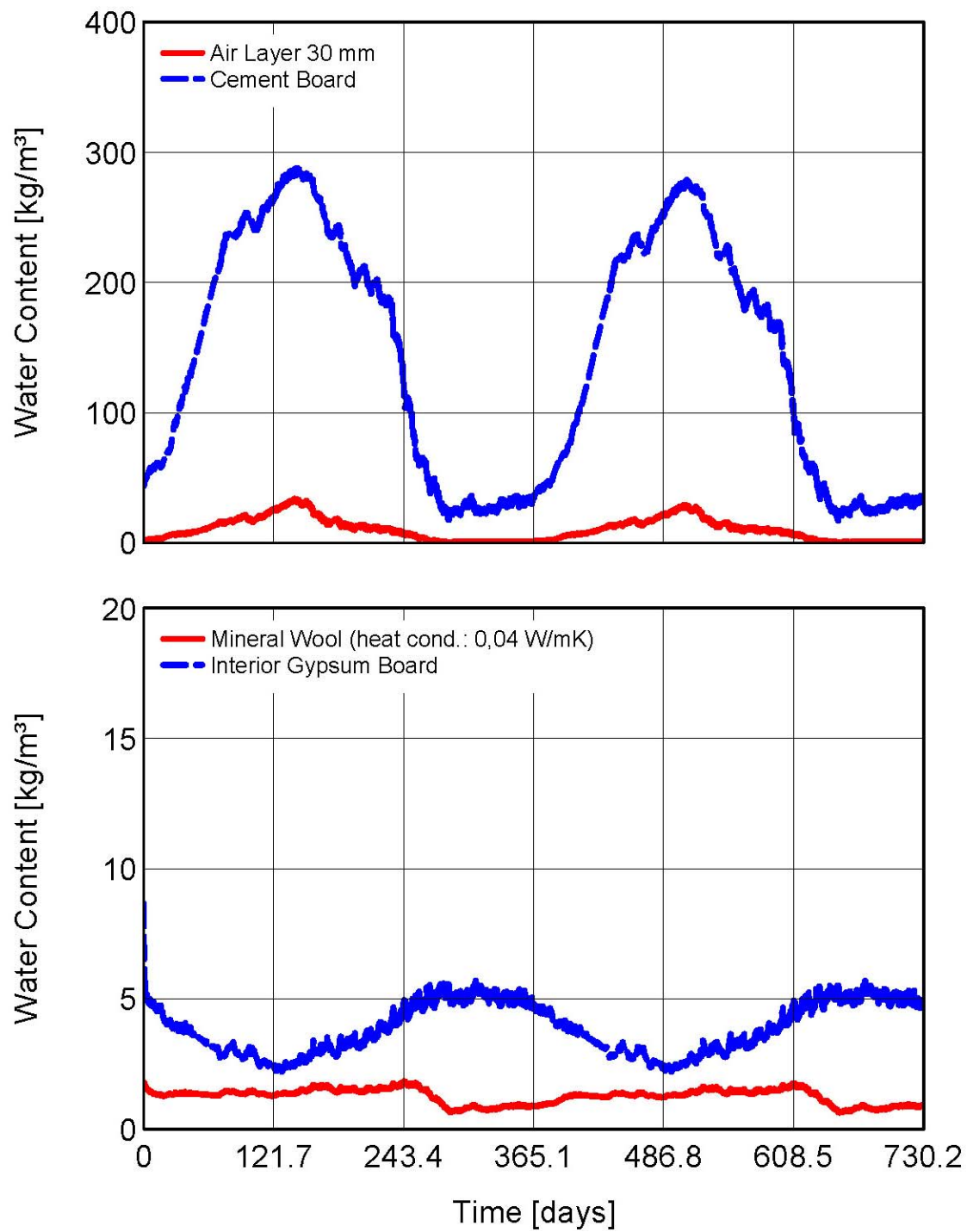
Water Content [kg/m³]

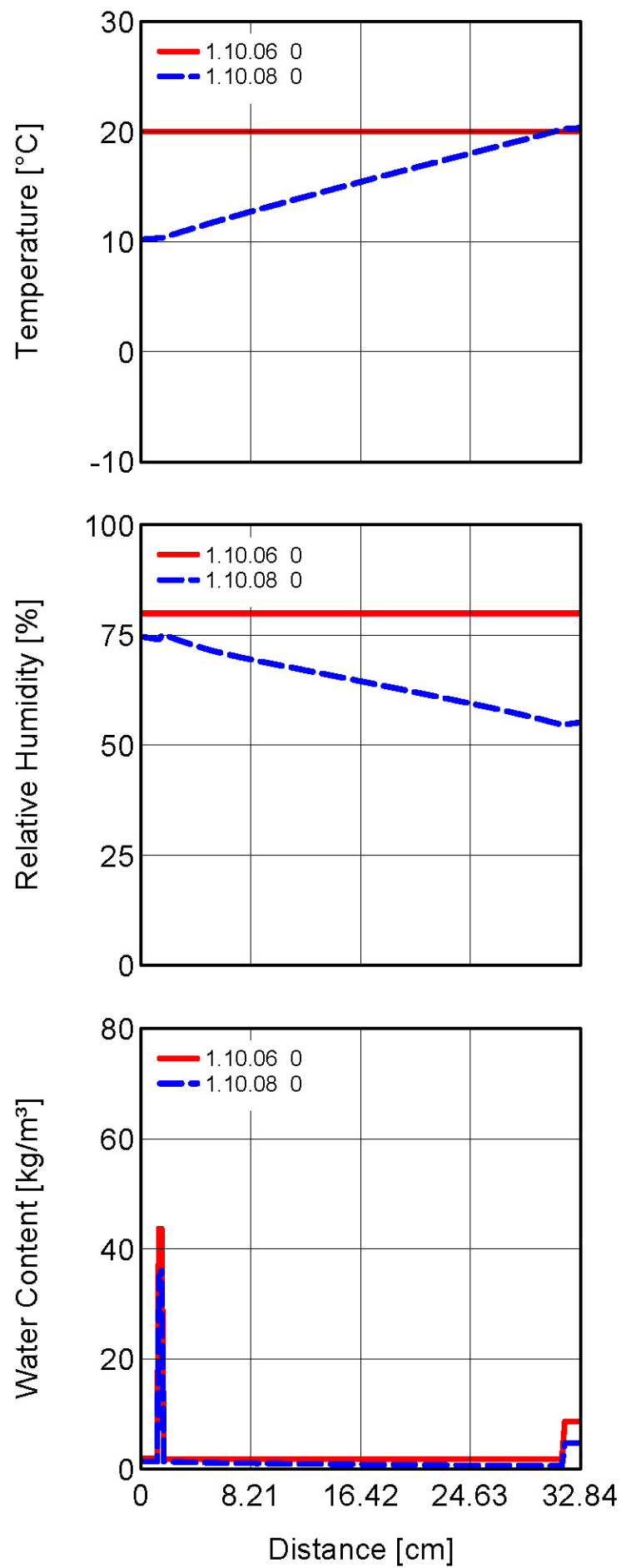
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	1,38	0,43	34,02
Cement Board	43,71	35,46	17,05	288,21
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	0,86	0,63	1,84
Interior Gypsum Board	8,65	4,74	2,20	8,65

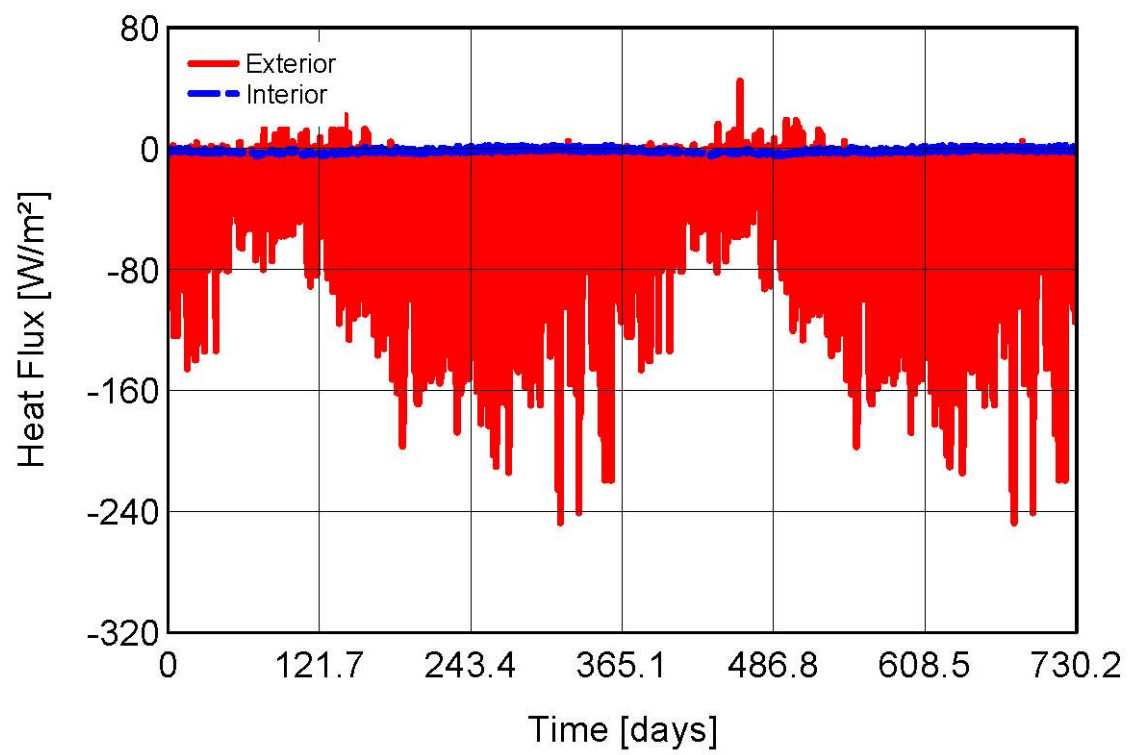
Status of Calculation

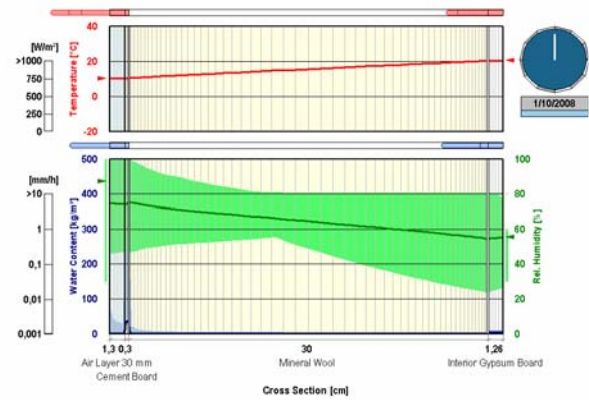
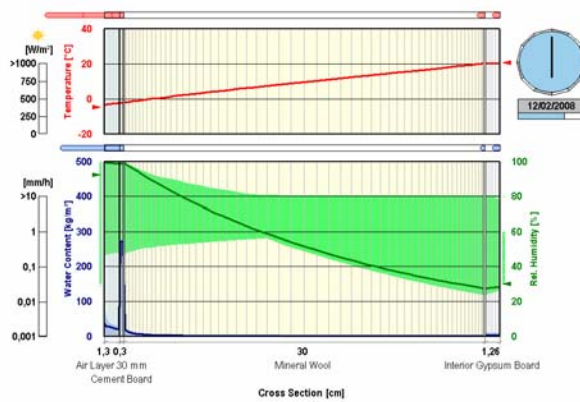
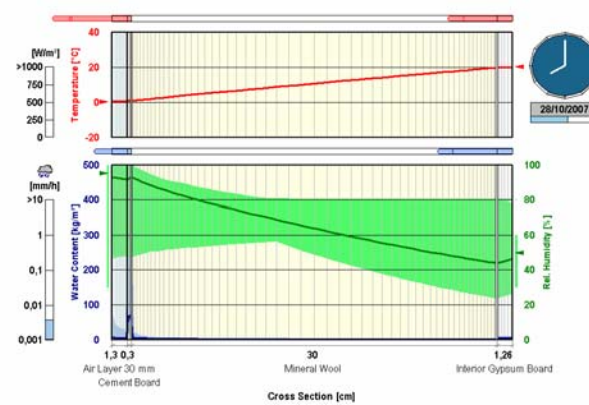
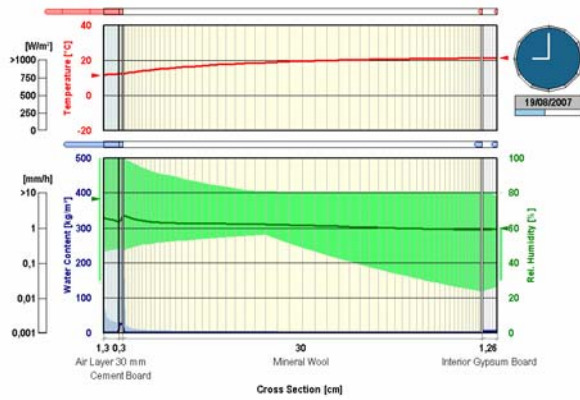
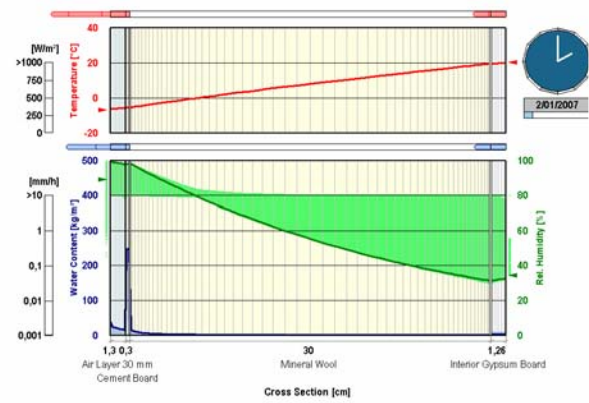
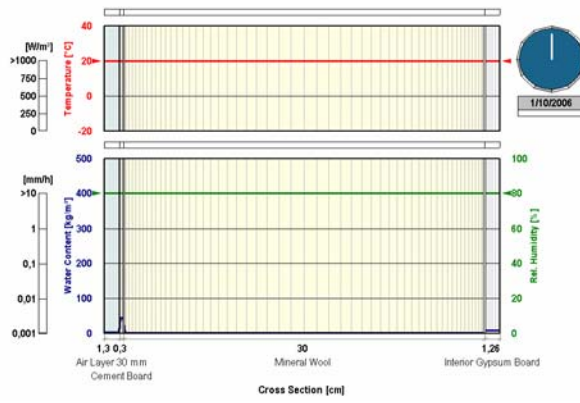
Calculation: Time and Date	25/04/2006 13:41:48
Computing Time	5 min,49 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -1,35
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	8E-7 -1,0
Balance 1 [kg/m²]	-0,35
Balance 2 [kg/m²]	-0,36





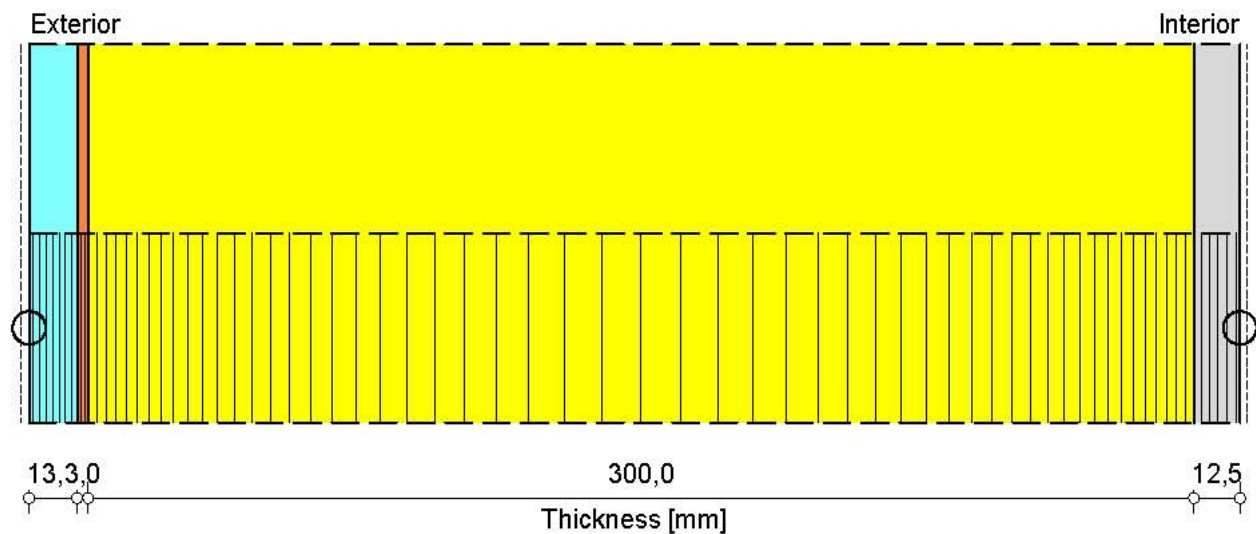






Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

-  - Air Layer 30 mm
-  - Cement Board
-  - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)
-  - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, High Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and constru

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

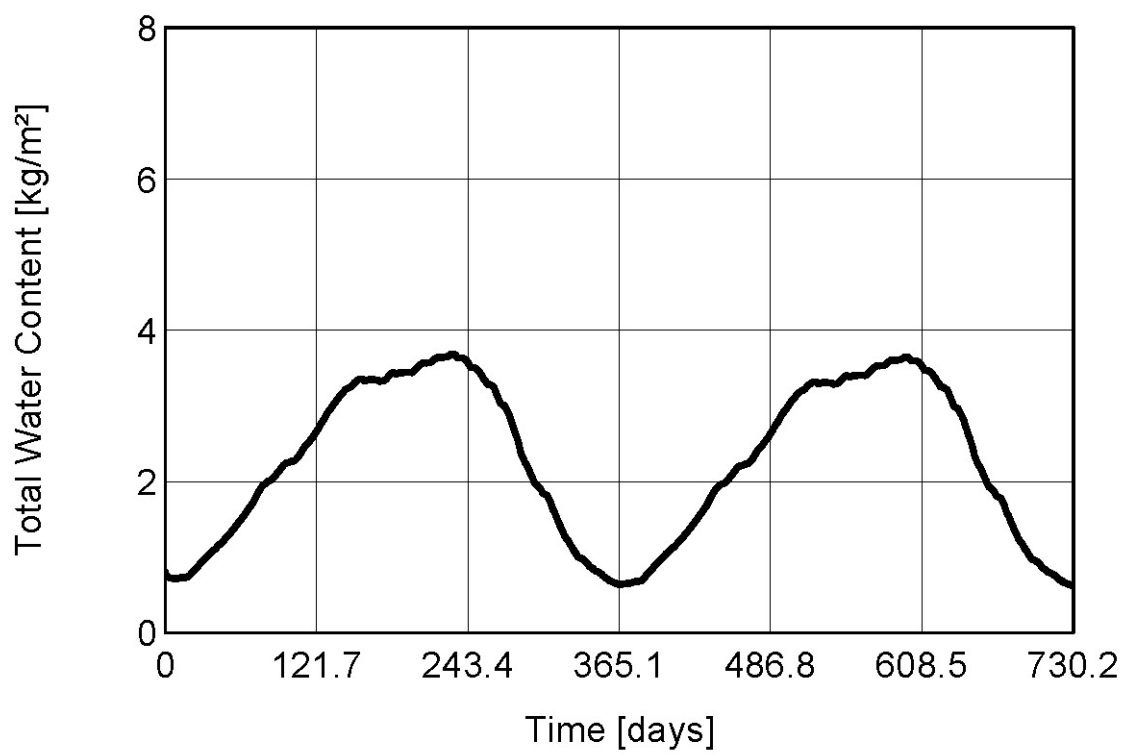
Results from Last Calculation

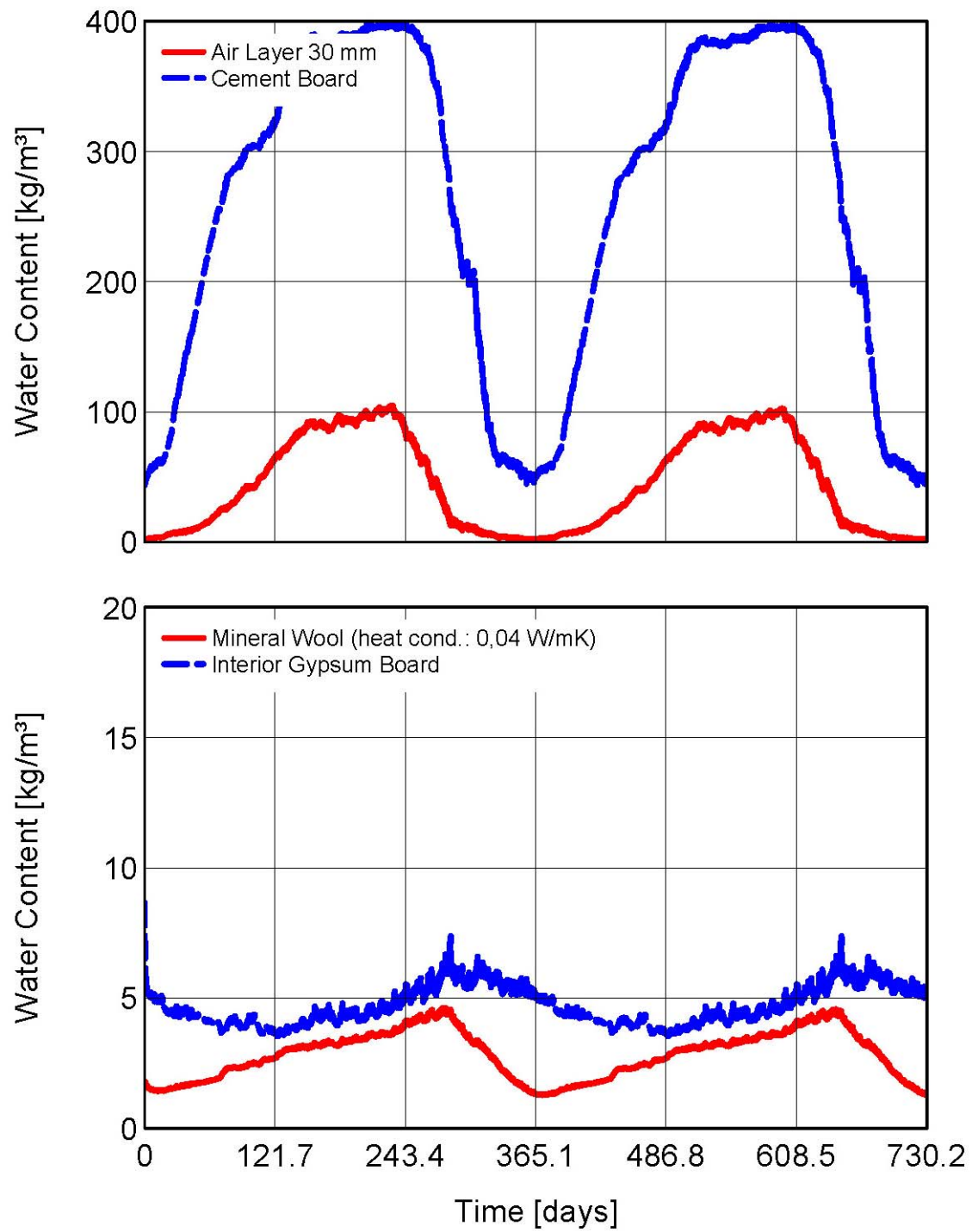
Water Content [kg/m³]

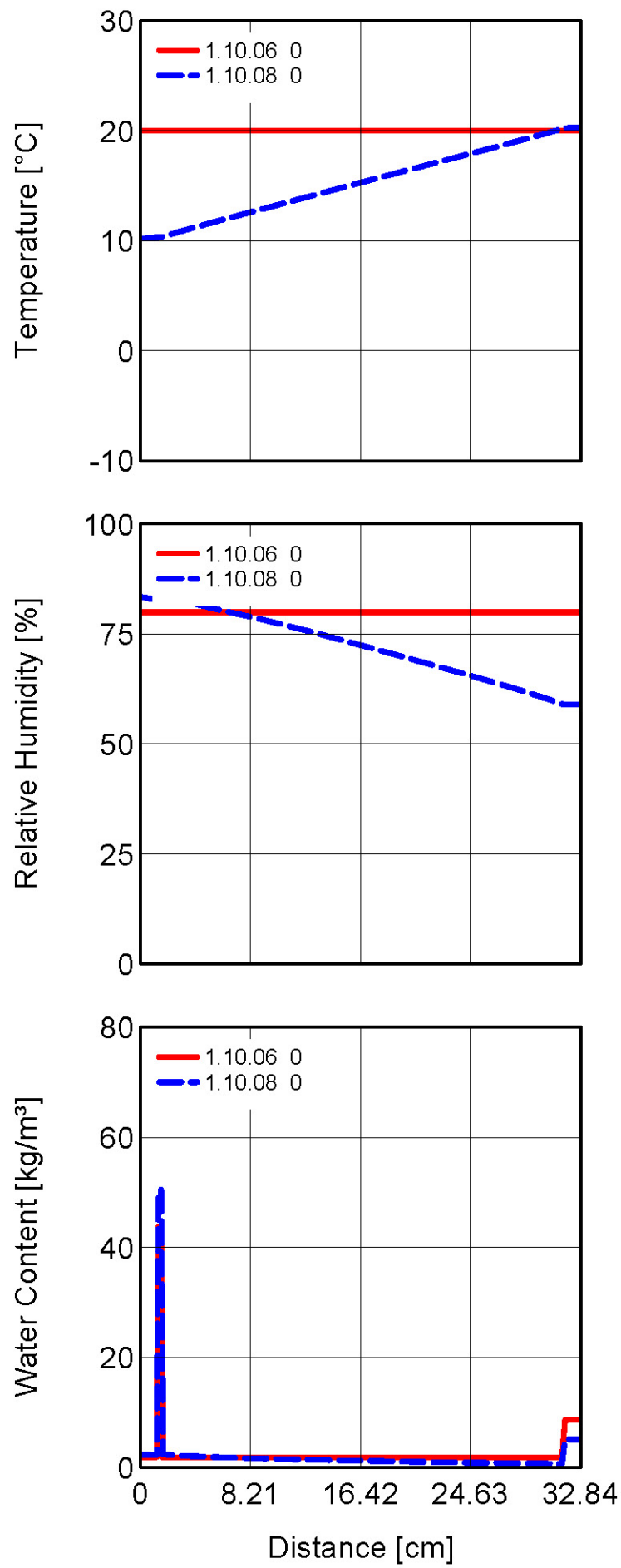
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	2,30	1,87	104,92
Cement Board	43,71	49,70	43,69	399,92
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	1,28	1,27	4,62
Interior Gypsum Board	8,65	5,10	3,52	8,65

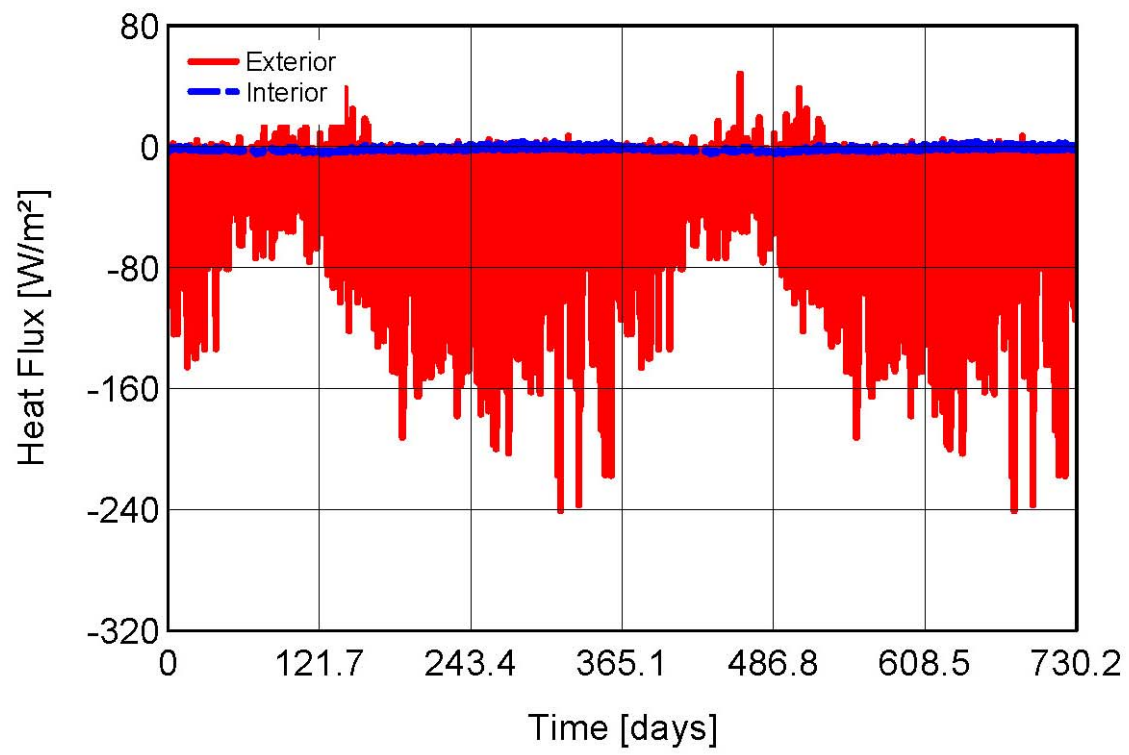
Status of Calculation

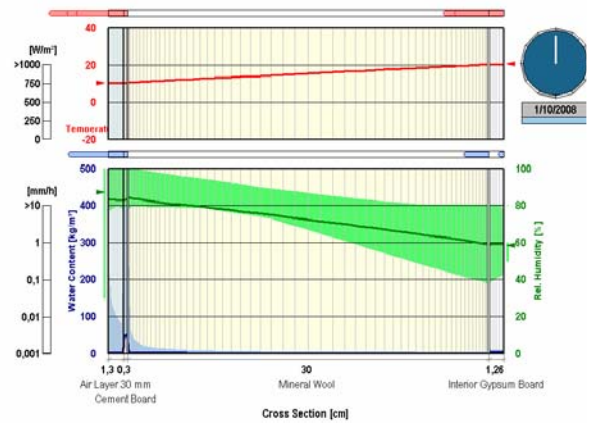
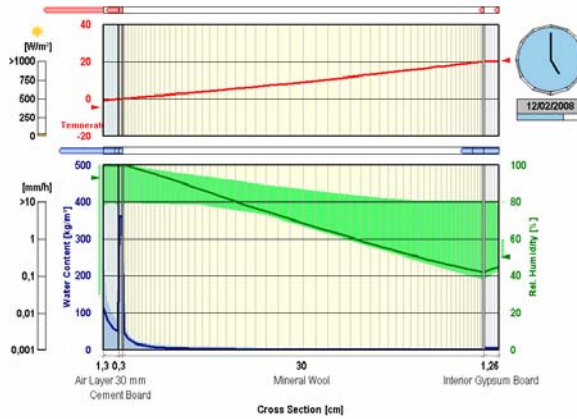
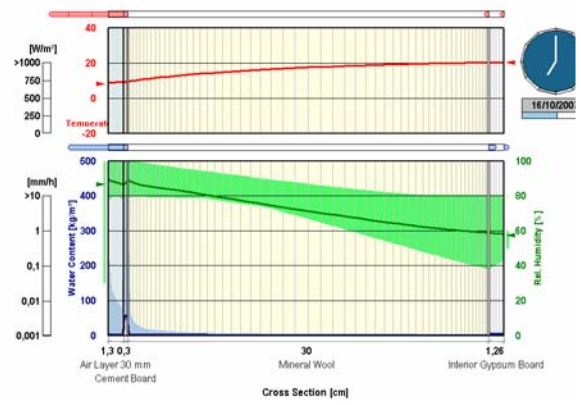
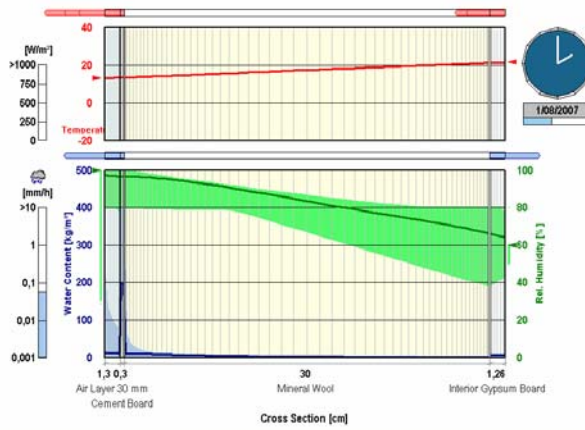
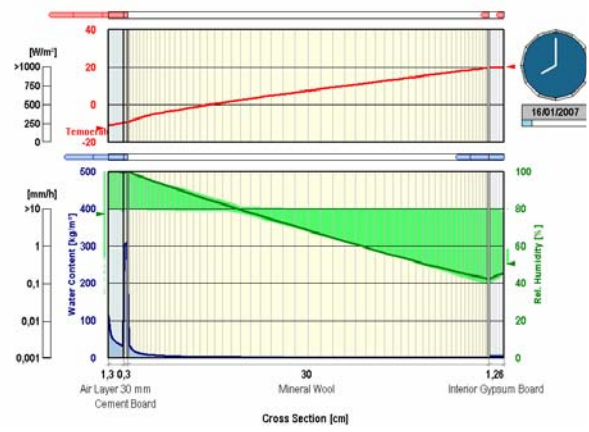
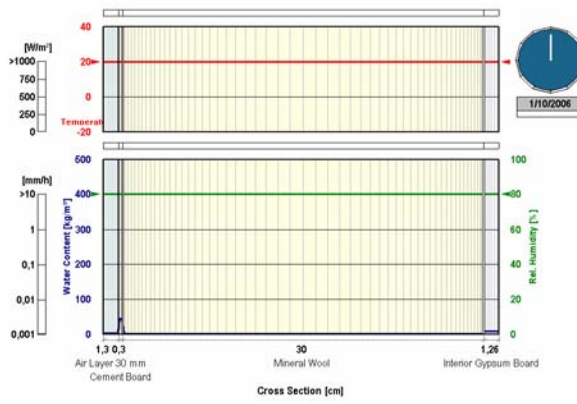
Calculation: Time and Date	3/05/2006 9:48:15
Computing Time	2 min,12 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m ²]	0,0 -2,54
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m ²]	0,0 -2,38
Balance 1 [kg/m ²]	-0,17
Balance 2 [kg/m ²]	-0,16





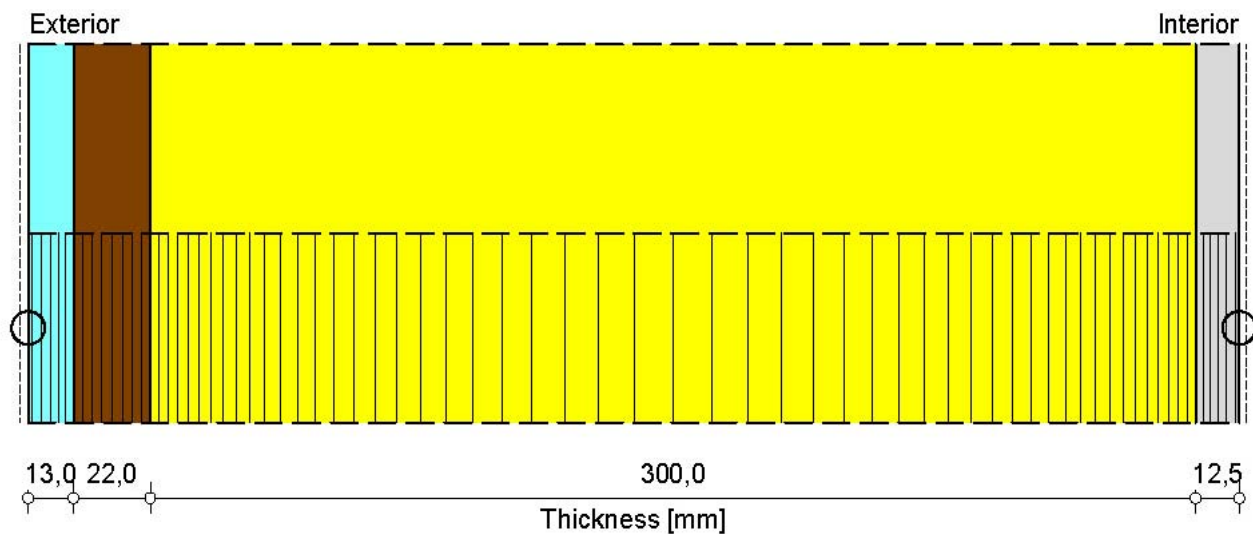






Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

 - Air Layer 30 mm

 - Wood-Fibre Board

 - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)

 - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, Low Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and constru

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

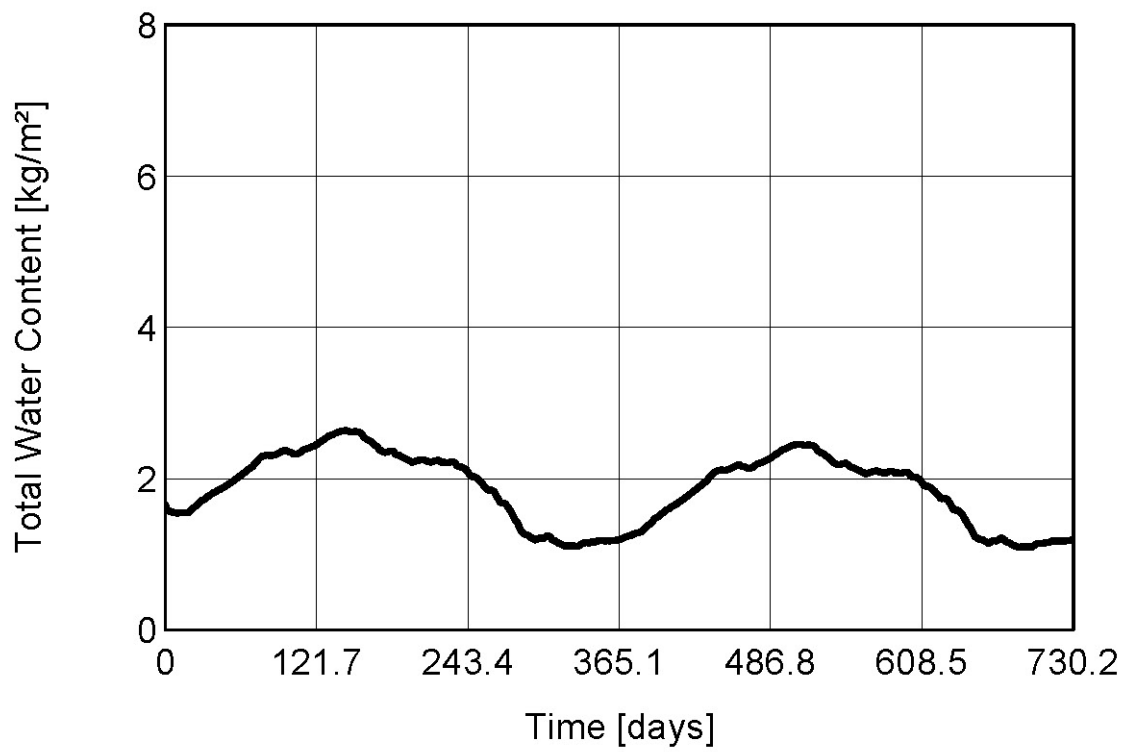
Results from Last Calculation

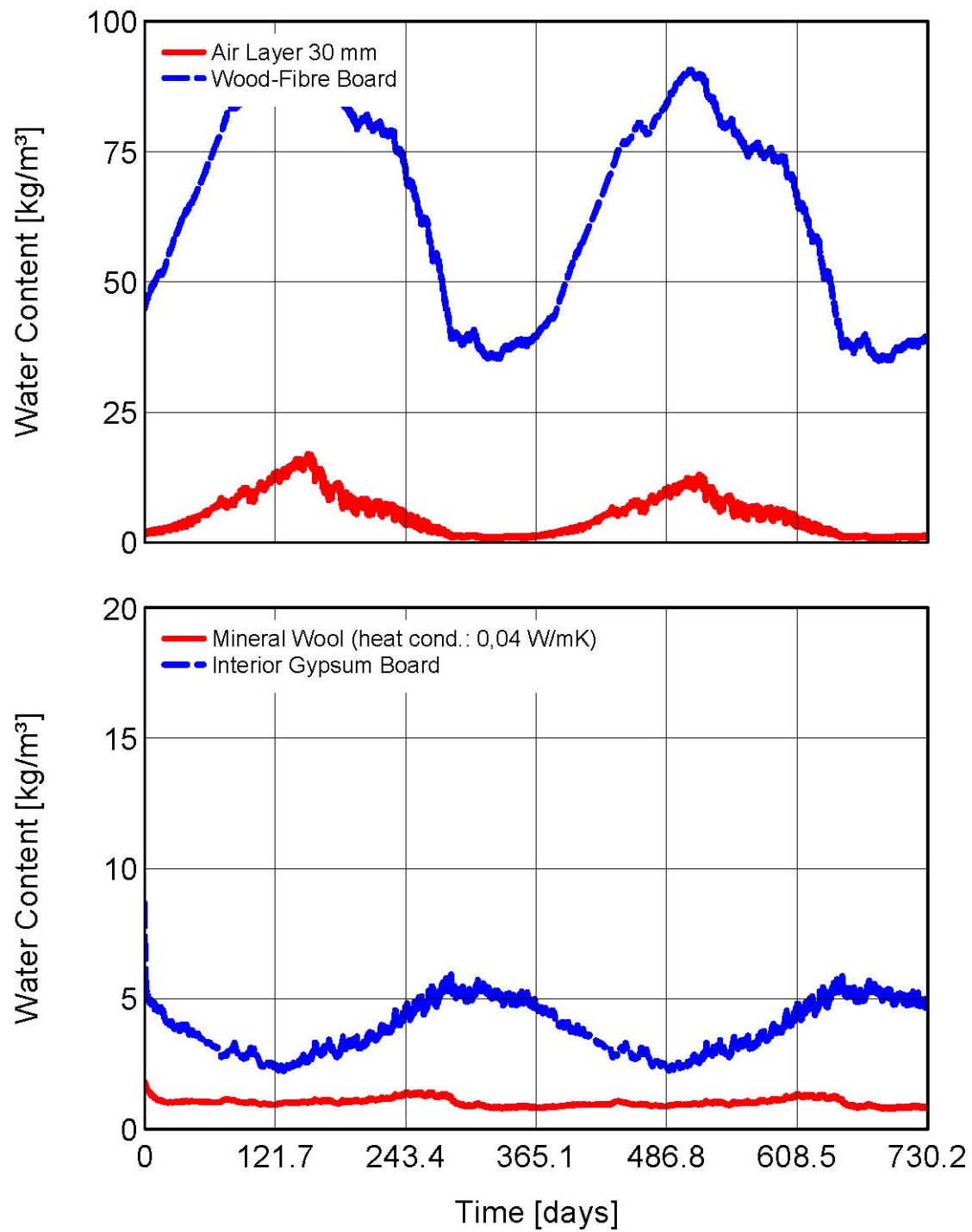
Water Content [kg/m³]

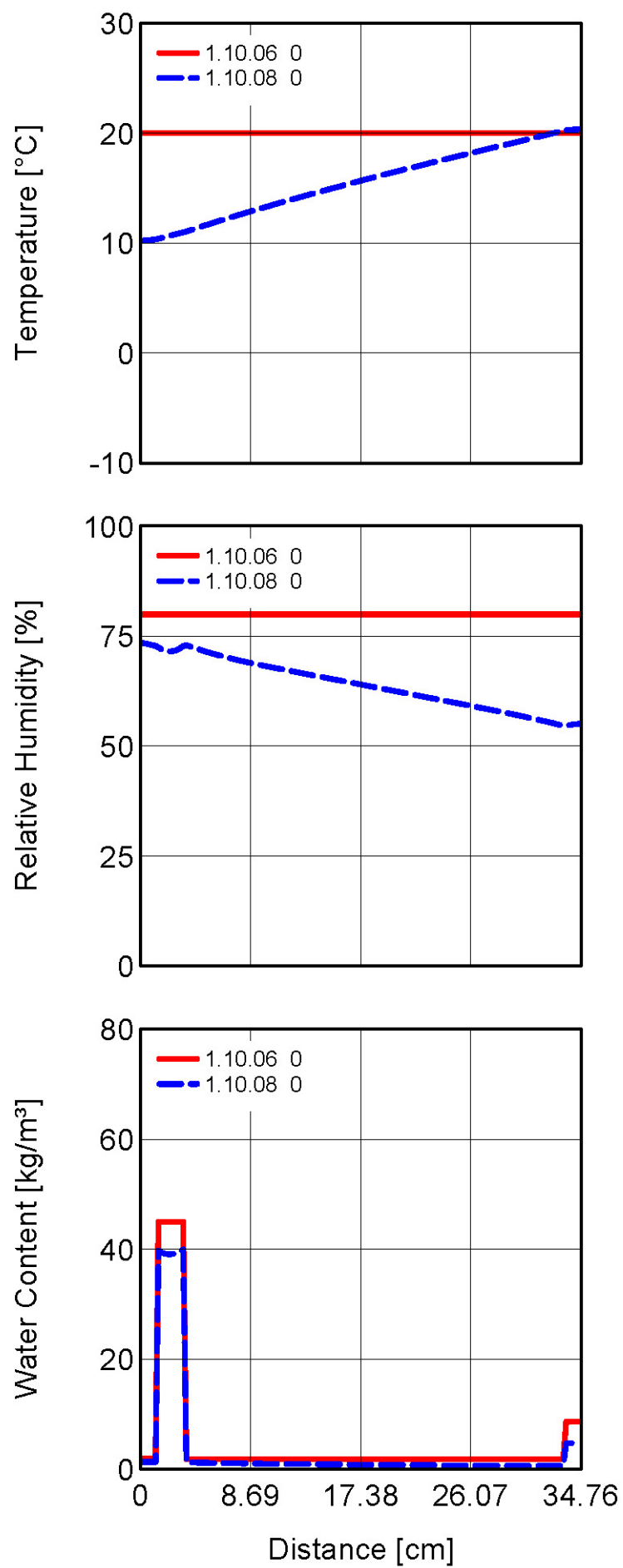
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	1,30	0,73	17,06
Wood-Fibre Board	45,00	39,39	34,66	95,83
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	0,82	0,78	1,79
Interior Gypsum Board	8,65	4,73	2,21	8,65

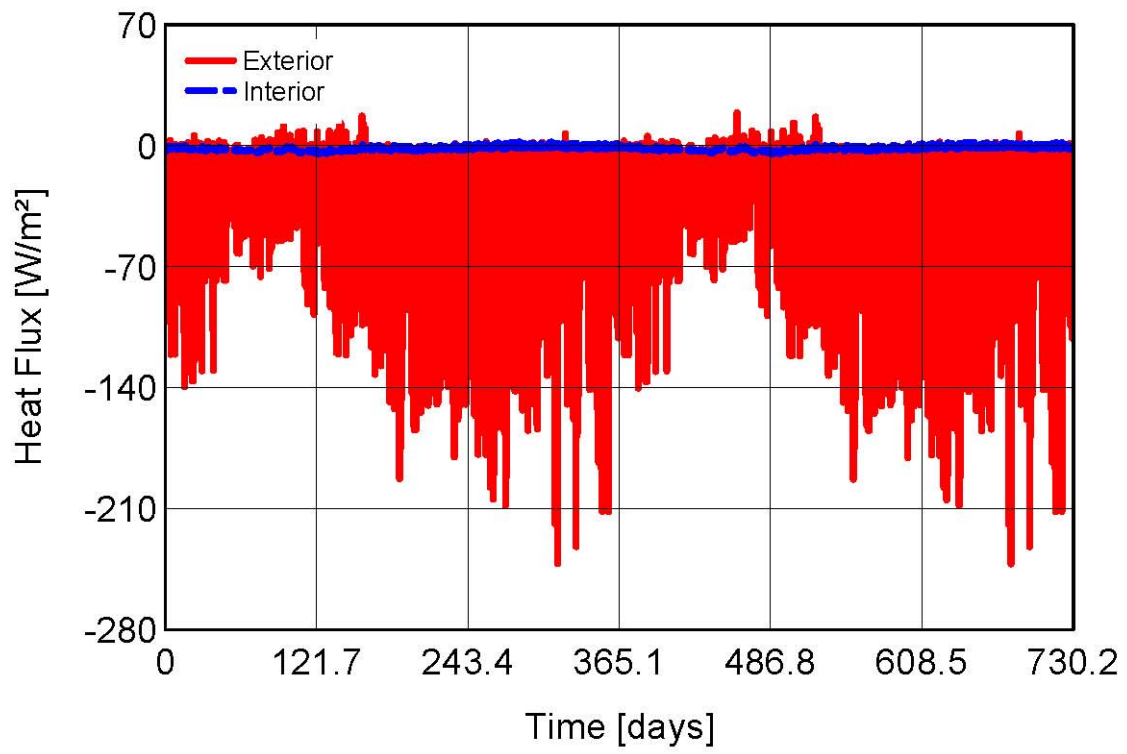
Status of Calculation

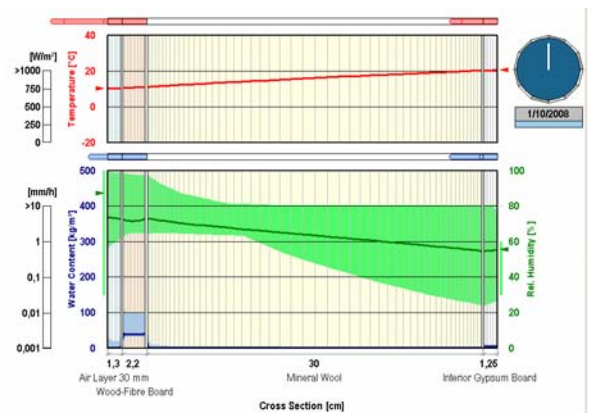
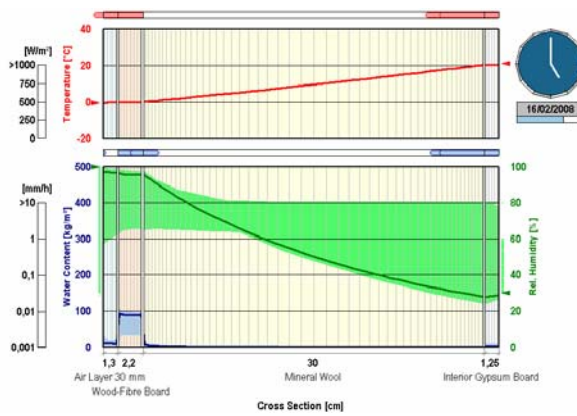
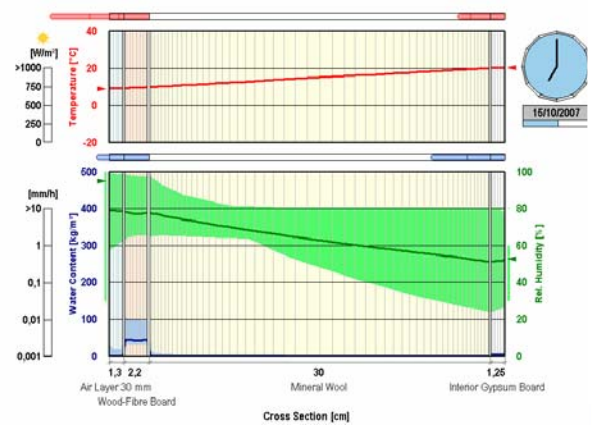
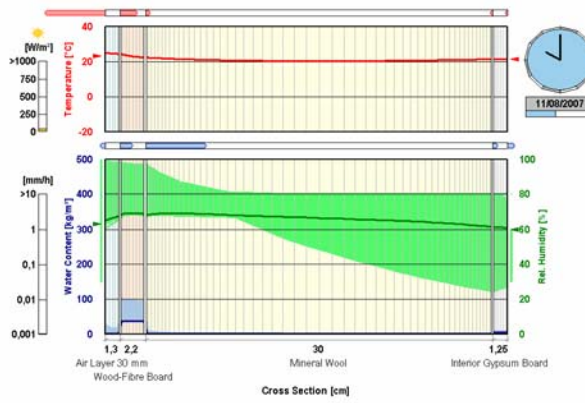
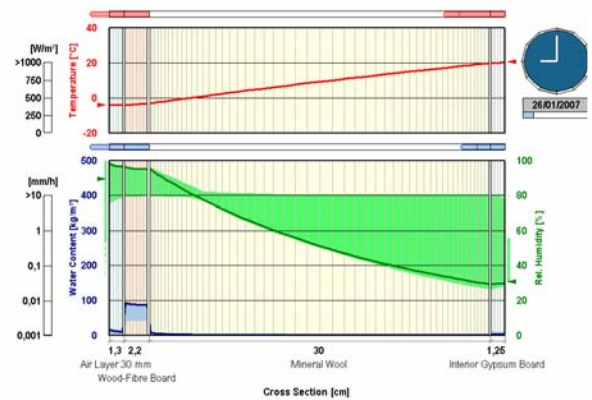
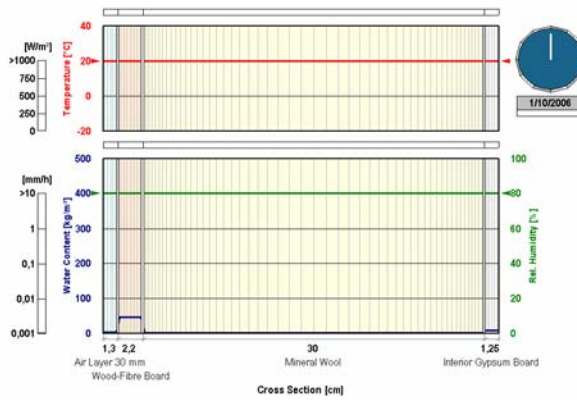
Calculation: Time and Date	25/04/2006 17:31:23
Computing Time	5 min,17 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -1,34
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	0,0 -0,88
Balance 1 [kg/m²]	-0,47
Balance 2 [kg/m²]	-0,47





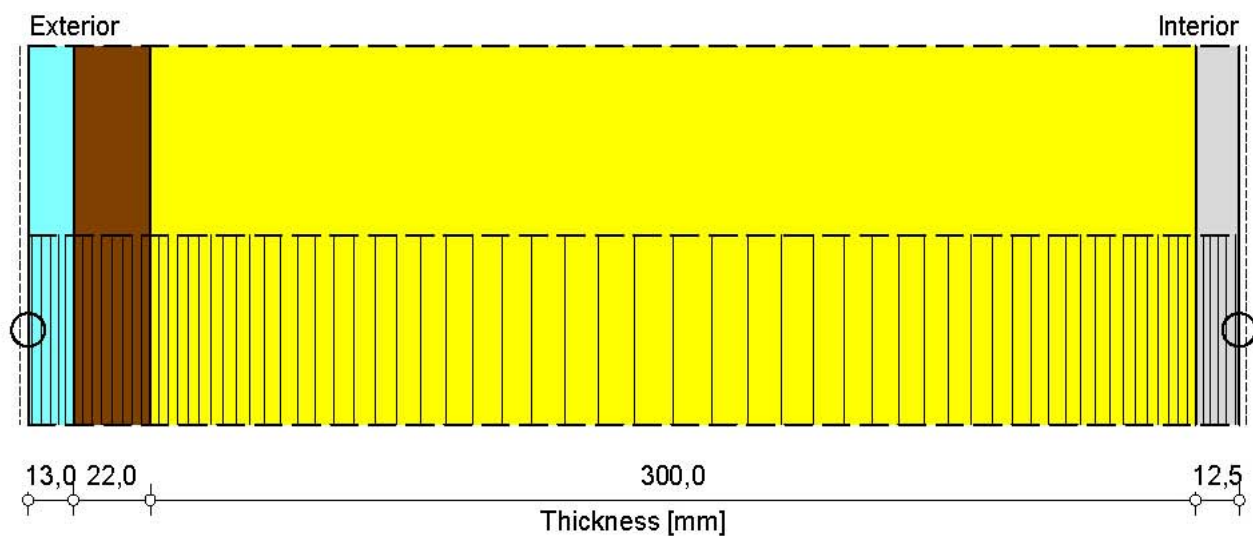






Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

 - Air Layer 30 mm

 - Wood-Fibre Board

 - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)

 - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, High Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and construction

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

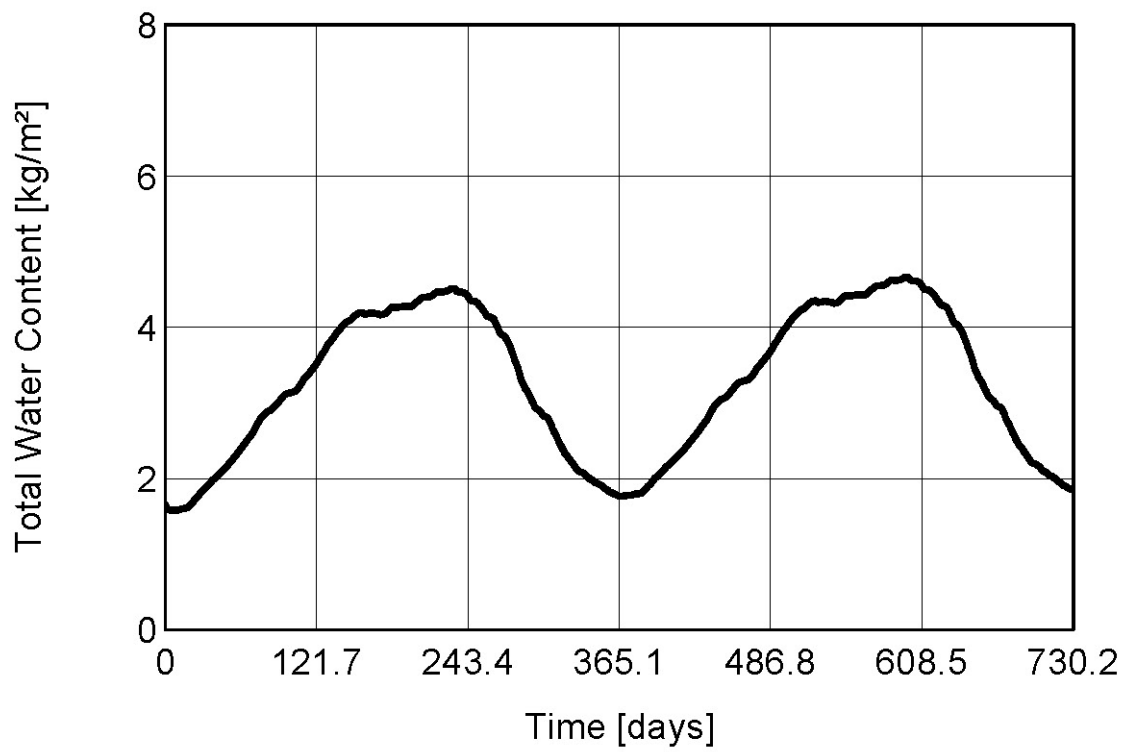
Results from Last Calculation

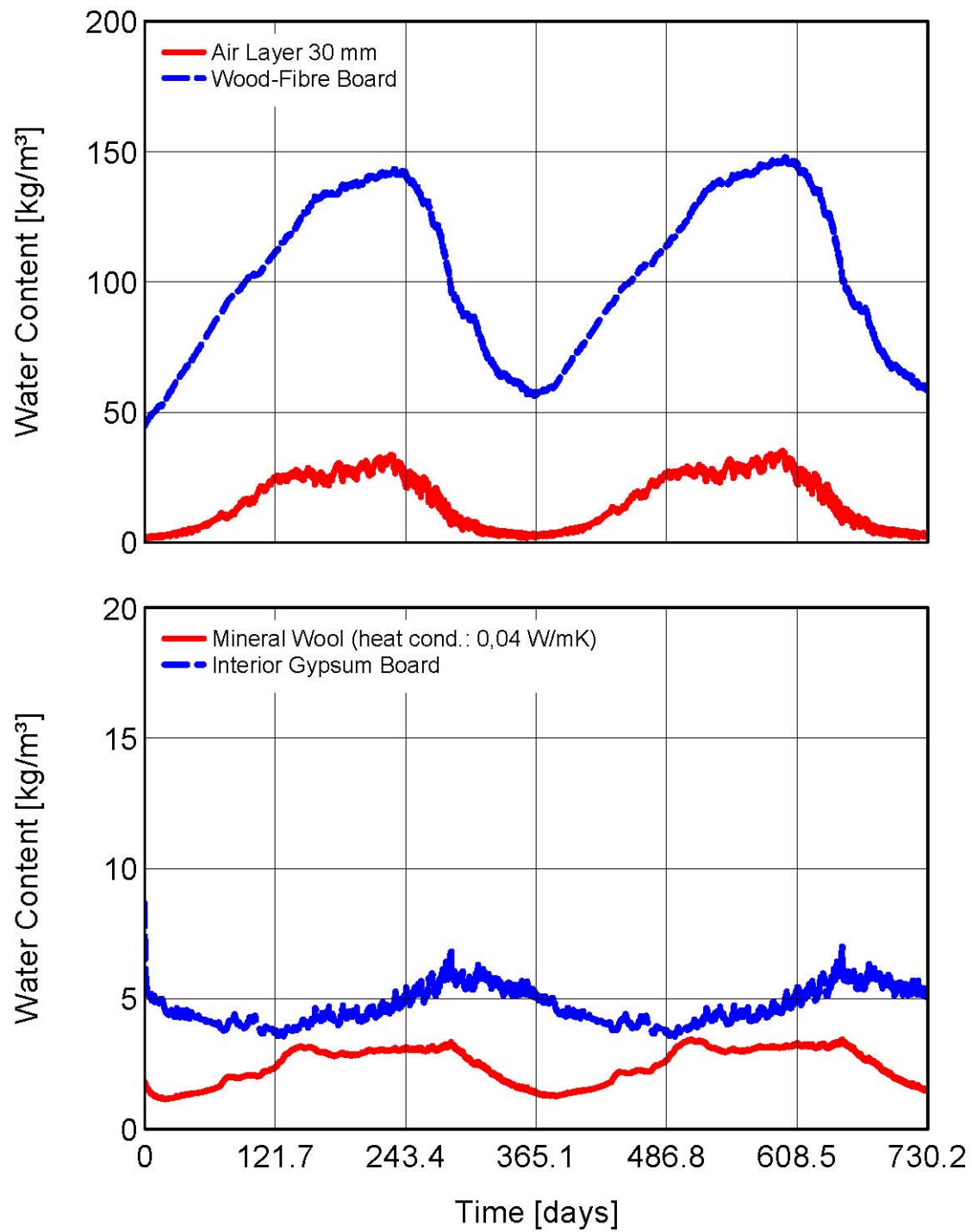
Water Content [kg/m³]

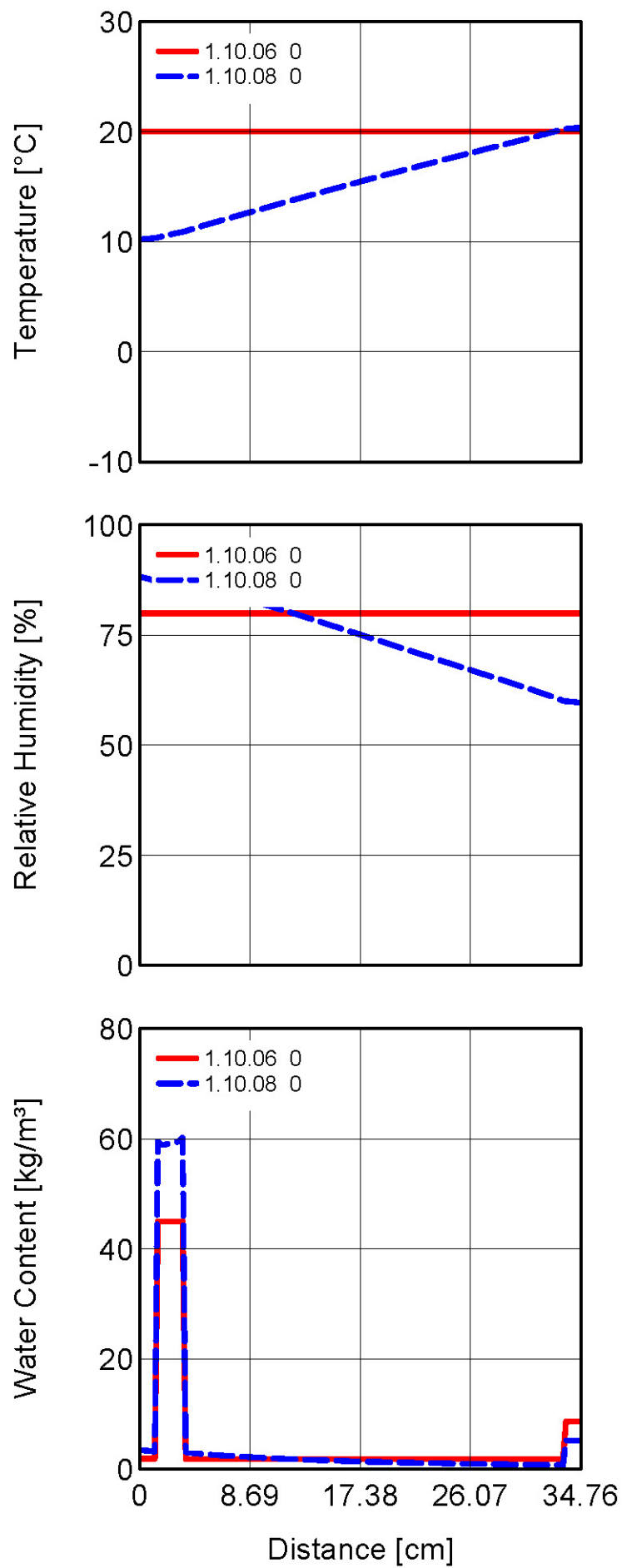
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	3,29	1,67	35,16
Wood-Fibre Board	45,00	59,33	44,89	148,01
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	1,46	1,14	3,44
Interior Gypsum Board	8,65	5,17	3,55	8,65

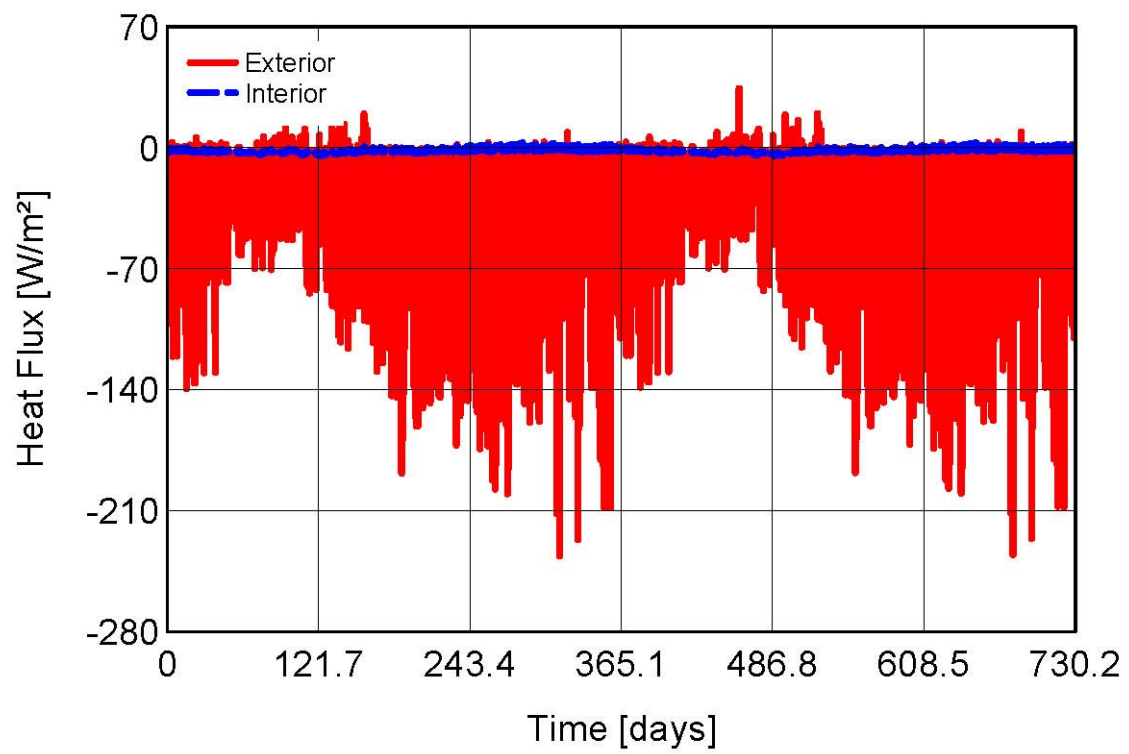
Status of Calculation

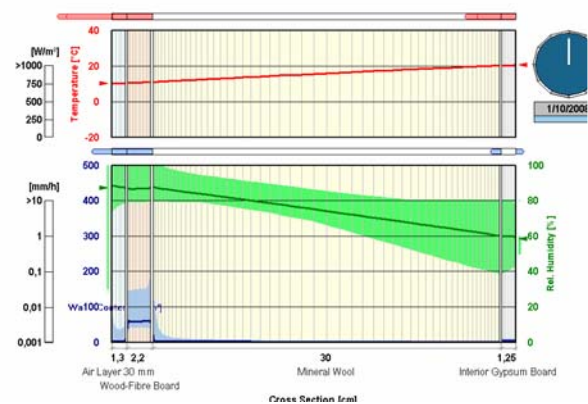
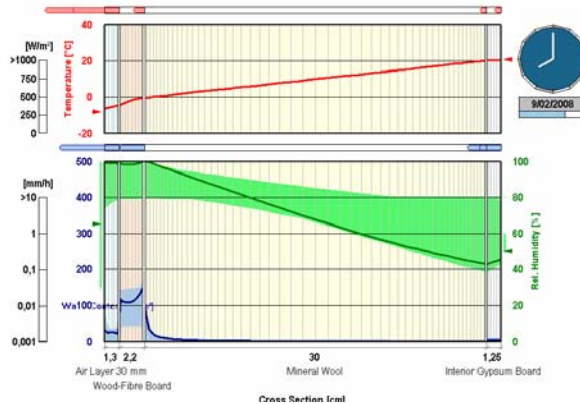
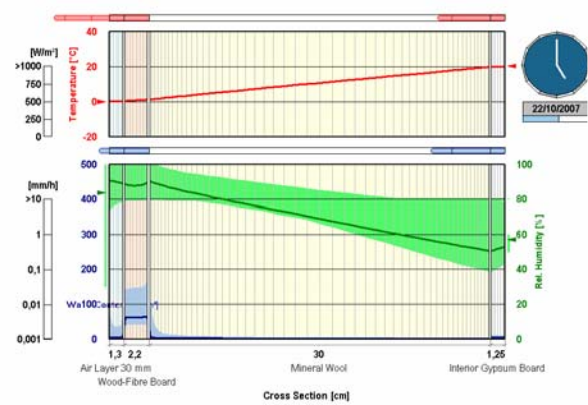
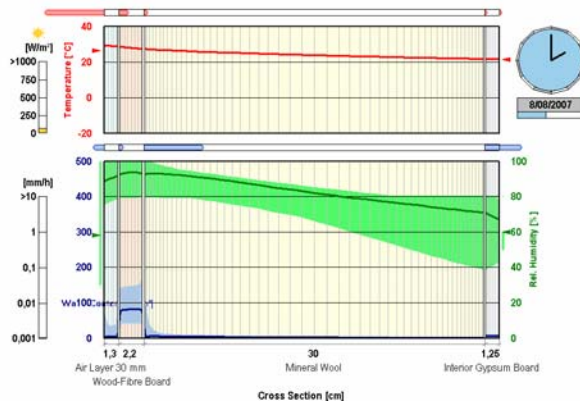
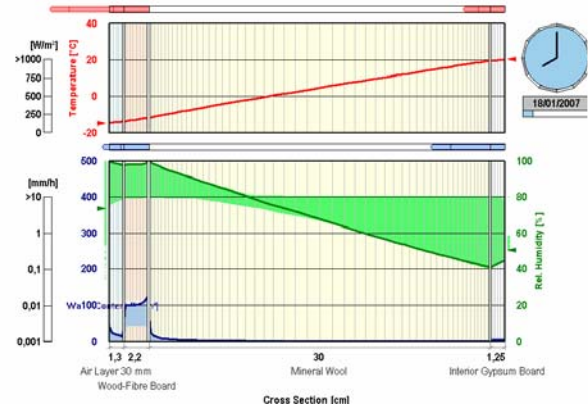
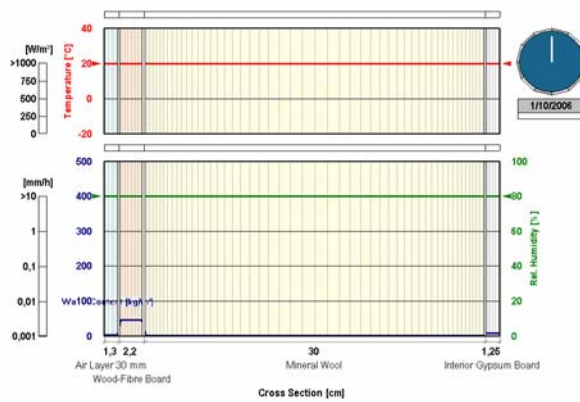
Calculation: Time and Date	25/04/2006 16:25:41
Computing Time	5 min,39 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -2,4
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	0,0 -2,59
Balance 1 [kg/m²]	0,2
Balance 2 [kg/m²]	0,2





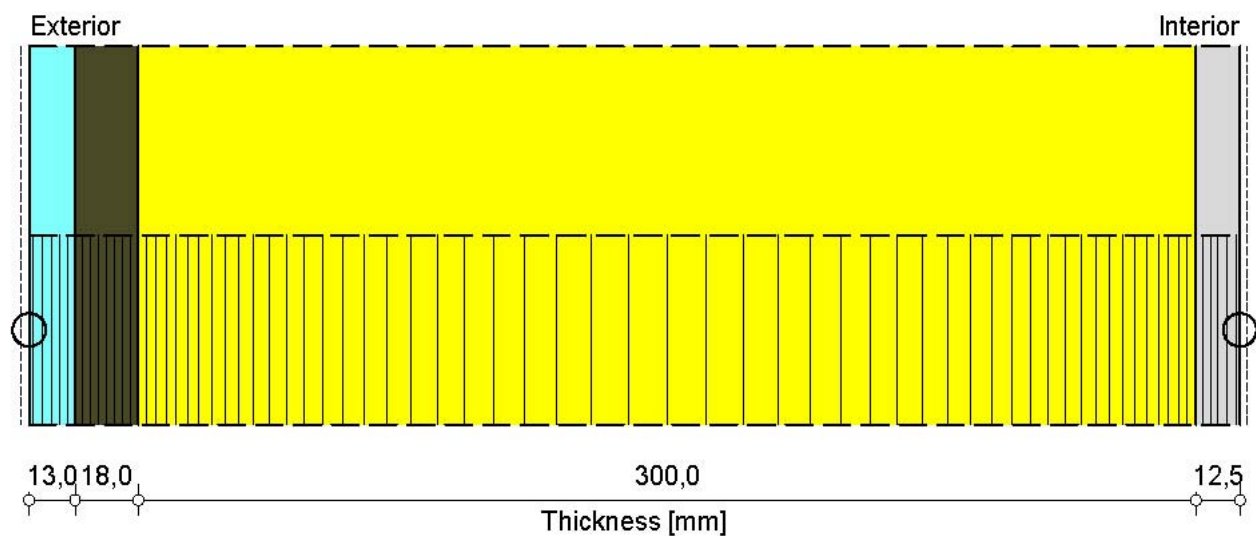






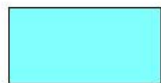
Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :



- Air Layer 30 mm



- Fibreboard with Black Coating (both Surfaces) high



- Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)



- Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, Low Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and construction

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

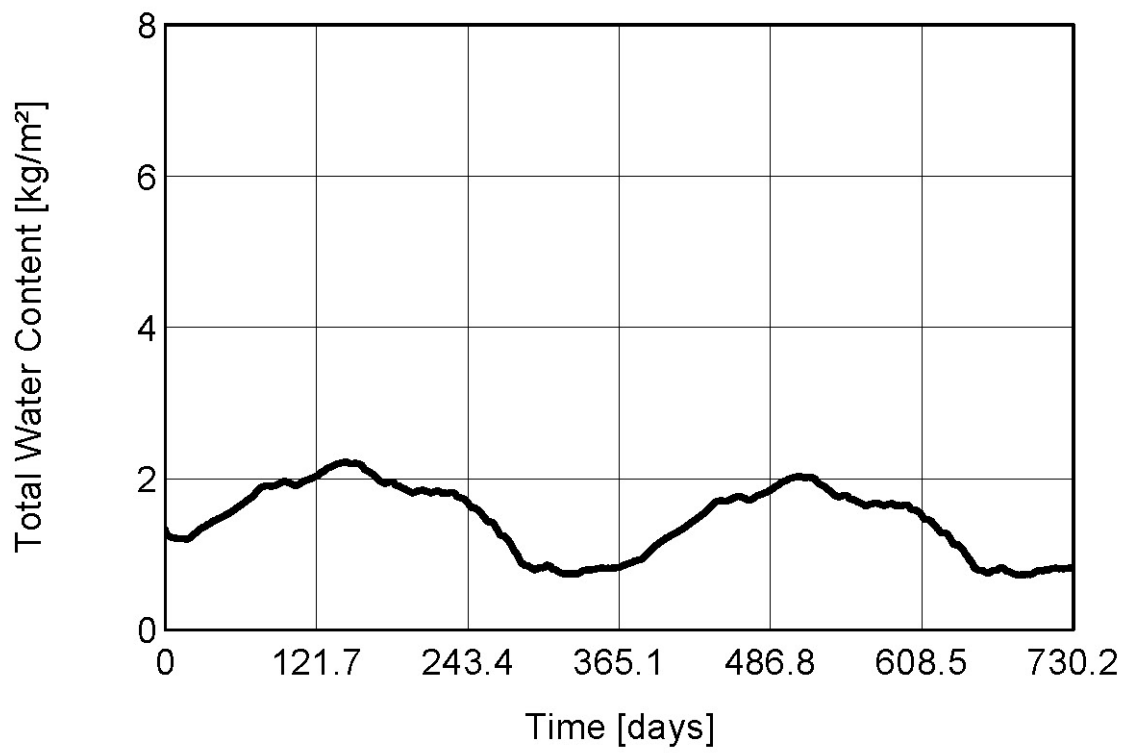
Results from Last Calculation

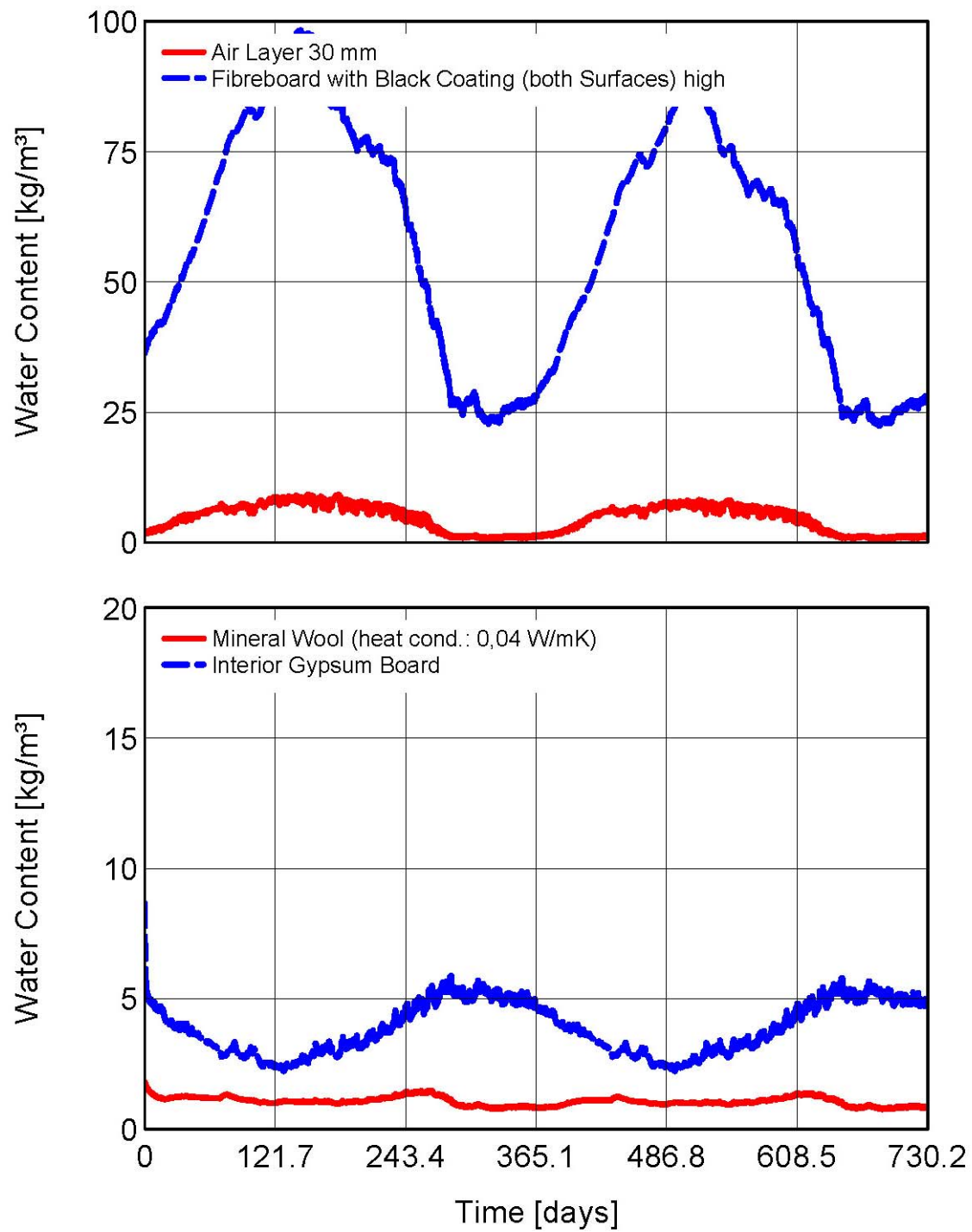
Water Content [kg/m³]

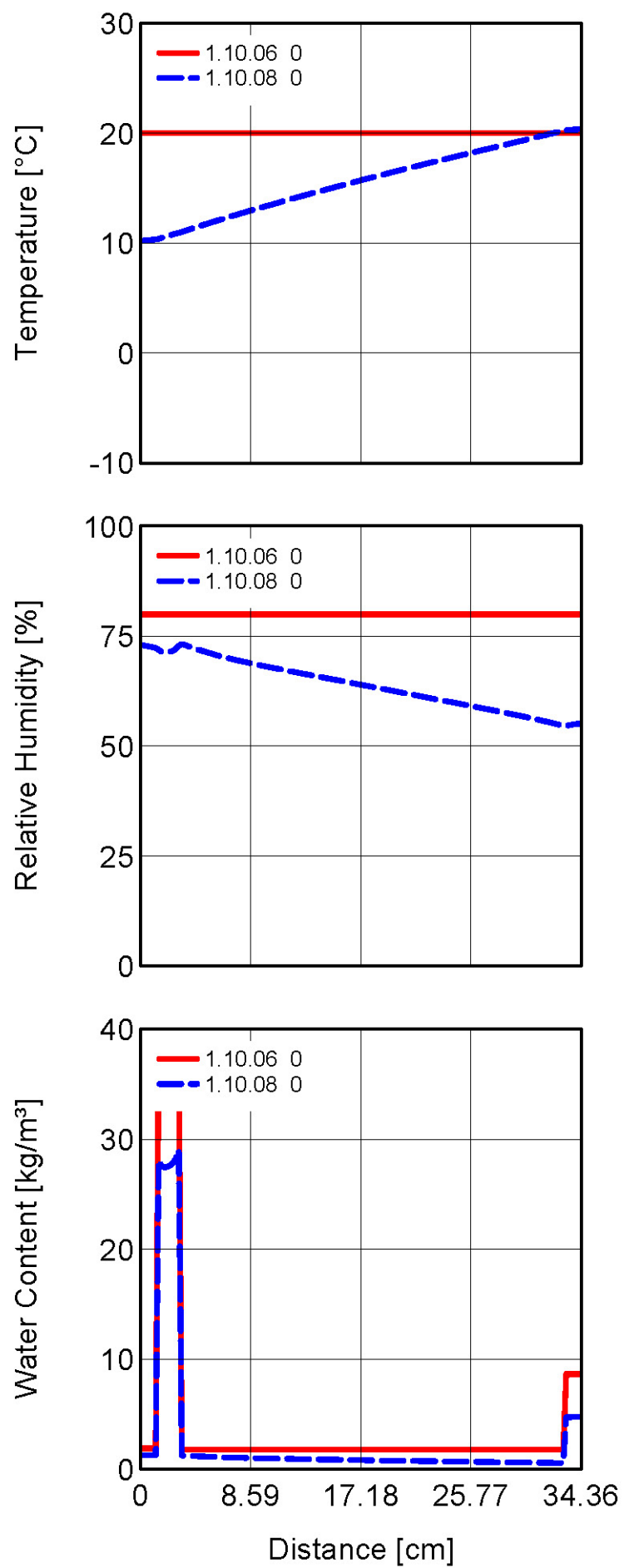
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	1,27	0,71	9,22
Fibreboard with Black Coating (both Surfa	36,42	27,92	22,38	98,32
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	0,82	0,76	1,79
Interior Gypsum Board	8,65	4,73	2,22	8,65

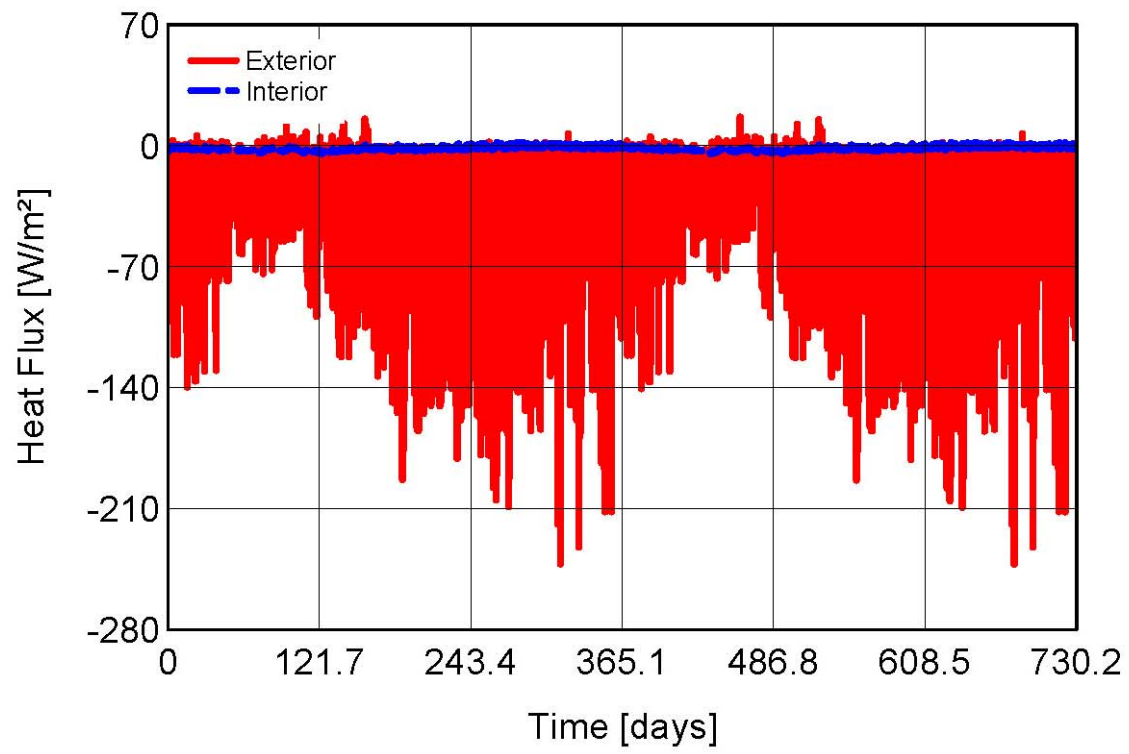
Status of Calculation

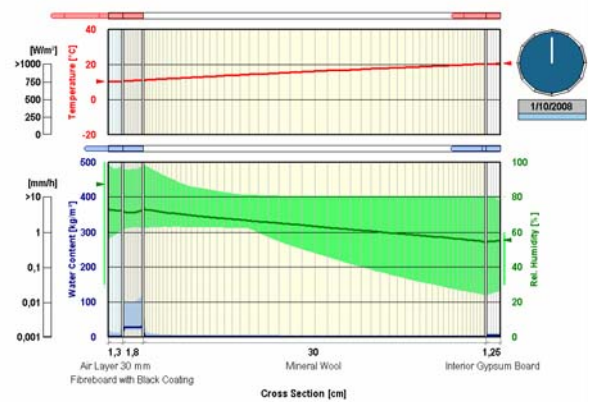
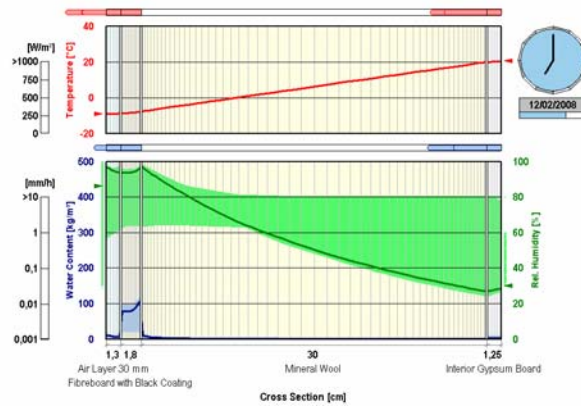
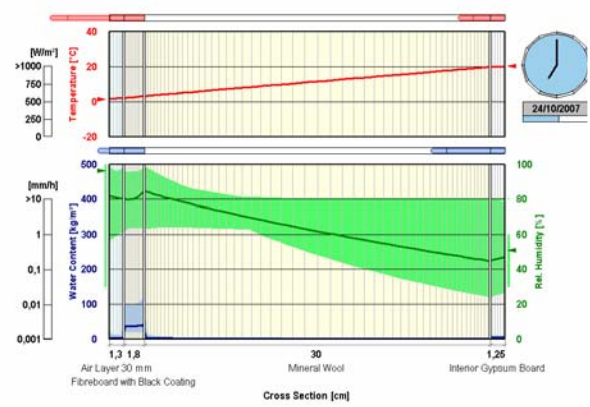
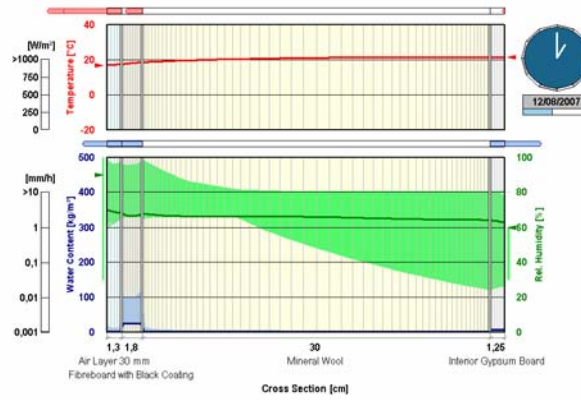
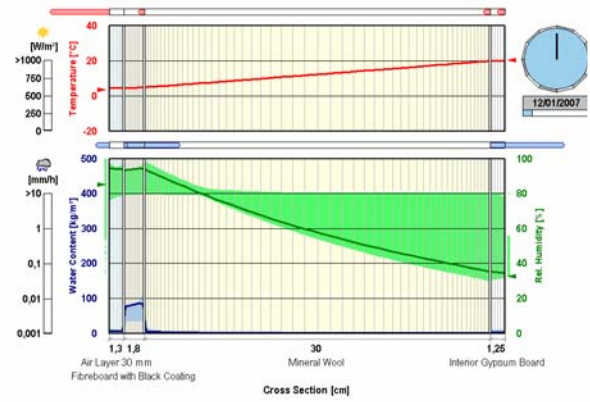
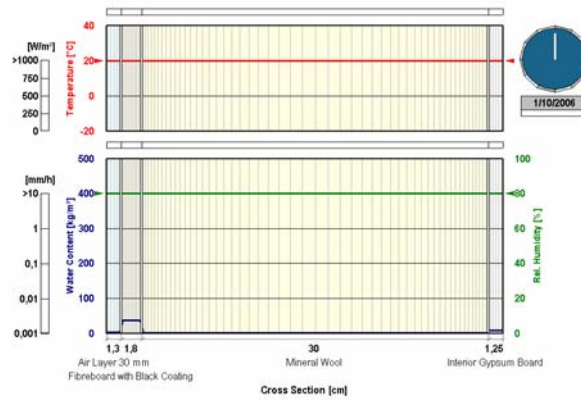
Calculation: Time and Date	25/04/2006 15:24:58
Computing Time	14 min,51 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -1,32
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	9.9E-7 -0,82
Balance 1 [kg/m²]	-0,49
Balance 2 [kg/m²]	-0,5





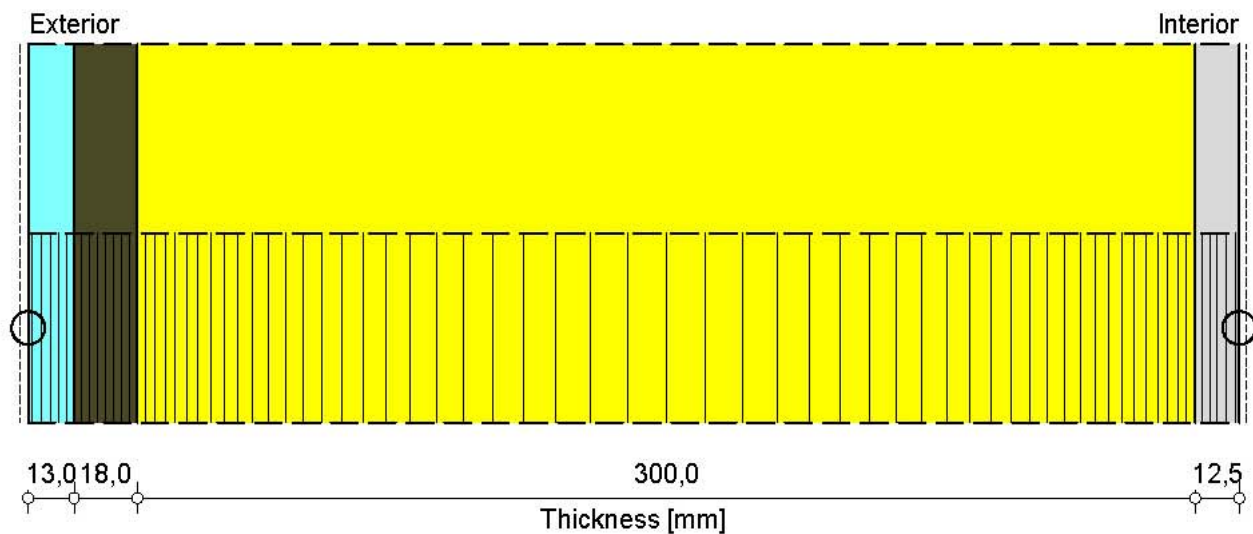






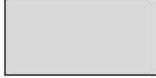
Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

-  - Air Layer 30 mm
-  - Fibreboard with Black Coating (both Surfaces) high
-  - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)
-  - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, High Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and construction

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

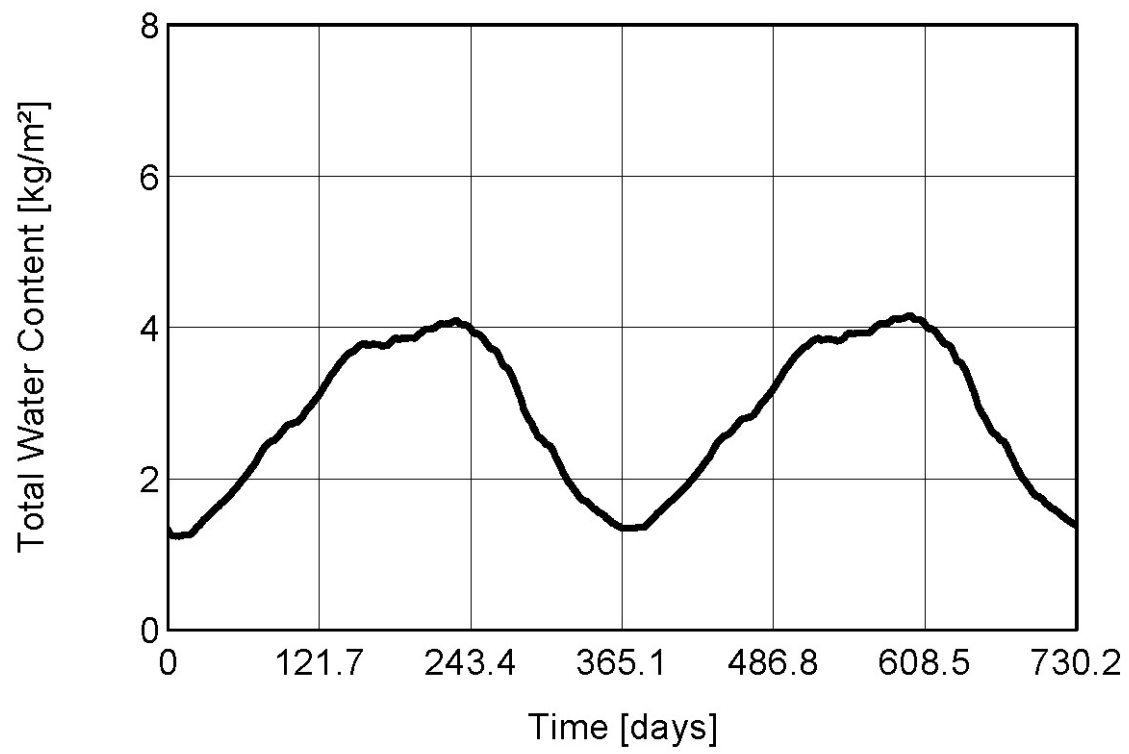
Results from Last Calculation

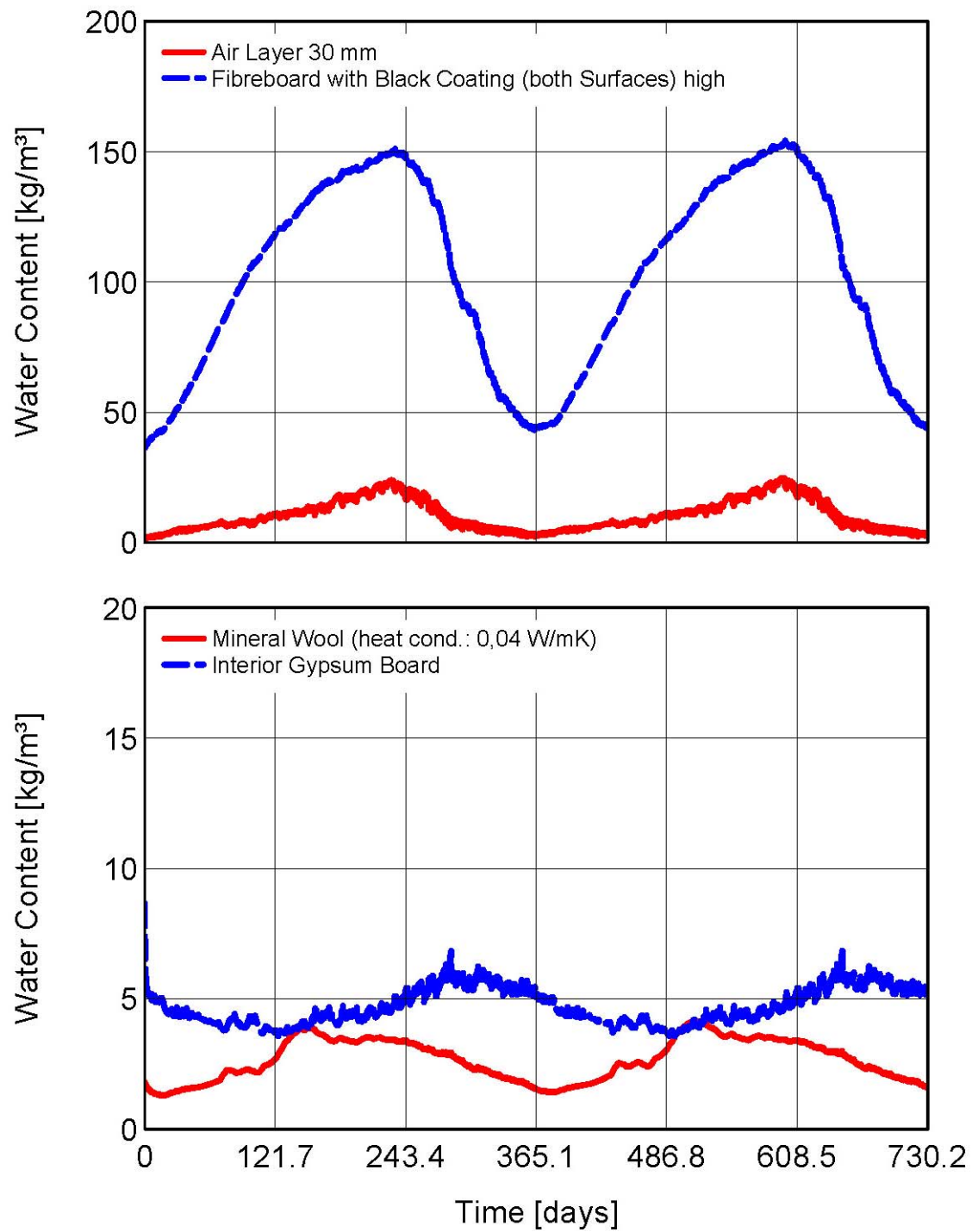
Water Content [kg/m³]

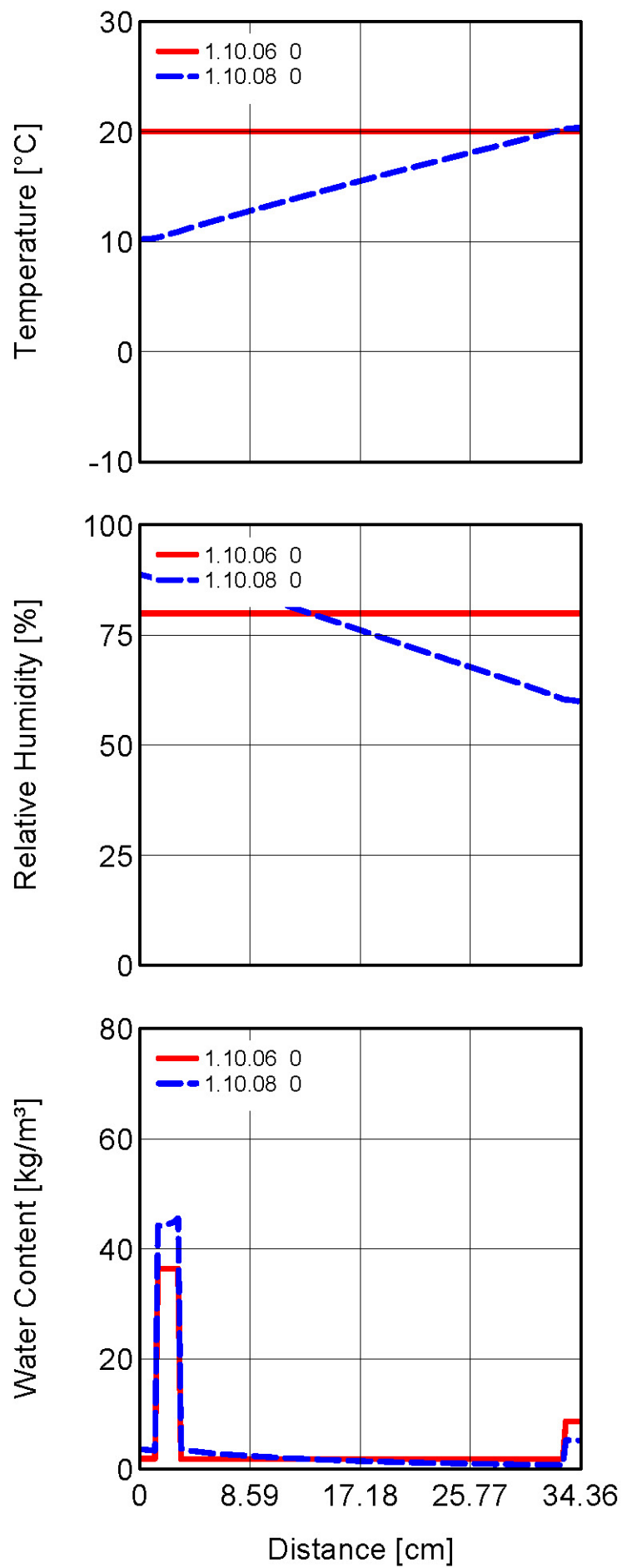
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	3,45	1,71	24,89
Fibreboard with Black Coating (both Surfa	36,42	44,62	36,32	154,33
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	1,60	1,28	4,15
Interior Gypsum Board	8,65	5,20	3,56	8,65

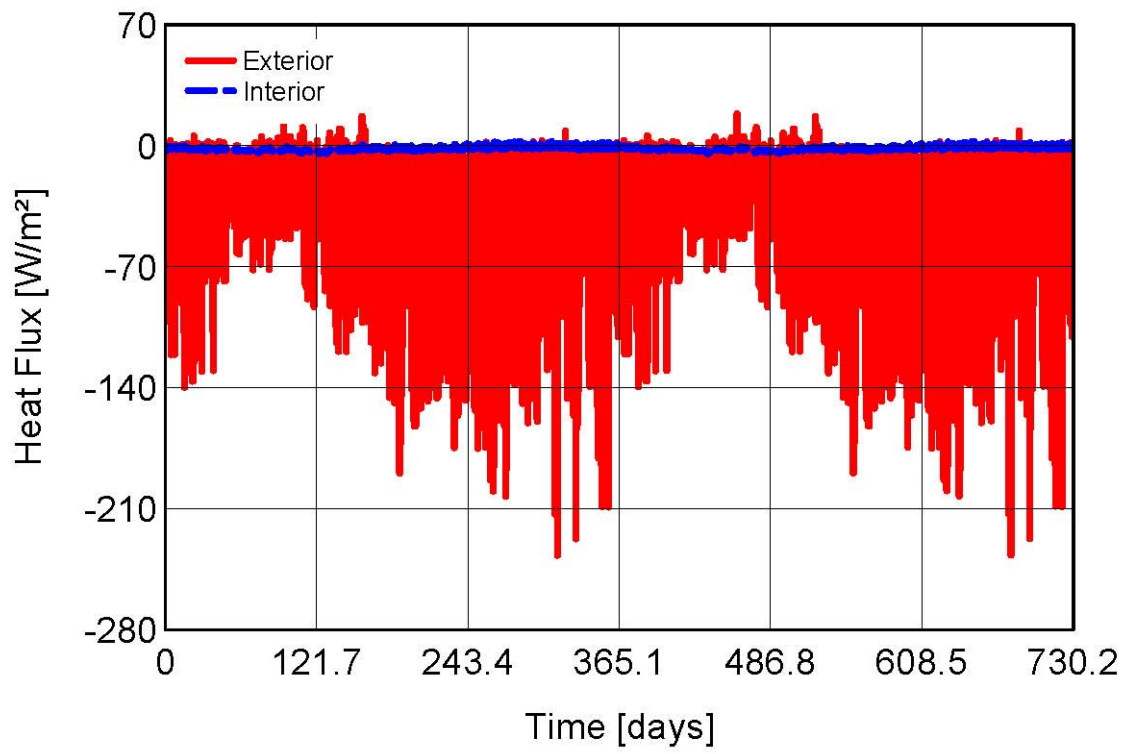
Status of Calculation

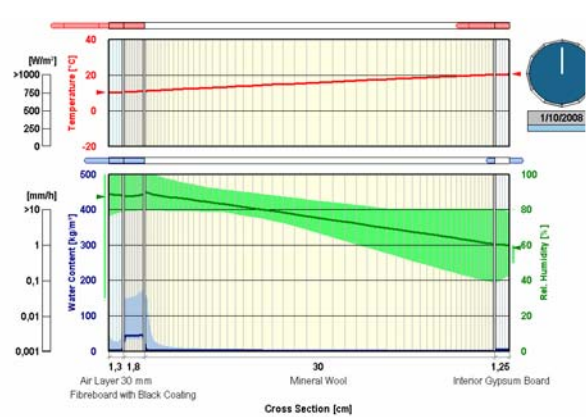
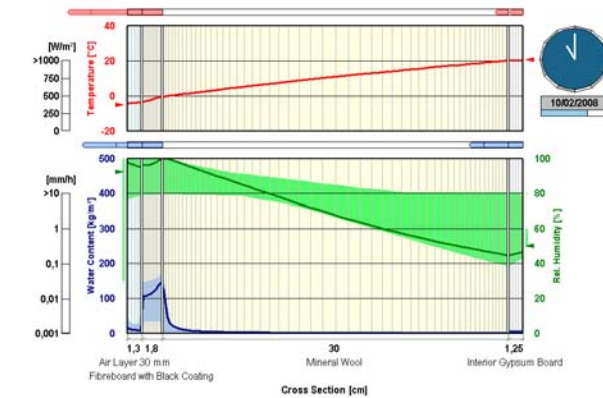
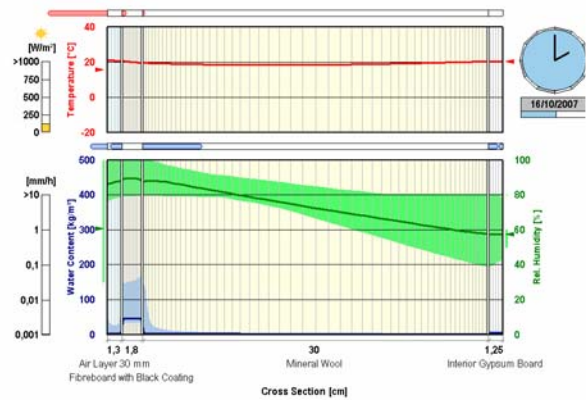
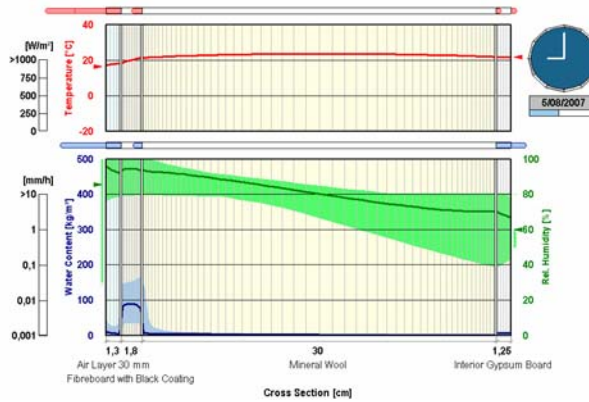
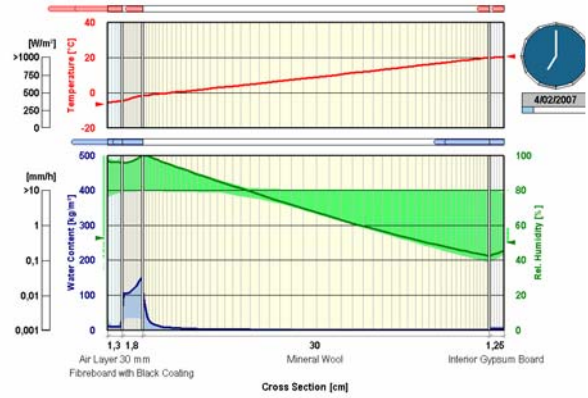
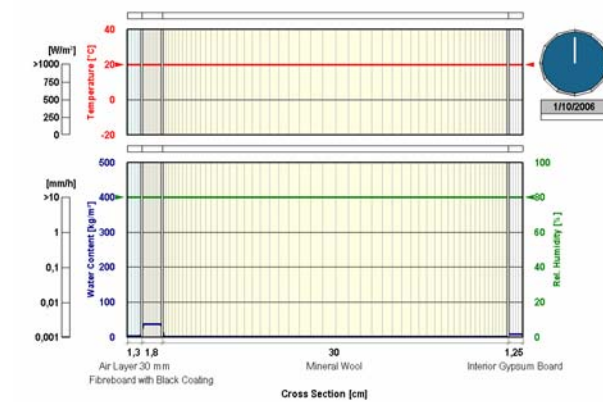
Calculation: Time and Date	25/04/2006 15:51:57
Computing Time	6 min,49 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -2,38
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	0,0 -2,45
Balance 1 [kg/m²]	0,07
Balance 2 [kg/m²]	0,07





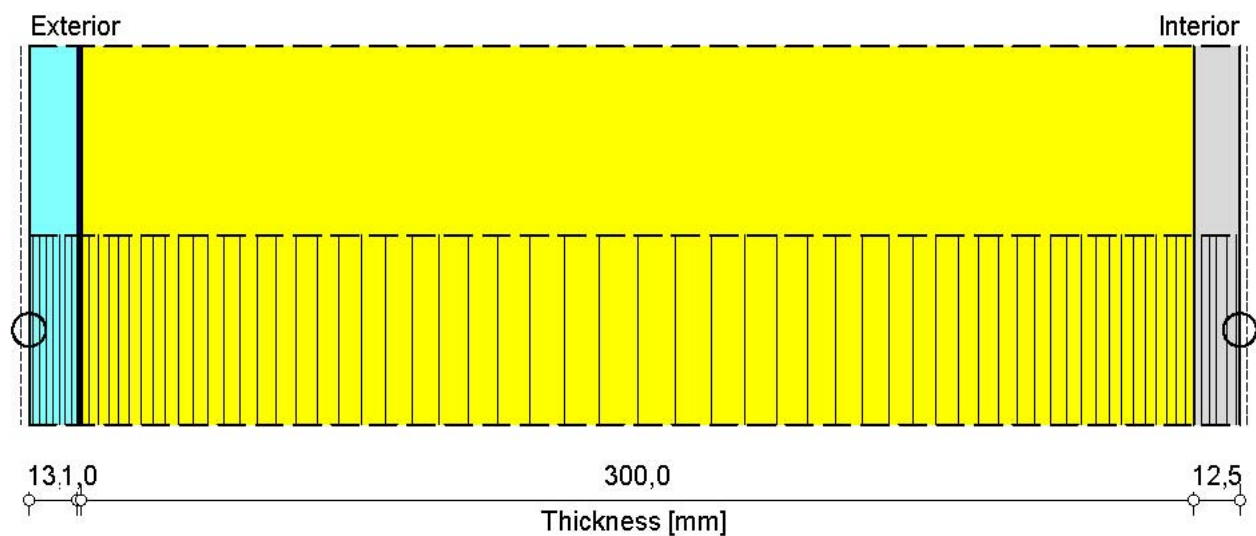






Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

-  - Air Layer 30 mm
-  - Membrane of laminated polyetylen and polypropylen
-  - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)
-  - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, Low Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and constru

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

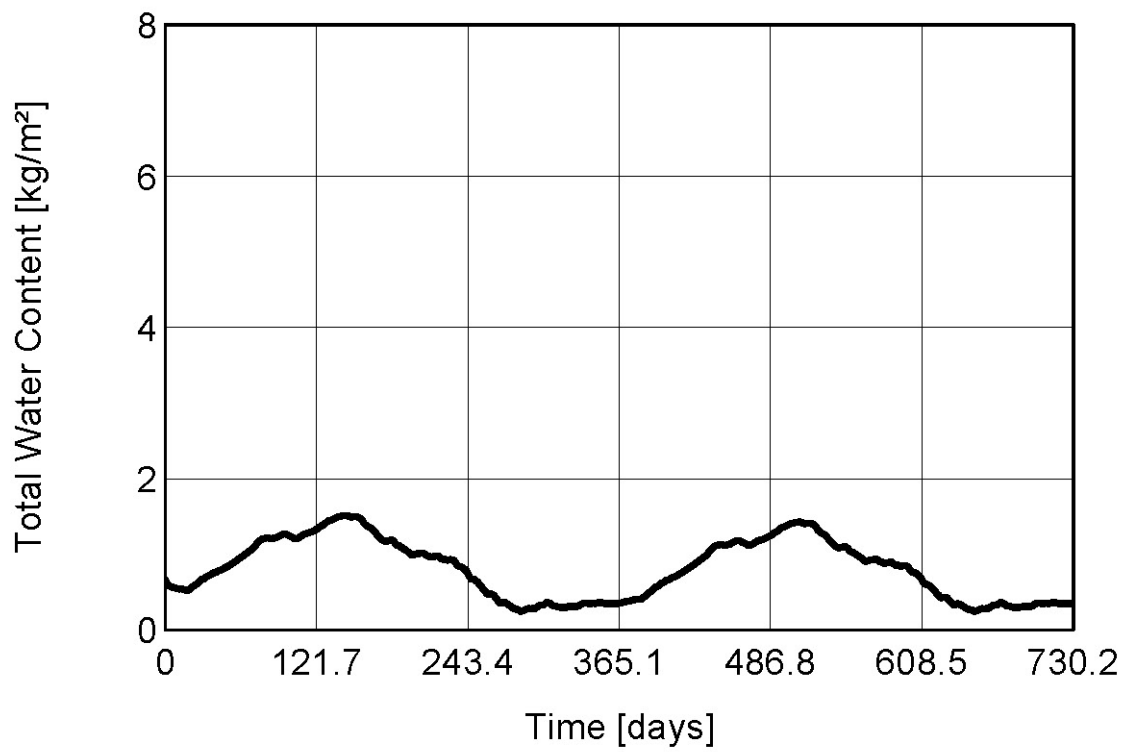
Results from Last Calculation

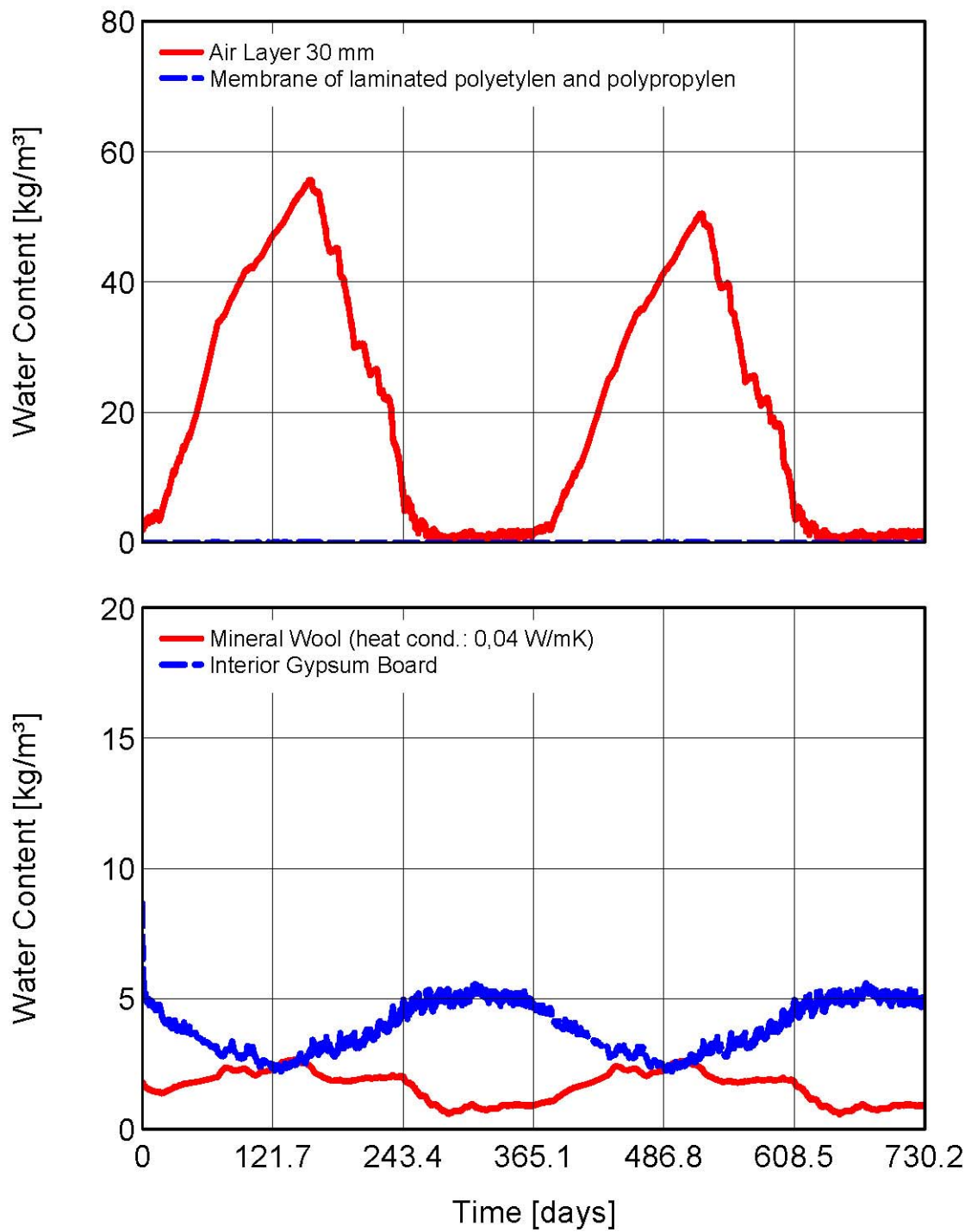
Water Content [kg/m³]

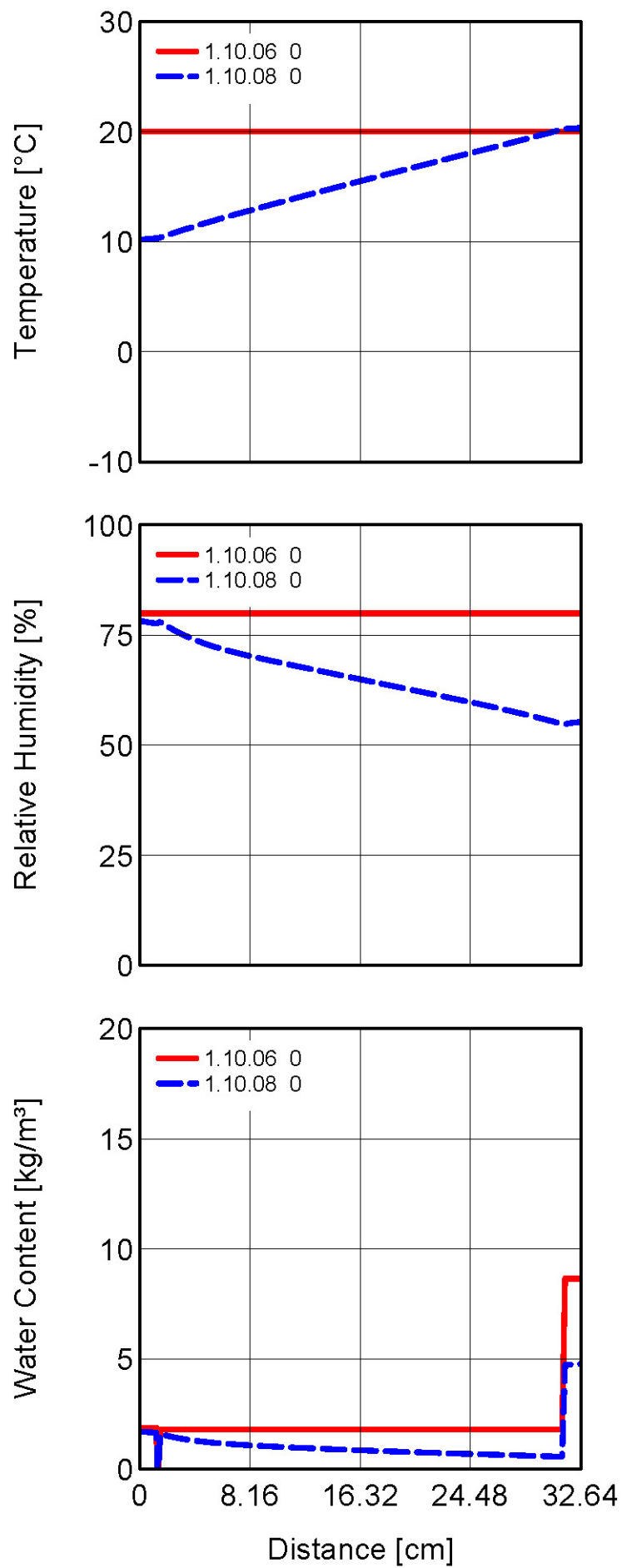
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	1,67	0,31	55,69
Membrane of laminated polyetylen and pc	0,00	0,00	0,00	0,13
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	0,90	0,56	2,67
Interior Gypsum Board	8,65	4,75	2,20	8,65

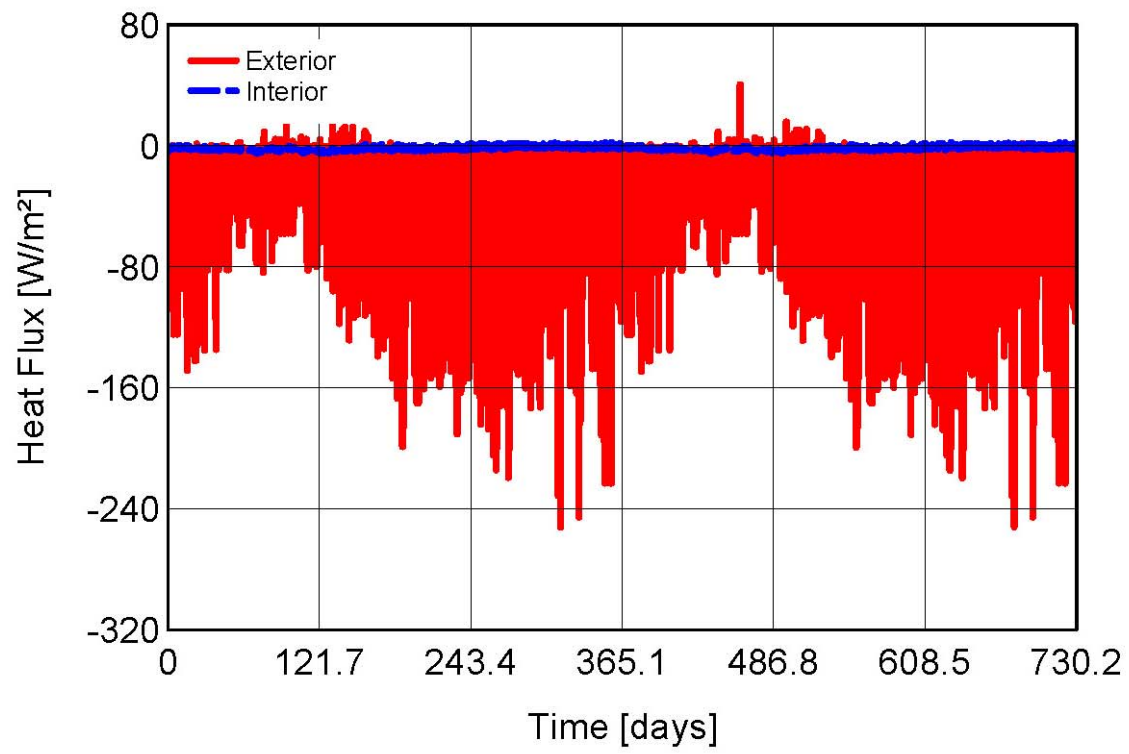
Status of Calculation

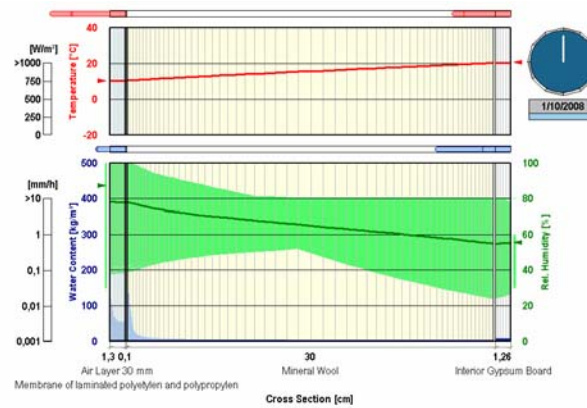
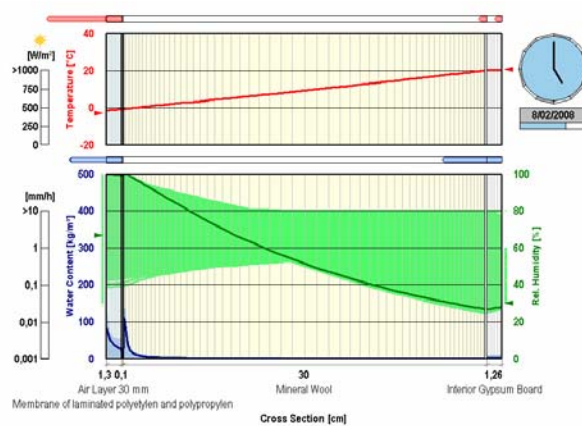
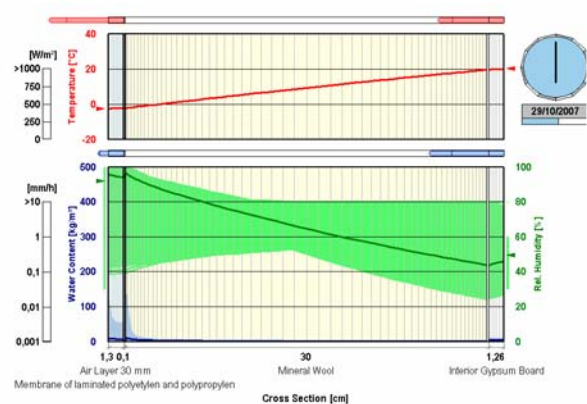
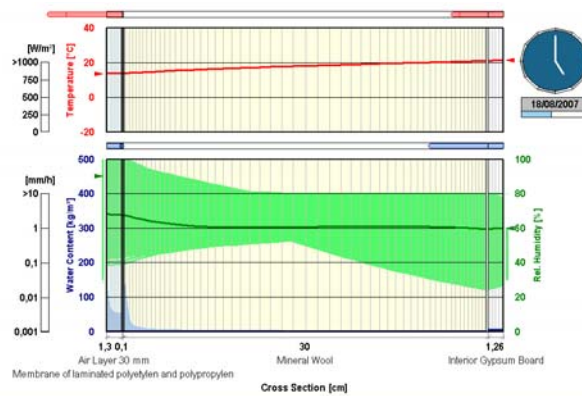
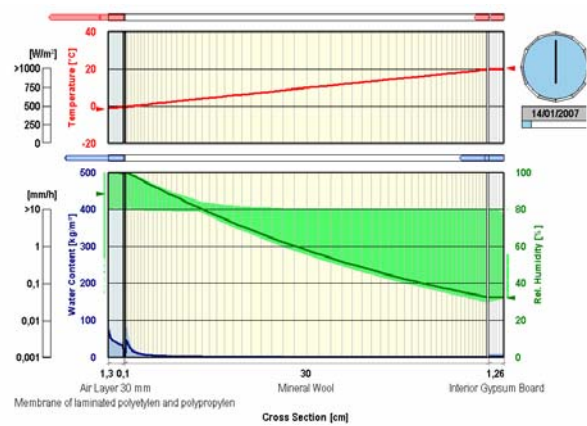
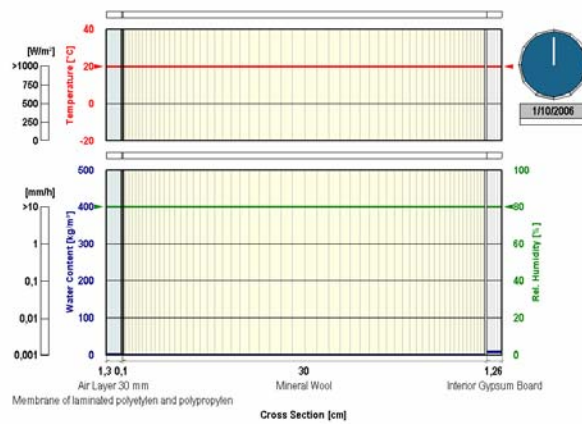
Calculation: Time and Date	26/04/2006 11:04:34
Computing Time	10 min,23 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -1,33
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	6.5E-7 -1,01
Balance 1 [kg/m²]	-0,31
Balance 2 [kg/m²]	-0,32





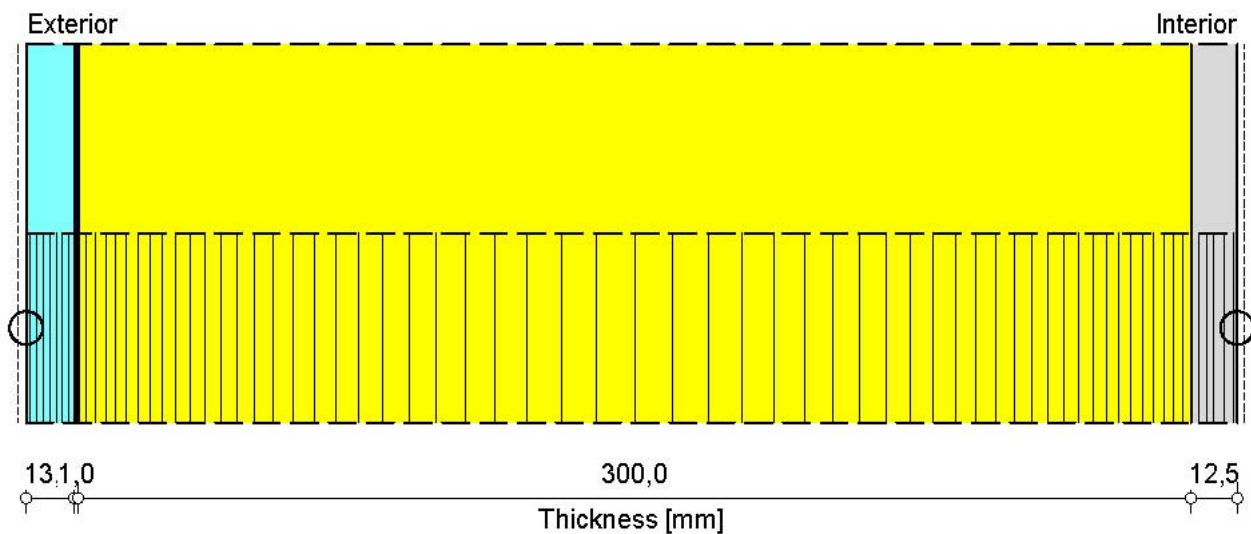






Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

 - Air Layer 30 mm

 - Membrane of laminated polyetylen and polypropylen

 - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)

 - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, High Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and construction

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

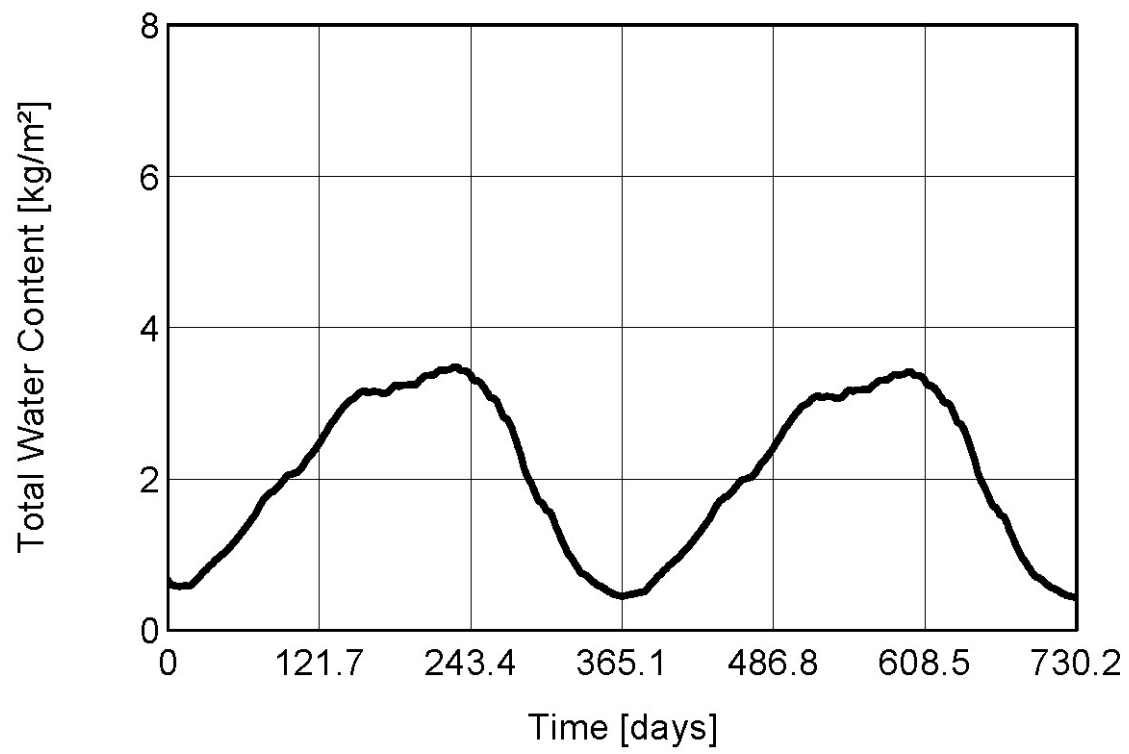
Results from Last Calculation

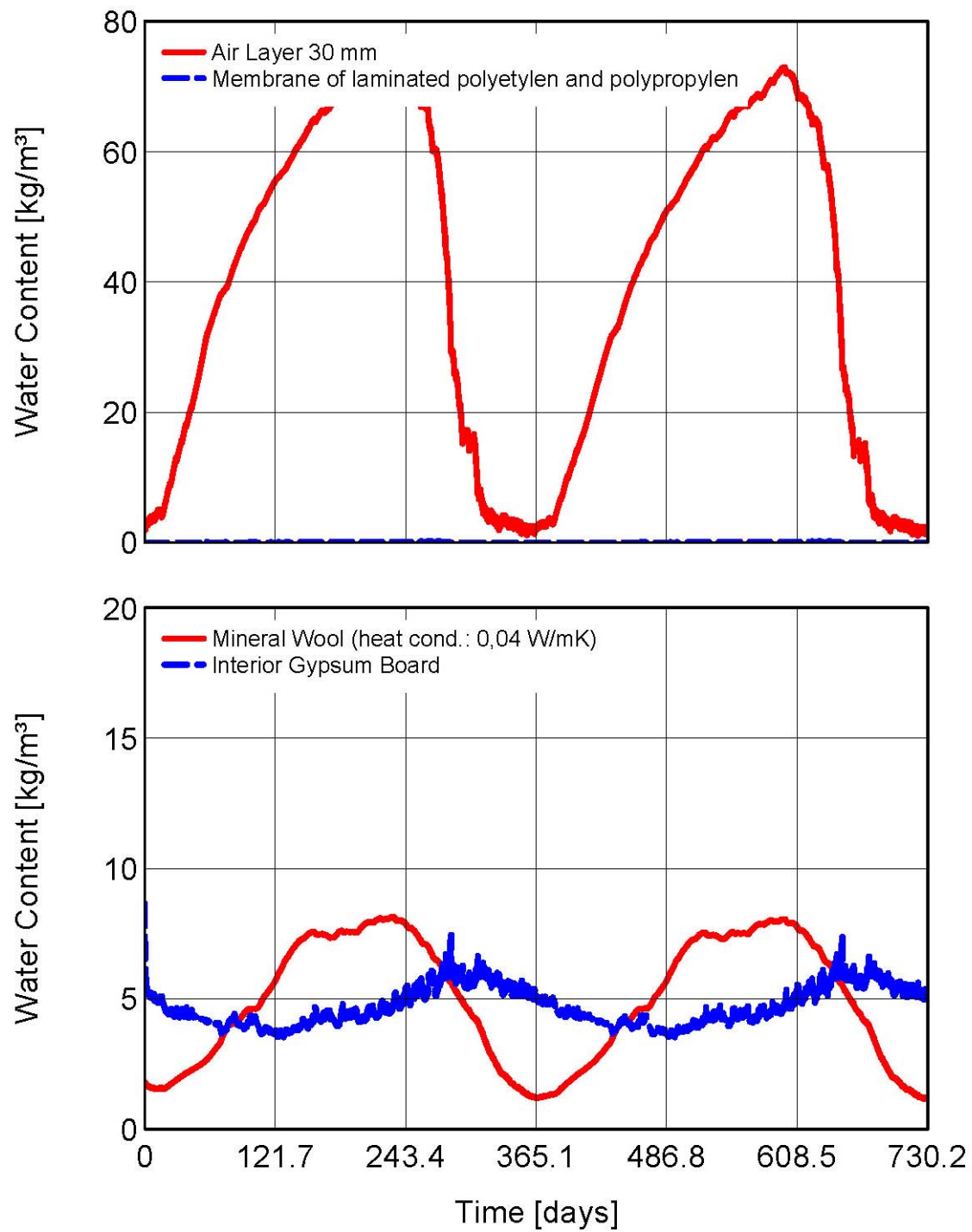
Water Content [kg/m³]

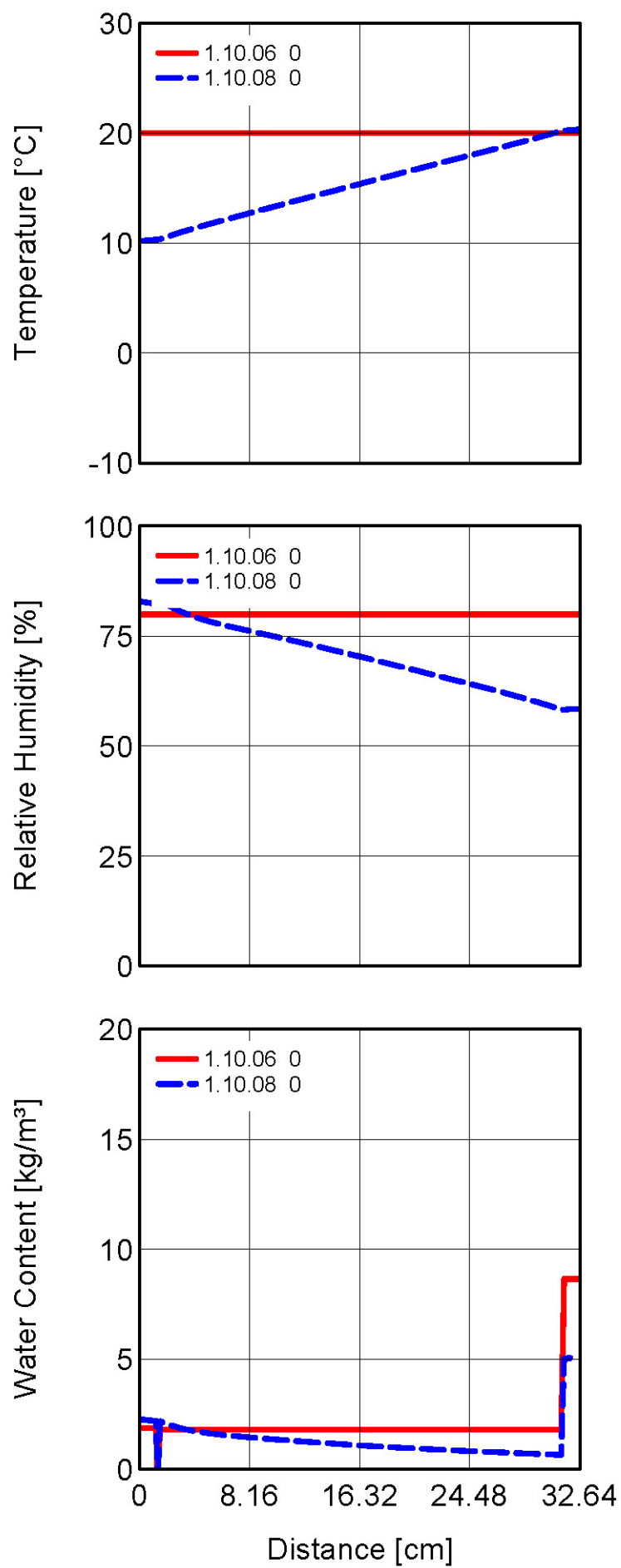
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	2,22	1,01	76,07
Membrane of laminated polyetylen and pc	0,00	0,00	0,00	0,25
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	1,15	1,15	8,15
Interior Gypsum Board	8,65	5,04	3,52	8,65

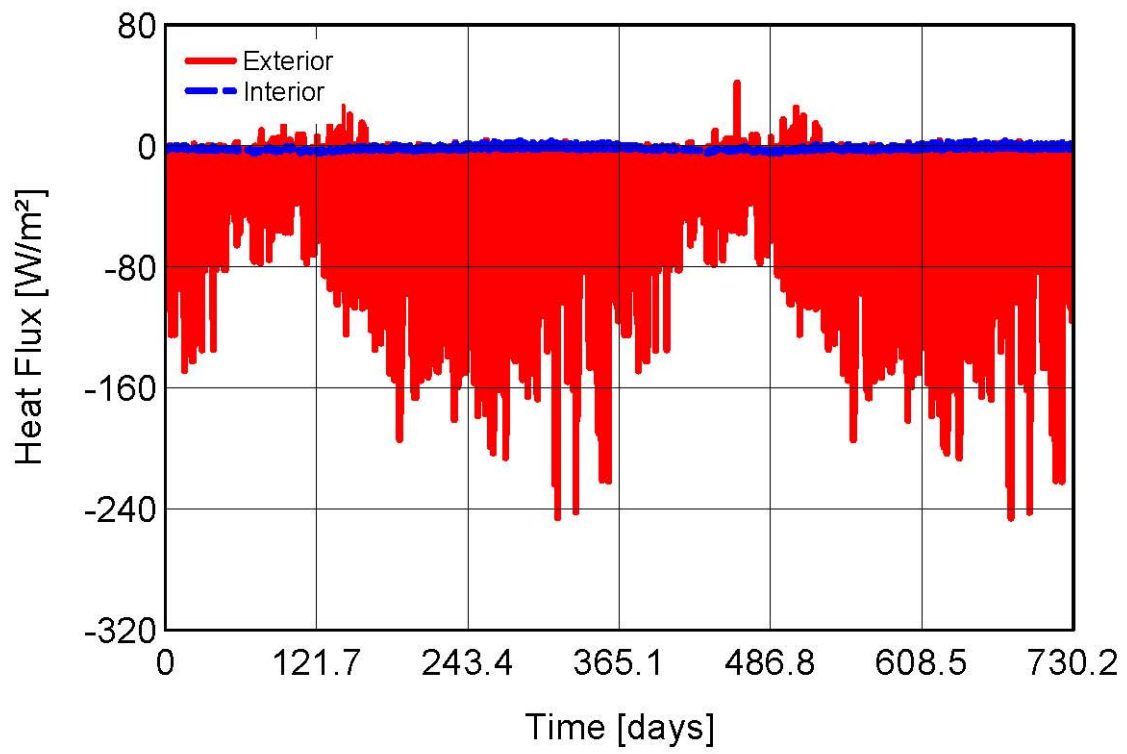
Status of Calculation

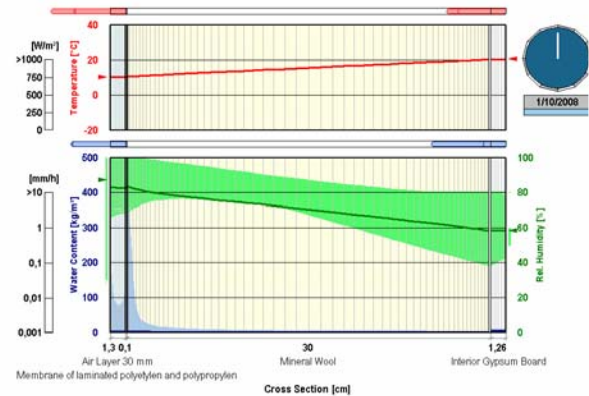
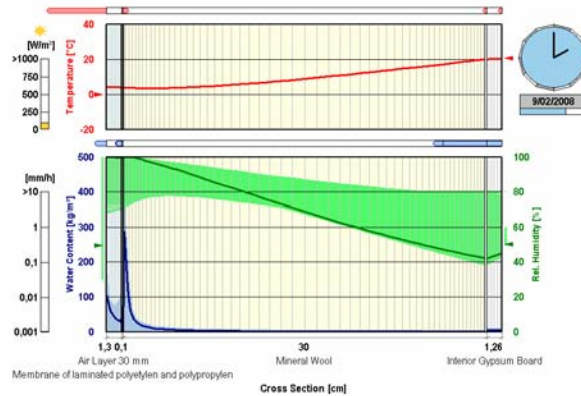
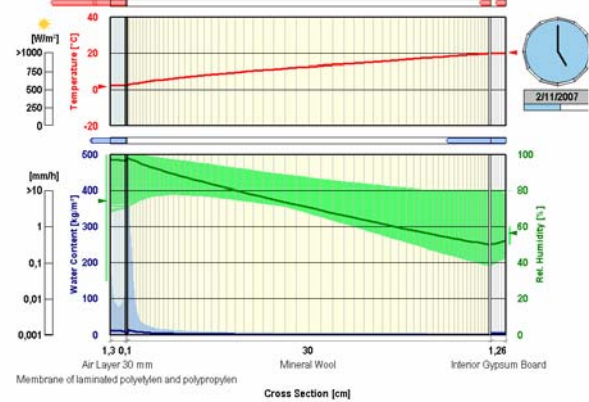
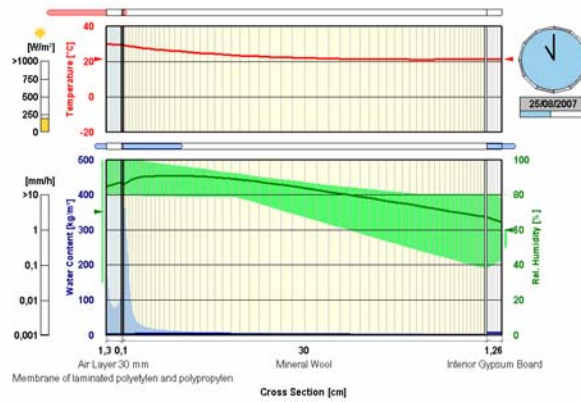
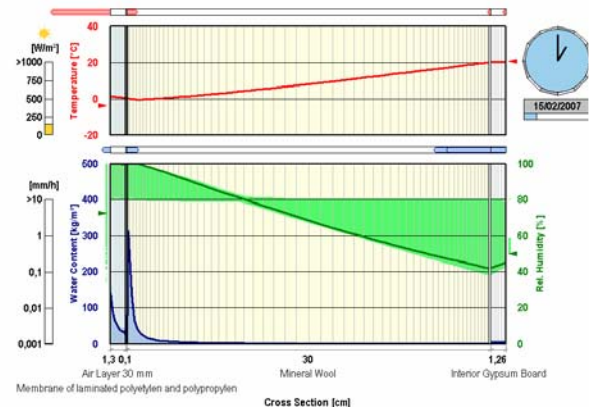
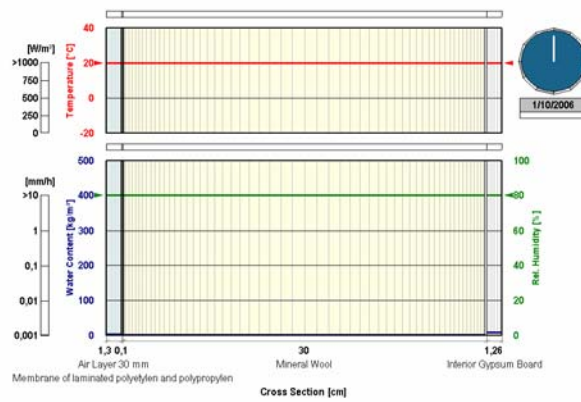
Calculation: Time and Date	26/04/2006 10:40:44
Computing Time	10 min,30 sec.
No. of Convergence Failures	3
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -2,53
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	0,0 -2,3
Balance 1 [kg/m²]	-0,23
Balance 2 [kg/m²]	-0,23





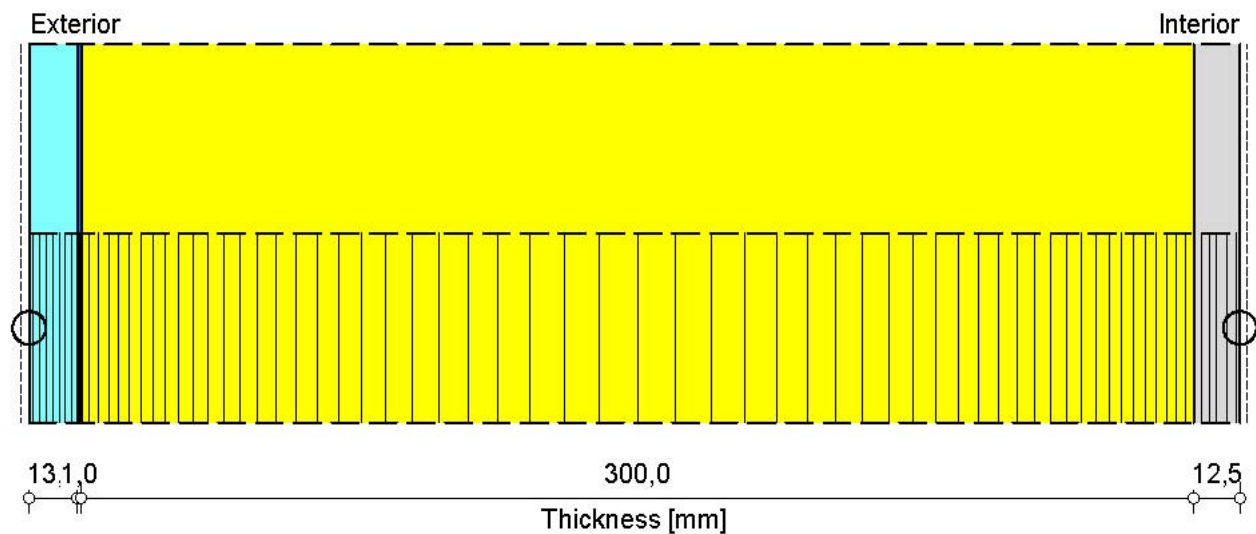






Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

-  - Air Layer 30 mm
-  - PE-Membrane 0,15 mm (sd = 70 m)
-  - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)
-  - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, Low Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and constru

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

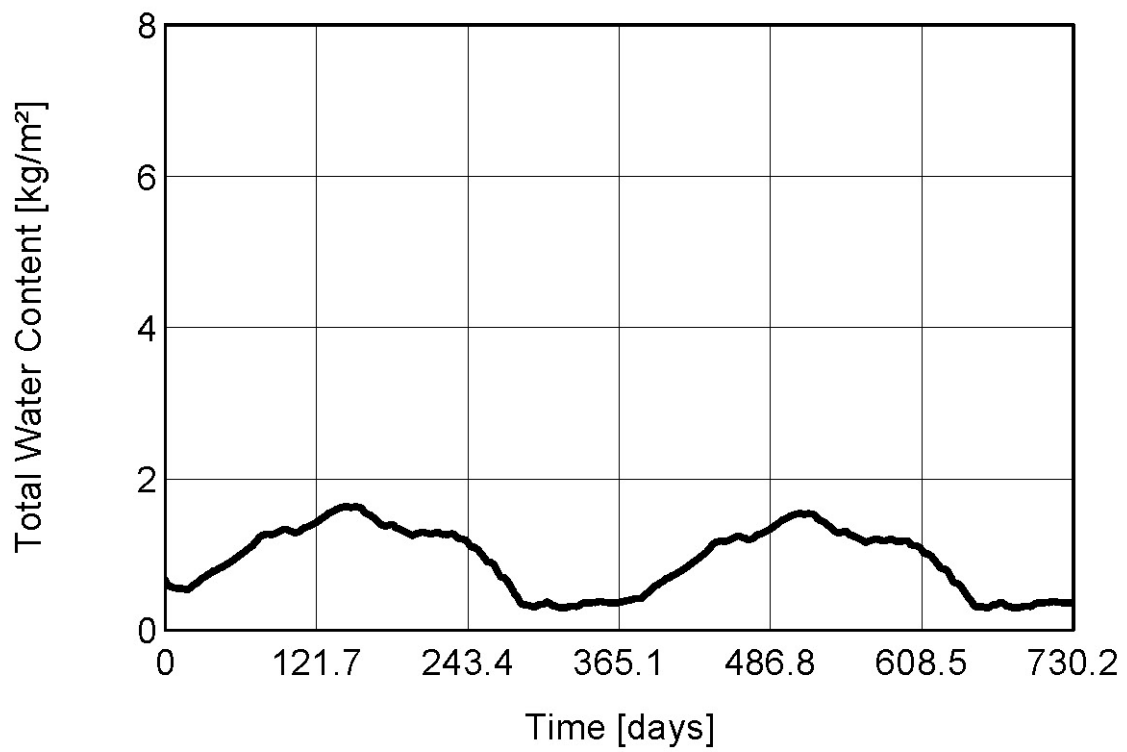
Results from Last Calculation

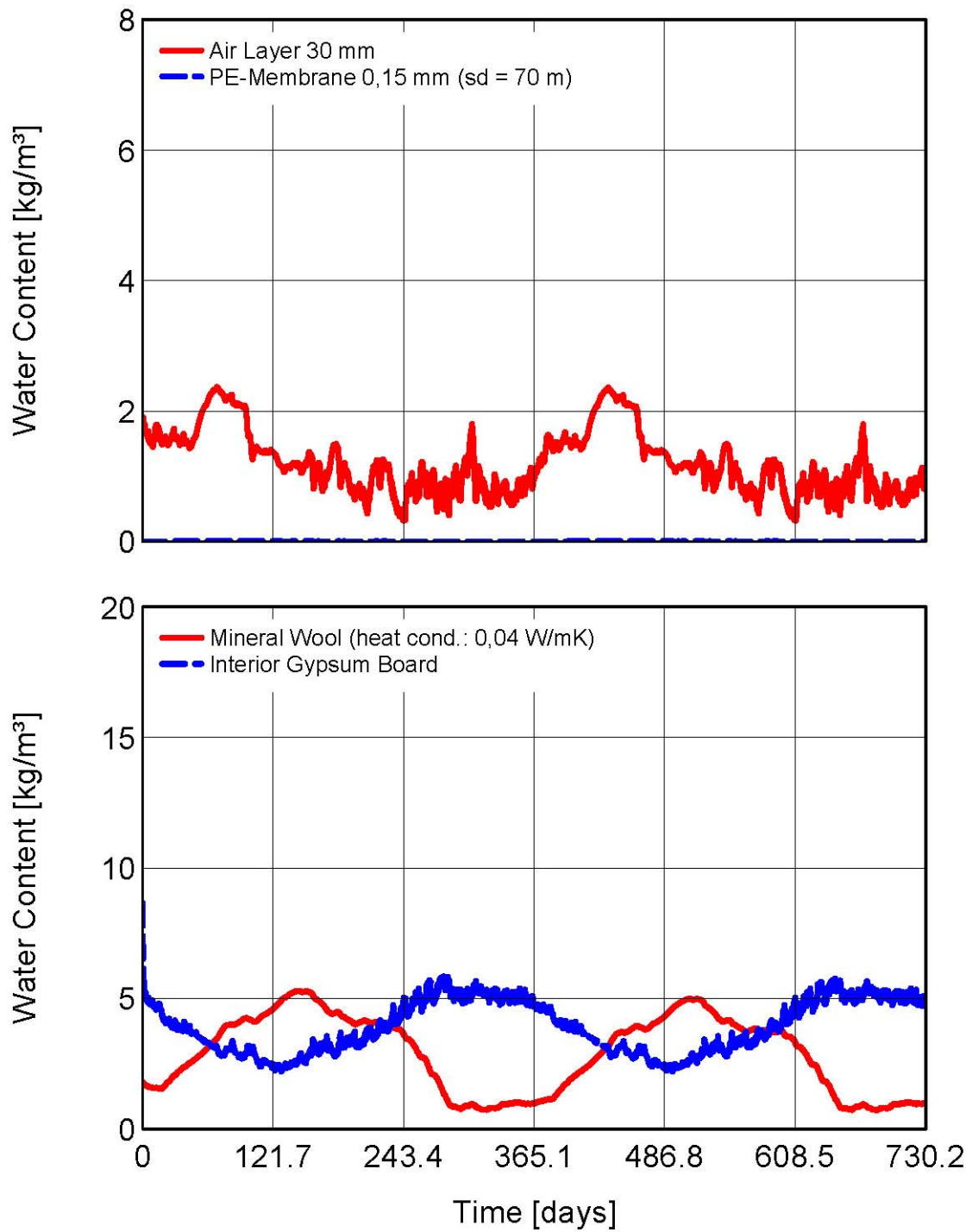
Water Content [kg/m³]

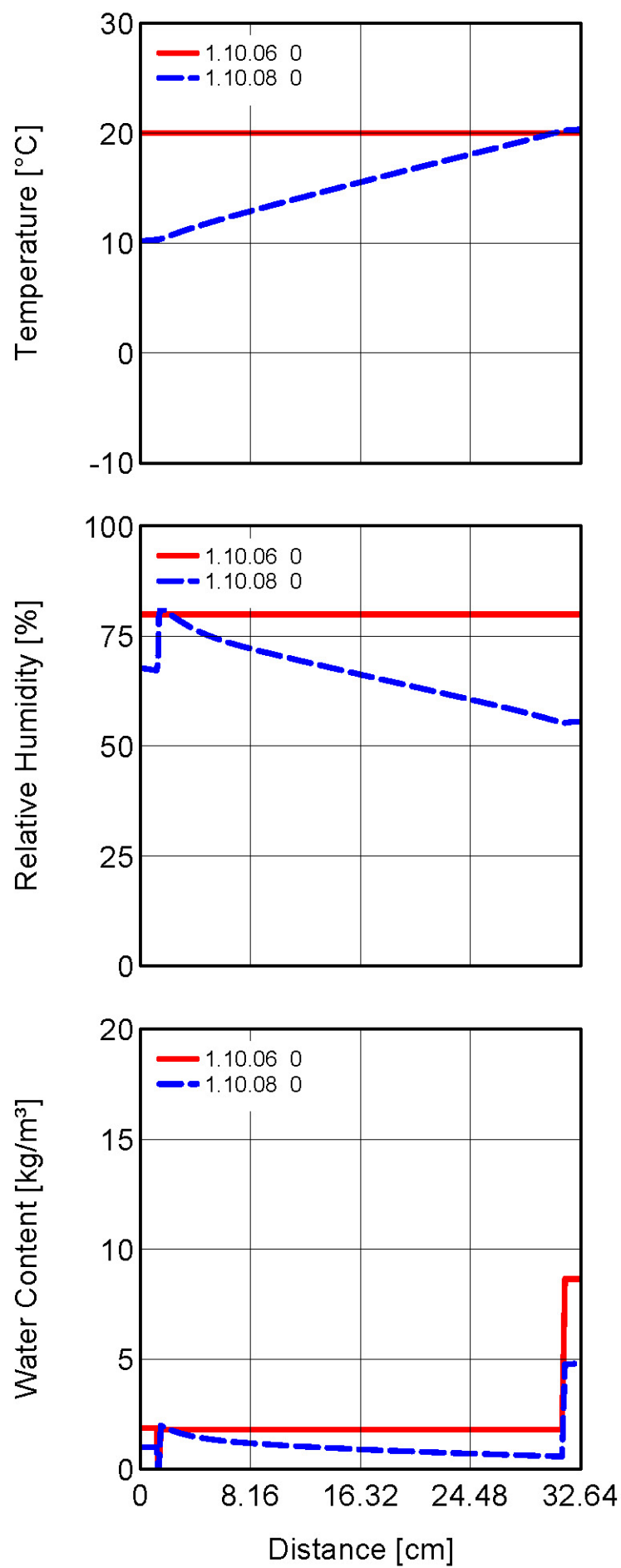
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	0,99	0,32	2,37
PE-Membrane 0,15 mm (sd = 70 m)	0,00	0,00	0,00	0,01
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	0,97	0,73	5,30
Interior Gypsum Board	8,65	4,78	2,20	8,65

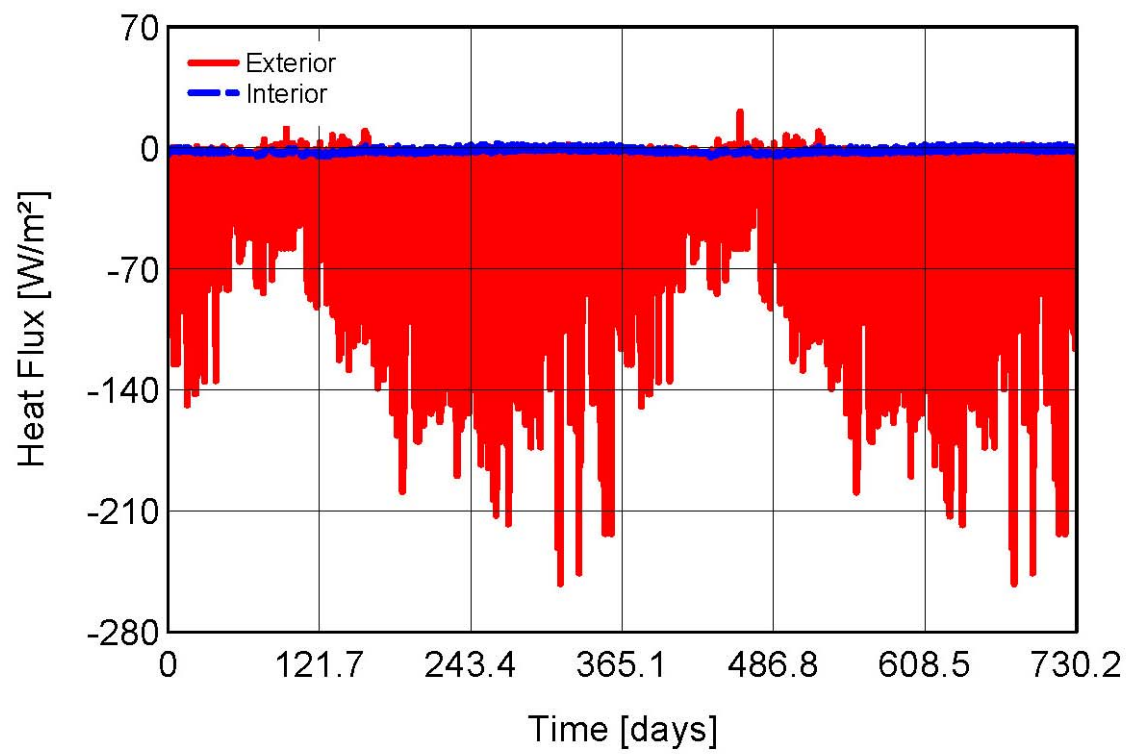
Status of Calculation

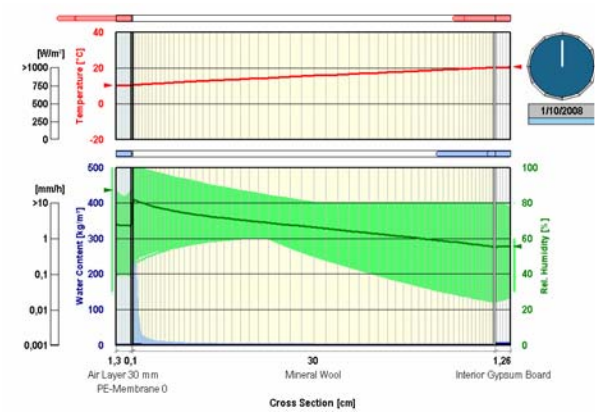
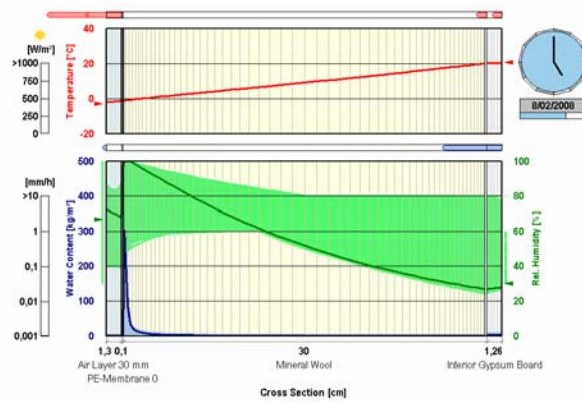
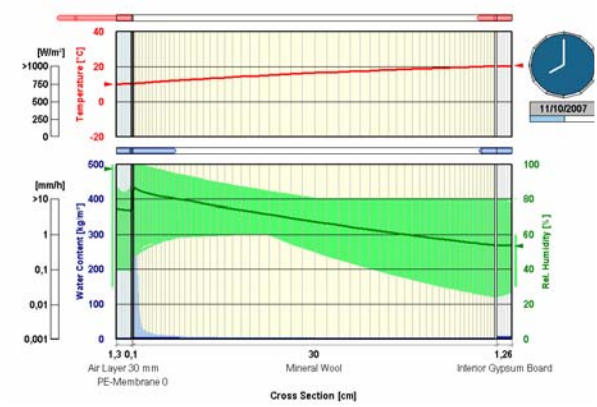
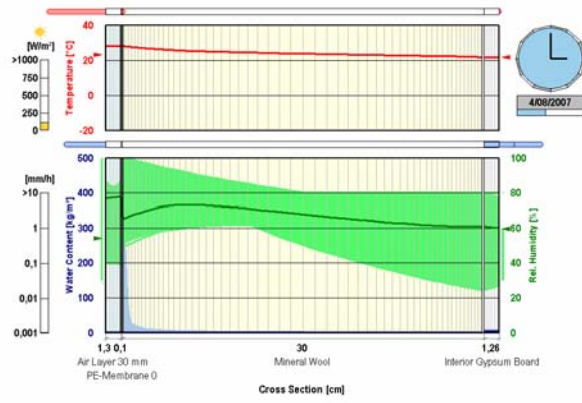
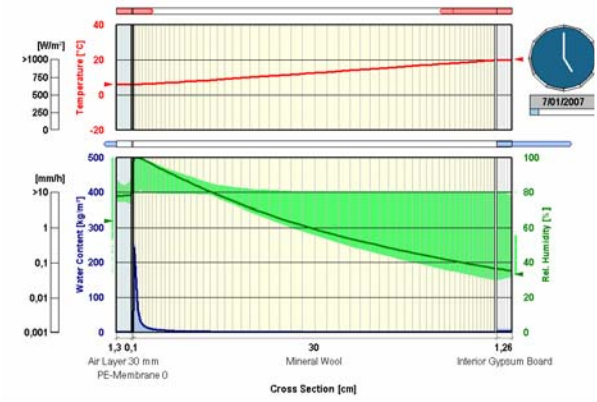
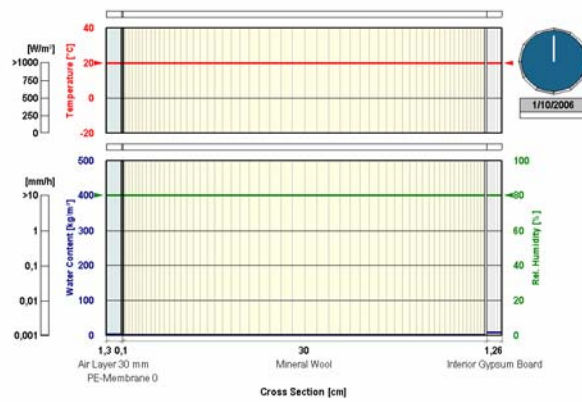
Calculation: Time and Date	26/04/2006 11:19:19
Computing Time	8 min,33 sec.
No. of Convergence Failures	7
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -0,06
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	0,0 0,25
Balance 1 [kg/m²]	-0,3
Balance 2 [kg/m²]	-0,31





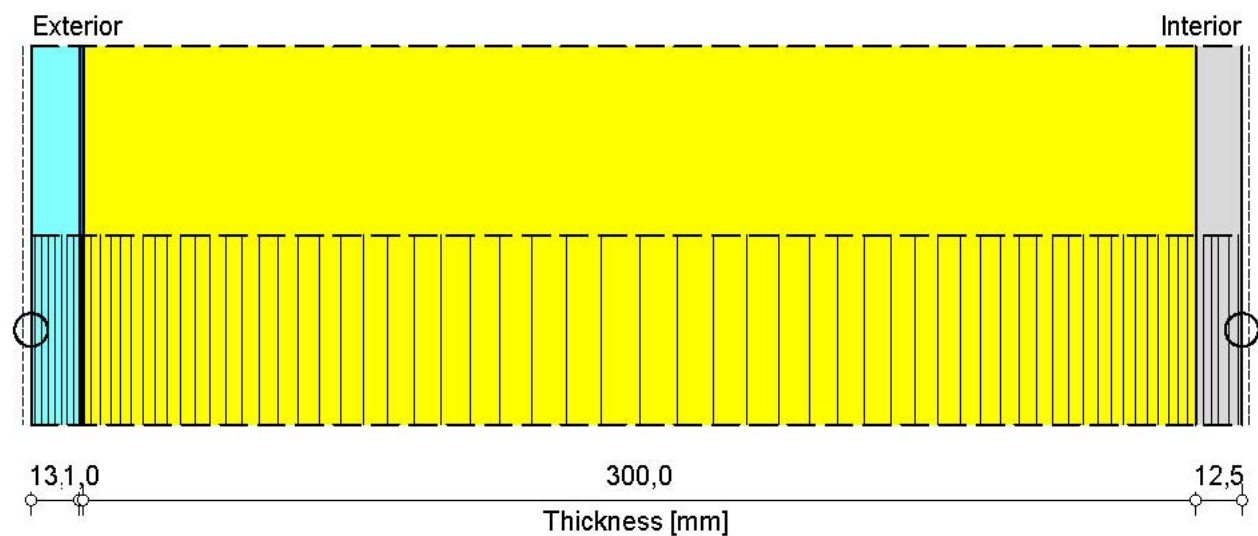






Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

-  - Air Layer 30 mm
-  - PE-Membrane 0,15 mm (sd = 70 m)
-  - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)
-  - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0.1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition: High Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and construction

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

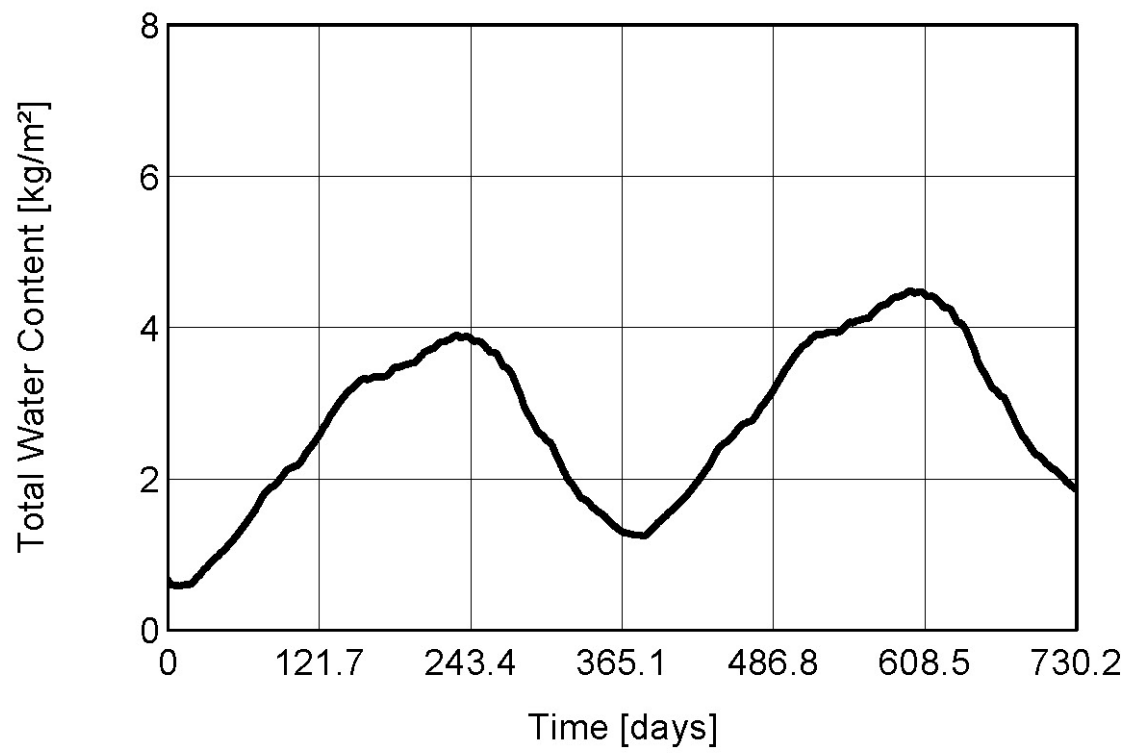
Results from Last Calculation

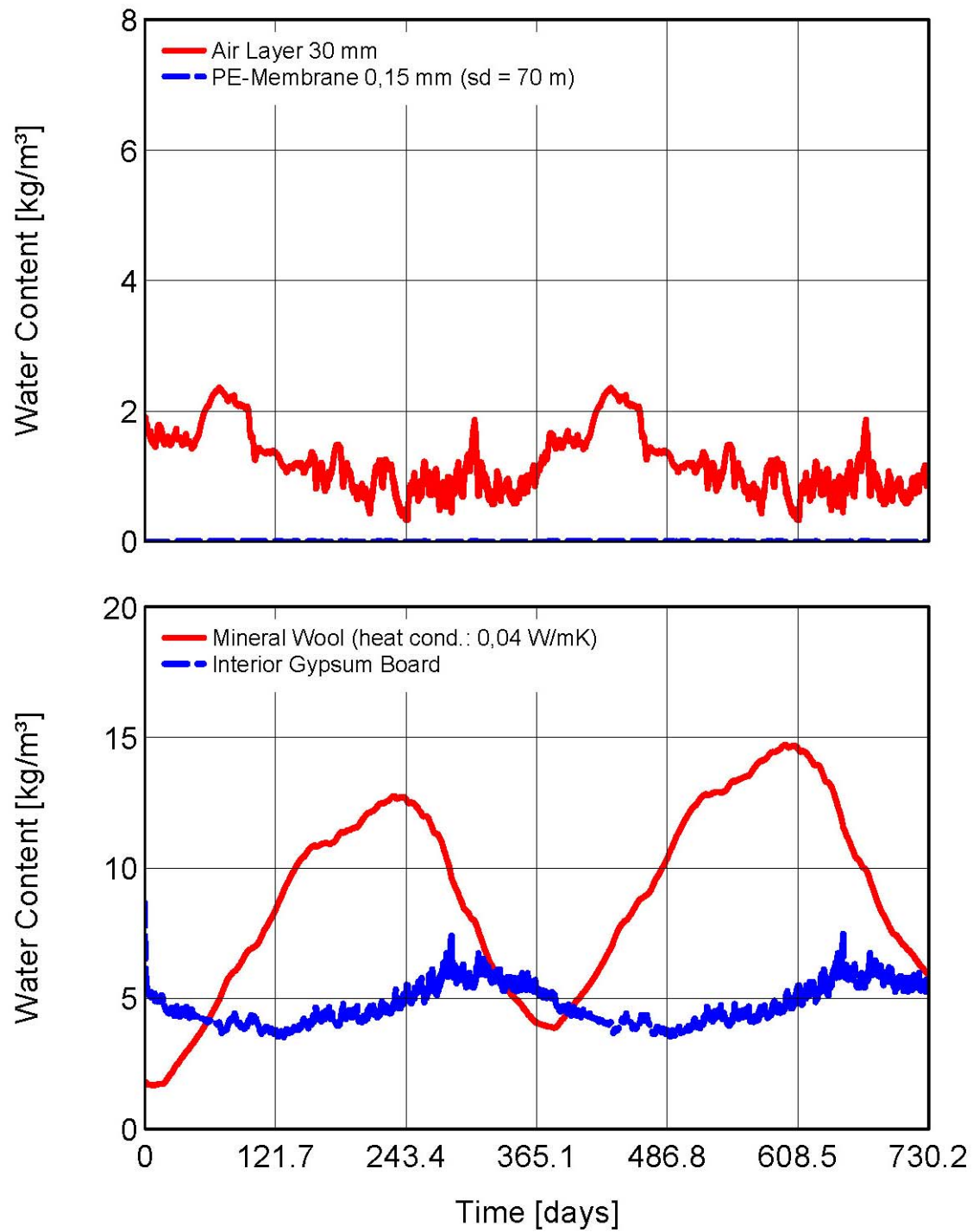
Water Content [kg/m³]

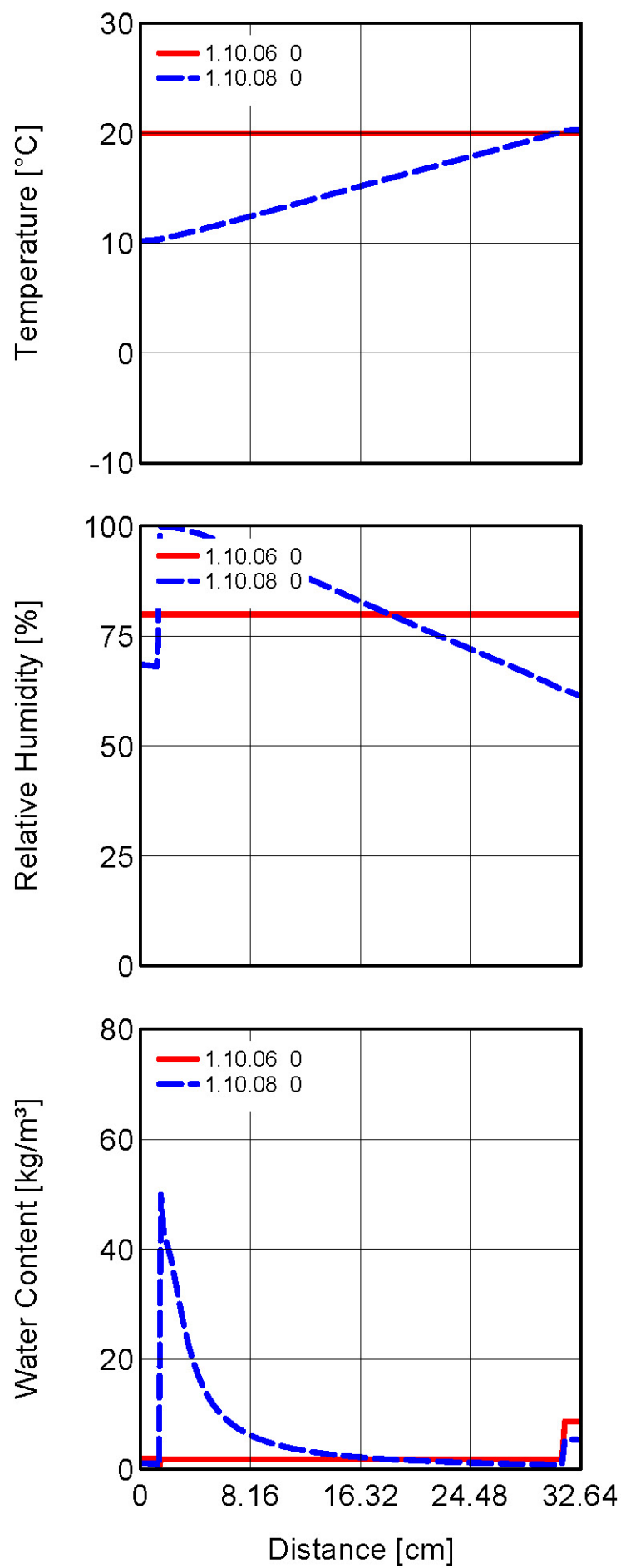
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	1,03	0,33	2,36
PE-Membrane 0,15 mm (sd = 70 m)	0,00	0,00	0,00	0,01
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	5,96	1,68	14,73
Interior Gypsum Board	8,65	5,37	3,52	8,65

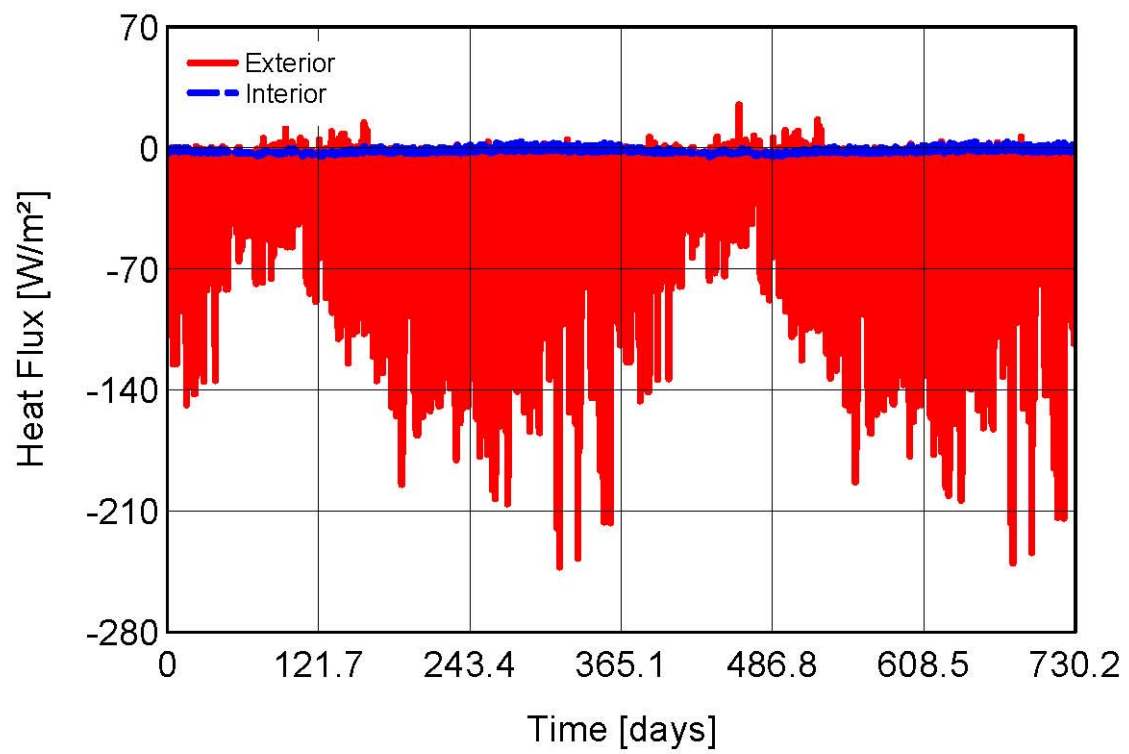
Status of Calculation

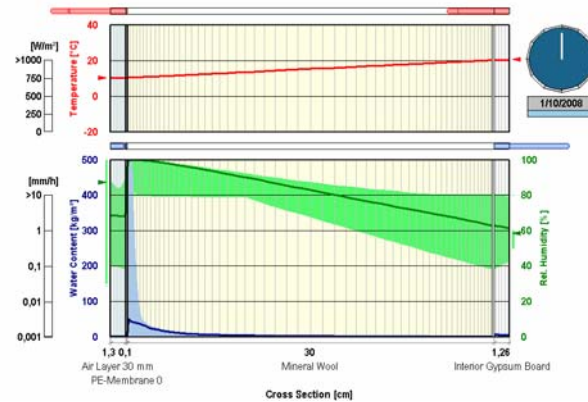
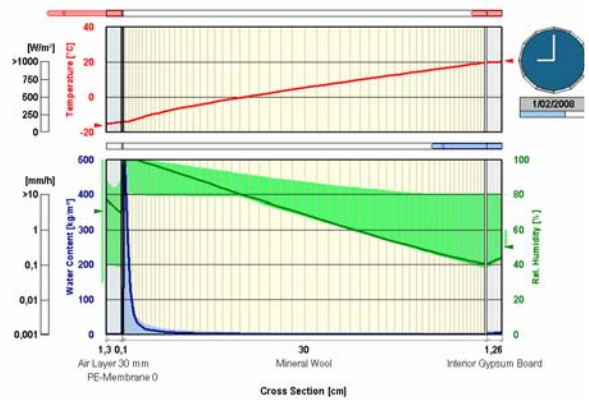
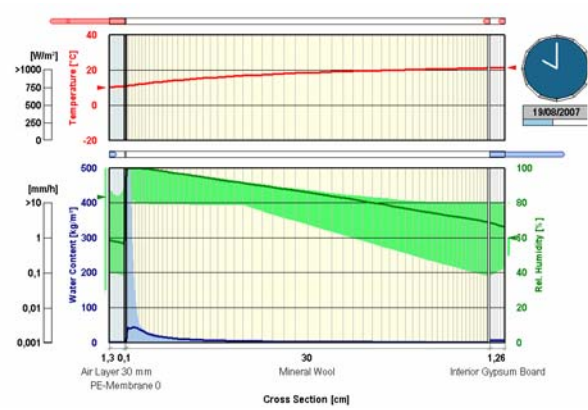
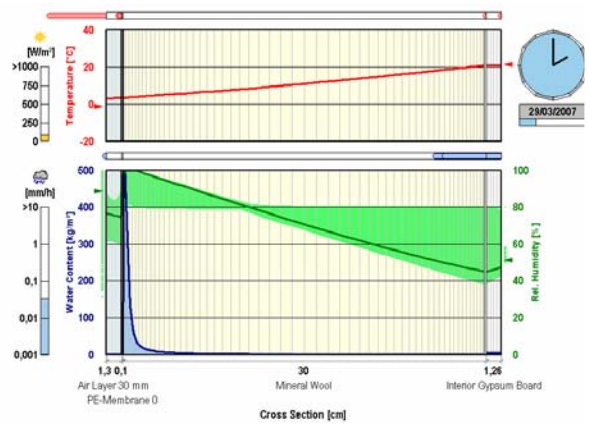
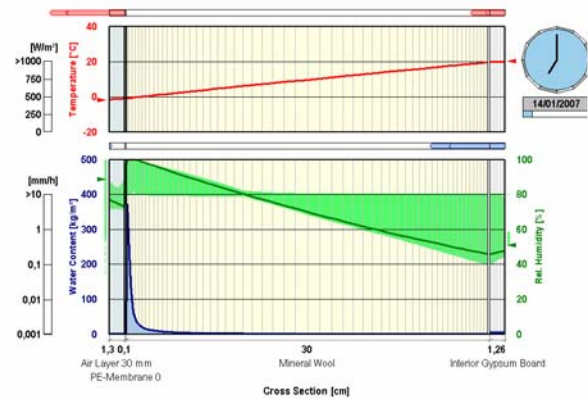
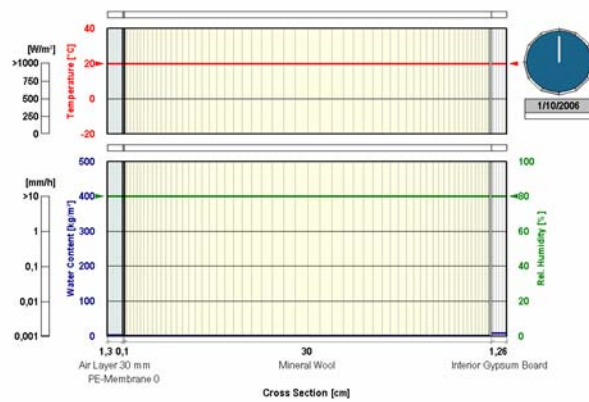
Calculation: Time and Date	26/04/2006 12:22:58
Computing Time	5 min,40 sec.
No. of Convergence Failures	13
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -0,09
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	0,0 -1,3
Balance 1 [kg/m²]	1,2
Balance 2 [kg/m²]	1,21





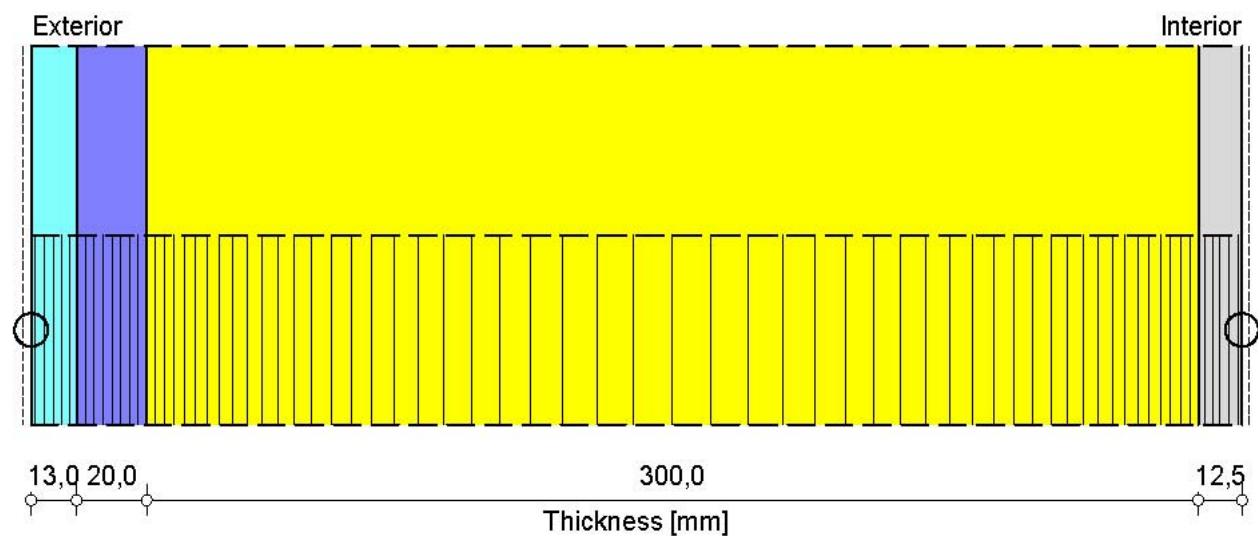






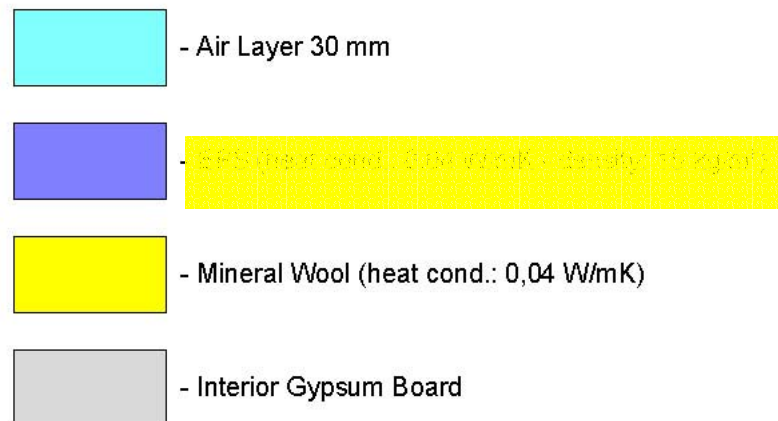
Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :



Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0.1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, Low Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and constru

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

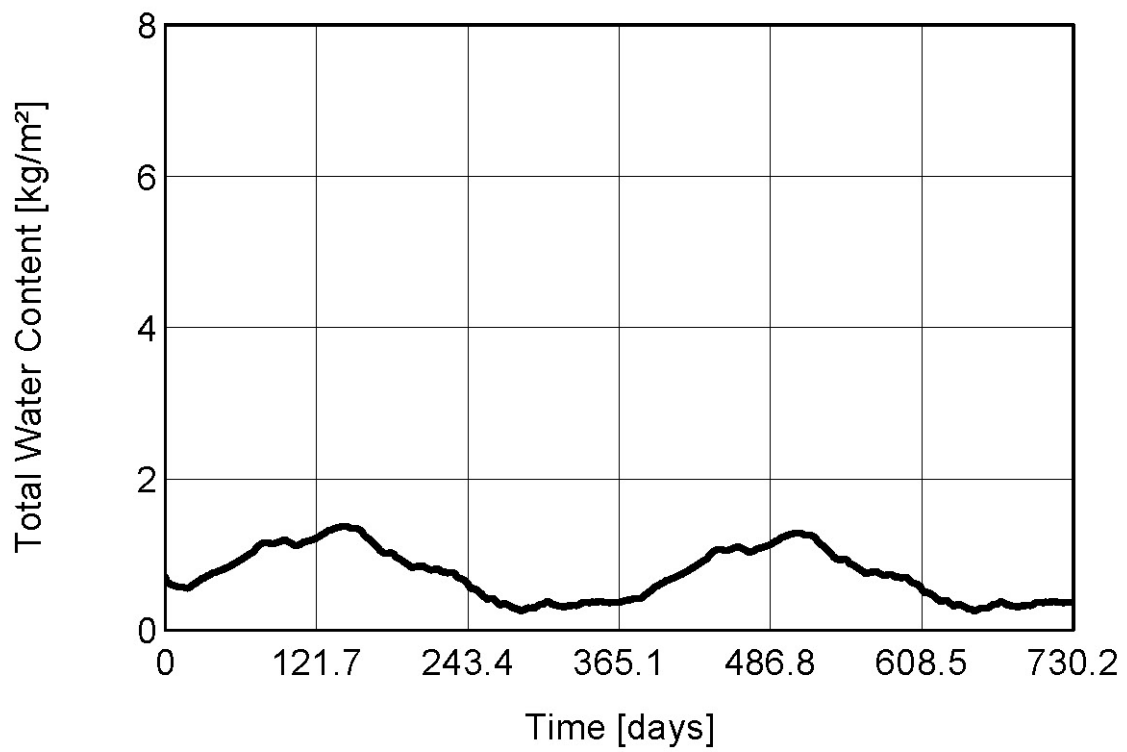
Results from Last Calculation

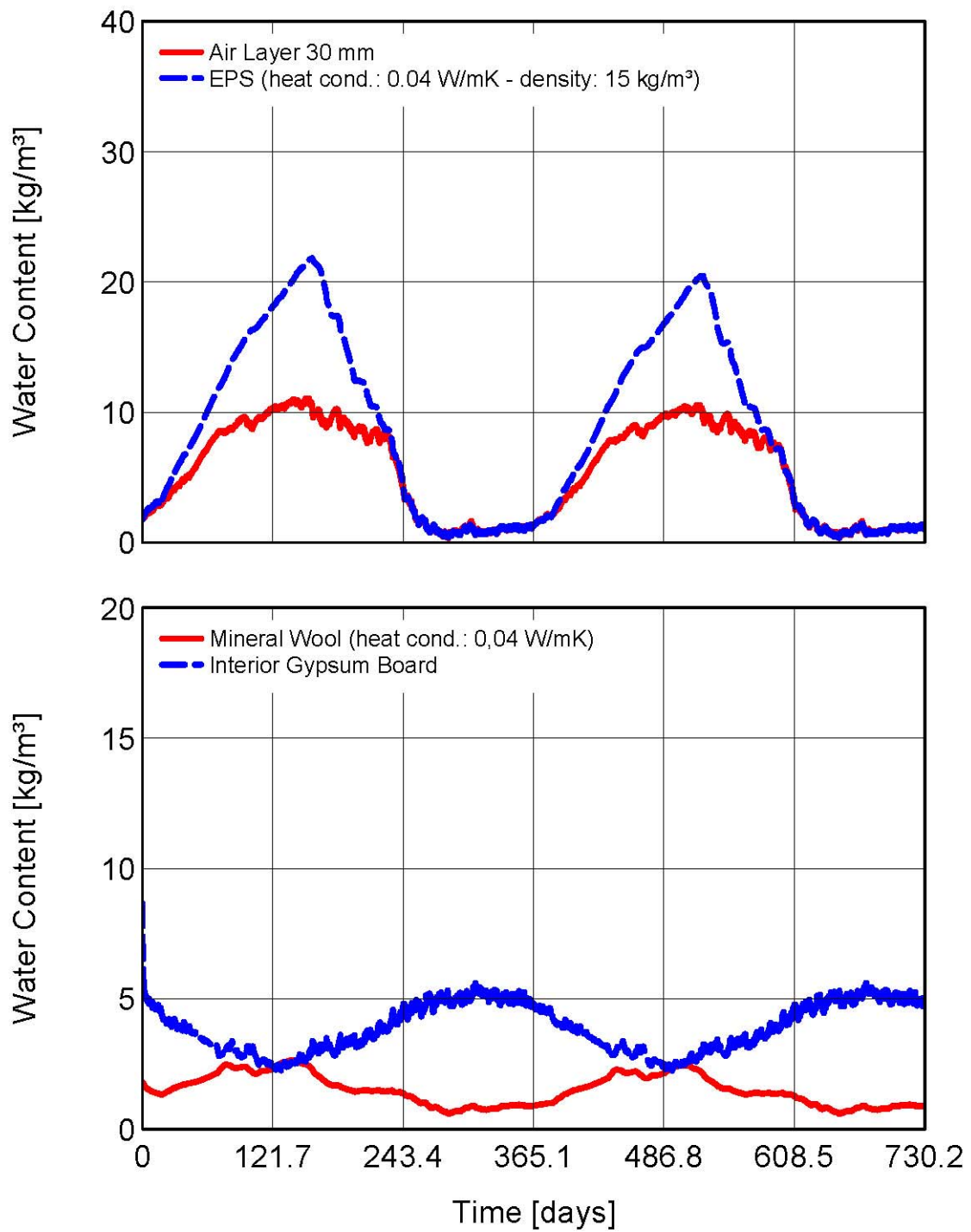
Water Content [kg/m³]

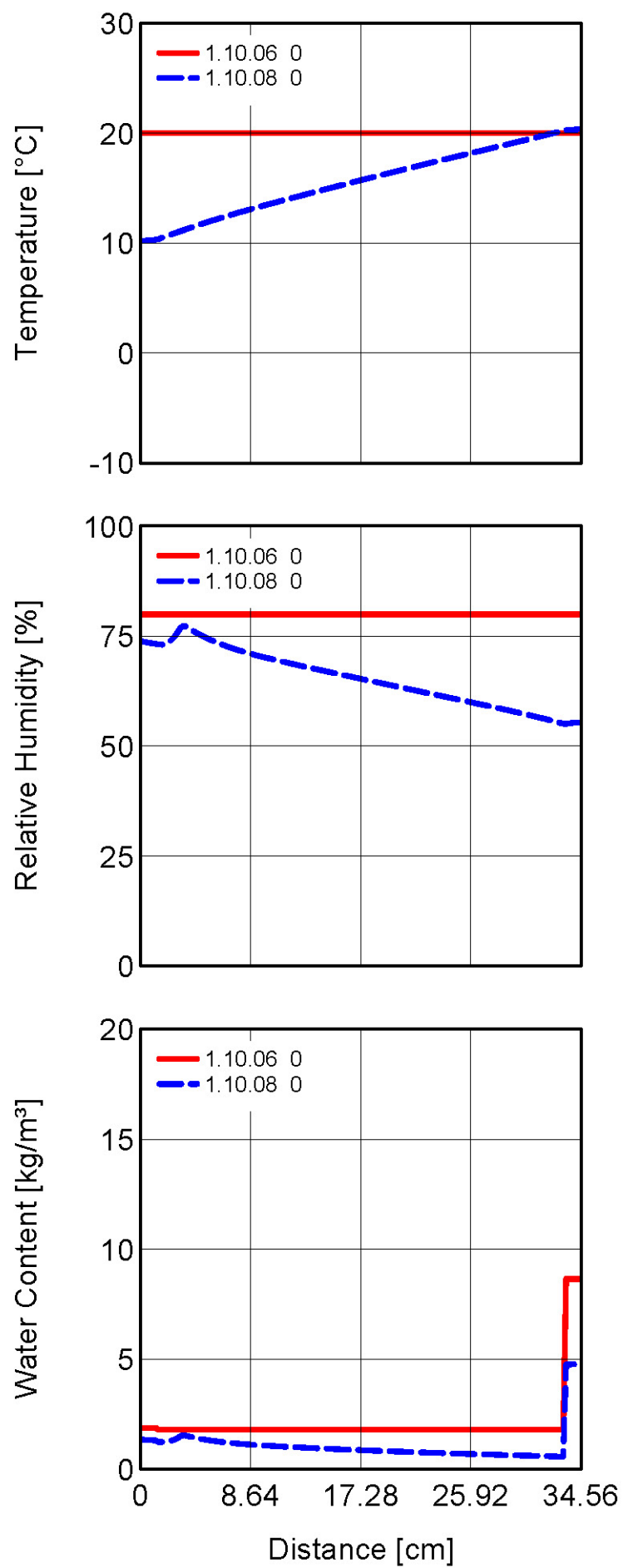
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	1,32	0,33	11,07
EPS (heat cond.: 0.04 W/mK - density: 15	1,79	1,32	0,34	21,85
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	0,89	0,57	2,64
Interior Gypsum Board	8,65	4,77	2,24	8,65

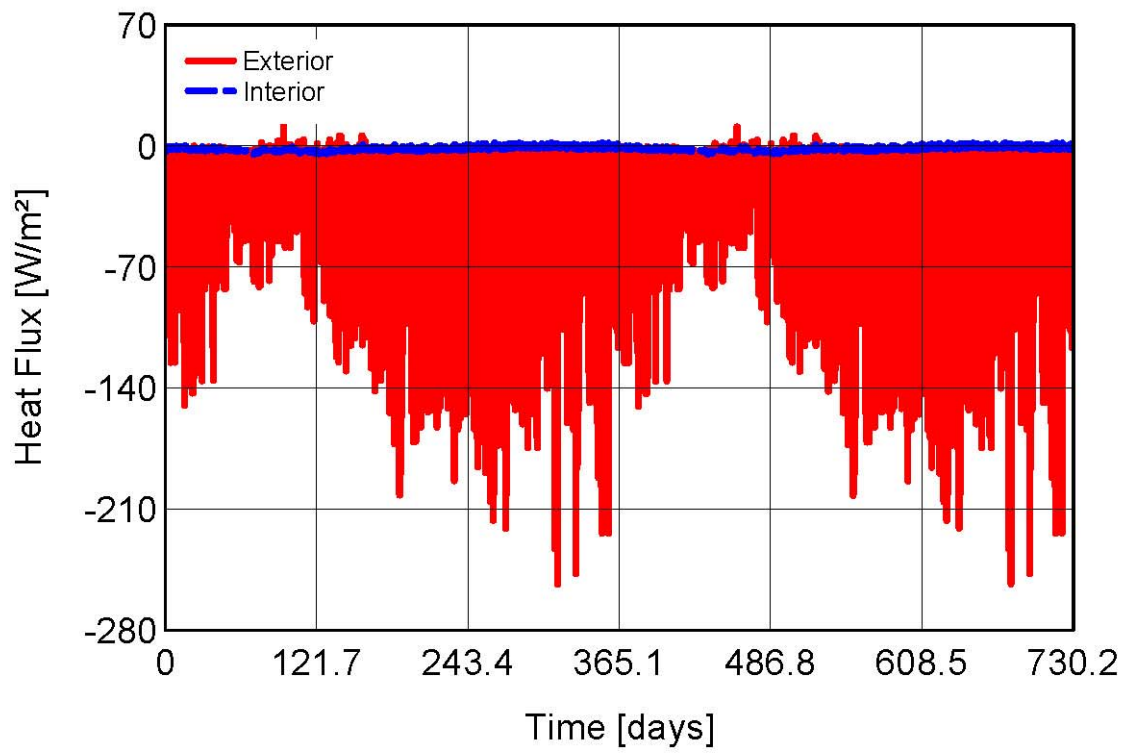
Status of Calculation

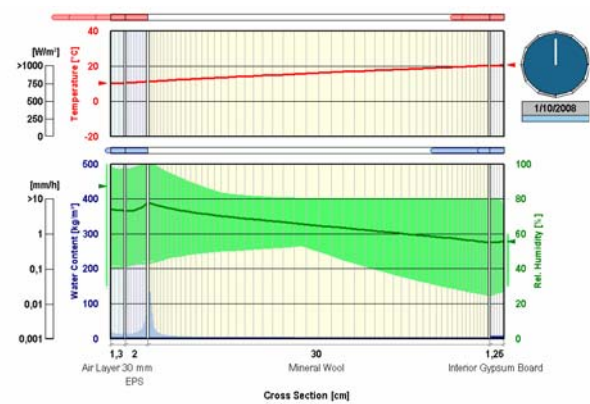
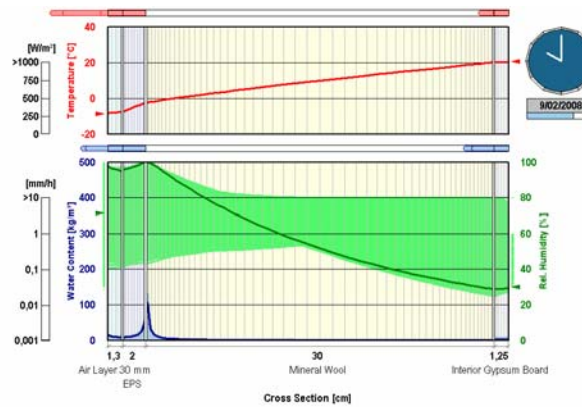
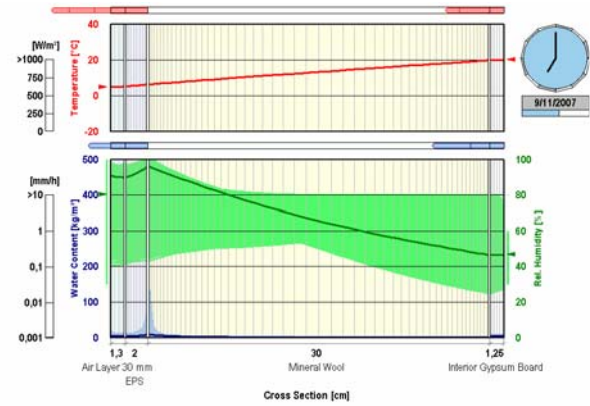
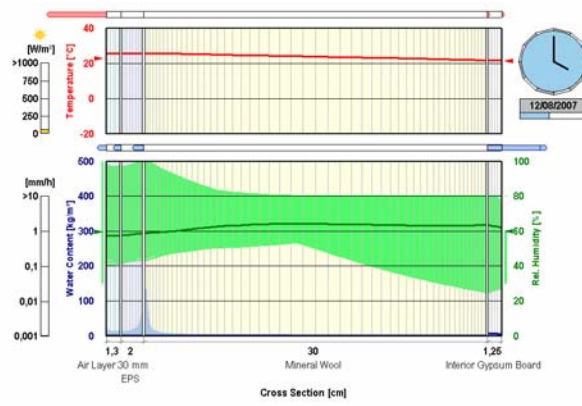
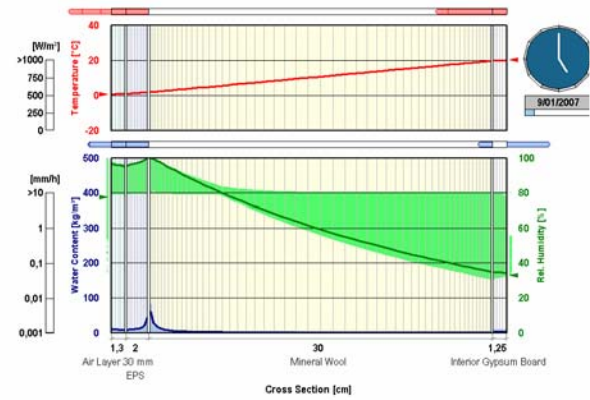
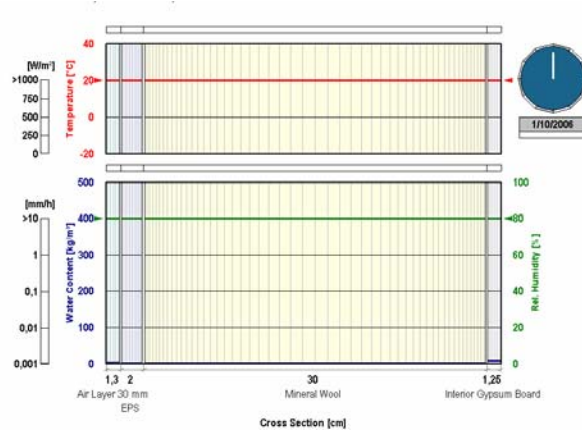
Calculation: Time and Date	26/04/2006 13:16:32
Computing Time	5 min,25 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -1,11
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	5.7E-7 -0,77
Balance 1 [kg/m²]	-0,33
Balance 2 [kg/m²]	-0,34





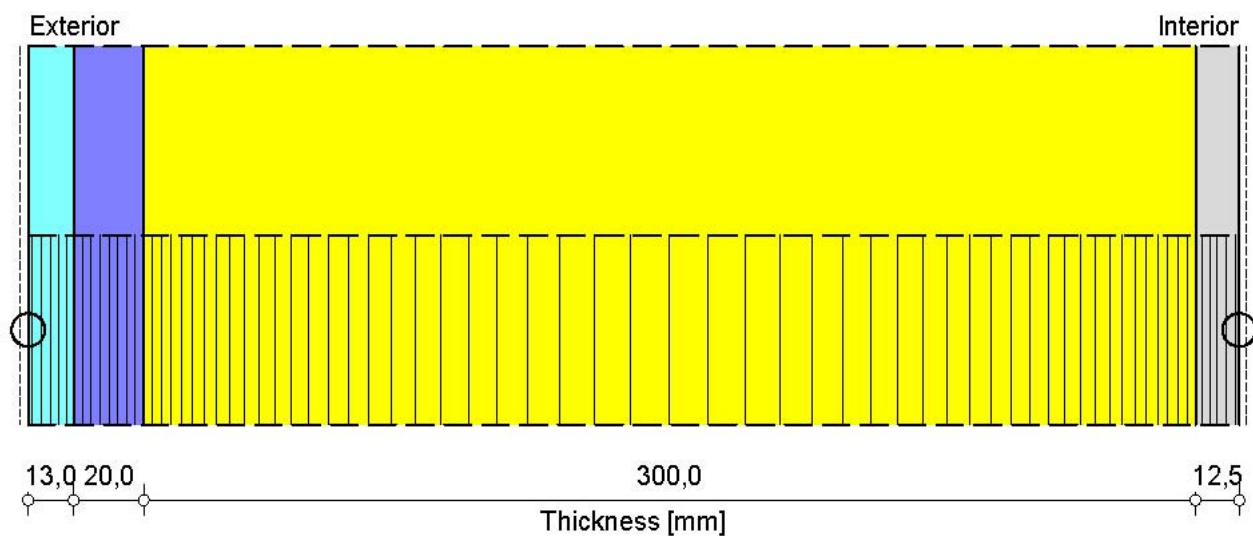






Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

 - Air Layer 30 mm

 - EPS (heat cond.: 0.04 W/mK - density: 15 kg/m³)

 - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)

 - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, High Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and construction

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

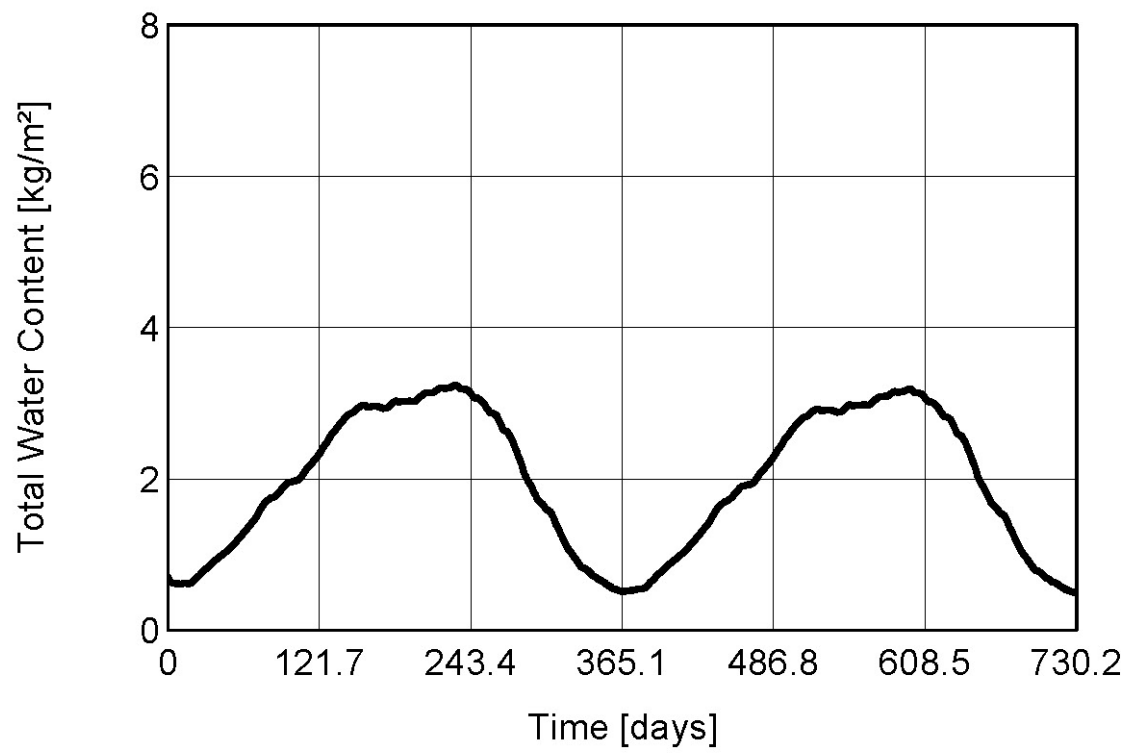
Results from Last Calculation

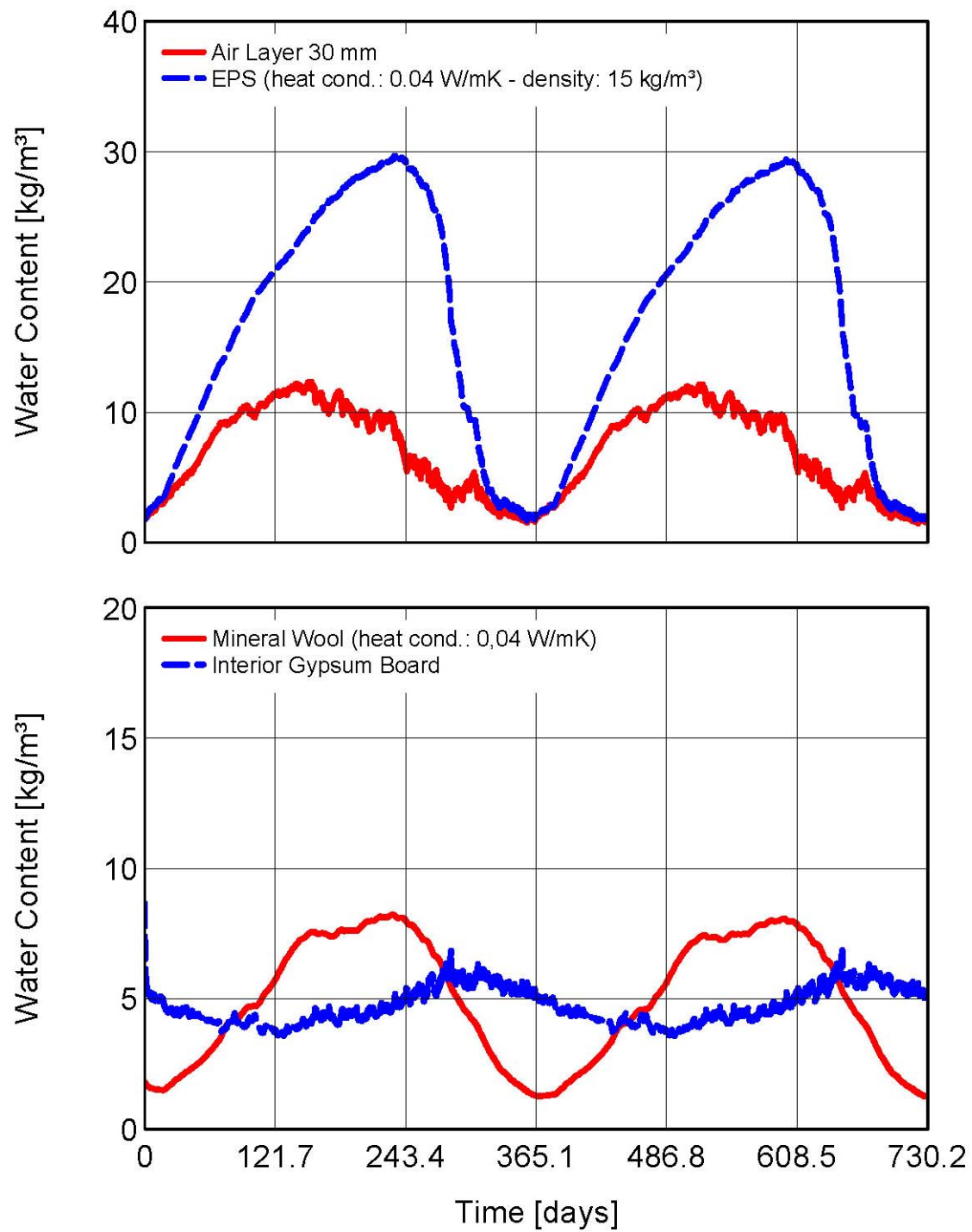
Water Content [kg/m³]

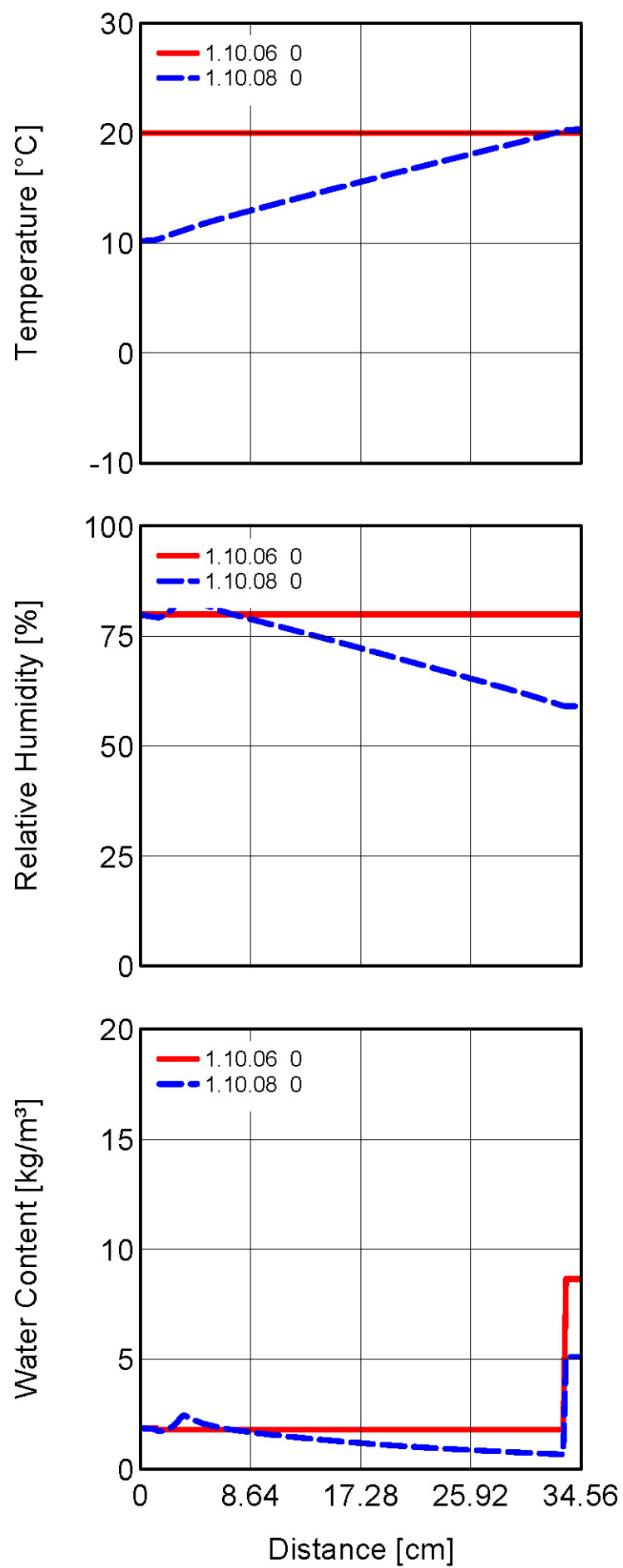
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	1,83	1,45	12,33
EPS (heat cond.: 0.04 W/mK - density: 15	1,79	1,93	1,58	29,70
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	1,24	1,24	8,24
Interior Gypsum Board	8,65	5,10	3,57	8,65

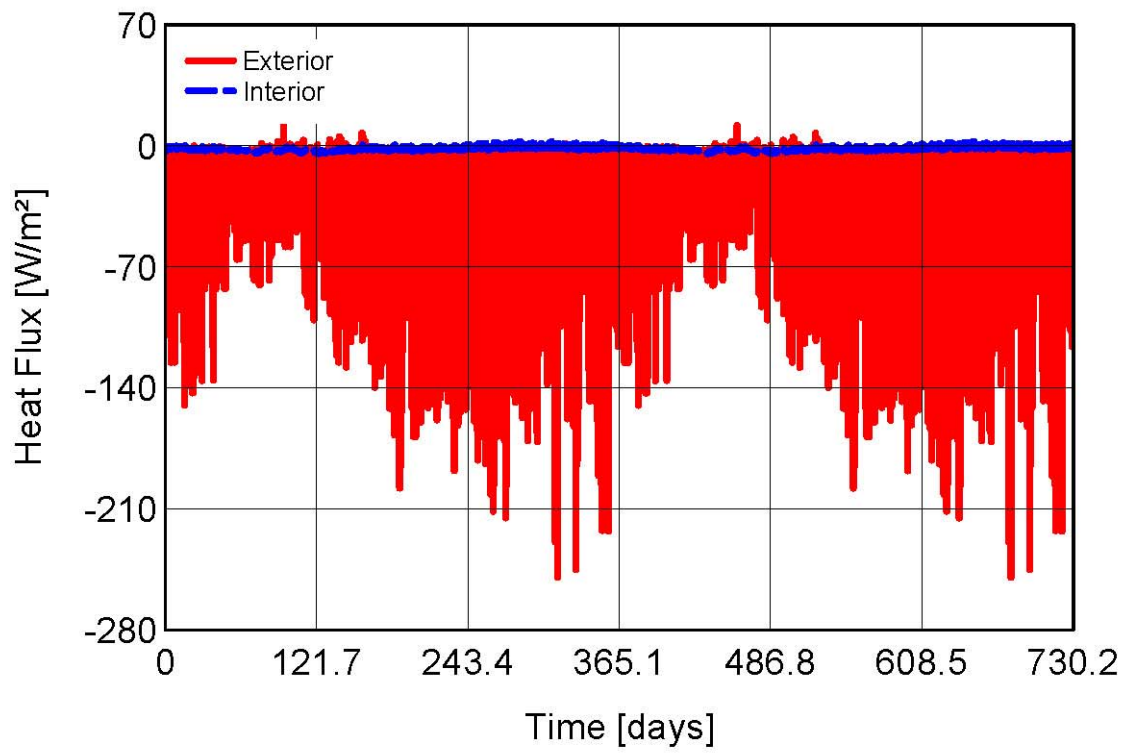
Status of Calculation

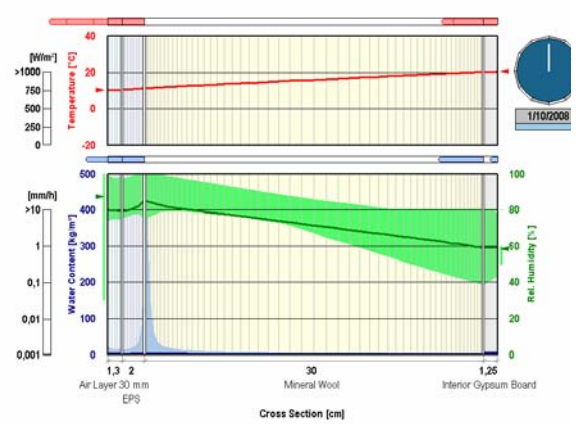
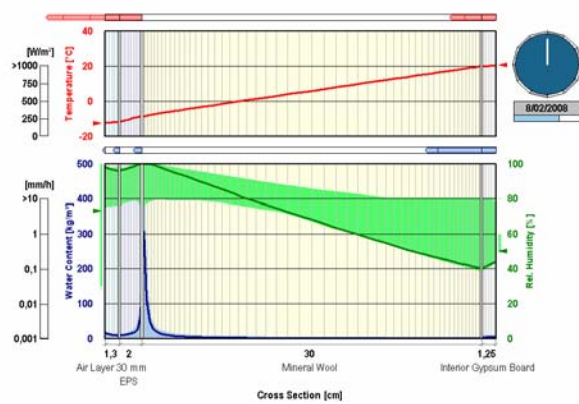
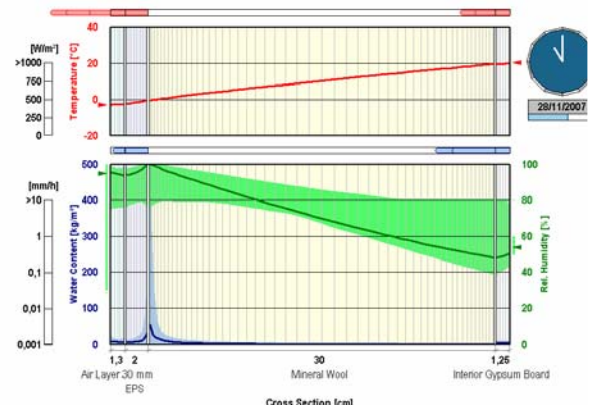
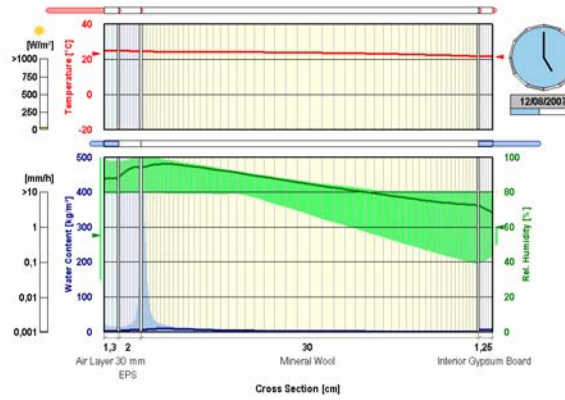
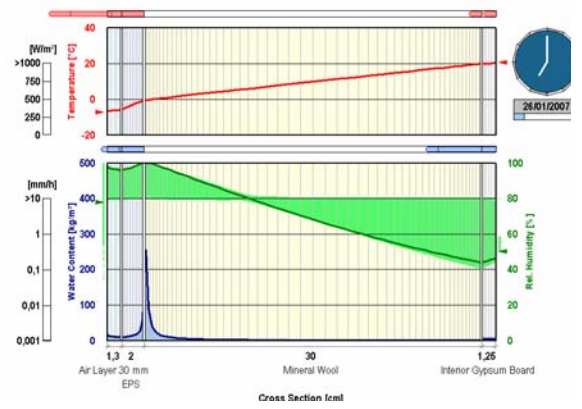
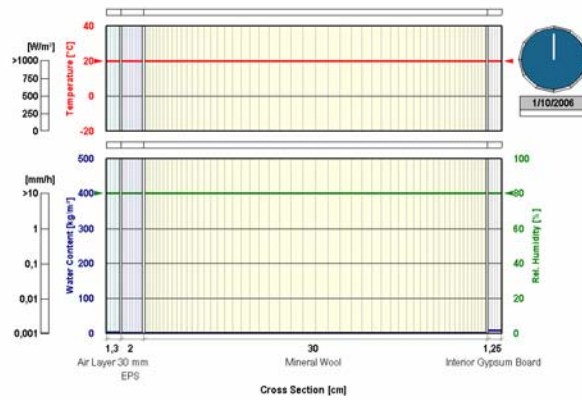
Calculation: Time and Date	26/04/2006 13:28:38
Computing Time	5 min,24 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m²]	0,0 -2,08
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m²]	0,0 -1,88
Balance 1 [kg/m²]	-0,2
Balance 2 [kg/m²]	-0,2





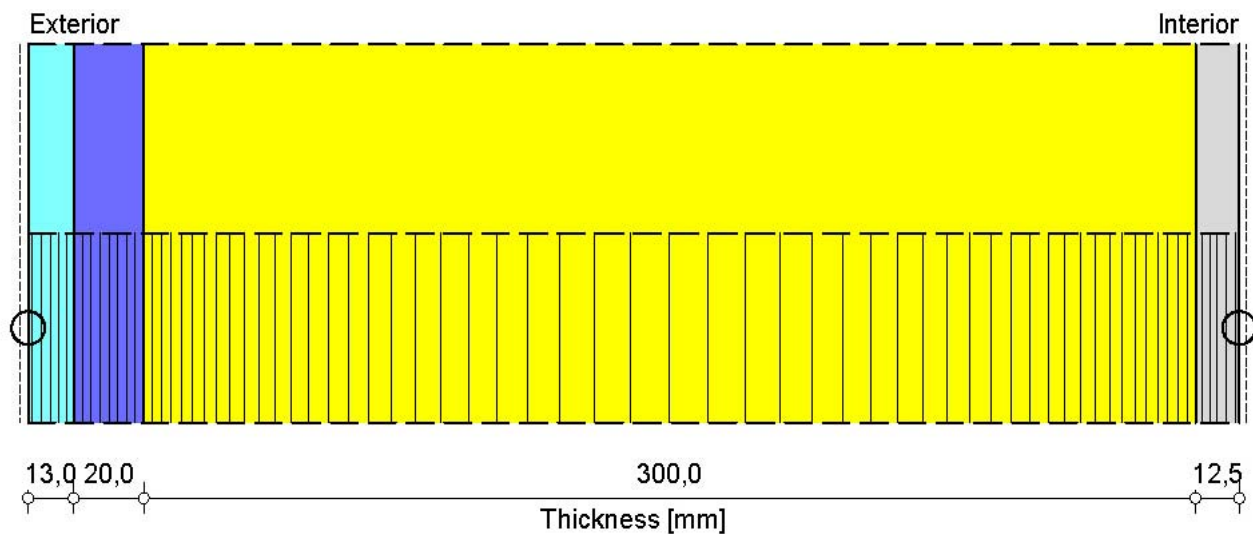






Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

-  - Air Layer 30 mm
-  - Extruded Polystyrene Insulation
-  - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)
-  - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, Low Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and constru

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

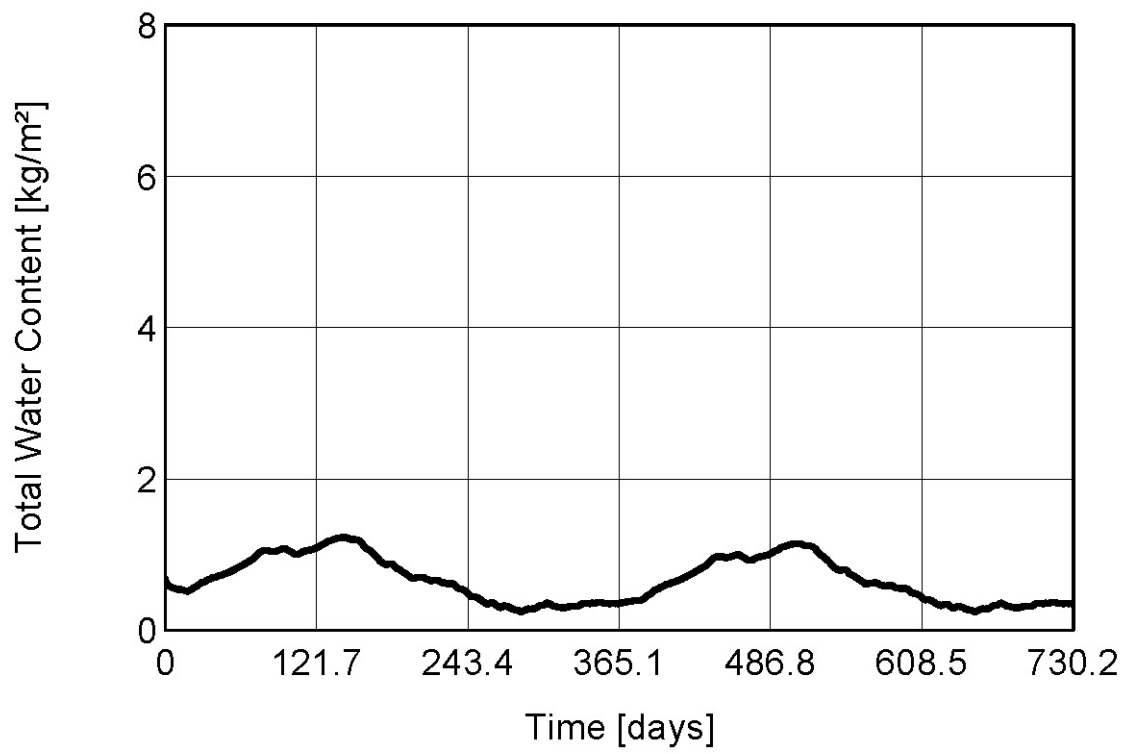
Results from Last Calculation

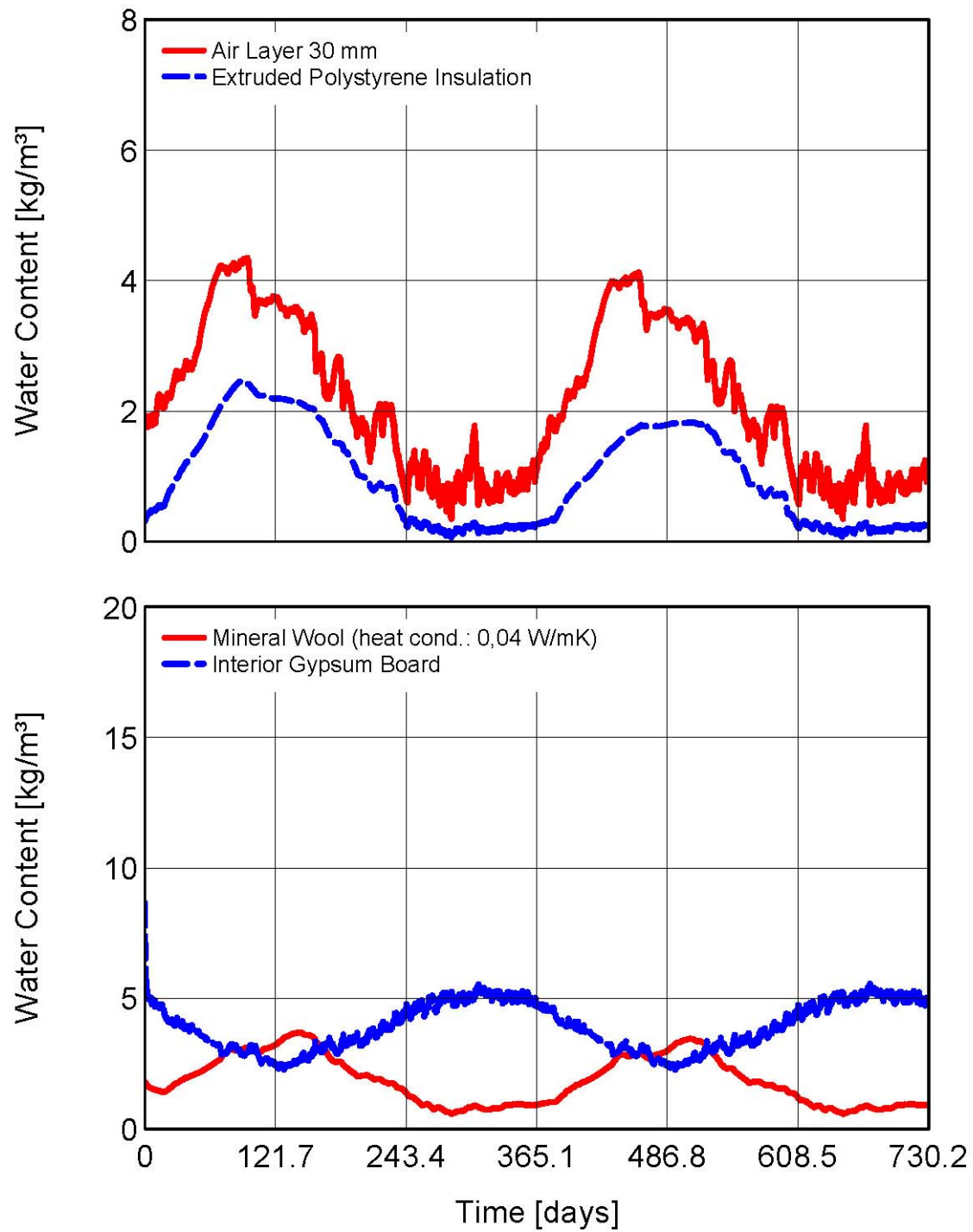
Water Content [kg/m³]

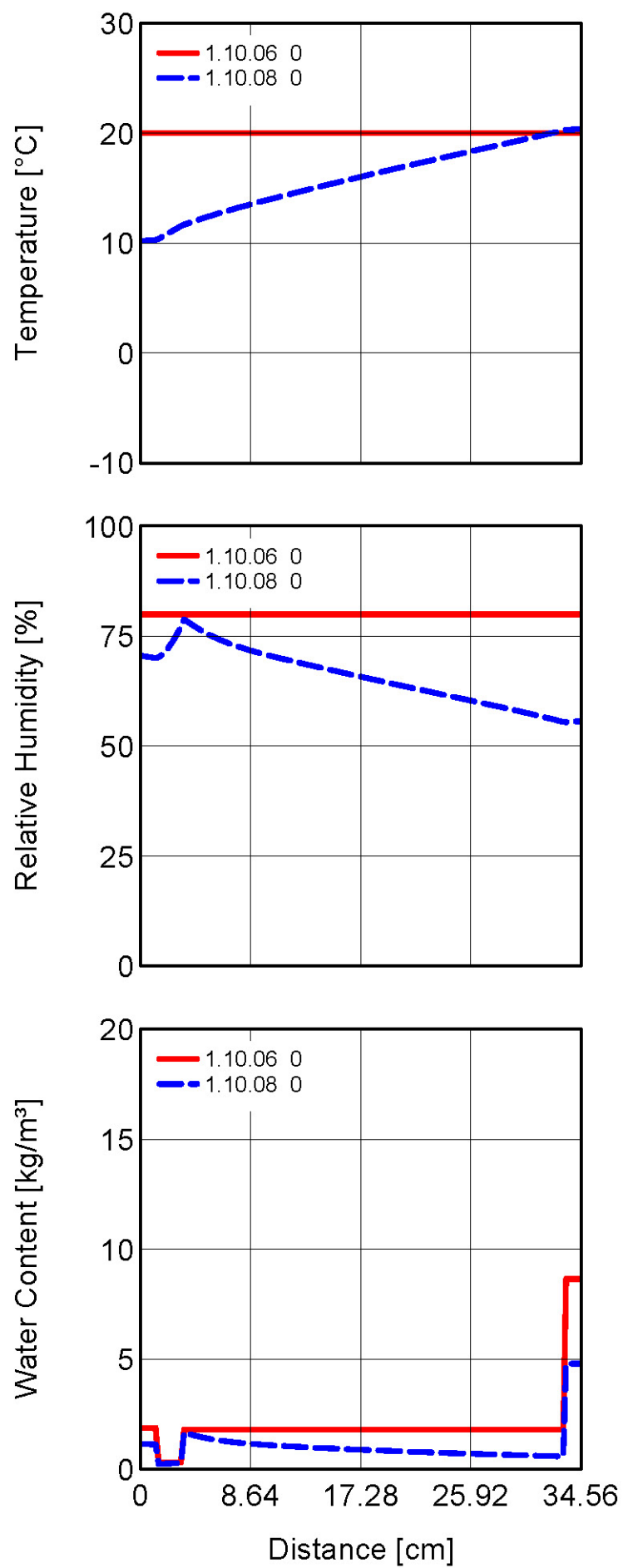
Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	1,13	0,35	4,35
Extruded Polystyrene Insulation	0,31	0,26	0,07	2,46
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	0,91	0,57	3,70
Interior Gypsum Board	8,65	4,79	2,27	8,65

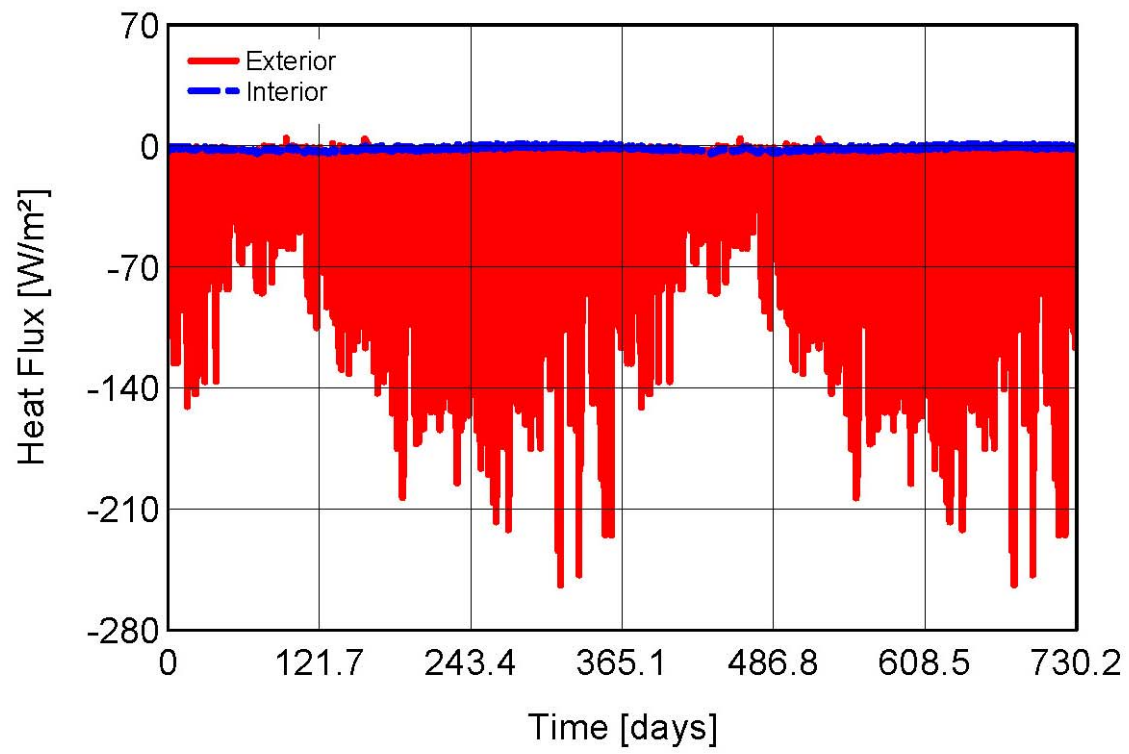
Status of Calculation

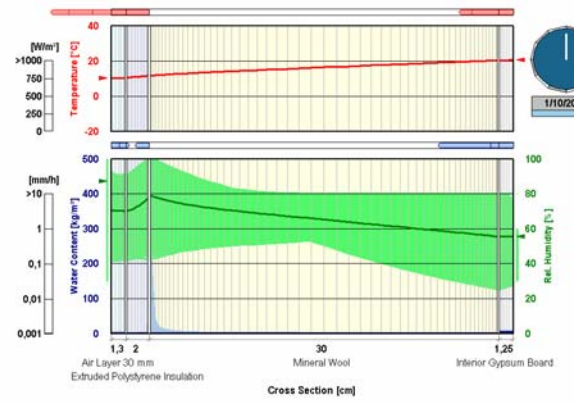
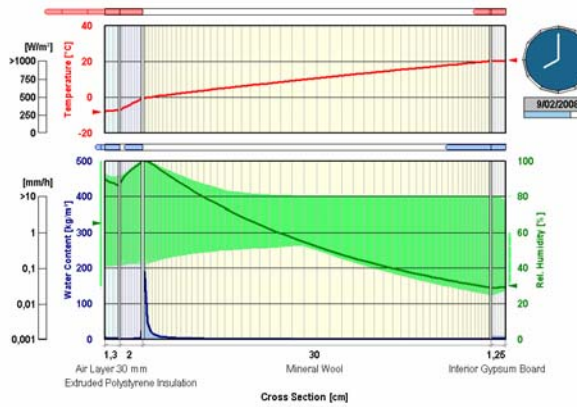
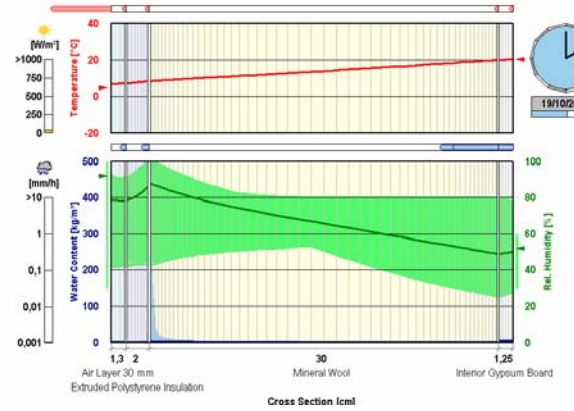
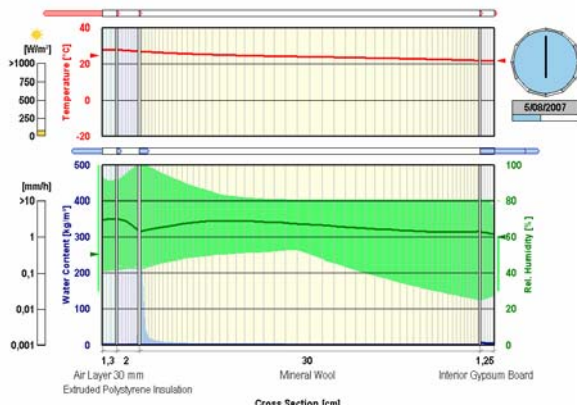
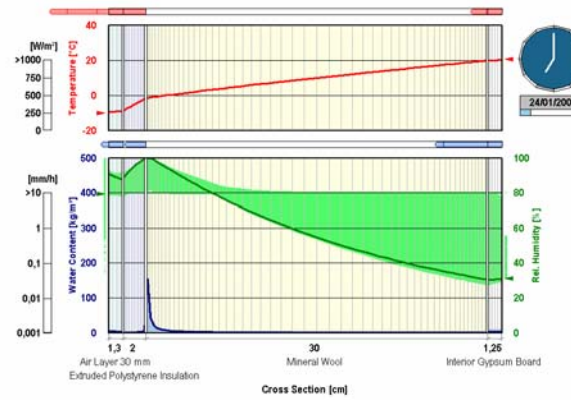
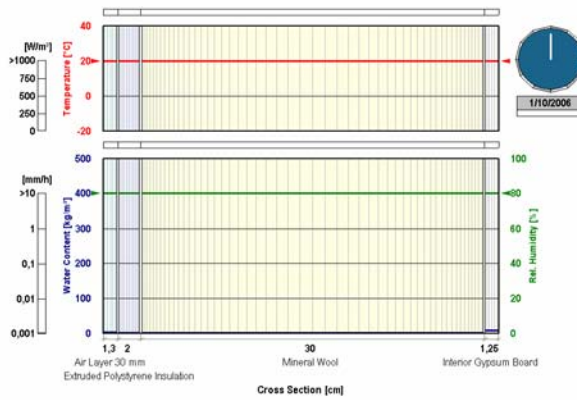
Calculation: Time and Date	4/05/2006 9:45:14
Computing Time	1 min,56 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m ²]	0,0 -0,57
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m ²]	6.3E-7 -0,24
Balance 1 [kg/m ²]	-0,32
Balance 2 [kg/m ²]	-0,32





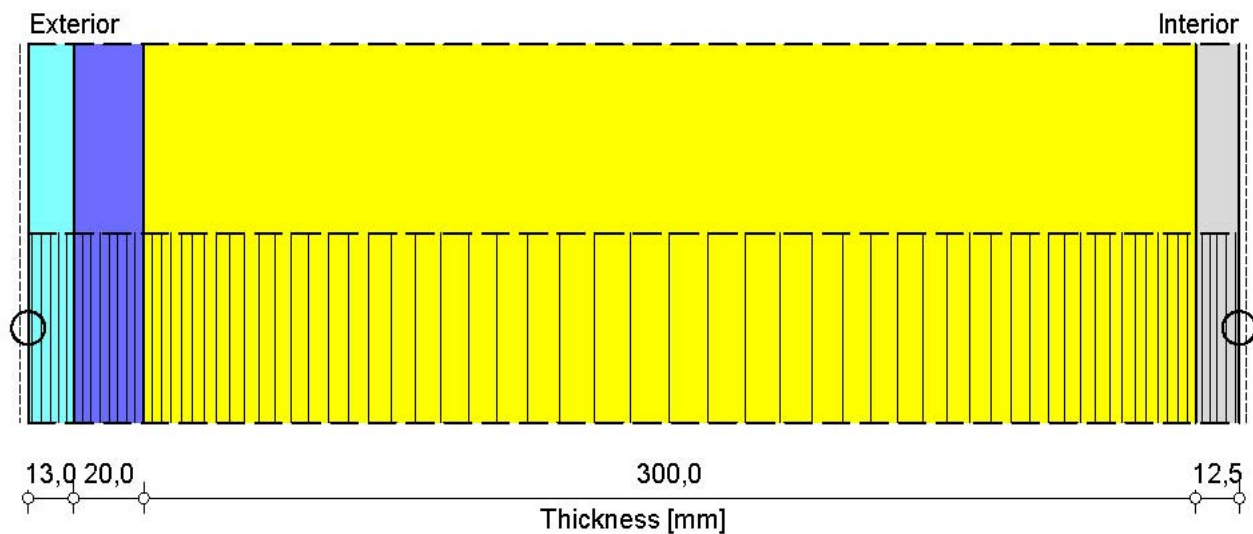






Component Assembly

Case:



○ - Monitor positions

Materials :

-  - Air Layer 30 mm
-  - Extruded Polystyrene Insulation
-  - Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)
-  - Interior Gypsum Board

Sd-Value Ext. [m]: 2

Sd-Value Int. [m]: 0,1

Boundary Condition

Exterior (Left Side)

Location: Holzkirchen; IBP Holzkirchen; Year 1991
 Orientation / Inclination: / 90°

Interior (Right Side)

Indoor Climate: WTA Recommendation 6-2-01/E
 Indoor Condition, High Moisture Load

Surface Transfer Coefficients

Exterior (Left Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,0526	Roof
Sd-Value	[m]	2	Tiles
Short-Wave Radiation Absorptivity	[-]	0,85	Tiles, concrete, brown
Long-Wave Radiation Emissivity	[-]	0,9	Tiles, concrete, brown
Rain Water Absorption Factor	[-]	----	According to inclination and construction

Interior (Right Side)

Name	Unit	Value	Description
Heat Resistance	[m²K/W]	0,125	Roof
Sd-Value	[m]	0,1	Gypsum board

Results from Last Calculation

Water Content [kg/m³]

Layer/Material	Start of Calc.	End of Calc.	Min.	Max.
Air Layer 30 mm	1,88	1,49	0,75	4,53
Extruded Polystyrene Insulation	0,31	0,44	0,31	2,41
Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	1,79	1,95	1,59	10,12
Interior Gypsum Board	8,65	5,27	3,60	8,65

Status of Calculation

Calculation: Time and Date	26/04/2006 12:49:52
Computing Time	6 min,5 sec.
No. of Convergence Failures	0
No. of Rain Absorption Failures	0
Integral of fluxes, left side (kl,dl) [kg/m ²]	0,0 -1,06
Integral of fluxes, right side (kr,dr) [kg/m ²]	0,0 -1,07
Balance 1 [kg/m ²]	0,01
Balance 2 [kg/m ²]	0,01

