R06

S&W consultancy
BOUWKUNDIG INGENIEURSBUREAU

Filips van Almonderstraat 15 te Amsterdam

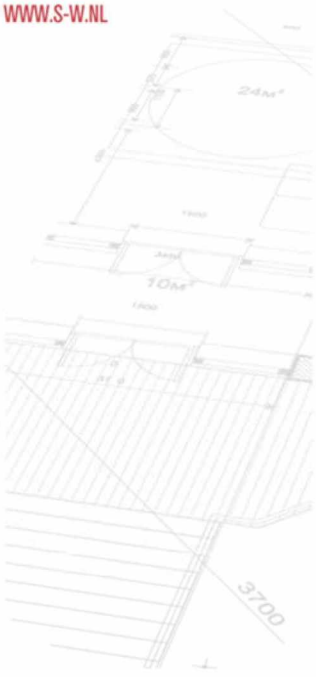
Toetsing dampspanningsverloop in constructie

Projectnr: 2200330
Datum: 14-8-2020
Versie: 1
Contactpersoon: [redacted]

AKOESTISCHE ONDERZOEKEN
ENERGIE PRESTATIE BEREKENINGEN
BOUWFYSISCHE ADVIEZEN
MILIEUPRESTATIE BEREKENING (GPR)
GELUIDWERING GEVELS
BOUWKUNDIGE BESTEKKEN
TOETSING BOUWBESLUIT
BRANDVEILIGHEID
V&G PLANNEN
TRAININGEN
CONTROLE PV SYSTEMEN
NIEUWBOUWLABEL

BEREKEND OP UW EISEN

GILDEWEG 39A
POSTBUS 5185
4380 KD VLISSINGEN
T [redacted]
INFO@S-W.NL
WWW.S-W.NL



Samenvatting

In opdracht van [redacted] is door S&W Consultancy een dampspanningsberekening opgesteld van een opbouw van twee uitwendige scheidingsconstructies. Dit is gedaan voor de verbouwing van een pand aan de Filips van Almonderstraat 15 te Amsterdam.

De berekeningen zijn opgesteld voor de volgende constructies:

- Buitengevel met voorzetwand;
- Na isolatie hellend dak.

Uit de glaserberekening blijkt dat bij toepassing van de omschreven constructies zonder dampscherm het risico op inwendige condensatie te groot is. Om inwendige condensatie in de constructie te verminderen dient bij de voorzetwand een dampremmende folie te worden aangebracht tussen de minerale wol isolatie en de OSB plaat. Deze dampremmende folie dient een minimale Sd-waarde te hebben van 14 m. Om inwendige condensatie in de constructie te verminderen dient bij het hellend dak een dampdichte folie te worden aangebracht tussen de steenwol isolatie en de gipskartonplaten. Deze dampdichte folie dient een minimale Sd-waarde te hebben van 1500 m (bijvoorbeeld Meuwissen Miofol 125AV).

Vlissingen, 14 augustus 2020.

[redacted]
S&W Consultancy

Inhoudsopgave

Samenvatting 2

1. Inleiding 4

1.1 Projectomschrijving 4
1.2 Gebruikte gegevens 4

2. Temperatuurverloop in constructie 5

2.1 Temperatuurverloop 5
2.2 Verloop van de waterdampspanning in een constructie 5
2.3 Inwendige condensatie; Methode Glaser 5

3. Berekeningen 7

3.1 Uitgangspunten voor warmtetransport 7
3.2 Randtemperaturen 7
3.3 Luchtvochtigheid 7
3.4 Invoergegevens materialen 7

4. Resultaten dampspanningsberekeningen 8

4.1 Buitengevel met voorzetwand 8
4.2 Na-isolatie dakconstructie 8

5. Conclusies 9

I. Bijlage “Detail constructie 1” I

II. Bijlage “Dampspanningsberekening constructie 1” II

III. Bijlage “Detail constructie 2” III

IV. Bijlage “Dampspanningsberekening constructie 2” IV

1. Inleiding

1.1 Projectomschrijving

In opdracht van GPS Vastgoed B.V. is door S&W Consultancy een dampspanningsberekening opgesteld van een opbouw van twee uitwendige scheidingsconstructies. Dit is gedaan voor de verbouwing van een pand aan de Filips van Almonderstraat 15 te Amsterdam.

De berekeningen zijn opgesteld voor de volgende constructies:

- Buitengevel met voorzetwand;
- Na isolatie hellend dak.

1.2 Gebruikte gegevens

De toetsingen zijn gebaseerd op onderstaande gegevens verstrekt door [redacted]

- digitale set tekeningen (plattegronden en detailboek) verstrekt d.d. 28-7-2020.

2. Temperatuurverloop in constructie

2.1 Temperatuurverloop

Van een constructie die uit verschillende lagen is opgebouwd, kan de totale warmteweerstand R over de gehele constructie worden berekend. Hiermee kan de warmtestroomdichtheid q worden bepaald, bij een vastgesteld temperatuurverschil ΔT van binnen naar buiten. Voor een stationaire toestand (dus een toestand die niet verandert in de tijd), zonder warmtebronnen, geldt voor iedere laag:

$$q = \frac{\Delta T}{R}$$

Doordat uitgegaan wordt van een constante warmtestroom q door de gehele constructie, is het temperatuurverschil ΔT_n over een laag n binnen de constructie recht evenredig aan de warmteweerstand R_n in die laag. Voor de temperatuursprong over een laag geldt dan:

$$\Delta T_n = \frac{R_n}{R_{tot}} \cdot \Delta T_{tot}$$

Door een betere isolatie wordt niet alleen het warmteverlies beperkt, ook de temperatuur van het binnenoppervlak wordt hoger bij toenemende isolatie. Dit kan de behaaglijkheid in de ruimte aanzienlijk verbeteren.

2.2 Verloop van de waterdampspanning in een constructie

Op dezelfde wijze als bij het bepalen van het temperatuurverloop in een constructie kan ook het verloop van waterdampconcentratie (of waterdampspanning) in een constructie worden berekend. De totale hoeveelheid vocht die door de constructie diffundeert, is in alle lagen van een constructie gelijk indien er geen inwendige condensatie optreedt. De dampdiffusieweerstand van een totale constructie is afhankelijk van het dampdiffusieweerstandsgetal μ en van de dikte d van de laag n in de constructie. Analoog aan wat er geldt voor het temperatuurverloop, geldt dan voor het verloop van de waterdampspanning in een constructie:

$$\Delta p_n = \Delta p_{tot} \cdot \frac{\mu \cdot d_n}{\mu \cdot d_{tot}}$$

2.3 Inwendige condensatie; Methode Glaser

Hiervoor is het verloop van de waterdampconcentratie in een constructie bekeken zonder stil te staan bij het temperatuurverloop in de constructie en de mogelijkheid van condensatie. Uit het temperatuurverloop kan het verloop van de maximale dampspanning in de constructie (p_{max}) worden bepaald. Immers bij iedere temperatuur hoort een bepaalde maximale waterdampspanning. De werkelijk aanwezige dampspanning kan niet boven de maximale dampspanning komen. Zijn de berekende waarden toch hoger, dan treedt in de constructie condensatie op.
Inwendige condensatie moet worden voorkomen of beperkt, omdat:

- de constructie kan gaan rotten;
- er kans bestaat op kapot vriezen;
- te veel vocht de warmteweerstand vermindert.

Aan de hand van de zogeheten 'methode Glaser' kan een berekening van de vochthuishouding gemaakt worden om zo ook de mogelijkheid van inwendige condensatie te onderzoeken. Met deze rekenmethode kan de plaats waar de condensatie optreedt worden bepaald. Daarnaast is het mogelijk de hoeveelheid binnendringend vocht te berekenen.
In principe is het niet noodzakelijk iedere vorm van inwendige condensatie te voorkomen. De hoeveelheid vocht die door inwendige condensatie in de constructie achterblijft gedurende de winterperiode, mag een bepaald maximum niet overschrijden. Verder moet het vocht dat in de winter de constructie binnendringt, in de zomer door verdamping weer kunnen verdwijnen. De hoeveelheid condens die in een winterperiode achterblijft, kan worden berekend met de volgende formule:

$$g = 60 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \left(\frac{\Delta p_{in}}{R_d \cdot \sum \mu \cdot d_{in}} - \frac{\Delta p_{uit}}{R_d \cdot \sum \mu \cdot d_{uit}} \right) \cdot 1000$$

met daarin:

g:	de hoeveelheid condens [g/m^2] na 60 dagen;
Δp_{in}:	het dampspanningsverschil bij de ingaande dampstroom;
Δp_{uit}:	het dampspanningsverschil bij de uitgaande dampstroom;
R_d:	de dampdiffusieweerstand.

De hoeveelheid vocht die aan het eind van de winterperiode (60 dagen) aanwezig mag zijn, wordt voor daken in het algemeen aangehouden op 500 gram per m^2. Bij hout of hout bevattende stoffen, zoals spaanplaat of multiplex, geldt 100 tot 200 gram per m^2. Voor organische materialen wordt de maximale hoeveelheid berekend met de volgende formule:

$$30 \cdot \rho \cdot d$$

waarin:

ρ: de dichtheid van het materiaal in kg/m^3;
d: de dikte in m.

Bij aanwezigheid van een dampdrukverdelende laag wordt de opnamecapaciteit voor vocht weer iets groter. Indien de hoeveelheid condens groter is dan de in de richtlijn gegeven waarde, moet de constructie worden aangepast of moeten er extra dampremmende lagen worden toegepast.

3. Berekeningen

Hieronder in de paragrafen 3.1 tot 3.4 worden de uitgangspunten voor de dampspanningsberekeningen weergegeven. De rekenmethode is in het voorgaande hoofdstuk 2 beschreven. De berekeningen en de resultaten daarvan zijn weergegeven in bijlage II.

3.1 Uitgangspunten voor warmtetransport

De volgende overgangsweerstanden dienen volgens NEN 2778 te worden toegepast:

- Naar buitenlucht: R_e = 0,04 m²·K/W;
- Naar binnenlucht:
  a. R_i = 0,13 m²·K/W voor beglazing tussen binnenlucht en buitenlucht;
  b. R_i = 0,25 m²·K/W voor alle vlakken die niet onder a. of c. vallen;
  c. R_i = 0,50 m²·K/W voor alle gesloten binnenoppervlakken lager dan 1500 mm boven het vloerniveau, met de volgende uitzonderingen:
     - Een zone van het binnenoppervlak rond een drievlakshoek bestaande uit twee gevels en een vloer die aan de onderzijde grenst aan de buitenlucht of aan de bodem. Het oppervlak bestaat uit drie vierkanten van 500 mm bij 500 mm gelegen op de drie samenkomende vlakken waarbij de drie vierkanten een gemeenschappelijk hoekpunt bezitten;
     - Hellende vlakken die een hoek van meer dan 20° maken met de verticaal;
     - Het oppervlak, gelegen binnen een grenslijn op een afstand van 100 mm rond dagkanten deuren, ramen en kozijnen;
     - Alle oppervlakken in niet-verwarmde aangrenzende ruimten.

3.2 Randtemperaturen

- Buitenluchttemperatuur T_e = -10°C;
- Binnenluchttemperatuur verwarmde ruimte T_i = 20°C.

3.3 Luchtvochtigheid

- Luchtvochtigheid buiten φ_e = 80%;
- Luchtvochtigheid binnen φ_i = 40%.

3.4 Invoergegevens materialen

De berekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van een tweedimensionale opbouw van een detail, aangeleverd door de architect. Tabel 1 geeft de warmtegeleidingscoëfficiënten van de toegepaste materialen weer.
Een detailtekening van de berekende situatie is weergegeven in bijlage I.

Tabel 1: Toegepaste waarden voor de warmtegeleidingcoëfficiënt en voor het dampdiffusieweerstandsgetal.

Materiaal	**Warmtegeleidingscoëfficiënt λ [W/m·K]**	**Dampdiffusieweerstandsgetal μ [-]**
Isolatie Isover systemroll 100	0,032	1,3
Hout	0,17	10
Gipskartonplaat	0,2	13
Metselwerk	1,2	9
Steenwol isolatie	0,04	1,3
Bitumen	0,7	3000
Substratielaag	2,0	9

4. Resultaten dampspanningsberekeningen

4.1 Buitengevel met voorzetwand

Uit de glaserberekening blijkt dat bij toepassing van de omschreven constructie zonder dampscherm het risico op inwendige condensatie te groot is. Om inwendige condensatie in de constructie te verminderen dient een dampremmende folie te worden aangebracht tussen de minerale wol isolatie en de OSB plaat. Deze dampremmende folie dient een minimale Sd-waarde te hebben van 14 m. Eventueel kan de dampremmende folie tussen de OSB-plaat en de gipskartonplaat worden aangebracht.

De hoeveelheid vocht die ten gevolge van luchtstroming (luchtlekken) van binnen naar buiten in een constructie kan condenseren is vele malen groter dan de hoeveelheid condensatie ten gevolge van diffusie. Dit betekent dat luchtlekkages te allen tijde moeten worden voorkomen. Daarom is de luchtafdichting ter plaatse van bijvoorbeeld aansluitingen erg belangrijk is. De dampremmende folie dient zorgvuldig en correct te worden aangebracht, waarbij de naden van de folie dienen te worden afgetaped. Een goede aansluiting (tape) ter plaatse van aansluitingen op kozijnen en omringende constructiedelen is vanzelfsprekend van groot belang. De dampremmende laag vanuit het dak dient tevens goed aangesloten te worden op de dampremmende in de gevelconstructie/voorzetwand. Ook tijdens de gebruiksfase mogen geen ‘gaten’ door de dampremmende laag in het dak worden gemaakt.

4.2 Na-isolatie dakconstructie

Uit de glaserberekening blijkt dat bij toepassing van de omschreven constructie zonder dampscherm het risico op inwendige condensatie te groot is. Om inwendige condensatie in de constructie te verminderen dient een dampdichte folie te worden aangebracht tussen de steenwol isolatie en de gipskartonplaten. Deze dampdichte folie dient een minimale Sd-waarde te hebben van 1500 m.

De dakconstructie betreft een koud-dakconstructie. Dit is vanuit het oogpunt van o.a. vochthuishouding een zeer kritische dakconstructie en niet aan te bevelen. Uitsluitend onder de voorwaarde dat de constructie aan de binnenzijde luchtstromingsdicht is afgewerkt is het toepassen van een koud-dakconstructie toegestaan. De hoeveelheid vocht die ten gevolge van luchtstroming (luchtlekken) van binnen naar buiten in een constructie kan condenseren is vele malen groter dan de hoeveelheid condensatie ten gevolge van diffusie. Dit betekent dat luchtlekkages te allen tijde moeten worden voorkomen. Daarom dient de dampdichte folie zorgvuldig en correct te worden aangebracht, waarbij de naden van de folie dienen te worden afgetaped. De berekeningen gaan uit van een perfect uitgevoerde situatie. Een goede aansluiting (tape) ter plaatse van aansluitingen op omringende constructiedelen is vanzelfsprekend van groot belang. De dampdichte laag vanuit het dak dient tevens goed aangesloten te worden op de dampremmende folie in de gevelconstructie/voorzetwand. Indien er een nieuwe bitumineuze dakbedekking wordt aangebracht dient tijdens de bouwfase worden voorkomen dat bouwvocht (regenwater) in de constructie kan komen. Een dakconstructie zonder dakbedekking (tijdens de bouw) kan worden blootgesteld aan regen. Inwatering tijdens de bouw is dan niet uit te sluiten. Indien vervolgens de dakbedekking wordt aangebracht wordt het bouwvocht ingesloten en kan tot schades leiden. Het is dus belangrijk om hier tijdens de werkvoorbereidingsfase en uitvoering extra aandacht aan te besteden.
Ook tijdens de gebruiksfase mogen geen ‘gaten’ door de dampremmende laag in het dak worden gemaakt.

5. Conclusies

In opdracht van [redacted] is door S&W Consultancy een dampspanningsberekening opgesteld van een opbouw van twee uitwendige scheidingsconstructies. Dit is gedaan voor de verbouwing van een pand aan de Filips van Almonderstraat 15 te Amsterdam.

De dampspanningsberekeningen zijn opgesteld voor de volgende uitwendige scheidingsconstructie:

- Buitengevel met voorzetwand;
- Na isolatie hellend dak.

De dampspanningsberekeningen zijn uitgevoerd zoals beschreven in hoofdstuk 4. De uitvoer van de berekende constructies is toegevoegd als bijlagen II en IV.

Om inwendige condensatie te voorkomen dient in de berekende constructies een dampremmende/dampdichte folie aan de warme zijde van de constructie te worden aangebracht.

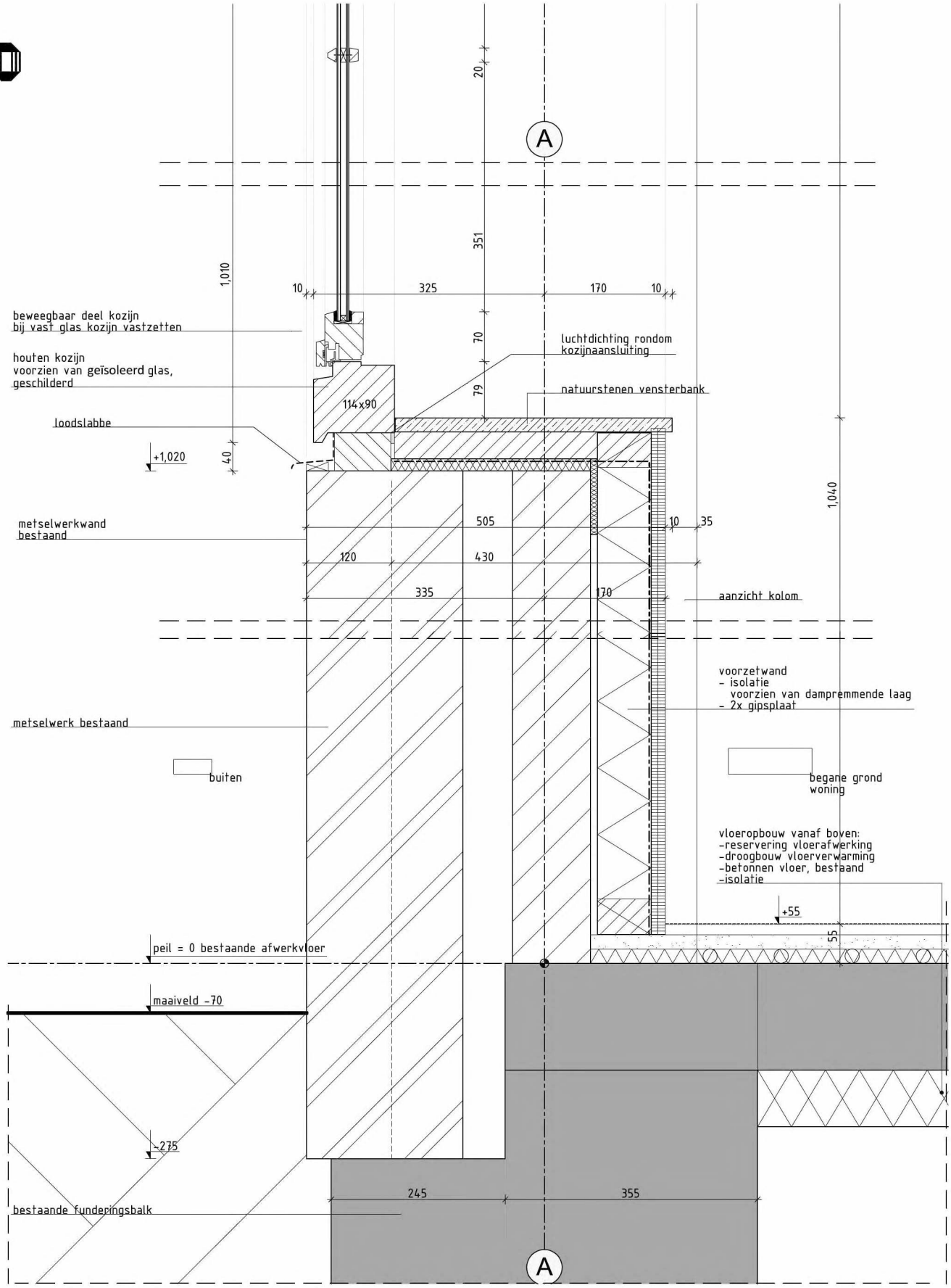
- Bij de voorzetwand dient een dampremmende folie met een Sd-waarde van minimaal 14 m te worden aangebracht;
- Bij de dakconstructie dient een dampdichte folie met een Sd-waarde van minimaal 1500 m te worden aangebracht.

In de glaserberekeningen wordt ervan uitgegaan dat de dampremmende of dampdichte folie correct en zonder onderbrekingen is aangebracht. Een goede aansluiting (tape) ter plaatse van aansluitingen op kozijnen en of omringende constructieonderdelen is vanzelfsprekend van belang. Verdere voorwaarden zijn omschreven in hoofdstuk 4.

Vlissingen, 14 augustus 2020.

[redacted]
S&W Consultancy

I.Bijlage “Detail constructie 1”



werknummer 1710

stadium omgevingsvergunning

onderwerp tekening inhoud

schaal 1:5

datum 18-06-2020

gewijzigd 21-07-2020

tekeningnummer 350001

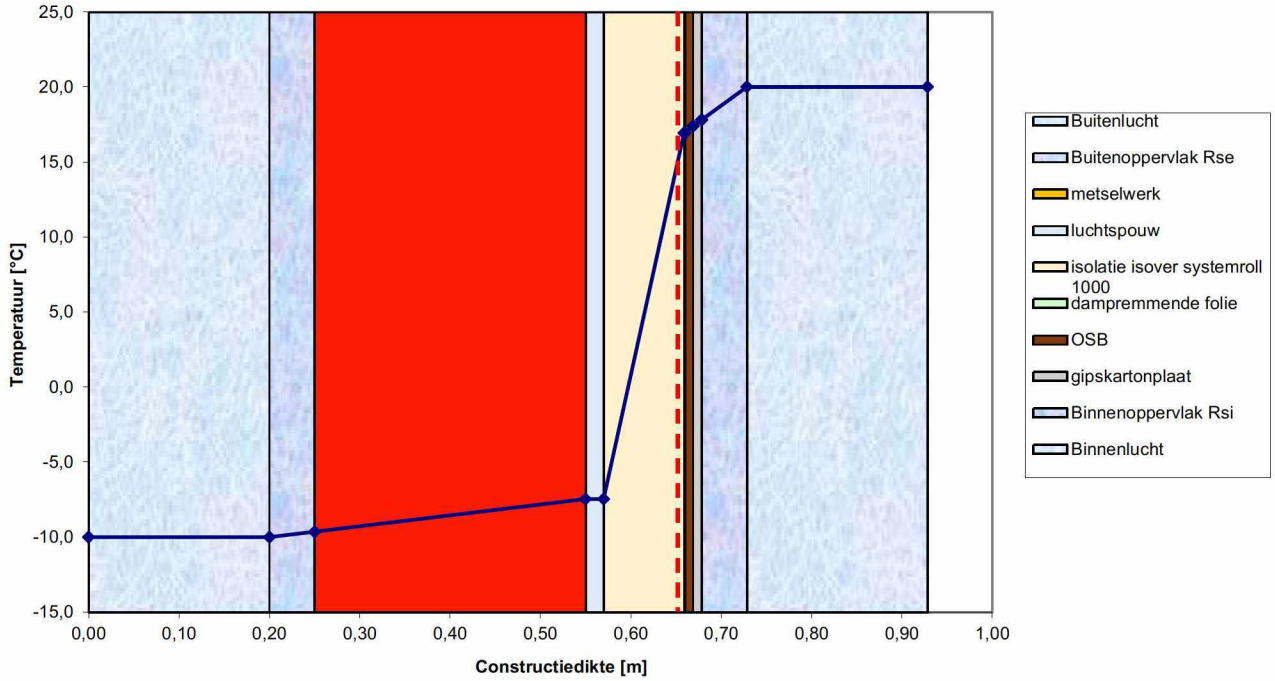
II.Bijlage “Dampspanningsberekening constructie 1”

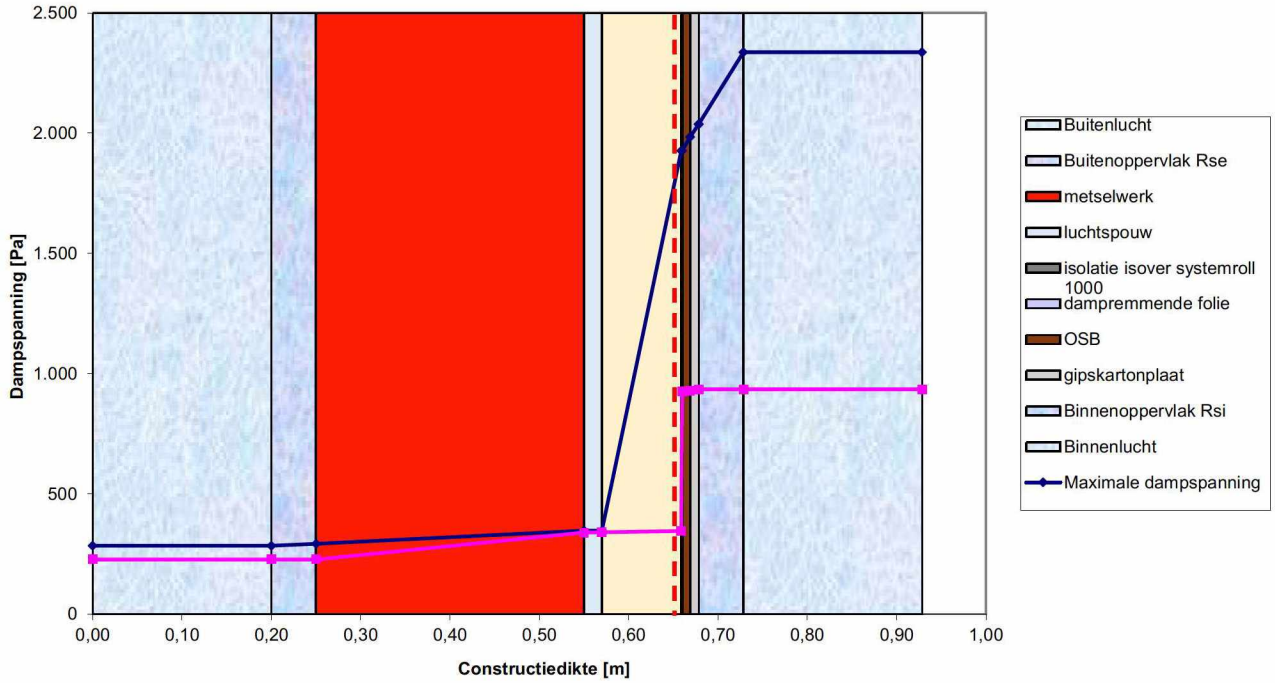
Overzicht bouwkundig pakket: Buitenmuur met voorzetwand

Constructielaag	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	p_{max} [Pa]	μ [-]	μ · d [m]	Δp_w [Pa]	p_w [Pa]	Conclusie
Buitenlucht	0,200				-10,00	284,1				227,3	*geen condensatie*
Buitenoppervlak R_{se}	0,050		0,04	0,35							
					-9,65	292,1				227,3	*geen condensatie*
metselwerk	0,300	1,200	0,25	2,19			9,0	2,7	112,0		
					-7,46	347,0				339,3	*geen condensatie*
luchtspouw	0,020	-	0,00	0,00			1,0	0,0	0,8		
					-7,46	347,0				340,1	*geen condensatie*
isolatie isover systemroll 1000	0,089	0,032	2,78	24,38			1,3	0,1	4,8		
					16,93	1.927,1				344,9	*geen condensatie*
dampremmende folie	0,001	-	0,00	0,00			-	14,0	580,9		
					16,93	1.927,1				925,9	*geen condensatie*
OSB	0,009	0,170	0,05	0,46			10,0	0,1	3,7		
					17,39	1.984,7				929,6	*geen condensatie*
gipskartonplaat	0,010	0,200	0,05	0,42			13,0	0,1	5,1		
					17,81	2.037,6				934,7	*geen condensatie*
Binnenoppervlak R_{si}	0,050		0,25	2,19							
Binnenlucht	0,200				20,00	2.336,8				934,7	*geen condensatie*

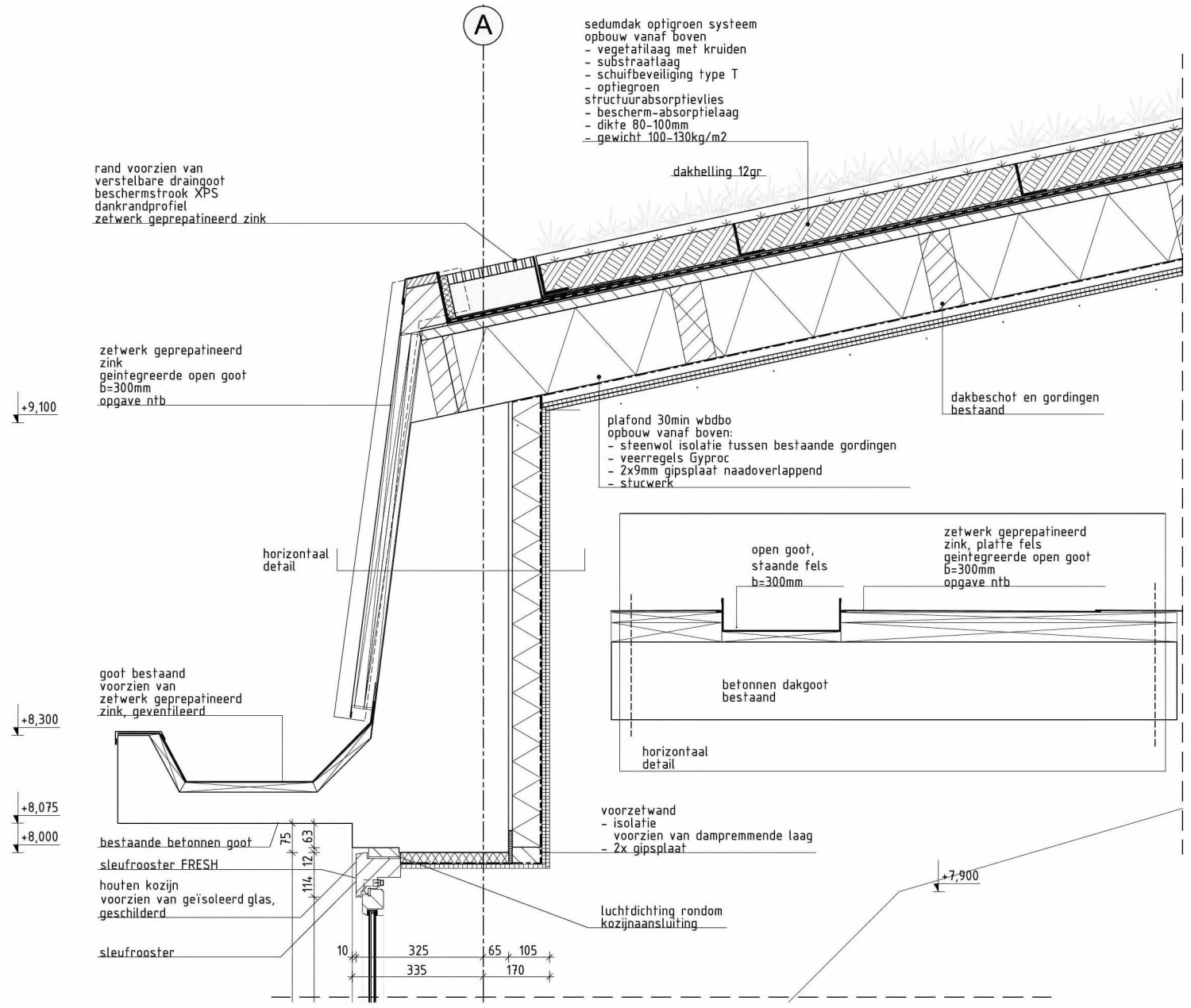
Overige gegevens	
Luchtvochtigheid buiten	80%
Luchtvochtigheid binnen	40%
Temperatuurfactor (f-factor)	0,93
ΔT	30 °C
R_m	3,42 m²·K/W
R_c	3,25 m²·K/W
Σp_w	707,46 Pa
Σμ·d	17,05

Temperatuurverloop in constructie




Dampspanningsverloop in constructie
Dampspanning [Pa]
2.500
2.000
1.500
1.000
500
0
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00
Constructiedikte [m]
Buitenlucht
Buitenoppervlak Rse
metselwerk
luchtspouw
isolatie isover systemroll 1000
dampremmende folie
OSB
gipskartonplaat
Binnenoppervlak Rsi
Binnenlucht
Maximale dampspanning

III.Bijlage “Detail constructie 2”



werknummer
1710

stadium
omgevingsvergunning

onderwerp tekening
inhoud

schaal
1:10

datum
18-06-2020

gewijzigd
21-07-2020

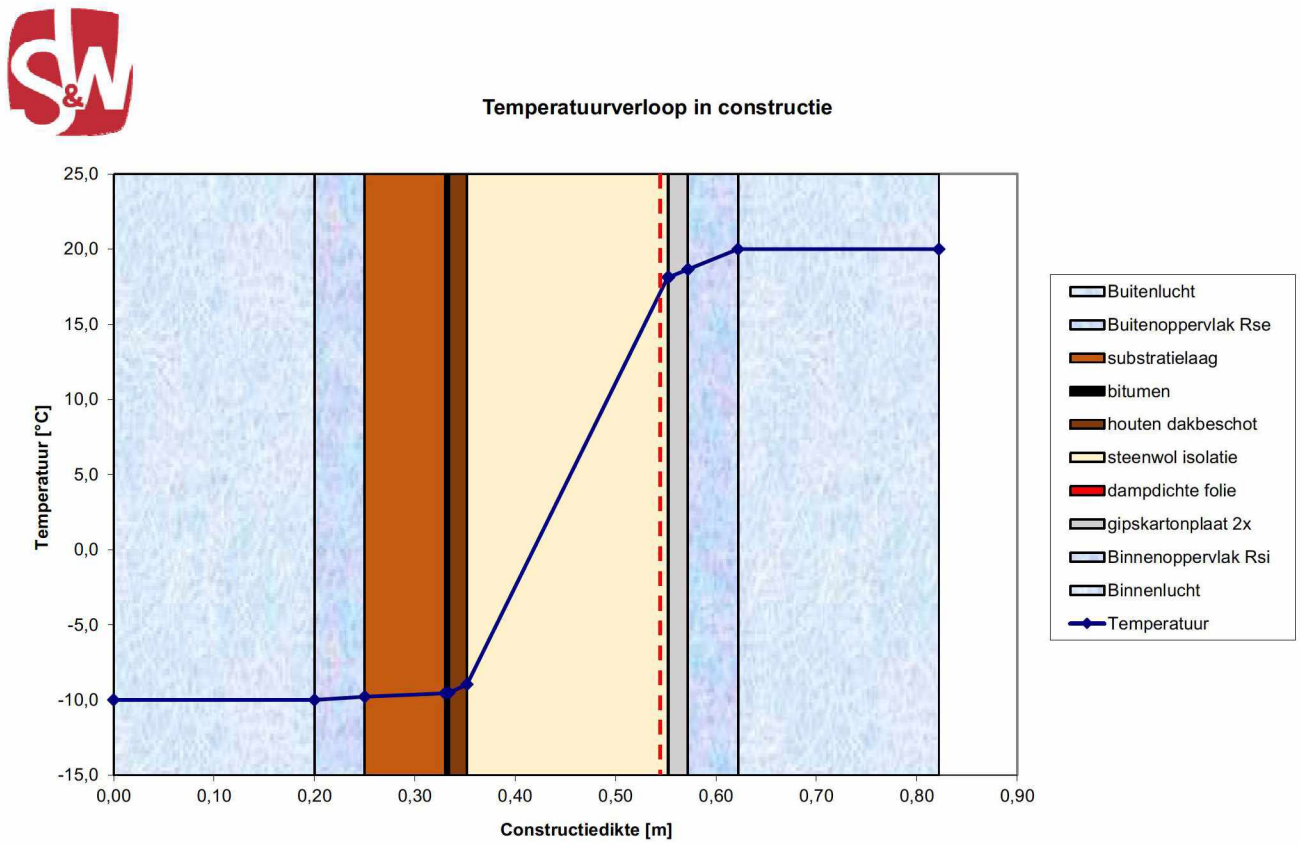
tekeningnummer
3505-00-41

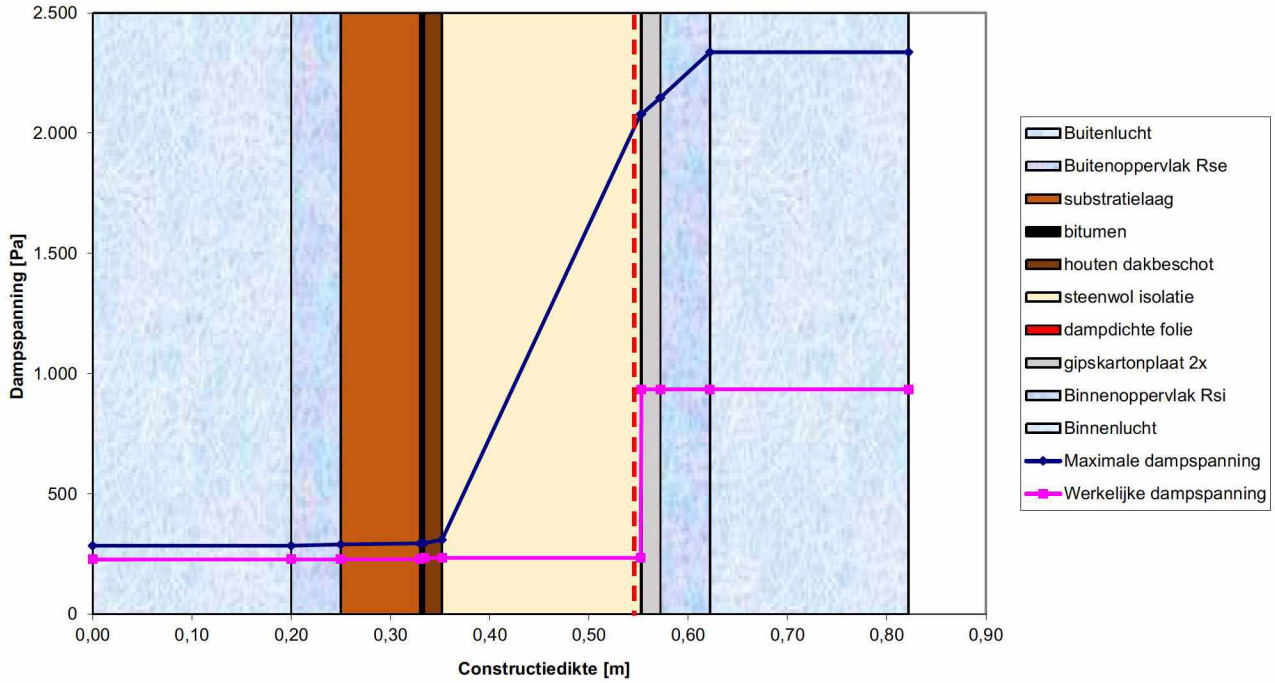
IV.Bijlage “Dampspanningsberekening constructie 2”

Overzicht bouwkundig pakket: Na-isolatie hellend dak

Constructielaag	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	p_{max} [Pa]	μ [-]	μ · d [m]	Δp_w [Pa]	p_w [Pa]	Conclusie
Buitenlucht	0,200				-10,00	284,1				227,3	*geen condensatie*
Buitenoppervlak R_{se}	0,050		0,04	0,22							
					-9,78	289,0				227,3	*geen condensatie*
substratielaag	0,080	2,000	0,04	0,22			9,0	0,7	0,3		
					-9,57	294,0				227,6	*geen condensatie*
bitumen	0,004	0,700	0,01	0,03			3.000,0	12,0	5,6		
					-9,54	294,8				233,2	*geen condensatie*
houten dakbeschot	0,018	0,170	0,11	0,57			10,0	0,2	0,1		
					-8,96	308,4				233,3	*geen condensatie*
steenwol isolatie	0,200	0,040	5,00	27,09			1,3	0,3	0,1		
					18,13	2.079,4				233,4	*geen condensatie*
dampdichte folie	0,001	-	0,00	0,00			-	1.500,0	701,2		
					18,13	2.079,4				934,6	*geen condensatie*
gipskartonplaat 2x	0,019	0,200	0,10	0,51			13,0	0,2	0,1		
					18,65	2.147,7				934,7	*geen condensatie*
Binnenoppervlak R_{si}	0,050		0,25	1,35							
Binnenlucht	0,200				20,00	2.336,8				934,7	*geen condensatie*

Overige gegevens	
Luchtvochtigheid buiten	80%
Luchtvochtigheid binnen	40%
Temperatuurfactor (f-factor)	0,95
ΔT	30 °C
R_m	5,54 m²·K/W
R_c	5,26 m²·K/W
Σp_w	707,46 Pa
Σμ·d	1513,41


Temperatuurverloop in constructie
25,0
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
-5,0
-10,0
-15,0
Temperatuur [°C]
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
Constructiedikte [m]
Buitenlucht
Buitenoppervlak Rse
substratielaag
bitumen
houten dakbeschot
steenwol isolatie
dampdichte folie
gipskartonplaat 2x
Binnenoppervlak Rsi
Binnenlucht
Temperatuur


Dampspanningsverloop in constructie
Dampspanning [Pa]
2.500
2.000
1.500
1.000
500
0
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
Constructiedikte [m]
Buitenlucht
Buitenoppervlak Rse
substratielaag
bitumen
houten dakbeschot
steenwol isolatie
dampdichte folie
gipskartonplaat 2x
Binnenoppervlak Rsi
Binnenlucht
Maximale dampspanning
Werkelijke dampspanning