

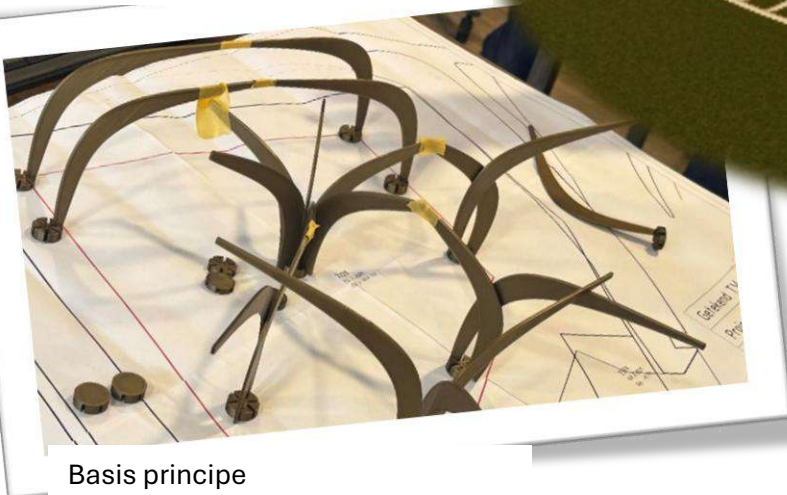
SMART Circulair

Empowering the Future

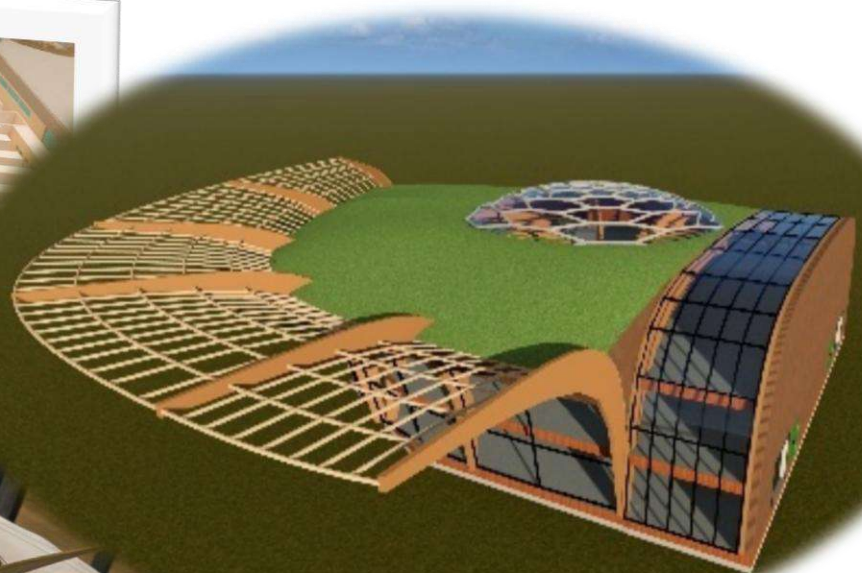
HAALBAAR & OPSCHAALBAAR



Sporthal pelikaan



Basis principe



Datum: 13-05-2025

Colofon

Kandidaten

Naam:	Studentennummer:	Mailadres:
Thomas Voogt	9018520	9018520@student.zadkine.nl
Edwin van Gameren	9019663	9019663@student.zadkine.nl
Luuk Feikema	9019194	9019194@student.zadkine.nl

Commissie

Frank van Noort	Schoolbegeleider
Martijn Sterk	Schoolbegeleider
Jacob Kooistra	Schoolbegeleider
Roy Pellikaan	Pellikaanbouw
Imke Geerts	Pellikaanbouw
Tanja Nolten	SMARTCirculair

Adressen

Techniek College Rotterdam
Jan Lichthartstraat 250
3083 AM, Rotterdam

Pellikaanbouw.BV
Professor Cobbenhagenlaan 35
5037 DB, Tilburg

Inhoudsopgave

Programma van Eisen (PvE) – kantoor Pellikaan	4
Inleiding	4
Ruimtelijke Eisen	4
Technische Eisen	4
Esthetische Eisen	5
Duurzaamheid en Milieu	5
Materiaal	6
Vloer	6
Binnenwanden	6
Gevel	6
Constructie	6
Locatie onderzoek	7
Omgeving	8
Kostenraming	9
Conclusie	11
Op schaalbaar	12
Keurmerken	12
FSC	12
BREEM	12
CO² berekening	13
Constructie berekening	14
Balkberekening	14
Sterkteberekening	16
Doorbuiging	17
Kelderbakberekening	18
1. Algemene gegevens	18
2. Materiaaleigenschappen	18
3. Blijvende belastingen	19
3.1. Eigengewicht constructie	19
3.2. Grondbelasting op wanden	19
3.3. Grondwaterdruk	20
4. Tijdelijke belastingen	21



4.1. Tijdens bouwfase (voor grondaanvulling)	21
4.2. Functie kantoorpand (na bouwfase).....	22
4.3. Bouwverkeer en opslagmateriaal.....	23
5. Constructieve berekening.....	24
5.1. Casus.....	24
5.2. Geometrie en Materiaal.....	24
5.3 Horizontale Gronddruk op Wanden.....	24
5.5 Eigengewicht Keldervloer	25
5.8 Conclusie Constructieve Veiligheid	26
6. Normen en richtlijnen	27
Bouwfysica	28
Gevel berekening	29
Dak berekening.....	32
Begane grondvloer berekening.....	35

Programma van Eisen (PvE) – kantoor Pellikaan

Inleiding

Ons doel is om een circulair kantoorgebouw te ontwerpen met visie op samenkomen, ontspannen en het vieren van successen. Het project moet ook op schaalbaar zijn.

De locatie is gevestigd in Tilburg, Maidstone 1, 5026 SK Tilburg. Het is een perceel van 1954m² met een bouwvlak van 1033m². Het perceel mag maximaal 70% bebouwd worden met een maximale bouwhoogte van 12m.

Belangrijke stakeholders

- Pellikaan
- SMART circulair
- Techniek College Rotterdam

Ruimtelijke Eisen

- Kantoor ruimtes
- Vergaderruimtes
- Werkplaats
- Magazijn
- Horeca (bedrijfs cafe)
- parkeergelegenheden

Oppervlakte per ruimte is onbekend

De ruimtes moeten flexibel.

Kantoor ruimtes aan kant van de drukke weg

Technische Eisen

- Het ontwerp moet zichtbaar hergebruikte materialen bevatten en energie neutraal/leverend zijn
- Klimaat positief
- De hergebruikte spanten van de donor gebouwen moet herkenbaar zijn
- Moet duurzame materialen bevatten.
- Demonteerbaar zijn (met oog op de toekomst)
- Laadt mogelijkheden elektrische auto's/fietsen

Esthetische Eisen

Het ontwerp moet natuur inclusief zijn. Denk hierbij aan groene daken en nestvoorzieningen. Er wordt veel gebruikt gemaakt van natuurlijke materialen en een groen/blauwe inrichting.

In het landschap is de vraag om zo veel mogelijk bestaand groen intact te houden en te betrekken bij het ontwerp.

- Groene daken en gevels worden geïntegreerd om biodiversiteit te bevorderen en waterbuffering te verbeteren.

Inspiratie en Ontwerpvisie

- Het ontwerp is geïnspireerd door de natuur en enkele toonaangevende natuurvriendelijke kantoorgebouwen zoals het Triodos kantoor in Zeist
- De architectuur draagt bij aan een gezonde, natuurlijke werkomgeving met veel groen en een sterke verbinding met het omliggende landschap.

Duurzaamheid en Milieu

Het ontwerp moet op zichzelf staan als het gaat over energie. Het gebouw moet energie neutraal of leverend zijn. Daarnaast moet het ontwerp milieu- en diervriendelijk zijn, dit wordt gedaan door hergebruik van materialen en het gebruik van duurzame en natuurlijke materialen.

Waterbeheer

- Het moet een waterberging hebben van minimaal 80mm/uur, met extra aandacht voor piekbuien.
- Tijdens hitte bied het gebouw een gezonde leefomgeving
- Minimaal 50% zoetwater besparing
- Hergebruik van regen en grijs water.

Groenvoorziening

- Parkeren moet groen worden uitgevoerd (denk aan hagen of bomendek)
- Verbeterde beleving van het achterliggende water
- Zoveel mogelijk bestaand groen behouden

Materiaal

Er wordt zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de materialen die geoogst worden uit het donor pand. Waaronder:

- houten spanten - houten vloer
- bakstenen muren (brokken)
- straatstenen (Gebroken)

Ook gaan we nieuwe duurzame materialen gebruiken.

Het moet demonteerbaar en herbruikbaar zijn

Vloer

- Solar walkway
- Diverse hout soorten zo als - Clt/lvl
- Vloer afwerking – kurk, bamboe, hout
- Vloer uit het donor pand

Binnenwanden

- Lemix
- Afwerken leemstuk

Gevel

- Hennep – isolatie
- Koud gebakken bakstenen

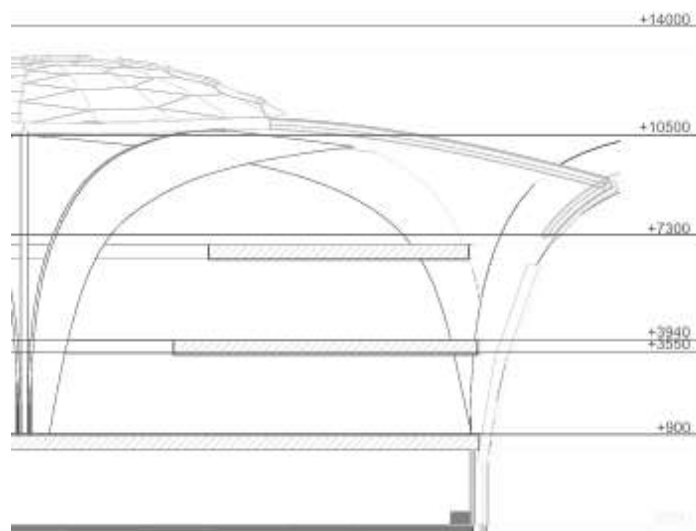
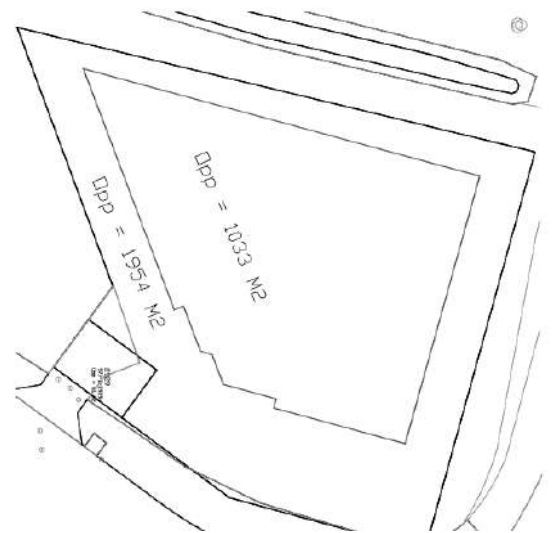
Constructie

- CLT
- Houten gelamineerde-spanten (uit sporthallen)

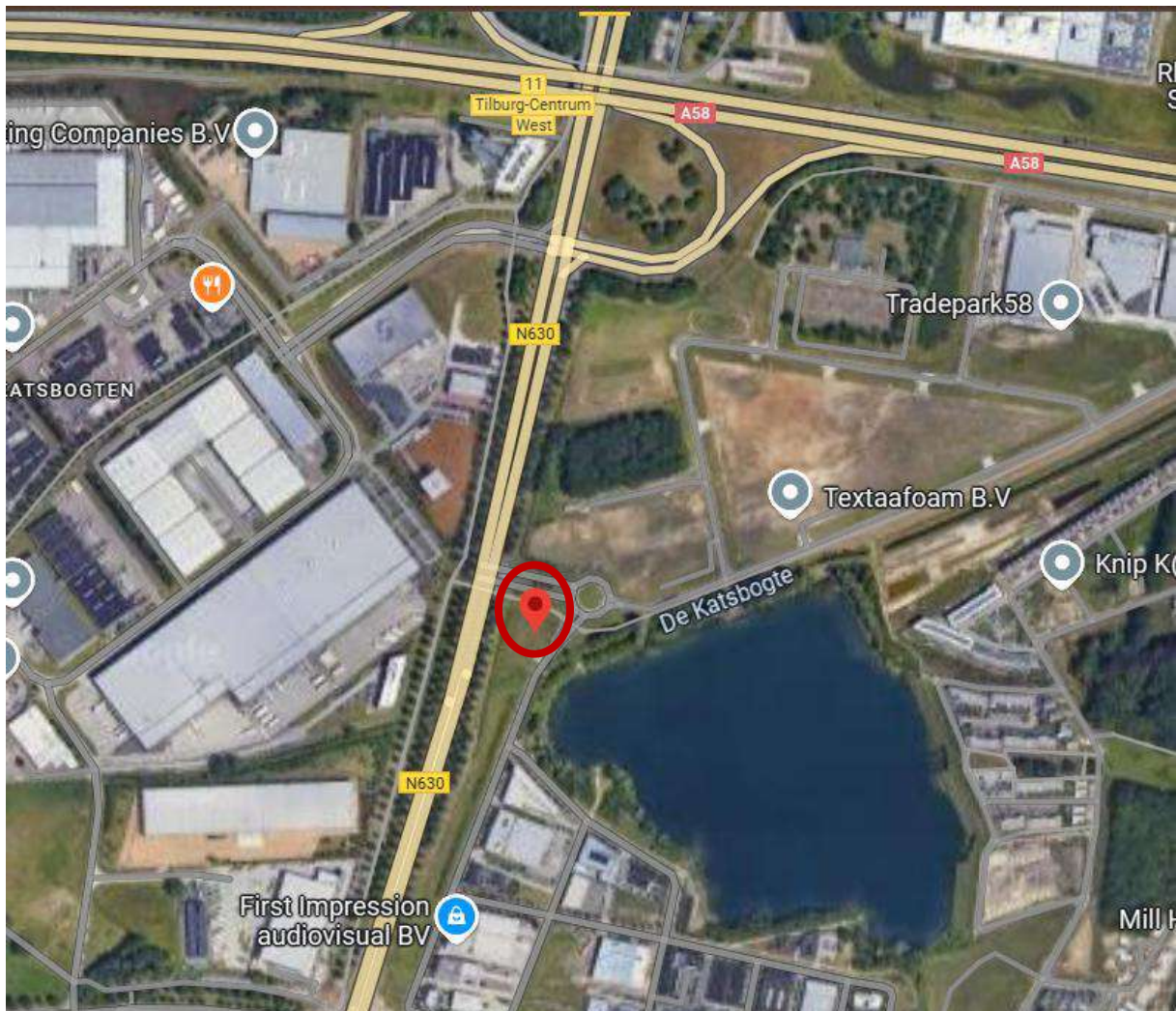
Locatie onderzoek

Perceel

- Oppervlakte perceel: 1954m²
- Oppervlakte bouwvlak: 1033m²
- Maximum bebouwingspercentage: 50-70%
- Max bouwhoogte: 12m
- Max hoogte erf afscheiding: 2m
- 100% van het bouwvlak mag gebruikt worden voor ondergrondse bouwwerken
- 40% van het erf mag gebruikt worden voor ondergrondse bouwwerken
- Onbebouwd erf mag niet worden gebruikt voor ondergrondse bouwwerken
- De locatie bevindt zich buiten de boring vrije zone
- De locatie bevindt zich boven het nationale grondwater reserves

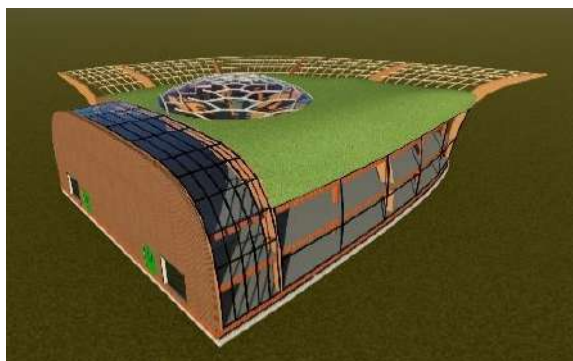


Omgeving



- In de omgeving ligt een grote waterplas genaamd de Surfplas, hier mogen wij niks mee doen.
- Om de Surfplas heen ligt een strook groen waar wij ook niks mee mogen doen.
- autoweg N630 naast ons perceel. Het kantoor gedeelte van het ontwerp moet gesitueerd zijn aan deze autoweg.
- Snelweg A58 ligt in verbinding met N360
- Het industrieterrein ligt aan de andere kant van de N360

Kostenraming



Via bouwkostencompas is gekeken naar een vergelijkbaar kantoor project de Kantoor Villa, van daaruit hebben wij een schatting gemaakt wat het gebouw zou kosten.

Voor de kostenraming hebben we verschillende delen van het gebouw uitgewerkt. de staart kosten zoals BTW, ABK en AK zijn hierin meegenomen.

Kantoorvilla

Kleinschalig kantoor van enkele (hoge) verdiepingen, hoogwaardige materiaalkeuzes, grote glasopeningen. Luchtbehandeling met beperkte koeling. Gasloos met individuele warmtepomp. Intern trappenhuis bij entree. Tot 2.000 m² BVO.



Bouwkosten	basis	laag	hoog
Bouwkosten / BVO	€ 2.140,-	€ 1.930,-	€ 2.789,-

De schatting hebben we gemaakt door BVO te bepalen en dit keer de kosten van bouwkostencompas te doen. in dit geval hebben wij gekozen voor een laag afwerkniveau.
 $BVO = 924 + 834 + 759 = 2442 \text{ m}^2 \times 1.930 = 4.713.060$





	ond	eenheid	eenheid	norm	arb tot	prijs per	tot prijs
wandopbouw	CLT wand	1437,96	m2	0,15	215,694	€ 600,00	€ 862.776,00
	vlas isolatie	1437,96	m2	0,10	143,796	€ 48,00	€ 69.022,08
	bio composiet gevelbekleding	1437,96	m2	0,10	143,796	€ 48,60	€ 69.884,86
	diverse folie's in de gevel	1437,96	m2	0,05	71,898	€ 5,00	€ 7.189,80
	toeslag folie niet in gevel	1	sp	0,00	0	€ 6.000,00	€ 6.000,00
	cls	2100	m1	0,35	735	€ 2,50	€ 5.250,00
	beugels	2100	m1	0,25	525	€ 2,00	€ 4.200,00
dakopbouw	multiplex	13500	m2	0,15	2025	€ 25,00	€ 337.500,00
	isolatie	13500	m2	0,15	2025	€ 48,00	€ 648.000,00
	mosedum	13500	m2	0,15	2025	€ 60,00	€ 810.000,00
	stelpost brandwerende voorzieningen	1	sp	0,00	0	€ 90.000,00	€ 90.000,00
	rollenkruiswerk	1	sp	0,00	0	€ 30.000,00	€ 30.000,00
	epdm	13500	m2	0,25	3375	€ 30,00	€ 405.000,00
kelderbak	kelderbak vloer	264,6	m3	0,25	66,15	€ 300,00	€ 79.380,00
	kelderbak wand	35,94	m3	0,25	8,985	€ 300,00	€ 10.782,00
vloer	Clt vloeren	2646	m2	0,25	661,5	€ 600,00	€ 1.587.600,00
installatie	stelpost installatie	1	sp	0,00	0	€ 1.500.000,00	€ 1.500.000,00
	lichte schijdingswand	800	m2	0,15	120	€ 25,00	€ 20.000,00
	kolom+ poeren	85	m3	0,25	21,25	€ 300,00	€ 25.500,00
	vlies gevel	700	m2	0,30	210	€ 500,00	€ 350.000,00
	ragels	4900	m2	0,30	1470	€ 0,07	€ 343,00
	stelpost kozijn	30	st	0,00	0	€ 750,00	€ 22.500,00
	stelpost grondwerk	1	sp	0,00	0	€ 250.000,00	€ 250.000,00
	stelpost vaste inrichting	1	sp	0,00	0	€ 65.000,00	€ 65.000,00
	stelpost groen blauw ,	1	sp	0,00	0	€ 150.000,00	€ 150.000,00
	stelpost klein materiaal	1	sp	0,00	0	€ 60.000,00	€ 60.000,00

kostenraming
TV
14-5-2025

13843,07

€ 7.465.927,74

arbeid totaal	13843,069
uurloon	€ 55,00
kosten uurloon	€ 761.368,80

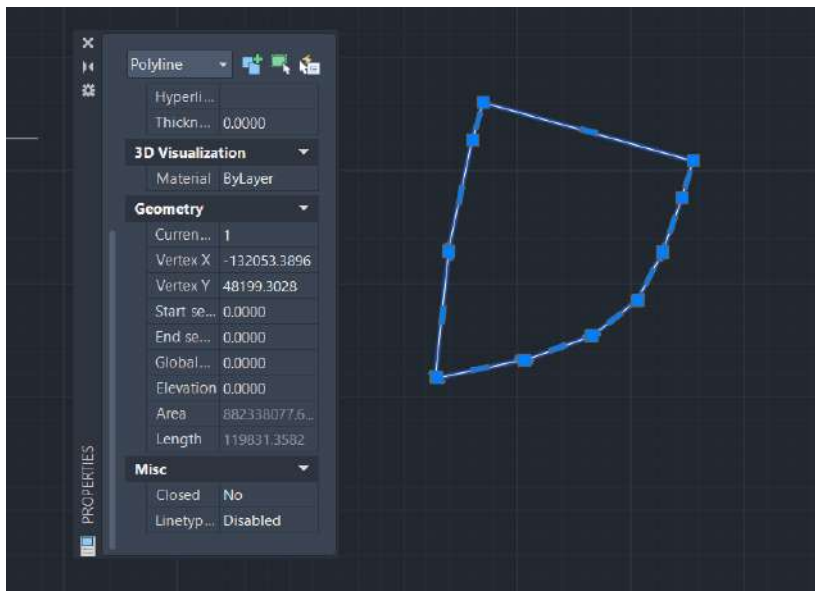
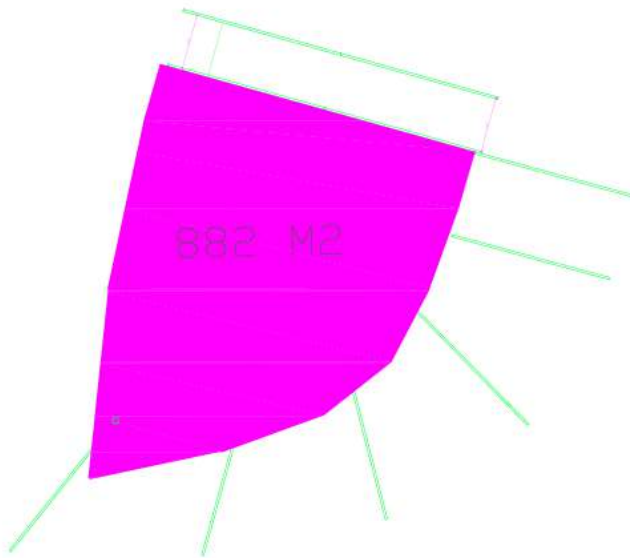
directe kosten	€ 7.465.927,74
----------------	----------------

ABK	20%
AK	7%
W&R	5%
CAR	0,35%
tot ex btw	€ 10.642.524,15
BTW	21,00%

€ 1.493.185,55
€ 522.614,94
€ 373.296,39
€ 26.130,75
€ 2.234.930,07

totaal	€ 12.877.454,23
--------	-----------------

ik heb als voorbeeld de kelderbak gepakt. Hiervan heb ik eerst het oppervlakte van de vloer en de dikte bepaald. $\text{Opp} = 882 \times 0.30 = 264.6 \text{ m}^3$ Hierna ben ik verdergegaan met het uitrekenen van de wanden. Dit heb ik gedaan door de omtrek van de kelderwand in autocad te tekenen en hier de lengte van te pakken deze lengte heb ik keer de hoogte en de dikte gedaan. $= 119.8 \text{ m} \times 2 \times 0.15 = 35.94 \text{ m}^3$.

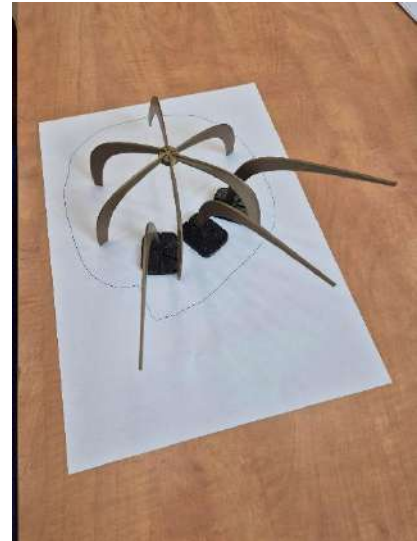


Conclusie

Het gebouw is duurder uitgekomen dan verwacht. Dit komt omdat veel duurzame producten duurder zijn dan traditionele bouw producten.

Op schaalbaar

Ook hebben wij gekeken naar hoe opschaalbaar dit project is. Hieruit is gebleken dat met ons ontwerp meerdere ontwerpen gemaakt kunnen worden. Dit is mogelijk omdat het plaatsen van de spanten flexibel is. Hierdoor maakt het niet uit hoe groot het bouwvlak is. Wat ons project ook op schaalbaar maakt is dat we zoveel mogelijk materialen 6 van het donor gebouw gebruiken. Zo hergebruiken we de spanten in de hoofdconstructie en gebruiken we de bakstenen gevel van het donor gebouw voor de scheidingswanden binnen in het gebouw. Hierdoor kunnen we zo goed als alle sporthallen gebruiken die het bedrijf gebouwd heeft en hier een mooi nieuw project van maken.



Voorbeeld op ander kavel

Keurmerken

We hebben naar duurzame keurmerken gekeken. Omdat wij het belangrijk vinden om duurzaam te kunnen bouwen met duurzame materialen. Dit zijn de keurmerken die wij het belangrijks vonden.

FSC

Het FSC-keurmerk garandeert een verantwoorde herkomst uit duurzaam beheerde bossen en/of recyclage. Dit keurmerk willen we gebruiken op al het houtmateriaal van het project.



BREEM

BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) is wereldwijd de leidende methode voor het beoordelen van de duurzaamheid van projecten in de gebouwde omgeving.



CO² berekening

Om te kijken of het pand klimaat positief hebben wij een CO² berekening gemaakt. De uitkomst van deze berekening geeft aan hoeveel ton CO² het pand opslaat. Voor de berekening hebben we gebruik gemaakt van de materialen piramide. Die te vinden is op de website van smartcirculair.

ond	hoeveel	eendheid	co2 per	co2 tot
clt wand	1437,96	m2	102	146671,9
clt vloeren	2646	m2	102	269892
vlas iso	1437,96	m2	9,8	14092,01
sedum	13500	m2	1,2	16200
multiplex	13500	m2	11,7	157950
vlas iso	13500	m2	9,8	132300
bio compociet	1437,96	m2	20	28759,2
spand	408,6	m2	68	27784,8
kelder wand	1437,96	m2	5	7189,8
kelder vloer	832	m2	5	4160
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				804999,7

co2 berekening
TV

14-5-2025

ton	1000	805
-----	------	-----

co2 =	804,9997 ton
-------	--------------

material	group	impact / m3	volume [m3]	area [m2]	thickness [mm]	result
1  Glulam and cross-laminated-timber CLT	trae	-664.0 kg CO2eq/m3	215,69 m3	1437,96 m2	150 mm	-143.220,8 kg CO ₂ eq
						-143.220,8 kg CO ₂ eq

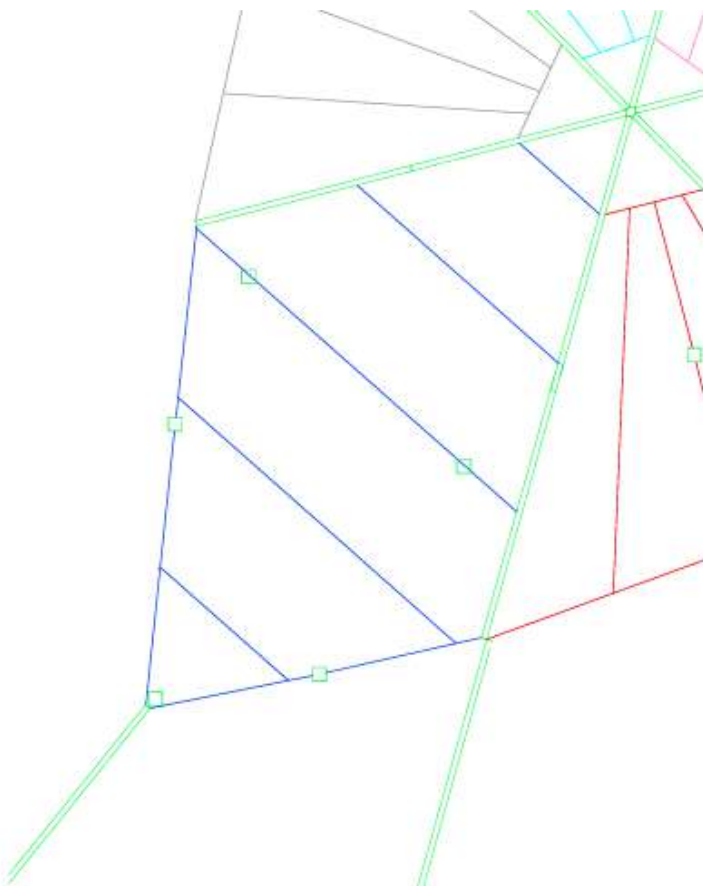
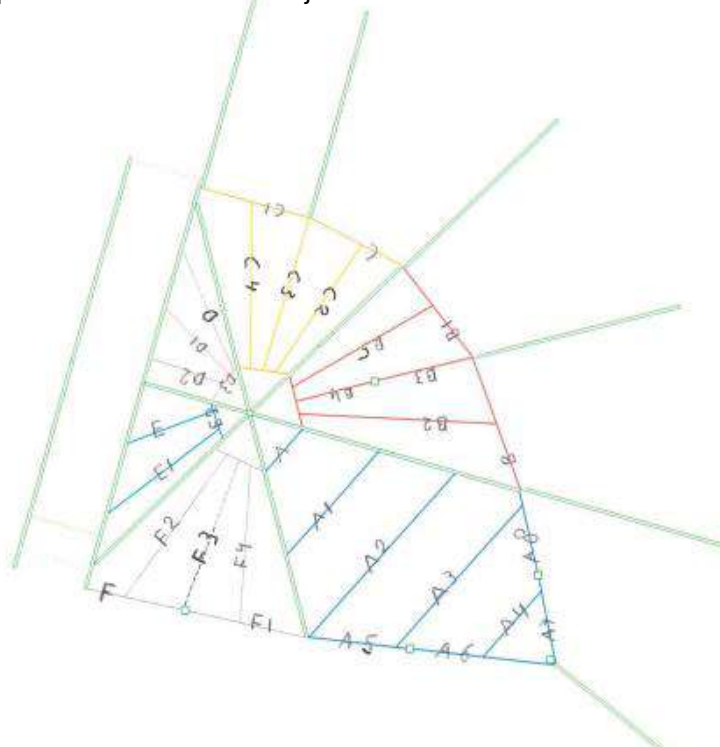


Constructie berekening

Ook hebben we verschillende berekeningen gemaakt van de constructie. Dit hebben we gedaan om te peilen of het gebouw naar verwachting zou blijven staan.

Balkberekening

We hebben een berekening gemaakt van de balkconstructie. Hieruit blijkt hoe hoog en dik de balk moet zijn. Eerst hebben we een simpele berekening gemaakt als referentie. Hierna hebben wij een balk precies berekend. Hierbij hebben we balk A2 als voorbeeld gebruikt.





balkhoogte berekening
Thomas
14-5-2025

ond	overspanning		H		b
A	3850	20	192,5	6	32,08
A1	9677	20	483,85	6	80,64
A2	6809	20	340,45	6	56,74
A3	15390	20	769,5	6	128,25
A4	13360	20	668	6	111,33
A5	6153	20	307,65	6	51,28
A6	6907	20	345,35	6	57,56
A7	9899	20	494,95	6	82,49
A8	5737	20	286,85	6	47,81

B	6999	20	349,95	6	58,33
B1	7733	20	386,65	6	64,44
B2	13863	20	693,15	6	115,53
B3	6849	20	342,45	6	57,08
B4	5427	20	271,35	6	45,23
B5	11422	20	571,1	6	95,18
B6	3647	20	182,35	6	30,39

C	7104	20	355,2	6	59,20
C1	7669	20	383,45	6	63,91
C2	10859	20	542,95	6	90,49
C3	11254	20	562,7	6	93,78
C4	11700	20	585	6	97,50
C5	3420	20	171	6	28,50

D	9220	20	461	6	76,83
D1	6534	20	326,7	6	54,45
D2	5369	20	268,45	6	44,74
D3	2957	20	147,85	6	24,64

E	6435	20	321,75	6	53,63
E1	9775	20	488,75	6	81,46
E2	2528	20	126,4	6	21,07

F	6788	20	339,4	6	56,57
F1	8401	20	420,05	6	70,01
F2	12357	20	617,85	6	102,98
F3	10985	20	549,25	6	91,54
F4	11057	20	552,85	6	92,14
F5	3697	20	184,85	6	30,81

Sterkteberekening

Balk A2 is hier berekend

In de berekening is te zien dat er 2
klommen zijn toegepast dit is gedaan
zodat we beter uitkomen met de balk

Gelamineerde ligger 300x1500

Sterkteklasse gl50

$F_{mid} = 50 / 1.25 * 0.75 = 30 \text{ kn}$

$p_b = 15 * 5 = 75$

$v_b = 5 * 1 = 5$

$q = 75 + 5 = 80$

$15,5 * 80 = 1240 \text{ Kn}$

$F_{ra} = F_{rb} = 1240 / 2 = 620$

$M_1 = 1,5 * 80 * 1/2 * 1,5 = 216 \text{ Kn}$

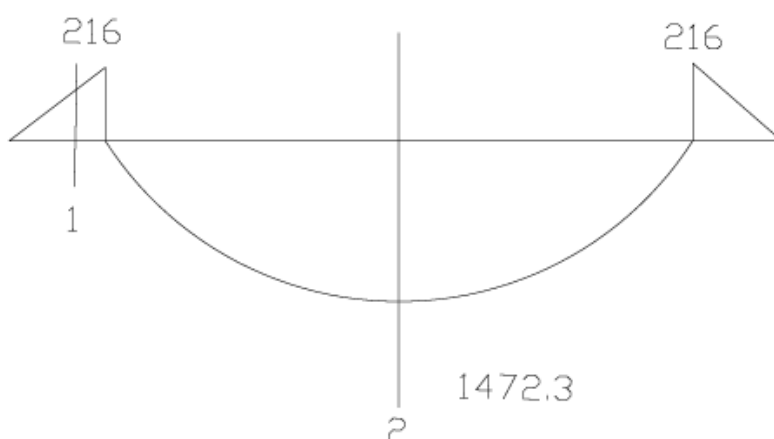
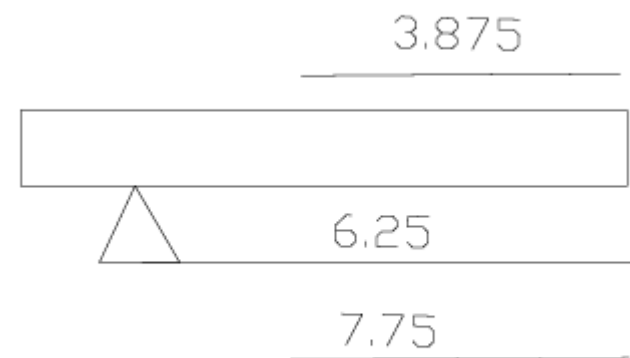
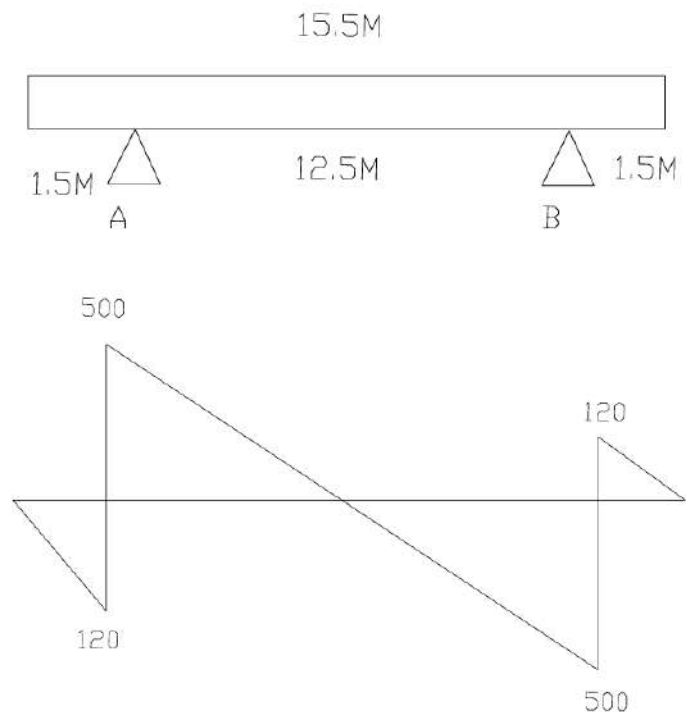
$7,35 * 80 = 620$

$\text{momend} 6,25 * 620 - 3,875 * 620 = 1472,5 \text{ Kn}$

$1472,5 * 10^6 / 56250 * 10^3 = 26$

$W_y = 1/6 * 300 * 1500^2 = 56250 * 10^3$

26 is kleiner dan 30 dus akkoord.



Doorbuiging

$$Y_c = 0,004 \cdot 15000 = 60$$

$$Y_c = 5 \cdot q \cdot l^4 / 384 \cdot E \cdot i$$

$$E = 1/12 \cdot 300 \cdot 1500^3 = 8,4375 \cdot 10^{10}$$

$$y_c = 5 \cdot 80 \cdot 12500^4 / 384 \cdot 9000 \cdot 8,4375 \cdot 10^{10}$$

$$Y_c = 9,7656 \cdot 10^{18} / 2,916 \cdot 10^{17}$$

$$Y_c = 97,65 / 2,916 = 33,48$$

33.48 is kleiner dan 60 dus akkoord.

Kelderbakberekening

1. Algemene gegevens

- **Afmetingen kelderbak:** Zie DO
- **Diepteligging:** Diepste punt -2800 mm onder maaiveld
- **Grondsoort:** Zand & leem
- **Grondwaterstand:** Gemiddeld 4,82 m onder NAP

2. Materiaaleigenschappen

- **Geopolymeer beton:**

Parameter	Standaardwaarde	Eenheid	Toelichting
Dichtheid (ρ)	2350	Kg/m ³	Vergelijkbaar met traditioneel beton
Druksterkte ($f'c$)	50	MPa	Typische waarde voor constructieve kwaliteit
Elasticiteitsmodulus (E)	28.000	MPa	Iets lager dan bij OPC-beton met vergelijkbare sterkte

- **Grondparameters:**

Parameter	Zand (matig verdicht)	Leem (gemiddeld, nat)
γ grond droog (kN/m³)	17	16
γ grond nat (kN/m³)	19	18
Cohesie c (kPa)	0	15 – 25
Wrijvingshoek ϕ (°)	30° – 34° (typisch: 32°)	20° – 28° (typisch: 24°)
γ water (kN/m³)	9,81	9,81

Hoogste waarde worden gehanteerd (M.u.v. typisch)

3. Blijvende belastingen

3.1. Eigengewicht constructie

Onderdeel	Materiaal	Dikte (m)	Dichtheid (kg/m ³)	G (kN/m ²)
Vloer	CLT	0,94	500	4,61 kN/m ²
	Geopolymeer beton	0,40	2350	9,22 kN/m ²
Wanden	CLT	0,15	500	0,74 kN/m ²
	Geopolymeer beton	0,15	2350	3,46 kN/m ²
Dakconstructie	X	X	X	15 kN/m ²

Formule:

$$G = \text{volume} * \rho * g$$

of

$$G = \text{dikte} * \rho * 9,81 / 1000 \rightarrow \text{resultaat in kN/m}^2$$

ρ = dichtheid van het materiaal in kg/m³

Dikte = materiaaldikte in meter

9,81 = zwaartekrachtversnelling in m/s²

/1000 = omrekening van kg naar kN

3.2. Grondbelasting op wanden

Grondsoort	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	K_a	K_p	σ_a (2 m diep)	σ_p (2 m diep)
Zand	19	32	0,33	3,0	12,5 kN/m ²	114 kN/m ²
Leem	18	24	0,42	2,6	15,1 kN/m ²	93,6 kN/m ²

Formule:

$$\sigma_h = K_a * \gamma_{\text{grond}} * z$$

σ_h = horizontale gronddruk in kN/m²

$K = K_a$ (actief) of K_p (passief) gronddrukcoëfficiënt

γ_{grond} = volumieke massa van de grond (in kN/m³)

Z = diepte onder maaiveld in m → hier 2,8 m

3.3. Grondwaterdruk

Gegevens:

- Grondwaterpeil (GWP): 4,82 m onder NAP
- Onderkant keldervloer: 2,80 m onder NAP
- $\gamma_{\text{water}} = 9,81 \text{ kN/m}^3$

Parameter	Formule	Resultaat
Waterdruk	$\sigma = \gamma \cdot z$	$-19,82 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ geen druk
Opwaartse kracht	$F = \gamma \cdot z \cdot A$	0,0 kN
Voorwaarde stabiliteit	G tot > F uplift	Voldoende

Worst-case scenario – Opwaartse drukkerekening

Gegevens:

- Grondwaterpeil (worst-case): 0,00 m NAP
- Onderkant vloer: 2,80 m onder NAP
- $\gamma_{\text{water}}: 9,81 \text{ kN/m}^3$

Parameter	Waarde
Vloeroppervlakte	924 m^2
Vloerdikte	0,40 m
Grondwaterdruk	$27,5 \text{ kN/m}^2$
Totale uplift	25.410 kN
Gewicht vloer (geopolymeer beton)	8.340 kN
Extra nodig	17.070 kN
Risico op opdrijving	Ja (hoog)

4. Tijdelijke belastingen

4.1. Tijdens bouwfase (voor grondaanvulling)

- Zonder grondaanvulling moeten de kelderwanden tijdelijk **zelfstandig de gronddruk opnemen**.
- Indien de wanden niet voldoende stijf zijn → tijdelijke stempels of stutconstructies nodig.

Belangrijke parameters:

- **Diepte bouwput (z):** bijv. 2,8 m
- **Grondsoort:** zand of leem (zie eerder ingevoerde parameters)
- **Actieve gronddrukcoëfficiënt (Ka):**
 - Zand: ~0,33
 - Leem: ~0,42

Formule:

$$\sigma_h = K_a \cdot \gamma_{\text{grond}} \cdot z$$

$$\sigma_h = 0,33 \cdot 18 \cdot 2,8 = 16,6 \text{ kN/m}^2$$

Deze kracht werkt **horizontaal** tegen de wand en moet via wapening of tijdelijke ondersteuning opgevangen worden.

Grondwaterdruk tijdens uitgraving:

Als de bouwput is uitgegraven en **het grondwater is niet weggepompt**, werkt dit als een **opwaartse kracht** op de keldervloer.

Formule:

$$\sigma_{\text{water}} = \gamma_{\text{water}} \cdot z$$

$$\sigma_{\text{water}} = 9,81 \cdot 2,8 = 27,5 \text{ kN/m}^2$$

Deze druk werkt omhoog en moet **tijdens de bouw gefixeerd** worden met bijvoorbeeld:

- Heipalen/ankers
- Zwaar bouwmaterieel
- Stempelconstructies

4.2. Functie kantoorpand (na bouwfase)

Uitgangspunten:

Parameter	Waarde
Functie gebouw	Kantoorpand
Vloeroppervlakte	924 m ²
Vloerdikte	0,40 m
Grondsoort	Zand en leem ($\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$)
Beton	Geopolymeer beton, $\rho = 24 \text{ kN/m}^3$
Betonklasse	C30/37 of vergelijkbaar geopolymeer
E-modulus beton	30.000 MPa
Wapeningstype	Staalnet B232A (Ø8 mm @150 mm)
A_s (effectieve)	402 mm ² /m

Belastingen conform NEN-EN 1991-1-1

Permanente belasting (G)

Eigengewicht vloer:

$$G = \gamma_{\text{beton}} \cdot h = 24 \cdot 0,40 = 9,6 \text{ kN/m}^2$$

Variabele belasting (Q) – kantoorfunctie

Categorie B (kantoorruimte):

$$Q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

Vloerbelasting – Toetsing op doorbuiging en moment

Totaal karakteristieke belasting:

$$Q_k = G + Q_k = 9,6 + 3,0 = 12,6 \text{ kN/m}^2$$

Ontwerplast (ULS):

$$q_d = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q = 1,35 \cdot 9,6 + 1,5 \cdot 3,0 = 17,46 \text{ kN/m}^2$$

Momentberekening (enkelvoudige overspanning 4 m)

Maximaal buigend moment (volledige belasting, continue oplegging):

$$M_{ed} = q_d \cdot L^2 / 8 = 17,46 \cdot 4^2 / 8 = 34,92 \text{ kNm/m} < 63,4$$

Capaciteit van B232A is toereikend

Aanbevolen bij standaard kantoorbelasting en standaard netwapening

Momentcapaciteit vloer (met netwapening)

Wapening:

$$A_s = 402 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$z = 0,9 \cdot 0,35 = 0,315 \text{ m}$$

$$F_{yd} = 500 \text{ MPa}$$

Formule:

$$M_{rd} = A_s \cdot F_{yd} \cdot z$$

$$0,000402 \cdot 500 \cdot 0,315 = 63,4 \text{ kNm/m}$$

Conclusie – tijdelijke belasting na bouwfase

Aspect	Resultaat
Karakteristieke belasting (G+Q)	12,6 kN/m ²
Ontwerplast (ULS)	17,46 kN/m ²
Moment (bij 4 m overspanning)	34,92 kNm/m
Capaciteit net B232A (8/150)	63,4 kNm/m voldoende voor 4 m

4.3. Bouwverkeer en opslagmateriaal

- Gelijkmatig verdeelde belasting (GVL):

Normaal aangenomen tussen 2,5 en 5,0 kN/m² voor opslag en lichte machines

- Puntlasten (bijv. vrachtwagenbanden, kraanstelpunten):

Typisch 50–100 kN per wielstel of meer

Moet via tijdelijke vloer of rijplaten verdeeld worden

- Controle op lokale vloersterkte + vervorming (doorbuiging) is vereist
- Overbelasting kan kelderdeksel of vloerplaat laten vervormen tijdens bouwfase

Onderdeel	Belasting	Opmerking
Actieve gronddruk (z = 2,8 m)	~16,6 kN/m ² (zand)	Horizontale belasting op wand
Grondwaterdruk onder vloer	27,5 kN/m ²	Opwaartse druk tijdens uitgraving
GVL opslag/bouwverkeer	2,5 – 5,0 kN/m ²	Op vloer en/of dek
Puntlasten (wielen/kraan)	50 – 150 kN	Lokaal controleren op doorbuiging/scheurvorming

5. Constructieve berekening

5.1. Casus

Deze berekening betreft een kelderbak van geopolymeer beton, gelegen aan Maidstone 1 te Tilburg. De kelder heeft een vloeroppervlak van **924 m²** en een vloerdikte van **0,40 m**. De onderzijde van de kelder bevindt zich op **2,8 m onder NAP**, terwijl het grondwaterpeil zich op **4,82 m onder NAP** bevindt. Er is dus **geen opwaartse grondwaterdruk**, aangezien de keldervloer boven het niveau ligt.

5.2. Geometrie en Materiaal

Eigenschap	Symbol	Waarde
Vloeroppervlakte	A	924 m ²
Vloerdikte	H vloer	0,40 m
Onderkant keldervloer	Z kelder	-2,8 m NAP
Grondwaterpeil	Z gw	-4,82 m NAP
Grondsoort	-	Zand
Grondgewicht	γ grond	18 kN/m ³
Actieve gronddrukcoëfficiënt	K _a	0,33
Betongewicht (geopolymeer)	γ beton	24 kN/m ³
Elasticiteitsmodulus beton	E	30.000 MPa
Soortelijk gewicht water	γ w	9,81 kN/m ³

5.3 Horizontale Gronddruk op Wanden

$$\sigma_h = K_a \times \gamma_{grond} \times z = 0,33 \times 18 \times 2,8 = 16,63 \text{ kN/m}^2$$

Gronddruk over wandhoogte (lineair):

$$Q = 12 \cdot \sigma_h \cdot h = 12 \cdot 16,63 \cdot 2,8 = 23,28 \text{ kN/m}$$

Maximaal moment bij ingeklemde wand (driehoekbelasting):

$$M_{max} = w \cdot h^2 / 6 = 16,63 \cdot 2,8^2 / 6 = 21,73 \text{ kNm/m}$$

Dwarskracht aan wandvoet:

$$V = w \cdot h = 16,63 \cdot 2,8 = 46,56 \text{ kN/m}$$

5.4 Grondwaterdruk en Opwaartse Kracht

Grondwaterniveau ligt **2,02 m onder de keldervloer**, dus geen opwaartse druk:

$$\sigma_{\text{water}} = \gamma_w \cdot z = 9,81 \cdot (0) = 0 \text{ kN/m}^2$$

Opwaartse kracht:

$$Q = 0 \text{ kN} > \text{Veilig tegen opdrijven}$$

5.5 Eigengewicht Keldervloer

$$G_{\text{vloer}} = \gamma_{\text{beton}} \cdot A \cdot h = 24 \cdot 924 \cdot 0,40 = 8870 \text{ kN}$$

5.6 Moment en Doorbuiging Keldervloer

Aangenomen overspanning: 4 m (tussen steunpunten)

Eigen gewicht per m²:

$$q = 24 \cdot 0,40 = 9,6 \text{ kN/m}^2$$

Maximaal moment (eenzijdig ingeklemde ligger):

$$M_{\text{max}} = q \cdot L^2 / 8 = 9,6 \cdot 4^2 / 8 = 19,2 \text{ kNm/m}$$

Doorbuiging:

$$I = b \cdot h^3 / 12 = 1 \cdot 0,4^3 / 12 = 0,00533 \text{ m}^4$$

$$\delta = 5qL^4 / 384EI = 5 \cdot 9,6 \cdot 4^4 / 384 \cdot 30 \cdot 10^9 \cdot 0,00533 \approx 0,31 \text{ mm (toelaatbaar)}$$

5.7 Wapeningsberekening Keldervloer

Gegevens:

- Vereist moment: **M = 19,2 kNm/m**
- Effectieve hoogte: **d = 0,35 m**
- Hefboomarm: **z = 0,9 × d = 0,315 m**
- Vloeigrens staal: **f_{yd} = 500 MPa**

Benodigde wapening:

$$A_s = M / z \cdot f_{yd} = 19,2 \cdot 10^6 / 0,315 \cdot 500000 = 122 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Toetsing netten (NEN-EN 1992-1-1):

Type	Diameter	Maaswijdte	A _s (mm ² /m)	Voldoende?
B232A	ø8 mm	150x150 mm	402	JA (ruim voldoende)
B335A	ø10 mm	150x150 mm	560	JA
B503A	ø10 mm	100x100 mm	1005	Over gedimensioneerd

B785A $\varnothing 12$ mm 100x100 mm 1414 Zwaar overgedim.

Gekozen wapening:

- Type: **B232A (8/150 mm)**
- $A_s = 402 \text{ mm}^2/\text{m}$
- Momentcapaciteit:

$$M_{res} = A_s * F_{yd} * z = 0,000402 * 500 * 0,315 = 63,4 \text{ kNm/m}$$

Ruim voldoende t.o.v. vereiste 19,2 kNm/m

5.8 Conclusie Constructieve Veiligheid

Aspect	Beoordeling
Gronddruk op wanden	Correct opgenomen
Grondwaterdruk	Geen opwaartse druk
Eigengewicht vloer	8.870 kN > opwaartse kracht (0 kN)
Moment keldervloer	19,2 kNm/m < capaciteit
Doorbuiging vloer	0,31 mm < toelaatbaar
Wapening vloer	Nodig: 122 mm ² /m; Gebruikt: 402 mm ² /m

Conclusie: De vloer voldoet **ruimschoots** aan de eisen volgens Eurocode 1 en 2 voor de kantoorfunctie, bij een overspanning van 4 m en gekozen netwapening B232A.

6. Normen en richtlijnen

Constructieve veiligheid (beton en wapening)

Norm	Titel
NEN-EN 1990	Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1991	Eurocode 1 – Belastingen op constructies
NEN-EN 1992-1-1	Eurocode 2 – Ontwerp en berekening van betonconstructies, Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1992-1-1/NB	Nederlandse Nationale Bijlage bij Eurocode 2
CUR-aanbeveling 96	Ontwerpen met geopolymeer beton (voor aanvullingen op Eurocode 2)

Geotechniek en grondbelasting

Norm	Titel
NEN-EN 1997-1	Eurocode 7 – Geotechnisch ontwerp – Deel 1: Algemene regels
NEN-EN 1997-1/NB	Nederlandse Nationale Bijlage bij Eurocode 7
NEN 9997-1	Aanvullende eisen voor geotechnisch ontwerp in Nederland

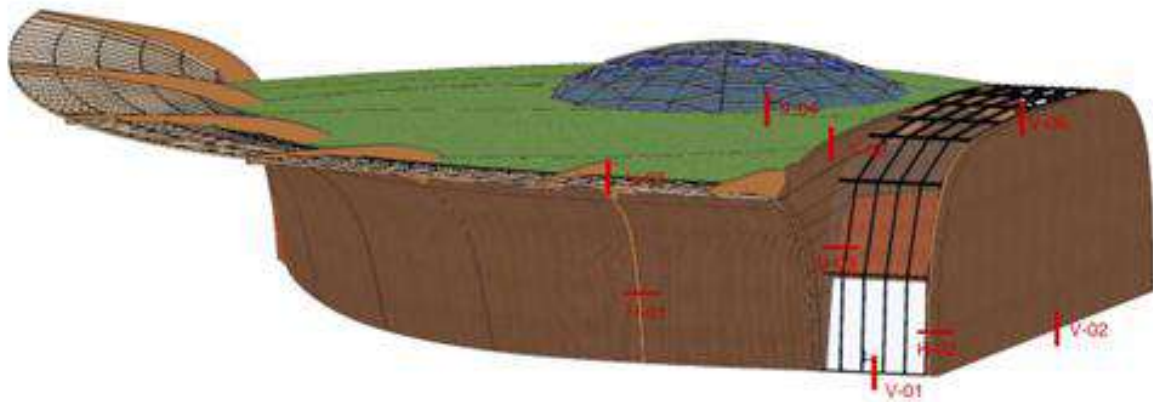
Duurzaamheid en materiaalgedrag

Norm	Titel
NEN-EN 206	Beton – Eisen, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit
CUR-aanbeveling 103	Duurzaam ontwerpen en detailleren van betonconstructies
NPR 9200-serie	Praktijkrichtlijnen voor milieubewust ontwerpen (optioneel bij circulaire projecten)

Bouwfysica

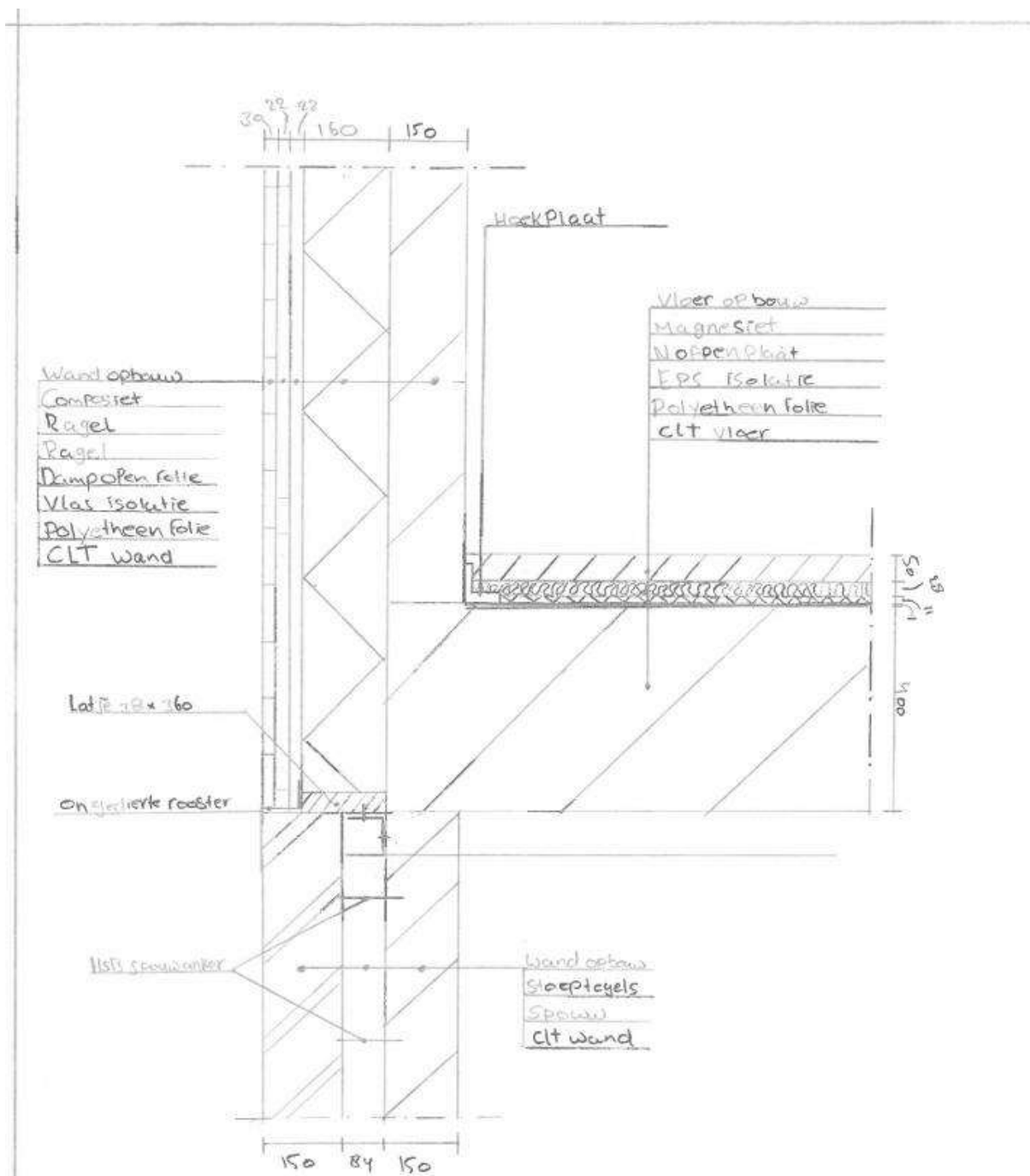
Voor het bouwfysica gedeelte van dit project hebben 3 punten getest.

Locatie
muur, dak en beganegrondsvloer



Gevel berekening

Ook hebben wij gekeken of er vocht in de gevel voorkomt. En hebben we gekeken of we thermisch ook goed uitkomen.





Rode lijn

$R_c = D/\lambda$

Materiaal	D	λ	R_c
CLT	0,15	0,078	1,92
Polyetheen folie	0,001	0,2	0,01
Vlas	0,16	0,035	4,57
dampopende folie	0,001	0,01	0,10
Rachels vuren hout	0,22	0,12	1,83
Rachels vuren hout	0,22	0,12	1,83
Rhombusprofielplank composiet	0,3	0,2	1,50
	R_i	R_e	Totaal R_c
		0,13	0,04
			11,77

$\Delta T = 18^\circ$

$R_b = R_e + R_c + R_i$

$\Delta T / (R_i + R_e + R_c + R_i)$

	18/11,94	18
R_i	0,2	17,8
CLT	2,9	14,9
Polyetheen folie	0,0	14,9
Vlas	6,5	8,0
dampopende folie	0,2	7,8
Rachels vuren hout	2,8	5,1
Rachels vuren hout	2,8	2,3
Rhombusprofielplank composiet	2,2	0,1
R_e	0,1	0,0

Blauwe lijst

	18,0	2065
R_i	17,8	2004
CLT	14,9	1696
Polyetheen folie	14,9	1696
Vlas	8,0	1072
dampopende folie	7,8	1066
Rachels vuren hout	5,1	879
Rachels vuren hout	2,3	772
Rhombusprofielplank composiet	0,1	615
R_e	0,0	611

Groene lijst

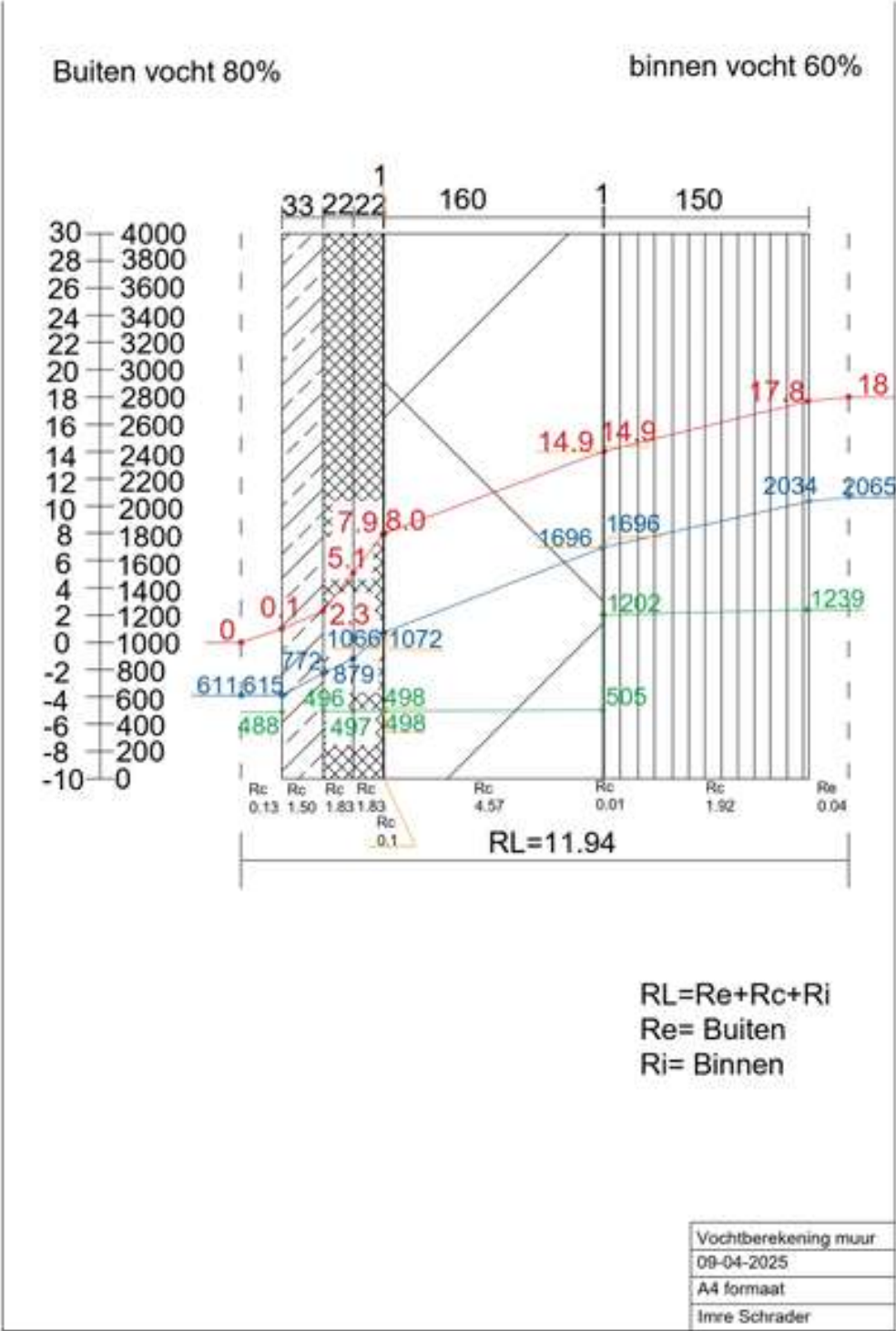
$\Delta p = 1239 - 488 = 751$	CLT	35	0,15	5
$2065 \cdot 0,6 = 1239$	Polyetheen folie	100.000	0,001	100
$611 \cdot 0,8 = 488$	Vlas	5,7	0,16	1
	dampopende folie	2	0,001	0
0,6 = 60% vocht binnen	Rachels vuren hout	0,59	0,22	0
0,8 = 80% vocht buiten	Rachels vuren hout	0,59	0,22	0
	Rhombusprofielplank composiet	30	0,04	1
$\sum \mu \cdot D$				108
μ te vinden in tabellenboek of online	Δp	751		
D = dikte van het materiaal				1239
	CLT	1239	37	1202
$18/u \cdot d$ = enkel $u \cdot d$ per product	Polyetheen folie	1202	698	505
1239: antwoord hierboven	Vlas	505	6	498
	dampopende folie	498	0	498
	Rachels vuren hout	498	1	497
	Rachels vuren hout	497	1	496
	Rhombusprofielplank composiet	496	8	488
$\Delta p / \sum \mu \cdot D$ = weerstand				
$751/107,364$ = u waarde				

Vochtberekening Muur

Datum: 09-04-2025

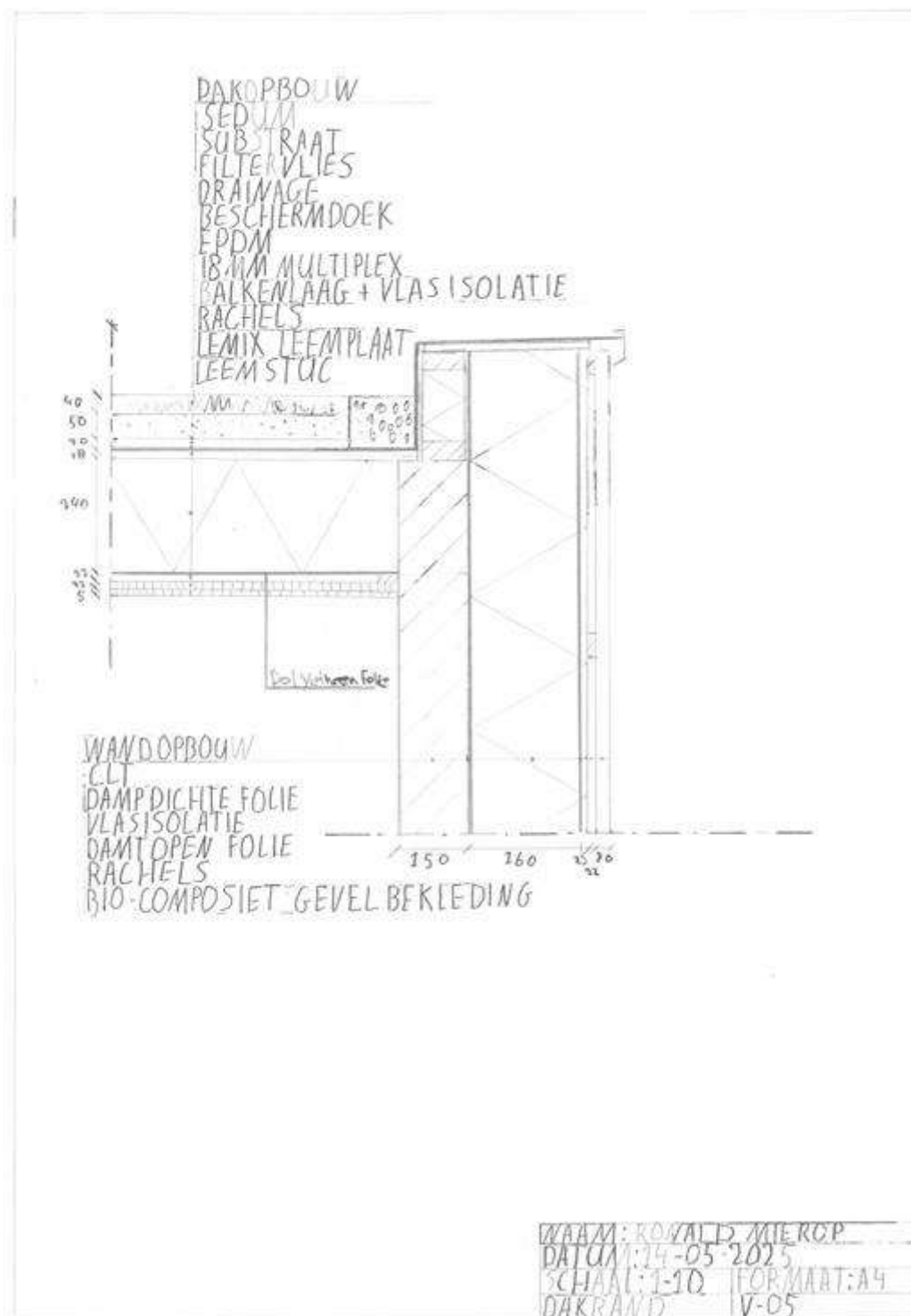
A4 Formaat

Imre Schrader



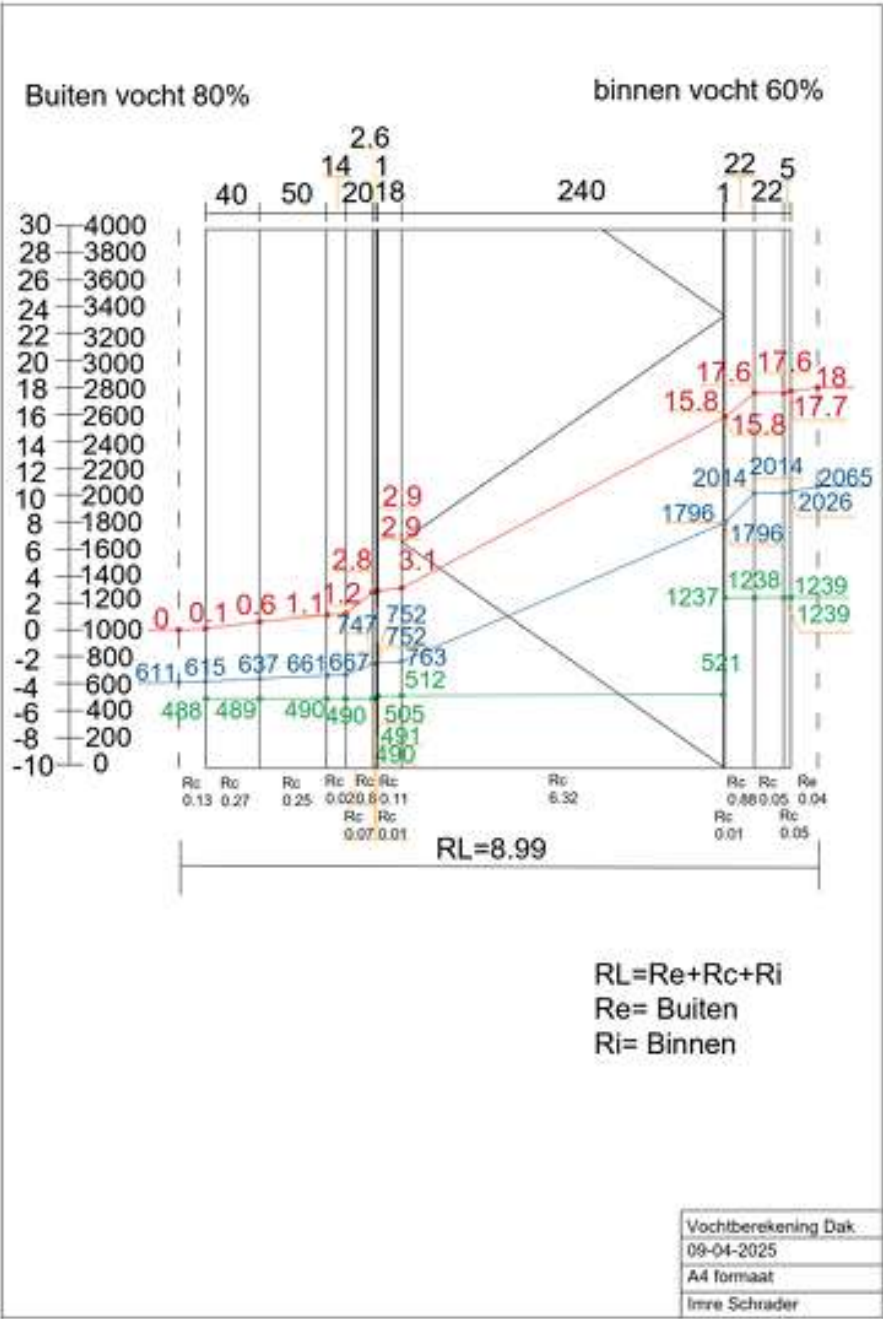
Dak berekening

Het zelfde hebben wij gedaan voor het dak.



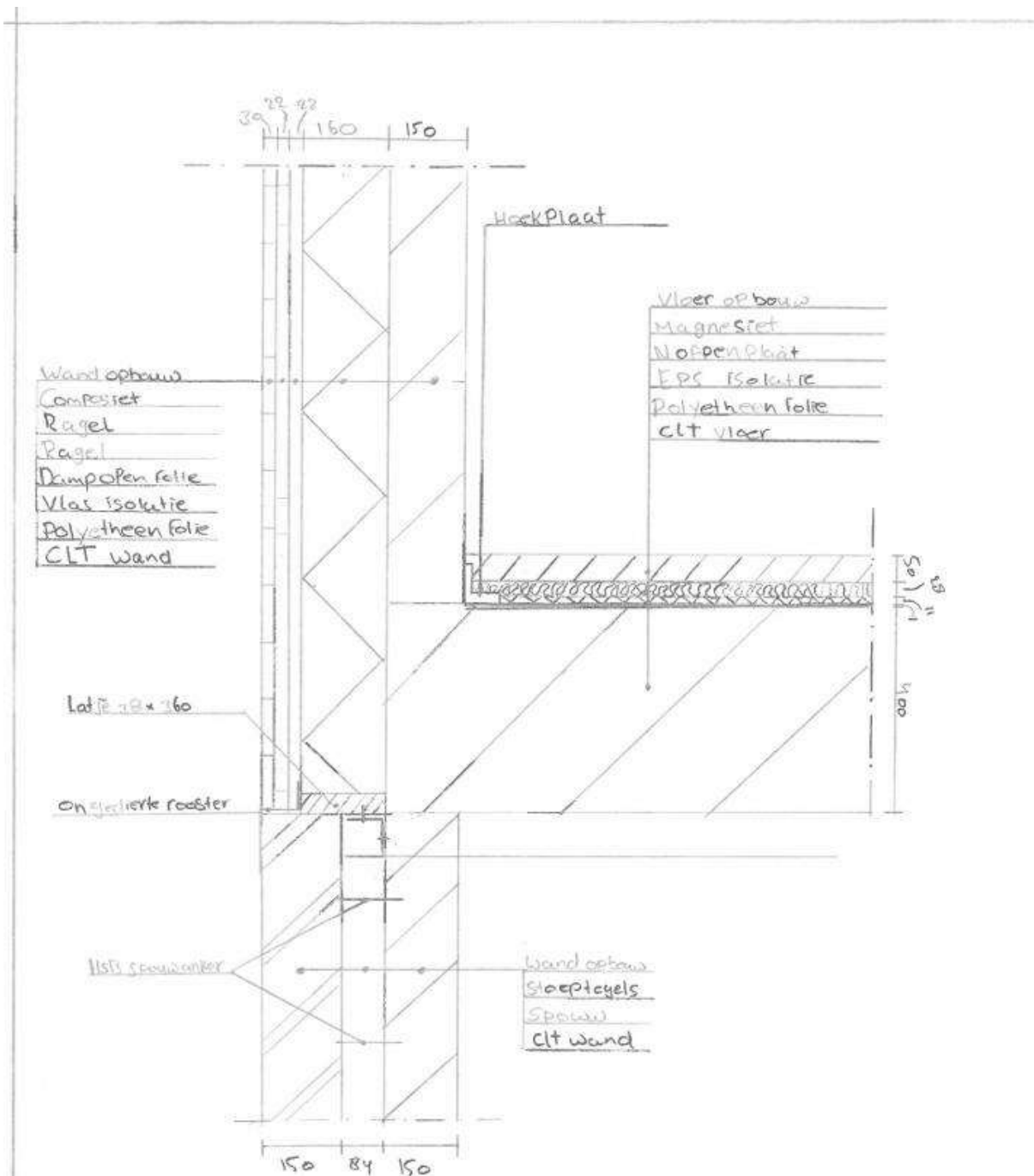
Rode lijn				
Rc=0,0				
	Materiaal	D	A	Rc
	Leemstuc	0,005	0,091	0,05
	Leemix leemplaat	0,022	0,47	0,05
	Lucht	0,022	0,025	0,88
	Polyetheen folie	0,001	0,2	0,01
	Vlas	0,24	0,038	6,32
	Multiplex	0,018	0,17	0,11
	EPDM	0,001	0,17	0,01
	Beschermvlies	0,0026	0,04	0,07
	gefilterde lucht	0,02	0,025	0,80
	Fibervlies	0,001	0,05	0,02
	Sedumsubstraat	0,05	0,2	0,25
	Sedum	0,04	0,15	0,27
	Ri		Rte	Totaal Rc
		0,13	0,04	8,816
ΔT= 15°				
Rt= Rc+Ri+Rl		0,985		
ΔT/Rt=Ra/Rc/Ri		15/0,99		
	Ri			
	Leemstuc	0,3	17,7	
	Leemix leemplaat	0,1	17,6	
	Lucht	1,8	15,6	
	Polyetheen folie	0,0	15,8	
	Vlas	12,7	3,1	
	Multiplex	0,2	2,9	
	EPDM	0,0	2,9	
	Beschermvlies	0,1	2,8	
	gefilterde lucht	1,8	1,2	
	Fibervlies	0,0	1,1	
	Sedumsubstraat	0,5	0,6	
	Sedum	0,5	0,1	
	Rte	0,1	0,0	
Blauwe lijn				
	Ri	18,0	2065	
	Leemstuc	17,7	2026	
	Leemix leemplaat	17,6	2014	
	Lucht	13,8	1796	
	Polyetheen folie	15,8	1706	
	Vlas	3,1	763	
	Multiplex	2,9	752	
	EPDM	2,9	752	
	Beschermvlies	2,8	747	
	gefilterde lucht	1,2	687	
	Fibervlies	1,1	683	
	Sedumsubstraat	0,6	637	
	Sedum	0,1	615	
	Rte	0,0	611	
Groene lijn				
Δp=1239-488=751		μ	D	Σ
2065*0,6=1239				
611*0,6=488				
	Leemstuc	7	0,005	0,035
	Leemix leemplaat	7	0,022	0,154
	Lucht	1,25	0,022	0,0275
	Polyetheen folie	100.000	0,001	100
	Vlas	5,7	0,24	1,368
	Multiplex	50	0,018	0,9
	EPDM	2000	0,001	2
	Beschermvlies	50	0,0026	0,13
	gefilterde lucht	1,25	0,02	0,025
	Fibervlies	10	0,001	0,01
	Sedumsubstraat	3	0,05	0,15
	Sedum	2	0,04	0,08
	Σ μ*D			104,8795
0,6=60% vocht binnen				
0,8=80% vocht buiten				
μ=le vinden in tabellenboek of online Δp		751		
D= dikte van het materiaal			start	
18/u*d * enkel v*d per product				
	Leemstuc	1239	0	1239
	Leemix leemplaat	1239	1	1238
	Lucht	1238	0	1237
	Polyetheen folie	1237	716	521
	Vlas	521	10	512
	Multiplex	512	0	505
	EPDM	505	14	491
	Beschermvlies	491	1	490
	gefilterde lucht	490	0	490
	Fibervlies	490	0	490
	Sedumsubstraat	490	1	489
	Sedum	489	1	488
	1239 antwoord hierboven			
ΔpΣ μ*D * weerstand				
751/107,364=u waarde				

Vochtbeekring Dak
Datum: 12-05-2025
A4 Formaat
Inre Schrader



Begane grondvloer berekening

En het zelfde hebben wij gedaan voor de b



Rode lijn			
Rc=D/λ			
Materiaal	D	λ	Rc
Magnesiet		0,05	0,5
Kunststof		0,028	0,31
EPS		0,011	0,035
Polyetheen folie		0,001	0,2
CLT		0,4	0,078
	Ri	Re	Totaal Rc
		0,13	0,04
			5,64
ΔT= 18°			
Ri= Re+Rc+Ri	5,81		
ΔT/Ri*Re,Rc,Ri	18/5,81	18	
Ri	0,4	17,6	
Magnesiet	0,3	17,3	
Kunststof	0,3	17,0	
EPS	1,0	16,0	
Polyetheen folie	0,0	16,0	
CLT	15,9	0,1	
Re	0,1	0,0	
Blauwe lijn			
	18,0	2065	
Ri	17,6	2014	
Magnesiet	17,3	1978	
Kunststof	17,0	1938	
EPS	16,0	1818	
Polyetheen folie	16,0	1818	
CLT	0,1	615	
Re	0,0	611	
Groene lijn			
	μ	D	Σ
Δp=1239-488=751		167	0,05
2065*0,6=1239		2	0,028
611*0,8=488		40	0,011
		100.000	0,001
0,6= 60% vocht binnen		35	0,4
0,8=80% vocht buiten			
Σ=μ*D			122,846
μ=te vinden in tabellenboek of online Δp	751		
D= dikte van het materiaal			1239
			51
18/u*d * enkel u*d per product			0
1239- antwoord hierboven			3
			611
			86
			0
Δp/Σ μ*D * weerstand			
751/107,364*u waarde			

Vochtberekening

Beganegrondsvloer

Datum: 12-05-2025

A4 Formaat

Imre Schrader

