statischeberekening.nl

Statische berekening

Staalconstructie (kolom, portaal)

VOORBEELD — bedacht werk, geen geldige berekening; een geleverde berekening is door de constructeur gecontroleerd en goedgekeurd

OPDRACHTGEVER

Voorbeeld — Staalconstructie (kolom, portaal)

BOUWADRES

Operastraat 11, Enschede

RAPPORTNUMMER

SB-20261001-0257

DOCUMENTDATUM

n.v.t. (voorbeeld)

REVISIE

0

Getoetst volgens NEN-EN 1990/1991/1992/1993/1996 en NEN 9997-1 met de Nederlandse Nationale Bijlage · gevolgklasse CC1

Colofon

Opsteller berekening	statischeberekening.nl (deterministische rekenkern)
Controle en goedkeuring	bij levering gecontroleerd en goedgekeurd door de constructeur
Gevolgklasse	CC1 (projectbreed — zie Belastingfactoren)
Voorwaarden	DNR 2011 + Nederlands consumentenrecht
Status	VOORBEELD (geen geldige berekening)

De berekening is deterministisch opgesteld door de rekenkern van statischeberekening.nl; de bovengenoemde constructeur controleert de waarden, de toetsen en de profielkeuze en keurt ze goed vóór levering.

Revisiebeheer

Rev.	Datum	Status	Omschrijving
0	n.v.t. (voorbeeld)	Voorbeeld	Voorbeelduitgave.

Geldigheid en grondslag

- Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande revisie haar geldigheid; losse fragmenten van dit document zijn niet geldig.
- Geldig in de door de constructeur goedgekeurde versie; door die goedkeuring neemt hij de verantwoordelijkheid voor de uitgangspunten en de toetsing.
- De berekening geldt voor het vermelde bouwadres en de aangenomen uitgangspunten; wijzigt de situatie, dan is een herziene berekening nodig.
- Op de advisering en deze constructieberekening is de DNR 2011 (De Nieuwe Regeling 2011, rechtsverhouding opdrachtgever–adviseur) van toepassing; bij levering aan een consument geldt daarnaast dwingend Nederlands consumentenrecht.

VOORBEELD

Inhoudsopgave

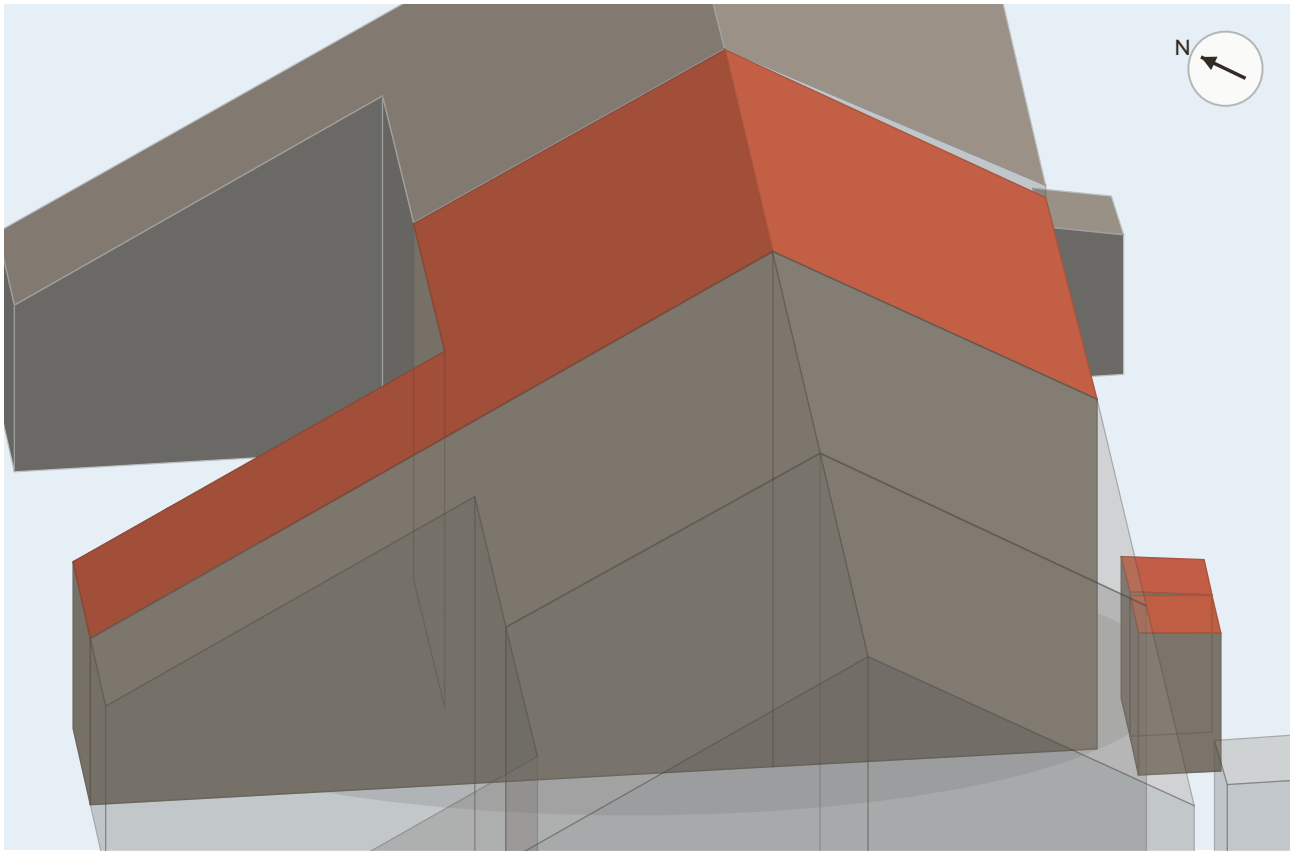
1. Algemene uitgangspunten 3
2. Belastingfactoren 5
3. Belastingaanname 5
4. Berekeningen 7
    4.1. Stalen ligger 7
    4.2. Metselwerkpenant — onder oplegging stalen ligger 10
    4.3. Bestaande woning als één 3D-FEM-wandmodel 12
    4.4. Druk-/trekpaal — Fundering 27
5. Samenvatting en conclusie 30
6. Constructieve overzichten 31
Bijlage — profieleigenschappen (staal) 31
Revisiebeheer 2

1. Algemene uitgangspunten

Deze berekening behandelt de constructieve onderdelen van het project; per onderdeel zijn het statische schema, de belastingen en de toetsing opgenomen. De toe te passen profielen zijn samengevat in de samenvatting/ conclusie. Deze berekening is bestemd voor de omgevingsvergunning en de uitvoerend aannemer.

Te beoordelen onderdelen — dit rapport toetst de volgende constructieve onderdelen:

Nr.	Onderdeel	Toepassing
1	Stalen ligger	Stalen ligger —
2	Metselwerkpenant	Metselwerkpenant onder oplegging stalen ligger (indicatief)
3	Rekenmodel — fem3d-solver	Bestaande woning als één 3D-FEM-wandmodel
4	Druk-/trekpaal	Fundering onder nieuwe oplegging - drukpaal



3D-impressie van het pand en de belendende panden (indicatief, uit 3DBAG-pandgeometrie)

VOORBEELD



Luchtfoto van het pand en de directe omgeving (PDOK — actueel ortho, indicatief)

Symbool	Betekenis
g / q	permanente (blijvende) / veranderlijke (variabele) belasting
M_{Ed} / V_{Ed} / N_{Ed}	optredend moment / dwarskracht / normaalkracht
M_{Rd} / V_{Rd} / N_{Rd}	bijbehorende capaciteit (weerstand)
w	doorbuiging
As	benodigd wapeningsoppervlak
$R_{c;d}$ / $R_{t;d}$	reken-druk- / -trekdraagkracht
UC	unity check = optredende last / capaciteit; voldoet bij UC ≤ 1,00

VOORBEELD

2. Belastingfactoren

- Normen: NEN-EN 1990, NEN-EN 1991, NEN-EN 1992, NEN-EN 1993, NEN-EN 1996, NEN 9997-1 (+ NL Nationale Bijlage).

Materiaaleigenschappen en partiële factoren per aanwezig materiaal:

Materiaal	Norm	Kernwaarden	Partiële factor
Constructiestaal S235	NEN-EN 1993	fy = 235 N/mm², E = 210 000 N/mm²	γ_{M0} = 1,00
Metselwerk	NEN-EN 1996	sterkteparameters per sectie (NL NB)	γ_M per sectie

Gevolgklasse, belastingcombinaties en doorbuigingseisen (projectbreed):

Onderwerp	Waarde
Gevolgklasse / KFI	CC1 → KFI = 0,90 (projectbreed, alle onderdelen)
Combinatie 6.10a	KFI·(1,35·g + 1,5·ψ0·q)
Combinatie 6.10b	KFI·(1,20·g + 1,5·q)
ψ0 opgelegde vloerlast	0,40 (dak ψ0 = 0,0)
Doorbuiging staal	$w_{eind} \leq 0{,}004 \cdot L$ en $w_{bij} \leq 0{,}003 \cdot L$ (NL NB); hout per sectie

3. Belastingaanname

Onderwerp	Waarde
Bouwadres	Operastraat 11, Enschede (locatie voor het windklimaat)
Gebouwfunctie	woning (cat. A) — vloerlast qk = 1,75 kN/m² · ψ0 = 0,40
Ontwerplevensduur	50 jaar
Windklimaat	gebied III · terrein bebouwd · hoogte 7,6 m
Piekdruk qp	0,50 kN/m² (NEN-EN 1991-1-4 + NB)
Gevelwinddruk (zone A)	0,70 kN/m²

Grondonderzoek — 1 sondering(en) ingeladen (projectbreed)

Sondering	Locatie (RD)	mv [m NAP]	qc~1 m [MPa]
CPT000000036259 **[MAATGEVEND]**	262753/470899	41,00	0,06

Maatgevend qc = 0,06 MPa → indicatieve φ′ ~ 27,50 graden; te slap voor op staal → drukpaal geadviseerd. De grondparameters en de funderingswijze zijn een VOORSTEL uit de sondering; de constructeur verifieert de q_c-interpretatie en de funderingswijze.

Locatie- en brongegevens (publieke bronnen, automatisch ingeladen op het bouwadres; INDICATIEF; niet automatisch in een toets verwerkt):

Bron	Gegeven (indicatief)
Locatie brongegevens (PDOK Locatieserver)	Operastraat 11, 7534EG Enschede
3D-pandmodel (3DBAG)	hoogte ~7,6 m boven maaiveld, dak hellend ~30 graden (uit 3D-geometrie), ~3 bouwlagen (geschat uit de gebouwhoogte), aangebouwd/rijtjes, plattegrond BAG-pand ~8,9 × 6,1 m, footprint ~54 m², volume ~385 m³ **[BAG-pand 0153100000209584]**
Maaiveldhoogte (put)	+38,54 m NAP
Grondwaterstand (BRO)	GHG ~1,0 m-mv / GLG ~2,0 m-mv (peilbuis GMW000000030457, ~71 m); INDICATIEF uit de filterdiepte van de put, geen meetreeks
Kadastraal perceel (Kadaster)	Lonneker F 5593, kavel ~156 m²

VOORBEELD

Bron	Gegeven (indicatief)
Maximale bouwhoogte (bestemmingsplan, oude Wro-data, indicatief)	~8 m - kruischeck op de gebouwhoogte / bovengrens bij optoppen

Belastingen per onderdeel — alles hierboven geldt projectbreed; hieronder alleen wat een onderdeel daarnaast eigen heeft:

Onderdeel	Belastingen
1. Stalen ligger	g_k 29,70 kN/m · q_k 3,50 kN/m · 3 lastpost(en) uit de catalogus
2. Metselwerkpenant — onder oplegging stalen ligger	N_{Ed} 76,00 kN
3. Bestaande woning als één 3D-FEM-wandmodel	belastingen in het rekenmodel zelf (zie het hoofdstuk van het model en de inzagelink)
4. Druk-/trekpaal — Fundering	N_{Ed} 76,00 kN · negatieve kleef 40,80 kN

VOORBEELD

4. Berekeningen

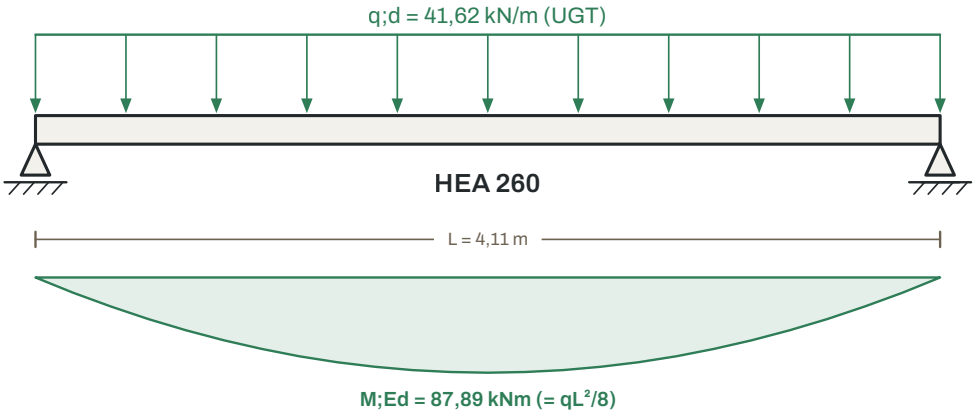
Per onderdeel het statische schema, de belastingen en de toetsing; de toe te passen profielen staan samengevat in hoofdstuk 5.

4.1. Stalen ligger

Toepassing: NIET BESCHOUWD: toeslag lichte scheidingswanden op de verdiepingsvloer(en), ~1,6 kN/m1; tel die erbij als er wanden op staan

Rekenmodel · vrij opgelegde ligger

Stalen ligger



Profiel HEA 260 · UC 0,41 voldoet

Aannames

- **Statisch schema:** vrij opgelegde ligger (twee steunpunten), enkelvoudig.
- Eigen gewicht ligger (0,67 kN/m) iteratief als permanente last meegenomen.
- De veranderlijke lijnlast is de REPRESENTATIEVE waarde uit de lastcompositie: de combinatiefactoren ψ0 per lastpost zijn daar al toegepast (leidende veranderlijke vol, overige met ψ0). Daarom staat ψ0 = 1,00 in 6.10a — geen tweede verlaging.
- **Detaillering:** de ligger draagt een muur van 300 mm; de flensbreedte is daarom minstens 260 mm gekozen (de muur mag de flens 40 mm overschrijden, ca. 20 mm speling per zijde), zodat het metselwerk vol op de bovenflens draagt. Een te smal profiel (bv. een smalle IPE onder een steensmuur) is daarmee uitgesloten en de keuze verschuift vanzelf naar een breder HEA/HEB.
- **Kip/LTB 6.3.2:** n.v.t. — aangenomen dat de drukflens over de volle overspanning zijdelings wordt vastgehouden door een VLOER die op de bovenflens aansluit (een aanstortende betonvloer of kanaalplaatvloer). Metselwerk op de bovenflens telt NIET als zijdelingse steun. Is er zo'n vloer niet, vul dan de kiplengte in (de afstand tussen de zijdelingse steunpunten, of de overspanning) zodat 6.3.2 wel wordt getoetst.
- **Opleglengte NIET opgegeven maar BEPAALD:** 110 mm per oplegging, zodat de oplegdruk op metselwerk Kalkzandsteen CS12 binnen fd blijft. Dat is een uitkomst van deze berekening (net als de profielkeuze), geen aanname — houd deze lengte aan bij de uitvoering.
- **Effectieve overspanning:** l_{eff} = 4,11 m = l_n + 2 x min(h/2 ; t/2) (NEN-EN 1992-1-1 par. 5.3.2.2), met l_n = 4,00 m de vrije opening en t = 110 mm de bepaalde opleglengte (zie de oplegtoets). De ligger draagt op zijn opleggingen af, dus de afstand tussen de reacties is groter dan de vrije opening; de toeslag is begrensd op een halve liggerhoogte per zijde.

VOORBEELD

- **Brandwerendheid:** NIET BESCHOUWD - er is geen brandeis vastgesteld, dus de sectiefactor, de kritieke staaltemperatuur en de eventuele bekledingsdikte zijn niet bepaald. AANDACHTSPUNT - BRANDEIS: stel de eis vast volgens Bbl art. 4.17 (tabel 4.17a: geen verblijfsgebiedvloer hoger dan 7 m → 60 min; 7-13 m → 90; boven 13 m → 120) en laat de brandtoets meelopen; onbekleed staal haalt gemeten mediaan 18,6 minuten, dus een eis leidt vrijwel altijd tot een brandwerende bekleding of coating.

Algemene gegevens		
Overspanning	4,11	m
Statisch schema	vrij opgelegd	
Materiaal	S235	
Toegepast profiel	**HEA 260**	

Belastingen (karakteristiek)		
Permanente lijnlast g	29,70	kN/m
Veranderlijke lijnlast q	3,50	kN/m
Eigen gewicht	0,67	kN/m
ψ_0 (veranderlijk)	1,00	

Materiaalgrootheden (S235)		
f_y	235	N/mm²
E	210.000	N/mm²
γ_{M0}	1,0	
$f_{y_d} = f_y/\gamma_{M0}$	235	N/mm²

Profieleigenschappen · HEA 260		
Hoogte h	250	mm
Breedte b	260	mm
$W_{y_{pl}}$	919,8	×10³ mm³
I_y	10.450	×10⁴ mm⁴

Belastinggevallen → ontwerplast (UGT)

belastinggeval	q_k (kN/m)	$\gamma \cdot K_{FI}$	q_d (kN/m)	M_{Ed} (kNm)	V_{Ed} (kN)
Permanent (g + eig. gewicht)	30,37	1,22	36,90	·	·
Veranderlijk (q)	3,50	1,35	4,73	·	·
Maatgevend 6.10a	·	·	**41,62**	**87,89**	**85,54**

Toetsing UGT · NEN-EN 1993-1-1 art. 6.2

Buiging NEN-EN 1993-1-1 art. 6.2	M_{Ed} 87,89 / M_{Rd} 216,15 kNm	u.c. = **0,41**	**voldoet**
Afschuiving art. 6.2	V_{Ed} 85,54 / V_{Rd} 390,75 kN	u.c. = **0,22**	**voldoet**

Toetsing BGT · doorbuiging (NL Nationale Bijlage)

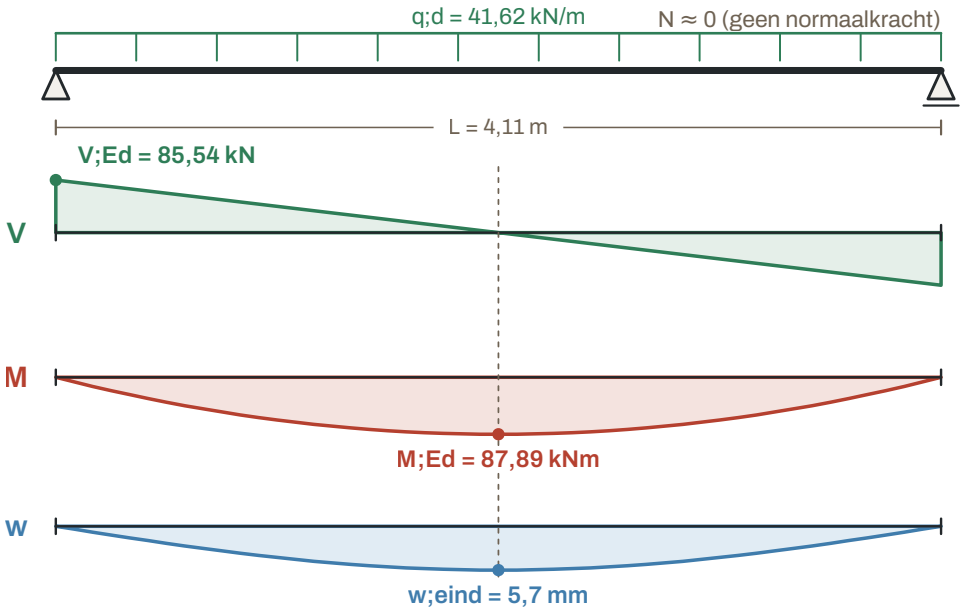
$w_{eind} \leq 0{,}004 \cdot L$	5,73 / 16,4 mm	u.c. = **0,35**	**voldoet**
$w_{bij} \leq 0{,}003 \cdot L$	0,59 / 12,3 mm	u.c. = **0,05**	**voldoet**

Toepassen: **HEA 260** (S235, L = 4,11 m) — ULS u.c. **0,41** · SLS u.c. **0,35** ✓ voldoet

VOORBEELD

Resultaten · dwarskracht/moment (UGT) + vervorming (BGT)

Stalen ligger



UGT = uiterste grenstoestand · BGT = bruikbaarheidsgrenstoestand (karakteristieke last)

VOORBEELD

Aandachtspunten

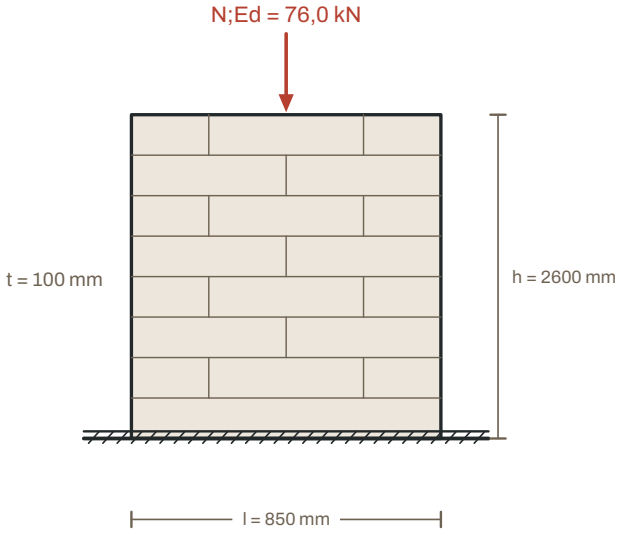
Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Aandachtspunt	De oplegging en de aansluiting van dit onderdeel op de ondersteunende constructie zijn in deze berekening niet getoetst; controleer ze bij de uitvoering.

4.2. Metselwerkpenant — Onder oplegging stalen ligger

Toepassing: Metselwerkpenant onder oplegging stalen ligger (indicatief)

Rekenmodel · metselwerkpenant

Metselwerkpenant onder oplegging stalen ligger (indicatief)



Toets NEN-EN 1996-1-1 §6.1.2

λ = h;ef/t = 19,50

e;mk = 10,0 mm · Φ = 0,44

f;d = 3,01 N/mm²

N;Rd = 106,6 kN

N;Ed / N;Rd = 0,71

Profiel 100x850 mm Kalkzandsteen CS12 · λ 19,50 · Φ 0,44

maatgevend: Druk + knik UC 0,71

voldoet

VOORBEELD

Aannames

- Metselwerkpenant 100 × 850 mm, hoogte 2600 mm, Kalkzandsteen CS12, gewone metselmortel f_m = 5,0 N/mm². Ontwerplast N_{Ed} = 76,0 kN.
- Steenkwaliteit/mortel (Kalkzandsteen CS12, gewone metselmortel f_m = 5,0 N/mm²) aangenomen; bij een BESTAANDE penant de werkelijke steen-/mortelklasse verifiëren — oud/zacht metselwerk (bv. kalkmortel) kan een lagere fk geven dan hier aangenomen.
- Druksterkte metselwerk Kalkzandsteen CS12, gewone metselmortel f_m = 5,0 N/mm²: $f_k = K \cdot f_b^{\alpha} \cdot f_m^{\beta}$ = 0,60·12^0,65·5,0^0,25 = 4,51 N/mm² (NEN-EN 1996-1-1 §3.6.1.2; K, α, β uit NL NB tabel NB.2: gewone mortel, perforaties ≤ 25%). f_b = 12 N/mm² is de CS-klasse = de genormaliseerde gemiddelde druksterkte van de steen (NEN-EN 771-2), de vormfactor δ zit daarin (δ = 1,0). γ_M = 1,5 (NL NB, gevolgklasse CC1, categorie I-stenen) → f_d = f_k/γ_M = 3,01 N/mm².
- **Slankheid:** heff = ρ_n·h = 1950 mm → lambda = 19,5 (≤ 27); excentriciteit emk = 10 mm; reductiefactor Phi_m = 0,436.
- Draagvermogen N'R;d = Phi_m·fd·l·t = 106,6 kN (UC = 0,71).
- Oplegspanning (geconcentreerde last, NEN-EN 1996-1-1 §6.1.3) OMGEKEERD opgelost — de oplegmaat van de ligger staat nog niet vast: minimaal benodigd oplegvlak Abr;req = 20454 mm² (FE;d = 76,0 kN ≤ FR;d = beta·fd·Abr, met fd = 3,01 N/mm² en a1 = 0 mm). Over de volle wanddikte t = 100 mm betekent dat een oplegging (onderflens of oplegplaat) van ten minste 205 mm langs de wand; bij een oplegdiepte al < t moet die maat evenredig groter zijn (ab ≥ Abr;req/al).

Algemene gegevens		
Penantafmeting	100 × 850 mm Kalkzandsteen CS12	
Dikte t	100	mm
Lengte l	850	mm
Hoogte h	2,60	m

Belasting (ontwerp)		
Ontwerpnormaalkracht N_{Ed}	76,0	kN

Draagvermogen metselwerk (NEN-EN 1996-1-1)		
Karakt. druksterkte f_k	4,51	N/mm²
Rekenwaarde f_d	3,01	N/mm²
Slankheid λ	19,5	
Reductiefactor Φ	0,436	
Draagvermogen N'_{Rd}	106,6	kN

Toetsing · NEN-EN 1996-1-1 §6.1			
Druk $N_{Ed} \leq N'_{Rd}$	76,0 / 106,6 kN	u.c. = **0,71**	**voldoet**

Toepassen: **100 × 850 mm Kalkzandsteen CS12** — ULS u.c. **0,71** · SLS u.c. **n.v.t.** ✓ voldoet

Aandachtspunten

Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Schematisering	Aansluiting op de bestaande/aangrenzende constructie

VOORBEELD

4.3. Bestaande woning als één 3D-FEM-wandmodel (modeluitvoer — fem3d-solver)

De volledige berekening online (fem3d-solver)

Invoer, uitvoer en toetsing van dit model zijn hier volledig in te zien en na te rekenen in de rekentool waarmee het is doorgerekend — ook door de toetsende instantie, zonder account. Hieronder staan de modelgegevens en de conclusie.

https://statischeberekening.nl/berekening/ty_8libqCRux0DJL1JQS8w/0

Modelgegevens

Gegeven	Waarde
Herkomst geometrie	uit de gemeten 3DBAG-schil; de indeling is AANGENOMEN (geen bouwtekening aangeleverd); buitenmaten, dakvorm en nokrichting 3DBAG-leidend (gemeten)
Buitenmaten (b × d)	6,1 × 14,5 m
Bouwlagen	2
Plattegrondvorm	gemeten 3DBAG-footprint (niet-rechthoekig, 2 vleugels)
Niveaus in het model	+0,00 · +8,41
Modelomvang	1230 knopen · 46 staven · 1592 vlakelementen
Belastinggevallen	Permanent (G) · Veranderlijk vloer (Q) · Wind +x (Wx) · Sneeuw dak (S) · Wind dwars +y (Wy) · Wind -x (Wx-) · Wind dwars -y (Wy-)
Gevolgklasse (model)	CC1

Toelichting op de schematisering

Onderwerp	Toelichting
Vloeren	BESTAANDE woning (6,1 × 14,5 m, 2 bouwlagen) als één 3D-FEM-wandmodel — dragende wanden, vloeren en dak als vlakelementen.
Geometrie	Buitenmaten, dakvorm en nokrichting zijn 3DBAG-leidend (gemeten); de indeling is AANGENOMEN — er is GEEN bouwtekening aangeleverd.
Dak	BOUWLAGEN GECORRIGEERD: 3 → 2 op de GEMETEN goothoogte (5,7 m bij een verdiepingshoogte van 2,8 m).
Dak	De opgegeven/afgeleide waarde telde de zolder onder de kap als bouwlaag mee; dat is er geen.
Dak	Zonder die correctie komt er een extra verdiepingsvloer in het model en sluit de kap een laag te hoog aan.
Plattegrond	Plattegrond: GEMETEN 3DBAG-footprint (niet-rechthoekig, 2 vleugels) — de FEM meshet de werkelijke woningvorm.
Dak	Dak: KAP (gemeten) — nok 8,4 m, goot 5,7 m boven maaiveld, helling 30,0 graden.
Wanden	Wand-eigengewicht 4,0 kN/m² (Metselwerk 200 mm — AANNAME, het archiefstuk noemt geen materiaal en dikte, materiaalcatalogus): het model draagt een dun beton-equivalent blad via selfWeight (25,0 kN/m³), de rest staat als permanente wandlast op de dragende wanden.
Niet beschouwd	NIET BESCHOUWD: de toeslag voor lichte scheidingswanden op de vloeren (0,8 kN/m²) zit niet in de vloerlast van dit 3D-model.
Aandachtspunt	AANDACHTSPUNT: NEN-EN 1991-1-1 6.3.1.2(8) — de deterministische modules (draagmuur/doorbraak) rekenen die toeslag wel; de vloerlast in dit model is daarmee 0,8 kN/m² aan de lichte kant voor de wand- en vloertoetsen.
Wanden	Fundering IN het model: strokenfundering (strook 600 × 200 mm beton, AANNAME waar het archiefstuk zwijgt) op grondveren (Winkler) onder alle bestaande wanden.
Fundering	De krachten in de funderingsbalken zijn in dit 3D-model indicatief: de voet van elke muur staat er stijver op dan in werkelijkheid.
Aandachtspunt	AANDACHTSPUNT: de voetknopen zijn door de wandschematisering rotatiegesteund, dus de maatgevende funderingstoets blijft de eigen deterministische funderingsberekening.

VOORBEELD

Onderwerp	Toelichting
Vloeren	Begane-grondvloer IN het model: als VRIJDRAGENDE vloer over de kruipruimte gemodelleerd, opgelegd op het fundatiemetselwerk — zijn last loopt via de wandvoeten naar de fundatiestroken en via de binnenwandvoet naar de tussenfundering; waar een plaatfundatie ligt is die gebedde plaat zelf de begane-grondvloer.
Vloeren	AANNAME: Beton C30/37 van 160 mm (4,0 kN/m² eigen gewicht) — over de begane-grondvloer staat in de aangeleverde stukken niets, terwijl deze last rechtstreeks naar de wandvoeten, de fundering en de zettingsanalyse gaat.
Niet beschouwd	De kruipruimte of kelder als constructie is niet beschouwd.
Vloeren	OVERSPANNINGSRICHTING: elke vloer is als EENZIJDIG overspannende schijf gemodelleerd — de buigstijfheid dwars op de overspanning is 5% van die in de overspanningsrichting, zodat de vloer zich als een reeks parallelle balken gedraagt (systeem-/kanaalplaatvloer, houten balklaag).
Plattegrond	AANNAME, en zo is hij bepaald: per vloerveld de KORTSTE overspanning tussen de dragende lijnen die het model kent (de gevelvoetlijnen en de dragende binnenwanden uit de tekening), gemeten aan het veld zelf — niet afgeleid uit de verhouding van de plattegrond.
Vloeren	Is een vloerveld breder dan 8,0 m, dan is dat geen kamer meer maar binnenwerk dat niet in het model zit: die velden houden de isotrope schijf en worden hieronder met naam genoemd.
Niet beschouwd	NIET BESCHOUWD: hoeveel last elke funderingsstrook apart draagt — in dit model verdeelt de grond de last van het hele huis over alle muren samen, waardoor de strook onder een dragende binnenmuur er lichter uitkomt dan hij in werkelijkheid draagt.
Vloeren	De fundering wordt daarom NIET op die verdeling gedimensioneerd: er wordt gerekend met de last die er volgens de overspanning van de vloeren echt op rust.
Aandachtspunt	AANDACHTSPUNT — FUNDATIESTROOK ONDER EEN DRAGENDE BINNENWAND: de N_{Ed} van de strook-/funderingsmodule is het MAXIMUM van de FEM-lijnlast en de TRIBUTAIRE lijnlast (de halve overspanning van elk aangrenzend vloerveld dat op die lijn afdraagt, over alle vloerniveaus, plus het eigen gewicht van de wand erboven); beide waarden en de opbouw staan in de toepassing van die module; de verdeling over de wandvoetlijnen volgt hier namelijk uit de WINKLER-BEDDING onder de wandvoeten en niet uit de overspanningsrichting, omdat de bovenbouw als doorgaande schijvenbak veel stijver is dan de grondveren; GEMETEN (8,0 × 9,0 m, dragende binnenwand in het midden, headless fem3d): van 100 kN die rechtstreeks op de voetlijn van die binnenwand wordt gezet komt daar 27 kN terug — de rest verdeelt zich over alle wandvoetlijnen naar rato van hun beddingstijfheid — en de tussenfundering krijgt 13,20 kN/m1 van de vloerlast tegen 33,24 kN/m1 tributair.
Aandachtspunt	LET OP — AANNAME: over de verdiepingsvloer staat in de aangeleverde stukken niets, dus is hij als BETONVLOER van 180 mm gemodelleerd.
Vloeren	Is het een houten balklaag, vul dat dan in bij de bestaande constructie: de benodigde betonwapening in dit model vervalt dan en de balklaag-module neemt het over.
Aandachtspunt	LET OP: er is GEEN bouwtekening aangeleverd, dus de verdiepingsvloer is NIET VASTGESTELD.
Vloeren	Het model houdt een betonvloer van 180,0 mm aan — voor de wanden en de fundering eronder is dat de veilige kant, maar de berekende WAPENING van die vloer geldt alleen als er ook werkelijk beton ligt.
Vloeren	Het bouwjaar bevestigt beton (naoorlogs pand (1978) → betonvloer).
Niet beschouwd	NIET BESCHOUWD: hoe dik de bestaande dragende wanden zijn staat niet in de aangeleverde stukken, en daarmee is niet te berekenen hoeveel die wanden nog kunnen dragen — die toets is dus overgeslagen.
Aandachtspunt	AANDACHTSPUNT — METSELWERKTOETS NIET UITGEVOERD: de wanddikte t is de grootste knop op N_{Rd} = Phi x f_d x t (en Phi zakt ook nog eens met lambda = 0,75 x h/t); GEMETEN op een gemeten pand geeft t = 100 mm een N_{Rd} van 44 kN/m1 tegen 172 bij t = 150 mm, een factor 3,9, bij een wandvoetlast van 76-104 kN/m1.
Wanden	Een unity check op een aangenomen dikte is geen berekening; vul de wanddikte in bij de bestaande constructie (of voeg een bouwtekening toe) en het model toetst de wanden alsnog volgens NEN-EN 1996-1-1 par. 6.1.2.
Geometrie	GEOMETRIE: model rechtstreeks uit de gemeten 3DBAG-schil (geometrie exact op de meting; 1628 elementen, 0.98% van het oppervlak buiten de meshkwaliteitsgrens).
Vloeren	VLOERNIVEAUS in het model: 1e verdiepingsvloer 397 plaatelementen; 2e verdiepingsvloer 326 plaatelementen; Begane grondvloer 400 plaatelementen.
Aandachtspunt	LET OP: een los gemeten deel zonder fundering (26 knopen, 24,1 m²) is uit het model gelaten — het kan niet dragen; controleer wat het is.
Niet beschouwd	De bestaande constructie blijft een reviewpunt bij de goedkeuring.

VOORBEELD

Onderwerp	Toelichting
Niet beschouwd	NIET BESCHOUWD: De zetting door deze verbouwing.
Fundering	De ingreep staat niet in dit 3D-model, dus dit model verandert de last op de fundering niet.
Belasting	De bestaande woning is onder haar eigen gewicht al jaren geleden gezet; een zettingsanalyse van die last zegt niets over de verbouwing.
Aandachtspunt	AANDACHTSPUNT beoordeel een extra last op de bestaande fundering uit de onderdelen van deze verbouwing (bijvoorbeeld een optopping, een nieuwe kolom of een doorbraak); die toename zit niet in dit 3D-model

Het rekenmodel is met deze schematisering en belasting doorgerekend.

Oordeel uit de solver (de volledige uitvoer staat achter de link): Knikvorm/α_cr en eigenfrequenties: NIET BESCHOUWD — model 7380 vrijheidsgraden > drempel 900; de stabiliteit is apart beoordeeld (zie de stabiliteits-/funderingsmodules)

Maatgevende unity check UC = 0,28 — voldoet (indicatief; de constructeur verifieert de schematisering).

Aandachtspunt — de constructeur bevestigt de schematisering, steunpunten en uitkomsten van dit solvermodel bij de goedkeuring.

Constructieberekening – 3D FEM (staven + platen)

gegeven	waarde
Gevolgklasse	CC1
Rekenmethode	directe stijfheidsmethode, 6 vrijheidsgraden per knoop
Omvang model	1230 knopen, 46 staven

Knopen: 1230 totaal, waarvan 46 opgelegd (46× T2R3 (vast: ux, uy, rx, ry, rz)). 46 voetknopen dragen verticaal op een grondveer (Winkler-bedding), beddingsconstante k = 1317–1656 kN/m per knoop; de berekende zakking hangt rechtstreeks aan die waarde. De knoop- en elementuitvoer per stuk (coördinaten, opleggingen, id-reeksen) staat in de online berekening; die is met alle invoer en uitvoer in te zien via de link bij dit model.

Staven (identieke gegroepeerd)

aantal	profiel	materiaal	type	scharnier i / j
46	Strook 600 × 200	Beton C30/37	normaal	vast / vast

Stramien

as	maatvoering [m]
X-as	A (-1,22) · B (6,20)
Y-as	1 (-1,69) · 2 (14,52)
Z-niveau	+0,00 · +8,41

Oppervlaktelasten op de vlakken [kN/m²]

q	richting	belastinggeval	constructievlakken	deelvlakken	o.a.
1,50	omlaag (−z)	Permanent (G)	9	1454	begane grondvloer, kopgevel y = 0,00 m, kopgevel y = 14,50 m, …
1,75	omlaag (−z)	Veranderlijk vloer (Q)	3	1123	begane grondvloer, vloer 1e verdieping, vloer 2e verdieping
0,70	⊥ op het vlak (druk)	Wind -x (Wx-)	5	204	kopgevel y = 0,00 m, kopgevel y = 14,50 m, langsgevel x = 6,10 m, …

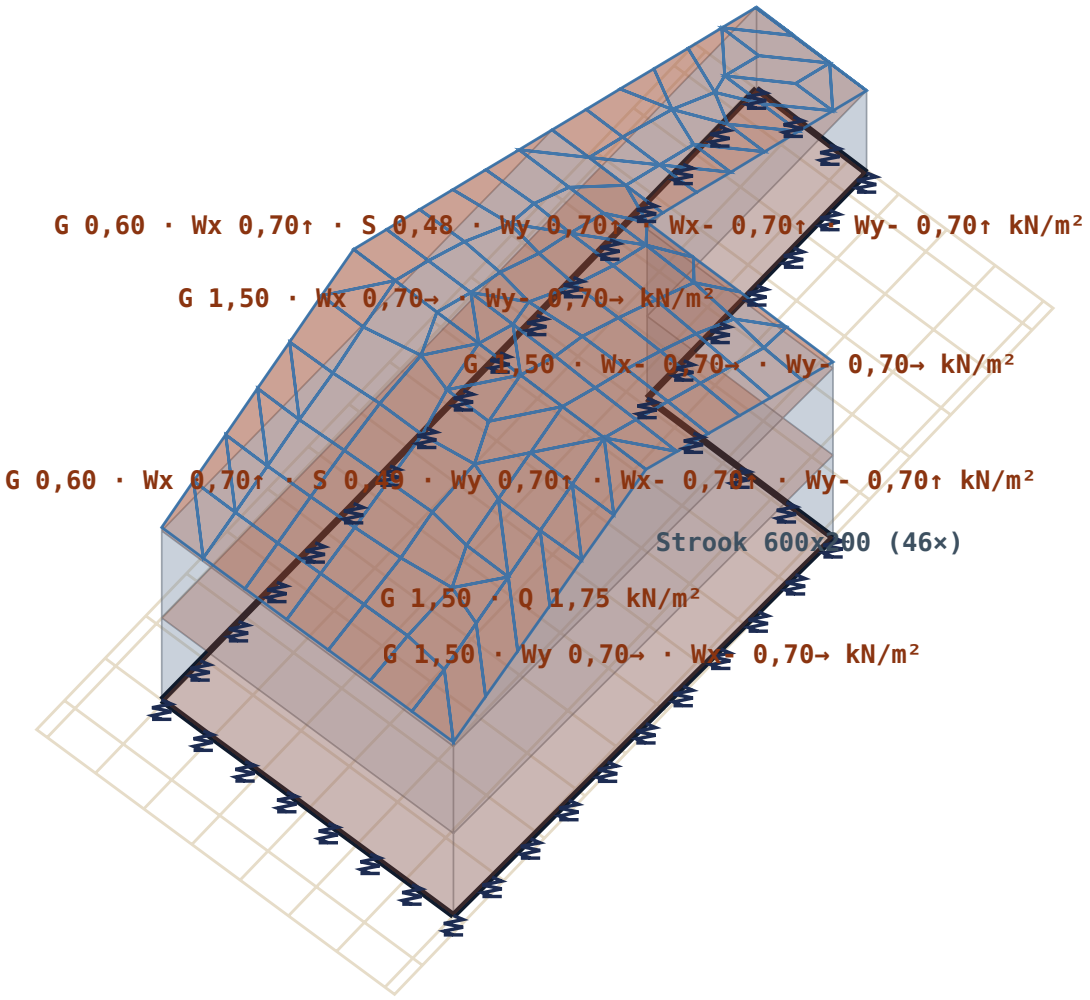
VOORBEELD

0,70	⊥ op het vlak (druk)	Wind dwars +y (Wy)	3	171	kopgevel y = 0,00 m, langsgevel x = 6,10 m, wand x = 2,34 m
0,70	⊥ op het vlak (druk)	Wind dwars -y (Wy-)	3	160	kopgevel y = 14,50 m, langsgevel x = 0,01 m, wand y = 9,11 m
0,60	omlaag (−z)	Permanent (G)	4	138	dakschild 1 (30°, richting −y), dakschild 2 (24°, richting +y), dakschild 3 (17°, richting +y), ...
0,70	opwaarts (+z)	Wind +x (Wx)	4	138	dakschild 1 (30°, richting −y), dakschild 2 (24°, richting +y), dakschild 3 (17°, richting +y), ...
0,70	opwaarts (+z)	Wind dwars +y (Wy)	4	138	dakschild 1 (30°, richting −y), dakschild 2 (24°, richting +y), dakschild 3 (17°, richting +y), ...
0,70	opwaarts (+z)	Wind -x (Wx-)	4	138	dakschild 1 (30°, richting −y), dakschild 2 (24°, richting +y), dakschild 3 (17°, richting +y), ...
0,70	opwaarts (+z)	Wind dwars -y (Wy-)	4	138	dakschild 1 (30°, richting −y), dakschild 2 (24°, richting +y), dakschild 3 (17°, richting +y), ...
0,70	⊥ op het vlak (druk)	Wind +x (Wx)	1	127	langsgevel x = 0,01 m
0,48	omlaag (−z)	Sneeuw dak (S)	3	82	dakschild 2 (24°, richting +y), dakschild 3 (17°, richting +y), dakschild 4 (30°, richting +y)
0,49	omlaag (−z)	Sneeuw dak (S)	1	56	dakschild 1 (30°, richting −y)

Oppervlaktelast gegroepeerd op WAARDE en richting (verticaal: positieve q werkt omlaag in −z; ⊥ op het vlak: de last staat loodrecht op dát vlak, zoals winddruk op een gevel): 13 verschillende last(en) over 48 constructievlakken en 4067 deelvlakken. Welke last op wélk vlak staat, is af te lezen op het 3D-modelaanzicht hieronder (zelfde bron, zelfde getallen) en volledig in te zien in de online berekening. Het eigen gewicht van de schijven/staven rekent de solver daarnaast zelf mee (permanente last).

VOORBEELD

Aangehouden belasting op het model (knoop-, staaf- en oppervlaktelasten)



max verplaatsing 49,68 mm
totale verticale reactie 2953,7 kN

belastinggeval	aangehouden belasting in het model
Permanent (G)	eigen gewicht constructie · 0,60–1,50 kN/m² op vlak (omlaag)
Veranderlijk vloer (Q)	1,75 kN/m² op vlak (omlaag)
Wind +x (Wx)	0,70 kN/m² op vlak (opwaarts), 0,70 kN/m² ⊥ op het vlak (druk)
Sneeuw dak (S)	0,48 kN/m² op vlak (omlaag)
Wind dwars +y (Wy)	0,70 kN/m² op vlak (opwaarts), 0,70 kN/m² ⊥ op het vlak (druk)
Wind -x (Wx-)	0,70 kN/m² op vlak (opwaarts), 0,70 kN/m² ⊥ op het vlak (druk)
Wind dwars -y (Wy-)	0,70 kN/m² op vlak (opwaarts), 0,70 kN/m² ⊥ op het vlak (druk)

De belastinggevallen staan TEGELIJK in het beeld hierboven, elk in zijn eigen kleur; de code tussen haakjes achter de naam is het label bij de pijlen en bij de belaste vlakken. Oranje vlaktint = de last DRUKT op het vlak (neerwaarts, of loodrecht op een gevel), blauw = hij trekt eraf (zuiging); een oranje vlak met blauwe omranding draagt beide. In het label achter een belastinggeval betekent ↑ dat die last op dat vlak OPWAARTS werkt (windzuiging), ↕ dat hij in beide richtingen voorkomt en → dat hij HORIZONTAAL staat, loodrecht op dat vlak (winddruk op een gevel). Een lijnlast is getekend als GEVULDE STROOK tussen de staaf en de lastlijn; de pijlen erover geven de richting. De

VOORBEELD

pijlLENGTE is per belastinggeval geschaald op de zwaarste last van dat geval, en apart voor kN en kN/m — pijlen van VERSCHILLENDE gevallen of eenheden zijn dus niet onderling te vergelijken. De grootte staat bij de pijl en in deze tabel. De combinaties met hun factoren staan bij "Belastingcombinaties".

Belastinggevallen

geval	soort	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Permanent (G)	permanent	1,00	1,00	1,00
Veranderlijk vloer (Q)	veranderlijk	0,40	0,50	0,30
Wind +x (Wx)	veranderlijk	0,00	0,20	0,00
Sneeuw dak (S)	veranderlijk	0,00	0,20	0,00
Wind dwars +y (Wy)	veranderlijk	0,00	0,20	0,00
Wind -x (Wx-)	veranderlijk	0,00	0,20	0,00
Wind dwars -y (Wy-)	veranderlijk	0,00	0,20	0,00

Samenvatting resultaten

grootheid	waarde	toelichting
Maximale vervorming	49,7 mm	uz (verticaal), knoop 1104 (resultante 49,7 mm)
Maximale vervorming t.o.v. de fundering	7,5 mm	uz (verticaal), knoop 1107 — zonder bodemzetting: de starre zakking en scheefstand van het gebouw op de grondveren zijn eruit gerekend
Verticale oplegreactie ΣRz	2953,7 kN	opwaarts +; gelijk aan de totale neerwaartse belasting (evenwichtscontrole). Maatgevende UGT-combinatie: 6.10a
Horizontale afdracht (basisschuif)	89,0 kN	ΣH over de MAATGEVENDE UGT-combinatie (windcombinatie): ΣRx=82,3 kN, ΣRy=-34,1 kN. Dit is de kracht die de fundering op glijden en verankering moet opnemen.
Horizontale oplegreactie — getoonde combinatie	0,0 kN	ΣRx=0,0 kN, ΣRy=0,0 kN in de HIER getoonde combinatie — die bevat niet altijd wind; de regel hierboven is maatgevend.
Max. plaatbuigspanning	6,6 N/mm²	extreme vezel σ=6·m/h², vloer 2e verdieping (h=180 mm) — 6.10b · Q leid.
Max. schijf(membraan)spanning	0,98 N/mm²	druk, in-vlak σ=n/h, vloer 2e verdieping (h=180 mm) — 6.10b · Q leid.

ΣRz is de som van alle verticale oplegreacties; die is per evenwicht gelijk aan de totale neerwaartse belasting (eigen gewicht + opgelegde lasten). De membraan-/in-vlakspanning van schijven volgt nu WÉL uit de solve (membraan-krachtenrecovery: n=h·C·ε met dezelfde B-matrix als de schaalstijfheid) en is als σ=n/h opgenomen — indicatief, de constructeur verifieert.

Wandvoetlasten per wand-voetlijn [kN/m]

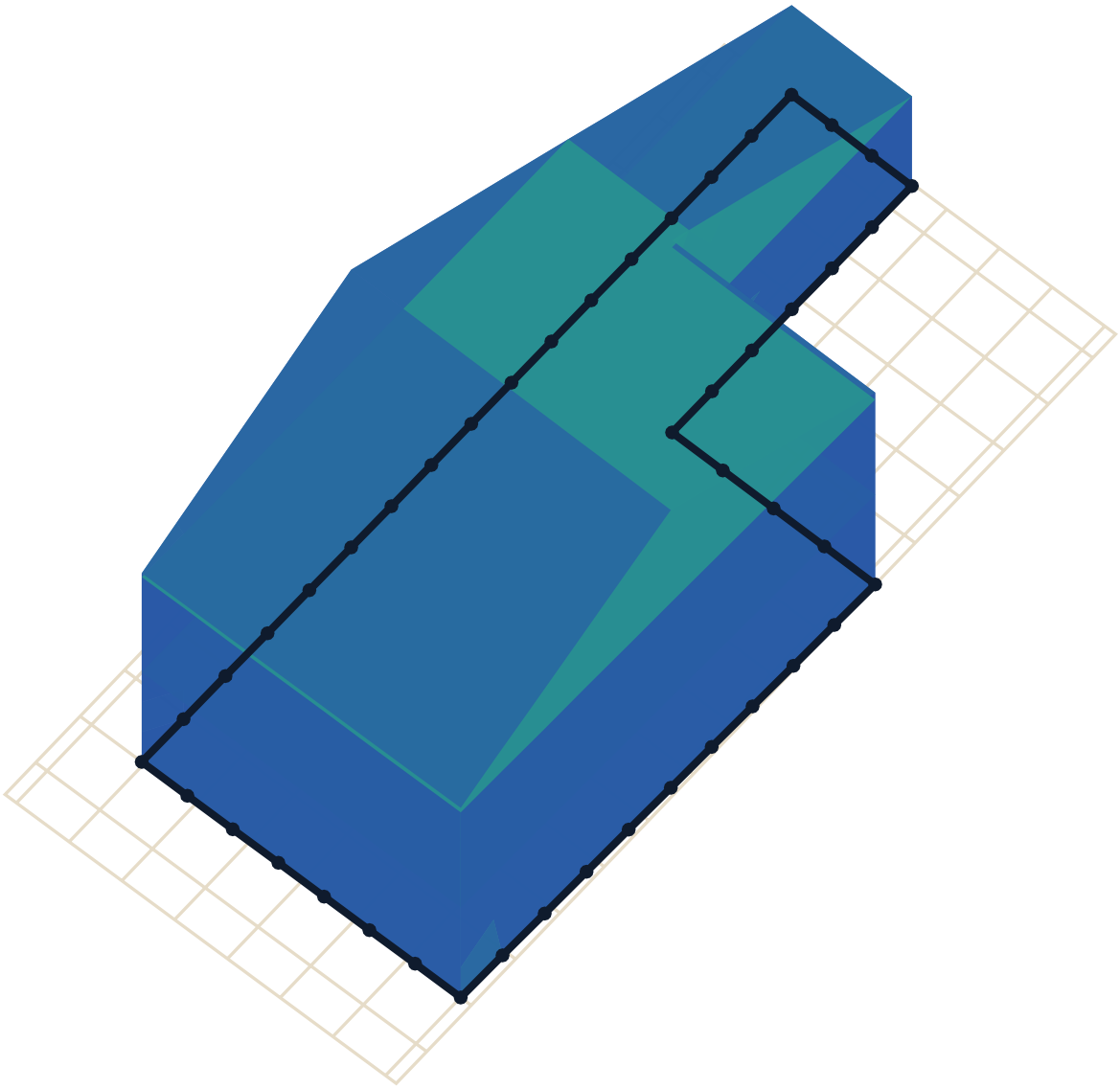
lijn	wand	bereik	lengte [m]	gem. [kN/m]	piek [kN/m]	totaal [kN]
3	kopgevel y = 0,00 m	x = -0,05 – 6,00 m	6,05	73,3	75,9	443,5
1	kopgevel y = 14,50 m	x = 0,05 – 2,37 m	2,31	71,9	75,7	166,3
6	langsgevel x = 6,10 m	y = 0,00 – 9,10 m	9,10	72,3	74,2	657,9
2	wand x = 2,34 m	y = 9,13 – 14,48 m	5,36	70,5	74,2	377,6
5	langsgevel x = 0,01 m	y = 0,00 – 14,52 m	14,52	71,3	72,7	1035,0
4	wand y = 9,11 m	x = 2,33 – 6,20 m	3,87	70,6	71,3	273,4

VOORBEELD

Verticale oplegreactie per wand-voetlijn: elke basisknoop is gekoppeld aan de voet van zijn wand-constructievlak en omgerekend naar lijnlast (gemiddeld = totaal/lengte; piek uit de tributaire knooplengte). Hoek-/kruisingsknopen tellen 50/50 mee in beide rakende wanden; een gat in de knopenrij (> 2× de mediane knoopafstand) splitst de lijn en segmenten met < 3 knopen vallen fail-closed terug op puntsteunen. Knopen zonder wand (kolomvoeten) staan apart als puntsteun. Som lijnen = 2953,7 kN, ΣRz = 2953,7 kN (verticaal evenwicht klopt). Indicatief; de constructeur verifieert.

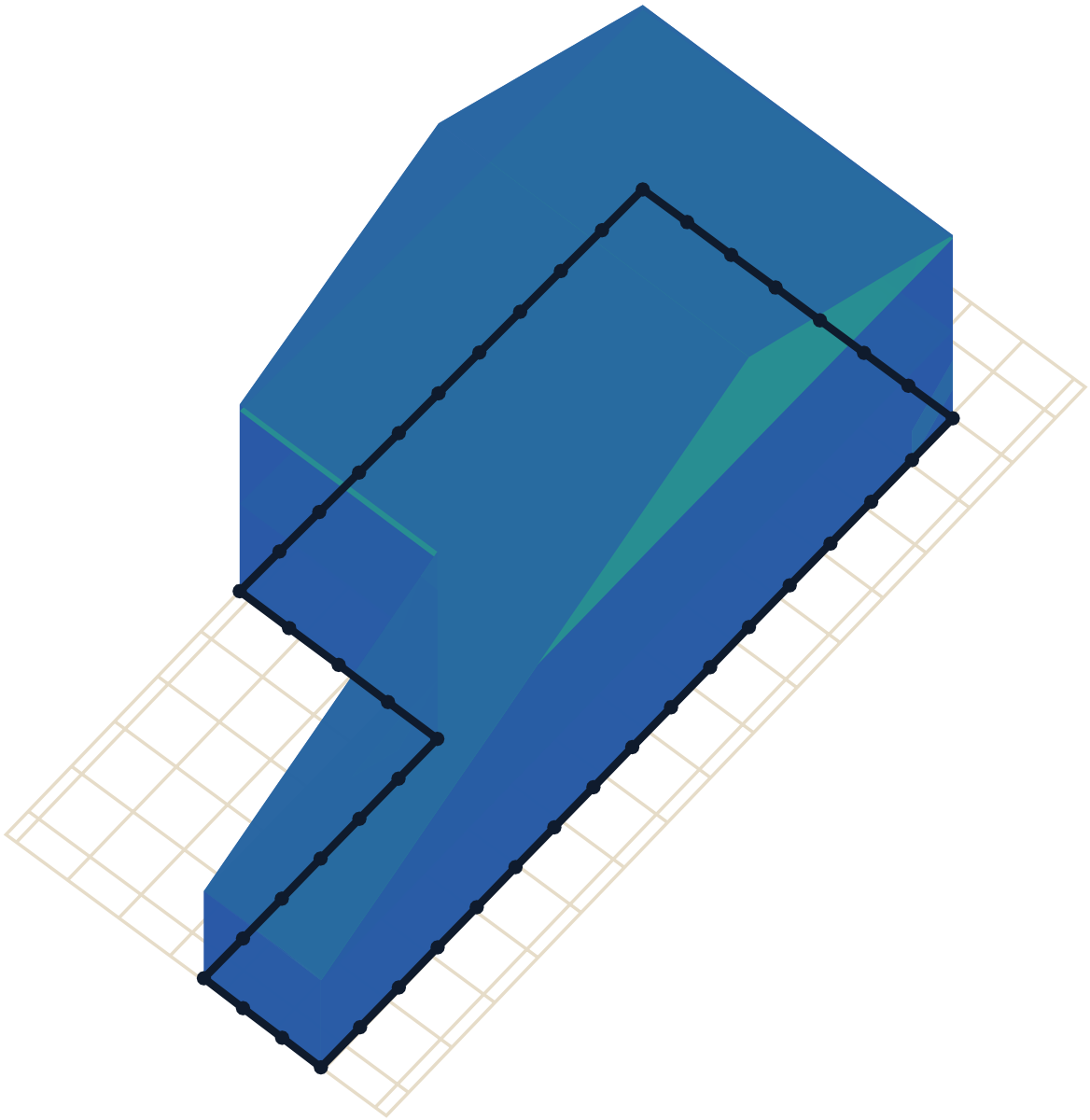
Indicatieve UC per constructievlak (indicatief — constructeur verifieert)

Indicatieve UC per constructievlak — aanzicht 1 (rood = UC > 1,00)



VOORBEELD

Indicatieve UC per constructievlak — aanzicht 2, tegenoverliggende zijde



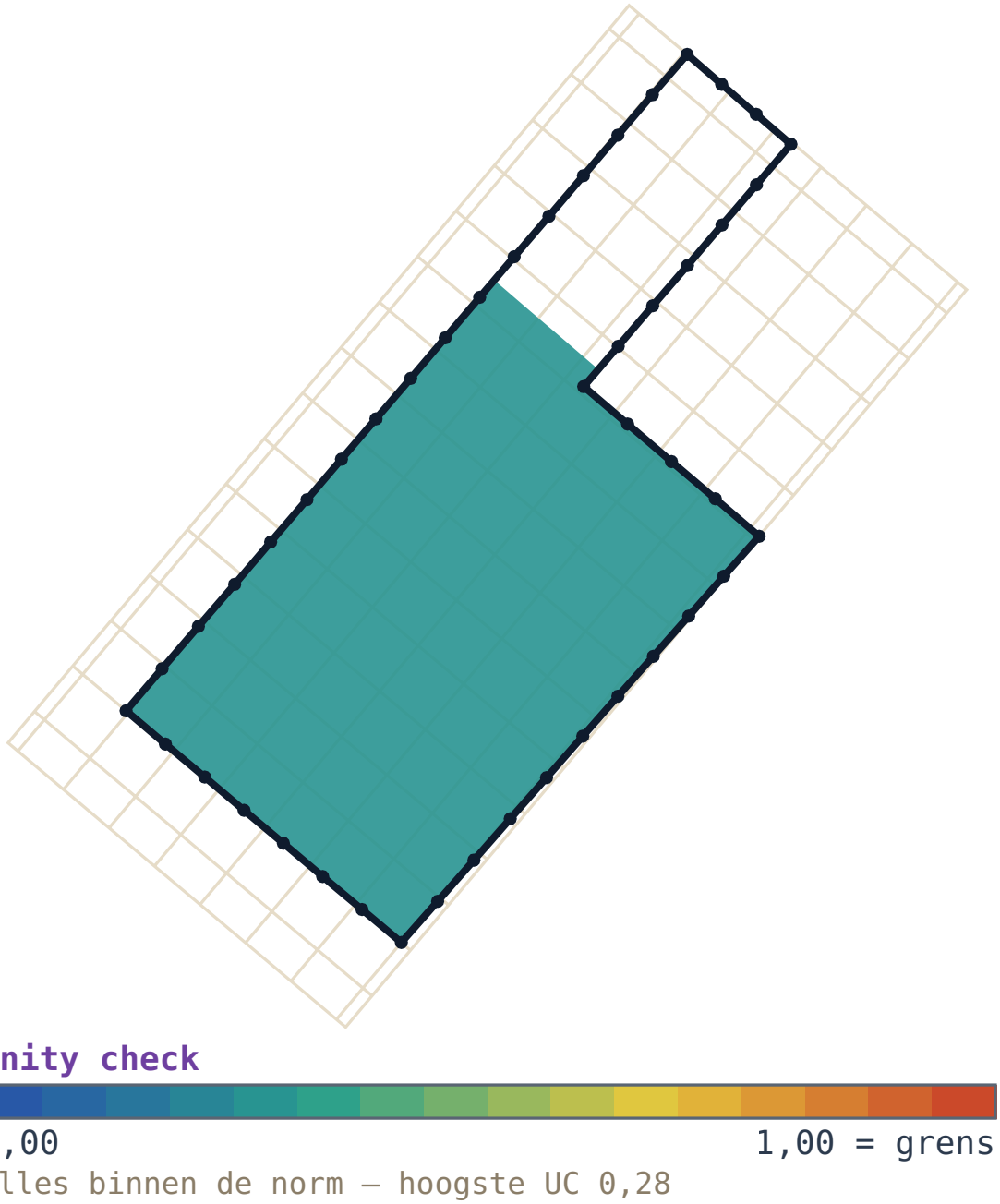
VOORBEELD

unity check

0,00 — 1,00 = grens

alles binnen de norm — hoogste UC 0,28

Indicatieve UC per constructievlak — bovenaanzicht, zwaarst belast horizontaal niveau z = 5,60 m (vloer 2e verdieping, UC 0,28)



maatgevend vlak	toets	waarde	grens	UC
vloer 2e verdieping (z = 5,60 m · 6,2 × 9,5 m)	doorbuiging w ≤ L/250 (L = 6,25 m) [1]	7,0 mm	25,0 mm	0,28

[1] L = de kortste vlak-afmeting (aanname; de werkelijke overspanning kan korter zijn). w wordt RELATIEF t.o.v. de opleggingen van dat vlak gemeten — de ZETTING van het gebouw zit er NIET in, die staat in de zettingsmodule.

Alle 16 getoetste constructievlakken voldoen; het zwaarst belaste staat hierboven. De UC per afzonderlijk vlak is af te lezen uit de figuur en volledig in te zien in de online berekening.

VOORBEELD

Trek in het vlak (n_1) — vlakken boven de attentiedrempel

vlak	n_1[kN/m]	σ_t[N/mm²]
vloer 2e verdieping	162,7	0,90
langsgevel x = 0,01 m	52,0	0,52
vloer 1e verdieping	50,9	0,28

Beoordeel voor deze vlakken de trekweerstand/wapening. $\sigma_t = n_1/h$ uit de UGT-omhullende. Attentiedrempel: $\sigma_t > 0{,}5$ N/mm² of $n_1 > 50$ kN/m (ter vergelijking: $f_{ctd} \approx 1{,}3$ N/mm² voor C30/37). Daarnaast 9 vlakken met GERINGE trek ($\sigma_t < 0{,}5$ N/mm², ruim onder de betontreksterkte) — geen aparte beoordeling nodig.

Doorbuiging uit de BGT-omhullende t.o.v. L/250 (L per vlak in de tabel). Wanddruk $\sigma = |n|/h + 6\cdot|m|/h^2$ uit de UGT-omhullende t.o.v. $f_{cd} = 20$ N/mm² (C30/37). Indicatief — de constructeur verifieert; dit vervangt geen toetsing.

Eurocode-combinaties (NEN-EN 1990, CC1)

Berekeningswijze: eerste orde (lineair).

grenstoestand	combinatie	factoren
UGT	6.10a	1,22·G + 0,54·Q
UGT	6.10a · alleen G	1,22·G
UGT	6.10b · Q leid.	1,08·G + 1,35·Q
UGT	6.10b · W leid.	1,08·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid., ov.Q=0	1,08·G + 1,35·W
UGT	6.10b · S leid.	1,08·G + 0,54·Q + 1,35·S
UGT	6.10b · S leid., ov.Q=0	1,08·G + 1,35·S
UGT	6.10b · W leid.	1,08·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid., ov.Q=0	1,08·G + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid.	1,08·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid., ov.Q=0	1,08·G + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid.	1,08·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid., ov.Q=0	1,08·G + 1,35·W
UGT	EQU · Q leid. (G gunst.)	0,90·G + 1,35·Q
UGT	EQU · W leid. (G gunst.)	0,90·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	EQU · W leid., ov.Q=0 (G gunst.)	0,90·G + 1,35·W
UGT	EQU · S leid. (G gunst.)	0,90·G + 0,54·Q + 1,35·S
UGT	EQU · S leid., ov.Q=0 (G gunst.)	0,90·G + 1,35·S
UGT	EQU · W leid. (G gunst.)	0,90·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	EQU · W leid., ov.Q=0 (G gunst.)	0,90·G + 1,35·W
UGT	EQU · W leid. (G gunst.)	0,90·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	EQU · W leid., ov.Q=0 (G gunst.)	0,90·G + 1,35·W
UGT	EQU · W leid. (G gunst.)	0,90·G + 0,54·Q + 1,35·W

(de 24 zwaarste van de 38 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

VOORBEELD

Maatgevende omhullende per staaf (UGT) — zwaarst belaste staven

staaf	N[kN]	Vy[kN]	Vz[kN]	My[kNm]	Mz[kNm]	maatgevend
23	0,0	0,0	27,6	11,9	0,0	6.10b · Q leid. (Vy)
35	0,0	0,0	27,3	11,8	0,0	6.10b · Q leid. (My)
25	0,0	0,0	27,2	11,7	0,0	6.10b · Q leid. (Vz)
36	0,0	0,0	27,0	11,7	0,0	6.10b · Q leid. (My)
42	0,0	0,0	26,8	11,5	0,0	6.10b · Q leid. (My)

(de 6 zwaarste van de 21 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

26 staven met lagere waarden zijn hier weggelaten; de tabel toont de maatgevende gevallen, gesorteerd op zwaarte. Het volledige resultaat per knoop/staaf staat in de rekenmodule (3D-FEM-solver).

Toetsing — unity-checks (BGT doorbuiging L/250)

Resultaat toetsing: sterktetoets NIET UITGEVOERD voor deze staven (materiaaltoets uitgeschakeld), hoogste UC doorbuiging = 0,00. De constructie VOLDOET aan de getoetste doorbuigingseisen.

Getoond: de 20 staven met de hoogste unity-checks (aflopend).

staaf	mat.	UC δ	L/δ
23	Beton C30/37	0,00	L/87299
35	Beton C30/37	0,00	L/88058
25	Beton C30/37	0,00	L/88579
36	Beton C30/37	0,00	L/88845
42	Beton C30/37	0,00	L/89749

(de 6 zwaarste van de 21 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

26 staven met lagere waarden zijn hier weggelaten; de tabel toont de maatgevende gevallen, gesorteerd op zwaarte. Elke staaf die NIET voldoet (UC > 1,0) staat altijd in de tabel. Het volledige resultaat per knoop/staaf staat in de rekenmodule (3D-FEM-solver).

UC knik = N_c,Ed/N_b,Rd (§6.3.1, maatgevende as y/z; kniklengte L_{cr} per as ingevoerd, leeg = staaflengte). UC kip = M_Ed/M_b,Rd (§6.3.2, M_{cr} met C1, Iz/Iy, It, Iw). UC §6.3.3 = gecombineerde N-M-knik-interactie (vgl. 6.61/6.62).

Maatgevende uitkomsten

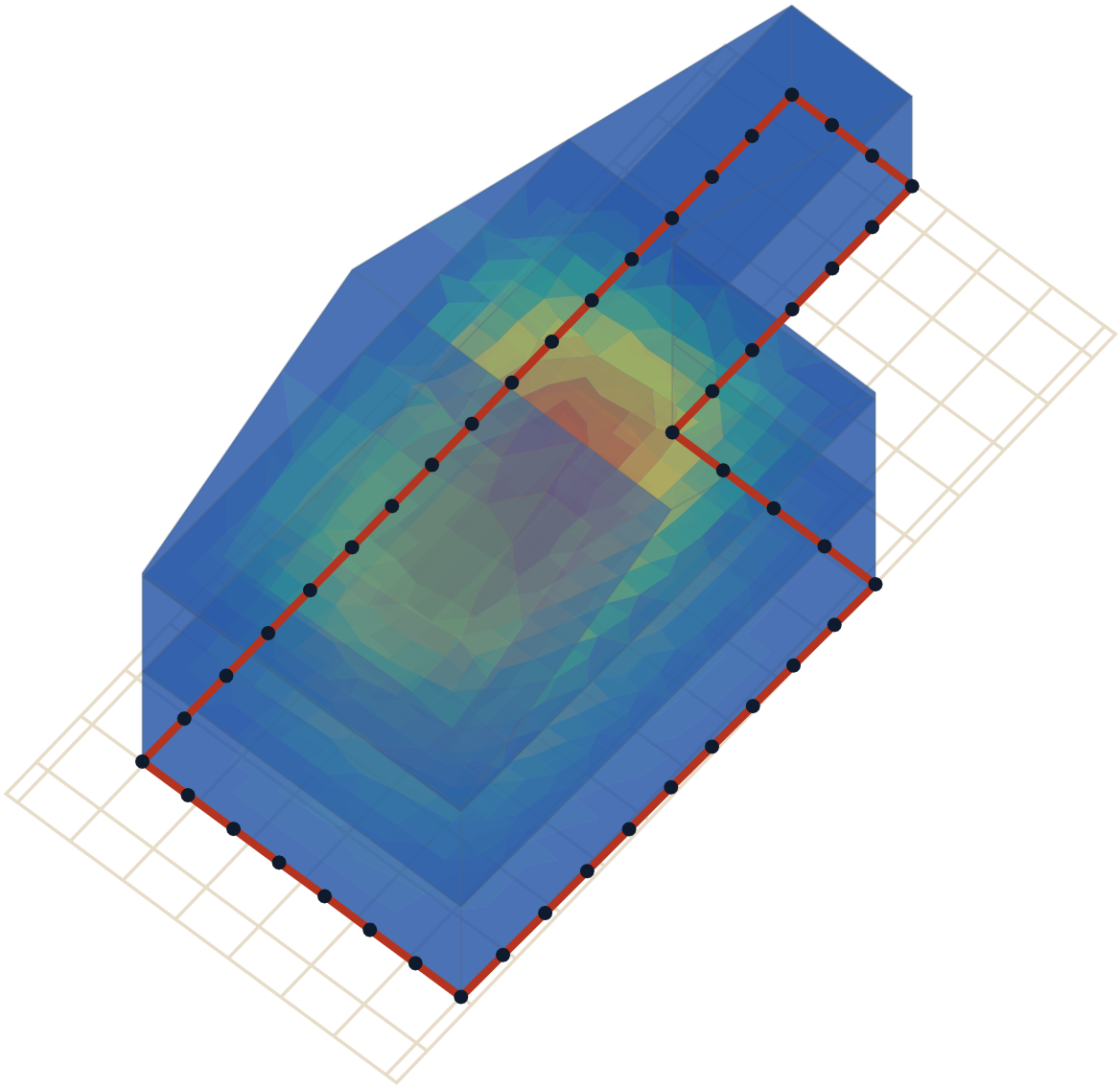
grootheid	waarde	waar
Maximale dwarskracht Vz	27,6 kN	staaf 23 — 6.10b · Q leid.
Maximale moment My (sterke as)	11,9 kNm	staaf 23 — 6.10b · Q leid.
Grootste verticale oplegreactie	69,1 kN	knoop 164 — Rx 17,9 · Ry 4,3 kN

Per grootheid de zwaarste waarde in het model over ALLE UGT-combinaties (de omhullende), met de staaf en de maatgevende combinatie waar hij optreedt. De volledige uitvoer per knoop, staaf en oplegging staat in de online berekening — daar is het model met alle invoer en uitvoer in te zien.

Grootste doorbuiging (getoond resultaat): 49,68 mm zakking in vloer 2e verdieping (dikte 180 mm). De doorbuiging per constructievlak staat in de online berekening.

VOORBEELD

3D-aanzicht: vervorming (zonder bodemzetting)



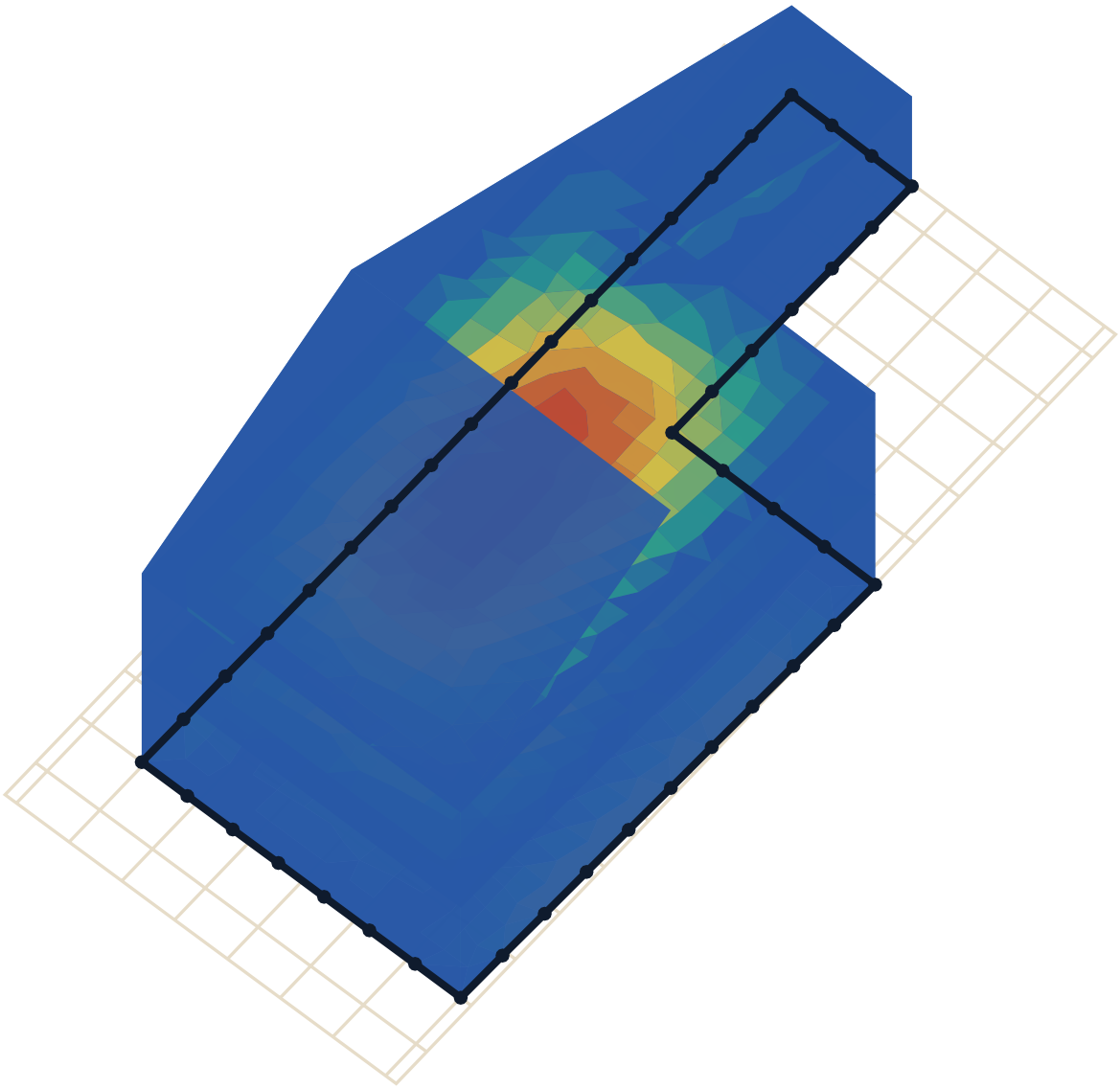
VOORBEELD

doorbuiging plaat

0,00 mm — 7,54 mm

rood = meeste zakking t.o.v. de fundering
(zonder bodemzetting)

3D-aanzicht: plaatmoment m1 (hoofdmoment, contour)



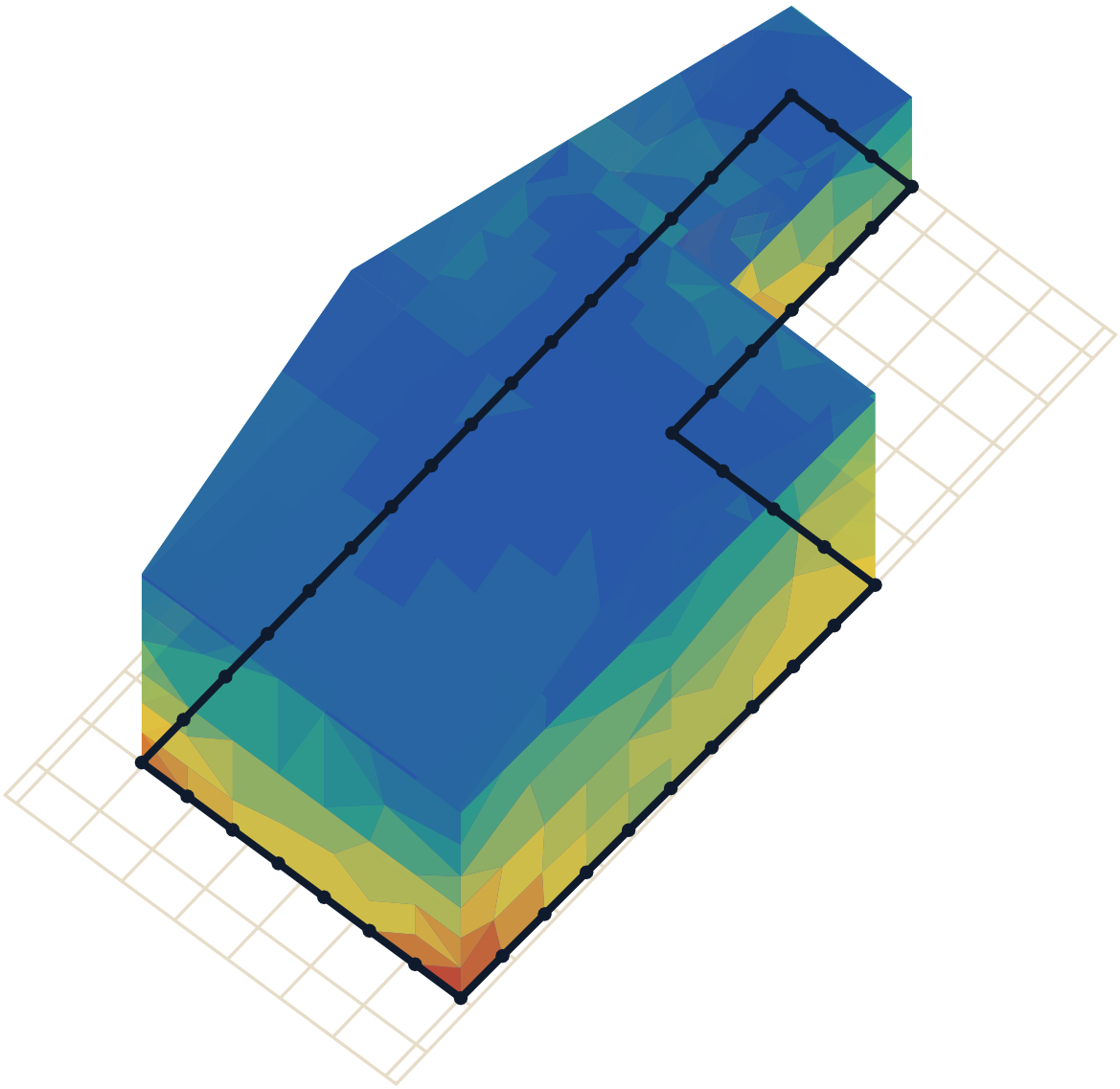
|m1| plaatmoment

0 32,5 kNm/m

bereik -18,6 … +32,5 kNm/m

VOORBEELD

3D-aanzicht: membraan-/schijfspanning σ = n/h (contour)



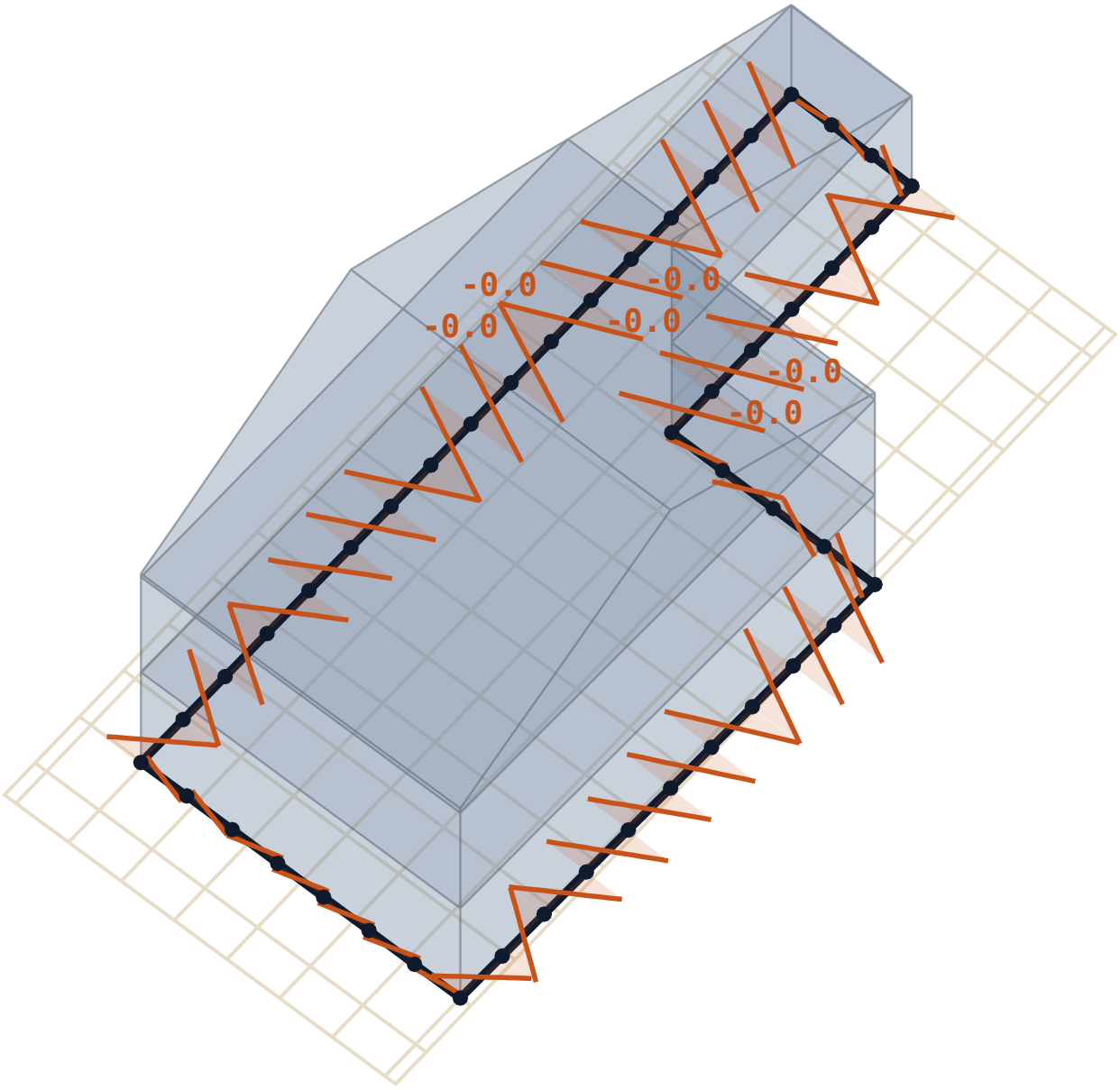
|σ| = |n|/h

0 — 0,87 N/mm²

bereik -0,87 (druk −) … +0,29

VOORBEELD

3D-aanzicht: moment Mz (zwakke as)



VOORBEELD

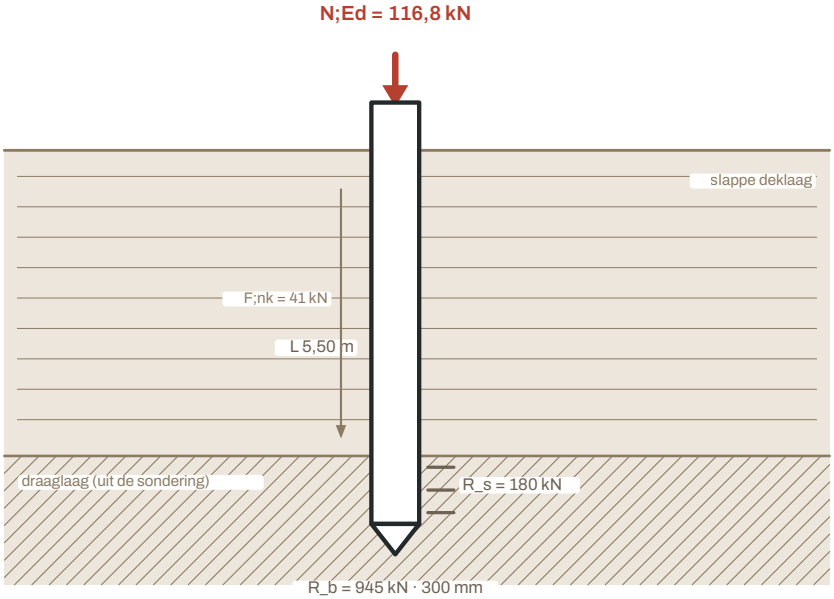
Niet als figuur opgenomen (wel in de rekenmodule doorgerekend en zichtbaar in de 3D-FEM-solver): 3D-aanzicht: moment My (sterke as); 3D-aanzicht: globaal moment Mg,XZ; 3D-aanzicht: globaal moment Mg,YZ.

4.4. Druk-/trekpaal — Fundering

Toepassing: Fundering (poer) onder nieuwe oplegging - drukpaal (sondering: te slap voor op staal)

Rekenmodel · drukpaal (uit sondering)

Fundering (poer) onder nieuwe oplegging - drukpaal (sondering: te slap voor op staal)



Profiel 300x300 mm, paalpunt 5,5 m -mv (schacht in draaglaag 1,0 m)
R_c;d = 674 kN (xi 1,39) · maatgevend: Draagkracht UC 0,17

voldoet

VOORBEELD

Aannames

- Geheide prefab betonpaal (grondverdringend) 300 × 300 mm; ontwerplast N_{Ed} = 76,0 kN. NEN 9997-1 (Koppejan 4D/8D); paalklassefactoren α_p = 0,7, α_s = 0,01 (per paaltype, NEN 9997-1+C1:2025, tabel 7.c).
- **Puntweerstand:** $R_b = \alpha_p \cdot q_{c;gem} \cdot A_{punt}$ = 0,7 · 15,0 MPa · 0,090 m² = 945 kN ($q_{c;gem}$ 19,3 MPa begrensd op 15 MPa). $q_{c;gem}$ volgens Koppejan (4D onder / 8D boven de paalpunt, NEN 9997-1), bepaald uit de sondering (CPT000000036259 · BRO, ~897 m).
- **Schachtwrijving:** $R_s = \alpha_s \cdot q_{c;schacht} \cdot O \cdot L$ = 0,01 · 15,0 MPa · 1,20 m · 1,0 m = 180 kN.
- **Paalpuntniveau 5,5 m -mv (uit de sondering):** de schachtwrijving telt alleen over de draaglaag onder de neutrale lijn (1,0 m), niet over de slappe deklaag.
- **Negatieve kleef (effectieve-spanningsmethode, NEN 9997-1):** N_k = 41 kN telt als NEERWAARTSE belasting mee. Toets: $R_{c;d} \geq N_{Ed} + N_k$ = 76 + 41 = 117 kN.
- **Correlatiefactor xi = 1,39 (1 sondering(en)):** partiele factoren γ_b = 1,2, γ_s = 1,2 (NL NB). Ontwerp-draagvermogen $R_{c;d}$ = 674 kN (UC = 0,17).
- **NIET BESCHOUWD:** de schachtwrijving per grondlaag. Er is gerekend met één opgegeven gemiddelde $q_{c;schacht}$ over de hele opgegeven lengte.
- **AANDACHTSPUNT constructeur:** NEN 9997-1 art. 7.6.2.3 telt de wrijving per laag met $q_{c;z;a}$ (pieken boven 12 MPa afgesneden; in een laag van ten minste 1 m op de laagste q_c, hooguit 15 MPa) en α_s uit tabel 7.c voor zand en grind; klei, leem en veen volgen tabel 7.d en geven veel minder of geen wrijving. Telt de opgegeven lengte klei- of veenlagen mee, of ligt $q_{c;schacht}$ boven 12 MPa, dan is R_s te hoog. Laad de .gef: dan rekent de tool per laag.
- **NIET BESCHOUWD:** een verlaging van de conusweerstand door overconsolidatie (voorbelasting) of door een ontgraving na de sondering; niet opgegeven.
- **AANDACHTSPUNT constructeur:** is de draagkrachtige laag overgeconsolideerd (OCR > 1), dan telt q_c / wortel(OCR) (zoals D-Foundations; bij OCR 4 de helft van R_b); is er na de sondering ontgraven, dan is q_c te hoog. Geef 'ocr_draaglaag' (1 = normaal geconsolideerd) en 'ontgraving' (m na de sondering, 0 = geen) op.

- **NIET BESCHOUWD:** of het zand langs de schacht grof is (d50 > 0,6 mm); dat is uit een sondering niet af te lezen.
- **AANDACHTSPUNT constructeur:** in grof zand en grind verlaagt NEN 9997-1 α_s voor een voorgevormde geheide paal (D-Foundations 25.1: prefab en stalen buis x 0,85, hout x 0,75); de schachtwrijving is dan tot 25 %% te hoog. Geef 'd50_zand' (mm) uit de boorbeschrijving op.

Algemene gegevens		
Funderingstype	paalfundering	
Afmeting	300 × 300 mm, paalpunt 5,5 m -mv (schacht in draaglaag 1,0 m)	
Paaltype	prefab beton	
Paalpuntniveau	5,5	m -mv
Schachtlengte in draaglaag	1,0	m

Belasting (ontwerp)		
Ontwerpnormaalkracht N_{Ed}	116,8	kN

Paaldraagvermogen		
$q_{c_{gem}}$ volgens Koppejan 4D/8D (uit de sondering)	19,3	MPa
Puntweerstand R_b	945,0	kN
Schachtweerstand R_s	180,0	kN
Correlatiefactor ξ	1,39	
Rekenwaarde R_{c_d}	674,5	kN

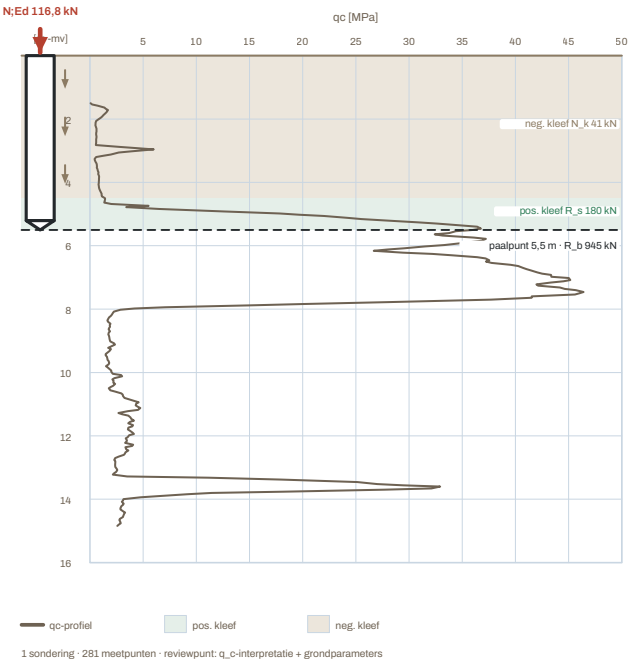
Toetsing · NEN 9997-1 · paaldraagvermogen			
Draagvermogen paal $N_{Ed} \leq R_{c_d}$	116,8 / 674,5 kN	u.c. = **0,17**	**voldoet**

Toepassen: **300 × 300 mm, paalpunt 5,5 m -mv (schacht in draaglaag 1,0 m)**

ULS u.c. **0,17** · SLS u.c. **n.v.t.** ✓ voldoet

Sondering · qc-profiel + paaldraagkracht (.gef)

sondering: CPT000000036259 · BRO, ~897 m



1 sondering · 281 meetpunten · reviewpunt: q_c-interpretatie + grondparameters

VOORBEELD

VOORSTEL funderingswijze (bevestigen door constructeur): DRUKPAAL, gekozen o.b.v. de sondering (zie Uitgangspunten, grondonderzoek); de afmeting/draagkracht staan in de toetsregel hierboven. De Koppejan 4D/8D-q_c;punt en de schachtwrijving bevestigt de constructeur hieronder.

Aandachtspunten

Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Fundering	Sondering (q_c-profiel) + Koppejan 4D/8D voor $q_{c;punt}$ verifieren; negatieve kleef, paalgroep-interactie en zettingen apart beoordelen
Fundering	de conusweerstand (sondering) + de 4D/8D-Koppejan-bepaling van $q_{c;punt}$, de grondparameters van de negatieve kleef, paalgroep/hart-op-hart-afstand, horizontale belasting en zettingen zijn deels automatisch getoetst.

VOORBEELD

5. Samenvatting en conclusie

Nr.	Onderdeel	Toe te passen	Max. UC	Oordeel
1	Stalen ligger	HEA 260	**0,41**	**voldoet**
2	Metselwerkpenant	100 × 850 mm Kalkzandsteen CS12	**0,71**	**voldoet**
3	Rekenmodel — fem3d-solver	controlemodel van de woning met de ingreep — de nieuwe onderdelen staan hierboven	**0,28**	voldoet (indicatief)
4	Druk-/trekpaal	300 × 300 mm, paalpunt 5,5 m -mv (schacht in draaglaag 1,0 m)	**0,17**	**voldoet**

3 van de 4 beschouwde onderdelen voldoen op de geautomatiseerde toetsen; 1 rekenmodel wordt bij levering door de constructeur geverifieerd; maatgevend is Metselwerkpenant — onder oplegging stalen ligger met UC 0,71. De aandachtspunten per onderdeel worden door de constructeur bij de goedkeuring bevestigd.

VOORBEELD

6. Constructieve overzichten

Hieronder een schematische constructieve overzichtstekening met de toe te passen profielen.

Constructieve overzichtstekening

schematisch — de toe te passen onderdelen uit deze berekening



Stalen ligger

toe te passen: HEA 260



Metselwerkpenant

toe te passen: 100x850 mm Kalkzandsteen CS12

Druk-/trekpaal

toe te passen: 300x300 mm, paalpunt 5,5 m -mv (schacht in draaglaag 1,0 m)

Schets ter oriëntatie; de constructietekening met oplegging en aansluitingen maakt geen deel uit van dit document.

Constructieve overzichtstekening — toe te passen profielen

- Aandachtspunt — de constructieve overzichtstekening wordt door de constructeur bevestigd of vervangen door de definitieve constructietekening met oplegging en aansluitingen (bij de goedkeuring).

Bijlage — Profieleigenschappen (staal)

Profiel	h [mm]	b [mm]	gewicht [kg/m]	Iy [cm⁴]	Wpl;y [cm³]	Avz [cm²]
HEA 260	250	260	68,20	10.450	919,80	28,80

Waarden uit een standaard profieltabel (ArcelorMittal); de constructeur verifieert deze tegen een actuele tabel.

EINDE RAPPORT Dit document is compleet tot en met deze pagina.

VOORBEELD