

Notitie

HaskoningDHV Nederland B.V.
Industry & Buildings

Aan: ..
Van: ...
Datum: 7 september 2023
Kopie: [Click to enter "CopyTo"](#)
Ons kenmerk: BI6515-RHD-AM-CV-NT-SE-...
Classificatie: Projectgerelateerd
Goedgekeurd door: ..

Onderwerp: Controle trapbelastingen Opera voorstelling

1 Inleiding

In oktober 2023 organiseert Opera Compact de voorstelling La Traviata in de fabriek van Sappi te Maastricht. Een deel van het decor en tribune zal op de bovenste verdieping van gebouw 736 worden opgebouwd. Sappi Maastricht heeft daarom op 29-06-2023 een aanvraag voor een omgevingsvergunning ingediend onder zaaknummer Z2023-00000897. Na toetsing door het RUD is er een verzoek tot aanvullende gegevens is gevraagd. Deze notitie dient als aanvulling op onderstaande opmerking:

Document "Bijlage 7 Plattegrond bouw":

In bijlage 4 wordt aangegeven dat de toelaatbare vloerbelasting minimaal 1000 kg/m² is. Op de tekening "7905351_1688071 191 537_8ijlage_7_Plattegrond_bouw" is aangegeven dat er 1 toegangstrappenhuis aanwezig is en 2 noodtrappenhuizen aanwezig zijn. Conform NEN-EN 1991-1-1 art. 6.3.1.1. en 6.3.1.2. is belastingklasse C5 van toepassing voor de vloeren en trappen. Dit betekent dat, exclusief veiligheidsfactoren en exclusief het eigen gewicht, de trapconstructies in staat moeten zijn om een opgelegde belasting van 5,00 kN/m² aan te kunnen (excl. veiligheidsfactor).

Bijlage 4 dient daarom aangevuld te worden met de constructieve toets van de trappenhuizen of er dient aangetoond te worden dat deze trappenhuizen ontworpen zijn om deze genoemde belasting te kunnen dragen.

In het gebouw zijn er twee hoofdtrappenhuis aanwezig, die bestaan uit in het werk gestorte betonnen trappen en bordessen. Daarnaast is er een noodtrappenhuis aanwezig, dat bestaan uit betonnen bordessen en stalen trapbomen (UNP160) met raat treden. In overleg met een constructeur van het RUD is besproken om op basis van gelijkwaardigheid uit te gaan van een maximaal aantal (reëel) te verwachten personen op de trap tijdens gebruik als vluchtweg en niet 5,00 kN/m². Daar is geen specifieke regelgeving voor, maar we kunnen uitgaan van onderstaande aannames.

- De capaciteit van een trap tijdens evacuaties of noodsituaties hangt af van verschillende factoren, waaronder de breedte van de trap, de snelheid van de mensen, hun gedrag in panieksituaties en de regelgeving in het betreffende land of gebied. Er is geen vaste regel voor het aantal mensen dat per vierkante meter op een trap kan lopen, maar er zijn wel enkele algemene richtlijnen die vaak worden gebruikt bij het ontwerpen van gebouwen en het plannen van evacuaties.
- In de meeste gevallen wordt een dichtheid van ongeveer 1 persoon per 0,5 tot 0,7 vierkante meter als veilig beschouwd tijdens evacuaties. Dit betekent dat op een trap van bijvoorbeeld 1 meter breed er ongeveer 2 tot 3 personen naast elkaar kunnen lopen. Deze richtlijnen zijn echter conservatief en kunnen variëren afhankelijk van de specifieke situatie en het niveau van paniek.

- Het is belangrijk op te merken dat paniek, obstakels en andere onvoorziene omstandigheden de evacuatiecapaciteit kunnen verminderen. Bij het ontwerpen van gebouwen en evacuatieplannen wordt daarom vaak rekening gehouden met een zekere marge voor veiligheid.
- De daadwerkelijke capaciteit van een trap kan ook worden beïnvloed door factoren zoals de aanwezigheid van leuningen, verlichting, aanduidingen en andere elementen die de evacuatie kunnen vergemakkelijken. Het is altijd aanbevolen om te voldoen aan de relevante bouwvoorschriften en veiligheidsnormen om de veiligheid van mensen tijdens evacuaties te waarborgen.

Op basis hiervan is het een veilige aanname om uit te gaan van gemiddeld 2,5 personen van 100 kg/m². Dat resulteert dan in een belasting van 2,5 kN/m² per geprojecteerde m². Veiligheidshalve is dit naar boven afgerond op 3 kN/m².

2 Uitgangspunten

2.1 Bouwwerk, combinaties en belastingfactoren

Type bouwwerk	Gebouw
Ontwerplevensduurklasse	3
Ontwerplevensduur	50 jaar
Betrouwbaarheidsklasse	RC2
Gevolgklasse	CC2

Uiterste grenstoestanden (UGT) gevolgklasse CC2 verbouw conform NEN8700

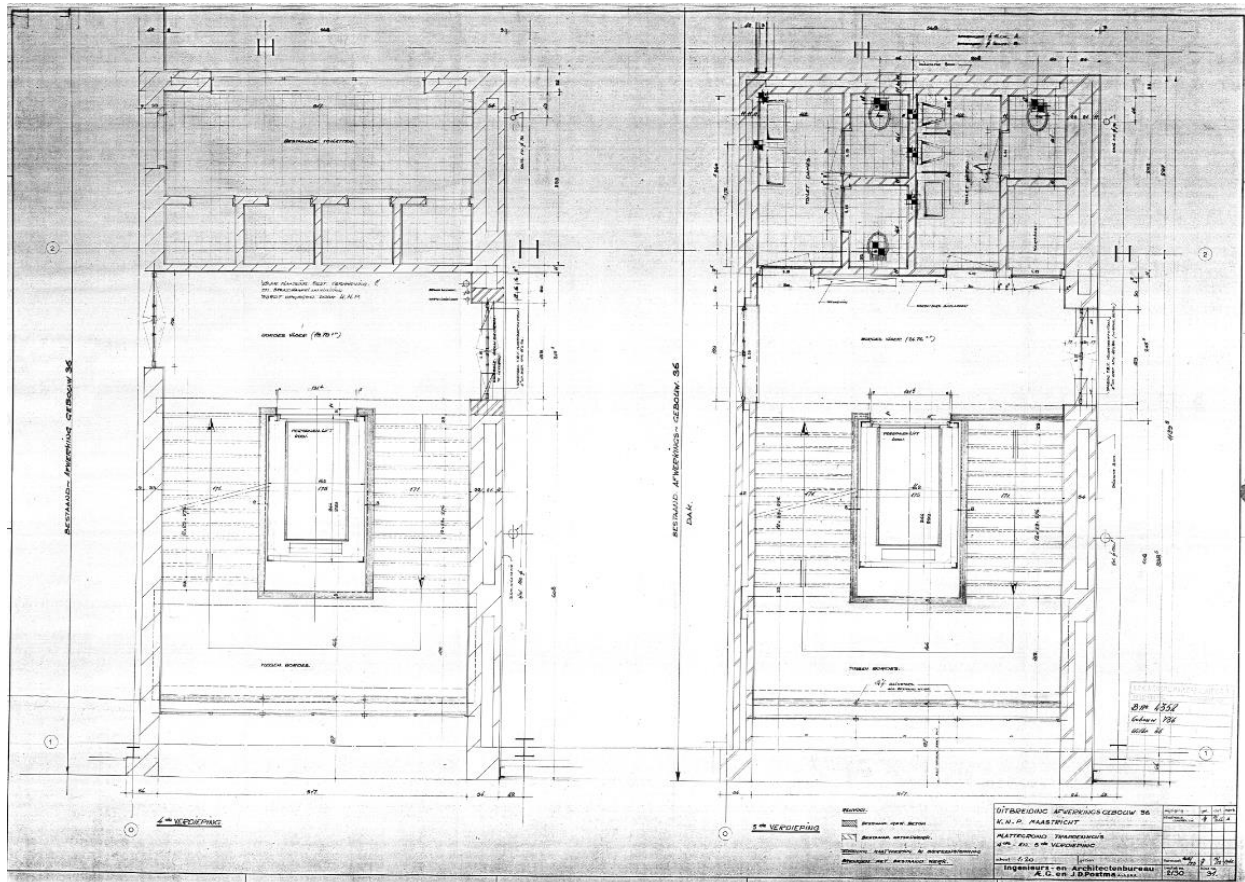
		Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting anders dan wind	Veranderlijke wind maatgevende belasting	
		Ongunstig	Gunstig		Andere ($i > 1$)	
Combinatie	Vgl.	γ_G	γ_G	γ_Q	$\gamma_{Q,i}$	
EQU groep A (evenwicht)	6.10	1,10	0,90	1,50	$1,50 \cdot \psi_{0,i}$	
STR/GEO groep B (sterkte)	6.10a	1,30 (1,20)*	0,90	$1,30 \cdot \psi_{0,i}$	$1,40 \cdot \psi_{0,i}$	
STR/GEO groep B (sterkte)	6.10b	1,15	0,90	1,30	$1,40 \cdot \psi_{0,i}$	
Buitengewoon	6.11a/b	1,00	1,00	1,00	wind $1,0 \cdot \psi_{1,i}$	overig $1,0 \cdot \psi_{2,i}$

* voor bouwwerken die ontworpen zijn volgens de NEN6700-serie of eerder geldt 1,20

Voor de ψ -factoren wordt aangehouden: $\psi_0 = \psi_1 = \psi_2 = 1$

2.2 Belastingen trappen

Permanent betontrap	$g_k = 6,0 \text{ kN/m}^2$	(Hoofdtrap)
Roostertreden	$g_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$	(Noodtrap)
Nuttige belasting	$q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$	



Afb. 2: plattegrond 4^e + 5^e verdieping trappenhuis

3.1 Belastingvergelijk

In oude berekeningen werd een veiligheidsfactor van 1,8 of 1,7 over alle belastingen gerekend. Een veilig uitgangspunt is daarom 1,7 aanhouden. Daarnaast is aangenomen dat er oorspronkelijk zou zijn gerekend met een veranderlijke belasting van 2,0 kN/m² (ook zeer conservatief).

Volgens NEN8700 (CC2) wordt de opgelegde belasting met een veiligheidsfactor van 1,3 gerekend en eigengewicht / permanente last met een veiligheidsfactor 1,15. Daarnaast wordt volgens de huidige normen ook nog een veiligheid in het materiaal gerekend. Voor betonstaal is de materiaalfactor 1,15.

Rekenwaarde oude situatie:

- eigengewicht trap/bordessen 6 kN/m² (veilige aanname)
- $Q_{Ed} = 1,7 \times (6,0 + 2,0) = 13,6 \text{ kN/m}^2$

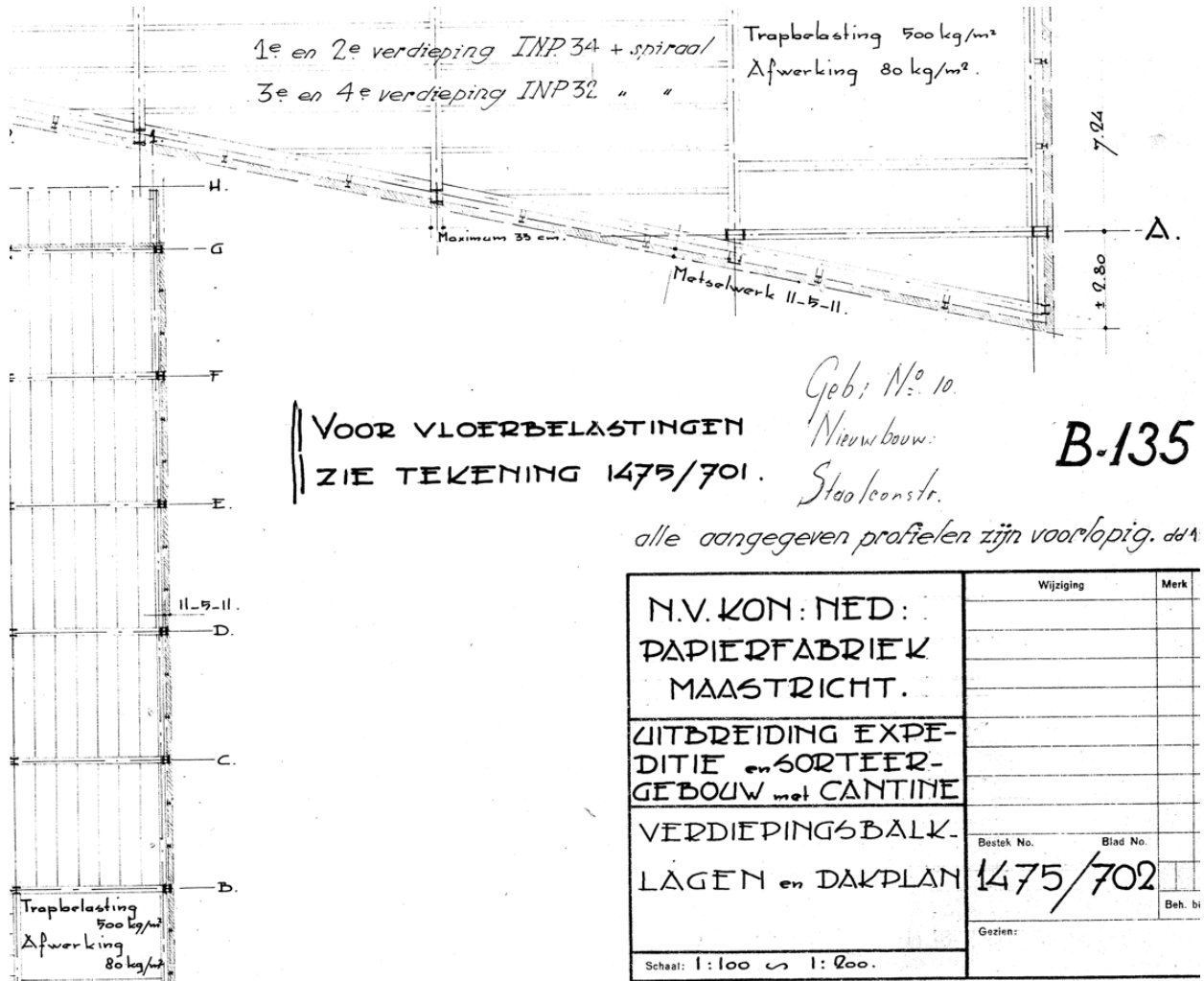
Rekenwaarde nieuwe (tijdelijke) situatie:

- $(1,15 \times 6 + 1,3 \times 3,0) \times 1,15 \text{ (mat. factor)} = 12,42 \text{ kN/m}^2$

Vergelijk: **UC = 12,42/13,6 = 0,91**

Daarnaast is er een tekening in het archief beschikbaar waarop wordt aangegeven dat de trappen ontworpen zijn op een belasting van 500 kg/m² (zie onderstaand fragment).

Conclusie: het hoofdtrappenhuis kan veilig gebruikt worden.



Afb. 3: fragment tekening 1475/702 waarop trapbelastingen zijn aangegeven.

Controle afmetingen in situ:

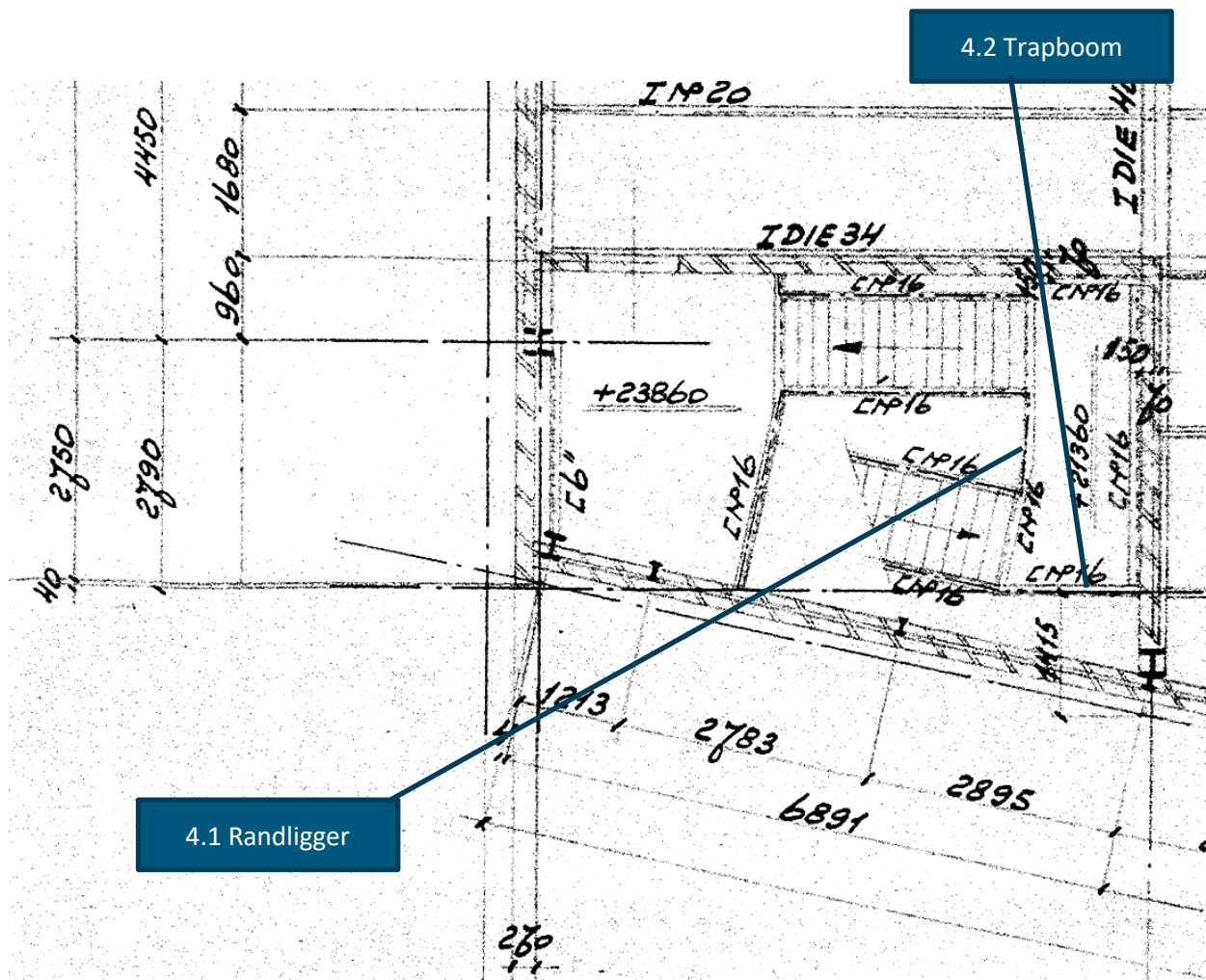


Afb. 4+5: locatie opname

4 Noodtrap

De noodtrappen zijn opgebouwd uit stalen liggers UNP160 zowel voor de trapbomen als voor de randbalken van de betonnen bordessen. Trapbomen en bordessen zijn middels bouten (2M16/verbinding) gekoppeld. De treden bestaan uit roosters. Ter controle zijn de trappen ook ingemeten op locatie (zie onderstaande afbeeldingen).

Ter controle worden de liggers met een rekenmodel op sterkte gecontroleerd. Voor de nuttige belasting wordt $3,0 \text{ kN/m}^2$ aangehouden. Toetsing gebeurt in overeenstemming met NEN8700.



Inmeting noodtrappenhuis:



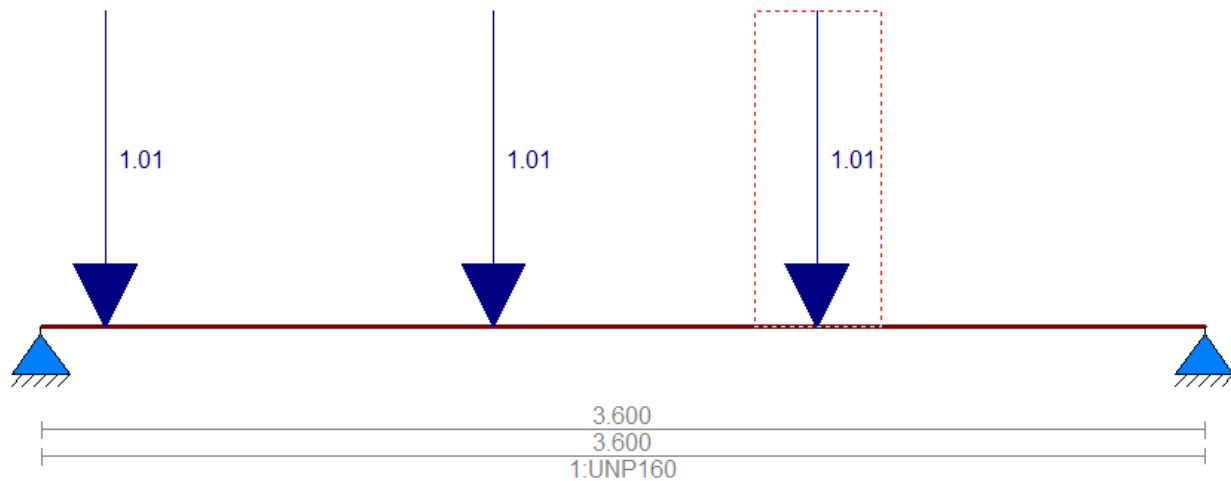


4.1 Controle randligger

Belastingen uit trapbomen:

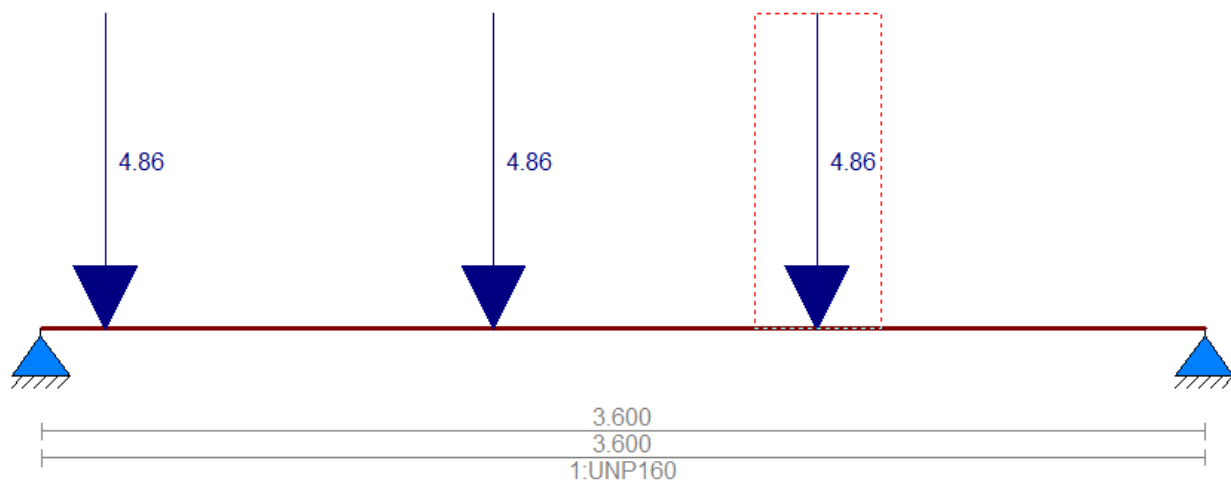
- Eigengewicht ligger: $g_k = 2,7 \cdot 0,192 = 0,52 \text{ kN}$
- Rooster-trede: $g_k = 0,3 \cdot 1,2 / 2 \cdot 2,7 = 0,49 \text{ kN}$
- Nuttige belasting: $q_k = 3,0 \cdot 1,2 / 2 \cdot 2,7 = 4,86 \text{ kN}$

Invoer permanente belasting:



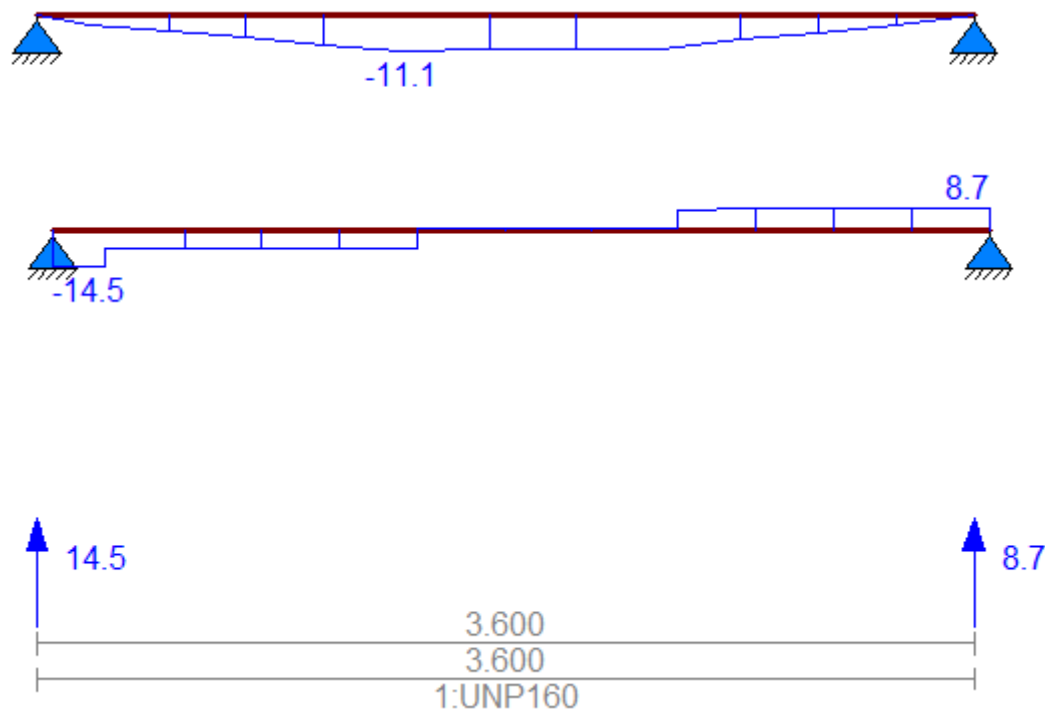
Reactiekracht rechts: $R_k = 1,46 \text{ kN}$

Invoer nuttige belasting:



Reactiekracht rechts: $R_k = 5,40 \text{ kN}$

Snedekrachten (omhullend):



TOETSING SPANNINGEN

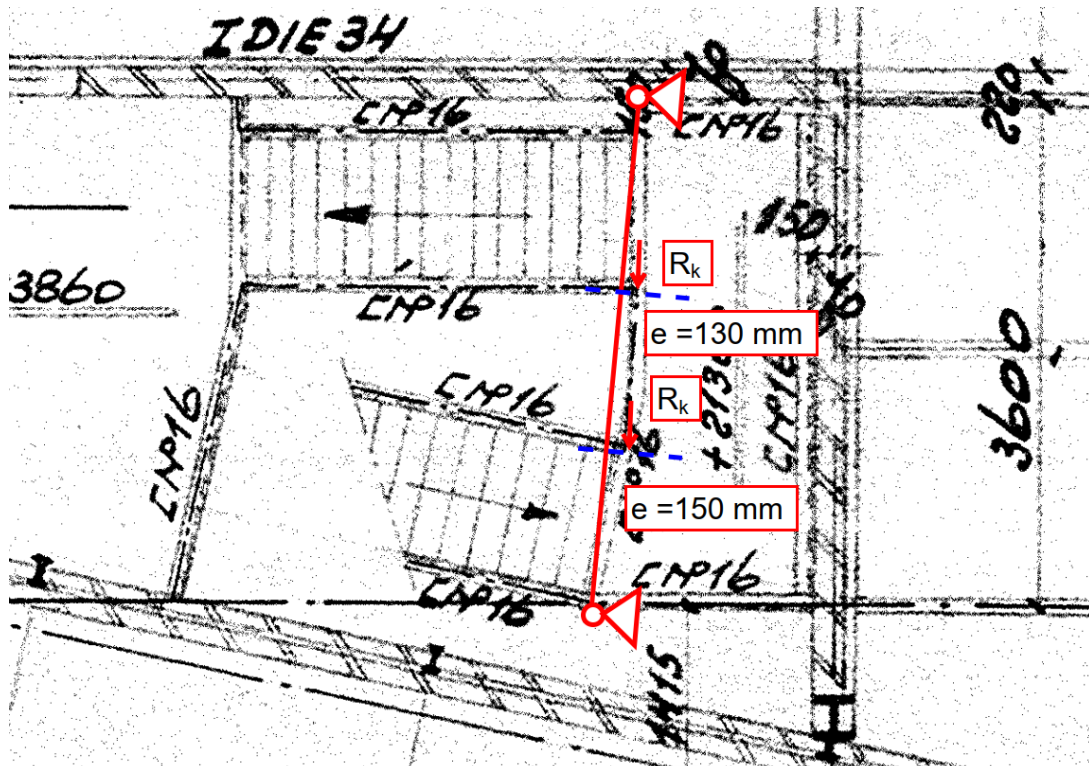
								Ligger:1		
Staaft nr.	P/M	BC	Sit	Kl	Plaats	Norm	Artikel	Formule	Hoogste toetsing U.C. [N/mm ²]	Opm.
1	1	1	1	1	My-max	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.344	81
									76	

Controle Sterkte: Unity checks

$$UC_{mac} = 0,34 < 1,0$$

Controle torsiemoment

De trapboom vertoont een knik uit het vlak van de UNP waardoor er torsiemoment ontstaat en/of buiging in de knoopaansluiting met de randligger van het bordes.

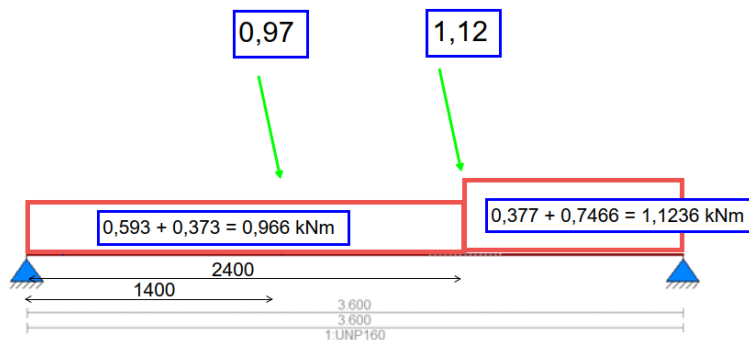


Torsiemomenten:

$$R_d = 1,15 \cdot 1,01 + 1,3 \cdot 4,86 = 7,48 \text{ kN}$$

$$T_1 = 7,48 \cdot 0,15 = 1,12 \text{ kNm}$$

$$T_2 = 7,48 \cdot 0,13 = 0,97 \text{ kNm}$$



Profiel UNP160

$$I_t = 7,39 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 7,5; t_f = 10,5$$

$$\tau_t = T_{Ed} \cdot t / I_t < f_{td} = f_{yd} / \sqrt{3} \rightarrow 1,12 \cdot 10^6 \cdot 10,5 / 7,39 \cdot 10^4 = 159,1 \text{ N/mm}^2 < 235 / \sqrt{3} = 135,7 \text{ N/mm}^2$$

De torsie kan (net) niet volledig in het UNP160 profiel opgenomen worden. De randligger is echter over de gehele lengte vast gestort aan, het in werk gestorte, tussenbordes. Het torsiemoment kan zodoende zonder probleem worden opgenomen in het beton.

In het hart van de UNP (halve hoogte) zullen er strippen zijn aangelast. Veiligheidshalve gaan we uit van strippen 3x30mm h.o.h. 1000mm.

$$M_{T, \text{toelaatbaar}} = 0,9 \times \frac{1}{2} \times 0,16 \times 3 \times 30 \times 0,235 \cdot 1,0 = 1,52 \text{ kNm} > M_{T, Ed} = 1,24 \text{ kNm} \text{ (UC} = 1,24 / 1,52 = 0,82 \text{)}$$

4.2 Controle trapboom

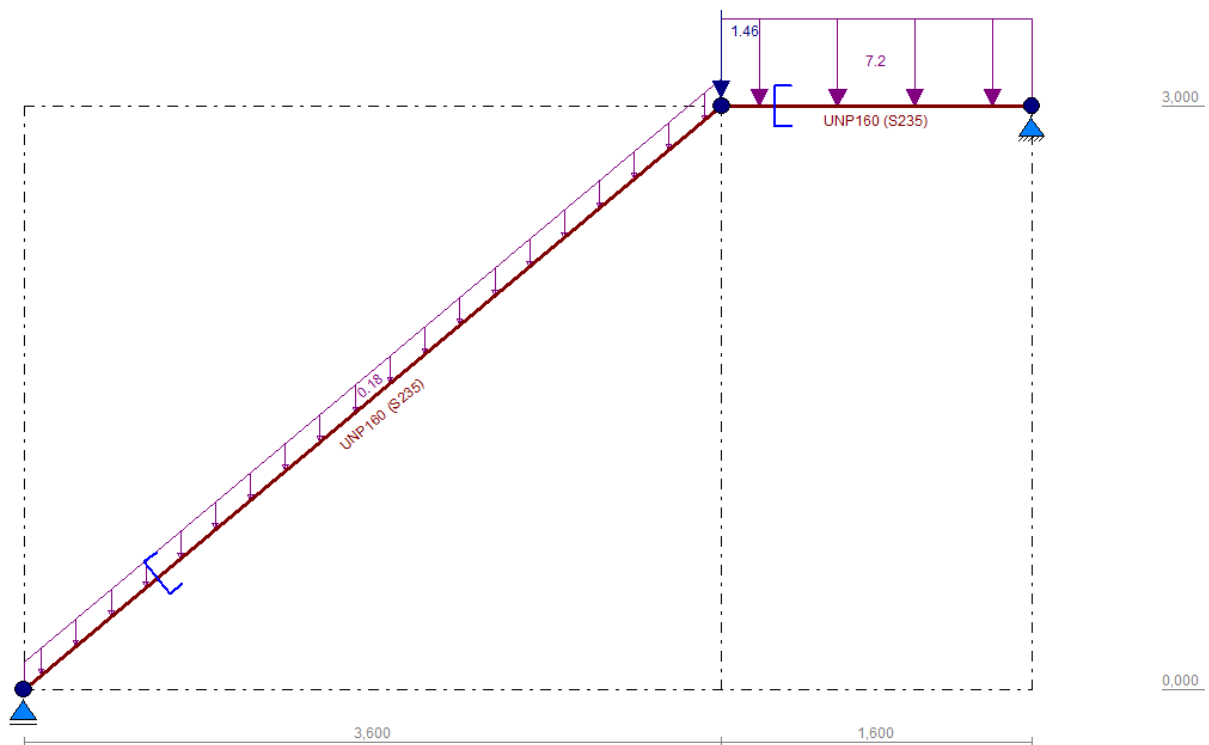
Belastingen trapboom:

- Eigengewicht ligger vlg. rekenprogramma
- roostertrede: $g_k = 0,3 \cdot 1,2 / 2 = 0,18 \text{ kN/m}$
- Nuttige belasting: $q_k = 3,0 \cdot 1,2 / 2 = 1,80 \text{ kN/m}$
- Reactiekracht randligger $G_k =$

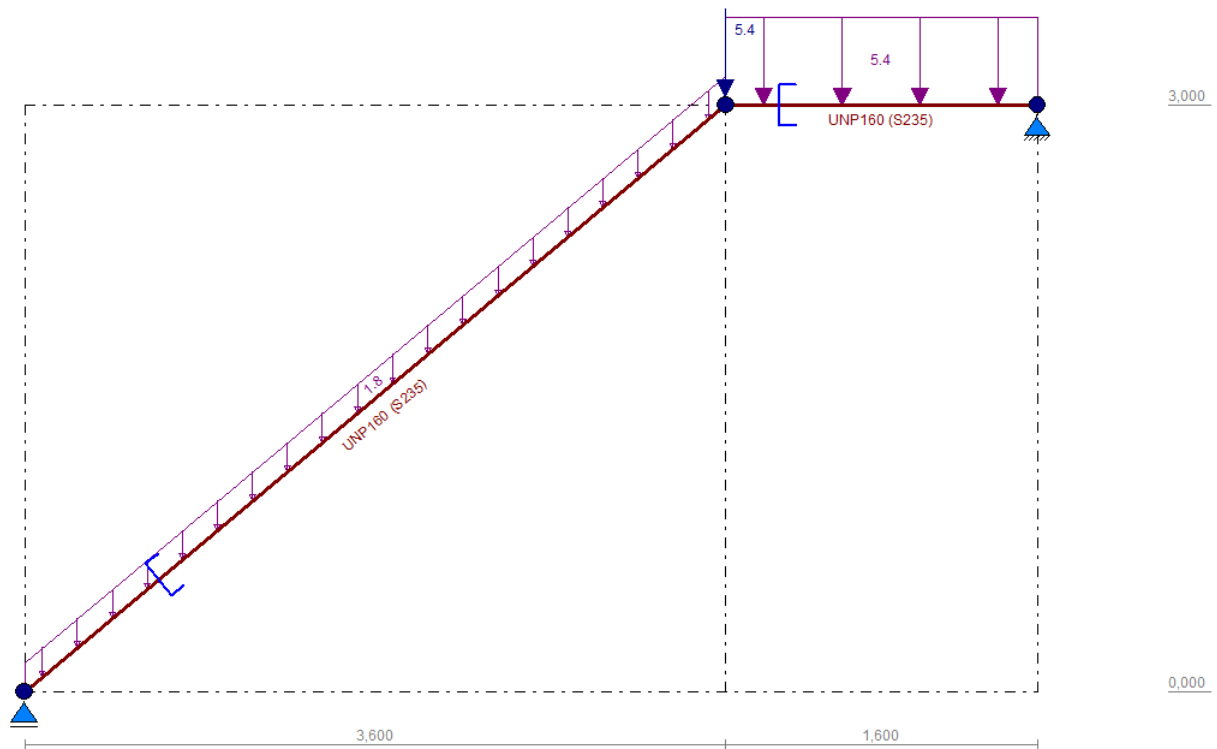
Belastingen tussenbordes:

- Eigengewicht ligger vlg. rekenprogramma
- Beton: $g_k = 0,16 \cdot 25 \cdot 1,8 = 7,2 \text{ kN/m}$
- Nuttige belasting: $q_k = 3,0 \cdot 1,8 = 5,40 \text{ kN/m}$
- Reactiekracht randligger $Q_k =$

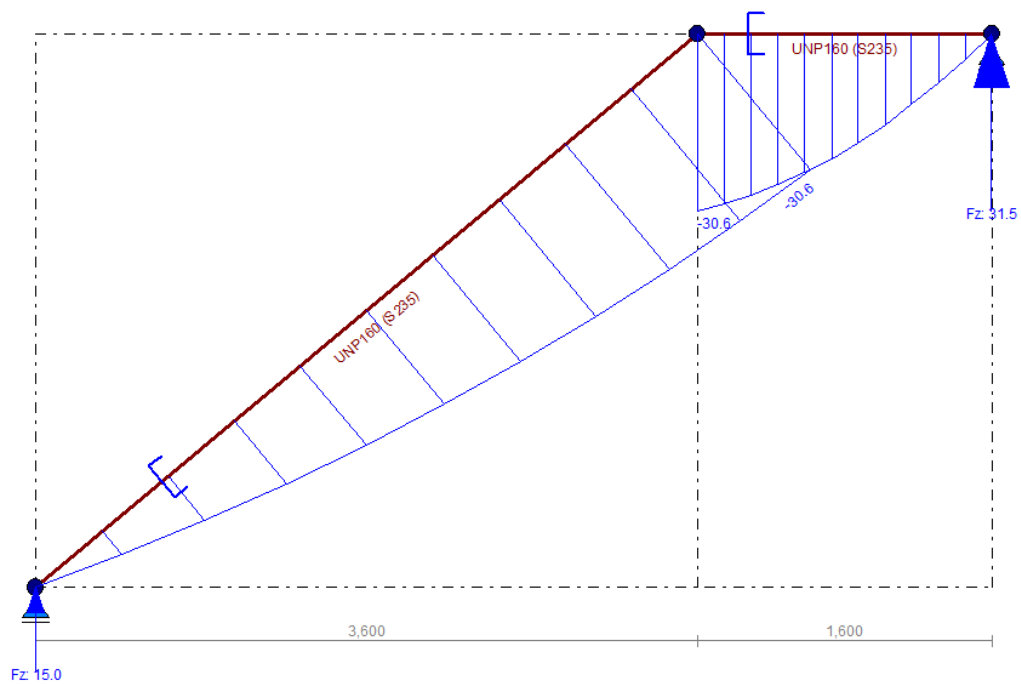
Invoer permanente belasting:



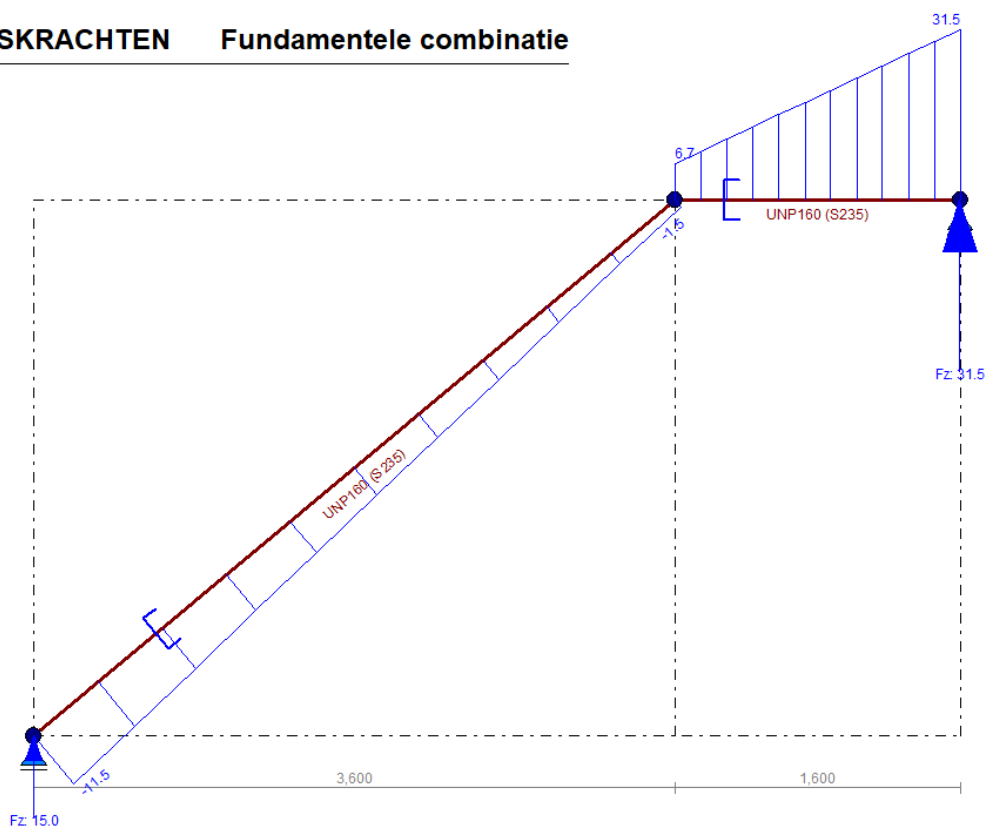
Invoer nuttige belasting:



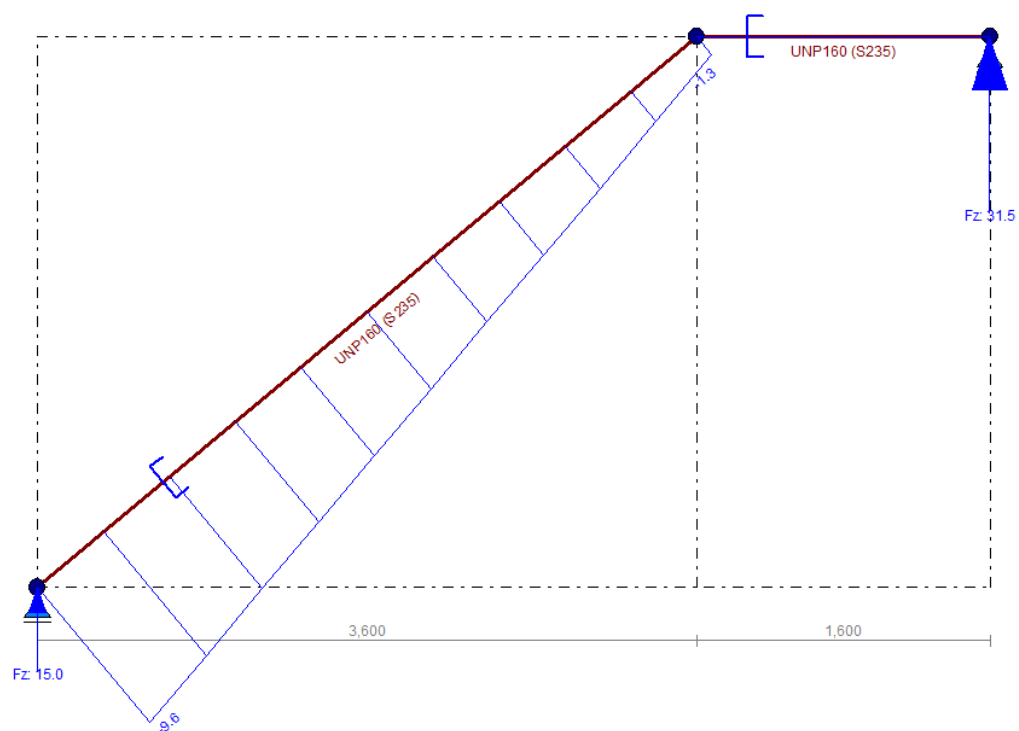
MOMENTEN Fundamentele combinatie



DWARSKRACHTEN Fundamentele combinatie



NORMAALKRACHTEN Fundamentele combinatie



Controle Sterkte: Unity checks

$$UC_{mac} = 1,04 < 1,0$$

Rekenmodel.....: 1e-orde-elastisch.
 Theorie voor de bepaling van de krachtsverdeling:
 Geometrisch lineair.
 Fysisch lineair.

Gunstige werking van de permanente belasting wordt automatisch verwerkt.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010,A1:2019	NB:2019(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1/C11:2019	NB:2019(nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2011,A1:2016	NB:2016(nl)
	NEN-EN 1993-1-8:2006	C2:2009	NB:2011(nl)

TOETSING SPANNINGEN

Staaft nr.	P/M	BC	Sit	Kl	Plaats	Norm	Artikel	Formule	Hoogste toetsing U.C. [N/mm ²]	Opm.
1	1	1	1	1	Einde	EN3-1-1	6.2.1	(6.2)	<u>1.042</u>	245
2	1	1	1	1	Begin	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	<u>1.040</u>	244

De controle geeft een minimale overschrijding van 4% indien het onderste steunpunt als vast wordt gemodelleerd, reduceert dit meteen de unity check tot max. 85%. Deze kleine overschrijding is daarom acceptabel aangezien het onderste steunpunt in de werkelijkheid geen grote horizontale verschuivingen zal hebben en enigszins horizontale krachten kan opnemen. Daarnaast wordt elastisch gerekend, de ligger heeft plastisch een grotere capaciteit.

TOETSING SPANNINGEN

Staaft nr.	P/M	BC	Sit	Kl	Plaats	Norm	Artikel	Formule	Hoogste toetsing U.C. [N/mm ²]	Opm.
1	1	1	1	1	Staaft	EN3-1-1	6.3.3	(6.62)	0.857	201
2	1	1	1	1	Begin	EN3-1-1	6.2.1	(6.2)	0.237	56

Controle bouten

Capaciteit M16 (4.6) op afschuiving:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot 400 \cdot 157 / 1,25 = 37,68 \text{ kN}$$

Unity check:

$$UC: 31,5 / 2 \cdot 37,68 = 0,41 < 1,0$$

Conclusie: het noodtrappenhuis kan veilig gebruikt worden.

4.3 Controle roostertreden:

- Traptreden 230 x 1000mm
- Links en rechts kopstrip 5 x 70 mm
- Links en rechts 2 lassen lang 30 mm
- Links en rechts is de trede met de kopstrip aan de trapboom gemonteerd met 2 M10 bouten h.o.h.115 mm
- Voorlangs strip 5 x 30 mm
- Voorlangs 4 lassen lang 30 mm
- Rooster in draagrichting 2 x 30 mm h.o.h. 25 mm (maas)

- Rooster in dwarsrichting 2 x 18 mm h.o.h. 25 mm (maas)

Voor de puntlast op de tredes wordt ook uitgegaan van een reële aanname van 2 personen die tegelijkertijd op de trede staan, op 1/3 en 2/3 van de overspanning.

Belasting op trede:

- Eigengewicht $g_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$
- Vlaklast: $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2 = 300 \text{ kg/m}^2$ ($Q_d = 390 \text{ kg/m}^2$)
- Puntlast: $Q_k = 100 \text{ kg per persoon.}$ ($Q_d = 130 \text{ kg}$)

Controle rooster

Op de volgende pagina is een belastingtabel opgenomen voor roosters met draagstaven 30.2*2 en vulstaven 14*2 en maasgrootte 23x23 (ofwel 25x25 h.o.h.). Bij een overspanning van 1000 mm is de toelaatbare belasting excl. Eigengewicht 1423 kg/m², dit is ruim voldoende om de belasting van 390 kg/m² op te nemen. Daarnaast is er bij deze overspanning een puntbelasting van 167 kg op 20x20cm toelaatbaar. Dit is ruim voldoende voor de maximale puntlast ten gevolge van een vluchtende persoon (130 kg).

Controle bouten

Maatgevende dwarskracht:

- Vlaklast: $V_d = 1,15 \cdot 0,3 \cdot 0,23 \cdot 1/2 + 1,3 \cdot 0,23 \cdot 1/2 \cdot 3,0 = 0,5 \text{ kN}$
- Puntlast: $V_d = 1,15 \cdot 0,3 \cdot 0,23 \cdot 1/2 + 1,3 \cdot 2 \cdot 1,0 / 2 = 1,34 \text{ kN}$

Weerstand bouten M10 - 4.6

- Stuikkracht (plaat t = 5) $F_{b,Rd} = 2,5 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 10^5 / 1,25 = 9,0 \text{ kN}$
- Afschuifkracht: $F_{v,Rd} = 0,85 \cdot 0,6 \cdot 400 \cdot 58 / 1,25 = 9,5 \text{ kN}$

UC: $1,34/9,0 = 0,15 < 1,0$

Controle las

$T_{//} = 1,34 \cdot 1000 / (2 \cdot 3 \cdot 30) = 7,44 \text{ N/mm}^2 \ll 235/\sqrt{3} = 135 \text{ N/mm}^2$
(UC $\ll 1$)

Draagkrachttabel BAZO roosters

type-R

Rooster type R

Maaswijdte 23 x 23

Gelijkmatige belasting

Materiaal kwaliteit Fe 360

Toelaatbare buigsp. 1,6 tf/cm²

Elasticiteits mod. 2,1 tf/cm²

Max. spanning 1600 kg/cm²

Doorbuiging 1/300 bij loopbelasting

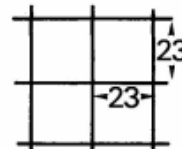
Doorbuiging 1/200 bij blok + gelijkmatige belasting

Toelaatbare belasting exclusief eigen gewicht in kg/m²

Looplijn 1 persoon = 80 kg, 2 personen = 160 kg.

Doorbuiging boven de looplijn bij 1 of 2 persoonsbelasting max. 1/300 v.d. overspanning.

Verdeeltaven zwaar 14 x 2 mm



Draag-		20.2	25.2	30.2	35.2	40.2	20.3	25.3	30.3	35.3	40.3
netto gew./m ²		21,7	24,9	28,1	31,3	34,5	28,1	32,9	37,7	42,5	47,3
Lengte draagstaven in mm	250	10900	17041	24547	33419	43656	16355	25567	36826	50133	65488
	300	7563	11826	17038	23198	30306	11349	17744	25562	34801	45463
	350	5551	8682	12510	17035	22256	8331	13028	18770	25557	33389
	400	4244	6641	9571	13035	17032	6371	9967	14362	19557	25552
	450	3349	5242	7557	10292	13450	5028	7868	11340	15443	20179
	500	2708	4241	6115	8331	10888	4067	6367	9178	12501	16336
	600	1874	2938	4238	5776	7550	2816	4411	6362	8668	11330
	700	1232	2151	3106	4235	5538	1852	3232	4664	6357	8311
	800	818	1615	2371	3235	4232	1231	2427	3562	4857	6352
	900	568	1127	1868	2549	3336	856	1695	2806	3829	5009
	1000	408	815	1423	2059	2696	616	1227	2139	3093	4048
	1100	2 p. 301	606	1062	1696	2222	456	913	1598	2549	3337
	1200	227	461	811	1302	1861	345	696	1222	1958	2797
	1300	1 p. 173	357	632	1017	1531	265	540	953	1531	2301
	1400	134	281	500	808	1219	206	426	755	1217	1833
	1500	105	223	401	651	984	162	340	607	981	1481
	1600		180	326	531	805	129	274	493	801	1212
	1700		146	267	437	665	103	223	405	661	1003
	1800		119	220	363	555		183	335	550	837
	1900		97	183	304	467		150	279	461	705
	2000			153	256	395		124	234	389	597
	2100			128	217	336		103	197	330	509
	2200			108	185	288			166	282	437
	2300				158	248			141	241	376
	2400				135	214			119	207	325 2 p.
	2500				116	185			101	178	282 1 p.
Blok of puntbelasting 20 x 20 cm in kg. 2/3 van de belasting bij 15 x 15 cm 1/2 hiervan bij 10 x 10 cm.											
Lengte draagstaven in mm	250	454	710	1022	1392	1819	681	1065	1534	2088	2728
	300	340	532	766	1043	1363	510	798	1150	1566	2045
	350	272	425	613	834	1090	408	638	919	1252	1636
	400	226	354	510	695	908	339	531	765	1043	1362
	450	193	303	437	595	778	290	455	656	893	1167
	500	169	265	382	520	680	254	397	573	781	1021
	600	134	211	305	415	543	202	317	458	624	815
	700	112	175	253	345	452	168	263	380	519	678
	800	84	150	216	295	386	126	225	325	444	580
	900		129	189	258	337	98	195	284	387	507
	1000		103	167	228	299	78	156	251	343	449
Lengte draagstaven in mm	1100		84	148	205	268		127	223	308	403
	1200			123	185	243		105	185	279	366
	1300			103	167	222		88	156	251	334
	1400			88	142	204			133	215	307
	1500				123	186			114	185	280

Conclusie: het noodtrappenhuis kan veilig gebruikt worden.

5 Conclusies en aanbevelingen

Zowel de hoofdtrappenhuizen alsook het noodtrappenhuis kunnen veilig gebruikt worden. In overleg met de constructeur van het RUD is er niet gerekend met de norm belasting van 5,0 kN/m² maar met een conservatieve inschatting van de reële te verwachten belasting van 3,0 kN/m². De hoofdtrappenhuizen hebben ruime marge (volgens de oorspronkelijke tekeningen zijn de trappenhuizen ook op 5,0 kN/m² ontworpen). Het noodtrappenhuis voldoet onder de reële aanname dat het onderste steunpunt ook wat horizontale steun zal geven. Om ervoor te zorgen dat het noodtrappenhuis niet zwaarder wordt belast dan de reële belasting (tijdens gebruik als vluchtweg), dienen er bordjes geplaatst te worden met de tekst "enkel te gebruiken als vluchtweg".