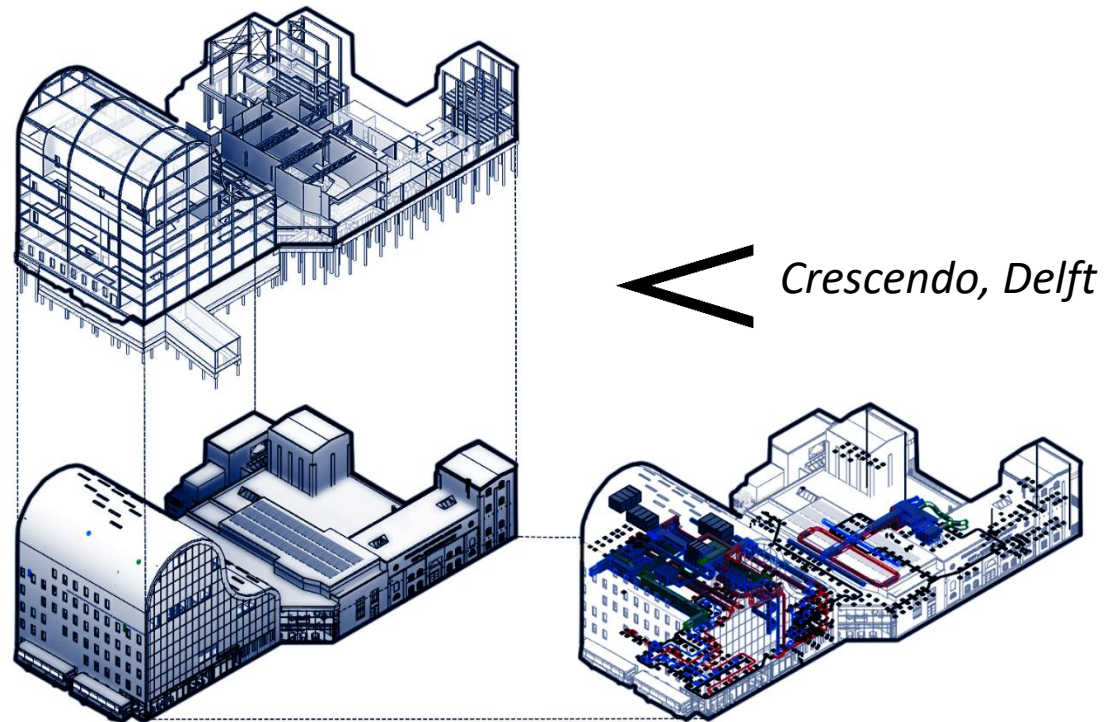


Technisch Rapport

Draagconstructie en Klimaatontwerp

Ing. S. Vuijst
19 juni 2024
V 1.0



Inhoud

1	Introductie.....	2
2	Draagconstructie	3
2.1	Plattegrond	3
2.2	Axometrie.....	5
2.3	Krachtsafdracht.....	6
2.4	Constructieberekeningen.....	7
2.4.1	Berekening staalkolom	7
2.4.2	Berekening staalligger	7
2.4.3	Berekening stalen boog.....	8
2.4.4	Berekening keldervloer.....	8
2.4.5	Berekening kelderwand.....	9
2.4.6	Berekening vakwerk	9
3	Klimaatontwerp.....	11
3.1	Klimaat doorsnede – winter.....	11
3.2	Klimaat doorsnede – zomer	11
3.3	BENG berekening	12
3.4	Warmtebalans.....	12
3.5	Berekening luchtkanalen	13
3.6	Luchtbehandeling.....	13
3.7	Nagalmtijd.....	15

1 Introductie

Dit document betreft de technische uitwerking van het ontwerp van een poppodium aan de Phoenixstraat te Delft. Het poppodium betreft een fictief ontwerptraject welke is uitgevoerd voor de Technische Universiteit in Delft. Het poppodium heeft de naam ‘Crescendo’ gekregen wat verwijst naar de vorm van het gebouw welke steeds groter wordt en naar de muzikale functie van het gebouw.

De planlocatie betreft deels het bestaande Tapgebouw op het DSM-terrein aan de Phoenixstraat in Delft. Daarnaast wordt er deels nieuwgebouwd. De uitgangspunten met betrekking tot de draagconstructie en het klimaatontwerp zullen in dit verslag worden behandeld.

<i>Adviseur architectuur:</i>	<i>Ir. R.J. de Kort</i>
<i>Adviseur draagconstructie:</i>	<i>Ir. P. Buskermolen</i>
<i>Adviseur klimaatontwerp:</i>	<i>Dr.Ir. Z. Huijbregts</i>



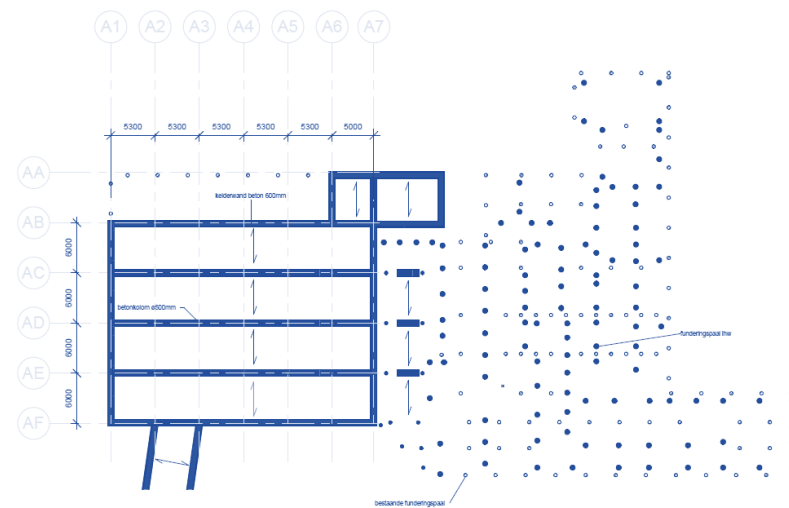
2 Draagconstructie

Het bestaande Tapgebouw betreft een voormalige fabrieksloods welke is opgebouwd uit een stalen constructie. De schil van het gebouw bestaat uit een metselwerk gevel en bitumen dak. In het ontwerp is ervoor gekozen om enkele extra vloeren te realiseren binnen de bestaande schil. Omdat er niet van uit kan worden gegaan dat de bestaande constructie sterk genoeg is om deze extra vloeren te dragen is een nieuwe draagconstructie in het gebouw ontworpen. De uitgangspunten met betrekking tot deze nieuw te realiseren constructie staan in dit hoofdstuk vermeld.

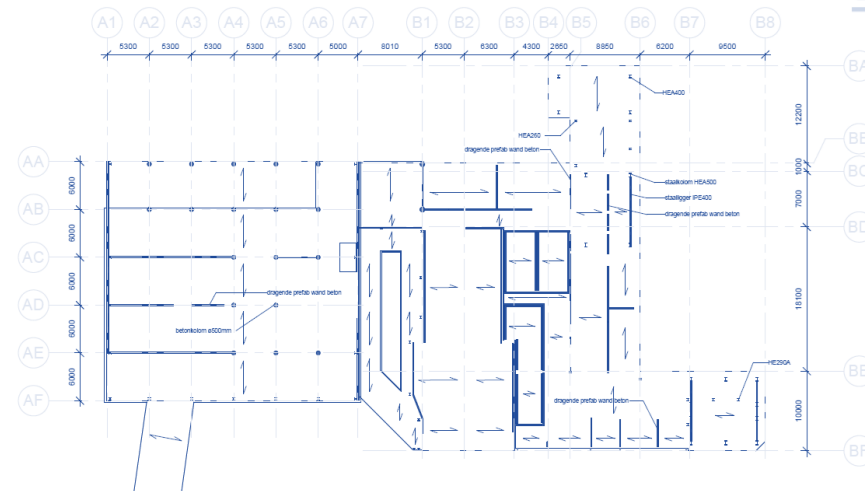
2.1 Plattegrond

Omdat er geen funderingstekeningen van het bestaande gebouw beschikbaar zijn is berekend waar mogelijk de fundering van het huidige gebouw is gepositioneerd. Door boorpalen naast de huidige constructie te plaatsen kan een nieuwe constructie in het bestaande gebouw worden gerealiseerd. Constructieve wanden van beton of kalkzandsteen en kolommen kunnen de krachten van de verdiepingvloeren dan afdragen naar de nieuwe fundering. De grote overspanning van de kleine zaal in de oude fabriekshal wordt gerealiseerd door een viertal stalen vakwerken.

Aan de achterzijde, ten noorden van het gebouw bevindt zich het oude douanegebouw welke tevens is opgebouwd uit metselwerk. In dit douanegebouw zal de laad- en losruimte worden gesitueerd. Omdat de vrachtwagen dit gebouw in moet kunnen rijden is een grote sparing in de gevel gemaakt. Omdat stijfheid en stabiliteit van de huidige constructie hierdoor niet kan worden gegarandeerd wordt een nieuwe stalen constructie aangebracht met windverbanden voor de stabiliteit.

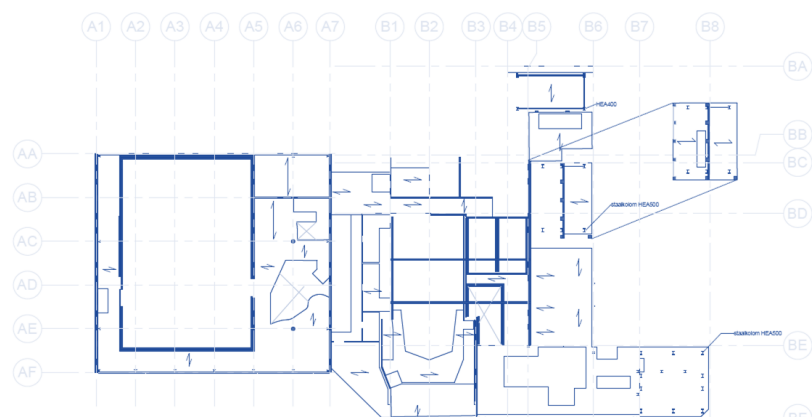


Figuur 1 plattegrond draagconstructie kelder

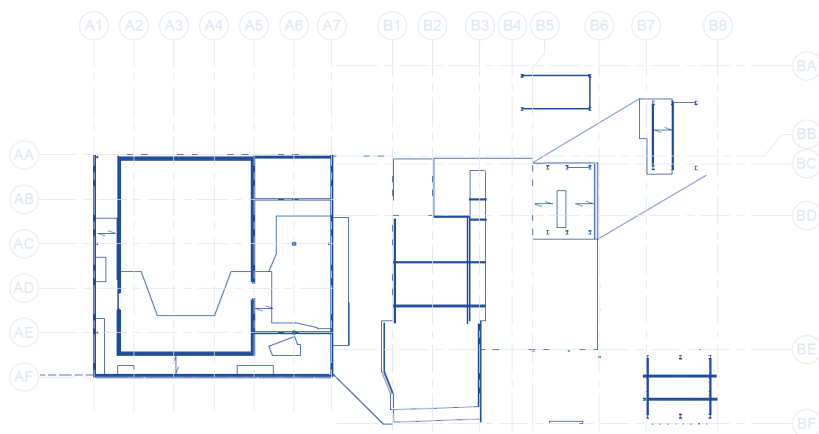


Figuur 2 plattegrond draagconstructie begane grond

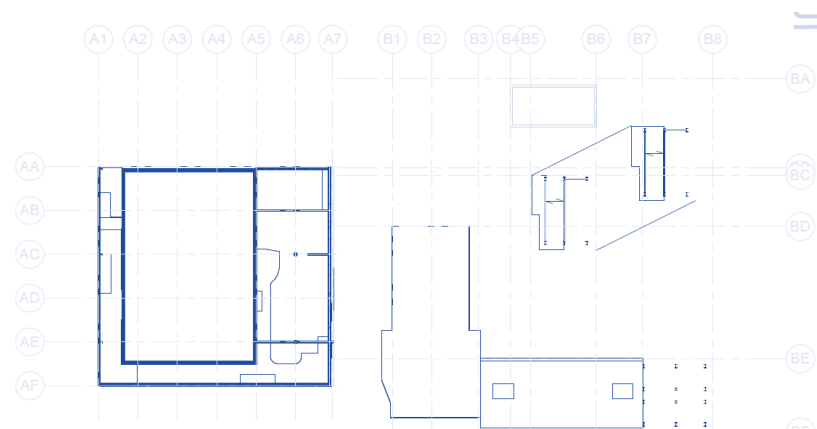
Het nieuwbouwdeel bestaat uit zeven verdiepingen en een kelder waar de fietsen kunnen worden gestald. De constructie wordt opgebouwd uit een betonnen kern met rondom een stalen kolommenstructuur. De krachten die op de gevel komen worden via de kolommen en de breedplaatvloeren afgedragen naar de constructieve kern. Het dak van het gebouw bestaat uit een stalen golfplaatdak met daarop een mossedum afwerking. De plattegronden van de constructie staan in figuren 1 tot en met 7 weergegeven.



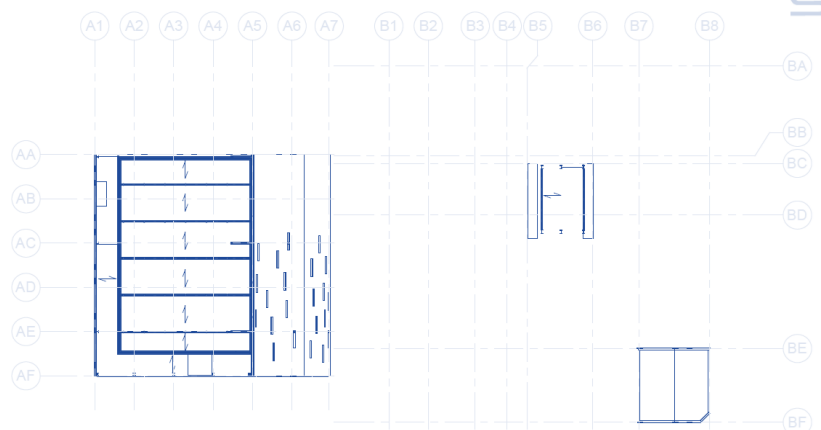
Figuur 3 plattegrond draagconstructie eerste verdieping



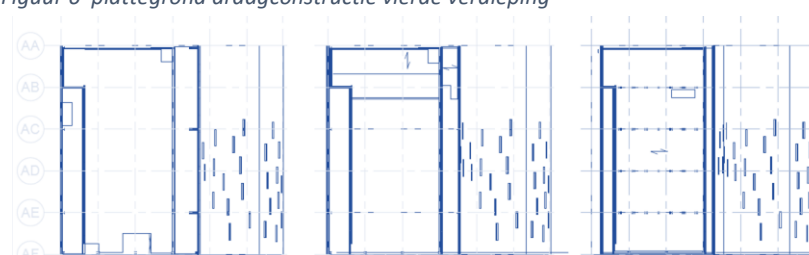
Figuur 4 plattegrond draagconstructie tweede verdieping



Figuur 5 plattegrond draagconstructie derde verdieping



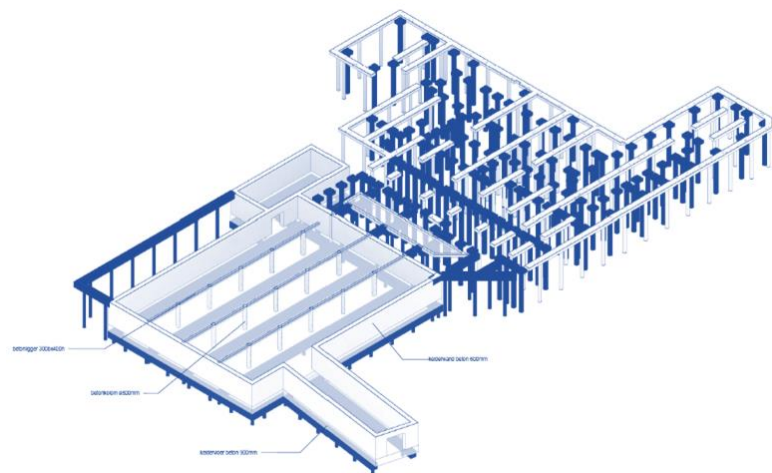
Figuur 6 plattegrond draagconstructie vierde verdieping



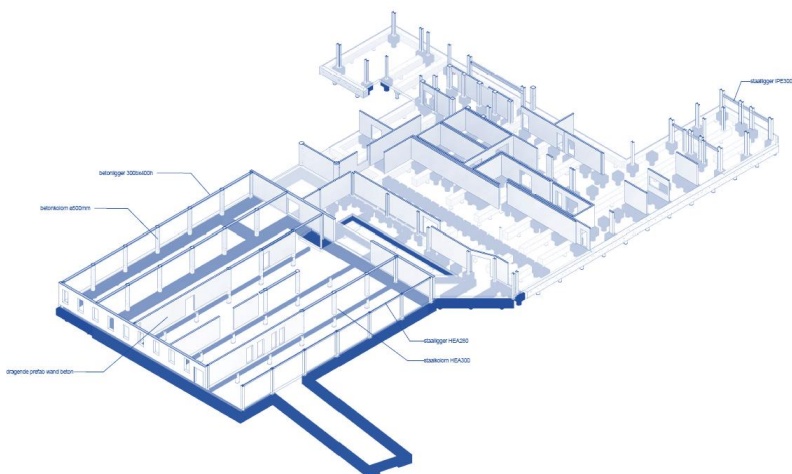
Figuur 7 plattegrond draagconstructie vijfde, zesde en zevende verdieping

2.2 Axometrie

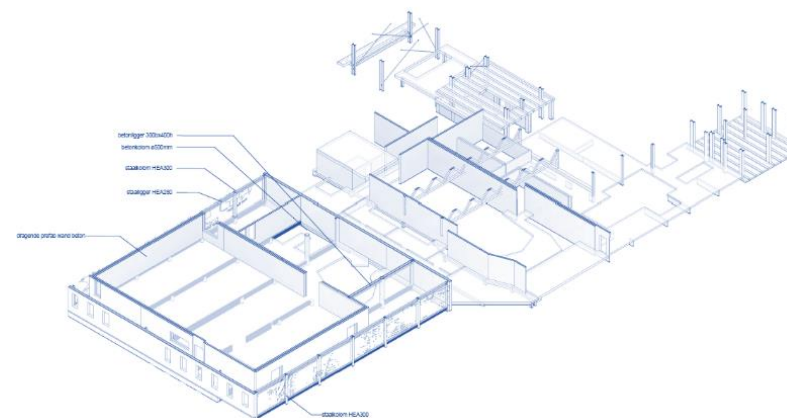
Zowel het bestaande Tapgebouw als de te realiseren nieuwbouw bestaan uit een combinatie van een kolommen- en schijvenstructuur. Omdat schijven overwegend het zicht blokkeren is ervoor gekozen dit op te lossen door de toepassing van stalen en betonnen kolommen. In figuur 8 tot en met 15 is in axometrie per etage te zien hoe de constructie is opgebouwd.



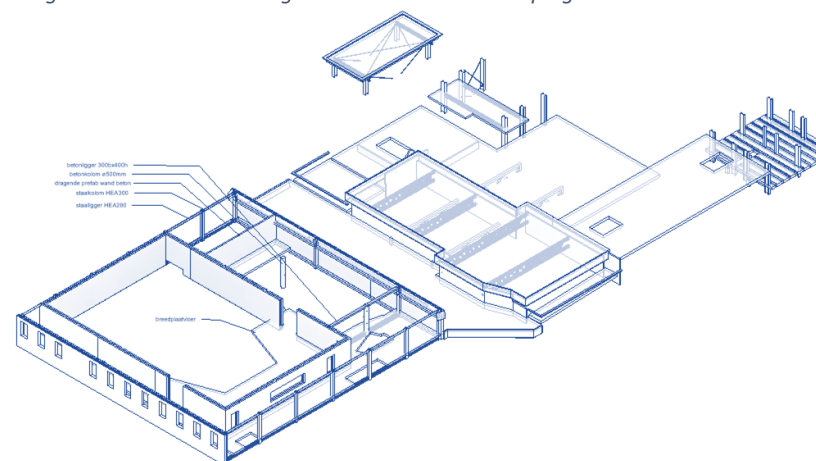
Figuur 8 axometrie draagconstructie kelder



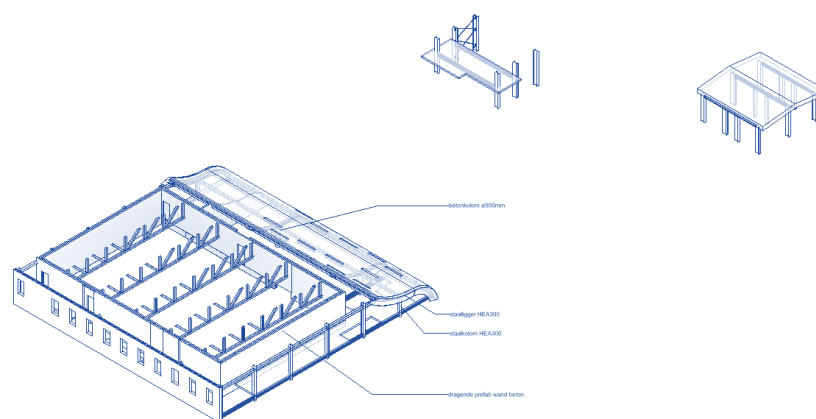
Figuur 9 axometrie draagconstructie begane grond



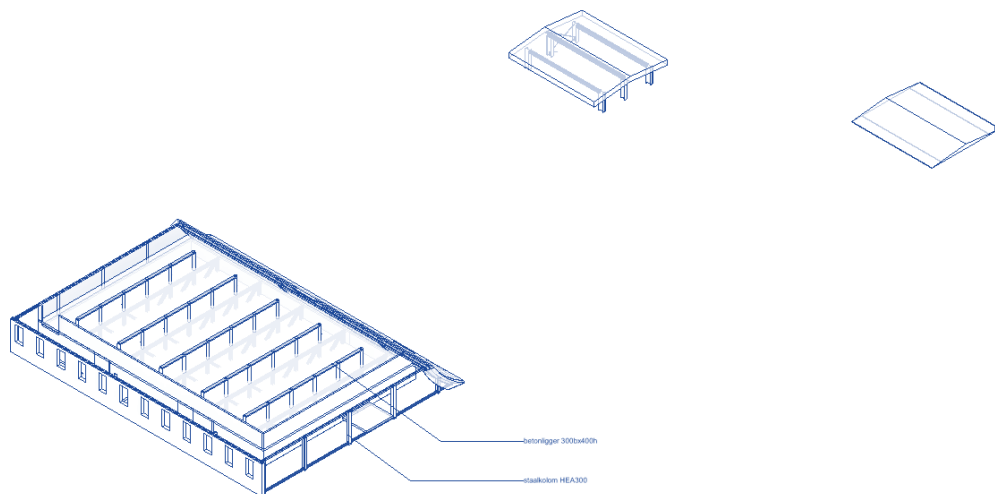
Figuur 10 axometrie draagconstructie eerste verdieping



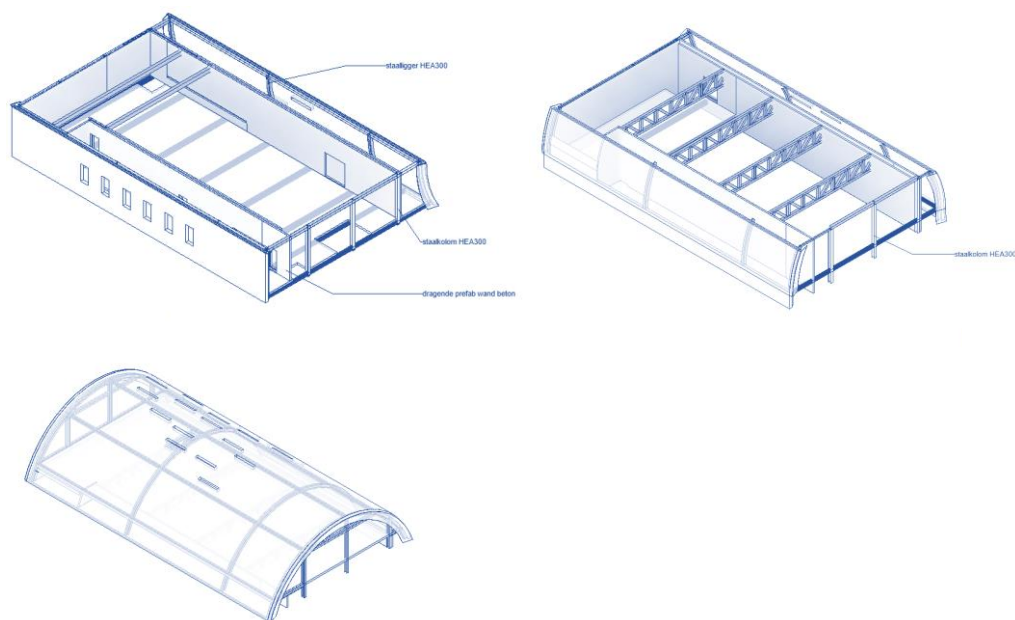
Figuur 11 axometrie draagconstructie tweede verdieping



Figuur 12 axometrie draagconstructie derde verdieping



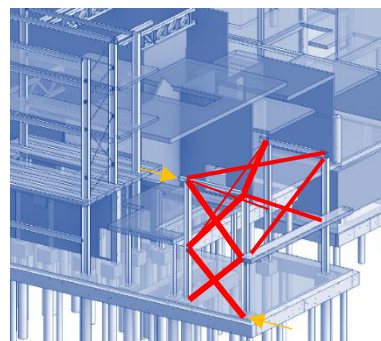
Figuur 13 axometrie draagconstructie vierde verdieping



Figuur 14 axometrie draagconstructie vijfde, zesde en zevende verdieping

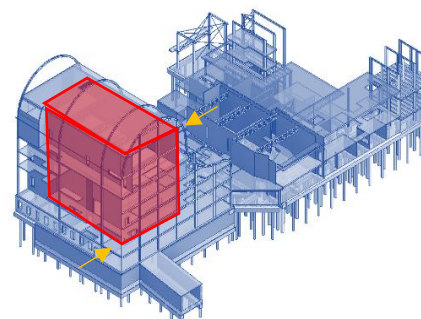
2.3 Krachtsafdracht

Het ontwerp van het poppodium bestaat uit een drietal delen: het oude Tapgebouw, een nieuwbouw toren en een verbindend atrium. Het oude Tapgebouw heeft een massieve metselwerk schil. Omdat er extra bouwlagen worden toegevoegd zal een aanvullende constructie moeten worden aangebracht voor deze extra bouwlagen. Waar nodig zullen windschoren in deze constructie voor extra stabiliteit zorgen (zie figuur 15).



Figuur 15 windschoren ten behoeve van stabiliteit in oude tapgebouw

Bij het nieuwbouwdeel en het nieuwe atrium zorgt de massieve kern voor stabiliteit in het gebouw. Via de kolommen en breedplaatvloeren worden krachten afgedragen richting deze kern zoals te zien in figuur 16.



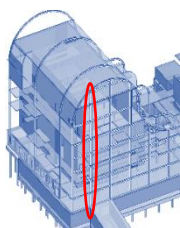
Figuur 16 massieve kern ten behoeve van stabiliteit in het

2.4 Constructieberekeningen

Om te berekenen of de constructie de aanwezige belastingen kan dragen zijn constructieberekeningen uitgevoerd op de verschillende kolommen en liggers. Enkele berekeningen staan beschreven in dit hoofdstuk.

2.4.1 Berekening staalkolom

Allereerst wordt de staalkolom in figuur 17 berekend. De kolommen, h.o.h. 5,3 meter, dragen de verdiepingvloeren van verschillende etages. De normaalkrachten vanuit de windbelasting wordt via de massieve vloeren afgedragen naar de betonnen kern. Daarnaast worden de krachten van het groendak afgedragen via de kolom naar de fundering. De berekening voor de kolom is weergegeven in figuur 18.



Figuur 17 berekende staalkolom

Bepaling dimensies stalen kolom (globaal)

- de groene cellen dienen ingevuld te worden op basis van het eigen ontwerp -

Bepaling belasting in kolom:

afdragend vloeropp.	lengte	breedte	rekenwaarde
opp.vl dak	3 [m] x	5,3 [m] x	2 [kN/m ²] = 31,8 [kN]
opp.vl 7e verd	3 [m] x	5,3 [m] x	16 [kN/m ²] = 254,4 [kN]
opp.vl 6e verd	3 [m] x	5,3 [m] x	16 [kN/m ²] = 254,4 [kN]
opp.vl 5e verd	3 [m] x	5,3 [m] x	16 [kN/m ²] = 254,4 [kN]
opp.vl 4e verd	3 [m] x	5,3 [m] x	16 [kN/m ²] = 254,4 [kN]
opp.vl 3e verd	3 [m] x	5,3 [m] x	16 [kN/m ²] = 254,4 [kN]
opp.vl 2e verd	3 [m] x	5,3 [m] x	16 [kN/m ²] = 254,4 [kN]
opp.vl 1e verd	3 [m] x	5,3 [m] x	16 [kN/m ²] = 254,4 [kN]

kolombelasting: $F_{cd} = 1812,6$ [kN]

Minimaal benodigde afmetingen:

$$A_{ben} = F_{cd} / f_{c,d} = 5106 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$I_{s,ben} = 5,36E+07 \text{ [mm}^4\text{]}$$

kniklengte $\ell_{cr} = 3,5$ [m]

Profielgegevens van gekozen profiel:

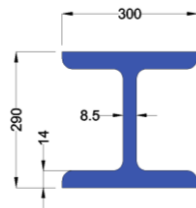
SHS-HF 250x250-16 gebruik bijvoorbeeld de app 'Staalprofielen'

oppervlakte $A = 11253$ [mm²]
traagheidsmoment $I_z = 6,310E+07$ [mm⁴] *let op sterke/zwakke richting*

rek. waarde druksterkte $f_{c,d} = 355$ [N/mm²]
elasticiteitsmodulus $E = 210000$ [N/mm²]

Controle op druk:
UC = 0,45 **Voldoet**

Controle op knik:
 $F_{cr} = 10676$ [kN]
UC = 0,85 **Voldoet**

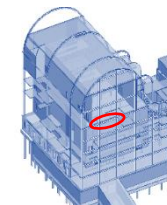


Toe te passen kolom:
HE300A

Figuur 18 constructieberekening staalkolom

2.4.2 Berekening staalligger

Tussen de in 2.4.1 berekende stalen kolommen worden liggers aangebracht (zie figuur 19) waar de breedplaatvloeren op zullen worden aangebracht. De berekening voor deze stalen liggers is weergegeven in figuur 20.



Figuur 19 berekende

Bepaling dimensies stalen vloerligger (globaal)

- de groene cellen dienen ingevuld te worden op basis van het eigen ontwerp -

HEA280	$\ell_{oversp} = 5,3$ [m]
	$D_{hoh} = 6$ [m]
	$q_{d,tot} = 16$ [kN/m ²]
op ligger	$q_{oat} = 96$ [kN/m]
	$q_{o,star} = 5$ [kN/m ²]
op ligger	$q_{oat} = 30$ [kN/m]

Profielgegevens van gekozen profiel:

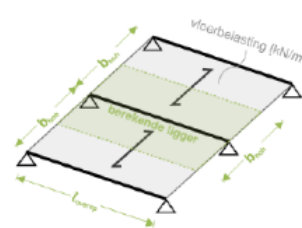
weerstandsmoment $W_y = 1013000$ [mm³]

traagheidsmoment $I_y = 136730000$ [mm⁴]

vloegrens $f_y = 355$ [N/mm²]

elasticiteitsmodulus $E = 210000$ [N/mm²]

gebruik bijvoorbeeld de app 'Staalprofielen'



Controle sterkte:

UGT $M_{veld} = 337080000$ [Nmm] $\sigma_{max} = 332,8$ [N/mm²]

UC = 0,94 **Voldoet** $W_{y,benodigd} = 949521$ [mm³]

Controle stijfheid:

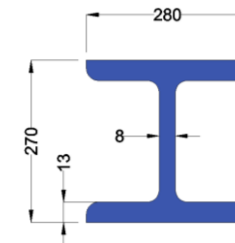
BGT $W_{bj} = 10,73$ [mm] $W_{bj, norm vloer} = 15,9$ [mm] $0,003 \times L$

$W_{bj, norm vl. wand} = 10,6$ [mm] $0,002 \times L$

UC vloer = 0,68 **Voldoet** $I_{y, benodigd} = 92309648$ [mm⁴]

(UC vl. wand = 1,01 $I_{y, benodigd} = 138464472$ [mm⁴])

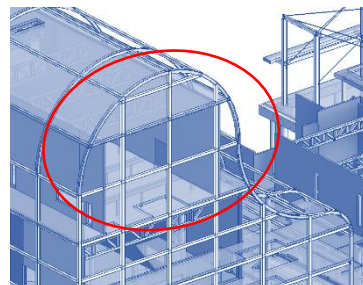
Toe te passen ligger:
HE280A



Figuur 20 constructieberekening staalligger

2.4.3 Berekening stalen boog

Bovenop de kolommen bij het nieuwbouwgebouw wordt een ligger opgelegd welke het dak zal moeten dragen (zie figuur 21). Deze ligger wordt in de fabriek gebogen zodat de vorm van een pianovleugel kan worden gerealiseerd. Om uit de grootte van deze liggers te berekenen is de constructieberekening in figuur 22 uitgevoerd.



Figuur 22 berekende staalligger

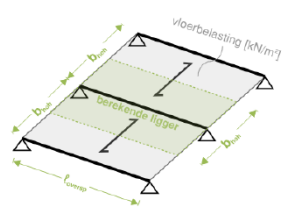
Bepaling dimensies stalen dakligger (globaal)

- de groene cellen dienen ingevuld te worden op basis van het eigen ontwerp -

HE300A	$l_{oversp} = 6$ [m]
	$b_{hoh} = 11,6$ [m]
	$q_{d,tot} = 2$ [kN/m ²]
op ligger	$q_{UGT} = 23,2$ [kN/m]
	$q_{q,kar} = 1$ [kN/m ²]
op ligger	$q_{BGT} = 11,6$ [kN/m]

Profielgegevens van gekozen profiel:

weerstandsmoment	$W_y = 1383000$ [mm ³]	gebruik bijvoorbeeld de app 'Staalprofielen'
traagheidsmoment	$I_y = 182630000$ [mm ⁴]	
vloei grens	$f_y = 355$ [N/mm ²]	
elasticiteitsmodulus	$E = 210000$ [N/mm ²]	



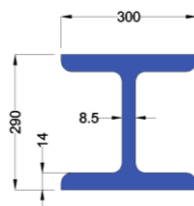
Controle sterkte:

UGT	$M_{veld} = 104400000$ [Nmm]	$\sigma_{max} = 75$ [N/mm ²]
	UC = 0,21 Voldoet	$W_{y,benodigd} = 294085$ [mm ³]

Controle stijfheid:

BGT	$W_{bij} = 5,10$ [mm]	$W_{bij,norm\ dak} = 24,0$ [mm]	0,004 x L
	UC dak = 0,21 Voldoet	$I_{y,benodigd} = 38839286$ [mm ⁴]	

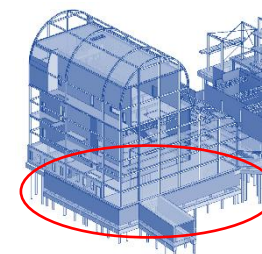
Toe te passen ligger:
HE300A



Figuur 22 constructieberekening stalen boog

2.4.4 Berekening keldervloer

Onder het nieuwbouwdeel wordt een kelder gerealiseerd waar fietsen kunnen worden gestald (zie figuur 23). De keldervloer wordt op palen gefundeerd. De berekening voor de dikte van de keldervloer is weergegeven in figuur 24.



Figuur 23 berekende keldervloer

Bepaling dimensies betonnen keldervloer (globaal)

- de groene cellen dienen ingevuld te worden op basis van het eigen ontwerp -

onder grondwater	h diepte = 4 [m]
	$l_{oversp} = 6$ [m]
	$Q_{waterdruk} = 10$ [kN/m ³]
	$q_{Gbeton} = 25$ [kN/m ³]
druk op vloer	$q_{UGT} = 33,25$ [kN/m]

beschouwing per meter!

$b = 1000$ [mm]
$h_{vloer} = 300$ [mm]
$W_y = 15000000$ [mm ³]
sterkteklasse beton C30/37
$f_{cd} = 20$ [N/mm ²]

Controle sterkte:

$M_{veld} = 150$ [kNm]	$\sigma_{m,d} = 10,0$ [N/mm ²]
UC = 0,50 Voldoet	--> $W_{benodigd} = 7481250$ [mm ³]
	$h_{benodigd} = 212$ [mm]
	(indicatie! --> of overspanning kleiner)

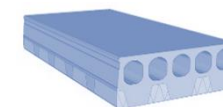
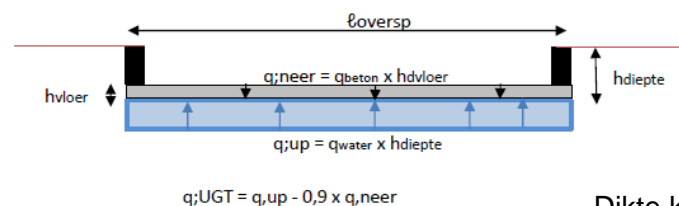
Evenwicht:

opwaartse kracht = 33,25 [kN/m ²]
benodigde dikte beton: 1,78 [m]

ter compensatie!

ook te compenseren met:

- met gebouwgewicht
- door trekankerpalen

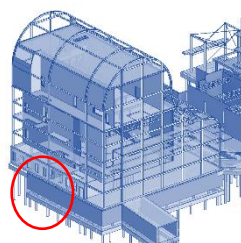


Dikte keldervloer:
300mm

Figuur 24 constructieberekening dikte keldervloer

2.4.5 Berekening kelderwand

Naast de keldervloer is ook uitgerekend wat de vereiste dikte moet zijn van de kelderwand (zie figuur 25). In de berekening is tevens rekening gehouden met de hoogte van het grondwater. De constructieberekening voor de kelderwand is weergegeven in figuur 26.



Figuur 25 berekende kelderwand

Bepaling dimensie betonnen kelderwand (globaal)

- de groene cellen dienen ingevuld te worden op basis van het eigen ontwerp -

diepte wand	h diepte =	4	[m]
diepte grondwater	hgr. waterh. =	1	[m]
	bovenbelasting =	1	[kN/m ²]
	Qgronddr. vert. =	81	[kN/m ²]
	korreldr. vert. =	71	[kN/m ²]
	korreldr. hor. =	35,5	[kN/m]
	Qwaterdruk =	10	[kN/m]
	qhor =	45,5	[kN/m]

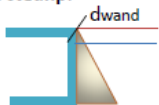
beschouwing per meter!

b _{strook} =	1000	[mm]
d _{wand} =	300	[mm]
W _y =	15000000	[mm ³]
sterkteklasse beton	C30/37	
f _{cd} =	20	[N/mm ²]
Q _{Ggrond} =	20	[kN/m ³]
k =	0,5	
Q _{waterdruk} =	10	[kN/m ³]

Controle sterkte:

F _{res. hor. korrel} =	71,0	[kN]
F _{res. hor. water} =	5	[kN]

op 2 steunp.



σ _m =	4,3	[N/mm ²]
UC =	0,21	Voldoet

max M grond =	63	[kNm]
max M water =	1	[kNm]
max M tot =	64	[kNm]

W _{benodigd} =	3211111	[mm ³]
-------------------------	---------	--------------------

ingeklemd



σ _m =	6,4	[N/mm ²]
UC =	0,32	Voldoet

st.punt mom =	95	[kNm]
st.punt mom =	2	[kNm]
st.punt mom =	96	[kNm]

W _{benodigd} =	4816667	[mm ³]
-------------------------	---------	--------------------

Dikte kelderwand:
300mm

Figuur 26 constructieberekening kelderwand

2.4.6 Berekening vakwerk

Omdat ter plaatse van de grote en kleine zaal en het muziekcafé de overspanningen dusdanig groot zijn is ervoor gekozen om een stalen vakwerk toe te passen (zie figuur 27). De berekening van de vakwerk van de grote zaal is weergegeven in figuur 28.



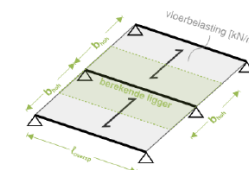
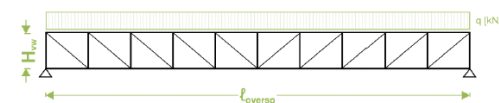
Figuur 27 berekende vakwerk

Stalen vakwerklijger (globaal)

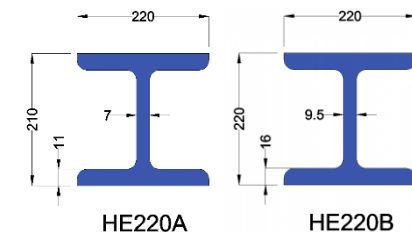
- de groene cellen dienen ingevuld te worden op basis van het eigen ontwerp -

vloeiërens	f _y =	235	[N/mm ²]
	l _{oversp} =	17,5	[m]
	b _{hoh} =	5	[m]
	Q _{tot rekenw} =	16	[kN/m ²]
op ligger	q _{UGT} =	80	[kN/m]
	H _{vw} =	2,5	[m]
	H _{syst} = 0,9 * H _{vw} =	2,25	[m]
	M _d =	3062,5	[kNm]
	F _{t,d} =	1361	[kN]
	rek. waarde moment		
	rek. waarde trek/drukkracht in onder/bovenregel		
Toegepaste profielen:			
onderregel (trek)	A _{or,ben} =	6371	[mm ²]
bovenregel (druk)	A _{br,ben} =	8283	[mm ²]
	HEA220	A = 6434	[mm ²]
	HEB220	A = 9104	[mm ²]
		UC = 0,99	Voldoet
		UC = 0,91	Voldoet

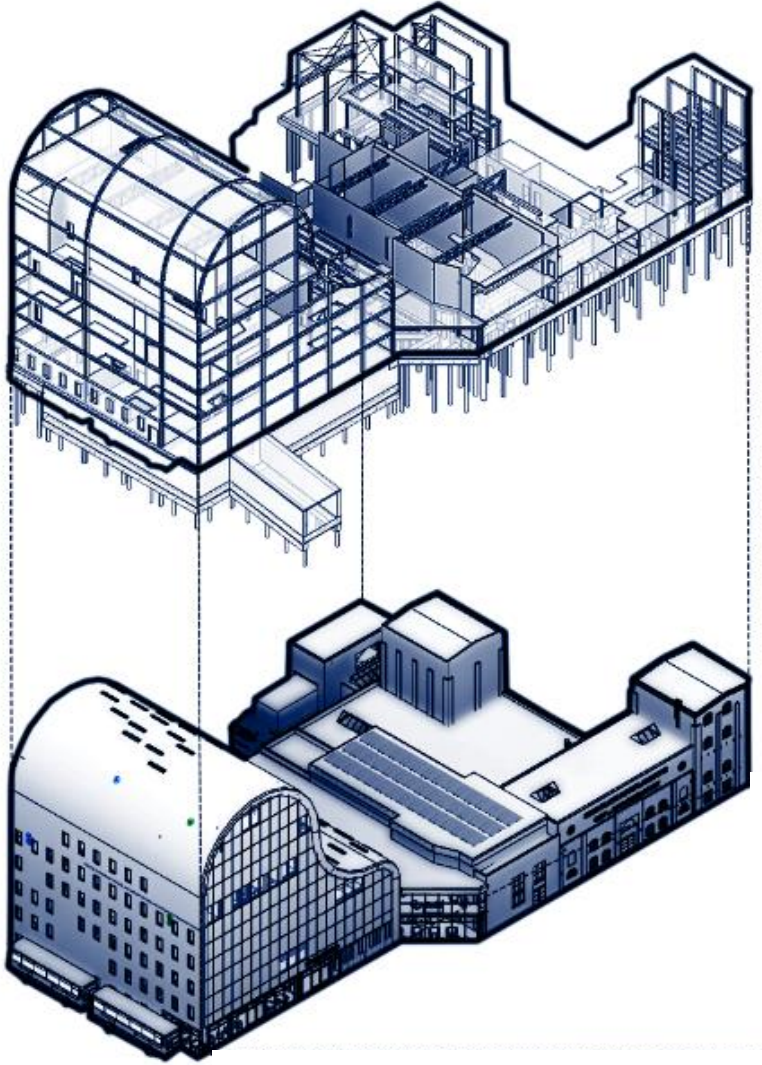
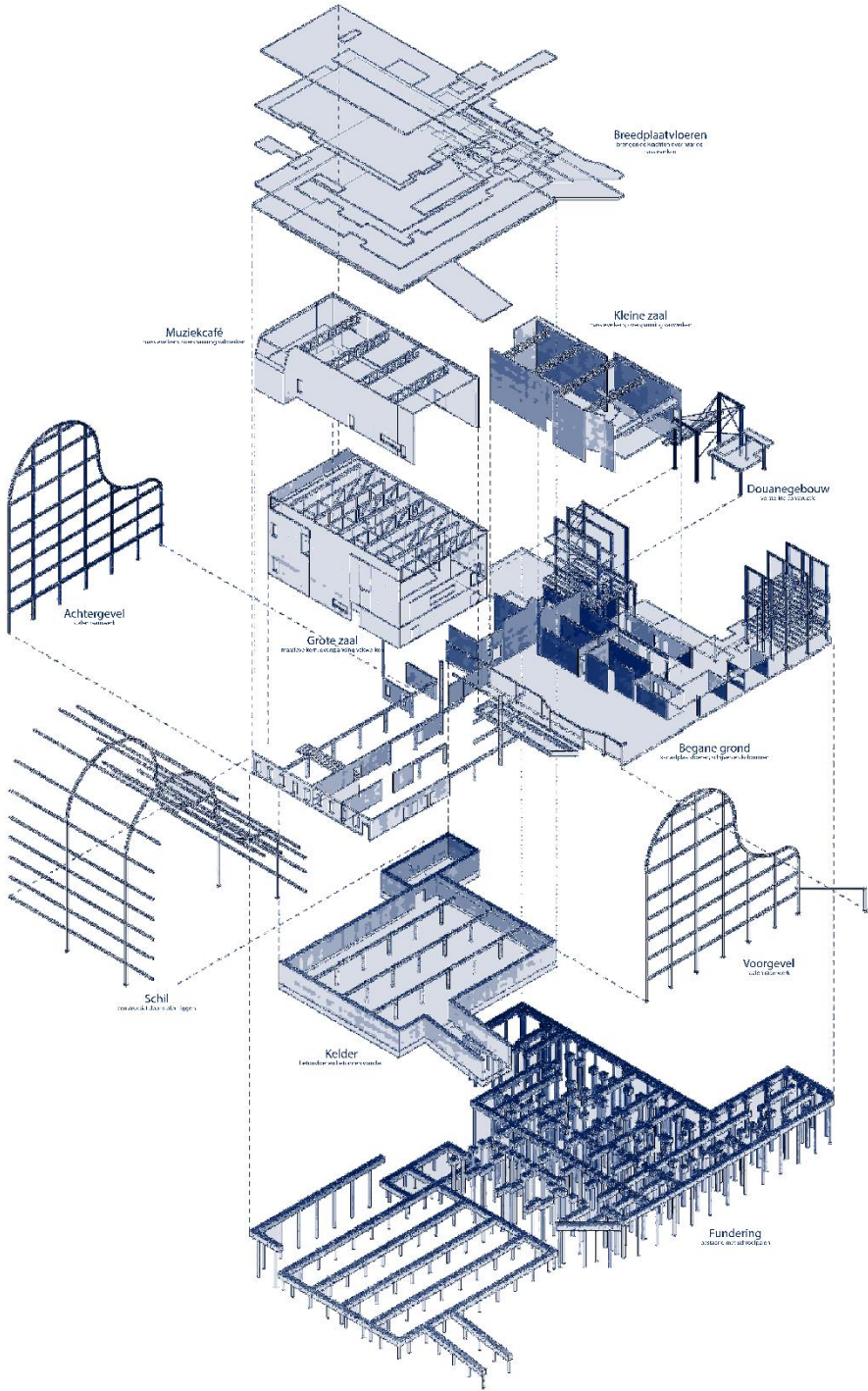
* gebruik bijvoorbeeld de app 'Staalprofielen'



Toe te passen onderlijger: **HE220A**
Toe te passen bovenlijger: **HE220B**



Figuur 28 constructieberekening vakwerk

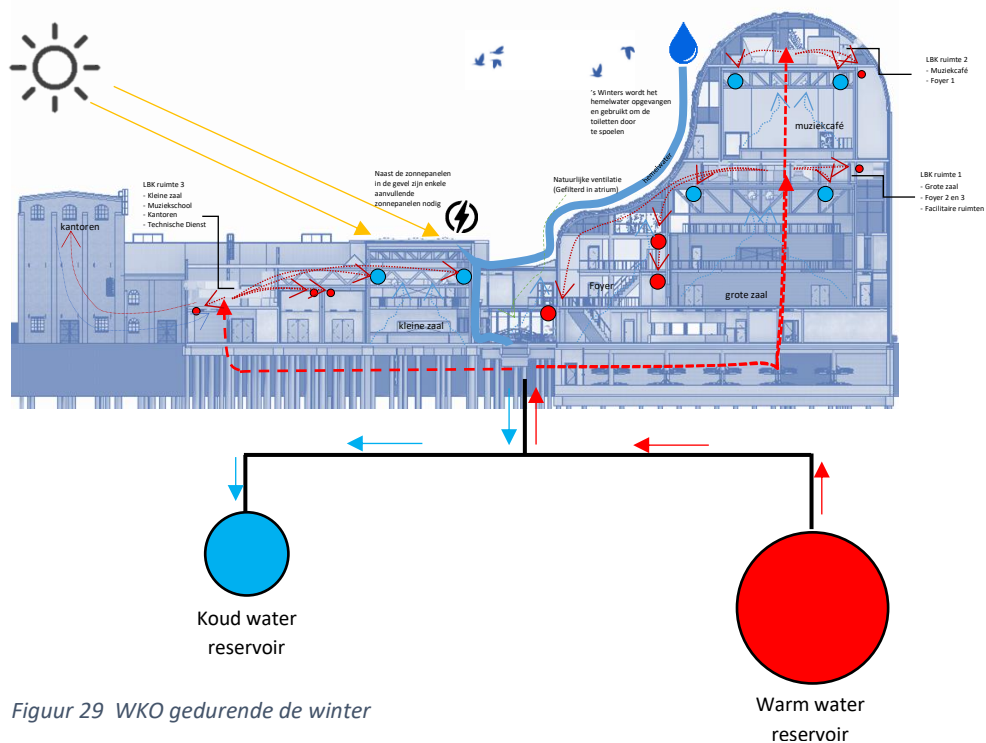


3 Klimaatontwerp

Poppodium Crescendo bestaat uit diverse muzieksalen en een muziekschool. Omdat het een gebouw is waar mensen willen verblijven is het essentieel dat er een behaaglijk klimaat in het gebouw heerst. In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten met betrekking tot het klimaat behandeld.

3.1 Klimaat doorsnede – winter

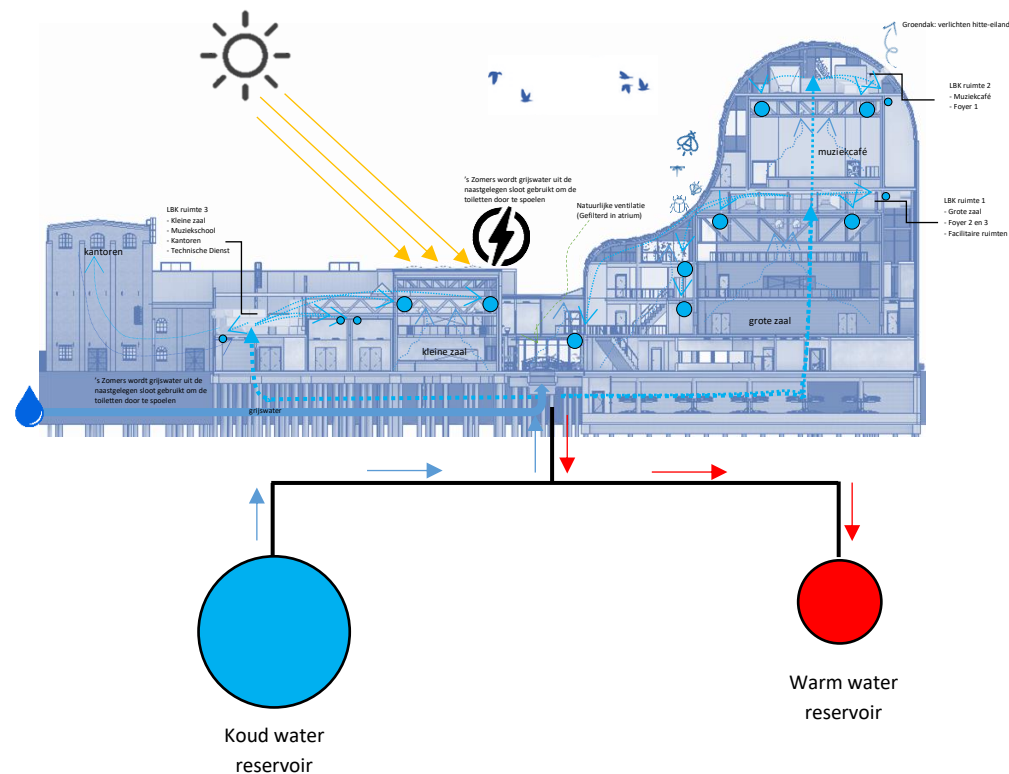
Voor het beheersen van het klimaat wordt een WKO (warmte-koude opslag) toegepast. Een WKO bestaat uit een tweetal reservoirs op zo'n 100 meter diepte in de grond. In figuur 29 is te zien dat in de winter warmte vanuit het warmwater reservoir wordt opgepompt.



Figuur 29 WKO gedurende de winter

3.2 Klimaat doorsnede – zomer

Tijdens de zomer is het koud water reservoir groter dan die met warm water. Dit koude water wordt opgepompt en gebruikt om het gebouw te koelen. Dit principe is weergegeven in figuur 30.



Figuur 30 WKO gedurende de zomer

3.3 BENG berekening

Het uitgangspunt is uitgesproken om een (bijna) energieneutraal gebouw te realiseren. Het gebouw heeft een gebruikersoppervlak van 5998 m² en een inhoud van 19712,53 m³. Van deze vierkante meters wordt 77% gebruikt als bijeenkomstfunctie, 6% als onderwijsfunctie en 17% als kantoorfunctie. Om te kijken of het gebouw voldoet aan de indicatoren om een energieneutraal gebouw te realiseren is een BENG berekening uitgevoerd. De uitkomsten van deze berekening hebben geleid tot een indicatieve BENG label welke in figuur 31 is weergegeven.

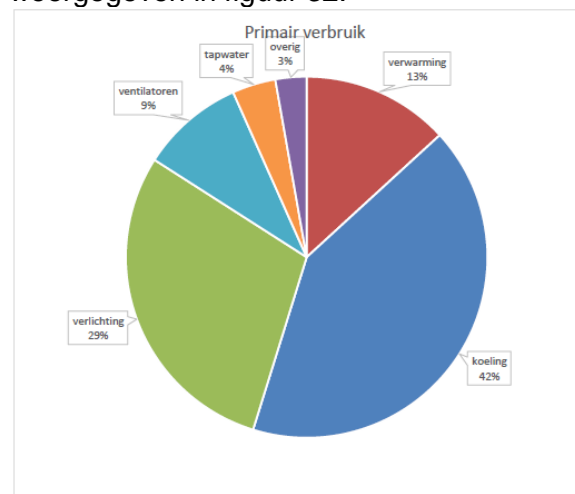
Gevels (zonder kelderwanden)					Dak	Vloer	
	NO	ZO	ZW	NW			Eenh.
Oppervlakte	565	1236	1520	1297	2201	1929	m ²
Raampercentage	45	35	30	30	10		%
Gemiddelde RC-waarde dichte delen	4,7	4,7	4,7	4,7	6,3	3,7	m ² K/W
Gemiddelde U-waarde ramen	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2		W/(m ² K)
g-waarde glas	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		-
g-waarde glas+zonwering	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2		-

Tabel 3-1 Rekenwaarden

Indicatief BENG-label		
Project	24003 Podium 015	
KENTALLEN		
Gebruiksoppervlakte Ag	m ²	5998,5
Verliesoppervlakte/Volume	m ² /m ³	0,39
Ugemiddeld	W/m ² K	0,423
Glaspercentage*ZTA-zonwering	%	0,1316
% Natuurlijke ventilatie	%	20
% Daglicht	%	50
Elektriciteitsproductie /Ag	kWh/m ²	15,0
BENG indicatoren		
	< 96	87 kWh/m ²
	< 57,2	55 kWh/m ²
	> 30,6	54 %
<small>De energielabel geeft een indicatie van de energieefficiëntie van het ontwerp. Versie 3.0 (2017) - alleen te gebruiken voor onderaannemers.</small>		
6061958		

Figuur 31 indicatieve BENG label

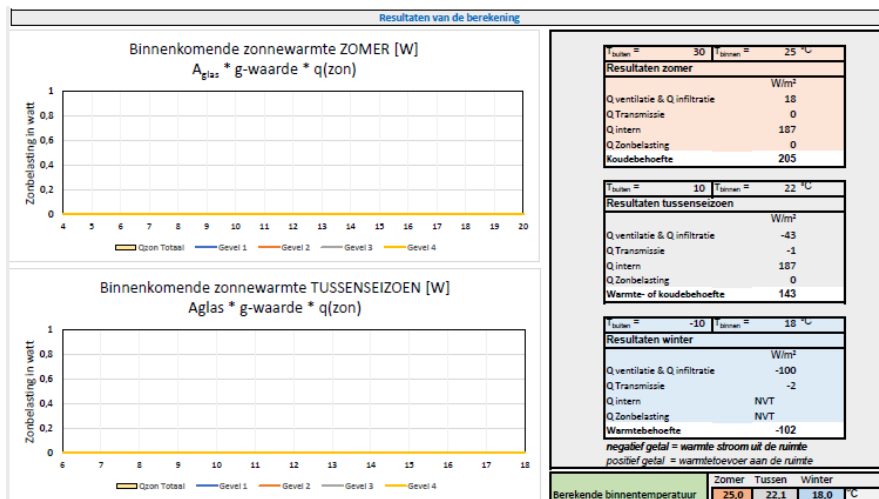
In het gebouw zal LED-verlichting worden toegepast met aanwezigheidsdetectie. Er zullen CO₂ meters worden aangebracht en de ventilatie zal zowel natuurlijk als mechanisch worden gerealiseerd. Het gebouw wordt verwarmd door de toepassing van een WKO en warmtepompen. Het verbruik van het gebouw is weergegeven in figuur 32.



Figuur 32 cirkeldiagram verbruik

3.4 Warmtebalans

Met betrekking tot de warmte in de grote zaal is een warmtebalans berekening opgesteld. Een warmtebalans is het evenwicht dat er bestaat tussen ontvangen en uitgestraalde warmte gedurende het gehele jaar. De berekening is weergegeven in figuur 33. Uit de berekening is gebleken dat in de zomer 205,5 Watt per vierkante meter nodig is en in de winter 102,4. Door verwarming en koeling kan de grote zaal binnen een temperatuur van 25 en 18 graden gehouden worden.



Figuur 33 berekening warmtebalans

3.5 Berekening luchtkanalen

In het Programma van Eisen staat beschreven dat er een luchtverversing benodigd is in de grote zaal van 50m³ per uur per persoon. In de grote zaal is ruimte voor circa 800 personen. Dit betekent dat er een luchtverversing benodigd is van 40.000 m³/h

De totale inhoud van de grote zaal is 4.862 kubieke meter. Hiermee kan de ventilatievoud berekend worden: 40.000 / 4.862 = 8,2 h⁻¹.

De diameter van de benodigde ventilatiekanalen kan worden berekend met de volgende formule: $A = \pi \cdot r^2$. Uit deze berekening is gebleken dat de kanalen een diameter moeten hebben van 1,2 meter.

$$A = 1,1 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{1,1}{\pi}} = 0,6 \text{ m}$$

In het Programma van Eisen staat dat er 300 mensen in de kleine zaal moeten kunnen. Dit leidt ertoe dat de kanalen in de kleine zaal een diameter moeten hebben van 0,8 meter.

$$A = 0,42 \text{ m}^2$$

$$R = \sqrt{\frac{0,42}{\pi}} = 0,4 \text{ m}$$

In het Programma van Eisen staat dat er 23 mensen in de muziekcafé moeten kunnen. Dit leidt ertoe dat de kanalen in de kleine zaal een diameter moeten hebben van 0,64 meter.

$$A = 0,32 \text{ m}^2$$

$$R = \sqrt{\frac{0,32}{\pi}} = 0,32 \text{ m}$$

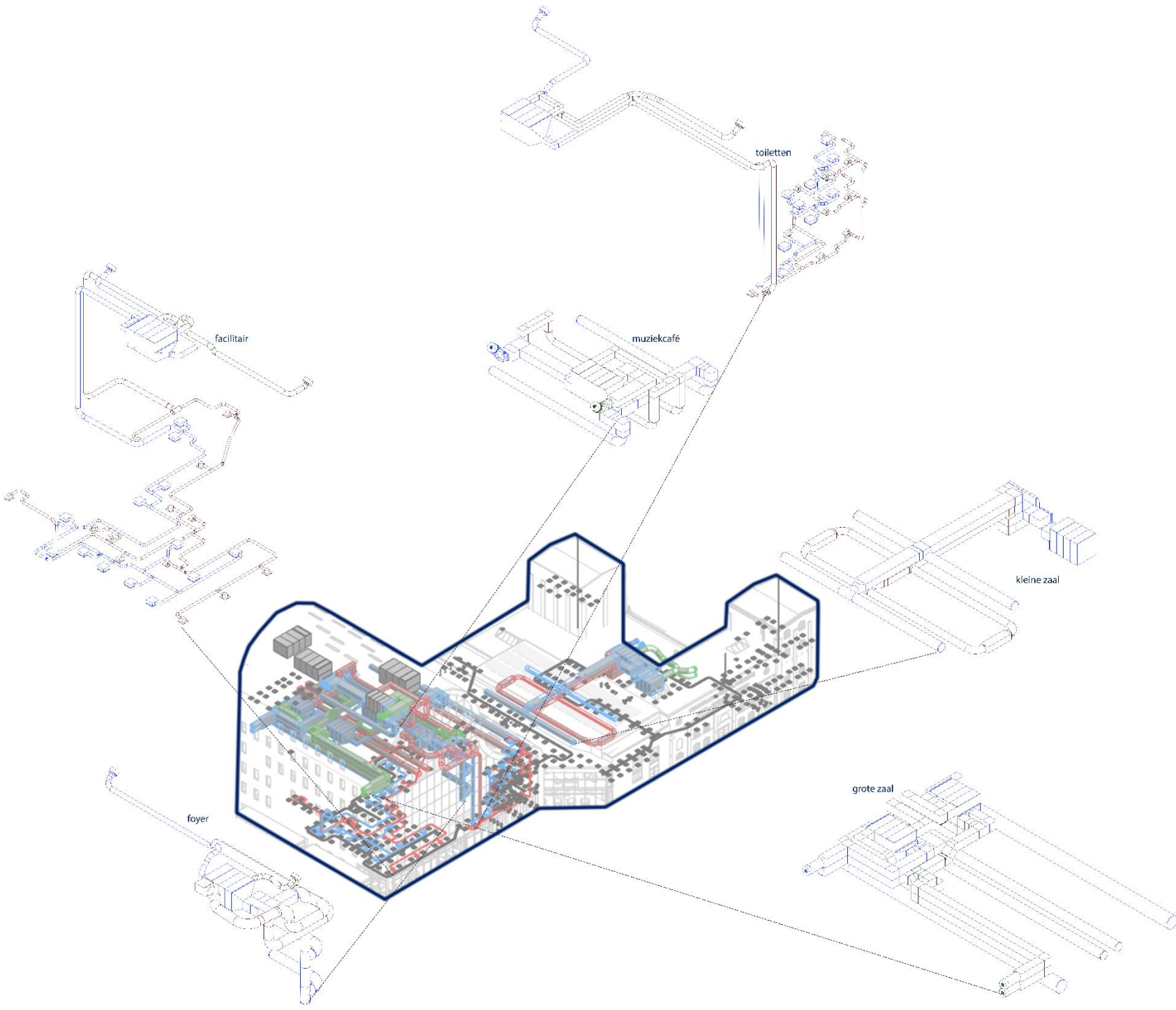
3.6 Luchtbehandeling

Berekend is dat voor de zalen de volgende ventilatiebehoefte benodigd is:

Grote zaal:	40.000 m ³ /h
Kleine zaal:	15.600 m ³ /h
Muziekcafé:	11.960 m ³ /h
Foyer:	55.000 m ³ /h

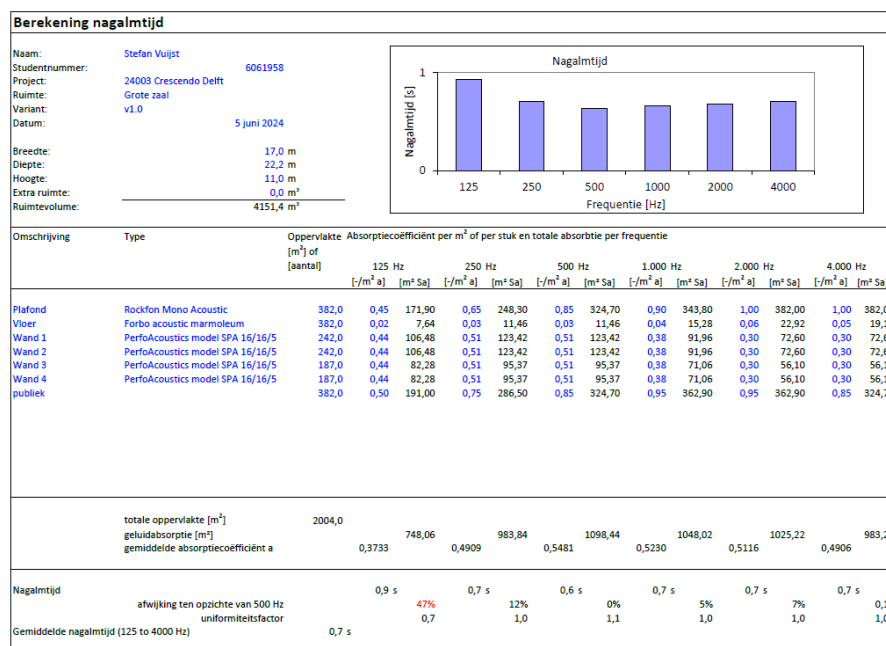
Volgens VEKAS (VEKAS online, z.d.) zijn de volgende installaties nodig:

Grote zaal:	2x: Basic W 200 (warmtewiel) 3090x2400x2300 mm
Kleine zaal:	1x Basic W 160 (warmtewiel) 3090x2170x2380mm
Muziekcafé:	1x Basic W 120 (warmtewiel) 3090x2170x2150 mm
Foyer:	3x: basic W 240 (warmtewiel) 3090x2630x2110 mm

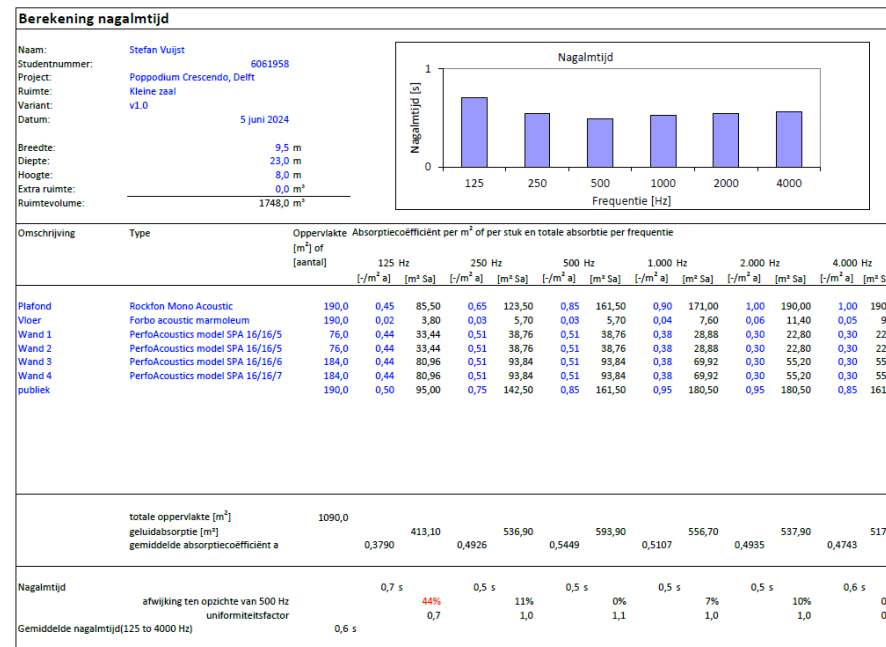


3.7 Nagalmtijd

In het poppodium Crescendo bevinden zich een drietal zalen: een grote zaal, kleine zaal en een muziekcafé. Om de akoestiek in deze ruimten te waarborgen zijn er diverse materialen toegepast die geluid zo veel mogelijk absorberen. Zo bestaat de plafondafwerking uit Rockfon Mono Acoustic en de wandafwerking uit geperforeerde houten panelen. De vloeren worden veel gebruikt en dienen makkelijk schoongemaakt te worden. Om deze reden is gekozen voor Forbo acoustic marmoleum. In het programma van eisen is gesteld dat de nagalmtijd in de grote en kleine zaal 0.7 seconden mag bedragen. Uit de nagalmtijdberekening in figuur 34 en 35 is te zien dat dit behaald is.



Figuur 34 berekening nagalmtijd grote zaal



Figuur 35 berekening nagalmtijd kleine zaal