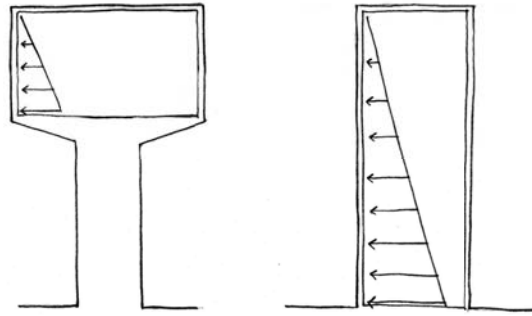


## **WATERSILO BEERSEL**

OPEN OPROEP 1406

31/03/2008

## INLEIDING

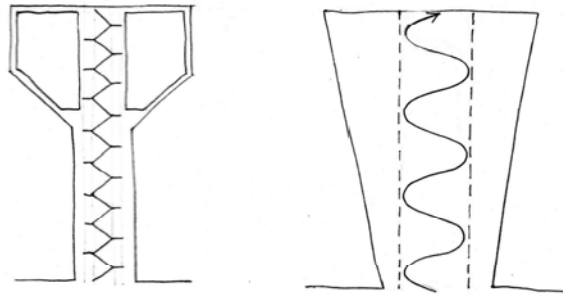


Een traditionele watertoren is uit functioneel oogpunt een buffervat dat op een hoogte boven de omgeving geplaatst wordt. Het onderste deel van de constructie - meestal vormgegeven door een smallere schacht - staat volledig ten dienste van het bovengelegen vat: de structuur houdt het vat en haar inhoud in de lucht terwijl trap en leidingen door deze 'onderruimte' omhoog gaan om zo vlot mogelijk de kuip te bereiken...

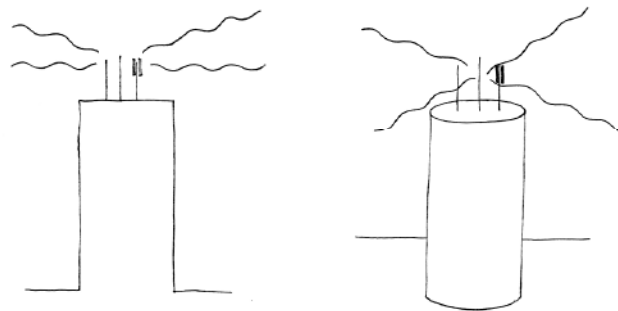
Een watersilo kan door een hooggelegen ligging over zijn volledige hoogte gebruikt worden voor wateropslag, waardoor hij een veel grotere capaciteit heeft voor eenzelfde 'gebouwd volume'.

Deze nieuwe typologie geeft aanleiding tot een aantal boeiende ontwerpvragestukken:

- het hogere watervat leidt tot **grotere waterdrukken**: bij een watervat van 30 tot 35 m hoogte loopt de hydrostatische druk op de wanden op tot 350 kN/m<sup>2</sup> (35 ton/m<sup>2</sup>), een veelvoud van de druk bij een traditionele watertoren;
- de **circulatie** tot de bovenkant van de waterkuip moet anders georganiseerd worden: bij de traditionele watertoren wordt dankbaar gebruik gemaakt van de relatief royale lege 'onderruimte', en is de krappe doorsteek door of rond de kuip beperkt in hoogte; bij de watersilo moet voor de circulatie een goed alternatief gevonden worden.



Daarnaast krijgen watertorens vaak **secundaire functies**: hun hoogte en positie in de omgeving maken ze zeer geschikt voor zendapparatuur voor telecommunicatie (gsm, data, tv, ...). Deze installaties zijn zeer onderhevig aan variatie in de tijd (noodzaak, afmetingen, vorm, aantal, ...) en mogen de primaire functie (het veilig bufferen van drinkwater) niet schaden, maar zijn hoe dan ook interessant: zowel voor de eigenaar (extra inkomsten) als voor de ruimtelijke omgeving (minder monofunctionele constructies).



Tenslotte is de watertoren/watersilo prominent **in het landschap** aanwezig. Door de omgeving met hellingen en bos zal hij in Beersel niet werken als omnipresent oriëntatiepunt vanop verre afstand. Wel als ijkpunt op de route van Beersel/Lot/Huizingen naar Alsemberg en als ruimtelijke houvast vanop de naburige heuvelflanken.

Voor ons ontwerpteam waren dit de uitgangspunten om aan de slag te gaan. Het ontwerpparcours dat werd afgelegd bestond uit het zoeken naar logische – maar inventieve – krachtenschema's en in het aftasten van de architecturale mogelijkheden en landschappelijke betekenis ervan.

In een volgende fase willen we graag – in overleg met de opdrachtgever – het ontwerpvoorstel verder in detail uitwerken en in uitvoering brengen.

## CONCEPT

### ROND — OF TOCH NIET

Perfect ronde elementen zijn van nature zeer geschikt voor het bevatten van vloeistoffen (of gassen) onder druk.

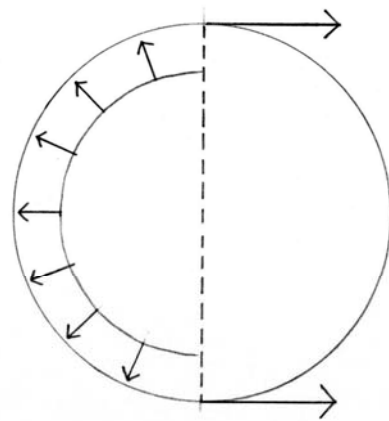
De druk werkt in alle richtingen loodrecht op de wand. Uniforme druk resulteert in *pure trek* in de mantel, wat staat voor efficiënt materiaalgebruik. Het is dan ook logisch dat de ronde vorm telkens terugkeert bij leidingen, vaten, ... watertorens.

Hoe groter de druk, hoe moeilijker het wordt om af te wijken van de ronde vorm.

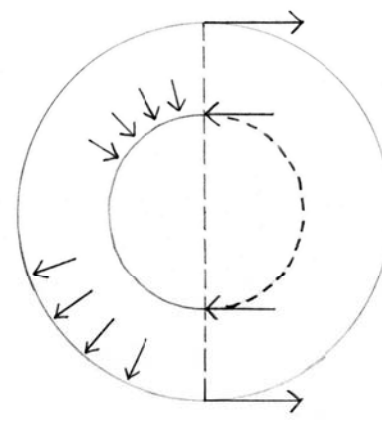
Voor *uitwendige druk* is het verhaal analoog, waarbij de mantel onder druk komt te staan. Duikboten zijn ontworpen vanuit dit principe.

Beide principes worden vaak gecombineerd bij het ontwerp van watertoren: in een rond vat wordt centraal een ronde uitsparing voorzien voor circulatie van personen en leidingen.

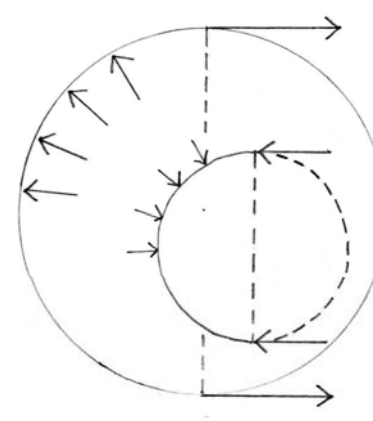
De positie van de schacht in de kuip heeft geen invloed op de krachtwerkingen. Dezelfde hydrostatische druk blijft immers heersen op de volledige wandontrek.



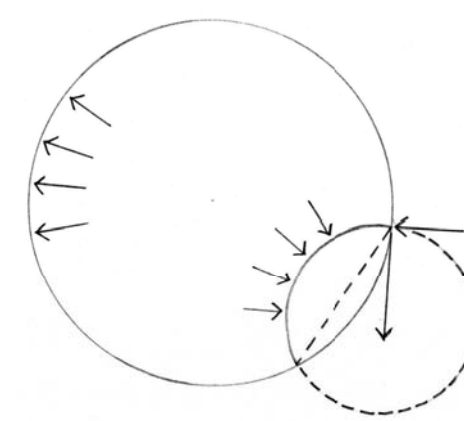
(a) inwendige druk geeft pure trek in de mantel



(b) uitwendige druk geeft pure druk in de mantel

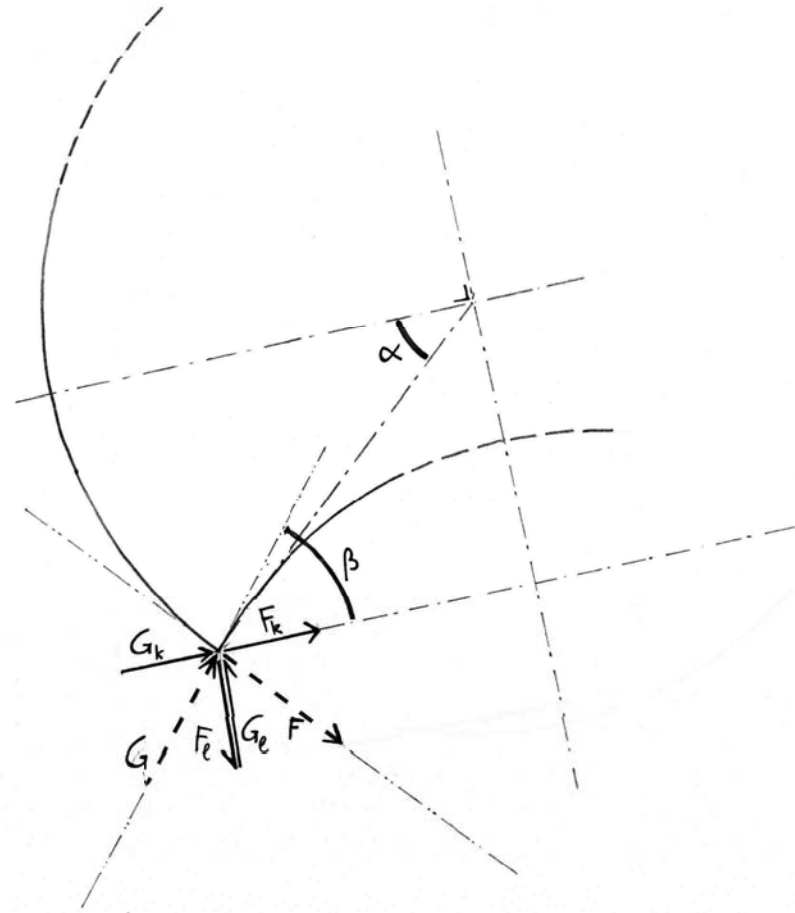


(c) onderlinge positie en grootte niet belangrijk



(d) ??? !!!

Nu... Wanneer de twee mantels elkaar (uit)snijden ontstaat een **interessant fenomeen...**



De trek uit de buitenmantel en de druk uit de binnenmantel resulteren in een gecombineerde trekkraft die altijd georiënteerd is volgens de koorde tussen de snedepunten.

$$F = p * r$$

$$F_1 = (p * r) * \cos \alpha$$

$$F_k = (p * r) * \sin \alpha$$

$$G_1 = p * (r * \cos \alpha)$$

$$G = [p * (r * \cos \alpha)] / \sin \beta$$

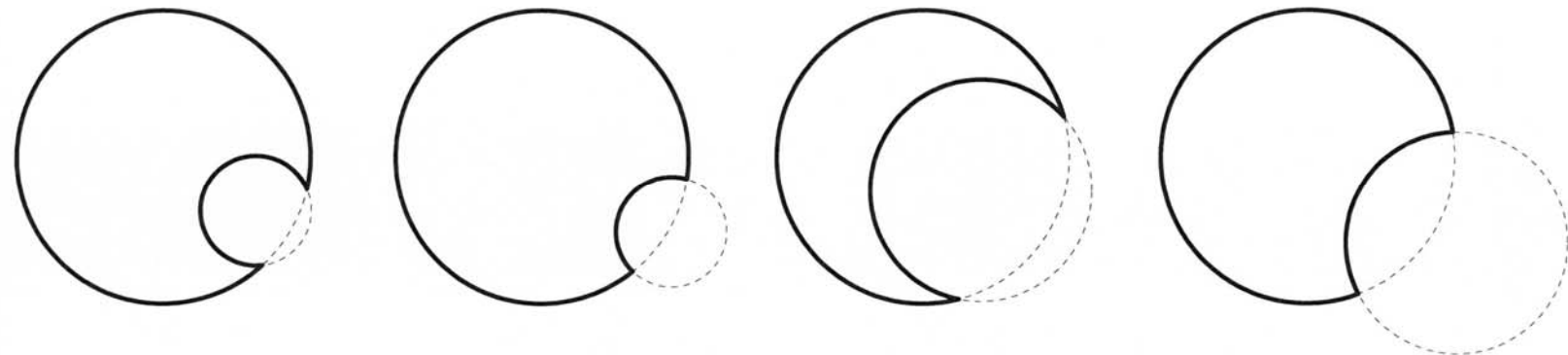
$$G_k = [p * (r * \cos \alpha)] / \sin \beta * \cos \beta$$

$F_1 = G_1$ , waardoor ze elkaar opheffen  
De trekkraft in de koorde is de som van  $F_k$  en  $G_k$ .

Deze wetmatigheid geldt voor elke combinatie van 2 cirkelsegmenten, onafhankelijk van de afmetingen of de positie van de snijpunten.

Dit is vanuit architecturaal oogpunt interessant: de ronde vorm kan gemanipuleerd worden zonder dat het krachteenwicht wordt verstoord.

Het 'uithollen' van een cirkelvormige geometrie met een tweede cirkelvorm opent interessante pistes voor her integreren van de circulatiezone in de watersilo zelf.

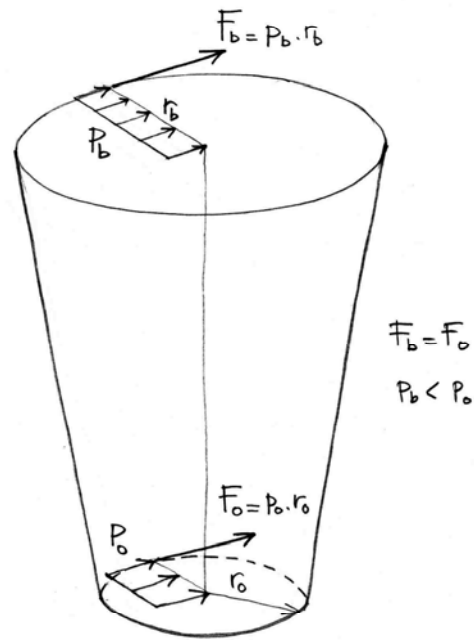
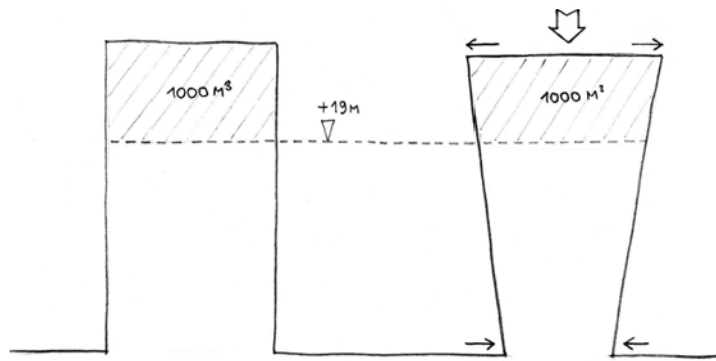


## OMGEKEERD CONISCH

Een omgekeerd conische vorm is vanuit 3 oogpunten interessanter dan een puur cilindrische vorm.

### FUNCTIONEEL

Het gebufferde water wordt meer bovenaan geconcentreerd, wat aangewezen is voor een optimale werking als watertoren. Bovendien leidt een verschil in toevoer- en afvoerdebiet tot een kleiner peilverschil (drukverschil) in de toren.

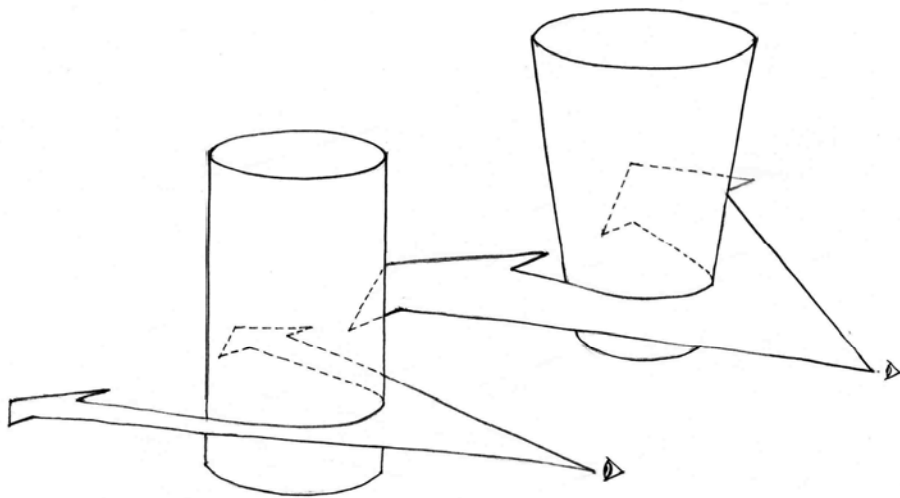


### STRUCTUREEL

De trekkracht in de mantel is evenredig met de heersende druk en met de diameter van het element. Een kleinere diameter onderaan werkt dus gunstig als compensatie voor de daar hogere waterdrukken.

### STEDENBOUWKUNDIG

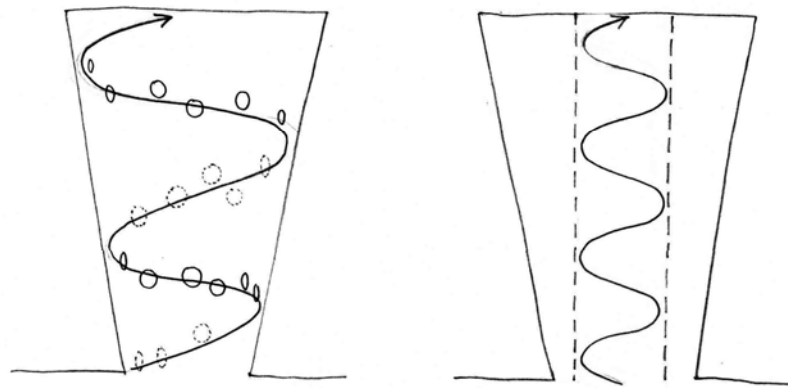
Een omgekeerd conische vorm heeft een kleine 'footprint', waardoor haar ruimtelijke impact op grondniveau beperkt wordt.



TWEE DENKSPOREN ...

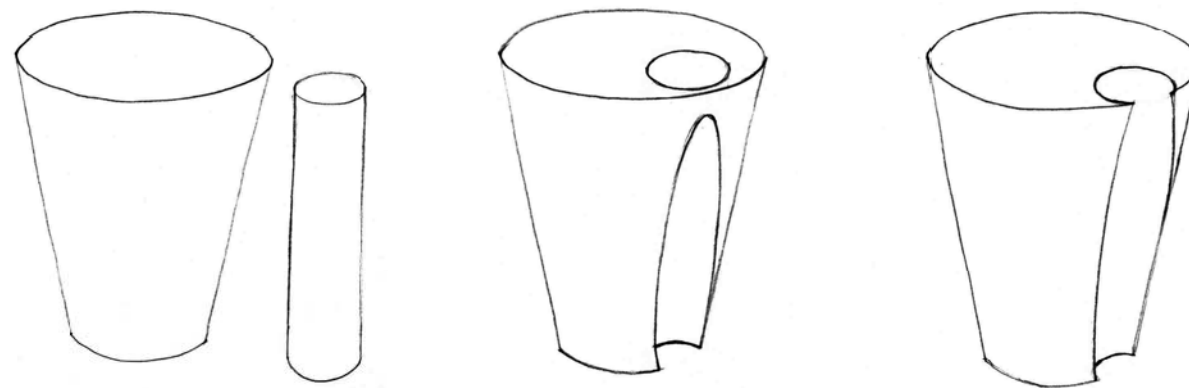
*de elkaar uithollende cirkelsegmenten & de omgekeerd conische vorm*

... LEVEREN TAL VAN INTERESSANTE COMBINATIES :

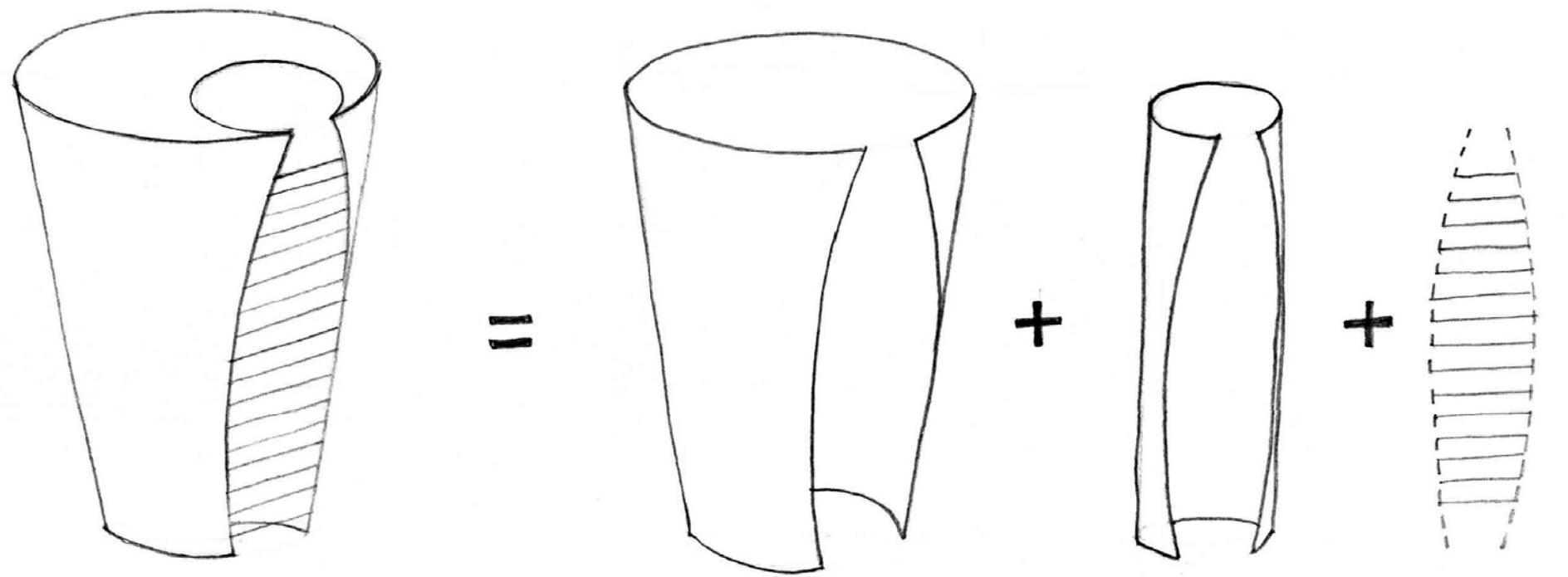


*variatie in circulatie: rondom oplopend ... of verticaal geconcentreerd*

*elkaar uitsnijdende geometrische vormen*



EN ... HET CONCEPT



BUITENMANTEL

BINNENMANTEL

TREKKERS

horizontaal onder trek  
verticaal onder druk

horizontaal onder druk  
verticaal onder druk

onder trek

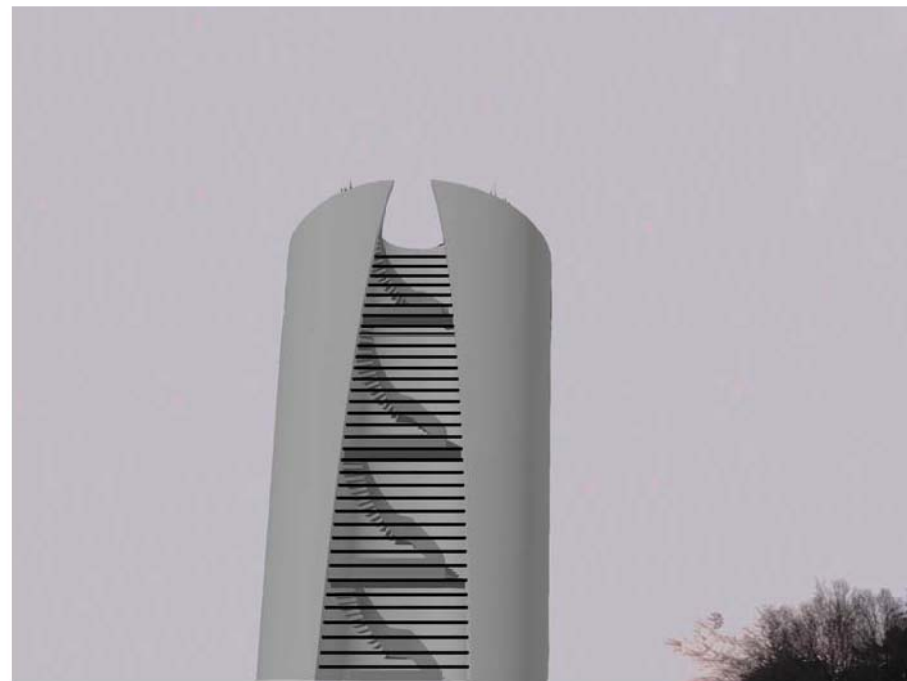
WAPENINGSRINGEN  
&  
BETON

BETON

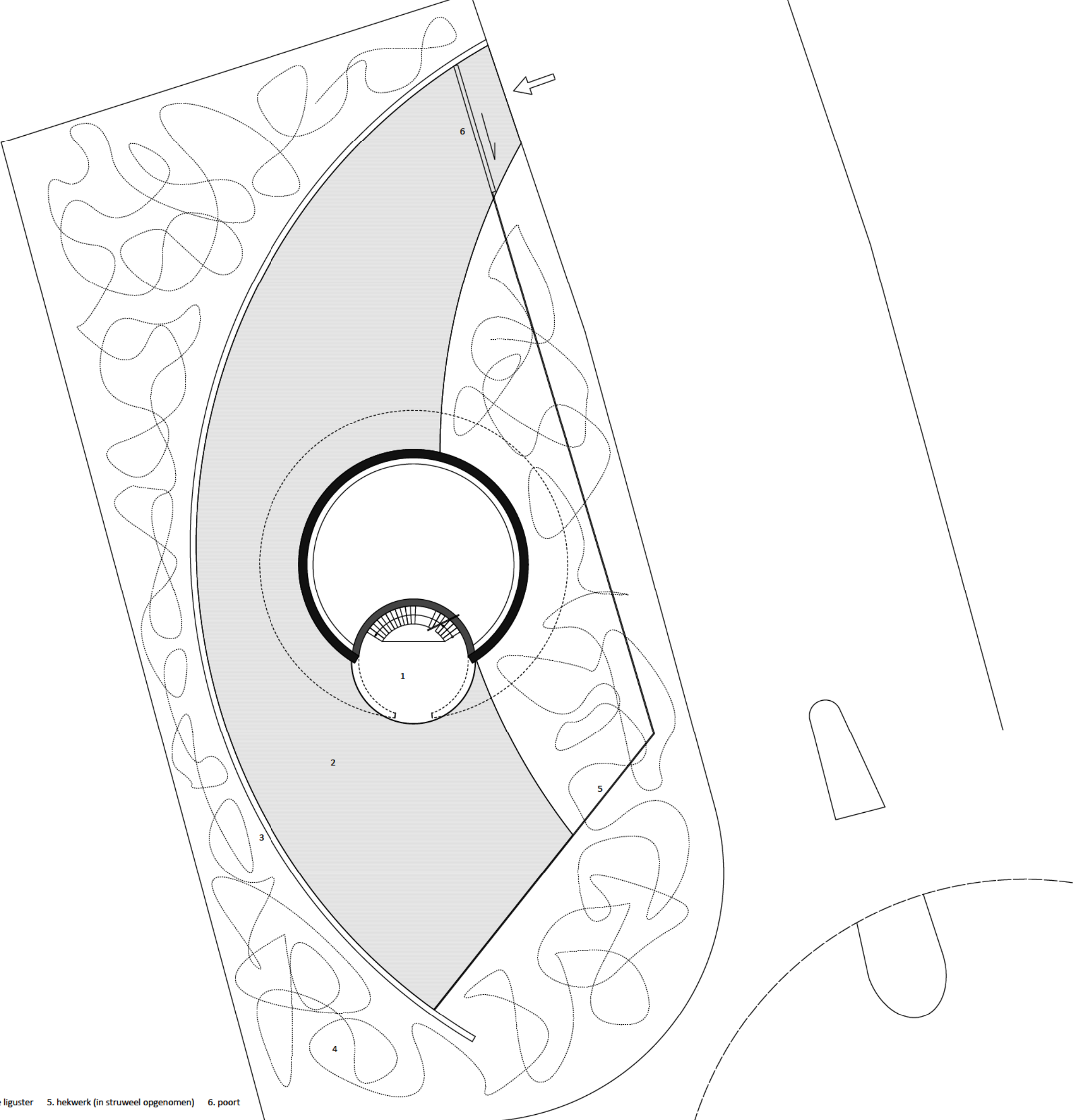
STAAL





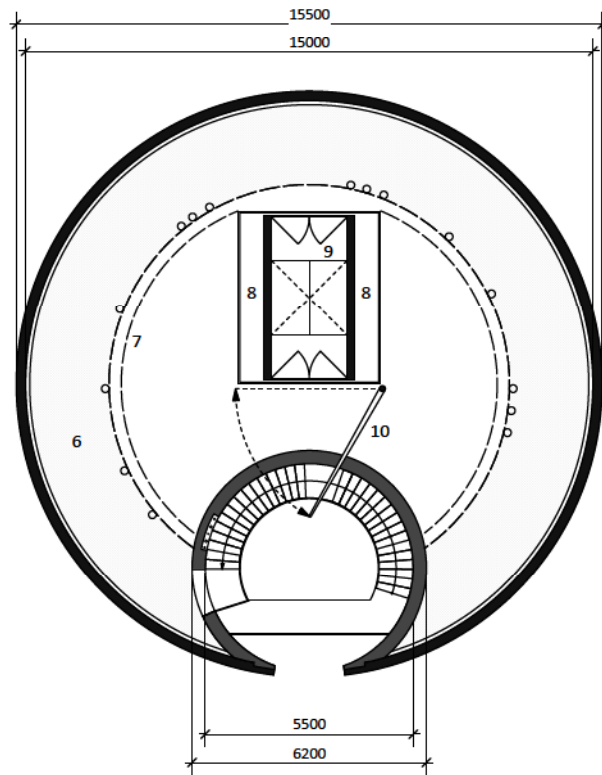




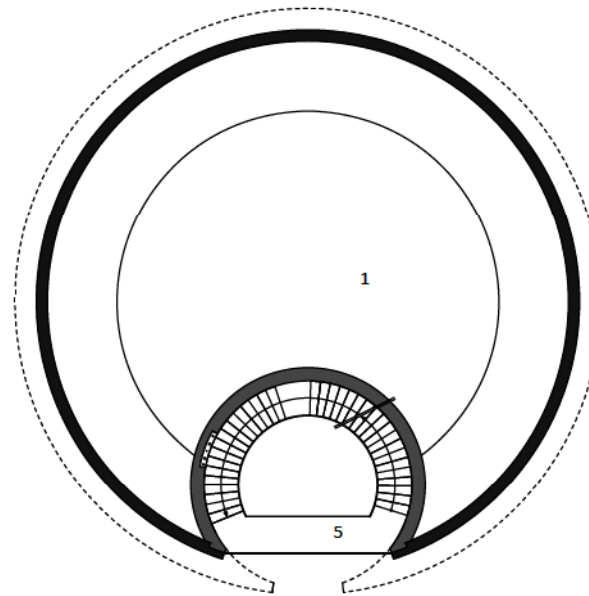


SCHAAL 1/200

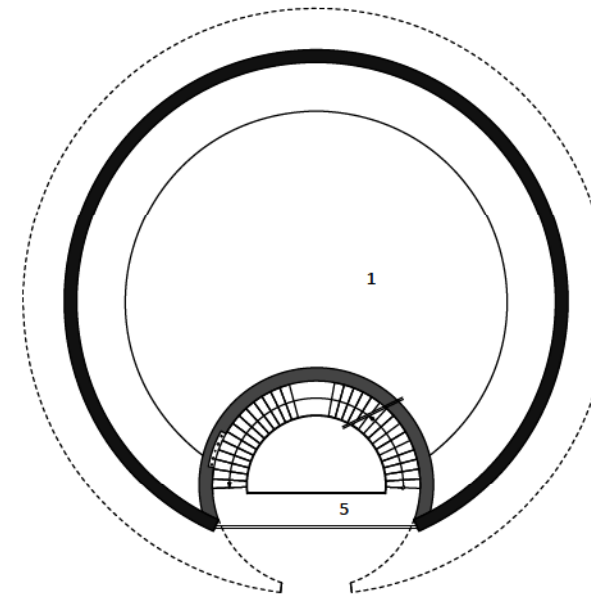
1. toegangsbordes 2. verharding uit gebonden granulaat 3. keermuur 4. struweel van wilde liguster 5. hekwerk (in struweel opgenomen) 6. poort



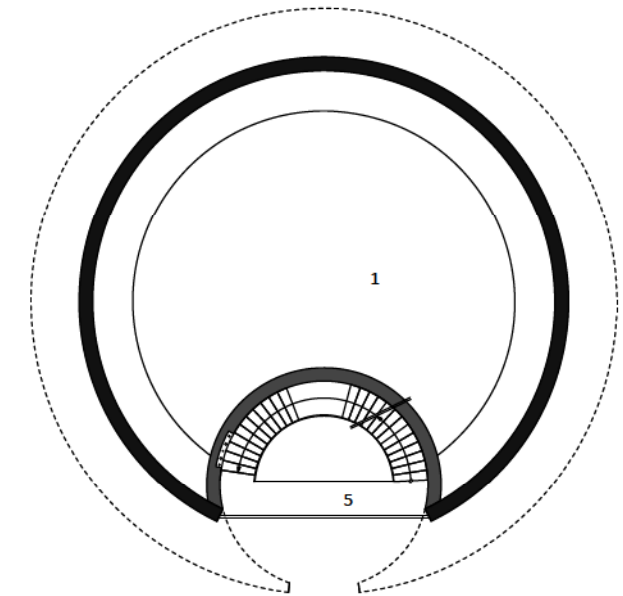
+153.24 (dak)



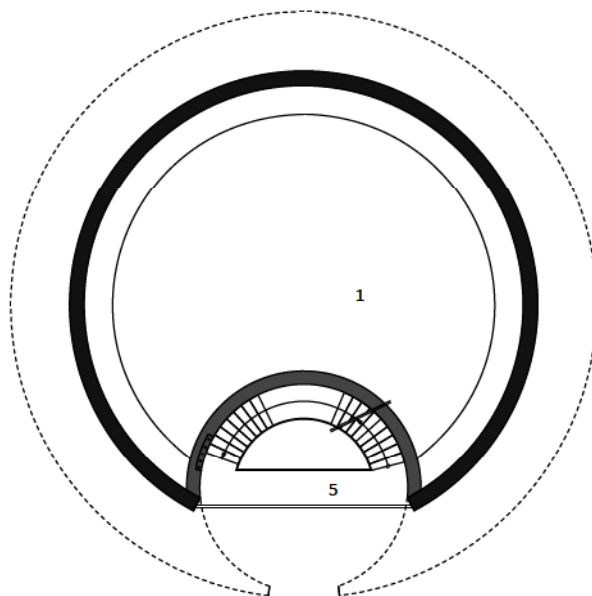
+145.68



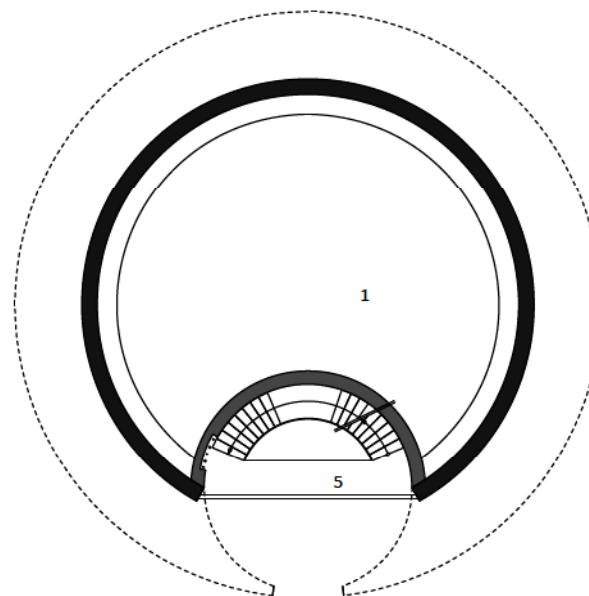
+138.12



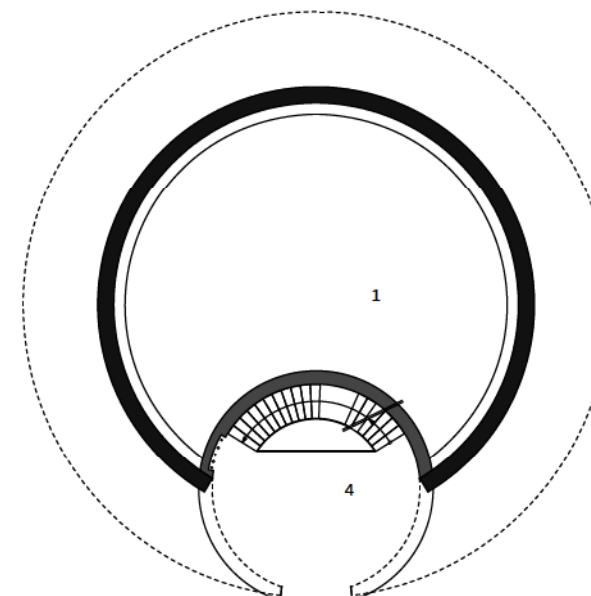
+133.80



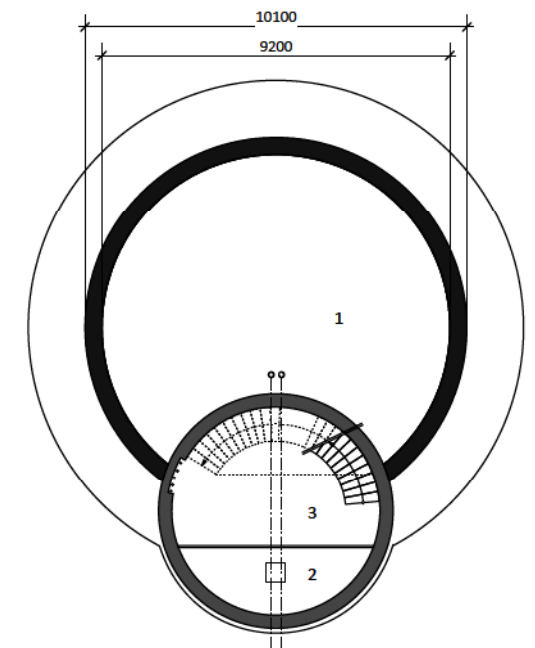
+129.48



+126.24



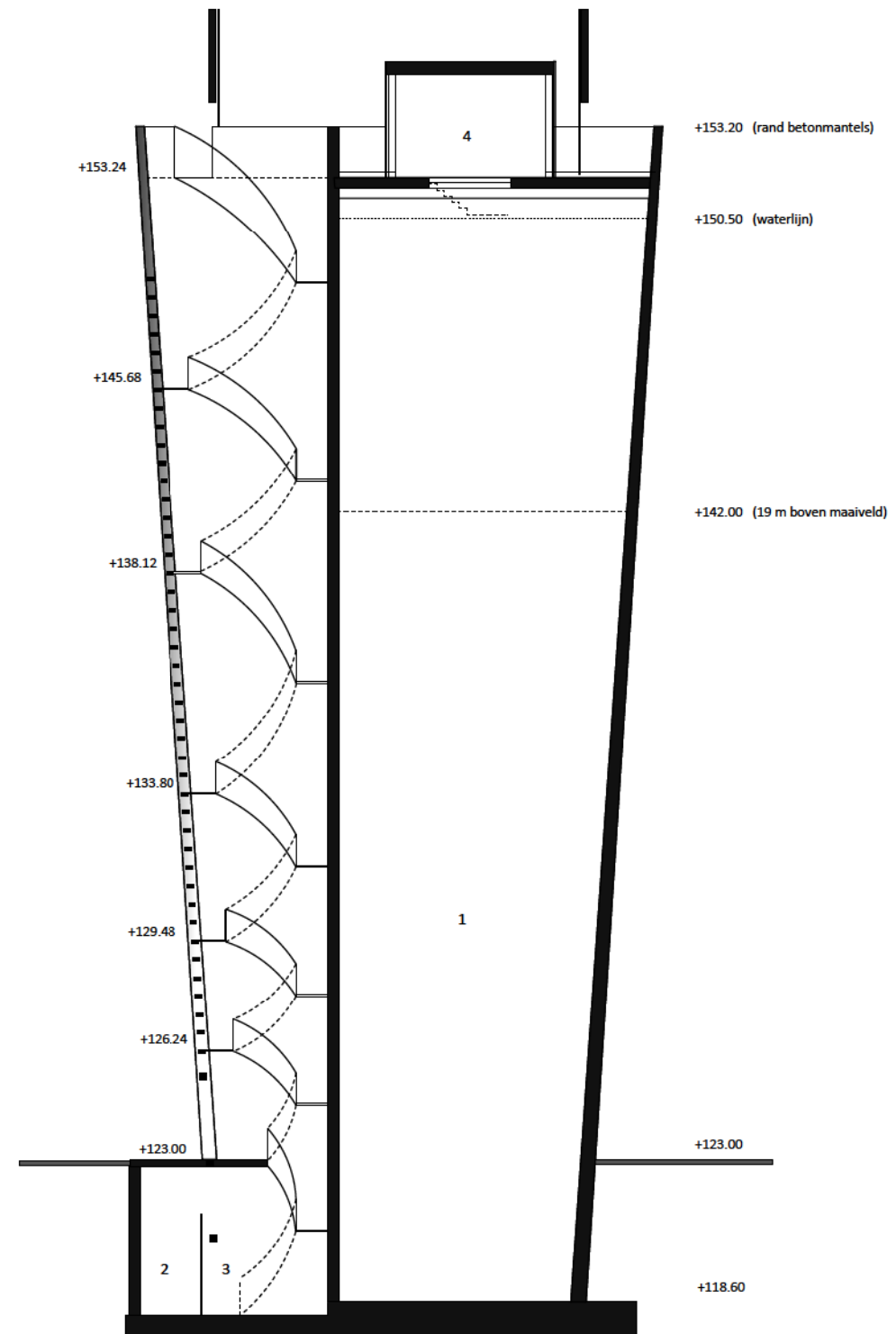
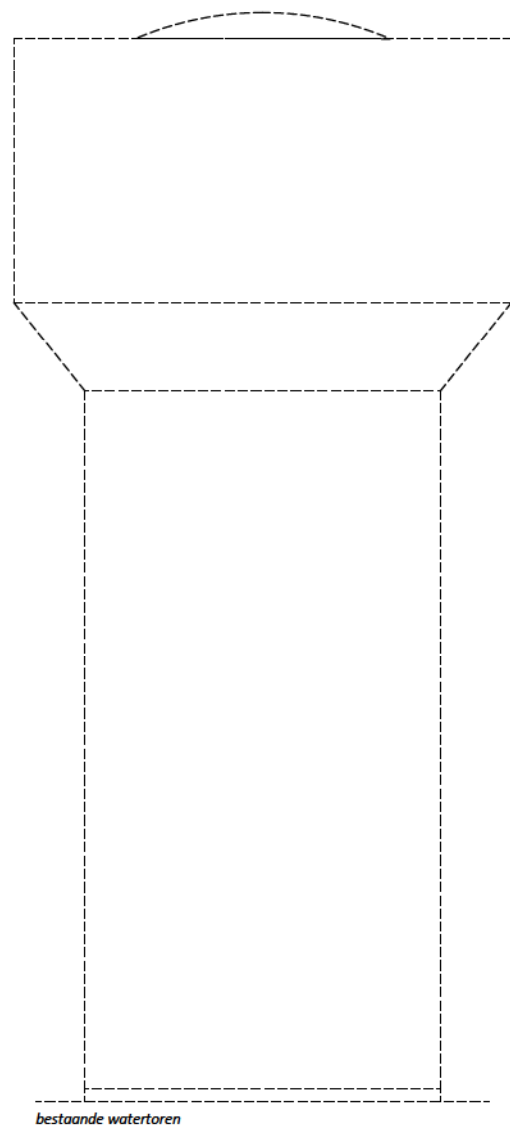
+123.00 (maaiveld)



+118.60 (ondergronds)

SCHAAL 1/200

1. waterreservoir 2. kranenruimte 3. technische ruimte 4. toegangsbordes 5. bordes 6. loopvlak 7. onderstructuur antennes & kabelleider 8. modules antennes 9. technische ruimte TMWW 10. hijsarm



SCHAAL 1/200

1. waterreservoir 2. kranenruimte 3. technische ruimte 4. technische ruimte TMVW

# TOELICHTING

## STEDENBOUWKUNDIG / OMGEVING

### ORIËNTATIE

De traditionele watertoren is doorgaans puntsymmetrisch: vanuit alle richtingen geeft hij eenzelfde beeld. Ons ontwerp voor de watersilo heeft door de uitsnijding van de circulatie een uitgesproken oriëntatie. Die oriëntatie wordt uitgespeeld op stedenbouwkundig vlak.

Voor de passanten op de weg Beersel-Elseberg zal de watersilo een belangrijk herkenningspunt zijn. Niet als een baken die van grote afstand zichtbaar is, maar als een ijkpunt op de route.

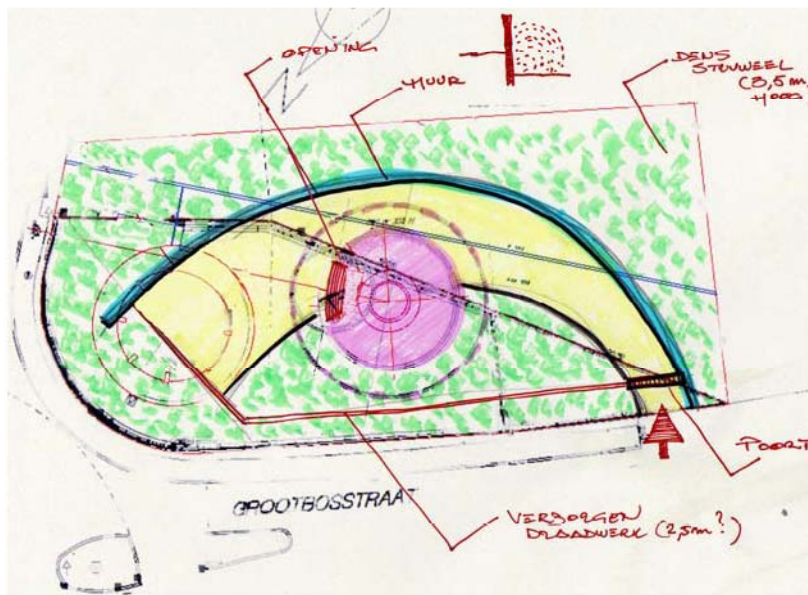
In beide richtingen toont de toren zich eerst voorzichtig 'in profiel', waarna hij zijn voorkant geleidelijk meer vrijgeeft.

De uitsnijding is tegelijk ook gericht op het open landschap, wat zowel voor de mensen in de ruimere omgeving als de 'beklimmers' van de toren het meest boeiend is.

### INPLANTING & AFBRAAK OUDE TOREN

De inplanting van de huidige watertoren – uiterst dicht bij de rotonde – maakt hem zeer dominant. Wij kiezen er bewust voor de nieuwe toren een stuk achteruit te plaatsen.

Dit biedt de mogelijkheid om de bestaande watertoren te behouden tot na de voltooiing van de nieuwe watersilo. De keuze tussen vooraf of nadien afbreken kan daardoor gebeuren op basis van een grondige afweging van de voor- en nadelen op vlak van budget, planning en logistiek. (Zie ook raming en planning.)



### TERREIN

De onmiddellijke omgeving van de toren wordt opgevat als een struweel van wilde liguster (*ligustrum vulgare*). Deze middelhoge beplanting (ca. 3,5 m hoog) maakt het terrein voor passanten ontoegankelijk. Tegelijk koppelt ze de site landschappelijk aan het achterliggende bos.

Wilde liguster is inheems en zeer onderhoudsarm. Aangewezen is om de beplanting om de 7 jaar volledig 'af te zetten' (inkorten tot op de grond), waarna ze weer versterkt te voorschijn komt.

Een geïntegreerde keermuur biedt een antwoord op het aanwezige terreinhelling.

Het geheel van het dense struweel, de keermuur, een geïntegreerde omheining en een afsluithek zorgt voor de gevraagde ontoegankelijkheid van het terrein.

Dit concept houdt een dubbele perceptie in. Van veraf is de toren zichtbaar als baken. Zijn specifieke articulatie verlokt om hem van nabij te komen zien. Eens naderbij gekomen kan je de "voet" niet zien omdat die verdwijnt in de organische massa van de liguster.

Daarbij ontstaat een moment van onbereikbaarheid en dus van uitgesteld verlangen, wat een specifieke spanning veroorzaakt.

Daardoor krijgt de toren, naast zijn technische invulling, ook een sculpturale betekenis als "onbereikbare landmark".

## FUNCTIONEEL

### WATERRESERVOIR

De capaciteit van de watersilo bedraagt in het huidige ontwerp 3175 m<sup>3</sup>. Daarvan bevindt zich 1160 m<sup>3</sup> meer dan 19 m boven het maaiveld.

De thermische inertie van het beton zorgt voor een stabiele temperatuur aan de binnenzijde van het reservoir. De waterdichtheid van het reservoir wordt gegarandeerd door een aan binnenzijde aan te brengen Belaqua-gekeurde micromortel (type SikaTop 107 of gelijkaardig).

Het reservoir is bereikbaar vanuit het dakvolume via aanpaste toegangsluiken. Een combinatie van trap, looprails en ankerpunten verzekeren de toegankelijkheid van het reservoir. De staalnames kunnen gebeuren vanuit het dakvolume. Dit alles zal verder uitgewerkt worden in overleg met de opdrachtgever en de gebruikers.

De binnenruimte van het dakvolume is enkel toegankelijk voor de TMVW (of door haar aangestelde personen).

De afsluitkranen bevinden zich in een ruimte onder het maaiveld, die bereikbaar is via de trap.

In ondergrondse ruimte komen ook de leidingen toe van de 'secundaire gebruikers' (zoals gsm-operatoren), om dan via de voorziene kabelladders in de circulatieschacht naar de dakinstallaties te lopen. Ook hier geldt dat alles verder uitgewerkt wordt in overleg met de opdrachtgever en de gebruikers.

De ruimte met afsluitkranen is afgesloten en enkel toegankelijk voor de TMVW (of door haar aangestelde personen).

### DAKINSTALLATIES

Het gebruik van de toren als drager voor telecommunicatie-infrastructuur is een belangrijk gegeven. Het plaatsen van antennes is vaak zeer beeldbepalend, doorgaans in negatieve zin.

Anderzijds mag de integratie van dergelijke installaties in het ontwerp van een gebouw of constructie niet 'over-ontworpen' zijn. De evolutie van de bewuste technologieën gaat zo snel dat het gevaar bestaat dat de installaties al niet meer passen in een al te dwingend keurslijf tegen de tijd dat de constructie goed en wel gebouwd is...

In ons ontwerp wordt geopteerd voor een flexibele dakinstallatie, terugtrokken op een afstand van dakrand. De aanwezige infrastructuur is een deel van het totaalbeeld, maar maakt zich voor de bewegende toeschouwer tegelijk visueel los van de betonmantel die op het voorplan staat. De conische vorm werkt hier trouwens ook gunstig: de dakoppervlakte is duidelijk groter dan bij een cilindrische vorm, waardoor de antennes meer teruggetrokken kunnen worden.

De ringvormige opstelling leent zich ook ideaal voor een bundeling van de kabels. De kastmodules worden samengebracht in het dakvolume. Bewegbare schermen in gerekt metaal zorgen voor afscherming en visuele eenheid, maar garanderen tegelijk voldoende verluchting voor de afkoeling van de installaties.

Een ringvormige staalstructuur op het dak doet dienst als onderstructuur voor de antennes, kabelladder en drager voor de looproosters van de rondgang. Op die manier wordt het ongecontroleerd doorboren van de dakdichting door de talrijke installateurs vermeden.

### CIRCULATIE

De cilindrische uitsnijding uit de watersilo wordt gebruikt voor al het 'verticaal transport' (behalve van het water, waarvan de leidingen binnen het reservoir worden voorzien).

De trap uit gegalvaniseerd staal klimt omhoog via de betonwand. De grootte van de circulatiezone groeit met de hoogte, waardoor de hoofdbordessen in de hoogte verder uit elkaar komen te liggen. De binnenruimte groeit terwijl de betonnen buitenmantel meer dichtgesnoerd wordt.

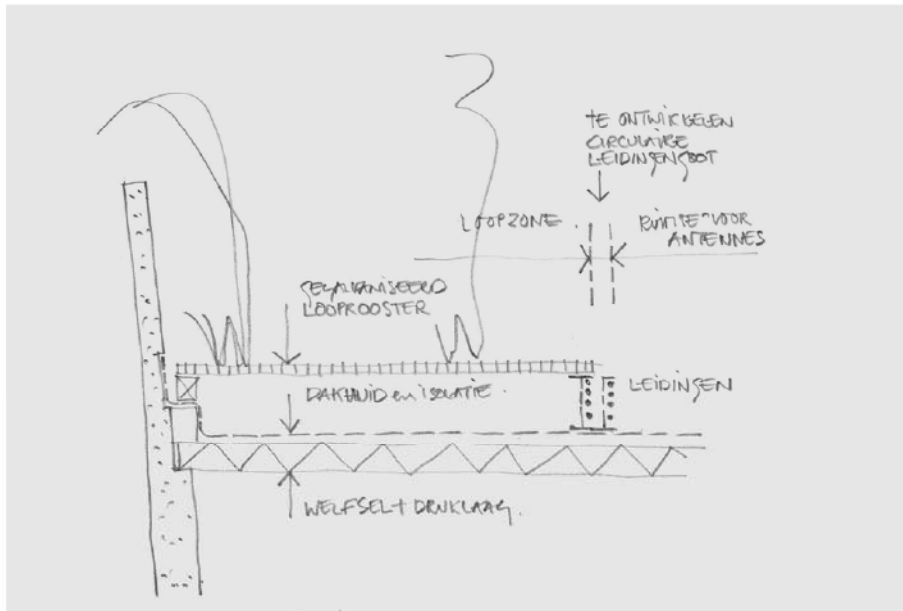
In de cilindrische binnenmantel worden stroken uitgespaard van ca. 10x60 cm voor verticale kabelladders.

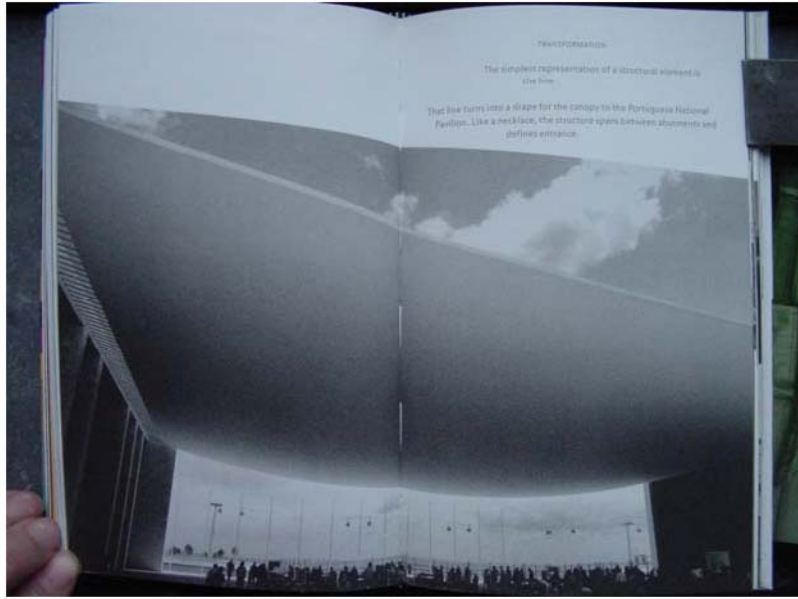
Voor het verticaal transport van materiaal wordt een hijsvoorziening gepland die gebruik maakt van de ruimte binnen de trapconstructie.

### CONSTRUCTIE & MATERIAAL

#### FUNDERING

Het concept van de watersilo resulteert in een uniforme waterdruk op de bodemplaat. Door de bodemplaat als funderingsplaat te laten werken is weinig spreiding nodig. Het grootste deel van het water steunt immers rechtstreeks door naar de ondergrond.





Het vereiste nuttig draagvermogen (voor 35 m waterkolom + eigengewicht van de constructie) wordt gehaald op ca. 3,5 m onder het bestaande maaiveld. Dit is dan ook het niveau waarop de constructie wordt aangezet.

### BETONMANTELS

De betonwanden vormen samen met de stalen trekkers de belangrijkste structurele elementen.

De krachtswerking loopt vooral volgens de horizontale ringen: trek in de conische buitenmantel, druk in de cilindrische binnenmantel.

De trek in de buitenmantel vertaalt zich in wapeningsringen, waarvan het aantal en de staafdiameter afneemt met de hoogte).

Met het oog op de duurzaamheid van het beton is het belangrijk de scheurwijdte van het beton te beperken. Dit gebeurt door enerzijds de spanning in de wapening te beperken (tot ca. 200 N/mm<sup>2</sup>) en anderzijds een aangepaste huidwapening met kleine diameter te voorzien. Zo wordt de scheurwijdte beperkt tot 0,2 mm, wat duidelijk beter is dan de 0,3 mm die NBN ENV 1992-1-1 voorschrijft.

De binnenmantel staat onder druk, waardoor de wapening tot het minimum beperkt kan worden en het probleem van scheurwijdte zich niet voordoet. De cilindrische binnenmantel wordt uitgevoerd met een overdikte van 10 cm, waardoor de uitsparing van 'kabelstroken' en de verankering van trappen en bordessen geen problemen oplevert.

Ter plaatse van de aansluiting met de funderingsplaat worden de wanden verticaal gewapend in functie van de lokaal optredende buiging.

Ondanks de specifieke vorm kan gebruik gemaakt worden van een systeembekisting (type Cometal Horad of gelijkaardig), zowel voor de cilindrische als voor de conische vorm.

Voor de zichtzijden wordt een extra laag in de systeembekisting voorzien. Deze maakt het mogelijk de om de textuur, het nadenpatroon, de gladheid, de kleur, ... van het betonoppervlak onder controle te houden en te beïnvloeden.

Samen met de betonsamenstelling (sterkteklasse, W/C-factor, cementtype, ...) en de uitvoeringswijze (wijze van verdichten, ontkistingsolie, ...) zijn dit immers factoren die zowel het uitzicht als de duurzaamheid bepalen.

Deze zaken zullen in het vervolg van het ontwerpproces verder onderzocht worden.

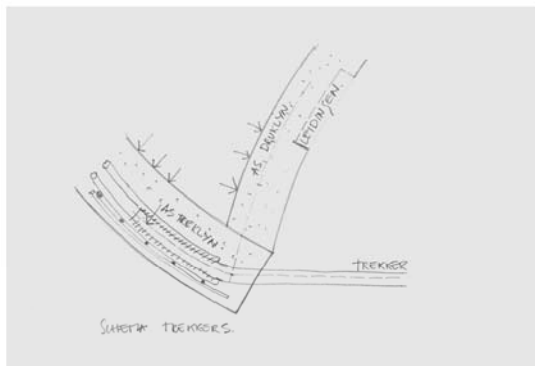
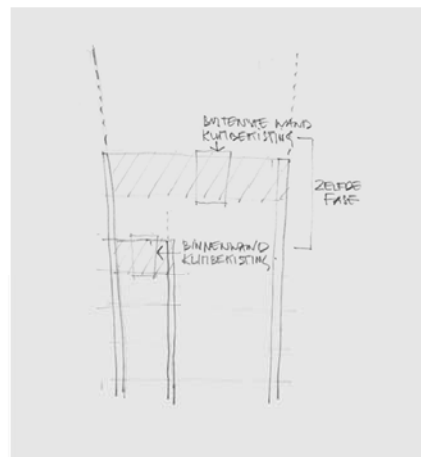
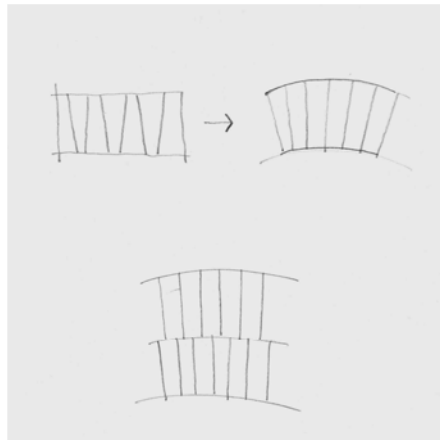
Voor de conische buitenmantel wordt gedacht aan een supplementaire plankenbekisting – al dan niet gestraald – die in de systeembekisting genageld wordt. Deze planken moeten heel lichtjes taps gemaakt worden en alhoewel de schuintegraad varieert met de hoogte van de mantel kan dezelfde plank in de hoogte meermaals herbruikt worden. De expressieve mogelijkheden van dergelijke bekistingslaag zullen nog verder onderzocht worden, rekening houdend met schaal, afstand, ruwheid e.d.

De stortfasen geven de betonconstructie een subtiële – gewenste – horizontale gelaagdheid. De hoogte van een stortfase is een veelvoud van de afstand tussen de stalen trekkers (bvb. 3m24 = 6 x 54 cm). De omtrek van de volledige mantel wordt telkens in 1 stortfase uitgevoerd. De buitenmantel loopt in uitvoering iets voor op de binnenmantel (cilinder), zodat de systeembekistingen ter plaatse van de insnijding ongehinderd geplaatst kunnen worden. Zo kan één stortfase bestaan uit de n<sup>de</sup> stortlaag van de buitenmantel en de (n-2)<sup>de</sup> stortlaag van de binnenmantel. Een alternatief is dat buitenmantel (+trekkers) en binnenmantel in de tijd geschrinkt uitgevoerd worden, waarbij dan het ritme van 1 betonstort per week aangehouden kan worden.

### STALEN TREKKERS

De stalen trekkers spannen de betonmantel samen. Ze sluiten de trekkingen in de buitenmantel en de drukboog van de cilindrische binnenmantel. De tussenafstand is vastgelegd op 54 cm, een veelvoud van de tredhoogte (18 cm) en de helft van de borstweringshoogte (108 cm). Deze tussenafstand geeft aan de 'beklimmers' ook een beschermend gevoel.

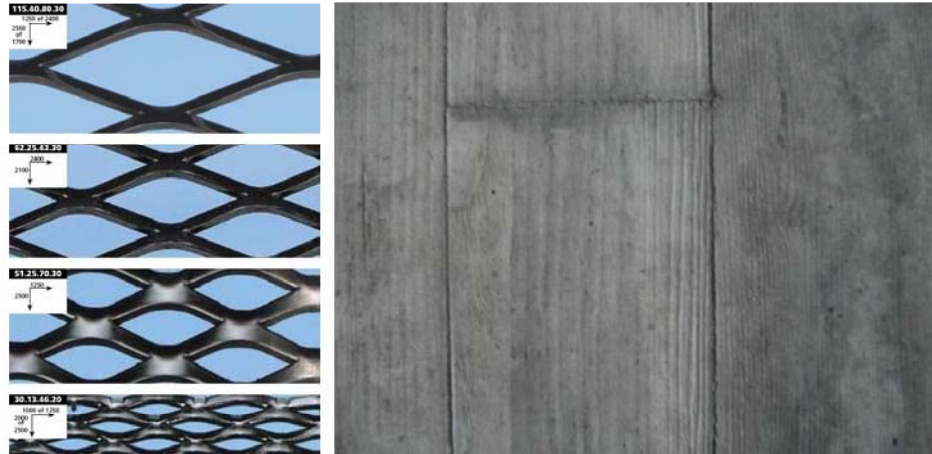
De kracht in de trekkers neemt af met de hoogte, als gevolg van de verminderende waterdruk en geometrie (de zich sluitende cilindermantel geeft een compenserende druk i.p.v. spatkracht-trek in de trekkers). De verminderende trekkracht vertaalt zich in een variërende diepte van de trekkers, wat samengaat met de verminderende dikte van de betonnen buitenmantel. Bovenaan – waar geen waterdruk meer aanwezig is – worden de trekkers weggelaten.





Onderaan worden een aantal trekkers gebundeld, waardoor meteen ook de toegang tot de binnenzone wordt gerealiseerd.

De vorm van de trekkers (meerdere platte staven of massieve ronde staven van ca. 60 mm, bvb. in RVS A2 of A4) zal nog verder gedetailleerd worden, zowel naar technische optimalisatie als naar architecturale beleveniswaarde.



### TRAP, DAKVOLUME, ...

De trap worden voorzien in gegalvaniseerd staal. De binnenborstwering van de trap is opgevat als relatief gesloten gerekt metaal en loopt in 1 beweging door van onder tot boven. De buitenste borstwering van de bordessen wordt transparanter.

De treden en bordessen zijn uit geperforeerd galva-staal. Ondanks de variërende trapconfiguratie zijn alle treden identiek.

Het gerekt metaal komt ook terug in de wanden van het dakvolume en in de afscherming van de kranenruimte.

### TECHNIEKEN

De waterleidingen worden voorzien volgens de wensen en de voorschriften van de TMVW. Toevoerleidingen (van productie) en afvoerleidingen (naar distributienet en overloop) komen onderaan in het reservoir.

Peilmeting, staalname e.d. gebeurt vanuit de ruimte op het dak van de watersilo.

Er zijn basisvoorzieningen van elektriciteit (sterkstroom), zowel in de ondergrondse ruimte als op het dak.

Voor de secundaire gebruikers (gsm-operatoren) kunnen autonome circuits (aparte teller) gebruikt worden.

Voor de dakinfrastructuur van de secundaire gebruikers wordt een geïntegreerd ontworpen geheel voorzien voor bevestiging van de antennes, de kabelladders en de loopvloer.

Voor de verlichting van de verticale circulatiezone wordt een verticale strookverlichting vooropgesteld die de wanden – voor de buitenstaander – indirect aanlicht. Deze verlichting (bvb. energiezuinige led-technologie) kan desgewenst gekoppeld worden aan de peilmeting en 's nachts op zeer lage intensiteit branden, waardoor de permanente activiteit van de waterbevoorrading zachtjes uitstraalt.