Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Mobility & Infrastructure

Aan:	Projectteam Groene rivier Well
Van:	Hans Doornbos
Datum:	05 juli 2024
Kopie:	-
Ons kenmerk:	20240705_BJ1000_W3420-3.14_Kasteel buitengevel tienschuur_C01
Classificatie:	Projectgerelateerd
Gecontroleerd door	Nick Elbers

Onderwerp: **Groene Rivier Well – Buitenwanden Tiendschuur**

---

1 Algemeen

Deze notitie maakt onderdeel uit van het voorontwerp Gebiedsontwikkeling Groene Rivier Well, en is een bijlage bij het technisch ontwerp waterkering kasteel (VO) **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**[1].

De notitie bevat een vereenvoudigde berekening om de mogelijk aanwezige sterkte van het historische metselwerk van de Tiendschuur in te schatten. De berekeningen hebben uitsluitend tot doel om een eerste indruk van de waterkerende capaciteit van de Tiendschuur in te schatten. In een later ontwerpstadium moet de muur nader worden gecontroleerd en moeten de juiste hoogten, materiaal- en belastingfactoren worden aangehouden.

Historische Tiendschuur
Van de gevels van de historische Tiendschuur is niet alle informatie beschikbaar die voor een volledige constructieve toetsing noodzakelijk is. Het is bekend wat de leeftijd van het oorspronkelijke metselwerk is, het is ook bekend dat er meermalen restauraties en reparaties zijn doorgevoerd. Er zijn geen echter gegevens beschikbaar over de werkelijke samenhang van het metselwerk. Wel is duidelijk dat de zichtzijden van het metselwerk er onderhouden en goed verzorgd uitzien.

Een aanname voor de berekeningen in dit document is dat alle stenen met mortel met uniforme eigenschappen aan elkaar zijn gehecht. Voor deze toetsing van de muur wordt dus uitgegaan van “homogeen” metselwerk (overal en in alle richtingen dezelfde eigenschappen) wat in werkelijkheid niet zo zal zijn maar wat voor de inschattingen die nu worden gemaakt wel volstaat.

De muur is oorspronkelijk bedoeld als gevel van een gebouw en niet als een waterkerende constructie. De nieuwe functie als waterkering maakt dat er rekening moet worden gehouden met andere belastingen dan waar in de oorspronkelijke opzet van het gebouw rekening mee moest worden gehouden. Oorspronkelijk was vooral de verticale draagkracht van de gevel van belang, als waterkering worden juist de horizontale draagkracht en sterkte het belangrijkst, beiden worden in deze memo (beknopt) beschouwd.

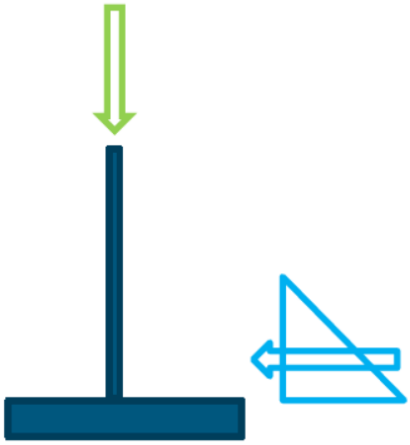
Wellicht ten overvloede, in de berekeningen wordt geen aandacht geschonken aan temperatuureffecten die ongetwijfeld in de muur spelen (een lange muur in de open lucht zonder dilataties, gebouwd op een ondergrondse fundatie).

2 Toetsing van de muur

De muur van de Tiendschuur wordt getoetst op trekspanningen. De relevante parameters in deze toetsing zijn afmetingen, ondersteuningen, waterdruk, verticale belastingen en kenmerken van de fundatie relevante uitgangspunten.

De exacte dikte van de buitengevel moet nog worden ingemeten, op basis van oude tekeningen en visuele opname van de gevels wordt uitgegaan een minimale dikte van 0,4 m.
Er wordt ervan uitgegaan dat de muur wordt gesteund door de binnen het gebouw aanwezige betonvloer en de grond rondom de fundering.
De exacte omvang van de fundering moet nog worden vastgesteld (niet zichtbaar want ondergronds). Hetzelfde geldt voor de exacte opbouw en de sterkte van de betonvloer binnen het gebouw. In onderstaande berekening wordt ervan uitgegaan dat beiden voldoende capaciteit hebben om weerstand te kunnen bieden tegen waterdruk aan de buitenzijde van de Tiendschuur.
Verder wordt ervan uitgegaan dat de gevel niet wordt gesteund door het dak en wordt bovendien de belasting vanuit het dak (voornamelijk eigen gewicht) vooralsnog verwaarloosd.

Een sterke vereenvoudiging voor de constructieve opzet voor de controle van de gevels is onderstaande eenzijdig ingeklemde uitkraging:



De groene pijl boven de (donkerblauw weergegeven) gevel stelt het eigen gewicht van de gevel voor. De blauwe driehoek rechts van de gevel is de waterspanning die tegen de gevel kan werken tijdens hoog water. De blauwe pijl aan de rechterzijde is de resulterende belasting uit de waterdruk tegen de gevel.

Er wordt van uitgegaan dat de gevel overal dezelfde hoogte heeft (de kopgevel is in werkelijkheid hoger) en dat vocht in de gevel geen invloed heeft op de constructieve sterkte of stabiliteit van de muur. Opwaartse druk onder de gevel kan invloed hebben op de funderingsdruk onder de gevel maar heeft geen invloed op de spanning die door het eigen gewicht van de gevel in de muur ontstaat.

Voor een constructieve controle zijn vooral het niveau van de inklemming (vloerpeil), de hoogte van de gevel en het niveau van het hoge water van belang.

Het vloerpeil binnen het gebouw is:	NAP +15,80 m
Het niveau van de bovenzijde van de gevel is:	NAP +18,30 m (aangenomen hoogte 2,5 m)
De in rekening te brengen waterstand is:	NAP +16,35 m (= HBN)

In de geldende normen wordt een trekspanning gegeven tot 0,2 N/mm^2.

Inclusief materiaal- en belastingfactoren is hiervan 0,166 N/mm^2 (166 kN/m^2) in onderstaande berekening verwerkt.

Voor de optredende spanning onder in de wand (niveau vloer) geldt dat deze kleiner moet zijn dan de toelaatbare spanning in metselwerk.
Voor deze spanning geldt:

$$\sigma = \frac{F}{A} + \frac{M}{W} \qquad (1)$$

Waarin:

σ = gecombineerde spanning in het metselwerk (kN/m^2)
F = eigen gewicht metselwerk (kN)
A = oppervlak metselwerk (m^2)
M = buigend moment in het metselwerk (kNm)
W = weerstandsmoment metselwerk (m^3)

Hierbij geldt:

F = 2,5 x 1 x 0,4 x 16 = 9,11 kN
A = 1 x 0,4 = 0,4 m^2
M = - (16,35-15,80)^3 x 10 x 1/6 = 0,28 kNm (“-“ om de minimale spanning te vinden)
W = 1/6 x 1 x 0,42 = 0,0267 m^3.

Ingevuld in (1) en uitgewerkt resulteert in een spanning van (22,78 - 10,48 =) 12,28 kN/m^2.
Uit de berekeningen volgt dat de drukspanning uit het eigen gewicht van de muur overheerst ten opzichte van de trekspanning of beter, “vermindering van de drukspanning” door buiging.
De maximaal toe te laten trekspanning in metselwerk van 166 kN/m^2 wordt zelfs niet benaderd.
Er is voldoende ruimte om in nauwkeuriger berekeningen in de volgende fase ook de juiste belastingfactoren op te nemen.

Met de op deze wijze bepaalde optredende spanning in de gevel van de Tiendschuur is de constructieve haalbaarheid van de bestaande gevel als waterkering voor deze fase voldoende bepaald.

Let op dat de voorgaande afschatting niet als definitieve berekening kan en mag worden gezien. In de nog volgende uitwerkingsfasen zal aan de hand van nauwkeuriger in beeld te brengen afmetingen van de gevel en de werkelijke NAP hoogtes van de constructie en het in kaart brengen van eventuele delen met bepekte samenhang een verdere uitwerking van de veiligheid van de gevel als waterkering moeten plaatsvinden.

3 Referenties

[1] Gebiedsontwikkeling Groene Rivier Well Technisch Ontwerp maatwerk Kasteel, Royal HaskoningDHV, BJ1000_W3420-3_Technisch ontwerp waterkering kasteel VO
[2] Gebiedsontwikkeling Groene Rivier Well Technische Uitgangspunten Notitie, Royal HaskoningDHV, BJ1000_W3210-2_TUN Waterkeringen