

Vragen en antwoorden van Hoofdstuk 8 - Deel 2

HS08-014 QA/QC

HS08-015 Afleiden van de conformiteitscriteria

HS08-016 Geheel van conformiteitscriteria

HS08-017 Keuze van de materialen

HS08-018 Alkali-aggregaat reacties

HS08-019 Het aantal modules en hun configuratie

HS08-020 Aanhechting metalen dakstructuur

HS08-021 Ontwerpvereisten voegen

HS08-022 Mechanische impact F16

HS08-023 Ontwerp van de modules

HS08-OD259-001 SLS en ACI 349

HS08-OD259-002 Details berekeningen ACI versus Eurocode

1 HS08-014 QA/QC

FANC/Bel V hechten bijzonder belang aan de kwaliteitszorg en kwaliteitscontrole. Deze moeten het mogelijk maken om het respecteren van de conformiteitscriteria aan te kunnen tonen. FANC/Bel V vragen NIRAS daarom om de kwaliteitszorg en kwaliteitscontrole die zal gebeuren systematisch te detailleren, zodat duidelijk wordt waar, hoe, wanneer en door wie (NIRAS agenten, NIRAS DFC, bouwfirma, door NIRAS en/of de aannemer aangesteld controleorganisme,...), welke zorg en controles, volgens welke regels en normen zullen gebeuren, opdat kan aangetoond worden dat aan elk conformiteitscriterium voldaan zal zijn. Het ontwikkelen van de gedetailleerde procedures kan dan in een later stadium gebeuren.

2 Antwoord NIRAS

Het beheer van kwaliteit is in hoofdstuk 3 beschreven (zie in het bijzonder §3.5.2 en §3.6.4). De organisatie voor de bouw van de site van het bergingsproject is in de nota 2016-2528 “Organigram bouw site bergingsproject categorie A te Dessel” [1] beschreven.

Een QA programma gebaseerd op 10 CFR 50 Appendix B wordt door NIRAS ontwikkeld [2].

Specifieke ontwerpnormen en voorschriften zijn voor elke component van belang voor veiligheid in Fiche 11 gegeven. De controle middelen voor elk conformiteitscriterium zijn in Fiche 11 gespecificeerd (op basis van normen en regels wanneer van toepassing).

De activiteiten belangrijk voor de kwaliteit van SSCs van belang voor de veiligheid zullen in functioneringsgidsen, procedures, en/of instructies beschreven worden. Consistent met de vraag, zal de ontwikkeling van de gedetailleerde procedures (waar, hoe, wanneer, door wie, ...) in een later stadium gebeuren.

3 Aanpassing aan het veiligheidsrapport

Zie Fiche 11.

4 Referenties

- [1] NIRAS, Organigram bouw site bergingsproject categorie A te Dessel”, 2016-2528, 14 oktober 2016
- [2] NIROND-TR 2015-02 “Kwaliteitsborgingsprogramma STPA/NISD”, *in preparation*.

1 HS08-015 Afleiden van de conformiteitcriteria

Zoals ook gemeld in [4], vragen FANC/Bel V NIRAS om in hoofdstuk 8 het volgende op een systematische manier te beschrijven voor de verschillende componenten van belang voor de veiligheid:

- het geheel van de vereisten die van toepassing zijn;
- de oplossing(en) die wordt (worden) voorgesteld als antwoord op deze vereisten en de rechtvaardiging ervan, rekening houdend met de optimalisatieprincipes en de aantoonbaarheidsprincipes;
- de vertaling van deze oplossing(en) in conformiteitcriteria wanneer dit relevant is;
- de wijze waarop aangetoond zal worden dat aan deze criteria is voldaan (kwaliteitszorg- en kwaliteitscontroleprogramma's);
- de behandeling van de non-conformiteiten en constructieafwijkingen: welke acties zijn voorzien indien een conformiteitcriteria niet werd gerespecteerd (hoe dit behandeld zal worden (niet de gedetailleerde procedures).

2 Antwoord NIRAS

Het geheel van vereisten (ontwerpvereisten) die van toepassing zijn op de de verschillende componenten van belang voor de veiligheid is in antwoord HS02-006 en Fiche 11 gegeven.

De oplossing(en) die als antwoord op deze ontwerpvereisten wordt (worden) voorgesteld, de rechtvaardiging ervan en de vertaling van deze oplossing(en) in conformiteitscriteria wanneer dit relevant is kunnen in de Fiche 11 teruggevonden worden.

De toepassing van het optimalisatieprincipe wordt in de fiche 10 besproken.

De aantoonbaarheid van specifieke elementen of processen van het ontwerp wordt op een geval per geval basis besproken, zie HS08-002, HS08-003, HS08-004, HS08-009, HS08-010, en HS08-011.

Specifieke ontwerpnormen en voorschriften voor de componenten van belang voor de veiligheid en de kwaliteitscontroles voor elk conformiteitcriteria zijn in de Fiche 11 gegeven.

De behandeling van non-conformiteiten en constructieafwijkingen wordt in het antwoord op de vraag HS08-001 besproken.

3 Aanpassing aan het veiligheidsrapport

Zie HS02-006, Fiche 11, Fiche 10, HS08-001, -002, -003, -004, -009, -010 en -011.

1 HS08-016 Geheel van conformiteitscriteria

Bijlage 2 van hoofdstuk 8 zou een synthese moeten geven van de voornaamste elementen die in vraag HS08-015 worden ontwikkeld. Wanneer NIRAS vraag HS08-015 heeft beantwoord zal ook de tabel van de conformiteitscriteria moeten worden herzien (zie ook hieronder). Op dit moment kan al gemeld worden dat in de huidige versie van de tabel:

- sommige “criteria” er geen zijn: bv. I120 “Drainagesysteem” waar het “criterium” de “aanwezigheid” is;
- sommige “criteria” niet pertinent zijn: bv. Mod230 “Structurele integriteit” – dit is een doelstelling en is geen criteria waaraan voldaan kan worden;
- sommige “criteria” niet bruikbaar zijn: bv. Mon160 “omgevingsklasse” – de klasse is geen criterium op zich, maar bepaalt de materialen en hun samenstelling die kunnen gebruikt worden. Het zijn dus de materiaalspecificaties die desgevallend een criterium zouden zijn;
- sommige “criteria” niet precies zijn: bv. Mod140 “Geen blootstelling op jonge leeftijd en beperkte blootstelling op latere leeftijd” – Wat wordt precies verstaan onder “jonge leeftijd”, “beperkte blootstelling” en “latere leeftijd”?;
- sommige “criteria” niet geargumenteed zijn: bv. Cov30 (“permeabiliteit” van de bitumenlaag);
- sommige “criteria” niet gevalideerd kunnen worden: bv. Mod50 – hoe is het mogelijk om de sorptie-eigenschappen na te gaan of te valideren? (Het criterium dient daar te slaan op het type en de kwaliteit van de te gebruiken cement om coherent te zijn met de hypothesen van hoofdstuk 14).

Er wordt gevraagd om met bovenstaande rekening te houden en de tabel te herzien nadat het antwoord op vraag HS08-015 werd opgesteld. FANC en Bel V zullen daarna de update van deze tabel in detail analyseren. FANC en Bel V vragen ook aan NIRAS om de conformiteitscriteria die betrekking hebben op de bergingscolli naar hoofdstuk 15 over te brengen.

2 Antwoord NIRAS

De conformiteitscriteria worden verduidelijkt in Fiche 11: de conformiteitscriteria zijn pertinent, bruikbaar, precies en geargumenteed en kunnen gevalideerd worden..

Bijlage 2 van hoofdstuk 8 zal gebaseerd worden op Fiche 11 en een synthese geven van de conformiteitscriteria en hun QC.

Argumentatie rond de conformiteitscriteria die op de monolieten betrekking hebben en de validatie ervan, zullen door NIRAS in Hoofdstuk 7 en 15 besproken worden.

3 **Aanpassing aan het veiligheidsrapport**

HS8 :

- Herziening van Bijlage 2 van Hoofdstuk 8 : lijst van relevant conformiteitscriteria.
- Opnemen van argumentatie rond de conformiteitscriteria en validatie ervan.

HS7 en HS15 :

- Argumentatie rond de conformiteitscriteria die op de bergingscolli betrekking hebben en de validatie ervan, zal door NIRAS in Hoofdstuk 7 en 15 besproken worden.

1 HS08-017 Keuze van de materialen

FANC/Bel V vragen aan NIRAS welke de referentieoplossing voor de materialen zijn die gebruikt zullen worden voor de ophoging (waaronder het te gebruiken type zand), de voegen tussen de verschillende betoncomponenten (daar waar er aanwezig zijn) en het opvulmateriaal voor de inspectieruimte en drainagebuizen.

FANC/Bel V vragen om de referentiesamenstelling van het beton te geven dat zal gebruikt worden voor de betonnen componenten, alsook de argumentatie voor de selectie ervan, rekening houdend met het principe van de optimalisatie.

2 Antwoord

2.1 Ophoging

De referentiesamenstelling is een mengsel van zand-cement met een gewichtspercentage van 5% cement (zie §8.5.1.7 van [HS-08]).

Voor het cement zal een gematigd tot snel cement uit de CEM-reeks opgelegd worden dat sulfaatresistent (laag aan C3A) en laag alkali dient te zijn. De kwaliteit van het cement dient geattesteerd te zijn door het BENOR-keurmerk.

De herkomst van het zand zal niet opgelegd worden in de bestekken maar de volgende eisen worden er in opgenomen:

- Volgens OD-166 §4.3.5:
 - ▶ Gebroken materiaal afkomstig van harde rots (hardheid wordt opgelegd d.m.v. Los Angeles en micro Deval indices)
 - ▶ Het zand moet vrij zijn van stof, grondafval en organisch afval en van eender welke vreemde stof
 - ▶ Een gespreide korrelverdeling wordt opgelegd (0/4)
- Alkali- en zuurbestendig (geen kalksteen/dolomiet)
- Niet-reactieve aggregaten (in het kader van ASR problematiek – Normen ASTM C 1260 (*Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)*) of equivalent en ASTM C 1293 (*Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction*) of equivalent
- De plasticiteitsindex van de fijne deeltjes mag niet meetbaar zijn

2.2 Voegen

Voegen met modulewanden

Ter hoogte van de aansluiting met de platen worden de muren opgeruwd teneinde een goed contact tussen de twee stortfasen te bevorderen. De wapening van de muren en de platen wordt onderling verbonden door middel van koppelstukken. Ze zullen bijgevolg zorgen voor een beperking van de scheuren zoals op de andere plaats van de modulewanden (maximale theoretische scheurwijdte van 0.3 mm).

De referentie oplossing voor de materialen voor de voegen tussen de modulewanden en de diverse platen is:

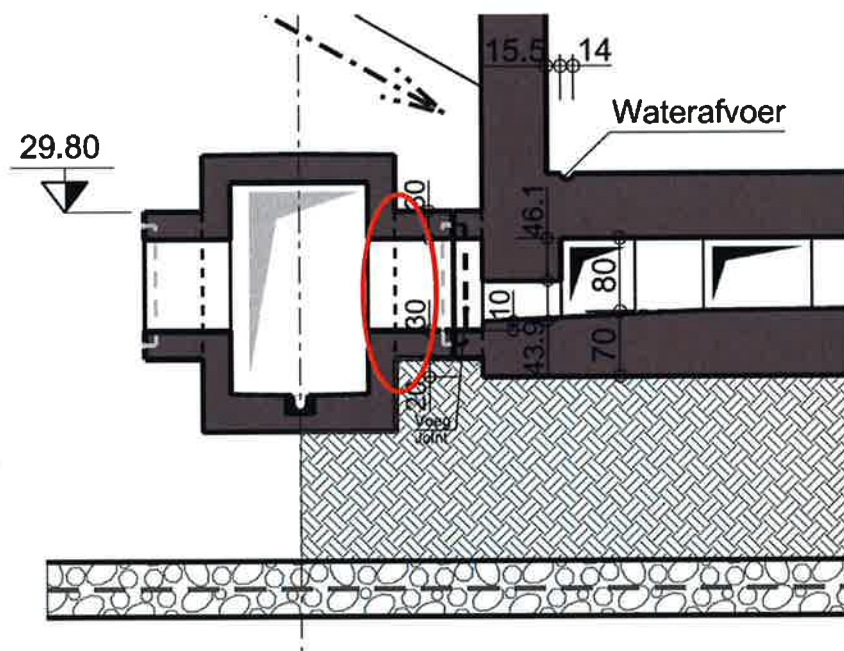
- De voegen tussen de muren enerzijds en de ondersteunende plaat en funderingsplaat anderzijds: metalen voegbanden (koolstofstaal). Een principe schets is gegeven in het antwoord HS05-001.
- De voegen tussen de muren enerzijds en de structurele topplaat: geen voeg voorzien.

Voegen in de verbindingstunnels

In de verbindingstunnels tussen de inspectiegalerij en de inspectieruimte wordt een voegband voorzien in de zettingsvoeg (Figuur 6). Deze is nodig om de differentiële zettingen tussen de modules enerzijds en de inspectiegalerij anderzijds op te vangen. De specificaties die opgelegd worden in het bestek zijn:

- Op te nemen differentiële verticale zetting is gelijk aan 3,5 cm;
- Waterdichtheid garanderen;
- Duurzaam (bij voorkeur een levensduur > 100 jaar);
- Weerstand kunnen bieden aan een mogelijke gronddruk van 15 m hoog;
- Moet geplaatst worden in de betondoorsnede zelf, zonder naar binnen toe uit te steken en dus de vrije ruimte van de verbindingstunnel te beperken.

Het exacte type van de voegband zal ter goedkeuring voorgelegd worden door de aannemer aan NIRAS.



Figuur 6: Positie van de zettingsvoeg in de verbindingstunnels tussen de inspectiegalerij en de inspectieruimtes.

2.3 Opvulmateriaal inspectieruimte

Zie antwoord in het kader van Fiche 9 en HS08-008.

2.4 Opvulmateriaal drainagebuizen

De principes voor de referentiesamenstelling (grout) worden beschreven in §10.2.4 van [HS-10]. Er wordt een grout gebruikt. De volgende materialen worden beschouwd: portland cement; kalksteenmeel; zand; superplastificeerder en eventueel *expanding agent*. Net zoals bij het opvulmateriaal van de inspectieruimte zal de samenstelling op punt gesteld worden door een stapsgewijze aanpak (Zie ook HS10 §10.2.4).

2.5 Referentiesamenstelling beton

Zie antwoord HS08-008. De argumentatie voor de selectie ervan wordt gegeven in [OD-011].

3 Referenties

[HS-08] Hoofdstuk 8 – Sluiting van de berging, NIROND-TR 2011-08 N V2

[HS-10] Hoofdstuk 10 – Ontwerp en constructie van de berging, NIROND-TR 2011-10 N V1

[OD-011] ONDRAF/NIRAS, OD-011 - Formulation of the concrete for the modules, concrete containers and cementitious backfill, Note 2007-1876 (1) (12/03/2012)

1 HS08-018 Alkali-aggregaat reacties

FANC en Bel V vragen NIRAS om de normen/standaarden, inclusief deze voor de ASR-testen, te preciseren die toegepast zullen worden, alsook wat de aanvaardbare samenstelling van de aggregaten is, met het oog op het vermijden van alkali-aggregaat-reacties.

2 Antwoord

Kalksteenaggregaten met een gehalte aan $\text{SiO}_2 < 4\%$ (zie §2.2.5.2 van [1]) worden geklasseerd als niet-reactief (t.o.v. de alkali-silica reactie). Een bevestiging hiervan en een bevestiging van het niet reactief gedrag van het aggregaat op het vlak van ASR moeten op de technische fiche vermeld zijn.

Daarenboven zal NIRAS testen laten uitvoeren door een laboratorium. Hiervoor zal men zich dienen te baseren op de volgende bestaande normen voor de beproevingen: ASTM C 1260 (*Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)*) of equivalent en ASTM C 1293 (*Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction*) of equivalent.

De beproevingen volgens ASTM C 1260 kunnen enkel uitgevoerd worden op de zandfractie (0/2 of 0/4). Indien de grovere aggregaten uit dezelfde zone van dezelfde groeve afkomstig zijn, is het resultaat van de zandfractie ook voor hen geldig. Indien niet, dienen grovere aggregaten verbrijzeld te worden tot kleinere korrels waarop de beproevingen kunnen uitgevoerd worden. Er zal steeds dienen aangetoond te worden dat de proeven gebeuren op representatieve stalen, i.e. op materialen met dezelfde chemische samenstelling. De beproevingen volgens ASTM C 1293 kunnen uitgevoerd worden op een combinatie van de zandfractie en de grove granulaten (tot 19 mm).

Indien ze onderhevig zijn aan ASR leiden grote granulaten tot grotere uitzettingen (pessimum), maar niet alle bovenstaande normen laten toe grote granulaten te beproeven en vereisen een verbrijzeling van de grote kalibers. Dit resulteert per definitie in de zandfractie vermeld in bovenstaande alinea. Daarnaast, gezien de oorsprong van beide materialen gelijk is, is er geen reden om aan te nemen dat een niet-reactief zand afkomstig kan zijn van een reactief grof granaat. Bovendien zullen enkel granulaten worden gebruikt die niet reactief zijn tot ASR (gebaseerd op bovenstaande normen) waardoor de dimensies van de granulaten geen effect hebben. NIRAS zal deze beproevingen laten uitvoeren bij aanvang van de bouwwerken en bij wijziging van de steengroeve. Voor de duur van de bouwwerken zal een herhalingsfrequente gedefinieerd worden. Bovendien zal opgelegd worden dat de leverancier moet melden wanneer een andere geologische laag ontgonnen wordt; alvorens granulaten van een andere laag aanvaard worden, dient deze laag beproefd te worden met beide proefmethodes.

3 Referenties

- [1] ONDRAF/NIRAS, Aspects phénoménologiques relatifs aux processus de dégradation chimiques des barrières ouvragées à base de liant hydraulique – *Evaluation de la*

phase d'initiation de la corrosion des armatures des structures en béton armé,
NIROND-TR 2011-58 F V2 (juillet 2014)

1 HS08-019: Het aantal modules en hun configuratie

FANC en Bel V vragen aan NIRAS om de oorsprong van de afmetingen van de modules, hun aantal en de configuratie van hun inplanting te expliciteren.

2 Antwoord

De huidige afmetingen en configuratie van de modules vinden hun oorsprong in een iteratief ontwerpproces dat meer dan 20 jaar geleden startte. Daarbij werden de afmetingen en configuratie van de modules vastgelegd op basis van kwalitatieve en kwantitatieve afwegingen. Gedurende het ontwerpproces evolueerden de afmetingen en configuratie van de modules naarmate randvoorwaarden veranderden en meer gedetailleerde inzichten beschikbaar werden. Binnen zekere grenzen zijn andere afmetingen dan de huidige uiteraard ook mogelijk. Het ontwerp met zijn huidige afmetingen en configuratie werd onderworpen aan de vereiste analyses en voldoet [OD-166 Annex 4].

2.1 Historiek

De eerste ontwerpen voor een oppervlaktebergingsinstallatie werden opgemaakt in het kader van een generieke studie voor een geheel van 98 mogelijke sites die op basis van technische criteria geselecteerd werden [NIR-94]. In het generieke ontwerp (versie 1994) hadden de modules de volgende afmetingen: 10 x 10 x 8 m³.

Na 1998 werd vertrekkend van dit generiek ontwerp (versie 1994) een voorontwerp gemaakt voor de projecten die bestudeerd werden in de gemeentes Mol en Dessel. Dit generiek ontwerp (versie 2000) is een verfijning van het generiek ontwerp (versie 1994):

- De monolieten werden geïntroduceerd, waar vroeger de individuele afvalvaten in de modules geplaatst werden.
- Het belastingsgeval van een crash van een F-16 werd niet meer beschouwd voor de dimensionering van de modules.
- De structurele topplaat was niet langer zelf-dragend maar werd ondersteund door de monolieten.
- Het vergroten van de horizontale dimensies van de modules.

De generieke studie (versie 2000) bevat een aantal richtlijnen [NIR-99, NIR-00]. Een deel daarvan bleven in de loop van het ontwerpproces ongewijzigd en werden niet meer in vraag gesteld.

- Een stapelhoogte van 6 vaten werd aanbevolen. Deze werd zo bepaald dat de draagkracht van de meeste sites voldoende was.
- Het aspect zettingen werd bekeken. De horizontale afmeting van de modules werd best beperkt tot ~30 m om scheuren t.g.v. differentiële zettingen te vermijden.
- De vorm van een module benadert het best zo goed mogelijk een vierkant. Op deze wijze wordt een zo hoog mogelijke vulgraad bereikt (optimale verhouding tussen beschikbare vloeroppervlakte en nodige muuroppervlakte).
- De grootte van een module wordt beperkt door de gangbare overspanningen van rolbruggen.

In het generieke ontwerp (versie 2000) hadden de modules de volgende afmetingen: 25 x 27 x 9,9 m³ (Zie §2.4.2 van [NIR-00]).

2.2 Het STOLA-Dessel voorontwerp

Tussen 2000 en 2004 is het concept geëvolueerd van een generiek concept naar een site-specifiek concept (het STOLA-Dessel voorontwerp). Deze evolutie was het gevolg van de samenwerking tussen NIRAS en de gemeente Dessel in het partnerschap STOLA-Dessel. Tijdens de ontwikkeling van het concept en ontwerp van de bergingsinstallatie te Dessel werd steeds aandacht besteed aan het gebruik van de *Best Available Techniques*, er werd namelijk rekening gehouden met het design van soortgelijke op dat ogenblik reeds bestaande en in operatie zijnde nucleaire installaties (in Spanje of in Frankrijk). De buitendimensies van *El Cabril* in Spanje bedragen 24 x 19 x 10 m³ en die van het *Centre de l'Aube* in Frankrijk 24 x 21 x 9 m³. In het STOLA-Dessel voorontwerp hadden de modules de volgende afmetingen: 25 x 27 x 12.4 m³ [TBL].

2.3 Het huidige ontwerp

De stapelhoogte van 6 monolieten werd behouden. Dit bepaalt, samen met de dikte van de vloer- en dakplaten en de gereduceerde hoogte van de inspectieruimte (van 2m naar 0.6 à 0.8 m) de totale hoogte van de modules. De (differentiële) zettingen en draagkracht van de ondergrond werden geanalyseerd en zijn aanvaardbaar ([HS-08] §8.5.1.4, [HS-08] §8.5.2.6).

De horizontale afmetingen zijn conform bovenstaande richtlijnen. De buitenafmetingen zijn 27.4 m (parallel met de inspectiegalerij), 25.4 m (loodrecht op de inspectiegalerij) en 11.05 m voor de hoogte. De oorsprong van deze afmetingen zijn dus vnl. gebaseerd op afwegingen omtrent maximale afmetingen van gangbare manutentiemiddelen, het benaderen van een vierkante vorm, de REX van bestaande oppervlakte bergingssites en beperking van de maximale afmeting omwille van zettingen. De doenbaarheid van de constructie van de modules werd beproefd in de demonstratieproef.

Voor het aantal modules wordt verwezen naar vraag HS02-022.

De configuratie van de modules is een afweging tussen compactheid van de site en het aantal benodigde manutentiemiddelen en hun eenvoud. In het belang van de compactheid van de site is het interessant om een maximaal aantal modules in 1 tumulus onder te brengen. De verhouding van de totale benodigde grondoppervlakte per tumulus en de 'nuttige' grondoppervlakte is in dat geval immers het meest gunstig. In de veiligheidsanalyses wordt er geverifieerd dat de dosis impact – gegeven de gekozen configuratie (bv. compactheid) aanvaardbaar is.

Het aantal modules in de lengterichting wordt beperkt door het feit dat de drainage gravitair dient te verlopen. Voor het aantal modules in de breedte richting is twee een optimaal getal: in een configuratie met een dubbele rij modules is elke module goed bereikbaar, nog meer rijen zou deze bereikbaarheid sterk verminderen. Bovendien zouden in dat geval meer rolbruggen nodig zijn.

Tijdens de voorontwerpfase was de prognose dat er ongeveer 40 modules nodig waren. Gezien bovenstaande werd dit opgesplitst in twee tumuli elk van 2 x 10 modules. Bij herziening van de inventaris in 2003 (70 500 m³) en vermindering van de prognose van het aantal benodigde modules naar 34 stuks zoals meegenomen door

STOLA-Dessel [STOLA, NIR-04], werd ervoor geopteerd om het aantal modules in de eerste tumulus te behouden op 20.

3 Referenties

- [HS-08] ONDRAF/NIRAS, Hoofdstuk 8 van het veiligheidsdossier, Ontwerp en constructie van de berging, NIROND-TR 2011-08 V2 (2012)
- [NIR-94] ONDRAF/NIRAS, De oppervlakteberging op Belgisch grondgebied van laagactief afval en afval met korte halveringstijd, NIROND 94-04, April 1994
- [NIR-99] ONDRAF/NIRAS, Liste des hypothèses de base considérées pour le développement du concept de dépôt définitif en surface dans le cadre du projet POSTALTSURF, NIRAS nota 99-0653, Février 1999.
- [NIR-00] ONDRAF/NIRAS, Dépôt définitif en surface des déchets radioactifs de catégorie A – note de synthèse du concept de dépôt en surface, NIRAS nota 2000-3435, Oktober 2000.
- [NIR-04] NIRAS, Evaluatie van het aantal monolieten voor de berging van categorie A in een oppervlakte en diepe berging (nieuwe inventaris 2003), NIRAS nota 2004-0807, 31/03/2004.
- [OD-166] ONDRAF/NIRAS, Detailed Design Modules, NIROND-TR 2011-55 E V2, 28 November 2012
- [STOLA] STOLA-Dessel, Het Belgisch laagactief en kortlevend afval: Thuis in Dessel? Een geïntegreerd bergingsproject met een technisch en maatschappelijk luik – Verslag werkgroep ‘Inplanting en Inrichting’, november 2004
- [TBL] TRACTEBEL, Basisontwerp voor definitieve oppervlakteberging van laagactief en kortlevend afval (Cat. A) in de gemeente DESSEL. Specifieke technische nota. Revisie 2. Januari 2003

1 HS08-020: Aanhechting metalen dakstructuur

FANC/Bel V vragen om de redenen te expliciteren voor de aanhechting van de metalen dakstructuur aan de modules, eerder dan dit rechtstreeks op de grond te verankeren.

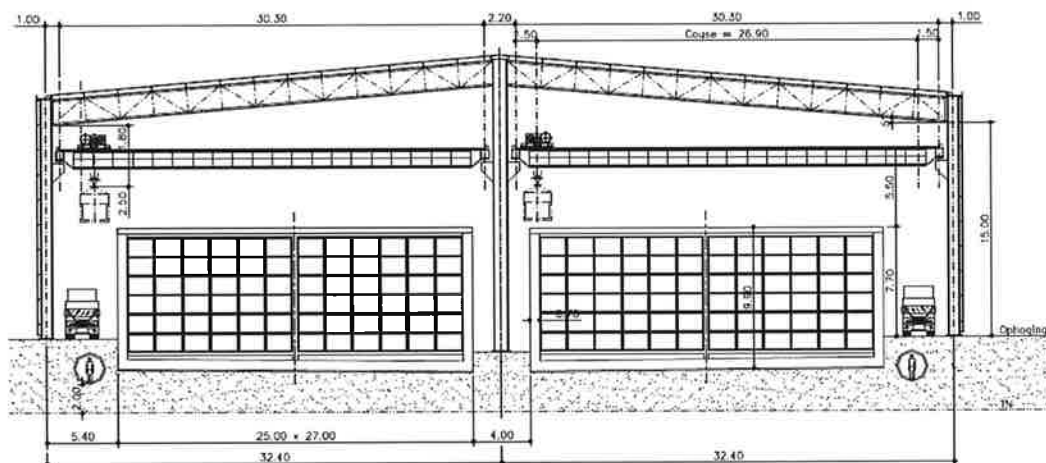
2 Antwoord

De aanhechting van de metalen dakstructuur aan de modules, eerder dan dit rechtstreeks op de grond te verankeren, werd vastgelegd op basis van een evaluatie in een vroeg stadium van het project [1]. Het ontwerp vertrok van het basisgegeven dat de dakstructuur geplaatst moet worden over alle modules, in tegenstelling tot het ontwerp van de twee vergelijkbare sites die toen operationeel waren (Soulaines en El Cabril), waar in beide gevallen tijdelijke, mobiele daken gebruikt worden die slechts ter plaatse blijven totdat de structurele topplaat van de module gegoten is.

Drie opties werden bestudeerd [1, 2]:

- Een structuur die onafhankelijk is van de modules, onderaan ingeklemd en scharnierend bovenaan.
- Een structuur die onafhankelijk is van de modules, bovenaan ingeklemd en scharnierend onderaan.
- Een structuur verankerd op de modulewanden.

Het basisprincipe van een algemeen vast dak (in tegenstelling tot de mobiele daken in El Cabril en Soulaines) is weergegeven in Figuur 7. De toevoer van monolieten (toen voorzien met vrachtwagen) gebeurde evenwijdig aan de modulerijen en de dakstructuur zou gebouwd worden voorafgaand aan de bouw van de modules.



Figuur 7: Figuur 5.13 uit [1]: Optie algemeen vast dak

2.1 Onafhankelijke structuur, onderaan ingeklemd

De bestudeerde oplossing (zie Figuur 8) bestond uit een dakstructuur opgesplitst in 3 delen van 96 m lengte, gescheiden door een dilatatievoeg (dubbele kolom ter hoogte van de voeg). Deze dakstructuur bestond uit afzonderlijke portieken met een

tussenafstand van 12 m dewelke door buiging de transversale wind en de transversale belastingen van de rolbruggen opvangen.

Het bleek dat deze oplossing door de inklemming niet te verwaarloosbare spanningen introduceerde aan de basis van de structuur, en dit hoofdzakelijk ten gevolge van de wind. Dit aspect werd dus op gedetailleerde wijze bestudeerd teneinde de realiseerbaarheid van de funderingen, hun kost en de gevolgen op het ontwerp te evalueren.

De studie van de funderingen toonde aan dat de funderingszolen alleen niet in staat zijn de belasting te dragen tenzij men met zeer grote afmetingen gaat werken (> 5 m in de transversale richting) en dit met de volgende nadelen :

- interferenties met de galerijen⁹ en de vloerplaat van de eigenlijke modules;
- gedrag dat niet overeenstemt met een perfecte inklemming;
- hoge kost.
- Het plaatsen van diepe funderingspalen was ook geen oplossing voor het probleem, omdat :
 - noodzaak van een brede funderingszool om het hefboomeffect op te vangen;
 - preferentiële afvloeiweg voor het water;
 - gedrag van het geheel dat onverenigbaar is met een zware aanliggende structuur (modules) op een algemene vloerplaat (negatieve wrijving);
 - hoge kost.

Dit leidde tot het evalueren van een tweede optie.

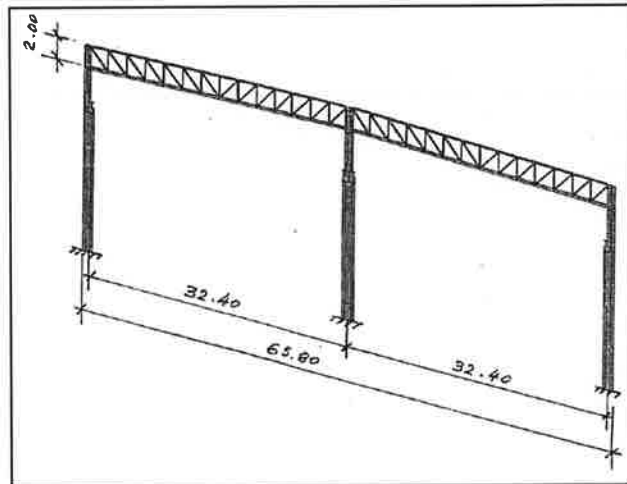
2.2 Onafhankelijke structuur, onderaan scharnierend

Gezien voorgaande oplossing meer nadelen dan voordelen bood, werd er een alternatieve oplossing bestudeerd bestaande uit een articulatie aan de basis van de kolommen (zie Figuur 9). Deze keuze leidde tot de verwezenlijking van een kroonringbalk teneinde de momenten op te vangen die niet door de funderingszolen kunnen worden opgevangen. Dit resulteerde in afzonderlijke funderingszolen van een meer aanvaardbare dimensie: 2 x 2 m².

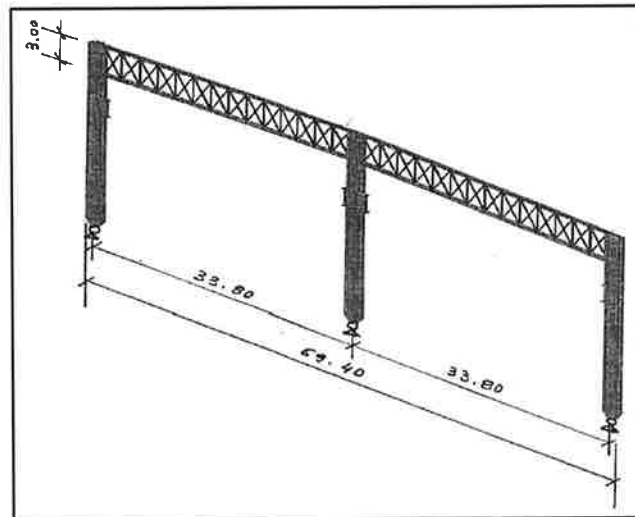
De studie toonde echter aan dat de structuur in deze oplossing 50% meer zou wegen dan in de eerste oplossing en dat er veel onderhoud nodig zou zijn ter hoogte van de scharnierende punten, die voor dergelijke gewichten niet courant zijn.

Bijgevolg werd een derde alternatief bestudeerd, dat vandaag de dag de referentieoplossing is.

⁹ Op dat moment omvatte het ontwerp twee inspectiegalerijen aan de buitenzijde van de twee modulerijen. Het argument blijft valabel in het huidige ontwerp met 1 centrale inspectiegalerij.



Figuur 8: Figuur 5.15 uit [1]: Ingekleemde portiek



Figuur 9: Figuur 5.16 uit [1]: Gearticuleerde portiek

2.3 Structuur verankerd op de modulewanden

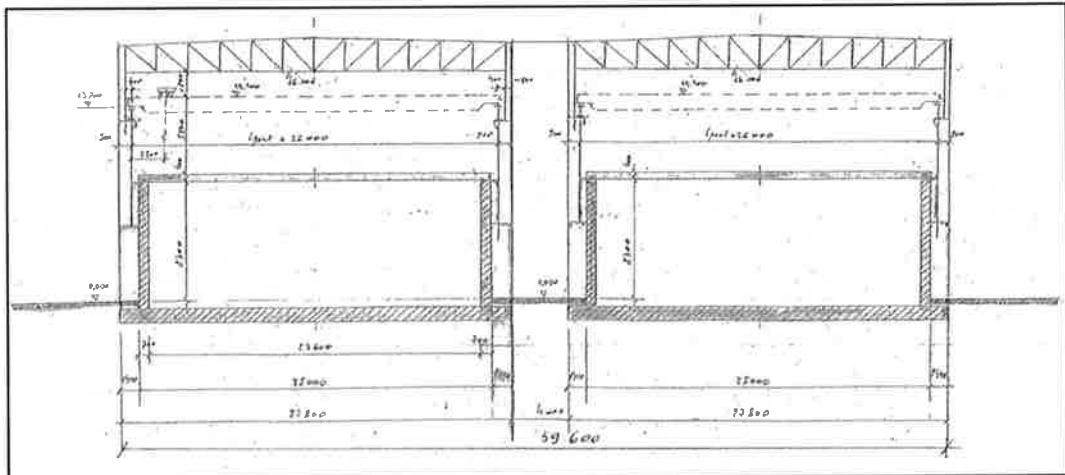
In deze oplossing wordt de dakstructuur bevestigd aan de modulewanden en is ze structureel onafhankelijk voor elke module (zie Figuur 10 en Figuur 11). De dakstructuur wordt dus na het betonneren van de betrokken modules gebouwd, hetgeen toelaat om dit module per module te monteren in plaats van het in één keer te laten bouwen. De toevoer van de monolieten gebeurt in dit geval loodrecht op de modulerijen.

De structuur bestond per module uit 4 metalen portieken. Deze dragen de transversale windbelasting en de belastingen van de brug aan het beton van de modules over. Een eenvoudig overlans windverband werd tussen twee van deze portieken voorzien. De dakstructuur die een module overdekt is onafhankelijk van deze die de naburige modules overdekt. De verbinding gebeurt door tweeledig gearticuleerde elementen die toelaten zonder bijkomende spanningen de differentiële zetting onder de ongelijk geladen modules op te vangen.

Deze oplossing bood diverse voordelen waaronder de afwezigheid van funderingen en dus geen interactie met de inspectiegalerij(en). Gezien de transversale toevoer van de monolieten kan een kortere rolbrug voorzien worden. De dakstructuur (en dus de liggers van de rolbrug) ondergaat dezelfde zettingen als de module waardoor er veel minder regeling van de liggers nodig is.

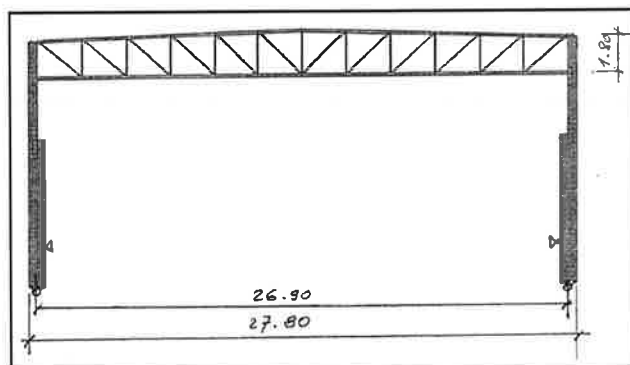
Geïdentificeerde nadelen van deze optie waren:

- de structuur van de modules werd complexer door de verbinding van de stalen dakstructuur met de modules (nood aan betonnen sokkels) en de belasting van het dak wordt overgedragen op de modules die een nucleaire veiligheidsfunctie hebben (o.a. eigengewicht, wind, sneeuw, seïsme). De details van deze bevestiging zullen dus de nodige aandacht vereisen: de belastingen van de dakstructuur moeten op een zodanige wijze op de modulewanden worden overgedragen dat de modulewanden geen schade ondervinden bij hevige wind, seïsme, ... De verankering van de sokkels in de modulewanden en de bevestiging van de dakstructuur op de sokkels moeten dus correct gedimensioneerd worden. Bovendien moet er aandacht zijn voor de finale toestand, i.e. wanneer de dakstructuur verwijderd is en de sokkels achterblijven. Voor de behandeling van deze elementen, zie §2.4.
- de constructie kon niet uitgevoerd worden onder het dak, wat zou resulteren in een grotere invloed van de weersomstandigheden op de constructiewerkzaamheden. Dit zou o.a. meer aandacht noodzaken voor de nabehandeling van het beton: cf. invloed van bv. wind en zon op de uitharding (uitdroging). De nabehandeling moet er immers voor zorgen dat het beton in ideale condities uithardt¹⁰.



Figuur 10: Figuur 5.17 uit [1]: Aan de modules bevestigd dak (algemeen)

¹⁰ Bij de bouw van de modules wordt de nabehandeling verzekerd door beton lang genoeg in de bekisting te laten (wanden, betonnen sokkels en kolommen) of door het aanbrengen van een waterlaag (platen).



Figuur 11: Figuur 5.18 uit [1]: Detail van de dakstructuur bevestigd aan de module

2.4 Keuze

Het is niet noodzakelijk dat de modules onder de dakstructuur worden gebetonneerd, het merendeel van de betonconstructies in de civiele bouw wordt immers zonder de bescherming van een dakstructuur gebouwd. Bovendien bieden de gekozen methodes voor de nabehandeling van beton de nodige garanties op een goede uitvoeringskwaliteit¹¹. Bijgevolg hebben de soepelheid van het laatste alternatief, zijn redelijke kostprijs en de andere geciteerde voordelen ertoe geleid dat deze oplossing werd gekozen.

Een overzicht van de kwalitatieve vergelijking waarop de keuze in 2002 gebaseerd werd is gegeven in Figuur 12, die letterlijk overgenomen is uit [3].

Tijdens het detailontwerp werd het detail van de aanhechting van de dakstructuur aan de modules uitgewerkt, hierbij werd rekening gehouden met de belastingen die door de dakstructuur overgedragen worden op de modules ([HS08 §8.5.4). Eveneens werd de uitvoeringsmethode bekeken voor het storten van de wanden (inclusief betonnen sokkels) en de nodige acties bij de ontmanteling van de stalen dakstructuur (§14.2.12 van [4]).

¹¹ Opmerking: een goede nabehandeling van het beton zou in elk van de besproken opties onontbeerlijk zijn - iets wat destijds in de kwalitatieve vergelijking onderbelicht bleef.

Tijdelijk vaste dakstructuur boven de betonnen modules – vergelijking van technische oplossingen			
	Stalen structuur – scharnierend aan voet	Stalen structuur – ingeklemd aan voet	Stalen structuur verbonden met de betonnen module
<i>Schematische voorstelling</i>			
<i>Staalconstructie – kostprijs</i>	Zeer zware stalen constructie : 2850 ton	Gemiddeld zware stalen constructie : 1840 ton	Lichtere metalen constructie : 1670 ton
<i>Overspanning</i>	Dwarse overspanning spant : 2 x 33,8 m	Dwarse overspanning spant : 2 x 32,4 m	dwarse overspanning: 2 x 25,0 m
<i>Fundering</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Complexe en weinig robuuste oplegging aan voet; - Regelmatig onderhoud nodig. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zware funderingen die bulgend moment (veroorzaakt door wind !) moeten opnemen; - Doorboring van ophogingslaag boven bestaand maaiveld; - Ontstaan van harde punten onder de modules (differentiële zettingen). 	<ul style="list-style-type: none"> - Geen funderingen nodig voor staalstructuur; - Detail bevestiging aan wand van de module verdient evenwel de nodige aandacht.
<i>Uitvoering betonnen modules</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Uitvoering betonneringswerken van module onder bescherming van tijdelijke dakstructuur; - Reeds aanwezig dak kan evenwel betonneringswerken bemoeilijken. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uitvoering betonneringswerken van module onder bescherming van tijdelijke dakstructuur; - Reeds aanwezig dak kan evenwel betonneringswerken bemoeilijken. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uitvoering betonneringswerken van module in open lucht (klassiek geval in België - nabehandeling beton aangewezen); - Geen hinder door aanwezige staalstructuur.
<i>Toegang vrachtwagens – laden monolieten</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Toegang tot modules (laden monolieten) via weg langs modules; - Totale lengte voor geheel van modules bedraagt 290 m. 	<ul style="list-style-type: none"> - Toegang tot modules (laden monolieten) via weg langs modules; - Totale lengte voor geheel van modules bedraagt 290 m. 	<ul style="list-style-type: none"> - Toegang (laden monolieten) via weg tussen modules (transversaal); - Totale lengte voor geheel van modules bedraagt 295 m.
<i>Besluit</i>	Extra zware staalconstructie die veel onderhoud vergt en kostelijk is.	Zware funderingen die zettingsgedrag van de modules nadelig kunnen beïnvloeden en doorboring van de ophoging.	Technisch-economisch gezien is dit de beste oplossing

Figuur 12: Vergelijking van technische oplossingen voor de stalen dakstructuur, overgenomen uit [3].

OPMERKING: het in rekening brengen van al de huidige belastingsgevallen (dus o.a. ook seïsme en tornado) zou bovenstaande conclusie nog versterkt hebben.

3 Referenties

- [1] Tractebel, Basisontwerp voor definitieve oppervlakteberging van laagactief en kortlevend afval (Cat. A) in de gemeente DESSEL. Specifieke technische nota. Revisie 2. Januari 2003.
- [2] STOLA, STOLA eindrapport, werkgroep inplanting en inrichting. November 2004.
- [3] STOLA, Vergaderverslag werkgroep inplanting en inrichting van 19/02/2002, ref II/AW/19.
- [4] OD-166, Detailed design modules, NIROND-TR 2011-55 E V1

1 HS08-021: Ontwerpvereisten voegen

Rekening houdend met de rol die de voegen tussen de muren en de vloerplaat spelen (zie ook HS08-017) wordt aan NIRAS gevraagd om de ontwerpvereisten voor deze voegen te expliciteren alsook hun voorziene levensduur en de omstandigheden en accidentele belastingen waarbij ze hun functie dienen te behouden.

2 Antwoord

De voegen worden beschouwd als onderdeel van de vloerplaten. De ontwerpvereisten, voorziene levensduur en de omstandigheden en accidentele belastingen waarbij ze hun functie dienen te behouden zijn bijgevolg identiek aan die van de vloerplaten zelf (Zie HS-08 van het veiligheidsrapport).

Zie ook antwoord HS05-001 voor een beschrijving van de referentieoplossing.

1 HS08-022 Mechanische impact F16

De massa van het toestel en zijn impactoppervlak hebben een directe invloed op de hoeveelheid vernietigd materiaal. FANC en Bel V vragen daarom aan NIRAS om de beschouwde massa (14.6t) van de F16 alsook zijn impactoppervlak te rechtvaardigen, gegeven het feit dat de beschouwde massa lager is dan de 'maximum take off weight'.

2 Antwoord NIRAS

Er werd, in het kader van de stress test, een nieuwe mechanische impactstudie uitgevoerd voor evaluatie van de gevolgen van de impact van (ondermeer) een militair vliegtuig op de bergingsinstallatie cAt. Deze studie werd op 22/11/2013 aan het FANC bezorgd.

Het beschouwde militaire vliegtuig is een F-16 met een massa van 18000 kg. Deze studie geeft tevens een korte toelichting bij het beschouwde impactoppervlak.

Wat betreft de te beschouwen massa vermeldt IAEA-TECDOC-1347 "Consideration of external events in the design of nuclear facilities other than nuclear power plants, with emphasis on earthquakes": *In case a military aircraft is considered as a reference impacting missile, the mass is around 14 t and the speed is around 200 m/s.*

De beschouwde massa van 18000 kg is in het licht van deze TECDOC conservatief. De maximum take-off massa van de F-16 is afhankelijk van de variant. De massa van een lege F-16 bedraagt ongeveer 9000 kg met een interne brandstofcapaciteit van 3000 kg [1, 2]. Dit brengt de massa van het toestel op ongeveer 12000 kg. De beschouwde massa van 18000 kg is conservatief ten opzichte van de te verwachten massa.

Uiteraard is de maximale take-off massa van de F-16 substantieel hoger dan 12000 kg. Dit omdat het een militair gevechtsvliegtuig betreft die met een aanzienlijke bewapening kan uitgerust worden. Er wordt echter vanuit gegaan dat er geen bewapening aanwezig is op het ogenblik van impact.

Men dient in zekere zin een abstractie te maken van het exacte type jachtbommenwerper. Het Belgische leger maakt gebruik van F-16 gevechtsvliegtuigen waardoor de probabiteit van impact voor dit type militaire gevechtsvliegtuigen het hoogst is. Deze F-16 gevechtsvliegtuigen zullen in de toekomst vervangen worden door een ander type gevechtsvliegtuigen. De opzet was een studie te hebben die door de beschouwde massa en impactsnelheid eveneens nieuwere types toestellen kan afdekken, bv F-35 [3], Eurofighter Typhoon [4], Dassault Rafale [5], Saab JAS39 Gripen [6].

Verder valt het niet uit te sluiten dat een buitenlands gevechtsvliegtuig neerstort op Belgisch grondgebied [7]. Vandaar nog eens het belang om een zekere abstractie te

maken van het exacte type gevechtsvliegtuig. De massa, snelheid en impactoppervlak dienen representatief te zijn voor deze categorie vliegtuigen.

3 Referenties

- [1] <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104505/f-16-fighting-falcon.aspx>
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/General_Dynamics_F-16_Fighting_Falcon
- [3] http://nl.wikipedia.org/wiki/F-35_Lightning_II
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Eurofighter_Typhoon
- [5] http://nl.wikipedia.org/wiki/Dassault_Rafale
- [6] http://nl.wikipedia.org/wiki/Saab_JAS39_Gripen
- [7] http://nl.wikipedia.org/wiki/Vliegtuigongeluk_bij_Kortrijk

1 HS08-023: Ontwerp van de modules

Momenteel is noch in hoofdstuk 8, noch in ondersteunend document “Detailed Design Modules¹²” een duidelijk overzicht te vinden van de belastingen en belastingcombinaties.

FANC en Bel V vragen NIRAS daarom om een overzicht te geven van alle belastingen (permanent, variabel, operationeel, accidenteel...) in elke fase uit het leven van de installatie. Er wordt eveneens gevraagd om een overzicht en verklaring te geven van alle te beschouwen belastingcombinaties.

2 Antwoord

2.1 Fase Ia

De beschouwde belastingen tijdens fase Ia worden gegeven in Bijlage 1 aan dit antwoord. Zoals vermeld in Bijlage 1 aan dit antwoord worden de belastingen conform [3] en [4] als volgt gecombineerd:

- fundamentele combinaties
 - ▶ FOND1, FOND2 en FOND 3
- accidentele ontwerpcombinaties
 - ▶ In deze studie is er slechts één accidentele belasting, met name de tornado. Deze is echter niet bepalend zodat de accidentele combinaties niet in aanmerking genomen moeten worden (zie sectie 4.1.2.1 van appendix 1 aan [1]).
- seismische ontwerpcombinaties
 - ▶ SEISM1
- karakteristieke combinaties
 - ▶ CHAR1, CHAR2 en CHAR 3

Per combinatie worden alle mogelijke belastingscombinaties (fav. en unfav.) berekend, waarna naar de omhullende van de resultaten gekeken wordt. Voor fase Ia resulteert dit bijvoorbeeld in 8976 belastingscombinaties voor de fundamentele combinaties en 4488 voor de karakteristieke combinaties (zie §8.5.4.5 van [2]).

Het feit dat deze belastingscombinaties toegepast werden volgt uit [3] en [4].

OPMERKINGEN:

- In het eigengewicht van de constructie (SW) zit het gewicht van alle structurele onderdelen zoals bekleding, dakbekleding, isolatie, ... Het gewicht van het huidige referentiedesign van de dakbekleding (30 à 35 kg/m²) is hoger dan de waarde meegenomen in de berekening in [1] (25 kg/m²). Er zal een iteratie uitgevoerd worden waarbij dit gewicht aangepast zal worden en het veiligheidsrapport zal overeenkomstig aangepast worden.

¹² In de originele vraagstelling staat hier 'detailed design monoliths' maar er wordt in de referentie verwezen naar OD-166 'detailed design modules' wat gezien de vraag de logische referentie is. Bijgevolg werd dit aangepast in de vraagstelling.

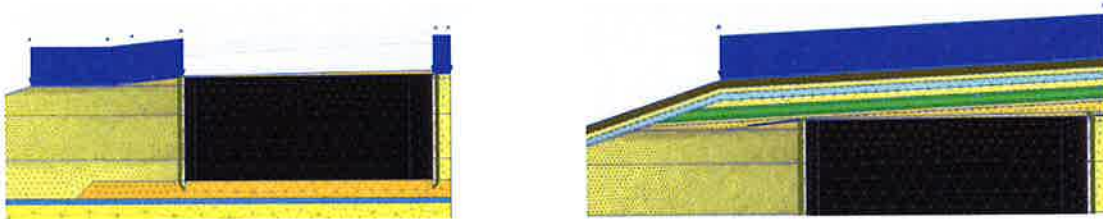
- Tijdens fase Ia zijn geen uitvoeringsbelastingen voorzien.

2.2 Fase Ib tot III

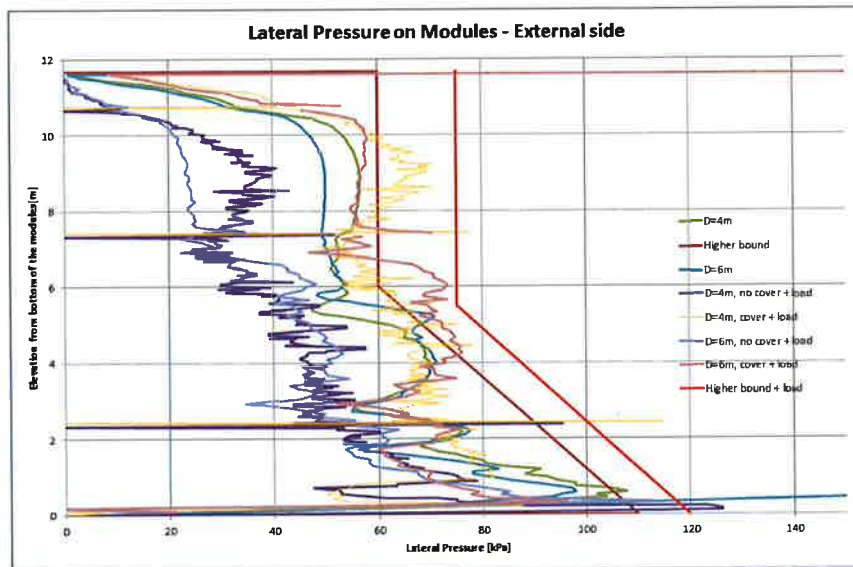
Gelijkaardig als voor Fase Ia (zie §2.1), geeft Bijlage 2 de belastingen en belastingcombinaties beschouwd voor fase Ib t.e.m. fase III.

OPMERKING:

- In [1] werden geen uitvoeringsbelastingen beschouwd. Deze zullen wel aanwezig zijn bij de overgang van fase Ia naar Ib (plaatsen van de eindafdekking) en bij eventuele herstellingen van de eindafdekking in fase Ib tot III. Daarom werd geëvalueerd wat de impact van deze uitvoeringsbelastingen is. Er werd een uniform verdeelde belasting van 20 kPa beschouwd in twee configuraties (zie Figuur 13). De resulterende gronddruk (zie Figuur 14 en Figuur 15) zal gebruikt worden bij de structurele berekening van de structuren in een nieuwe ULS-belastingscombinatie (FOND2). Bijlage 3 bevat het aangepast overzicht van de belastingscombinaties die beschouwd zullen worden, het veiligheidsrapport zal overeenkomstig aangepast worden.

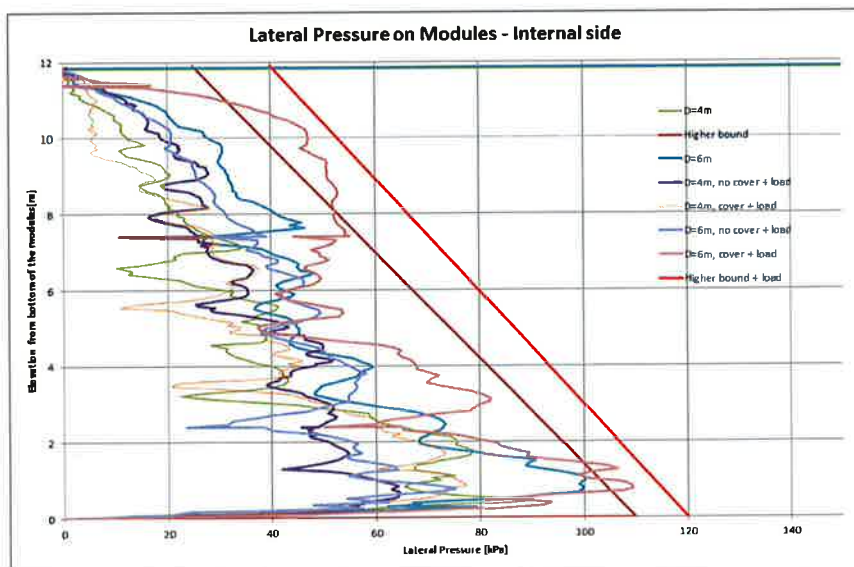


Figuur 13: Beschouwde configuraties voor de uitvoeringsbelasting: in een tussentijdse constructiefase van de eindafdekking (LINKS) en bij beëindiging van de constructiefase van de eindafdekking (RECHTS).



Figuur 14: Laterale gronddruk op de modulewanden (wand aan de buitenzijde van de tumulus). De bruine curve (*higher bound*) is de curve die in [1] gebruikt werd en die gecombineerd werd (en zal worden) met het belastingsgeval seïsmie.

Er zal een verificatie uitgevoerd worden dat het ontwerp weerstaat aan de rode curve ('higher bound + load').



Figuur 15: Laterale gronddruk op de modulewanden (wand middenin de tumulus, ter hoogte van de inspectiegalerij). De bruine curve (*higher bound*) is de curve die in [1] gebruikt werd en die gecombineerd werd (en zal worden) met het belastingsgeval seisme. Er zal een verificatie uitgevoerd worden dat het ontwerp weerstaat aan de rode curve ('higher bound + load').

3 Afkortingen

UGT: Uiterste grenstoestand (=ULS, *Ultimate Limit State*)

GGT: Gebruiksgrenstoestand (=SLS, *Serviceability Limit State*)

4 Referenties

- [1] OD-167 – Detail design steel structure, NIROND-TR 2011-61 E V1
- [2] Hoofdstuk 8 – Ontwerp en constructie van de berging, NIROND-TR 2011-08 N V2
- [3] NBN EN 1990: 2002, Eurocode - Grondslagen van het constructief ontwerp
- [4] NBN EN 1990 ANB: 2007, Eurocode - Grondslagen van het constructief ontwerp – nationale bijlage

Bijlage 1: FASE Ia

DESIGN SITUATION		OPERATIONAL PHASE Ia (concrete module covered by the steel structure and fully filled with monoliths – see Figure)													
LOAD CASE		SW		SL		W		T		BC		I		DBE _{1225yr}	
COMBINATIONS ¹³		Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.
ULS ¹⁴	FOND1	1.00	1.35	1.50	1.50	0.00	0.45	0.00	0.90	0.00	1.35	1.00	1.00	0.00	0.00
	FOND2	1.00	1.35	0.00	0.45	1.50	1.50	0.00	0.90	0.00	1.35	1.00	1.00	0.00	0.00
	FOND3	1.00	1.35	0.00	0.75	0.00	0.90	1.50	1.50	0.00	1.35	1.00	1.00	0.00	0.00
	SEISM1	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00 ¹⁵	1.00 ¹⁵	0.00 ¹⁶	0.00 ¹⁶	1.00	1.00
SLS	CHAR1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.30	0.00	0.60	0.00	1.00	0.72 ¹⁷	0.72 ¹⁷	0.00	0.00
	CHAR2	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	1.00	0.00	0.60	0.00	1.00	0.72 ¹⁷	0.72 ¹⁷	0.00	0.00
	CHAR3	1.00	1.00	0.00	0.50	0.00	0.60	1.00	1.00	0.00	1.00	0.72 ¹⁷	0.72 ¹⁷	0.00	0.00

¹³ According to NBN EN 1990: 2002 and NBN EN 1990 ANB: 2007

¹⁴ It is shown in OD167 that the tornado accidental action is not a governing design load case. No accidental combination is thus considered.

¹⁵ Only permanent part of BC

¹⁶ Insignificant influence

¹⁷ 0.72 = 1/1.40

Loads

SW	Self-weight of the steel structure, the concrete module and the monoliths
SL	Snow and live loads
W	Wind loads
T	Difference of temperature between the steel structure and the concrete module
BC	Loads induced by movements of the bridge crane
I	Global imperfections of the steel structure taken into account ground settlements
DBE _{1225y}	Design basis earthquake with a 1225 year return period

Combinations

FONDi combinations)	Combinations of actions for persistent or transient design situations (fundamental combinations)
SEISMi	Combinations of actions for seismic design situations
CHARi	Characteristic combinations of actions

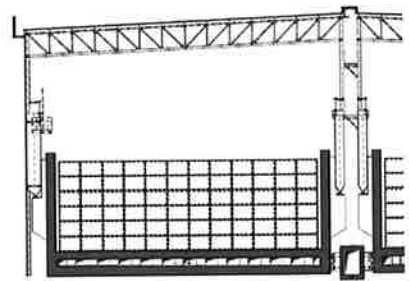


Figure 1 : Operational phase 1a design situation

Bijlage 2: FASE Ib tot III

DESIGN SITUATION		PHASE Ib through III (concrete module covered by earth – see Figure)					
		LOAD CASE ^{18,19}		D		H	
COMBINATIONS ²⁰		Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.
ULS	FOND1	1.00	1.35	1.00	1.35	0.00	0.00
	SEISM1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SLS	QPERM1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00

Loads

- D Self-weight of the concrete module and the monoliths
- H Horizontal and vertical soil loads (earth cover)
- DBE_{8575yr} Design basis earthquake with a 8575 year return period

Combinations

- FONDi Combinations of actions for persistent or transient design situations (fundamental combinations)
- SEISMi Combinations of actions for seismic design situations
- QPERMi Quasi-permanent combinations of actions

¹⁸ Because the soil loads are very high, the live loads (worksite vehicles), the snow loads and the wind loads eventually acting on the tumulus are not considered.

¹⁹ As explained in the 'Detailed Design Modules' (OD166), shrinkage is also taken into account in the SLS reinforcement design through the crack width formula.

²⁰ According to NBN EN 1990: 2002 and NBN EN 1990 ANB: 2007

HS08-023 – p. 8 / 10

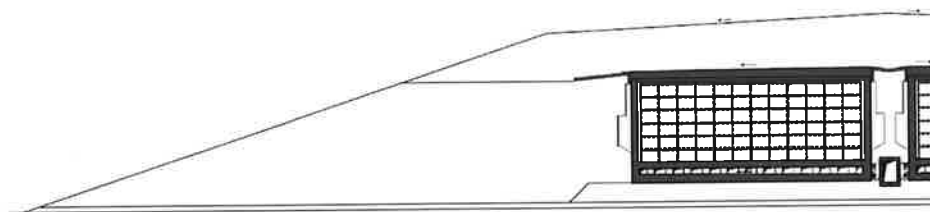


Figure 2: Design situation for phases Ib through III

Bijlage 3: Aangepaste tabel FASE Ib tot III

DESIGN SITUATION		PHASE Ib through III (concrete module covered by earth – see Figure 3)							
		D		Hperm		Hvar		DBE _{8575yr}	
LOAD CASE ^{21,22}		Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.
COMBINATIONS ²³		Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.	Fav.	Unfav.
ULS	FOND1	1.00	1.35	1.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00
	FOND2	1.00	1.35	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00
	SEISM1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
SLS	QPERM1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Loads

- D Self-weight of the concrete module and the monoliths
- H Horizontal and vertical soil loads (earth cover) - separate combinations for permanent and variable loads
- DBE_{8575yr} Design basis earthquake with a 8575 year return period

Combinations

- FONDi Combinations of actions for persistent or transient design situations (fundamental combinations)
- SEISMi Combinations of actions for seismic design situations
- QPERMi Quasi-permanent combinations of actions

²¹ Because the soil loads are very high, the live loads (worksite vehicles), the snow loads and the wind loads eventually acting on the tumulus are not considered.

²² As explained in the 'Detailed Design Modules' (OD166), shrinkage is also taken into account in the SLS reinforcement design through the crack width formula.

²³ According to NBN EN 1990: 2002 and NBN EN 1990 ANB: 2007

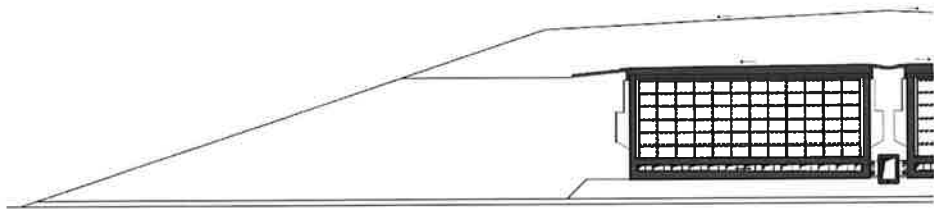


Figure 3 : Design situation for phases Ib through III

1 HS08-OD259-001

In § 3.2 en 4.2 van document [6] is volgend statement terug te vinden: “*There is no requirement in the ACI 349 regarding cracking. Nevertheless the yield strength of the steel reinforcement is limited to 414 MPa (§3.1.1), among others, to limit the width of cracks in relatively massive concrete sections.*” FANC en Bel V vragen dit statement te verklaren gegeven dat §9.5 van ACI 349 “*Control of deflections*” vermeldt dat de controle van doorbuigingen uitgevoerd kan worden voor belastingen zonder factor (wat equivalent lijkt aan het SLS nazicht in de Eurocode) of voor belastingen met factor, als deze gedeeld worden door de “gamma”-factor, gespecificeerd in paragraaf 9.5.1.3 van ACI 349.

2 Begrip van de vraag

NIRAS interpreteert deze vraag als volgt. In de SLS berekening in [1] wordt enkel scheurvorming gecontroleerd. Aangezien er geen vereiste is in dit verband in ACI 349, stelt NIRAS dat er geen SLS berekening moet uitgevoerd worden in dit specifieke geval. FANC stelt echter dat er toch een SLS berekening uitgevoerd moet worden volgens ACI 349, namelijk een controle van de doorbuiging.

3 Antwoord

FANC en Bel-V stellen dat in ACI 349 ook een andere aspect volgens SLS bekeken moet worden namelijk “*control of deflections*”. Dit is correct maar omdat doorbuigingen geen invloed hebben op de functionaliteit van de aarde bedekte modules (wat bijvoorbeeld wel het geval kan zijn voor bepaalde industriële vloeren e.d.) werd de controle van doorbuigingen niet beschouwd, noch bij het design van de modules in [1], noch bij de controle van de wapeningshoeveelheden volgens ACI 349 in [6].

OPMERKING: Dit betekent uiteraard niet dat de weerstand van de structuur tegen doorbuiging niet geëvalueerd werd. Dit gebeurde voor ULS in §4.2.1.2 van annex 4 van [1] voor de EUROCODE en §3.1.3 van [6] voor de controle volgens ACI 349.

4 Afkortingen

GGT: Gebruiksgrenstoestand (=SLS, *Serviceability Limit State*)

UGT: Uiterste grenstoestand (=ULS *Ultimate Limit State*)

5 Referenties

[1] ONDRAF/NIRAS OD 166. Detailed design – Modules. NIROND-TR-2011-55E V2. 28/11/2012.

[6] Tractebel Engineering OD 259. Concrete modules reinforcement checking according to ACI 349. TS101-NTE-3-007. 05/12/2012.

1 HS08-OD259-002 Details berekeningen ACI versus Eurocode

FANC en Bel V vragen om de details van de berekeningen toe te voegen en om de specifieke referenties van de paragrafen uit ACI 349 die werden gebruikt voor de berekeningen in de tekst te expliciteren (bijvoorbeeld deze gerelateerd aan het P-M interactiediagram, de berekening van $V_{n,z/y\dots}$).

2 Antwoord

Details berekeningen

De P-M interactiediagrammen werden opgebouwd met CivilFEM, een pre- en postprocessor pakket dat ontwikkeld werd voor bouwkundige toepassingen en dat geïmplementeerd is in de ANSYS eindige elementen software. De vereiste input data voor de opmaak van P-M interactie diagrammen zijn:

- Sterkteklasse van het beton
- Vloeispanning wapeningsstaal
- Geometrie
- Hoeveelheid wapening
- Betondekking

Bij wijze van voorbeeld is de ANSYS/CivilFEM input-file voor het bepalen van het P-M interactiediagram van de funderingsplaat bijgevoegd.

De specifieke referenties van de paragrafen uit ACI 349 zijn de volgende

- *Reinforcement design strength: §9.4*
- *Load combinations: §9.2*
- *Bending reinforcement*
 - ▶ *P-M interaction diagram: §10.2 and §10.3*
 - ▶ *Strength reduction factor: §9.3*
 - ▶ *Minimum reinforcement: §7.12 and §10.5*
- *Shear reinforcement*
 - ▶ *Shear strength: §11.1, §11.3 and §11.5*
 - ▶ *Strength reduction factor: §9.3*
 - ▶ *Minimum reinforcement: §11.5.6*