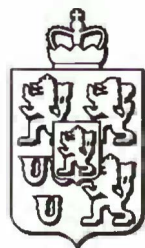


Aanvraagformulier
voor een
mijnbouwwetvergunning



Provincie
Limburg

In tweevoud inzenden aan:
Gedeputeerde Staten van Limburg
Postbus 5700
6202 MA MAASTRICHT

Provincie Limburg	DDI
Ingek.	- 6 MEI 2021
DOCnr.	
Afd.	VTH

Dit formulier dient te worden gebruikt voor het aanvragen van een vergunning als bedoeld in artikel 151 van het Mijnbouwbesluit; **een vergunning voor ander gebruik dan het winnen van kalksteen.**

Het formulier dient, voorzover van toepassing, VOLLEDIG te worden ingevuld (getypt of in blokletters). Waar nodig moet de gevraagde informatie worden bijgevoegd. Het formulier dient door de aanvrager te worden ondertekend.

Het niet volledig invullen van het formulier, of het niet overleggen van de gevraagde bescheiden, kan ertoe leiden dat de aanvraag buiten behandeling blijft.

Bij dit aanvraagformulier hebben wij ter informatie de "Handreiking gesteentemechanische veiligheid van onderaardse kalksteengroeven" gevoegd.

I. NAW GEGEVENS VAN DE AANVRAGER / GEBRUIKER	
1. a. Volledige naam aanvrager	Stichting Ir. D.C. van Schaik
b. Activiteit (van bedrijf)	Beheer, onderzoek en educatie in ondergrondse structuren in het Mergelland
c. Adres	De Bosquetplein 7
d. Postcode	6211 KJ
e. Woonplaats	Maastricht
f. Postbus	Postbus 2235
g. Postcode	6201 HA
h. Plaats	Maastricht
i. Telefoonnummer	
Faxnummer	-
Email-adres	info@vanschaikstichting.nl
j. Naam contactpersoon	

2. Indien de aanvrager een rechtspersoon is.	Beheer, onderzoek en educatie in ondergrondse structuren in het Mergelland
a. Doel van de rechtspersoon	
b. Plaats van vestiging	Maastricht
II. GEGEVENS OVER DE TE GEBRUIKEN GROEVE	
<p>3. Kadastrale gegevens van (het gedeelte van) de groeve, waarvoor een vergunning voor ander gebruik dan het winnen van kalksteen wordt aangevraagd (indien het een gedeelte van een perceel betreft, dient dit achter het perceelsnummer te worden vermeld). Deze dienen eveneens op een kadastrale kaart aangeduid te worden. Hier worden bedoeld de meest recente gegevens van het Kadaster te Roermond. Zie bijlage 1, kadastrale kaart</p>	
a. Kadastraal bekend gemeente(n)	Margraten (MGT)
b. Sectie(s).	2R
c. Nummer(s)	49 (ingang), 4, 105 (Zeer klein puntje)
4. Naam van de groeve:	Prehistorische Vuursteenmijn Rijkholt
<p>5. Indien (het gedeelte van) de groeve, waarvoor een vergunning voor ander gebruik dan het winnen van kalksteen wordt aangevraagd, (mede) door andere natuurlijke of rechtspersonen dan de aanvrager zal worden gebruikt, geef dan in een bijlage aan wie dat zijn (naam, adres en telefoonnummer). N.v.t.</p>	
<p>6. a. Indien (het gedeelte van) de groeve waarvoor een vergunning voor ander gebruik dan het winnen van kalksteen wordt aangevraagd, niet of niet geheel in eigendom toebehoort aan de aanvrager, geef dan in een bijlage aan wie de eigenaar is of de eigenaren zijn van de betreffende percelen (naam, adres en telefoonnummer). Staatsbosbeheer Postbus 330 5000 AH Tilburg</p> <p>b. Voeg hierbij een door de eigenaar of eigenaren ondertekende verklaring, waaruit blijkt dat door deze(n) wordt ingestemd met het ander gebruik dan het winnen van kalksteen, zoals aangevraagd. Zie bijlage 4: Verklaring Staatsbosbeheer akkoordverklaring gebruik en vergunningsaanvraag.</p>	

III. GEGEVENS OVER DE UIT TE VOEREN ACTIVITEITEN

7.a Omschrijving van het gebruik, waarvoor een vergunning als bedoeld in artikel 151 van het Mijnbouwbesluit wordt aangevraagd (een vergunning voor ander gebruik dan het winnen van kalksteen):

- ☒ bouwwerkzaamheden
- ☐ erkend berglopen
- ☐ onderzoek
- ☐ rondleidingen
- ☐ toeristische exploitatie
- ☐ kwekerij
- ☐ vleermuistelling
- ☐ opslag
- ☐ horeca
- ☐ overig nl.

Hieronder (of in een aparte bijlage, die bij de aanvraag wordt gevoegd) beschrijven:

- het doel of de doeleinden waarvoor (het gedeelte van) de groeve zal worden gebruikt;
- de voorgenomen wijzigingen van de groeve voor het voorgenomen gebruik;
- de maatregelen die getroffen worden om te voorkomen dat de niet gebruikte delen van de groeve worden betreden;
- de wijze waarop en frequentie waarmee de metingen naar de gesteentemechanische veiligheid van de groeve worden gedaan en de resultaten daarvan worden verstrekt;
- de maatregelen die getroffen worden ter bescherming van de veiligheid met het oog op instorting.

De Prehistorische vuursteenmijn wordt gebruikt voor onderzoek en educatie waarvoor door de provincie Limburg op 23 april een vergunning artikel 151 Mijnbouwbesluit is afgegeven onder zaaknummer: 2018-201863 met kenmerk 2018/25643 op naam van Staatsbosbeheer. Deze aanvraag is een uitbreiding op de eerdere aanvraag. De aard van de bezoeken aan de vuursteenmijn wordt niet veranderd. Conform de doelstellingen van de Van Schaikstichting vinden educatieve excursies en gerichte onderzoeksprojecten plaats onder begeleiding van medewerkers van de Van Schaikstichting.

De uitbreiding wordt aangevraagd door Stichting Ir. D.C. van Schaik die in 2017 het beheer van de vuursteenmijn overgenomen heeft van Staatsbosbeheer.

In 2019 heeft een stabiliteitsonderzoek plaats gevonden in de vuursteenmijn (Zie bijlage 6). Hieruit bleek dat het bezoekersdeel van de vuursteenmijn goed in orde is maar dat een substantieel deel van de prehistorische gangen achterstallig onderhoud heeft en daardoor aanzienlijke werkzaamheden nodig zijn om het weer op peil te krijgen. Andere delen zijn dusdanig instabiel dat grootschalig onderhoud nodig is om het archeologisch monument te behouden.

Samen met de Rijksdienst Cultureel Erfgoed (RCE) is daarom een consolidatieplan gemaakt (Bijlage 9). In dit consolidatieplan wordt behalve regulier onderhoud, ook een uitbreiding van de bezoekersgang voorzien. Dit om slechte delen te doorsnijden en gave delen achter die slechte delen toegankelijk te maken voor monumentenbehoud, onderzoek en educatie.

Deze aanpassing van de bestaande vergunning betreft de consolidatiewerkzaamheden. Hierbij is ook van toepassing het extensief gebruik voor de prehistorische gangen voor onderhoud, beheer en onderzoek onder de aanvullende voorwaarden zoals omschreven in het rapport van GeoControl (bijlage 5b).

De consolidatiewerkzaamheden vinden plaats op diverse locaties zoals aangegeven in bijlage 2, Gebruikskaart. In deze kaart in vier delen voor de duidelijkheid, staan de

gangen aangegeven en de locaties waar gewerkt gaat worden met codenummer aangevuld met de gangen die nodig zijn om bij de werklocaties te komen. Ook in bijlage 2 staat een lijst met de werkzaamheden zoals voorzien op de aangegeven locaties.

- De bestaande hoofdgang (bezoekersgang) waarin bezoekers door een gids begeleid worden blijft in gebruik voor bezoekers. Deze gangen worden in 2021 weer gecontroleerd op stabiliteit in continuïteit met eerdere onderzoeken (Zie bijlagen 5A en 7)
- Locaties waar consolidatiewerkzaamheden plaats vinden in blauw aangegeven. Dit zijn de lage prehistorische gangen. Deze gangen zijn afgesloten van het deel voor intensief gebruik door middel van degelijke afsluitingen. Bezoek aan deze delen is onderhevig aan aanvullende voorwaarden zoals beschreven in bijlage 5B. Deze voorwaarden komen bovenop de reguliere voorwaarden voor extensief gebruik. Deze voorwaarden zijn:
 1. Helmplicht voor alle bezoekers
 2. Altijd 2 of 3 personen in de vuursteenmijnen (met een onderlinge afstand van één of enkele meters), zodat bij een calamiteit altijd direct kan worden ingegrepen.
 3. Altijd een persoon in de bezoekersgang die direct contact houdt met de personen in de vuursteenmijnen
 4. Minimaal één van de 2 of 3 personen heeft de cursus groevenstabiliteit gevolgd.
- Locaties waar geen werkzaamheden worden verricht. Deze locaties worden enkel bezocht voor beheeractiviteiten.

De werkzaamheden worden uitgevoerd door Mergebouwsteen Kleijnen uit Sibbe.

Alle bezoeken (excursies, onderhoud, onderzoek, beheer, etc.) worden in een logboek genoteerd met daarbij de begeleidende gids, het aantal personen, datum en tijd en het doel van het bezoek.

Het gebruik van de vuursteenmijn voor excursies in het intensief gekeurde deel, zal tijdens de bouwwerkzaamheden doorgaan zoals beschreven in de huidige vergunning.

7.b Frequentie van het gebruik:

De werkzaamheden beginnen op 1 juni 2021 en lopen door tot 31 september 2021 met mogelijk een uitloop tussen 1 april 2022 en 1 juni 2022. Er zal gewerkt worden op reguliere werktijden. In de avonduren, in weekend en tijdens de bouwvak worden excursies georganiseerd waarbij de locaties waar de consolidatiewerkzaamheden plaatsvinden, niet bezocht worden.

8. Oppervlakte van (het gedeelte van) de groeve, waarvoor een vergunning voor het ander gebruik dan het winnen van kalksteen wordt aangevraagd: _____

Intensief gebruik: 265 m²

Extensief gebruik: 706 m²

Afgekeurd voor bezoek: 755 m²

9. RD-Coördinaten (hoofd)ingang(en) van de groeve
X-coördinaat: 180.196 Y-coördinaat: 311.695

10. Kaartmateriaal

Bij de aanvraag dient in tweevoud een kaart van de boven- en ondergrond van de groeve te worden gevoegd, waarop de volgende gegevens zijn aangegeven:

- met een zwarte omlijning, in kleur of gearceerd, (het gedeelte van) de groeve waarvoor een vergunning voor ander gebruik dan het winnen van kalksteen wordt aangevraagd;
- alle gebouwen, land- spoor- en waterwegen boven het gebied van de groeve;
- de plaats waar de activiteiten zullen plaatsvinden;
- de ingang(en) tot de groeve;
- de ligging, hoogte en breedte van te realiseren tunnels, schachten of andere ondergrondse werken en;
- het reeds bestaande ondergrondse gangenstelsel/de reeds bestaande groeve.

Het onderstaande dient hierbij te worden gerespecteerd:

- (het gedeelte van) de groeve dient te worden aangegeven middels het coördinatenstelsel van de Rijksdriehoeksmeting.
- (het gedeelte van) de groeve wordt het oppervlak vermeld en uitgedrukt in km².
- de ligging van (het gedeelte van) de groeve wordt, onder vermelding van de coördinaten van de hoekpunten ervan, aangegeven op de kaart en wordt aangereikt op een schaal van 1:50.000.

Zie bijlage 2 voor de gebruikskaart.

Zie bijlage 3 voor de oppervlaktekaart met bijbehorende beschrijving.

11. Afsluiten (gedeelte van) de groeve

Een beschrijving van de wijze waarop (het gedeelte van) de groeve waarvoor een vergunning voor ander gebruik dan het winnen van kalksteen wordt aangevraagd, tijdens en na het gebruik wordt afgesloten. (Hierbij kan gedacht worden aan het plaatsen van hekken, afrasteringen of het plaatsen van mergelblokken)

De hoofdingang van de vuursteenmijn ligt aan een open plek in het Savelsbos. Hier is een betonnen ingang gemaakt met een dubbele deur met dubbel slot erop. Ook is er een gebouwtje waarin de technische installatie onder gebracht dat dienstdoet als gidsenruimte. Dit gebouwtje heeft een verbinding met de prehistorische gangen en is goed afsluitbaar met een deur met dubbel slot. Zie foto rechts.



In het Savelsbos is boven een schachtingang een gebouwtje gemaakt met een stalen kap. De schacht is met een rooster afgesloten.



12. De gesteentemechanische veiligheid van de groeve

Bij de aanvraag dient een rapport te worden gevoegd van een onderzoek naar de gesteentemechanische veiligheid in de groeve, waarvoor (al dan niet voor een gedeelte daarvan) een vergunning voor ander gebruik dan het winnen van kalksteen wordt aangevraagd. Het onderzoek dient ten hoogste twee jaren voorafgaand aan het indienen van de aanvraag te hebben plaatsgevonden en te zijn uitgevoerd met inachtneming van de daartoe gestelde eisen in de "Handreiking gesteentemechanische veiligheid van onderaardse kalksteengroeve".

Het bij de aanvraag voegen van een rapport van een onderzoek naar de gesteentemechanische veiligheid in de groeve, zoals hiervoor aangeduid, kan achterwege blijven indien:

- a. naar de gesteentemechanische veiligheid in de groeve waarvoor (al dan niet voor een gedeelte daarvan) een vergunning voor ander gebruik dan het winnen van kalksteen wordt aangevraagd, in het verleden een onderzoek is uitgevoerd met inachtneming van de daartoe gestelde eisen in de "Handreiking gesteentemechanische veiligheid van onderaardse kalksteengroeven";
- b. het rapport van het onder a. aangehaalde onderzoek is overgelegd aan het bevoegd gezag;
- c. het onder a. aangehaalde onderzoek zodanig is uitgevoerd dat deze voor het ander gebruik dan het winnen van kalksteen waarvoor thans een vergunning wordt aangevraagd, (eveneens) voldoet aan de daartoe gestelde eisen in de "Handreiking gesteentemechanische veiligheid van onderaardse kalksteengroeven", en
- d. de in (de aanbevelingen van) het rapport van het onder a. aangehaalde onderzoek gestelde termijn voor het uitvoeren van een opvolgend onderzoek naar de gesteentemechanische veiligheid in de betreffende groeve, nog niet is verstreken.

Wordt voldaan aan de onder a t/m d genoemde voorwaarden, dan kan worden volstaan met het hieronder vermelden van de datum waarop voornoemd onderzoeksrapport is overgelegd aan het bevoegd gezag en de naam van de deskundige die het onderzoek heeft uitgevoerd.

- Zie bijlage 5a voor het 2-jaarlijks onderzoeksrapport t.b.v. de intensief gekeurde bezoekersgang. GeoControl 2017 Notitie M01738.
- Zie bijlage 5b voor addendum op bovenstaande onderzoeksrapport t.b.v. extensief bezoek aan de mijntjes, inclusief aanvullende toegangseisen. GeoControl 2017 Notitie M01744.
- Zie bijlage 6 voor de uitgebreide inventarisatie van de mijntjes t.b.v. consolidatie en extensief bezoek aan de mijntjes. GeoControl 2020 Rapport M02015.
- Zie bijlage 7 voor het 2-jaarlijks onderzoeksrapport t.b.v. de intensief gekeurde bezoekersgang. GeoControl 2020 Notitie M02016.
- Zie bijlage 8 voor het twee jaarlijkse onderzoeksrapport t.b.v. de bezoekersgang. Palte rapport 470512 van september 2019

13. Eerder verleende vergunningen als bedoeld in het Mijnbouwbesluit

Is voor (het betreffende gedeelte van) de groeve al eerder een vergunning als bedoeld in het Mijnbouwbesluit verleend voor het winnen van kalksteen dan wel ander gebruik dan het winnen van kalksteen? Zo ja, s.v.p. datum en kenmerk van het besluit vermelden.

- Mijnbouwwet Vergunning artikel 151 Mijnbouwbesluit Vuursteenmijn te Rijckholt, Zaaknummer 2013/50366 dd. 12 september 2013
- Mijnbouwwet Vergunning artikel 151 Mijnbouwbesluit Vuursteenmijn te Rijckholt, gemeente Eijsden-Margraten, Zaaknummer: 2018-201863, Kenmerk: 2018/25643 dd. 19 april 2018 verzonden 23 april 2018

14. Voor welk tijdvak wordt de vergunning voor ander gebruik dan het winnen van kalksteen thans aangevraagd ?

Aanvang 1 juni 2021,
Eindtijd inclusief uitloop 1 juni 2022.

IV. OVERIGE GEGEVENS

15. Eventuele nadere toelichting op de aanvraag:

De plannen voor de voorgenoemde bouwwerkzaamheden zijn voor de volledigheid toegevoegd in de bijlagen 10, 11 en 12.

- Zie bijlage 10 voor de definitieve ontwerptekeningen door architectenbureau LEISE.
- Zie bijlage 11 voor de definitieve constructietekeningen en beschrijving door Castermans Engineers.

•Zie bijlage 12 voor de mijnbouwtechnische berekeningen door GeoControl 2021 Notitie M02107.

Ten vervollediging van de voorgenomen consolidatie zijn nog andere onderzoeken en vergunningsaanvragen ingediend.

- Ecologisch onderzoek met aanvraag ontheffing Wet Natuurbescherming, uitgevoerd door ecologisch onderzoeksbureau Meervelt. Dit is als bijlage 13 bijgevoegd.
- Ontheffing monumentenwet, uitgevoerd door archeologisch onderzoeksbureau Archol. Dit is als bijlage 14 bijgevoegd.

Verder wordt de aandacht erop gevestigd dat een aanvraag om vergunning als bedoeld in artikel 151 van het Mijnbouwbesluit eerst in behandeling kan worden genomen op de dag, waarop alle vereiste gegevens en bescheiden zijn ontvangen.

Naam en handtekening aanvrager:

Plaats:

Datum:

30 april 2021

Overzicht bijlagen:

Bijlage 1: Kadastrale situatie vuursteenmijn

Bijlage 2: Gebruikskaart

Bijlage 3: Oppervlaktekaart met bijbehorende beschrijving

Bijlage 4: Verklaring Staatsbosbeheer akkoordverklaring gebruik

Bijlage 5a: Onderzoeksrapport GeoControl 2017 Notitie M01738

Bijlage 5b: Onderzoeksrapport GeoControl 2017 Addendum Notitie M01744

Bijlage 6: Onderzoeksrapport GeoControl 2019 Rapport M02015

Bijlage 7: Onderzoeksrapport GeoControl 2020 Notitie M02016

Bijlage 8: Onderzoeksrapport Palthe 470512, 2019

Bijlage 9: Consolidatieplan vuursteenmijn (inclusief enkele relevante bijlages)

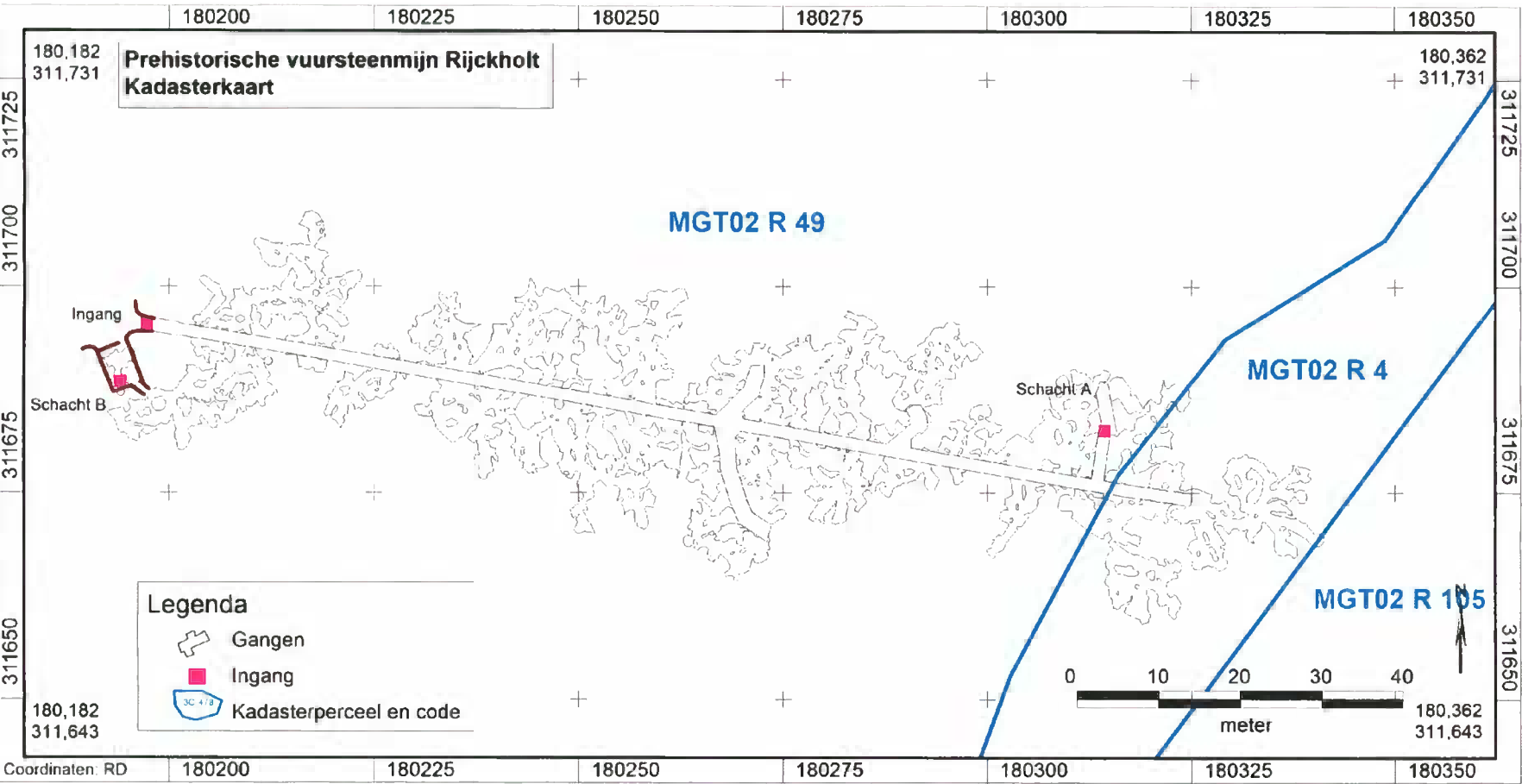
Bijlage 10: Definitieve ontwerptekeningen LEISE 2021

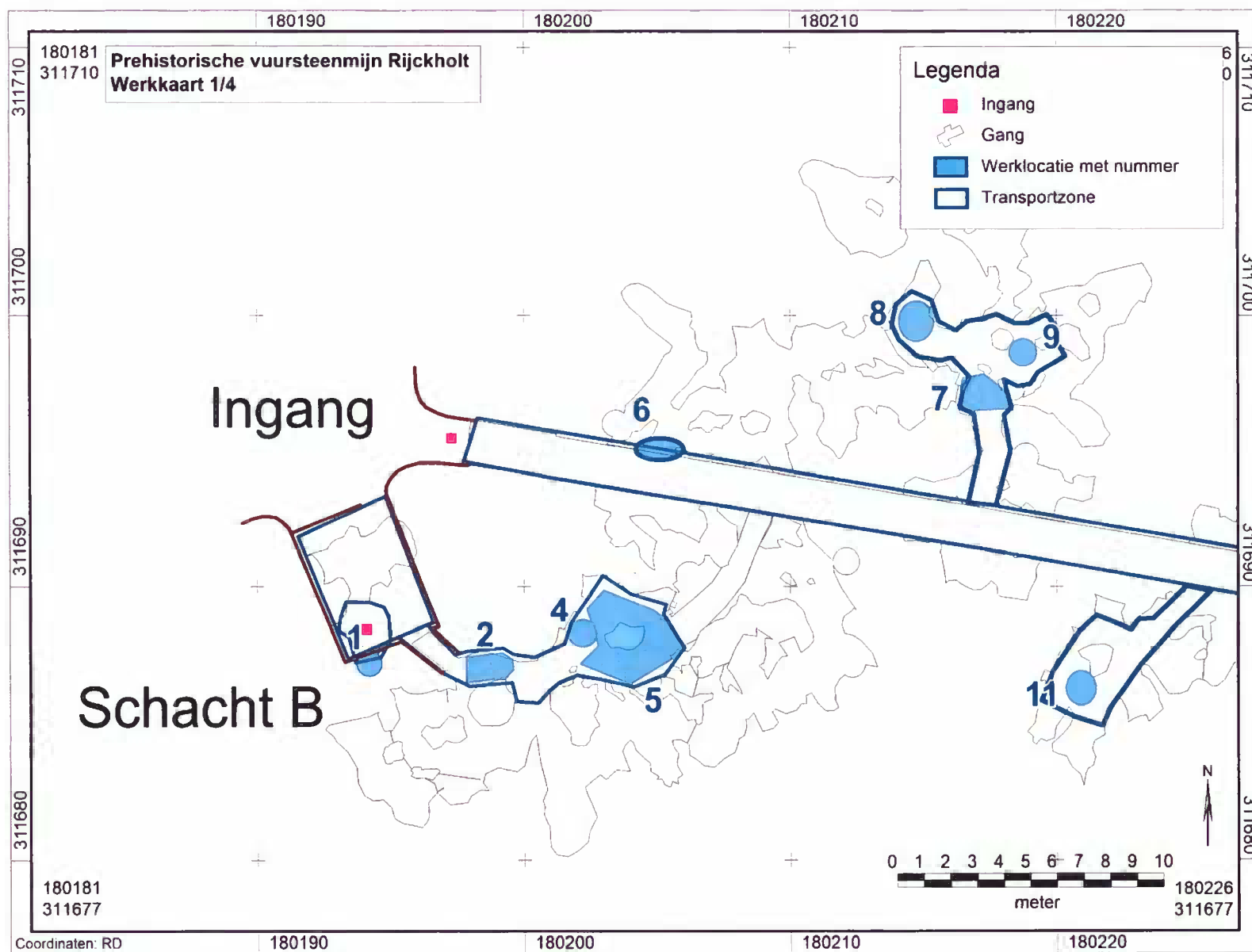
Bijlage 11: Definitieve constructietekeningen en beschrijving Castermans Engineers 2021

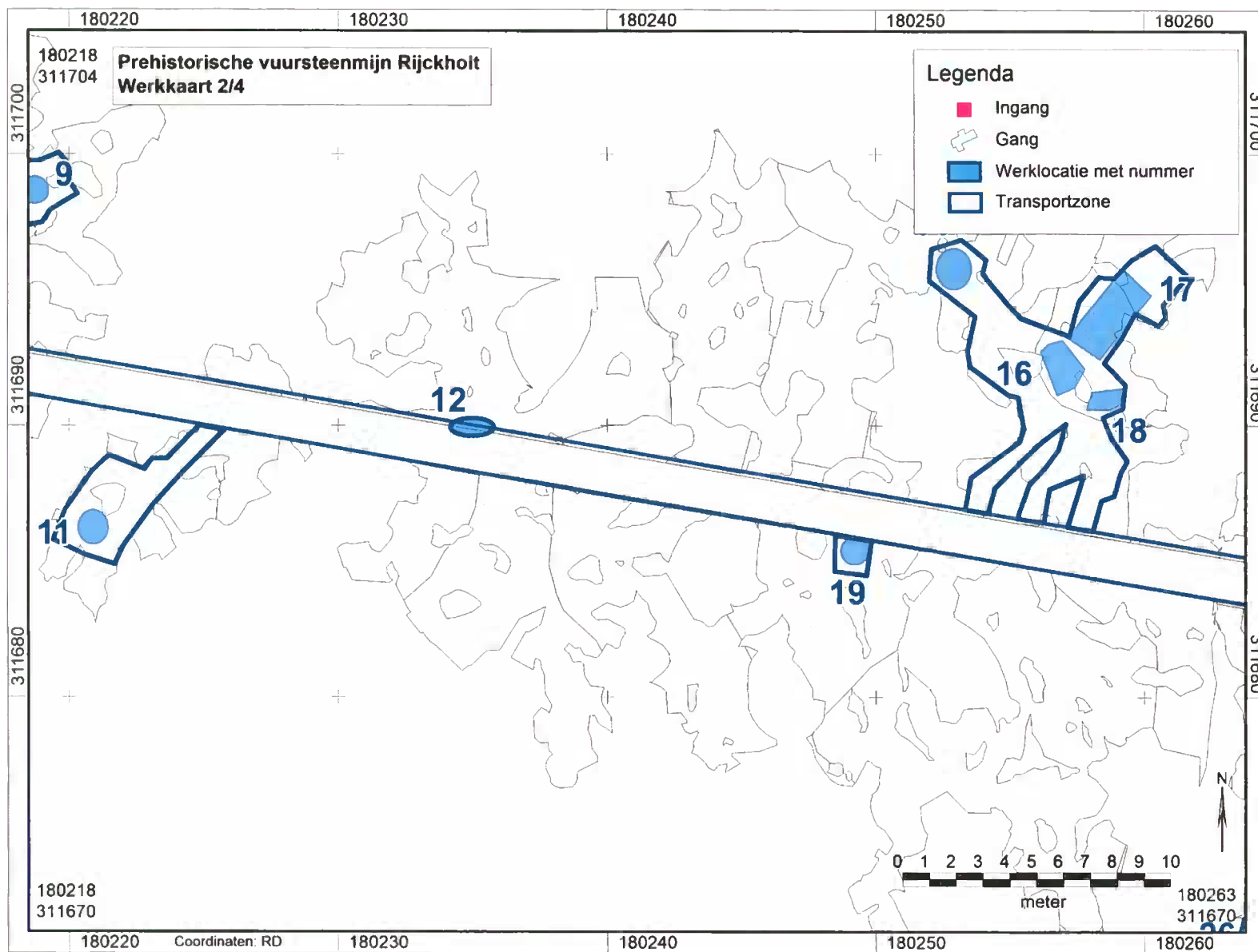
Bijlage 12: Onderzoeksrapport GeoControl 2021 Notitie M02107

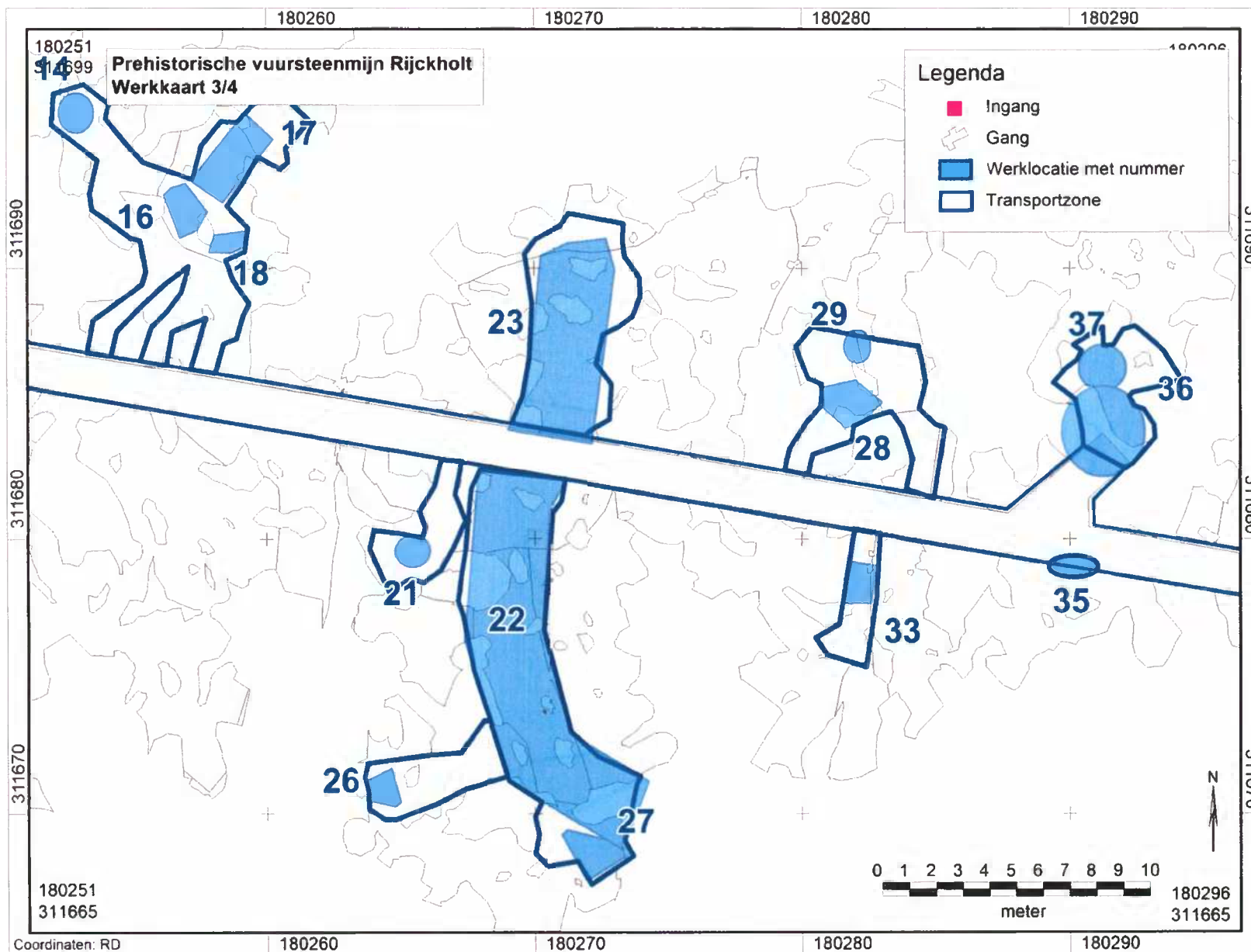
Bijlage 13: Ontheffingsaanvraag Wet Natuurbescherming

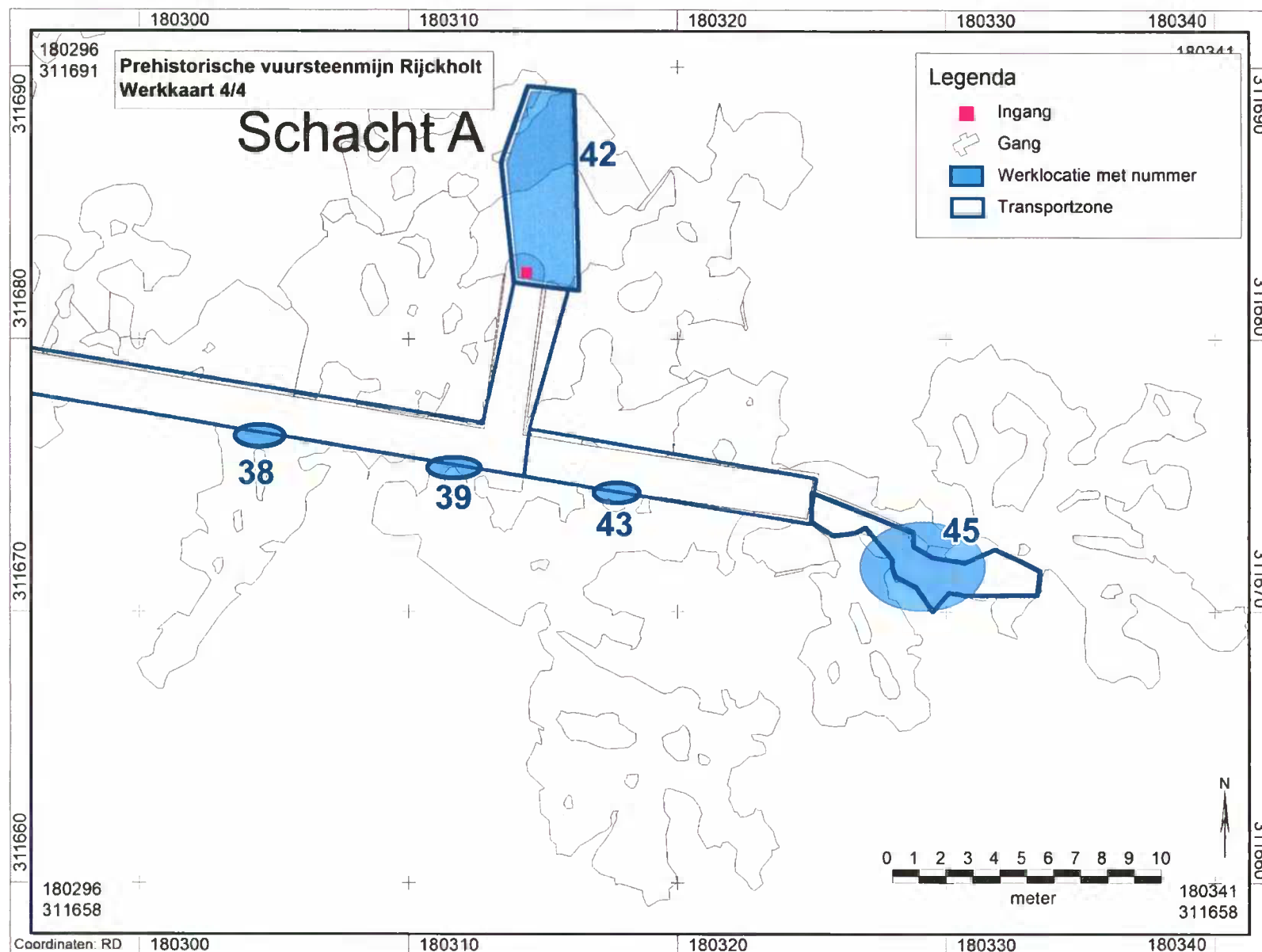
Bijlage 14: Ontheffingsaanvraag Monumentenwet











Lijst van werkzaamheden: (Bij de ontbrekende werknummers vinden geen werkzaamheden plaats)

Werk-nummer	Beschrijving	GIS nr	Constructeur nummer	Code nummer	Vensters
1	Onderhoud schacht	-	-	-	Schacht gidsenruimte
2	Draagconstructie aanpakken	-	-	-	Luik gidsenruimte
4	Onderhoud schacht	-	-	-	Luik gidsenruimte
5	Draagconstructie aanpakken	-	-	-	Luik gidsenruimte
6	Kijkgat maken	-	-	-	Bezoekerstunnel
7	Draagconstructie aanpakken	-	-	-	2
8	Onderhoud schacht	-	-	-	2
9	Onderhoud schacht	-	-	-	2
11	Onderhoud schacht	-	-	-	3
12	Kijkgat maken	-	-	-	Bezoekerstunnel
14	Onderhoud schacht	-	-	-	13, 14, 15, 16
16, 17, 18	Doorgang in mijntjes	5	-	-	13, 14, 15, 16
19	Onderhoud schacht	-	-	-	12
21	Onderhoud schacht	-	-	-	20
22	Rechtergang (zuid), 14.4 m Zichtbaar maken schacht	2	K	VM22	20, 22, 24, 25
23	Linkergang (noord), 6.9 m	1	J	VM21	21, 23, 26
26	Draagconstructie aanpakken	-	-	-	Via tunnel 22
27	Draagconstructie aanpakken	-	-	-	Via tunnel 22
28	Draagconstructie aanpakken	-	-	-	31, 34
29	Onderhoud schacht	-	-	-	31, 34
33	Draagconstructie aanpakken	-	-	-	33
35	Kijkgat maken	-	-	-	Bezoekerstunnel
36	Bij de stoelen, 2.7 m	4	N	VM40	40
37	Onderhoud schacht	-	-	-	40
38	Kijkgat maken	-	-	-	Bezoekerstunnel
39	Kijkgat maken	-	-	-	Bezoekerstunnel
42	Bij de schacht, 5.9 m	3	R	VM37	36, 37, zijgang
43	Kijkgat maken	-	-	-	Bezoekerstunnel
45	Draagconstructie aanpakken	-	-	-	39

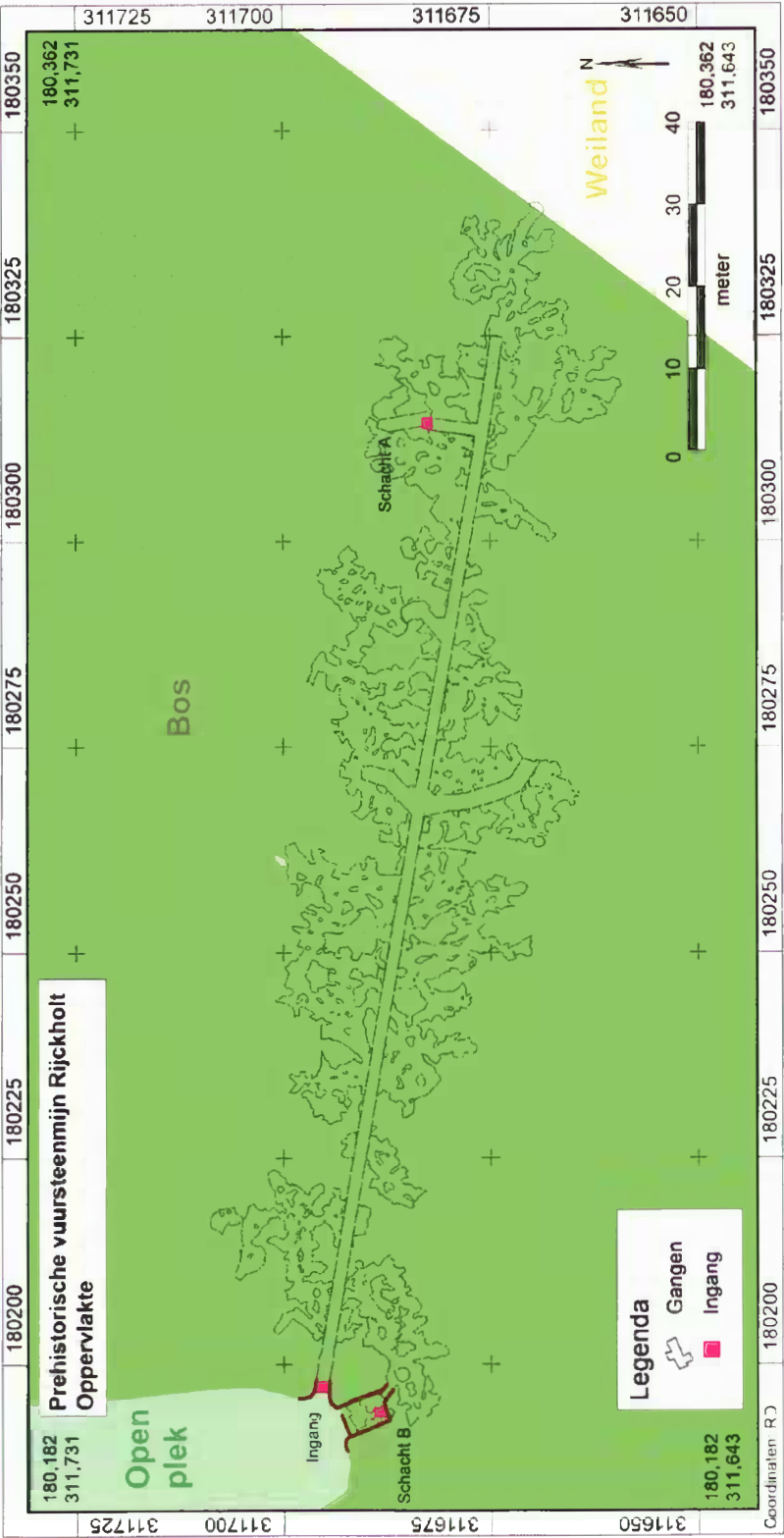
Samenvattend:

- 6 kijkgaten
- 11 schachten stabiliseren
- 4 nieuwe gangen graven
- 8 bestaande draagconstructies worden verstevigd.

In totaal 29 werklocaties

Bijlage 3: Oppervlaktekaart met bijbehorende beschrijving.

Onderstaande kaart laat zien hoe de vuursteenmijn in de omgeving ligt. De hele vuursteenmijn ligt in het Savelsbos (donkergroen). Het uiterste puntje in het oosten (rechts) komt net onder de fruitboomgaard maar heeft daar geen ingang. De hoofdingang is met een poort afgesloten en ligt aan een open plek in het bos. Schacht A ligt in het bos en is met een deksel afgesloten. Schacht B ligt in een afsluitbaar gebouwtje waar de technische inrichting is.



Bijlage 4: Verklaring Staatsbosbeheer akkoordverklaring gebruik

Stichting Ir. D.C. van Schaik
Postbus 2235
6201 HA MAASTRICHT
Per e-mail naar: info@vanschaikstichting.nl



Datum 31 maart 2021

Onderwerp Akkoordverklaring Staatsbosbeheer aanpassing vergunning Mijnbouwwet

Behandeld door

Ons kenmerk Z21-2502 / D21-13982

Uw kenmerk -

Bijlagen Aanvraagformulier ander gebruik 2021 03 28

Geachte

In vervolg op uw verzoek kan Staatsbosbeheer instemmen met de aanpassing op de bestaande Mijnbouwwetvergunning en bijbehorend gebruik. Deze door u ingevulde vergunningaanvraag, inclusief bijlagen, is toegevoegd aan deze brief.

Staatsbosbeheer is verheugd op het initiatief dat de Van Schaikstichting heeft genomen om de vuursteenmijn te consolideren. Wij hopen van harte dat de voorgenomen plannen zullen bijdragen aan het behoud van het Rijksmonument en de bijbehorende publieksactiviteiten.

Graag worden wij door u op de hoogte gehouden over de voortgang aangaande deze aanvraag.

Als u of bevoegd gezag nog vragen hebt, kunt u contact opnemen met B. van de Klundert via 06 82 40 40 16 of b.vandeklundert@staatsbosbeheer.nl.

Met vriendelijke groet,
de directeur Staatsbosbeheer, namens deze,

GeoControl Notitie M01738**Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt****Datum: 24 oktober 2017****Opdrachtgever: Stichting Ir. D.C. van Schaik*****1. Inleiding***

Deze notitie is opgesteld in opdracht van de Stichting Ir. D.C. van Schaik, overeenkomstig de offerte A01701 d.d. 8 februari 2017.

In [1] is verslag gedaan van een onderzoek naar de stabiliteit van de niet voor het publiek toegankelijke delen van de vuursteenmijnen. Het betreft hier de stabiliteit van aardpijpen, schachtvulling, groevedak en pilaren, voor zover deze de veiligheid van de bezoekers in de tunnel in gevaar kunnen brengen. Het veldwerk voor dit onderzoek is uitgevoerd op 4 oktober 2011.

In deze notitie gaat het om de derde controle, die op 12 september 2017 is uitgevoerd, twee jaar na de tweede controle [3], in overeenstemming met de volgende conclusies en aanbevelingen uit [1]:

1) Ten aanzien van de aardpijpen en schachten:

- er kunnen in de al of niet nabije toekomst nog aardpijpen (verder) leeglopen, maar dit levert geen gevaar op voor de bezoekers in de tunnel.
- het uitstromen van de schachtvulling verloopt net zo als het leeglopen van aardpijpen en er geldt dezelfde beperkte gevaarzetting.
- het wordt aanbevolen de vuursteenmijn eens in de twee jaar te controleren op sporen van instromend water of door water meegevoerde grond.

2) Ten aanzien van de pilaarstabiliteit:

- bezoekers in de tunnel lopen geen gevaar ten gevolge van onvoldoende pilaarstabiliteit. Het is niet uit te sluiten dat kalksteenfragmenten lokaal van een pilaarwand naar beneden vallen, maar deze kunnen niet in de tunnel terecht komen.
- wel dient de ondersteuning over 10 jaar te worden gecontroleerd op corrosie. Wanneer de ondersteuning niet meer functioneert, is niet met zekerheid te zeggen of het totale

draagvermogen nog voldoende is. In dat geval is vervanging of reparatie van de ondersteuning noodzakelijk.

- ook dient dienen de pilaren iedere twee jaar visueel te worden gecontroleerd op een eventuele toename van de drukschade.

3) Ten aanzien van de dakstabiliteit:

- bezoekers in de tunnel lopen geen gevaar ten gevolge van eventuele lokale dakinstortingen in de vuursteenmijn.

De controle heeft dus betrekking op de twee onderstreepte aanbevelingen: sporen van instromend water of door water meegevoerde grond en een eventuele toename van de drukschade. Om deze drukschade in de toekomst nog beter te kunnen monitoren zijn bij de eerste controle in 2013 op 15 locaties zogenaamde markers (dichtsmeren van pilaarbarsten met vochtig mergelpoeder) aangebracht.

2. Resultaten

Alle aardpijpen en schachten en de directe omgeving daarvan zijn gecontroleerd, en nergens bleek sprake te zijn van sporen van instromend water of door water meegevoerde grond.

Ook waren visueel nergens in de gehele vuursteenmijn nieuwe pilaardrukschade of vers naar beneden gevallen pilaarfragmenten te constateren. Bij alle 15 marker-locaties bleek de mergelvulling in de barst nog intact te zijn. Er is sinds de vorige controle in 2015 op die locaties dus geen verdere pilaardeformatie opgetreden.

De markers zijn in 2013 op de volgende locaties aangebracht:

1. Poort 13, na betonnen tunnel op de eerste vrijstaande pilaar links, na de eerste zijgang.
2. Poort 13, na betonnen tunnel tweede gang links, meteen links.
3. Poort 13, schuin tegenover nr. 2, op ca. 3 m afstand
4. Poort 2, ca. 3 m voorbij ijzeren tunnel aan de voorkant van markante pilaar.
5. Poort 5, ca. 5 m sterk links houdend tussen ijzeren stutten door, bij één na laatste stut rechts.

6. Poort 18, ca. 3 m achter de poort aan de linker kant van een pilaar.
7. Poort 22, meteen rechtsaf langs “mijnwerker”.
8. Poort 30, na tunnel van betonsteen meteen links.
9. Poort einde gang, links van betonnen kolom rechtdoor, na ca. 8 m rechts op pilaar (na tweede paar ijzeren stutten).
10. Poort zijgang met schacht, na eerste groep ijzeren stutten en eerste zijgang rechts, op eerste pilaar rechts.
11. Poort zijgang met schacht, idem nr. 10.
12. Poort zonder nummer (tweede poort links voor poort zijgang met schacht), direct links na betonsteenmuur achter de poort.
13. Poort zonder nummer (tweede poort links voor poort zijgang met schacht), drie meter voorbij betonsteenmuur achter de poort, aan de rechter kant.
14. Poort 34, door betonnen gang en onder eerste groep ijzeren stutten door, links bij lamp.
15. Poort 23, na 5 m op pilaar boven smalle doorgang.

De volgende controle dient in augustus/september 2019 te worden uitgevoerd.

3. Literatuur

1. Bekendam, R.F. (2011) Stabiliteit van de prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl rapport M0134, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Zuid, pp. 33
2. Bekendam, R.F. (2013) Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl notitie M01328, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Zuid, pp. 3
3. Bekendam, R.F. (2015) Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl notitie M01532, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Zuid, pp. 3

GeoControl Notitie M01744**Addendum Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt: veiligheid in verband met onderhoud en onderzoek****Datum: 29-12-2017****Opdrachtgever: Stichting Ir. D.C. van Schaik*****1. Inleiding***

Deze notitie is opgesteld in opdracht van de Stichting Ir. D.C. van Schaik, overeenkomstig de offerte A01701 d.d. 8 februari 2017.

In GeoControl Notitie M01738 [4] is verslag gedaan van een inspectie naar de stabiliteit van de niet voor het publiek toegankelijke delen van de vuursteenmijnen, voor zover deze de veiligheid van de bezoekers in de tunnel in gevaar kunnen brengen. De Stichting heeft echter ook het voornemen om incidenteel de vuursteenmijnen zelf (inclusief die in de technische ruimte) te betreden ten behoeve van onderhoud en onderzoek. Wat onderhoud betreft denken men aan voor de exploitatie noodzakelijke werkzaamheden zoals het vervangen van lampen en het inspecteren van kabels door medewerkers van de Stichting. Voor onderzoek kan het noodzakelijk zijn dat ook externe onderzoekers, dus niet-medewerkers van de Stichting, de vuursteenmijnen bezoeken. In deze notitie wordt het risico beoordeeld van het hierboven vermelde onderhoud en onderzoek.

2. Beoordeling risico

De risico's worden beschreven als het product van de kans dat één of meer bezoekers door één van de drie onderstaande gebeurtenissen wordt getroffen en de gevolgen daarvan voor de bezoekers: $\text{risico} = \text{kans} * \text{gevolg}$.

De bedreigende gebeurtenissen voor bezoekers in de vuursteenmijnen zijn:

- 1) Vallende gesteentefragmenten uit dak of pilaren
- 2) Instromende grond uit aardpijpen
- 3) Grootschalige pilaarinstorting

Voor de beoordeling van de kans op deze gebeurtenissen is het volgende van belang:

- 1) Sinds de inventarisatie in 2011 [1] zijn bij de inspecties in 2013, 2015 en 2017 [2-4] in de vuursteenmijnen noch vers ingestroomde grond uit aardpijpen noch verse mergelfragmenten uit het dak of de pilaren waargenomen.
- 2) De 15 in 2013 aangebrachte markers bleken bij de inspecties in 2015 en 2017 alle intact te zijn.
- 3) Het dragend vermogen van alle pilaren en ondersteuning samen is in elk deelgebied voldoende, en ook de boogwerking in elk deelgebied is vermoedelijk voldoende [1]. Het gevaar voor een grootschalige pilaarinstorting is zeer gering.

Mede omdat de vuursteenmijnen slechts incidenteel worden betreden, is de kans dat bezoekers(s) tijdens onderhoud en onderzoek door uit dak of pilaren of instromende grond uit aardpijpen worden getroffen gering. De kans dat een bezoeker wordt getroffen door een grootschalige pilaarinstorting is zeer gering.

Wanneer we de gevolgenkant beschouwen, is het volgende van belang. Bij bezoek aan de vuursteenmijnen dienen de volgende voorwaarden te gelden, waardoor de gevolgen van vallende gesteentefragmenten of instromende grond worden verkleind:

- 1) Helmplicht voor alle bezoekers
- 2) Altijd 2 of 3 personen in de vuursteenmijnen (met een onderlinge afstand van één of enkele meters), zodat bij een calamiteit altijd direct kan worden ingegrepen.
- 3) Altijd een persoon in de bezoekersgang die direct contact houdt met de personen in de vuursteenmijnen
- 4) Minimaal één van de 2 of 3 personen heeft de cursus groevenstabiliteit gevolgd.

Hierbij dient ook nog te worden opgemerkt dat de hoogte van de gangen in de vuursteenmijnen één meter of minder bedraagt. Hierdoor is de impact van vallende gesteentefragmenten gering in vergelijking met de meer recente room and pillar “mergelgrotten”.

Er kan worden geconcludeerd dat, indien bovengenoemde voorwaarden in acht worden genomen, bij incidenteel bezoek voor onderhoud of onderzoek het risico voor personen gering is.

3. Literatuur

1. Bekendam, R.F. (2011) Stabiliteit van de prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl rapport M0134, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Zuid, pp. 33
2. Bekendam, R.F. (2013) Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl notitie M01328, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Zuid, pp. 3
3. Bekendam, R.F. (2015) Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl notitie M01532, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Zuid, pp. 3
4. Bekendam, R.F. (2017) Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl notitie M01738, in opdracht van Stichting Ir. D.C. van Schaik , pp. 3

STABILITEIT VAN DE PREHISTORISCHE VUURSTEENMIJNEN TE RIJCKHOLT

GeoControl rapport M02015

In opdracht van: Stichting Ir. D.C. van Schaik

MAASTRICHT, MEI 2020

STABILITEIT VAN DE PREHISTORISCHE VUURSTEENMIJNEN TE RIJCKHOLT

GeoControl rapport M02015

In opdracht van: Stichting Ir. D.C. van Schaik

Datum: mei 2020

Auteur: (GeoControl)

Veldonderzoek: (GeoControl) en (Subterranean Dynamics) Uitwerking van
onderzoeksgegevens: (GeoControl) Computerverwerking van onderzoeks-plattegronden:
(Stichting Ir. D.C. van Schaik)

GeoControl

Meidoorn 93, 6226 WG Maastricht

Tel.: 043-3628523, Fax: 043-3628524

E-mail: info@gcocontrol.nl

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	1
2. GEOLOGIE, DIMENSIES EN DIEPTELIGGING VAN DE VUURSTEENMIJN	2
2.1 Geologie	2
2.2 Dimensies en diepteligging van de vuursteenmijn	2
3. STABILITEIT DAK EN VERSTEVIGINGEN	6
3.1 Inleiding	6
3.2 Typen verstevigingselementen ter ondersteuning van het dak	7
3.3 Beoordeling van de stabiliteit van de verstevigingen	8
3.4 Stabiliteit van het dak	11
4. STABILITEIT SCHACHTEN	13
4.1 Inleiding	13
4.2 Typen opvangconstructies	13
4.3 Beoordeling van de stabiliteit van de opvangconstructies	14
4.4 Beoordeling van het leegstroomgevaar van niet opgevangen schachten	16
5. STABILITEIT AARDPIJPEN	19
5.1 Inleiding	19
5.2 Typen opvangconstructies	19
5.3 Beoordeling van de stabiliteit van de opvangconstructies	20
5.4 Beoordeling van het leegstroomgevaar van niet opgevangen aardpijpen	21
5.5 Categorieën stabiliteit opvangconstructies en leegstroomgevaar	22
6. STABILITEIT PILAREN EN HET GEVAAR VOOR EEN GROOTSCHALIGE INSTORTING	23
6.1 Drukschade	23
6.2 Veiligheidsfactoren	24
6.3 Boogwerking van de mergelbedekking	25
7. CONCLUSIES	26
7.1 Verstevigingen van het dak	26
7.2 Stabiliteit van het dak	27
7.3 Stabiliteit van schachten	27
7.4 Stabiliteit van aardpijpen	29
7.5 Stabiliteit pilaren en het gevaar voor een grootschalige instorting	29
8. LITERATUUR	31

BIJLAGEN

Bijlage 1	Deelkaarten stabiliteitsonderzoek A t/m G, met legenda
Bijlage 2	Overzichtskaart stabiliteitsonderzoek
Bijlage 3	Deelkaarten A t/m G met NAP-hoogtes dak en maaiveld
Bijlage 4	Deelkaarten A t/m G met isopachen
Bijlage 5	Tabel foto's
Bijlage 6	Foto's stabiliteitsonderzoek
Bijlage 7	Tabel verstevigingen
Bijlage 8	Tabel schachten
Bijlage 9	Tabel aardpijpen
Bijlage 10	Veiligheidsfactoren voor kleine pilaren
Bijlage 11	Veiligheidsfactoren voor gemiddelde grote pilaren
Bijlage 12	Veiligheidsfactoren voor grote pilaren
Bijlage 13	Boogwerking van de mergelbedekking

1. INLEIDING

Dit rapport is opgesteld in opdracht van Stichting Ir. D.C. van Schaik, overeenkomstig de door GeoControl op 21 juni 2019 uitgebrachte offerte M1911_V2 en de opdrachtverlening per mail in september 2019.

In 2011 is de stabiliteit van de vuursteenmijnen onderzocht, louter met het oog op de veiligheid van bezoekers in de voor het publiek toegankelijke tunnel [1]. In dit meer recente rapport wordt verslag gedaan van een veel breder stabiliteitsonderzoek. Hierin gaat het niet om de veiligheid van de bezoekers in de tunnel, in het kader van intensief gebruik, maar om het behoud van de vuursteenmijntjes zelf en om de veiligheid van specialisten die in het kader van extensief gebruik in deze mijntjes onderzoek gaan doen of onderhoud moeten plegen. In dit onderzoek zijn alle stabiliteitsproblemen geïnventariseerd die het behoud van de vuursteenmijntjes kunnen bedreigen.

Na een korte uiteenzetting over de geologie, dimensies en diepteligging van de vuursteenmijnen (Hoofdstuk 2) worden de volgende resultaten van het stabiliteitsonderzoek behandeld:

- stabiliteit van het dak en van de verstevigingsconstructies ter ondersteuning daarvan (Hoofdstuk 3).
- stabiliteit van de schachten (Hoofdstuk 4).
- stabiliteit van de aardpijpen (Hoofdstuk 5).
- stabiliteit van de pilaren (Hoofdstuk 6).

De onderzoeksresultaten zijn weergegeven op deelkaarten A t/m G en op een overzichtskaart (Bijlagen 1 en 2) en in tabellen (Bijlagen 7 t/m 9). Bijlagen 3 en 4 geven dezelfde deelkaarten weer, met NAP-hoogtes van dak en maaiveld resp. isopachen. De 330 tijdens het onderzoek genomen foto's met nummer zijn afgebeeld in Bijlage 6. In Bijlage 5 wordt van elke foto vermeld op welke deelkaart van Bijlage 1 en achter welk venster vanuit de bezoekerstunnel de fotolocatie ligt. Verder wordt, indien van toepassing, in deze tabel verwezen naar het nummer van de versteviging, schacht of aardpijp op de desbetreffende foto. Tenslotte geeft de tabel voor elke foto een korte beschrijving. De nummers van de foto's lopen van 001 t/m 149 (foto's R. Haemers) en van 536 t/m 731 (foto's R. Bekendam). De nummers, locaties en

richtingen van waaruit de foto's zijn genomen zijn met zwarte cijfers en pijlen op de kaarten van Bijlage 1 aangegeven.

Het veldonderzoek is uitgevoerd in september 2019. Een belangrijk deel van de tijdens de opgravingen (1964-1972) onderzochte mijntjes is niet meer toegankelijk, omdat deze uiteindelijk zijn afgesloten door betonnen muren en stapelmuurtjes van kalksteenbrokken. Vanuit de bezoekerstunnel zijn naar deze mijntjes geen vensters aangelegd. Deze niet toegankelijke mijntjes konden dus niet worden onderzocht, en zijn op Bijlagen 1 en 2 aangegeven met een wit-lichtblauw raster.

2. GEOLOGIE, DIMENSIES EN DIEPTELIGGING VAN DE VUURSTEENMIJN

2.1 Geologie

De vuursteen is ontgonnen in Laag 10, van ca. 30 cm dikte, van de Kalksteen van Lanaye (pag. 134 en 155 in [4]), die weer deel uitmaakt van de Formatie van Gulpen (Fig. 2.1). De lithostratigrafie wordt in [4] op pag. 131 en 132 weergegeven. De Kalksteen van Lanaye wordt bedekt door Kwartaire grond-afzettingen: door de Maas afgezet, grind, zand en klei van de Afzettingen van St. Geertruid en vervolgens löss van de Formatie van Twente/Eindhoven. De kalksteen rond vuursteenlaag 10 moet worden beschouwd als een discontinu gesteente, met diaklazen met een onderlinge afstand van 1-2 dm en sterk geprononceerde laagvlakken (bijvoorbeeld foto's 105 en 107 van Bijlage 6).

Het geologische profiel, zonder schaal, op pag. 132 van [4] is opgenomen ter plaatse van de luchtschacht aan de rand van het Savelsbosch (Fig. 2.2). Boven vuursteenlaag 10, die zich ongeveer midden in de pilaren bevindt, ligt ca. 0.3 m ontgonnen kalksteen en ca. 11 m bedekking van kalksteen en grondlagen (zie ook Sectie 2.2). Dit gegeven maakt het mogelijk het profiel te schalen. De bedekking van de mijn bestaat aldaar dan uit ca. 3.5 m kalksteen, ca. 3.8 m Maasafzettingen en ca. 3.8 m löss. Het groevedak ligt hier op ca. 113 m NAP, en dus ligt de top van het kalksteenpakket hier op ca. 116.5 m NAP. Als benadering wordt verondersteld dat de top van het kalksteenpakket zich op dit niveau bevindt boven de gehele mijn. Alleen dichtbij de ingang ligt de top van het kalksteenpakket vermoedelijk iets lager.

In de vuursteenmijn komen enkele kleine afschuivingsbreuken voor.

2.2 Dimensies en diepteligging van de vuursteenmijn

In Fig. 36 op pag. 59 van [4] zijn de opgemeten NAP-hoogtes van het maaiveld en van de vloer en het dak van de tunnel in een dwarsdoorsnede weergegeven. Deze figuur is uitvergroot om over de gehele mijn met een redelijke nauwkeurigheid de NAP-hoogtes van de tunnel en het maaiveld te bepalen. In Bijlage 3 zijn de NAP-hoogtes van het dak van de vuursteenmijn (ongeveer gelijk aan die van het dak van de tunnel) met stippellijnen weergegeven, en de NAP-

hoogtes van het maaiveld met doorgetrokken lijnen. De diktes van de totale bedekking (isopachen) zijn weergegeven op Bijlage 4.

De tunnel is ca. 2 m hoog en geeft via 39 genummerde vensters toegang tot de vuursteenmijnen. De vensters zijn voorzien van een met een hangslot voorzien hekwerk. De gangetjes van de mijnen zelf zijn meestal 0.6 tot 1 m hoog.

De vuursteenmijnen bestaat uit clusters van kleine pilaren met een breedte van meestal 30 tot 100 cm. De overspanning van de clusters varieert van 6 tot 12 m. Tussen de clusters liggen grotere pilaren met een breedte van typisch 3 tot 6 m, aardpijpen en combinaties daarvan.

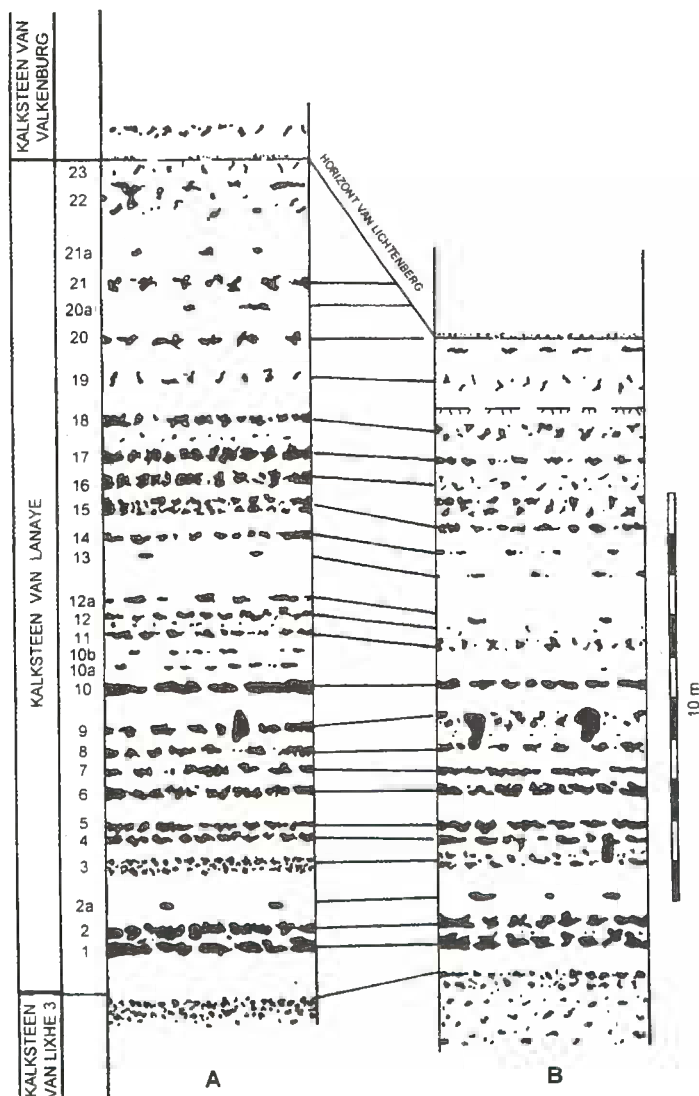


Fig. 2.1 Lithostratigrafie van de Kalksteen van Lanaye bij de typelocatie bij de Stop van Ternaaien (A) en de prehistorische vuursteenmijnen (B) [4].

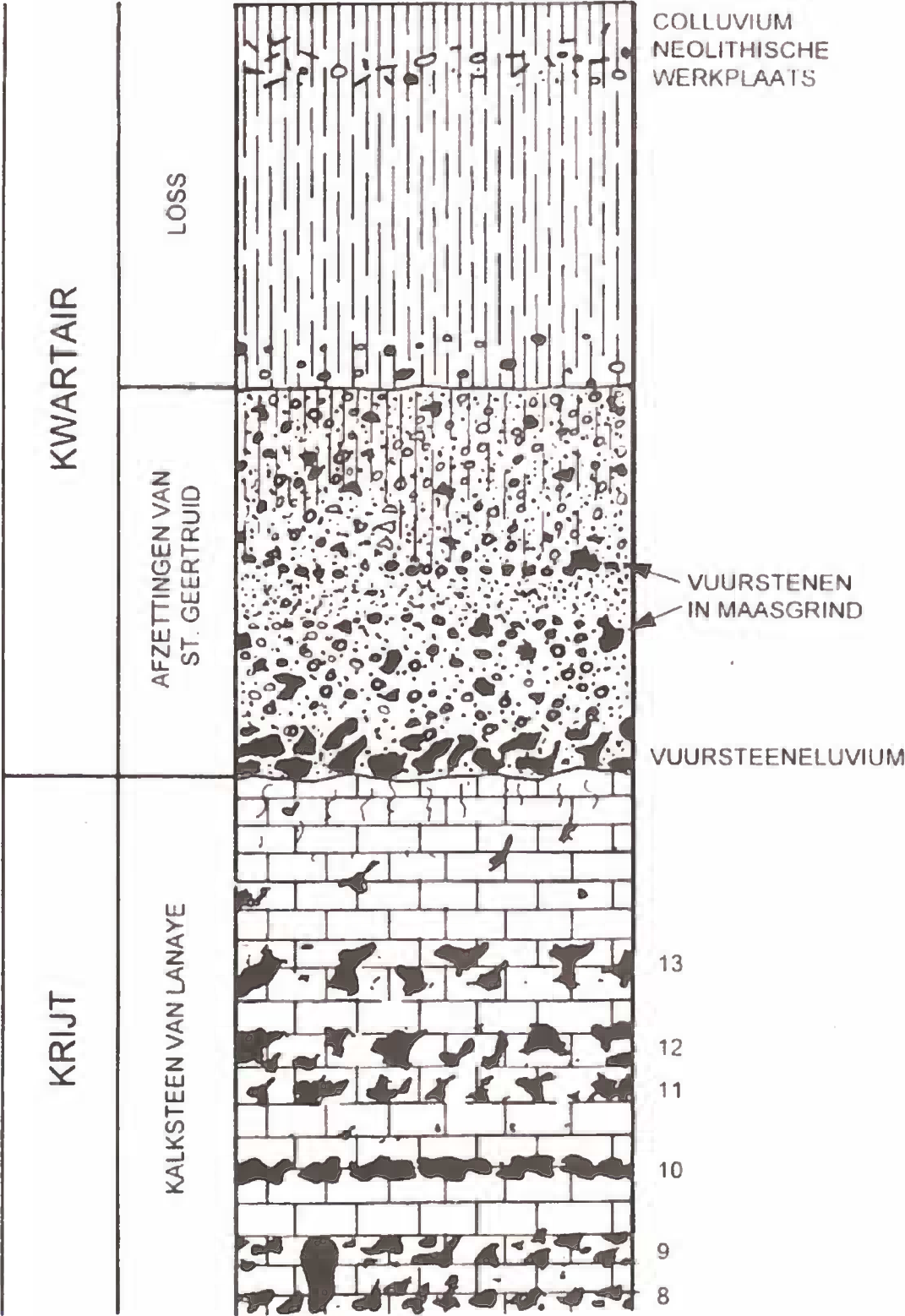


Fig 2.2 Lithostratigrafisch profiel, opgenomen in de luchtschacht achter in de vuursteenmijnen [4]

3. STABILITEIT DAK EN VERSTEVIGINGEN

3.1 Inleiding

Zoals in Sectie 2.1 is vermeld bevat de kalksteen veel diaklazen, met een onderlinge afstand van 1-2 dm, en zijn de laagvlakken sterk geprononceerd. Mede hierdoor is het groevedak op veel plaatsen instabiel. Van belang is ook te vermelden dat vóór de opgravingen van 1964-1972 de meeste gangetjes voor 60 tot 95 % waren gevuld met kalksteenpuin (pers. comm. V. Horbach). Bijna lege galerijen kwamen veel minder vaak voor.

De vuursteenmijntjes zijn onderzocht vanuit een verkenningsgang, die later is aangepast tot de huidige bezoekerstunnel. Voordat de tunnel een stuk verder werd gegraven werden eerst de voor het tunnelfront liggende gangen leeggemaakt om deze te kunnen onderzoeken en in te meten. Vervolgens werden de kalksteenpilaartjes weggehaald en ontstond er ruimte voor een nieuwe ondersteuning van het dak. Ondertussen was er wel drukoverdracht naar de vuursteenmijntjes direct aan weerszijden van de tunneluitbreiding opgetreden. In de mijngangetjes en schachten die aan de tunnel grensden vonden hierdoor instortingen plaats [4]. Direct naast de tunnel is dan ook zwaarder ondersteund. Het is opvallend dat er op wat grotere afstand van de tunnel, achter zwaar ondersteunde en/of instabiele gebieden, vaak zeer stabiele gedeeltes bevinden. Overigens is de ruimte van ca. 10-20 cm tussen de uiteindelijke ijzeren ondersteuning van de tunnel en het groevedak opgevuld met vuurstenen, opdat de tunnelondersteuning bijdraagt aan het opvangen van de druk van de bovenliggende kalksteen en grond (pers. comm. V. Horbach).

Op de kaarten van Bijlagen 1 en 2 zijn alle verstevigingen weergegeven. Een beschrijving van de verstevigingen staat in de tabel van Bijlage 7.

3.2 Typen verstevigingselementen ter ondersteuning van het dak

In de legenda van Bijlage 1 zijn de verschillende op de kaarten van Bijlagen 1 en 2 weergegeven typen verstevigingselementen op een rijtje gezet. De verstevigingselementen kunnen in drie hoofdtypen worden ondergebracht. Per hoofdtype worden hieronder alle elementen beschreven.

A. Verticale elementen:

- 1) IJzeren kolommen met wanden van ca. 3-4 mm dikte en een diameter van meestal 8, 9.5 of 10.5 en soms 6 cm (bv foto 545). Het gaat hier om buizen die in de steenkoolmijnen voor perslucht werden gebruikt (pers. comm. V. Horbach). De kolommen zijn niet gevuld. Zij zijn geplaatst op een betonnen voet in de kalksteen (bv foto 546), op één of meer betonstenen (bv foto 547) of soms direct op de vaste kalksteen. De kolommen zijn op maat gezaagd zodat zij, met het daarop geplaatste profiel of strip, met enkele lichte slagen van een hamer klem komen te zitten onder het dak. Hierdoor dragen de kolommen dus de druk van de gesteente- grondbedekking. Sommige kolommen hebben deuken, en hier waren dus wat steviger slagen nodig om de kolom in te klemmen.
- 2) Muren uit betonblokken. Deze vormen de wanden van de tunnel, en zijn verder vooral opgetrokken in de zijgangen direct achter de vensters (bv foto 543).

B. Verticaal-horizontale elementen:

- 3) Halfronde ijzeren segmenten van ca. 5 mm dikte en een diameter van ca. 1-1.2 m. Deze zijn vaak aangebracht op muurtjes van betonsteen (bv. foto 609). De ruimte tussen het segment en het dak is doorgaans opgevuld met kalksteenbrokken (bv foto 648), en soms door een muur van betonsteen (bv foto 626).

C. Horizontale elementen, die rusten op de verticale elementen:

- 4) IJzeren H-profielen. Deze zijn uitsluitend aangebracht boven de ingangen van de vensters (bv foto 540).
- 5) IJzeren brede U-profielen van 14 cm breedte, 3.5 cm hoogte en 2 cm dikte. Deze rusten op de betonnen muren. Deze zijn uitsluitend in clusters naast elkaar aangebracht in de gangen direct achter de vensters, waar deze een aaneensluitend dak vormen (bv foto 636). De ruimte tussen de profielen en het dak is opgevuld met kalksteenbrokken (bv foto 548).
- 6) IJzeren smalle U-profielen van 8 cm breedte, 4.5 cm hoogte en 7 mm dikte. Deze zijn veelvuldig toegepast, en rusten meestal op ijzeren kolommen en soms op muren of andere

strippen of profielen (bv foto 539). De ruimte tussen de profielen en het dak is dikwijls opgevuld met betonstenen (bv foto 544).

- 7) Dikke ijzeren strip van 2.3 cm dikte en 8 cm breedte (bv foto 568). Ook hier is de ruimte tussen de strippen en het dak vaak opgevuld met kalksteenbrokken.
- 8) Verpakijzer, een dunne gegolfde strip van 4 mm dikte en 10 cm breedte (bv foto 593).
- 9) Dunne ijzeren strip, een dunne strip zonder golfing van 4 mm dikte en 10 cm breedte (bv foto 619 en 636).
- 10) Betonlatei, alleen toegepast vlakbij de gidsenruimte (versteviging 28; foto 639).
- 11) Vlechtwerk van betonijzer, doorgaans in combinatie met andere strippen en profielen (bv foto 667).
- 12) Metalen plaat van 2 mm dikte met profiel (bv foto 684).

Ook elementen 7 t/m 12 rusten meestal op kolommen of andere strippen of profielen, en soms op muren. Net als voor element 6 is de ruimte tussen elementen 10 t/m 12 en het dak vaak opgevuld met kalksteenbrokken. De dunne verpakijzers en ijzeren strippen zijn bij het aanbrengen daarvan meestal om de contouren van het dak gebogen.

Bij de opgravingen zijn ook houten stutten gebruikt. Deze zijn nagenoeg allemaal verwijderd. Op foto 727 is één van de zeldzame houten stutten te zien. Dit type versteviging speelt dus nu geen rol meer.

3.3 Beoordeling van de stabiliteit van de verstevigingen

De verstevigingen bestaan meestal uit clusters van verschillende elementen. Alle verstevigingen zijn beoordeeld op stabiliteit voor de komende 30 jaar. Hierbij gaat het om de veiligheid van personen bij extensief gebruik. De verstevigingen zijn met twee doelen aangebracht:

- De relatief zware en stijve verstevigingselementen dienen om de druk van de gehele onderste daklagen op te vangen. Hierbij gaat het om de betonnen muren, alle H- en U-profielen, de betonlateien, de halfronde ijzeren segmenten en de dikke ijzeren strippen.
- De relatief lichte verstevigingselementen hebben als doel om kleine brokken dakgesteente met een volume tot enkele dm³ op hun plaats te houden. Hiertoe worden de verpakijzers, de dunne ijzeren strippen, de betonijzer-vlechtwerken en de metalen platen gerekend.

De verstevigingen zijn aangebracht tussen 1964 en 1972. De inspectie heeft dus ca. 50 jaar later plaatsgevonden. Bij de beoordeling gaat het om de stabiliteit voor de komende 30 jaar, wanneer de verstevigingen dus ca. 80 jaar oud zijn. Hierbij spelen drie overwegingen een rol:

- Tijdens het onderzoek zijn er twijfels gerezen over zelfs de korte-termijn stabiliteit, al vlak na het aanbrengen van de verstevigingen. Het gaat hierbij met name om de lichte verstevigingselementen op plaatsen waar een reële kans bestaat op grootschalige dakinstortingen van daklagen van enkele dm dikte over een oppervlakte van enkele m², waartegen deze lichte verstevigingen niet zijn bestand.
- Kruipgedrag van de kalksteen en een resterende spanningsoverdracht van de tunnel naar de mijntjes. De mijntjes waren oorspronkelijk op de meeste plaatsen grotendeels opgevuld met kalkpuin, dat bij de opgraving van 1964-1972 is verwijderd. De zijwaartse steundruk op de pilaren is hierdoor weggefallen, waardoor de verticale samendrukking door kruip waarschijnlijk is toegenomen. Hierdoor ontstaan ook extra spanningen in het dak, waardoor nieuwe bewegingen van dakfragmenten langs diaklazen en laagvlakken zouden kunnen optreden, met dakinstortingen als gevolg.
- Corrosie en/of kruipgedrag (toenemende doorbuiging) van de verstevigingselementen.

In de afgelopen 50 jaar zijn lichte verstevigingen bezweken bij een dakinstorting. Foto's 100-103, genomen in deelgebied D, laten bijvoorbeeld door dakpuin bedekte betonijzer-vlechtwerken van bezweken verstevigingsconstructies zien. Het was hier uiteraard niet mogelijk om de oorspronkelijke samenstelling en ligging van de verstevigingselementen te reconstrueren en op de kaart aan te geven. In enkele dakinstortings-gebieden zijn relatief zware verstevigingen, zoals kolommen met dikke ijzeren strippen blijven staan tussen de dakinstortingen in (foto 693). Er zijn de afgelopen 50 jaar ook diverse grootschalige dakinstortingen opgetreden (Bijlagen 1 en 2) in niet ondersteunde gebieden. Lichte verstevigingen hadden deze niet kunnen voorkomen. Op veel plaatsen is het puin niet door stof bedekt, wat betekent dat de instorting betrekkelijk recent moet zijn (bv foto's 24 en 98). In de tabel van Bijlage 5 wordt regelmatig naar recente instortingen verwezen. Overigens zijn bij de opgravingen van 1964-1972 enkele gebieden niet verstevigd, omdat men die gebieden toen ook al als te gevaarlijk of niet te verstevigen beschouwde (pers. comm. V. Horbach).

Over het algemeen zijn de kolommen en muren nog in redelijk goede staat. Er is in de kolommen doorgaans weinig corrosie opgetreden, op enkele weinige uitzonderingen na (bv foto

653). Barsten in muren komen zelden voor. Eén van de weinige plaatsen waar barstvorming is opgetreden is een muur bij venster 37 (foto 704).

De meeste halfronde segmenten zijn ook nog in redelijk goede staat. Een uitzondering hierop wordt getoond in foto's 615-616.

De ijzeren H-profielen en brede U-profielen bij de vensters verkeren ook in goede staat. Bij de smalle U-profielen is dit meestal ook het geval. Soms zijn deze doorgebogen (bv foto 585). Het is onwaarschijnlijk dat de verbuiging bij het aanbrengen van de kolommen is opgetreden.

Vooraf veel lichte verstevigingselementen zijn als onvoldoende stabiel voor de komende 30 jaar beoordeeld. De overwegingen hierachter zijn hierboven al beschreven. De verbuiging is vaak bij het aanbrengen van de verstevigingen ontstaan, maar er zijn ook gevallen waar sterke vermoedens bestaan dat er sprake is van doorbuiging door het gewicht van bovenliggende kalksteenbrokken (bv het vlechtwerk van betonijzer op foto 704).

Tijdens het veldwerk heeft aanvankelijk elke versteviging, die bijvoorbeeld bestaat uit twee kolommen met een U-profiel, een apart nummer gekregen. Al spoedig, vanaf nummer 17, bleek het zinvoller te zijn om grotere clusters van verstevigingselementen als één versteviging aan te merken, en deze te nummeren en op stabiliteit te beoordelen. Immers, in de meeste gevallen is er sprake van combinaties van verscheidene verstevigingselementen die samen een aantal m² dak ondersteunen. Op de kaarten van Bijlagen 1 en 2 zijn al deze nummers weergegeven. Kleinere verstevigingen van de hieronder gedefinieerde categorie 1, die bijvoorbeeld slechts uit twee kolommen en een profiel of strip bestaan, hebben over het algemeen geen nummer gekregen. Met het oog op de stabiliteit voor de komende 30 jaar zijn er drie categorieën onderscheiden:

- **Categorie 1:** de versteviging biedt de komende 30 jaar voldoende stabiliteit. De verstevigde delen zijn geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende pilaar- en dakfragmenten en een helm dragen. Een definitieve beoordeling van deze verstevigingen moet nog worden gegeven door een constructeur. Op de kaarten zijn deze verstevigde gebieden, 14 in totaal, met een zwarte stippellijn en een zwart nummer aangegeven. Zoals hierboven vermeld vallen ook de op de kaarten ongenummerde en niet met een stippellijn omgeven verstevigingen onder deze categorie, met uitzondering van de geïsoleerd voorkomende verstevigingen in de vlakdekkend rood ingekleurde gebieden (onvoldoende dakstabiliteit, zie Sectie 3.4).

- **Categorie 2:** het is onzeker of de versteviging de komende 30 jaar voldoende stabiliteit biedt. De stabiliteit voor de komende 30 jaar van deze verstevigingen moet nog worden beoordeeld door een constructeur. Op de kaarten zijn deze verstevigde gebieden met een groene stippellijn en een groen nummer aangegeven. Er zijn slechts drie verstevigingen van deze categorie, namelijk 27A, 28 en 46.
- **Categorie 3:** de versteviging biedt de komende 30 jaar onvoldoende stabiliteit. De verstevigde delen zijn ongeschikt voor extensief gebruik. De onvoldoende stabiliteit voor de komende 30 jaar van deze verstevigingen moet nog worden geverifieerd door een constructeur. Op de kaarten zijn deze verstevigde gebieden met een rode stippellijn en een rood nummer aangegeven. Er zijn 38 verstevigingen van deze categorie.

Alle genummerde verstevigingen zijn beschreven in de tabel van Bijlage 7, met daarin:

- het nummer van de versteviging
- de letter van de deelkaart
- de foto ('s) waarop deze zijn afgebeeld in Bijlage 6
- een korte beschrijving
- nadere bijzonderheden over de staat waarin de versteviging en /of het dak zich bevinden
- stabiliteit voor de komende 30 jaar
- categorie stabiliteit

3.4 Stabiliteit van het dak

De stabiliteit van het dak is in Sectie 3.3 al grotendeels aan bod gekomen. Er hebben zich, vooral ook de afgelopen 50 jaar, verscheidene dakinstortingen voorgedaan. Dit is soms ook gebeurd in spaarzaam verstevigde gebieden. In de fototabel van Bijlage 5 wordt veelvuldig melding gemaakt van al of niet recente dakinstortingen. De foto's van Bijlage 6 geven een duidelijk beeld van de aard van de instortingen. De dakinstortingen zijn op de kaarten van Bijlagen 1 en 2 rood ingekleurd, met een patroon van brokstukken. In deze gebieden is het dak instabiel gebleven, ook na de instortingen.

Daarnaast zijn er ook een aantal gebieden waar het dak instabiel is maar (nog) niet is ingestort. In sectie 3.3 werd ook al vermeld dat bij de opgravingen het dak van sommige gebieden zo'n instabiele indruk maakte dat men deze niet heeft verstevigd. De onvoldoende dakstabiliteit is

meestal het gevolg van de sterk geprononceerde diaklazen en laagvlakken. Hierdoor kunnen over vele m² brokstukken van enkele dm³ tot meer dan een m³ los hangen (bv foto's 107, 603-604). De niet-verstevigde gebieden met onvoldoende dakstabiliteit waar het dak (nog) niet is ingestort zijn op de kaarten van Bijlagen 1 en 2 rood ingekleurd, met horizontale donkerrode strepen. In enkele gebieden bleek het dak zo instabiel te zijn dat het betreden ervan als levensgevaarlijk werd beschouwd. Deze gebieden zijn alleen op de kaarten rood gemarkeerd gemarkeerd en niet nader onderzocht. Verder zijn door de discontinuïteiten ook hier en daar plantenwortels gegroeid (bv foto 022), die de dakstabiliteit verder kunnen verzwakken. Op enkele plaatsen is er grond in door karst verwijde laagvlakken gestroomd en wordt het dak door een laag grond gevormd, soms met plantenwortels (bv foto's 551 en 711). Deze grondinspoelingen verzwakken niet noodzakelijkerwijs de dakstabiliteit. Locaties waar plantenwortels in het dak voorkomen zijn op de kaarten van Bijlagen 1 en 2 aangegeven met groene driehoeken. In de rood ingekleurde gebieden zijn deze driehoeken bruin van kleur.

Met het oog op de dakstabiliteit voor de komende 30 jaar zijn er twee categorieën onderscheiden. Deze categorieën zijn van toepassing op gebieden buiten de met zwarte, groene en rode stippellijnen gemarkeerde zones (Sectie 3.3).

- **Categorie 1:** de dakstabiliteit is voldoende. De kans op vallende dakfragmenten is gering, maar kan niet geheel worden uitgesloten. Deze delen zijn geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende pilaar- en dakfragmenten en een helm dragen. Op de kaarten hebben deze delen de standaard lichtgele kleur.
- **Categorie 2:** de dakstabiliteit is onvoldoende. Plaatselijk is het betreden van deze delen levensgevaarlijk. Deze delen zijn niet geschikt voor extensief gebruik. Versteving van deze gebieden is in de praktijk vrijwel onmogelijk. Op de kaarten zijn deze delen rood ingekleurd, met een patroon van brokstukken (dak ingestort, dak blijft instabiel) of met horizontale donkerrode strepen (dak niet ingestort, dak instabiel).

4. STABILITEIT SCHACHTEN

4.1 Inleiding

Bij de opgravingen van 1964-1972 zijn 75 schachten geïdentificeerd [4], waarvan schacht 67 in de niet meer toegankelijke groeve “Groot atelier” ligt. In de vanuit de tunnel toegankelijke mijntjes zijn toen dus 74 schachten aangetroffen. Van deze schachten zijn er 30 niet meer toegankelijk doordat deze:

- in door muren en stapelmuurtjes afgesloten gebieden liggen (in Bijlagen 1 en 2 aangegeven met een wit-lichtblauw raster).
- boven de bezoekerstunnel of verstevigingen (bv schacht 78) liggen.
- in gebieden liggen waar de dakstabiliteit zo slecht is dat inspectie te gevaarlijk is.

Tijdens het veldonderzoek zijn twee niet eerder geïdentificeerde schachten ontdekt, die de nummers 81 en 82 hebben gekregen. Uiteindelijk zijn dus 46 schachten beschreven en beoordeeld op stabiliteit.

Hiervan zijn er 20 opgevangen en 26 niet. Bij schachten 38 en 48 zijn wel constructies aangebracht, maar deze houden al leeggestroomde grond tegen of ondersteunen het groevedak in de directe omgeving. Deze twee schachten worden als niet opgevangen beschouwd omdat de constructies de schachtvulling zelf niet ondersteunen. De opgevangen schachten zijn beoordeeld op de stabiliteit van de opvangconstructie voor de komende 30 jaar, en de niet-opgevangen schachten op het leegstroomgevaar van de schachtvulling, net zoals bij aardpijpen.

De schachten zijn met donkerblauwe cirkels aangegeven op de kaarten van Bijlagen 1 en 2, en beschreven en beoordeeld op stabiliteit in de tabel van Bijlage 8.

4.2 Typen opvangconstructies

Er zijn de volgende typen opvangconstructies toegepast:

- 1) Een stevige ijzeren stempel met daarop cirkelvormig dik- (bv schacht 2, foto 071) of dun ijzeren plaatwerk (bv schacht 27, foto 106), eventueel daarop één of meer verpakijzers (bv schacht 15, foto 070).

- 2) Een aantal ijzeren kolommen (verstevigingselement 1 uit Sectie 3.2) en soms een betonmuur (verstevigingselement 2), als steun voor smalle U-profielen (verstevigingselement 6), met daarop een aantal verpakijzers (verstevigingselement 8), vlechtwerk van betonijzer (verstevigingselement 11) of dunne metalen platen (verstevigingselement 12). Hiervan zijn schachten 10 (foto 064), 19 (foto 063), 23 (foto 090), 29 (foto 542) en 44 (foto 124) voorbeelden.
- 3) Betonmuren (verstevigingselement 2) met brede U-profielen (verstevigingselement 5) bij schachten direct achter een venster (bv schacht 21, foto 094).
- 4) Volledige bekleding van betonsteen en stalen kokersegmenten (schacht 32, foto 601)
- 5) Verticaal aangebracht verpakijzer, kolommen en smalle U-profielen (bv schacht 70, foto 643).

De in Sectie 3.2 beschreven verstevigingselementen zijn weergegeven in Bijlagen 1 en 2, de hierboven vermelde ijzeren stempels en cirkelvormig plaatwerk niet.

4.3 Beoordeling van de stabiliteit van de opvangconstructies

Opvangconstructie 1 is meestal voldoende stabiel voor de komende 30 jaar, met uitzondering van die bij schacht 27, waar dun plaatwerk is gebruikt, dat is doorgebogen. Opvangconstructies 3 en 4 zijn ook stabiel voor de komende 30 jaar. Opvangconstructie 5, die is toegepast bij schacht 70, is onvoldoende stabiel, mede omdat de schachtvulling maar over de helft van het oppervlak is opgevangen.

De beoordeling van de stabiliteit van opvangconstructie 2 is gebaseerd op het aandeel dun opvangmateriaal (verpakijzer, vlechtwerk van betonijzer en dun plaatwerk), de mate van doorbuiging van dit materiaal en de overspanning. Bij schacht 40 wordt dun opvangmateriaal belast door een laag kalksteenbrokken van 1 m hoogte.

De schachten met opvangconstructie zijn beschreven in de tabel van Bijlage 8, met daarin:

- het nummer van de schacht.
- de letter van de deelkaart.
- de foto ('s) waarop de schacht is afgebeeld in Bijlage 6.
- de aanwezigheid van hijs en/of kapsporen.

- de minimale- en maximale horizontale doorsnede of de diameter, wanneer het om een cirkelvormige doorsnede gaat. In enkele gevallen is de omtrek van de schacht niet zichtbaar en kunnen deze maten niet worden vastgesteld.
- de samenstelling van de schachtvulling. De vulling bestaat uit een combinatie van grind en/of zand, klei, kalksteenpoeder en brokken kalksteen en vuursteen. In tegenstelling tot aardpijpen kunnen schachten brokken kalk-of vuursteen bevatten. Wanneer de schachtvulling niet bereikbaar is door een opvangconstructie is de samenstelling niet vast te stellen.
- cohesie van de vulling boven de opvangconstructie, vast te stellen wanneer de schachtvulling bereikbaar is.. Een "lage" cohesie betekent dat het materiaal van de vulling bij de geringste beroering naar beneden valt. Een "hoge" cohesie geeft aan dat alleen met enige kracht kleine hoeveelheden materiaal uit de schachtvulling kunnen worden losgemaakt. De categorie "middel" zit hier tussenin. De cohesie neemt toe met het kleigehalte en neemt af met het zandgehalte. Het zal duidelijk zijn dat het hier om een kwalitatieve schatting gaat.
- in hoeverre de schachtvulling is leeggestroomd. Een verklaring van de typen van uitstroming wordt gegeven in Fig. 4.1.
- het volume schachtvulling dat in de mijntjes is uitgestroomd en/of uit de schacht is verwijderd.
- het hoogteverschil tussen enerzijds de bovenkant van de opvangconstructie (bij opgevangen schachten) of de onderkant van de schachtvulling (bij niet opgevangen schachten) en anderzijds het dak van de mijntjes rondom de schacht. Dit hoogteverschil is bij niet opgevangen schachten de hoogte waarover de schacht is leeggelopen of leeggemaakt. Bij opgevangen schachten gaat het om de minimale hoogte.
- een beschrijving van de opvangconstructie.
- verdere bijzonderheden, met name wat betreft het leegstromen van de schachtvulling.
- stabiliteit van de opvangconstructie voor de komende 30 jaar (voor opgevangen schachten).
- leegloopgevaar (voor niet opgevangen schachten).
- categorie stabiliteit

Met het oog op de stabiliteit van de opvangconstructie voor de komende 30 jaar zijn er vier categorieën onderscheiden:

- **Categorie 1:** de stabiliteit van de opvangconstructie is voldoende voor de komende 30 jaar. De kans op bezwijken is zeer gering, maar kan niet geheel worden uitgesloten. De gang onder de schacht is geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende dakfragmenten, instroming van kalksteenfragmenten en/of grond, en een helm dragen. Een definitieve beoordeling van de opvangconstructie moet nog worden gegeven door een constructeur. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant de standaard lichtgele kleur.
- **Categorie 2/3:** het is onzeker of de opvangconstructie de komende 30 jaar voldoende stabiliteit biedt. De stabiliteit voor de komende 30 jaar van de opvangconstructie moet nog worden beoordeeld door een constructeur. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant een lichtgroene kleur.
- **Categorie 4:** de opvangconstructie biedt de komende 30 jaar onvoldoende stabiliteit. De gang onder de schacht en de directe omgeving daarvan zijn ongeschikt voor extensief gebruik. De onvoldoende stabiliteit voor de komende 30 jaar van de opvangconstructie moet nog worden geverifieerd door een constructeur. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant een lichtrode kleur.

Van de 20 opgevangen schachten vallen er 7 in categorie 1, 1 in categorie 2, 5 in categorie 3 en 7 in categorie 4.

4.4 Beoordeling van het leegstroomgevaar van niet opgevangen schachten

Het leegstroomgevaar van de schachten hangt in de eerste plaats af van de manier waarop de vulling eerder in de gangen is gestroomd. Bij de schachten met uitstroming van het type **u** en **s** is een stabiele conus van uitgestroomd materiaal in de galerijen ontstaan, waardoor verdere uitstroming niet mogelijk is. Voor al deze schachten is het leegstroomgevaar nihil. Voor de schachten met uitstroming van het type **d** en **v** speelt de cohesie een belangrijke rol bij de bepaling van het leegstroomgevaar. Het leegstroomgevaar van schachten met een vulling met een hoge cohesie is als klein of matig beoordeeld. Bij een lage of middelmatige cohesie wordt het leegstroomgevaar als matig of groot geschat. Bij de schatting van het leegstroomgevaar van schachten met uitstroming van het type **d** en **v** worden verder als gunstige factoren gezien: de

vorming van een stabiele grondkoepel aan de onderkant van de schachtvulling en het afwezig zijn van aanwijzingen dat er recentelijk grond is uitgestroomd. Er is één schacht met uitstroming van het type I, namelijk schacht 32 die bij de opgravingen geheel is leeggemaakt en bekleed met betonsteen en stalen segmenten. Deze schacht is uiteraard gerekend tot de opgevangen exemplaren.

Ook de niet opgevangen schachten zijn beschreven in de tabel van Bijlage 8. Voor de toelichting van de tabel wordt verwezen naar Sectie 4.3 en Fig. 4.1.

Met het oog op het leegstroomgevaar zijn er vier categorieën onderscheiden:

- **Categorie 1:** het leegstroomgevaar is nihil. De directe omgeving van de schacht is, wat leegstroomgevaar betreft, geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende dakfragmenten, instroming van kalksteenfragmenten en/of grond, en een helm dragen. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant de standaard lichtgele kleur.
- **Categorie 2/3:** het leegstroomgevaar is klein/matig. De gang onder de schacht en de directe omgeving daarvan zijn, wat leegstroomgevaar betreft, geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende dakfragmenten, instroming van kalksteenfragmenten en/of grond, en een helm dragen. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant een lichtgroene kleur.
- **Categorie 4:** het leegstroomgevaar is groot. De gang onder de schacht en de directe omgeving daarvan zijn, wat leegstroomgevaar betreft, ongeschikt voor extensief gebruik. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant een lichtrode kleur.

Van de 26 niet opgevangen schachten vallen er 14 in categorie 1, 8 in categorie 2, 2 in categorie 3 en 2 in categorie 4.

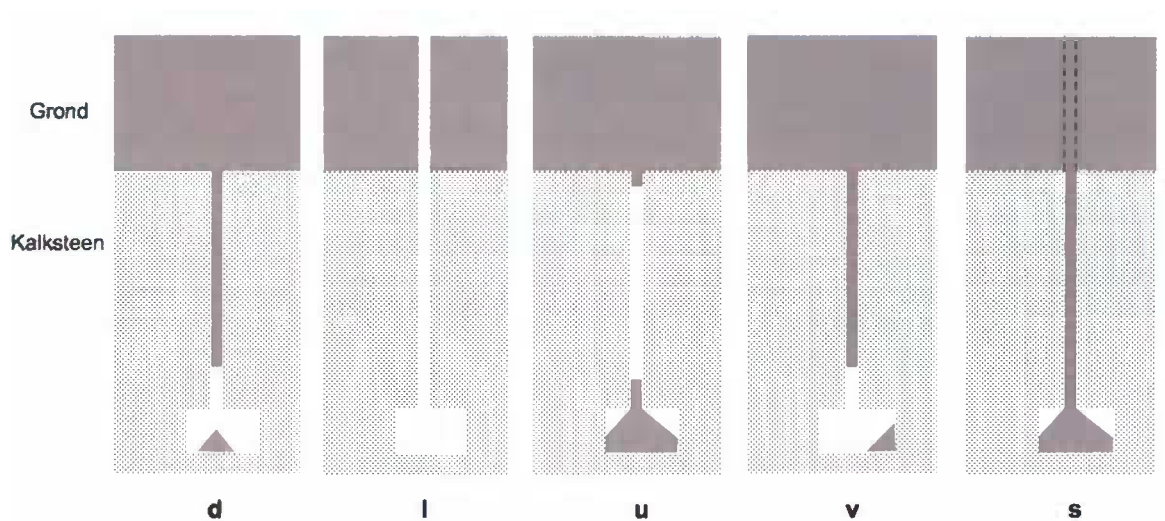


Fig. 4.1 Typen leegstroming van aardpijpen/schachten:

- **d** : deels leeggelopen. Er is ruimte tussen de in de gang gestroomde grond en de aardpijp/schacht, waardoor de aardpijp/schacht nog verder leeg kan stromen. Boven het niveau van het groevedak heeft zich, al of niet tijdelijk, een koepel gevormd.
- **l** : geheel leeggelopen/leeggemaakt tot aan het maaiveld.
- **u** : uitgewerkt. De aardpijp/schacht is leeggelopen tot een stabiele conus is ontstaan met een hellingshoek van ca. 40°. Op een onbekende hoogte boven het niveau van het groevedak bevindt zich een holruimte.
- **v** : grond verwijderd. Van een deels leeggelopen of uitgewerkte aardpijp/schacht is de in de groeve gestroomde grond grotendeels verwijderd. Hierdoor kan nog meer grond in de groeve stromen.
- **s** : schacht is van bovenaf geheel dichtgegooid, met een stabiele conus in de groeve. Er kan geen grond meer in de groeve stromen, net als bij uitgewerkte aardpijpen/schachten.

5. STABILITEIT AARDPIJPEN

5.1 Inleiding

Een relatief groot deel van het oppervlak van de vuursteenmijntjes wordt ingenomen door aardpijpen. Niet alle aardpijpen konden worden geïnspecteerd vanwege hun ligging in door betonmuren en stapelmuurtjes afgesloten gebieden (in Bijlagen 1 en 2 aangegeven met een witlichtblauw raster). De meeste aardpijpen hebben meerdere aansnijdingen. Elke aansnijding heeft een eigen nummer en is apart beoordeeld op stabiliteit.

De aansnijdingen van de aardpijpen zijn met grijze banen aangegeven op de kaarten van Bijlagen 1 en 2, en beschreven en beoordeeld op stabiliteit in de tabel van Bijlage 9. De begrenzing van de grondconus van uitgestroomde aardpijpen is met een zwarte stippellijn gemarkeerd.

Er zijn in totaal 100 aansnijdingen van aardpijpen geïnspecteerd. Hiervan zijn er 14 opgevangen. Aardpijpen 86, 87 ondervinden slechts een lichte zijwaartse steun door een opvangconstructie van het dak, en aardpijp 63 wordt in licht mate opgevangen door de constructie voor schacht 23. Deze 3 aardpijpen worden niet tot de opgevangen exemplaren gerekend. Net als bij de schachten zijn de opgevangen aardpijpen beoordeeld op de stabiliteit van de opvangconstructie voor de komende 30 jaar, en de niet-opgevangen aardpijpen op het leegstroomgevaar.

5.2 Typen opvangconstructies

Verreweg de meeste aansnijdingen bevinden zich geheel in pilaarwanden (85), terwijl het in 7 gevallen om aansnijdingen in het dak gaat en in 8 gevallen om aansnijdingen in zowel het dak als de pilaarwand. De meeste verstevigingsconstructies zijn dan ook gemaakt om horizontale krachten van de aardpijp op te vangen.

Er zijn de volgende typen opvangconstructies toegepast:

- 1) Gemetselde muren van betonsteen (bv aardpijpen 5 en 46).
- 2) Gestapelde muren van kalksteenbrokken of beton, soms in combinatie met vlechtwerk van betonijzer als de aansnijding ook deels in het dak ligt (bv aardpijp 4, foto 010).

3) IJzeren strippen of verticaal aangebracht dun plaatijzer (bv aardpijp 67).

Bij al leeggestroomde aardpijpen is de grondconus in enkele gevallen gestabiliseerd:

4) Stapels van brokken kalksteen en/of vuursteen, en/of plaatijzer, verpakijzer of stalen strippen (bv aardpijpen 43 en 53).

Bij aansnijdingen in het dak:

5) Eén of meer ijzeren kolommen, met of zonder ijzeren strippen/platen (bv aardpijp 76, foto 109).

5.3 Beoordeling van de stabiliteit van de opvangconstructies

Van de 14 opvangconstructies zijn er 7 voldoende stabiel voor de komende 30 jaar. De overige 7 opvangconstructies hebben een twijfelachtige of onvoldoende stabiliteit. De 3 gemetselde muren van betonsteen (constructie 1) zijn alle voldoende stabiel. Van de gestapelde muren van kalksteenbrokken of betonblokken (constructie 2) zijn er 3 stabiel en 2 niet stabiel. De 2 constructies van type 3 hebben een twijfelachtige stabiliteit. Van de 2 constructies van type 4 is er één stabiel, en één twijfelachtig stabiel.. Van de constructies van het type 5 is er één twijfelachtig stabiel, en één instabiel.

De aardpijpen zijn beschreven in de tabel van Bijlage 9, met daarin:

- het nummer van de aardpijp.
- de letter van de deelkaart.
- de foto ('s) waarop de aardpijp is afgebeeld in Bijlage 6.
- Aansnijding in dak (d), pilaarwand (p) of in beide (d/p).
- de aanwezigheid van hijs en/of kasporen (ter controle dat het niet om een schacht gaat).
- de kleinste- en grootste horizontale doorsnede (aansnijding in het dak) of een schatting van de minimale diameter (aansnijding in de pilaarwand).
- de samenstelling van de aardpijp. De vulling bestaat uit een combinatie van grind en/of zand, klei en vuursteen. Wanneer de aardpijp niet bereikbaar is de samenstelling niet vast te stellen.
- cohesie van de aardpijp, vast te stellen wanneer deze bereikbaar is.. Een "lage" cohesie betekent dat het materiaal van de vulling bij de geringste beroering naar beneden valt. Een

“hoge” cohesie geeft aan dat alleen met enige kracht kleine hoeveelheden materiaal uit de aardpijp kunnen worden losgemaakt. De categorie “middel” zit hier tussenin. De cohesie neemt toe met het kleigehalte en neemt af met het zandgehalte. Het zal duidelijk zijn dat het hier om een kwalitatieve schatting gaat.

- type leegstroming, wanneer van leegstroming sprake is. Een verklaring van de typen van uitstroming is gegeven in Fig. 4.1.
- het volume materiaal dat uit de aardpijp in de mijntjes is uitgestroomd.
- de uitstroombuog, het hoogteverschil tussen de onderkant van de grond die nog in de aardpijp zit en het groevedak.
- een beschrijving van de opvangconstructie.
- verdere bijzonderheden, met name wat betreft het leegstromen van de aardpijp.
- stabiliteit van de opvangconstructie voor de komende 30 jaar (voor opgevangen aardpijpen).
- leegloopgevaar (voor niet opgevangen aardpijpen).
- categorie stabiliteit

5.4 Beoordeling van het leegstroomgevaar van niet opgevangen aardpijpen

Het leegstroomgevaar van de aardpijpen hangt in de eerste plaats af van de manier waarop de vulling eerder in de gangen is gestroomd. Bij de aardpijpen met uitstroming van het type **u** is een stabiele conus van uitgestroomd materiaal in de galerijen ontstaan, waardoor verdere uitstroming niet mogelijk is. Voor al deze aardpijpen is het leegstroomgevaar nihil. Voor de aardpijpen met uitstroming van het type **d** en **v** is van belang of er recentelijk nog uitstroming heeft plaatsgevonden en of zich een grote aansnijding in het dak bevindt. Deze factoren vergroten het leegstroomgevaar. Verder speelt de cohesie een belangrijke rol bij de bepaling van het leegstroomgevaar.

Ook de niet opgevangen aardpijpen zijn beschreven in de tabel van Bijlage 9. Voor de toelichting van de tabel wordt verwezen naar Sectie 5.3 en Fig. 4.1.

Van de 86 niet opgevangen aardpijpen is in 7 gevallen het leegstroomgevaar nihil, in 69 gevallen klein, in 9 gevallen matig en in 1 geval groot.

5.5 Categorieën stabiliteit opvangconstructies en leegstroomgevaar

Voor de stabiliteit van de opvangconstructies en het leegstroomgevaar van niet opgevangen aardpijpen gezamenlijk zijn vier categorieën onderscheiden:

- **Categorie 1:** de stabiliteit van de opvangconstructie is voldoende voor de komende 30 jaar. De kans op bezwijken is zeer gering, maar kan niet geheel worden uitgesloten. Voor niet opgevangen aardpijpen is het leegstroomgevaar nihil. De directe omgeving van de aardpijp is, wat de stabiliteit van de opvangconstructie en het leegstroomgevaar betreft, geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende dakfragmenten, instroming van kalksteenfragmenten en/of grond, en een helm dragen.
- **Categorie 2/3:** het is onzeker of de opvangconstructie de komende 30 jaar voldoende stabiliteit biedt. Voor niet opgevangen aardpijpen is het leegstroomgevaar klein/matig. De directe omgeving van de aardpijp is, wat de stabiliteit van de opvangconstructie en het leegstroomgevaar betreft, geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende dakfragmenten en instroming van grond, en een helm dragen.
- **Categorie 4:** de opvangconstructie biedt de komende 30 jaar onvoldoende stabiliteit. Voor niet opgevangen aardpijpen is het leegstroomgevaar groot. De directe omgeving van de aardpijp is, wat leegstroomgevaar betreft, ongeschikt voor extensief gebruik.

Van de 14 opgevangen aardpijpen vallen er 7 in categorie 1, 4 in categorie 2-3 en 3 in categorie 4. Van de 86 niet opgevangen aardpijpen vallen er 7 in categorie 1, 69 in categorie 2, 9 in categorie 3 en 1 in categorie 4.

6. STABILITEIT PILAREN EN HET GEVAAR VOOR EEN GROOTSCHALIGE INSTORTING

6.1 Drukschade

Bij de blootlegging van de vuursteenmijnen zijn de kalksteenresten uit de gangen verwijderd, en is de steundruk die er bestond tegen de pilaren weggevallen. De kalksteen van de vuursteenmijnen is een discontinu gesteente, met diaklazen met een onderlinge afstand van 1-2 dm en sterk geprononceerde laagvlakken. Door de verticale druk zijn in de pilaren vooral de verticale diaklazen dikwijls open gaan staan en is verdere barstvorming vergemakkelijkt. In veel gevallen zou zonder de aanwezigheid van diaklazen geen barstvorming zijn opgetreden. Verder zijn rond de veel hardere vuurstenen spanningsconcentraties in de kalksteen en de vuursteen opgetreden, met ook barstvorming tot gevolg.

Vele pilaren zijn minder dan 1 m breed. Sommige hebben een breedte van slechts enkele dm. Binnen een gemijnd gebied tussen grote pilaren in staan voornamelijk kleine pilaren en is de extractiegraad vaak 70-80 % en soms zelfs meer.

Er zijn drie pilaarklassen voor de vuursteenmijnen onderscheiden:

- **Klasse 0:** geen of nauwelijks drukschade (bv foto 638).
- **Klasse 1:** lichte barstvorming met openingen van minder dan 0.5 cm, ook voor diaklazen. Barsten en geopende diaklazen zijn doorgaans niet langer dan de halve pilaarhoogte (bv foto's 550, 571).
- **Klasse 2:** zware barstvorming met openingen van meer dan 0.5 cm, soms meerdere cm. Barsten en geopende diaklazen zijn doorgaans langer dan de halve pilaarhoogte (bv foto 554). Soms heeft een schuifbeweging van een dm over barsten plaatsgevonden (foto's 695, 696).

Bij bijna alle pilaren zijn de diaklazen in enige mate open gaan staan, soms vergezeld van barstvorming (klasse 0-1). In de voorste vuursteenmijntjes, achter vensters 1 en 2, komen relatief veel klasse 0 pilaren voor. Hier is de druk nog relatief gering in vergelijking met de dieper gelegen mijntjes (zie isopachen Bijlage 4). Echter, ook in de diepst gelegen mijntjes, achter venster 39, zijn veel klasse 0 pilaren. Hier is druk weliswaar relatief hoog, maar is de plotselinge spanningsoverdracht door het maken van de tunnel niet of nauwelijks opgetreden. Het overgrote

deel van de pilaren heeft drukschade klasse 1. Een tiental pilaren zijn aangetast door klasse 2 drukschade. Deze liggen alle op een diepte van minstens 7.5 m (vanaf deelkaart C en verder oostelijk).

Plaatselijk is ook recente afscholling waargenomen (foto 123), maar verreweg de meeste drukschade is lang geleden ontstaan.

6.2 Veiligheidsfactoren

In Bijlagen 10 t/m 12 is voor kleine, gemiddeld grote en grote pilaren de intacte veiligheidsfactor SF_0 en de residuaire veiligheidsfactor SF_{res} (indien de pilaar is bezweken) geschat voor 5 deelgebieden van de mijn. Dit zijn de deelgebieden die op pag. 275-276 worden onderscheiden in [4], en die op Bijlagen 3 en 4 met rode lijnen en cijfers zijn weergegeven. Een SF_0 waarde van meer dan 2 betekent dat het draagvermogen van de pilaar voldoende is. Bij een waarde van minder dan 1.5 is dit onvoldoende, en bij een waarde tussen 1.5 en 2 nauwelijks voldoende.

De uniaxiale druksterkte van de Kalksteen van Lanaye is zelden gemeten. In [5] is bovenin de formatie een waarde van 2.7 MPa gemeten, en in [6] wordt een bereik van 1.5 tot 3 MPa vermeld. Ook vanwege het discontinue karakter van het gesteente wordt hier een lage waarde, te weten 1.5 MPa, gehanteerd. De unit weight voor de kalksteen en de grondlagen daarboven bedraagt 16 resp. 20 kN/m³ [2,3].

Het blijkt dan dat de SF_0 voor grote pilaren, met waardes tussen 5 en 11.4, ruim voldoende is. Ook voor pilaren met een voor het deelgebied gemiddelde grootte is de SF , met waardes tussen 3.2 en 7.2, meer dan voldoende. Deze resultaten zijn in overeenstemming met het ontbreken van significante drukschade aan de grote en middelgrote pilaren. Dat vaak toch nog geringe drukschade is opgetreden is te wijten aan het voorkomen van diaklazen. Alleen de kleine pilaren hebben onvoldoende of nauwelijks voldoende draagvermogen: SF_0 is hier kleiner dan 1.5 of net iets groter. Voor deze laatste categorie zijn specifieke pilaren uitgekozen, die op Bijlagen 3 en 4 zijn aangegeven. Ook hier zijn de resultaten in overeenstemming met veldwaarnemingen: de grote drukschade aan de kleine pilaren.

Ook indien de grote pilaren zouden zijn bezweken en sterk door barstvorming (wat doorgaans niet het geval is) zouden zijn aangetast zouden de veiligheidsfactoren SF_{res} met waarden tussen 4.4 en 10.0 nog ruim voldoende zijn. Voor de middelgrote pilaren met waarden tussen 1.6 en 4.1 gaat dit in iets mindere mate op. Bij de kleine, in werkelijkheid ook vaak door barsten verzwakte pilaren is SF_{res} ruim onvoldoende met waarden tussen 0.27 en 0.75.

Bij deze schattingen is geen rekening gehouden met de aangebrachte ondersteuning. Hierdoor neemt het totale dragend vermogen toe.

Omdat het dragend vermogen van de grote en middelgrote pilaren ruim voldoende is, en er ondersteuning is aangebracht, is het totale dragend vermogen van alle pilaren en ondersteuning samen in elk deelgebied voldoende. Het tekort aan dragend vermogen van de kleine pilaren wordt dus gecompenseerd door de grote en middelgrote pilaren.

6.3 Boogwerking van de mergelbedekking

De grootste overspanningen binnen de deelgebieden 1 t/m 5 zijn resp. 10, 5, 10, 9 en 9 m, en de dikte van de mergelbedekking is gemiddeld resp. 3.6, 4.8, 3.7, 3.1 en 3.3 m. Bijlage 13 laat zien dat de boogwerking op zich ruim voldoende is. Het dak wordt echter onderbroken door aardpijpen en schachten. Ook kan de kalksteenbedekking plaatselijk dunner zijn. In totaal is de boogwerking in elk deelgebied vermoedelijk voldoende. Dit betekent dat het tekort aan draagkracht van de kleine pilaren vermoedelijk kan worden overgedragen naar de grote pilaren aan weerszijden.

Omdat het dragend vermogen van alle pilaren en ondersteuning samen in elk deelgebied voldoende is en de boogwerking in elk deelgebied vermoedelijk ook, is de kans op een grootschalige pilaarinstorting zeer gering.

7. CONCLUSIES

7.1 Verstevingen van het dak

In de legenda van Bijlage 1 zijn de verschillende op de kaarten van Bijlagen 1 en 2 weergegeven typen verstevingingselementen op een rijtje gezet en nader beschreven in Sectie 3.2. In de tabel van Bijlage 7 zijn alle 55 genummerde verstevingingen beschreven.

Met het oog op de stabiliteit voor de komende 30 jaar zijn er drie categorieën onderscheiden:

- **Categorie 1:** de verstevinging biedt de komende 30 jaar voldoende stabiliteit. De verstevigde delen zijn geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende pilaar- en dakfragmenten en een helm dragen. Een definitieve beoordeling van deze verstevingingen moet nog worden gegeven door een constructeur. Op de kaarten zijn deze verstevigde gebieden, 14 in totaal, met een zwarte stippellijn en een zwart nummer aangegeven. Zoals hierboven vermeld vallen ook de op de kaarten ongenummerde en niet met een stippellijn omgeven verstevingingen onder deze categorie, met uitzondering van de geïsoleerd voorkomende verstevingingen in de vlak dekkend rood ingekleurde gebieden (onvoldoende dakstabiliteit, zie Sectie 7.2).
- **Categorie 2:** het is onzeker of de verstevinging de komende 30 jaar voldoende stabiliteit biedt. De stabiliteit voor de komende 30 jaar van deze verstevingingen moet nog worden beoordeeld door een constructeur. Op de kaarten zijn deze verstevigde gebieden met een groene stippellijn en een groen nummer aangegeven. Er zijn slechts drie verstevingingen van deze categorie, 27A, 28 en 46.
- **Categorie 3:** de verstevinging biedt de komende 30 jaar onvoldoende stabiliteit. De verstevigde delen zijn ongeschikt voor extensief gebruik. De onvoldoende stabiliteit voor de komende 30 jaar van deze verstevingingen moet nog worden geverifieerd door een constructeur. Op de kaarten zijn deze verstevigde gebieden met een rode stippellijn en een rood nummer aangegeven. Er zijn 38 verstevingingen van deze categorie.

7.2 Stabiliteit van het dak

Met het oog op de dakstabiliteit voor de komende 30 jaar zijn er twee categorieën onderscheiden. Deze categorieën zijn van toepassing op gebieden buiten de in Bijlagen 1 en 2 met zwarte, groene en rode stippellijnen gemarkeerde zones.

- **Categorie 1:** de dakstabiliteit is voldoende. De kans op vallende dakfragmenten is gering, maar kan niet geheel worden uitgesloten. Deze delen zijn geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende pilaar- en dakfragmenten en een helm dragen. Op de kaarten (Bijlagen 1 en 2) hebben deze delen de standaard lichtgele kleur.
- **Categorie 2:** de dakstabiliteit is onvoldoende. Plaatselijk is het betreden van deze delen levensgevaarlijk. Deze delen zijn niet geschikt voor extensief gebruik. Versteving van deze gebieden is in de praktijk vrijwel onmogelijk. Op de kaarten zijn deze delen rood ingekleurd, met een patroon van brokstukken (dak ingestort, dak blijft instabiel) of met horizontale donkerrode strepen (dak niet ingestort, dak instabiel).

7.3 Stabiliteit van schachten

Er zijn 46 schachten beschreven (Bijlage 8) en beoordeeld op stabiliteit. Hiervan zijn er 20 opgevangen en 26 niet. De opgevangen schachten zijn beoordeeld op de stabiliteit van de opvangconstructie voor de komende 30 jaar, en de niet-opgevangen schachten op het leegstroomgevaar van de schachtvulling.

Met het oog op de stabiliteit van de opvangconstructie voor de komende 30 jaar zijn er vier categorieën onderscheiden:

- **Categorie 1:** de stabiliteit van de opvangconstructie is voldoende voor de komende 30 jaar. De kans op bezwijken is zeer gering, maar kan niet geheel worden uitgesloten. De gang onder de schacht is geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende dakfragmenten, instroming van kalksteenfragmenten en/of grond, en een helm dragen. Een definitieve beoordeling van de opvangconstructie moet nog worden gegeven door een constructeur. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant de standaard lichtgele kleur.

- **Categorie 2/3:** het is onzeker of de opvangconstructie de komende 30 jaar voldoende stabiliteit biedt. De stabiliteit voor de komende 30 jaar van de opvangconstructie moet nog worden beoordeeld door een constructeur. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant een lichtgroene kleur.
- **Categorie 4:** de opvangconstructie biedt de komende 30 jaar onvoldoende stabiliteit. De gang onder de schacht en de directe omgeving daarvan zijn ongeschikt voor extensief gebruik. De onvoldoende stabiliteit voor de komende 30 jaar van de opvangconstructie moet nog worden geverifieerd door een constructeur. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant een lichtrode kleur.

Van de 20 opgevangen schachten vallen er 7 in categorie 1, 1 in categorie 2, 5 in categorie 3 en 7 in categorie 4.

Met het oog op het leegstroomgevaar zijn er vier categorieën onderscheiden:

- **Categorie 1:** het leegstroomgevaar is nihil. De directe omgeving van de schacht is, wat leegstroomgevaar betreft, geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende dakfragmenten, instroming van kalksteenfragmenten en/of grond, en een helm dragen. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant de standaard lichtgele kleur.
- **Categorie 2/3:** het leegstroomgevaar is klein/matig. De gang onder de schacht en de directe omgeving daarvan zijn, wat leegstroomgevaar betreft, geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende dakfragmenten, instroming van kalksteenfragmenten en/of grond, en een helm dragen. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant een lichtgroene kleur.
- **Categorie 4:** het leegstroomgevaar is groot. De gang onder de schacht en de directe omgeving daarvan zijn, wat leegstroomgevaar betreft, ongeschikt voor extensief gebruik. Op de kaarten hebben de donkerblauwe cirkels die de schachten weergeven aan de binnenkant een lichtrode kleur.

Van de 26 niet opgevangen schachten vallen er 14 in categorie 1, 8 in categorie 2, 2 in categorie 3 en 2 in categorie 4.

7.4 Stabiliteit van aardpijpen

Er zijn in totaal 100 aansnijdingen van aardpijpen beschreven (Bijlage 9) en beoordeeld op stabiliteit. Hiervan zijn er 14 opgevangen. Net als bij de schachten zijn de opgevangen aardpijpen beoordeeld op de stabiliteit van de opvangconstructie voor de komende 30 jaar, en de niet-opgevangen aardpijpen op het leegstroomgevaar.

Voor de stabiliteit van de opvangconstructies en het leegstroomgevaar van niet opgevangen aardpijpen gezamenlijk zijn vier categorieën onderscheiden:

- **Categorie 1:** de stabiliteit van de opvangconstructie is voldoende voor de komende 30 jaar. De kans op bezwijken is zeer gering, maar kan niet geheel worden uitgesloten. Voor niet opgevangen aardpijpen is het leegstroomgevaar nihil. De directe omgeving van de aardpijp is, wat de stabiliteit van de opvangconstructie en het leegstroomgevaar betreft, geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende dakfragmenten, instroming van kalksteenfragmenten en/of grond, en een helm dragen.
- **Categorie 2/3:** het is onzeker of de opvangconstructie de komende 30 jaar voldoende stabiliteit biedt. Voor niet opgevangen aardpijpen is het leegstroomgevaar klein/matig. De directe omgeving van de aardpijp is, wat de stabiliteit van de opvangconstructie en het leegstroomgevaar betreft, geschikt voor extensief gebruik, mits de bezoekers alert zijn op loshangende dakfragmenten en instroming van grond, en een helm dragen.
- **Categorie 4:** de opvangconstructie biedt de komende 30 jaar onvoldoende stabiliteit. Voor niet opgevangen aardpijpen is het leegstroomgevaar groot. De directe omgeving van de aardpijp is, wat leegstroomgevaar betreft, ongeschikt voor extensief gebruik.

Van de 14 opgevangen aardpijpen vallen er 7 in categorie 1, 4 in categorie 2-3 en 3 in categorie 4. Van de 86 niet opgevangen aardpijpen vallen er 7 in categorie 1, 69 in categorie 2, 9 in categorie 3 en 1 in categorie 4.

7.5 Stabiliteit pilaren en het gevaar voor een grootschalige instorting

Bij een groot deel van de pilaren komt drukschade voor, met name bij de kleine pilaren. Het dragend vermogen van de grote en middelgrote pilaren is echter ruim voldoende, en er is veel

ondersteuning is aangebracht. Daardoor is het totale dragend vermogen van alle pilaren en ondersteuning samen overal voldoende. Het tekort aan dragend vermogen van de kleine pilaren wordt dus gecompenseerd door de grote en middelgrote pilaren. De boogwerking is overal vermoedelijk voldoende.

Omdat het dragend vermogen van alle pilaren en ondersteuning samen in elk deelgebied voldoende is en de boogwerking in elk deelgebied vermoedelijk ook, is de kans op een grootschalige pilaarinstorting zeer gering.

8. LITERATUUR

1. GeoControl (2011) Stabiliteit van de prehistorische vuursteenmijnen te Rijkholt, GeoControl rapport M0134, pp. 33
2. Bekendam, R.F. (1998) *Pillar stability and large-scale collapse of abandoned limestone room and pillar mines in South-Limburg, The Netherlands*, PhD-thesis TU Delft, pp 361
3. Bekendam, R.F. (2000) *Stabiliteitsbepaling ondergrondse mergelgroeven*, GeoControl rapport, Contr.nr. 66141, In opdracht van Staatstoezicht op de Mijnen, pp 76.
4. Felder, W.M. (1998), De prehistorische vuursteenmijnen van Ryckholt – St. Geertruid, Nederlandse Geologische Vereniging afd. Limburg, pp 334.
5. Grabandt, H. Et al. (1983) Engineering geological properties of Maastrichtian chalk, Enci-quarry, TU Delft rapport, pp.263 + bijlagen
6. R.F.Bekendam & J.L.Urai (2004) *Numerieke analyse van de stabiliteit van de ENCI-groeve bij een diepe winning*, In: Stabiliteit groeve diepe winning in de ENCI-groeve; resultaten van geomechanische en geohydrologische modellering, TNO rapport NITG 03-045-B, p 72-97 + bijlagen

BIJLAGEN

BIJLAGE 1

DEELKAARTEN STABILITEITSONDERZOEK A T/M G, MET LEGENDA

180190

180200

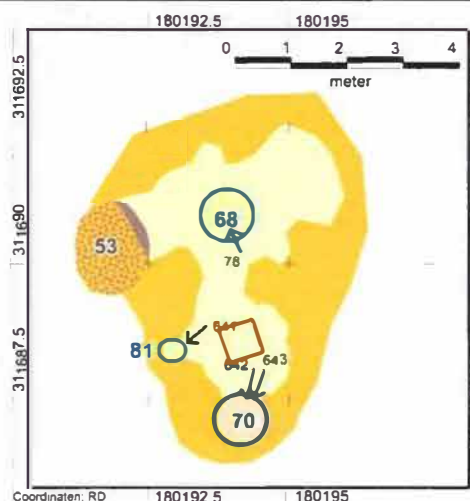
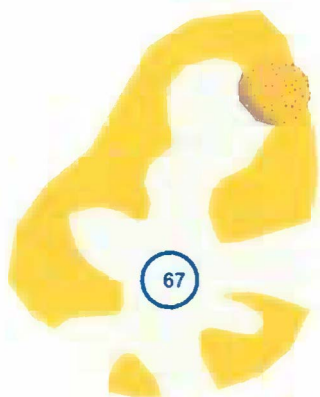
311710

311700

311690

311680

Vuursteenmijn Rijckholt Stabiliteitsonderzoek Deelkaart A



Ingang

Gidsenruimte
Technische ruimte



GeoControl
geotechnical consultancy and services

ArcheoPro

Opgraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2019)
Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019



Coördinaten: RD, v 2020 01 25

180190

180200



311710

311700

311690

311680

Vuursteenmijn Rijckholt Stabiliteitsonderzoek Deelkaart B

311710

311700

311690

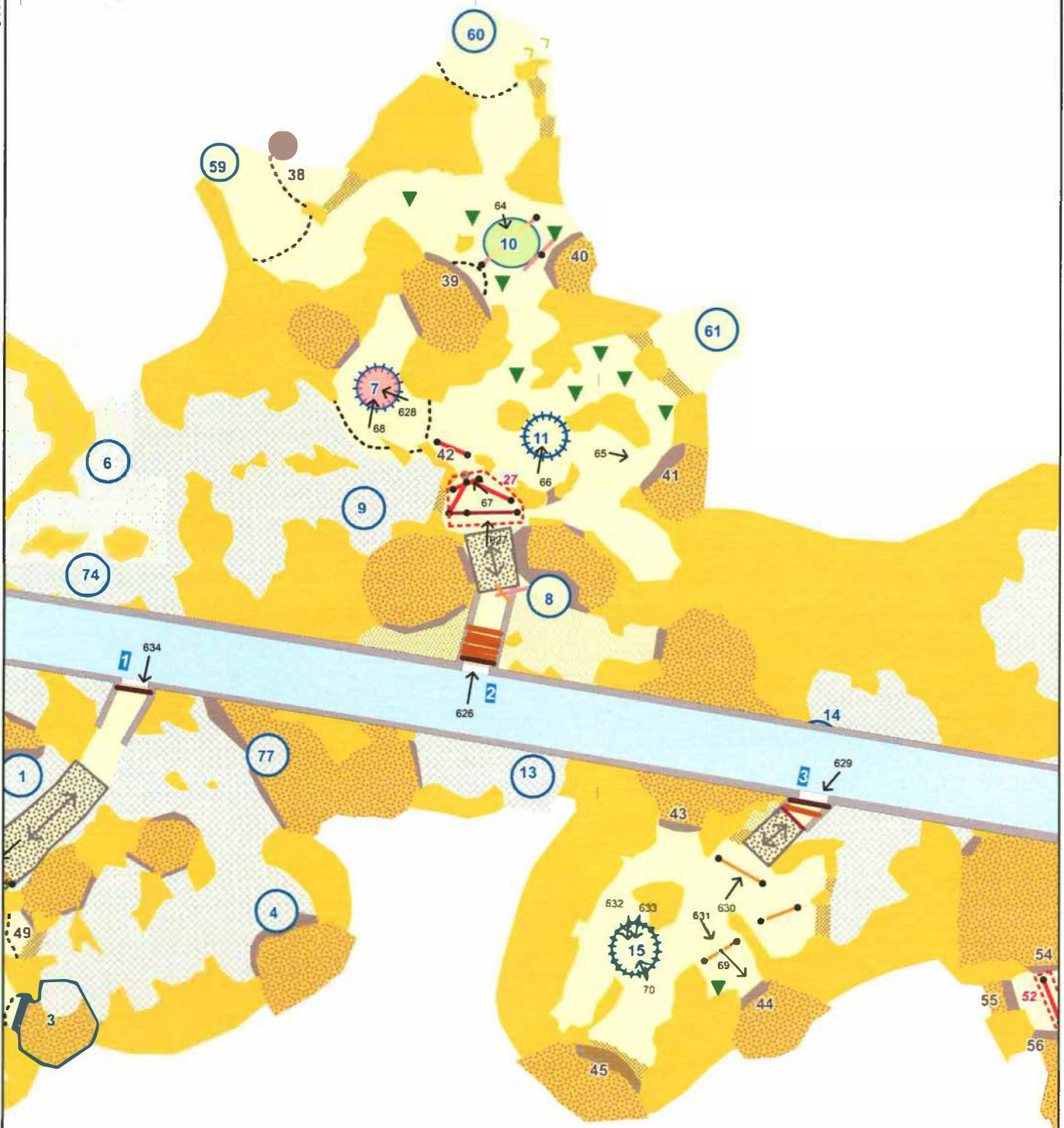
311680

311710

311700

311690

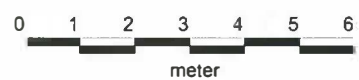
311680



GeoControl
geotechnical consultancy and services

ArcheoPro

Opraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2019)
Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019



Vuursteenmijn Rijckholt Stabiliteitsonderzoek Deelkaart C

311700

311690

311680

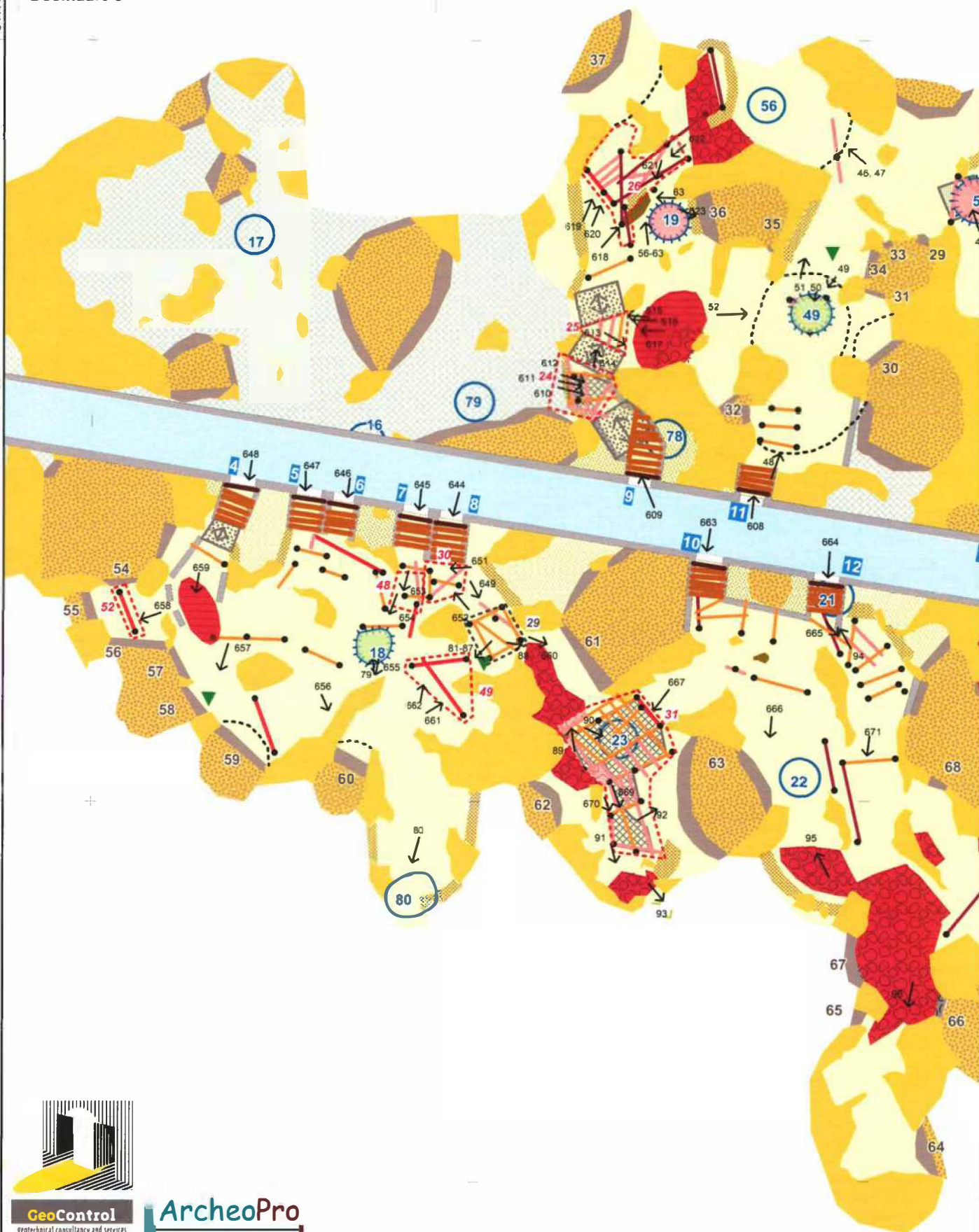
311670

311700

311690

311680

311670



geotechnical consultancy and services

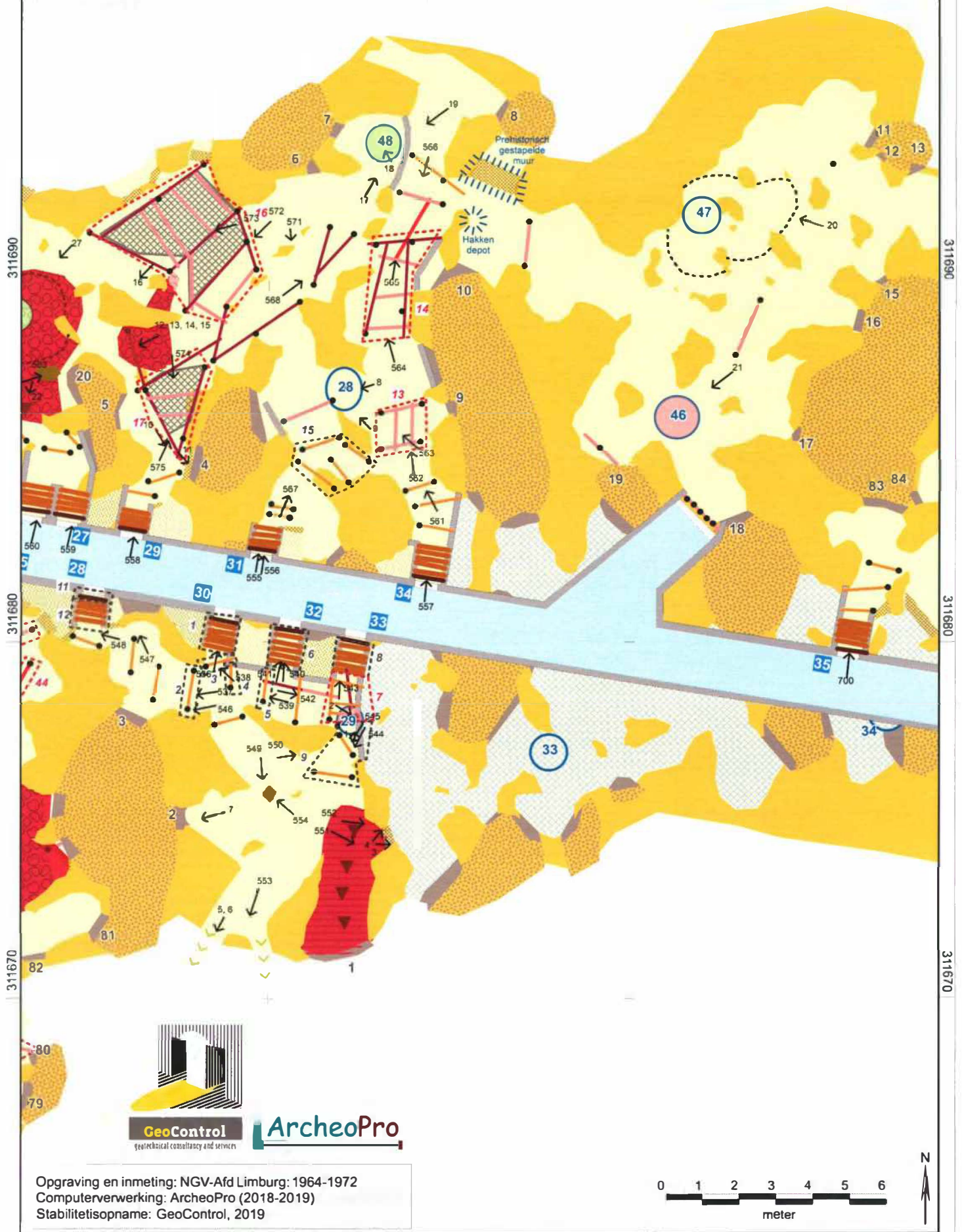
ArcheoPro

Opgraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2019)
Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019

0 1 2 3 4 5 6
meter



Vuursteenmijn Rijckholt Stabiliteitsonderzoek Deelkaart E



Vuursteenmijn Rijckholt Stabiliteitsonderzoek Deelkaart F

311690

311690

311680

311680

311670

311670

311660

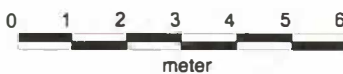
311660



geotechnical consultancy and services

ArcheoPro

Opraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
 Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2019)
 Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019



Vuursteenmijn Rijckholt Stabiliteitsonderzoek Deelkaart G

311690

311690

311680

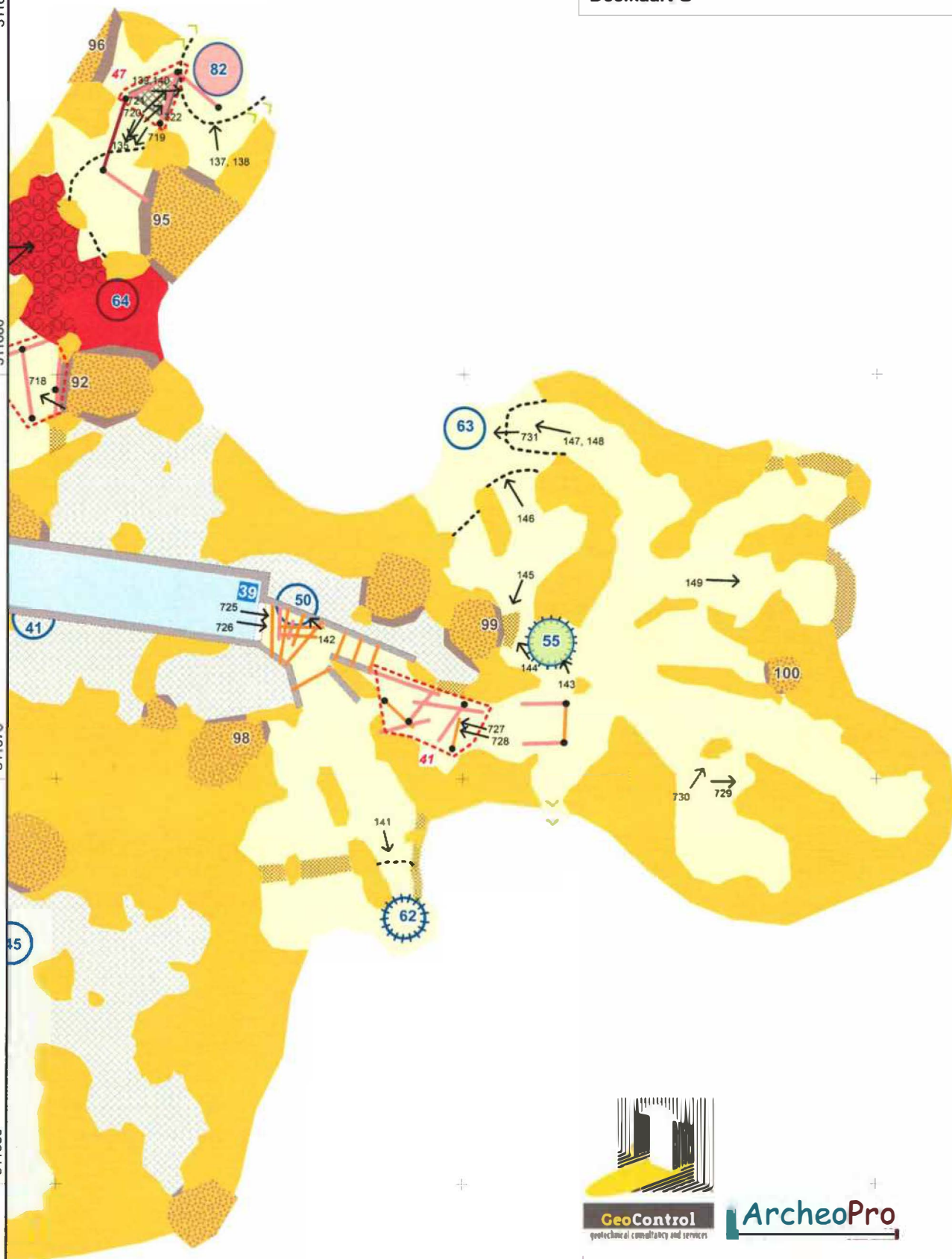
311680

311670

311670

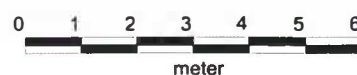
311660

311660



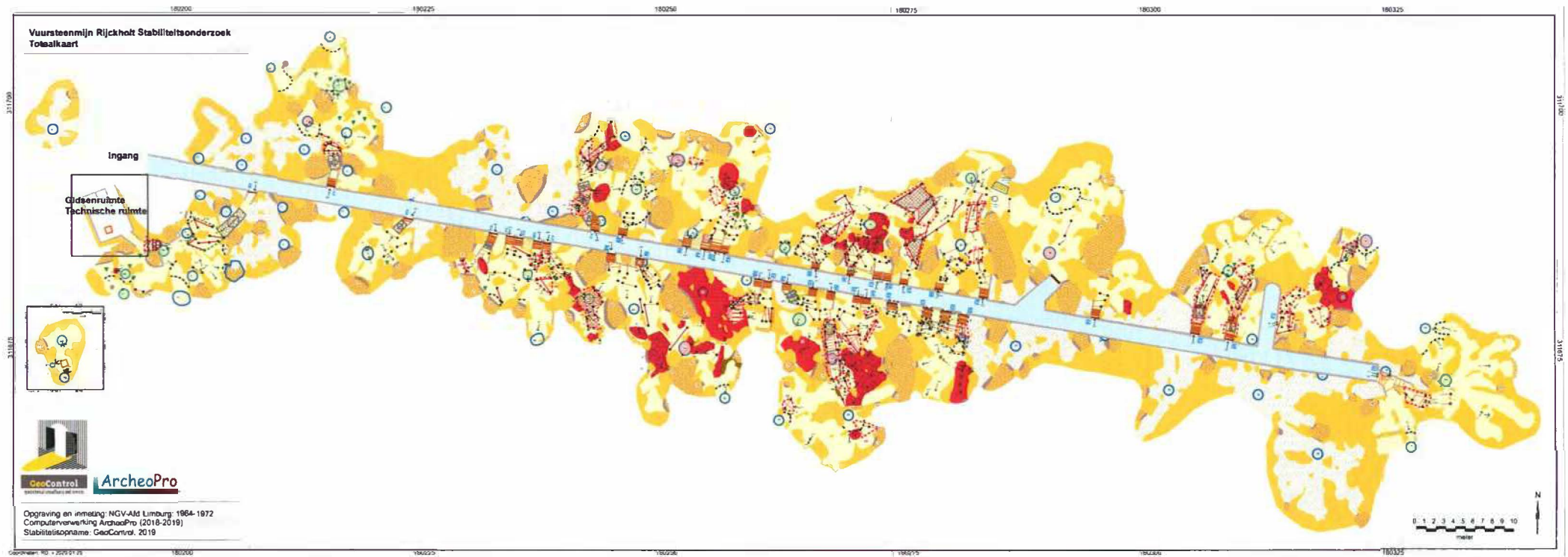
ArcheoPro

Ograving en inmeting: NGV-Afd Limburg; 1964-1972
 Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2019)
 Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019





BIJLAGE 2

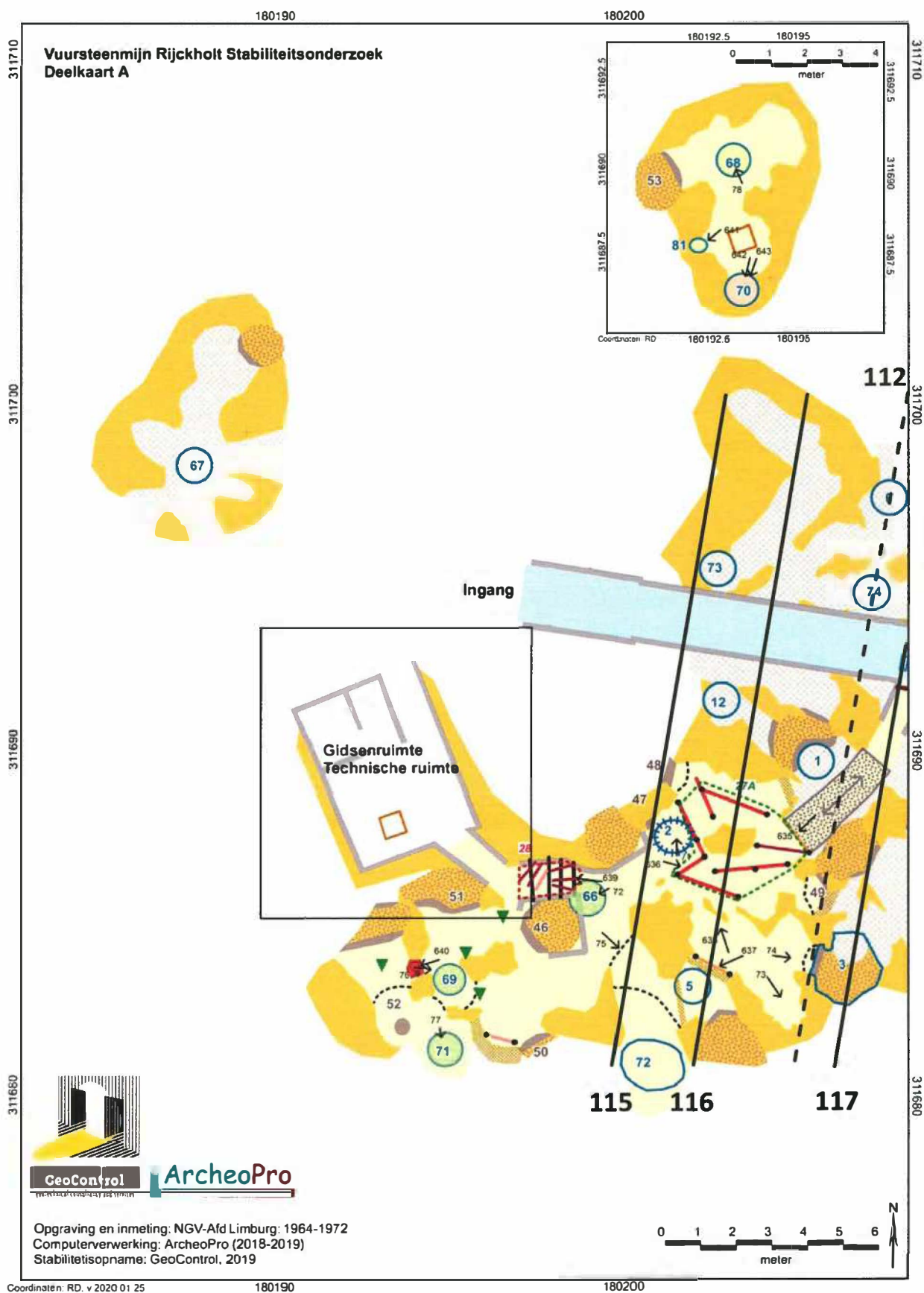
OVERZICHTSKAART STABILITEITSONDERZOEK

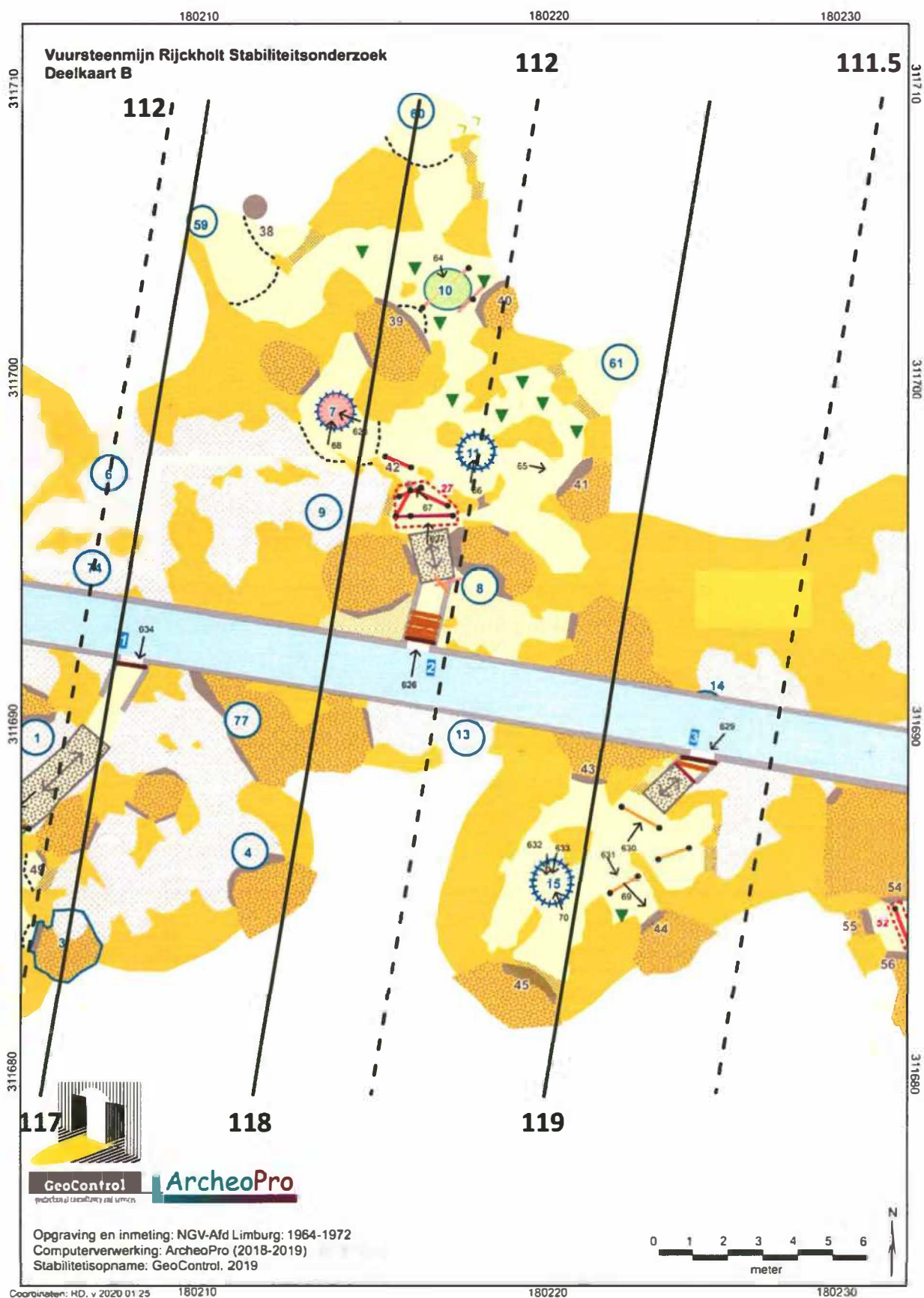


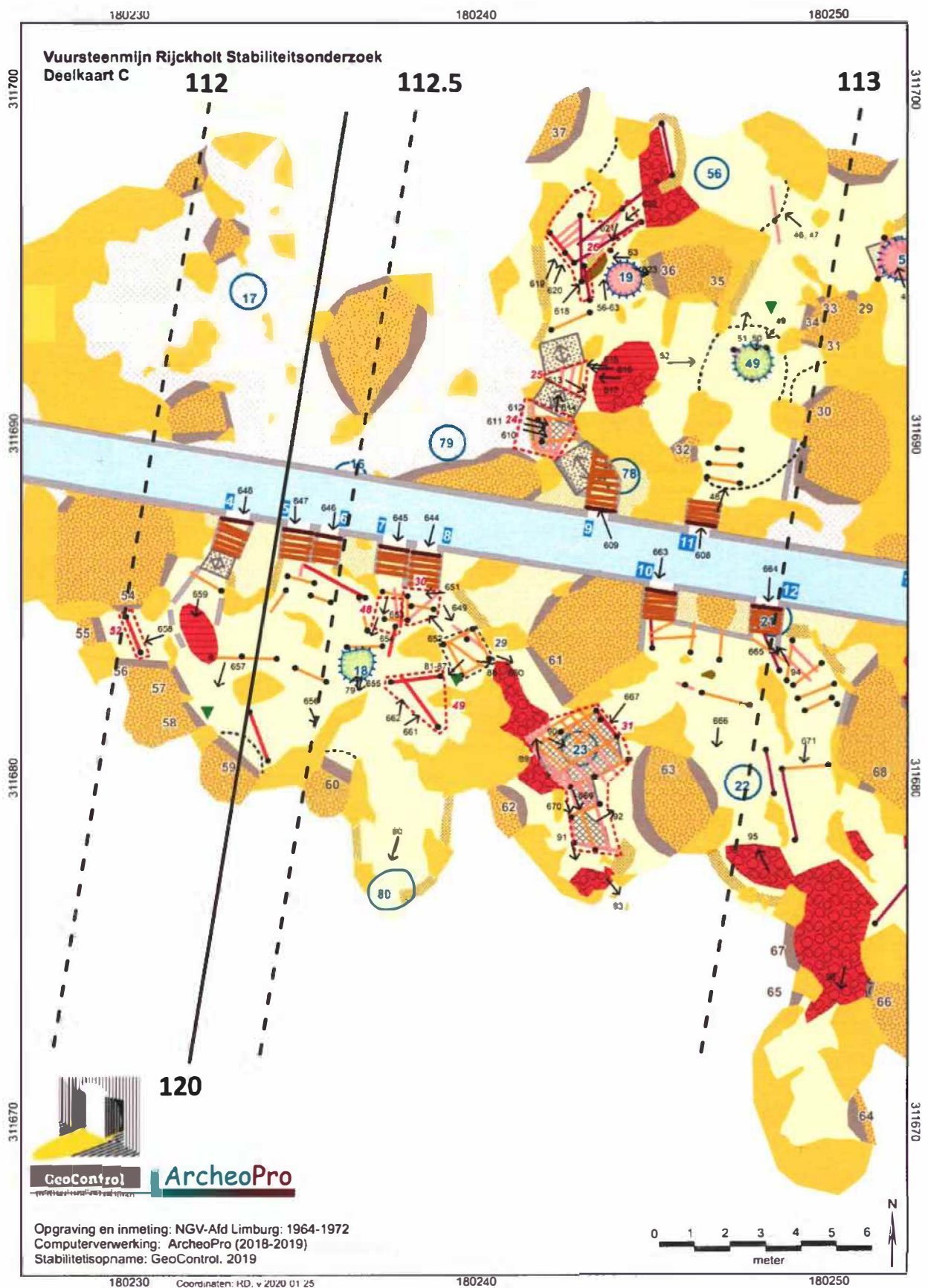
BIJLAGE 3

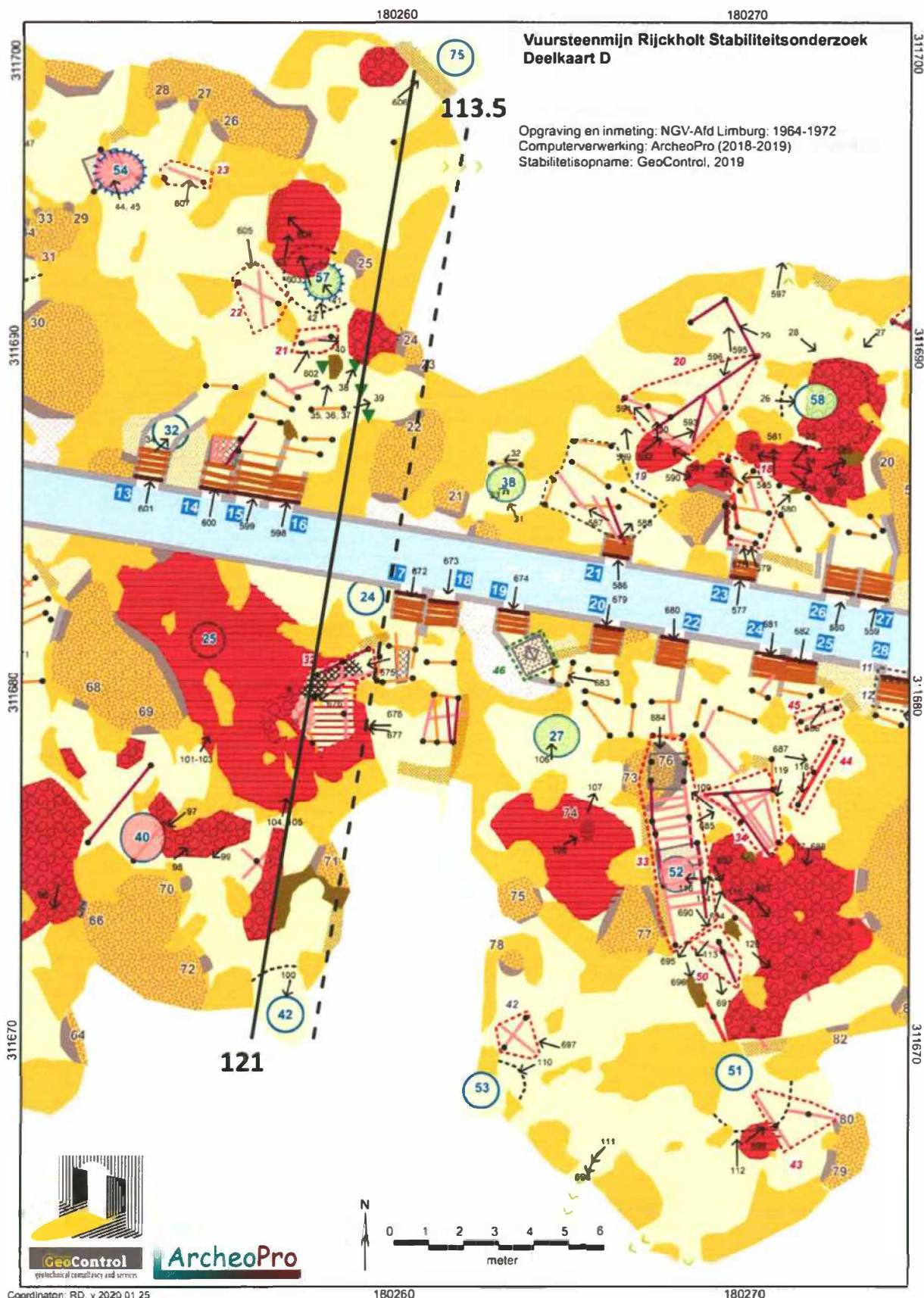
DEELKAARTEN A T/M G MET NAP-HOOGTES TUNNELDAK EN MAAIVELD

	121	NAP-hoogte maaiveld (m)
	110	NAP-hoogte tunneldak (m)





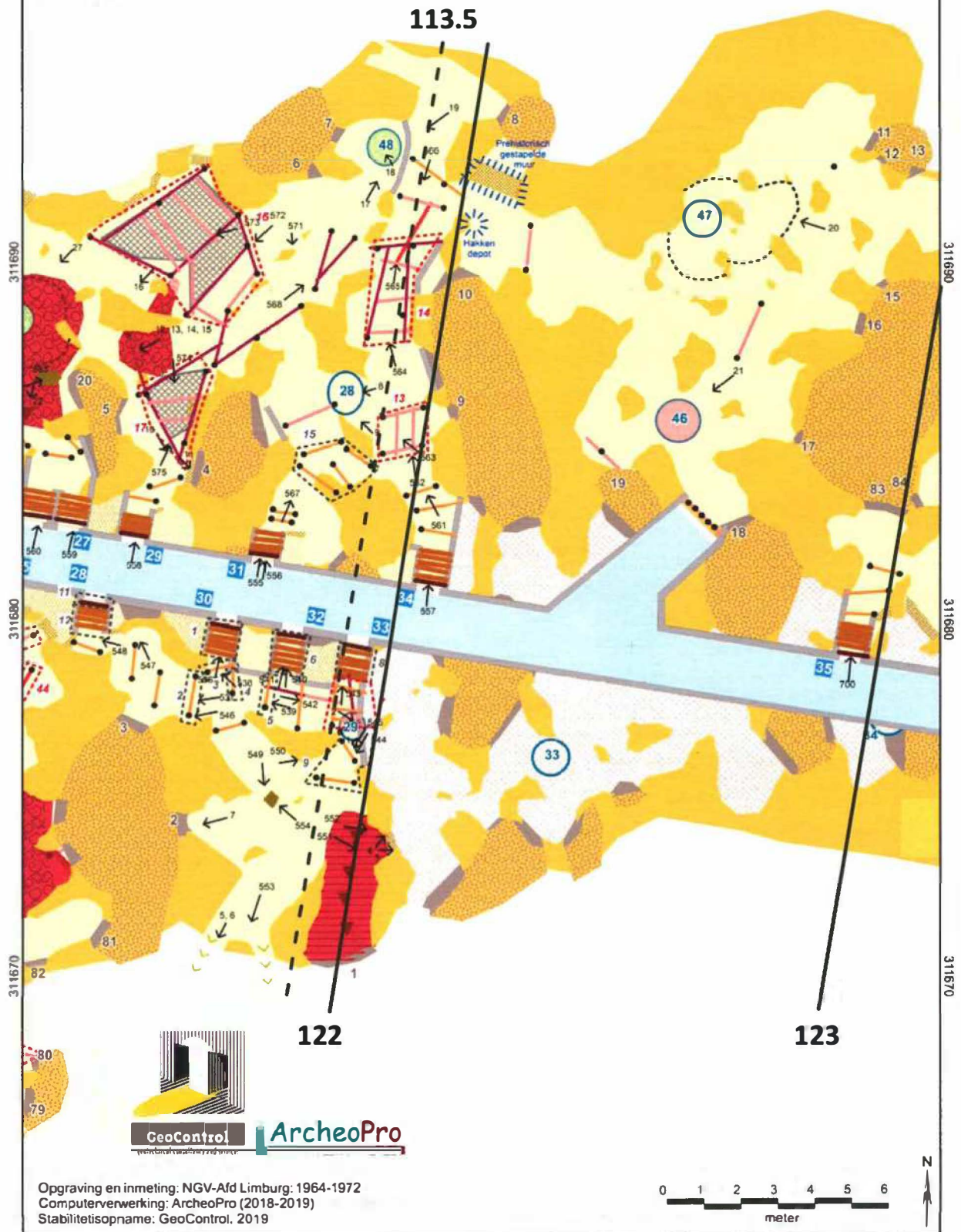




180280

180290

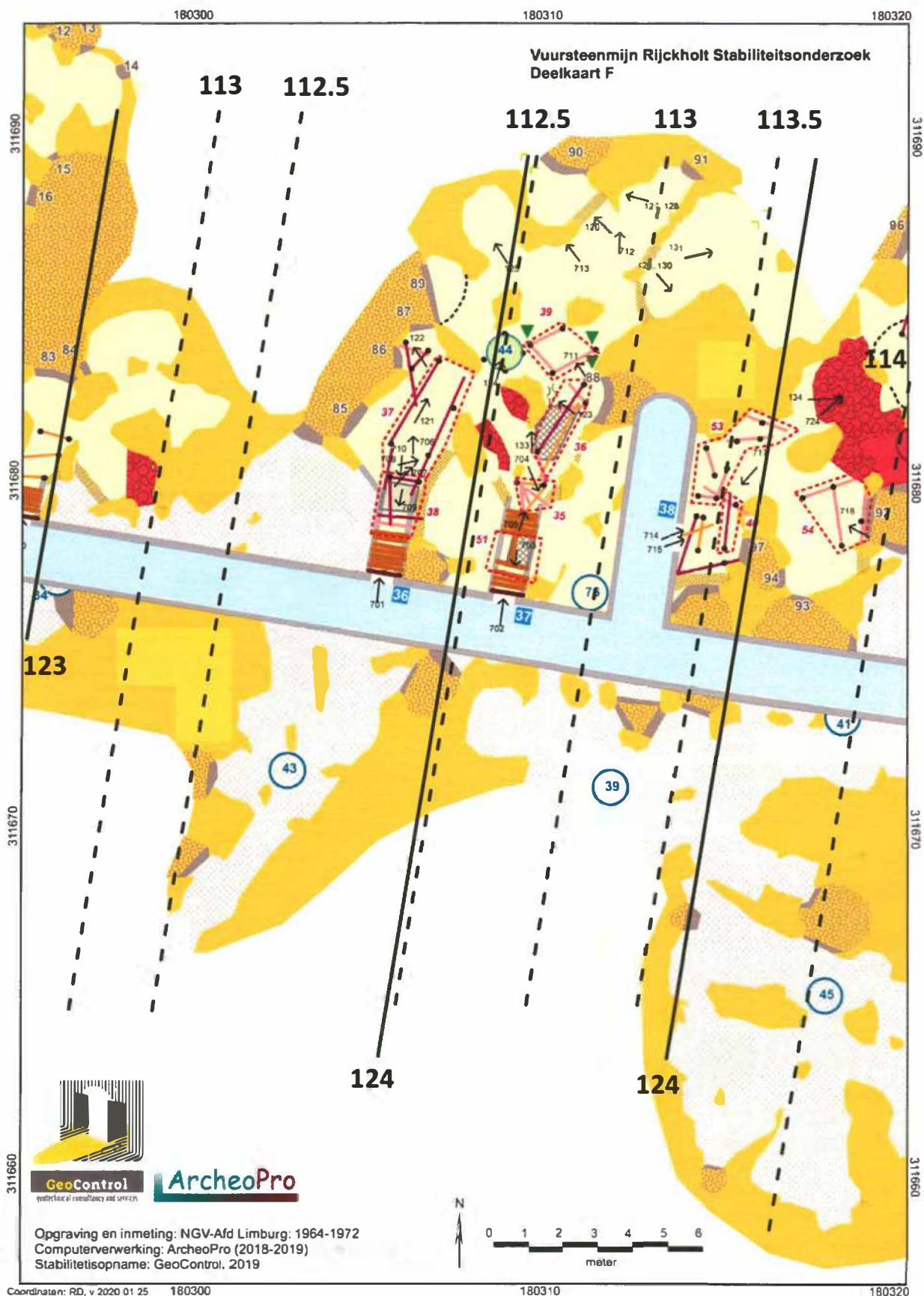
**Vuursteenmijn Rijckholt Stabiliteitsonderzoek
Deelkaart E**



Coördinaten: HD, v 2020 01 25

180280

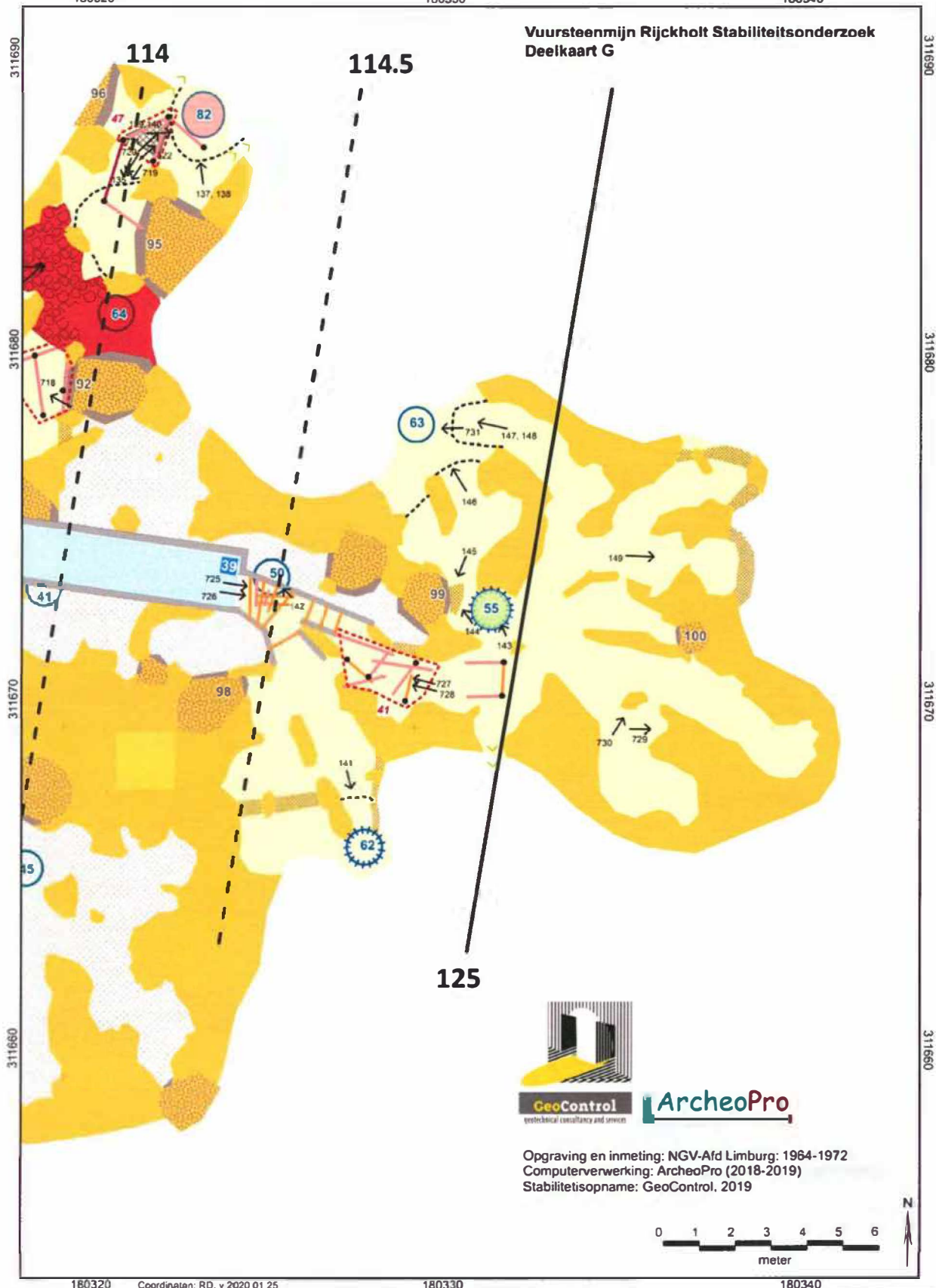
180290



180320

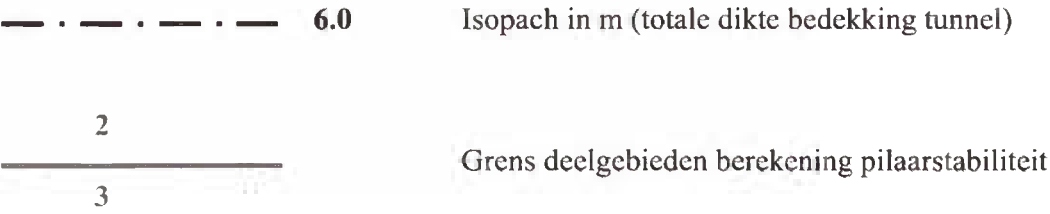
180330

180340

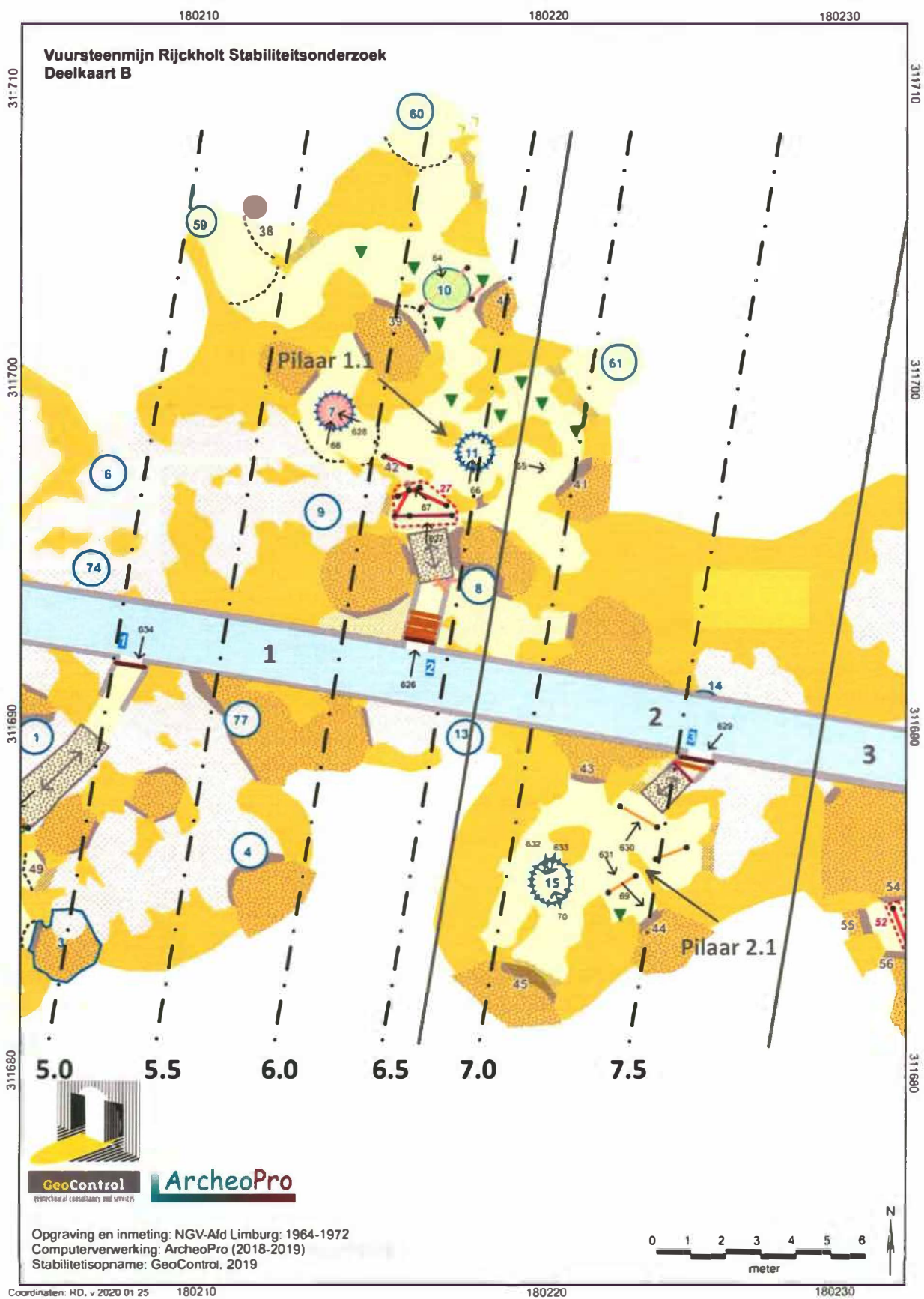


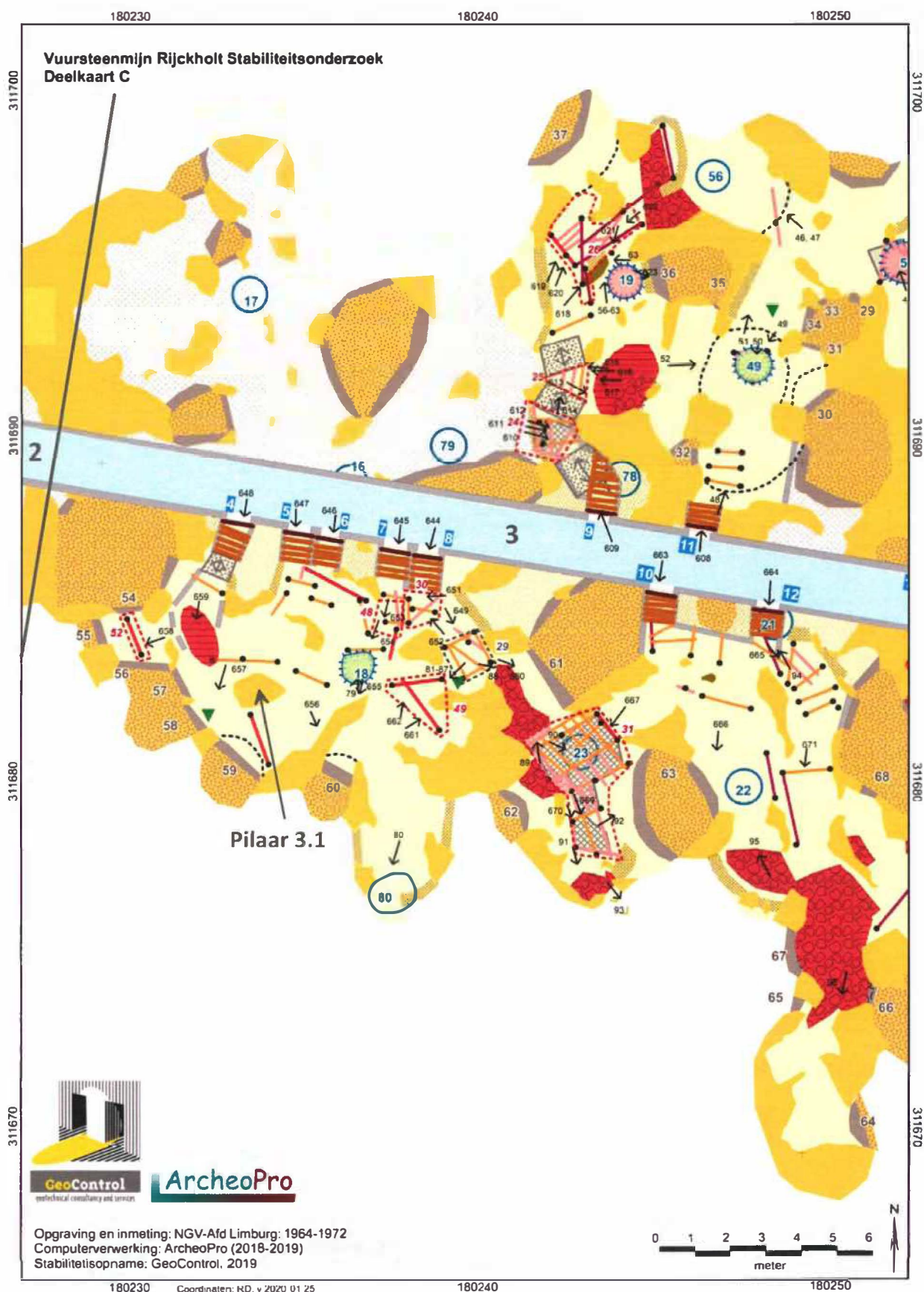
BIJLAGE 4

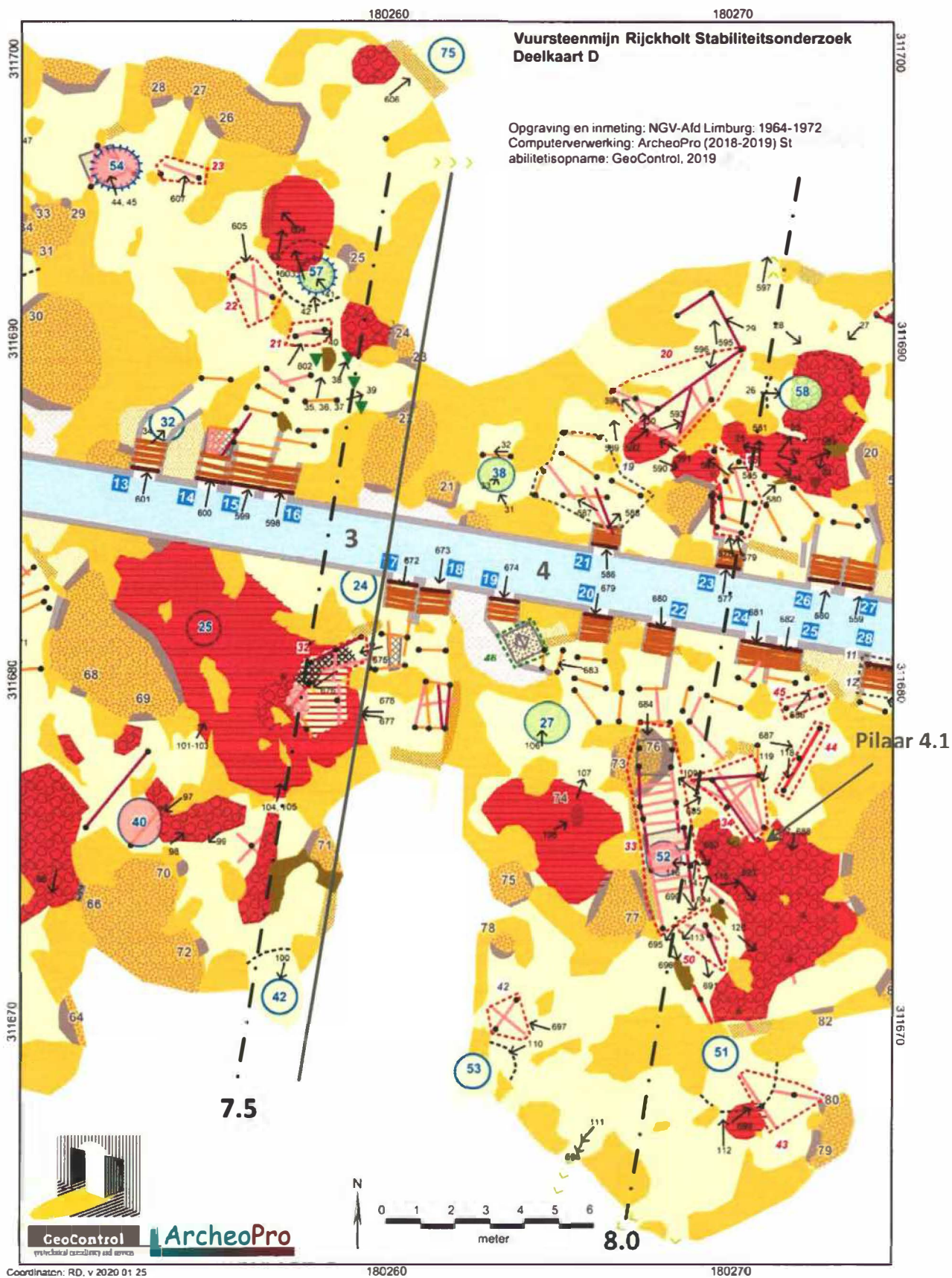
DEELKAARTEN A T/M G MET ISOPACHEN

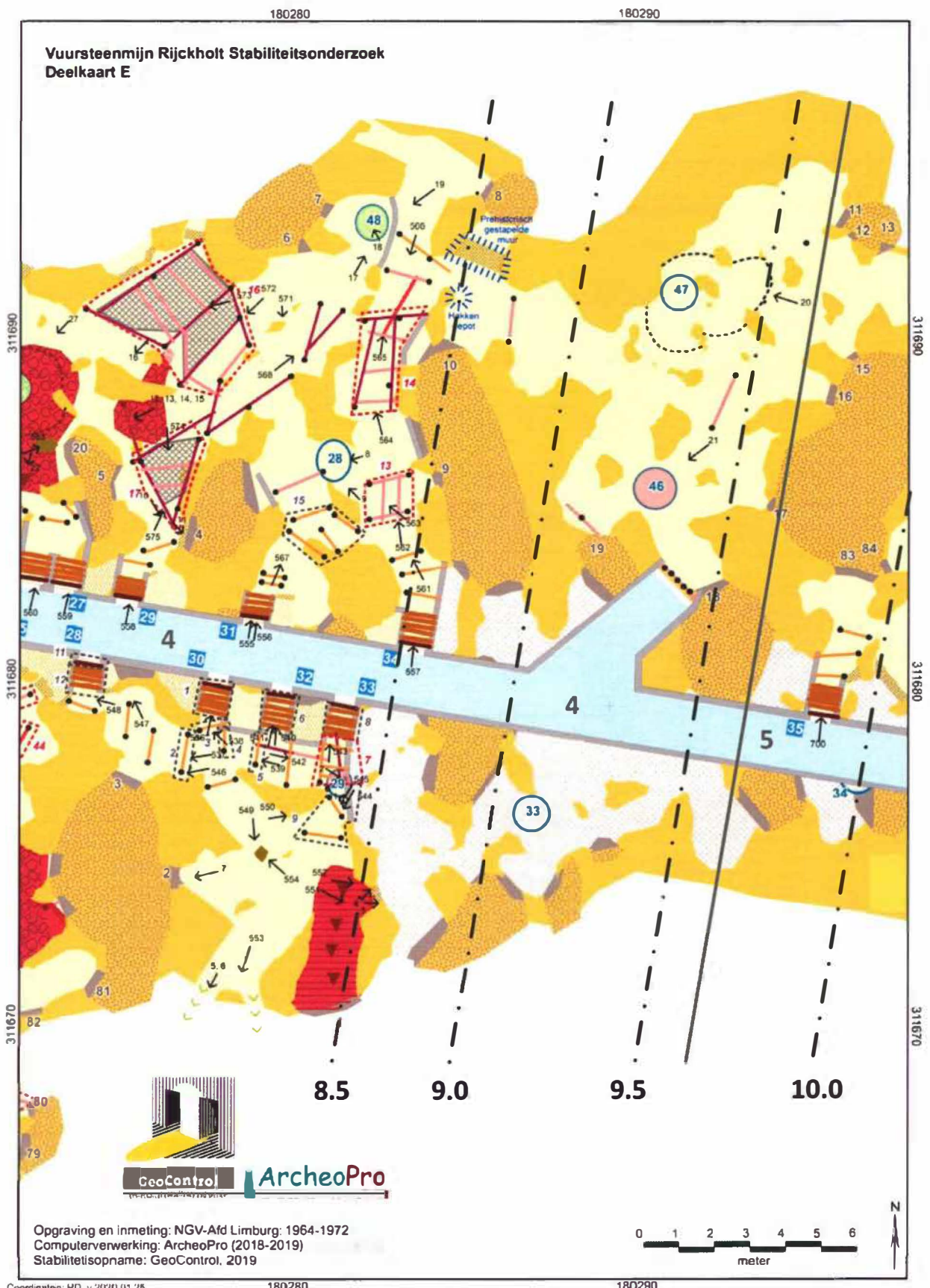


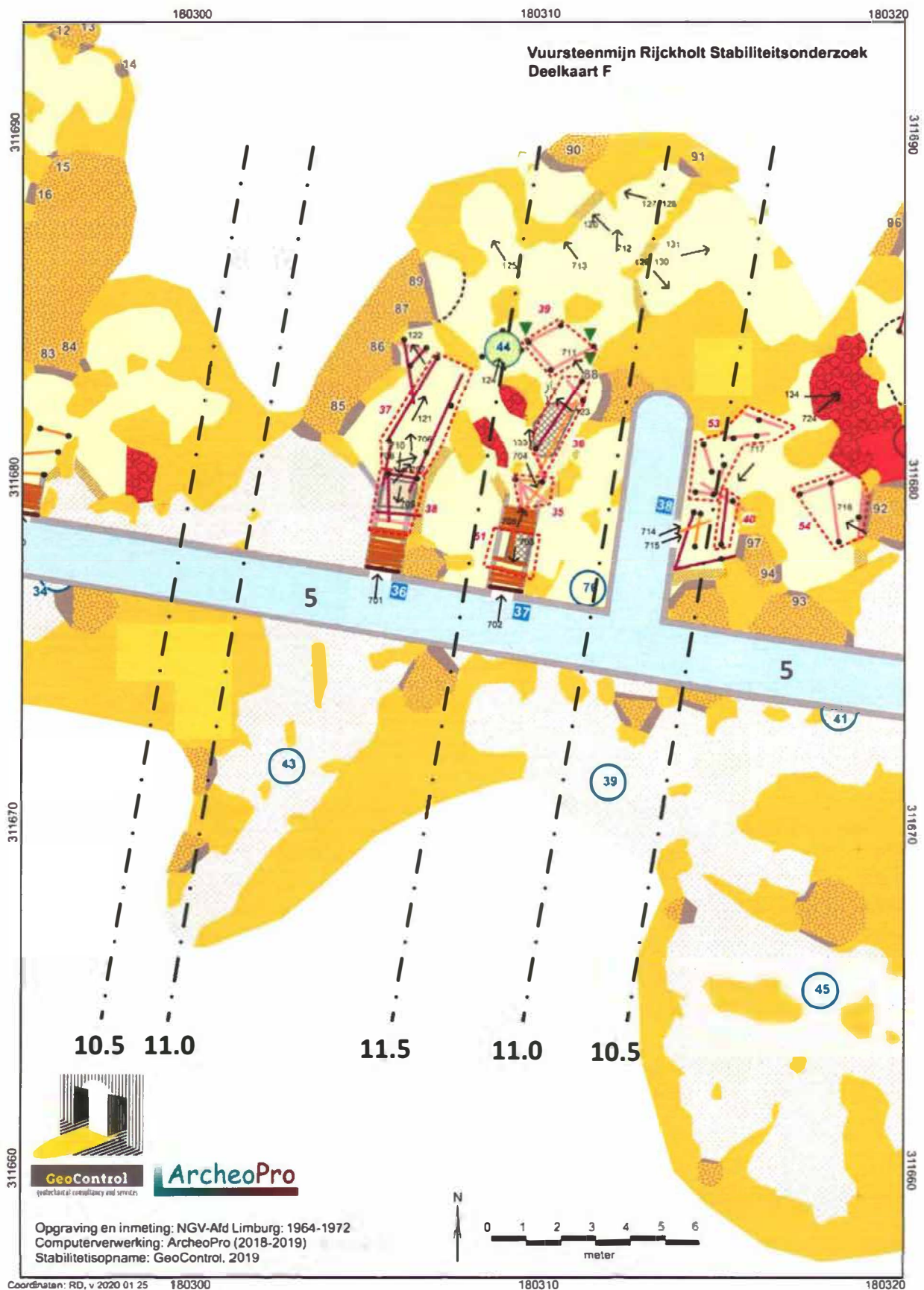


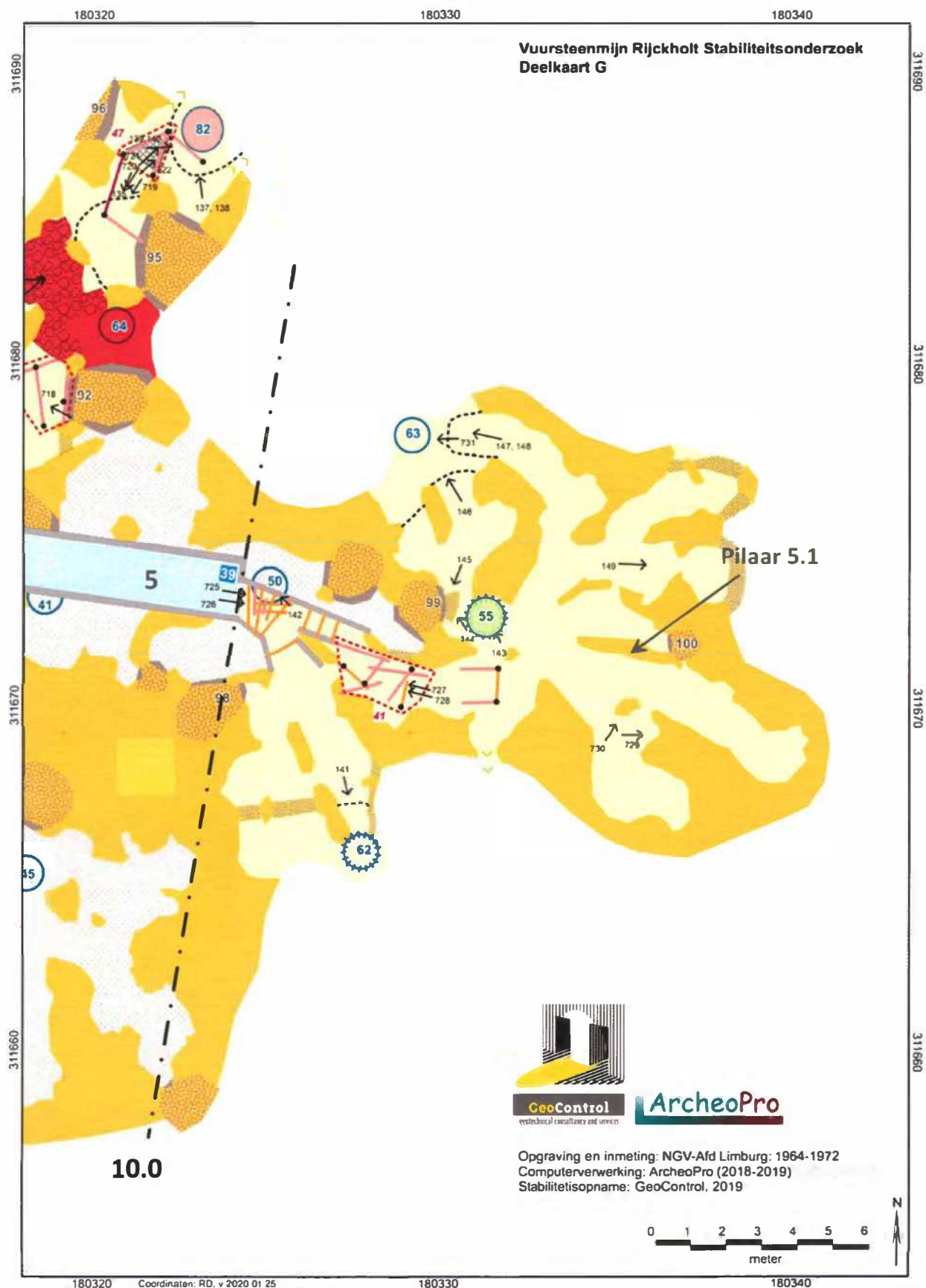












Nr.	Kaart	Venster	Nummer Versteving	Nummer Schacht	Nummer Aardpijp	Beschrijving
001	E	33	7	29		Combinatie van verstevigingen onder schacht
002	E	33	7	29		Combinatie van verstevigingen, doorgebogen U-profiel
003	E	33				Grens gekarteerd gebied
004	E	33				Grens gekarteerd gebied
005	E	33				Grens gekarteerd gebied
006	E	33				Grens gekarteerd gebied
007	E	33			2	
008	E	31		28		Combinatie van verstevigingen onder schacht
009	E	31		28		Kolom onder schacht
010	E	29			4	Gestapelde blokken mergel en vlechtwerk bij aardpijp
011	E	29			4	Aarde op vlechtwerk gevallen bij aardpijp
012	E	29				Recentelijk gevallen mergelfragmenten, instabiel dak
013	E	29				Recentelijk gevallen mergelfragmenten, instabiel dak
014	E	29				Recentelijk gevallen mergelfragmenten, instabiel dak
015	E	29				Recentelijk gevallen mergelfragmenten, instabiel dak
016	E	29				Recentelijk gevallen mergelfragment tegen kolom
017	E	29		48		Puin/grondkegel schacht
018	E	29		48		Schacht van onderen
019	E	29		48		Mergelmuurtje om puin/grondkegel tegen te houden
020	E	29		47		Puin/grondkegel schacht
021	E	29		46		Schacht van opzij
022	D	23				Plantenwortels
023	D	23		58		Recentelijk gevallen mergelfragmenten bij schacht, instabiel dak
024	D	23				Recentelijk gevallen mergelfragmenten bij schacht, instabiel dak
025	D	23				Recentelijk gevallen mergelfragmenten bij schacht, instabiel dak
026	D	23		58		Schacht van onderen
027	D	23		58		Puin/grondkegel schacht en dakinstorting
028	D	23		58		Puin/grondkegel schacht en dakinstorting
029	D	23	20			Recentelijk gevallen mergelfragmenten, instabiel dak
030	D	21				Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit pilaar/dak, instabiel dak
031	D	21		38		Schacht van onderen
032	D	21		38		kolommen omringd door grond uit schacht
033	D	21		38		kolommen omringd door grond uit schacht
034	D	13		32		Schacht van onderen
035	D	16				Klasse 2 pilaar met scheur door vuursteen waar je doorheen kan kijken

036	D	16			Klasse 2 pilaar met scheur door vuursteen waar je doorheen kan kijken
037	D	16			Klasse 2 pilaar met scheur door vuursteen waar je doorheen kan kijken
038	D	16			Plantenwortels
039	D	16	22,23		Puin/grondkegel aardpijp
040	D	16			Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak
041	D	16	57		Schacht van onderen
042	D	16	57		Puin/grondkegel schacht
043	D	16			Instabiele niet-afgegraven opvulling
044	D	16	54		Schacht van onderen
045	D	16	54		Schacht van onderen
046	C	11	56		Schacht van opzij met puin/grondkegel
047	C	11	56		Schacht van opzij met puin/grondkegel
048	C	11	32		Puin/grondkegel aardpijp rondom kolommen
049	C	11	49	32	Puin/grondkegel aardpijp rondom kolommen onder schacht
050	C	11	49		Schacht van onderen
051	C	11	35		Instabiele niet-afgegraven opvulling met daarboven een aardpijp
052	C	11	32		Ondersteuning van verpakijzer bezweken door leegstroming aardpijp
053	C	9	19		Puin/grondkegel schacht
054	C	9	19		Puin/grondkegel schacht
055	C	9	19		Puin/grondkegel schacht
056	C	9	19		Schacht van onderen
057	C	9	19		Schacht van onderen
058	C	9	19		Schacht van onderen
059	C	9	19		Schacht van onderen
060	C	9	19		Instroming van puin/grond op verpakijzer
061	C	9	19		Instroming van puin/grond op verpakijzer
062	C	9	19		Schacht van onderen
063	C	9	19		Schacht van onderen
064	B	2	10		Schacht van onderen
065	B	2	41		Aardpijp en plantenwortels
066	B	2	11		Schacht van onderen
067	B	2	27	42	Aardpijp en ondersteuning dak
068	B	2	7		Schacht van onderen
069	B	3	44		Aardpijp met muurtje van mergelblokken, plantenwortels
070	B	3	15		Schacht van onderen
071	A	1	2		Schacht van onderen
072	A	1	66		Schacht van onderen

073	A	1				Nis met vuursteen
074	A	1		3		Puin/grondkegel schacht
075	A	1		72		Schacht van onderen
076	A	1		69		Schacht van onderen, plantenwortels
077	A	1		71		Schacht van onderen
078	A	1		68		Schacht van onderen
079	C	8		18		Schacht van onderen
080	C	8		80		Schacht van opzij
081	C	8				Door lichte aanraking van Rene uit pilaar losgekomen vuursteenknol van minstens 20 kg
082	C	8				Door lichte aanraking van Rene uit pilaar losgekomen vuursteenknol van minstens 20 kg
083	C	8				Door lichte aanraking van Rene uit pilaar losgekomen vuursteenknol van minstens 20 kg
084	C	8				Door lichte aanraking van Rene uit pilaar losgekomen vuursteenknol van minstens 20 kg
085	C	8				Door lichte aanraking van Rene uit pilaar losgekomen vuursteenknol van minstens 20 kg
086	C	8				Door lichte aanraking van Rene uit pilaar losgekomen vuursteenknol van minstens 20 kg
087	C	8				Door lichte aanraking van Rene uit pilaar losgekomen vuursteenknol van minstens 20 kg
088	C	8		61		Bezweken ondersteuning door recente dakinstorting bij aardpijp
089	C	10		61		Aardpijp en fragmenten dakinstorting
090	C	10	31	23		Veel doorgebogen verpakijzer en vlechtwerk, los hangende fragmenten in dak
091	C	10				Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak
092	C	10		63		Puin/grondkegel aardpijp rondom kolommen
093	C	10				Grens gekarteerd gebied, open
094	C	12		21		Schacht van onderen
095	C	10		22		Puin/grondkegel schacht
096	C	10				Los hangende dakfragmenten
097	D	12		40		Schacht van onderen
098	D	12				Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak
099	D	12		70		Recentelijk leeggestroomde aardpijp
100	D	12		42		Schacht van onderen
101	D	12				Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak, vlechtwerk bedolven, doorgang levensgevaarlijk
102	D	12				Sterk doorgebogen strippen en verpakijzers, doorgang levensgevaarlijk
103	D	12				Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak, vlechtwerk bedolven, doorgang levensgevaarlijk
104	D	12				Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak, doorgang levensgevaarlijk
105	D	12				Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak, doorgang levensgevaarlijk
106	D	20		27		Schacht van onderen
107	D	20				Los hangende dakfragmenten
108	D	20		74		Aardpijp van onderen
109	D	24		76		Aardpijp met opvang

110	D	24		53	Puin/grondkegel schacht
111	D	24			Grens gekarteerd gebied, open
112	D	24		51	Puin/grondkegel schacht
113	D	24			Klasse 2 pilaar met scheur door vuursteen
114	D	24			Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak; doorgang levensgevaarlijk
115	D	24			Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak; doorgang levensgevaarlijk
116	D	24		52	Schacht van onderen
117	D	24			Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak, doorgang levensgevaarlijk
118	D	24			Los hangende dakfragmenten, doorgang levensgevaarlijk
119	D	24			Los hangende dakfragmenten, doorgang levensgevaarlijk
120	D	24		82	Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak, doorgang levensgevaarlijk
121	F	36	37		Los hangende dakfragmenten
122	F	36	37	86,87	Puin/grondkegel aardpijp rondom kolommen
123	F	37			Recentelijk gevallen mergelfragmenten uit pilaar/dak, instabiel dak
124	F	37		44	Schacht van onderen
125	F	37			Nis met deels nog aanwezige opvulling
126	F	37		90	Groot blok gevallen uit dak bij aardpijp
127	F	37			Kapsporen onder vuursteenknol
128	F	37			Kapsporen onder vuursteenknol
129	F	37			Inspoelingen en ijzerafzettingen
130	F	37			??
131	F	37			Grens gekarteerd gebied, open
132	F	37			Sfeerfoto Roland
133	F	37			Pilaarscheur
134	F	38			(Recentelijk) gevallen mergelfragmenten uit dak, instabiel dak
135	G	38		95	Puin/grondkegel aardpijp rondom kolommen, ook verpakijzer deels bedolven
137	G	38		82	Schacht met onopvang
138	G	38		82	Schacht met onopvang
139	G	38		82	Schacht met onopvang
140	G	38		82	Schacht met onopvang
141	G	39		62	Puin/grondkegel schacht
142	G	39		50	Schacht van onderen
143	G	39		55	Schacht van onderen
144	G	39		99	Aardpijp en gangopvulling
145	G	39		99	Puin/grond aardpijp bovenop opvulling
146	G	39		63	Schachttopvulling
147	G	39		63	Schachttopvulling

148	G	39		63	Schachtopvulling
149	G	39			Grens gekarteerd gebied, met kleine opening
536	E	30	1		H-profiel en serie brede U-profielen
537	E	30	2,10,11		Smalle U_profielen
538	E	30	3,1		Smalle U-profiel, brede U-profielen en betonnen muur
539	E	30	5,4,3,2,10		Smalle U-profielen
540	E	32	6		H-profiel en serie brede U-profielen
541	E	32	6		H-profiel en serie brede U-profielen, daarboven losse dakfragmenten
542	E	32,33	7	29	Combinatie van verstevigingen; schacht 29 met mogelijk onvoldoende opvang
543	E	33	8		Combinatie van verstevigingen
544	E	33	9		Smalle U_profielen
545	E	33	9		Smalle U_profielen
546	E	28,30	2		Betonvoet onder kolom
547	E	28,30	11		Betonsteen onder kolom
548	E	28	12		Combinatie van verstevigingen met stapelmuurtje en ondersteunde losse dakfragmenten
549	E	30			Pilaar klasse 2, ernstige drukschade aan de andere kant (foto 554)
550	E	30			Pilaar klasse 1
551	E	33			In horizontaal karstvlak ingespoelde grond met plantenwortels in het dak
552	E	33			In horizontaal karstvlak ingespoelde grond met plantenwortels in het dak
553	E	33			Grens gekarteerd gebied
554	E	30			Pilaar klasse 2
555	E	31			Kolommen en smalle U-profielen direct achter het venster
556	E	31			Kolommen en smalle U-profielen direct achter het venster
557	E	34			Kolommen en U-profielen direct achter het venster
558	E	29			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
559	E	27			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
560	E	26			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
561	E	34			Smal U-profiel met betonstenen tussen profiel en dak
562	E	34	13		Doorbuigende verpakijzers
563	E	34	13		Doorbuigende verpakijzers onder losse dakfragmenten
564	E	34	14		Combinatie van verstevigingen
565	E	34	14		Combinatie van verstevigingen onder losse dakfragmenten
566	E	34	14		Doorbuigende strip
567	E	31	15		Combinatie van verstevigingen
568	E	31			Balken onder losse dakfragmenten
571	E	31			Pilaar klasse 1
572	E	29	16		Combinatie van verstevigingen

573	E	29	16		Combinatie van verstevigingen met doorbuigende balk
574	E	29	17		Combinatie van verstevigingen met doorbuigende balk onder losse dakfragmenten
575	E	29	17		Doorbuigende balk, verpakijzer en vlechtwerk onder losse dakfragmenten
577	D	23	18		Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
578	D	23	18		Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
579	D	23	18		Combinatie van verstevigingen direct achter het venster, doorbuigend verpakijzer
580	D	23			Pilaar klasse 2
581	D	23	18		Tegen kolom aangevallen brokstukken uit pilaar (enkel dm^3)
582	D	23			Brokstukken uit pilaar op grind van aardpijp gevallen
583	D	23			Fragmenten uit dak en pilaar op de vloer gevallen (enkele dm^3)
584	D	23			Daklaag hangt geheel los, laagvlakken tot meer dan 1 cm open
585	D	23	18		Doorbuigend U-profiel en dakfragmenten op de vloer
586	D	21	19		Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
587	D	21	19		Combinatie van verstevigingen
588	D	21	19		Combinatie van verstevigingen
589	D	21			Fragmenten uit dak en pilaar op de vloer gevallen (enkele dm^3)
590	D	21	18		Brokstukken uit pilaar op grind van aardpijp gevallen
591	D	21			Los hangende dakfragmenten
592	D	21	20		Combinatie van verstevigingen onder losse dakfragmenten
593	D	21	20		Combinatie van verstevigingen met doorbuigend verpakijzer onder losse dakfragmenten
594	D	21	20		ca. 0.5 m^3 uit dak gevallen tegen kolom
595	D	21	20		Fragmenten uit dak en pilaar op de vloer gevallen (enkele dm^3)
596	D	21	20		Groot blok in het dak rust op balk
597	D	21			Open gangen in niet gekarteerd gebied
598	D	16			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
599	D	15			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
600	D	14			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
601	D	13		32	Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
602	D	14,15,16	21		Doorbuigend verpakijzer
603	D	14,15,16			Los hangende dakfragmenten en instabiele stapelmuur
604	D	14,15,16			Los hangende dakfragmenten en instabiele stapelmuur
605	D	14,15,16	22		Verpakijzers
606	D	14,15,16			Grens gekarteerd gebied met losse dakfragmenten
607	D	14,15,16	23		Verpakijzer ondersteund door slechts 1 kolom
608	C	11		32	Combinatie van verstevigingen direct achter het venster, met om kolom heen leeggelopen aardpijp
609	C	9			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster, incl. halfrond segment
610	C	9	24		Combinatie van verstevigingen direct achter het venster, doorbuigend verpakijzer

611	C	9	24		Combinatie van verstevigingen direct achter het venster, doorbuigend verpakijzer
612	C	9	24		Combinatie van verstevigingen direct achter het venster, doorbuigend verpakijzer
613	C	9			Fragmenten uit pilaar op de vloer gevallen (enkele 0.1 m ³)
614	C	9	25		Doorgebogen en gebarsten halfroond segment onder losse darfragmenten
615	C	9	25		Doorgebogen en gebarsten halfroond segment onder losse darfragmenten
616	C	9	25		Doorgebogen en gebarsten halfroond segment onder losse darfragmenten
617	C	9	25		Doorgebogen verpakijzers en U-profielen onder losse dakfragmenten
618	C	9			Pilaar klasse 2, met verpakijzers en puin omhuld, en verder met kolommen verstevigd
619	C	9	26		Doorbuigende strippen en verpakijzers onder losse dakfragmenten
620	C	9	26		Doorbuigende strippen en verpakijzers onder losse dakfragmenten
621	C	9	26		Pilaar klasse 2
622	C	9	26		Combinatie van verstevigingen
626	B	2			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
627	B	2	27		Doorbuigende strippen onder losse dakfragmenten
628	B	2		7	Kapsoren
629	B	3			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
630	B	3			Combinatie van stabiele verstevigingen direct achter het venster
631	B	3			Stabiel U-profiel, kolommen op betonsteen, plantenwortels
632	B	3		15	Kapsoren
633	B	3		15	Kapsoren
634	B	1			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
635	A	1	27A		Doorbuigende strip
636	A	1	27A		Doorbuigende strip
637	A	1		5	Schacht met puin afgedicht, versterkt met kolommen en verpakijzer
638	A	1			Pilaarklasse 0, nagenoeg geen drukschade door kleine bedekking
639	A	1	28		Betonlateien balken
640	A	1			0.2 m ³ mergel uit dak gevallen op ondersteuning, alleen kolom staat nog
641	A	1		81	
642	A	1		70	
643	A	1		70	Voor minder dan 50 % van de doorsnede opgevangen met verticaal aangebracht verpakijzer, kolommen en U-profielen
644	C	8	30		Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
645	C	7	48		Combinatie van verstevigingen direct achter het venster, met onderaan doorgeroeste kolom
646	C	6	48		Combinatie van verstevigingen direct achter het venster, met onderaan doorgeroeste kolom
647	C	5			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster, met onderaan doorgeroeste kolom
648	C	4			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
649	C	8	29		Combinatie van stabiele verstevigingen
651	C	8	30		Combinatie van verstevigingen

652	C	8	30		Combinatie van verstevigingen
653	C	7	48		Doorgeroeste kolom
654	C	7		18	8*8 cm zwaar profiel (8 mm dik) onder dak bij schacht
655	C	7			Pilaar klasse 1
656	C	7			Pilaar klasse 1
657	C	4			Recente dakinstorting
658	C	4	52		Doorbuigende strip
659	C	4			tot 0.2 m ³ grote losse dakfragmenten
660	C	8		61	Dakinstorting na opgraving, vlechtwerk steekt boven puin uit
661	C	8	49		Strip onder grote overspanning
662	C	8	49		Strip onder grote overspanning
663	C	10			Combinatie van stabiele verstevigingen direct achter het venster
664	C	12			Combinatie van stabiele verstevigingen direct achter het venster
665	C	12			Combinatie van verstevigingen, stabiel
666	C	12			Bezweken pilaar met residuaire sterkte, 1 m breed en 0.5 m hoog
667	C	10	31		Combinatie van verstevigingen met doorbuigend verpakijzer en profielen onder losse dakfragmenten
669	C	10	31		Combinatie van verstevigingen met doorbuigend verpakijzer en profielen onder losse dakfragmenten
670	C	10	31		Combinatie van verstevigingen met doorbuigend verpakijzer en profielen onder losse dakfragmenten
671	C	12			Fragmenten uit pilaar recentelijk op de vloer gevallen
672	D	17			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
673	D	18			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
674	D	19			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
675	D	17	32		Zeër gammele ondersteuning onder zeer instabiel dak: doorgang levensgevaarlijk
676	D	18	32		Zeër gammele ondersteuning onder zeer instabiel dak, deels al ingestort: doorgang levensgevaarlijk
677	D	18			Zeër gammele ondersteuning onder zeer instabiel dak: doorgang levensgevaarlijk
678	D	18			Zeër gammele ondersteuning onder zeer instabiel dak: doorgang levensgevaarlijk
679	D	20			Combinatie van stabiele verstevigingen direct achter het venster
680	D	22			Combinatie van stabiele verstevigingen direct achter het venster
681	D	24			Combinatie van stabiele verstevigingen direct achter het venster
682	D	25			Combinatie van verstevigingen direct achter het venster
683	D	19	46		Half rond segment voldoet nog?
684	D	22	33	71,73	Doorbuigende dunne platen en verpakijzer
685	D	22	34		Combinatie van verstevigingen met doorbuigend verpakijzer onder losse dakfragmenten
686	D	25	45		Opvulling poort 25 met brokken mergel en zakken mergelpoeder; doorbuigend verpakijzer
687	D	25	44		Doorbuigende strip
688	D	25			Recente dakinstortingen: doorgang levensgevaarlijk
690	D	22	50		Strippen en verpakijzers onder losse dakfragmenten, daartussen in hangt ook veel los

691	D	22			Recente dakinstortingen: doorgang levensgevaarlijk
692	D	22			Recente dakinstortingen: doorgang levensgevaarlijk
693	D	22			Recente dakinstortingen: doorgang levensgevaarlijk
694	D	22			Recente dakinstortingen: doorgang levensgevaarlijk
695	D	22			Gevaarlijke doorgang naar stabiel gebied; klasse 2 pilaar met 5 cm brede barst; rechts 5cm verzet in dak
696	D	22			Klasse 2 pilaar met 5 cm brede barst
697	D	22	42		Doorbuigende strippen onder losse dakfragmenten; zeer instabiel dak
698	D	22			Grens gekarteerd gebied met losse dakfragmenten
699	D	22	43		Doorbuigend verpakijzer onder losse dakfragmenten
700	E	35			Combinatie van stabiele verstevingen direct achter het venster
701	F	36	38		Combinatie van instabiele verstevingen direct achter het venster
702	F	37	51		Combinatie van instabiele verstevingen direct achter het venster
703	F	37	51		Combinatie van instabiele verstevingen direct achter het venster
704	F	37	35		Combinatie van instabiele verstevingen direct achter het venster; cm brede barsten in betonsteen muur
705	F	37	36		Doorbuigende strippen en verpakijzers onder losse dakfragmenten
706	F	36	37		Doorbuigende strippen onder losse dakfragmenten; zeer instabiel dak
707	F	36	37		Doorbuigende strippen onder losse dakfragmenten; zeer instabiel dak
708	F	36	37		Doorbuigende strippen onder losse dakfragmenten; zeer instabiel dak
709	F	36	38		Doorbuigende U-profielen onder losse dakfragmenten
710	F	36	38		Grote blokken in het dak rusten op dunne plaat
711	F	37	39		Doorbuigend verpakijzer onder losse dakfragmenten, plantenwortels
712	F	37			Klei-inspoelingen in daklagen
713	F	37			Klei-inspoelingen in daklagen
714	F	38	40		Combinatie van instabiele verstevingen direct achter het venster
715	F	38	40		Combinatie van instabiele verstevingen direct achter het venster
717	F	38	40		Doorbuigend verpakijzer onder losse dakfragmenten
718	F	38	54		Doorbuigend verpakijzer onder losse dakfragmenten
719	G	38	47		96 Aardpijp leeggelopen om kolom en verpakijzer
720	G	38	47		96 Aardpijp leeggelopen om kolom en verpakijzer
721	G	38	47	82	Verpakijzer en vlechtwerk onder losse dakfragmenten
722	G	38	47	82	Verpakijzer en vlechtwerk onder losse dakfragmenten
725	G	39		50	Combinatie van stabiele verstevingen direct achter het venster
726	G	39		50	Combinatie van verstevingen onder schacht
727	G	39	41		Verpakijzer en houten stut
728	G	39	41		Verpakijzer en houten stut
729	G	39			Inspoelingen van zang, grind en klei in karstholtes
730	G	39			Inspoelingen van zang, grind en klei in karstholtes

731	G	39	63	Schachtopvulling van brokjes mergel, zand en klei
-----	---	----	----	---

BIJLAGE 6

FOTO'S STABILITEITSONDERZOEK

Nr.	Kaart	Foto Nr.	Beschrijving	Bijzonderheden	Stabiel voor 30 jaar	Categorie
1	E	536,538,	H-balk en dikke U-profilen achter poort 30		Ja	1
2	E	537, 539	IJzeren U-profiel achter poort 30		Ja	1
3	E	538,539	IJzeren U-profiel achter poort 30		Ja	1
4	E	539	IJzeren U-profiel achter poort 30		Ja	1
5	E	539	IJzeren U-profiel achter poort 32		Ja	1
6	E	540,541	H-balk en dikke U-profilen achter poort 32		Ja	1
7	E	001,002,542	Combinatie van verstevigingen achter poort 33, deels onder schacht 29	U-profiel verbogen	Nee	3
8	E	543	H-balk en dikke U-profilen achter poort 33		Ja	1
9	E	544,545	IJzeren U-profielen achter poort 33		Ja	1
10	E	537,539	IJzeren U-profiel achter poort 30		Ja	1
11	E	537,547	IJzeren U-profiel achter poort 28		Ja	1
12	E	548	H-balk en dikke U-profilen achter poort 28		Ja	1
13	E	562,563	Verpakijzer achter poort 34	Verpakijzer licht verbogen	Nee	3
14	E	564-566	Combinatie van verstevigingen diep achter poorten 31 en 34	Los hangende dakfragmenten rusten deels niet op verpakijzer	Nee	3
15	E	567	IJzeren U-profielen achter poort 31		Ja	1
16	E	572,573	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 29	Veel verpakijzer en vlechtwerk	Nee	3
17	E	574,575	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 29	Veel verpakijzer en vlechtwerk, buigt deels door, los hangende dakfragmenten	Nee	3
18	D	577-579,581,585,590	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 23	Verpakijzer en U-profiel hangt door, losse dakfragmenten	Nee	3
19	D	586-588	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 21		Ja	1
20	D	029,592-596	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 21	Veel verpakijzer en vlechtwerk, deels verbogen, groot brok dak van enkele m ³ rust op balk	Nee	3
21	D	602	Verpakijzer achter poorten 13, 15 en 16	Sterk verbogen verpakijzer	Nee	3
22	D	605	Verpakijzer achter poorten 13, 15 en 16	Verbogen verpakijzer	Nee	3
23	D	607	Verpakijzer achter poorten 13, 15 en 16	Verpakijzer op 1 kolom	Nee	3
24	C	610-612	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 9	Veel verpakijzer en vlechtwerk, los hangende fragmenten in dak	Nee	3
25	C	614-617	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 9	Veel verpakijzer en vlechtwerk, veel los hangende fragmenten in dak; U-profiel en verpakijzer verbogen; Halfroond segment verbogen, gebarsten, doorgeroest	Nee	3
26	C	619-622	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 9	Veel verpakijzer en vlechtwerk, los hangende fragmenten in dak	Nee	3
27	B	067,627	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 2	Vooraf dunne strippen	Nee	3
27A	A	635,636	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 1	Vooraf dunne strippen, maar dak nog vrij goed	Ja/Nee	2
28	A	639	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 1	Vooraf dikke ijzeren balken en beton lateien	Ja/Nee	2
29	C	649	U-profielen achter poort 8		Ja	1
30	C	644,651,652	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 8	Verpakijzer en zelfs ijzeren balk verbogen	Nee	3
31	C	090,667-670	Combinatie van verstevigingen diep achter poorten 8 en 10	Veel vergebogen verpakijzer en vlechtwerk, los hangende fragmenten in dak	Nee	3
32	D	675,676	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 17	Veel vergebogen verpakijzer en vlechtwerk, los hangende fragmenten in dak; achterin dak ingestort en strip sterk verbogen; RB en RH zijn niet verder gegaan, te gevaarlijk	Nee	3
33	D	684	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 22	Alleen dunne platen en verpakijzer	Nee	3
34	D	685	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 24	Voornamelijk verpakijzer	Nee	3
35	F	704	Combinatie van verstevigingen achter poort 37	Betonsteen gebarsten, veel verpakijzer en vlechtwerk	Nee	3

Nr.	Kaart	Foto Nr.	Beschrijving	Bijzonderheden	Stabiel voor 30 jaar	Categorie
36	F	705	Combinatie van verstevigingen achter poort 37	Veel verpakijzer en vlechtwerk, vergebogen	Nee	3
37	F	121,122,706-708	Combinatie van verstevigingen achter poort 36	Sterk vergebogen balken	Nee	3
38	F	709-710	Combinatie van verstevigingen achter poort 36	Sterk vergebogen balken onder zeer los dak, grote losse dakfragmenten op dunne plaat	Nee	3
39	F	711	Combinatie van verstevigingen achter poort 37	Verpakijzer, sterk vergebogen	Nee	3
40	F	714-717	Combinatie van verstevigingen achter poort 38	Balk rust op verpakijzer onder dikke losse dakfragmenten	Nee	3
41	G	727,728	Combinatie van verstevigingen achter poort 39	U-profiel rust op houten stut: vervangen door stalen stut	Nee	3
42	D	697	Verpakijzers diep achter poorten 22 en 24	Zeer los dak	Nee	3
43	D	699	Verpakijzers diep achter poorten 22 en 24	Zeer los dak	Nee	3
44	D	687	Dunnen strippen achter poorten 22 en 24	Sterk verbogen	Nee	3
45	D	686	Verpakijzer achter poorten 22 en 24	Verbogen	Nee	3
46	D	683	Halfroond segment achter poort 19		Ja/Nee	2
47	G	719-722	Combinatie van verstevigingen diep achter poort 38	Veel verpakijzer en vlechtwerk	Nee	3
48	C	645,646,653	Combinatie van verstevigingen achter poort 7	Doorgeroeste ijzeren kolom	Nee	3
49	C	661-662	Dunne strippen achter poorten 7-8	Alleen dunne strippen bij grote overspanning	Nee	3
50	D	690	Combinatie van verstevigingen achter poorten 22, 24	Verpakijzer onder los dak	Nee	3
51	F	702,703	Combinatie van verstevigingen achter poort 37	Verpakijzer en vlechtwerk onder los dak	Nee	3
52	C	658	Dunne strip achter ingang 4	Verbogen	Nee	3
53	F	-	Verpakijzers achter poort 38	Verbogen verpakijzer	Nee	3
54	F	718	Verpakijzers diep achter poort 38	Verbogen verpakijzer	Nee	3

Samenstelling: gr=grind, z=zand, k=klei, b=brokken mergel/vuursteen, m=kalksteenpoeder

Cohesie: l=laag, m=middel, h=hoog

Dikte plaatstaal: ca. 5 mm

NB: Schachten die van onderen niet zijn opgevangen zijn beoordeeld op leegloopgevaar: schachten die wel van onderen zijn opgevangen zijn beoordeeld op stabiliteit van de opvang

Nr.	Kaart	Foto Nr.	Kap/hijs sporen	Min. Diam. of cm*cm	Samenstelling	Cohesie	Type leegstroming	Volume uitstroom (m ³)	Hoogte uitstroom (cm)	Opvangconstructie (beschrijving)	Verdere bijzonderheden	Opvang Stabiel voor 30 jaar	Leeg stroom gevaar	Categorie
2	A	071	J	110*110	?	?	v	1	130	1 stevige stempel met dik plaatwerk 130 cm boven groevedak		Ja	-	1
3	A	074	N	?	?	?	s	-	-	Geen	Puinkegel is van 1 kant te zien	-	nihil	1
5	A	637	?	?	?	?	s/u	?	?	Geen	Puinkegel nog geheel aanwezig; aan NO kant met puin, kolommen en verpakijzer afgedicht	-	nihil	1
7	B	628	J	90*90	m+b	l	d	1.5	200	Geen	Puinkegel lijkt recent; bij leeglopen zal de puinkegel zich niet sterk uitbreiden	-	groot	4
10	B	064	N	150*140	k+gr+b	l	v	1	50	3 kolommen met U-profielen en daarop verpakijzer; grote overspanning verpakijzer dat licht doorbuigt		Ja/Nee	-	3
11	B	066	J	90*90	?	?	v	1.5	190	1 stevige stempel met dik plaatwerk 190 cm boven groevedak		Ja	-	1
15	B	070,632-633	J	110*150	z+gr	l	d/v	1.5	150	1 stevige stempel met dik plaatwerk en wat	Stempel staat in de puinkegel; tijdens aanbrengen ondersteuning schachtvulling deels leeggestroemd?	Ja	-	1
18	C	079,654	J	90*90	k+z+v+gr	h	v	2	270	verpakijzer 150 cm boven groevedak	Geen puinkegel	-	klein	2
19	C	053-063	J	100*90	k+gr+b	h	v	3	400	3 kolommen met U-profielen en verpakijzer, waarop een gedeelte van de schachtvulling op is gevallen; opvangconstructie bevindt zich boven het groevedak	Onder de opvangconstructie deel puinkegel nog aanwezig	Nee	-	4
21	C	094	N	?	k+z+gr	l	v	?	?	Ondersteund door betonnen muren en dikke U-profielen bij poort 12	Schacht zelf niet zichtbaar	Ja	-	1
22	C	095	N	?	k+z+gr+m	h	s	-	-	Geen	Puinkegel nog geheel aanwezig	-	nihil	1

Tabel 8. Schachten

Nr.	Kaart	Foto Nr.	Kap/hijs sporen	Min. Diam. of cm*cm	Samenstelling	Cohesie	Type leegstroming	Volume uitstroom (m^3)	Hoogte uitstroom (cm)	Opvangconstructie (beschrijving)	Verdere bijzonderheden	Stabiel voor 30 jaar	Leeg stroom gevaar	Categorie
23	C	090	N	?	?	?	v	?	?	8 kolommen met daarop U-balken, verpakijzer en vlechtwerk, die deels doorbuigen; bovenop vlechtwerk veel mergelblokken gestapeld	Schacht zelf niet zichtbaar	Nee	-	4
27	D	106	N	110*110	gr+z+k+m	l	v	1	180	1 stevige stempel met dun plaatwerk 180 cm boven groevedak; plaatwerk buigt door 1 dikke kolom in goede staat met daarop 3 U-profielen die stevig in de mergel zijn ingekast; daarboven plaatstaal en wat vlechtwerk	Schacht zelf niet zichtbaar	Ja/Nee	-	3
28		008,009	N	100*110	b+k	l	v	1	100	Opvulling schacht door U-profiel, verpakijzers en vlechtwerk, die rusten op 1 kolom en een betonnen muur; dak naast schacht opgevangen door kolom/muur met doorbuigend U-profiel		Ja	-	1
29		001,002,542	N	80*110	b+k	l	v	1	100	Volledig bekleding van de schacht door betonsteen en stalen kokersegmenten tot aan het maaiveld	Schacht is dus geheel open	Ja/Nee	-	3
32	D	034,601	N	100	-	-	l	?	?	Laag muurtje rand puinkegel; dak nabij	Kolommen zijn door grond omgeven; er is dus grond uit de schacht gestroomd na het aanbrengen van de kolommen; redelijk stabiele grondkoepel in schacht	Ja	-	1
38	D	031-033	N	100*100	k+gr	h	d/v	2	250	schacht ondersteund door 2 kolommen en U-balk; schacht zelf niet ondersteund 2 kolommen met U-profielen, verpakijzer en vlechtwerk	Grote mergelbrokken over meer dan 1 m hoogte rusten op opvangconstructie	-	klein	2
40	D	097	N	120*150	?	?	d/v	1	80	Geen	Puinkegel nog geheel aanwezig	Nee	-	4
42	D	100	N	?	z+k+gr	m	s	-	-			-	nihil	1
44	F	124	N	130*120	k+z+gr	l	d/v	1	100	4 kolommen met daarop U-profielen, verpakijzer en vlechtwerk	Schacht zelf niet zichtbaar	Ja/Nee	-	3
46	E	021	N	130	gr+k+m	m	v	1	90	Geen	Klein hoopje grond op de vloer gestroomd, bij verder leegstromen wordt tunnel niet bereikt	-	Groot	4

Tabel 8. Schachten

Nr.	Kaart	Foto Nr.	Kap/hijs sporen	Min. Diam. of cm*cm	Samenstelling	Cohesie	Type leegstroming	Volume uitstroom (m^3)	Hoogte uitstroom (cm)	Opvangconstructie (beschrijving)	Verdere bijzonderheden	Stabiel voor 30 jaar	Leeg stroom gevaar	Categorie
47	E	020	N	?	gr+k+z	m	s	-	-	Geen	Opvulling en puinkegel zijn nooit weggegraven en dus nog intact: schacht zelf niet zichtbaar	-	nihil	1
48	E	017-019	N	100*110	z+gr+k	l	d/v	2.5	300	De puinkegel is door een betonmuurtje van 6 stenen hoog opgevangen, waarvan de laatste 2 zijn ingestort door vermoedelijk verdere leegstroming; boven de muur is een opening van enkele dm; schacht zelf niet ondersteund	Open ruimte van ca. 3 m hoogte, dus schachtvulling zelf niet ondersteund	-	klein	2
49	C	049-050	N	130*130	z+b	l	v	1	70	3 stevige kolommen met daarop verpakijzer en plaatijzer; verpakijzer buigt licht door U-profielen en verpakijzer, ingekast in betonmuren	De kolommen zijn omgeven door grond uit aardpijp 32	Ja/Nee	-	3
50	G	142	N	120*?	z+k+gr	m	v	1	100	Geen	Puinkegel nog geheel aanwezig	Ja	-	1
51	D	112,725,726	N	?	z+k+gr+m	m	s	-	-	Kolommen met balken, verpakijzer en plaat, die doorbuigen	Schacht zelf niet zichtbaar	-	nihil	1
52	D	116	N	?	k+m+gr	?	v	2	?	Geen	Puinkegel nog geheel aanwezig	Nee	-	4
53	D	110	N	?	z+k+gr+m	m	s	-	-	3 kolommen met daarop dun plaatwerk; ca. 70 cm ruimte tussen plaatwerk en grondkoepel	0.5 m^3 grond op het plaatwerk gestroomd	-	nihil	1
54	D	044-045	N	110*120	k+m+gr	h	d/v	1	150	Geen	Kleine puinkegel onder de schacht	Nee	matig	4
55	G	143	N	100*120	z+gr	l	d/v	< 0.5	40	Geen	Puinkegel is niet verwijderd bij de opgraving of is na verwijdering opnieuw leegegelopen; schacht zelf niet zichtbaar	-	nihil	3
56	C	046-047	N	?	k+gr	h	s/u	-	-	Geen	Kleine puinkegel onder de schacht	-	nihil	1
57	D	041-042	J	90*80	k+gr	h	d/v	2	350	Geen	Kleine puinkegel onder de schacht	-	klein	2

Tabel 8. Schachten

Nr.	Kaart	Foto Nr.	Kap/hijs sporen	Min. Diam. of cm*cm	Samenstelling	Cohesie	Type leegstroming	Volume uitstroom (m^3)	Hoogte uitstroom (cm)	Opvangconstructie (beschrijving)	Verdere bijzonderheden	Stabiel voor 30 jaar	Leeg stroom gevaar	Categorie
58	D	023,026-028	N	100*90	k+gr	h	d/v	2	250	Geen	Volume puinkegel is kleiner dan dat van de verwijderde grond uit de schacht; veel dakinstortingen rondom de puinkegel; pilaar in puinkegel is ingestort of afgegraven; stabiele grondkoepel in schacht	-	klein	2
59	B	-	N	90*90	k+gr	h	d/v	1	0	Geen	Puinkegel mogelijk deels verwijderd	-	nihil	1
60	B	-	N	?	z+gr+b	l	s	-	-	Geen	Puinkegel nog geheel aanwezig	-	nihil	1
62	G	141	J	?	z+gr	l	s	-	-	Geen	Puinkegel nog geheel aanwezig	-	nihil	1
63	G	146-148,731	N	?	z+k+gr+m	h	s	-	-	Geen	Puinkegel vrijwel geheel aanwezig	-	nihil	1
66	A	072	N	?	?	?	v	1	100	U-balken in muren ingekast met daarop	Puinkegel grotendeels door betonmuren omringd; schacht niet zichtbaar	Ja/Nee	-	2
68	A	078	N	140*110	m+k	h	v	1	100	verpakijzer	Redelijk stabiele grondkoepel	-	klein	2
69	A	076	N	90*100	m+k	h	v	1	110	Geen	Puinkegel verwijderd	-	klein	2
70	A	642,643	N	90*?	k+v+m+gr	h	v	< 0.5	1	Voor minder dan 50 % van de doorsnede opgevangen met verticaal aangebracht verpakijzer, kolommen en U-profielen		Nee		4
71	A	077	N	110*110	k+gr	h	d	1	50	Geen	Redelijk stabiele grondkoepel	-	matig	3
72	A	075	N	160*?	m+z	l	d/v	1	50	Geen	Puinkegel grotendeels nog aanwezig	-	nihil	1
80	C	080	N	>80	z+k+m+gr	m	s	-	-	Geen	Puinkegel nog geheel aanwezig	-	nihil	1
81	A	641	N	70*70	k+gr+m+b	h	v	< 0.5	0	Geen	Niet eerder als schacht aangemerkt	-	klein	2
82	G	37-140,721,72	N	130*?	k+gr+v+m+b	?	-	-	-	Meerdere kolommen, verpakijzer en vlechtwerk	Niet eerder als schacht aangemerkt	Nee	-	4

Tabel 8. Schachten

Samenstelling: gr=grind, z=zand, k=klei, v=vuursteen, m=kalksteen
Cohesie: l=laag, m=middel, h=hoog

Nr.	Kaart	Foto Nr.	dak/ pil d/p	Kap/ hijs sporen	Min. Diam. of cm*cm	Afmetingen (in pilaar) Breed*hoog (cm)	Samen stelling	Cohesie	Type leeg stroming	Volume uitstroom (m^3)	Hoogte uitstroom (cm)	Opvangconstructie (beschrijving)	Verdere bijzonderheden	Opvang Stabiel voor 30 jaar	Leeg stroom gevaar	Categorie
1	E	007 010, 011	d/p	nee	150	150*40	gr+k+v	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
2	E		p	nee	40	40*50	gr+k	h	u	0.5	-	-	-	-	nihil	1
3	E		p	nee	90	90*60	gr+k gr+k	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
4	E		d/p	nee	90*100	niet zichtbaar	gr+k	h	d/v	0.5	90	gestapeld muurtje van kalksteenbrokken+wat vlechtwerk boven muurtje zijkant van de aardpijp opgevangen met een gemetseld muurtje	er ligt wat grond bovenop het vlechtwerk, muurtje ziet er niet heel stevig meer uit -	Nee Ja		4
5	E		p	nee	90	90*60		h	-	-	-					1
6	E		p	nee	70	70*50	gr+k+z	m	-	-	-	-	-	-	klein	2
7	E		p	nee	40	40*50	gr+k+z	m	-	-	-	-	-	-	klein	2
8	E		p	nee	20	20*70	gr+z	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
9	E		p	nee	30	30*70	gr+k gr+z	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
10	E		p	nee	150	100*100	gr+k	l	-	-	-	1 aansnijding is een muurtje gemetseld, andere aansnijding niet		Ja	klein	
11	E		p	nee	30	30*60		h	-	-	-	-	puinkegel is ofwel recent of nooit afgegraven	-	klein	2
12	E		p	nee	20	20*60	gr+k	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
13	E		p	nee	10	10*10	gr+k	h	-	-	-	-	heel klein	-	klein	2
14	F		d/p	nee	50	50*40	gr+k	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
15	E		p	nee	20	20*30	gr+z gr+z	l	-	-	-	-	klein	-	klein	2
16	E		d/p	nee	50	50*90		l	-	-	-	-	puinkegel is ofwel recent of nooit afgegraven	-	klein	2
17	E		p	nee	40	40*20	gr+k	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
18	E		p	nee	80	80*30	gr+k	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
19	E		p	nee	30	30*20	gr+z k(+gr+v)	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
20	D		p	nee	120	120*60	k(+gr+v)	h	-	-	-	-	dakinstorting direct bij de aardpijp	-	klein	2
21	D		p	nee	120	120*100		h	-	-	-	-	-	-	klein	2
22	D	039 039	p	nee	40	40*60	z(+v) z+gr	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
23	D		d/p	nee	80	80*90		l	d	1	100	-	de puinkegel is mogelijk recent	-	matig	3
24	D		p	nee	40	40*30	gr+z	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
25	D		p	nee	50	50*30	k(+gr)	h	-	-	-	-	-	-	klein	2

Nr.	Kaart	Foto Nr.	dak/ pil d/p	Kap/ hijs sporen	Min. Diam. of cm*cm	Afmetingen (in pilaar) Breed*hoog	Samen stelling	Cohesie	Type leeg stroming	Volume uitstroom (m^3)	Hoogte uitstroom (cm)	Opvangconstructie (beschrijving)	Verdere bijzonderheden	Stabiel voor 30 jaar	Leeg stroom gevaar	Categorie
26	D	048,049,052.	d/p	nee	80	80*50	k+m+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
27	D		p	nee	60	60*30	k(+gr) k+v(+gr)	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
28	D		p	nee	90	90*50	h	-	-	-	-	-	los blok kalksteen uit dak gevallen bij aardpijp	-	klein	2
29	C		p	nee	20	20*20	k+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
30	C		p	nee	60	60*60	z+gr+v	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
31	C		p	nee	20	20*10	z z+gr	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
32	C	608	p	nee	90	90*150	z+gr z+gr k	l	u	5	-	-	de puinkegel is zeer groot en loopt over de opvangkolommen van schacht 49	-	-	1
33	C	051	p	nee	40	40*60		l	-	-	-	-	-	-	klein	2
34	C		p	nee	70	70*60		l	-	-	-	-	-	-	klein	2
												-	plantenwortels in aardpijp. inhoud van de aardpijp gedeeltelijk bovenop opvulling (opvulling is vermoedelijk nooit opgegraven). Een ander gedeelte van de puinkegel is wel weggegraven, zie foto	-	klein	
35	C	065	p	nee	60	60*40	k+gr z+gr z+gr k+gr	h	-	-	-	-	-	-	-	2
36	C		d	nee	100	100*60		h	-	-	-	-	-	-	matig	3
37	C		p	nee	100	100*60		l	-	-	-	-	-	-	klein	2
38	B		p	nee	70	70*50		l	-	-	-	-	-	-	klein	2
39	B	067	p	nee	110	120*100	k+gr k+gr k+gr k+vr	h	-	-	-	-	kleine leegloop na plaatsing kolom schacht 10	-	matig	
40	B		p	nee	40	40*60		h	-	-	-	-	-	Ja		3
41	B		p	nee	120	120*80		h	v	0.1	10	-	groot. Plantenwortels in aardpijp	-	klein	1
42	B		p	nee	30*40	-		h	-	-	-	-	-	-	klein	2
43	B	069	p	nee	80	80*?	k+gr	h	-	-	-	brokken kalksteen en vuursteen tegen puinkegel muurtje van kalksteenblokken	-	Ja		1
44	B		p	nee	60	60*80		h	-	-	-	-	-	Ja		1

Nr.	Kaart	Foto Nr.	dak/ pil d/p	Kap/ hijs sporen	Min. Diam. of cm*cm	Afmetingen (in pilaar) Breed*hoog	Samen stelling	Cohesie	Type leeg stroming	Volume uitstroom (m^3)	Hoogte uitstroom (cm)	Opvangconstructie (beschrijving)	Verdere bijzonderheden	Stabiel voor 30 jaar Ja/Nee	Leeg stroom gevaar	Categorie
							z+gr					brokken kalksteen en vuursteen tegen puinkegel en plaat- /pakijzer muur van betonstenen om grootste deel van de aardpijp	-			
45	B		p	nee	110	110*80	k+gr	l	-	-	-		-	Ja		2-3
46	A		d	nee	150	130*80		h	-	-	-					1
47	A		p	nee	50	50*50	z+gr	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
48	A		p	nee	50	50*30	z+gr	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
49	A		p	nee	90	90*100	z+gr	l	u	1	-	-	-	-	nihil	1
50	A		p	nee	70	70*50	k+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
							k+z+gr					opvulling langs aardpijp met beton (mogelijk van bouw gidsenhok)	-	Nee		
51	A		p	nee	70	70*150	z+gr	m	-	-	-		puinkegel onder de aardpijp is gedeeltelijk afkomstig van schacht 71	-	klein	4
52	A		d	nee	30*40	-	k+z+gr	l	d	0.1	40	paar stalen strippen die een potentiële puinkegel kunnen tegenhouden	-	Ja/Nee		2
53	A		p	nee	80	80*80		m	-	-	-	-	wel zichtbaar maar niet	-	klein	2
54	C		p	nee	50	50*30	niet bereik- baar niet bereik- baar niet bereik- baar	?	-	-	-	muurtje van kalksteenbrokken bedekt de aardpijp	bereikbaar -	Ja		2
55	C		p	nee	30	30*60	niet bereik- baar	?	-	-	-	-	wel zichtbaar maar niet	-	klein	1
56	C		p	nee	50	50*30	bereik- baar	?	-	-	-	-	bereikbaar			2
57	C		p	nee	70	70*30	z+gr	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
58	C		p	nee	50	50*40	k+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
							k+gr+v					-	aardpijp is een beetje leeggelopen en heeft een kleine dakinstorting veroorzaakt kleine puinkegel	-	matig	
59	C		p	nee	140	140*70		h	-	-	-					3
60	C		p	nee	80	80*80	z+gr+v	l	-	-	-	-		-	klein	2

Nr.	Kaart	Foto Nr.	dak/ pil d/p	Kap/ hijs sporen	Min. Diam. of cm*cm	Afmetingen (in pilaar) Breed*hoog	Samen stelling	Cohesie	Type leeg stroming	Volume uitstroom (m^3)	Hoogte uitstroom (cm)	Opvangconstructie (beschrijving)	Verdere bijzonderheden	Stabiel voor 30 jaar	Leeg stroom gevaar groot	Categorie
61	C	088.089,660	p	nee	170	170*110	z+k+gr niet bereik-	m	-	-	-	-	zeer grote aardpijp, gedeeltelijk leeggelopen, grote dakinstorting voor de aansnijding (maar blokkeert bij leegstroom geen doorgaande route) aardpijp is ooit leeggelopen bovenop de opvulling van de mijntjes. En deze aardpijp kan eventueel ook een schacht zijn ipv een aardpijp.	-	nihil	4
62	C	092	d	nee	80	-	baar k+gr	?	u	1	-	-	zeer groot en gedeeltelijk verder leeggestroomd vermoedelijk niet lang na de opgraving; gedeeltelijk opgevangen door opvangconstructie van schacht 23	-	matig	1
63	C		p	nee	150	200*100	k+gr	h	?	-	-	-	puinkegel in gang, nooit weggegraven	-	klein	3
64	C		p	nee	60	80*80		h	-	-	-	-		-		2
65	C		p	nee	30	30*20	k+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
66	C		p	nee	30	30*40	k+gr k+z+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
67	C		p	nee	?	120*60		l	-	-	-	plaatijzer tegen de aardpijp	wellicht 2 losse aardpijpen, niet zichtbaar door de plaat	Ja/Nee		2-3
68	C		p	nee	30	30*40	k+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
69	D	099	p	nee	30	30*50	k+gr z+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
70	D		p	nee	40	40*100		l	d	1	-		recent leeggestroomd, puinkegel stond nog niet op kaart	-	matig	3
71	D	684	p	nee	40	40*70	k+gr	h	-	-	-	-	kleine oude puinkegel	-	klein	2
72	D		p	nee	80	80*40	k+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
73	D	684 108	p	nee	60	80*40	k+z+gr k+v	m	-	-	-	-	-	-	klein	2
74	D		d	nee	90*30	-		h	v	?	100	-	koepel gevormd door aardpijp (al lang geleden, geen aarde onder de koepel)	-	matig	3

Nr.	Kaart	Foto Nr.	dak/ pil d/p	Kap/ hij's sporen nee	Min. Diam. of cm*cm	Afmetingen (in pilaar) Breed*hoog	Samen stelling	Cohesie	Type leeg stroming	Volume uitstroom (m^3)	Hoogte uitstroom (cm)	Opvangconstructie (beschrijving)	Verdere bijzonderheden	Stabiel voor 30 jaar - Nee	Leeg stroom gevaar klein	Categorie
75	D	109	p	nee	50	50*30	k+gr+v k+gr	h	-	-	-	- meerdere kolommen+dun (2mm) plaatsjes die doorbuigen. Zijkant zelfde manier gestut	- ze hebben eronder door gegraven, een gedeelte van de aardpijp zit nog in de wand	- Nee	- klein	2
76	D		d	nee	130	-		h	v	2	0					4
77	D		p	nee	30	30*30	k+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
78	D		d	nee	80*50	-	k+z+gr+v	m	v	1	60	-	in een niet-opgegraven gebied	-	matig	3
79	D		p	nee	50	50*40	k+v+gr	h	-	-	-	-	beetje leeggestroomd	-	klein	2
80	D		p	nee	10	10*10	k	h	-	-	-	-	heel klein	-	klein	2
81	E	120	p	nee	30	30*20	niet bereik- baar niet bereik-	?	-	-	-	-	niet bereikbaar (achter instortingsgebied) gedeeltelijk leeggestroomd (waarschijnlijk recent, staat niet op kaart)	-	matig	2
82	E		p	nee	80	80*80	baar	?	-	-	-	-	-	-	klein	3
83	E		p	nee	80	80*70	k+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
84	E		p	nee	10	10*10	k+gr	h	-	-	-	-	-	-	klein	2
85	F	122	p	nee	90	90*40	k+z+gr z+gr	m	-	-	-	-	-	-	klein	2
86	F	122	p	nee	90	90*60	z+gr	l	u	0.5	0	-	opvangconstructie van dak ondersteunt slechts een gedeelte van de aardpijp; leeggelopen na/tijdens de opgraving opvangconstructie van dak ondersteunt slechts een gedeelte van de aardpijp; leeggelopen na/tijdens de opgraving	-	nihil	1
87	F		p	nee	100	100*60	z+k+gr	l	u	0.5	0	1 kolom onder een	aardpijp beetje leeggestroomd recent. Maar meeste puin komt uit betonnen schacht	Ja/Nee		1
88	F		p	nee	90	90*80		m	-	-	-	gedeelte van de aardpijp	-	-	klein	2-3
89	F	126	p	nee	70	70*110	z+gr z+gr	l	d	0.5	0	-	- in ongekarteerd gebied. Gigantisch blok uit plafond gevallen lang geleden door de aardpijp	-	klein	2
90	F		p	nee	90	90*60		l	-	-	-					2

Nr.	Kaart	Foto Nr.	dak/ pil d/p	Kap/ hijs sporen	Min. Diam. of cm*cm	Afmetingen (in pilaar) Breed*hoog	Samen stelling	Cohesie	Type leeg stroming	Volume uitstroom (m^3)	Hoogte uitstroom (cm)	Opvangconstructie (beschrijving)	Verdere bijzonderheden	Stabiel voor 30 jaar	Leeg stroom gevaar	Categorie
91	F	135 719,720	p	nee	50	50*30	z+k+gr	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
92	F		p	nee	90	90*40	z+gr	l	d	0.1	0	-	kleine puinkegel	-	klein	2
93	F		p	nee	50	50*40	k+gr	h	d	0.1	0	-	kleine puinkegel	-	klein	2
94	F		p	nee	40	40*40	k+gr	h	d	0.1	0	-	kleine puinkegel	-	klein	2
95	G		p	nee	80	120*80	z+gr	l	d	0.5	0	-	-	-	klein	2
							z+gr					-	recente puinkegel, kolom en latje ter ondersteuning	-	nihil	
96	G	144,145	p	nee	70	70*90	z+gr	l	u	0.5	0	-	dak bedolven gedeeltelijk leeggestroomd	-	klein	1
97	F		p	nee	50	50*30		l	-	-	-	-	-	-	klein	2
98	G		p	nee	30	30*40	z+gr	l	-	-	-	-	-	-	klein	2
99	G		d/p	nee	100	100*20	k+v	h	-	-	-	-	bovenop opvulling	-	klein	2
100	G		d/p	nee	30	40*30	z+gr	l	-	-	-	-	-	-	klein	2

Bijlage 10. Stabiliteit kleine pilaren per deelgebied

Unit weight kalksteen	kN/m ³	16
Unit weight grond	kN/m ³	20
Eenassige druksterkte kalksteen	kPa	1.5E+03

		Pilaar 1.1	Pilaar 2.1	Pilaar 3.1	Pilaar 4.1	Pilaar 5.1
NAP maaiveld	m	118.3	119.2	120	121.7	125
NAP groevedak	m	112	111.7	112.3	113.5	114.5
NAP Top Kalksteen	m	115.5	116.5	116.5	116.5	116.5
Bedekking Kalksteen	m	3.5	4.8	4.2	3	2
Bedekking Grond	m	2.8	2.7	3.5	5.2	8.5
Totale druk bedekking	kPa	112	131	137	152	202
Oppervlakte pilaar	m ²	0.4	0.6	1.2	0.3	1.4
Oppervlakte tributary	m ²	4.1	4.3	8.2	3.6	6.5
Druk pilaren	kPa	1208	937	938	1765	938
Breedte pilaren	m	0.6	0.4	0.8	0.45	0.75
Hoogte pilaren	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Breedte/hoogte		0.75	0.50	1.00	0.56	0.94
Sterkte intacte pilaren	kPa	1594	1500	1688	1523	1664
Veiligheidsfactor SF_0		1.3	1.6	1.8	0.9	1.8
Sterkte bezweken pilaren	kPa	571	440	702	472	669
Veiligheidsfactor SF_res		0.47	0.47	0.75	0.27	0.71

Bijlage 11. Stabiliteit pilaren van gemiddelde grootte per deelgebied

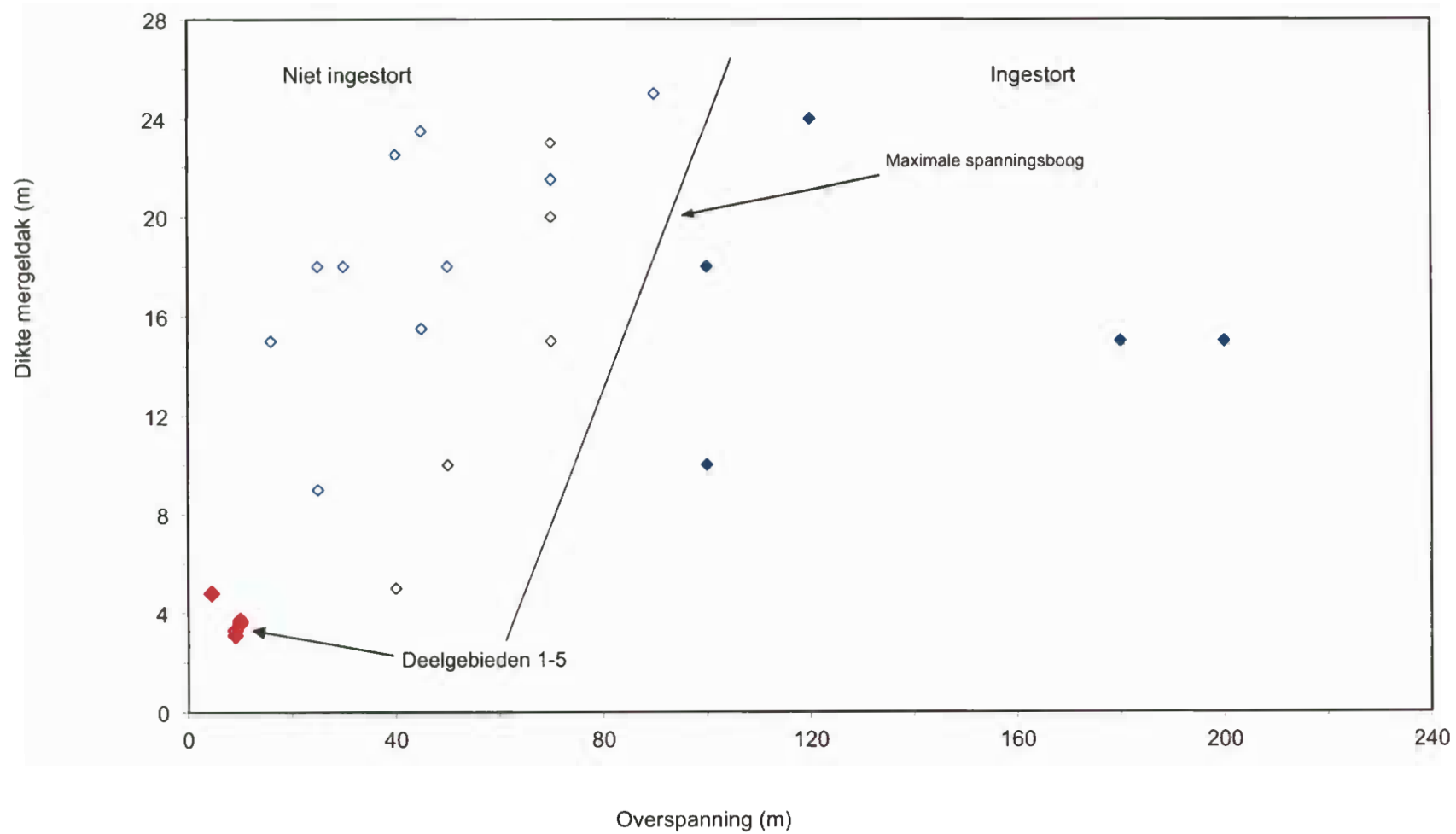
Unit weight kalksteen	kN/m ³	16
Unit weight grond	kN/m ³	20
Eenassige druksterkte kalksteen	kPa	1.5E+03

		Deelgebied 1	Deelgebied 2	Deelgebied 3	Deelgebied 4	Deelgebied 5
NAP maaiveld	m	117.3	119.2	120.4	121.8	123.9
NAP groevedak	m	111.9	111.7	112.8	113.4	113.2
NAP Top Kalksteen	m	115.5	116.5	116.5	116.5	116.5
Bedekking Kalksteen	m	3.6	4.8	3.7	3.1	3.3
Bedekking Grond	m	1.8	2.7	3.9	5.3	7.4
Totale druk bedekking	kPa	93.6	130.8	137.2	155.6	200.8
Oppervlakte totaal	m ²	258.9	65.5	556.6	683.6	460.5
Oppervlakte aardpijpen	m ²	36.2	7.8	68.1	87.2	33.1
Oppervlakte ontgonnen	m ²	166.4	38.1	370.1	422.4	292.2
Oppervlakte pilaren	m ²	83.3	19.6	128.4	174	135.2
Extractie ratio (excl. aardpijpen)		0.67	0.66	0.74	0.71	0.68
Druk pilaren	kPa	280.6	385.1	532.7	533.3	634.8
Breedte pilaren	m	1.5	1.8	1	1.2	1.5
Hoogte pilaren	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Sterkte intacte pilaren	kPa	2015.6	2156.3	1781.3	1875.0	2015.6
Veiligheidsfactor SF_0		7.2	5.6	3.3	3.5	3.2
Sterkte bezwaken pilaren	kPa	1161	1358	833	965	1161
Veiligheidsfactor SF_res		4.1	3.5	1.6	1.8	1.8
Extractie ratio incl. aardpijpen		0.64	0.58	0.66	0.62	0.63

Bijlage 12. Stabiliteit grote pilaren per deelgebied

Unit weight kalksteen	kN/m ³	16
Unit weight grond	kN/m ³	20
Eenassige druksterkte kalksteen	kPa	1.5E+03

		Deelgebied 1	Deelgebied 2	Deelgebied 3	Deelgebied 4	Deelgebied 5
NAP maaiveld	m	117.3	119.2	120.4	121.8	123.9
NAP groevedak	m	111.9	111.7	112.8	113.4	113.2
NAP Top Kalksteen	m	115.5	116.5	116.5	116.5	116.5
Bedekking Kalksteen	m	3.6	4.8	3.7	3.1	3.3
Bedekking Grond	m	1.8	2.7	3.9	5.3	7.4
Totale druk bedekking	kPa	93.6	130.8	137.2	155.6	200.8
Oppervlakte totaal	m ²	258.9	65.5	556.6	683.6	460.5
Oppervlakte aardpijpen	m ²	36.2	7.8	68.1	87.2	33.1
Oppervlakte ontgonnen	m ²	166.4	38.1	370.1	422.4	292.2
Oppervlakte pilaren	m ²	83.3	19.6	128.4	174	135.2
Extractie ratio (excl. aardpijpen)		0.67	0.66	0.74	0.71	0.68
Druk pilaren	kPa	280.6	385.1	532.7	533.3	634.8
Breedte pilaren	m	4	4	4	4	4
Hoogte pilaren	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Sterkte intacte pilaren	kPa	3187.5	3187.5	3187.5	3187.5	3187.5
Veiligheidsfactor SF_0		11.4	8.3	6.0	6.0	5.0
Sterkte bezweken pilaren	kPa	2802	2802	2802	2802	2802
Veiligheidsfactor SF_res		10.0	7.3	5.3	5.3	4.4
Extractie ratio incl. aardpijpen		0.64	0.58	0.66	0.62	0.63



Legenda vuursteenmijn Rijckholt - St. Geertruid

Topografie

- Mergel
- Bezoekerstunnel
- 18 Venster met nummer
- Prehistorische gang
- 27 Schacht met nummer
- Onbereikbare gangen
- 27 Aansnijding aardpijp met nummer
- Aardpijp
- Uitloop aardpijp
- Wortels aan plafond
- Stapelmurtje
- Pilaarklasse 0 of 1
- Pilaarklasse 2
- Opgevuld gangdeel

Ondersteuningen

- Instabiel dak
- Dakinstorting, instabiel dak
- Gevaarlijk gebied, monitoringsplicht
- Gevaarlijk gebied, verstevigingen nodig
- Gevaarlijk gebied, opgegeven
- 27 Aandachtsgebied verstevigingen met nummer
- 27 Aandachtsgebied verstevigingen matig gevaarlijk met nummer
- 27 Aandachtsgebied verstevigingen gevaarlijk met nummer
- Ronde stalen kolom, div diameter
- Muur uit betonblokken
- Halfmond ijzeren segment
- Vlechtwerkrooster
- Metalen plaat
- Betonlatei
- H Profiel
- U Profiel breed
- U Profiel smal
- IJzeren Profiel
- IJzeren strip
- Verpakijzer

Kaarten Vervolgwerkzaamheden

- 18.3% Stabiliteit geschikt voor extensief gebruik, geen werkzaamheden
- 29.1% Stabiliteit geschikt voor extensief gebruik, werkzaamheden nodig om locatie te bereiken
- 10.6% Stabiliteit onbekend, gebied dicht laten
- 17.2% Stabiliteit onbekend, kijkgat maken.
- 17.4% Niet geschikt voor extensief gebruik, gebied opgeven, geen werkzaamheden
- 7.4% Niet geschikt voor extensief gebruik, werkzaamheden nodig om goede locatie te bereiken
- A: Kijkgat maken Voorgestelde werkzaamheden met code

Elementen

- 678 Fotorichting met nummer
- Acheologische sporen met beschrijving
- Archeologische slijpsporen in schacht
- Luik naar verdiept gedeelte
- Doorgang naar niet opgegraven delen

GeoControl Notitie M02016**Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt****Datum: 22 mei 2020****Opdrachtgever: Stichting Ir. D.C. van Schaik*****1. Inleiding***

Deze notitie is opgesteld in opdracht van de Stichting Ir. D.C. van Schaik, overeenkomstig de offerte A01701 d.d. 8 februari 2017.

In [1] is verslag gedaan van een onderzoek naar de stabiliteit van de niet voor het publiek toegankelijke delen van de vuursteenmijnen. Het betreft hier de stabiliteit van aardpijpen, schachtvulling, groevedak en pilaren, voor zover deze de veiligheid van de bezoekers in de tunnel in gevaar kunnen brengen.

In deze notitie gaat het om de vierde controle, die in september 2019 tijdens een breed stabiliteitsonderzoek van alle vuursteenmijntjes [5] is uitgevoerd, twee jaar na de derde controle [4] en in overeenstemming met de volgende conclusies en aanbevelingen uit [1]:

1) Ten aanzien van de aardpijpen en schachten:

- er kunnen in de al of niet nabije toekomst nog aardpijpen (verder) leeglopen, maar dit levert geen gevaar op voor de bezoekers in de tunnel.
- het uitstromen van de schachtvulling verloopt net zo als het leeglopen van aardpijpen en er geldt dezelfde beperkte gevaarzetting.
- het wordt aanbevolen de vuursteenmijn eens in de twee jaar te controleren op sporen van instromend water of door water meegevoerde grond.

2) Ten aanzien van de pilaarstabiliteit:

- bezoekers in de tunnel lopen geen gevaar ten gevolge van onvoldoende pilaarstabiliteit. Het is niet uit te sluiten dat kalksteenfragmenten lokaal van een pilaarwand naar beneden vallen, maar deze kunnen niet in de tunnel terecht komen.
- wel dient de ondersteuning over 10 jaar te worden gecontroleerd op corrosie. Wanneer de ondersteuning niet meer functioneert, is niet met zekerheid te zeggen of het totale

draagvermogen nog voldoende is. In dat geval is vervanging of reparatie van de ondersteuning noodzakelijk.

- ook dient dienen de pilaren iedere twee jaar visueel te worden gecontroleerd op een eventuele toename van de drukschade.

3) Ten aanzien van de dakstabiliteit:

- bezoekers in de tunnel lopen geen gevaar ten gevolge van eventuele lokale dakinstortingen in de vuursteenmijn.

De controle heeft dus betrekking op de twee onderstreepte aanbevelingen: sporen van instromend water of door water meegevoerde grond en een eventuele toename van de drukschade. Om deze drukschade in de toekomst nog beter te kunnen monitoren zijn bij de eerste controle in 2013 op 15 locaties zogenaamde markers (dichtsmeren van pilaarbarsten met vochtig mergelpoeder) aangebracht.

De markers zijn in 2013 op de volgende locaties aangebracht:

1. Poort 13, na betonnen tunnel op de eerste vrijstaande pilaar links, na de eerste zijgang.
2. Poort 13, na betonnen tunnel tweede gang links, meteen links.
3. Poort 13, schuin tegenover nr. 2, op ca. 3 m afstand
4. Poort 2, ca. 3 m voorbij ijzeren tunnel aan de voorkant van markante pilaar.
5. Poort 5, ca. 5 m sterk links houdend tussen ijzeren stutten door, bij één na laatste stut rechts.
6. Poort 18, ca. 3 m achter de poort aan de linker kant van een pilaar.
7. Poort 22, meteen rechtsaf langs "mijnwerker".
8. Poort 30, na tunnel van betonsteen meteen links.
9. Poort einde gang, links van betonnen kolom rechtdoor, na ca. 8 m rechts op pilaar (na tweede paar ijzeren stutten).
10. Poort zijgang met schacht, na eerste groep ijzeren stutten en eerste zijgang rechts, op eerste pilaar rechts.
11. Poort zijgang met schacht, idem nr. 10.
12. Poort zonder nummer (tweede poort links voor poort zijgang met schacht), direct links na betonsteenmuur achter de poort.

13. Poort zonder nummer (tweede poort links voor poort zijgang met schacht), drie meter voorbij betonsteenmuur achter de poort, aan de rechter kant.
14. Poort 34, door betonnen gang en onder eerste groep ijzeren stutten door, links bij lamp.
15. Poort 23, na 5 m op pilaar boven smalle doorgang.

2. Resultaten

Alle aardpijpen en schachten en de directe omgeving daarvan zijn gecontroleerd, en nergens bleek sprake te zijn van sporen van instromend water of door water meegevoerde grond.

In verreweg de meeste gevallen is de drukschade lang geleden (tientallen jaren of veel eerder) ontstaan. Op enkele plaatsen is meer recente afscholling waargenomen die is opgetreden na de opgravingen van 1964-1972. Er waren in geen van de vuursteenmijntjes aanwijzingen van nieuwe pilaardrukschade of vers naar beneden gevallen pilaarfragmenten sinds de controle van 2017. Bij alle 15 marker-locaties bleek de mergelvulling in de barst nog intact te zijn. Er is sinds de vorige controle in 2017 op die locaties dus geen verdere pilaardeformatie opgetreden.

De volgende controle dient in augustus/september 2021 te worden uitgevoerd.

3. Literatuur

1. Bekendam, R.F. (2011) Stabiliteit van de prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl rapport M0134, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Zuid, pp. 33
2. Bekendam, R.F. (2013) Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl notitie M01328, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Zuid, pp. 3
3. Bekendam, R.F. (2015) Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl notitie M01532, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Zuid, pp. 3
4. Bekendam, R.F. (2017) Controle stabiliteit prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl notitie M01738, in opdracht van Stichting Ir. D.C. van Schaik , pp. 3
5. Bekendam, R.F. (2020) Stabiliteit van de prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt, GeoControl rapport M02015, in opdracht van Stichting Ir. D.C. van Schaik , pp. 172.

Maastricht, 22 mei 2020

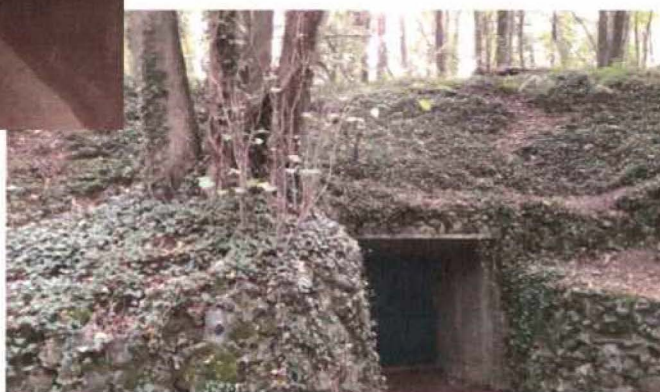
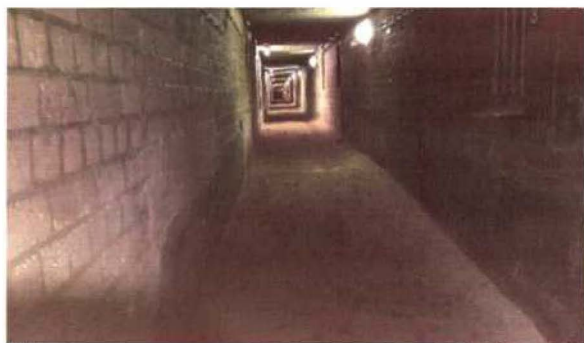
WERKNO: 470512	WIJZIGING:	PAGINA NO: 1
----------------	------------	--------------

Vuursteenmijn Savelsbos, Eckelrade bezoekerstunnel

Eerste herinspectie constructieve veiligheid

Opdrachtgever:

Stichting Ir. D.C. Van Schaik, Maastricht



Valkenburg a/d Geul,
30-09-2019

WERKNO: 470512

WIJZIGING:

PAGINA NO: 2

Inhoudsopgave

Inleiding	3
Inspecties	4
Bevindingen, Risicoinventarisatie, Advies	5

Bijlage 1: Rapportage Boosten Betontechnisch Adviesbureau
A19.024-V01 d.d. 30-08-2019

WERKNO: 470512	WIJZIGING:	PAGINA NO: 3
----------------	------------	--------------

Inleiding

Op 07-09-2017 kreeg ons bureau de opdracht voor het uitvoeren van een inspectie t.a.v. de constructieve veiligheid van de bezoekerstunnel van het prehistorische vuursteenmijnen complex in het Savelsbos in Eckelrade. De resultaten van dat eerste onderzoek zijn vastgelegd in onze rapportage met datum 30-10-2017.

Op 05-03-2019 kreeg PALTE een aanvullende opdracht voor het uitvoeren van een eerste herinspectie (quicksan). Voorliggend rapport beschrijft de bevindingen van deze inspectie die is uitgevoerd d.d. 29-08-2019.



Locatie van de vuursteenmijn (rechts St. Geertruid)

Aanleiding van de onderzoeken zijn de strenge provinciale eisen die gesteld worden aan ondergrondse excursies, zoals ook bij de Sint Pietersberg in Maastricht en de Valkenburgse gemeentegrot. De provincie eist dat de bezoekerstunnel op regelmatige basis geïnspecteerd wordt op met name de toestand van de deels betonnen wanden.

In het verleden zijn deze wanden geïnspecteerd op:

- April 2011 (nul-meting); rapport TTH 1106 d.d. 14-04-2011
- 10 september 2013 (eerste herhalingsmeting); rapport TTH 1106, november 2013
- 15 september 2015 (tweede herhalingsmeting); rapport TTH 1106; februari 2016
- 22 september 2017 (eerste inspectie door PALTE / Boosten); rapport PALTE 30-10-2017

Voorliggend rapport beschrijft de uitgevoerde herinspectie d.d. 29-08-2019 (visuele inspectie door PALTE en Boosten Betontechnisch Adviesbureau te Maastricht)

Let op:

Alle in dit rapport vastgelegde informatie is op een momentopname gebaseerd. Dat wil zeggen dat het rapport bijstelling vergt wanneer de situatie in de toekomst verandert.

WERKNO: 470512

WIJZIGING:

PAGINA NO: 4

Verslag van inspecties

Visuele inspectie

Door PALTE en Boosten is op 29-08-2019 een visuele inspectie van de betonnen wanden van de bezoekerstunnel uitgevoerd.

Verslag van die opname is in bijlage 1 van dit rapport weergegeven.

De betonnen wanden zijn nog steeds in prima conditie en vertonen op incidentele locaties kleine schadeplekken door corrosie van in het beton ingestorte stalen delen (geen wapening). De belangrijkste schadeplekken zijn door Boosten in de rapportage vastgelegd.

Enkele schades uit 2017 zijn iets in omvang toegenomen en er zijn enkele nieuwe schadeplekken waargenomen.

De schadeplekken hebben allen te maken met stalen delen die in de verder ongewapende betonnen wanden zijn ingestort. Deze liggen op enkele plekken redelijk dicht aan het betonoppervlak waardoor door carbonatatie geïnitieerde corrosie vrij gemakkelijk kan optreden.

WERKNO: 470512	WIJZIGING:	PAGINA NO: 5
----------------	------------	--------------

Bevindingen

De onderste wanddelen van de tunnel bestaan uit ongewapend beton. De eerder aangebrachte stalen delen zijn in dit beton ingestort en liggen hier en daar aan het oppervlak. Hierdoor is lokale carbonatatieschade waarneembaar (eerder door TTH omschreven als 'betonrot').

De locaties beperken zich nog steeds tot enkele kleine schadeplekken en zijn niet van invloed op de veiligheid van de tunnel.

De bovenste wanddelen zijn gemetseld. Hierin is nagenoeg geen schade waarneembaar, anders dan de enkele plekken die eerder ook al door TTH / PALTE zijn beschreven.

In de tunnel heerst een vochtig klimaat, de luchtvochtigheid kan oplopen tot 100% waardoor waterdamp condenseert, met name tegen de bovenzijde. Water en zuurstof zijn de noodzakelijke voorwaarden voor het optreden van corrosie van staal en daarom kan het staal, dat aan het oppervlak van het beton komt te liggen snel corroderen.

Het 'plafond' van de tunnel is voorzien van een grillige laag spuitbeton en is helemaal gaaf, er zijn geen betonschades waargenomen. Bekend is dat in dat 'plafond' ook stalen balken liggen, die in combinatie met de stalen kolommen dienst doen als steunconstructie. Door de spuitbeton zijn deze profielen blijkbaar goed geconserveerd.

Risicoinventarisatie

De situatie van de tunnel blijkt vrijwel statisch. Dat betekent dat de vervormingen, schades en toestand sinds de eerste metingen in 2011 slecht zeer minimaal toegenomen zijn. De carbonatatieschade plekken in de betonwanden zijn weliswaar zichtbaar geworden na 2011, maar sindsdien niet significant toegenomen.

Bovendien zijn zij in aantal dermate beperkt aanwezig dat er op dit moment geen gevaar bestaat t.a.v. de constructieve veiligheid.

Advies

Wij adviseren de volgende uitgebreide herhalingsinspectie over 2 jaar na dato uit te voeren. Dat wil zeggen in september 2021.

Vooralsnog is schadeherstel nog steeds niet nodig tenzij herstel uit esthetische overweging gewenst is.

Aan Ingenieursbureau Palte BV

Adres Postbus 819
6300 AV Valkenburg a/d Geul

Datum 30 augustus 2019

Kenmerk A19.024 V01

Betreft Vuursteenmijn Savelsbos te St. Geertruid [470512]

Onderwerp Verslag 2^{de} technische inspectie 2019

Geachte,

Ingenieursbureau Palte BV is verzocht een 2-jaarlijkse inspectie uit te voeren naar de algehele staat en constructieve veiligheid van de verkenningsgalerij van de vuursteenmijn in het Savelsbos te St. Geertruid. Boosten is verzocht een herhalingsinspectie te verrichten om inzicht te verkrijgen in de onderhoudstoestand van de betonwanden. De resultaten van de 1^{ste} inspectie zijn beschreven in het verslag met kenmerk A17.083 V01 d.d. 17-10-2017.

Op 28 augustus 2019 is een 2^{de} visuele inspectie uitgevoerd, waarbij de toestand van de vastgestelde gebreken en nieuwe gebreken zijn beoordeeld aan de hand van de inspectiebevindingen uit 2017. De 2^{de} inspectie is uitgevoerd door . In het voorliggende verslag zijn de waarnemingen vastgelegd.



De verkenningsgalerij bestaat uit, één in het werk gestorte ongewapende betonwand met een hoogte van circa 60 cm en gemetselde betonblokken. De onderzijde van het dek is voorzien van een laag spuitbeton. De inspectie heeft alleen betrekking op de onderzijde van de wanden. Plaatselijk is praktische wapening toegepast in de wand.



Waarnemingen linker wand; inspectie vanaf ingang tot einde gang

1^{ste} Inspectie 22 september 2017



01] Inspectie 2017; Afgedrukte betondekking en wapeningscorrosie ter hoogte van mijn gang 3.

2^{de} Inspectie 29 augustus 2019



Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.



02] Inspectie 2017; Afgedrukte betondekking ±15 cm en wapeningscorrosie ter hoogte van mijn gang 9



Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.



03] Inspectie 2017; Afgedrukte betondekking ±15 cm en wapeningscorrosie ter hoogte van mijn gang 13



Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.

1^{ste} Inspectie 22 september 2017



04] Inspectie 2017; Afgedrukte betondekking ± 20 cm en holle plek ter hoogte van mijngang 17



05] Inspectie 2017; Holklinkend oppervlak ter hoogte van mijngang 27



06] Inspectie 2017; Afgedrukte betondekking ter hoogte van mijngang 31

2^{de} Inspectie 29 augustus 2019



Inspectie 2019; Omvang afgedrukte dekking is vergelijkbaar. Aan de rechterzijde is losse betonschol toegenomen over een lengte van circa 1,0 meter.



Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.



Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.

Waarnemingen rechterwand; inspectie vanaf einde hal tot ingang

1^{ste} Inspectie 22 september 2017



07] Inspectie 2017; Afgedrukte betondekking en holle plek bij bout 035



08] Inspectie 2017; Afgedrukte betondekking en wapeningscorrosie tegenover bout 135.



09] Inspectie 2017; Wapeningscorrosie ter hoogte van mijngang 28

2^{de} Inspectie 29 augustus 2019



Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.



Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.



Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.

1^{ste} Inspectie 22 september 2017

2^{de} Inspectie 29 augustus 2019



10] Inspectie 2017; Afgedrukte betondekking mijngang 25

Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.



11] Inspectie 2017; Aanzicht van dilatatie bij mijngang 19.

Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.



12] Inspectie 2017; Holklinkend betonoppervlak en wapeningscorrosie bij bout 015.

Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.



13] Inspectie 2017; Afgedrukte betondekking en holle plek bij mijngang 3.

Inspectie 2019; Geen toename van schadeomvang.

Tijdens de 2^{de} inspectie zijn enkele aanvullende gebreken waargenomen:

2^{de} Inspectie 29 augustus 2019

Linkerwand



14] Mechanische beschadiging en erosie van betonoppervlak van 5 tot 20 meter vanaf ingang.



15] Holklinkende plek aan onderzijde bij mijngang 21



16] Kleine corrosie plekken bij mijngang 29



17] Afgedrukte betondekking en wapeningscorrosie einde gang op 123 meter.



18] Afgedrukte betondekking einde gang op 125 meter.

2^{de} Inspectie 29 augustus 2019

Rechterwand



19] Lichte betonschade bij mijngang 32



20] Lichte betonschade bij mijngang 30



21] Afgedrukte betondekking en wapeningscorrosie bij mijngang 5.

Evaluatie inspectie

- Tijdens de 2^{de} inspectie is vastgesteld dat de algemene toestand van het betonwerk nog vergelijkbaar is met de situatie in 2017. De toename van de schade is beperkt. Alleen op positie 04 bij mijngang 17 is de omvang van de schadeplek enigszins toegenomen. Op basis van de 1^{ste} inspectie zijn enkele kleine nieuwe gebreken waargenomen;
- De omvang van de waargenomen technische betonschade is beperkt. Het betreft incidenteel betonschade door gecorrodeerde wapening. Op enkele plaatsen is betondekking afgedrukt door wapeningscorrosie;
- Urgente herstelmaatregelen worden niet noodzakelijk geacht. De technische betonschade kan eventueel hersteld worden volgens CUR Aanbeveling 118 "Repareren van beton" met producten die voldoen aan NEN-EN 1504 "Producten en systemen voor de bescherming en reparatie van betonconstructies".

Ik vertrouw erop u hiermee van dienst te zijn geweest. Mochten er naar aanleiding van het verslag nog vragen of opmerkingen zijn, neem dan gerust contact met mij op.

Met vriendelijke groeten

Bijlage 9: Consolidatieplan vuursteenmijn (inclusief enkele relevante bijlages)

Plan tot consolidatie Prehistorische Vuursteenmijnen Rijckholt 2021



**Versie 14 oktober 2020
Stichting Ir. D.C. van Schaik**



Inhoud

1 Inleiding

- 1.1 Prehistorische vuursteenmijnen Rijckholt
- 1.2 De opgraving 1964-1972
- 1.3 Ontsluiting en waardering
- 1.4 Beheer
- 1.5 Behoudsmaatregelen jaren zeventig

2 Stabiliteit vuursteenmijnen Rijckholt

- 2.1 Stabiliteitsonderzoek 2019
- 2.2 Gevolgen opgraving
- 2.3 Schade
- 2.4 Klassen

3 Restauratieplan 2021

- 3.1 Zones
- 3.2 Maatregelen 2021
- 3.3 Consolidatie: locaties en aantallen
- 3.4 Archeologisch onderzoek
- 3.5 De projectomgeving

Gebruikte terminologie

Bijlagen

- Bijlage 1: Palte Onderzoeksrapport
- Bijlage 2a: GeoControl Stabiliteitsonderzoek
- Bijlage 2b: GeoControl Inspectierapport
- Bijlage 3a: Castermans Onderzoeksrapport
- Bijlage 3b: Castermans Tekeningen draagconstructies
- Bijlage 4a: Kaarten A-G met stabiliteitsopname
- Bijlage 4b: Kaarten A-G met zonering
- Bijlage 4c: Kaarten A-G met de ingrepen
- Bijlage 5: Tekeningen architect
- Bijlage 6: Mergelbouwsteen Kleijnen Offerte
- Bijlage 7: Archol Archeologische begeleiding Offerte
- Bijlage 8: Meervelt ecologische begeleiding Offerte
- Bijlage 9: Architect Offerte
- Bijlage 10: Excel tabel met kostenberekening



1 Inleiding

1.1 Prehistorische vuursteenmijnen Rijckholt

In de hellingen en de aansluitende plateaurand van het tussen Rijckholt en Sint-Geertruid gelegen Savelsbos ligt een voor Nederland uniek archeologisch rijksmonument: een minimaal 3000 individuele mijnen omvattend complex van neolithische vuursteenmijnen die tot 14 m onder het maaiveld reiken.

Prehistorische vuursteenmijnen kennen we ook uit het 10 km noordwestelijker gelegen Valkenburg aan de Geul, maar die zijn jonger, minder diep en veel zijn er waarschijnlijk verdwenen of aangetast door latere kalksteenwinning. In het Savelsbos zijn na de beëindiging van de vuursteenexploitatie nauwelijks meer grondstoffen gewonnen en het mijnencomplex bleef goed bewaard.

De vuursteenmijnen van Rijckholt, zoals ze zijn gaan heten, stammen uit het midden-neolithicum. Een preciezere datering is niet geven omdat maar een klein deel van het mijnencomplex door middel van opgraving is onderzocht en ¹⁴C gedateerd. Vast staat dat er ondergronds al vuursteen werd gewonnen rond 4000 v. Chr.; het is niet uit te sluiten dat de mijnbouw al enkele eeuwen eerder begon. Afgaande op vondsten van Rijckholtvuursteen die elders in een archeologische context werden gedaan kan de totale winningsperiode circa een millennium hebben geduurd. Artefacten van Rijckholtvuursteen kenden een wijde verspreiding. In zuidoostelijke richting zijn ze aangetroffen tot aan de Bodensee.

Sinds de ontdekking van de exploitatiezone, meer specifiek het Groot Atelier (figuur 1), door de Belgische archeoloog Marcel de Puydt in 1887 (figuur 2) hebben er vele opgravingen door heel diverse onderzoeksgroepen plaatsgevonden. De eerste schachtmondingen van mijnen werden in 1910 opgespoord door Hamal-Nandrin, die in 1914 ook de eerste ondergrondse werken blootlegde in de Schone Grub.



Figuur 1: Groot Atelier (Foto Lei Nelissen)



Figuur 2: Marcel de Puydt

1.2 De opgraving 1964-1972

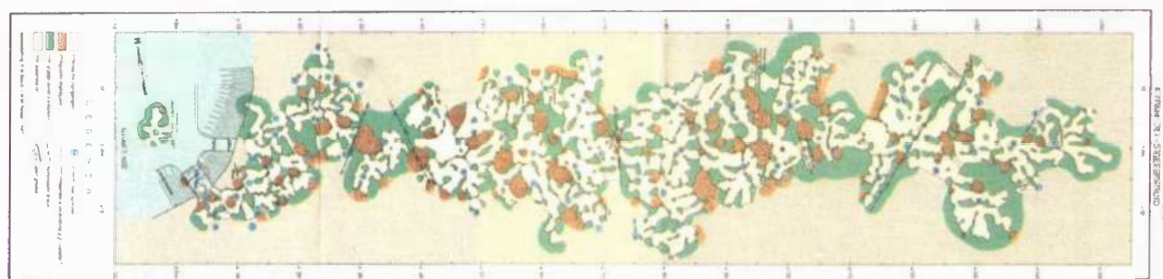
Van belang voor de voorliggende aanvraag zijn met name de onderzoeken die van 1964 tot 1972 werden uitgevoerd door de Werkgroep Prehistorische Vuursteenmijnbouw van de Nederlandse Geologische Vereniging (NGV), afd. Limburg. In die periode is met behulp van technieken waar men bekend mee was uit de steenkolenmijnbouw een horizontale exploratietunnel van 130 m lang uitgezaagd en -gehouden vanuit het Groot Atelier, op het niveau van de neolithische galerijen (mijngangetjes), dwars door een deel van het prehistorische 'mijnenveld'. Vanuit deze goed begaanbare tunnel zijn tot maximaal 15 meter uit de beide tunnelwanden galerijen archeologisch onderzocht (figuur 3).



Figuur 3: Bouw exploratietunnel jaren '60. (Foto: NGV)



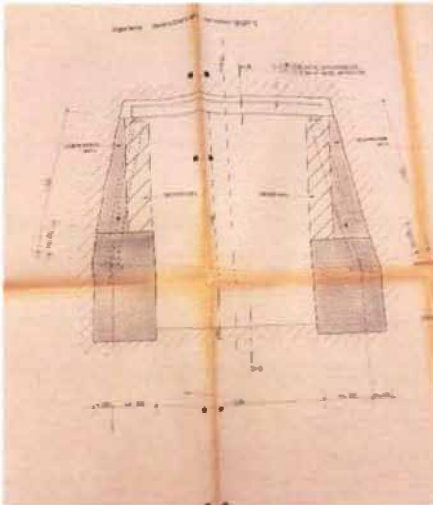
Daarbij is onder meer een dikke laag winningsafval (kalksteenpuin, onbruikbare vuursteenbrokken, etc.) verwijderd, zijn vondsten geborgen en zijn de contouren van galerijen vastgelegd. Op deze wijze was het mogelijk om binnen 8 jaar het ondergrondse deel van in totaal 76 individuele vuursteenmijnen te onderzoeken en te documenteren (zie figuur 4). Deze opgraving is lang Europees toonaangevend geweest op het gebied van onderzoek naar prehistorische vuursteenmijnbouw.



Figuur 4: Plattegrond van opgegraven deel prehistorische vuursteenmijn (Kaart: NGV)

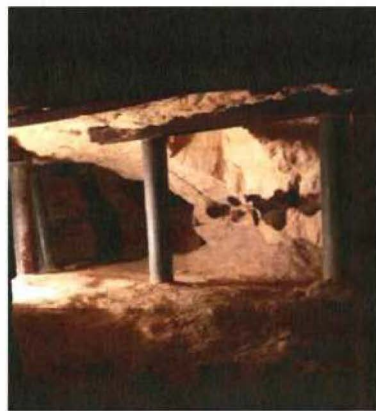
1.3 Ontsluiting en waardering

Na afloop van de opgraving is de exploratiegang midden jaren zeventig van de twintigste eeuw iets verdiept en met beton verstevigd (zie figuur 5) en omgebouwd tot een bezoekerstunnel. Ook zijn uit het oogpunt van behoud en veiligheid het dak (plafond) van de neolithische galerijen en schachtvullingen waar nodig aanvullend gestut met materialen die door de Staatsmijnen beschikbaar werden gesteld. De subsidie voor de werkzaamheden werd verstrekt door de toenmalige minister van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk (CRM), nadat deze middels een resolutie van deelnemers aan het Tweede Internationale Vuursteensymposium (Maastricht, mei 1975) was gewezen op de uitzonderlijke archeologische waarde van de vuursteenmijnen. Die opvatting vond bevestiging in de aanwijzing als archeologisch rijksmonument van de prehistorische exploitatiezone in het Savelsbos in november 1979 (rijksmonumentnummers 45801 en 45802).



Figuur 5: Tekening uit jaren '70: versteviging en ombouw exploratiegang naar bezoekersgang (Provinciaal depot bodemvondsten Limburg – De Vondst , Inventarisnummer 3313, Doos 19R).

De exploratiegang is na de genoemde versteviging een bezoekersgang geworden van waaruit een aantal galerijen door geïnteresseerd publiek kan worden bekeken (figuur 6). De 39 scharnierende traliehekjes bieden daarnaast en uitsluitend aan onderzoekers de mogelijkheid om de galerijen binnen te gaan en gegevens te verzamelen aan het neolithische afbouwfront. Niet meer alle onderzochte galerijen zijn direct toegankelijk. Een deel is verdwenen achter de betonnen muren van de bezoekersgang.



Figuur 6: Bezoekersgang met kijkvensters naar prehistorische gangen



1.4 Beheer

Van eind jaren zeventig tot 2017 was het monument, inclusief het onderzochte en ontsloten areaal, in beheer bij de eigenaar, Staatsbosbeheer, en verzorgden vrijwilligers van vooral de Nederlandse Geologische Vereniging rondleidingen. In 2017 heeft Staatsbosbeheer het beheer en de exploitatie overgedragen aan de Stichting Ir. D.C. van Schaik. Deze vrijwilligersorganisatie heeft de excursies gecontinueerd, het aantal bezoekers in de afgelopen jaren zelfs verdubbeld, en nieuwe initiatieven ontplooid en verwelkomd. Zo loopt er sinds 2018 een internationaal wetenschappelijk onderzoek naar het geochemisch identificeren van verschillende vuursteensoorten. In dat kader zijn ook monsters uit de mijnen van Rijckholt onderzocht (zie figuur 7). Dit om onderscheid te kunnen maken met optisch sterk gelijkende vuursteensoorten uit andere Europese mijnen en zo met meer zekerheid prehistorische uitwisselingsnetwerken in kaart te kunnen brengen. De eerste resultaten van dit onderzoek zijn in september 2019 bekend gemaakt tijdens het 9^e internationale symposium over prehistorische vuursteenmijnbouw in Krzemionki, Polen.



Figuur 7: Monsternamen vuursteen in 2018.

1.5 Behoudsmaatregelen jaren zeventig

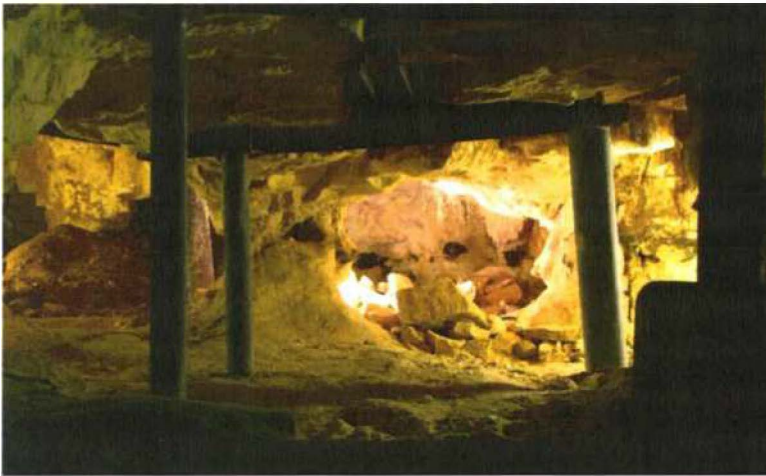
Bij de tot bezoekersgang omgevormde exploratiegang wordt een deel van de verticale en zijwaartse krachten, ontstaan door het uitgraven van de gang, nu opgevangen door de betonnen wanden en het dak. Erachter bevindt zich nog het metalen stutwerk dat tijdens de opgraving is aangebracht.

Tijdens de opgraving zijn uit veiligheidsoverwegingen delen van galerijen provisorisch gestut om op die wijze instorting te voorkomen. Omwille van het behoud van archeologische waarden werd het stutwerk later definitief gemaakt en uitgevoerd in bestendige, draagkrachtige materialen. Waar nodig is bij het dak de drukkracht opgevangen door een metalen profiel (een zogenaamde kap), soms in combinatie met tussenliggende platen of gaaswerk om loshangend gesteente te ondersteunen. Ze worden gedragen door geschilderde zware metalen stijlen (staanders); de kap en stijlen vormen samen een portaal.

Naast de door prehistorische mijnwerkers aangelegde schachten komen in het gesteente ook op natuurlijke wijze ontstane verticale kokers, zogenaamde orgelpijpen of karstpijpen voor. Niet alleen de schachten maar



ook een deel van de orgelpijpen reikt tot in het dak van de ondergrondse werken en beide soorten kokers bevatten vele kubieke meters vulling: teruggestort winningsafval in het ene, nagezakt grind en andere natuurlijke sedimenten in het andere geval. Ze kunnen leegstromen in de galerijen. Om dat tegen te gaan is een deel ervan onderstempeld (Zie figuur 8).



Figuur 8: Prehistorische gang met stalen onderstempeling.



2 Stabiliteit vuursteenmijnen Rijckholt

2.1 Stabiliteitsonderzoek 2019

De bezoekersgang wordt ingevolge de Mijnbouwwet met regelmatige tussenpozen geïnspecteerd op de veiligheid voor bezoekers. Sinds 2011 is iedere twee jaar een veiligheidsinspectie verricht van de bezoekersgang en een beperkte inspectie van de prehistorische galerijen om te borgen dat stabiliteitsproblemen in de prehistorische gangen geen gevolgen hebben voor de bezoekersgang. Deze omvat telkens twee onderzoeken door twee verschillende bureau's. In 2011, 2013 en 2015 door Bureau TTH en bureau GeoControl. In 2017 en 2019 door Bureau Palte en Bureau GeoControl.

Als eerste wordt de stabiliteit van de betonnen bezoekerstunnel beoordeeld, om te garanderen dat bezoekers daar veilig zijn. Dit onderzoek is in 2011, 2013 en 2015 door bureau TTH uit Gronsveld uitgevoerd. In 2017 en 2019 nam bureau Palte uit Valkenburg het stokje over (zie bijlage 1). Tijdens de eerste inspectie in 2011 zijn in de betonwand van de bezoekerstunnel om de 10 tot 15 m meetbouten aangebracht, zowel op de linker- als de rechterwand. Een landmeter controleert iedere twee jaar de NAP-hoogte van de meetbouten zodat vervorming van de tunnel herkend kan worden. De laatste meting uit 2017 liet geen veranderingen zien, waarna Bureau Palte geadviseerd heeft de meting slechts iedere 4 jaar uit te voeren. De volgende opname en meting zal in 2021 plaatsvinden.

Behalve het landmeetkundig onderzoek wordt de tunnel ook tweejaarlijks visueel geïnspecteerd. Tijdens de eerste visuele inspectie in april 2011 zijn 15 locaties geconstateerd waar scheurtjes in het beton zitten, waar een lichte mate van betonrot of witte uitslag op de beton aanwezig zijn of waar ijzer buiten de wand zichtbaar is. Deze locaties zijn fotografisch vastgelegd. De laatste visuele inspectie was in september 2019. Uit dit inspectierapport (Bijlage 1) blijkt dat de schadeplekken die bij eerdere inspecties waargenomen zijn niet noemenswaardig verslechterd zijn, dat de tunnel veilig is en dat schadeherstel niet nodig is. Bureau Palte heeft de bezoekersgang goedgekeurd en geadviseerd om over 2 jaar (2021) weer een inspectie en landmeetkundige opname van de meetbouten te verrichten.

Daarnaast vindt iedere twee jaar een inspectie van de stabiliteit van de prehistorische gangen (galerijen) plaats. Deze heeft een beperkt doel, namelijk de beoordeling of een eventuele instorting of verzakking van een van de galerijen dan wel een leeglopende aardpijp of schacht gevaar kan opleveren voor de bezoekersgang. Het betreft dus geen uitgebreide inspectie van de stabiliteit van het hele galerijenstelsel. De eerste inspectie vond in 2011 plaats door bureau GeoControl, de laatste, ook weer door GeoControl, in 2019 (Zie bijlage 2b), als onderdeel van het meer omvattende, in het kader van het project Maatregelen uitgevoerde stabiliteitsonderzoek (zie beneden en bijlage 2a). De conclusie is dat uitstromende aardpijpen of schachtvullingen geen gevaar opleveren voor de bezoekers in de tunnel. Ook is de stabiliteit van de pijlers en het dak vanuit die optiek voldoende. In 2013 zijn 15 markers aangebracht om bewegingen van de kalksteen te signaleren. Alle markers zijn geïnspecteerd en tonen geen beweging. Geadviseerd wordt om de stalen draagconstructies op corrosie te controleren en om deze inspectie na twee jaar (2021) weer uit te voeren.



De inspecties van 2011 tot en met 2019 betroffen dus enkel onderzoek in relatie tot de veiligheid van bezoekers in de tunnel. Inspecties gericht op de instandhouding van het archeologisch monument hebben niet plaatsgevonden. Feitelijk is er meer dan 40 jaar geen onderzoek gericht op het behoud van de prehistorische galerijen gepleegd. De onderhoudswerkzaamheden in de galerijen beperkten zich grotendeels tot een controle van de verlichting en andere voorzieningen. Na de overname van het beheer in 2017 van Staatsbosbeheer door de Van Schaikstichting, hebben In 2018 medewerkers van de Van Schaikstichting de prehistorische gangen bekeken en geconstateerd dat er stabiliteitsvragen zijn en dat van een systematische opname lange tijd geen sprake is geweest.

In 2019 is op initiatief van de Van Schaikstichting en gefinancierd door de RCE (project Maatregelen) een onderzoek in de prehistorische galerijen uitgevoerd door het bureau GeoControl, om vast te stellen in hoeverre de stabiliteit van de gangetjes en de aanwezige stijlen en kappen nog in orde zijn (zie bijlage 2a). Bij dit onderzoek zijn de draagconstructies, de schachten, de aardpijpen, de pijlers, het dak en de in de galerijen doordringende boomwortels ingetekend (zie bijlage 4a). De kaarten tonen 55 locaties van stalen draagconstructies die aandacht vragen (met een stippellijn omcirkeld). Ook zijn 46 schachten beoordeeld op hun stabiliteit. De resterende 30 schachten lagen in zones die onbereikbaar waren voor onderzoek en zijn dan ook niet meegenomen. Bij de aardpijpen en de dakstabiliteit zijn op plaatsen duidelijk verslechtingen geconstateerd ten opzichte van de jaren '70, toen de ondersteuningen aangebracht zijn. In de figuren 9 en 10 zijn hier enkele voorbeelden van gegeven.



Figuur 9: Leeggestroomde schacht 49 achter venster 11. Leegstroom na opgraving van 1964-1972 (Foto 48 uit rapport GeoControl (Bijlage 2a))



Figuur 10: Dragende stalen delen onder kalksteenbrokken na de instorting van het dak in de nabijheid van schacht 25 achter venster 17. (Foto 103 uit rapport GeoControl (Bijlage 2a))

Door de firma Castermans Engineers (Bijlage 3a) en door Kleijnen Mergelwerken zijn analyses van de staalconstructies, de kalksteenwanden en het dak verricht. Onderstaand putten we deels uit de beide verslagen.

De draagconstructies zijn beoordeeld op hun stabiliteit voor de komende 30 jaar; na het aflopen daarvan zijn ze 80 jaar oud. Uit de resultaten van het onderzoek van GeoControl (Bijlage 2a) is door de Van Schaikstichting in overleg met RCE, Staatsbosbeheer en GeoControl een selectie gemaakt van delen die niet meer toegankelijk zijn door instortingen of dichtgemetselde muren, delen die dusdanig slecht zijn dat ze opgegeven moeten worden en delen die goed zijn maar waar aandacht aan de draagconstructies besteed moet worden.

De voorgenomen werkzaamheden worden nader uitgewerkt in hoofdstuk 3.

2.2 Gevolgen opgraving

De prehistorische mijnwerkers hebben pijlers van vast gesteente laten staan om de drukkracht van bovenliggende gesteente- en sedimentlagen op te vangen. Nadat mijnen uitgeput raakten werden schachten en galerijen in het neolithicumweer gevuld met onder meer winningsafval. Deze situatie is de afgelopen vijf, zes millennia relatief stabiel gebleven. Druk, een zekere mate van zetting en zwaartekracht hebben hier en daar tot scheurvorming geleid en brokken uit het dak doen losraken (steenvall), maar leidden niet tot de verregaande aantasting van galerijen. In een geologische breukzone aan het eind van de exploratiegang, waar de opgraving werd gestaakt, kan de situatie van nature minder stabiel zijn. Toch werden ook daar mijnen aangelegd en is er door de werkgroep in de zestiger-zeventiger jaren onderzoek verricht.



In de galerijen lag tot de opgraving een pakket teruggestort winningsafval dat niet tot aan het dak reikte (naar schatting was in verticale richting 65-90 % gevuld) (Zie figuur 11). Het vormde in de periode die na de vuursteenexploitatie verstreek dus geen extra ondersteuning voor het dak. Wel gaf het losse materiaal mogelijk enige steun (tegendruk) aan de basis van pijlers.



Figuur 11: Zicht op een niet opgegraven, voor 65% weer gevulde prehistorische gang aan de rand van de opgraving (Locatie achter venster 23). (Foto 597 uit Bijlage 2a)

De grootste verstoring voor zover het vaste, dragende delen van galerijen betreft is veroorzaakt door de aanleg van de exploratiegang. Niet alleen door het wegbreken van neolithische sporen van winning (delen van galerijen), maar er is vooral ook gevolgschade. Door de werkzaamheden ontstond een zwakke zone in het aangrenzende gesteente, waarvan de draagkracht eerder al was verminderd door de vuursteenmijnbouw.

2.3 Schade

Bij het tijdens de stabiliteitsinspectie vastgestelde schadebeeld moet onderscheid worden gemaakt tussen:

a) schade aan neolithische sporen van winning;

Het is niet steeds mogelijk om een duidelijke lijn te trekken tussen degradatie van de archeologische resten die al langer (voor 1964) gaande was, de schade die ontstaan is onmiddellijk na de opgraving en de schade sindsdien. Van een deel van de galerijen werd al tijdens de opgraving bepaald dat de stabiliteit van het dak onvoldoende was om te stutten. Deze delen zijn destijds dan ook niet ondersteund en ook nu nog gevaarlijk en niet toegankelijk. Sommige zijn na 1975 daadwerkelijk ingestort.

Een enkele pijler is verzwakt, maar overwegend zijn ze voldoende sterk. Er is nauwelijks drukschade, of slechts zeer lichte scheurvorming. De berekening van de draagkracht van de pijlers heeft aangetoond dat ze het minimaal de komende 30 jaar zullen houden, zelfs als geen rekening gehouden wordt met de stalen ondersteuning. Het verwijderen van de in het neolithicum in galerijen gestorte vulling (winningsafval) heeft geringe nadelige gevolgen gehad voor de stabiliteit van pijlers zoals beschreven in het onderzoeksrapport van GeoControl (Bijlage 2a).



Een evidente afname van de natuurlijke stabiliteit van de kalksteen manifesteert zich na de opgraving zoals voornoemd met name in een circa 5 m brede strook achter en parallel aan de tunnelwanden. Naast de bestaande drukkraft ontstonden hier zijwaarts gerichte horizontale krachten. Door werking van het gesteente heeft er scheurvorming plaatsgevonden, waardoor instabiele situaties ontstonden en delen van het dak van galerijen instortten. Omdat het onder meer korte verbindingsgangetjes tussen galerijen van aaneengrenzende individuele mijnen betreft, is niet meer het hele opgegraven areaal toegankelijk, hetgeen ook zijn weerslag heeft op de beleving.

Het negatieve effect van de aanleg van de exploratiegang wordt minder naarmate de afstand tot de tunnelwanden toeneemt. Galerijen worden vanaf een bepaald punt weer stabiel en er toont zich een indrukwekkend, gecompartmenteerd onderaards winningslandschap (Zie figuur 12).



Figuur 12: (Behalve door opgraving) ongestoord mijnwerkerslandschap in gebieden die niet beïnvloed zijn door instabiliteit (Deel achter venster 1).

b) schade aan stutwerk dat medio jaren zeventig is aangebracht;

De druk op stijlen, bovenliggende metalen balken (kappen) en platen/gaaswerk heeft op plaatsen geleid tot doorbuigen. De bezoekersgang en de galerijen kennen een betrekkelijk hoge vochtigheidsgraad. Het metaal van stutwerk is voor zover het niet (meer) beschermd wordt door verf in wisselende mate onderhevig aan roestvorming. Het betreft vooral horizontale elementen (kappen, platen) en de bases van stijlen, waar aflopend vocht zich concentreert. De wand van de stijlen is dik en de in de voet aanwezige roest doorgaans betrekkelijk oppervlakkig. Over het geheel genomen verkeert de verticale component in betrekkelijk goede staat. Bij de dunnere horizontale kappen is de situatie vaak precair; ze leveren onvoldoende stabiliteit voor de komende 30 jaar (Zie figuur 13).



Figuur 13: Staalconstructie door zeer slecht deel achter venster 22 (foto 684 uit stabiliteitsonderzoeksrapport GeoControl (Bijlage 2a))

c) overige veranderingen

Tijdens het stabiliteitsonderzoek zijn duidelijke bewijzen of aanwijzingen gevonden voor veranderingen die optradenna de opgraving en na de stabilisatie van de jaren '70.

Bij de schachten 7, 15, 38, 49 en mogelijk 56 (Zie bijlage 4a) is de vulling in beweging gekomen (deels leeggelopen) omdat de verwijderde laag neolithisch winningsafval geen tegendruk meer geeft (Zie figuur 9). De vulling is niet altijd homogeen en kan onder extreem vochtige omstandigheden (inwatering vanaf het maaiveld) zijn cohesie verliezen en uitstromen en daarmee de galerijen deels opvullen. Het moment van leegstromen is onvoorspelbaar maar heeft met externe factoren te maken zoals het vochtgehalte van de schachtvulling en de factor tijd.

In het gebied rondom schacht 25 zijn in de jaren '70 stalen netten onder het dak aangebracht om dit te dragen. Deze netten liggen in 2019 op de vloer, met erop grote kalksteenblokken. Er heeft duidelijk een instorting plaats gevonden (zie figuur 10).



2.4 Klassen

Om meer grip te krijgen op de uiteenlopende mate van aantasting die zich heeft voorgedaan, zijn de verschillende prehistorische en recente elementen die schade kunnen vertonen ingedeeld in stabiliteitsklassen (Zie rapport GeoControl, bijlage 2a). Deze vormen op hun beurt de basis voor het indelen van het opgegraven areaal in gebieden (zones) waar behoudsmaatregelen meer en minder zinvol en ingrijpend zijn (zie beneden).

De volgende vijf elementen zijn nader onderverdeeld op grond van risico (stabiliteit). In hoofdstuk 3.2 worden de maatregelen in de desbetreffende klassen nader uitgewerkt.

- Draagconstructies (stijlen)
 - o 1: Stabiliteit is voldoende voor de komende 30 jaar
 - o 2: De stabiliteit is onzeker. Dit is nader onderzocht door de constructeur Castermans
 - o 3: Stabiliteit is onvoldoende
- Dakconstructies (kappen, platen, gaaswerk)
 - o 1: Stabiliteit is voldoende voor de komende 30 jaar
 - o 2: De stabiliteit is onvoldoende
- Schachtuiteinden. Van de 76 schachtuiteinden werden er 46 beschreven. De andere liggen in delen die niet toegankelijk zijn. De uiteinden vormen een onderbreking en dus zwakkere plek in het dak van een mijn. Bovendien zijn schachten gevuld met grond die aan de schachtwand kleeft, een extra gewicht dat naar beneden trekt. Enkele schachten werden in 1975 of eerder niet ondersteund; de overige hebben diverse soorten ondersteuning.
 - o 1: Stabiliteit is voldoende voor de komende 30 jaar
 - o 2/3: De stabiliteit is onzeker. Dit is nader onderzocht door de constructeur
 - o 4: Stabiliteit is onvoldoende
- Schachtvulling. Behalve ten aanzien van de stabiliteit van het gesteente hebben schachten ook een risico op leegstromen.
 - o 1: Leegstroomrisico is nihil voor de komende 30 jaar
 - o 2/3: Leegstroomrisico is klein/matig voor de komende 30 jaar
 - o 4: Leegstroomrisico is groot
- Pijlers. Bijna alle pijlers vallen binnen klasse 0 of 1.
 - o 0: geen drukschade
 - o 1: nauwelijks drukschade is of slechts zeer lichte scheurvorming
 - o 2-7: de schadeklassen 2-7 komt niet voor bij de onderzochte pijlers

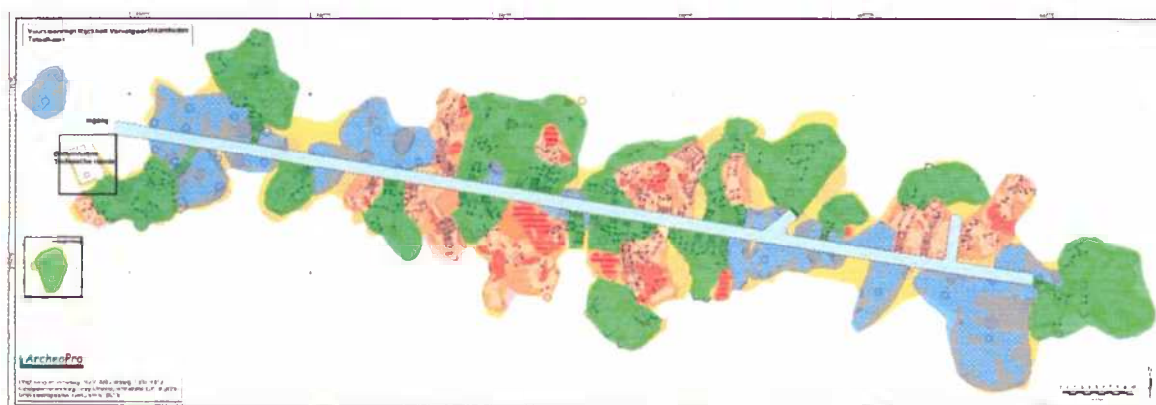


3 Restauratieplan 2021

3.1 Zones

De opgegraven ondergrondse werken zijn op basis van de resultaten van het stabiliteitsonderzoek en/of de mate van toegankelijkheid opgedeeld in drie typen zones (Zie figuur 14):

- **Blauw:** deze delen zijn niet toegankelijk doordat doorgangen zijn dichtgemetseld of dichtgevallen. Een mondelinge mededeling van Fons Horbach, een van de opgravers uit de jaren '60, bevestigt het vermoeden dat de dichtgemetselde delen destijds al te instabiel waren om te consolideren. Na het opgraven zijn die delen dan ook niet met stutten beveiligd en zijn ze destijds in feite opgegeven. Het gaat om 690 m² ofwel 28% van het opgravingsareaal;
- **Groen:** deze delen zijn veilig of met enkele ingrepen veilig te maken. Het betreft 1177 m², d.w.z. 47% van het geheel;
- **Rood:** deze delen zijn onveilig of slechts met grote inspanningen en aanpassingen veilig te maken. Ze omvatten 616 m², zo'n 25% van het totale galerijenstelsel.



Figuur 14: Zonering voor stabiliteit. Groen: Veilige zones, Blauw: Onbereikbare zones, Rood: Gevaarlijke zones, Beige: vaste kalksteen, Lichtblauw: Bezoekerstunnel. (Voor detailkaarten op hoge resolutie, zie bijlage 4b)



3.2 Maatregelen

Blauwe zones

Een deel van het blauw op de overzichtsplattegrond is dusdanig klein dat een vervolgonderzoek niet zinvol lijkt. Het zijn gangen die kleiner zijn dan 5 meter lengte en geen verdere verbinding hebben met andere prehistorische gangen (afgesneden tijdens de aanleg van de bezoekersgang). Er zijn echter 5 grote zones waar galerijen, schachten en doorgangen (vensters) naar achterliggende ononderzochte gebieden liggen. Tijdens het bureauonderzoek wordt meer informatie gezocht over de staat waarin die zones zich bevinden en waarom ze afgesloten zijn. Als het bureauonderzoek daar aanleiding toe geeft, dan kunnen inspectiegaten in de betonnen wand gezaagd worden om het achterliggende gebied te beoordelen op zijn status. Daartoe worden 6 inspectiegaten voorzien. Het lijkt er zoals gezegd op, afgaande op een gesprek met Fons Horbach, dat die delen al tijdens de opgraving instabiel waren; dan heeft verder onderzoek geen zin. Mocht na het zagen uit de inspectie van het achterliggende gebied blijken dat deze zones betrekkelijk stabiel en 'begaanbaar' zijn, dan kunnen de inspectiegaten vergroot worden om de zone via traliepoortjes toegankelijk te maken. Het gebied kan vervolgens gemonitord en beheerd worden. Bovendien wordt het weer beschikbaar voor onderzoek en beleving.

De blauwe delen waar inspectiegaten opheldering kunnen verschaffen zijn in figuur 15 donkerblauw gekleurd. Het gaat om 426 m²; dat is 62% van het blauw en 17% van het onderzoeksgebied uit de jaren zestig en zeventig. De op dit moment niet nader te onderzoeken delen zijn lichtblauw ingekleurd (totaal 264 m² ofwel 38% van het blauw en 11% van het totaal). Deze blauwe delen worden niet opgegeven.

Groene zones

Enkele delen zijn geheel in orde. De ondersteuningen zijn gaaf, het dak is stabiel en de aanwezige schachten zijn veilig. In figuur 15 zijn ze lichtgroen gekleurd. Het betreft 131 m² (11% van het groen en 5% van het totaal).

Een groot deel van de stalen ondersteuningen zijn bij de inspectie van GeoControl en Castermans als veilig bestempeld. Dit zijn de ondersteuningen in de kaarten van bijlage 4c waar geen arceringen omheen geplaatst zijn.

In andere delen moeten kleine consolidatiewerkzaamheden plaatsvinden. Het zijn de donkergroene gebieden op de kaart. In totaal gaat het om 1042 m² (89% van de groene zones, 42% van het door de Werkgroep Prehistorische Vuursteenmijnbouw onderzochte gebied).

De werkzaamheden omvatten:

- Het verstevigen van draagconstructies die onvoldoende sterkte hebben om 30 jaar stabiel te blijven. Bij locatie 2 bijvoorbeeld zijn tijdens de werken in de jaren '70 betonlateien gebruikt die onvoldoende draagkracht hebben; deze dienen vervangen te worden door stalen lateien.
- Het verstevigen van schachten en schachtvullingen. Ook hier gaat het om onvoldoende sterke draagconstructies, naast een reëel leegstroomrisico.
- Op een enkele plek is de toegang tot galerijen complex omdat ze alleen via een lastige omweg of een slecht stuk te bereiken zijn. Met een eenvoudige ingreep is de toegang te verbeteren.



- Voor een aantal schachten geldt op basis van het onderzoek van GeoControl (Bijlage 2a) dat er uitstroomgevaar is (bijlage 8 in het rapport van GeoControl). Van de 46 onderzochte schachten hebben 4 schachten een groot risico (acuut) op leegstromen (schachten 7, 46, 55, 71) en 6 schachten een klein risico (schachten 18, 38, 48, 57, 58, 81).

Deze constructies zijn door Castermans en Kleijnen uitgewerkt (Zie hoofdstuk 3.3).

Rode zones

De rode zones zijn zo slecht dat ze in principe opgegeven zijn; ze zijn gevaarlijk instabiel.

Consolidatiewerkzaamheden zouden erg duur worden en/of het nodige gevaar bij de uitvoering met zich meebrengen. Bovendien zou de grote hoeveelheid in te brengen beton en staal het archeologische karakter teniet doen. Het is onze keuze om deze delen niet te consolideren, maar op enkele plekken wel ingrijpende werkzaamheden uit te voeren (zie beneden).

In de lichtrode gebieden van figuur 15 vinden geen op behoud gerichte ingrepen plaats. Daarmee worden 433 m² (70% van de rode zones, en 17% van de gehele onderzoeksgebied) feitelijk buiten beheer gesteld.

Vaak zijn deze delen wel zichtbaar vanuit veilige (groene) delen, ze kunnen echter niet meer betreden worden en zijn voor beheer en onderzoek niet toegankelijk.

Voor vier zones wordt een uitzondering gemaakt. Dit zijn de donkerrode delen. Ze zijn cruciaal om achterliggende, goed behouden gebleven (groene) delen, die 8% van het totale onderzoeksgebied vormen, blijvend te kunnen bereiken. Daar, in het groen, zijn de galerijen intact en stabiel. Het zijn met van de best bewaard gebleven ondergrondse mijnbouwlandschappen die we tot nu uit Rijckholt kennen. Ook bieden ze een open doorgang naar nog niet opgegraven gebied dat doorloopt. Er kan probleemloos 15 meter en verder gekropen worden over onverstoorde prehistorische vulling (neolithisch winningsafval). Het ligt er daar bij zoals prehistorische mijnwerkers het achterlieten.

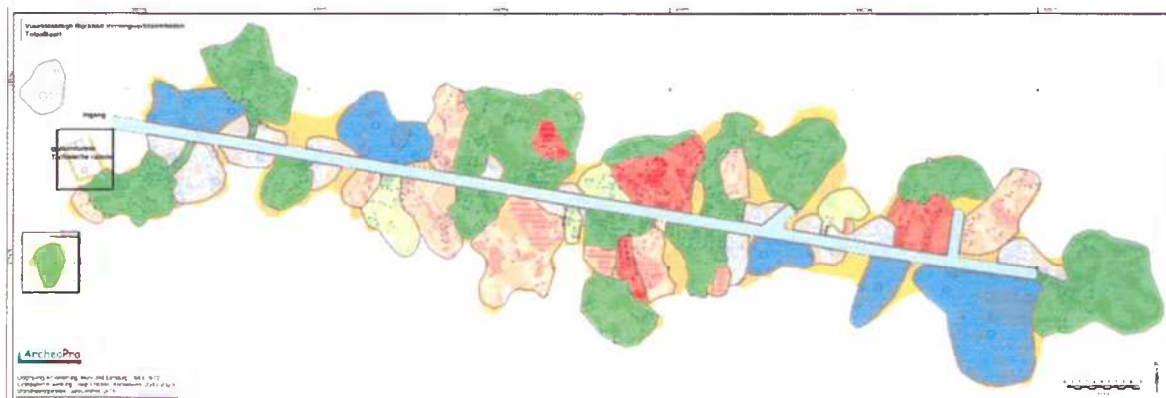
Door het plaatsen van diverse stalen portalen bij een van de donkerrode delen kan de situatie worden gestabiliseerd en een passage worden gerealiseerd. Zo ontstaat een korte, veilige, kruipverbinding door een slecht stuk om het intacte groene deel erachter te bereiken. Op drie andere plekken is de stabiliteit dusdanig slecht dat alleen breekwerk en de constructie van een nieuw, modern stukje zijgang een veilige en na voorafgaand archeologisch onderzoek verantwoorde keuze is. Door deze instandhoudingsmaatregelen kan voorkomen worden dat delen van het mijngebied in de toekomst niet meer toegankelijk zijn vanuit de bezoekerstunnel. Bovendien gaan ze verdere instorting tegen, die instabiliteit in andere delen met zich meebrengt.

De rode delen waar werkzaamheden voorgesteld worden, zijn donkerrood gekleurd. Dit is in totaal 183 m², dat is 30% van het rode deel en 7% van de gehele vuursteenmijn



Samenvattend komt het erop neer dat:

- 131 m2 (5%) in orde is en niet geconsolideerd hoeft te worden. Dit zijn de lichtgroene delen;
- in 1651 m2 (67%) consolidatiewerkzaamheden moeten plaatsvinden. Dit zijn de donkerblauwe, donkergroene en donkerrode delen. Het donkergroene deel waar een aantal acute risico's bestaan, worden voor 30 jaar geconsolideerd;
- 264 m2 (11%) betreft delen die niet opgegeven zijn maar die niet bereikbaar zijn omdat ze achter betonmuren liggen, heel klein zijn en daarom niet nader onderzocht zijn. Dit zijn de lichtblauwe delen.
- 433 m2 (17%) wordt niet gestabiliseerd. Hier worden geen consolidatiewerkzaamheden voorgesteld. Dit zijn de lichtrode delen.



Figuur 15: De actiezones nader uitgewerkt (Deze kaart op grote schaal, zie bijlage 4b)

3.3 Consolidatie: locaties en aantallen

Na een indeling in klassen en de prioritering in zones kan de balans worden opgemaakt: welke maatregelen zijn waar noodzakelijk om de ondergrondse mijnen voor de toekomst te behouden en als afgeleide wetenschappelijk onderzoek en beleving/educatie mogelijk te blijven maken. Het gaat om 45 locaties (zie tabel 1) die in de kaarten van bijlage 4c ingetekend zijn.

- Er zijn 6 inspectiegaten voorzien in de betonnen wanden van bezoekerstunnel, op locaties die nog vastgesteld moeten worden op basis van het bureauonderzoek. De schatting is dat 2 gaten in de betonmuur uiteindelijk kunnen worden vergroot tot een toegang en voorzien van scharnierend traliewerk. In de bijlagekaarten zijn de locaties (6, 12, 35, 38, 39 en 43 in de kaarten van bijlage 4c) aangegeven in beige.
- 11 schachten behoeven onderhoud en aanvullende ondersteuning. Van 5 schachten is de toestand dusdanig slecht dat een forse ondersteuning nodig is en de bestaande draagconstructie moet worden gerestaureerd (de oranje gekleurde locaties met de nummers 1, 4, 8,9, 11, 14, 19, 21, 22, 29 en 37 in de kaarten van bijlage 4c).



- Het nader onderzoeken en verbeteren van zeven stuk draagconstructies in de galerijen. Ze zijn als onvoldoende beoordeeld en dienen gerestaureerd te worden. De maatregel kan variëren van vervangen tot roest verwijderen en opnieuw schilderen. In de bijlagekaarten zijn het de rood gekleurde locaties 2, 5, 7, 26, 28, 33 en 45 in de kaarten van bijlage 4c.
- Er zouden 5 nieuwe doorgangen (passages) gemaakt moeten worden naar achterliggende intacte zones (de paarse locaties 17, 22, 23, 36 en 42). Deze werkzaamheden variëren sterk in complexiteit. Eén doorgang die aan de bezoekersgang ligt kan eenvoudig gerealiseerd worden (nr 36). Een andere (nr 17), die dieper in het complex in een slecht deel komt te liggen, gaat door het plaatsen van een aantal stalen portalen de verbinding vormen tussen twee goed behouden zones bij schacht 75. Op drie plaatsen (nr 22, 23 en 42) krijgt de doorgang de vorm van een nieuwe betonnen zijtunnel die vanaf de bezoekersgang door ingestorte of zeer instabiele galerijen wordt gegraven, uitgediept en verbreed. In de wanden ervan worden zichtopeningen van 2 meter breed uitgespaard, waar een afsluitbaar traliehek of een soortgelijke beveiliging in wordt aangebracht.

Locatie	Object	Voorgenomen werk
1	Schacht zonder nummer	Onderhoud stalen draagconstructie
2	Versteving 02,	Onderhoud stalen draagconstructie dak
4	Schacht 02	Onderhoud stalen draagconstructie
5	Versteving 27a	Onderhoud stalen draagconstructie dak
6	Betonmuur	Kijkopening maken
7	Versteving 27	Onderhoud stalen draagconstructie dak
8	Schacht 07	Ondersteunen
9	Schacht 11	Onderhoud stalen draagconstructie
11	Schacht 15	Onderhoud stalen draagconstructie
12	Betonmuur	Kijkopening maken
14	Schacht 54	Onderhoud stalen draagconstructie
16	Versteving 22	in combinatie met locatie 17
17	Doorgang maken	Doorgang maken van stalen draagconstructie
19	Schacht 21	Onderhoud stalen draagconstructie
21	Schacht 27	Onderhoud stalen draagconstructie
22	Tunnel 2	Moderne tunnel maken
	Schacht 51	Stabilisatie
23	Tunnel 1	Moderne tunnel maken
26	Versteving 42	Onderhoud stalen draagconstructie
27	Versteving 43	voorzien bij verlenging tunnel 22
33	Versteving 7, 8, 9,	Onderhoud stalen draagconstructie dak
35	Betonmuur	Kijkopening maken
36	Doorgang maken	Moderne tunnel maken
37	Schacht 46	Nieuwe stalen draagconstructie
38	Betonmuur	Kijkopening maken
39	Betonmuur	Kijkopening maken
42	Doorgang maken	Moderne tunnel maken en bestaande tunnel verbeteren



43	Betonmuur	Kijkopening maken
45	Versteving 41	Onderhoud stalen draagconstructie plafond

Tabel 1: Voorgenomen werkzaamheden, voor de ligging van de locaties, zie bijlage 4c.

Door Castermans Engineers zijn berekeningen uitgevoerd voor draagconstructies en ontwerpen gemaakt voor hoe galerijen te ondersteunen en bestaande constructies te vervangen. Deze tekeningen en materiaaleisen zijn opgenomen in bijlage 6b. Ook heeft Castermans de stalen draagconstructies in de groene delen geïnspecteerd op roestschade. Dit onderzoeksrapport is te vinden in bijlage 6a.

De firma Kleijnen Mergelwerken heeft gekeken naar de praktische invulling van het aanbrengen van nieuwe draagconstructies.

3.4 Archeologisch onderzoek

De vuursteenmijnen van Rijckholt zijn wettelijk beschermd. Voor werkzaamheden op Monumenten is derhalve een archeologische monumentenvergunning nodig. Archeologisch onderzoek zal als vergunning voorwaarde worden gesteld. Voordat de werkzaamheden plaats kunnen vinden, dienen de volgende archeologische stappen ondernomen te worden.

1: Archeologisch bureauonderzoek. Een bureauonderzoek moet inzicht geven in wat tijdens de opgraving in de periode 1964-1972 is gedaan op de locaties waar ingrepen (met name de aanleg van passages) gaan plaatsvinden. Hiertoe zal in het provinciaal bodemdepot het opgravingsarchief opgevraagd worden (Inventarisnummer 3313) waarin de dagrapporten, kaarten, beschrijvingen, vondstregistraties en opgravingsverslagen aanwezig zijn. Ook heeft Fons Horbach, een van de opgravers in de jaren '60, aangegeven dat hij medewerking wil verlenen aan dit bureauonderzoek. Tijdens dit bureauonderzoek wordt in kaart gebracht hoe de stabiliteitssituatie was ten tijde van de opgraving (locatie en mate van stabiliteit), welke stabilisatiemaatregelen er destijds genomen zijn en hoe de stabilisatie in de jaren '70 is opgezet.

2: Uitvoeren archeologische begeleiding op basis van een goedgekeurd Programma van Eisen (PvE). Het aanleggen van de nieuwe passages gebeurt ten koste van archeologische sporen, namelijk een deel van de in het neolithicum uitgehouwen galerijen. In 1964-1972 zijn ze onderzocht en ingemeten en de vulling zal naar verwachting zijn verwijderd. De galerijen in kwestie zijn er op die locaties slecht aan toe en deels ingestort, maar er kunnen nog archeologische waarden aanwezig zijn die zich aanvullend laten documenteren. Zeker op plekken waar bij de aanleg ook bijvoorbeeld een groene zone wordt geraakt. Er kunnen winningssporen in meer detail worden vastgelegd dan in 1964-1972, contouren van de galerijen en schachten scherper (3D) worden bepaald en mogelijk gegevens aan andere archeologische informatiebronnen worden ontleend die in de vorige eeuw nog niet waren ontsloten of waar geen onderzoek naar gedaan is.

De opstellers van het PvE worden, binnen voornoemde kaders, verzocht om nieuwe onderzoeksvragen en de daarbij passende methoden en technieken te formuleren. Het PvE beschrijft de archeologische begeleiding van de bouwwerkzaamheden in de reeds opgegraven delen en het onderzoek van delen waar niet eerder

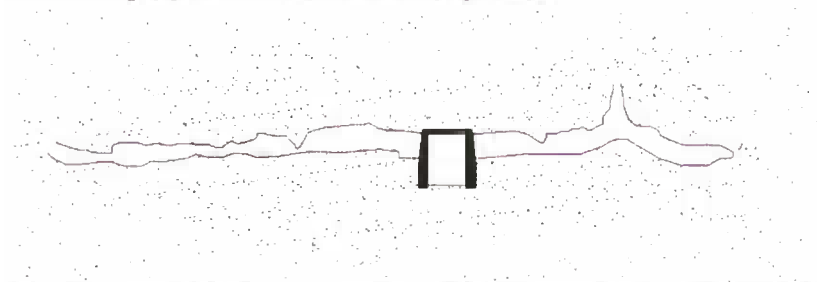


werd opgegraven, mochten die (naast de uitstroomkegel bij schacht 51; zie beneden) toch worden aangetroffen.

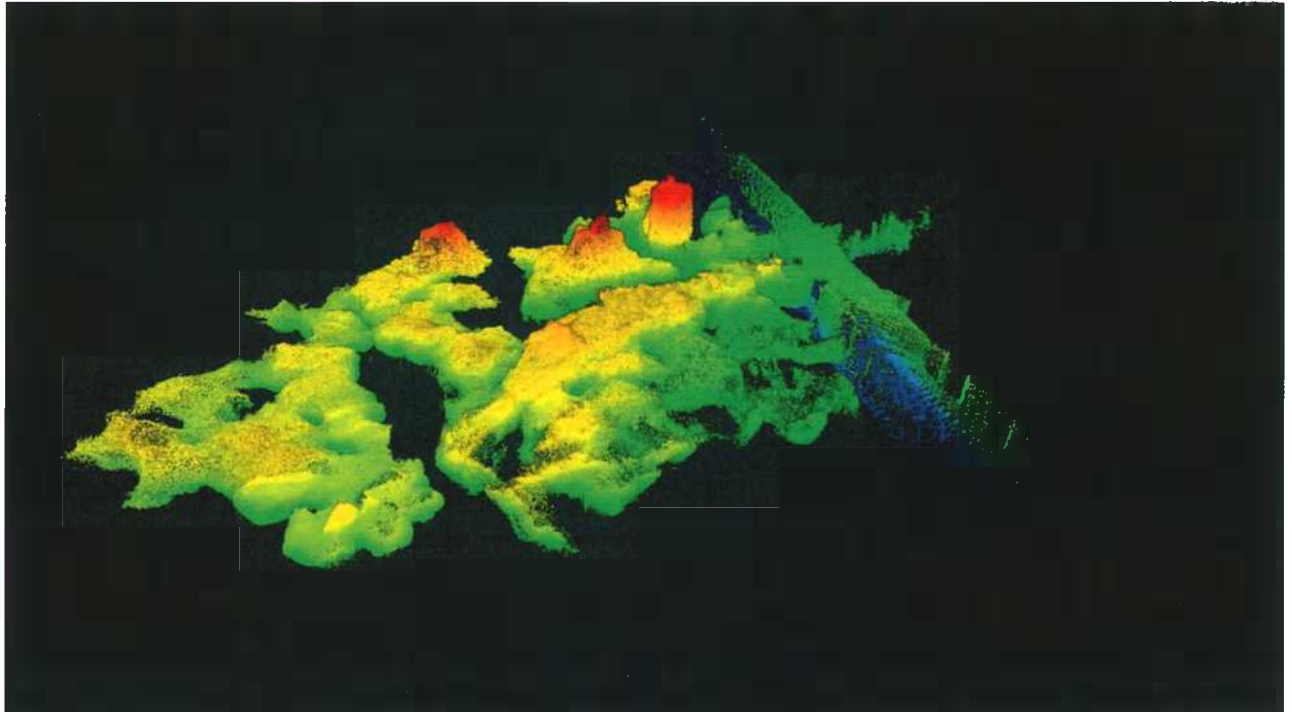
Gedetailleerde vragen zijn op dit moment nog niet te geven, onder meer omdat de precieze invulling mede afhankelijk is van de resultaten van het bureauonderzoek. Om richting te geven aan de offerte zijn voor het moment en enkel voor het te verstoren deel van het galerijencomplex en de uitstroomkegel een negental onderzoeksthema's benoemd:

- aanleg schachten en galerijen (o.a. werkwijze/techniek, volgordelijkheid, sporen van gereedschappen en andere hulpmiddelen),
- winning van vuursteenknollen (o.a. werkwijze en selectie),
- vuursteenbewerking ondergronds (o.a. voorbereiding, onderhoud van pics die bij de opgraving in de galerijen aangetroffen zijn)
- andere sporen menselijke activiteiten of de natuurlijke omgeving (o.a. archeozoölogie, archeobotanie)
- opvulling van galerijen (o.a. mate en volgordelijkheid)
- opvulling van schachten (o.a. gefaseerd of niet, aanwijzingen voor activiteiten buiten de schacht)
- post-depositionele processen tot 1964
- sporen van de opgraving
- natuurlijke processen na de opgraving

De nieuwe gang wordt aangelegd op de locatie van de bestaande galerij. In figuur 16 is een profiel gegeven (bestaande situatie) waar in het midden de bezoekersgang zichtbaar is en naar beide zijden de prehistorische galerijen. In figuur 17 is een 3D laser scan opname gegeven die door M. Lahaye van de gemeente Riemst (Vlaanderen) is uitgevoerd op de locaties 22, 23, 36 en 42. In deze figuur is rechts de rechthoekige bezoekersgang te zien en naar links de galerijen.



Figuur 16: Uitsnede uit architectentekening van de bestaande situatie (Bijlage 10)



Figuur 17: 3D beeld van het gebied waar een nieuwe tunnel voorzien is (locatie 2 uit bijlage 4c).

Bij de nieuwe passage 2 wordt een deel van de uitstroomkegel van schacht nr 51 geschampt of doorsneden. Hierbij wordt een in situ deel van het neolithisch bodemarchief verstoord. Behoud in situ is niet mogelijk. De nieuwe gang moet tot vlak bij de uitstroomkegel komen zodat de archeologische opgraving vanuit een veilige locatie kan worden uitgevoerd. Door de opgraving ontstaat een profiel van de kegel. Optioneel is het verder terugzetten daarvan zodat ook een deel van de schacht zichtbaar wordt. Omdat het daarbij eerder om een inrichtingsmaatregel gaat dan om instandhouding is het voorstelbaar dat daarvoor aanvullende financiering moet worden gezocht.

Op het gebied van onder meer technieken dient een en ander afgestemd te worden met de aannemer die de passages aanlegt. Zo wordt er in gevaarlijke omstandigheden en gefaseerd (telkens in stukken van ruwweg 2 m) gewerkt.

Het archeologisch onderzoek zal door een gecertificeerd archeologisch onderzoeksbureau uitgevoerd worden onder leiding van een KNA senior archeoloog, waarbij gebruik gemaakt zal worden van betrokken vrijwilligers.

In figuur 18 is met een doorsnede en een architecten visualisatie weergegeven van de nieuwe situatie. De bezoekersgang heeft een deel van de galerijen doorsneden. De grote vensters zijn zichtbaar met het vrije zicht op en goede toegang tot de prehistorische gangen.



Versie 14 oktober 2020

STICHTING Ir. D.C. van Schaik



Figuur 18: Uitsnede uit tekening architect hoe de nieuwe tunnel de prehistorische galerijen ontsluit (boven), met visualisatie van nieuwe tunnel (beneden) (zie Bijlage 10)

3.5 De projectomgeving

Behalve de consolidatiewerkzaamheden waarvoor aan de RCE subsidie wordt gevraagd in het kader van het project Maatregelen (deelprogramma Instandhouding van Archeologische Monumenten), werd in samenwerking met de gemeente Eijsden-Margraten een LEADER traject¹ opgestart voor het verbeteren van de presentatie en het vergroten van de beleving in de bezoekersgang en de gidsenruimte. Ook wordt gedacht aan visualisaties in de prehistorische galerijen. Daarnaast is voorzien in een op te richten bezoekerscentrum in Rijkholt waar onder meer in het de winterseizoen, als de bezoekersgang is gesloten vanwege de aanwezigheid van een vleermuizenpopulatie, het publiek informatie wordt geboden over de prehistorische vuursteenwinning..

De gemeente heeft een Cittaslow keurmerk en de vuursteenmijnen spelen daarin een belangrijke rol. Aan de Van Schaikstichting is door de gemeente een subsidie verstrekt voor het ontwikkelen en uitvoeren van een op de vuursteenwinning gericht onderwijspakket voor basisscholen.

¹ <http://www.leaderzuidlimburg.nl/>



De consolidatie zal in de omgeving veel aandacht krijgen. Hier zal in samenwerking met de RCE middels een informatiecampagne op ingespeeld worden, om zo de waarde van het mijnencomplex goed voor het voetlicht te brengen bij het regionale en wellicht ook het nationale publiek.

De Stichting Ir. D.C. van Schaik beschikt zelf niet over een budget dat ruim genoeg is om financieel bij te dragen aan de geplande consolidatie. De spaarzame inkomsten die naast donaties worden gegenereerd uit het gidsen van groepen vloeien direct terug naar het mijnencomplex en worden aangewend om bijvoorbeeld de elektriciteitsrekening te betalen en de kosten voor de tweejaarlijkse veiligheidskeuring van de bezoekersgang. Op sommige andere locaties (onderaardse kalksteengroeven) moet een huurbedrag worden betaald aan eigenaren. Incidentele subsidies (zie boven) zijn geoormerkt. Het beheer, het onderhoud en het verzorgen van educatieve bezoeken aan het galerijencomplex draait tot op heden grotendeels op vrijwilligerswerk en wordt uitgevoerd door vrijwilligers van de stichting.



Gebruikte terminologie:

- **Galerij:** een mijngang. In dit geval horizontale gangetjes die in het neolithicum werden uitgehakt in de Gulpener kalksteen om vuursteen te delven.
- **Schacht:** uitgehouwen cilindervormige verbinding tussen het aardoppervlak en galerijen waarin een delfstof wordt gewonnen.
- **Pijlers:** in dit geval kalkstenen pilaren (vast gesteente) die de neolithische mijnwerkers uit veiligheidsoverwegingen hebben laten staan
- **Stutten, stijlen, balken, kappen, platen, gaaswerk:** diverse delen van ondersteuning en aangebracht in de jaren '60 en '70 door de opgravers.
- **Exploratiegang:** de tunnel gegraven tussen 1964 en 1972 om de neolithische galerijen te kunnen bereiken.
- **Bezoekerstunnel:** de tunnel die midden jaren '70 ontstond bij de ombouw van de exploratiegang tot een voor publiek toegankelijke tunnel.

Bijlages:

- Bijlage 1: Palte Onderzoeksrapport
- Bijlage 2a: GeoControl Stabiliteitsonderzoek
- Bijlage 2b: GeoControl Inspectierapport
- Bijlage 3a: Castermans Onderzoeksrapport
- Bijlage 3b: Castermans Tekeningen draagconstructie
- Bijlage 4a: Kaarten A-G met stabiliteitsopname
- Bijlage 4b: Kaarten A-G met zonering
- Bijlage 4c: Kaarten A-G met de ingrepen
- Bijlage 5: Tekeningen architect
- Bijlage 6: Mergelbouwsteen Kleijnen offerte
- Bijlage 7: Archol Archeologische begeleiding offerte
- Bijlage 8: Meervelt ecologische begeleiding offerte
- Bijlage 9: Architect offerte
- Bijlage 10: Excel tabel met kostenberekening

LEISE

Alexander battalaan 48
6221 CE Maastricht
0(031)6105105.94
bas@atelierleise.eu
www.atelierleise.eu

VERGUNNINGSTEKENING

onderwerp

situatie
plattegronden
doorsnedes

opdrachtgever

Stichting Ir. D.C. van Schaik
Postbus 2235, 6201 HA Maastricht.

projectadres

Prehistorische vuursteenmijn Rijckholt
Savelsbos, Gemeente Eijsden-Margraten

datum

15-03-2021

wijz. datum

papier formaat

A3 - A3 verlengd

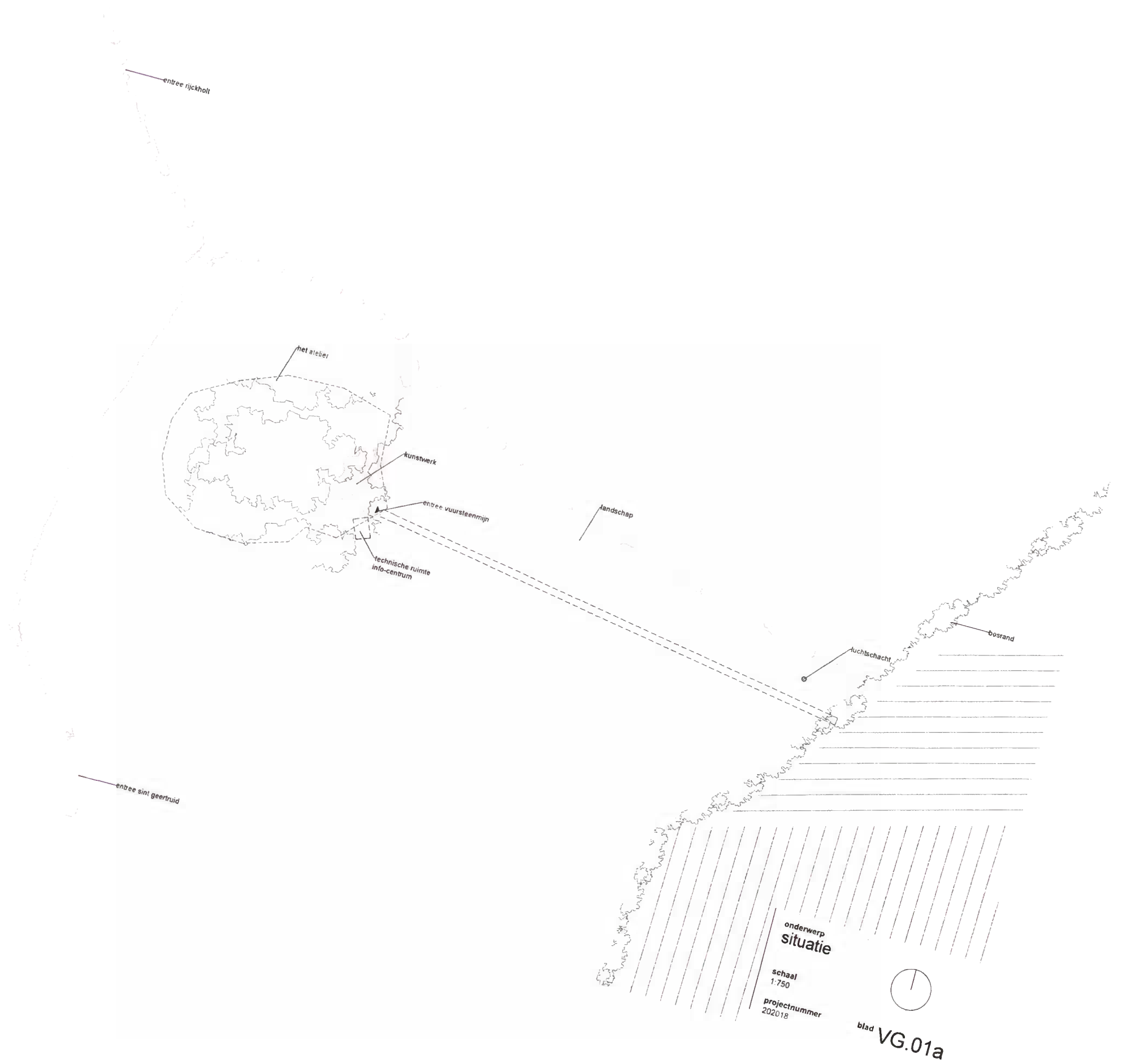
schaal

1:750 - 1:250 - 1:100 - 1:20

Maten in het werk te controleren.
Productietekeningen gemaakt door derden ter
controle voorleggen.
Op deze tekeningen kunnen geen rechten
worden verleend.
Bouwkundige constructies altijd volgens
berekening constructeur.

projectnummer
202018

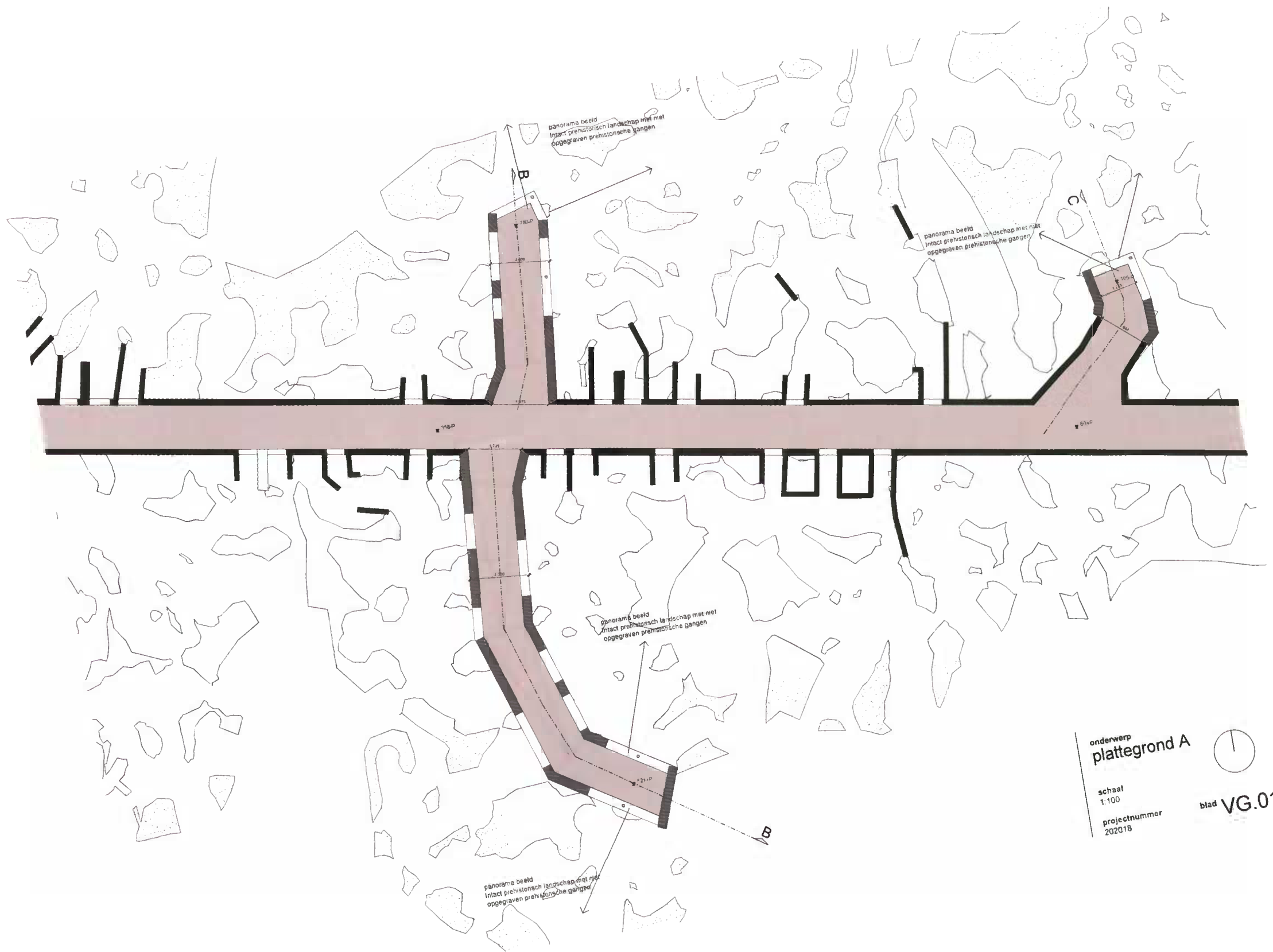
blad **VG.01**



-

PLATTEGROND B 1:100

trial \G.01b



onderwerp
plattegrond A

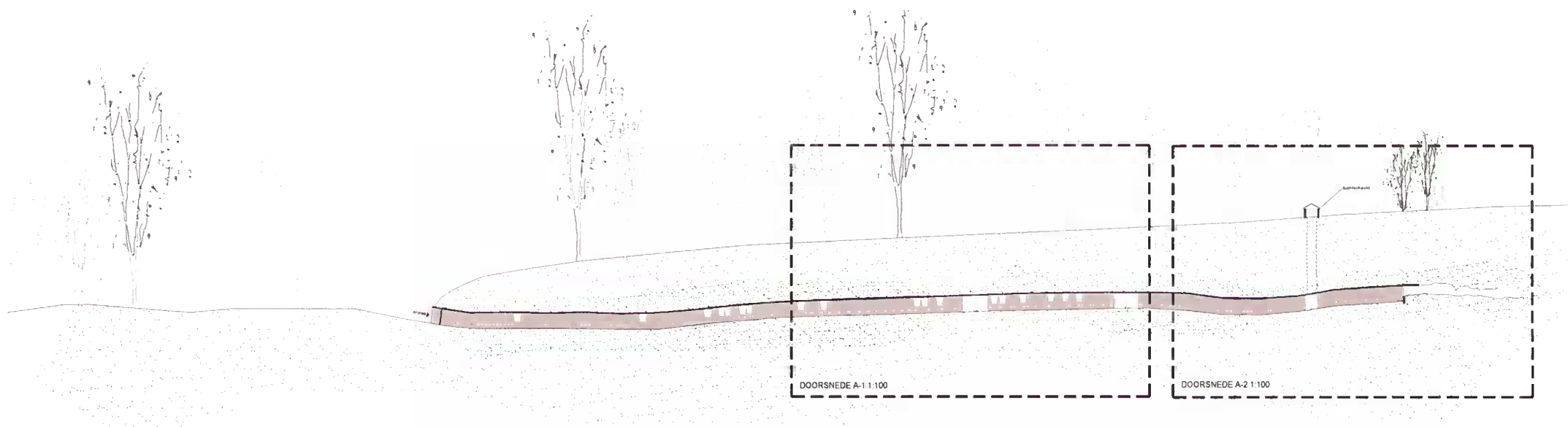
schaal
1:100

projectnummer
202018

blad VG.01c

40

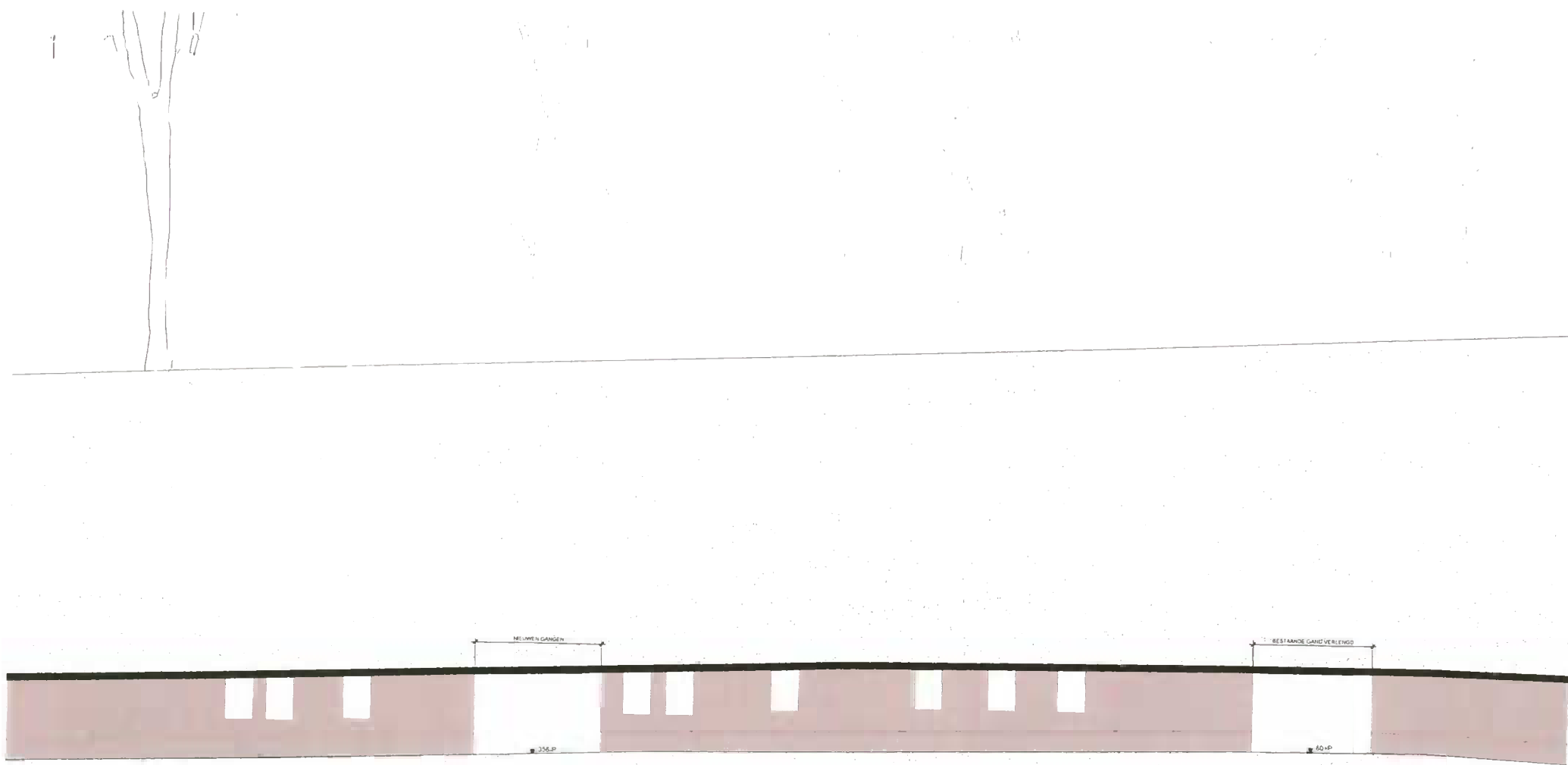
blad VG.01d



DOORSNEDE A 1:250

onderwerp
doorsnede
schaal
1:250
projectnummer
202016

blad VG.01e



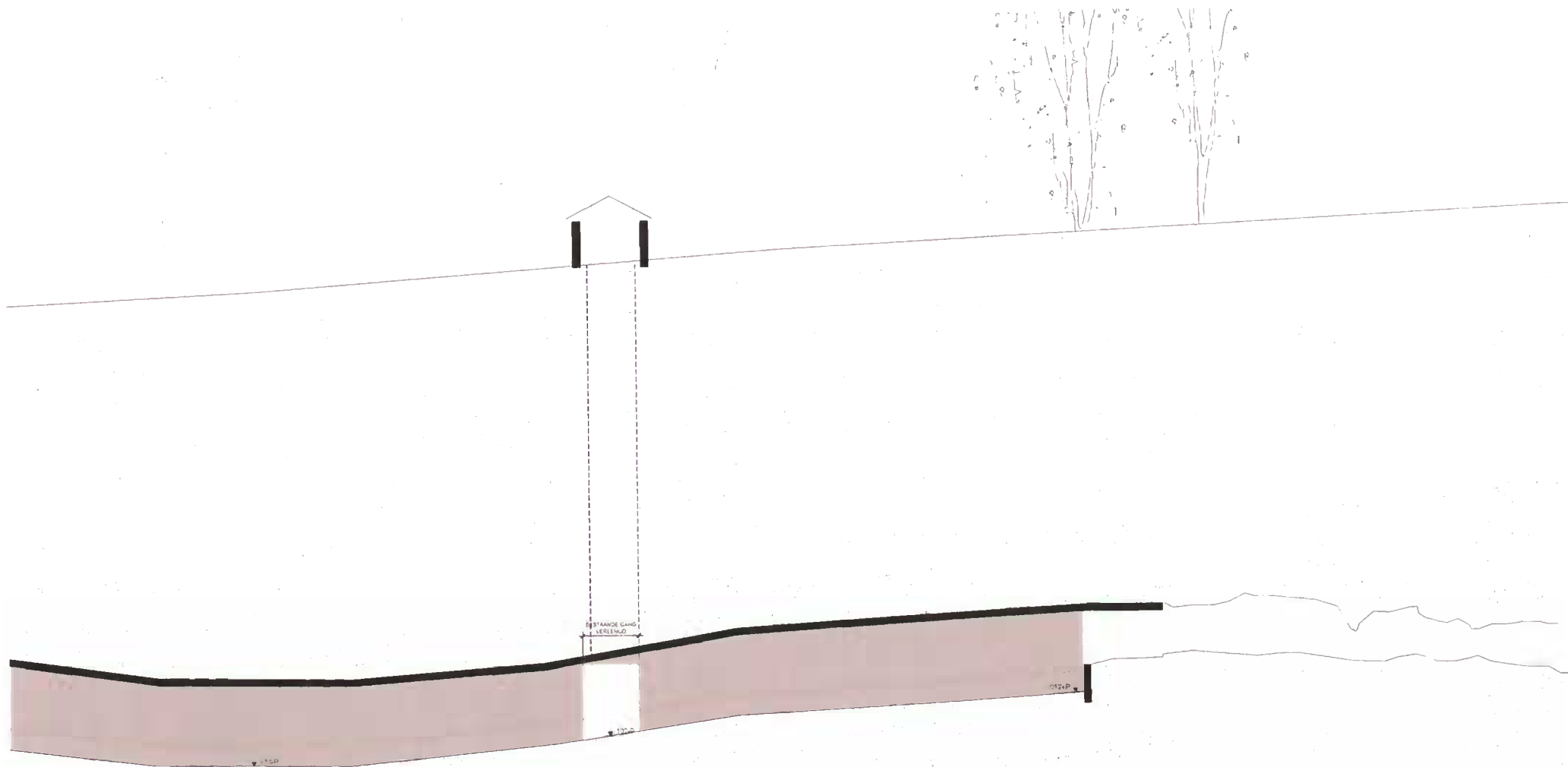
onderwerp
doorsnede A-1

schaal
1:100

projectnummer
202018

blad VG.01f



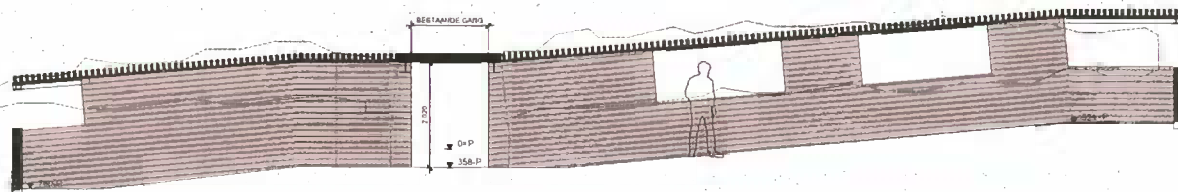


onderwerp
doorsnede A-2

schaal
1:100

projectnummer
202018

blad VG.01f



onderwerp
doorsnede B

schaal
1:100

projectnummer
202018



blad VG.01g



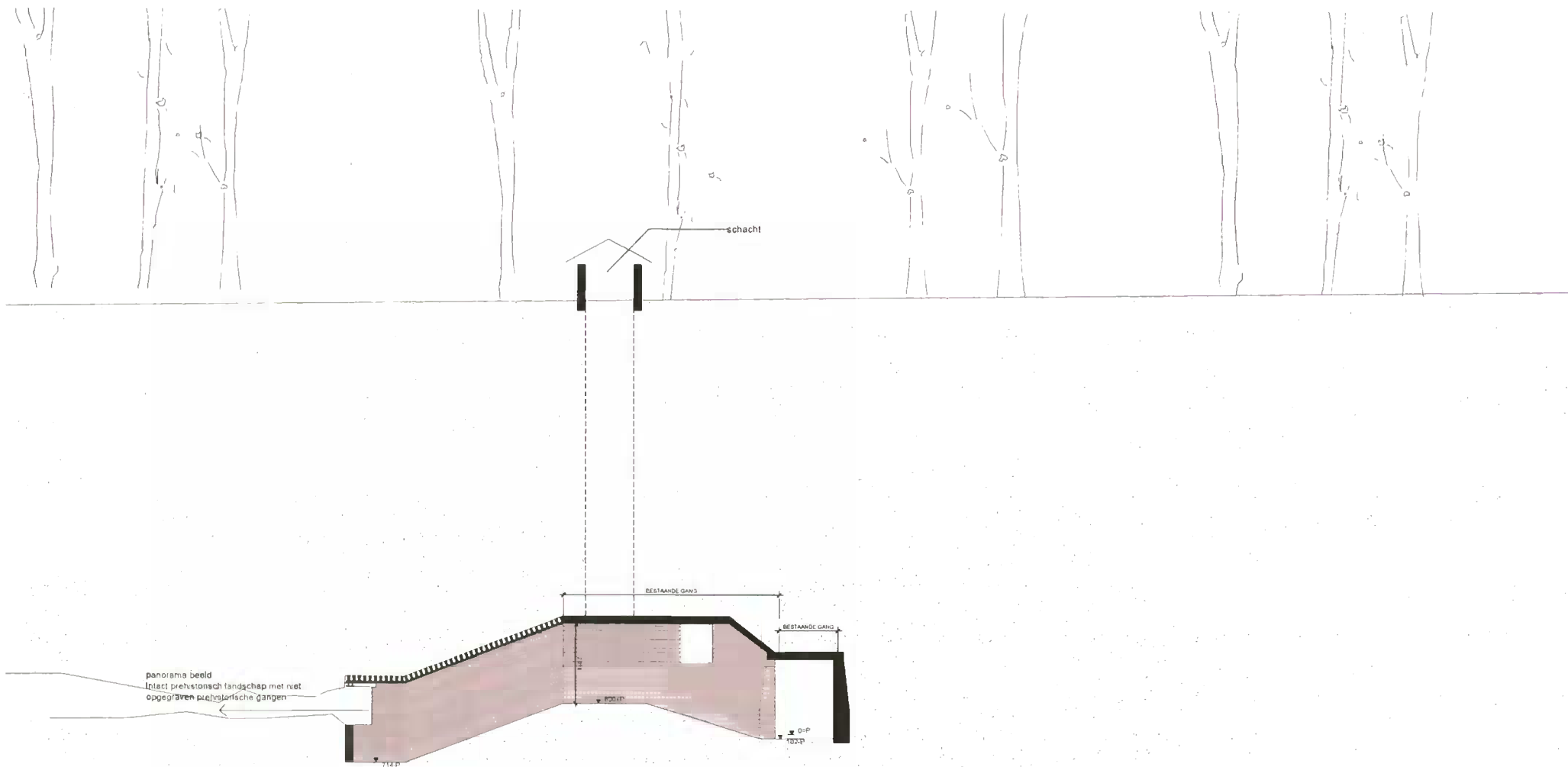
onderwerp
doorsnede C

schaal
1:100

projectnummer
202018

blad VG.01h





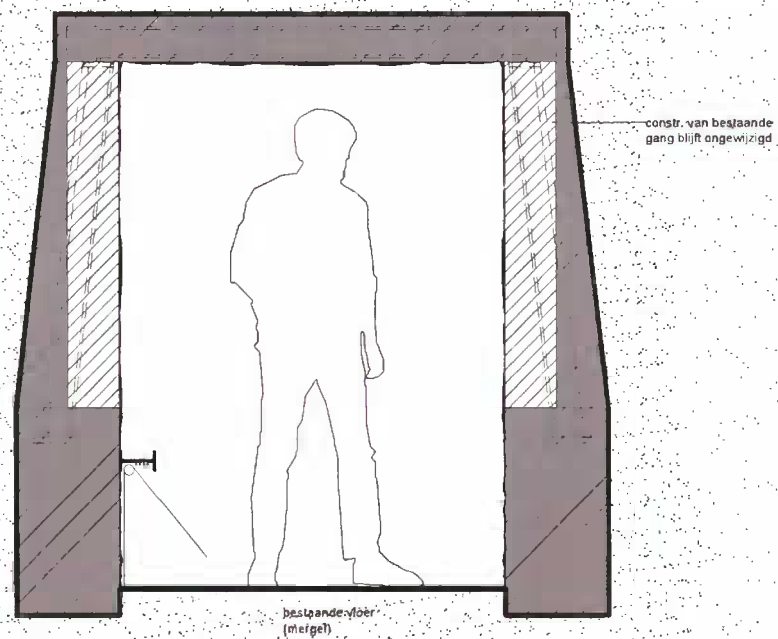
onderwerp
doorsnede D

schaal
1:100

projectnummer
202018



blad VG.01i



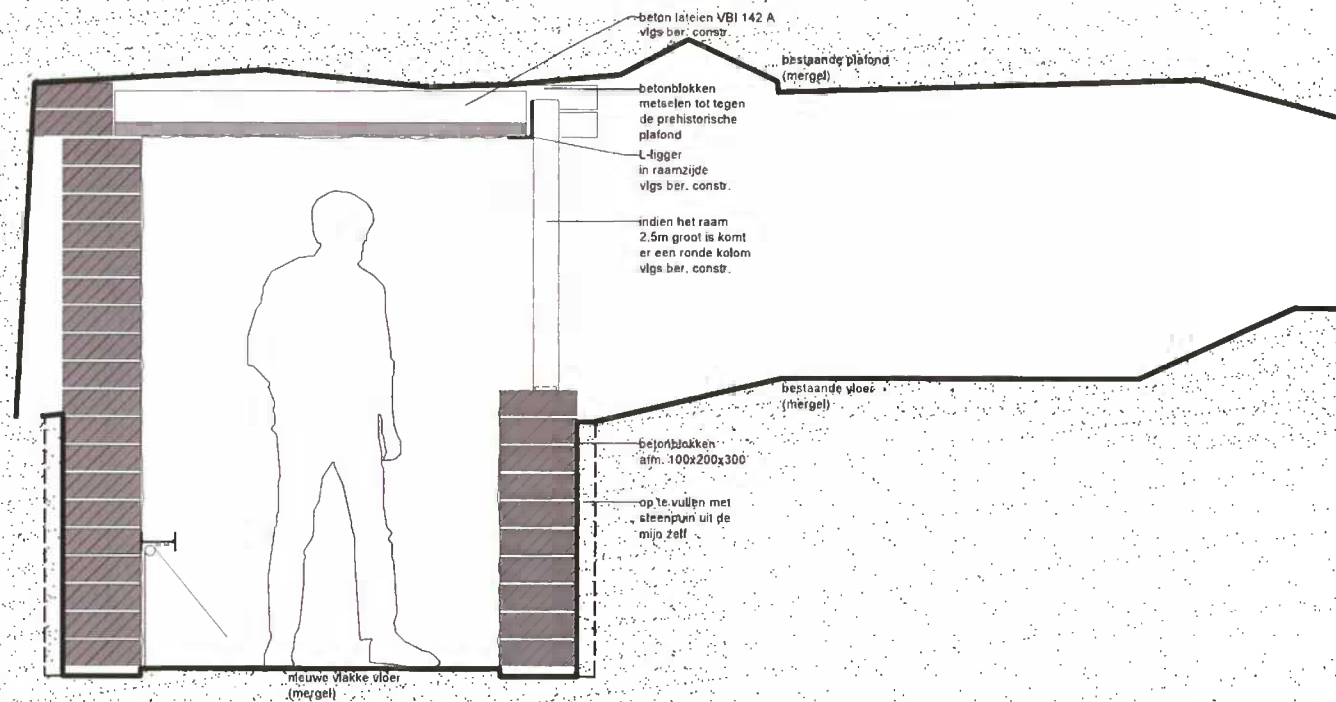
onderwerp
detail A
bestaande constr ongewijzigd

schaal
1:20

projectnummer
202018



blad **VG.01j**



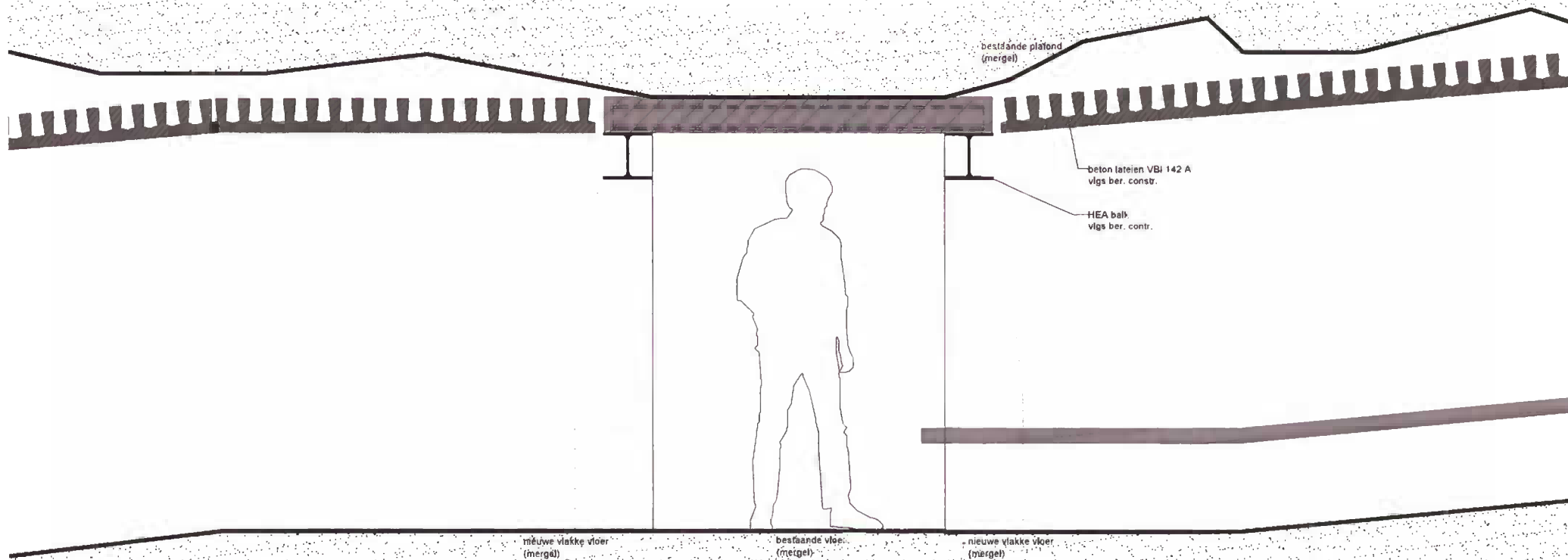
onderwerp
detail B

schaal
1:20

projectnummer
202018



blad **VG.01j**



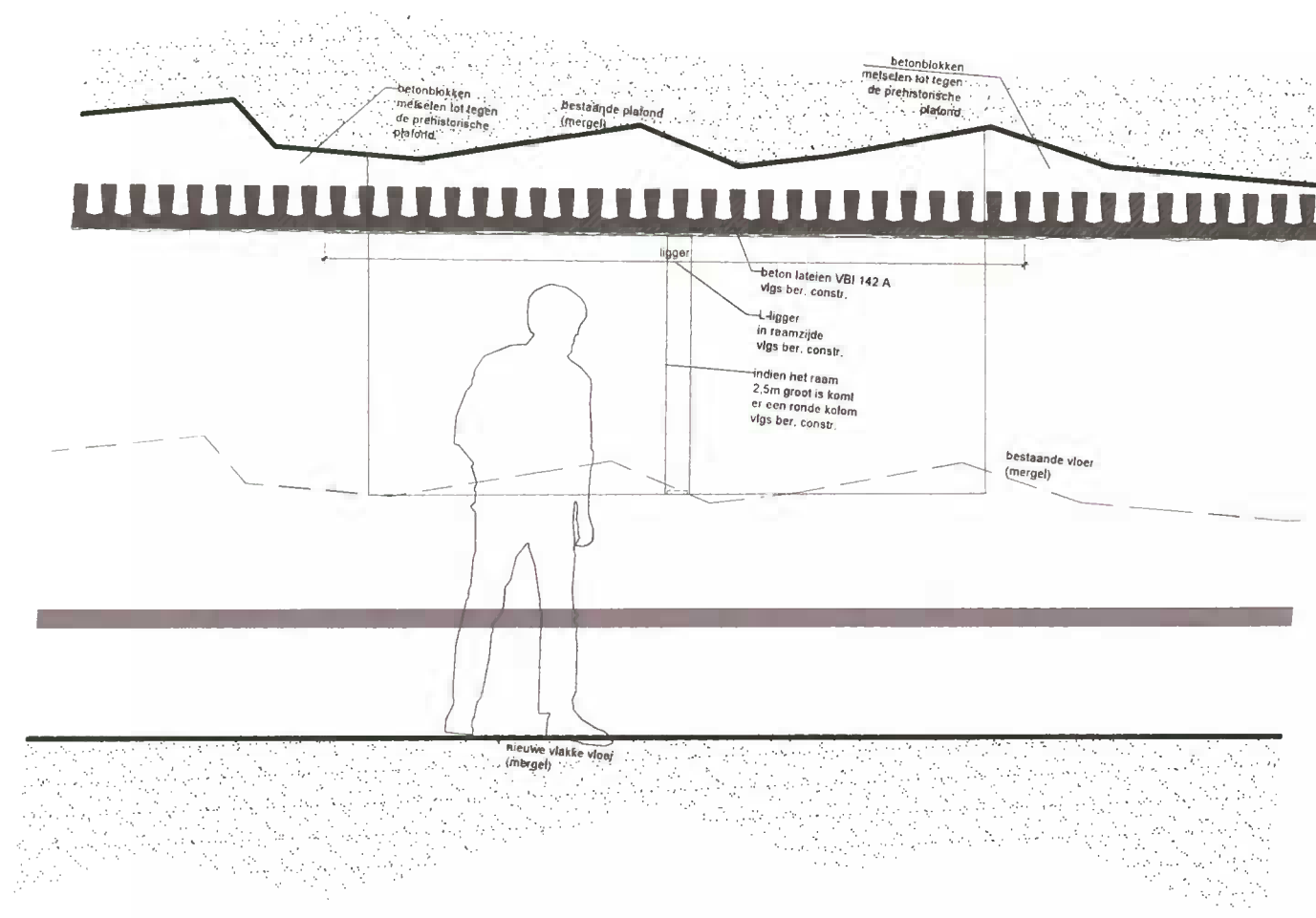
onderwerp
detail C

schaal
1:20

projectnummer
202018



blad VG.01k



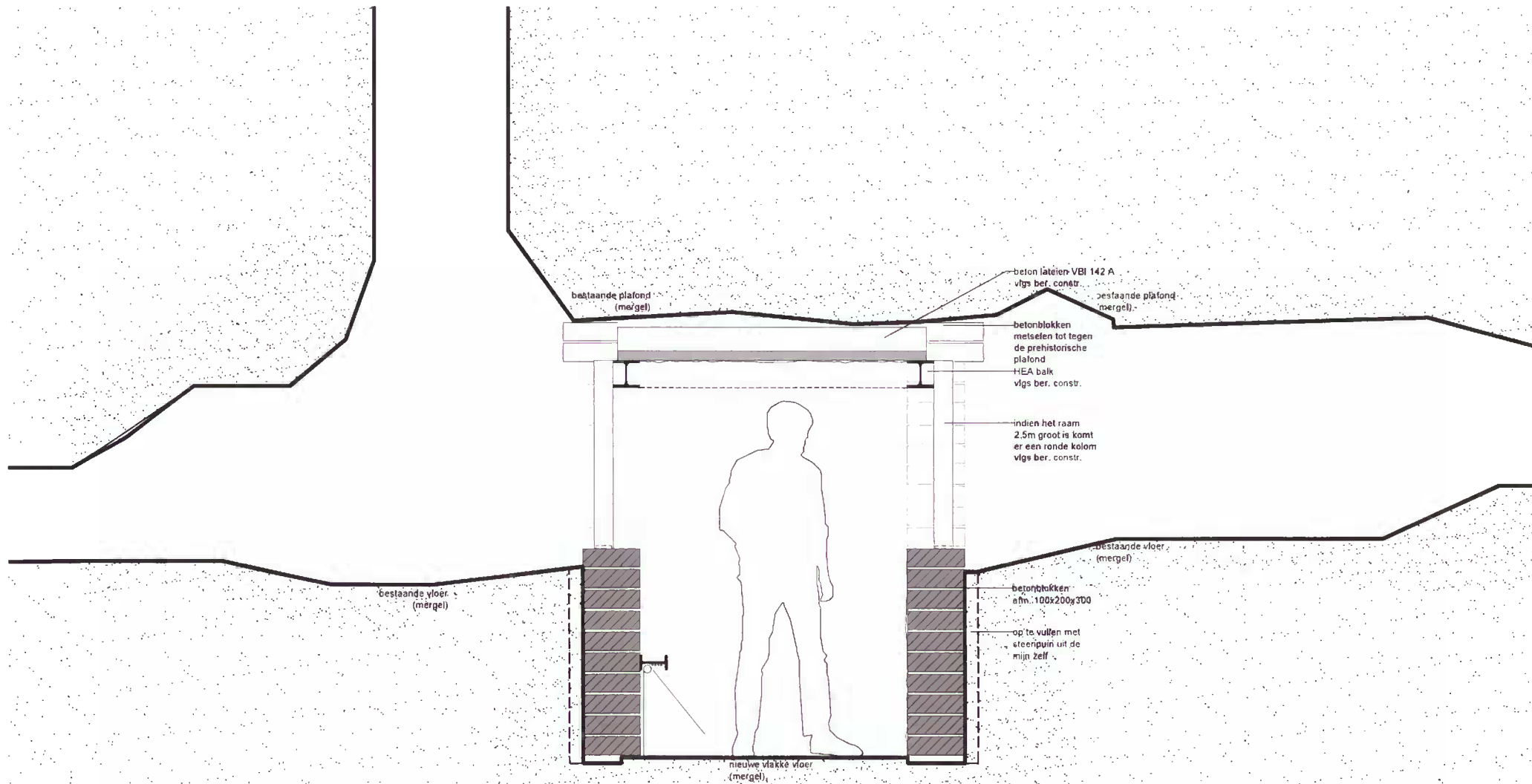
onderwerp
detail D

schaal
1:20

projectnummer
202018



blad VG.011



onderwerp
detail D

schaal
1:20

projectnummer
202018



blad VG.01m

LEISE

Alexander battalaan 48
6221 CE Maastricht
0(031)610510594
bas@atelierleise.eu
www.atelierleise.eu

VERGUNNINGSTEKENING

onderwerp
plattegronden

opdrachtgever
Stichting Ir. D.C. van Schaik
Postbus 2235, 6201 HA Maastricht.

projectadres
Prehistorische vuursteenmijn Rijckholt
Savelsbos, Gemeente Eijsden-Margraten

datum 15-03-2021 **wijz. datum**

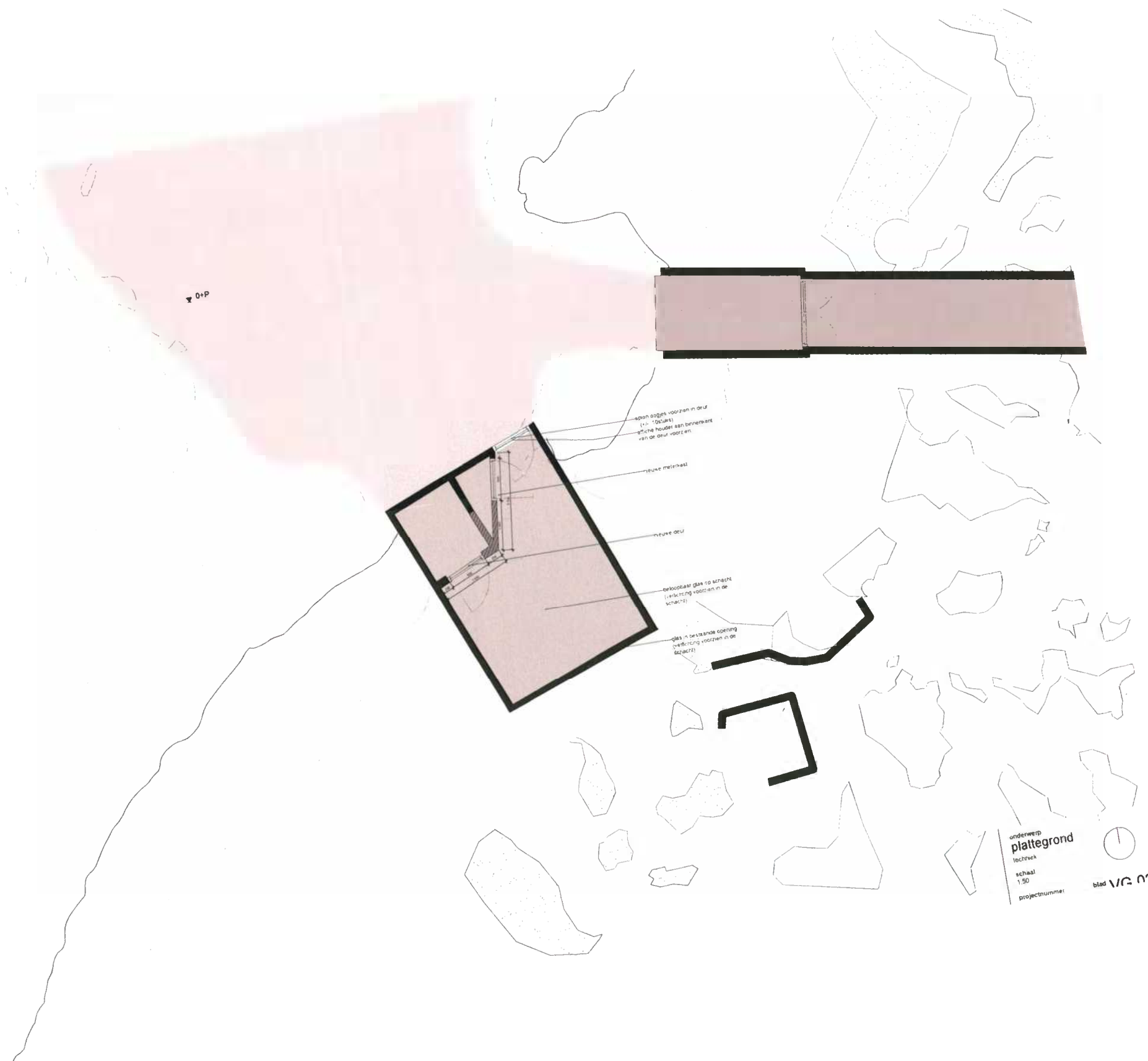
papier formaat
A3 - A2

schaal
1:50

Maten in het werk te controleren.
Productietekeningen gemaakt door derden ter
controle voorleggen.
Op deze tekeningen kunnen geen rechten
worden verleend.
Bouwkundige constructies altijd volgens
berekening constructeur.

projectnummer
202018

blad VG.02



0+P

spaan dorpel voorzien in deur
(110-120cm)
spijle houder aan binnenzijde
van de deur voorzien

nieuwe meterkast

nieuwe deur

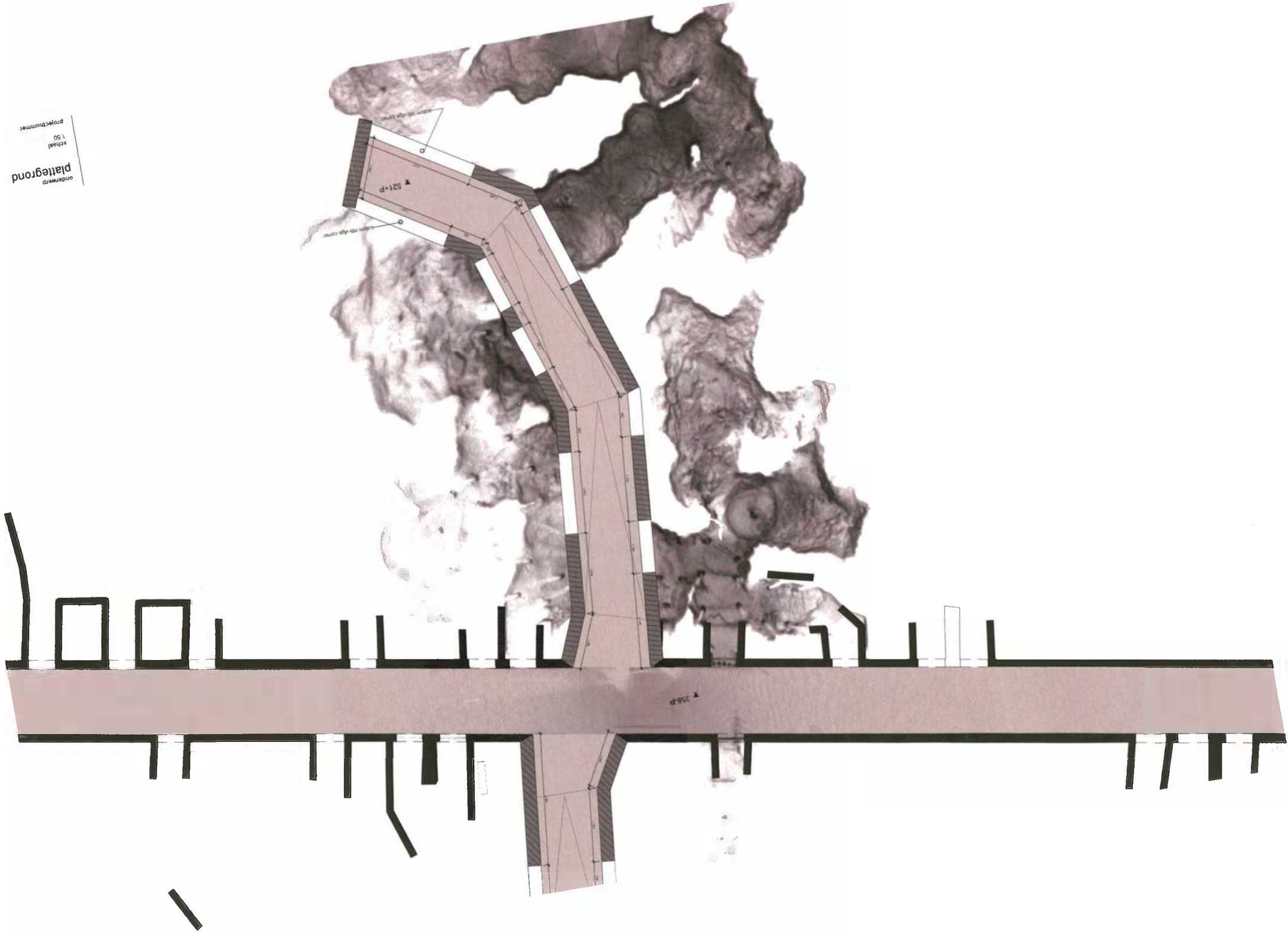
bruto vloer glas op schacht
(versterking voorzien in de
schacht)

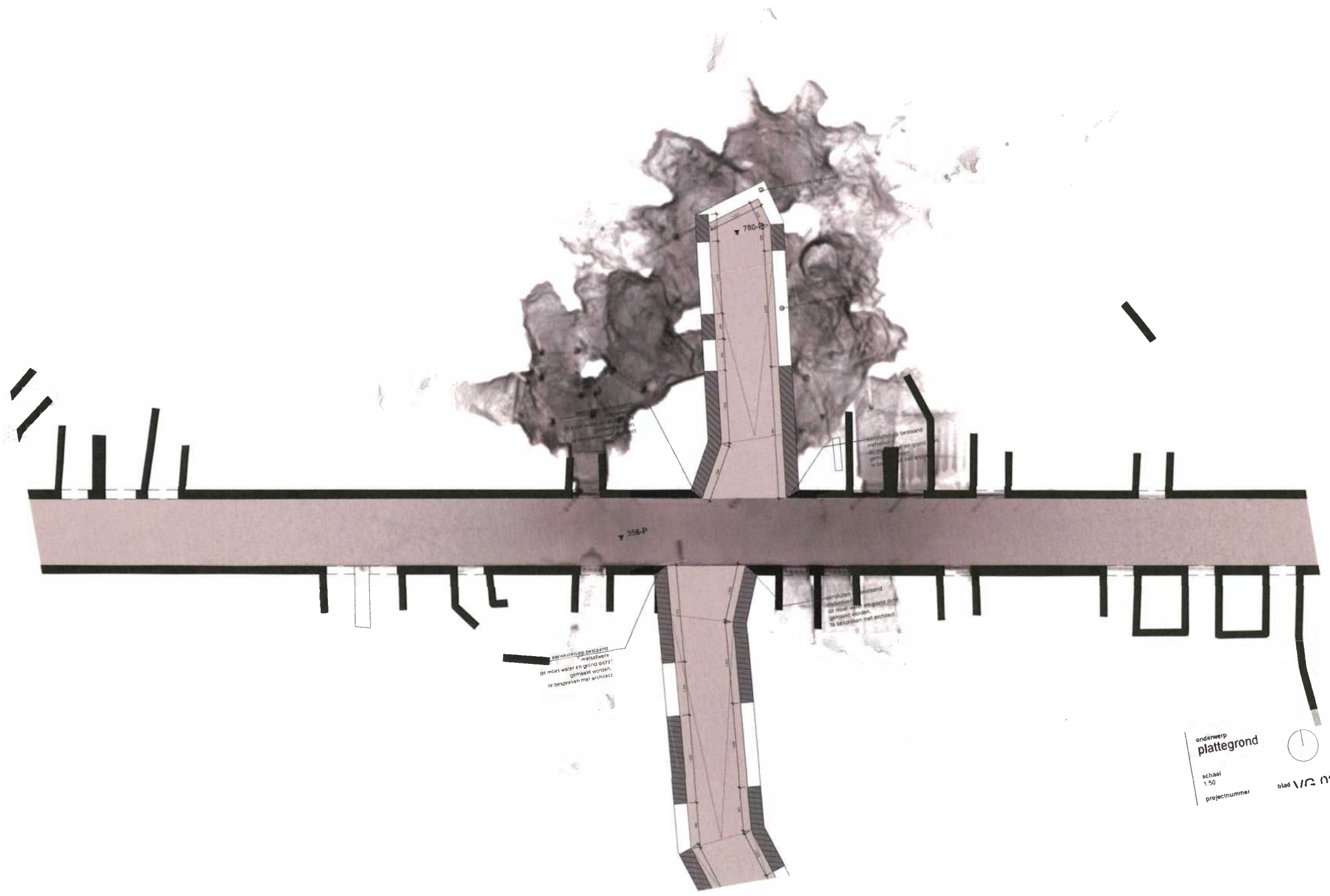
glas in bestaande opening
(versterking voorzien in de
balk)

onderwerp
plattegrond
leerboek
schaal
1:50
projectnummer:

blad 1/12 022

plattengrond
onderwerp
schaal
1:50
projectnummer
blad V/C 02h



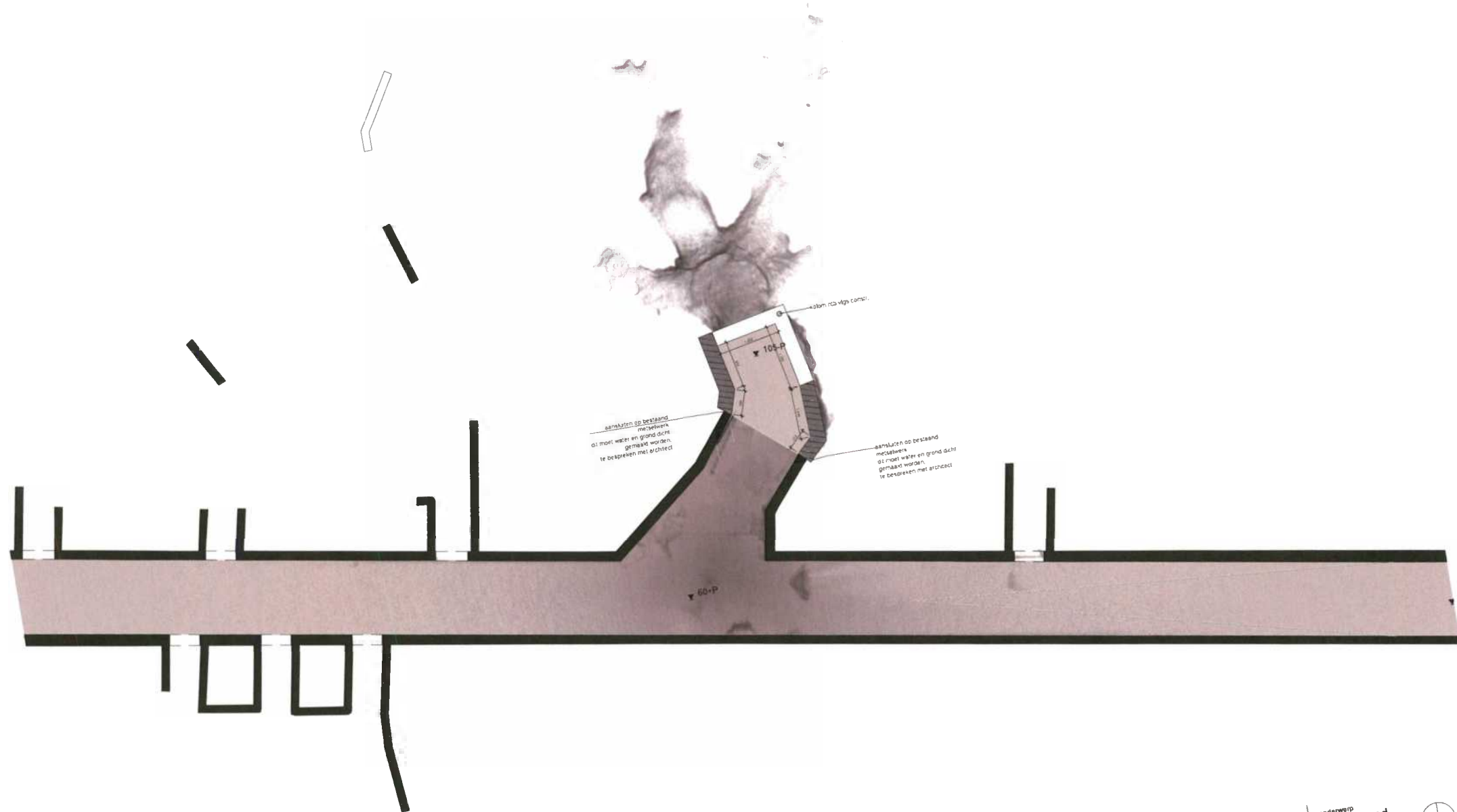


aanpak een op bezetting
metastaten
dit moet water en grond goed
gemaakt worden
te bezetten met architect

verhuizen van grond
als met water en grond
gemaakt worden
te bezetten met architect

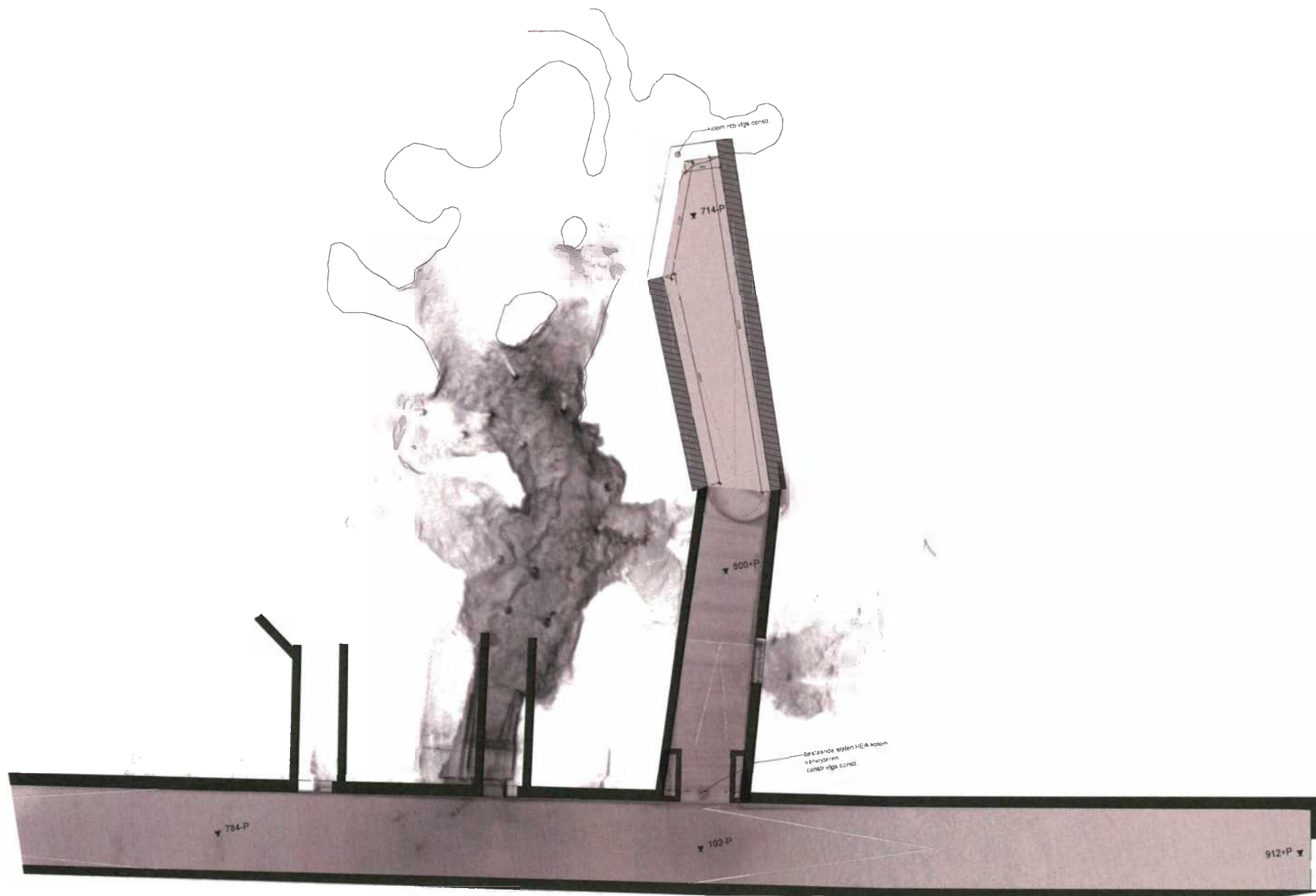
onderwerp
plattegrond
schaal
1:50
projectnummer

blad 1/6 020



onderwerp
plattegrond
schaal
1:50
projectnummer

blad 1/1



onderwerp
plattegrond

schaal
1:50
projectnummer



bladz. 1/1

LEISE

Alexander battalaan 48
6221 CE Maastricht
0(031)610510594
bas@atelierleise.eu
www.atelierleise.eu

VERGUNNINGSTEKENING

onderwerp
plattegronden
technieken

opdrachtgever
Stichting Ir. D.C. van Schaik
Postbus 2235. 6201 HA Maastricht.

projectadres
Prehistorische vuursteenmijn Rijckholt
Savelsbos, Gemeente Eijsden-Margraten

datum 15-03-2021 **wijz. datum**

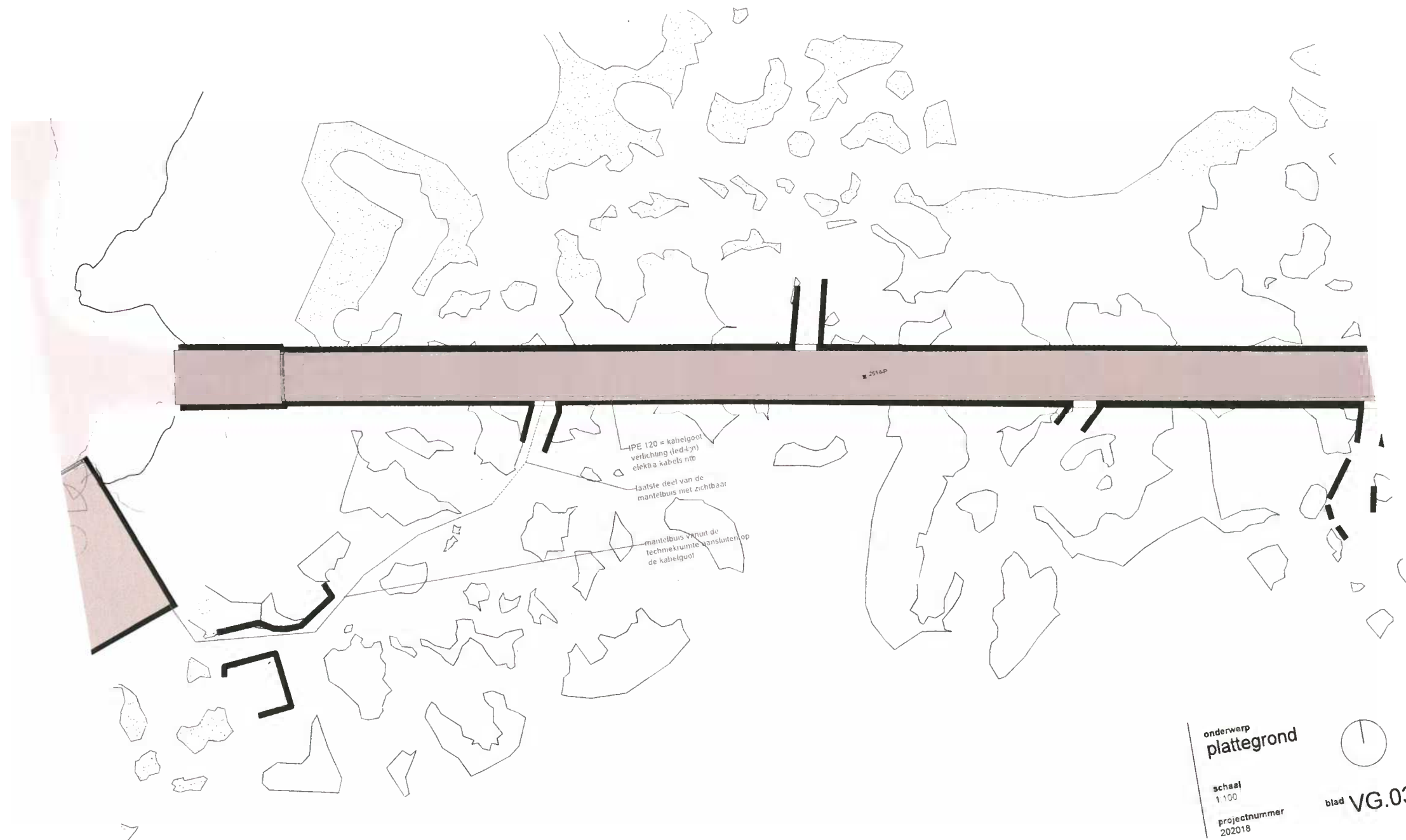
papier formaat
A3 - A3 verlengd

schaal
1:100 - 1:20

Maten in het werk te controleren.
Productietekeningen gemaakt door derden ter
controle voorleggen.
Op deze tekeningen kunnen geen rechten
worden verleend.
Bouwkundige constructies altijd volgens
berekening constructeur.

projectnummer
202018

blad VG.03

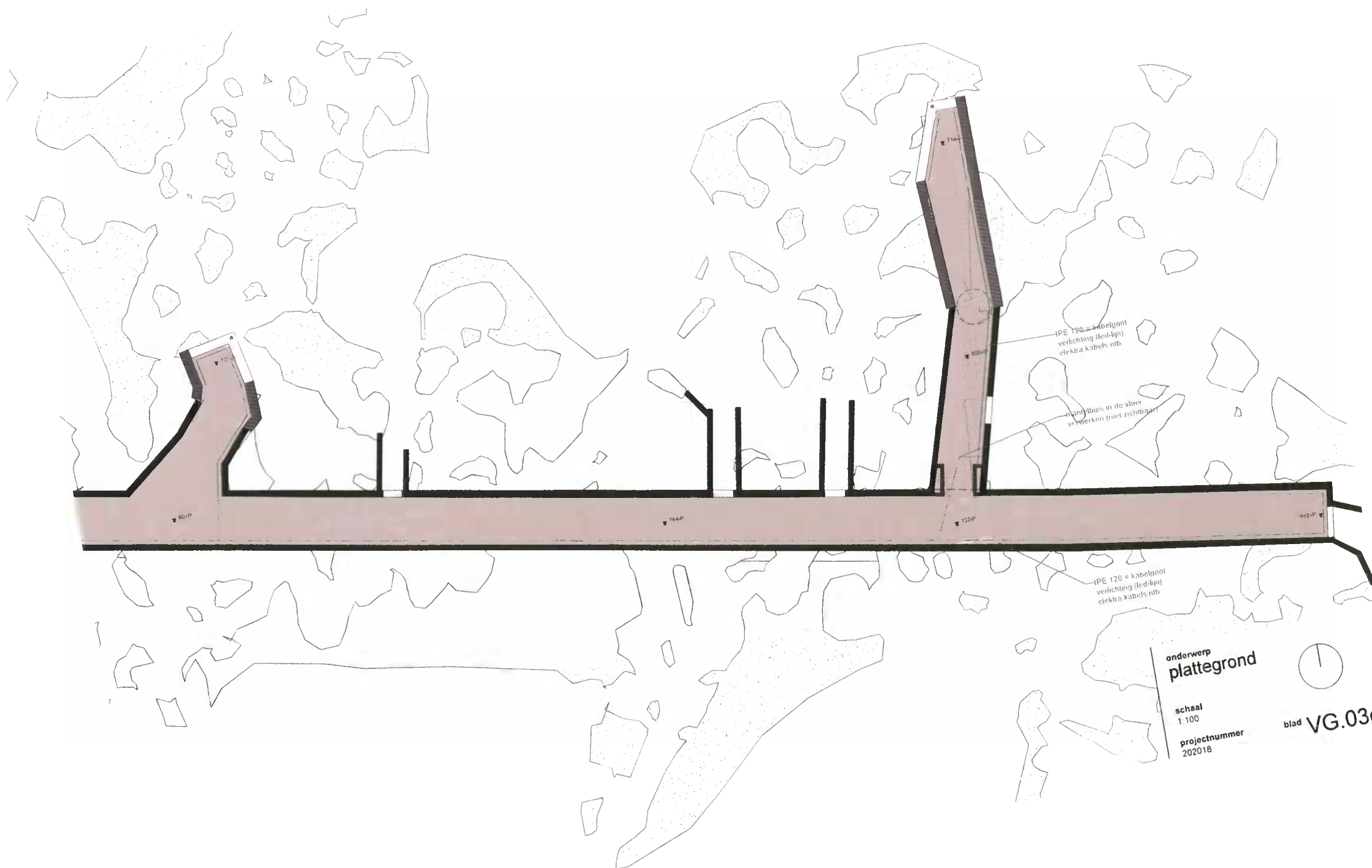


onderwerp
plattegrond

schaal
1:100

projectnummer
202018

blad VG.03a

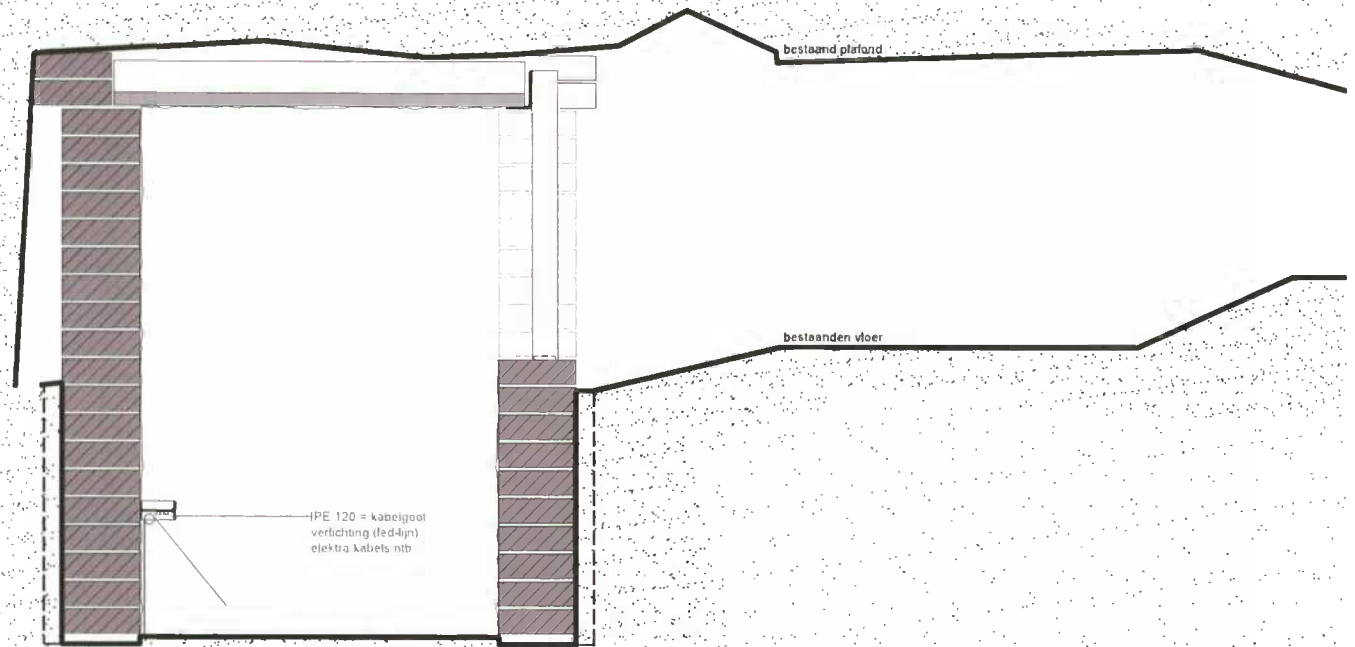


onderwerp
plattegrond

schaal
1:100

projectnummer
202018

blad VG.03c



onderwerp
detail

schaal
1:20

projectnummer
202018



blad VG.03d

RESTAURATIE VUURSTEENMIJN RIJCKHOLT

**Rapportage n.a.v. de constructieve inspectie
gehouden op 25 juni 2020**



Proj. nr 19.202
30 juni 2020
Wijz. A: 14 oktober 2020



1.	<u>Inleiding</u>	blz. 1
2.	<u>Onderzochte onderdelen</u>	1
3.	<u>Werkwijze van het onderzoek</u>	2
4.	<u>Beschrijving van de resultaten</u>	3
	4.1 Algemeen	3
	4.2 De 17 schachten	4
	4.3 De 17 plafondstutten	5
5.	<u>Samenvatting</u>	8

1. Inleiding

Afgelopen donderdag 25 juni hebben we het onderzoek in de Vuursteenmijn Rijckholt uitgevoerd, dat eerder uitgesteld moest worden vanwege de actuele coronamaatregelen.

Ons onderzoek is gericht op de beoordeling van de constructieve veiligheid van in het verleden aangebrachte stutconstructies als ook de duurzaamheid daarvan, waarbij het streven is om de bedoelde stutconstructies voor een periode van 30 jaar in stand te houden.

Vooraf willen we daar een kanttekening bij plaatsen.

Nagenoeg geen enkele constructie heeft een instandhoudingstermijn van 30 jaar zonder dat daar periodiek onderhoud aan plaatsvindt.

Het blijft nodig om op gezette tijden inspecties uit te voeren om te onderzoeken of de constructies nog over de vereiste veiligheid beschikken, of er geen onvoorziene voorvallen hebben plaatsgevonden die de veiligheid negatief hebben beïnvloed en of de achteruitgang niet sneller is gegaan dan aanvankelijk verondersteld werd.

Gebruikelijk is om dit soort inspecties eenmaal per 2 à 5 jaar uit te voeren.

2. Onderzochte onderdelen

De stutconstructies, die het onderwerp van onze inspectie vormden, zijn in 2 hoofdgroepen onder te verdelen:

Allereerst betreft het de inspectie van de stutconstructies onder 17 schachten; dit zijn allemaal schachten in doorgaans donkergroene gebieden volgens de overzichtskaart bij het restauratieplan 2021 van de Stichting Ir. D.C. van Schaik; toegevoegd als bijlage 1 achterin deze rapportage. Noot: Donkergroene delen zijn grotendeels in orde wat betreft de gewelfstabiliteit en de pilaarstabiliteit. Er moeten echter kleine reparatiewerkzaamheden aan hulpconstructies plaatsvinden om de instandhoudingstermijn van 30 jaar te halen.

Vervolgens de stutconstructies die zijn aangebracht ter ondersteuning van de plafonds in de mijngangen en vindplaatsen; dit zijn ook nog eens 17 locaties.

Van al deze schachten en locaties, totaal 34 stuks, hebben we foto's gemaakt en deze toegevoegd als bijlage bij dit rapport. De foto's zijn terug te vinden in de situatie doordat elke deelsessie wordt voorafgegaan door een opname van het betreffende gangnummer. Totaal zijn er 360 foto's gemaakt en toegevoegd. Het is niet te doen om al deze foto's te bespreken of toe te lichten.

We beperken ons hier tot het bespreken van de hoofdzaken en grote lijnen.

Wanneer wordt overgegaan tot de daadwerkelijke restauratie zal een nieuwe rondgang gehouden worden waarbij de belangrijkste betrokken partijen aanwezig zijn en per locatie de feitelijk uit te voeren restauratie wordt vastgelegd.

3. Werkwijze van het onderzoek.

Het onderzoek op locatie is uitgevoerd door Vincent Castermans, ing.: senior constructeur bij Castermans Engineers.

De begeleiding en evaluatie van het onderzoek, evenals deze rapportage is uitgevoerd door de projectleider namens Castermans Engineers, ondergetekende ir. Lou Castermans.

Het onderzoek op locatie heeft bestaan uit visueel onderzoek aan de staalconstructies, het vaststellen van de mate van corrosie d.m.v. bekloppen met de hamer, afschrappen van de roesthuid en het vaststellen van materiaaldikten door meting casu quo het boren van gaten om de wanddikten van buizen te bepalen.

Alles is zoals gezegd vastgelegd op 360 foto's, die zijn bijgevoegd.

4. Beschrijving van de resultaten.

4.1 Algemeen

Bij de stutconstructies is gebruik gemaakt van voornamelijk stalen hulpmiddelen: buizen, stripstaal, platen, walsprofielen zoals U-profielen maar ook HE-profielen, DIR-profielen en railprofielen en rasters van staaldraad zoals wapeningsnetten en dergelijke.

Op een enkele plaats zijn stalton-lateien toegepast, al of niet met een uitvullaag van mergelbrokken tot tegen het plafondgewelf.

Doorgaans is al het staal onbehandeld met uitzondering van de buisprofielen; volgens informatie zouden die afkomstig zijn van de Limburgse steenkolenmijnen die begin zeventiger jaren van de vorige eeuw gesloten zijn. Daar zouden ze dienst gedaan hebben als persluchtleiding. De buizen zijn van een coating voorzien en vertonen slechts geringe sporen van corrosie.

De buizen komen in verschillende diameters voor: nl. Ø60, Ø80 en Ø100 mm. De wanddikte hebben we ter plaatse onderzocht d.m.v. het boren van gaten in enkele buizen. Daarbij bleek de wanddikte van de Ø100-buizen 4 mm te zijn en die bij de buizen van Ø60 mm en Ø80 mm: 3,5 mm.

Als "fundatie" onder de kolommen en stutten zijn betonblokken toegepast van doorgaans 200x300 mm, dikte 100 mm of een ter plaatse gestort betonvoetje.

Vooruitlopend op de bespreking van de onderzoeksresultaten kunnen we nu al stellen dat de buizen voornamelijk zijn toegepast als verticale stutten en kolommen.

Doordat de meeste gangen slechts kruipgangen zijn met een hoogte van 650 à 900 mm is de kniklengte van deze buiskolommen overeenkomstig gering.

Het draagvermogen van deze kolommen bedraagt daarbij voor de Ø60x3,5 ca. 16 tonf. en voor de Ø100x4 ca. 32 tonf. (Het gewicht van ca. 10 m3 respectievelijk 20 m3 mergel).

4.2 De 17 Schachten.

Hier zijn voornamelijk 2 verschillende stutconstructies toegepast:

- een centrale kolom in het middelpunt van de schacht; daarop rust een staalplaat van ca. 5 - 10 mm dikte; in alle gevallen rust deze staalplaat alleen op de centrale kolom en is niet van een oplegging voorzien langs de omtrek; dit zou een voldoende veilige ondersteuning voor de schachtvulling kunnen zijn ware het niet dat de meeste van deze platen gedeeld zijn en bestaan uit 2 halve cirkels, waarvan de naad over de centrale kolom loopt. Beide plathelften zijn met 2 bouten op de kolomkop bevestigd. Echter van een inklemming is hier geen sprake. Bij enige bovenbelasting-van-betekenis zullen deze platen dan ook hun draagvermogen al snel verliezen. Hier zijn aanvullende constructieve voorziening nodig, zoals extra kolommetjes langs de plaatrand: 2 stuks per plathelft; de aanwezige kolommen zijn in orde
- een 2^{de} ondersteuningstype bestaat uit 3 stalen kolommen waar overheen stalen strips en gezette stalen strips met een golfvormige dwarsdoorsnede; soms nog voorzien van een draadrooster daar overheen; bij een grote bovenbelasting zullen deze stalen strips ver gaan doorhangen waarbij er membraanwerking optreedt met grote trekkrachten in de stalen strips; van geval tot geval zal bekeken moeten worden of er voldoende waarborgen aanwezig zijn om evenwicht te maken met deze trekkrachten; te denken valt aan drukkrachten in de gegolfde strips waarvoor deze goed verankerd moeten zijn of het alsnog aanbrengen van drukstaven in deze constructies.
- De aanwezige buiskolommen zijn in orde.

De 17 schachten zijn samengevat onder te verdelen in 3 categorieën; te weten:

1. Schachten zonder opvangconstructie.
2. Schachten welke zijn gestut middels een centrale kolom met hierop rustend een gedeelde staalplaat (zoals hierboven omschreven, dient deze gedeelde staalplaat extra ondersteund te worden).
3. Schachten met andere opvangconstructies (hier zijn geen (herstel)werkzaamheden noodzakelijk).

Een overzicht van de posities van deze 17 schachten (onderverdeeld in bovengenoemde categorieën) is terug te vinden op de overzichtskaarten; toegevoegd als bijlage 1 achterin deze rapportage.

4.3 De 17 plafondstutten.

Allereerst de constructie met de staltonlatei bij gang nr. 2 (zie overzichtskaarten; toegevoegd als bijlage 1 achterin deze rapportage): deze voldoet niet.

Een staltonlatei is een baksteenlatei, waarin 2 wapeningsstaven zijn opgenomen.

Deze wapeningsstaven leveren de trekkrachten in een koppel met drukkrachten die geleverd worden door het drukgebied dat doorgaans uit op de staltonlatei aangebracht metselwerk bestaat. Dit metselwerk ontbreekt echter, zodat er geen lateiwerking kan ontstaan. Deze lateien zullen vervangen moeten worden door stalen balkjes van bv. HE140A profielen. (thermisch verzinkt!)

Een 2^{de} vorm van ondersteuning bestaat uit buiskolommen waar een UNP-profiel overheen ligt. Deze U-profielen liggen in vrijwel alle gevallen op hun platte zijde, zoals dat heet wanneer het lijf horizontaal ligt en de beide flensjes rechtop staan. (omhoog of omlaag) In deze positie is het draagvermogen van U-profielen gering. Bij bovenbelasting buigen ze ver door en onder de bovengenoemde voorwaarden zou er dan wel membraanwerking kunnen optreden.

De kolommen zijn evenwel in orde en kunnen afzonderlijk een goed verticaal steunpunt vormen zonder noodzakelijke hulp van het U-profiel. Voorwaarde hierbij is dat het plafond zelf stabiel is over de afstand tussen de kolommen maar dit is al onderzocht door GeoControl en akkoord bevonden.

Een 3^{de} oplossing bestaat weer uit buisvormige kolommen waar stalen strips overheen zijn aangebracht. Deze zijn nog buigslapper dan de U-profielen en kunnen alleen bijdragen aan de stabiliteit wanneer er membraanwerking kan optreden.

Ook hier geldt dat de plafondstabiliteit in orde is bevonden en de stalen strips in feite geen functie hebben; de kolommen zijn op zichzelf al voldoende verticale steun.

In een 4^{de} situatie staan er meerdere kolommen opgesteld, waar overheen platte stalen strips en gegolfde stalen strips zijn aangebracht en additioneel een stalen roosterwerk. Ook hier geldt dat dit wel bescherming biedt tegen beperkt afvallende brokstukken maar bij aanzienlijke bovenbelasting buigt de zaak enorm door en bezwijkt alleen maar niet wanneer membraanwerking kan optreden. Voor deze membraanwerking is het kunnen optreden van horizontale reactiekrachten noodzakelijk, een voorwaarde waarin in de meeste gevallen niet is voorzien. Als verticale stand-alone-stutten zijn de kolommen in orde.

Een overzicht van de posities van deze 17 gebieden met plafondstutten (uitgevoerd volgens bovengenoemde situaties) is terug te vinden op de overzichtskaarten; toegevoegd als bijlage 1 achterin deze rapportage.

5. Samenvatting.

In de onderzochte gebieden dienen aanvullende constructieve maatregelen te worden genomen.

Van de 17 onderzochte schachten moeten de schachten met de gedeelde staalplaten op één centrale kolom versterkt worden met 4 extra kolommetje langs de omtrek: bv. buiskolommen Ø60x3,6 mm.

De staltonlateien moeten vervangen worden door HE140A liggers in 2 gevallen.

De overige stutconstructies onder de plafonds zijn grotendeels in orde, voor zover de plafondstabiliteit in orde is met enkel de buiskolommen als extra stutten. Aan de constructies over de buiskolommen moet niet veel waarde worden gehecht. De roestvorming aan deze constructies is ernstiger dan die aan de kolommen maar heeft om eerder genoemde reden weinig tot geen gevolgen.

Niet alle gebieden zijn onderzocht. De selectie van de onderzochte constructies betrof die constructies die in de groene delen liggen en waarvan twijfel is of ze voldoende draagkracht hebben. Uit onderzoek blijkt dat deze draagconstructies voldoende zijn; behalve de op bijgevoegde overzichtskaarten aangeduide manco's. Aangezien het een ruime selectie is die representatief is voor alle dragende constructies, mag aangenomen worden dat de overige dragende constructies ook voldoende draagkracht hebben.

Wanneer wordt overgegaan tot de daadwerkelijke restauratie zal een nieuwe rondgang gehouden worden waarbij de belangrijkste betrokken partijen aanwezig zijn en per locatie de feitelijk uit te voeren restauratie wordt vastgelegd.

Castermans Engineers B.V.

Bijlage 1: overzichtskaarten vuursteenmijn.
Bijlage 2: bestand met 360 foto's.

CASTERMANS ENGINEERS

adviesbureau voor bouwconstructies en bouwtechniek

Hoeve Het Broek

Waterrijk 1 ■ 6247 CL Gronsveld

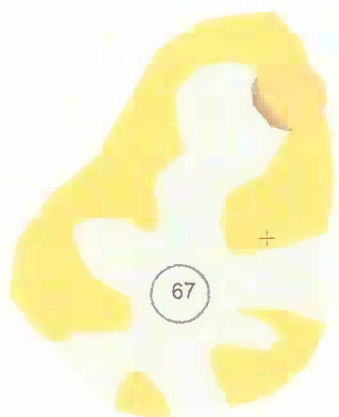
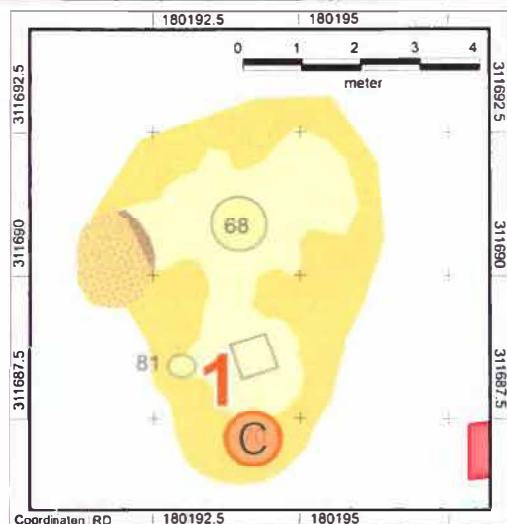
Tel: 043 – 60 80 300

E-mail: info@castermans.nl

Vuursteenmijn Rijckholt Vervolgwerkzaamheden Deelkaart A

Bijlage 1:

- A = Schachten zonder opvangconstructie.
B = Schachten welke zijn gestut middels een centrale kolom met hierop rustend een gedeelde staalplaat (deze gedeelde staalplaat dient extra ondersteund te worden).
C = Schachten met andere opvangconstructies (hier zijn geen (herstel)werkzaamheden noodzakelijk).
D = Gebied met plafondstutten volgens situaties: omschreven op pagina 6 en 7 van deze rapportage.



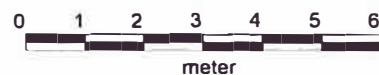
Ingang



GeoControl
geotechnical consultancy and services

ArcheoPro

Opgraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2020) i-2020)
Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019



Vuursteenmijn Rijckholt Vervolgwerkzaamheden Deelkaart B

- A = Schachten zonder opvangconstructie.
 B = Schachten welke zijn gestut middels een centrale kolom met hierop rustend een gedeelde staalplaat (deze gedeelde staalplaat dient extra ondersteund te worden).
 C = Schachten met andere opvangconstructies (hier zijn geen (herstel)werkzaamheden noodzakelijk).
 D = Gebied met plafondstutten volgens situaties; omschreven op pagina 6 en 7 van deze rapportage.



GeoControl

geotechnical consultancy and services

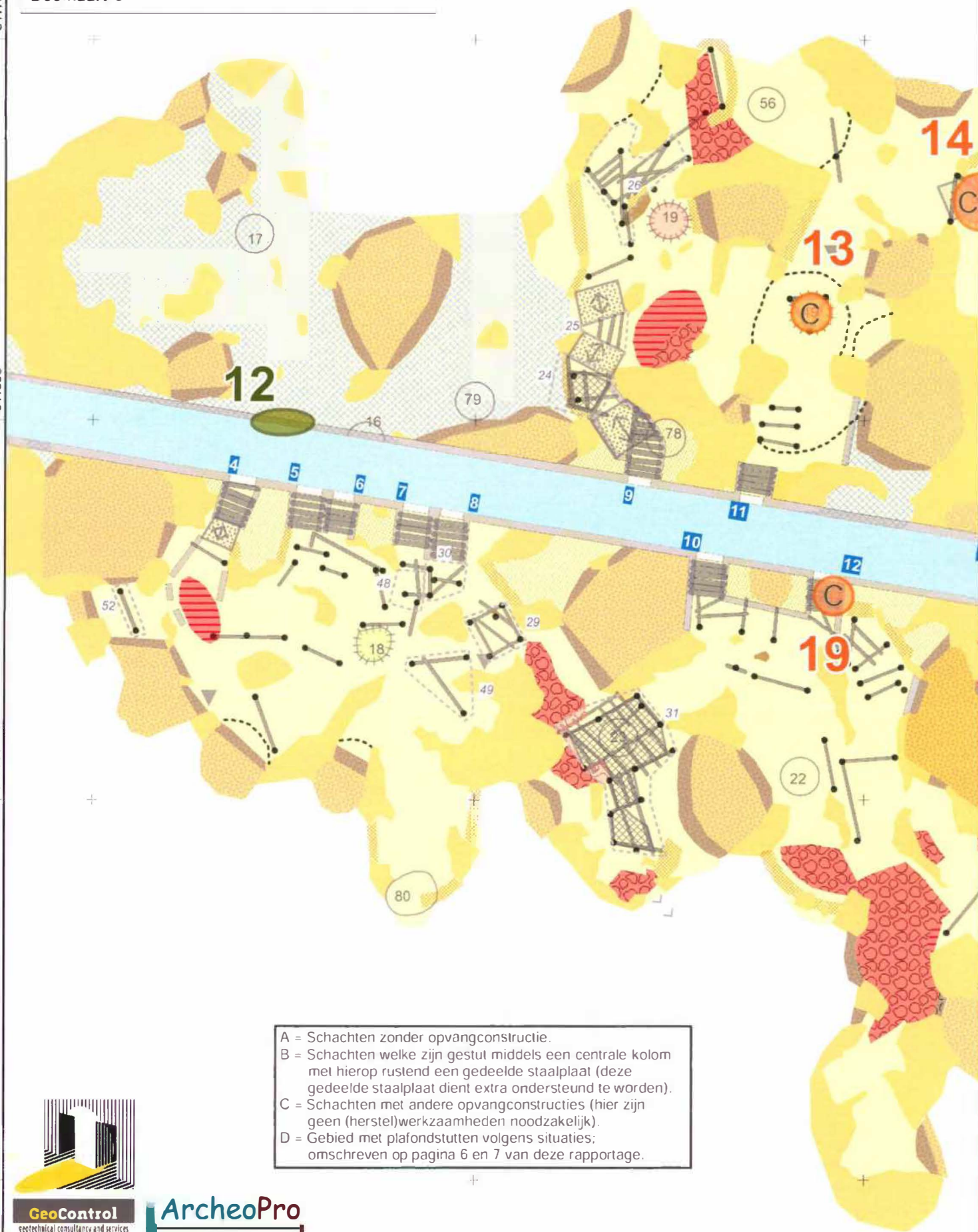
ArcheoPro

Opraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
 Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2020)
 Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019

0 1 2 3 4 5 6
 meter



Vuursteenmijn Rijckholt Vervolgwerkzaamheden Deelkaart C



- A = Schachten zonder opvangconstructie.
 B = Schachten welke zijn gestut middels een centrale kolom met hierop rustend een gedeelde staalplaat (deze gedeelde staalplaat dient extra ondersteund te worden).
 C = Schachten met andere opvangconstructies (hier zijn geen (herstel)werkzaamheden noodzakelijk).
 D = Gebied met plafondstutten volgens situaties; omschreven op pagina 6 en 7 van deze rapportage.



GeoControl
 geotechnical consultancy and services

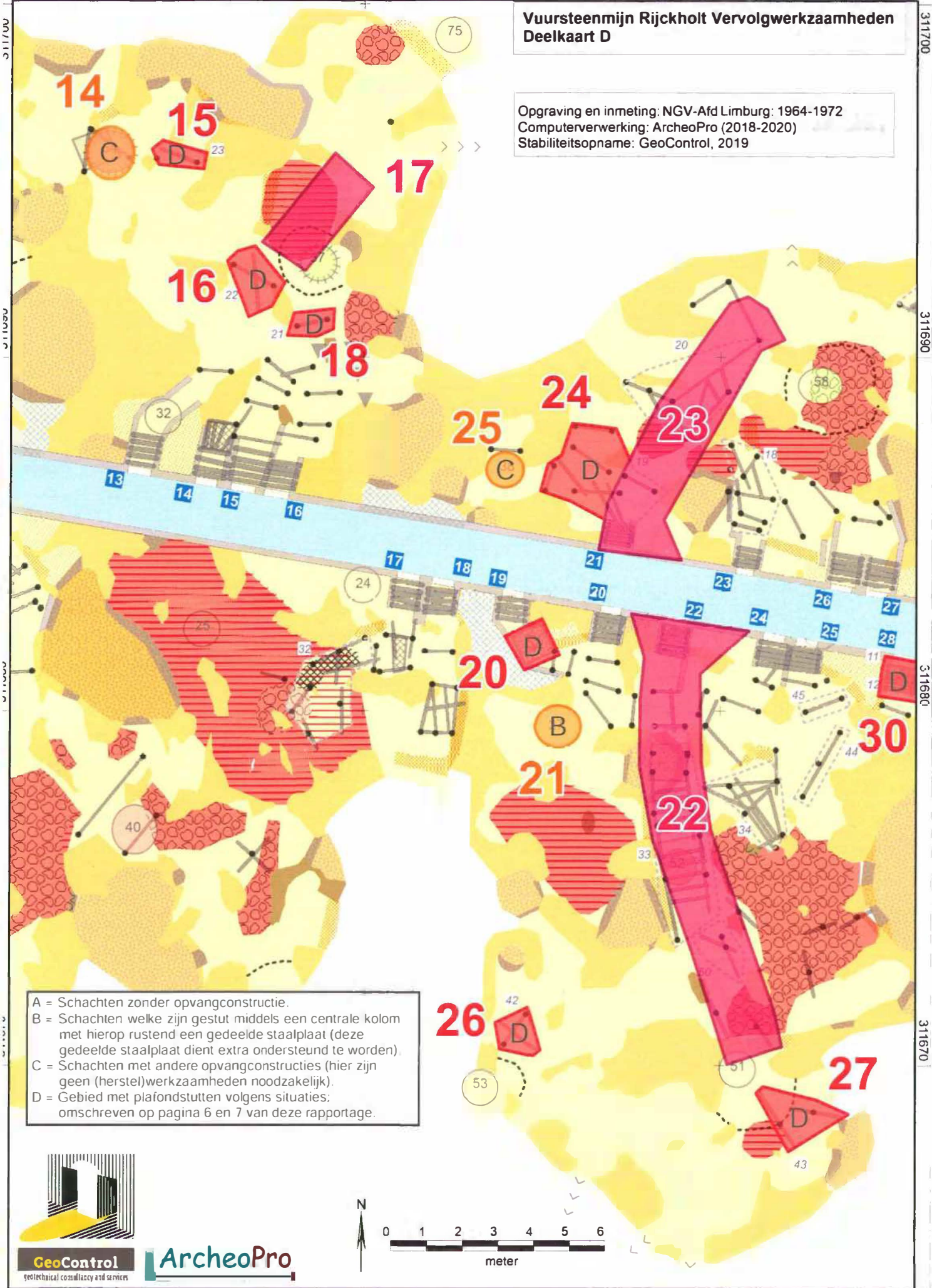
ArcheoPro

Opgraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
 Co
 Sta
 rcheoPro (2018-2020)



Vuursteenmijn Rijckholt Vervolgwerkzaamheden Deelkaart D

Opgraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2020)
Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019



- A = Schachten zonder opvangconstructie.
- B = Schachten welke zijn gestut middels een centrale kolom met hierop rustend een gedeelde staalplaat (deze gedeelde staalplaat dient extra ondersteund te worden).
- C = Schachten met andere opvangconstructies (hier zijn geen (herstel)werkzaamheden noodzakelijk).
- D = Gebied met plafondstutten volgens situaties; omschreven op pagina 6 en 7 van deze rapportage.

Vuursteenmijn Rijckholt Vervolgwerkzaamheden Deelkaart E

311690

311680

311670

311690

311680

311670

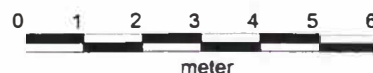


GeoControl
geotechnical consultancy and services

ArcheoPro

Opgraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2020)
Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019

- A = Schachten zonder opvangconstructie.
- B = Schachten welke zijn gestut middels een centrale kolom met hierop rustend een gedeelde staalplaat (deze gedeelde staalplaat dient extra ondersteund te worden).
- C = Schachten met andere opvangconstructies (hier zijn geen (herstel)werkzaamheden noodzakelijk).
- D = Gebied met plafondstutten volgens situaties; omschreven op pagina 6 en 7 van deze rapportage.



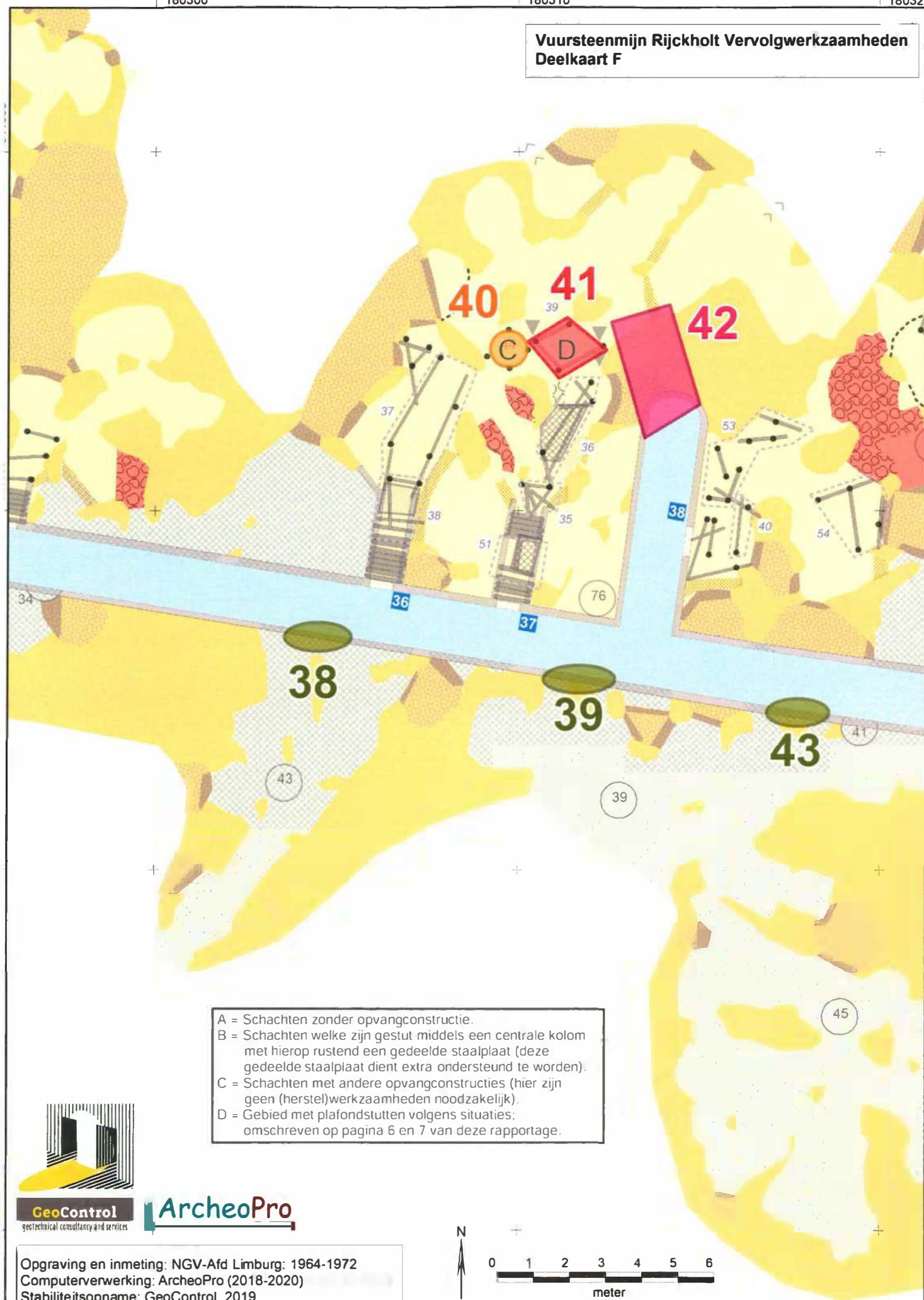
Vuursteenmijn Rijckholt Vervolgwerkzaamheden Deelkaart F

311690

311680

311670

311660

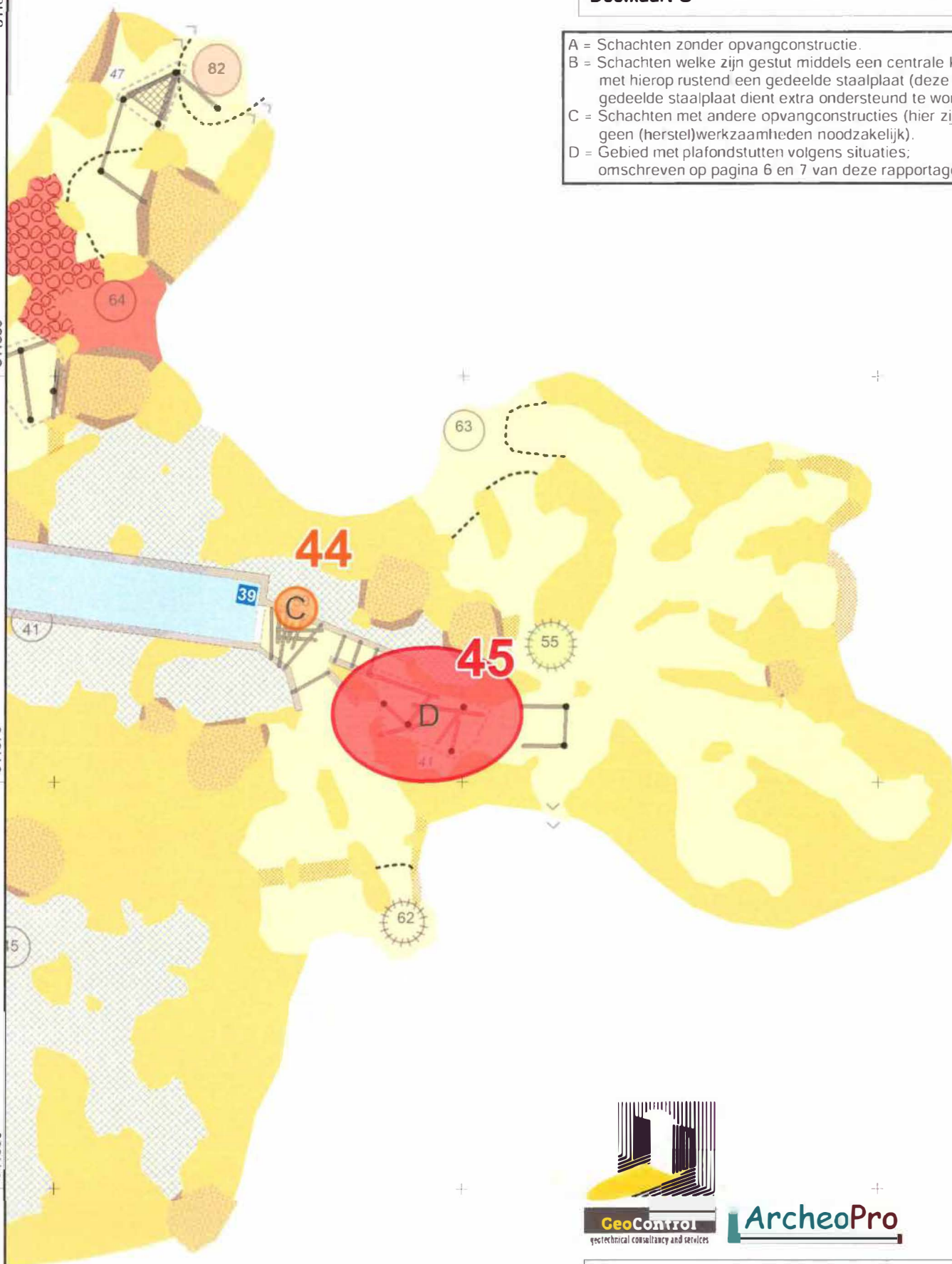


ArcheoPro

Opgraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
 Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2020)
 Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019

Vuursteenmijn Rijckholt Vervolgwerkzaamheden Deelkaart G

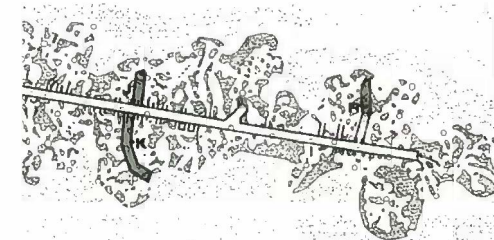
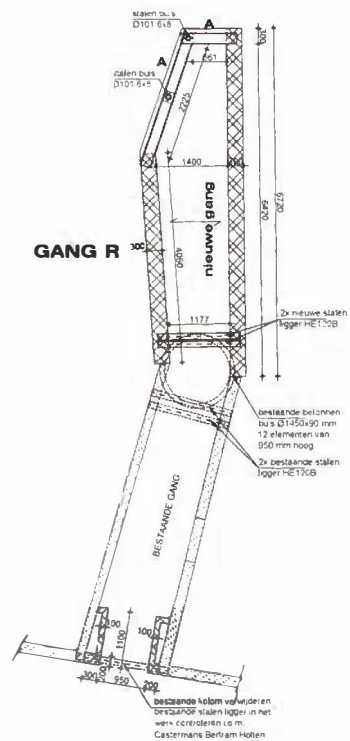
- A = Schachten zonder opvangconstructie.
 B = Schachten welke zijn gestut middels een centrale kolom met hierop rustend een gedeelde staalplaat (deze gedeelde staalplaat dient extra ondersteund te worden).
 C = Schachten met andere opvangconstructies (hier zijn geen (herstel)werkzaamheden noodzakelijk).
 D = Gebied met plafondstutten volgens situaties; omschreven op pagina 6 en 7 van deze rapportage.



ArcheoPro

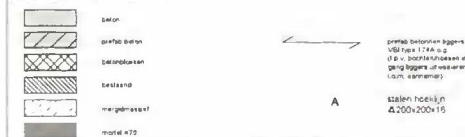
Opgraving en inmeting: NGV-Afd Limburg: 1964-1972
 Computerverwerking: ArcheoPro (2018-2020)
 Stabiliteitsopname: GeoControl, 2019





OVERZICHT VUURSTEENMIJN (GEDEELTELIJK)

Renvoot



Algemeen

alle slaten liggen minimaal 200 mm opleggen tenzij anders is vermeld

Constructive-steel

perennial ryegrass	0.235 /R
overseeded annual ryegrass	0.272 /R
sodded pasture	6 R
sodded areas	4 R
new paddocks	4 x 4 m
conservation version - thermally variable	
conservation build-up	R 1

Maatvoering

Alle maten zijn in millimeters tenzij anders aangegeven

alle maten in het werk controleren !



Wijzigingen

Ergebnisse		
w_1, z	A	10
w_2, z	B	10
w_3, z	C	10
w_4, z	D	10
Concord		



CASTERMANS ENGINEERS
adviesbureau voor bouwconstructies en bouwtechniek

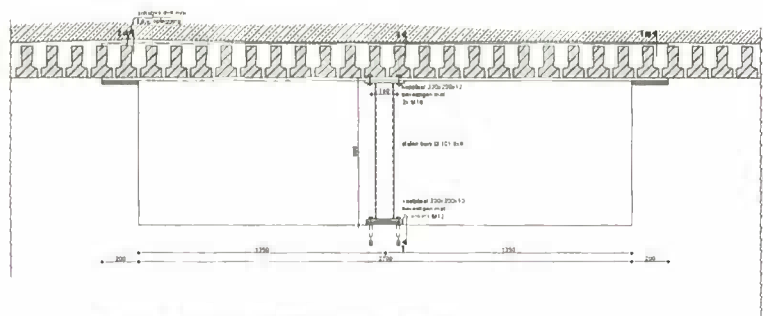
Heave Well Brick
Victoria:
6247 CL Grosvenor

043 + 60 80 300
www.castlemans.ni
info@castlemans.ni

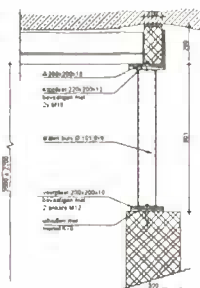
STABILISATIE VUURSTEENMIJN RIJCKHOLT

OVERZICHT NIEUWE GANGEN J, K EN R

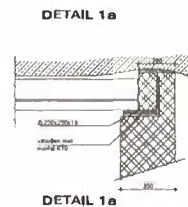
projektor	Vincent Castermans	ing	150	19.202
controleur	H. Lou Castermans	1 ^{er} vice	19-03-2002	W.02
takester	Sandro Kirsch	steu	UW-bering	TER CONTROLE



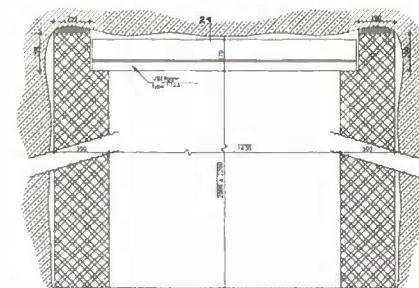
PRINCIPE AANZICHT NIEUWE PANORAMA-RAAM



DOORSNEDE 1-1



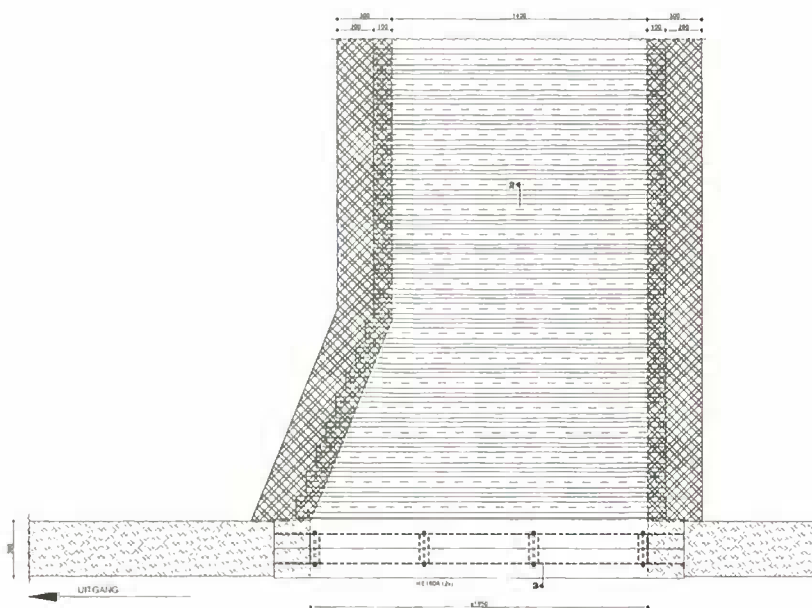
DETAIL 1a



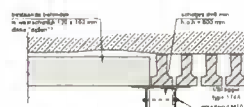
DOORSNEDE NIEUWE GANG



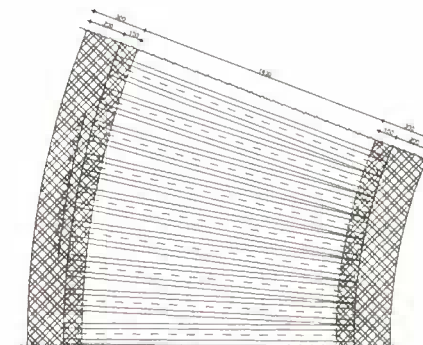
DETAIL 2



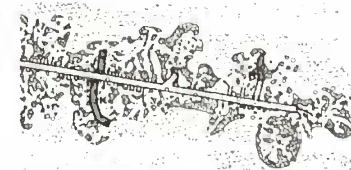
BOVENAANZICHT T.P.V. NIEUWE DOORGANG



DETAIL 3



BOVENAANZICHT T.P.V. BOCHT IN GANG



OVERZICHT VUURSTEENMUUR (GEDEELTELIIK)

Material	Symbol
Baksteen	[Symbol]
Grout	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]

Algemeen

Alle maten zijn in millimeters tenzij anders is vermeld

Opmerkingen	Opmerkingen
Opmerkingen	Opmerkingen
Opmerkingen	Opmerkingen
Opmerkingen	Opmerkingen
Opmerkingen	Opmerkingen
Opmerkingen	Opmerkingen
Opmerkingen	Opmerkingen
Opmerkingen	Opmerkingen

Alle maten zijn in millimeters tenzij anders is vermeld

alle maten in het werk controleren !

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

Material	Symbol
Baksteen	[Symbol]
Grout	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]
Steenhouwerij	[Symbol]

Alle maten zijn in millimeters tenzij anders is vermeld

alle maten in het werk controleren !

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

CASTERMANS ENGINEERS
adviesbureau voor bouwtechnische en bouwkundige
werkzaamheden

Stabilisatie vuursteenmuur ruckholt

Nieuwe gangen J, K en R en panorama-ramen

Project: Stabilisatie vuursteenmuur ruckholt

Opdrachtgever: Stadsbestuur Rotterdam

Projectleider: J. K. en R. en panorama-ramen

Project: Stabilisatie vuursteenmuur ruckholt

Opdrachtgever: Stadsbestuur Rotterdam

Projectleider: J. K. en R. en panorama-ramen

GeoControl Notitie M02107**Draagvermogen nieuwe bezoekerstunnels Vuursteenmijntjes Rijkholt****Opdrachtgever: Stichting ir. D.C. van Schaik****Datum: 28 maart 2021**

Er zijn vier bezoekerstunnels gepland vanuit de bestaande hoofdtunnel. Om deze tunnels te realiseren is het noodzakelijk een deel van de huidige dragende elementen zoals betonnen muren, stalen kolommen, klaksteen pilaren en aardpijpen te verwijderen. Ter compensatie is voorzien in het op metselen van betonnen muren, die de zijwanden van de tunnels zullen vormen. In deze notitie wordt geschat in hoeverre deze compensatie voldoende is. Het uitgangspunt is dat er minstens evenveel draagvermogen bijkomt als er wordt weggehaald, of dit draagvermogen nu noodzakelijk is of niet. De lokale dakstabiliteit maakt geen deel uit van deze notitie. De werkzaamheden dienen volgens een juiste, veilige uitvoeringswijze en met voorzichtigheid te worden uitgevoerd door een ervaren “mergel”-bedrijf, ook in verband met loshangende dak- en pilaarfragmenten.

De plattegronden van de vier tunnels zijn weergegeven in Bijlage 1, en het resultaat van de berekeningen in Bijlage 2.

Voor betonnen muren en kalksteenpuin is het draagvermogen in MN berekend door de druksterkte met het oppervlak te vermenigvuldigen. Voor stalen portalen en kolommen is het draagvermogen per element opgeteld. Voor aardpijpen is de lithostatische gronddruk voor een dichtheid van $2.0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ gehanteerd. Voor kalksteenpilaren is het draagvermogen berekend door de druksterkte uit [1] te vermenigvuldigen met de residuele vormfactor uit [2] en het oppervlak. De afname van draagvermogen treedt hier op door een verkleining van het pilaaroppervlak (of het zelfs geheel verwijderen van de pilaar) en de vergroting van de pilaarhoogte van 0.8 m tot 2.0 m.

De compensatie van het draagvermogen door de nieuwe muren is in Bijlage 2 in blauw weergegeven. Een tekort (negatief) of overschot (positief) aan meters muur is eveneens vermeld.

Gangen 21 en 22 zijn onderverdeeld in sectoren en berekeningen zijn ook per sector uitgevoerd. Per sector dient er voldoende compensatie te zijn.

Per gang zijn er nog de volgende bijzonderheden:

Gang 21: De compensatie in draagvermogen is voor beide sectoren voldoende. In sector 2 dienen nog een muur of enkele kolommen te worden aangebracht in het voorste gedeelte aan de rechterkant voor een meer verspreide ondersteuning.

Gang 22: De compensatie in draagvermogen is voor alle sectoren voldoende. In sector 2 dienen nog een muur of enkele kolommen te worden aangebracht aan de rechterkant voor een meer verspreide ondersteuning.

Gang 37: De pilaren en de aardpijpen zijn zo goed mogelijk ingemeten dan wel geschat in [3]. Het plan is om een tunnel aan te leggen door een relatief grote pilaar, waarbij dus aan weerszijden van die tunnel twee kleinere pilaren overblijven. De compensatie in draagvermogen blijkt onvoldoende te zijn.

Daarom is voor dit geval in een aparte berekening bepaald of het gereduceerde draagvermogen toch voldoende is in verhouding tot de verticale belasting. Hierbij worden veiligheidsfactoren berekend die gelijk zijn aan het quotiënt van sterkte en druk, respectievelijk draagvermogen en belasting. Een waarde van 1.5 tot 2 wordt in het algemeen als nauwelijks voldoende beschouwd en een waarde van 2 of meer als voldoende. Uit de berekeningen blijkt dat de residuele veiligheidsfactor van de rechter nieuwe pilaar ruim voldoende is (3.58), maar dat die voor de linker- tekort schiet (0.63). De totale residuele veiligheidsfactor voor beide pilaren en de muren samen is met 5.41 echter ruim voldoende.

Een derde berekening behelst de bepaling van veiligheidsfactoren voor samengestelde pilaren, bestaande uit de kalksteen-pilaar en de aangrenzende muur. Nu is de residuele veiligheidsfactor van 1.43 voor de linker pilaar duidelijk hoger. Deze factor is net onvoldoende, maar uit [1] is gebleken dat kleine pilaren over het algemeen onvoldoende residuele veiligheidsfactoren bezitten en pilaarinstorting wordt voorkomen door voldoende boogwerking. Om kalksteenpilaar en muur als één geheel te mogen beschouwen is het

noodzakelijk om de ruimte tussen de muren en de kalksteen pilaren op te vullen met beton. Deze maatregel wordt voor deze tunnel dan ook hier aanbevolen.

Gang 40: De compensatie in draagvermogen is voldoende.

In gangen 21 en 22 worden aansnijdingen van aardpijpen verhoogd van 0.8 tot 2.0 m. Hier zijn nog berekeningen nodig om de hoeveelheid zijwaartse steun te bepalen, rekening houdend met de gronddruk van de aardpijpen.

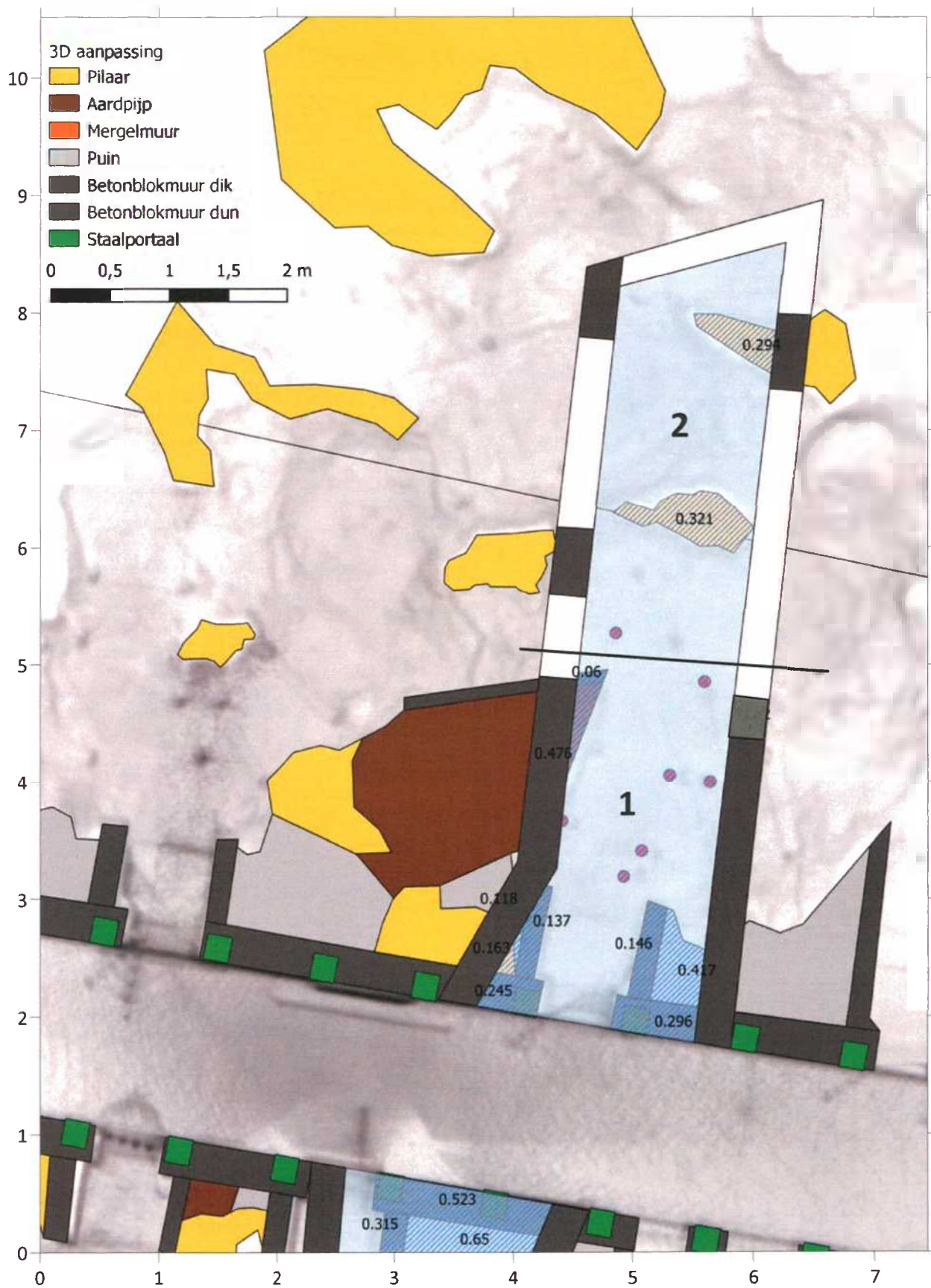
Het is ondanks de berekeningsresultaten niet geheel uit te sluiten dat er toch plaatselijk pilaar-bezwijk optreedt door de aanwezigheid van bijvoorbeeld eventuele nu nog niet zichtbare aardpijpen en/of diaklazen.

Bronnen:

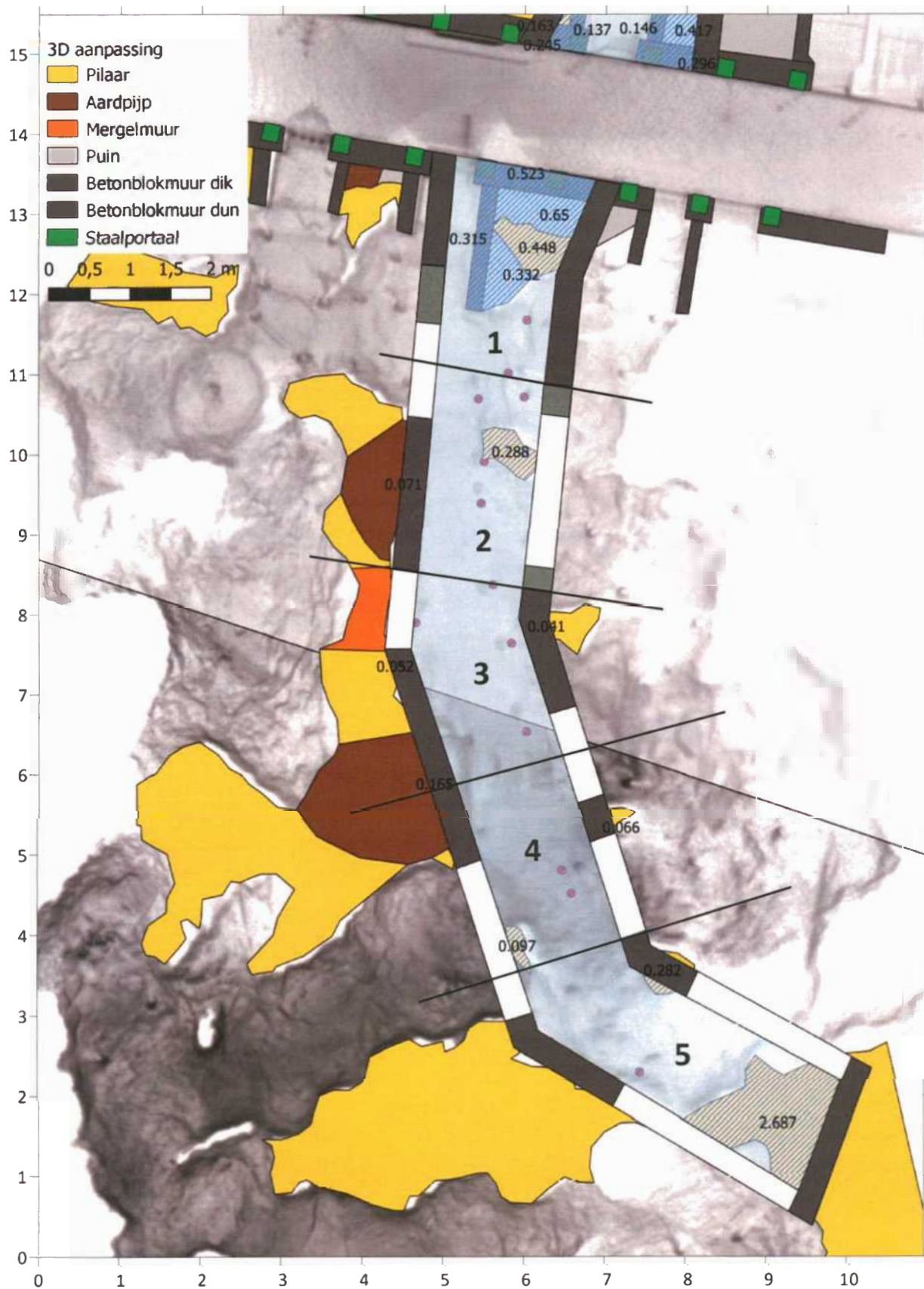
1. GeoControl (2020) *Stabiliteit van de prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt*, In opdracht van Stichting Ir. D.C. van Schaik, GeoControl rapport M02015, pp 172.
2. Bekendam, R.F. (1998) *Pillar stability and large-scale collapse of abandoned room and pillar limestone mines in South-Limburg, The Netherlands*, PhD thesis, 362 pp.
3. Door de Stichting Ir. D.C. van Schaik per mail aangeleverde documenten: VM21.png, VM22.png, VM37.png, VM40.png (05-03-2021) en VM37.png (26-03-2021).

BIJLAGEN

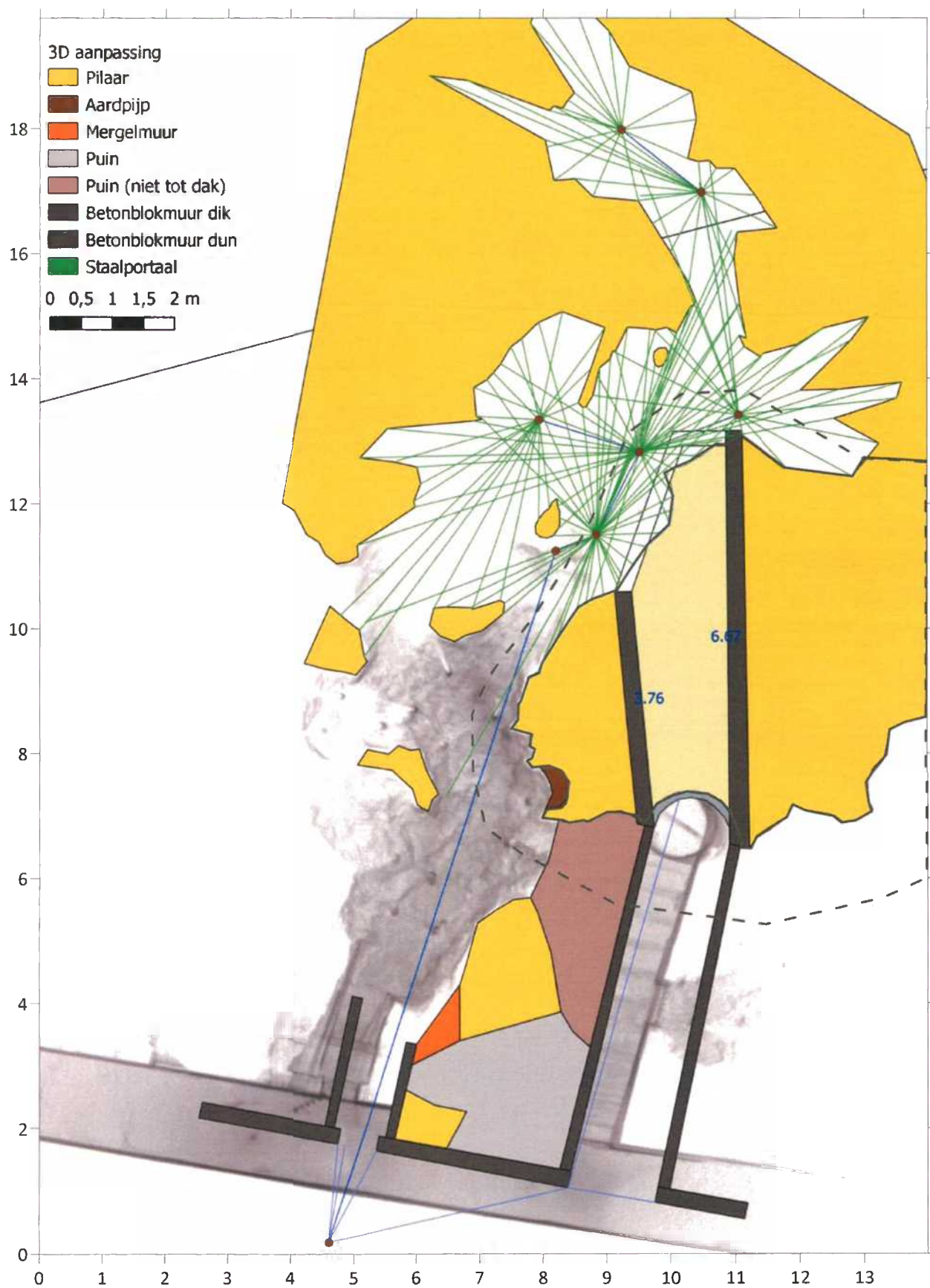
Bijlage 1, VM21



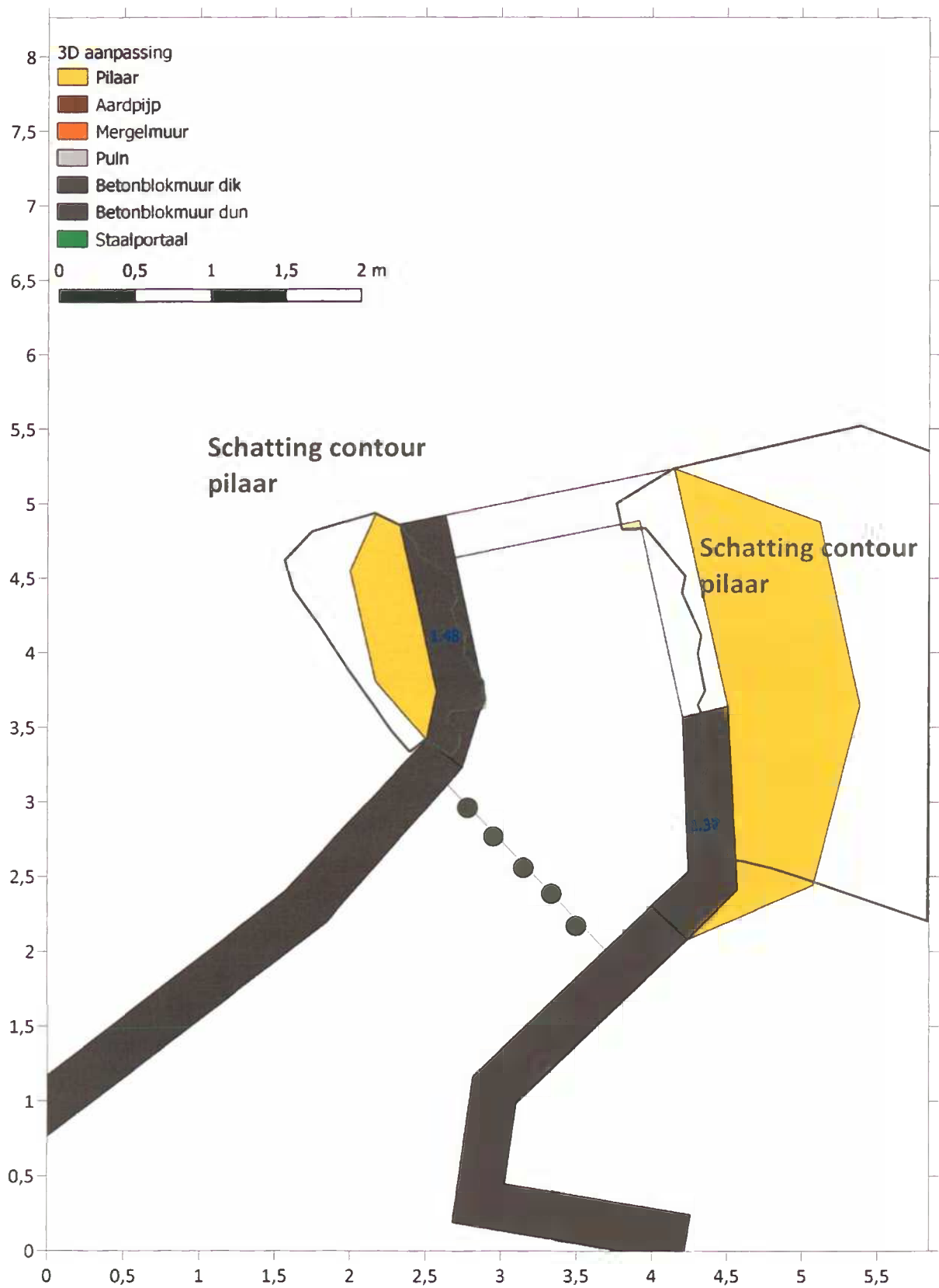
Bijlage 1, VM22



Bijlage 1, VM37



Bijlage 1, VM40



Sector	Type	Aantal	Afname Oppervlakte m^2	Diepte m	Druk- sterkte MPa	Voor Pilaar Oppervlakte	Voor Pilaar Breedte	Voor Pilaar Hoogte	Na Pilaar Oppervlakte	Na Pilaar Breedte	Na Pilaar Hoogte	Afname draag- vermogen MN	Totaal Afname per sector MN	Lengte beton- muur 0.2 m m	Toename Draag- vermogen muur 0.2 m MN	Toe/afname draag- vermogen MN	Minimale Compensatie Meters muur, 0.2m m	Tekort/ overshot meters betonmuur
1	Stalen portaal	2			0.4							0.80						
1	Betonmuur 32 cm	1	0.245		15							3.68						
1	Betonmuur 32 cm	1	0.296		15							4.44						
1	Betonmuur 22 cm	1	0.137		15							2.06						
1	Betonmuur 22 cm	1	0.146		15							2.19						
1	Betonmuur 22 cm	1	0.06		15							0.90						
1	Puin	1	0.118		0.5							0.06						
1	Puin	1	0.417		0.5							0.21						
1	Pilaar	1			1.5	0.57	0.5	0.8	0.407	0.5	2	0.16						
1	Pilaar	1			1.5	0.022	0.1	0.8	0	0	2	0.01						
1	Kolom	7			0.32							2.24						
1	Aardpijp	1	0.476	8								0.08	16.81					
1	Betonmuur 20 cm	1												2.95				
1	Betonmuur 20 cm	1												3.00				
1	Totaal Betonmuur 20 cm	2												5.95	17.85	1.04	5.60	0.35
2	Pilaar	1			1.5	0.321	0.3	0.8	0	0	2	0.12						
2	Pilaar	1			1.5	0.528	0.4	0.8	0.234	0.35	2	0.17						
2	Kolom	1			0.32							0.32	0.61					
2	Betonmuur 20 cm	1												0.67				
2	Betonmuur 20 cm	1												0.67				
2	Betonmuur 20 cm	1												0.58				
2	Totaal Betonmuur 20 cm	3												1.92	5.76	5.15	0.20	1.72
Totaal sector 1 en 2													17.42	7.87	23.61	6.19	5.81	2.06
Afname draagvermogen per type (MN):																		
Aardpijp		0.08																
Betonmuur 32 cm		8.12																
Betonmuur 22 cm		5.15																
Mergelmuur		0.00																
Pilaren		0.46																
Puin		0.27																
Kolommen		2.56																
Stalen portalen		0.80																
Totaal		17.42																
Omtrek gang																		
Omtrek gang		14.50	m															
% muren 0.2 m		54.28	%															

Opmerkingen: In sector 2 nog een muur of kolommen aan het begin rechts erbij

Sector	Type	Aantal	Afname Oppervlakte m^2	Diepte m	Druk- sterkte MPa	Voor Pilaar Oppervlakte	Voor Pilaar Breedte	Voor Pilaar Hoogte	Na Pilaar Oppervlakte	Na Pilaar Breedte	Na Pilaar Hoogte	Afname draag- vermogen MN	Totaal Afname per sector MN	Lengte beton- muur 0.2 m m	Toename Draag- vermogen muur 0.2 m MN	Toe/afname draag- vermogen MN	Minimale Compensatie Meters muur, 0.2m m	Tekort/ overschot meters betonmuur
1	Stalen portaal	2			0.4							0.80						
1	Betonmuur 32 cm	1	0.523		15							7.85						
1	Betonmuur 22 cm	1	0.315		15							4.73						
1	Puin	1	0.65		0.5							0.33						
1	Puin	1	0.332		0.5							0.17						
1	Pilaar	1			1.5	0.448	0.4	0.8	0	0	2	0.20						
1	Kolom	2			0.32							0.64	13.90					
1	Betonmuur 20 cm	1												2.14				
1	Betonmuur 20 cm	1												2.65				
1	Totaal Betonmuur 20 cm	2												4.79	14.37	0.47	4.63	0.16
2	Pilaar	1			1.5	0.288	0.4	0.8	0	0	2	0.13						
2	Kolom	7			0.32							2.24	2.37					
2	Betonmuur 20 cm	1												1.91				
2	Betonmuur 20 cm	1												0.37				
2	Betonmuur 20 cm	1												0.30				
2	Totaal Betonmuur 20 cm	1												2.58	7.74	5.37	0.79	1.79
3	Kolom	6			0.32							1.92	1.92				0.64	
3	Betonmuur 20 cm	1												1.83				
3	Betonmuur 20 cm	1												1.56				
3	Totaal Betonmuur 20 cm	2												3.41	10.23	8.31	0.64	2.77
4	Pilaar	1			1.5	0.1	0.3	0.8	0.034	0.3	2	0.03						
4	Pilaar	1			1.5	0.1	0.2	0.8	0	0	2	0.03						
4	Kolom	3			0.32							0.96	1.02					
4	Betonmuur 20 cm	1												0.53				
4	Betonmuur 20 cm	1												1.01				
4	Totaal Betonmuur 20 cm	2												1.54	4.62	3.60	0.34	1.20
5	Pilaar	1			1.5	0.3	0.4	0.8	0	0	2	0.13						
5	Pilaar	1			1.5	2.27	1	0.8	0	0	2	1.89						
5	Kolom	2			0.32							0.64	2.66					
5	Betonmuur 20 cm	1												2.07				
5	Betonmuur 20 cm	1												1.00				
5	Betonmuur 20 cm	1												1.63				
5	Betonmuur 20 cm	3												4.70	14.10	11.44	0.89	3.81
													21.87	17.02	51.06	29.19	7.93	9.73

Totaal sector 1-5		
Afname		
draagvermogen		
per type (MN):		
Aardpijp	0.00	
Betonmuur 32 cm	7.85	
Betonmuur 22 cm	4.73	
Mergelmuur	0.00	Opmerkingen: In sector 2 aan de rechter kant nog een aantal kolommen
Pilaren	2.41	
Puin	0.49	
Kolommen	6.40	
Stalen portalen	0.80	
Totaal	21.87	
Omtrek gang	30.00	m
% muren 0.2 m	56.73	%

Sector	Type	Aantal	Afname		Druk-sterkte MPa	Voor	Voor	Voor	Na	Na	Na	Afname draag- vermogen MN	Totaal Afname per sector MN	Lengte beton- muur 0.2 m m	Toename	Toe/afname draag- vermogen MN	Min/male	Tekort/ overshot meters betonmuur
			Oppervlakte m^2	Diepte m		Pilaar Oppervlakte	Pilaar Breedte	Pilaar Hoogte	Pilaar Oppervlakte	Pilaar Breedte	Pilaar Hoogte				Draag- vermogen muur 0.2 m MN		Compensatie Meters muur, 0.2m m	
1	Pilaar	1			1.5	28.98	4	0.8	14.82	4.9	2	59.52						
1	Pilaar	1			1.5	0	0	0.8	4.44	1.3	2	-2.30	57.22					
1	Betonmuur 20 cm	1												6.68				
1	Betonmuur 20 cm	1												3.76				
1	Totaal Betonmuur 20 cm	2												10.44	31.32	-25.90	19.07	-8.63

Afname draagvermogen per type (MN):		
Aardpijp	0.00	
Betonmuur 32 cm	0.00	
Betonmuur 22 cm	0.00	
Mergelmuur	0.00	
Pilaren	57.22	
Puin	0.00	
Kolommen	0.00	
Stalen portalen	0.00	
Totaal	57.22	

Omtrek gang	13.70	m
% muren 0.2 m	76.20	%

	Druk-sterkte	Oppervlakte	Tributary area	Pilaar Breedte	Pilaar Hoogte	NAP Dak m	NAP Top kalksteen m	NAP maaiveld m	Bedekking kalksteen m	Bedekking grond m	Druk bedekking Mpa	Druk pilaar Mpa	Intacte Sterkte pilaar Mpa	Residuele Sterkte pilaar Mpa	SF_0	SF_res	Draag vermogen intact MN	Draag vermogen residueel MN	Totale belasting
Huidig:																			
Oorspronkelijke pilaar	1.5	28.98	47.05	4	0.8	113	116.5	124	3.5	7.5	0.206	0.334	3.188	2.802	9.531	8.378	92.37375	81.20196	
Na aanleg tunnel:																			
pilaar rechts v gang	1.5	14.82	29.42	4.9	2	113	116.5	124	3.5	7.5	0.206	0.409	2.231	1.463	5.456	3.578	33.067125	21.685365	
pilaar links v gang	1.5	4.44	17.64	1.3	2	113	116.5	124	3.5	7.5	0.206	0.818	1.556	0.518	1.902	0.633	6.90975	2.30103	
Muur rechts van gang	15	1.336															20.04	20.04	
Muur links van gang	15	0.56															8.4	8.4	
Totaal																	68.416875	52.426395	9.6923
																Huidig:			
																SF_0		9.5306326	
																SF_res		8.3779866	
																Na aanleg tunnel:			
																SF_tot_0:		7.0588895	
																SF_tot_res		5.4090768	

Druksterkte kalksteen (Mpa) 1.5
Druksterkte betonsteen (Mpa) 15

	Druk-sterkto	Oppervlakte	Tributary area	Pilaar Breedte	Pilaar Hoogte	Bedekking kalksteen	Bedekking grond	Druk bedekking	Druk pilaar	Samengestelde Druk-sterkte	Intacte Sterkte pilaar+muur	Residuele Sterkte pilaar+muur	SF_0	SF_res	Draag vermogen Intact	Draag vermogen residueel	Totale belasting
	MPa	m^2	m^3			m	m	Mpa	Mpa	MPa	Mpa	Mpa			MN	MN	
Huidig:																	
Oorspronkelijke pilaar	1.5	28.98	47.05	4	0.8	3.5	7.5	0.206	0.334	1.500	3.188	2.802	9.531	8.378	92.37375	81.20196	
Na aanleg tunnel:																	
pilaar rechts v gang+muur	1.5	14.82	29.42	4.9	2	3.5	7.5	0.206	0.375	2.616	3.892	2.552	10.375	6.804	62.876625	41.234385	
pilaar links v gang+muur	1.5	4.44	17.64	1.3	2	3.5	7.5	0.206	0.727	3.012	3.125	1.041	4.300	1.432	15.62475	5.20323	
Muur rechts van gang	15	1.336															
Muur links van gang	15	0.56															
Totaal															78.501375	46.437615	9.6923
Huidig:																	
SF_0															9.5306326		
SF_res															8.3779866		
Na aanleg tunnel:																	
SF_tot_0:															8.0993546		
SF_tot_res															4.7911863		

Bijlage 2, VM37, berekening op basis van veiligheidsfactoren van samengestelde pilaren

Sector	Type	Aantal	Afname Oppervlakte m^2	Diepte m	Druk- sterkte MPa	Voor Pilaar Oppervlakte	Voor Pilaar Breedte	Voor Pilaar Hoogte	Na Pilaar Oppervlakte	Na Pilaar Breedte	Na Pilaar Hoogte	Afname draag- vermogen MN	Totaal Afname per sector MN	Lengte beton- muur 0.2 m m	Toename Draag- vermogen muur 0.2 m MN	Toe/afname draag- vermogen MN	Minimale Compensatie Meters muur, 0.2m m	Tekort/ overschot meters betonmuur
1	Kolom	5			0.32							1.60						
1	Pilaar rechts	1			1.5	4.73	2.8	0.8	4.3	2.8	2	5.61						
1	Pilaar links	1			1.5	1.22	0.8	0.8	0.87	0.6	2	0.57	7.77					
1	Betonmuur 20 cm	1												1.60				
1	Betonmuur 20 cm	1												1.54				
1	Totaal Betonmuur 20 cm	2												3.14	9.42	1.65	2.59	0.55

Afname draagvermogen per type (MN):	
Aardpijp	0.00
Betonmuur 32 cm	0.00
Betonmuur 22 cm	0.00
Mergelmuur	0.00
Pilaren	6.17
Puin	0.00
Kolommen	1.60
Stalen portalen	0.00
Totaal	7.77
Omtrek gang	6.32 m
% muren 0.2 m	49.68 %