

2 Onderzoeksmethode

De archeologische effectbeschrijving van het voorkeustracé in het kader van de MER kan, zeker gezien de reeds beschikbare informatie uit de Hanzelijn en de N23, beperkt blijven tot een bureaustudie. Voor het Gelderlandalternatief wordt aangetekend dat de archeologische informatie voor deze route relatief beperkt is, en er dus sprake is van een kennis- of informatielacune.

Vestigia heeft de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

5. Opvragen, verzamelen en ook voor later gebruik toegankelijk maken van bestaande geologische, bodemkundige, archeologische en cultuurhistorische gegevens;
6. Het projecteren van de bestaande archeologische en relevante cultuurhistorische informatie op het te onderzoeken voorkeustracé;
7. Het analyseren van de dichtheid, en het opstellen van een verwachtingsmodel voor, archeologische cultuurhistorische relictten in de verschillende tracédelen en/of landschappelijke eenheden binnen het voorkeustracé en varianten of alternatieven;
8. Het identificeren van belemmeringen, knelpunten, kennislacunes en voorkeurszones binnen de tracédelen. Het opstellen van een advies over de effecten van gegraven en geboorde leidingen op archeologie, historisch landschap en monumenten.

Voor het onderzoek en de projectie van gegevens is een bandbreedte van 1000 meter aan weerszijden van de door Gasunie opgegeven tracédelen aangehouden. Op deze manier kan de eventuele invloed van vindplaatsen die wat verder van het tracé zijn gelegen, of waarvan de exacte locatie niet bekend is, voldoende worden ingecalculeerd.

2.1 Beschikbaarheid van de gegevens

De effectbeschrijving is mede gebaseerd op de reeds bij Vestigia aanwezige informatie voortgekomen uit de eerder uitgevoerde effectstudies voor de Hanzelijn (ProRail) en de N23 (Provincie Flevoland).³ Voor de hiervan afwijkende tracédelen van de gasleiding is een aanvullende studie gemaakt, gebaseerd op de drie hoofddatabestanden met archeologische, cultuurhistorische en geologische informatie. Dit zijn achtereenvolgens:

- ARCHIS: archeologische vindplaatsen, monumenten en onderzoekslocaties (bron: Rijksdienst voor Archeologie, Cultuurlandschap en Monumenten). Dit bestand is ook gekoppeld aan de Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW), een gebiedsgericht landelijk verwachtingsmodel en de provinciale archeologische monumentenkaarten (Provinciale AMK) van Flevoland en Overijssel.
- CultGIS: cultuurhistorische landschapspatronen (bron: Expertisecentrum ministerie LNV) en de provinciale Cultuurhistorische hoofdstructuren van de provincies Flevoland en Overijssel.
- DINO-loket: geologische boorbeschrijvingen (bron: TNO-NITG). Hieruit kan in aanvulling op de bestaande geologische, geomorfologische en bodemkaarten belangrijke detailinformatie over de ondiepe ondergrond worden verkregen. Op basis hiervan is het mogelijk uitspraken te doen over de intactheid van het bodemprofiel en de daaraan te relateren archeologische verwachting.

Door het raadplegen van historisch kaartmateriaal, de streekarchieven en lokale historische verenigingen en amateurarcheologen is het beeld verder aangevuld met relevante gegevens over de recente bewoningsgeschiedenis en eventuele bodemverstoringen en ontgrondingen.

³ Zie literatuurlijst, hoofdstuk 6.

Omdat de gasleiding de bestaande bebouwing zoveel mogelijk zal mijden is het niet nodig geacht de Objectendatabank gebouwde monumenten (ODB-RDMZ; bron: Rijksdienst voor de Monumentenzorg, nu RACM), en de gemeentelijke monumentenlijsten te raadplegen.

2.2 Projectie van bestaande informatie op het tracé

De gegevens uit het onderzoek zijn vervolgens geprojecteerd op de voorkeurstracékaart van de Gasunie. De gecombineerde projectie is weergegeven in de verwachtingskaart (*afbeeldingen 6 en 7*) Deze geeft in één oogopslag een indruk van de variatie in dichtheid van archeologische elementen verwachtingen en waarderings binnen het tracé. Het is de cartografische vertaling van het verwachtingsmodel voor de verschillende segmenten.

2.3 Identificeren van informatielacunes en analyse verwachtingsmodel

Voor enkele delen van het tracé is beduidend minder informatie beschikbaar dan voor de zones die reeds in het kader van de Hanzelijn en de N23 zijn onderzocht. Hier is informatie uit andere bronnen gebruikt om tot een vergelijkbaar verwachtingsbeeld te komen. Het totale voorkeurstracé is vervolgens in twaalf samenhangende landschappelijke zones verdeeld (*afbeeldingen 11 en 12*). Het Gelderlandalternatief is als een dertiende zone beschreven. In hoofdstuk 4 is per zone aangegeven wat de specifieke archeologische verwachting is. Deze informatie is vervolgens in detailkaarten (*afbeeldingen 8 t/m 12*) weergegeven. Op basis daarvan kunnen de gebieden met de hoogste dichtheden en ook de meeste risico's worden aangewezen. Op basis van de landschappelijke situatie kan ook een voorspelling worden gedaan van de kans op het aantreffen van nog niet opgespoorde archeologische objecten. Vestigia identificeert tevens de gebieden waar reeds voldoende onderzoek heeft plaatsgevonden.

2.4 Identificeren belemmeringen en oplossingen

Per tracédeel worden in hoofdstuk 4 de risico's en in hoofdstuk 5 de oplossingsrichtingen van de gasleiding beoordeeld. Per deel wordt een overzicht gegeven van de effecten en consequenties op de archeologie en (waar relevant) de bredere cultuurhistorie. Bijzondere belemmeringen worden geïdentificeerd en waar nodig voorzien van een advies voor een oplossingsrichting.

2.5 Advies voor vervolgstappen en financiële consequenties

De analyse wordt in hoofdstuk 5 afgesloten met een concreet advies over vervolgstappen in het kader van de verdere voorbereiding. Uitgangspunt daarbij is het minimaliseren van de schade aan het ondergrondse erfgoed en kostenbeheersing bij de uitvoering en/of te nemen mitigerende maatregelen. In hoofdstuk 5 wordt op basis hiervan een eerste kostenindicatie van de omvang van het benodigde vervolgonderzoek gegeven. De financiële gegevens zijn gebaseerd op actuele kengetallen voor de archeologische uitvoeringsbranche in Nederland.

3 Onderzoeksresultaten

3.1 Geologie, geomorfologie: Landschapsontwikkeling vanaf het Pleistoceen

3.1.1 Nieuwe Land

3.1.1.1 Pleistoceen

Van de afzettingen die in het tracé van de gasleiding deel uit kunnen maken van de top van het pleistocene pakket, zijn de fluviatile afzettingen van een oud Rijnsysteem de oudste (zij zijn gevormd vanaf het eind van het Saalien tot ongeveer het begin van het Holoceen (*figuur 1*).⁴ De top van deze afzettingen komt tot op ongeveer 1 meter beneden NAP voor⁵. Het merendeel van de afzettingen die de top van het Pleistoceen vormen behoren echter bij de Formatie van Boxtel.

Tijdens de laatste ijstijd, het Weichselien (*figuur 1*), heeft het landijs, in tegenstelling tot in het Saalien, Nederland niet bereikt. De droge en koude omstandigheden zorgden voor een situatie waarin de wind meer vat kon krijgen op het landoppervlak en zo eerder afgezet zand kon transporteren. Dit zand werd als een deken over het landschap afgezet – vandaar de term ‘dekzand’ (*figuur 2*).

Voor zowel het Nieuwe Land als het Oude Land betekent dit het ontstaan van een enigszins golvend landschap waarin ook enkele meer uitgesproken ruggen zijn terug te vinden. Ook de rivierduinen die aan het eind van het Weichselien⁶ werden opgeworpen uit zand afkomstig van de nabijgelegen riviervlaktes, worden tot de Formatie van Boxtel gerekend (Laagpakket van Wierden).⁷

Periode	Serie	Etage		Ouderdom in jaren voor heden
Kwartair	Holoceen		Subatlanticum	3.000
			Subboreaal	5.000
			Atlanticum	8.000
			Boreaal	9.000
			Preboreaal	10.000
			Jonge Dryas	11.000
	Laat-Pleistoceen	Weichselien	Allerod	11.800
			Oude Dryas	12.000
			Bolling	13.000
				115.000
			Eemien	130.000
			Saalien	

Figuur 1. Chronostratigrafische indeling vanaf het einde van het Saalien (Midden-Pleistoceen).

⁴ De Mulder *et al.* 2003.

⁵ Vos 2003.

⁶ Voornamelijk tijdens de Jonge Dryas (*figuur 1*). In *figuur 2* zijn zij schematisch weergegeven in het profieldeel tussen Kamperhoek en Swifterbant.

⁷ De Mulder *et al.* 2003; Schokker 2003.

De diepteligging van de top van het pleistocene oppervlak loopt sterk uiteen (*afbeelding 4*). In het westelijk deel van het leidingtracé bevindt het zich op een diepte van 12 meter beneden NAP (ongeveer 7,5 meter beneden maaiveld), terwijl het in het Oude Land kan voorkomen tot ongeveer 1 meter boven NAP (0,5 tot 1 meter beneden maaiveld). Daarnaast is er sprake van een onderscheid in reliëf van het (afgedekte) pleistocene oppervlak tussen het Oude en Nieuwe Land. Binnen een afstand van 100 meter tot enkele honderden meters kan het hoogteverschil in het Oude Land meer dan 4 meter bedragen, terwijl in het Nieuwe Land deze verschillen niet meer dan 1 of 2 meter bedragen.

3.1.1.2 *Holoceen*

Met het warmer worden van het klimaat aan het begin van het Holoceen (vanaf ongeveer 10.000 jaar voor heden) raakte het in het Pleistocene gevormde landoppervlak bedekt met een dichter wordende vegetatie. Daardoor trad er bodemvorming op, met name podzolering. De zeespiegel stond aan het begin van het Holoceen ongeveer 50 meter lager dan nu het geval is. Oostelijk Flevoland bestond uit een uitgestrekte, met voornamelijk dennen- en berkenbomen beboste, (dek)zandvlakte, waar bodemvorming (podzolering) kon optreden. Als gevolg van de voortgaande zeespiegelstijging begon vanaf 5000 voor Chr. in het westelijke deel vorming van veen (Formatie van Nieuwkoop); vanaf 3000 voor Chr. is dit ook het geval in het oostelijke deel. Op de rivierduinen bij Swifterbant zijn archeologische resten gevonden, die gedateerd zijn vanaf 5800 voor Chr.⁸

Vanaf 4500 voor Chr. worden in het uiterste westen van Oostelijk Flevoland de eerste kleien van mariene herkomst afgezet (Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer). Deze getijdsedimenten zijn aangevoerd vanuit een groot zeegat in het huidige Noord-Holland. Het westelijke deel van Flevoland vormde in deze periode de oostelijke rand van een uitgebreid gebied met kreekstelsels.

De dikte en diepteligging van het Laagpakket van Wormer lopen vrij sterk uiteen. In het meest westelijke deel van het tracé kunnen diktes van ruim 5 meter bereikt worden. Op plaatsen waar oeverwalafzettingen worden aangetroffen kan de top van deze afzettingen zich op minder dan 2,5 meter beneden het huidige maaiveld bevinden. De oeverwallen zijn tot op grote diepte stevig ontwikkeld; in zwaarte zijn zij echter niet of nauwelijks te onderscheiden van de komkleien (*afbeeldingen 2 en 3*).⁹

Op oeverwallen behorend bij dit kreekstelsel zijn bewoningssporen aangetroffen uit de overgangsfase van het Mesolithicum naar het Neolithicum; zij behoren tot de zogenaamde Swifterbant-cultuur. De tot op heden bekende Swifterbant-vindplaatsen bevinden zich voornamelijk op de oeverwallen van een kreek die verder ten noorden van het leidingtracé ligt. Deze kreek staat echter wel in verbinding met de kreek die door het leidingtracé doorkruist wordt. Ook de overeenkomstige landschappelijke en sedimentaire kenmerken sluiten de eventuele aanwezigheid van Swifterbant-sporen op deze kreek zeker niet uit.¹⁰

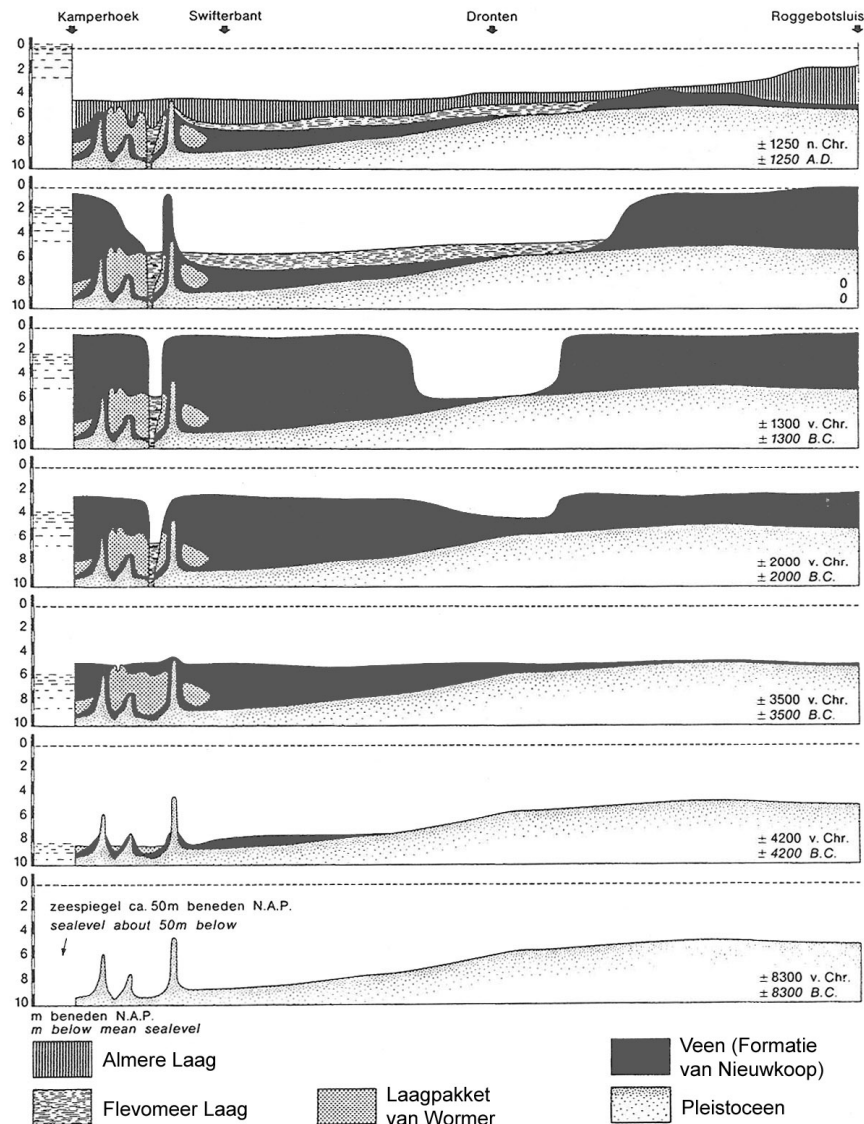
Vanaf 3300 voor Chr. kreeg veenvorming weer de overhand doordat het gebied verdronk. De belangrijkste afwateringsgeulen bleven echter open en werden veelal behoorlijk uitgeruimd. Hiermee wordt de 'Oude Detritus-gyttja' (Flevomeer Laag, Formatie van Naaldwijk) in verband gebracht.¹¹ Het landschap bestond uit een moerasvegetatie afgewisseld met zoetwatermeren.

⁸ Deckers *et al.* 1980.

⁹ Ente *et al.* 1986.

¹⁰ Hessing/Gouw 2002; Mietes/Schrijvers 2006.

¹¹ Ente *et al.* 1986; Vos 2003.



Figuur 2. Schematische voorstelling van de geologische ontwikkelingsgeschiedenis van Oostelijk Flevoland (Ente *et al.* 1986).

De hernieuwde mariene invloed vanuit een in Westfriesland ontstaan zeegat reikte zeer plaatselijk tot in het gebied van het huidige Oostelijk Flevoland. De in deze fase gevormde jongere mariene getijde-afzettingen kunnen voorkomen in de restgeul-systemen van de Wormer-afzettingen. Binnen het onderzoeksgebied van de Hanzelijn is het voorkomen van deze jonge mariene afzettingen (die voorheen tot het Hauwert complex werden gerekend) niet aangetoond.¹²

Het verzanden van de Westfriese zeeboezem (rond 1200 voor Chr.) zorgde er mede voor dat het gebied kon verzoeten. Door de uitbreiding van het oppervlak aan open water ontstond er een groot aaneengesloten meer (het Meer Flevo), waarin zich de jongere afzettingen van de Flevomeer Laag konden

¹² Westerhoff *et al.* 1987; Vos 2003.

vormen. De top van deze afzettingen is door onder meer archeologische vondsten gedateerd op ongeveer het begin van de jaartelling.

Vanaf het begin van onze jaartelling nam de zee-invoed wederom toe, doordat Flevomeren via de Waddenzee in verbinding kwamen te staan met de Noordzee. In het brakwatermilieu met beperkte getijdewerking hebben zich de klei- en detrituslagen gevormd. Daarnaast komen zandlagen voor die opgebouwd zijn uit verspoeld pleistocene zand en zand afkomstig van de IJsseldelta. De afzettingen die door de IJssel zijn gevormd worden door Ente¹³ aangeduid als *Ramspolzand*. Zij kunnen een dikte van ongeveer 3 meter bereiken.

Een afnemende afvoer van IJssel en Vecht zorgde hierna voor het ontstaan van een vrijwel zout milieu, waarin de minder humeuze en minder detritus bevattende afzettingen uit de Zuiderzee Laag (Formatie van Naaldwijk) gevormd zijn. Met het eindigen van de mariene invloed door de voltooiing van de Afsluitdijk eindigt ook de Zuiderzee-fase en wordt in het snel verzoetende IJsselmeer een dunne laag silt en klei gevormd die als IJsselmeer Laag in de Formatie van Naaldwijk is opgenomen. Vanaf 1950 wordt een begin gemaakt met de inpoldering van de Oostelijke Flevopolder, welke in 1957 voltooid is.

3.1.2 Oude Land

Het voorgenomen tracé van de gasleiding doorkruist op het Oude Land een landschapstype, dat ook wel het 'landschap van de Zuiderzee- en IJsselaafzettingen' (respectievelijk behorend tot de Formatie van Naaldwijk en de Formatie van Echteld) wordt genoemd¹⁴. Het betreft hier voornamelijk klei-op-veengronden en kleigronden (met veen afwezig of dieper dan 80 centimeter beneden maaiveld). Het westelijke deel (Drontermeer tot de N763) wordt aangeduid als een overgangsgebied tussen de Zuiderzee- en de IJsselaafzettingen.¹⁴ In het oostelijke deel van het tracé op het Oude Land (van de N763 tot aan Wapenveld) komen aan de oppervlakte alleen nog afzettingen van de IJssel voor.

Het pleistocene landschap van het Oude Land is een voorzetting van het dekzandlandschap in de huidige Flevopolder. In het Vroeg-Holoceen raakte ook hier het landschap bebost met eiken-, dennen- en berkenbomen en trad bodemvorming op. Het licht golvende dekzandlandschap op het Oude Land wordt gekenmerkt door het voorkomen van noordoost-zuidwest lopende ruggen, met name op de overgang van de stuwwal van de Veluwe in het zuiden naar de lager gelegen gebieden ten westen en noorden ervan. In het gehele tracé op het Oude Land zijn de pleistocene afzettingen bedekt door holocene veen- en kleilagen (*afbeelding 2*). Al vanaf het Boreaal (8000 voor Chr.) trad in de lagere delen tussen de dekzandruggen veenvorming op.¹⁴ Grootschalige veenvorming heeft waarschijnlijk echter pas plaatsgevonden vanaf 3000 voor Chr. (Subboreaal), in aansluiting op het oostelijke deel van Oostelijk Flevoland. De dikte van de veenlagen loopt uiteen van enkele decimeters op de dekzandruggen tot enkele meters in de lagere delen. Een deel van het veen is later door de mens afgegraven voor turfwinning (onder meer bij Hattemerbroek).

Rond het begin van de jaartelling is de rivier de IJssel actief geworden.¹⁵ In een strook van 1 tot 2 kilometer langs de IJssel is riviersediment (klei en zavel; Formatie van Echteld) afgezet op het veen. De beddingafzettingen van de IJssel reiken tot in de pleistocene afzettingen en hebben de top ervan geërodeerd. In het westelijke deel van het gebied is zeeklei afgezet vanuit de toenmalige Zuiderzee (Formatie van Naaldwijk). De sedimentatie van de IJsselaafzettingen in het Oude Land heeft zich voortgezet tot de bedijking in 1200-1400 na Chr. Na de bedijking zijn er enkele dijkdoorbraken geweest die hebben

¹⁴ Westerveld 1958.

¹⁵ Berendsen/Stouthamer 2001.

gezorgd voor het ontstaan van kolken (wielen) en overslaggronden. De kolken zijn tot in de pleistocene ondergrond ingesneden.

Tussen de Hoenwaard en de Veluwe liggen enkele kolken die bijzonder te noemen zijn door de afwijkende ontstaansgeschiedenis. De aan de oostzijde van de Veluwe gevormde paraboolduinen vormden hier een barrière voor het water. Op een aantal plaatsen is, volgend op hoogwater, een doorbraak gecreëerd door in dit geval de dekzandrug, waarna op vergelijkbare wijze als bij een dijkdoorbraak een kolk (of wiel) en een waaier van doorbraakafzettingen is gevormd (*afbeelding 2*).

In 1401 gaf Hertog Willem van Gulik de bevolking van Hattem toestemming om de Hoenwaard als gemeene weide te gebruiken.¹⁶ In 1415 kreeg Hattem dijkrechten. Op dat moment werd besloten niet om de gehele Hoenwaard een dijk aan te leggen, maar slechts het veengebied (Achterveen/Algemene Veen) binnendijks te leggen. De in de Hoenwaard gelegen Hezenberg (ten zuiden van Hattem, op een van de tussen de Veluwe en de IJssel gelegen dekzandruggen) wordt voor het eerst genoemd in 1547. In dat jaar bouwt Johan van der Padevoirt, schepen van Hattem, zonder toestemming een huis op grond die gezamenlijk in gebruik was bij de burgers van Hattem.

Het hiervoor genoemde betekent, in ieder geval voor een deel van de oude oeverwallen die zich aan de westzijde van de IJssel bevinden, dat hierop sporen uit de Late Middeleeuwen (1050-1500 na Chr.) kunnen worden aangetroffen. Ten slotte staat de Hoenwaard te boek als één van de weinige uiterwaarden in Nederland waar de overgang van hoge naar lage gronden nog intact is en waar buitendijkse komgronden en (waardevolle) oeverwallen aanwezig zijn.¹⁷

3.2 Bodem

De verdeling van bodemtypen langs het leidingtracé is in grote lijnen gekoppeld aan de hoogteligging van de locatie ten opzicht van de directe omgeving (*afbeelding 3*). De hierna volgende beschrijvingen zullen van laag naar hoog die relatieve hoogteligging volgen.

3.2.1 Beschrijving per bodemtype

Mengelgronden: Deze associatie van bodemtypen wordt in de overgangszone van rivierkleilandschap naar het pleistocene zandlandschap over grote oppervlakten aangetroffen. Het landschap wordt ter plaatse gekenmerkt door een onrustig reliëf; daarmee samenhangend wisselt de dikte van het afdekkende kleipakket sterk, of is het zelfs afwezig. Daar waar het zand zich dicht aan het oppervlak bevond heeft door biologische activiteit homogenisering van de bovengrond plaatsgevonden. In de lagere delen van het landschap ligt het kleidek er nagenoeg onaangetast bij.

Overslaggronden: Deze gronden zijn ontstaan na dijkdoorbraken. Door de op korte afstand snel veranderende omstandigheden waaronder het sediment na een doorbraak wordt afgezet, is er een zeer sterke afwisseling in materiaaleigenschappen vast te stellen. De ontstaanswijze geeft reeds aan dat het zeer jonge gronden betreft.

Petgaten: Dit zijn grotendeels uitgeveende laagveengebieden die niet zijn drooggelegd en/of aangemaakt. Naast de uitgeveende stroken (de eigenlijke petgaten of trekgraten) liggen stroken waar weinig of geen veen

¹⁶ Oorkonde van 19 januari 1401 (inv. No. 30 blz. 33 en inv. No 44 fol. 1,42); het gebruiksrecht was verbonden aan het volle burgerrecht. Uit de 'Voorlopige inventaris van het oud archief van de stad hattem 1176-1795' door J. Rinzema.

¹⁷ Het gebied is als GEA-object 27O-10 aangemerkt (Gonggrijp 1988).

is weggegraven (de ribben). Daarnaast komen stroken voor waar de bovengrond voornamelijk uit teruggestort materiaal bestaat - de zogenaamde zetwallen, waarop het uitgebaggerde veen te drogen werd gelegd. Deze gronden zijn rond Voskuil, ten westen van het knooppunt Hattemerbroek, aanwezig.

Waardevengronden: Deze gronden komen vooral voor in gebieden waar kleiafzettingen uitwigen over het veen. Ze vormen de overgang van de hiervoor beschreven drechvaaggronden naar het veengebied. Het kleidek is bij deze gronden niet dikker dan 40 centimeter. Daar waar pleistocene zand op minder dan 120 centimeter beneden maaiveld aanwezig is zijn de hogere zandkoppen die hier voorkomen deels uitgegraven voor zandwinning.

Vlierveengronden: Dit zijn niet-afgedekte veengronden zonder bodemvorming, wel nog met enige mate van stevigheid. Het eerste deel van de naam houdt verband met het toponiem vlier of vledder, dat betrekking heeft op slecht ontwaterd grasland.¹⁸ Een deel van deze gronden is ontstaan door vervening, waarbij de oorspronkelijke bovengrond onregelmatig is teruggestort of afgevoerd. Ten slotte bevindt zich bij een deel van de vlierveengronden pleistocene zand binnen 120 centimeter beneden maaiveld, waarin zich hier veelal een duidelijke humuspodzol-B heeft ontwikkeld.¹⁹

Koopveengronden: Deze gronden hebben een veraarde bovengrond van minder dan 50 centimeter dikte, meestal opgebouwd uit kleig veen of venige klei. In de kleiige bovengrond is na de ontwatering en ontginning een gunstige situatie ontstaan voor de vermenging van organische stof en de lutumfractie. Op de overgang van veen naar de hogere zandgronden heeft zich over het algemeen in het pleistocene pakket dat zich aldaar binnen 120 centimeter van het maaiveld bevindt (fluvioperiglaciaal) geen humuspodzol ontwikkeld. Plaatselijk is echter een dun laagje dekzand aanwezig op het fluvioperiglaciaal zand, waarin wel podzolering waarneembaar is.

Drechvaaggronden: Deze gronden komen voor in gebieden waar klei over veen uitwigt. Het kleidek is over het algemeen kalkloos en matig zwaar tot zwaar. Het veen bevindt zich vervolgens binnen 80 centimeter beneden maaiveld. De top van dit veen is meestal geoxideerd en enigszins verweerd, wat al voor de afzetting van het kleidek gebeurd kan zijn.²⁰

Poldervaaggronden: Kleigronden met een zwak ontwikkelde humushoudende bovengrond, met roest en grijze vlekken binnen 50 centimeter beneden maaiveld. De kalkhoudende varianten van deze gronden worden direct aan weerszijden van de IJssel aangetroffen. De kalkloze varianten bevinden zich over het algemeen verder van de IJssel vandaan, tot en met de overgangszone naar de pleistocene zandgronden.

Ooivaaggronden: Deze gronden worden gekenmerkt door de aanwezigheid van een tot ruim een halve meter beneden maaiveld doorlopende min of meer bruin gekleurde horizont, waarin hydromorfe kenmerken (roest en grijze vlekken, zoals deze wel voorkomen bij de poldervaaggronden) ontbreken. Ze komen met name op de stroomruggen en uiterwaarden van het 'IJsselsysteem' voor.²¹

Vorstvaaggronden: Gronden met een diep doorlopende schrale bovengrond, waarin ijzerhuidjes rondom de zandkorrels voorkomen. Het zijn jonge kalkhoudende gronden die in de directe nabijheid van de IJssel voorkomen.²²

¹⁸ De Bakker/Schelling 1989.

¹⁹ Makken 1988.

²⁰ De Bakker/Schelling 1989.

²¹ Stiboka 1966.

²² De Bakker/Schelling 1989.

Vlakvaaggronden: Gronden met een lichtgekleurde, meestal humusarme bovengrond, met daaronder een vaak roestige laag, maar waarin ijzerhuidjes rondom de minerale delen ontbreken. In de flevopolders betreft het de jonge zandige gronden, in het pleistocene gebied zijn zij vaak gevormd in uitgestoven laagten en in beekdalen.

In de overgangszone van laag (het deel van de gemeente waar klei- en veendekken op het Pleistoceen voorkomen) naar hoog (stuwwal en randzones van het Drents Plateau) komt een aantal bodemtypen voor die in meer of mindere mate gekoppeld zijn aan de diepteligging van het Pleistoceen en het al dan niet voorkomen van dekzandruggen in de ondergrond. Ze zijn veelal te vinden op de hogere delen van het klei- en veendekken gebied en de lagere delen van het zandgebied, zoals de beekdalen. Deze bodemtypen bezitten ofwel een moerig dek of moerige tussenlaag, ofwel een eerdlaag op een profiel met een grote invloed van het grondwater. Bij de moerige gronden wordt op basis van het bodemvormende proces in het zand onderscheid gemaakt in moerige podzolgronden of moerige eerdgronden. De gooreerd- en beekerdgronden onderscheiden zich van de eerder genoemde gronden in het ontbreken van een moerige laag.

Moerige eerdgronden: De bovengrond bestaat uit veraard veen en moerig materiaal met een wisselende bijmenging van zand. Het zanddek dat op een deel van deze gronden voorkomt is vrijwel uitsluitend door spitten, ploegen of bezanden ontstaan, en wisselt sterk in humusgehalte. Een deel van de gronden ten noordoosten van Steenwijk is aangetast in de natuurlijke opbouw door diepploegen.

Moerige podzolgronden: Het kleidek dat een deel van deze gronden kenmerkt is deels ontstaan door bemesting met terpaarde. In de pleistocene zandondergrond, die zich meestal tussen 45 en 80 centimeter beneden maaiveld bevindt, is een duidelijk humuspodzolprofiel ontwikkeld.

Op de hogere delen van de zandgebieden bevinden zich de oudere ontginningen en de oude bouwlanden. Plaatselijk komen nog wel beekerd- en gooreerdgronden voor, maar het beeld wordt vooral bepaald door het voorkomen van podzolgronden en enkeerdgronden. Ten slotte komen hier ook zandgronden voor die, vanwege een beperkte mate van bodemvorming, tot de vaaggronden worden gerekend.

Veldpodzolgronden: Deze gronden behoren tot de categorie humuspodzolgronden zonder ijzerhuidjes om de zandkorrels. Ze zijn vaak gelegen op de locaties van vroegere heidevelden, waar plaggen werden gestoken voor de bemesting van gronden die nu als laarpodzolgrond of enkeerdgrond zijn gecategoriseerd. De aard van de vegetatie is waarschijnlijk niet doorslaggevend geweest bij de vorming, de hydrologische situatie des te meer. De bodem heeft zich ontwikkeld in dekzand dat aan het oppervlak veelal een zwak golvend uiterlijk heeft. Plaatselijk komt een dun keileemlaagje met grind voor. De bovengrond is nogal heterogeen; het voorkomen van brokken materiaal uit de B- en C-horizont is geen uitzondering. Bij pasgeploegde gronden is dit aan het oppervlak te zien door het bonte kleurenpatroon.²³

Laarpodzolgronden: Ook hier ontbreken ijzerhuidjes rond de zandkorrels. De gronden worden dikwijls aangetroffen aan de rand van de hierna genoemde enkeerdgronden, op de overgang naar de lager gelegen veldpodzolgronden. Zij komen voornamelijk voor op zwakgolvend dekzand; het zijn de bouwlanden die

²³ Ebbers/Van der Loo 1992.

een mindere mate van ophoging kennen dan de enkeerdgronden, of ontginningen van voor de 20e eeuw.²⁴ Op de overgang van het ophogingsdek naar de B wordt regelmatig (nog) een E-horizont aangetroffen.²⁵

Hoge zwarte enkeerdgronden: Door de langdurige toepassing van plaggenbemesting is op deze gronden op de top van het (dek)zand een humeus cultuurdek gevormd. De dikte van deze humushoudende laag (plaggendeck) bedraagt ongeveer 50 tot 80 centimeter. Deze gronden komen voor op de uitlopers van de Veluwe, in de directe omgeving van Hattem.

Haarpodzolgronden: Gronden met een humushoudende bovenlaag die dunner is dan 30 centimeter en waarin direct onder de inspoelingshorizont ijzerhuidjes rondom de zandkorrels voorkomen. Deze gronden zijn te vinden op de hogere delen van het pleistocene zandgebied, op de uitlopers van de Veluwe aan de zuid(west)zijde van Hattem.

3.3 Bekende en te verwachten archeologische en cultuurhistorische waarden

Het voorkeustracé doorsnijdt zowel gebieden met een hoge, middelhoge als lage archeologische verwachting. Deze verwachtingen zijn gebaseerd op de hierboven beschreven landschappelijke en bodemkundige kenmerken in combinatie met bekende archeologisch vindplaatsen, waarnemingen en onderzoeken. De verwachtingszones in afbeelding 5, 6 en 7 zijn gebaseerd op de IKAW. In de afbeeldingen 8, 9 en 10 zijn aangepaste, gedetailleerdere verwachtingsbeelden opgenomen gebaseerd op recente literatuur en eigen onderzoek van Vestigia. In bijlage 2 is een catalogus van archeologische waarnemingen in het leidingtracé opgenomen.

3.3.1 Nieuwe Land

Het verwachtingsbeeld in het Nieuwe Land betreft met name die voor het voorkomen van vroeg-prehistorische vindplaatsen uit de periode dat dit gebied nog bewoonbaar was (*afbeelding 6*). Vanaf ca. 5000 voor Chr. kreeg het gebied te maken met toenemende vernatting als gevolg van de zeespiegelstijging, waardoor de kustlijn geleidelijk naar het oosten opschoof. Vanaf ca. 2000 voor Chr. was het Nieuwe land niet meer bewoonbaar, met uitzondering van enkele eilanden en veenbulten waarop de bewoning zich tot in de Middeleeuwen en op Urk en Schokland zelfs tot heden, kon handhaven (zie vorige paragraaf). Uit de tijd van de Zuiderzee en het IJsselmeer kunnen in het gebied ook scheepswrakken voorkomen. Deze zijn in het verwachtingsbeeld niet opgenomen, omdat de positie van scheepswrakken laat zich moeilijk voorspellen. Ook is het nauwelijks mogelijk deze door middel van booronderzoek of andere methodieken op een kostenefficiënte wijze op te sporen. Omdat ze in principe in het hele gebied in zeer lage dichtheden kunnen voorkomen, scoren ze in de effectbeschrijving neutraal. Wel zal bij vervolgstappen en bij de uitvoering van grondwerk in het Nieuwe Land altijd met het voorkomen van vondsten van deze categorie rekening moeten worden gehouden.

De prehistorische vindplaatsen in het Nieuwe land zijn gebonden aan specifieke delen van het landschap. Op pleistocene bodems betreft het vooral jachtkampen en andere activiteitenzones van jagers en verzamelaars. Dekzandruggen en rivierduinen waren hiervoor geschikte locaties, net als de oeverwallen van kreken en rivierlopen. In de geulen zelf kunnen ook resten voorkomen van bijvoorbeeld visweren en rituele deposities. Het pleistocene oppervlak loopt in het Nieuwe Land af van ca. 2 meter beneden maaiveld in het oosten van Flevoland tot ca. 6 meter beneden maaiveld ter hoogte van de Flevocentrale. Het westelijk deel van het tracé vormt, gezien de algemene verstoringsdiepte tot 2,5 meter beneden maaiveld, daarom slechts

²⁴ De Bakker/Edelman-Vlam 1976.

²⁵ Makken 1988.

een geringe bedreiging voor dieper gelegen vindplaatsen. Uitzondering hierop zijn echter de holocene geulsystemen waarop later in de prehistorie kan zijn gewoond. Deze komen in het westelijk deel van het tracé in het verstoringsbereik van de leiding voor. Verder naar het oosten, ongeveer vanaf Swifterbant, komen de archeologisch relevante lagen grotendeels in het bereik van ontgravingsdiepte te liggen.

Uit vrijwel het gehele gebied langs het tracé door het Nieuwe Land zijn prehistorische vindplaatsen bekend. Op basis van de boorgegevens uit het archeologisch vooronderzoek voor de Hanzelijn kan de trefkans binnen het voorkeustracé redelijk nauwkeurig bepaald worden (*afbeeldingen 13 - 28*). Voor deze zones wordt in het vervolgetraject extra aandacht gevraagd. In het tracé zelf liggen overigens geen bekende vindplaatsen, maar op een aantal plaatsen wel zeer dicht ernaast. In hoofdstuk 4 wordt per deelgebied hierop een extra toelichting gegeven.

Behalve de aanwijzingen voor prehistorische vindplaatsen komen uit het gebied bezijden het tracé ook vondstmeldingen van middeleeuwse en nieuwe tijdvondsten. Op de problematiek van de scheepswrakken is al in gegaan. Ten oosten van Dronten komen in de zone waar het voorkeustracé op ruime afstand ten noorden van het Hanzelijntacé loopt (*afbeelding 5*), verspreide middeleeuwse vondsten voor die kunnen duiden op bewoning in die tijd op enkele veenruggen. Het veen in dit gebied is echter zodanig geërodeerd dat van behoudenswaardige vindplaatsen nauwelijks nog sprake kan zijn. Vervolgactie lijkt daarom daar niet nodig.

Tot slot zijn uit het tracégebied in het Nieuwe Land geen bijzondere andere cultuurhistorische relikten bekend die in de effectbeschrijving extra aandacht behoeven.

3.3.2 Oude Land

In het Oude Land doorkruisen zowel het voorkeustracé als het Gelderlandalternatief een uitgestrekt gebied met middelhoge verwachtingen (*afbeelding 7*). Ook deze is over het algemeen gerelateerd aan prehistorische vindplaatsen op dekzandopduikingen, soms afgedekt door veen en rivierafzettingen van de IJssel en haar voorlopers. Over deze vindplaatsen was voor het onderzoek in het kader van de Hanzelijn nog betrekkelijk weinig bekend. Inmiddels is duidelijk dat het redelijk goed geconserveerde vindplaatsen betreft die op een diepte van ca. 1 meter beneden maaiveld liggen. Daar waar het voorkeustracé de Hanzelijn volgt is het gebied in het kader van de Hanzelijn intensief onderzocht en uitgeboord, zodat betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan over het voorkomen van archeologische vindplaatsen (*afbeeldingen 13 - 28*). Waar risico's bestaan wordt in het vervolgetraject extra aandacht gevraagd. In het voorkeustracé zelf liggen overigens enkele prehistorische vindplaatsen die in het kader van de Hanzelijn zijn of worden onderzocht. De belangrijkste daarvan is wel het nederzettingscomplex nabij het knooppunt Hattenerbroek. In hoofdstuk 4 wordt per deelgebied hierop een extra toelichting gegeven.

Behalve prehistorische vindplaatsen in een afgedekt prehistorisch landschap is er, zeker in het gebied ten zuiden van Kampen, ook sprake van een redelijk intact middeleeuws ontginningslandschap waarin historische dijken en huisterpen vrij veel voorkomen. Bekende middeleeuwse woonplaatsen lijken niet te worden aangesneden; wel worden een aantal middeleeuwse dijklichamen doorkruist die van cultuurhistorische betekenis zijn. Waarschijnlijk zullen deze door middel van boringen aangesneden worden wat slechts beperkte mogelijkheden biedt voor onderzoek.

4 Risico-analyse

4.1 Landschappelijke zones in relatie tot archeologische risicogebieden in het leidingtracé

Ten behoeve van de risicoanalyse is het tracé op basis van eerder verricht onderzoek²⁶ onderverdeeld in 12 aaneengesloten landschappelijke hoofdzones. In het Nieuwe Land zijn dat er drie (*afbeelding 11*) in het Oude Land negen (*afbeelding 12*). Deze worden hieronder uitgewerkt. Daarnaast wordt een eerste inschatting van het Gelderlandalternatief gegeven. Aanvullende maatregelen worden in hoofdstuk 5 voorgesteld.

4.1.1 Nieuwe Land

De indeling in het Nieuwe Land is gebaseerd op de eigenschappen van de twee belangrijkste archeologisch relevante niveaus in het gebied, namelijk de top van de pleistocene afzettingen en de top van de afzettingen uit het Laagpakket van Wormer (Formatie van Naaldwijk)²⁷. De zones worden als volgt gekarakteriseerd:

- I. De top van het Pleistoceen bevindt zich op een diepte van meer dan 9 meter beneden NAP (= 6 meter beneden maaiveld); daarboven komen op grote schaal afzettingen voor die behoren tot het Laagpakket van Wormer. Deze zone strekt zich uit van het IJsselmeer in het westen tot de Vuursteentocht in het oosten. Het meest westelijke deel van het leidingtracé doorkruist hier één van de vier door de Provincie Flevoland vastgestelde PARK-en, namelijk het 'Rivierduingebied Swifterbant'.²⁸ Voor dit gebied wordt ingezet op 'ontsluiting en integrale instandhouding van de archeologische waarden in samenhang met aardkundige en landschappelijke waarden'.²⁹ Dit houdt in dat binnen de grenzen van een PARK, de daar aanwezige archeologische waarden in principe niet mogen worden geroerd. Voor dit gebied is een aangepaste verwachtingskaart gemaakt (*afbeelding 8*). Hieruit blijkt dat het voorkeustracé het geulsysteem, behorend tot de laag van Wormer, vooral nabij de Flevocentrale doorkruist. In de oostelijke randzone van het gebied ligt een ander geulsysteem relatief dicht aan het oppervlak. In het midden van dit deelgebied liggen de archeologisch relevante lagen echter buiten het bereik van de gasleiding. Aanvullende maatregelen worden daarom alleen voorgesteld in de westelijke en oostelijke randzone.
- II. Het pleistocene oppervlak bevindt zich tussen 6 en 9 meter beneden NAP, met een – slechts plaatselijk onderbroken – afdekking door Basisveen (*afbeelding 8*). Deze zone wordt in het westen begrensd door de Vuursteentocht; de Rendierweg vormt de oostelijke begrenzing. Aansluitend op het tracédeel dat het PARK doorkruist (in zone I), wordt hier één van de door de provincie aangewezen aandachtsgebieden doorsneden. Dit gebied wordt omschreven als een terrein met een hoge dichtheid aan relatief goed geconserveerde archeologische waarden. Uitgangspunten zijn hier het opsporen en planologisch beschermen van archeologische waarden. Mede op basis van de uitkomsten van het Hanzelijn- en N23 onderzoek worden daarom voor vrijwel het gehele tracédeel in dit deelgebied aanvullende maatregelen voorgesteld.

²⁶ Müller/Leijnse 2003; Leijnse 2004; Vos 2003; Vos/Van Gessel 2004.

²⁷ Waugh/Mietes/Schrijvers 2004.

²⁸ Uit: ontwerp provinciaal omgevingsplan Flevoland 2006. In het voorgestelde archeologisch beleid wordt een onderscheid gemaakt in Provinciale Archeologische Kerngebieden (PARK), aandachtsgebieden en uitwerkingsgebieden. Tevens opgenomen in figuur 19 uit het Ontwerp Omgevingsplan Flevoland 2006 (Provincie Flevoland, 2006).

²⁹ Provincie Flevoland, 2006.

- III. In de zone die van de Rendierweg in het westen tot aan het Drontermeer (in het oosten) loopt, is het pleistocene oppervlak aanwezig op minder dan 6 meter beneden NAP (dat betekent over het algemeen binnen 2 meter beneden maaiveld). De basisveen-bedekking is hier meer lokaal van aard. Het onderzoek in het kader van de Hanzelijn heeft in dit gebied nauwelijks aanwijzingen opgeleverd voor behoudenswaardige prehistorische vindplaatsen. Het voorkeursracé kiest hier een verloop op meer dan 1 kilometer noordelijk van het tracé van de Hanzelijn. Extrapolatie van de onderzoeksgegevens Hanzelijn heeft hier slechts een geringe voorspellende waarde. Voor de westelijke helft van deze zone, en voor het gebied nabij de ingang van de tunnel Drontermeer, worden aanvullende maatregelen voorgesteld. Voor het tussenliggende gebied is de trefkans in relatie tot de aard van de ingreep te klein.

Scheepswrakken kunnen in alle zones verwacht worden.

4.1.2 Oude Land

De aard en opbouw van het landschap in het Oude Land leiden tot een indeling in landschappelijke hoofdzones die afwijkt van de driedeling die voor het Nieuwe Land is voorgesteld. De hier gebruikte indeling volgt op de meeste vlakken de indeling die voor de Hanzelijn (Oude Land) is opgesteld (*afbeelding 12*).³⁰

- IV. Deze zone betreft het tracédeel direct ten noorden van het Nieuwe Kanaal, zich uitstrekkend van het Drontermeer aan de westzijde, tot het punt waar de watergang in zuidoostelijke richting als Geldersche Gracht loopt. Het tracédeel wordt als weinig kansrijk beschouwd, aangezien het een jong-holocene laagvlakte betreft die gelegen is op een, zich op relatief grote diepte bevindend, aangetast pleistoceen oppervlak. Hier worden geen aanvullende maatregelen voorgesteld.
- V. Aansluitend aan zone IV doorsnijdt het tracé een zone waar de pleistocene ondergrond uit een afwisseling van dekzandruggen, -kopjes en laagten bestaat. De oostelijke begrenzing bevindt zich op het punt waar het tracé evenwijdig aan de N50 haar weg vervolgt. Met name de hogere delen van het dekzandlandschap worden als archeologisch kansrijk beschouwd. Enkele van deze dekzandopduikingen zijn ook nu nog als woongrond in gebruik (zie onder meer het toponiem 'De Heuvels' en enkele terpen zowel aan de Leidijk als aan de Hogeweg). Hier is een tracéalternatief gekozen dat de twee wettelijk beschermde monumenten aan de Hogeweg vermijdt (monumenten 1558 en 1557). De bodemtypen die in dit gebied kunnen worden aangetroffen (moerige podzolgronden, veldpodzolgronden en laarpodzolgronden) onderschrijven de kansrijkdom van deze zone, aangezien dit impliceert dat het pleistocene oppervlak nog intact is. Voor het grootste deel van deze zone, met name waar het gebied met de dekzandruggen wordt doorkruist, worden aanvullende maatregelen voorgesteld. Hiervoor is een aangepast verwachtingsbeeld opgesteld (*afbeelding 9*). Voor enkele gebieden met een lagere verwachting gelden geen aanvullende maatregelen.
- VI. Ten oosten van de RD-coördinaatlijn X=192.000 komt het tracé terecht in een zone waar het pleistocene landschap zich overwegend dieper dan 3 meter beneden NAP bevindt. In dit deel van het tracé heeft de voorloper van de huidige IJssel reeds in het Vroeg-Holoceen rivierafzettingen achtergelaten. Deze zone wordt in het algemeen als weinig kansrijk en, voor

³⁰ Waugh 2003; Waugh/Schrijvers/Mietes 2004.

wat betreft de vroege prehistorie, als niet ernstig bedreigd beschouwd. Hier worden mede gezien het onderzoek in het kader van de Hanzelijn, geen aanvullende maatregelen voorgesteld.

- VII. Tussen RD-coördinaatlijnen X=193.000 en X=196.000 wordt een vergelijkbaar landschap doorsneden als in zone V. Ook hier bevinden zich enkele terpen op dekzandopduikingen, met name direct aan weerszijden van de N763. Deze worden echter niet bedreigd. Het tracé ligt hier voor een zeer groot deel in de zone die reeds in het kader van de Hanzelijn is onderzocht. Dit heeft geen behoudenswaardige vindplaatsen opgeleverd. Voorgesteld wordt daarom hier geen aanvullende maatregelen te nemen.
- VIII. Tussen zone VII aan de westzijde en de Gelderse Kade aan de oostzijde, bevindt zich een gebied dat wordt gekenmerkt door een laaggelegen, goed geconserveerde dekzandvlakte, waarin geen grote reliëfverschillen zijn aan te wijzen. Onderzoek in het kader van de Hanzelijn heeft in deze zone geen primaire archeologische indicatoren opgeleverd (en slechts wat verspreid houtskool). Op basis daarvan wordt aan deze zone een lage archeologische verwachting toegekend. Er worden hier geen aanvullende maatregelen voorgesteld.
- IX. Tussen de Gelderse Kade in het westen en de Zuiderzeestraatweg in het oosten wordt het pleistocene zand wederom dichter onder maaiveld aangetroffen. Binnen dit traject is er sprake van een afwisseling van hooggelegen dekzandvlaktes en reliëfrijkere gebieden met laagten, kopjes en ruggen. Met name ten oosten van RD-coördinaatlijn X=197.500 omvat dit hoger gelegen pleistocene landschap het voorkomen van onder meer veldpodzolgronden en moerige podzolgronden. De gunstige bewoningscondities van dergelijke bodems worden bevestigd door het voorkomen van archeologische resten, afkomstig uit Laat-Paleolithicum tot Vroege Bronstijd.³¹ De RACM acht dit gebied monumentwaardig. Een groot deel van de zone wordt in het kader van de aanleg van Hanzelijn deels onderzocht door middel van opgravingen, deels beschermd door het nemen van mitigerende maatregelen. Het voorkeurstracé loopt voor een deel door de aanwezen te beschermen zone. Een mogelijk alternatief is om na de Gelderse Kade een noordelijker route te kiezen en voorbij de Zuiderzeestraatweg weer aan te sluiten op het tracé van de Hanzelijn. Probleem is dat, op basis van het recente Hanzelijnonderzoek, verwacht mag worden dat de zone met een hoge archeologische verwachting zich veel verder naar het noorden uitstrekt dan tot nu toe is aangenomen. Deze bijgestelde verwachting is (nog) niet verwerkt in de IKAW en de recent verschenen gemeentelijke archeologische verwachtingskaart van Hattem. Zonder verder onderzoek bestaat derhalve geen enkele zekerheid of het alternatief de zone met prehistorische vindplaatsen voldoende mijdt. Hier zal in nader overleg tussen RACM, Gasunie en eventueel ProRail, bekeken moeten worden op welke wijze de schade aan het bodemarchief het beste gemitigeerd kan worden. Vervolgmaatregelen zijn hier in beide varianten zeker nodig.
- X. Van de Zuiderzeestraatweg in het westen tot de Gelderse Dijk in het oosten, wordt een gebied doorkruist dat in opbouw overeenkomt met zone VI. Het pleistocene landschap bevindt zich overwegend dieper dan 3 meter beneden NAP, maar met name in het westelijk deel wel in het bereik van de verstoringszone van het tracé. Voor dit eerste stuk worden aanvullende maatregelen voorgesteld.

³¹ Hamburg/Knippenberg 2006.

- XI. Vanaf de Gelderse Dijk tot het tracédeel ter hoogte van de splitsing Gelderse Dijk – Gapersweg heeft terreinverlaging door afgraving plaatsgevonden. Voor dit deel van het tracé geldt een lage archeologische verwachting. Hier worden dan ook geen aanvullende maatregelen voorgesteld.
- XII. Vanaf de Gapersweg in zuidoostelijke richting tot aan het meest (zuid)oostelijke deel van het tracé, wordt een vrijwel intact holoceen rivierlandschap doorsneden. Het grootste deel van deze zone wordt ingenomen door De Hoenwaard. Hier passeert het tracé enkele oudere oeverwallen van de IJssel, waarvan de oudste reeds voor 1400 na Chr. gevormd is. Deze zijn weergegeven op een aangepaste verwachtingskaart (*afbeelding 10*). In deze zone kunnen bewoningssporen uit de Late Middeleeuwen verwacht worden. Voor de delen waar oudere oeverwallen van de IJssel worden doorsneden worden daarom aanvullende maatregelen voorgesteld. De delen waar alleen laaggelegen kommen worden doorkruist kunnen echter worden vrijgegeven.
- XIII. Het Gelderlandalternatief doorsnijdt ter hoogte van Wapenveld eerst een zone met middelhoge verwachting die vergelijkbaar is met deelgebied XII (*afbeelding 12*). Verder in westelijke richting wordt het stuifzandgebied van de noordelijke Veluwe doorkruist dat op de IKAW een lage verwachting heeft gekregen. De enige bekende archeologische waarden in het gebied zijn een aantal prehistorische grafheuvels die bovengronds zichtbaar zijn. Naar onzichtbare archeologische waarden heeft in dit gebied nauwelijks systematisch onderzoek plaatsgevonden.

Vanaf de afbuiging in noordelijke richting wordt in het poldergebied ten westen van Wezep eerst een zone doorsneden met zuidwest-noordoost gerichte dekzandruggen afgedekt door veen. Deze landschappelijke zone is archeologisch gezien vergelijkbaar met deelgebied IX bij Hattemerbroek, wat betekent dat sprake is van een hoge archeologische verwachting. De grenzen van het hoge verwachtingsgebieden op de IKAW mogen hier als nogal arbitrair beschouwd worden.

Verder noordelijk komen we in een landschappelijke zone die zich het beste laat vergelijken met deelgebied V. In de ondergrond is een dekzandvlakte aanwezig met opduikingen afgedekt door ontgonnen veen en kleiafzettingen. In het gebied komen zowel prehistorische vindplaatsen voor, als middeleeuwse bewoningslinten en zones met huisterpen of boerderijen op dekzandkopjes.

De conclusie luidt dat vrijwel voor het gehele Gelderlandalternatief geldt dat bij keuze voor dit alternatief aanvullende archeologische maatregelen nodig zijn. Gezien de betrekkelijk grote kennislacune is een karterend booronderzoek voor dit alternatief de te prefereren vervolgstap.

5 Conclusies en aanbevelingen ten aanzien van mitigerende maatregelen in het vervolgtraject

In hoofdstuk 4 is voor een aantal risicovolle zones in het voorkeustracé beargumenteerd dat maatregelen in het vervolgtraject nodig zijn. Uitgangspunt hierbij zijn vergelijkbare afwegingen als destijds bij het onderzoek in het tracé van de Hanzelijn gemaakt zijn.

Deze komen op het volgende neer:

- Alle archeologisch relevante bodemniveaus binnen een bereik van 3 meter beneden maaiveld worden in principe bedreigd door de aanleg van de gasleiding. Archeologisch relevante niveaus die dieper liggen hoeven niet te worden opgespoord en hiervoor zijn dus geen aanvullende maatregelen nodig.
- Op grond van de bestaande kennis over tracézones die in het kader van de Hanzelijn en de N23 reeds zijn gekarteerd, kan bij eventuele vervolgstappen volstaan worden met het onderzoeken of begeleiden van een representatieve steekproef uit de landschapszones die door de gasleiding worden doorsneden. De archeologische vervolgstappen richten zich daarbij op de zones met een verhoogde archeologische verwachting en met name waar al archeologische waarden zijn aangetoond.
- Om representatief te kunnen zijn omvat de bovengenoemde selectie minimaal 20-30% van de totale lengte van het voorkeustracé.
- Tracédelen, varianten en alternatieven die buiten de reeds onderzochte zones van de Hanzelijn en de N23, en eventuele andere reeds onderzochte gebieden vallen, zijn opnieuw beoordeeld. Indien daar sprake is van een reële archeologische verwachting en bedreiging van archeologische waarden door de aanleg van de gasleiding, zijn deze toegevoegd aan de selectie.

Op grond van deze overwegingen wijst Vestigia bij elkaar ca. 23,5 kilometer van de in totaal 50 kilometer van het voorkeustracé aan voor aanvullende maatregelen ten behoeve van de archeologie. Wat betreft de aard van de maatregelen in het voorkeustracé moet, met uitzondering van deelgebied IX (doorlopend in X), een afweging gemaakt worden tussen aanvullend karterend booronderzoek voorafgaand aan de realisatie, dan wel tracébegeleiding ten tijde van de realisatie. Voor het Gelderlandalternatief wordt bij eventuele keuze, in ieder geval als eerstvolgende stap karterend booronderzoek aanbevolen (zie paragraaf 5.5). In deelgebied IX en X is sprake van een bijzondere situatie.

5.1 Deelgebied IX en X: Omgeving knooppunt Hattemerbroek

Het voorkeustracé kruist in de nabijheid van het knooppunt Hattemerbroek over een lengte van ca. 2,1 kilometer de zone die door de RACM in het kader van het selectiebeleid voor de Hanzelijn aangemerkt is als behoudenswaardig (*afbeeldingen 26, 27 en 28*). Voor de zone die deel uitmaakt van het ruimtebeslag van de Hanzelijn (toekomstige baan en werkterreinen) zijn tussen ProRail en de RACM kortgeleden nadere afspraken gemaakt. Overeengekomen is dat ca. 4 hectare van de te verstoren zone zal worden opgegraven. Het gehele complex van vindplaatsen binnen het ruimtebeslag is echter vele malen groter. Een aanzienlijk deel daarvan wordt fysiek en later ook wettelijk beschermd, waarvoor ProRail de nodige maatregelen dient te nemen. Het met de gasleiding doorkruisen van de als “te beschermen” aangewezen gebieden, zal van de zijde van de RACM op grote bezwaren stuiten. Hierover dient nader overleg te worden gevoerd.

5.1.1 Alternatief ombuiging Noord ('alternatief Hattemerbroek A')

Voor deelgebied IX zal daarom eerst bezien moeten worden wat de mogelijkheden tot verlegging van het tracé buiten de beschermingszone van de Hanzelijn zijn (*afbeelding 12*). Hiertoe is een alternatief ontworpen

dat ten oosten van de Gelderse Kade in noordelijke richting afbuigt tot maximaal 800 meter te noorden van het tracé van de Hanzelijn. Vervolgens wordt afgebogen in zuidoostelijke richting en ca. 2,5 kilometer verder ten oosten van de Zuiderzeestraatweg weer aangesloten op het Hanzelijntracé. Op deze manier worden de bekende prehistorische vindplaatsen en het grootste deel van de hoge archeologische verwachtingszone op grond van de IKAW en de archeologische verwachtingskaart van de gemeente Hattem gemeden. Helaas biedt dit alternatief zonder aanvullend (boor)onderzoek geen garantie dat archeologische waarden ook inderdaad gemeden worden. De dekzandruggen in de diepere ondergrond zijn noordoost-zuidwest gericht en lopen in de ondergrond door tot de uiterwaardenzone van de IJssel.

Aanvullend booronderzoek met een redelijk dicht boorgrid (25x25 m) gericht op het opsporen van prehistorische vindplaatsen zal in dat geval nog steeds nodig zijn. Dit betekent minimaal 130 (1 boorraai) en maximaal 260 (2 boorraaien binnen ruimtebeslag) extra boringen. Vervolgens bestaat een reële kans dat ook in dit alternatieve tracé archeologische vindplaatsen worden aangetroffen, waardoor alsnog opgravend onderzoek of andere mitigerende maatregelen noodzakelijk blijken.

Is er op basis van de huidige archeologische kennis wel een veilige afstand in noordelijke richting aan te wijzen? Een garantie kan niet gegeven worden, maar een ombuiging vanaf de Gelderse Kade in noordelijke richting tot in de uiterwaarden van de IJssel en vervolgens deze uiterwaarden in zuidoostelijke richting vervolgen zou vanuit archeologisch oogpunt de voorkeur verdienen en aanzienlijke kostenbesparingen met zich meebrengen. Aanvullend onderzoek is dan wellicht niet of slechts zeer beperkt noodzakelijk.

5.1.2 Alternatief van drie achtereenvolgende HDD boringen

Een andere mogelijkheid waardoor het bodemarchief gespaard kan blijven is de aanleg van de gasleiding door middel van een horizontale boring onder de archeologisch waardevolle zone door. In de praktijk zou dit betekenen dat ter hoogte van Hattemerbroek drie achtereenvolgende HDD boringen geplaatst dienen te worden. Dit is zowel technisch als financieel een lastig te realiseren investering. In totaal dient parallel aan de Hanzelijn minimaal ca. 2,1 kilometer geboord te worden. Ook met de drie boringen kan schade aan het bodemarchief ter plaatse niet geheel vermeden worden. De drie zogenaamde intredezones zullen vooraf archeologisch onderzocht moeten worden. Het onderzoek omvat waarschijnlijk proefsleuven met uitbreidingsmogelijkheid tot een vlakdekkend onderzoek op de locaties waar de boorinstallatie en de slibbassins de ondergrond verstoren. Vanuit archeologische optiek verdient dit alternatief de voorkeur.

5.1.3 Alternatief opgraving

Is een van beide bovengenoemde alternatieven niet mogelijk dan is aanvullend onderzoek, waarschijnlijk in de vorm van een opgraving van het tracé en de werkstrook over een groot deel van de gemarkeerde 2,1 kilometer welhaast onvermijdelijk. Op basis van de recentelijk uitgevoerde opgravingen in de Hanzelijn, en dat ten behoeve van het industriegebied Hattemerbroek, dient rekening te worden gehouden met opgravingskosten van tussen ca. € 40 en € 50 per vierkante meter op te graven oppervlak. Omdat de RACM op dit moment overweegt het gebied rond Hattemerbroek te gaan beschermen ingevolge van de Monumentenwet, dient over de eventuele haalbaarheid en randvoorwaarden voor dit alternatief eerst nader overleg met deze dienst plaats te vinden.

5.2 Tracébegeleiding of Inventariserend Veldonderzoek in de overige tracédelen?

Voor de andere aangemerkte tracédelen op de afbeeldingen 11 en 12 (voor detailafbeeldingen, zie afbeeldingen 13 t/m 26) adviseert Vestigia om voorafgaand aan de realisatiefase een karterend booronderzoek uit te voeren, gericht op het opsporen van eventuele archeologische vindplaatsen. Op en nabij eventuele archeologische vindplaatsen zullen in overleg met de RACM en de betrokken gemeenten

aanvullende maatregelen moeten worden genomen. De rest van het tracé kan na dit booronderzoek worden vrijgegeven. Een andere mogelijkheid zou zijn om in deze tracédelen tijdens de realisatiefase een vorm van actieve tracébegeleiding toe te passen. Hieronder worden de argumenten voor de beide vervolgacties nog eens met elkaar vergeleken

5.3 *Tracébegeleiding*

Onder actieve tracébegeleiding wordt verstaan, het door een archeologisch veldteam laten begeleiden van de graafwerkzaamheden in de geselecteerde zones (*afbeelding 11 en 12*). De intensiteit van die begeleiding hangt natuurlijk nauw samen met de verwachtingen zoals die zijn uitgesproken in de resultaten van het archeologisch vooronderzoek en met de gehanteerde methodiek voor het leggen van de leiding (zie paragraaf 1.2). Op grond daarvan zal per gebied dienen te worden bepaald op welke manier te werk zal worden gegaan. Dit wordt vertaald in een Plan van Aanpak dat onderdeel is van het op te stellen Programma van Eisen voor de Tracébegeleiding. Voor de archeologische begeleiding gelden specificaties vastgelegd in de Kwaliteitsnorm voor de Nederlandse Archeologie (KNA 3.1). De begeleiding dient te worden uitgevoerd door een erkend bedrijf of instelling dat beschikt over een vergunning voor het doen van opgravingen.

We onderscheiden de volgende drie vormen van actieve begeleiding.

5.3.1 *Intensieve archeologische begeleiding*

Intensieve archeologische begeleiding houdt in dat bij het geselecteerde tracédeel in de periode dat grondwerk plaatsvindt, constant archeologische waarnemers aanwezig zijn. Het archeologische veldteam doet waarnemingen en metingen en zorgt, indien een vindplaats wordt aangesneden, voor een snelle aanvoer van extra mensen en materieel.

5.3.2 *Middelintensieve archeologische begeleiding*

Middelintensieve tracébegeleiding houdt in dat het geselecteerde tracédeel in de periode dat grondwerk plaatsvindt 2 maal per dag door het archeologische veldteam zal worden geïnspecteerd. Het team zal zo nodig archeologische en/of geologische verschijnselen documenteren. Deze manier van tracébegeleiding vindt plaats op plekken waar geen concrete aanwijzingen zijn voor archeologische vindplaatsen of waar sprake is van een redelijk overzichtelijke werksituatie.

5.3.3 *Laagintensieve archeologische begeleiding*

Laagintensieve archeologische begeleiding houdt in dat het geselecteerde tracédeel in de periode dat grondwerk plaatsvindt niet meer dan 1 keer per dag door het archeologische veldteam geïnspecteerd wordt. Het team zal daarbij zo nodig vooral geologische verschijnselen documenteren. Deze manier van tracébegeleiding vindt plaats op plekken waar de waarnemingen een meer controlerend karakter hebben en een lage verwachting op het aantreffen van vindplaatsen geldt.

5.3.4 *Passieve begeleiding*

Naast actieve begeleiding wordt gedurende periode dat het grondwerk wordt uitgevoerd een meldpunt ingericht waar archeologisch vondsten gemeld kunnen worden. Uitvoerders van het veldwerk worden door de begeleiders voorgelicht over het herkennen van archeologische indicatoren en gevraagd vondsten te melden. Dit geldt met name voor zone I – III in het Nieuwe Land waar scheepswrakken kunnen worden aangetroffen.

Tracébegeleiding vergt een goede voorbereiding en afstemming met de civiele aannemer. Ondanks dat bij een goede voorbereiding veel belemmeringen en vooroordelen weggenomen kunnen worden, zal het integreren van tracébegeleiding over het algemeen kostenverhogend en vertragend werken in de realisatie. Archeologisch is er sprake van zowel voor- als nadelen. Het potentiële voordeel is dat bij gunstige werkomstandigheden het bodemprofiel en de relevante archeologische lagen over de gehele tracélengte in het zicht worden gebracht, waardoor de waarneming vollediger wordt dan via een samplestrategie welke booronderzoek nu eenmaal is. Met name in het Nieuwe Land bestaat nog veel onzekerheid in hoeverre de over het algemeen gehanteerde boorstrategieën voldoende inzicht bieden in het archeologisch potentieel met het oog op een goede archeologische monumentenzorg.

Nadeel is dat bij tracébegeleiding de archeologische laag en eventuele vindplaats pas zichtbaar wordt op het moment dat hij door de graafwerkzaamheden doorsneden en dus al deels aangetast wordt. Gedeeltelijke verstoring is dus onvermijdelijk. Aanvullende (vervolg)maatregelen in de vorm van bescherming of onderzoek van aangetroffen vindplaatsen kunnen zich in deze situatie dus alleen richten op het naastliggende gebied.

Bijkomend probleem is dat de aanleg van werkstroken en de gasleiding zelf op een wijze gebeurt die voldoende archeologische zichtbaarheid geenszins garandeert (zie hoofdstuk 1 en 2). Zeker in het Nieuwe Land, maar ook in delen van het Oude Land zullen de werkstroken over het algemeen de archeologisch relevante lagen niet raken. De waarnemingsmogelijkheden beperken zich dan alleen tot de profielwanden van de leidingsleuf zelf. De waarnemingsmogelijkheden zijn daarin meestal beperkt. Het afschaven van lange stukken profiel, indien al technisch uitvoerbaar, zal arbeidsintensief zijn en relatief veel vertraging en extra kosten met zich meebrengen.

Gelet op het feit dat het totale voor aanvullende maatregelen geselecteerde gebied een aanzienlijke deel van het voorkeustracé bedraagt (ca. 20 kilometer) en de trefkans op archeologische vindplaatsen in het grootste deel van de zone nog steeds laag is en de zichtbaarheid slecht, acht Vestigia de kans niet al te groot dat de meerkosten van tracébegeleiding zullen opwegen tegen de baten in de zin van archeologische kennisvermeerdering.

5.4 *Karterend booronderzoek*

Ook de kosten van een karterend booronderzoek zijn echter aanzienlijk. Het onderzoek dient zich namelijk primair te richten op het opsporen van vroeg-prehistorische vindplaatsen met een vrij klein oppervlak (enkele tientallen vierkante meters maximaal). Hiervoor is een vrij dicht boorgrid nodig van 25x25 meter binnen de werkstrook van 40 à 50 meter breed. Dit zal bij ca. 22 kilometer geselecteerd voorkeustracé minimaal 1600 boringen impliceren met een gemiddelde diepte in het Oude Land van 2 meter beneden maaiveld en in het Nieuwe Land tot 3 meter beneden maaiveld. Gezien de hoge grondwaterstand, de noodzaak de top van het pleistocene zand te bemonsteren en de noodzakelijke nauwkeurige monsternamen zal de RACM in ieder geval in het Nieuwe Land mechanische boringen met de aqualockmethode verlangen. De kosten van dit onderzoek worden geschat op ca. € 150.000 à € 200.000 (boringen, analyse en rapportage), waarvan ca. 2/3 in het Nieuwe Land en 1/3 in het Oude Land.

Behalve de kosten voor het onderzoek zelf zijn bij een mechanisch booronderzoek ook nog eens aanzienlijke andere nadelen te verwachten vanwege betredingen en uit te keren schadevergoedingen. Vestigia verwacht echter dat deze kosten lager zullen zijn dan de uiteindelijke kosten voor het alternatief van tracébegeleiding over eenzelfde lengte tijdens de realisatiefase. Bijkomend voordeel is dat het karterend onderzoek kan worden uitgevoerd en afgerond voor de realisatiefase.

5.5 *Vervolgstappen na het karterend onderzoek*

Het is aannemelijk dat bij het karterend onderzoek in de geselecteerde tracédelen archeologische indicatoren worden gevonden, of zelfs vindplaatsen worden aangetoond. De betreffende locaties zullen door middel van aanvullend onderzoek moeten worden gewaardeerd. Vervolgens zal in overleg met het bevoegd gezag (RACM, gemeenten) een beslissing moeten worden genomen over opgraving of bescherming. In het geval opgraving gaat het om meerkosten; in het geval van bescherming zou gepleit kunnen worden voor beperkt omleidingen in het tracé. Om die redenen is het van belang het karterend onderzoek in een zo vroeg mogelijk stadium uit te voeren.

Vestigia adviseert, indien gekozen wordt voor de variant van het bovengenoemde grootschalige karterende onderzoek gekoppeld aan vervolgstappen op aangetroffen vindplaatsen, om in dat geval af te zien van uitgebreide tracébegeleidingen in de realisatiefase. De ervaring leert dat intensieve tracébegeleidingen na een zorgvuldig proces van vooronderzoek in lineaire infrastructurele projecten vrijwel nooit leidt tot zodanige kennisvermeerdering dat de investeringen daarvan opwegen tegen de baten.

5.6 *Het Gelderlandalternatief*

Indien voor het Gelderlandalternatief gekozen kan dit traject (*afbeelding 12*) het beste in zijn geheel gekarteerd worden door middel van boringen in combinatie met een oppervlaktekartering. Het onderzoek dient gericht te zijn op het identificeren van kansrijke bodem- en landschapstypes en het opsporen van archeologische vindplaatsen. De benodigde boordiepte bedraagt in dit gebied gemiddeld niet meer dan 2 meter beneden maaiveld en kan met handgereedschap (edelmanboor, diameter 6 centimeter) worden uitgevoerd. In eerste instantie kan gekozen worden voor een enkele boorraai over de hartlijn van het tracé. Bij een boorafstand van 50 meter zou dit neerkomen op 360 karterende boringen. Voor een boorteam is dit ca. 15 dagen werk. Op basis van de resultaten van het booronderzoek dienen eventuele vervolgacties bepaald te worden, ofwel kan dit tracé worden vrijgegeven.

5.7 *Operationalisering*

Voor de hier voorgestelde vervolgstappen (karterend booronderzoek binnen het voorkeurstracé, eventueel het Gelderlandalternatief, en eventueel aanvullend onderzoek binnen de gekozen variant bij Hattemerbroek) dienen door de Gasunie of diens archeologisch adviseur Programma's van Eisen (PvE) te worden opgesteld. Deze dienen te worden goedgekeurd door het bevoegd gezag (RACM en eventueel de betrokken gemeenten). In de PvE's worden de veldmethodes en strategie van de verschillende onderzoeken nader uitgewerkt en wordt aangegeven welke specifieke onderzoeksvragen of verwachtingen als uitgangspunten voor de genoemde deelonderzoeken gelden. Op basis van de PvE's kan een aanbesteding van deze vervolgstappen plaatsvinden. Voor het krijgen van scherpe en vergelijkbare aanbieding is het van belang dat, naast het inhoudelijk PvE, in het bestek inzicht wordt verschaft in de doorlooptijden en een invullijst wordt opgenomen van gevraagde producten, eenheden en tarieven.

5.7.1 *Risico's*

Bij het inrichten van het vervolgtraject dient met de volgende risico's rekening te worden gehouden:

- De selectie van tracédelen die in aanmerking komen voor begeleiding is een voorstel van Vestigia. De RACM en soms ook de betrokken gemeenten zullen dit voorstel moeten beoordelen. Het oordeel van de RACM kan afwijken van dat van Vestigia.³²
- Voor het karterend booronderzoek in de voorbereidingsfase is in de meeste gevallen betredingstoestemming nodig van betrokken eigenaren en gebruikers. Overlast en schade bij handmatige boringen is beperkt. Bij mechanische boringen is de kans hierop iets groter, afhankelijk van bodemgesteldheid en seizoen. Bij de planning en financiering van deze vormen van onderzoek dient hiermee rekening te worden gehouden. Ook kan het weigeren van betreding door betrokkenen leiden tot vertraging of stagnatie. In specifieke gevallen kan betreding op grond van de Monumentenwet worden afgedwongen. De procedure hiervoor via de rechter neemt veel tijd in beslag en dient in nauwe afstemming met de RACM te gebeuren.
- Ondanks het uitgevoerde vooronderzoek bestaat altijd de kans dat bij de realisatie in uitzonderlijke gevallen zeer bijzondere vondsten gedaan worden. Voor dit soort situaties dient een protocol te worden opgesteld en afspraken worden gemaakt met bevoegd gezag over de wijze van besluitvorming. Het protocol wordt opgesteld door de Gasunie en mede ondertekend door de RACM. Met de aannemer van het grondwerk zullen vervolgens afspreken moeten worden gemaakt over stagnatiekosten in dat soort situaties.

5.8 *Kosten*

Een eerste indicatie van de hierboven geadviseerde vervolgstappen (bij verschillende alternatieven) zijn in de onderstaande tabel opgenomen. Nadrukkelijk wordt gesteld dat het indicaties zijn waaraan geen rechten kunnen worden ontleend. Verder kan op dit moment geen garantie worden gegeven dat na deze, veelal karterende fase, geen aanvullende maatregelen in de vorm van vervolgonderzoek (opgravingen) of inpassingsmaatregelen nodig zijn. Deze zullen zich naar verwachting overigens over het algemeen wel beperken tot specifieke locaties en klein van omvang zijn.

³² Het in dit rapport geformuleerde advies is voor besproken met de RACM en de Provincies Flevoland, Gelderland en Overijssel. Aanvullingen van die kant zijn verwerkt in dit rapport. Normaal gesproken draagt de RACM zorg voor afstemming met andere betrokken overheden. Het kan in dit geval verstandig zijn dit rapport ook voor te leggen aan de gemeentelijke archeologische diensten van Zwolle en Kampen.

Overzicht van verschillende kostensoorten voor archeologische vervolgstappen

<i>Werkzaamheden</i>	<i>Wijze van uitvoering, en prijzen en tarieven</i>	<i>Indicatieve kosten</i>
Aanvullend booronderzoek Voorkeustracé Nieuwe Land	Ca. 1000 mechanische boringen (tarief ca. € 30 - € 40 per geboorde meter)	Bij 1000 mechanische boringen met boordiepte -2 meter : ca. € 120.000 inclusief rapportage
Aanvullend booronderzoek Voorkeustracé Oude Land	Ca. 600 boringen (deels hand, deels mechanisch) (tarief ca. € 30 - € 40 per geboorde meter, € 20 - € 30 handmatig)	Bij gemiddelde boordiepte van -2 meter en 50% handmatig : ca. € 45.000 inclusief rapportage
Extra booronderzoek Alternatief ombuiging Noord	130 -260 mechanische boringen (tarief ca. € 30 - € 40 per geboorde meter)	Bij 200 mechanische boringen met boordiepte -2 meter : ca. € 20.000 inclusief rapportage
Kosten aanvullend onderzoek in het kader van HDD boring Hattemerbroek	Proefsleuvenonderzoek, eventueel (tarief € 20 - € 30 per vierkante meter) gevolgd door vlakdekkende opgraving (tarief € 40 - € 50 per vierkante meter)	Bij 300 vierkante meter proefsleuf: ca. € 10.000, bij 500 vierkante meter opgraving ca. € 30.000 inclusief rapportage
Opgraving tracé Hattemerbroek	Vlakdekkende opgraving maximaal 6,3 hectare. x € 40 per vierkante meter	€ 2.500.000
Karterend booronderzoek Gelderlandalternatief	Minimaal 360 karterende boringen (handmatig) tarief € 20 - € 30 per geboorde meter	Bij gemiddeld boordiepte van -2 meter: ca. € 25.000 inclusief rapportage

Voor de voorbereiding (opstellen PvE's en aanbesteding) en eventuele directievoering kan na goedkeuring van het selectievoorstel door de RACM, een offerte worden opgevraagd bij een archeologisch adviesbureau.

5.8.1 Tracébegeleiding als alternatief

De kosten van een eventuele tracébegeleiding zijn direct gerelateerd aan het tempo en de doorlooptijd van het grondwerk. In het geval van hoogintensieve begeleiding kan een archeologisch begeleidingsteam in principe per dag het grondwerk op een, of hooguit twee, dichtbij elkaar gelegen werklocaties volgen. Bij middel- of laagintensieve begeleiding is het in principe mogelijk meerdere aanlegplaatsen tegelijk te begeleiden.

De kosten voor een begeleidingsteam worden geraamd op ca. € 1.000 à € 1.200 per dag. Het aantal aanlegdagen voor de leiding is daarmee de grootste bepalende factor. Bij 100 werkdagen zijn de kosten derhalve minimaal € 100.000 enz.

In aanvulling daarop dient rekening te worden gehouden met de volgende (extra)kostenposten:

- extra kosten voor bronbemaling of het laagsgewijs afgraven van delen van de werkstrook op specifieke locaties;
- kosten voor het opschalen naar opgraving (aanvullend veldwerk) bij het aantreffen van een bijzondere vindplaats;
- kosten van stagnatie van het aanlegwerk bij het aantreffen van een bijzondere locatie;
- kosten voor de analyse van vondsten en opstellen van een eindrapport aan het einde van de begeleiding (verplicht op grond van de KNA);
- kosten voor voorbereiding en directievoering.

De eerste drie kostenposten laten zich moeilijk van te voren begroten omdat niet valt aan te geven of, en zo ja hoeveel vindplaatsen zullen worden aangetroffen die extra aandacht behoeven. Het beste is om hiervoor in de projectbegroting een stelpost op te nemen. Opgraving van vroeg-prehistorische vindplaatsen kost in deze regio tussen de € 40 en € 50 per vierkante meter inclusief uitwerking en rapportage. De kosten voor de analyse en rapportage zijn wel te ramen. Uitgaande van een gemiddeld tot laag aantal archeologische vondsten tijdens de begeleiding zal het bedrag hiervoor onder de € 10.000 kunnen blijven.

6 Geraadpleegde literatuur

- **Bakker, H. de/A.W. Edelman-Vlam, 1976:** *De Nederlandse bodem in kleur*, Wageningen (Stiboka, PUDOC).
- **Bakker, H. de/J. Schelling, 1989:** *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus*, Wageningen (Staring Centrum).
- **Berendsen, H.J.A./E. Stouthamer, 2001:** *Palaeogeographic Development of the Rhine-Meuse Delta, The Netherlands*, Assen.
- **Deckers, P.H./J.P. de Roever/J.D. van der Waals, 1980:** Jagers, vissers en boeren in een prehistorisch getijdengebied bij Swifterbant, *Z.W.O. Jaarboek 1980*, 111-145
- **Ebbers, G./H. van der Loo, 1992:** *Bodemkaart van Nederland, 1:50000. Toelichting bij kaartblad 28 Oost 29, Almelo Denekamp*, Wageningen (Staring Centrum-DLO, Stiboka).
- **Ente, P.J./J. Koning/R. Koopstra, 1986:** *De bodem van oostelijk Flevoland*, Lelystad (Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Flevobericht 258).
- **Gasunie: Ruimtelijke verkenning tracé Wapenveld-Lelystad**, 29 augustus 2006, BugelHajema i.o.v. Gasunie.
- **Gonggrijp, G.P., 1988:** *Gea-objecten van Gelderland*, Leersum (Rijksinstituut voor Natuurbeheer, RIN-rapport 88/64).
- **Hamburg, T./S. Knippenberg, 2006:** *Steentijd op het Spoor, Proefsleuven op drie locaties binnen het tracé van de Hanzelijn 'Oude Land'*, Leiden (Archol-rapport 54).
- **Hessing, W.A.M./M.J.P. Gouw, 2002:** *Advies inzake de archeologische verwachting in het plangebied Houtribhoogte/Museum- en Havenkwartier ten behoeve van het bestemmingsplan*, Bunschoten (Vestigia-rapport V56).
- **Leijnse, K., 2004:** *Hanzelijn Tracédeel Nieuwe Land - een inventariserend archeologische onderzoek*, Amsterdam (RAAP-rapport 1003).
- **Makken, H., 1988:** *Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000. Toelichting bij de kaartbladen 16 West Steenwijk en 16 Oost Steenwijk*, Wageningen (Stichting voor Bodemkartering).
- **Mietes, E.K./R. Schrijvers, 2006:** *Trafostation Lelystad, een archeologisch bureauonderzoek*, Amersfoort (Vestigia-rapport V324).
- **Mulder, E.F.J. de/M.C. Geluk/I.L. Ritsema/W.E. Westerhoff/Th.E. Wong, 2003:** *De ondergrond van Nederland*, Groningen/Houten.
- **Müller, A./K. Leijnse, 2003:** *Hanzelijn Tracédeel Nieuwe Land - een inventariserend archeologisch onderzoek*, Amsterdam (RAAP-rapport 932).
- **Provincie Flevoland, 2006:** *Omgevingsplan Flevoland 2006, vastgesteld bij besluit van Gedeputeerde Staten van 28 februari 2006 nr. CS/06.030130*, Lelystad.
- **Schokker, J. , 2003:** *Patterns and processes in a Pleistocene fluvio-aeolian environment. Roer Valley Graben, south-eastern Netherlands*, Utrecht (Nederlandse Geografische Studies 314).
- **Startnotitie Aanleg Aardgastransportleiding Wapenveld-Lelystad**, concept 22-08-2006, Arcadis i.o.v. Gasunie
- **Stiboka, 1966:** *Bodemkaart van Nederland, Schaal 1:50000, Toelichting bij kaartblad 27 Oost, Hattem*, Wageningen (Stichting voor Bodemkartering).
- **Vos, P.C., 2003:** *Geologisch profiel Hanzelijntracé. Geologisch onderzoek ten behoeve van de archeologische bureau studie Nieuwe Land (Flevoland) en Oude Land (Kamperveen)*, Utrecht (TNO-rapport NITG 03-006-B).
- **Vos, P.C./S. van Gessel, 2004:** *Detailering geologisch profiel Hanzelijn, Nieuwe Land; Aanvullende rapportage en kaartmateriaal op rapport NITG 03-006-B 'geologisch profiel*

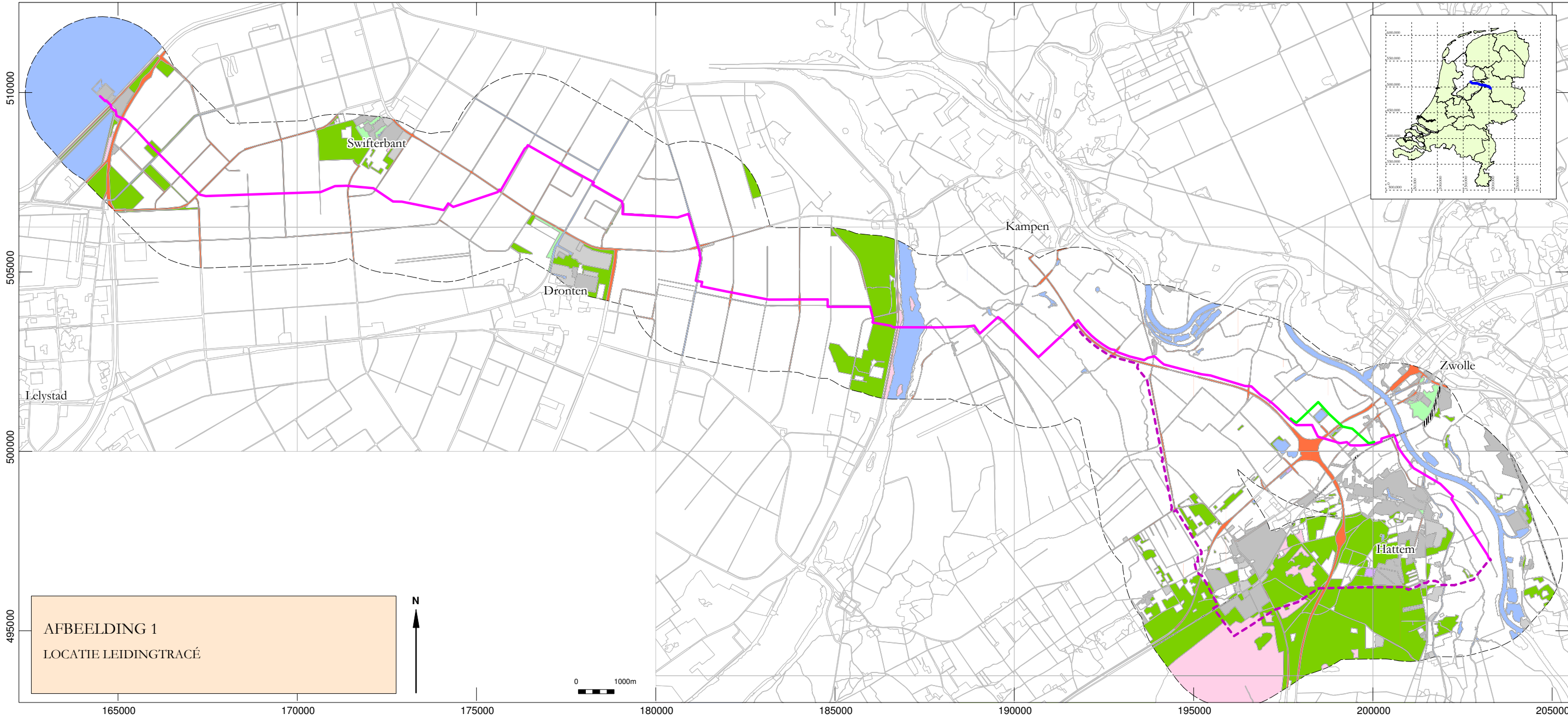
- Hanzelijntracé- Geologisch onderzoek t.b.v. de archeologische bureaustudie Nieuwe Land (Flevoland) en Oude Land (Kamperveen)', In: Waugh, K.E./E.K. Mietes/R. Schrijvers, 2004: *Project Hanzelijn: Selectieadvies in aansluiting op IVO Fase 1, Deel II: Nieuwe Land*, Utrecht, Amersfoort (Vestigia-rapport V171).
- **Vos, P.C./P. Kiden, 2005:** De landschapsvorming tijdens de steentijd, In: Deeben, J./E. Drenth/M.-F. van Oorsouw/L. Verhart, 2005: *De Steentijd van Nederland*, Archeologie 11/12.
 - **Waugh, K.E., 2003:** *Herziene Selectieadvies in aansluiting op het aanvullende karterend booronderzoek (fase 1 inventariserend veldonderzoek), deel 1, Oude Land*, Amersfoort (Vestigia-rapport V107).
 - **Waugh, K.E./E.K. Mietes/R. Schrijvers, 2004:** *Project Hanzelijn: Selectieadvies in aansluiting op IVO Fase 1, Deel II: Nieuwe Land*, Utrecht, Amersfoort (Vestigia-rapport V171).
 - **Waugh, K.E./ R. Schrijvers / E.K. Mietes, 2004:** *Project Hanzelijn: Selectieadvies in aansluiting op IVO Fase 2, Oude Land*, Amersfoort (Vestigia-rapport V173).
 - **Westerhoff, W.E./E.F.J. de Mulder/W. de Gans, 1987:** *Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000 Blad Alkmaar West (19W) en Blad Alkmaar Oost (19O)*, Haarlem (Rijks Geologische Dienst).
 - **Westerveld, G.J.W., 1958:** *De bodemgesteldheid van de Noord-West Veluwe*, Wageningen (Stiboka-rapport 480).

7 Afbeeldingen en bijlagen

7.1 Bijlage 1: Afbeeldingen

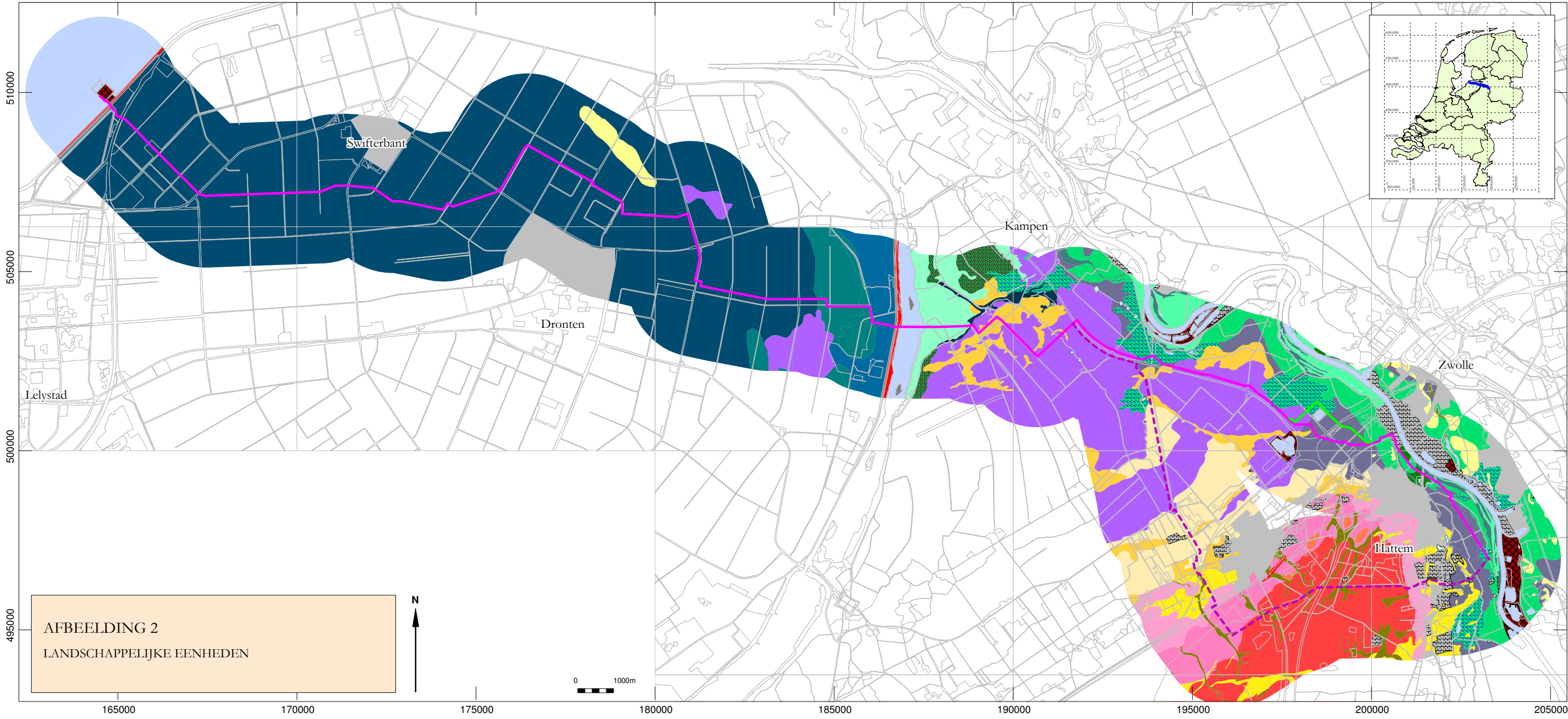
1. Locatie leidingtracé
2. Landschappelijke eenheden
3. Bodemtypen
4. Diepteligging top Pleistoceen t.o.v. NAP
5. Tracélijn en alternatieven op Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW) in combinatie met de tracés van de Hanzelijn en de N23
6. Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden, archeologische monumenten, Archis-waarnemingen en archeologische onderzoeken in de directe omgeving van de tracélijn in het Nieuwe Land
7. Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden, archeologische monumenten, Archis-waarnemingen en archeologische onderzoeken in de directe omgeving van de tracélijn in het Oude Land
8. Archeologische monumenten, Archis-waarnemingen en archeologische onderzoeken op aangepaste verwachtingswaarde zone I
9. Archeologische monumenten, Archis-waarnemingen en archeologische onderzoeken op aangepaste verwachtingswaarde zone V
10. Archeologische monumenten, Archis-waarnemingen en archeologische onderzoeken op aangepaste verwachtingswaarde zone XII
11. Voorgestelde zones voor inventariserend veldonderzoek in het Nieuwe Land
12. Voorgestelde zones voor inventariserend veldonderzoek in het Oude Land
- 13 – 29 Projectie voorkeurstracé op vooronderzoeken in het kader van Hanzelijn en N23

7.2 Bijlage 2: Catalogus van archeologische waarnemingen in het leidingtracé (ARCHIS)



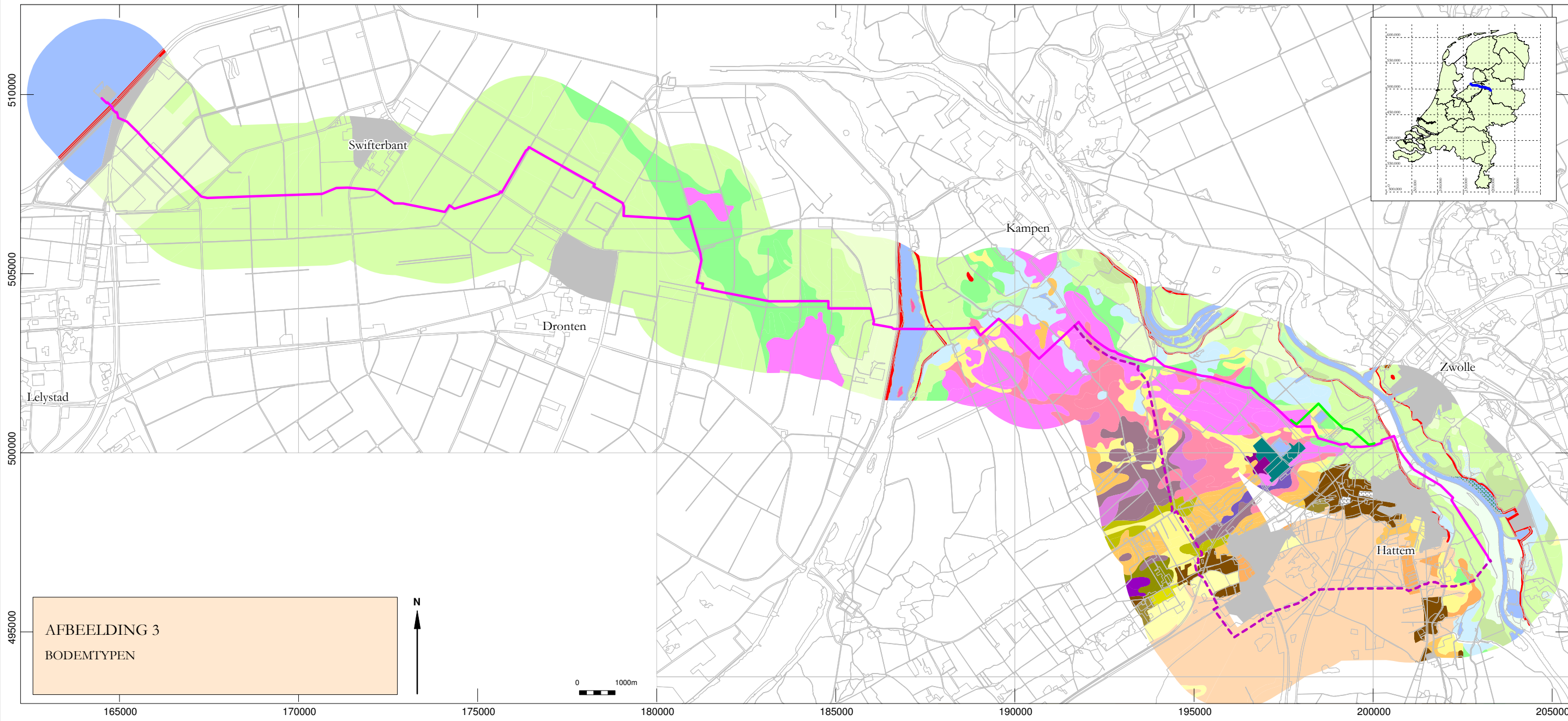
LEGENDA

- Bebouwde Kom
- Water
- Bos
- Park / plantsoen
- Verharde weg
- Spoorweg
- Tracélijn gasleiding
- Tracélijn gasleiding - Gelderland alternatief
- Tracélijn gasleiding - aanvullend alternatief Hattumerbroek
- 2km buffer rondom leidingtracé



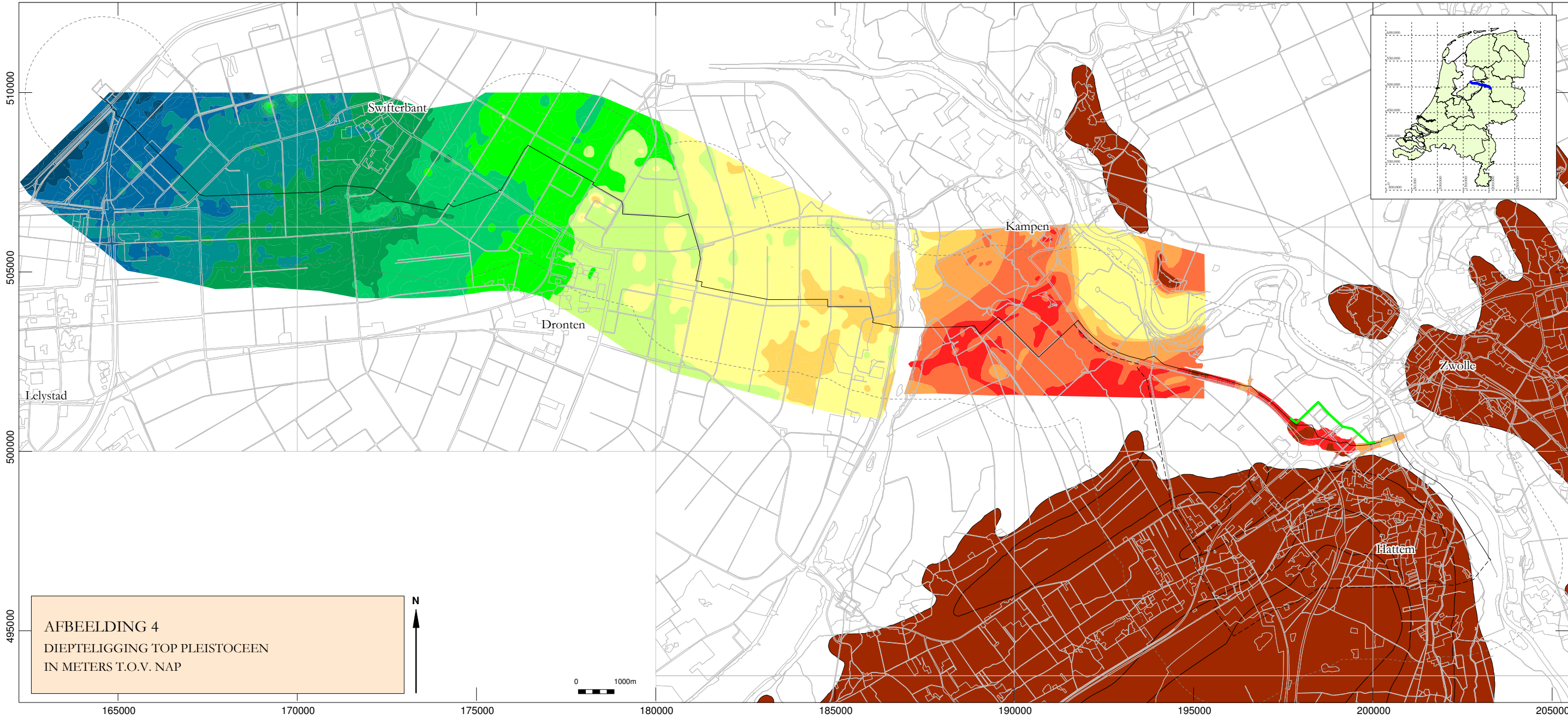
LEGENDA

- | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|--|
| Zee- en meerbodema fzettingen | Ontgonnen veenvlakte | Smeltwaterheuvcl | Tracelij n gasleiding |
| Getij- en riviermondafzettingen | Rivierkom | Stuwwal | Tracelij n gasleiding - Gelderland alternatief |
| Getijafzettingen met veenresten | Rivierduinen | Afgegraven | Tracelij n gasleiding - aanvullend alternatief Hattcmerbroek |
| Kwclclerwal | Dekzandvlakte | Storthopen/Ophogingen | |
| Zee-erosiegeul | Dekzandruggen | Water | |
| Restgeul | Landduinen | Dijk | |
| Meanderruggen en -geulen | Smeltwaterterras | | |
| Oeverwallen | Sneeuwsmeltwaterafzettingen | | |
| Doorbraakwaai | Droogdal | | |



LEGENDA

- | | | | |
|-------------------|----------------------------|------------------------|---|
| Vorstvaaggronden | Moerige eerdgronden | Mengelgronden | Tracélijn gasleiding |
| Vlakvaaggronden | Moerige podzolgronden | Overslaggronden | Tracélijn gasleiding - Gelderland alternatief |
| Poldervaaggronden | Haarpodzolgronden | (aangemaakte) Petgaten | Tracélijn gasleiding - aanvullend alternatief Hattemerbroek |
| Ooivaaggronden | Veldpodzolgronden | Afgegraven | |
| Drechtvaaggronden | Laarpodzolgronden | Water | |
| Koopveengronden | Hoge zwarte enkeerdgronden | Dijk | |
| Vlierveengronden | Gooreedgronden | | |
| Waardveengronden | Beekeerdgronden | | |



LEGENDA

- Tracélijn gasleiding
- - - Tracélijn gasleiding
- Gelderland alternatief

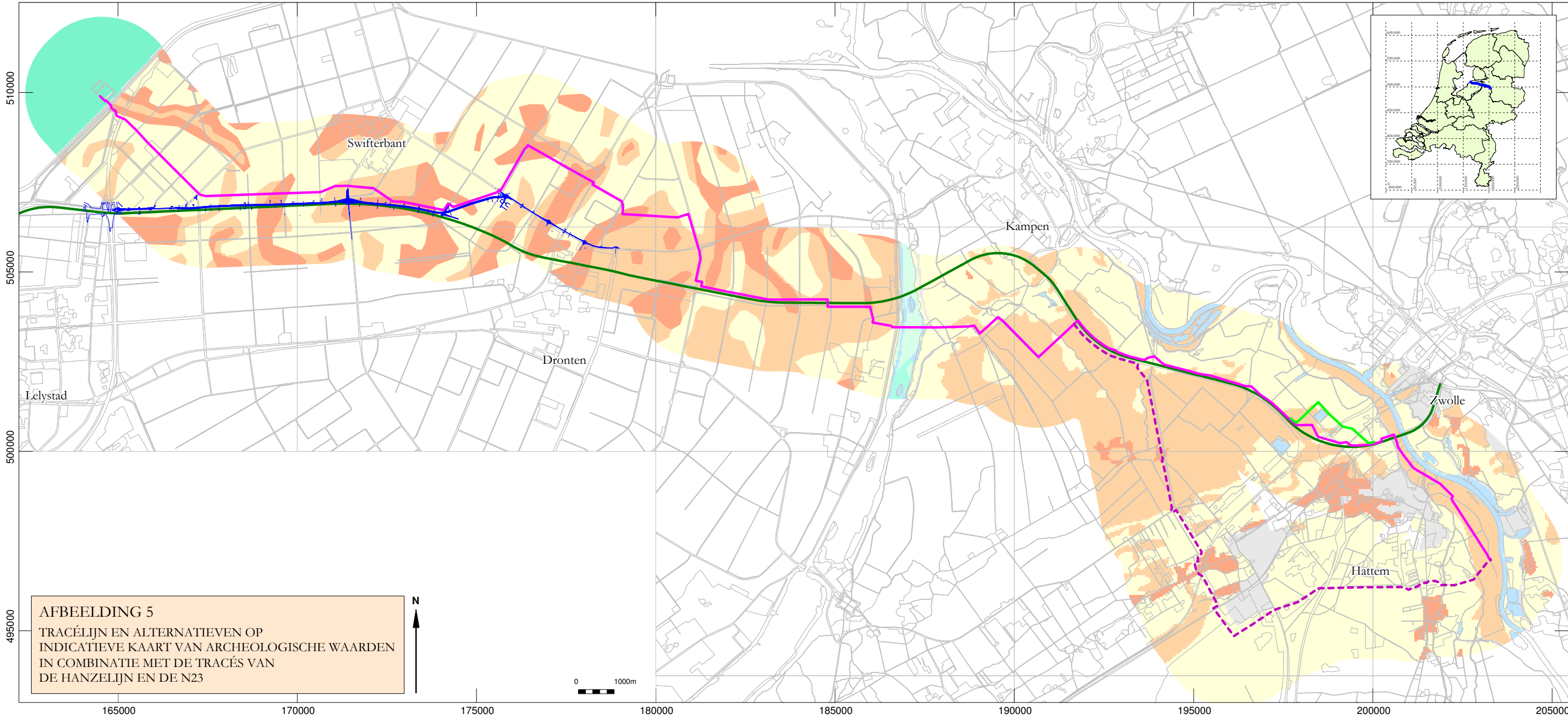
Diepteligging top pleistocene t.o.v. NAP

- Dieper dan - 13 meter
- 13 tot -12 meter
- 12 tot -11meter
- 11 tot -10 meter
- 10 tot -9 meter
- 9 tot -8 meter
- 8 tot -7 meter
- 7 tot -6 meter
- 6 tot -5 meter

- 5 tot -4 meter
- 4 tot -3 meter
- 3 tot -2 meter
- 2 tot -1 meter
- 1 tot 0 meter
- Pleistocene boven NAP

(bronnen: Ente 1973, Ente/Koning/Koopstra 1986,
Vos 2003, Vos/Van Gessel 2004,
Vos/Kiden 2005,
Waugh/Schrijvers/Mietes 2004,
Hamburg/Knippenberg 2006)

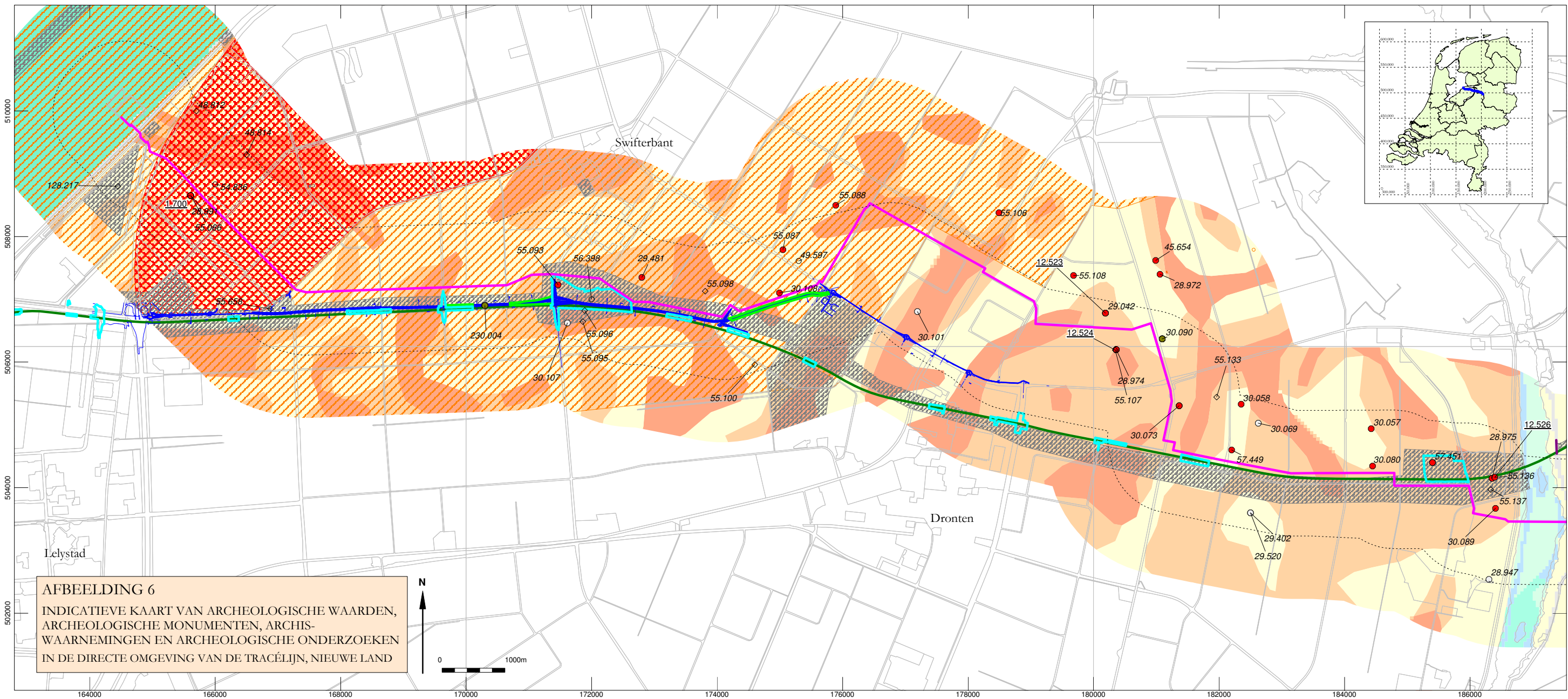




AFBEELDING 5
TRACÉLIJN EN ALTERNATIEVEN OP
INDICATIEVE KAART VAN ARCHEOLOGISCHE WAARDEN
IN COMBINATIE MET DE TRACÉS VAN
DE HANZELIJN EN DE N23

LEGENDA

- Tracélijn gasleiding
- Tracélijn gasleiding - Gelderland alternatief
- Tracélijn gasleiding - aanvullend alternatief Hattermerbroek
- Archeologisch hoge verwachtingswaarde
- Archeologisch middelhoge verwachtingswaarde
- Archeologisch lage verwachtingswaarde
- Tracé N23
- Tracé Hanzelijn



AFBEELDING 6
INDICATIEVE KAART VAN ARCHEOLOGISCHE WAARDEN,
ARCHEOLOGISCHE MONUMENTEN, ARCHIS-
WAARNEMINGEN EN ARCHEOLOGISCHE ONDERZOEKEN
IN DE DIRECTE OMGEVING VAN DE TRACÉLIJN, NIEUWE LAND

LEGENDA

Tracélijn gasleiding

AMK terreinen (met nummer)
binnen een straal van 1km rondom de tracélijn

- Archeologisch monument (beschermd)
- Archeologische waarde

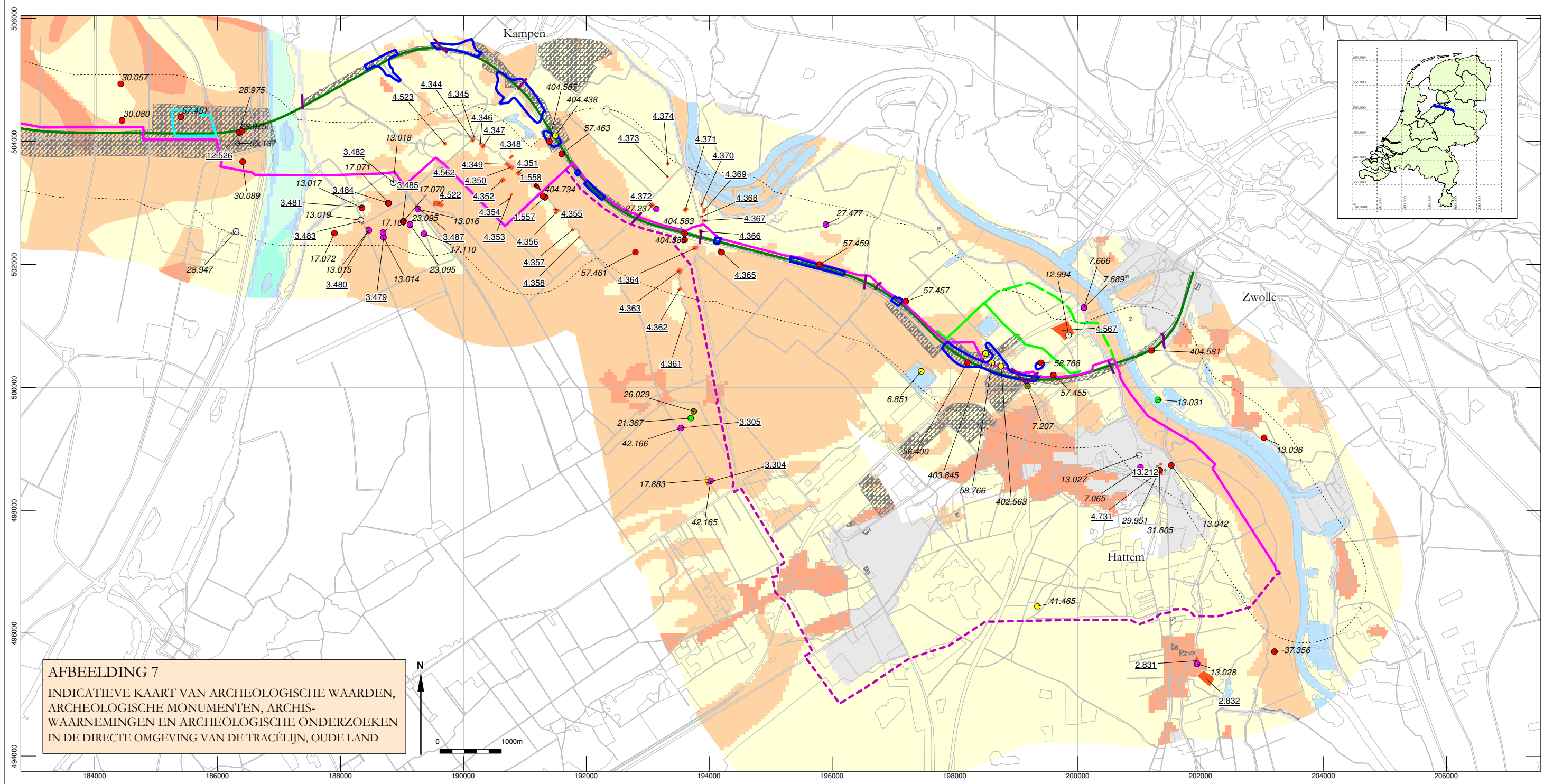
- Hoge archeologische verwachting
- Middelhoge archeologische verwachting
- Lage archeologische verwachting

Archiswaarnemingen (met nummer)
binnen een straal van 1km rondom de tracélijn
periodeindeling op einddatering

- Steentijd
- Bronstijd
- IJzertijd
- Middeleeuwen
- Nieuwe tijd

- Selectiegebieden Hanzelijn Nieuweland
- Selectiegebieden N23

- Provinciaal Archeologisch Kerngebied (PARK)
- Archeologisch aandachtsgebied
- 1km zone rondom tracélijn
- Bebouwing (niet gekarteerd)
- Water
- Archeologische onderzoeken
- Tracé N23
- Tracé Hanzelijn



LEGENDA

- Tracélijn gasleiding
- Tracélijn gasleiding - Gelderland alternatief
- Tracélijn gasleiding - alternatief Hattermerbroek A
- Tracélijn gasleiding - alternatief Hattermerbroek B

- AMK terreinen (met nummer)
binnen een straal van 1km rondom de tracélijn
- Archeologisch monument (beschermd)
 - Archeologische waarde

- Hoge archeologische verwachting
- Middelhoge archeologische verwachting
- Lage archeologische verwachting

Archiswaarnemingen (met nummer)
binnen een straal van 1km rondom de tracélijn
periodeindeling op einddatering

- Steentijd
- Bronstijd
- IJzertijd
- Middeleeuwen
- Nieuwe tijd

- 1km zone rondom tracélijn
- Bebouwing (niet gekarteerd)
- Water
- Archeologische onderzoeken

- Selectiegebieden Hanzelijn Oudeland
- Selectiegebieden Hanzelijn Nieuweland
- Tracé Hanzelijn
- Geselecteerde dijken en wegen Hanzelijn Oudeland

AFBEELDING 8
ARCHEOLOGISCHE MONUMENTEN,
ARCHIS-WAARNEMINGEN EN
ARCHEOLOGISCHE ONDERZOEKEN
OP AANGEPASTE
VERWACHTINGSWAARDE; ZONE I

LEGENDA

— Tracélijn gasleiding

- Hoge archeologische verwachting
- Middelhoge archeologische verwachting
- Lage archeologische verwachting

Archeologische monumenten
 binnen een straal van 1km rondom de tracélijn

- Archeologisch monument (beschermd)
- Archeologische waarde

- Provinciaal Archeologisch Kerngebied (PARK)
- Archeologisch aandachtsgebied

1km zone rondom tracélijn

Bebouwing (niet gekarteerd)

Water

Archeologische onderzoeken

Selectiegebieden Hanzelijn Nieuweland

Tracé N23

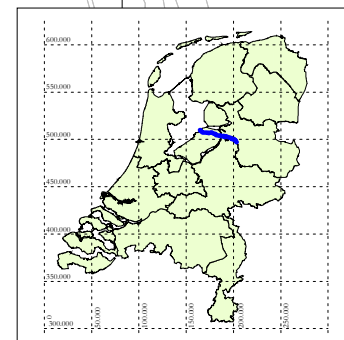
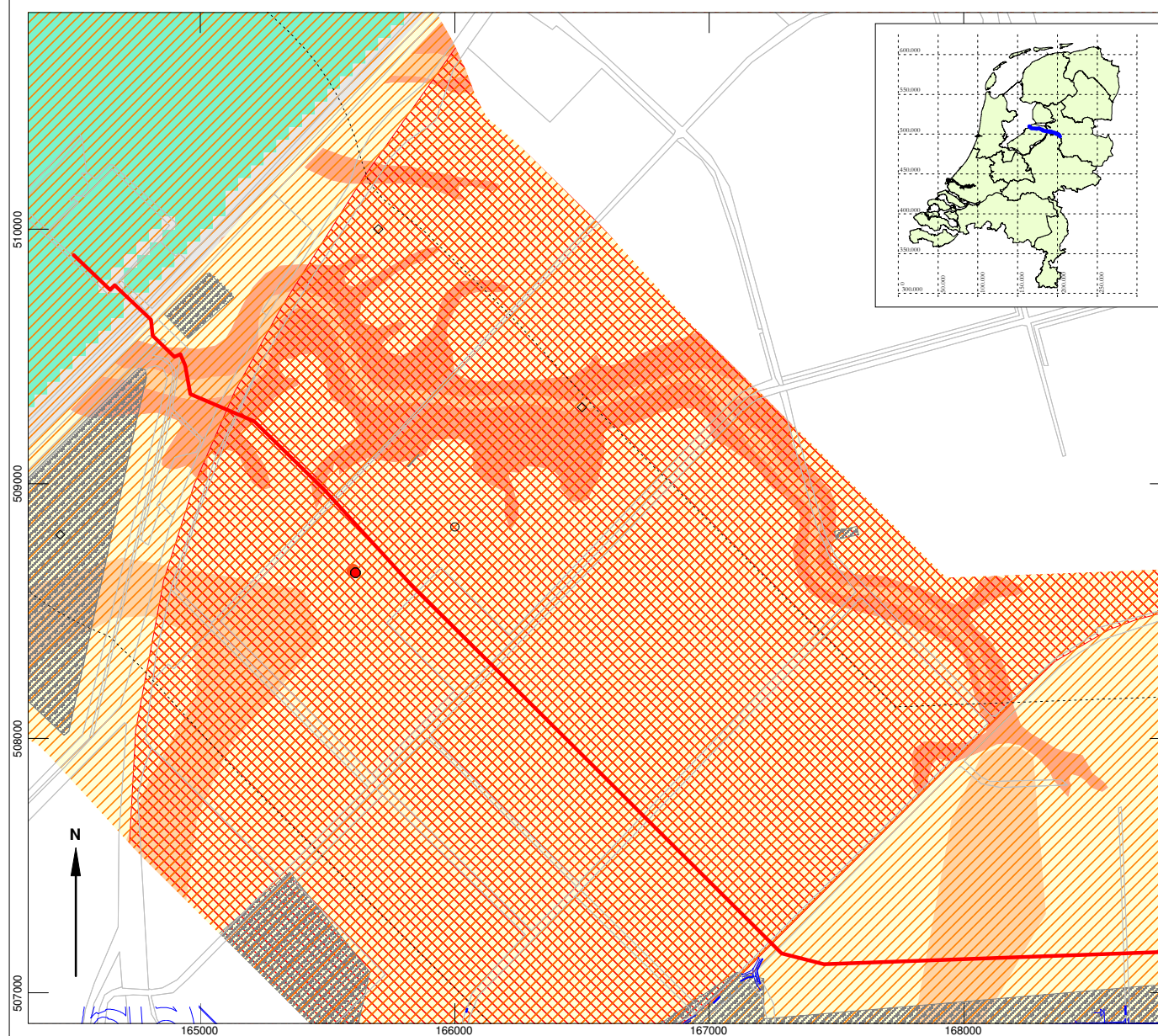
Archiswaarnemingen
 binnen een straal van 1km rondom de tracélijn
 periodeindeling op einddatering

- Steentijd
- Bronstijd
- IJzertijd
- Middeleeuwen
- Nieuwe tijd



VESTIGIA
 Archeologie & cultuurhistorie

MAART 2007/RS



AFBEELDING 9
ARCHEOLOGISCHE MONUMENTEN,
ARCHIS-WAARNEMINGEN EN
ARCHEOLOGISCHE ONDERZOEKEN
OP AANGEPASTE
VERWACHTINGSWAARDE; ZONE V

LEGENDA

- Tracélijn gasleiding
- - Tracélijn gasleiding - Gelderland alternatief
- Hoge archeologische verwachting
- Middelhoge archeologische verwachting
- Lage archeologische verwachting

Archeologische monumenten
 binnen een straal van 1km rondom de tracélijn

- Archeologisch monument (beschermd)
- Archeologische waarde

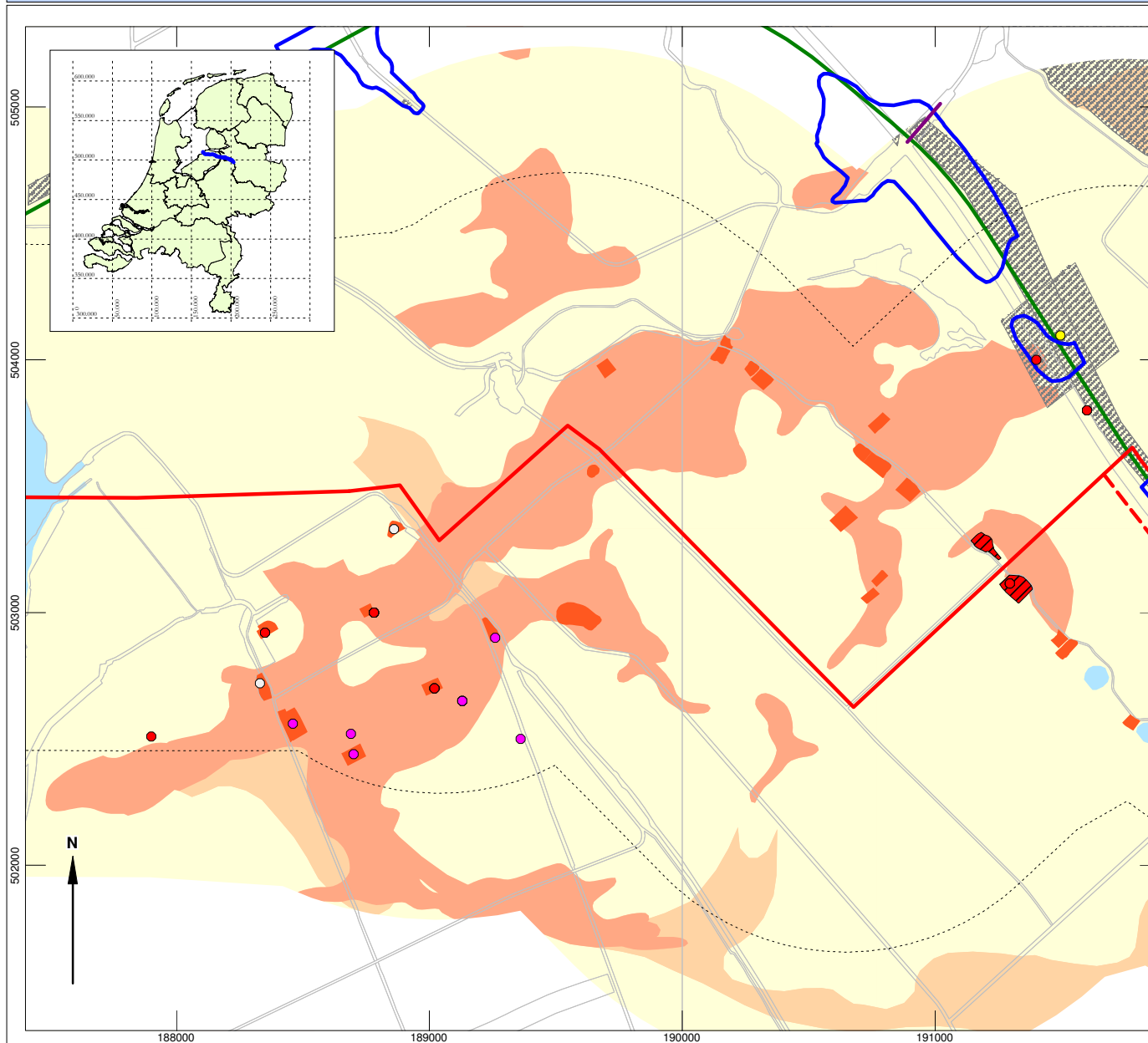
- 1km zone rondom tracélijn
- Bebouwing (niet gekarteerd)
- Water
- Archeologische onderzoeken
- Selectiegebieden Hanzelijn Oudeland
- Tracé Hanzelijn

Archiswaarnemingen
 binnen een straal van 1km rondom de tracélijn
 periodeindeling op einddatering

- Steentijd
- Bronstijd
- IJzertijd
- Middeleeuwen
- Nieuwe tijd



MAART 2007/RS



AFBEELDING 10
ARCHEOLOGISCHE MONUMENTEN,
ARCHIS-WAARNEMINGEN EN
ARCHEOLOGISCHE ONDERZOEKEN
OP AANGEPASTE
VERWACHTINGSWAARDE; ZONE XII

LEGENDA

- Tracélijn gasleiding
- - - Tracélijn gasleiding - Gelderland alternatief
- Tracélijn gasleiding - alternatief Hattermerbroek A
- Tracélijn gasleiding - alternatief Hattermerbroek B

- Hoge archeologische verwachting
- Middel hoge archeologische verwachting
- Lage archeologische verwachting

Archeologische monumenten
 binnen een straal van 1km rondom de tracélijn

- Archeologisch monument (beschermd)
- Archeologische waarde

- - - 1km zone rondom tracélijn
- Bebouwing (niet gekarteerd)
- Water
- Archeologische onderzoeken

— Tracé Hanzelijn

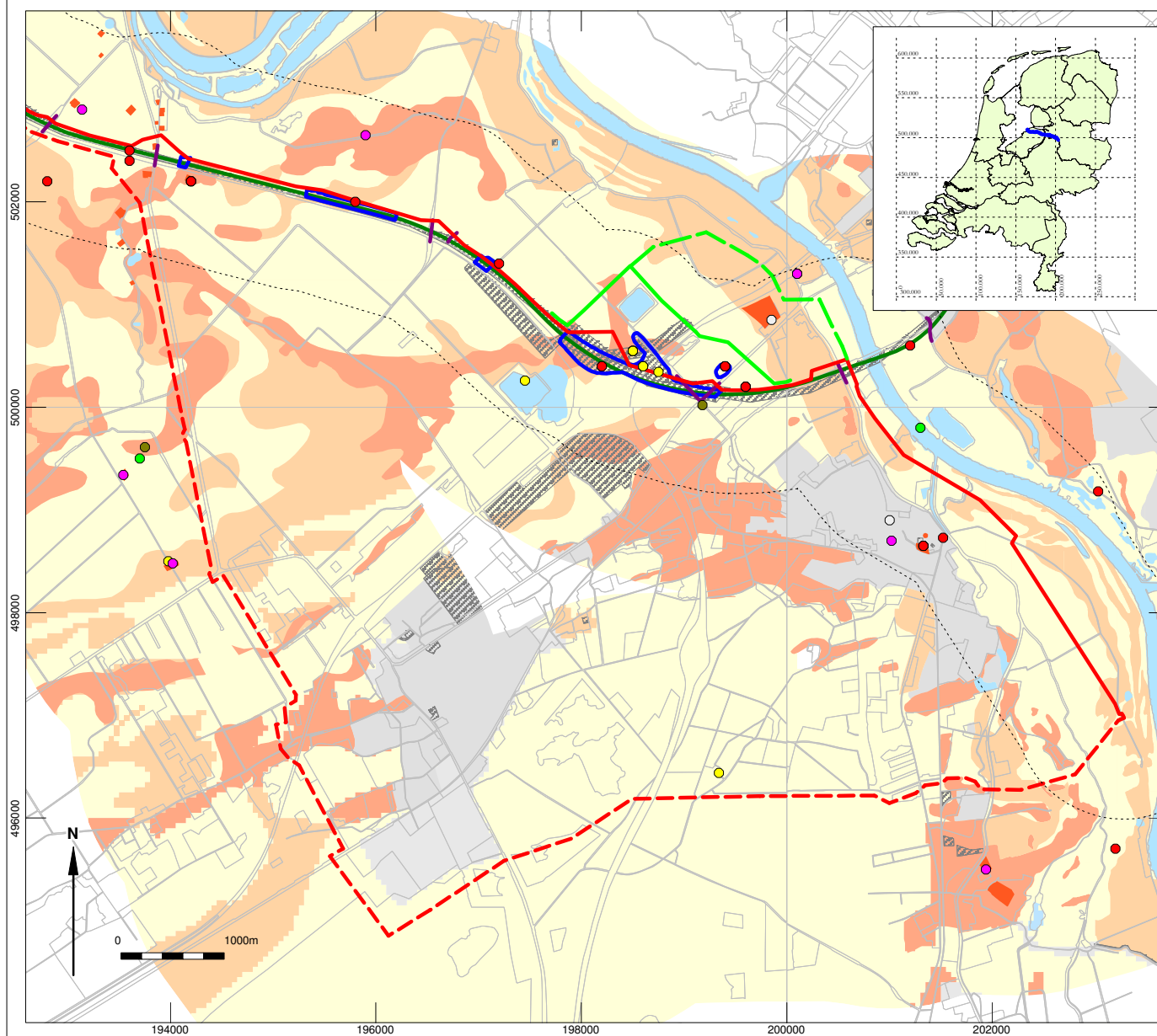
Archiswaarnemingen
 binnen een straal van 1km rondom de tracélijn
 periodeindeling op einddatering

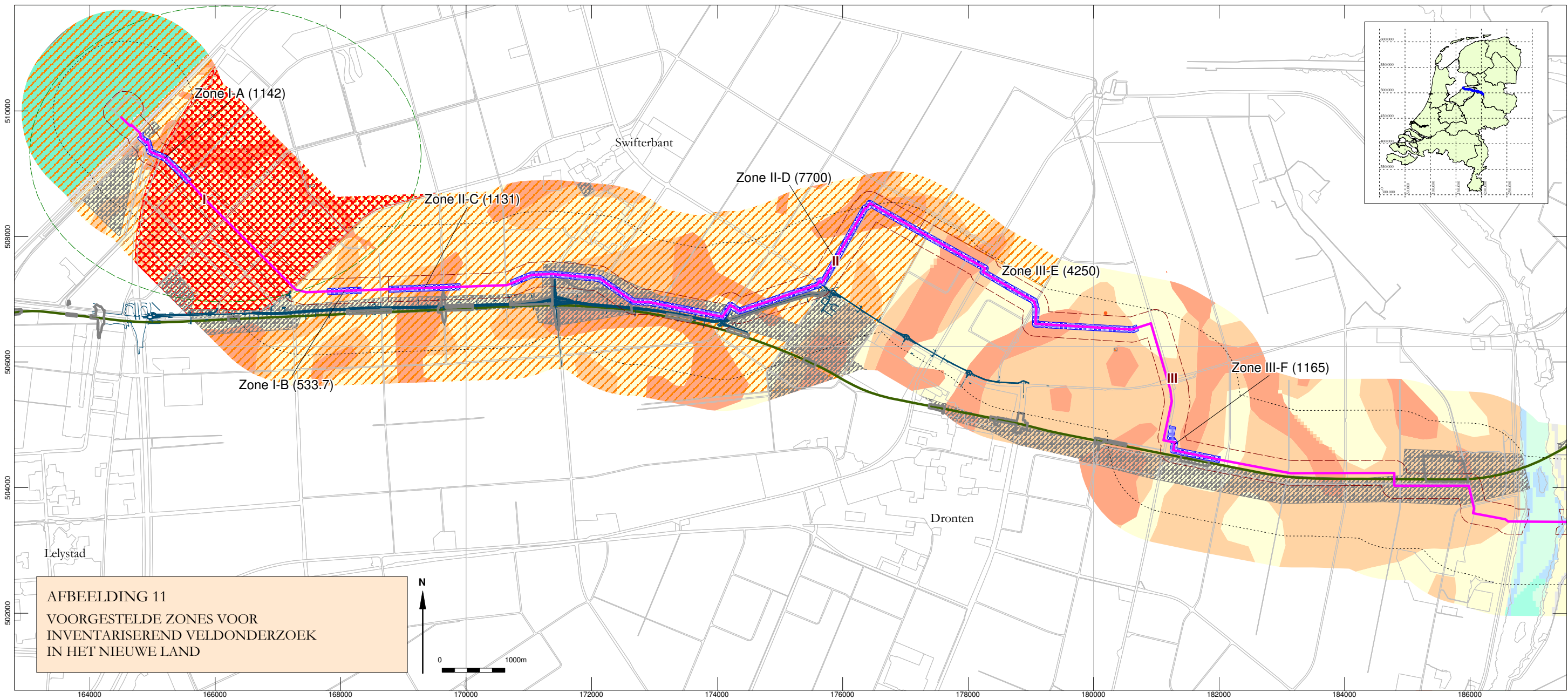
- Steentijd
- Bronstijd
- IJzertijd
- Middeleeuwen
- Nieuwe tijd



Archeologie & cultuurhistorie

MAART 2007/RS





AFBEELDING 11
VOORGESTELDE ZONES VOOR
INVENTARISEREND VELDONDERZOEK
IN HET NIEUWE LAND

LEGENDA

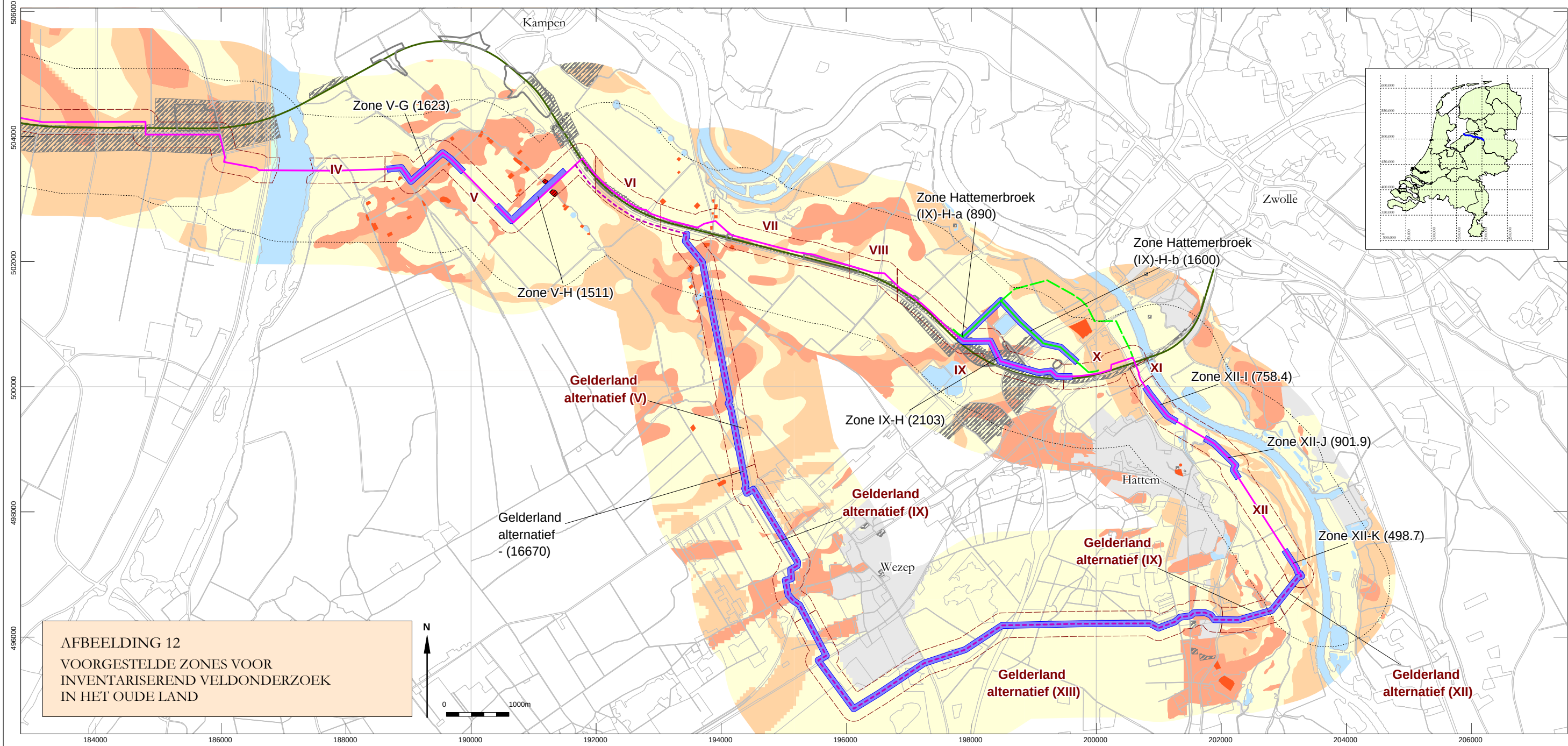
- Tracélijn gasleiding
- Tracélijn gasleiding - alternatief

- AMK terreinen (met nummer)
binnen een straal van 1km rondom de tracélijn
- Archeologisch monument (beschermd)
 - Archeologische waarde
 - Hoge archeologische verwachting
 - Middelhoge archeologische verwachting
 - Lage archeologische verwachting

- Zone-indeling (met nummering)
- Selectiegebieden gasleiding; met zone-indeling, gebiedsaanduiding en lengte in meters

- Provinciaal Archeologisch Kerngebied (PARK)
- Archeologisch aandachtsgebied
- Gebied met aangepaste archeologische verwachtingswaarde
- 1km zone rondom tracélijn
- Bebouwing (niet gekarteerd)
- Water

- Archeologische onderzoeken
- Selectiegebieden Hanzelijn / N23
- Tracé Hanzelijn
- Tracé N23

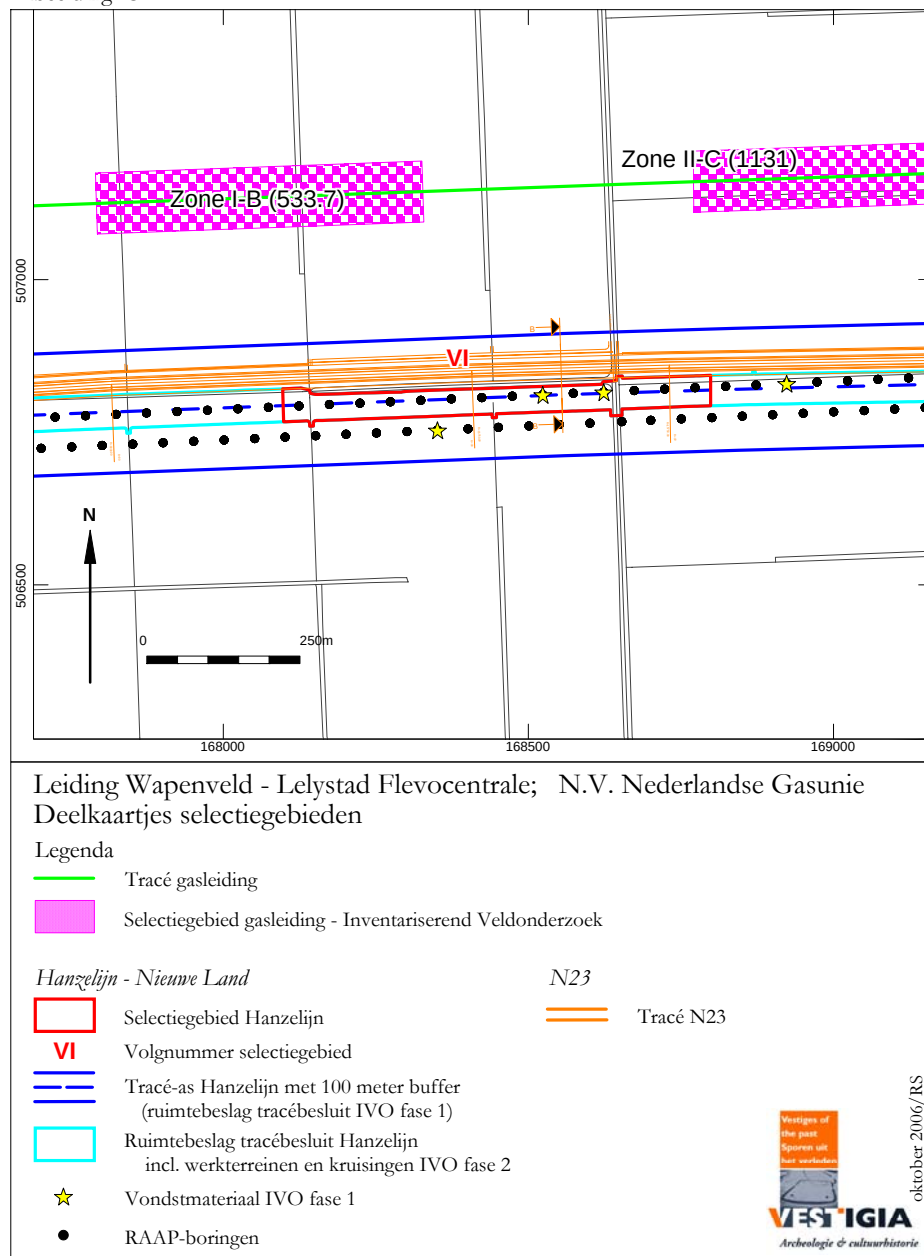


AFBEELDING 12
VOORGESTELDE ZONES VOOR
INVENTARISEREND VELDONDERZOEK
IN HET OUDE LAND

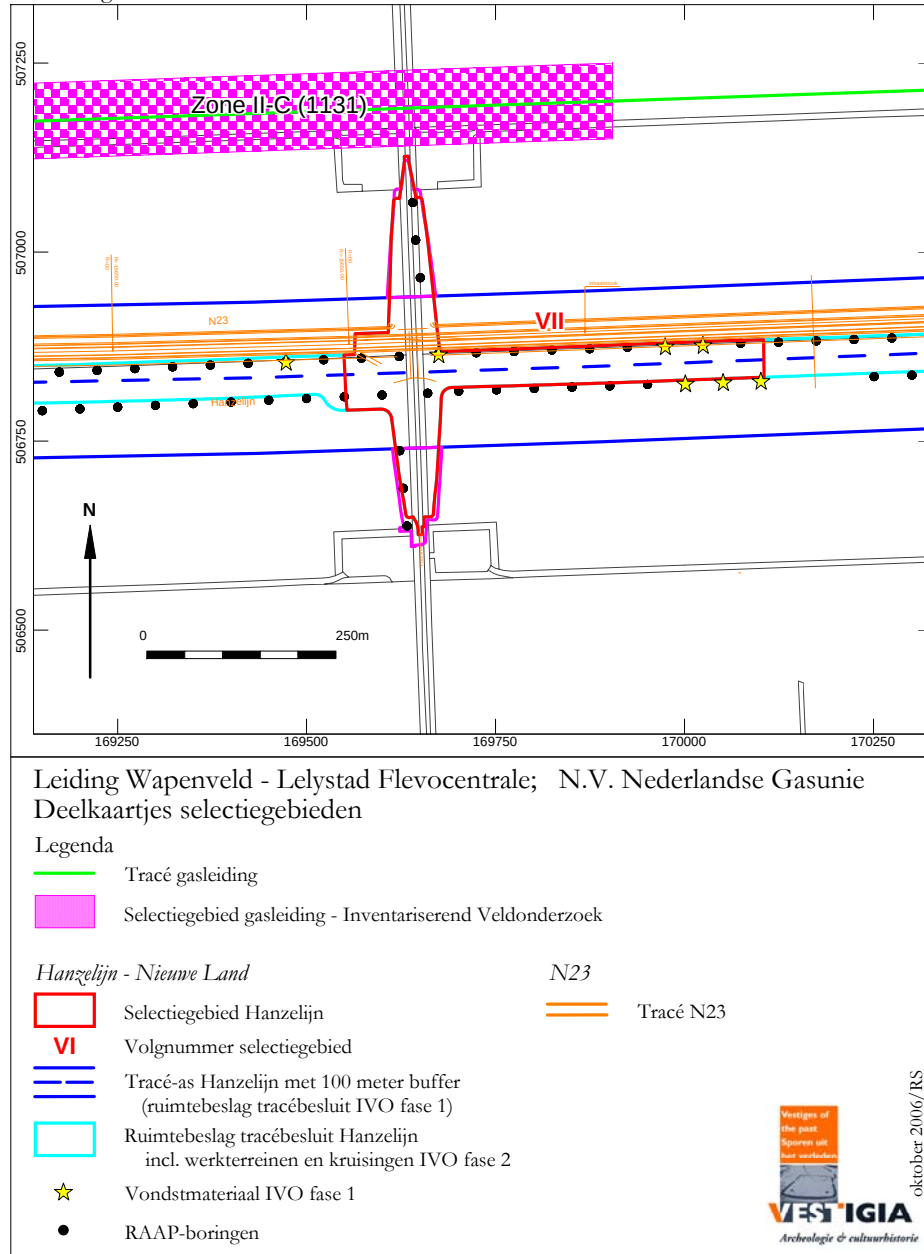
LEGENDA

- Tracélijn gasleiding
- Tracélijn gasleiding - Gelderland alternatief
- Tracélijn gasleiding - alternatief Hattermerbroek A
- Tracélijn gasleiding - alternatief Hattermerbroek B
- AMK terreinen (met nummer)
binnen een straal van 1km rondom de tracélijn
- Archeologisch monument (beschermd)
- Archeologische waarde
- Hoge archeologische verwachting
- Middelhoge archeologische verwachting
- Lage archeologische verwachting
- Zone-indeling (met nummering)
- Selectiegebieden gasleiding; met zone-indeling, gebiedsaanduiding en lengte in meters
- 1km zone rondom tracélijn
- Bebouwing (niet gekarteerd)
- Water
- Archeologische onderzoeken
- Selectiegebieden Hanzelijn
- Tracé Hanzelijn

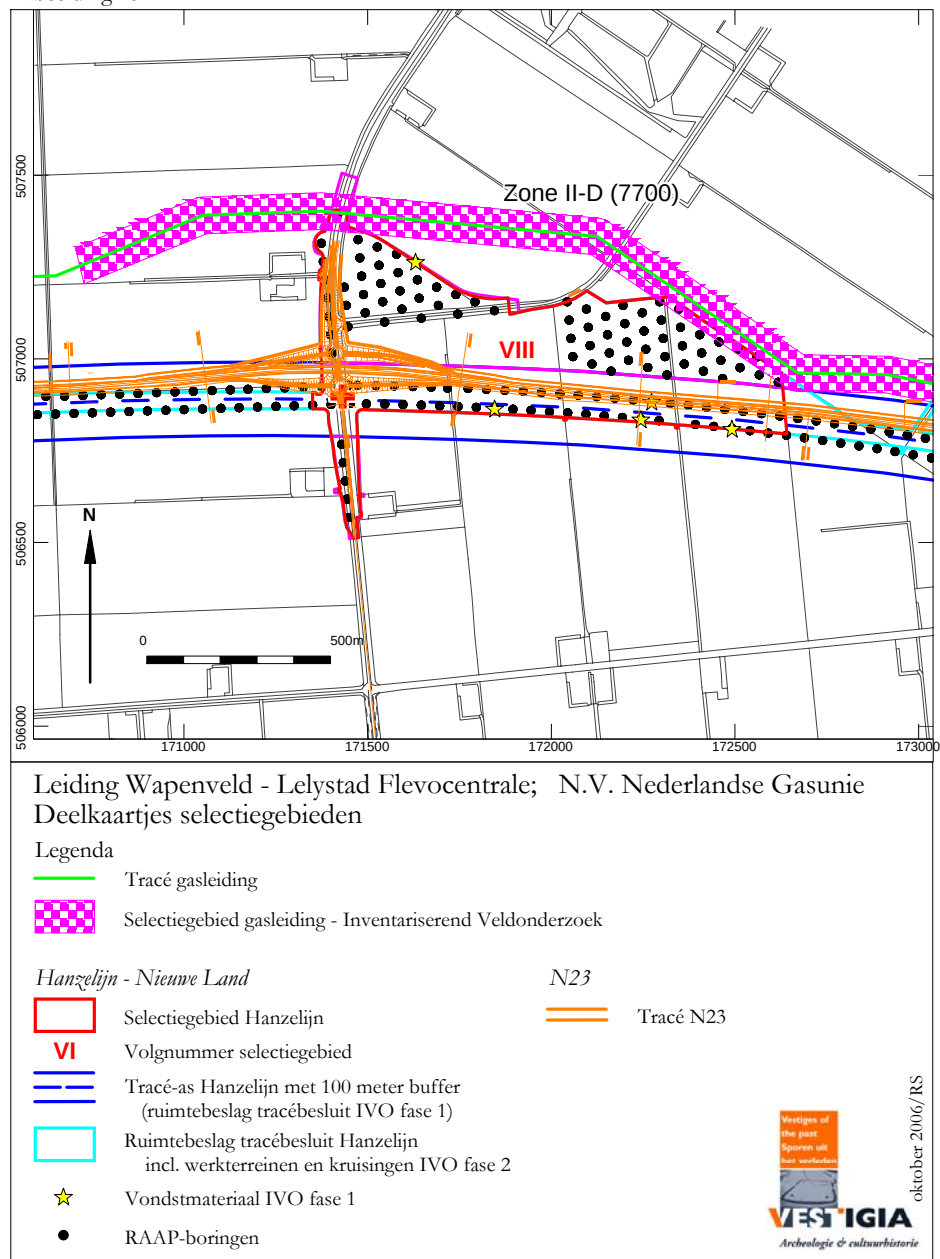
Afbeelding 13



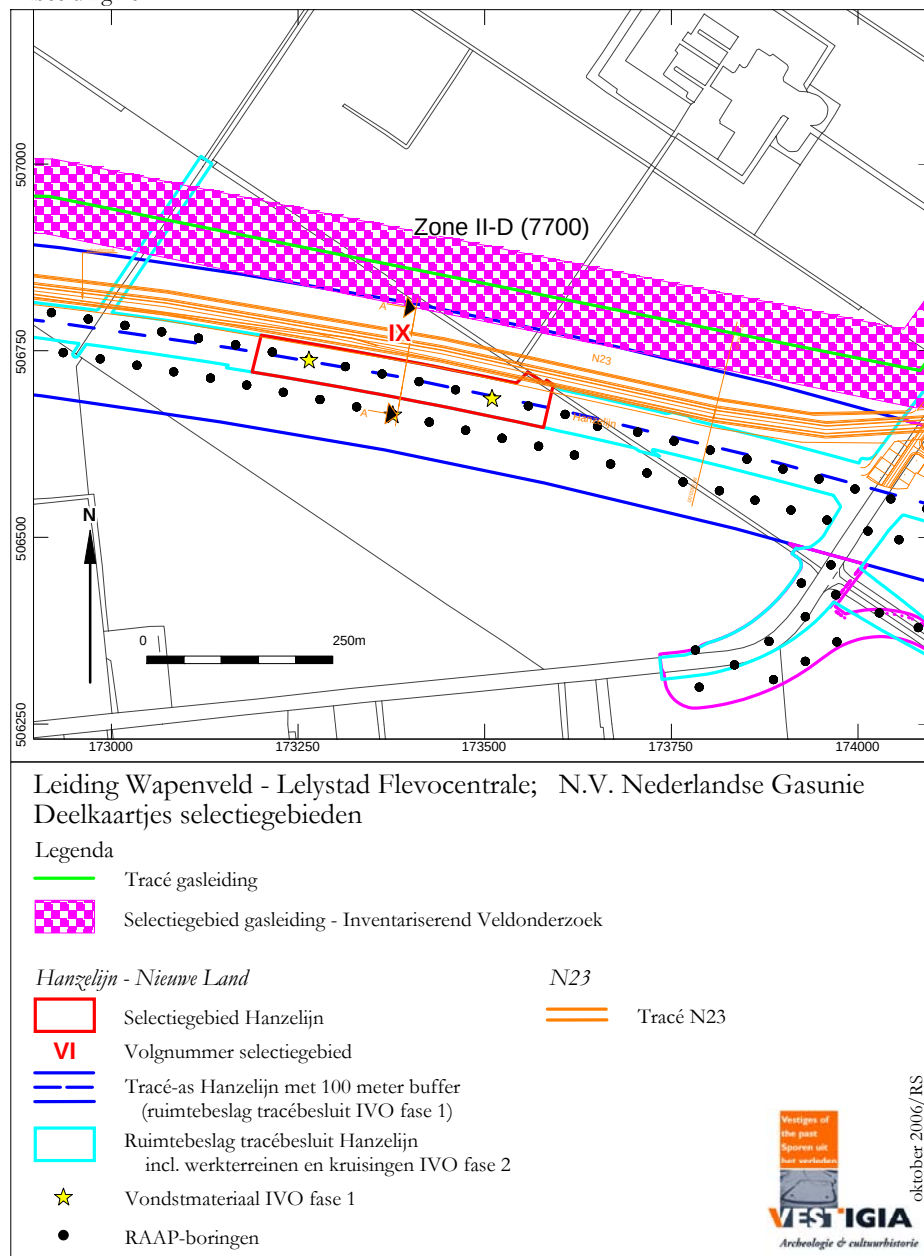
Afbeelding 14



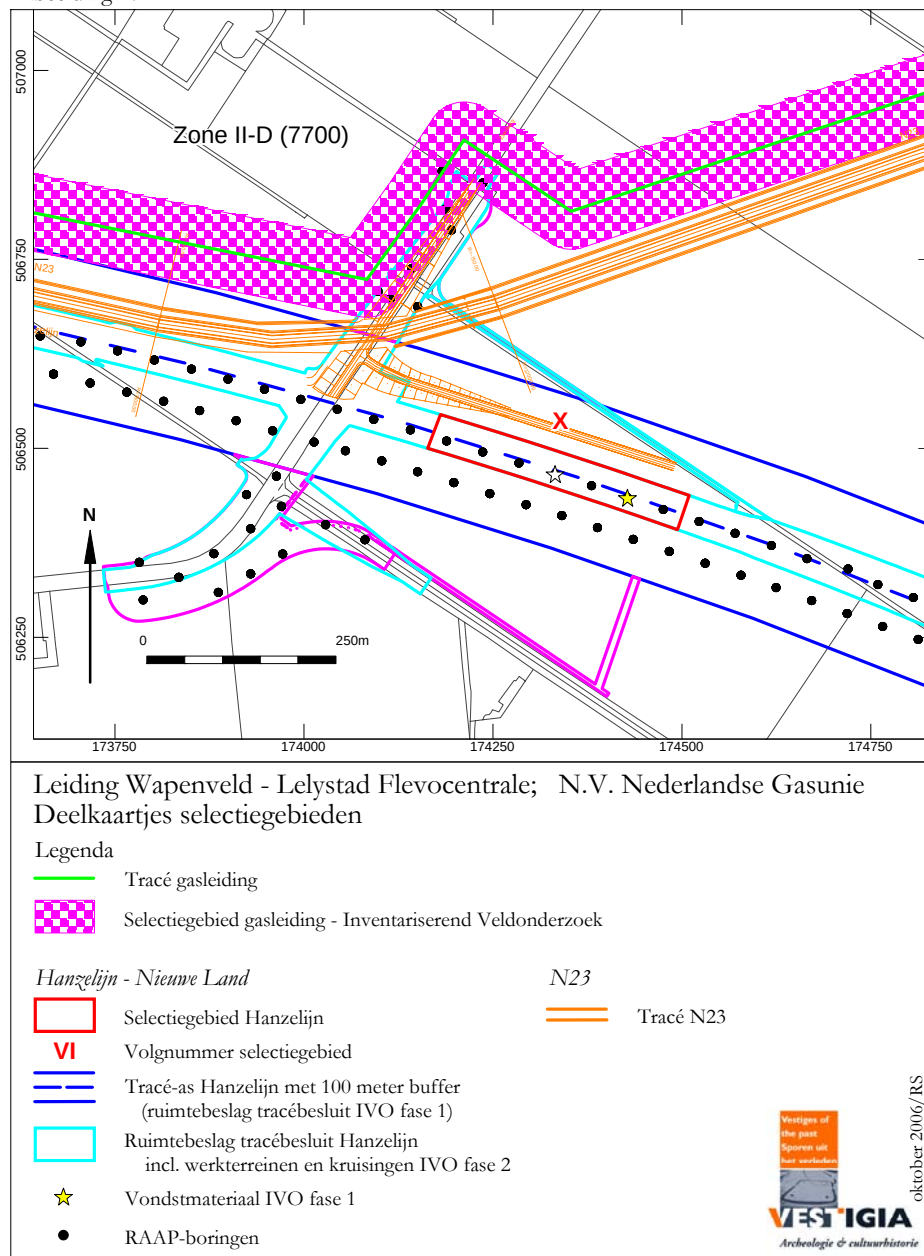
Afbeelding 15

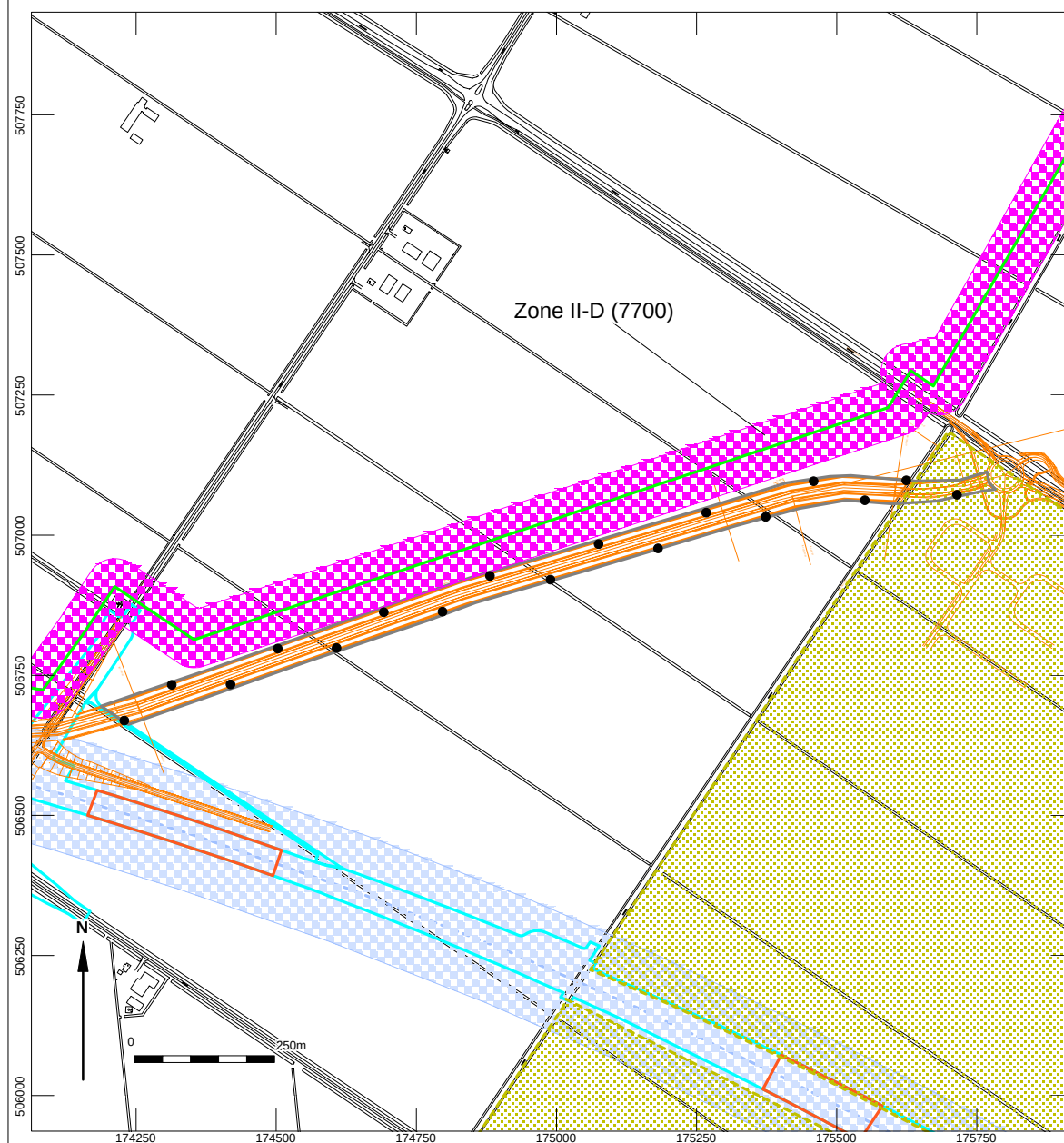


Afbeelding 16



Afbeelding 17



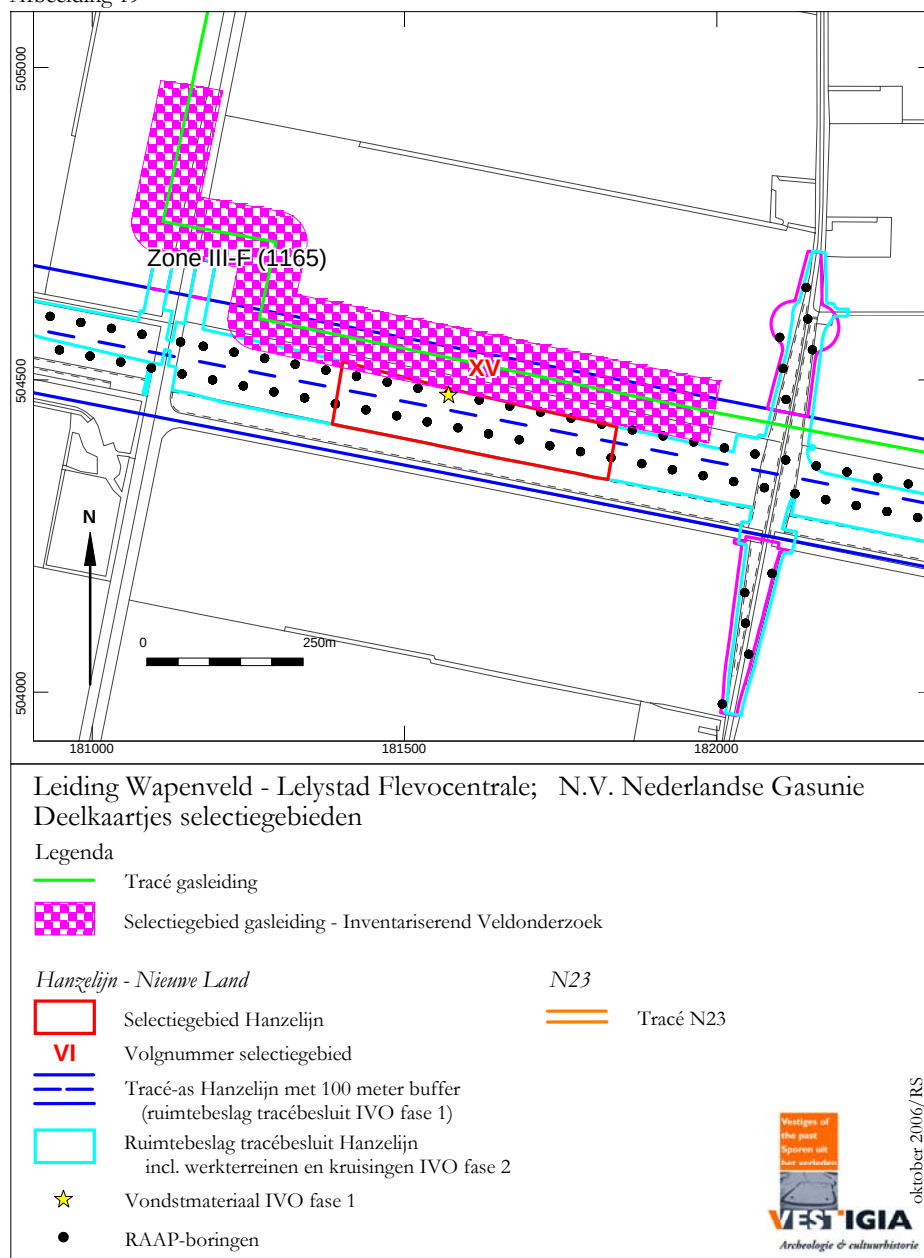


AFBEELDING 18
DEELKAARTJES SELECTIEGEBIEDEN

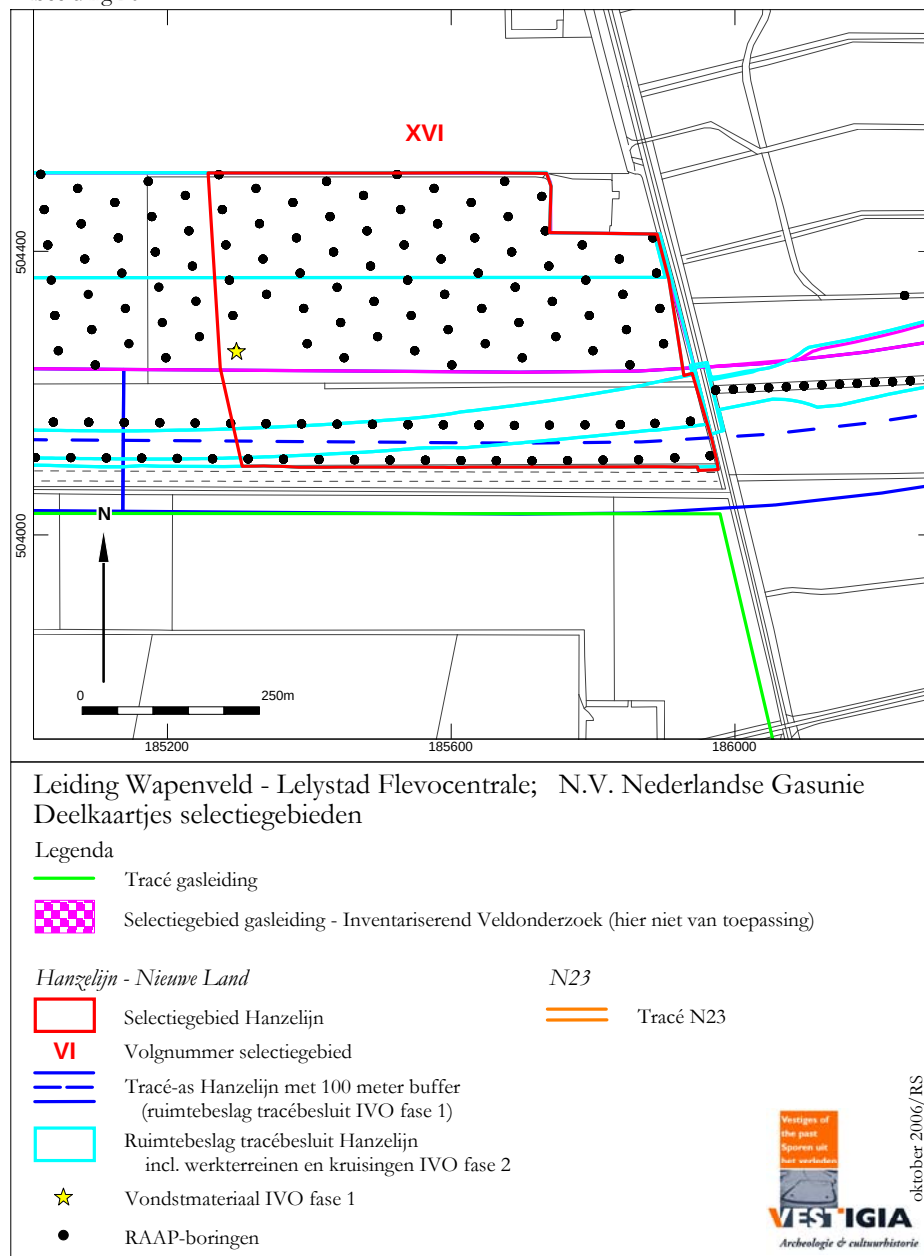
LEGENDA

- Tracé gasleiding
- Selectiegebied gasleiding
Inventariserend veldonderzoek
- N23
 - Tracé N23
 - Boorplan N23; locatie III
- Verkennd archeologisch onderzoek
(RAAP; rapporten 1112 & 1113)
- Hanzelijn:
 - Gebied geselecteerd voor nader onderzoek
 - Tracé-as Hanzelijn 100 meter buffer
 - Ruimtebeslag

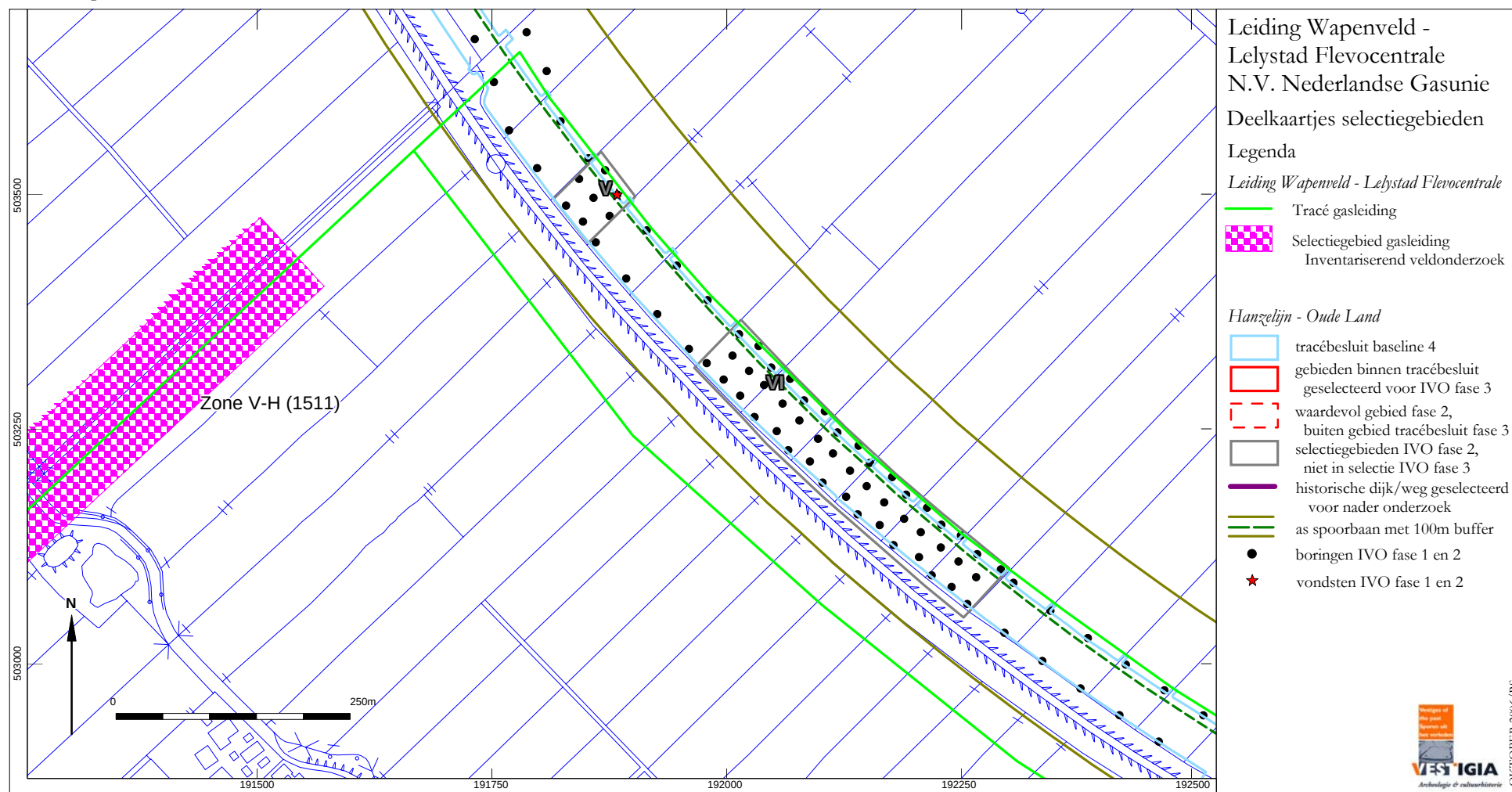
Afbeelding 19



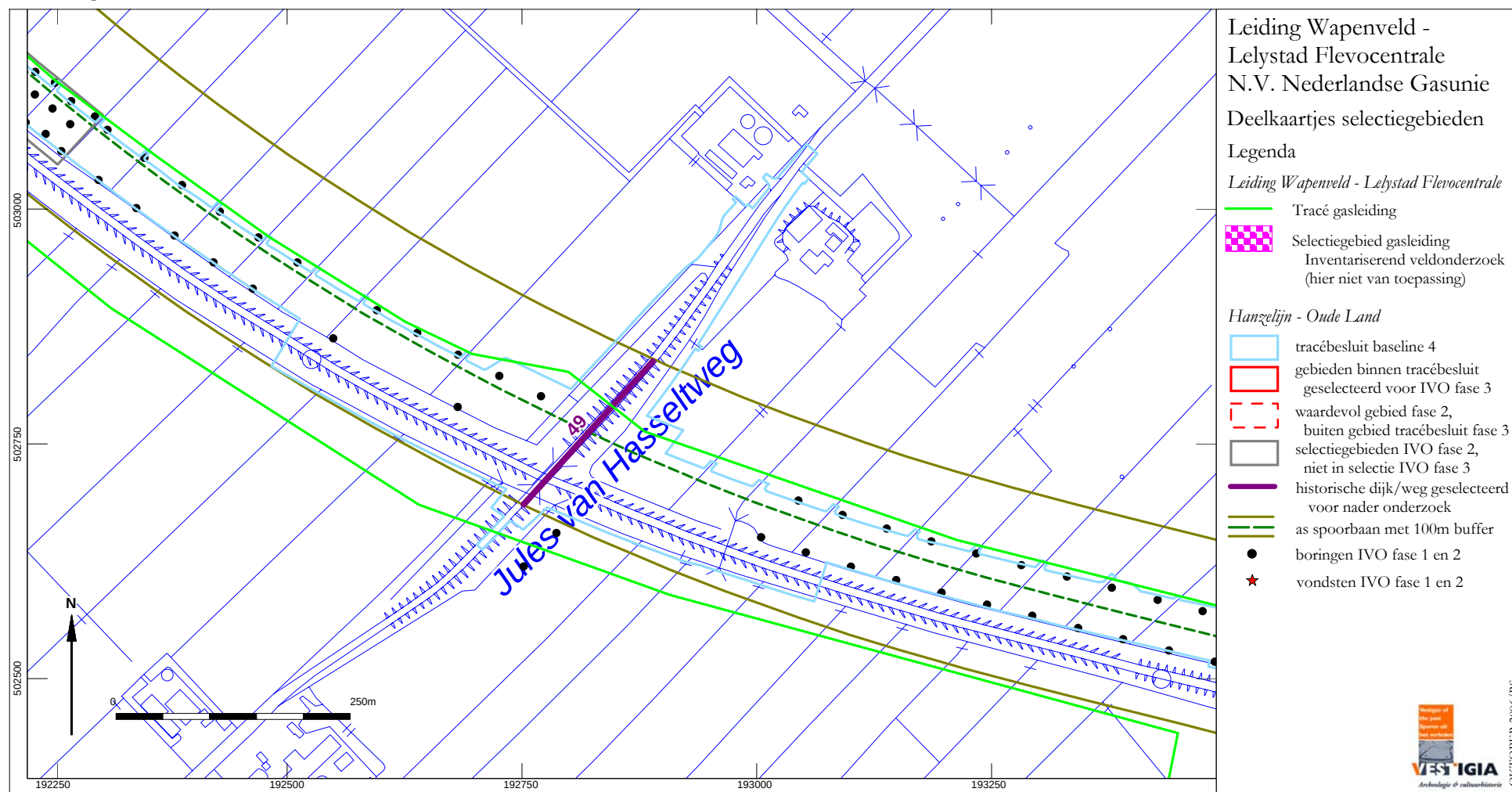
Afbeelding 20



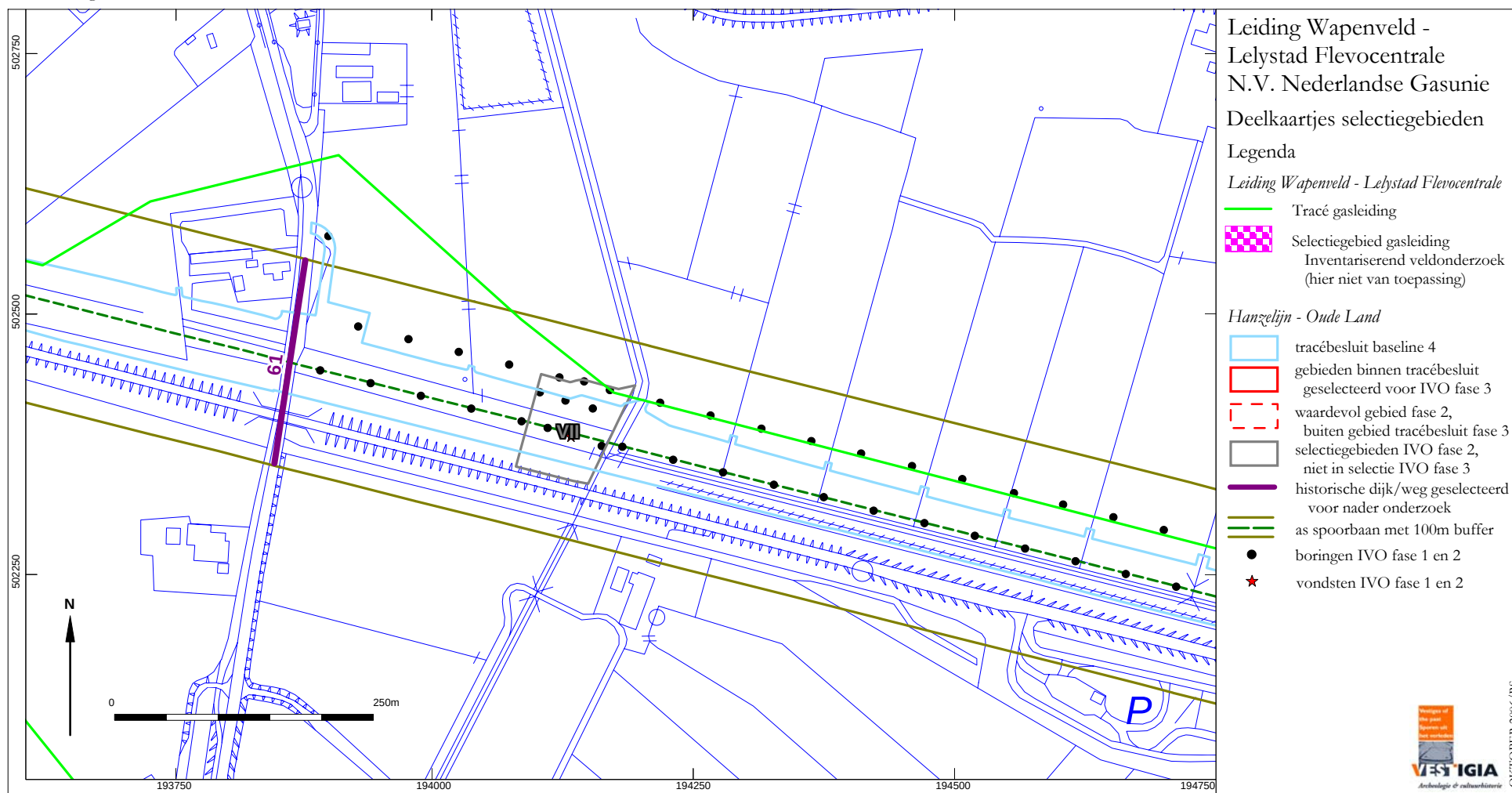
Afbeelding 21



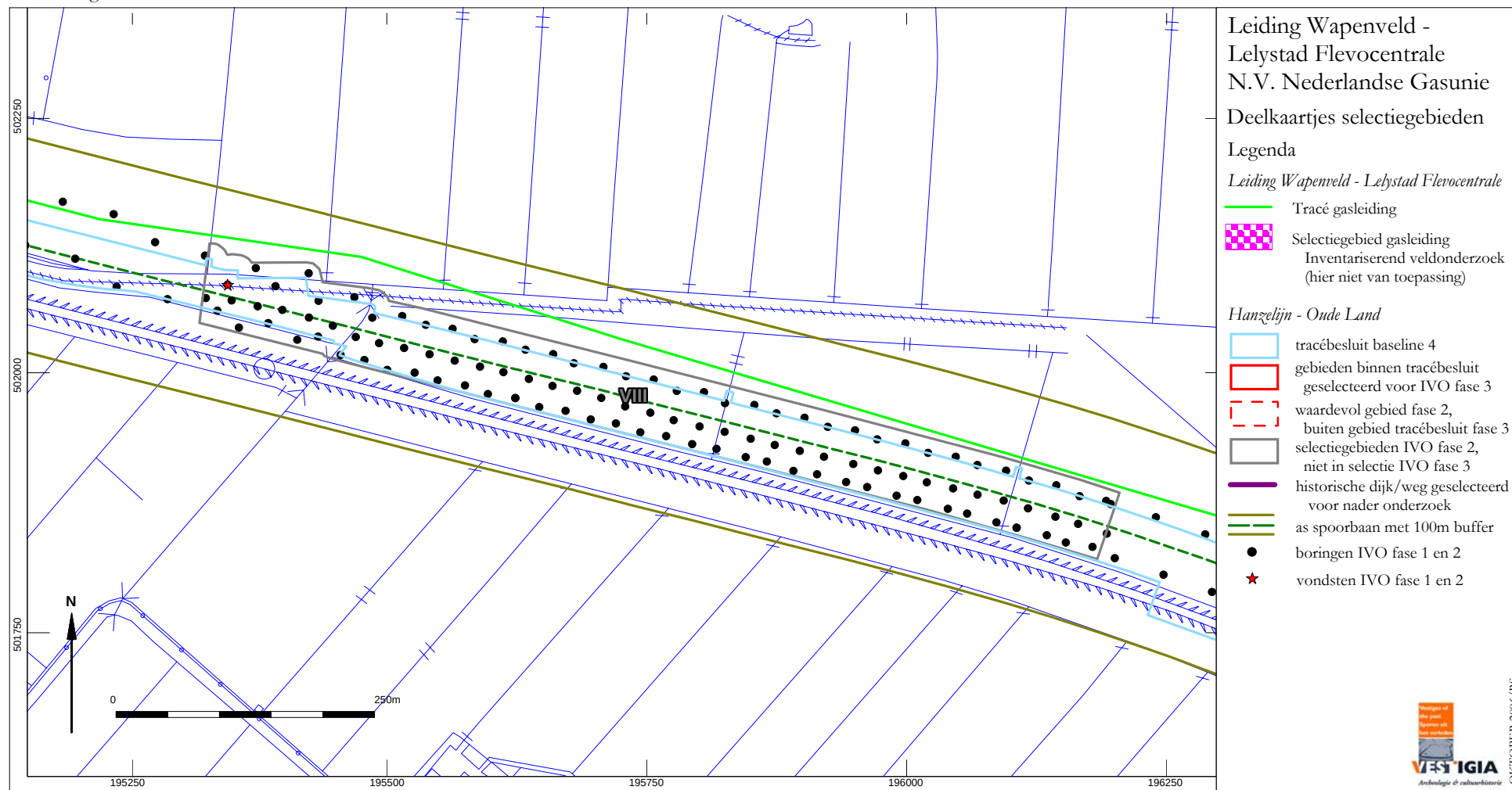
Afbeelding 22



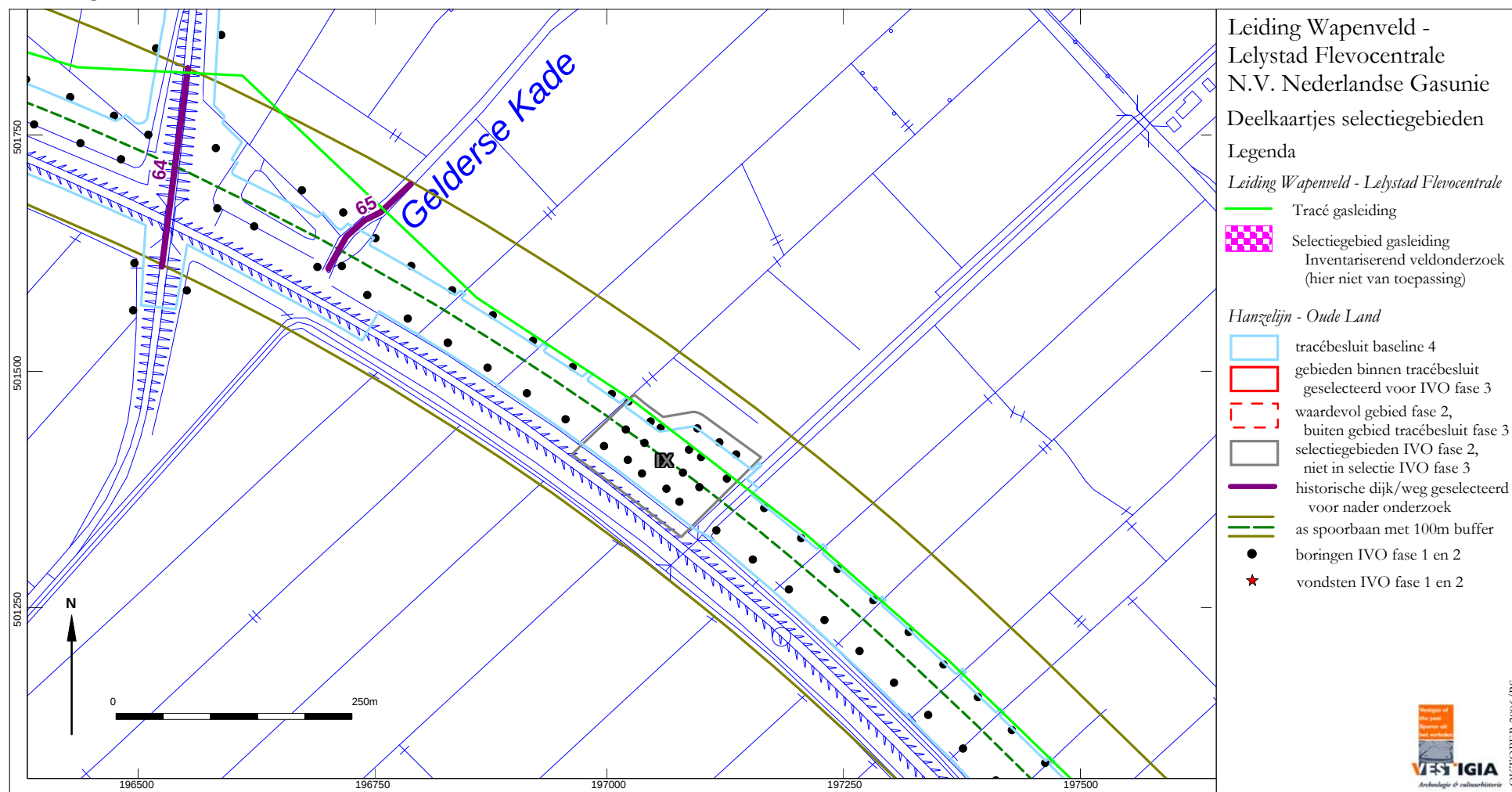
Afbeelding 23



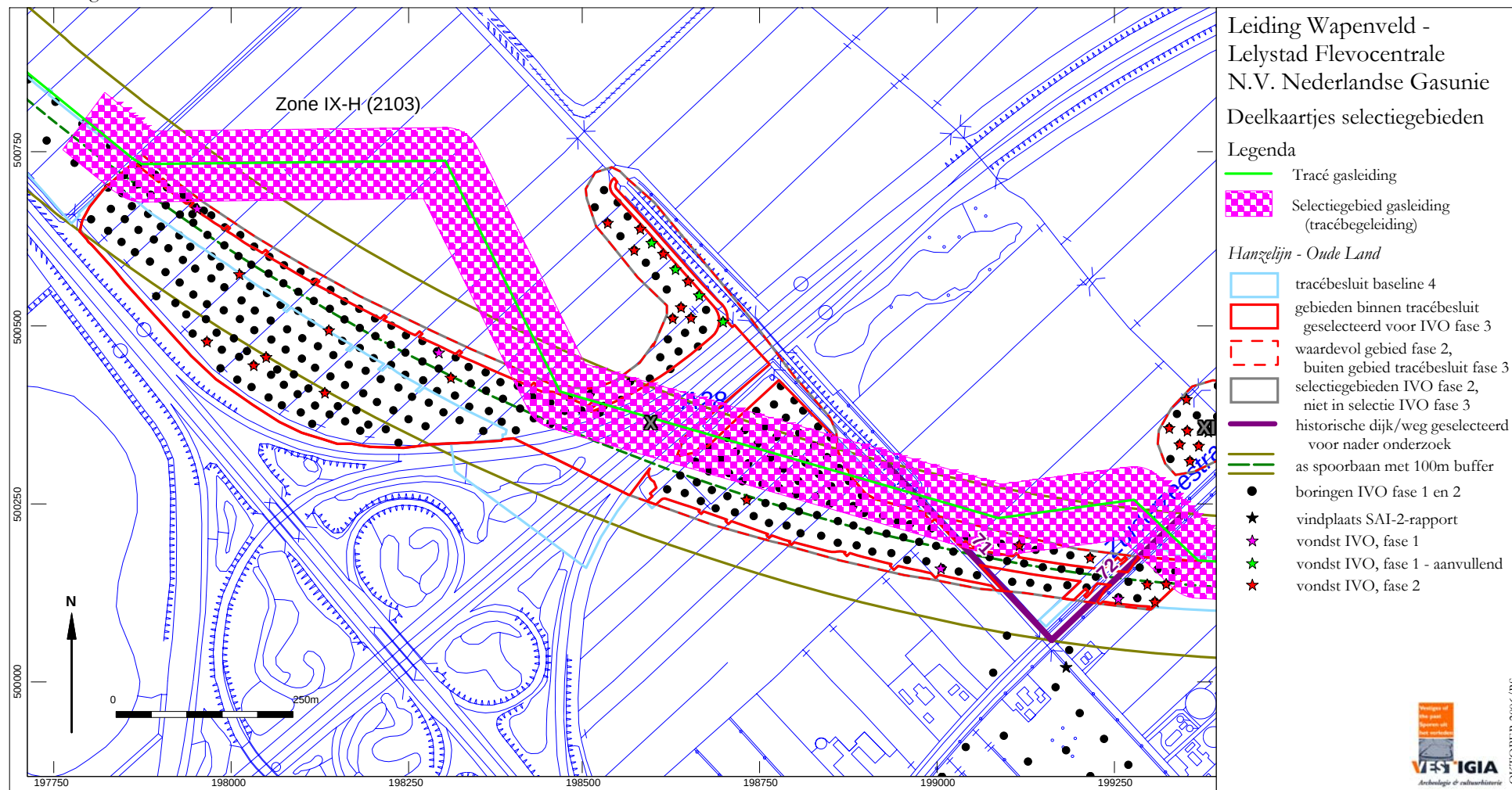
Afbeelding 24



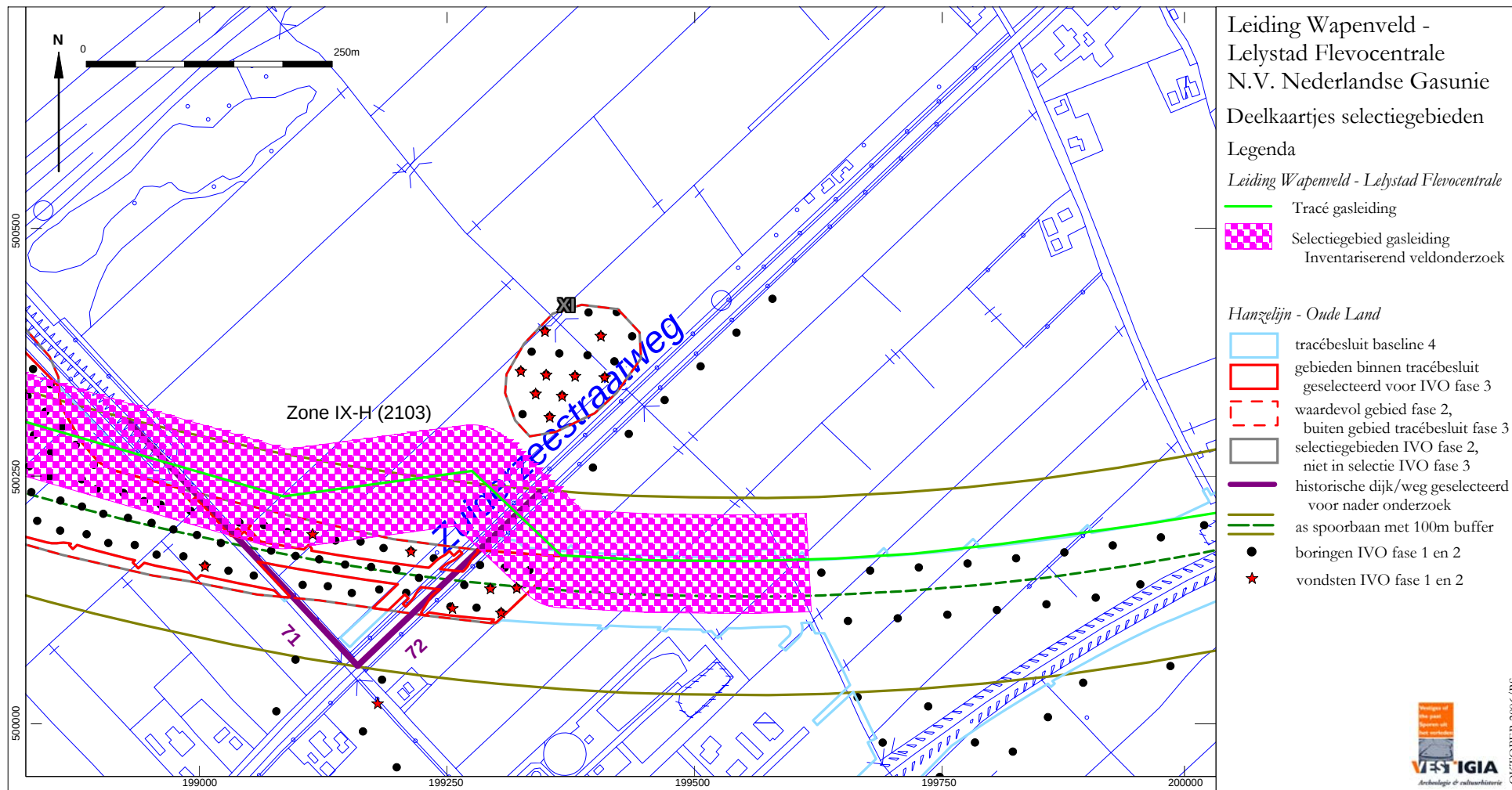
Afbeelding 25



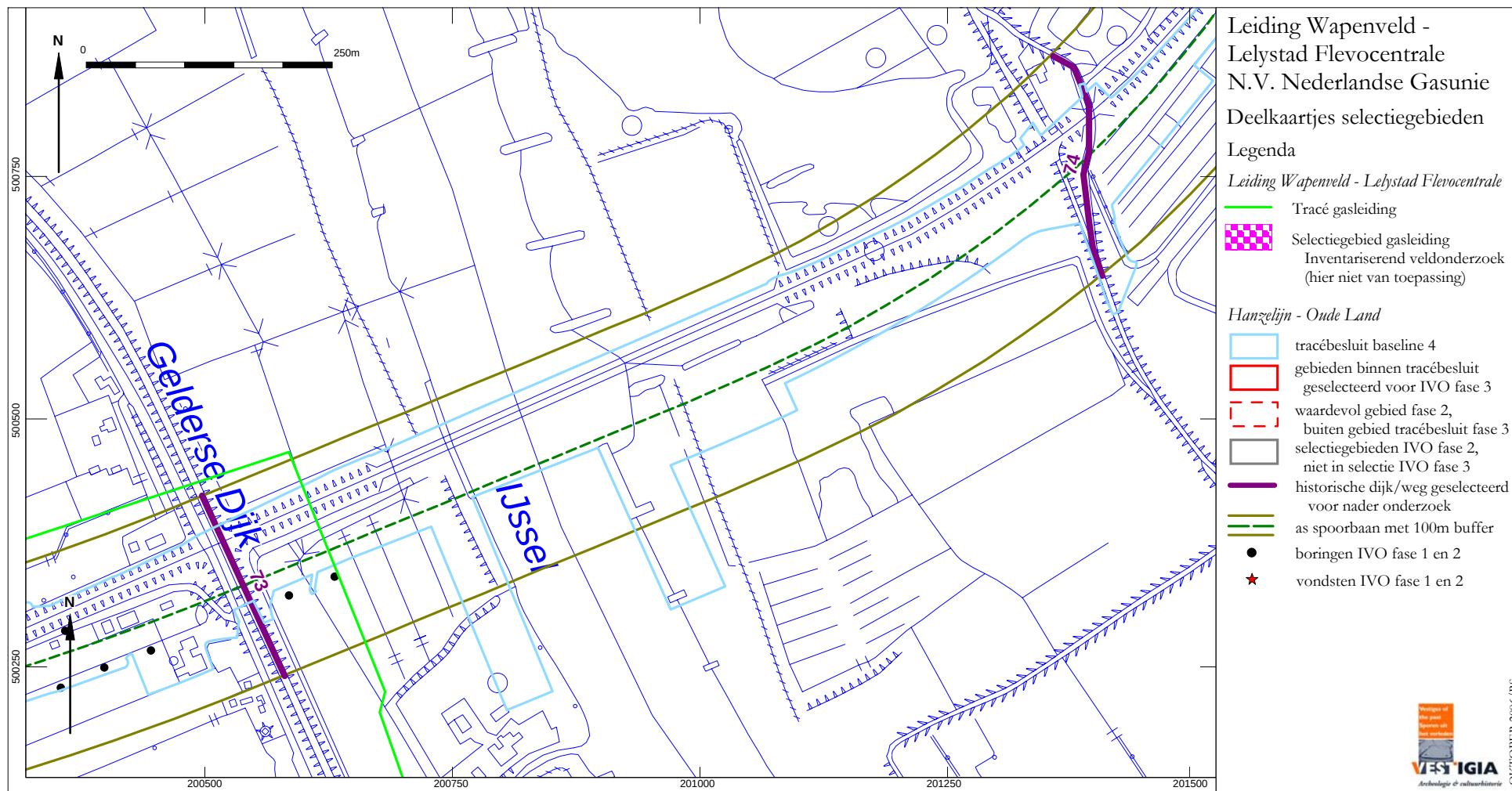
Afbeelding 26



Afbeelding 27



Afbeelding 28



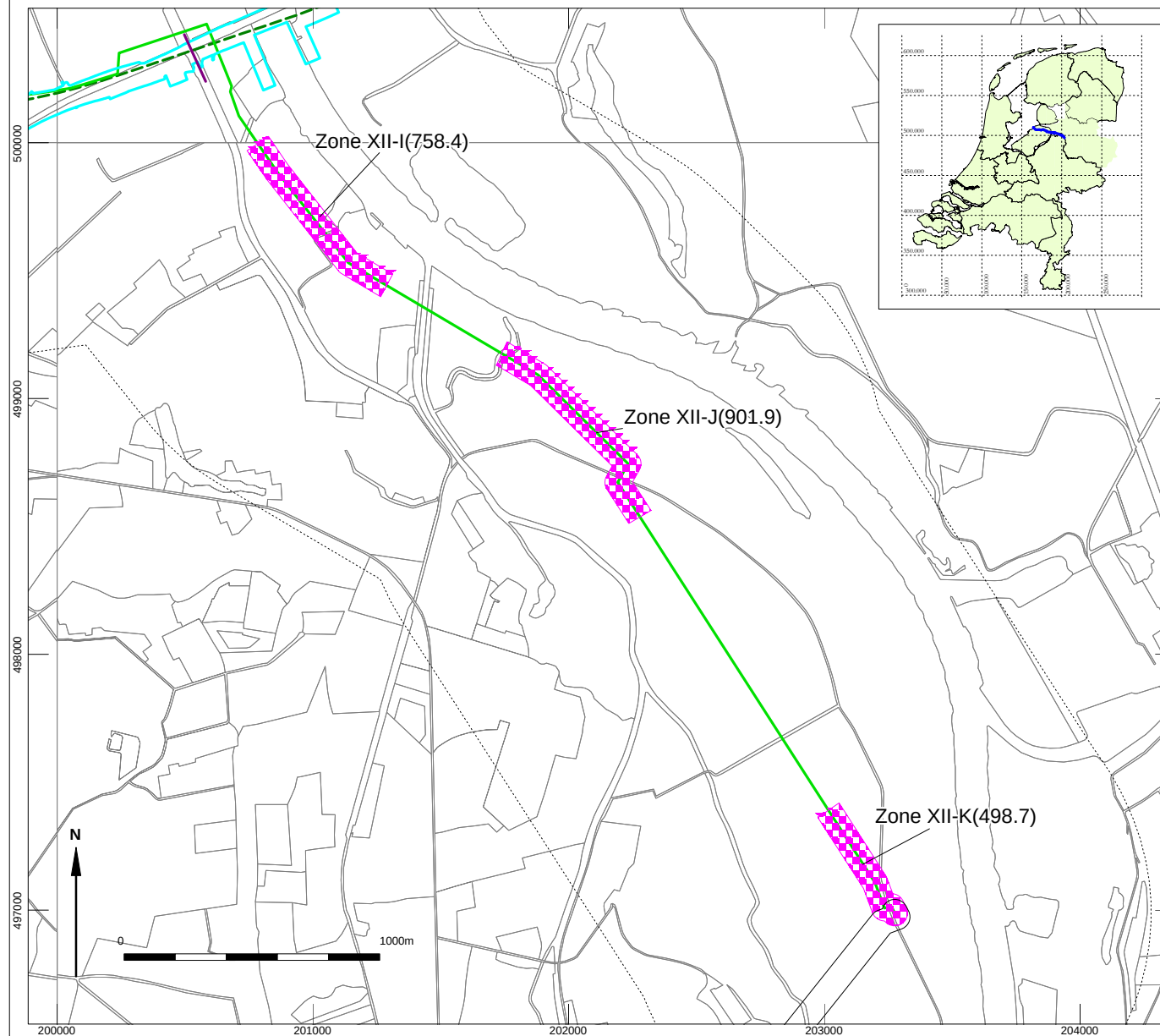
AFBEELDING 29
DEELKAARTJES SELECTIEGEBIEDEN

LEGENDA

- Tracé gasleiding
- Selectiegebied gasleiding
Inventariserend veldonderzoek

Hanzelijn:

- Tracé-as Hanzelijn
- Historische dijk/weg
geselecteerd voor nader onderzoek
- Ruimtebeslag



Bijlage 2: Catalogus van archeologische waarnemingen in het leidingtracé (ARCHIS)

- 6851** RCC: DOCUMENTATIERCC: VERSLAG, TEKENING ARCH NIEUWS
- 7065** AD118 SCHERVEN WSCH UIT OUDSTE AKKERLAAG NA GEROOID BOS;DEZE LAAG IS ALLEEN PLAATSELIJK DOOR RELIEFAFVLAKKING ONDERLATERE AKKEROPHOGING BEWAARD.
- 7207** AD 110 RESP 111 TEGENOVER HUIS HILSDIJK 72.AD 116 TER PLAATSE KLEI OP ZAND.AD 117 OP KANT NA GRAVEN BERMSLOOT.AD 126 ABTHUISSTRAAT 9 DRUTEN.
- 7666** AD 117 EGALISERING DIJKTALUD.AD 118 DETECTORVONDST.RCC: DOCUMENTATIERCC: FOTO AFB THE COINHUNTER 17 MAART 1986 P 39 FIG 12
- 7689** AD 117 EGALISERING DIJKTALUD.AD 118 DETECTORVONDST.RCC: DOCUMENTATIERCC: FOTO DIA AFB THE COINHUNTE 17 MAART 1986 P 37 FIG 8
- 12994** AD124 OUDE WOONPLEK NIET OP EEN TERP.
- 13014** AD124 HUISTERP MET BOERDERIJ HOOGTE TERP CA 1,75MVELDCONTROLE DOOR KLOK,RHJ EN HULST,RS 12-11-1968
- 13015** AD124 TERREIN WAARIN 2 HUISTERPEN WAAROP 2 BOERDERIJENNOORDELIJKE TERP 65X40M HOOG 1,5-2M ZUIDELIJKE TERP CA 1,75MDE WEG LOOPT BIJ BOERDERIJ NR 92 OP EN IS BIJ BOERDERIJ NR 94HET HOOGST EN DAALT VOORBIJ DE LAATSTE BOERDERIJ;VELDCONTROLE DOOR KLOK,RHJ EN HULST,RS 12-11-1968.
- 13016** AD124 WSCH HUISTERP MET BOERDERIJ; TERP GEDEELTELIJK AFGEGRAVAAN NO ZIJDE IVM GRAVEN KANAAL;VELDCONTROLE DOOR KLOK,RHJ EN HULST,RS 12-11-1968.
- 13017** HUISTERP HOOG CA 2M MET KERK MET WOONGEDEELTE AAN STRAATZIJDE
- 13018** AD124 HUISTERP VRIJ KLEIN HOOG CA 1,75MAD118 VELDCONTROLE DOOR HULST,RS MAART 1970.
- 13019** AD124 HUISTERP HOOG CA 2M; DE WEG IS TER PLAATSE STERK OPGEHOAAN DE WESTZIJDE VERMOEDELIJK GEDEELTELIJK AFGEGRAVEN CQVERLAAGD.
- 13027** AD124 OUDE WOONPLEK NIET OP EEN TERP.RCC: DOCUMENTATIERCC: RAPPORT OVER BODEMGESTELDHEID VAN DE NW VELUWE STIBOKA BODEMKAART 1:25RCC: 000
- 13028** AD124 OUDE WOONPLEK HUISSTEDE.RCC: DOCUMENTATIERCC: RAPPORT BODEMGESTELDHEID NW VELUWE STIBOKA BODEMKRT 1:25000
- 13031** GEVONDEN OP BAGGERSTORT VAN DE UITERWAARDEN VAN IJSSEL;AD103 VERHUIST NAAR RHEEZER BRINK 11 TE RHEEZE.
- 13036** HUIDIGE BOERDERIJ ZOU VOORMALIG BIJGEBOUW ZIJN.
- 13042** RCC: DOCUMENTATIERCC: VERSLAG EN TEKENINGEN
- 17070** AD 124 CONCENTRATIE OVER 20 - 30 M.RCC: DOCUMENTATIERCC: DOCUMENTATIE HULST,RS

17071 RCC: DOCUMENTATIERCC: DOCUMENTATIE HULST,RS

17072 RCC: DOCUMENTATIERCC: DOCUMENTATIE HULST,RS

17107 RCC: DOCUMENTATIERCC: DOCUMENTATIE HULST,RS

17110 RCC: DOCUMENTATIERCC: DOCUMENTATIE HULST,RS

17883 AD 118 DETECTORVONDSTAD 119-121 PERCEEL IS OMGEWERKT MAAR LANGS DE SLOOT WAAR DEVERV AD 119-121:VONDST IS GEDAAN IS PROFIEL NOG INTACT.AD 126 VEERPAD 2 ZALK.RCC: DOCUMENTATIERCC: FOTO;TEKENING

21367 AD 123 MAXIMALE DIEPTE .DATERING: VERONDERSTELLING AD SWIFTERBANT IS ONTERECHT,IJZER-TIJD OP GROND VAN 2 C14-METINGEN ROETAANSLAG OP BUITENKANTPOTTEN.RCC: DOCUMENTATIERCC: TEKENING

23095 Het veen onder de vondstlaag bevindt zich op een Pleistocene opduiking.

26029 terrein waarin duidelijk een zandbult. Deze bult worst aangetast doorploegwerkzaamheden. Ook veel vuursteen uit het Neolithicum hier gevonden

27237 In het CAA bevindt zich een memorandum van R.Klok van een bezoek ter plaat-se. Hierbij een schetsje en een twee foto's van de verhoging.Omdat niet duidelijk was of het hier om een voormalige huisterp ging, isdeze vraag, op een tweede memo, doorgespee
ld aan A.D.Verlinde. Deze ant-woordde hierop als volgt: "Bedoelde hoogte is de zool van een voormalige huisterp, destijds afge- graven.[...] 8-6-'76."

28947 Clason (1983) vermeldt foutief als lokatie de Noordoostpolder.

28972 Het wrak is tweemaal verkend. De tweede verkenning heeft plaatsgevonden in1981 en is uitgevoerd door Van Dijk en Vlierman.Ligging: vrijwel haaks op de kavelsloot N10/N11 en 564 uit (het hart ? vande Ketelweg.Het betreft een waterschip waarvan de voo
rste 2,5 a 3 m ontbreekt door deaanleg van de kavelsloot N10/N11. Het is schip is karveel gebouwd.De oorspronkelijke lengte zal circa 16 m zijn geweest, de maximale breedteis ongeveer 5 a 5,5 m.Diepte max.: tenminste 3 m onder het maaiveld, diepte mi
n.: 0,35 m onderhet maaiveld.De houtkwaliteit is tot op 1 m onder het maaiveld ten gevolge van indrogingzeer slecht. Dieper gelegen zal de conservering beter zijn maar het is on-bekend wat de kwaliteit van het hout is van deze scheepsdelen.G.Mauro: w
anner de eertse verkenning is uitgevoerd en door wie is mij on-bekend. Wel moet hiervan een rapport bij CSA aanwezig zijn.

28974 Het wrak is verkend in 1985 door de heren Loos, Post en Van der Land.Ligging: het schip is afgezonken op 612 m van de Hanzeweg en 25 m uit dekavelsloot L78/L79. Het voorschip ligt in het westen.Het betreft een wrak van een vrachtschip waarvan enkele
delen nog aanwezigzijn. De max. lengte is 16,5 m, de grootste breedte bedraagt 4,5 m.Diepte max.: 1,2 m onder het maaiveld, diepte min.: 0,4 m onder het maai-veld. De houtkwaliteit is zeer slecht.Zowel in het achter- als het voorschip zijn vondsten a
angetroffen. Het wrakis gedeeltelijk geladen met leisteen.Datering: op basis van de vondsten is het schip waarschijnlijk aan het eindvan de 18e eeuw vergaan.

28975 Het wrak is mogelijk in 1958 verkend. Uit 1969 bestaat een aantekening vande situatie door Van Dalen. In 1982 is een herverkenning uitgevoerd doorVlierman.Het betreft een wrak van een karveel gebouwd zeegaand vrachtschip. Hetschip is geheel gedubbeld
met 2 cm dikke vurenplanken. Tussen de huid endubbeling is koeienhaar aangetroffen. Er is nog een restant aanwezig vanhet schip. Max. lengte: ong. 25 m., de oorspronkelijke max. breedte isca. 6,5 m geweest. Diepte max.: 2,8 m onder het maaiveld, die
pte min.: 0,4m onder het maaiveld.De kwaliteit van het hout is redelijk tot goed met uitzondering van dehoger gelegen delen. Deze zijn slecht tot zeer slecht geconserveerd.Datering: op basis van h
type schipn en de scherf wordt het wrak voorlo-pig

28975 in de 18e eeuw gedateerd. DENDRODATERING: een gemeenschappelijke veldatum ligt tussen 1735 AD en 1741 AD.

28991 Het wrak is verkend door Van Veen, Jaarsma en Van Dalen in 1965. Een her-verkenning heeft in 1989 plaatsgevonden en is uitgevoerd door Schreurs en Post. Ligging: het wrak ligt 240,3 m uit het hart van de Visvijverweg en 48,4 m uit het hart van kavelstroom

t G29/g28. Het voorschip ligt west-noordwest. Het schip is vrij compleet aangetroffen, de zijden in het voorschip zitten waarschijnlijk niet meer aan de steven vast. De max. lengte bedraagt 21 m over de stevens gemeten, de grootste breedte is 5,4 m. Diep

te max.: 2,5 m onder maaiveld, diepte min.: ong. 0,35 m onder maaiveld. De houtkwaliteit van de dieper gelegen delen is goed, van de hoger gelegen delen is de kwaliteit van het hout matig. De netvervaarders die bij het wrak zijn gevonden zijn waarschijnlijk

ijnlijk afkomstig van vissersschepen die met hun netten achter het wrak zijn blijven haken. Datering: op basis van bodemprofiel waarschijnlijk jonger dan 1600.

29042 Het is onbekend of het wrak in 1959 verkend is. In 1994 is een verkenning verricht door Schreurs en Post. Het betreft het wrak van een vrij compleet scheepje. Het scheepje is over-naads gebouwd en bevat een bun. De achtersteven is niet aangetroffen, we

zijn de gangen aanwezig. De voorsteven is tijdens de verkenning ook nog waargenomen. De grootste lengte is 9 m, gemeten over de stevens. De max. breedte bedraagt 2,5 m, gemeten over de boorden. Diepte max.: 1,05 m onder maaiveld, diepte min.: aan stuw

boordzijde 0,5 m; aan bakboordzijde 0,43 m bij de voorsteven 0,4 m; bij de achtersteven 0,45 m. De kwaliteit van het hout is zeer slecht. De gangen, spanten, bundeken en de trog vallen bij de min aanraking uit elkaar. Op het hout is witteschimmel wa

aargenomen. Datering: aan de hand van de aangetroffen scherven en het glas wordt het wrak aan het begin van de 19e eeuw gedateerd.

29951 Onderzoek in 1979 uitgevoerd door archeologische werkgroep Hattem. In 1981 voortgezet door de ROB, en in 1983 door de NJBG (=huidige waarneming)

30073 in tocht, in veen

30080 geploegd maaiveld

30089 "Gevest met klein gedeelte van het lemmet van gesmeed ijzeren zwaard. Ophet gevest komen tal van versieringselementen voor en voorts letters, welke echter niet meer in verband zijn te lezen".

30090 Bij opgraving in rivierduin, met verspoelde resten prehistorische bewoning. Nummers tussen () geven de volgnummers aan in vondstboekje Van der Heide. ad 05 aardewerk: "Een van de stukjes heeft een duidelijk spoor van een klein rond gaatje (Lochrandbecher

). ad 09 boortje: "...met scherpe punt en duidelijke retouche langs een der lange zijden en aan de spits."

31605 Zie waarn. 29951 voor onderzoek 1979-1983.

37356 Tijdens de aanleg van drainagesleuven t.b.v. het nieuwe gemaal werden enkele balken aangetroffen. De AWN heeft waarneming vastgelegd. Het gaat om de fundatie van een sluis.

41465 De documentatie in het CAA bestaat uit een copie van een conceptversie van Hulst 1970 (zie Literatuur) met de tekst: 'Hattem. In het droogdal dat bo-ven Molecaten diep in de stuwwal, de Woldberg indringt, is in de zomer van 1968 een bronzen bijl. gevonden

den, naast de zogenaamde Leemkule. Het betreft een vertegenwoordiger van het type van de Noord-Nederlandse onversierde hielbijl. (cf. J.J. Butler, N.D.V. 1963, pp. 181-212). De lengte bedraagt 13 cm, de breedte van de snede 5,3 cm. Het oppervlak is vrij

wel egaal groen gepatineerd. De hielbijl. is bij toeval bij een niet opzettelijk en zeer oppervlakkig loswoelen van de grond gevonden. Een mogelijkheid is dat de bijl. uit een plantgat van het thans ongeveer 40-jarige grove dennenbos afkomstig is en toen o

nopgemerkt is gebleven. De vinder heeft de bijl. aan de Oudheidkamer van Hattem, Museum Dijkpoort, geschonken (inv. nr. 752).

- 42165** CAA: Vondstbericht en CAA-fiche.CAA-fiche:A. Verlinde 1978; het terrein is in de ruilverkaveling uitgespaard. Momen-teel rest er een 1 m hoge zandhoogte met een diameter van ca. 65 m,temiddel van het veen. Er zit een gat in het centrum, geen grachten
of anderszins gezien. Geen vondsten gedaan.Later bijgeschreven; de coördinaten blijken onjuist. Het kasteel is waar-schijnlijk 1 km zuidoostelijker gelegen.Vondstbericht:A. Verlinde 1989; er ligt nu een grote huisterp met twee boerderijen op hetkasteel
el terrein. In persvoerbulen enz. op het terrein zijn vele schervengevonden.Belegd en verwoest in 1375.Gevonden door R. de Heer en J. v.h. IJssel.Voor meer gegevens zie CMA en CAA.
- 42166** CAA: Vondstmelding (verslag).Vondst van een onbekende kasteelplaats. Na bestudering van van de lucht-foto's en de grondboringsresultaten tot de conclusie gekomen dat het hierwellicht om een mottekasteel gaat welke ruim voor de val van Puttestein al a
fgebroken moet zijn geweest.Na 12 jaar in de directe omgeving bezig geweest te zijn deel ik u tevensmede dat in een straal van 400 a 500 m verschillende vondsten zijn gedaan.Er zouden dus 3 kastelen hebben gestaan met een onderlinge afstand vanongeve
er 500 m, namelijk:PuttensteinWittensteinHet onbekende kasteel.(zie ook waarneming 42165)Voor meer informatie: zie CAA en CMA.CMA:Omgracht edelmanshuis. Op grond van luchtfoto 1944 er boringen is een intweeen gedeelde rechthoekige plattegrond waargen
omen.Afmeting: 33 x 25 m en 20 x 20 m.
- 45654** Deze waarneming bevat gegevens van voormalig monument 12521 (21C-A03). Terrein met mogelijk resten van een scheepswrak uit LME - NT. Motivatie afvoer (25-10-2004): Dit monument stond geregistreerd als 'terrein van archeologische betekenis'(AB-terre
in), waarvan het scheepswrak in 2001 is opgegraven. Derhalve is dit terrein (in overleg met de provincie Flevoland) in het kader van de update AMK 2004 afgevoerd. De informatie van dit afgevoerd terrein (zowel de tekst als de begrenzing) is digitaal
ondergebracht bij waarnemingsnummer 45654.
- 48812** Deze waarneming bevat de gegevens van voormalig monument 7043 (CMA-code 20G-A02). Terrein met mogelijk sporen van bewoning uit de periode Mesolithicum - Vroeg Neolithicum. Toelichtin omschrijving: Het betreft een rivierduintje die ook op de kaart
es is afgebeeld in de vele Swifterbant contributions in Helinium. Op basis van onderzoeksresultaten van soortgelijke locaties kunnen bewoningsresten worden verwacht. Toelichting datering: De datering is gebaseerd op de te verwachte hoogteligging va
n het duin. Toelichting waardebeplating: Het is nog onbekend wat zich in de bodem bevindt en wat de gaafheid en conservering zijn van de resten en grondsporen. Off-site informatie: In de omgeving bevinden zich nog meer rivierduintjes, zie bijv. 20
G- 006. Motivatie afvoer (06-08-2004): Dit monument stond geregistreerd als 'terrein van archeologische betekenis' (AB-terrein). De archeologische waardering ervan was uitsluitend gebaseerd op een archeologische verwachting (voorkomen dekzandkop e.d
) en niet op daadwerkelijk aangetroffen archeologische indicatoren en/of vondsten. Verder heeft op dit terrein nooit veldwerk plaatsgevonden en was het dus niet gewaardeerd. Derhalve is dit terrei
r van de update AMK 2004 afgevoerd. De informatie van dit afgevoerde terrein (zowel de tekst als de begrenzing) is digitaal ondergebracht bij waarnemingsnummer 48812.
- 48814** Deze waarneming bevat de gegevens van voormalig monument 12501 (CMA-code 20G-A07). Terrein met mogelijk sporen van bewoning uit het Midden-Neolithicum. Toelichting omschrijving: Het betreft een gebied waarin een geul loopt met bijbehorende oeverwal
len. De oeverwallen zijn in de Calais II transgressiefase gevormd. Op basis van onderzoeksresultaten van soortgelijke locaties kunnen bewoningsresten worden verwacht. Toelichting waardebeplating: De begrenzing is mede bepaald aan de hand van de Bod
emcodingskaart blad: sectie G. Het is niet bekend wat zich nog in de bodem bevindt en wat de gaafheid en conservering van de resten en grondsporen zijn. Off-site informatie: Naar het oosten loopt de geul door, zie 20G-007 en 20G-009. Motivatie a
fvoer (9-8-2004): Dit monument stond geregistreerd als 'terrein van archeologische betekenis' (AB-terrein). De archeologische waardering ervan was uitsluitend gebaseerd op een archeologische verwachting (voorkomen dekzandkop e.d.) en niet op daadwerk
elijk aangetroffen archeologische indicatoren en/of vondsten. Verder heeft op dit terrein nooit veldwerk plaatsgevonden en was het dus niet gewaardeerd. Derhalve is dit terrein (in overleg met de provincie Flevoland) in het kader van de update AMK 20

- 48814** 04 afgevoerd. De informatie van dit afgevoerde terrein (zowel de tekst als de begrenzing) is digitaal ondergebracht bij waarnemingsnummer 48814. Binnen het terrein van het voormalige monumen zijn vier mechanische boringen gezet: onderzoeksmeldingsnummer 9503. De foto's ervan staan onder deze waarneming in Livelink.
- 49597** Deze waarneming bevat gegevens van voormalig monument 12516 (20H-A07). Terrein met mogelijk resten van een scheepswrak uit LME - NT. Toelichting omschrijving: Het betreft een scheepswrak waarvan de exacte ligging niet bekend is. Mededeling B.van D
alen op 28-11-1959: "Juiste ligging: in de sloot tussen wegberm en kavel H 97, onder de 6e drain in oostelijke richting vanaf de dam nabij het kruispunt secundaireweg/polderweg (zie schets), ter hoogte van hectometerpaal 29.50 van de secundaire weg."
Het verkeningsrapport van november 1989 vermeldt dat alle mogelijke locaties afgeprikt zijn, maar dat er geen scheepswrak is aangetroffen. Motivatie afvoer (21-10-2004): Dit monument stond geregistreerd als 'terrein van archeologische betekenis'(A
B-terrein). De archeologische waardering ervan was uitsluitend gebaseerd op een eerdere waarneming en niet op later daadwerkelijk aangetroffen archeologische indicatoren en/of vondsten. Derhalve is dit terrein (in overleg met de provincie Flevoland)
in het kader van de update AMK 2004 afgevoerd. De informatie van dit afgevoerde terrein (zowel de tekst als de begrenzing) is digitaal ondergebracht bij waarnemingsnummer 49597.
- 54836** POSITIE: exacte vindplaats onbekend, daarom fictieve positie met centr. coördinaten kavel. VONDSTOMSTANDIGHEDEN: P. de Boer: "... een groot ijzeren anker dat op kavel G30 bij Lelystad is opgeploegd (zie foto's). De vondstdatum is onbekend. Ook zijn er in de loop der tijd een tiental afgeronde stenen op dezelfde kavel gevonden. Het gaat hier niet om netvervaarders, mogelijk wel om ballaststenen (zie foto's)."
- 55066** Ligging: In de 28e, 29e en 30e drain (222-242m uit bermsloot), 47m uit de sloot G28/29 (Noordertocht - Visvijverweg) Klasse: a Dossier: ja Scheepstype: Vrachtschip, karveel gebouwd, vrij compleet Lengte: 20 x 5 Datering: <1600 Melding: 1965.00.00 Verkend: 1965.05.26 Opgegraven: 1989.08.17/25 Opmerking(en): Archiscoördinaten 165600-508660. Met dekbalk en berghout aanwezig, liggend in Zu. Schip is vrijwel compleet. Ligt in Zuiderzeeafzettingen Inventaris: ja
- 55087** Ligging: In sloot tussen wegberm en kavel H97, onder de 6e drain in oostelijke richting vanaf de dam nabij het kruispunt secundaire weg/polderweg ter hoogte van Hp. 29.50 van de sec. weg Scheepstype: Schip, overmaats Datering: 1500-1600 Melding: 1959 .11.00 of eerder Verkend: 1959.11.24 Opgegraven: 1974.04.00 of later Opmerking(en): Ligt in sloef, in Al, dus voor 1600. Schip ligt ondersteboven. Moet op 1.9.1968 nog onderzocht worden. Schet in dossier aanwezig.
- 55088** Ligging: Op 500m uit tocht II-N-2 en 25m uit sloot H101/102 Klasse: d Scheepstype: Fragment, alleen boord Opgegraven: 195606.18 Status: Verwijderd Opmerking(en): Steekt iets boven de grond uit. Ligt op z'n kant, misschien alleen boord, in Zu. Kan worden verwijderd. In 1956 door ir. J.H. van Kampen geïnspecteerd. In 1970 prijsgegeven na verkenning
- 55095** Ligging: In 33e akker (drain?) 75m uit sloot K10/11 Klasse: C Scheepstype: Fragmenten vissersschip met plaatijzer Melding: 1960 of eerder Verkend: 1960.09.06 Opgegraven: 1960.09.06 Status: Verwijderd Opmerking(en): Hiervan gaarne de steven bewaren. In 1970 prijsgegeven na verkenning
- 55096** Ligging: In 42e akker, 75m uit sloot K10/11 Status: Verwijderd Opmerking(en): In 1970 prijsgegeven na verkenning
- 55098** Scheepstype: fragment schip Verkend: 1962.00.00 Status: Verwijderd? Opmerking(en): Getekend in 1962 Geborgen voor 1.9.1968
- 55100** Ligging: In de wegbaan tegenover K37 Klasse: a Scheepstype: sloep, klein Datering: <1800 Verkend: 1960.06.28 Opgegraven: 1960.06.28 Status: Verwijderd Opmerking(en): Kan worden verwijderd (1960). In 1970 prijsgegeven na verkenning
- 55106** Ligging: In 41e akker op 100m uit de sloot van L9/10 Klasse: a Diepte: 150 Scheepstype: Stoomschip, ijzer Datering: 1900-1950? Verkend: 1960.07.13 Opgegraven: 1960.07.13 Status: Verwijderd Opmerking(en): Na uitgraven door dragline in okt. 1962 bekende

55106 n en gemeten. Kan worden verwijderd. In 1970 prijsgegeven na verkenning

55107 Ligging: In 51e deel greppel (612m) vanaf de weg (hanzeweg), 22m uit de sloot L78/79 Klasse: a Scheepstype: Vrachtschip, vrij compleet Langte: 18 x 4.5 datering: 1775-1800 Verkend: 1959.10.26/1985.00.00 Opgegraven: 1974.04.00 of later Opmerking(en):
Tot berghout aanwezig. Geladen met leien. In 1959 door ir. J.H. van Kampen geïnspecteerd

55108 Ligging: Op 133m vanuit weg L-2 en 30m uit de sloot L84/85 Scheepstype: Praam, beschadigd (17 x 3.80) Lengte: 17 x 3.8 Datering: 1800-1825 Verkend: 1959.10.24 Opgegraven: 1959.11.09
Status: Verwijderd Opmerking(en): Uitgegraven met behoud van gegevens
s voor 1.1.1970 en vondsten geborgen. Zal door de afd. archeologie worden verwijderd. in 1959 door ir. J.H. van Kampen geïnspecteerd

55109 Ligging: In 66e akker (190m uit tocht zuidzijde kavel), 13,5m uit sloot L82/85 (Colijntocht) Klasse: a Scheepstype: jol compleet, overnaads gebouwd (9 x 2.5m) Lengte 9 x 2.5 Verkend: 1959.10.24
1994.10.26 Opgegraven: 1974.04.00 of later Opmerking
(en): Houtkwaliteit zeer slecht schimmelvormig zsm opgraven 26-10-95. Ook vrachtschip van 25.5m worden hier twee schepen door elkaar gehaald???) In 1959 door ir. J.H. van kampen geïnspecteerd

55133 Ligging: In bermsloot, 300m vanuit sloot O1/2 Klasse: b Scheepstype: vrachtschip met compost Datering: 1825-1850 Verkend: 1959.08.01 Opgegraven: 1960.01.00 Status: verwijderd
Opmerking(en): Door graven (verstoorde) bij graven sloot. Compostschip. In
jan. 1960 leeggegraven. In 1959 door ir. J.H. van Kampen geïnspecteerd. uitgegraven voor 1.1.1970 met behoud van gegevens

55136 Ligging: In 35e akker (356m) uit kwelsloot vanaf de dijk en 70m uit sloot O64a/65 (Reveweg) Klasse: a Dossier: ja Scheepstype: Vrachtschip, overnaads gebouwd, middelgroot Lengte: 25.5 Datering: 1700-1800 Melding: 1958.12.00 of eerder verkend: 1958.12
.30 Opgegraven: 1974.04.00 of later Opmerking(en): Overnaads gebouwd. met koehaar gebreeuwd vrij vroeg schip. Verm. uit elkaar geslagen. Niet afgedekt! In 1959 door ir. J.H. van Kampen geïnspecteerd. van de Kwelsloot af is de eerste akker 14m, 2e-16e
akker 8m en 17e-41e akker 12m.

55137 Ligging: Op 500/520m vanuit de stortberm van de dijk. Ter hoogte van Hp. 2 en ten zuiden van Roggebotsluis Scheepstype: Praam, wsch. alleen deel van vlak Datering: 1840-1860 Verkend: 1957.06.04 Opgegraven: 1957.06.04 Status: verwijderd Opmerking(en):
Uitgegraven voor 1.1.1970 en inventaris geborgen, schip verwijderd. Jong schip

55658 LIGGING: x en y bij benadering, n.a.v. mededeling in dossier "in de zuidwestelijke punt van de kavel, in de 1e en 2e drainsleuf, op 15 m. uit G 63/64." Opgegraven in 1968.

56398 betreft zone Ixix. (boringen 5122 t/m 5131, -5133-5135-5137-5139, 5144 t/m 5238) Om en nabij de aansluiting van de Biddingweg op de Bisontocht zijn 75 boringen gezet. Ten zuiden van de Biddingweg vervielen 32 boringen omdat hier al gewas was ingezaaid
.Op basis van de resultaten van IVO fase 1 liggen deze boringen in een zonemet een dekzandrug en enkele zandkopjes. Het dekzand bevindt zich hiertussen de 8,9-6,4 m -NAP, vertoont veel reliëf en is afgedekt met een laagveen. Met name op de hogere delen
en van het dekzand is erosie opgetreden en zijn veel BC-profielen waargenomen, met hierop een laagje lichtgrijs, verspoeld dekzand. Intacte bodemprofielen zijn op de flanken wel aangetroffen. In de lagere delen, die mogelijk watervoerend waren, zijn AC-
en C-profielen waargenomen.

56400 IX. De zone tussen de boringen 110 t/m 87 en 1130 t/m 1105 In de top van het dekzand zijn alleen A/C-profielen waargenomen die zijn ontstaan onder natte omstandigheden (dekzandlaagte). Het pleistocene dekzand ligt ook relatief laag ten opzichte van dat
in de zones VIII en X. In dit deel van het tracé is geen erosie van de top van het dekzand waargenomen. Deze zone betreft (landschappelijk gezien) een laagte tussen tweedekzandruggen. In deze zone is de kans op het voorkomen van archeologische resten middel

56400 elmatig. In de boringen 1087 en 1079 is aardewerk aangetroffen, veel houtskool in 59, 54 en 1068.

56403 VI. De zone tussen de boringen 168 t/m 164 en 1190 t/m 1182 In deze zone zijn veel verschillende bodemprofielen waargenomen. Het betreft in enkele gevallen geïsoleerde bodems; daarnaast is sprake van plaatsen waar geen bodemvorming is waargenomen. Waarschijnlijk is de top van het dekzand door erosie aangetast en daarmee vermoedelijk ook een eventueel bewoningsniveau. In deze zone is de kans op het voorkomen van archeologische resten derhalve (zeer) laag.

57449 IV. (boringen 5270 t/m 5281) Aan de Hondweg zijn twaalf boringen gezet. Het dekzand ligt hier tussen de 4,5 - 5,3 m -NAP. Ter hoogte van boringen 5271-5275 bevindt het dekzand zich op het hoogste punt en is een intact podzolprofiel waargenomen, de afdek-

kende veenlaag is hier echter verdwenen. Vanaf dit punt zakt het dekzand oppervlak langzaam zowel in noordelijke als in zuidelijke richting. In deze boringen worden geen aanwijzingen voor bodemvorming (C-profielen) waargenomen, afgedekt door een laag vee-

n. Landschappelijk gezien betreft het hier waarschijnlijk een vlakte met een klein kopje. De kans op het voorkomen van archeologische resten is hier middelmatig.

57451 dit waarnemingsnummer betreft de gehele zone II. II. (boringen 5295 t/m 5403) Aan de noordzijde van het tracé, tussen de Revetocht en de Oude Bostocht, zijn in totaal 109 boringen gezet. Het dekzand ligt hier tussen de 2,6 - 4,4 m -NAP en vertoont duidelijke

lijken. f. In deze zone zijn voornamelijk bodems waargenomen die onder droge omstandigheden zijn ontstaan (podzolbodems). Veel bodems zijn echter onthoofd; de A- en/of E-horizont ontbreken. De bovenkant van de bodem is waarschijnlijk door erosie verdwenen

en, de oorspronkelijke afdekkende veenlaag ontbreekt ook in de meeste boringen. Landschappelijk gezien betreft het hier waarschijnlijk een dekzandvlak met een aantal kopjes, waarvan de toppen veelal geïsoleerd zijn. Desondanks zijn op een aantal plaatsen

aanwijzingen, met name op de flanken, intacte profielen waargenomen. De kans op het voorkomen van archeologische resten is hier middelmatig maar plaatselijk hoog.

57455 X. De zone tussen de boringen 86 t/m 43 en 1104 t/m 1061 In deze zone zijn goed ontwikkelde, intacte podzolbodems waargenomen die zijn ontstaan onder droge omstandigheden. Het dekzand ligt in deze zone vrijwel aan het oppervlak. Hierdoor is het dekzand n

iet overal afgedekt met veen. Deze zone betreft (landschappelijk gezien) een dekzandrug grenzend aan een laagte die wellicht watervoerend was. In deze zone is de kans op het voorkomen van archeologische resten (zeer) hoog. Vuursteen in boring: 43, aw in 4

8, puin in 22 en veel houtskool in 44, 45 en 37.

57457 VIII. De zone tussen de boringen 1140 t/m 111 en 1158 t/m 1131 De bodemprofielen die in deze zone zijn waargenomen, lijken te zijn ontstaan onder droge omstandigheden. Het dekzand vertoont veel reliëf; in dit deel van het tracé zijn verschillende dekzand

kopjes aanwezig. Erosie van het dekzand is niet aangetoond: het dekzand is overal afgedekt met een laag veen. Ten oosten van de zone ligt een laagte die mogelijk watervoerend is geweest.

57459 VII. De zone tussen de boringen 158 t/m 141 en 1177 t/m 1159 In deze zone zijn veel bodems waargenomen die ontstaan moeten zijn onder droge omstandigheden. Het dekzand ligt relatief ondiep vergelijken met de aangrenzende tracé delen. In de boringen 1

175 en 1176 zijn zandige afzettingen en dunne veenlaagjes waargenomen die worden geïnterpreteerd als een met veen afgedekte, dichtgeslibde geul. Dit zou kunnen betekenen dat deze geul watervoerend was voordat het dekzand werd afgedekt met veen. Deze zone be

treft (landschappelijk gezien) een dekzandrug grenzend aan een mogelijk watervoerende geul. In deze zone is de kans op het voorkomen van archeologische resten (zeer) hoog. In boring 1142 en 11 is veel houtskool aangetroffen

57461 V. De zone tussen de boringen 193 t/m 169 en 1212 t/m 1191 In dit tracé deel is geen dekzand aangetroffen, maar alleen rivierafzettingen. Het betreft een fossiele IJsselloop zonder duidelijke oeverwallen (alleen restgeul- en beddingafzettingen). Het dekza

nd is zwaar geïsoleerd in dit deel van het tracé. Als hier ooit archeologische resten aanwezig waren, dan heeft de IJssel deze volledig opgeruimd. In deze zone worden geen archeologische vindplaatsen verwacht. In deze zone is de kans op het voorkomen van

archeologische resten derhalve laag. In boring 1189 en 1188 is veel houtskool aangetroffen

- 57463** Dit waarnemingsnummer betreft de gehele zone IV. De zone tussen de boringen 228 t/m 194 en 1247 t/m 1213 In deze zone zijn zeer veel intacte bodemprofielen aangetroffen; de bodemslijke zijn ontstaan onder droge omstandigheden. De reliëfverschillen zijn minder groot dan in de zones I, II en III, maar er zijn desondanks verschillende kopjes aangetroffen. Het dekzandlandschap lijkt geheel intact en afgedekt door een dikke laag veen. In deze zone de kans op het voorkomen van archeologische resten is hoog.
- Op vindplaats 2 In boring 1220 zijn op 0,70 m -Mv twee fragmenten steengoed in het veen aangetroffen. Deze vondst in het veen betreft waarschijnlijk geen huisplaats, maar kan in verband gebracht worden met de veenontginning. Op verschillende locaties zijn puinspikkels waargenomen in de bouwvoor. Omdat deze zijn waargenomen in geroerde grond, worden ze niet beschouwd als archeologische indicator. In drie boringen zijn puinspikkels aangetroffen op een diepenniveau: boring 22 (0,80 m -Mv): puindeeltje in een kleilaag; boring 232 (0,30 m -Mv): een fragment van een baksteen in een laag klei (mogelijk opgebracht) zand; boring 235 (0,30 m -Mv): een puindeeltje in een verrommeld pakket. Het puin houdt zeer waarschijnlijk verband met de bebouwing in de nabijheid.
- Het kan echter ook een aanwijzing zijn voor vroegere (historische) bewoning. Daarnaast zijn uit verschillende boringen in het veen monsters genomen. Nahetveen van de monsters zijn houtskoolpartikels aangetroffen. Het betreft de boringen 142, 117, 173, 278, 1087, 1190 en 1156. In de kleimonsters zijn geen archeologische indicatoren aangetroffen. Vuursteen is aangetroffen in boring: 213, aw in: 1220, veel houtskool in: 1233, 212, 1230, 1228, 1227, 205, 1224, 1223, 200, 1217, 1216.
- 58766** terrein XIII: Terrein XIII, boringen 4159 t/m 4168 In de boringen direct langs de Oostersedijk is een dekzandrug/kopje aangetroffen op 0,0 m NAP. De top van het dekzand duikt weg in de richting van knooppunt Hattemerbroek. Er zijn overwegend intacte bodemprofielen aangetroffen, afgedekt door een laag veen en kleiige IJsselaafzettingen. De kans op het voorkomen van archeologische resten is hier zeer hoog. Vindplaats 1 Op terrein XIII zijn in vier boringen (boringen 4161 t/m 4164) aanwijzingen gevonden voor de aanwezigheid van een archeologische vindplaats. Het aangetroffen aardewerk is gemagerd met kwartsgruis en moet waarschijnlijk het Neolithicum of de Bronstijd gedateerd worden. Aardewerk en onverbrand bot zijn gevonden in boringen: 4164, 4163, 4162, 4161.
- 58768** terrein XV: Terrein XIV, boringen 4177 t/m 4191 De boringen op terrein XIV zijn gezet ten zuiden van de kruising Zuiderzeestraatweg/ Oostersedijk. Hier zijn vrijwel alleen holocene IJsselaafzettingen aangetroffen. Er zijn geen duidelijke oeverwallen waargenomen (alleen restgeul- en beddingafzettingen). Het dekzand en de afdekkende veenlaag zijn geheel rodeerd. In sommige boringen is nog een laagje verspoeld dekzand waargenomen. Alleen in de boringen 4177 en 4182 is intact dekzand aangetroffen op 0,0 m NAP. De kans op het voorkomen van archeologische resten in de rivierafzettingen is zeer laag. In het actieve fluviale milieu van de IJssel waren de condities voor bewoning ongunstig. Terrein XV/XVI, boringen 4169 t/m 4176 en 4192 t/m 4201 Ten oosten van de Oostersedijk/Hilsdijk zijn voornamelijk C-profielen aangetroffen. Het dekzand ligt vrij diep, tussen 2,20 en 4,50 m -NAP, en wordt afgedekt door pleistocene beekafzettingen waarop veen ligt. De top van het dekzand is waarschijnlijk geheel rodeerd door de beekafzettingen. Alleen in boring 4175 is nog een deel van een dekzandkopje aangetroffen op 0,2 m -NAP; de top van het dekzand lijkt hier echter ook verstoord en de afdekkende veenlaag is verdwenen. De kans op het voorkomen van archeologische resten is hier zeer laag. Vindplaats 2 Op terrein XV zijn in boring 4175 indicatoren aangetroffen voor de aanwezigheid van een archeologische vindplaats. De fragmenten aardewerk en vuursteen zijn te klein om op basis daarvan iets te zeggen over datering. In boring 4175 bevonden zich fragmenten aardewerk, vuursteen en verbrand bot.
- 128217** methode: -electromagnetisch-onderzoek-booronderzoekresultaat: -het is geprobeerd om de aanwezigheid van de oeverwallen in het onderzocht terrein te sporen. In het onderzoek zijn geen sporen van oeverwallen teruggevonden.
- 230004** vondsten gedurende dertig jaar gedaan op kavel J28, naast de genoemde vondsten is op de kavel een grote hoeveelheid aardewerk en glas gevonden uit de nieuwe tijd. Dit is stadsafval gedumpt in de voormalige Zuiderzee.
- 403845** RAAP Archeologisch Adviesbureau heeft een bureau- en inventariserend veldonderzoek uitgevoerd in verband met de bouw van een zevental windmolens in de gemeenten Hattem en Oldebroek. Vervolgonderzoek wordt op een deel van het onderzochte terrein aanbevolen.

403845 volen.

404581 In juni 2005 heeft RAAP Archeologisch Adviesbureau, in opdracht van ProRail B.V en onder begeleiding van Vestigia b.v. Archeologie & cultuurhistorie, de eerste fase van het inventariserend archeologisch onderzoek in het tracédeel Oude Land van de Han zelve afgerond. Het betreft deelgebied A waar in twee zones een waarderend booronderzoek is uitgevoerd. Doel was het nader onderzoeken van deelgebied A op de aanwezigheid van archeologische resten, en indien deze aanwezig zijn, het zo mogelijk vaststellen van de aard, omvang en kwaliteit van deze resten. De boringen hebben een gedetailleerd beeld opgeleverd van het dekzandlandschap in beide onderzochte zones en de aanwezigheid van archeologische indicatoren. In de zuidwestelijke zone is het dekzand licht glooiend; in de noordoostelijke zone bevindt zich centraal een kop (0,4 m γ NAP) met oostelijk daarvan een laagte dieper dan 3,0 m γ NAP. Het blijkt dat in beide zones dubbele podzolen voorkomen. In vrijwel alle dekzand-monsters is houtskool aangetroffen. In de noordoostelijke zone vallen de volgende zaken op: - in vrijwel alle begraven podzolen komt veel houtskool voor. - op de oostflank van de kop en de overgang naar de laagte lijkt zich een aaneengesloten zone met begraven podzolen te bevinden. - in boring 10018 in deze zone is een houtskoollaag aangetroffen onder meer met verbrand riet. De aaneengesloten zone met begraven podzolen kan als archeologisch zeer kansrijk worden beschouwd door zijn ligging op een overgang van hoog naar laag en door het voorkomen van veel houtskool. Hoewel geen eenduidige archeologische indicatoren zijn aangetroffen valt niet uit te sluiten dat kleine of vondstarme nederzettingen aanwezig zijn, of dat een andersoortige vindplaats aanwezig is (brandplaatsen, rituele depots, begravingen). Deelgebied B Boringen (n) Archeologische verwachting Houtskool ☐ ☐ ☐ Geen ☐ Weinig ☐ Veel B ☐ 6 ☐ laag ☐ 2 ☐ 4 ☐ - C ☐ 16 ☐ (zeer) hoog ☐ 1 ☐ 14 ☐ 1 D ☐ 7 ☐ middelmatig ☐ 2 ☐ 5 ☐ - E-F ☐ 18 ☐ (zeer) laag ☐ n.v.t. ☐ n.v.t. ☐ n.v.t.

404583 In juni 2005 heeft RAAP Archeologisch Adviesbureau, in opdracht van ProRail B.V en onder begeleiding van Vestigia b.v. Archeologie & cultuurhistorie, de eerste fase van het inventariserend archeologisch onderzoek in het tracédeel Oude Land van de Han zelve afgerond. Het betreft deelgebied A waar in twee zones een waarderend booronderzoek is uitgevoerd. Doel was het nader onderzoeken van deelgebied A op de aanwezigheid van archeologische resten, en indien deze aanwezig zijn, het zo mogelijk vaststellen van de aard, omvang en kwaliteit van deze resten. De boringen hebben een gedetailleerd beeld opgeleverd van het dekzandlandschap in beide onderzochte zones en de aanwezigheid van archeologische indicatoren. In de zuidwestelijke zone is het dekzand licht glooiend; in de noordoostelijke zone bevindt zich centraal een kop (0,4 m γ NAP) met oostelijk daarvan een laagte dieper dan 3,0 m γ NAP. Het blijkt dat in beide zones dubbele podzolen voorkomen. In vrijwel alle dekzand-monsters is houtskool aangetroffen. In de noordoostelijke zone vallen de volgende zaken op: - in vrijwel alle begraven podzolen komt veel houtskool voor. - op de oostflank van de kop en de overgang naar de laagte lijkt zich een aaneengesloten zone met begraven podzol en te bevinden. - in boring 10018 in deze zone is een houtskoollaag aangetroffen onder meer met verbrand riet. De aaneengesloten zone met begraven podzolen kan als archeologisch zeer kansrijk worden beschouwd door zijn ligging op een overgang van hoog naar laag en door het voorkomen van veel houtskool. Hoewel geen eenduidige archeologische indicatoren zijn aangetroffen valt niet uit te sluiten dat kleine of vondstarme nederzettingen aanwezig zijn, of dat een andersoortige vindplaats aanwezig is (brandplaatsen, rituele depots, begravingen). Deelgebied B Boringen (n) Archeologische verwachting Houtskool ☐ ☐ ☐ Geen ☐ Weinig ☐ Veel B ☐ 6 ☐ laag ☐ 2 ☐ 4 ☐ - C ☐ 16 ☐ (zeer) hoog ☐ 1 ☐ 14 ☐ 1 D ☐ 7 ☐ middelmatig ☐ 2 ☐ 5 ☐ - E-F ☐ 18 ☐ (zeer) laag ☐ n.v.t. ☐ n.v.t. ☐ n.v.t.

404585 In juni 2005 heeft RAAP Archeologisch Adviesbureau, in opdracht van ProRail B.V en onder begeleiding van Vestigia b.v. Archeologie & cultuurhistorie, de eerste fase van het inventariserend archeologisch onderzoek in het tracédeel Oude Land van de Han zelve afgerond. Het betreft deelgebied A waar in twee zones een waarderend booronderzoek is uitgevoerd. Doel was het nader onderzoeken van deelgebied A op de aanwezigheid van archeologische resten, en indien deze aanwezig zijn, het zo mogelijk vaststellen van de aard, omvang en kwaliteit van deze resten. De boringen hebben een gedetailleerd beeld opgeleverd van het dekzandlandschap in beide onderzochte zones en de aanwezigheid van archeologische indicatoren. In de zuidwestelijke zone is het dekzand licht glooiend; in de noordoostelijke zone bevindt zich centraal een kop (0,4 m γ NAP) met oostelijk daarvan een laagte dieper dan 3,0 m γ NAP. Het blijkt dat in beide zones dubbele podzolen voorkomen. In vrijwel alle dekzand-monsters is houtskool

404585 ool aangetroffen. In de noordoostelijke zone vallen de volgende zaken op: -□in vrijwel alle begraven podzolen komt veel houtskool voor. -□op de oostflank van de kop en de overgang naar de laagte lijkt zich een aaneengesloten zone met begraven podzo

len te bevinden. -□in boring 10018 in deze zone is een houtskoollaag aangetroffen onder meer met verbrand riet. De aaneengesloten zone met begraven podzolen kan als archeologisch zeer kansrijk worden beschouwd door zijn ligging op een overgang van

hoog naar laag en door het voorkomen van veel houtskool. Hoewel geen eenduidige archeologische indicatoren zijn aangetroffen valt niet uit te sluiten dat kleine of vondstarme nederzettingen aanwezig zijn, of dat een andersoortige vindplaats aanwezig

is (brandplaatsen, rituele depots, begravingen). Deelgebied□Boringen (n)□Archeologische verwachting□Houtskool □□□Geen□Weinig□Veel B□6□laag□2□4□- C□16□(zeer) hoog□1□14□1 D□7□middelmatig□2□5□- E-F□18□(zeer) laag□n.v.t□n.v.t□n.v.t

404587 In juni en juli 2005 heeft RAAP Archeologisch Adviesbureau, in opdracht van ProRail B.V en onder begeleiding van Vestigia b.v. Archeologie & cultuurhistorie, de eerste fase van het inventariserend archeologisch onderzoek in het tracédeel Oude Land va

n de Hanzelijn afgerond. Het betreft vijf gebieden waar door het ontbreken van betredingstoestemmingen of door nog niet uitgevoerd explosievenonderzoek het IVO fase 1-onderzoek nog niet was uitgevoerd (figuur 1: gebieden B-F). Doel van onderhavig o

nderzoek was om een verkennend en karterend booronderzoek uit te voeren op de locaties binnen het ruimtebeslag van het Tracébesluit waar dit onderzoek eerder niet uitgevoerd kon worden. In c eerste plaats richt het onderzoek zich op de reconstructie

van het (paleo)dekzandlandschap. Daarnaast kan door het booronderzoek inzicht verkregen worden in de aanwezigheid van vondstlocaties oftewel (potentiële) vindplaatsen. De boringen hebben een gedetailleerd beeld opgeleverd van het (paleo)landschap i

n de deelgebieden waardoor de archeologische verwachting kon worden vastgesteld. Alleen voor deelgebied C geldt een (zeer) hoge archeologische verwachting. Dit deelgebied, waarin overwegend intacte podzolbodems zijn aangetroffen, sluit in het zuiden

aan op een dekzandkop- of rug. Op deze kop of rug zijn tijdens IVO fase 3 (proefsleuven module 4) enkele grondsporen en vondsten uit de Steentijd aangetroffen. De kans bestaat dat deze (potentiële) vindplaats in noordelijke richting, tot in deelgebi

ed C, doorloopt. Deelgebied D betreft een overgangszone van een laagte naar een flank van een dekzandkop. Op grond hiervan en het intacte dekzand geldt voor dit deelgebied een middelmatige archeologische verwachting. Deelgebied B, een relatieve laag

te die deels is verstoord door de N50, heeft een lage archeologische verwachting gekregen. In deelgebieden E en F zijn geen dekzandafzettingen aangetroffen, maar uitsluitend Holocene afzettingen van de IJssel. Het afrondende IVO-fase 1 onderzoek heeft

t geen nieuwe vindplaatsen opgeleverd. Deelgebied□Boringen (n)□Archeologische verwachting□Houtskool □□□Geen□Weinig□Veel B□6□laag□2□4□- C□16□(zeer) hoog□1□14□1 D□7□middelmatig□2□5□- E-F□18□(zeer) laag□n.v.t□n.v.t□n.v.t

404734 Terrein met resten van een huisterp uit de Late Middeleeuwen en een wiel. Het betreft een Laat-middeleeuwse huisterp zonder bebouwing. Uiterlijk is de terp in gawe staat. Afmetingen ca. 20 bij 12 m., hoogte 0,75 m. De terp is ovaal. Het terplichaam

bestaat uit zandige klei. Het naastgelegen wiel is deels verland. In 2005 zijn enkele boringen gezet in het grasland ten westen van het wiel. De ophogingslagen liggen aan de oppervlakte. Er lijkt hi sprake te zijn van een terp die is opgeworpen o

p grof zand (overslaggrond) dat bij een doorbraak is uitgespoeld uit het naastgelegen wiel. Gezien de aanwezigheid van baksteenpartikels in alle antropogene ophogingslagen lijkt een datering van deze (kleine) terp in de Nieuwe Tijd waarschijnlijker d

an in de Late Middeleeuwen. Direct onder de zodenlaag bevindt zich muurwerk. Volgens de eigenaresse heeft er een stenen huis op de terp gestaan en kon ze zich herinneren dat er vroeger werd gespeeld in een kelder die na de sloop van het huis resteerd

e. In molshopen op het terrein zijn baksteenbrokjes, mortel, stukjes vensterglas, bot en fragmenten aardewerk zichtbaar (Archeologische MonumentenWacht 2005). Het monument is gesitueerd in een doorbraakwaai in een middeleeuwse veenontginning. He

t wiel is ingericht als natuurgebied. Het is na de bescherming nog een keer opgeschoond en uitgebaggerd. In het noordelijk deel van het terrein is sprake van insporing, wat is veroorzaakt doordat een auto hier in de bocht rechtdoor is gereden. Voor

nadere informatie zie monument 21D-001/1557.

Bijlage 14

Risicoanalyse externe veiligheid

Risicoanalyse tracé Hattem - Flevocentrale

Door
M.T. Dröge
R. van Elteren
A. van Vliet (RIVM)

Afdeling

Gasunie Engineering and Technology, DET

Rapport

Risicoanalyse tracé Hattem - Flevocentrale

Gereed

8 juni 2007

Document

Risicostudie Hattem Flevocentrale_Eindrapportage.doc

Datum, versie

8 juni 2007

Ons kenmerk

DET 2007.R.0182

Status

Definitief

1 Samenvatting

In opdracht van TAM is een risicostudie uitgevoerd voor het tracé Hattem - Flevocentrale.

De risicostudie in dit rapport is conform de in opdracht van de Nederlandse overheid opgestelde richtlijnen voor kwantitatieve risicoanalyses uitgevoerd met PIPESAFE. PIPESAFE is een door de Nederlandse overheid goedgekeurd softwarepakket voor risicoberekeningen aan hoge druk aardgastransportleidingen. In de berekeningen is gebruik gemaakt van de bevolkingsdatabase van RIVM.

Uit de berekeningen en analyses kan het volgende worden geconcludeerd.

Het tracé voldoet aan de huidige regelgeving met betrekking tot zonering langs hoge druk gastransportleidingen, zoals vastgelegd in de circulaire "Zonering langs hoge druk gastransportleidingen" uit 1984.

Met betrekking tot het plaatsgebonden risico (PR) voldoet het voorziene ontwerp van de leiding aan de door de Nederlandse overheid gestelde norm van $PR < 10^{-6}$ per jaar ter plaatse van (beperkt) kwetsbare objecten. Hierbij is gebruik gemaakt van de met RIVM overeengekomen en door VROM geaccepteerde rekenmethodologie.

Het beoogde tracé, met het voorziene ontwerp, voldoet aan de oriënterende waarde voor groepsrisico, zijnde $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ per km per jaar, waarbij F de frequentie is van een ongeval met N of meer dodelijke slachtoffers.

Inhoud

1 Samenvatting.....	2
2 Inleiding	5
3 Risicoanalyse	6
3.1 Algemeen.....	6
3.2 Toetsingscriteria en regelgeving	7
4 Uitgangspunten.....	9
4.1 Atmosferische condities	9
4.2 Leidingtracé	9
4.3 Aardgassamenstelling	10
4.4 Bevolkingsgegevens	10
5 Faalscenario's en faaloorzaken	12
5.1 Faaloorzaken	12
5.2 Faalscenario's	12
5.3 Windmolens	13
5.4 Parallelligging Spoortracé Hanzelijn	14
5.5 Drijfijis nabij aansluiting Flevocentrale.....	14
6 Faalfrequentie berekening	15
6.1 Faalfrequentie	15
6.2 Ontstekingskans	15
6.3 Ontstekingstijdstip	15
7 Effectberekeningen	16
7.1 Uitstroom.....	16
7.2 Krater.....	17
7.3 Warmtestraling	17
7.4 Letaliteit	17
8 Risicoberekeningen.....	19
8.1 Plaatsgebonden risico	19
8.2 Groepsrisico	19
9 Resultaten.....	21
9.1 Toetsing aan huidige zonering	21
9.2 Plaatsgebonden risico	21
9.3 Groepsrisico	22
9.4 Windmolens	23
9.5 Parallelligging spoorlijn	23
10 Conclusies	24
11 Referenties	25

Bijlage A	Faalfrequenties	26
A1	Schade door derden	26
A2	Andere faaloorzaken.....	28
A3	Referenties.....	28
Verzendlijst		29

2 Inleiding

In dit rapport wordt een analyse gemaakt van de leiding die Gasunie overweegt aan te leggen van Hattem naar de Flevocentrale. Dit tracé zal gaan bestaan uit een 24" leiding bedreven op maximaal 80 bar.

De leiding is getoetst aan eisen uit de circulaire VROM [2]. Tevens is het plaatsgebonden risico en groepsrisico getoetst aan de door de overheid gestelde normen. Hierbij is geen rekening gehouden met nieuwbouwplannen, omdat hierover geen gegevens beschikbaar waren op het moment van schrijven. Daarnaast is gekeken naar wederzijdse beïnvloeding van het tracé en objecten nabij het tracé zoals windmolens en de parallel gelegen Hanze spoorlijn.

De risicostudie in dit rapport is conform de in opdracht van de Nederlandse overheid opgestelde richtlijnen voor kwantitatieve risicoanalyses [3] uitgevoerd met PIPESAFE [4, 5]. PIPESAFE is een door de Nederlandse overheid goedgekeurd softwarepakket voor risicoberekeningen aan aardgastransport. PIPESAFE is in een periode van meer dan 10 jaar ontwikkeld in internationaal verband, is gebaseerd op jarenlang fundamenteel onderzoek naar de oorzaken en consequenties van falen van gastransportleidingen en is gevalideerd middels experimenten op zowel kleine als volle schaal [6]. In het jaar 2000 heeft het ministerie van VROM besloten om Gasunie toestemming te verlenen risicoberekeningen met betrekking tot aardgastransportleidingen uit te voeren met PIPESAFE, voor zover dit conform CPR-18E [3] plaatsvindt [7].

3 Risicoanalyse

Risicoanalyse is een gestructureerde methodiek die het nemen van beslissingen op het gebied van risicobeheersing ondersteunt. Bovendien biedt risicoanalyse de mogelijkheid om aan te tonen dat mogelijke effecten op basis van geldende regelgeving, tezamen met hun kans van optreden, acceptabel zijn.

3.1 Algemeen

In het algemeen bestaat een risicoanalyse van een aardgastransportleiding uit de volgende stappen:

1. *Verzamelen van gegevens.* Hierbij is het niet alleen van belang dat het leidingtracé goed wordt beschreven, maar ook dat de omgeving van het tracé op een gedegen manier in kaart wordt gebracht, onder meer met betrekking tot bevolkingsdata.
2. *Bepaling van mogelijke faalscenario's.* Met betrekking tot de te bestuderen leiding gaat het hierbij om het falen van de leiding als lek of als breuk.
3. *Faalfrequentie berekening.* Op basis van de faalscenario's worden faalfrequenties afgeleid. Indien wordt afgeweken van de waarden zoals die zijn opgenomen in [3], is het vereist dat de gehanteerde frequenties goed worden onderbouwd.
4. *Effectberekeningen.* Middels de geïdentificeerde faalscenario's kan worden bepaald welke gezondheidseffecten er naar verwachting zullen ontstaan ten gevolge van uitstroom van gas of brand.
5. *Risicoberekening.* Op basis van de berekende faalfrequenties en de effectberekeningen kan het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR) worden bepaald.
 - a. *Plaatsgebonden risico*
Het PR wordt gedefinieerd als de kans per jaar dat een persoon die onbeschermd op een plaats buiten een buisleiding gedurende 24 uur onafgebroken zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval met die buisleiding, waarbij een gevaarlijke stof betrokken is.
 - b. *Groepsrisico*
Het GR wordt gedefinieerd als de cumulatieve kansen per jaar dat tenminste 10, 100 of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een buisleiding en een ongewoon voorval met die buisleiding, waarbij een gevaarlijke stof betrokken is, uitgezet in een grafiek (FN-curve) met op de horizontale as het aantal dodelijke slachtoffers en op de verticale as de cumulatieve kansen per jaar op tenminste dat aantal slachtoffers.
6. *Risicobeoordeling.* Op basis van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico en de vastgestelde criteria voor deze risico's wordt beoordeeld of het berekende risico acceptabel is. Indien dit niet het geval is, moet het effect van risicobeperkende maatregelen worden bestudeerd. In de volgende sectie worden de toetsingscriteria nader toegelicht.

3.2 Toetsingscriteria en regelgeving

Om te bepalen of de berekende risico's acceptabel zijn, wordt getoetst aan de normen die in een tweetal documenten door de overheid zijn vastgelegd, zijnde de handreiking externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen behorende bij de Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen [1] en de circulaire VROM [2].

De circulaire bevat bebouwingsafstanden¹ die afhankelijk zijn van leidingdiameter, operationele druk en aard der bebouwing. Voor een 24" leiding met een operationele druk van 80 bar geldt een bebouwingsafstand van 25 meter indien er sprake is van een gebied waar relatief veel personen aanwezig zijn (gebiedsklassen 3 en 4). In dunbevolkte gebieden wordt de bebouwingsafstand gereduceerd tot 5 meter (gebiedsklassen 1 en 2).

Meer specifiek refereren gebiedsklassen 1 en 2 aan gebieden met geen of incidentele bebouwing, dan wel gebieden met bijzondere objecten uit categorie II (zoals sporthal, zwembad, weidewinkel en relatief kleine hotels, kantoorgebouwen of industriegebouwen). Gebiedsklasse 3 of 4 wordt toegekend aan gebieden met o.a. woonwijken, flatgebouwen, scholen, ziekenhuizen en grote hotels of kantoorgebouwen. Voor een exacte beschrijving van de gebiedsklasse indeling wordt verwezen naar [2]. De gebiedsklasse dient te worden vastgesteld door een bepaalde strook aan weerszijden van de leiding te beoordelen op bebouwing. Deze strook wordt gedefinieerd door de zogenaamde toetsingsafstand (gemeten vanaf het hart van de leiding). Voor een 24" leiding op 80 bar geldt een toetsingsafstand van 80 meter.

De constructie van de leiding is tevens afhankelijk van de gebiedsklasse. Doorgaans moet een constructiefactor² worden gehanteerd van minimaal 0.72 in gebiedsklasse 1; 0.65 in gebiedsklasse 2; 0.55 in gebiedsklasse 3 en 0.45 in gebiedsklasse 4. Afwijkende ontwerpfactoren worden gebruikt voor kruisingen (met wegen, spoorwegen, kanalen, dijken, etc.)

De handreiking [1] geeft voor nieuwe situaties (hetgeen bij aanleg van nieuwe leidingen het geval is) als norm voor het plaatsgebonden risico: $PR < 10^{-6}$ jaar⁻¹. In deze studie is daarom naast de toetsing aan de zoneringafstanden, tevens een plaatsgebonden risicoberekening uitgevoerd.

Voor het groepsrisico van ondergrondse gastransportleidingen is een oriënterende waarde gesteld van $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ km⁻¹·jaar⁻¹, waarbij F de frequentie is met N of meer dodelijke slachtoffers (zie [1]). Met betrekking tot het groepsrisico als gevolg van aardgastransport door buisleidingen zijn in [1] een tweetal vuistregels opgenomen waaraan in eerste instantie gerefereerd kan worden voor het al dan niet uitvoeren van een groepsrisicoberekening. Het wordt echter benadrukt dat deze vuistregels grofstoffelijk zijn en geen rekening houden met details van de situatie die moet worden beoordeeld. Bij iedere toepassing van de vuistregels

¹ De bebouwingsafstand refereert aan een afstand tot aan het hart van de leiding en definieert zodoende een strook rond de leiding waarbinnen gebouwen niet zijn toegestaan.

² De constructiefactor (CF) wordt gedefinieerd door $CF = \sigma_n / SMYS$, waarin σ_n de ringspanning en SMYS de minimum rekgrens van het materiaal. De laatste is afhankelijk van staalsoort, terwijl de ringspanning gedefinieerd wordt door $\sigma_n = p \cdot (D-t) / (2 \cdot t)$, waarin p de druk (in N·mm⁻²), D de diameter (in mm) en t de wanddikte (in mm).

dient de gebruiker zich goed rekenschap te geven van de beperkingen. Ter voorkoming van onduidelijkheden is voor het gehele leidingtracé een screening van het groepsrisico uitgevoerd, zonder eerst te toetsen aan de genoemde vuistregels.

4 Uitgangspunten

4.1 Atmosferische condities

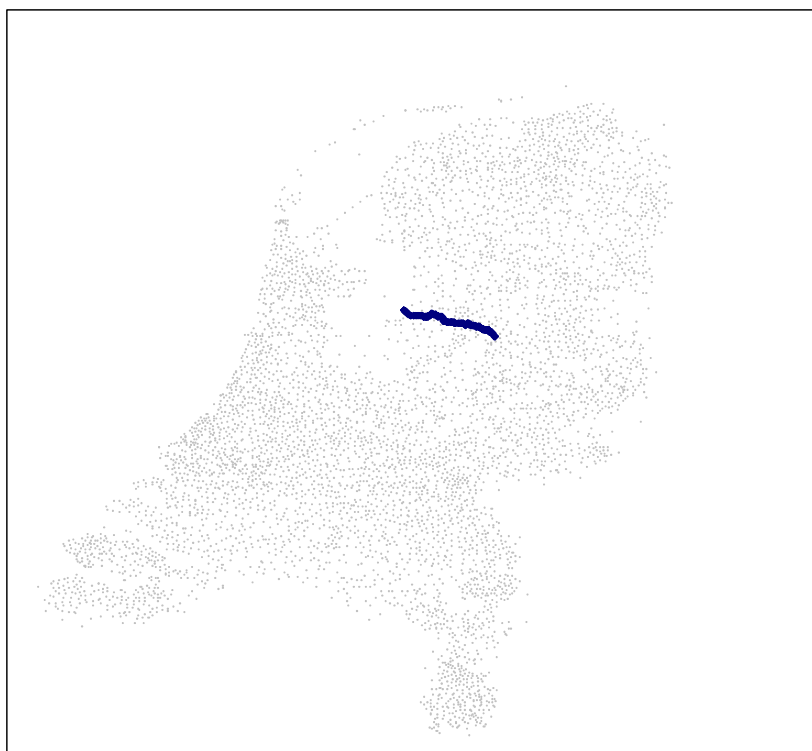
De belangrijkste atmosferische condities die van toepassing zijn bij de risicoberekeningen zijn overgenomen uit de richtlijnen [3] en opgenomen in Tabel 1. De verdeling van de windsnelheden en de windroos is gekozen volgens [3]. De invulling van de kansen van optreden zijn gebaseerd op het Nederlands gemiddelde.

Parameter	Waarde in CPR-18E
Omgevingstemperatuur [K]	282
Temperatuur van het gas [K]	282
Atmosferische druk [bara]	1.0151
Luchtvochtigheid [%]	83
Aantal uren in een dag [-]	10.5

Tabel 1: Atmosferische condities zoals opgenomen in CPR-18E.

4.2 Leidingtracé

In Figuur 1 is een impressie gegeven van de aan te leggen leiding in de kaart van Nederland.



Figuur 1: Visualisatie van tracé Hattem - Flevocentrale op de kaart van Nederland.

De voor de berekening van belang zijnde leidingparameters en bijbehorende waarden, zijn samengevat in Tabel 2.

Parameter	A-655
Diameter [inch]	24
Wanddikte [mm]	11.1
Staalsoort [-]	X60
Ontwerpdruk [barg]	80
Gemiddelde dekking [m]	1.25

Tabel 2: Leidingparameters.

4.3 Aardgassamenstelling

In Tabel 3 staan de fysische eigenschappen van hoogcalorisch gas (H-gas), waarmee in de risicostudie is gerekend.

Dichtheid, kg/m ³	0.8168
Calorische onderwaarde, MJ/m ³	36.4275
Moleculaire massa, kg/kmol	18.2568
Stoichiometrische concentratie in lucht, vol%	9.668
Verhouding specifieke warmte	1.32
Kritische temperatuur, K	205.016
Kritische druk, bar	47.4
Onderste ontvlambaarheidsgrens, vol%	4.8695
Specifieke warmtecapaciteit, J/kg·K	2341

Tabel 3 Fysische eigenschappen H-gas.

4.4 Bevolkingsgegevens

De omgevingsdata is geëxtraheerd uit een populatiebestand dat door RIVM ter beschikking is gesteld. Dit bestand geeft per object onder meer de code van het type object aan (bijvoorbeeld 1 = vrijstaande woning, 2 = twee-onder-één-kap woning, 10 = boerderij), als ook het aantal personen (wat overigens geen geheel getal is³) en de hoofdfunctie van het object. Deze hoofdfunctie wordt gekarakteriseerd door één of meerdere hoofdletters. Bijvoorbeeld: 'W' staat voor woning, 'R' voor recreatie, 'O' voor onderwijs en 'Z' voor zorginstelling.

Het wordt opgemerkt dat de aantallen personen vermeld bij 'R'-, 'Z'- of 'O'-instellingen, het aantal werknemers betreft. In dat opzicht is de database dus niet volledig omdat de 'bewoners' van deze objecten ontbreken. Daarvoor worden standaardcorrecties gehanteerd. Voor zorginstellingen bedraagt het aantal patiënten per werknemer 0.43. Voor onderwijsinstellingen bedraagt het aantal leerlingen per werknemer 9.0 en voor recreatie bedraagt het aantal recreanten per werknemer 3.9. Deze aantallen zijn gebaseerd op [14].

³ Navraag bij RIVM leerde dat toekenning van het aantal personen per adres plaatsvindt op basis van het corresponderende postcodegebied. Voor een aantal woningen in een postcodegebied wordt het aantal personen geteld in die woningen. De gemiddelde waarde op basis van deze telling wordt van toepassing verklaard op alle woningen in dat postcodegebied. Het kan derhalve worden geconcludeerd dat ook deze database niet de actuele situatie op adresniveau weergeeft.

Het wordt opgemerkt dat het gebruikte populatiebestand enkel onder licentievoorwaarden kan worden gebruikt en alleen toegepast kan worden met uitdrukkelijke toestemming en medewerking van het RIVM. Het is om deze reden dat het RIVM als coauteur op het rapport vermeld staat. De risicoanalyse is door Gasunie uitgevoerd.

5 Faalscenario's en faaloorzaken

De risicoberekeningen zijn uitgevoerd conform CPR-18E [3]. Met betrekking tot het falen van aardgasleidingen spreekt deze richtlijn over een tweetal scenario's, te weten lekken en breuken. Voor ondergrondse aardgastransportleidingen dient een lek gemodelleerd te worden als een rond gat met een diameter van 20 mm.

5.1 Faaloorzaken

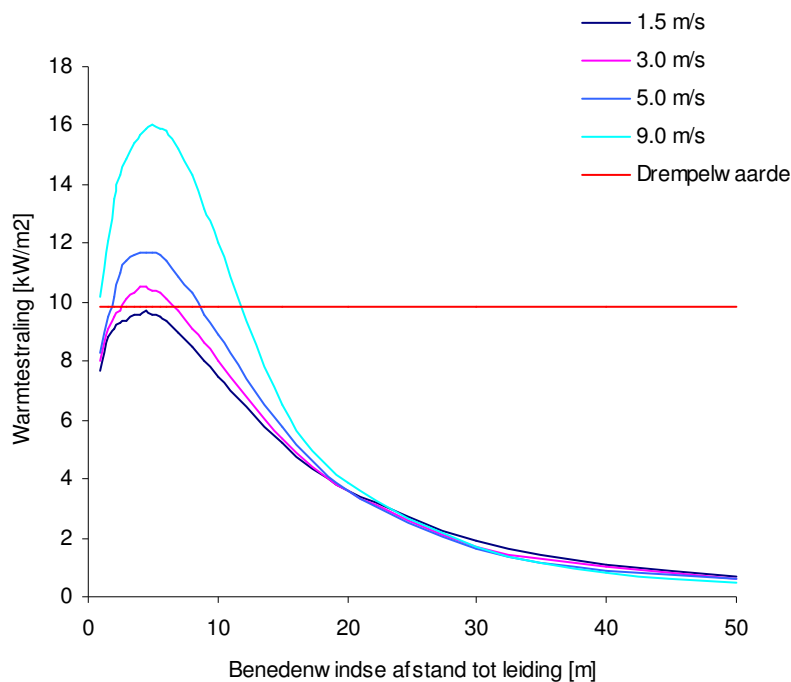
Uit zowel Gasunie als internationale data betreffende leidingbeschadigingen en leidingincidenten blijkt dat schade door derden (external interference) de primaire faaloorzaak is voor ondergrondse gastransportleidingen. Daarnaast is ook corrosie een faaloorzaak, evenals materiaal- en constructiefouten, vermoeiing, SCC⁴ en aardverschuivingen. Echter, de laatste twee faaloorzaken zijn in Nederland tot nog toe niet waargenomen. Ook worden de aardgastransportleidingen in Nederland niet sterk cyclisch belast zodat vermoeiing tevens kan worden uitgesloten als faaloorzaak. Bovendien worden de leidingen voor aanleg hydrostatisch beproefd, zodat de kans op constructie- en materiaal fouten nihil kan worden geacht.

In de faalfrequentie berekeningen wordt daarom alleen rekening gehouden met schade door derden en corrosie als faaloorzaken. Voor meer details omtrent de faalfrequentie berekeningen wordt verwezen naar Bijlage A.

5.2 Faalscenario's

Hoewel de frequentie van falen als lek groter is dan de breukfrequentie, is de uitstroom verwaarloosbaar klein ten opzichte van de uitstroom behorend bij een breuk. Deze conclusie geldt ook voor het warmtestralingsprofiel. Ter illustratie zijn in Figuur 2 de benedenwindse warmtestralingsprofielen weergegeven voor een lek van 20 mm in een 80 bar leiding behorend bij de in [3] gespecificeerde windsnelheden van 1.5 m/s, 3 m/s, 5 m/s en 9 m/s. De profielen zijn bepaald met behulp van PIPESAFE.

⁴ SCC (Stress Corrosion Cracking) wordt veroorzaakt door spanningen. De trekspanningen leiden tot het optreden van kleine scheurtjes in het materiaal. Deze vorm van corrosie kan leiden tot het falen van leidingen als breuk, terwijl de overige corrosietypen veelal alleen lekkages veroorzaken.



Figuur 2: Benedenwindse warmtestralingprofielen bij een lek van 20 mm in een 80 bar leiding en windsnelheden van 1.5 m/s, 3 m/s, 5 m/s en 9 m/s.

Uit bovenstaande figuur is af te leiden dat de benedenwindse warmtestralingprofielen behorend bij 1.5, 3, 5 en 9 m/s de drempelwaarde van $9.84 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ weliswaar overschrijden⁵, maar vanaf een afstand van ongeveer 15 meter van het lek onder de in [3] gespecificeerde drempelwaarde blijven. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het risico behorend bij een lek met een diameter van 20 mm verwaarloosbaar is.

Derhalve wordt bij ondergrondse leidingen alleen gerekend met het breukscenario dat resulteert in tweezijdige verticale uitstroming.

5.3 Windmolens

Langs het tracé staan de in Tabel 4 opgenomen windmolens in de nabijheid van de leiding.

	X [m]	Y [m]	Masthoogte [m]	Rotordiameter [m]	Kaartnummer tracé
Windmolen 1	198192	500558	105	90	KR-012/013
Windmolen 2	198583	500542	105	90	KR-012/013
Windmolen 3	198937	500785	105	90	KR-012/013
Windmolen 4	168578	507228	65	60	KR-071
Windmolen 5	165982	508053	65	60	KR-076

⁵ Volgens CPR-18E dienen risicoberekeningen te worden uitgevoerd tot op 1% letaliteit. Met de methodologie uit CPR-18E komt dit overeen met een warmtestraling van $9.84 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Deze waarde kan derhalve als een drempelwaarde worden gezien.

	X [m]	Y [m]	Masthoogte [m]	Rotordiameter [m]	Kaartnummer tracé
Windmolen 6	166214	508287	65	60	KR-076
Windmolen 7	166444	508524	65	60	KR-076

Tabel 4: Windmolens nabij de leiding.

Door falen van een windmolen zou de leiding beschadigd kunnen raken. Hierbij zijn drie scenario's te onderscheiden:

- afvallen van de gondel;
- omvallen van de mast;
- afbreken van een rotorblad.

De eerste twee faaloorzaken kunnen worden uitgesloten als de leiding zich buiten de zogenaamde high-impact zone bevindt, gegeven door masthoogte plus 1/3 rotorblad (het starre gedeelte van een blad). De laatste faaloorzaak kan worden uitgesloten als de leiding genoeg dekking heeft zodat het blad de leiding niet meer kan raken als het zich de grond in boort.

5.4 Parallelligging Spoortracé Hanzelijn

Een deel van het traject loop parallel aan een spoorlijn. Theoretisch is het mogelijk dat de leiding faalt doordat een trein ontspoord, zich de grond inboort en de leiding raakt. In de risicoberekening is dit scenario verwaarloosd omdat:

- de tijdsduur van een passerende trein zeer kortstondig is;
- als een trein ontspoord zal hij, door de grote impuls, eerder over een lang traject ondiep ingraven dan over een korte afstand zo diep dat de leiding geraakt wordt.

Een beïnvloeding van de spoorlijn op de leiding die niet kan worden uitgesloten, is de mogelijke ontstekingsbron in de vorm van de hoogspanningskabels boven het spoor. Vanuit conservatief oogpunt zijn daarom de risicoberekeningen voor het gedeelte parallel aan het spoor met een ontstekingskans van 100% doorgerekend. Dit is een conservatieve aanname aangezien niet vaststaat dat de gaswolk te allen tijde ontsteekt.

Tevens is uit conservatief oogpunt een kraterberekening uitgevoerd om de beïnvloeding van het falen van de leiding op de spoorweg in kaart te brengen.

5.5 Drijfijis nabij aansluiting Flevocentrale

Het wordt voorzien dat de daadwerkelijke aansluiting bij de Flevocentrale bovengronds zal zijn, waarbij de leiding op een nieuw aan te leggen brug wordt gelegd. Deze brug zou kunnen worden beschadigd doordat in de winterperiode eventuele ijsschotsen vanuit het IJsselmeer in aanraking komen met de brug c.q. de leiding. Hiervoor zijn reeds beschermende maatregelen getroffen, waaronder een zandbank die de mogelijke ijsschotsen zal tegenhouden. Gezien de reeds genomen preventieve maatregelen is een faalscenario als gevolg van drijfijis verder niet meegenomen in de risicostudie.

6 Faalfrequentie berekening

6.1 Faalfrequentie

De faalfrequentie voor schade door derden en corrosie wordt berekend met behulp van PIPESAFE. Voor de parameters wordt verwezen naar [11], meer details staan beschreven in Bijlage A.

6.2 Ontstekingskans

In de berekeningen is uitgegaan van een diameter en druk afhankelijke ontstekingskans. Voor de betrokken leiding is deze gelijk aan 0.522. Omdat de leiding deels parallel loopt lang een spoorweg met hoogspanningskabels, is in de risicoberekeningen tevens gerekend met een vaste ontstekingskans van 1. De totale frequentie van falen met ontsteking wordt gegeven door

$$FF_{tot} = (ff_{EI} + ff_{cor}) \cdot P_{ign}$$

waarin FF_{tot} de totale faalfrequentie met ontsteking is, ff_{EI} de faalfrequentie als gevolg van schade door derden, ff_{cor} de faalfrequentie als gevolg van corrosie en P_{ign} de kans op ontsteking.

6.3 Ontstekingstijdstip

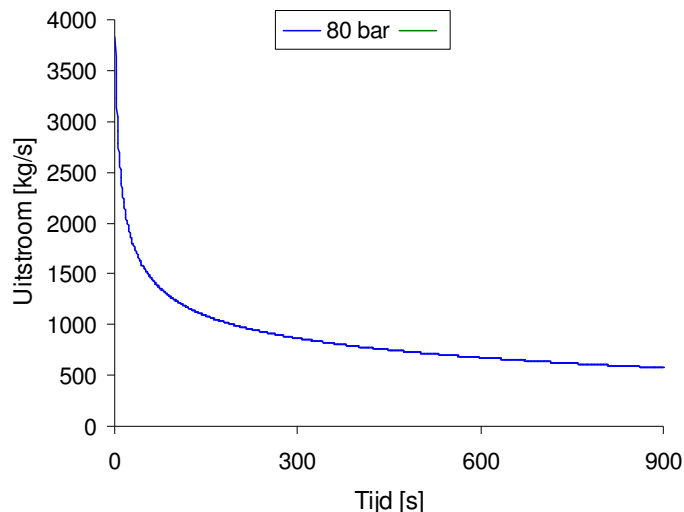
In de (plaatsgebonden) risicoberekening wordt ervan uitgegaan dat als de uitstroom van gas ontsteekt, de kans 75% is dat dit direct gebeurt op tijdstip $t=0s$ en de kans 25% is dat ontsteking pas 120 s na het optreden van de breuk plaatsvindt.

7 Effectberekeningen

Indien in een leiding een lek of breuk optreedt, zal dit direct resulteren in uitstroom van gas. Het vrijkomende debiet hangt af van de diameter en druk van de leiding. Omdat aardgas niet toxisch is, is het vrijkomen van aardgas op zich geen probleem. Echter, warmtestraling bij ontsteking van een gas-lucht mengsel kan letale gevolgen hebben. De uitstroom- en warmtestralingberekeningen zijn uitgevoerd met PIPESAFE.

7.1 Uitstroom

Voor de uitstroomberekeningen is de uitstroommodule PBREAK uit PIPESAFE gebruikt. De bepaling van de daadwerkelijke uitstroming is in feite gebaseerd op de behoudswetten voor massa en impuls die beschreven worden door Navier Stokes vergelijkingen. De tijdsafhankelijke uitstroming voor een 24" leiding op 80 bar is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: Tijdsafhankelijk uitstroomprofiel bij breuk van een 24" leiding op 80 bar.

Conform CPR-18E [3] en in aansluiting op [8] is in de risicoberekeningen uitgegaan van een blootstellingduur van 20 seconden en over deze periode een tijdsgemiddelde (en dus constante) uitstroom. Voor directe ontsteking wordt uitgegaan van de gemiddelde uitstroom tussen 0 s en 20 s en voor vertraagde ontsteking wordt uitgegaan van de gemiddelde uitstroom tussen 120 s en 140 s.

Voor de 24" leiding opererend op een druk van 80 bar is de tijdsgemiddelde uitstroom over de eerste 20 s gelijk aan ruim $2600 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ (voor een lek van 20 mm is de uitstroom nog geen $5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$). De tijdsgemiddelde uitstroom voor dezelfde leiding tussen 120 en 140 s is gedaald tot ruim $1100 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

7.2 Krater

Bij breuk of lekkage van een ondergrondse gasleiding ontstaat een krater. Aangezien de vorming van een krater gevolgen kan hebben voor het veilig transport over het spoor (o.a. verzakking rails) zijn kraterberekeningen uitgevoerd. Bij de berekening van de kraterafmeting wordt rekening gehouden met:

- De diameter van de leiding en de ontwerpdruk;
- De lengte van de breuk in de leiding: een leiding bestaat uit segmenten van 12m die aan elkaar gelast zijn. Er wordt vanuit gegaan dat een breuk zich maximaal tot een breedtelas kan verplaatsen en een breuk zal dus maximaal 12 m lang zijn. Hierdoor zal de resulterende kraterlengte vaak groter zijn dan de krater breedte;
- De diepteligging van leiding;
- Het type grond waar de leiding in ligt.

De resultaten van de kraterberekeningen zijn samengevat in Tabel 5.

	Grond type	Diepte [m]	Lengte [m]	Breedte [m]
1.25m dekking	Zand	3.3	15.6	15.3
	Mix	2.8	14.8	8.6
1.50m dekking	Zand	3.6	16.4	16.4
	Mix	3.0	15.3	9.3

Tabel 5: Berekende kraterafmetingen

7.3 Warmtestraling

Indien een uitstroom van gas ontsteekt, zal dit resulteren in warmtestraling. Bij ondergrondse breuken resulteert dit in een verticaal gerichte fakkelbrand. Hierdoor ontstaan warmtestralingcontouren waarvan de vorm hoofdzakelijk afhangt van de diameter, de operationele leidingdruk en de heersende windrichting. Deze fakkelbrand is gemodelleerd met CRISTAL. CRISTAL is een module in PIPESAFE die gebouwd is om het warmtestralingsprofiel bij een fakkelbrand van een ondergrondse gastransportleiding te voorspellen, waarbij rekening wordt gehouden met de vorming van een krater en de invloed daarvan.

7.4 Letaliteit

Schade door warmtestraling wordt conform het zogenaamde Groene Boek [9] bepaald door de 'dosis' die een persoon ontvangt. Gegeven een ruimte- en tijdsafhankelijke straling $Q(x,y,z,t)$, uitgedrukt in $[kW \cdot m^{-2}]$, dan wordt de dosis in het algemeen berekend met de formule

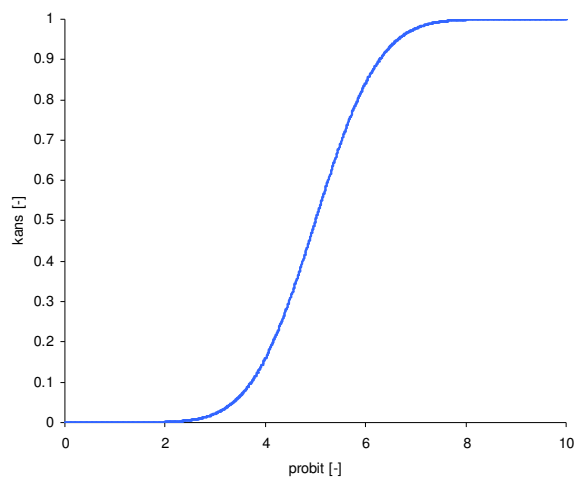
$$Dosis = \int_{T_0}^{T_1} Q(x, y, z, t)^{4/3} dt ,$$

waarin T_0 het tijdstip van ontsteking is en $T_1 - T_0$ de blootstellingduur. In het specifieke geval, waarin de tijdsvariabele uit de warmtestraling is geïntegreerd en gerekend wordt met een blootstellingduur van 20 s, reduceert de formule voor de dosis tot $Dosis = Q(x,y,z)^{4/3} \cdot 20$

Het effect van warmtestraling wordt vervolgens bepaald met behulp van de zogenaamde probitfunctie. Deze probitfunctie, die afhankelijk is van de dosis, is in feite een hulpvariabele waarmee uiteindelijk de kans op overlijden ten gevolge van warmtestraling kan worden berekend. Voor verbranding van koolwaterstoffen (waaronder aardgas, dat immers voor een groot gedeelte uit methaan bestaat) wordt de probitfunctie gedefinieerd door

$$probit = -12.8 + 2.56 \cdot \ln(Dosis).$$

Gegeven nu een waarde *probit* van de probitfunctie, dan wordt de bijbehorende kans op overlijden bepaald door de uitdrukking $P(X \leq probit)$, waarin X een normaal verdeelde stochast is met gemiddelde 5 en standaarddeviatie 1 (zie Figuur 4).



Figuur 4: Kans op overlijden als functie van de probit.

8 Risicoberekeningen

Zowel het plaatsgebonden risico (PR) als het groepsrisico (GR) zijn berekend volgens de methodologie in CPR-18E [3]. In alle uitgevoerde risicoberekeningen zijn de voorgeschreven windsnelheden (1.5 m/s, 3 m/s, 5 m/s en 9 m/s) met bijbehorende windrozen verdisconteerd.

8.1 Plaatsgebonden risico

Voor het leidingtracé wordt het plaatsgebonden risico gepresenteerd als functie van de afstand tot de leiding en wordt in feite bepaald door het product van de faalfrequentie met het effect van falen te integreren over het leidingtracé. De berekeningen zijn uitgevoerd onder de aanname van een oneindig lange leiding met op die leiding constante leidingparameters zoals opgenomen in sectie 4.2, waarbij de interactielengte van de leiding bepaald is conform CPR-18E (risicoberekeningen dienen te worden uitgevoerd tot op 1% letaliteit).

Verder zijn de volgende aannames gebruikt:

- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd met een factor 2.5 als gevolg van een wettelijke grondroedersregeling;
- De faalfrequentie als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd voor recent ingevoerde maatregelen (factor 1.2) en een dalende trend in leidingbreuken (factor 2.8) [12].

8.2 Groepsrisico

In [3] staat voorgeschreven dat zowel de $35 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ contour als de $9.84 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ –contour (die met de in CPR-18E voorgeschreven methodologie overeenkomt met 1% letaliteit) cruciaal zijn in de berekeningen van het groepsrisico. Binnen de $35 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ contour zullen zowel de mensen binnenshuis als de mensen buitenshuis overlijden. In de ring $35 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ – $9.84 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ zullen alleen de personen buitenshuis overlijden middels een afstandafhankelijke letaliteitsfunctie (die bepaald wordt middels de Eisenberg probitrelatie, zie sectie 7.4). Bovendien worden deze personen beschermd door het dragen van kleding, resulterend in een reductiefactor in het aantal slachtoffers van 0.14. Overdag is 70% van de bewoners aanwezig, waarvan 7% buitenshuis en 's nachts is 100% van de bewoners aanwezig en 1% buitenshuis. Met betrekking tot de werknemers is ervan uitgegaan dat deze overdag 100% aanwezig zijn (7% buiten). 's Nachts wordt verondersteld dat er geen werknemers aanwezig zijn.

FN-curves voor leidingen worden bepaald voor segmenten van 1 kilometer lengte. Bij leidingen die langer zijn dan 1 kilometer is het probleem hierbij dat segment te vinden dat aanleiding geeft tot de worst case FN-curve. Met de methodiek van de *groepsrisico screening* kunnen de "hot spots" met betrekking tot groepsrisico voor leidingen echter eenvoudig worden opgespoord: indien voor een geselecteerde kilometer leiding de oriënterende waarde van het groepsrisico wordt overschreden, zal de groepsrisico screening ergens op die kilometer de gestelde grenswaarde 1 overschrijden. Met andere woorden: indien op een aaneengesloten stuk leiding van tenminste 1 kilometer de groepsrisico screening onder de grenswaarde 1 blijft, is het zeker dat op dat segment er geen overschrijding van de oriënterende waarde voor groepsrisico optreedt. Van de uit de screening overgebleven hot

spots kunnen vervolgens FN-curves worden gemaakt. Nadere details over de screening van het groepsrisico worden in [10] beschreven.

9 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de verschillende uitgevoerde berekeningen en analyses.

9.1 Toetsing aan huidige zonering

In de circulaire [2] worden de in Tabel 6 opgenomen toetsings- en bebouwingsafstanden gegeven voor een 24" leiding op 80 bar druk.

Toetsingsafstand [m]	Bebouwingsafstand [m] Gebiedsklasse 1 en 2	Bebouwingsafstand [m] Gebiedsklasse 3 en 4
80	5	25

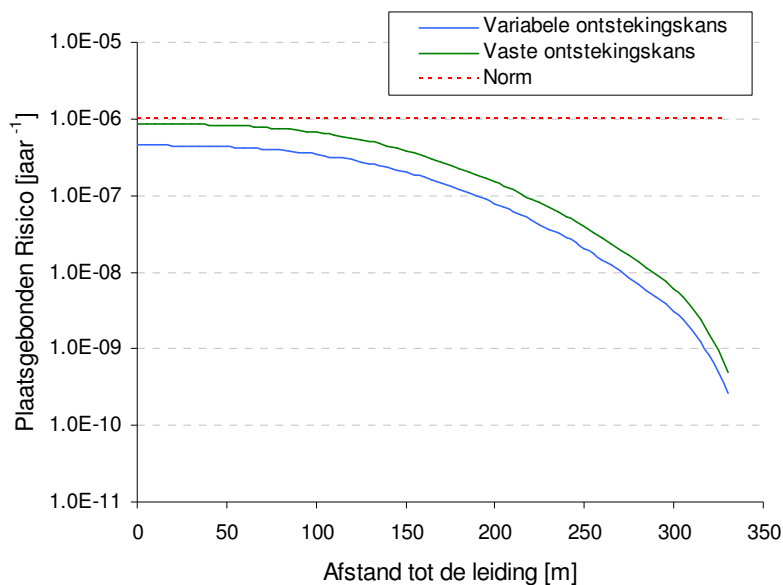
Tabel 6: Toetsings- en bebouwingsafstanden voor een 48", 80 bar leiding.

Op grond van bevolkingsgegevens kan de gebiedsklasse bepaald worden binnen de toetsingsafstand. Het merendeel van het gebied binnen de toetsingsafstand kan worden ingedeeld in de klassen 1 en 2. Volgens de circulaire [2] kan in dit geval worden volstaan met een constructiefactor van 0.65 (wanddikte 9.3mm). In de buurt van woonwijken en kruisingen en dergelijke eist de circulaire een kleinere ontwerpfactor: 0.55 (wanddikte 11.1mm) of zelfs 0.45 (wanddikte 13.3mm).

De omgeving van het tracé is getoetst aan de in de circulaire opgenomen bebouwingsafstanden. Hierbij is in eerste instantie uitgegaan van de bebouwingsafstand behorend bij gebiedsklasse 3 en 4. Om te waarborgen dat er geen potentiële knelpunten worden gemist doordat de coördinaten van een object niet samenvallen met de gevel van het object (waardoor het object dichterbij de leiding zou kunnen staan dan wordt gesuggereerd door zijn coördinaten) zijn de adressen uit de database met bewoningsgegevens hierbij opgevat als middelpunten van 25mx25m vakken. Vervolgens is bij elke leidingcoördinaat bepaald wat de afstand is tussen deze coördinaat en elk van de vier hoekpunten van het 25x25 meter vak met daarin een object. Het blijkt dat in elk van de gevallen de vier afstanden groter zijn dan de bebouwingsafstand 25m, zodat per definitie wordt voldaan aan de circulaire.

9.2 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico van de in Tabel 2 vermelde leiding is gepresenteerd in Figuur 5.

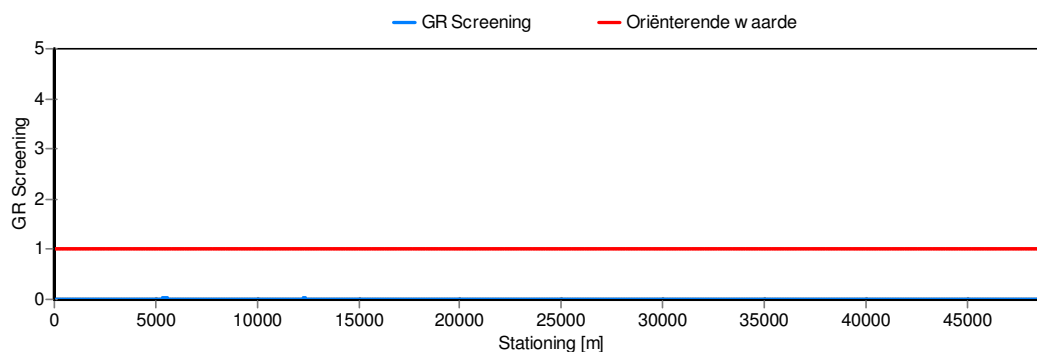


Figuur 5: PR van de leiding met parameters zoals gespecificeerd in Tabel 2.

Hier kan worden geconcludeerd dat het plaatsgebonden risico nabij de leiding vanaf een ontwerpfactor van 0.55 lager is dan de door de Nederlandse overheid gestelde maximum waarde van 10^{-6} per jaar. Daarmee voldoet het voorziene leidingontwerp aan de regelgeving omtrent plaatsgebonden risico.

9.3 Groepsrisico

Voor de leiding wordt in eerste instantie de screening van het groepsrisico gepresenteerd, waarbij wordt opgemerkt dat indien voor een geselecteerde kilometer leiding de oriënterende waarde van het groepsrisico wordt overschreden, de groepsrisico screening ergens op die kilometer de grenswaarde 1 zal overschrijden. Deze screening is gepresenteerd in Figuur 6.



Figuur 6: Groepsrisico screening van de A-655

Uit bovenstaande figuur kan worden geconcludeerd dat er geen overschrijding is van de oriënterende waarde voor het groepsrisico, zijnde $F \cdot N^2 < 10^{-2} \text{ km}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$.

9.4 Windmolens

In Tabel 7 zijn de impactzone en de afstand van de 7 windmolens tot aan de leiding gegeven. Alleen windmolen 6 staat zo dicht langs het tracé dat hij een gevaar zou kunnen opleveren voor de leiding. Echter hier wordt de leiding gelegd met een horizontaal gestuurde boring (i.v.m. kwetsbare natuur) en ligt op 10 meter onder het maaiveld, zodat hier geen impact van een windmolen is te verwachten.

	Masthoogte + 1/3 rotorblad [m]	Afstand tot leiding [m]
Windmolen 1	120	170
Windmolen 2	120	220
Windmolen 3	120	620
Windmolen 4	75	90
Windmolen 5	75	270
Windmolen 6	75	63
Windmolen 7	75	390

Tabel 7: Windmolens impactzone en afstand tot aan de leiding

9.5 Parallelligging spoorlijn

Uit berekeningen met het model RUPKRAT (zie 7.2) blijkt dat de grootste krater een breedte heeft van ongeveer 16 meter. Aangezien de spoorlijn zich op minimaal 25 meter van de betreffende leiding bevindt, levert de leiding geen additioneel risico op voor de spoorweg.

10 Conclusies

Uit de berekeningen en analyses kan het volgende worden geconcludeerd.

Het falen van windmolens als faaloorzaak voor de nieuw aan te leggen leiding kan worden uitgesloten omdat

- de molens zich niet binnen de high-impact zone bevinden of
- de leiding nabij de molens een (zeer) hoge dekking hebben.

Op basis van kraterberekeningen en expert judgement kan de invloed van de parallel gelegen spoorlijn op de leiding worden uitgesloten. Wel is in de berekeningen op plaatsen met parallelligging, uit conservatief oogpunt een ontstekingskans van 100% gehanteerd in de berekeningen.

Het tracé voldoet aan de huidige regelgeving met betrekking tot zonering langs hoge druk gastransportleidingen, zoals vastgelegd in de circulaire "Zonering langs hoge druk gastransportleidingen" uit 1984.

Met betrekking tot het plaatsgebonden risico (PR) voldoet het voorziene ontwerp van de leiding aan de door de Nederlandse overheid gestelde norm van $PR < 10^{-6}$ per jaar ter plaatse van (beperkt) kwetsbare objecten.

Het beoogde tracé, met het voorziene ontwerp, voldoet aan de oriënterende waarde voor groepsrisico, zijnde $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ per km per jaar, waarbij F de frequentie is van een ongeval met N of meer dodelijke slachtoffers.

11 Referenties

- [1] *Handreiking Externe Veiligheid Vervoer Gevaarlijke Stoffen*, maart 1998
Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen; Tweede kamer, vergaderjaar 1995-1996, 24 611, nr 2.
- [2] *Circulaire Zonering langs hoge druk aardgastransportleidingen*; ministerie van VROM; 26 november 1984, kenmerk DGMH/B nr. 0104004.
- [3] Committee for the Prevention of Disasters, *Guidelines for Quantitative Risk Assessment CPR 18E*, 1999.
- [4] Acton M.R., Baldwin P.J., Baldwin T.R., Jager E.E.R., *The Development of the PIPESAFE Risk Assessment Package for Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, ASME International, Book no. G1075A, 1998.
- [5] Acton M.R., Baldwin P.J., Baldwin T.R., Jager E.E.R., *Recent Developments in the Design and Application of the PIPESAFE Risk Assessment Package for Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, IPC02-27196, Calgary, Canada, 2002.
- [6] M.R. Acton, G. Hankinson, B.P. Ashworth, M. Sanai, J.D. Colton, *A Full Scale Experimental Study of Fires following the Rupture of Natural Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, Calgary, ASME International.
- [7] *Toepasbaarheid van PIPESAFE voor risicoberekeningen van aardgas-transportleidingen*, ministerie van VROM, VROM DGM/SVS/2000073018, 10 juli 2000.
- [8] Rein Bolt, Robert Kuik, Jeroen Zanting, Eric Jager: *Risicoanalyse Aardgas Transportleidingen*. Rapport RT 03.R.0355.
- [9] Committee for the Prevention of Disasters, *Methods for the determination of possible damage CPR 16E*, 1992.
- [10] Jeroen Zanting, Eric Jager, Robert Kuik, *Gasunie's three step approach in pipeline risk assessment, A Fast, efficient and accurate method of screening a transmission network*, Proceedings of the 27th ESReDA seminar, Glasgow, Scotland, November 2004.
- [11] Mirjam van Burgel, *Invoerparameters risico analyse PIPESAFE per 08-11-2006*, Memorandum DET 06.M09.
- [12] Biref van Ministerie van VROM aan N.V. Nederlandse Gasunie, *Risicomethodiek aardgastransportleidingen*, EV/2006.334302, 7 December 2006.
- [13] E-mail uitwisseling met Michael Acton, Advantica, 28 November 2006.
- [14] Post J.G., Kooi E.S., Weijts J., *Ontwikkelingen van het groepsrisico rond Schiphol, 1990 – 2010*, RIVM rapport 620100004, 2005

Bijlage A Faalfrequenties

A1 Schade door derden

Veruit de belangrijkste oorzaak van falen van gastransportleidingen is uitwendige beschadiging door derden. Het voorspellen van de faalfrequentie van een leiding door uitwendige beschadiging gebeurt in drie stappen:

- vaststellen van de raakfrequentie;
- bepaling van kans op lekkage als gevolg van een kras en de combinatie kras-deuk;
- bepaling van de uiteindelijke breukfrequentie.

De veronderstelling is dat de raakfrequentie alleen afhangt van de diepteligging [A1, A2, A3]. Een analyse van de bij Gasunie gerapporteerde schades uit de periode 1977 – 2001 heeft geresulteerd in de volgende relatie tussen dekking d (in m) en raakfrequentie $f(d)$:

$$f(d) = e^{-2.4d-3.5} \quad [km^{-1} \cdot jaar^{-1}].$$

Dit betekent dat de raakfrequentie ongeveer een factor 10 kleiner wordt voor elke meter extra gronddekking. Voor meer details omtrent deze analyse wordt verwezen naar [A2].

Het faalfrequentie model FFREQ gebruikt als input inwendige druk, staalsoort, wanddikte, taaiheid van het staal, diameter en diepteligging, en berekent hiermee een lek- en breukfrequentie voor platteland en stedelijke gebieden. Het model is gebaseerd op breukmechanica en Weibull-verdelingen van Britse leidingbeschadigingen door graafwerkzaamheden of andere grondroeractiviteiten. In [A2] staat beschreven hoe de resultaten van FFREQ dienen te worden gecorrigeerd voor diepteligging met bovenstaande vergelijking, zodat de uitkomst consistent wordt met faaldata van Gasunie-leidingen.

In het volgende wordt de procedure uitgelegd waarmee FFREQ faalfrequenties, met een breuk als gevolg, berekent. De achterliggende gedachte bij deze procedure is het bepalen van de kritieke gatgrootte als gevolg van een kras en/of deuk. Ligt een berekende gatgrootte boven de kritieke waarde, dan faalt de leiding als breuk. Hierbij dient te worden opgemerkt dat FFREQ aanneemt dat kraslengte en krasdiepte onafhankelijk zijn. In werkelijkheid is het waarschijnlijk dat er enige correlatie is tussen diepte en lengte van een kras.

De diepte van een kras, d , die nodig is om een leiding te laten falen wordt gegeven door de vergelijking

$$d = t \frac{1.15 - \sigma_f / \sigma_{SMYS}}{1.15 - \sigma_f / (M \sigma_{SMYS})},$$

waarin t de wanddikte, σ_f de faalwaarde van de ringsspanning, σ_{SMYS} de vloeispanning en M de Folias factor. Deze Folias factor wordt gedefinieerd door

$$M = \sqrt{1 + 0.26 \left(\frac{L^2}{Rt} \right)},$$

met L de kraslengte, en R de straal van de leiding. De kritieke kraslengte wordt gevonden uit de vergelijking $\sigma_f / \sigma_{SMYS} = 1.15 \cdot M^{-1}$. De stappen die nu in FFREQ worden ondernomen om de breukkans middels een kras te berekenen, zijn:

1. Bepaal de kritieke lengte L_{crit} . Krassen met lengte groter gelijk deze kritieke lengte kunnen resulteren in een leidingbreuk; krassen met een kortere lengte kunnen slechts resulteren in een lek.
2. Maak een partitie van het interval (L_{crit}, L_{max}) , waarbij L_{max} de maximaal voorkomende lengte van een kras is.
3. Bepaal de kans op een kraslengte in het eerste interval en bepaal de gemiddelde lengte.
4. Gebruik de vergelijking voor d om de krasdiepte te bepalen die, in combinatie met deze eerste gemiddelde kraslengte, tot falen leidt.
5. Bereken de kans op zo'n krasdiepte en bereken de faalkans van de leiding met een kras met deze afmeting.

De breukkans middels een kras, P_{gouge} , wordt nu verkregen door de stappen 3 tot en met 5 te herhalen voor elk interval waaruit de partitie van (L_{crit}, L_{max}) bestaat en de bijbehorende faalkansen op te tellen. De kraslengte en krasdiepte worden verondersteld Weibull verdeeld te zijn.

Echter een breuk kan ook ontstaan door de combinatie kras/deuk. Op een soortgelijke manier als bij krassen kan de diepte van een deuk die, in combinatie met de diepte van een kras, nodig is om een leiding te laten falen, worden afgeleid uit de vergelijking voor het falen van een leiding door de combinatie kras-deuk. Deze diepte van de deuk (aangegeven met D) is onder andere afhankelijk van de krasdiepte en de kerfslagwaarde. Middels een Folias factor kan ook hier weer de kritieke lengte L_{crit} voor krassen worden bepaald. De stappen die nu in FFREQ worden ondernomen om de breukkans middels de combinatie kras-deuk te berekenen, zijn:

1. Bepaal de kritieke lengte L_{crit} . Krassen met lengte groter gelijk deze kritieke lengte kunnen resulteren in een leidingbreuk.
2. Maak een partitie van het interval (L_{crit}, L_{max}) , waarin L_{max} de maximaal voorkomende lengte van een kras is.
3. Bepaal de kans op een kraslengte in het eerste interval en bepaal de gemiddelde lengte.
4. Gebruik de vergelijking voor d om de krasdiepte te bepalen die, in combinatie met deze eerste gemiddelde kraslengte en afwezigheid van een deuk, tot falen leidt. Geef deze lengte de naam d_{max} .
5. Maak een partitie van het interval $(0, d_{max})$.
6. Bepaal de kans op een krasdiepte in het eerste interval en bepaal de gemiddelde krasdiepte.

7. Bereken de diepte van de deuk uit een vergelijking voor D bij deze eerste gemiddelde krasdiepte en bepaal de kans op deze diepte.
8. Bereken de faalkans van de leiding met een combinatie kras-deuk met deze afmetingen.
9. Herhaal de stappen 6 tot en met 8 voor elk interval waaruit de partitie van $(0, d_{max})$ bestaat.

De breukkans middels de combinatie kras-deuk, $P_{gouge-dent}$, wordt nu verkregen door de stappen 3 tot en met 9 te herhalen voor elk interval waaruit de partitie van (L_{crit}, L_{max}) bestaat en de bijbehorende faalkansen op te tellen.

De uiteindelijke breukfrequentie van de leiding veroorzaakt door derden, wordt nu gegeven door

$$F = F_{gouge} P_{gouge} + F_{gouge-dent} P_{gouge-dent},$$

waarin F_{gouge} de frequentie van krasincidenten en $F_{gouge-dent}$ de frequentie van kras-deuk incidenten.

A2 Andere faaloorzaken

Eén van de faalfrequentie modellen in PIPESAFE voorspelt falen ten gevolge van vermoeiing van leidingen door sterke cyclische belasting op druk. Aangezien de Gasunie leidingen niet sterk cyclisch belast worden geeft dit geen bijdrage aan de faalfrequentie. Aardbevingen en terroristische aanslagen worden buiten beschouwing gelaten.

Het corrosiemodel CORROSION gebruikt een distributie van waargenomen corrosiesnelheden op Britse gasleidingen. Deze hangen af van kathodische beschermingskwaliteit, coatingtype en conditie. Wanddikte, staalsoort, diameter, inwendige druk en leeftijd bepalen dan de faalfrequentie. Het falen als breuk levert een lage frequentie omdat de corrosie niet alleen diep moet zijn maar ook uitgebreid. Bij Gasunie heeft corrosie alleen maar geleid tot lekken en niet tot breuken.

A3 Referenties

- [A1] Eric Jager, Fenna Noltes, Gerard Stallenberg, Alida Zwaagstra: *Assessing the Integrity of a Pipeline System by using an Accident Database and Statistical Analysis*, ESReDA Antwerp, 1998.
- [A2] Eric Jager, Robert Kuik, Gerard Stallenberg, Jeroen Zanting: *A Qualitative Risk Assessment of the Gastransport Services Pipeline System Network Based on GIS Data*, ICT, Prague, 2002.
- [A3] Eric Jager, Robert Kuik, Gerard Stallenberg, Jeroen Zanting: *The Influence of Land Use and Depth of Cover on the Failure Rate of Gas Transmission Pipelines*, Proceedings of the International Pipeline Conference, Calgary, Canada, 2002.
- [A4] EGIG, 5th EGIG report 1970 – 2001, 2002.

Verzendlijst

Archief

TAM (G.R. Kuik, P.C.A. Kassenberg)

TNP (H.J. Brink, S.H. Stratingh, R.R.J. Toxopeus, J.K. Kleinbekman)

TNH (P.H. Goos, F.C.M. van den Berg, E.E. Lycklama a Nijeholt)

V (D. van den Brand)

DET (M. van Burgel, R. van Elteren, C.M.J.G. Temmerman, D.M. Triezenberg)

EKC

Bijlage 15

HDD Kruising gasleiding met het Drontermeer

HDD kruising gasleiding met het Drontermeer

Beschouwing haalbaarheid

Ons kenmerk
428590-0005

Versie
01 Definitief

Datum
mei 2007

Opgesteld in opdracht van
NV Nederlandse Gasunie
Postbus 19
9700 MA Groningen



Postbus 69
NL-2600 AB
Stieltjesweg 2
NL-2628 CK Delft

Telefoon (015) 26 93 500
Telefax (015) 26 10 821
info@geodelft.nl
www.geodelft.nl

Postbank 234342
ING Bank NV
rek.nr.65.09.62.524
KvK 541146461
BTW NL80097476B01

Rapportnummer
428590-0005 v01

Datum
mei 2007

Versie
01 Definitief

Aantal pagina's
28

Titel / subtitel

**HDD kruising gasleiding met het
Drontermeer / Beschouwing
haalbaarheid**

Projectleider(s)

dr. H.M.G. Kruse

Projectbegeleider(s)

ir. H.J.A.M. Hergarden

Overige leden projectteam

Ing. J. Rietdijk

Opgesteld in opdracht van

**NV Nederlandse Gasunie
Postbus 19
9700 MA Groningen**

Verspreiding

**3x NV Nederlandse Gasunie
1x GeoDelft**

Samenvatting rapport

In verband met de milieu effect rapportage voor de aanleg van een gasleiding tussen Oostelijk Flevoland en Overijssel/Gelderland is een beschouwing noodzakelijk van de haalbaarheid voor de aanleg van de gasleiding door middel van een horizontaal gestuurde boring. Het tracé van de horizontaal gestuurde boring is gepland nabij Kamperveldstad en kruist het Drontermeer. Het Drontermeer wordt aan beide zijden begrensd door primaire waterkeringen.

Indien de gasleiding zal worden aangelegd op een diepte van NAP -17 m, kan op basis van globale gegevens worden geconcludeerd dat de kans op een blow out tijdens de pilot boring gering is en dat er waarschijnlijk geen keien en stenen zullen worden aangetroffen in het boortracé. Wel bestaat er een kans dat er met name in het opgaande en neergaande deel van de horizontaal gestuurde boring er grindlagen zullen moeten worden doorboord. Weliswaar is nader onderzoek voor de karakterisering van de grindlagen noodzakelijk, maar aangezien de grindlagen zich alleen in het opgaande en neergaande deel van de horizontaal gestuurde boring bevinden zullen de grind gerelateerde risico's geen belemmering voor de haalbaarheid van de horizontaal gestuurde boring vormen. Wanneer de leiding dieper wordt gesitueerd vormt de keileemlaag geen belemmering voor de haalbaarheid van de horizontaal gestuurde boring wanneer de boring deze laag slechts doorkruist. Het dient te worden opgemerkt dat bovenstaande conclusies zullen moeten worden geverifieerd aan de hand van de resultaten van een gedetailleerd grondonderzoek. De berekende trekkrachten, met name de trekkracht bij een geballasteerde leiding, zijn relatief laag, zodat de trekkracht bij het intrekken geen belemmering vormt voor de haalbaarheid van de horizontaal gestuurde boring. Tijdens het boren is er onder normale omstandigheden geen risico op kwel aanwezig. Nabij het intrede- en uittredepunt is de stijghoogte in het watervoerende pakket lager dan het maaiveld, zodat daar geen kwel zal optreden. Tijdens het maken van de aansluitingen dienen waarschijnlijk maatregelen te worden getroffen om kwel tegen te gaan. Bij het maken van het ontwerp zal men hier aandacht aan moeten besteden. Bij het intrede- en uittredepunt is op de lange termijn geen sprake van een kwelsituatie. Slechts indien hoogwater op het Drontermeer een invloed heeft op de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket kan bij een niet volledig gevuld boorgat er mogelijk een kwelstroom ontstaan. De kans op het ontstaan van een kwel stroom wordt vrij klein geacht (Voorals de afstand tussen intrede- en uittredepunt en de waterkering aanzienlijk is). Toch wordt gezien de mogelijke consequenties van een mogelijke kwelstroom aanbevolen hier bij het maken van het ontwerp aandacht aan te besteden. De voor de waterkering stabiliteitsverlagende mechanismen piping en afschuiving (macrostabiliteit) zijn niet aan de orde indien de in en uittrede punten op voldoende afstand van de waterkering worden gekozen.

Versie	Datum	Opgesteld door	Paraaf	Gecontroleerd door	Paraaf
	Mei 2007	J. Rietdijk		H.J.A.M. Hergarden	

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Beschikbare gegevens	2
2.1	Gegevens van de opdrachtgever	2
2.2	DINO-database	2
2.3	Grondwaterkaarten	2
3	Grondgegevens	3
3.1	Grondopbouw	3
3.2	Grondwatergegevens	3
4	Geometrie en gegevens gasleiding	5
5	Theoretische achtergrond	6
5.1	Muddrukken	6
5.1.1	Maximaal toegestane muddruk	6
5.1.2	Minimaal benodigde muddruk	6
5.2	Trekkkracht	7
6	Haalbaarheid HDD	9
6.1	Bepaling boorvloeistofdrukken en benodigde diepte ligging	9
6.2	Bepaling trekkkracht	10
7	Uitvoeringsaspecten	11
7.1	Kwel- en opbarstproblematiek	11
7.1.1	Tijdens de uitvoering	11
7.1.2	Tijdens het maken van de aansluiting met de veldstrekking	11
7.1.3	Opbarsten van de sleuf tijdens het maken van de aansluiting met de veldstrekking	12
7.1.4	(Middel) lange termijn	13
7.2	Piping	13
7.3	Stabiliteit van de dijken	13
7.4	Overige uitvoeringsaspecten	13
7.4.1	Keileem	13
7.4.2	Grind	14
8	Conclusies	15

Bijlage(n)

Bijlage 1	Geologische kaart
Bijlage 2	Schematisatie Variant 1
Bijlage 3	Schematisatie Variant 2
Bijlage 4	Muddrukberekeningen Variant 1
Bijlage 5	Muddrukberekeningen Variant 2

Tabellen

Tabel 3.1	Grondopbouw varianten ter plaatse van Drontermeer	3
Tabel 6.1	Uitgangspunten voor de bepaling van de minimaal benodigde en maximaal toelaatbare muddruk	9
Tabel 6.2	Uitgangspunten voor de bepaling van de minimaal benodigde en maximaal toelaatbare boorvloeistofdruk	9
Tabel 6.3	Overzicht trekkkrachten gasleiding	10
Tabel 7.1	Gegevens ten behoeve van kwel- en opbarstberekeningen	11

Figuren

Figuur 5.1	Schema trekkkrachtberekening	8
------------	------------------------------	---

1 Inleiding

In verband met de milieu effect rapportage voor de aanleg van een gasleiding tussen Oostelijk Flevoland en Overijssel/Gelderland is een beschouwing noodzakelijk van de haalbaarheid voor de aanleg van de gasleiding door middel van een horizontaal gestuurde boring. Het tracé van de horizontaal gestuurde boring is gepland nabij Kampervnieuwstad en kruist het Drontermeer. Het Drontermeer wordt aan beide zijden begrensd door primaire waterkeringen.

Voor de beschouwing van de uitvoeringsaspecten is het beschikbare grondonderzoek geïnventariseerd en geïnterpreteerd. Ook is er gekeken naar de geohydrologische gegevens. Aan de hand van deze globale gegevens zal een beschouwing worden gegeven over de te kiezen aanlegdiepte van de gasleiding, de trekkracht op de gasleiding die optreedt bij het intrekken van de leiding en een beschouwing van het risico op het optreden van kwel en piping. Als laatste is er een beschouwing over de invloed van de horizontaal gestuurde boring op de stabiliteit van de waterkering en zullen aan de grond gerelateerde uitvoeringsrisico's worden beschreven. Dit rapport eindigt met conclusies omtrent de haalbaarheid van het aanleggen van de gasleiding door middel van een horizontaal gestuurde boring.

De conclusies die worden beschreven in de rapportage zijn alleen geschikt voor globale doeleinden zoals een milieu effect rapportage. Voor het daadwerkelijke ontwerp van de horizontaal gestuurde boring zijn meer gedetailleerde gegevens nodig.

2 Beschikbare gegevens

2.1 Gegevens van de opdrachtgever

De volgende gegevens zijn door de opdrachtgever beschikbaar gesteld:

- Tekening A-655-KR-033 Routekaart DN600 Leiding Hattem – Flevocentrale
- Tekening A-655-KR-034 Routekaart DN600 Leiding Hattem – Flevocentrale
- Tekening A-655-KR-035 Routekaart DN600 Leiding Hattem – Flevocentrale
- Boring 21C0052 NITG-TNO
- Boring 21CR0135 NITG-TNO
- Boring 21CO0152 NITG-TNO
- Boring 503-186-0003 NITG-TNO
- Boring 503-186-0004 NITG-TNO
- Boring 503-186-0005 NITG-TNO
- TNO rapport 2006-U-R0138/B “Geologisch vooronderzoek met betrekking tot de toekomstige gastransportleiding Wapenveld-Lelystad”

2.2 DINO-database

De DINO database (Data en Informatiesysteem van de Nederlandse Ondergrond) is gebruikt voor het bepalen van de freatische grondwaterstand.

2.3 Grondwaterkaarten

Om de stijghoogte in de zandlagen te bepalen is naast de DINO gegevens gebruik gemaakt van de grondwaterkaart 20 oost, 21 west (Lelystad-Zwolle) van de Dienst Grondwaterverkenning van NITG-TNO. Uit deze grondwaterkaart is het zoutgehalte van het grondwater afgeleid.

3 Grondgegevens

3.1 Grondopbouw

Aan de hand van globale geologische informatie (zie bijlage 1) en geologische profielen gemaakt door TNO op regionale schaal is een schematisatie van de grondopbouw gemaakt. Door de variatie in aan te treffen sequenties aan grondlagen bleek beschouwing van twee voorkomende sequenties van grondlagen noodzakelijk.

Aan de hand van de beschikbaar gestelde geologische profielen en boringen zijn twee mogelijk voorkomende sequenties van grondlagen vastgesteld voor de beschouwing van de haalbaarheid van een horizontaal gestuurde boring. Deze zijn terug te vinden in tabel 3.1.

<i>Variant</i>	<i>1</i>
Diepte tov NAP (m)	Grondsoort
mv tot -0,28	Antropogeen verstoord
-0,28 tot -2,20	Klei en zandige klei
-2,20 tot -3,85	Veen en kleiig veen
-3,85 tot -5,60	Fijn zand
-5,60 tot -7,00	Zeer fijn tot matig grof zand
-7,00 tot -15,2	Matig grof tot uiterst grof zand
-15,2 tot -19,0	Klei, zandige klei en kleiig zand
<i>Variant</i>	<i>2</i>
mv tot 0,0	Klei en zandige klei
0,00 tot -2,30	Klei, sterk zandig
-2,30 tot -3,70	Veen
-3,70 tot -14,7	Zand, grindig (fijn grind)
-14,7 tot -18,3	Klei, schelpen aanwezig
-18,3 tot -20,7	Zand, schelpen aanwezig

Tabel 3.1 Grondopbouw varianten ter plaatse van Drontermeer

De uitgewerkte schematisaties van de grondopbouw zijn weergegeven in bijlage 2 en 3.

Het maaiveld ter plaatse van het tracé van de horizontaal gestuurde boring varieert van NAP -1,5 m bij het uittredepunt in de Flevopolder tot NAP +0,67 m bij het intredepunt aan de oostzijde van het Drontermeer. Ter plaatse van het Drontermeer ligt de bodem gemiddeld rond NAP -0,5 m, met een vaargeul diepte op ongeveer NAP -4 m. In het tracé van de horizontaal gestuurde boring zullen geen significante ophogingen worden aangebracht.

3.2 Grondwatergegevens

Aan de hand van de meetgegevens van peilbuizen in de DINO database kan worden vastgesteld dat de gemiddelde stijghoogte van het freatisch grondwater in de Flevopolder circa NAP -3 m bedraagt, terwijl aan de Oostzijde van het Drontermeer een freatische grondwaterstand van ongeveer NAP -1 m aanwezig is.

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is vastgesteld op NAP -2,2 m.

Het grondwater in het watervoerende pakket is zoet. In 1978 is in de omgeving van het Drontermeer op een diepte van NAP -30 m een zoutgehalte gemeten van 86 mg/l.

Over het te hanteren maatgevend hoogwater (MHW) ter plaatse van de kruising met het Drontermeer zijn momenteel geen gegevens beschikbaar. Effecten op de stijghoogte in het zandpakket kunnen daardoor niet worden gekwantificeerd.

4 Geometrie en gegevens gasleiding

De gegevens van de gasleiding zoals aangeleverd door de opdrachtgever zijn als volgt:

- Lengte van de boring circa $L=1200$ m;
- Intredepunt pilotboring aan de oostzijde ($\alpha_{in} = 8^\circ$);
- Uittredepunt pilotboring aan de westzijde ($\alpha_{uit} = 8^\circ$);
- Gehanteerde bochtstralen verticaal $R= 950$ m aan beide zijden.

Vanaf het intredepunt zal eerst door een slappe lagen pakket worden geboord. Na ongeveer dertig meter zal door de eerste zandlaag worden geboord. Richting het uittredepunt zal de laatste twintig meter van de boring weer door het slappe lagenpakket gaan.

Hieronder volgt een lijst met gegevens met betrekking tot de gasleiding:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| - Leidingmateriaal | : staal |
| - Uitwendige diameter buis | : $D_u = 610$ mm |
| - Wanddikte buis | : $t = 13,3$ mm |
| - Elasticiteitsmodulus (korte duur) | : $E_{kort} = 205800$ N/mm ² |
| - Elasticiteitsmodulus (lange duur) | : $E_{lang} = 205800$ N/mm ² |
| - Soortelijk gewicht buis | : $\gamma_b = 78,5$ kN/m ³ |
| - Soortelijk gewicht boorspoeling | : $\gamma_s = 11,1$ kN/m ³ |

Uit de globale berekeningen voor de haalbaarheidsbeschouwing (die in dit rapport beschreven worden) volgt een mogelijke aanleg diepte van de gasleiding op NAP -17 m (afhankelijk van muddrukken en te doorboren grondlagen).

5 Theoretische achtergrond

In dit hoofdstuk worden enkele theoretische aspecten behandeld die in de volgende hoofdstukken gebruikt zullen worden.

5.1 Muddrukken

Het boorproces voor de aanleg van de kruising bestaat uit de volgende fasen. Per boorfase is over de lengte van het boortracé de maximaal toelaatbare boorvloeistofdruk en de minimaal benodigde boorvloeistofdruk berekend.

- het uitvoeren van de pilotboring;
- het voorruimen van het boorgat;
- het intrekken van de buis.

5.1.1 Maximaal toegestane muddruk

De buis zal worden aangelegd door middel van de HDD methode. Teneinde te voorkomen dat het boorgat bezwijkt met als gevolg het uitstromen van de boorvloeistof (een bentoniet-watmengsel) aan de oppervlakte, dient de boorvloeistofdruk in het boorgat lager te zijn dan de maximaal toelaatbare druk.

De maximaal toelaatbare druk wordt voor de relatief diep gelegen gedeelten van de leiding bepaald met behulp van de GeoDelft-methode die gebaseerd is op de ruimte-expansie-theorie. Deze rekenmethode is beschreven in NEN3650:2003. Voor de relatief ondiep gelegen gedeelten ($H/D < \text{circa } 5$) worden ook andere bezwijkmechanismen van de grond in beschouwing genomen. De maximaal toelaatbare boorvloeistofdruk wordt in cohesieve grondlagen (veen/klei) bepaald door uit te gaan van een ongedraineerd gedrag van de grond. De toegepaste partiële veiligheid op het volumegewicht en op de ongedraineerde schuifsterkte (f_{undr}) van de grondlagen bedraagt 1,1 resp. 1,4. In niet-cohesieve grondlagen (zand) wordt uitgegaan van een gedraineerd grondgedrag. De partiële veiligheid op het volumegewicht en de hoekwrijving bedraagt 1,1 resp. 1,4.

Voor de veiligheid tegen opbarsten of uitstromen van de boorvloeistof aan de oppervlakte wordt een grens gesteld aan de omvang van de plastische zone in het gebied rondom het boorgat. Deze zone mag niet tot het maaiveld komen en daarom is op de omvang van deze plastische zone een veiligheidsfactor van 1,5 toegepast voor zandlagen, terwijl bij cohesieve grondlagen een veiligheidsfactor van 2 wordt gehanteerd. $R_{p,\text{max}}$ is dus de gronddekking gedeeld door 1,5 respectievelijk 2. Het optreden van scheurvorming, hydraulische fracturing, is in de berekeningen verdisconteerd door in zand een maximale rek van de wand van het boorgat te hanteren van 5%.

5.1.2 Minimaal benodigde muddruk

Naast bepaling van de maximaal toelaatbare muddruk, is bepaling van de minimaal benodigde muddruk van belang aangezien om een 'horizontal directional drilling' te kunnen uitvoeren in het boorgat een bepaalde minimale boorvloeistofdruk opgebouwd moet kunnen worden. Deze minimale druk is onder meer nodig voor het in stand houden van het boorgat en voor het afvoeren van de geboorde grond.

Het ontwerp (diepteligging) van de HDD dient zodanig te zijn dat de minimaal benodigde druk kleiner is dan de berekende maximaal toelaatbare boorvloeistofdruk.

In het boorgat is dus een bepaalde minimale muddruk (P_{min}) nodig. Deze minimaal benodigde druk aan het boorfront wordt bepaald door twee factoren:

1. Het hoogteverschil tussen het boorfront en het uittredepunt van de retourstroom van boorvloeistof aan het maaiveld.
2. De minimale druk die nodig is om de boorvloeistof (inclusief losgeboorde grond) in het boorgat over een bepaalde afstand in beweging te brengen.

Ad 1:

aangezien het boorfront zich lager bevindt dan het uittredepunt van de boorvloeistof moet een drukverschil worden overwonnen ter grootte van het hoogteverschil maal het volumegewicht van de boorspoeling. Dit wordt weergegeven door de volgende formule:

$$P_1 = h * \gamma$$

waarin:

- P_1 : bijdrage minimaal benodigde muddruk [kPa]
- h : hoogteverschil boorfront - uittredepunt boorvloeistof [m]
- γ : volumegewicht boorspoeling [kN/m³]

Ad 2:

Om de boorspoeling in beweging te brengen moet een schuifweerstand in de vloeistof worden overwonnen. Bij het boren is er sprake van een boorgat waarbinnen zich een boorbuis of een productbuis bevindt. Tussen de buizen en de wand van het boorgat treedt stroming van de boorvloeistof op (stroming door een annulus). De benodigde druk is afhankelijk van de afmetingen van de doorstroomopening (diameter boorbuis of diameter productbuis en diameter boorgat), eigenschappen van de boorvloeistof en het gewenste debiet. Met de theorie uit de vloeistofmechanica kan worden afgeleid wat de minimaal benodigde druk is. De boorvloeistof wordt daarbij beschouwd als een zogenaamde Binghamse vloeistof met een yield point τ_0 , en een plastic viscosity μ_0 . Deze berekening leidt tot een waarde voor de weerstand die de stromende boorvloeistof ondervindt langs de buis en het boorgat (dp/dl). De bijdrage P_2 voor de minimaal benodigde boorvloeistofdruk wordt gevonden door:

$$P_2 = \frac{dp}{dl} \cdot l$$

waarin:

- dp/dl : benodigde druk per lengte eenheid boorgat [kPa/m]
- l : afstand langs het boorgat vanaf de positie van het boorfront tot aan het uittredepunt van de boorvloeistof [m]

De totale minimaal benodigde druk wordt als volgt berekend:

$$P_{\min} = P_1 + P_2 = h * \gamma + \frac{dp}{dl} * l$$

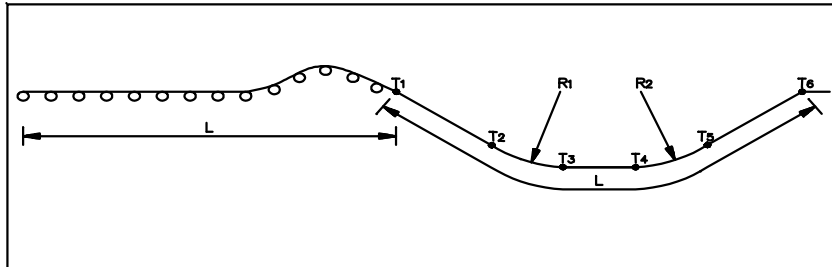
5.2 Trekkraft

Tijdens het intrekken van de buis door het boorgat ondervindt de buis een wrijving die is opgebouwd uit (conform NEN3651/3652):

- wrijving tussen buis en rollenbaan
- wrijving tussen buis en boorvloeistof

- wrijving tussen buis en grond.

Tijdens het intrekken van de buis door het boorgat ontstaat hierdoor een trekkracht in de buis. Op vastgestelde punten volgens figuur 3.1 in het boortracé zijn de trekkrachten in de buis berekend.



Figuur 5.1 Schema trekkrachtberekening

Bij het berekenen van de trekkrachten wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de trekoperatie vordert. Verder wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Conform NEN 3650:2003 geldt:

- | | | | |
|---|---|----------|----------------------|
| - f_1 , wrijving tussen buis en rollenbaan | = | 0,1 | [-] |
| - f_2 , wrijving tussen buis en boorvloeistof | = | 0,000050 | [N/mm ²] |
| - f_3 , wrijving tussen buis en grond | = | 0,2 | [-] |

Met nadruk wordt er op gewezen dat de berekende trekkracht de kracht is op de buis. De trekcapaciteit die door de boorstelling moet worden geleverd is groter.

6 Haalbaarheid HDD

6.1 Bepaling boorvloeistofdrukken en benodigde diepte ligging

Per boorfase is de maximale boorvloeistofdruk berekend. In tabel 6.1 zijn de gehanteerde gegevens samengevat.

	pilotboring	voorruim- operatie	ruim- en intrekoperatie
uitwendige diameter buis [mm]	127	127	614
diameter boorgat [mm]	300	914	914

Tabel 6.1 Uitgangspunten voor de bepaling van de minimaal benodigde en maximaal toelaatbare muddruk

De maximaal toelaatbare boorvloeistofdrukken zijn voor de drie fasen bij een aantal maatgevende verticalen berekend. Deze berekende drukken zijn weergegeven in bijlage 4 en 5. De uitgangspunten van tabel 6.2 zijn gehanteerd voor het bepalen van de minimaal benodigde druk tijdens de drie boorfases.

	pilotboring	voorruim- operatie	ruim- en intrekoperatie
gewenst debiet Q	420 l/min 0,007 m ³ /s	900 l/min 0,015 m ³ /s	1200 l/min 0,020 m ³ /s
gem. vol.gew. γ boorvloeistof [kN/m ³]	11,1	11,1	11,1
gem. viscositeit ν boorvloeistof [Marsh Funnel sec]	50 à 70	50 à 70	50 à 70
yield point τ_0 boorvloeistof [kPa]	0,014	0,014	0,014
plastic viscosity μ_0 boorvloeistof [kPa.s]	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$

Tabel 6.2 Uitgangspunten voor de bepaling van de minimaal benodigde en maximaal toelaatbare boorvloeistofdruk

Het resultaat van de berekeningen van de minimaal benodigde druk ($P_{\min}$) tijdens de drie fasen is eveneens weergegeven in bijlagen 4 en 5. Bij de berekeningen is rekening gehouden met het omkeren van de stroomrichting in het boorgat gedurende het voorruimen van het gat en het intrekken van de leiding.

Tijdens de pilotboring zijn de minimaal benodigde muddrukken tijdens de laatste 50 m hoger dan de maximaal toegestane muddrukken. Tevens zijn tijdens de laatste 50 m van het intrekken de minimaal benodigde muddrukken hoger dan de maximaal toegestane muddrukken. Om een blow-out te voorkomen zal het debiet van de boorvloeistof moeten worden verlaagd tijdens de laatste 50 m in het slappe lagenpakket.

6.2 Bepaling trekkracht

De gasleiding zal op een minimale diepte van NAP -17,00 meter komen te liggen. De trekkrachten zijn ook berekend in MDrill en zullen hieronder worden vermeld.

Punt	Lengte leiding in boorgat [m]	Trekkracht [kN] 0% gevuld met water	Trekkracht [kN] 25% gevuld met water	Trekkracht [kN] 50% gevuld met water
T1	0	266	266	266
T2	39	276	286	262
T3	172	382	370	330
T4	1074	532	379	243
T5	1207	645	465	310
T6	1235	653	466	306

Tabel 6.3 Overzicht trekkrachten gasleiding

De berekende trekkrachten, met name de trekkracht bij een geballasteerde leiding is relatief laag zodat de trekkracht geen belemmering vormt voor de haalbaarheid van de horizontaal gestuurde boring.

7 Uitvoeringsaspecten

7.1 Kwel- en opbarstproblematiek

Bij de aanleg van de leiding met behulp van de 'directional drilling'-methode (HDD) zal door het eerste watervoerende zandpakket worden geboord. Boven deze laag bevindt zich het slecht doorlatende slappe lagenpakket. Door de nabijheid van het Drontermeer zal er op kwel moeten worden getoetst. De kwelsituatie zal bekeken worden uitgaande van een drietal situaties, t.w. tijdens de uitvoering van de gestuurde boring, tijdens het maken van de aansluiting met de veldstrekking en voor de (middel)lange termijn.

Enkele gegevens met betrekking tot de situatie zijn in onderstaande tabel weergegeven. De ontgravingsdiepte is aangenomen op 2,0 meter onder maaiveld.

	intredepunt	uittredepunt
maatgevende maaiveldhoogte [m t.o.v. NAP]	+0,67	-1,5
bovenkant watervoerend pakket [m t.o.v. NAP]	-3,7	-3,7
ontgravingsdiepte tijdens aansluitingen [m t.o.v. NAP]	-1,33	- 3,5
freatisch grondwater [m t.o.v. NAP]	-1,0	-2,0
stijghoogte eerste watervoerende pakket [m t.o.v. NAP]	-2,0	- 2,0

Tabel 7.1 Gegevens ten behoeve van kwel- en opbarstberekeningen

7.1.1 Tijdens de uitvoering

Tijdens de uitvoering van de gestuurde boring is het boorgat gevuld met een mengsel van water, bentoniet en grond. De dichtheid van deze boorspoeling dient groot genoeg te zijn om weerstand te kunnen bieden aan de waterdruk uit het eerste watervoerende pakket. Nabij het intrede- en uittredepunt is de stijghoogte in het watervoerende pakket lager dan het maaiveld, zodat daar geen kwel zal optreden.

Het wordt aangeraden om de horizontaal gestuurde boring niet tijdens een periode met mogelijke hoogwaterstanden uit te voeren omdat de waterstanden in het Drontermeer mogelijk de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket beïnvloed.

7.1.2 Tijdens het maken van de aansluiting met de veldstrekking

Over het algemeen worden vrij snel na het gereedkomen van de kruising de aansluiting gemaakt met de veldstrekking. Daarom wordt er in eerste instantie van uitgegaan dat de boorvloeistof nog niet is ingedikt. Ook nu geldt weer dat de dichtheid van de boorvloeistof groot genoeg moet zijn om weerstand te kunnen bieden aan de waterdruk uit het eerste watervoerende pakket. Aangenomen is dat de ontgravingsdiepte 2,0 m onder het maaiveld zal liggen. Hierdoor is de stijghoogte van het water hoger dan de ontgravingsdiepte. Hierdoor zal er kwel optreden.

- waterdruk bij het intredepunt: $(3,7 - 2,0) \times 9,81 = 16,7 \text{ kN/m}^2$.
- waterdruk bij het uittredepunt: $(3,7 - 2,0) \times 9,81 = 16,7 \text{ kN/m}^2$.

Uitgaande van een volumegewicht van de boorspoeling van $11,1 \text{ kN/m}^3$ kan de druk worden uitgerekend die wordt opgebouwd in de boorvloeistof:

- druk bij het intredepunt: $(3,7 - 1,33) \times 11,1 = 26,3 \text{ kN/m}^3$; rekenwaarde = $23,9 \text{ kN/m}^2$
- druk bij het uittredepunt: $(3,7 - 3,5) \times 11,1 = 2,2 \text{ kN/m}^3$; rekenwaarde = $2,0 \text{ kN/m}^2$

Geconcludeerd kan worden dat er tijdens het maken van de aansluitingen kwelproblemen te verwachten zijn bij het uittrede punt in de Flevopolder, zodat een tijdelijke spanningsbemaling noodzakelijk is.

7.1.3 Opbarsten van de sleuf tijdens het maken van de aansluiting met de veldstrekking

Een andere situatie die is onderzocht is het opbarsten van de sleuf die ontgraven moet worden om de kabels te kunnen intrekken. Er moet voldaan zijn aan de volgende eis (NEN 6740):

$$p_{z;d} \leq \gamma_{2;d} d_{2;d} + f \gamma_{1;d} d_{1;d}$$

waarin:

- $p_{z;d}$: de rekenwaarde van de grondwaterdruk in de te bemalen watervoerende laag juist onder de afsluitende laag op diepte z beneden de bodem van de ontgraving
- $\gamma_{2;d}$: de ongunstigste rekenwaarde van het volumiek gewicht van de als afsluitende laag fungerende grondlagen onder de bodem van de ontgraving
- $d_{2;d}$: de dikte van de grondlagen onder de bodem van de ontgraving
- $\gamma_{1;d}$: de ongunstigste rekenwaarde van het volumiek gewicht van de grondlagen boven de bodem van de ontgraving
- $d_{1;d}$: de dikte van de grondlagen boven de bodem van de ontgraving
- f : factor voor spreiding van belasting onder de sleuf, volgens figuur 18 uit NEN 6740.

Aan de intredekant worden de volgende drukken berekend:

De onderkant van het slappe lagenpakket ligt onder de sleuf op een diepte van NAP -3,7 m. De opwaartse druk onder de sleuf bedraagt daardoor $(3,7 - 2,0) \times 9,81 = 16,7 \text{ kN/m}^2$.

Onder de sleuf ligt een slappe lagen pakket met een dikte van 2,4 m en een gemiddeld volumiek gewicht van 15 kN/m^3 . De neerwaartse druk van de grond onder de sleuf bedraagt daarmee $(2,4 \times 15) = 35,6 \text{ kN/m}^2$. De rekenwaarde van de neerwaartse druk van de grond onder de sleuf bedraagt daardoor $35,6 / 1,1 = 32,3 \text{ kN/m}^2$. Boven de sleufbodem ligt een grondpakket met een dikte van 2,0 m en een volumiek gewicht van 15 kN/m^3 . De factor f bedraagt 0,8. De neerwaartse druk van de grondlagen boven de sleuf bedraagt daardoor 24 kN/m^2 met als rekenwaarde $24/1,1 = 21,8 \text{ kN/m}^2$.

In totaal bedraagt de neerwaartse druk dus $53,4 \text{ kN/m}^2$ en daardoor is er geen gevaar voor opbarsten aan de intredekant.

Aan de uittredekant worden de volgende drukken berekend:

De onderkant van het slappe lagenpakket ligt onder de sleuf op een diepte van NAP -3,7 m. De opwaartse druk onder de sleuf bedraagt daardoor $(3,7 - 2,0) \times 9,81 = 16,7 \text{ kN/m}^2$.

Onder de sleuf ligt een slappe lagen pakket met een dikte van 0,2 m en een gemiddeld volumiek gewicht van 15 kN/m^3 . De neerwaartse druk van de grond onder de sleuf bedraagt daarmee $(0,2 \times 15) = 3,0 \text{ kN/m}^2$. De rekenwaarde van de neerwaartse druk van de grond onder de sleuf bedraagt daardoor $3,0 / 1,1 = 2,7 \text{ kN/m}^2$. Boven de sleufbodem ligt een grondpakket met een dikte van 2,0 m en een volumiek gewicht van 15 kN/m^3 . De factor f bedraagt 0,7. De neerwaartse druk van de grondlagen boven de sleuf bedraagt daardoor 21 kN/m^2 met als rekenwaarde $19,1 \text{ kN/m}^2$.

In totaal bedraagt de neerwaartse druk dus 21,8 kN/m² en daardoor is er rekentechnisch geen gevaar voor opbarsten, maar bij een iets hogere stijghoogte dan aangenomen kan er gevaar voor opbarsten aan de uittredekant. Hieraan zal bij het opstellen van het ontwerp aandacht moeten worden besteed.

7.1.4 (Middel) lange termijn

Bij het intrede- en uittredepunt is op de lange termijn geen sprake van een kwelsituatie. Slechts indien hoogwater op het Drontermeer een invloed heeft op de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket kan bij een niet volledig gevuld boorgat er mogelijk een kwelstroom ontstaan. De kans op het ontstaan van een kwel stroom wordt vrij klein geacht (Vooral als de afstand tussen intrede- en uittredepunt en de waterkering aanzienlijk is). Toch wordt gezien de mogelijke consequenties van een mogelijke kwelstroom aanbevolen hier bij het maken van het ontwerp aandacht aan te besteden.

7.2 Piping

Indien het ontwerp dusdanig wordt opgesteld dat een kwelstroom bij aanleg van de leiding en na aanleg van de leiding (langs de leiding in het eerste watervoerende pakket) niet op zal treden zal er geen piping optreden. Veiligheidshalve kan ervoor worden gekozen om het intrede en uittredepunt op een Piping lengte van meer dan 18 maal de hoogte (hoogte= maatgevende hoogwaterstand (MHW) - maaiveld) te situeren.

7.3 Stabiliteit van de dijken

Er is gekeken naar de invloed van de boring op de stabiliteit van de waterkeringen. Zowel het intrede- al het uittredepunt van de boring kan buiten de veiligheidszone van de waterkeringen worden geplaatst, waardoor er geen gevaar is voor de stabiliteit van het dijklichaam. Ter plaatse van de waterkeringen is de gronddekking op de leiding groter dan 10 meter, waardoor ook hier geen gevaar is voor verlies van stabiliteit van de waterkering tijdens het boorproces.

7.4 Overige uitvoeringsaspecten

Naast de voorgaande uitvoeringsaspecten dient met de onderstaande aspecten rekening te worden gehouden:

7.4.1 Keileem

In de bodemopbouw ter plaatse van het tracé kan mogelijk keileem of een residu van keileem voorkomen (De stenen en keien), zoals te zien is op de bodemkaart van het gebied in bijlage 1. In de keileem en de restanten van keileem is de aanwezigheid van stenen (6.3-20 cm), keien (20-63 cm) en blokken (>63 cm) te verwachten. . Betrouwbare statistieken over het voorkomen van deze elementen ontbreken. Wel leert de ervaring dat hoe grover de elementen zijn des te minder ze voorkomen. De kans op de aanwezigheid van een zwerfkei (met een grootte zoals te zien is in hunebedden, tenminste 2 m) is overal in en op de keileem aanwezig.

De risico's die uit boren door keileem voortkomen zijn:

- slechte inschatting van het type ruimer,
- vastlopen van de pilotboring, voorruimoperatie of intrekken van de leiding,
- beschadiging van de coating tijdens het intrekken van de leiding en
- grote ruimkrachten en draaimomenten door een hoge ongedraineerde schuifsterkte een trage boorsnelheid tot gevolg.

Mogelijke oplossingen zijn toepassen van een stenenvanger, het versterken van de coating en het vergroten van de trekcapaciteit van de rig.

Het dient te worden opgemerkt dat de keileem waarschijnlijk (op basis van globale gegevens) op een diepte van meer dan NAP -20 m wordt verwacht. Toch wordt in verband met bovengenoemde risico's aanbevolen bij het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring voldoende aandacht te besteden aan uitvoering en interpretatie van grondonderzoek om het voorkomen van keileem (stenen en keien) te kunnen uitsluiten.

7.4.2 Grind

In de zandlagen van het eerste watervoerende pakket behorende tot de Formatie van Kreftenheye ter plaatse van het HDD-tracé (opgaande en neergaande deel) komt fijn tot grof grind voor. Het grind wordt overwegend aangetroffen in lenzen.

Ook voor de uitvoering van een horizontaal gestuurde boring in een zandlagen pakket met grindlagen zijn een aantal risico's te onderscheiden:

- vastlopen ruimen door boorgatinstabiliteit;
- vastlopen leiding door boorgatinstabiliteit;
- vastlopen ruimen door slecht transport boorvloeistof.

Mogelijke oplossingen hiervoor zijn het afstemmen van de boorvloeistof op de aanwezigheid van grind en het vergroten van de trekcapaciteit van de rig.

Aanbevolen wordt om voorafgaand aan het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring voldoende aandacht te besteden aan grondonderzoek zodat de omvang van de grindlagen kan worden ingeschat en de korrelgrootteverdeling van het grind kan worden bepaald.

8 Conclusies

Indien de gasleiding zal worden aangelegd op een diepte van NAP -17 m, kan op basis van globale gegevens worden geconcludeerd dat de kans op een blow out tijdens de pilot boring gering is en dat er waarschijnlijk geen keien en stenen zullen worden aangetroffen in het boortracé. Wel bestaat er een kans dat er met name in het opgaande en neergaande deel van de horizontaal gestuurde boring er grindlagen zullen moeten worden doorboord. Weliswaar is nader onderzoek voor de karakterisering van de grindlagen noodzakelijk, maar aangezien de grindlagen zich alleen in het opgaande en neergaande deel van de horizontaal gestuurde boring bevinden zullen de grind gerelateerde risico's geen belemmering voor de haalbaarheid van de horizontaal gestuurde boring vormen. Wanneer de leiding dieper wordt gesitueerd vormt de keileemlaag geen belemmering voor de haalbaarheid van de horizontaal gestuurde boring wanneer de boring deze laag slechts doorkruist.

Het dient te worden opgemerkt dat bovenstaande conclusies zullen moeten worden geverifieerd aan de hand van de resultaten van een gedetailleerd grondonderzoek.

De berekende trekkrachten, met name de trekkracht bij een geballasteerde leiding, zijn relatief laag, zodat de trekkracht bij het intrekken geen belemmering vormt voor de haalbaarheid van de horizontaal gestuurde boring.

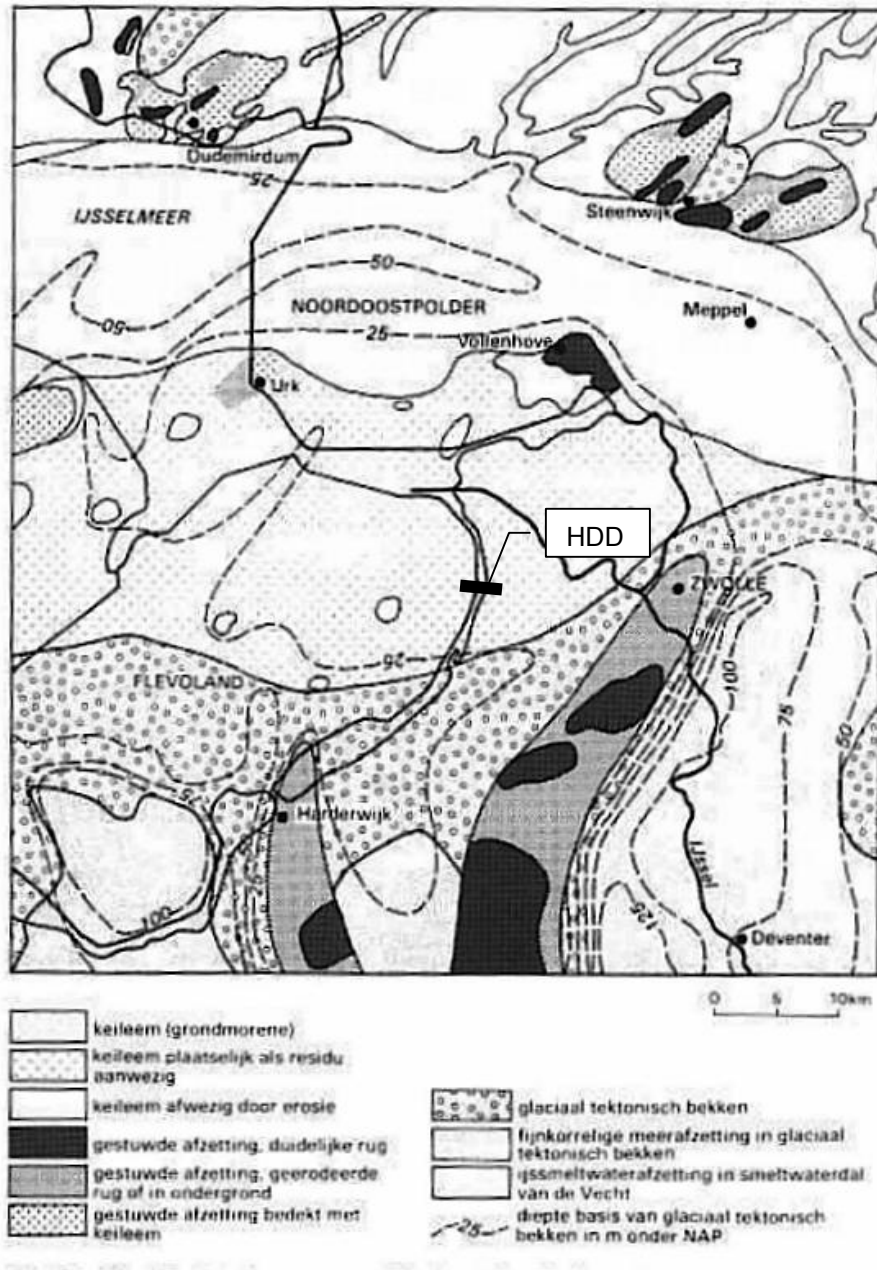
Tijdens het boren is er onder normale omstandigheden geen risico op kwel aanwezig. Nabij het intrede- en uittredepunt is de stijghoogte in het watervoerende pakket lager dan het maaiveld, zodat daar geen kwel zal optreden. Tijdens het maken van de aansluitingen dienen waarschijnlijk maatregelen te worden getroffen om kwel tegen te gaan. Bij het maken van het ontwerp zal men hier aandacht aan moeten besteden.

Bij het intrede- en uittredepunt is op de lange termijn geen sprake van een kwelsituatie. Slechts indien hoogwater op het Drontermeer een invloed heeft op de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket kan bij een niet volledig gevuld boorgat er mogelijk een kwelstroom ontstaan. De kans op het ontstaan van een kwel stroom wordt vrij klein geacht (Voorals de afstand tussen intrede- en uittredepunt en de waterkering aanzienlijk is). Toch wordt gezien de mogelijke consequenties van een mogelijke kwelstroom aanbevolen hier bij het maken van het ontwerp aandacht aan te besteden.

De voor de waterkering stabiliteitsverlagende mechanismen piping en afschuiving (macrostabiliteit) zijn niet aan de orde indien de in en uittrede punten op voldoende afstand van de waterkering worden gekozen.

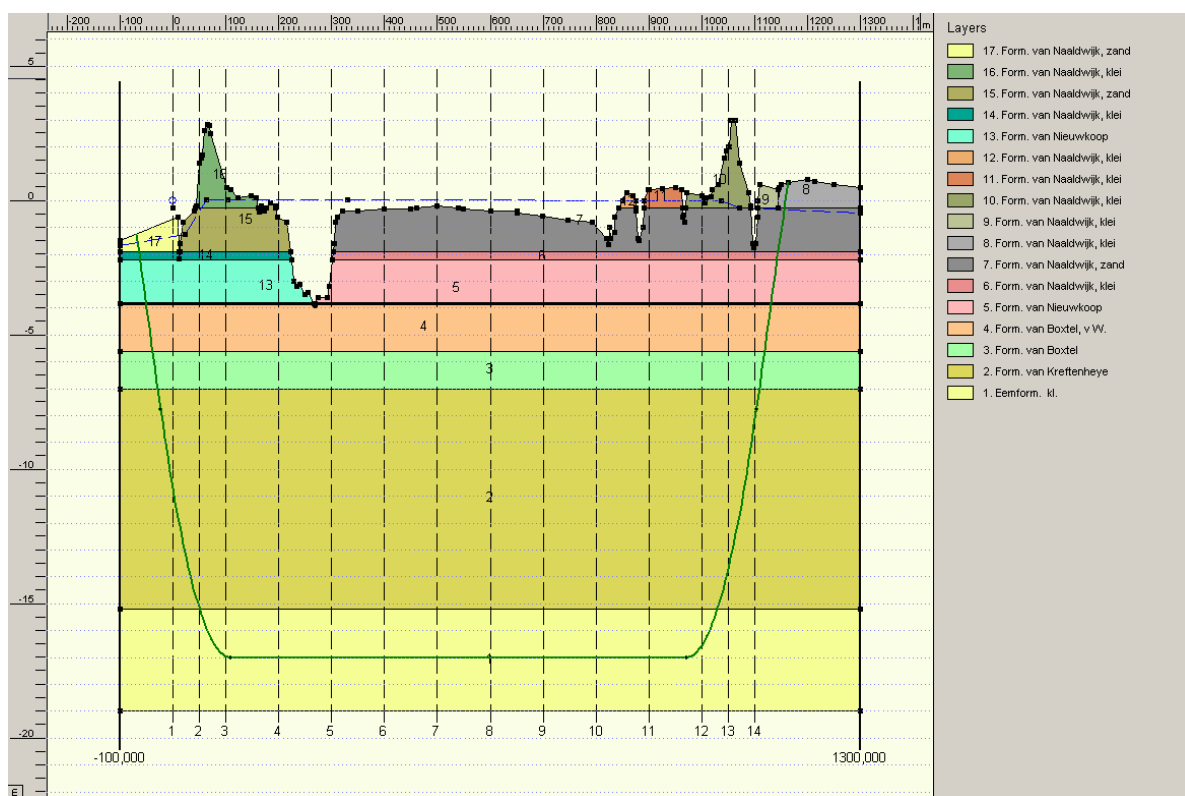
De conclusies die worden beschreven in de rapportage zijn alleen geschikt voor globale doeleinden zoals een milieu effect rapportage. Voor het daadwerkelijke ontwerp van de horizontaal gestuurde boring zijn meer gedetailleerde gegevens nodig.

Bijlage 1 Geologische kaart

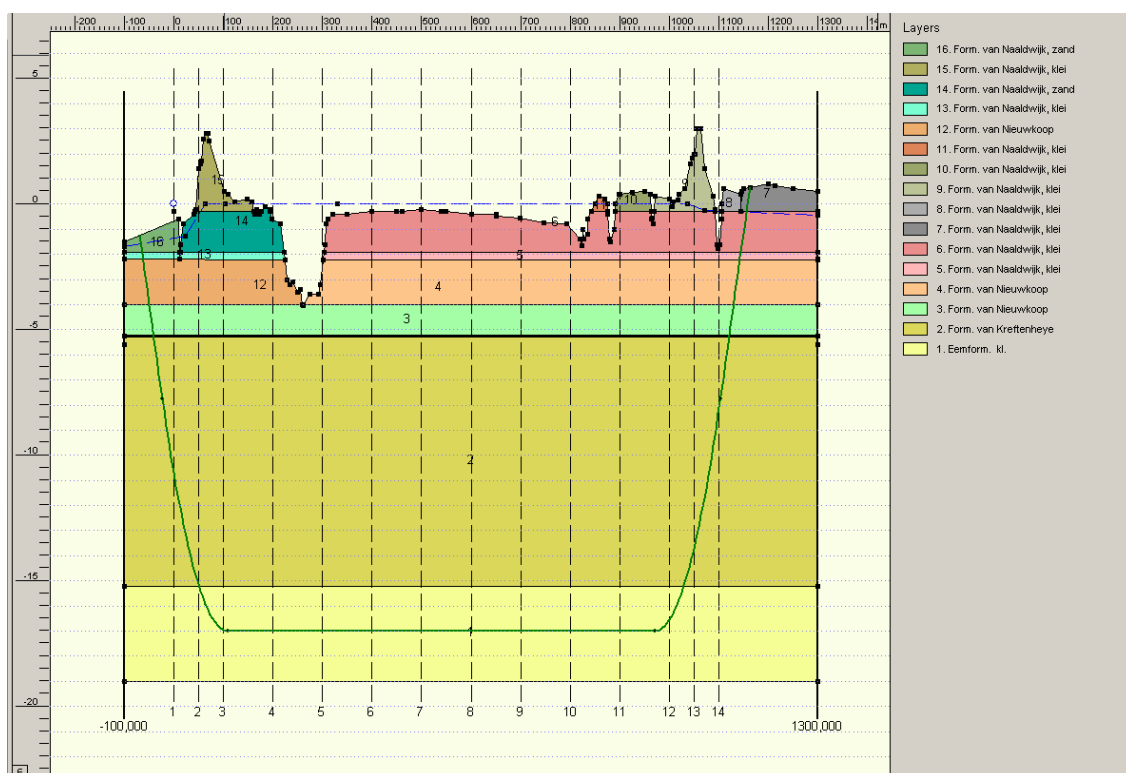


Glaciale afzettingen en morfologie uit het Saalien. Naar Rijks Geologische Dienst, 1986.

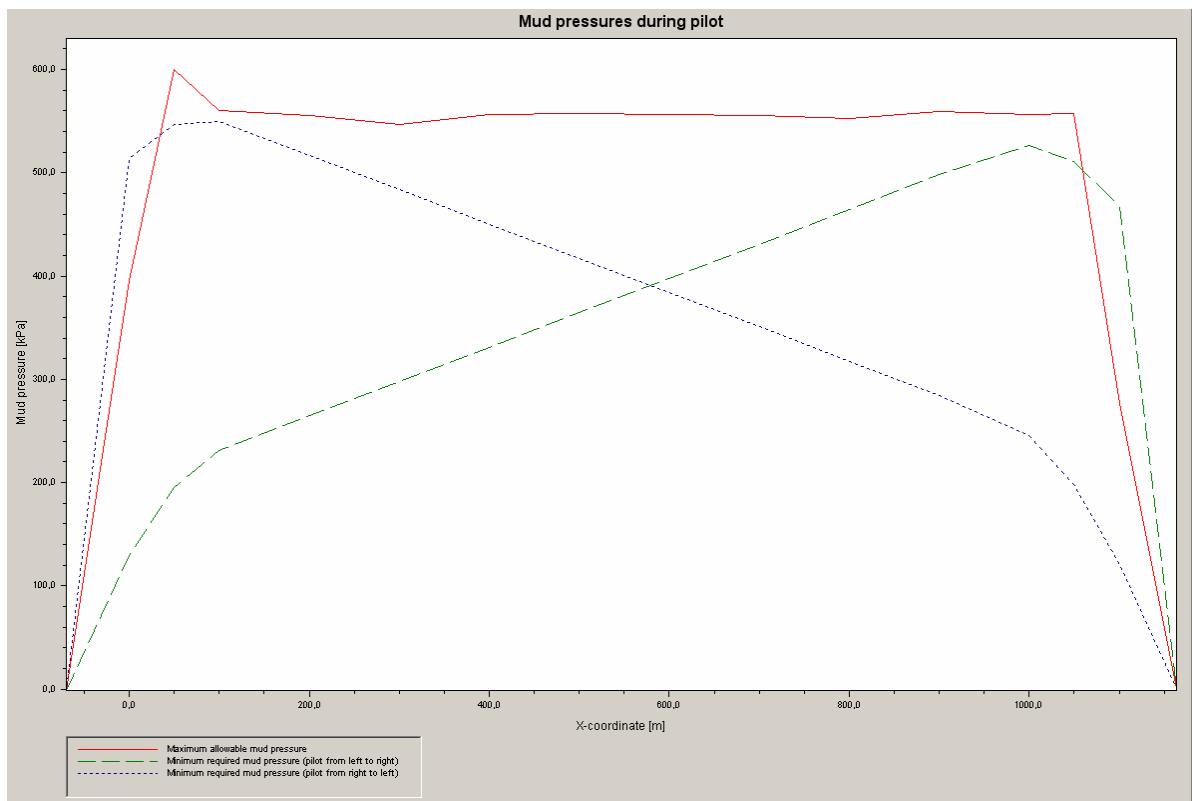
Bijlage 2 Schematisatie Variant 1



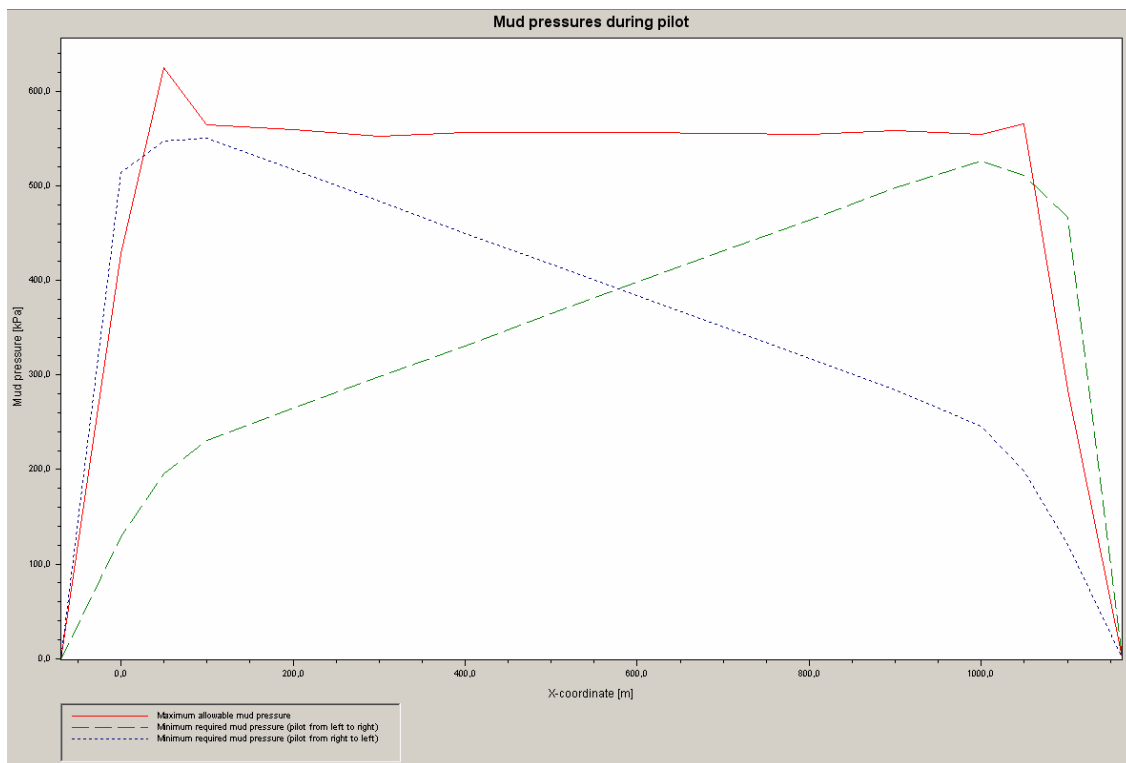
Bijlage 3 Schematisatie Variant 2



Bijlage 4 Muddrukberendingen Variant 1



Bijlage 5 Muddrukberendingen Variant 2



Report for MDrill 4.1

Horizontal Directional Drilling
Developed by GeoDelft



Company: GeoDelft

Date report: 2007-05-08

Time report: 16:59:25

Date calculation: 8-5-2007

Time calculation: 16:39:17

Filename: N:\..B. Metingen en berekeningen\MDrill\hdd drontermeer II

Project identification: Gasleiding Wapenveld-Lelystad
Horizontaal gestuurde boring Drontermeer

1 Input Data

1.1 Phreatic line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater)

1.2 Boundary between undrained compressible layers and underlaying non-compressible drained layers

Boundary 3 is the boundary between cohesive top layers and non-cohesive drained layers

1.3 Configuration of the pipe line

X-coordinate left point	-70,00	[m]
Y-coordinate left point	-0,80	[m]
X-coordinate right point	1163,70	[m]
Y-coordinate right point	0,67	[m]
Angle left	8,00	[degrees]
Angle right	8,00	[degrees]
Lowest level of pipe (centre borehole)	-14,00	[m]
Bending radius left	950,00	[m]
Bending radius right	950,00	[m]

The pulling direction of the product pipe is from right to left

1.4 Material types

Name	Gamma unsat [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Cohesion [kN/m2]	Phi [deg]	Cu [kN/m2]	Emod [kN/m2]	Nu [-]
Form. van Naaldwijk, klei	7,00	14,00	5,00	27,00	200,00	2000,00	0,45
klei, sterk zandig	18,00	18,00	1,00	27,50	75,00	2000,00	0,45
veen	12,00	12,00	2,50	15,00	20,00	500,00	0,45
zand, grindig	18,00	20,00	0,00	35,00	50,00	45000,00	0,33
klei, schelpen	18,00	18,00	5,00	27,50	75,00	2000,00	0,45
zand, schelpen	19,00	21,00	0,00	32,50	50,00	75000,00	0,33

1.5 Pipe material data

Material	Steel
Quality	FE241
Negative wall thickness tolerance	10,00 [%]
Yield strength (Re)	241,00 [N/mm2]
Partial material factor	1,10 [-]
Young's modulus	205800,00 [N/mm2]
Outer diameter productpipe	0,600 [m]
Wall thickness (Nominal)	13,30 [mm]
Design pressure	799,00 [kPa]
Test pressure	800,00 [kPa]
Unit weight pipe material	78,50 [kN/m3]
Part of cross section filled with water	0 [%]

1.6 Pipe engineering data

Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Bedding constant of drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m3]
Phi drilling fluid	15,00	[degrees]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m2]
Bedding angle	120	[degrees]
Bending radius in pipe string	500,00	[m]
Load angle	180	[degrees]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]

Friction pipe-mud (f2)	0,000050	[N/mm2]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]
Soil load raised by a traffic load	0,00000	[N/mm2]
Bedding constant of soil	0,00000	[kN/m3]

1.7 Mud pressure data

Diameter pilot hole	0,300	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,114	[m]
Diameter preream hole	0,900	[m]
Outer diameter drillpipe	0,114	[m]
Diameter borehole productpipe	0,900	[m]
Outer diameter productpipe	0,600	[m]
Annular back flow rate pilot	0,0070	[m3/s]
Annular back flow rate pre-reaming	0,0150	[m3/s]
Annular back flow rate ream and pull-back	0,0200	[m3/s]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,1	[kN/m3]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m2]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m2]

2 Soil Mechanical Data

Verticals		Vertical load			Vert. coef. of subgr. reac. [kN/m3]	Ultimate bearing cap. [kN/m2]
X-coord [m]	Y-coord [m]	Passive [kN/m2]	Neutral [kN/m2]	Reduced [kN/m2]		
0,00	-9,69	411,95	77,03	20,44	45850,50	3767,22
25,00	-11,75	607,27	95,66	20,43	40918,44	4638,66
50,00	-13,14	1032,13	127,66	20,70	20713,30	6135,85
100,00	-14,00	1047,41	128,95	20,57	7838,36	3645,44
200,00	-14,00	875,51	116,78	20,47	7838,36	3322,09
300,00	-14,00	683,70	103,27	20,36	7838,36	2962,36
400,00	-14,00	915,40	119,44	20,49	7838,36	3393,05
500,00	-14,00	927,54	120,24	20,50	7838,36	3414,34
600,00	-14,00	903,34	118,64	20,49	7838,36	3371,77
700,00	-14,00	883,59	117,32	20,48	7838,36	3336,59
800,00	-14,00	839,78	114,34	20,45	7838,36	3257,13
900,00	-14,00	993,45	123,97	20,53	7838,36	3513,85
1000,00	-13,97	966,25	122,31	20,52	8236,66	3521,60
1050,00	-12,28	938,27	117,99	20,77	33304,92	5685,74
1075,00	-10,44	619,61	93,64	20,88	45850,50	4547,00
1100,00	-7,94	187,25	47,65	18,48	45850,50	2396,05

Soilmechanical data without factors

3 Mud Pressures

Verticals [m]		Pilot [kN/m2]			Preream [kN/m2]			Pull back [kN/m2]		
X-coord	Y-coord	Max	Min,l	Min,r	Max	Min,l	Min,r	Max	Min,l	Min,r
0,00	-9,69	420	122	502	420	104	122	420	113	104
25,00	-11,75	491	153	517	491	129	153	491	140	129
50,00	-13,14	583	177	524	583	146	177	583	161	146
100,00	-14,00	596	203	517	596	159	203	596	180	159
200,00	-14,00	571	236	483	571	166	233	571	200	166
300,00	-14,00	538	270	450	538	174	226	538	220	174
400,00	-14,00	577	303	417	577	181	218	577	218	181
500,00	-14,00	579	336	384	579	188	211	579	211	188
600,00	-14,00	575	369	350	575	195	204	575	204	195
700,00	-14,00	572	403	317	572	203	197	572	197	203
800,00	-14,00	565	436	284	565	210	189	565	189	210
900,00	-14,00	588	469	251	588	217	182	588	182	215
1000,00	-13,97	584	502	217	584	217	175	584	175	195
1050,00	-12,28	556	500	182	556	182	152	556	152	166
1075,00	-10,44	478	488	153	478	153	130	478	130	141
1100,00	-7,94	325	468	117	268	117	100	268	100	108

4 Strength Pipeline

4.1 Calculation pulling force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller ($f_1 = 0,10$)
- friction between pipe and drilling mud ($f_2 = 0,00005 \text{ N/mm}^2$)
- friction between pipe and soil ($f_3 = 0,20$)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the borehole is supposed to be stable.

4.1.1 Pulling force in the pipeline

Characteristic points	Length pipe in borehole (m)	Pulling force (kN)
T1	0	261
T2	39	268
T3	172	367
T4	1074	511
T5	1207	618
T6	1235	622

Pulling force in the pipeline (0% filled with water)

The calculated pulling force is the mean value. It is recommended to use a contingency factor of at least 1.4 for the strength calculation. In the subsequent strength calculation a factor of 1,40 is used

The maximum representative pulling force is 6063 kN, calculation factor excluded. At this pulling force level the stresses in the pipeline are equal to the yield strength.

End of Report