

Geologisch onderzoek naar de afzettingen van de Ges binnen het plangebied Houkepoort

Peter Vos
Frans Bunnik
Holger Cremer
Sieb de Vries

1202000-000

Titel

Geologisch onderzoek naar de afzettingen van de Ges binnen het plangebied Houkepoort

Opdrachtgever

Gemeente Sneek

Project

1202000-000

Kenmerk

1202000-000-BGS-0002-cl

Trefwoorden

Geologie, Holoceen, kustafzettingen, laaglandgenese, geoarcheologie, gemeente Sneek, Friesland

Samenvatting

In het gebied ten noorden van de Houkesloot is ten behoeve van de recreatie de afgelopen jaren een nieuw meer gegraven (het plangebied Houkepoort). In het plangebied kwam tussen de Groenedijk en het voormalige Voetveer aan de Houkesloot (Afb. 1), een kromme sloot voor waarvan gedacht werd dat het een laatste restant van een oude loop van de Ges-veenrivier was. De Ges is een oude veenrivier die thans loopt tussen Oppenhuizen en Uitwellingerga en die uitmondt in de Houkesloot.

Voorafgaande aan de ontgraving van het nieuwe meer is in het voorjaar van 2007 een geologisch onderzoek uitgevoerd naar de afzettingen van het Ges riviersysteem. Doel van het onderzoek was de dimensie van het Ges-riviersysteem en de bijbehorende sedimentfacies (afzettingmilieus) te leren kennen. Dit is van belang was voor paleolandschappelijke en geoarcheologische studies die uitgevoerd worden binnen de gemeenten Sneek en Wymbritseradiel.

Het geologisch onderzoek naar het Ges-systeem heeft een nieuw licht geworpen op de landschapsgeschiedenis van deze veenrivier. De resultaten wijzen uit dat de opvattingen over de Ges-rivier in het plangebied - zoals die voorafgaande aan de studie opgang deden - bijgesteld moeten worden. Het Ges-systeem bleek in dit gebied niet zo zeer een rivier te zijn geweest maar een veenmeer dat zich rond 2200 v. Chr had gevormd en dat rond 1000 n. Chr definitief verlandde. In het verlandende meer ontwikkelde zich rond 1000 v. Chr. een stroombaan die de onderliggende oudere meerafzettingen deels opruimde. De kromme sloot werd gegraven nadat de stroombaan volledig was ca 1000 n. Chr. De sloot heeft wel min of meer de richting van de voormalige stroombaan waarschijnlijk heeft men bij het graven van de sloot rekening gehouden met de natuurlijke laagte die toen nog in het terrein aanwezig was.

De fotobijlage (Bijlage A) geeft een 'beeldverslag' van het geologisch onderzoek naar de Ges-afzettingen, zoals dat uitgevoerd is van 23 t/m 25 april 2007 in het plangebied Houkepoort. De foto's laten de afzettingen zien zoals die ontsloten waren in de noordwand van de profielsleuf (locatie, zie Afb. 2). Het fotoverslag gaat in volgorde van oost naar west (Foto's 1 t/m 36; 96 naar 0 m in het geologisch profiel; Bijlage B).

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	juli 2010	Peter Vos	<i>P.Vos</i>	Bob Hoogendoorn	<i>B.H.</i>	Bob Hoogendoorn	<i>B.H.</i>
		Frans Bunnik					
		Holger Cremer					
		Sieb de Vries					

Inhoud

1 Inleiding	2
2 Geologische setting	4
3 Geologische veldopnamen	7
3.1 Geologisch profiel	7
3.1.1 Lithostratigrafie	7
3.1.2 Beschrijving laageenheden	8
3.1.3 Vondstenlijst	9
3.1.4 Profielinterpretatie	10
3.2 Booronderzoek	11
4 Ouderdomsbepalingen	13
5 Paleomilieu	17
5.1 Pollen	17
5.2 Diatomeeën	19
5.3 Samenvatting paleomilieuonderzoek	21
6 Archeologie	22
7 Landschapsynthese	24
8 Referenties	27
9 Afbeeldingen	29
Bijlage(n)	
A Foto's geologisch profiel Houkepoort	A-1
B Geologisch profiel Houkepoort	B-1
C Boorprofielen 1 t/m 4 Houkepoort	C-1

1 Inleiding

De Ges is een oude veenrivier die loopt tussen Oppenhuizen en Uitwellingerga en die thans in de Houkesloot uitmondt. De Houkesloot is een waterverbinding die het Sneekermeer met de stad Sneek verbindt (Afb. 1 en 2). In het gebied ten noorden van de Houkesloot (plangebied Houkepoort) is ten behoeven van de recreatie de afgelopen jaren een nieuw meer gegraven.

Tussen de Groenedijk en de Houkesloot, ter hoogte van het voormalige Voetveer (Afb. 1), liep een kromme sloot waarvan gedacht werd dat het een laatste restant van een oude loop van de Ges veenrivier was (Foto 1). Bij het graven van het nieuwe meer is een deel van het slootgedeelte tussen de voormalige Fraskepolle en Voetveer verdwenen.

Voorafgaande aan de ontgraving van het nieuwe meer in het Plangebied Houkepoort is een geologisch onderzoek uitgevoerd naar de afzettingen van het Ges riviersysteem. Dit onderzoek is verricht door de unit Bodem en GrondwaterSystemen (BGS) van TNO Bouw & Ondergrond; vanaf 1 januari 2010 onderdeel uitmakend van het kennis instituut Deltares. Het veldonderzoek heeft plaatsgevonden van 23 t/m 25 april 2007 en is uitgevoerd in opdracht van de gemeenten Sneek en Wymbritseradiel.

Doel van het onderzoek was de grote (diepte / breedte) en de sedimentfacies (afzettingmilieu) van het Ges-systeem te leren kennen, hetgeen van belang was voor paleolandschappelijke en geoarcheologische studies die uitgevoerd worden binnen de gemeenten Sneek en Wymbritseradiel.

Voor dit paleolandschappelijke onderzoek werd een 96 m lange profielsleuf gegraven dwars op het slootsysteem (Afb. 2). De sleuf was maximaal 5 m breed en 1.5 tot 2 m diep. De geologische veldopname bestond uit een profielopname van één zijde van de onderzoeksleuf. Het veldonderzoek werd uitgevoerd door de heren Vos en De Vries (Deltares). De profielsleuf werd gegraven worden door J. Bergman Kraanverhuur. Het profiel werd opgeschoond met de profielschaafbak en kon daardoor direct na het opschonen 'gelezen' worden. Na de geologische interpretatie werd het profiel gefotografeerd (zie Bijlage A) en ingetekend (zie Bijlage B).

Tijdens de veldopnamen in de proefsleuf bleek dat de afzettingen van het 'Ges systeem' een grote omvang (breedte) hadden dan aanvankelijk werd vermoed. Om de ruimtelijke verbreding van de afzettingen van het Ges-systeem in beeld (geometrie) te krijgen is een aanvullend boorveldwerk uitgevoerd in het plangebied Houkepoort. De boringen zijn in juli 2007 gemaakt door de heren De Vries (Deltares) en Aaldersberg (RAAP Noord-Nederland). In totaal zijn 35 boringen gezet in het plangebied (Afb. 2). Deze boringen zijn ingevoerd in de boordatabase DINO van TNO om digitale verwerking mogelijk te maken (o.a. boorprofielen, zie Bijlage C).

Voor de bepaling van de ouderdom van de in het geologisch profiel ontsloten laageenheden en de reconstructie van het paleomilieu zijn ¹⁴C bepalingen verricht aan organisch materiaal uit de lagen en is pollen- en diatomeeënonderzoek uitgevoerd. Het pollenonderzoek is uitgevoerd door de heer Bunnik, en het diatomeeënonderzoek is verricht door de heer Cremer (beiden TNO).

In dit rapport zal eerst de regionale landschapsontwikkeling van het gebied rond Sneek besproken worden (hoofdstuk 2). Daarna zullen de resultaten van het geologisch

veldonderzoek beschreven worden (profiel- en booronderzoek, hoofdstuk 3). De ouderdomsbepalingen uit het geologisch profiel en het paleomilieuonderzoek (pollen en diatomeeën) wordt behandeld in de hoofdstukken 4 en 5. Het afsluitende hoofdstuk 5 vormt de synthese van dit onderzoek waarin alle gegenereerde kennis van het plangebied Houkepoort wordt geïntegreerd in een landschapsreconstructie.

De fotobijlage (Bijlage A) geeft een 'beeldverslag' van het geologisch onderzoek naar de Ges-afzettingen, zoals dat uitgevoerd is van 23 t/m 25 april 2007 in het plangebied Houkepoort. De foto's laten de afzettingen zien zoals die waren in de noordwand van de profielsleuf (locatie, zie Afb. 2). Het fotoverslag (Foto's 1 t/m 36) gaat in volgorde van oost naar west (van 96 naar 0 m in het geologisch profiel; Bijlage 2).

De foto's zijn genomen door Annelies Vreeken (voormalig beleidsmedewerker archeologie van de gemeente Sneek en initiatiefnemer van het onderzoek) en Peter Vos (Deltares).

2 Geologische setting

Rond 11.000 jaar geleden eindigde de laatste ijstijd (het Weichselien) en begon de warme klimaatsperiode waarin we thans leven (het Holoceen). Het klimaat in onze streken veranderde van een Arctisch koud klimaat naar een gematigd warm klimaat. De zeespiegel stond aan het einde van het Weichselien in het centrale deel van de Noordzee ca. 45 meter lager dan tegenwoordig. Het zuidelijke deel van de Noordzee lag in die tijd nog grotendeels droog. Door het opwarmen van de aarde smolten dikke pakketten ijs rond de polen af en dat had een snelle zeespiegelstijging tot gevolg in de eerste helft van het Holoceen, de zogenaamde eustatische zeespiegelstijging. Vanaf ca. 6000 jaar voor heden nam de snelheid van de zeespiegelstijging geleidelijk af. De (relatieve) stijging van de zeespiegel werd vanaf die tijd in Noord Nederland hoofdzakelijk veroorzaakt door de bodemdaling. Rond 3000 v. Chr. lag het toenmalige zeespiegelniveau op ca. 5 m –NAP en rond het jaar nul was het gemiddelde zeeniveau gestegen naar ca. 0,75 m –NAP¹.

Als gevolg van de relatieve Holocene zeespiegelstijging verdronken gedurende het Holoceen de laag liggende Pleistocene dalsystemen. Deze dalsystemen veranderden in getijdenbekkens waarin mariene sedimenten werden afgezet. Gelijktijdig ontstonden langs de randen van de hogere zandgronden veengordels. De vernatting in de Friese veenrandzone veroorzaakt door kwel vanuit de hogere Pleistocene zandgronden van het Drentsplateau en Gaasterland².

De getijdenbekkens bestonden uit waddengebieden met zandplaten, slikwaden en kwelders. Voor de kust lagen Waddeneilanden die door de getijstromen en golfwerking voortdurend van plaats veranderden.

In Westergo had zich rond 1000 v. Chr. een trechtervormig waddengebied gevormd, dat onderdeel was van het Boornegetijdenbekkensysteem, en dat ingeklemd werd door kweldergebieden. De wad –kweldergrens liep ruwweg langs de lijn Beetgumermolen – Winsum en Winsum – Kimswert (onder Harlingen). In de daarop volgende periode vond er sterke kwelderuitbouw plaats zodat tussen 1000 en 0 v. Chr. het hele waddengebied in de trechter opslibde tot kwelderniveau. De uitbouw ging gefaseerd, getuige de serie kwelderwallen die vooral in het oostelijk deel van Westergo gevormd zijn. Aan het einde van de ijzertijd was de Boornetrecter in Westergo verland en stabiliseerde de wadkwelder kustlijn in Oostergo en werd een evenwichtsituatie bereikt van een min of meer zuidwest - noordoost lopende waddenkustlijn³.

In het gebied rond de stad Sneek ligt de Pleistocene ondergrond op een diepte tussen ca. 2 en 7 m –NAP (Afb. 3)⁴. Op ca. 750 m ten noorden van de onderzoekslocatie Houkepoort komt in de ondergrond van de gemeente Sneek een relatief hoge NW – ZO georiënteerde Pleistocene rug voor. Het plangebied zelf ligt het Pleistocene oppervlak relatief laag en deze laagte (depressie) maakt deel uit van een restant van een Pleistocene dalsysteem. De top van de Pleistocene ondergrond ligt in het plangebied op ca. 3 en 5 m –NAP, en plaatselijk zelfs dieper. Een dergelijke Pleistoceen dalsysteem komt ook aan de noordzijde van de genoemde Pleistocene rug voor.

¹ Vos & Kiden, 2005

² Vos & Knol, 2005

³ Vos & Gerrets, 2004

⁴ Ter Wee, 1976; Vos & De Vries, 2009

De Pleistocene dalsystemen in de ondergrond van de gemeente Sneek zijn aan de basis opgevuld met Basisveen en lokaal – zoals in het plangebied - verslagen organogene afzettingen (gyttja'-achtig, amorf veen met detritus). Daarop ligt een pakket mariene klei die het 'onderste klastische pakket' genoemd wordt. Op het onderste klastische pakket heeft zich een laag Hollandveen gevormd. Deze veenlaag ligt thans rond de 2.5 m –NAP. De rietveenlaag is overslibd met een organisch rijke klei die gelaagd is op humusiteit en venige laagniveau's.

In de woonwijk Sneek-Tinga komt op het Hollandveen alleen één kleiige laagje en een kleiig veenniveau voor, die daar het Tinga kleitje en Tingaveentje werden genoemd⁵. Omdat bij Sneek - De Hemmen meerdere organisch rijke niveaus in de humeuze klei voorkwamen is het hele pakket daar het 'Tinga complex' genoemd. Deze klei is daar afgedekt met een minder zware en minder humeuze klei. Deze jongere overstromingskleien worden tot de Middellzee afzettingen gerekend⁶.

Op grond van het dateringsonderzoek is het begin van de Hollandveen vorming in de regio Sneek De Hemmen rond 1300 v. Chr gedateerd en deze veenvorming gaat door tot 400 -300 v. Chr⁷. Het veengebied lag relatief laag door via veenafwateringbeekjes werd het veen periodiek van voedselrijk water voorzien. Door de relatief lage ligging en aanrijking van voedselrijk water is het in het noordwestelijke deel van de gemeente Sneek nooit tot oligotrofe veenontwikkeling gekomen.

Rond 300 v. Chr. wordt het Hollandveen overstroomd en wordt het Tinga complex gevormd. De vorming van deze organisch rijke klei gaat door tot ca. 500 n. Chr. Het Tinga complex is afgezet in de supragetijdzone van het getijdengebied van Noordwest Friesland. Het gebied vormde het meest zuidelijke deel van de kwelders in deze regio. De kwelders lage grote delen van het jaar droog en ze werden alleen overstroomd tijdens grote stormvloed. Het kwelderoppervlak ten tijde van de afzetting van het Tinga complex lag in die tijd zeker boven NAP. Omdat de klei momenteel onder de 2 m -NAP ligt, moet gezien de hoogte van de kelder in de Romeinse tijd het bodemoppervlak sinds die tijd met meer dan 2 m gedaald zijn (ingeklonken).

Het Tinga kleigebied en het aangrenzende veengebied was in de ijzertijd en Romeinse tijd bewoonbaar door het opwerpen van lage terpen⁸. Het klei-veengebied was tijdens de menselijke aanwezigheid wel nat, dit getuige het hoge percentage organische stof (humeus / venig) dat in het Tinga kleicomplex voorkomt. Dit wijst erop dat het grondwater in die periode relatief hoog stond en dat daardoor het gevormde organische plantenmateriaal in de bodem niet volledig verteerde.

Op het Tinga complex zijn grijze Middellzeelei afzettingen gevormd die doorlopen tot aan maaiveld ('deklaag'). Deze humeusarme kleien zijn gevormd in een kweldermilieu. De Middellzee kleiafzetting ging door tot de bedijking van het gebied in de 11^e en 12^e eeuw.

De Middellzee klei is niet humeus en macroscopisch herkenbare plantenresten ontbreken. Dit gegeven duidt er op dat het gebied goed werd ontwaterd in de middeleeuwen en dat het grondwater relatief laag stond. De betere afwatering hing samen met de vorming van het Middeleeuwse getijdengeulstelsel en antropogene verkavelingen (sloten) uit die tijd.

Zeer opvallend is dat de hierboven geschetste geologische laagopbouw van de ondergrond van de regio rond Sneek niet opgaat voor het plangebied Houkepoort. In het plangebied zijn

⁵ Vos, 2001; Vos, 2002

⁶ Vos & De Vries, 2009

⁷ Lubbers & Osinga, 2007

⁸ Waldus, e.a., 2005, Vos, 2007.

namelijk het onderste klastische pakket, het Tinga complex en de scheidende Hollandveenlaag tussen deze twee lithologische eenheden niet aangetroffen. In dit rapport wordt uitleg gegeven (hoofdstuk 6) waarom dat niet het geval is.

3 Geologische veldopnamen

De geologische veldopnamen in het plangebied Houkepoort bestond uit een geologische profielopname en een booronderzoek.

De werkzaamheden van de geologische profielopnamen betroffen:

- Het trekken, opschaven en intekenen van noordelijke profielwand van de onderzoeksleuf (Bijlage B).
- Fotograferen van de laageenheden en belangwekkende geologische verschijnselen (zie foto's in Bijlage A).
- Sedimentbeschrijving van de onderscheiden laageenheden conform de standaardboorbeschrijvingsmethode (SBB5); de uitgebreide sedimentbeschrijvingsmethode van TNO die gebaseerd is op de NEN 5104.
- Het opstellen van een locale veldstratigrafie.
- Bemonstering van dateerbaar materiaal voor de ouderdomsbepaling datering en het nemen van paleoecologische monsters voor de paleolandschapsreconstructie.

Het handbooronderzoek is uitgevoerd met behulp van een edelman boor (bovengrond) en een guts (diameter 3 cm). Voor de sedimentbeschrijving is gebruik gemaakt van de SBB5 van TNO (de uitgebreide NEN 5104). De boordiepte was in het algemeen 3 tot 5 m. In totaal zijn 35 boringen gezet (voor de boorlocaties, zie Afb. 2). Vier boorraaien zijn uitgewerkt in boorprofielen (Bijlage C).

3.1 Geologisch profiel

In dit hoofdstuk zal achtereenvolgens ingegaan worden op de gebruikte stratigrafische classificatie, de beschrijving onderscheiden laageenheden en de materialen die zijn verzameld uit de onderzoekssleuf ('vondstenlijst').

3.1.1 Lithostratigrafie

De onderscheiden Holocene laageenheden in het geologisch profiel zijn hoofdniveau ingedeeld volgens de nieuwe lithostratigrafische indeling van Nederland.⁹ Volgens deze nieuwe indeling worden alle Holocene veenlagen gerekend tot de Formatie van Nieuwkoop (voorheen onderdeel van de Westland Formatie).¹⁰ De veenlaag aan de basis van het Holocene pakket, gelegen op de Pleistocene afzettingen en onder een klastisch sedimentdek, wordt het 'Basisveen' genoemd. De veenlagen die binnen de klastische lagen van het Holocene sedimentpakket voorkomen, worden Hollandveenlagen genoemd. De mariene Holocene afzettingen in de hele Nederlandse kustvlakte worden gerekend tot de Formatie van Naaldwijk (voorheen Westland Formatie).

In West-Nederland behoren - volgens de nieuwe stratigrafische indeling - de mariene kleilagen boven de (hoofd) Hollandveenlaag tot het Laagpakket van Walcheren (voorheen Afzettingen van Duinkerken). De klei- en zandlagen onder de (hoofd) Hollandveenlaag wordt tegenwoordig gerekend tot het Laagpakket van Wormer (voorheen Afzettingen van Calais). De Afzettingen van Duinkerken en Calais werden in de oude stratigrafische indeling van de

⁹ De Mulder et al. 2003.

¹⁰ Zagwijn & Van Staalduinen 1975.

Rijks Geologische Dienst ook gebruikt voor de Noord-Nederlandse Holocene kustafzettingen¹¹, ook als er geen scheidende Hollandveenlaag aanwezig was (het onderscheid gebeurde daar op basis van de veronderstelde ouderdom van de afzettingen)¹². In de nieuwe classificatie worden – voor Noord Nederland – de laagpakketten Walcheren (Duinkerke) en Wormer (Calais) niet onderscheiden. Alle klastische afzettingen - die liggen boven de Pleistocene ondergrond - worden tot de Formatie van Naaldwijk gerekend ('ongedifferentieerd'). De reden om dit onderscheid niet meer te maken is vooral gelegen in het feit dat de scheidende Hollandveenlaag tussen de laagpakketten in grote delen van Noord-Nederlands kustgebied ontbreekt. In die gebieden is het niet mogelijk op lithologische criteria de twee laagpakketten te scheiden¹³.

Roeleveld en Griede gebruikten de Duinkerken-Calais terminologie in hun geografische studies over de kustafzettingen van Groningen en Friesland alleen in chronostratigrafische zin; namelijk voor afzettingen die afgezet waren tijdens een 'transgressiefase' (met een specifieke tijdsperiode).¹⁴ In hun lithostratigrafische indeling gebruikte ze de begrippen 'onderste en bovenste klastische laagpakket' voor de mariene klastische laageenheden die gescheiden werden door de Hollandveenlaag ('hoofdlaagpakket' of 'oppervlakte veentong'). In de Noord Nederlandse kustgebieden - waar de scheidende veenlaag ontbrak - werd het hele klastische pakket gerekend tot het ('main clastic member') hoofdlaagpakket.

Binnen recente geologische en geoarcheologische studies in de gemeenten Sneek en Wymbritseradiel worden waarmogelijk ook het onderste en bovenste klastische pakket onderscheiden, en wel daar waar een scheidende Hollandveen Laag op ca. 2,5 m – maaiveld in het gebied voorkomt. Het humeus / venig gelaagde laagcomplex aan de basis van het bovenste klastische pakket wordt het Tinga complex genoemd en de daarboven liggende grijze klei de Middellzee afzettingen.

In het plangebied Houkepoort kon echter de regionaal gehanteerde stratigrafie niet gehanteerd worden omdat de bovengenoemde laageenheden in het plangebied ontbraken. Om die reden is voor dit onderzoek een eigen 'locale' veldstratigrafie ontwikkeld.

In het geologisch profiel zijn 13 Holocene laageenheden onderscheiden boven het Pleistocene substraat (laag 14, zie Bijlage B). De lithologie van de laageenheden zal hieronder kort besproken worden. De uiterlijke kenmerken van de onderscheiden laageenheden in het geologisch profiel zijn te zien in de fotobijlage (Bijlage A).

3.1.2 Beschrijving laageenheden

De veldbeschrijving van de onderscheiden laageenheden (Bijlage B):

Laag 1: Rietveen, bruin, met galigaan.

Laag 2: Rietveen, donkerbruin, matig amorf. Plaatselijk onderverdeling in laag 2a en 2b.

Laag 2a is bruin rietveen en laag 2b bestaat uit donkerbruin rietveen.

Laag 5: Rietveen, zwart, amorf.

¹¹ Ter Wee, 1976; De Groot e.a., 1988.

¹² Absolute dateringen binnen de klastische afzettingen van Noord Nederland waren niet of nauwelijks voorhanden

¹³ Omdat litho- en chronostratigrafie (cf de internationale stratigrafische regels op dat gebied) in de nieuwe lithostratigrafie strikt gescheiden worden, mogen geen ouderdomsgegevens gebruikt worden om de laagpakketten te onderscheiden.

¹⁴ Roeleveld 1974; Griede 1978.

Laag 13: Organisch complex, bruin, bestaande veendetritus en zeer amorf veen die er gyttja-achtig uitziet. Uit het pollenonderzoek komt naar voren dat dit gyttja-achtige veen in een onderwatermilieu is gevormd.

Laag 8: Sterk humeuze klei, matig siltig, grijsbruin, kalkloos, en plaatselijk venig.

Laag 7: 'Cardium' klei, sterk siltig (20 tot 25% lutum), grijs, kalkhoudend, matig stevig wat betreft consistentie en de klei bevat *Cerestoderma* schelpen (kokkels) in levenspositie en ostracoden. Laag is onderverdeeld in laag 7a en 7b waar de basis van de laag humeusgelaagd is. Laag 7a is humeus gelaagd en bevat *Unio*-schelpen (zwanenmossel, dubbelkleppig) op 54-55 m in het profiel (vnr. 6). De *Unio*-schelpen komen voor op de overgang veen – klei; daar direct boven zijn in laag 7a *Cerestoderma* schelpen aanwezig (enkel- en dubbelkleppig). Laag 7b is licht humeus, grijs en bevat ook enkele zand- en schelpgruislaagjes.

Laag 9: Ges-klei, sterk siltig (25% lutum), grijs, slap ('plakkerig' bij het opschaven van de profielwand), kalkhoudend en bevat plaatselijk weinig zandlaagjes. De laag is onderverdeeld in de lagen 9a t/m d op basis van grootschalige gelaagdheid van de laageenheid. De lithologie van de sublagen van laageenheid 9 is vrij uniform. In de laag zijn geen dubbelkleppige kokkels gevonden.

Laag 6: Humeuse kleiband, sterk siltig (25% lutum), donkergrijs / zwart, matig stevig, zwak kalkhoudend.

Laag 12: Klei, gerijpt (deklaag), matig siltig sterk siltig (30% lutum), grijs en met matig veel roestvlekken, matig stevig tot stevig ('stug en gerijpt'), kalkloos.

Laag 3: Klei, sterk siltig (25% lutum), grijs, licht humeus, kalkloos, en met roestvlekken. In de klei zitten humeuze en veenbrokken en stukjes Ges-klei in de westelijke zone van de laag (63,5 – 70 m in het profiel). De laag is antropogeen verstoord.

Laag 10: Slootvulling, klei met verschillende opvullingslagen, en op 49-50 m in het profiel met rietstengels (laag 10c: vnr. 4).

Laag 4: Bouwvoor, donkerbruin grijs, verstoord (geploegd) en vaak met subrecent puin.

3.1.3 Vondstenlijst

De materialen die uit het profiel zijn verzameld, hebben een 'vondstnummer (vnr.)' gekregen. De monsternamen had vooral een dateringsdoel (^{14}C onderzoek en ander dateringsmateriaal). Het subrecente vondstmateriaal gaf aan dat het jonge afzettingen betrof, (antropogeen) gevormd vanaf de Nieuwe tijd. De vondstnummers zijn aangegeven in het geologisch profiel (Bijlage 1).

Materialen die uit geologisch profiel zijn verzameld betrof:

vnr 1: Subrecent vondstmateriaal

vnr 2: Subrecent vondstmateriaal

vnr 3: Baksteen

vnr 4: Plantenstengel (^{14}C onderzoek)

vnr 5: Schelpmateriaal (brak; kokkels)

vnr 6: Schelpmateriaal (zoet; zwanenmossel)

vnr 7: Hout met schors, leek op paaltje, in min of meer verticale stand (^{14}C onderzoek)

vnr 8: Stuk hout, boomwortel in Pleistoceen zand (geprojecteerd in profiel)

vnr 9: Stukken hout, rond, dun ('twijg') en in vergelijkbare stratigrafische positie hout vnr. 7

vnr 10: Plankje, hout (^{14}C onderzoek)

vnr 11: Schelpmateriaal (brak; kokkels)

vnr 12: Baksteen

vnr 13: Vogelbot

vnr 14: Vogelbot

vnr 15: Vogelbot

vnr 16: Scherf, afgerond door watertransport en waarschijnlijk van middeleeuwse ouderdom, en een plankje hout (¹⁴C onderzoek)

vnr 17: Vogelbot (snavel)

3.1.4 Profielinterpretatie

De aanleg van de onderzoekssleuf vond plaats van oost naar west (profieldeel 96 m naar 0 m). Aan de oostzijde van het profiel tot aan de sloot (de sloot die in verband werd gebracht met de loop van de 'oude Ges') kwam in de ondergrond rietveen voor met daarop een kleidek (lagen 3 en 4) die antropogeen verstoord was. Ook de top van het veen was verstoord ('kartelig'). De top van het rietveen was donkerder van kleur door oxidatie van het veen.

De sloot lag net oostelijk van de overgang van het kleipakket (lagen 7, 8 en 9) naar het hoger liggende veen. Voor de aanleg van de onderzoekssleuf werd gedacht dat het dikste (Ges-)kleipakket rond de sloot te liggen. Dit bleek niet het geval. Bij het doortrekken van de sleuf bleek dat 'er geen einde aan het kleipakket kwam'. Het kleilichaam kon niet in verband gebracht worden met een 'klassieke geulinsnijding', maar dat het een brede opvulling betrof van een waterplas (brakwater meer of lagune).

Het voorkomen van een meeropvulling in de ondergrond van het onderzoekgebied verklaart dat de bodemopbouw in het plangebied afweek van de stratigrafie in de omgeving van de stad Sneek, namelijk het ontbreken van het onderste en bovenste klastische pakket.

De organische afzettingen onder het kleipakket van de lagen 7, 8 en 9 (profieldeel 0 – 50 m) was bijzonder lastig te kwalificeren. Het betrof een zeer amorf veen, dat 'gyttja-achtig' aandeed. Het leek onderwater te zijn afgezet ('gyttja-achtig'), ook kwam er plaatselijk was detritus in voor. Het onderscheid tussen de venige lagen 1 en 13 was vaak lastig te maken (geleidelijke overgang) en vaak was het trekken van de laaggrens arbitrair. Uit de top Pleistoceenkaart (Afb. 3) blijkt dat in het onderzoeksgebied al een Pleistocene laagte bestond (een restant van een Pleistoceen dalsysteem) en dat vanuit deze laagte zich een meer ontwikkeld heeft in de loop van het Holoceen.

Opvallend was het voorkomen van de *Unio*-schelpen aan de basis van laag 7a op de grens van het onderliggende veen (profieldeel 53-54 m). Dit geeft aan dat de basis van de klastische meerafzettingen – op de gyttja-achtige veenlaag (organisch complex)- zoet was en dat het meer daar na brakker werd (voorkomen kokkels in levenspositie in laag 7). Mogelijk dat de *Unio*-schelpen behoren tot de afzettingsfase van laag 8; deze laag 8 was in het onderzochte profieldeel zeer dun.

De bovenliggende slappe grijze klei (zonder kokkels) werd in het veld de Ges-klei genoemd. Dit is de laatste fase van de meeropvulling. Deze vulling truncateerde (erodeerde) de onderliggende afzettingen in het profieldeel tussen 9 en 47 m. De Ges-klei zou daarom als een stroombaan opgevat kunnen worden binnen een zich met sediment opvullend meer. Van een echte diepe geulinsnijding was in het profiel geen sprake.

De sloot lag ten oosten van de opvullingslagen van de Ges-klei. Daaruit kan geconcludeerd worden dat de sloot gegraven is nadat het stroombaan systeem van de Ges was dichtgeslibd.

Om meer zicht te krijgen in de verbreiding van het kleipakket in het plangebied Houkepoort (lagen 7, 8 en 9) is een aanvullend booronderzoek uitgevoerd. De resultaten van dit onderzoek worden in het volgende hoofdstuk besproken.

3.2 Booronderzoek

Rondom de sloot - die voorafgaande aan het veldonderzoek geïnterpreteerd werd als een relict van de voormalige veenrivier de Ges – zijn een 35-tal boringen gezet. Bij het booronderzoek is gebruik gemaakt van de geologische kennis die opgedaan is bij de opname van het onderzoeksprofiel (Bijlage B).

In een booronderzoek zijn echter niet die stratigrafische en sedimentologische details te zien als in een profielwand. Dit houdt in dat niet alle lagen (lagen 1 t/m 14), die in het profiel zijn onderscheiden, konden worden herkend in het booronderzoek. Ook kwamen in de boorraaien lagen voor die niet ontsloten waren in de profielwand van de onderzoeksleuf. Om dit verschil te benadrukken, hebben de onderscheiden laageenheden in het boorprofielen 1 t/m 4 (Bijlage C) een andere laagcode gekregen dan die in het geologisch profiel van de sleufwandopname (Bijlage B), namelijk een letter in plaats van een cijfer.

In de boorprofielen zijn dus een aantal eenheden van het geologisch profiel samengenomen maar ook zijn er nieuwe lagen onderscheiden. Het verband tussen de onderscheiden laageenheden in de boorprofielen en die in het geologisch profiel is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Relatie tussen de laageenheden onderscheiden in de boorprofielen (Bijlage C) en die in het geologisch profiel (Bijlage B).

Laageenheden boorprofielen	Lagen in geologisch profiel
Laageenheid a: Pleistoceen substraat	Laag 14
Laageenheid b: Vroeg Holocene klei	Niet aanwezig
Laageenheid c: Veen	Lagen 1, 2 en 5
Laageenheid d: Organisch complex	Laag 13
Laageenheid e: Midden / Laat Holocene kleipakket	Lagen 7 en 8
Laageenheid f: Kleilig veen (Hollandveen laag)	Niet aanwezig
Laageenheid g: Ges-klei	Laag 9
Laageenheid h: Deklaag	Lagen 3, 4, 6 en 12

Kenmerken die gebruikt zijn om de laageenheid g (Ges-klei / laag 9) in de boor te herkennen, waren vooral de kleur en de mate van stevigheid van de klei. Karakteristiek voor de Ges-klei was dat deze kleien slap tot vrij slap, kalkhoudend en grijs waren. Deze kleien waren niet of nauwelijks humeus. Het Midden / Laat Holocene kleipakket was wat steviger van samenstelling en deze kleien waren vaak humeuser. Niet altijd was het maken van het onderscheid tussen de Ges-klei en het Midden / Laat Holocene kleipakket eenvoudig op basis van de genoemde criteria omdat deze niet altijd eenduidig waren in de boor. Daar waar onzekerheid bestond over de interpretatie is de begrenzing van de eenheden met een stippellijn aangegeven.

Uit het booronderzoek komt naar voren dat aan de oostzijde van het onderzoeksgebied het veen tot dicht aan het maaiveld voorkomt en dat daar de eenheid van het organisch complex (laag 13) ontbreekt (Boringen B10H 1570, 1372, 15711573, en 1568).

Waar het veen tot dichtbij maaiveld voorkomt is nooit een meerafzetting aanwezig geweest. Daar waar het organisch complex wel voorkomt (laag 13), is dit wel het geval omdat laag 13 een meerbodemaafzetting betreft (zie hoofdstuk 5.1).

Gelet op de verbreiding van het organisch complex (laag 13) heeft het meer een grote omvang gehad in het studiegebied. Het meer is voor het grootste deel opgevuld met het Midden / Laat Holocene kleipakket (lagen 7 en 8). De Ges-klei (laag 9) heeft een veel

kleinere verbreiding. De Ges-klei vormde de laatste fase van de opvulling van het meer. Door de laterale opvulling (dichtslibbing van de zijanten) van het meer is er een 'stroombaan' ontstaan. Deze stroombaan heeft de onderliggende afzettingen geërodeerd tot maximaal aan de top van het Pleistocene zand. De versnijding van de lagen door de Ges-klei is goed te zien in boorprofiel 3. Het geologisch profiel / boorprofiel 3 laten ook zien dat de Ges-sloot niet midden in de stroombaan voorkomt maar dat de sloot daar net aan de oostrand van de stroombaan afzettingen ligt. In het noordelijk gelegen boorprofiel 2 lijkt de sloot juist aan de westkant van de stroombaan te liggen terwijl in profiel 1 de sloot zich midden van de stroombaan bevindt. De conclusie is dat sloot getrokken is nadat de stroombaan van de Ges was opgevuld.

In boring B10H1560 van boorprofiel 1 is een kleilig veenlaagje aangetroffen. Dit veentje kan wat betreft de periode van vorming aan het Tinga complex gerelateerd worden. Het is een veentje onder een middeleeuwse deklaag en om die reden is het waarschijnlijk dat het gevormd in de late ijzertijd / Romeinse tijd. Dit duidt erop dat in de ijzertijd / Romeinse tijd het meer voor een groot deel al was (opslibbing tot kwelderniveau). Alleen in het gebied van de stroombaan van de Ges was in die periode nog openwater aanwezig.

4 Ouderdomsbepalingen

Voor de datering van de in het geologisch profiel ontsloten lagen zijn 7 AMS ouderdomsbepalingen verricht aan geselecteerde organische monsters. De AMS monsters die direct uit het profiel genomen zijn (hout en een rietstengel), hebben een vondstnummer gekregen en het organische monstermateriaal uit de in het profiel geslagen monsterbakken kregen een baknummer (Romeinse cijfers) met een dieptegetal in cm ten opzichte van de top van de bak. De stratigrafische positie van de losse monsters en bakken zijn aangegeven in het geologisch profiel (zie Bijlage B).

Aan de basis van de detritus-gyttjaveenlaag (organisch complex; laag 13) – gelegen net boven de Pleistocene zandondergrond (laag 14) – zijn monsters genomen aan de basis van deze laag (bak IV-48) en 1 aan de top van deze laag (bak X-41). Uit de rietveenlaag (laag 1) boven detritusveenlaag is 1 monster gedateerd (bak IV-3).

De Ges klei is gedateerd doormiddel van drie stukken hout. Aan de basis van de Ges-klei werd een plaatje (met schors) gedateerd (vnr. 7) die min of meer verticaal stond in de klei en ook twee houtenplankjes (vnr. 10 en 16) die zich in de klei bevonden. Bij vnr. 16 werd ook een scherf gevonden, die in het veld als ‘middeleeuws’ gedateerd werd maar waarvan de ouderdom niet nader bepaald kon worden.

Een rietstengel datering (vnr 4) geeft een ouderdom van een slotvulling (laag 10c) in de afsluitende bovenlaag van het geologisch profiel.

De AMS dateringen van het onderzoek Houkepoort zijn uitgevoerd door het laboratorium Beta Analytic Inc. uit Miami. De resultaten van de analyses worden hieronder gegeven.

Naast de conventionele radiocarbon ouderdom (jaren BP; ‘Before Present = 1950’) worden ook de gekalibreerde ouderdomsranges (1- en 2 sigma) van de dateringen gepresenteerd. De meest waarschijnlijke datering (snijpunt van de radiocarbon ouderdom met de kalibratie curve) is het ‘richtgetal’ genoemd. Dit getal wordt gebruikt bij de ouderdomsbeschrijving van de lagen. Omdat het richtgetal een onzekerheid heeft wordt in de tekst voor het richtgetal circa toegevoegd (bijvoorbeeld ca. 2880 v. Chr) om de onzekerheidsmarge aan te duiden.

Vondstnummer	Bak IV-3
Laboratorium nummer:	Beta – 258670
Laageenheid:	Top laag 1
Gedateerd materiaal:	Geselecteerde organische matrix uit rietveen
Diepte in m t.o.v. NAP:	-2.87
Conventional Radiocarbon Age*:	4210 ± 40
1 –sigma betrouwbaarheid interval (68 %):	2890-2760 kal. v. Chr
2 –sigma betrouwbaarheid interval (95 %):	2900-2670 kal. v. Chr
Richtgetal:	ca. 2880 kal. v. Chr

Vondstnummer	Bak IV-48
Laboratorium nummer:	Beta – 258671
Laageenheid:	Basis laag 13
Gedateerd materiaal:	Gyttja-achtig veen
Diepte in m t.o.v. NAP:	-3.32
Conventional Radiocarbon Age*:	3810 ± 40
1 –sigma betrouwbaarheid interval (68 %):	2300-2200 kal. v. Chr
2 –sigma betrouwbaarheid interval (95 %):	2440-2140 kal. v. Chr

Richtgetal:	ca. 2250 kal. v. Chr
Vondstnummer	Bak X-41
Laboratorium nummer:	Beta – 258672
Laageenheid:	Top laag 13
Gedateerd materiaal:	Gyttja-achtig veen
Diepte in m t.o.v. NAP:	-2.83
Conventional Radiocarbon Age*:	3680 ± 40
1 –sigma betrouwbaarheid interval (68 %):	2130-2020 kal. v. Chr
2 –sigma betrouwbaarheid interval (95 %):	2190-1950 kal. v. Chr
Richtgetal:	ca. 2100 kal. v. Chr
Vondstnummer	Vnr-4
Laboratorium nummer:	Beta – 258673
Laageenheid:	Laag 10c
Gedateerd materiaal:	Rietstengel
Diepte in m t.o.v. NAP:	-2.02
Conventional Radiocarbon Age*:	700 ± 40
1 –sigma betrouwbaarheid interval (68 %):	1270-1300 kal. n. Chr
2 –sigma betrouwbaarheid interval (95 %):	1260-1390 kal. n. Chr
Richtgetal:	ca. 1280 kal. n. Chr
Vondstnummer	Vnr-7
Laboratorium nummer:	Beta – 258674
Laageenheid:	Basis laag 9, geprojecteerd in profiel
Gedateerd materiaal:	Hout, paaltje
Diepte in m t.o.v. NAP:	-3.32
Conventional Radiocarbon Age*:	2800 ± 40
1 –sigma betrouwbaarheid interval (68 %):	1000-910 kal. v. Chr
2 –sigma betrouwbaarheid interval (95 %):	1040-840 kal. v. Chr
Richtgetal:	ca. 930 kal. v. Chr
Vondstnummer	Vnr-10
Laboratorium nummer:	Beta – 258675
Laageenheid:	Laag 9a/b
Gedateerd materiaal:	Hout, plankje
Diepte in m t.o.v. NAP:	-3.02
Conventional Radiocarbon Age*:	1410 ± 40
1 –sigma betrouwbaarheid interval (68 %):	610-660 kal. n. Chr
2 –sigma betrouwbaarheid interval (95 %):	580-670 kal. n. Chr
Richtgetal:	ca. 640 kal. n. Chr
Vondstnummer	Vnr-16
Laboratorium nummer:	Beta – 258676
Laageenheid:	Laag 9a/b
Gedateerd materiaal:	Hout, plankje
Diepte in m t.o.v. NAP:	-2.57
Conventional Radiocarbon Age*:	1540 ± 40
1 –sigma betrouwbaarheid interval (68 %):	440-570 kal. n. Chr
2 –sigma betrouwbaarheid interval (95 %):	420-610 kal. n. Chr
Richtgetal:	ca. 540 kal. n. Chr

Met de uitkomsten van de zeven dateringen kan de vormingsperiode van de onderscheiden laageenheden in het geologisch profiel in de tijd geplaatst worden. Opgemerkt moet worden dat de dateringen uit aquatische afzettingen komen en dat niet geheel uit te sluiten valt dat mogelijk verspoeld organisch materiaal is gedateerd. De dateringen in de klei en organische meerafzettingen geven in ieder geval aan dat de laag waaruit ze komen al bestond op het tijdmoment van de datering maar dat niet uit te sluiten valt dat de ouderdom van de laag in werkelijkheid mogelijk jonger is.

Evaluatie van de betrouwbaarheid van de dateringen:

- Dateringsmonster Bak IV-3: de rietveendatering wordt verworpen omdat deze ouder is dan de onderliggende dateringen van laag 13 (gyttja-achtig veen). Het rietveen waarschijnlijk verplaatst is (drijvende veenschol; zie onderstaande argumentatie).
- Dateringsmonster Bak IV-48: datering wordt betrouwbaar geacht omdat de datering ouder is dan de bovenliggende datering (Bak X-41) en omdat de dateringen van het gyttja-achtige veen van laag 13 wat betreft de diepteligging (t.o.v. NAP) en ouderdom passen in de verdrinkingsgeschiedenis van het gebied.
- Dateringsmonster Bak X-41: idem monster Bak IV-48.
- Dateringsmonster Vnr-4: betrouwbare datering, rietstengel (in situ) in de sloot geeft aan wanneer het riet in de sloot gegroeid heeft.
- Dateringsmonster Vnr-7: paaltje in min of meer verticale stand aan de basis van de Ges-klei in het centrale deel van de sleuf. Paaltje is geprojecteerd in het profiel is aangegeven. Het paaltje bevatte nog bast om het hout en zag er verder 'vers' uit. Verspoeling van oud hout wordt onwaarschijnlijk geacht gezien de versheid van het hout en de schors. Ook een antropogene oorsprong van het hout werd niet geheel uitgesloten.
- Dateringsmonster Vnr-10: plankje was niet afgerond door watertransport en de datering van een ander plankje (Vnr-16) uit dezelfde laag 9 had een ouderdom uit dezelfde afzettingsperiode.
- Dateringsmonster Vnr-16: idem monster Vnr-10.

De onderstaande ouderdomsinterpretatie wordt aan de lagen toegekend op basis van de beschikbare dateringen. Het gyttja-achtige veen (monsters Bak IV-48 en Bak IV-41) aan de basis van de Holocene sequentie (direct boven de Pleistocene ondergrond) wordt rond 2250 - 2100 kal. v. Chr gedateerd. Opvallend is dat de bovenliggende rietveenlaag (monster Bak IV-3) op het gyttja –achtige veen een oudere datering geeft, namelijk ca. 2880 kal. v. Chr. Een verklaring voor deze 'te oude datering' kan zijn dat een rietveen schol uit de omgeving is gaan drijven en dat deze op de detritusgyttja laag is afgezet. Het rietveendek in het profieldeel op 41 – 47 m was namelijk sterk gescheurd en deze scheuren kunnen verklaard worden door migratie van een drijvende veenschol. Deze verklaring wordt bevestigd door de waarnemingen die gedaan zijn in het ingestorte profiel deel op 35-41 m van het geologisch profiel. Daar kwamen brokken rietveen voor die ingebed lagen in de Ges-klei (zie Foto's 22 t/m 24). Verplaatsing van rietveen brokken heeft dus plaatsgevonden bij het ontstaan van de stroombaan van de Ges. Westelijk van het ingestorte profieldeel werden verder geen grote rietveenbrokken meer op de detritusveenlaag aangetroffen. Daar ligt de humeuze klei / Cardium klei / Ges klei direct op de gyttja-achtig veen.

De basis van de Ges-klei in het centrale deel van de 'stroombaan van de Ges' (31 m in het geologisch profiel; Bijlage 1) is gedateerd doormiddel van een stuk hout in min of meer verticale positie (Vnr-7, dat leek op een paaltje). Het stuk hout gaf een ouderdom van ca. 930 kal. v. Chr. Omdat het hout stak in de basis van de stroombaanafzettingen van de Ges-klei wordt de stroombaan afzetting gedateerd rond 1000 v. Chr. De vorming van de tussenliggende lagen 7 en 8 (waar geen absolute dateringen voor beschikbaar waren) wordt geschat tussen 2000 en 1000 v. Chr.

De plankjes in de Ges-klei (vnr-10 en vnr-16) gaven een jongere datering van respectievelijk ca. 640 en 540 kal. n. Chr. Op grond van deze dateringen wordt er vanuit gegaan dat de grijze Ges-klei (stroombaan) in de Vroege Middeleeuwen aan het dichtslibben is.

De definitieve verlanding van het meer (stroombaan van de Ges) en de vorming van de gerijpte deklaag (lagen 12, 3 en 4) heeft plaatsgevonden aan het einde van de vroege middeleeuwen en in de late middeleeuwen. Een slootopvulling, gevormd in de deklaag (laag 10c), is gedateerd doormiddel van een rietstengel op ca.1280 kal. n. Chr (dateringsmonster Vnr-4).

5 Paleomilieu

Uit de geslagen bakken in het geologisch profiel zijn 28 grondmonsters genomen voor palynologisch onderzoek en diatomeeënanalyses. Doel van het paleo-milieuonderzoek is het bepalen van het afzettingsmilieu van de voorkomende laageenheden.

Een overzicht van de bestudeerde grondmonsters, de bakken / laageenheden waaruit ze genomen zijn en de samenvatting van de resultaten van het onderzoek wordt gegeven in Tabel 2 (pollen) en Tabel 3 (diatomeeën).

5.1 Pollen

De pollenmonsters werden volgens een aangepaste standaardmethode¹⁵ achtereenvolgens met natriumpyrofosfaat, zoutzuur en een acetolyseprocedure behandeld om de monsters te dispergeren, en om carbonaat en oplosbaar organisch materiaal te verwijderen. Als inbeddingmiddel voor de pollenpreparaten werd glycerine gebruikt. De preparaten werden met een Leica DM2500 lichtmicroscop bij een vergroting van $\times 400$ op de polleninhoud onderzocht.

De resultaten van het pollenonderzoek zijn in Tabel 2 samengevat. Voor elk monster en microfossielgroep is telkens de conserveringsgraad, de relatieve hoeveelheid op de preparaten en een korte karakterisering van de aangetroffen assemblages weergegeven.

Alle monsters bevatten voldoende redelijk tot zeer goed geconserveerde palynomorfen (pollen en sporen) om een volledige analyse met interpretatie van het afzettingsmilieu te geven. Slechts het monster op 47 cm van Bak I bevatte uitsluitend verkoold materiaal en te weinig herkenbare pollen.

¹⁵ Fægri & Iversen 1975

Tabel 2. Karakteristieken (kwalitatief-visuele schattingen) van de onderzochte pollenmonsters. C+: goed geconserveerd; C-: slecht geconserveerd; C+/-: matig geconserveerd ;H+: voldoende hoeveelheid; H+/-: matige hoeveelheid; H-: zeer geringe hoeveelheid.

Pollenonderzoek			
bak	Diepte [cm] van top bak	Conservering Hoeveelheid	Pollenassemblages (lokaal/regionaal)
I	7 – Laag 9a	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
I	15 – Laag 9a	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
I	26 – Laag 7a	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
I	37 – Laag 7b	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
I	47 – Laag 1	C-; H-	brandlaag, verkoold, niet telbaar
II	5 – Laag 9a	C+; H+/-	zoetwater/marien/hoogveen/elzenbroek/loofbos
II	17 – Laag 7b	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/elzenbroek/loofbos
II	25 – Laag 7a	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
II	33 – Laag 8	C+; H+	zoetwater/zwak marien/loofbos
II	45 – Laag 1	C+/-; H-	varenrijk rietmoeras/loofbos
III	25 – Laag 10c	C+/-; H+/-	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
III	47 – Laag 9b	C+; H+/-	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
IV	6 – Laag 1	C+/-; H+/-	veel houtskool/rietkraag/loofbos
IV	16 – Laag 1	C+; H+/-	elzenbroekbos/loofbos
IV	27 – Laag 1	C+/-; H+/-	riet-zeggeveen/elzenbroekbos/loofbos
IV	34 – Laag 13	C+; H+/-	Open water/riet-zeggeveen/elzenbroek/loofbos
IV	40 – Laag 13	C+; H+/-	Open water/wilgenbroek/loofbos
IV	47 – Laag 13	C+; H+/-	Open water/riet-zeggeveen/loofbos
V	8 – Laag 9c	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
V	24 – Laag 9b	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
V	46 – Laag 9b	C+; H+	zoetwater/hoogveen/loofbos
VI	10 – Laag 9d	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
VI	40 – Laag 9c	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
VII	25 – Laag 12	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos
X	16 – Laag 7a	C+; H+	zoetwater/matig marien/hoogveen/loofbos
X	45 – Laag 8	C+; H+	zoetwater/matig marien/hoogveen/loofbos
XI	3 – Laag 9	C+; H+	zoetwater/hoogveen/loofbos
XI	10 – Laag 9	C+; H+	zoetwater/marien/hoogveen/loofbos

De palynologische paleomilieureconstructie op laagniveau (van oud naar jong) wordt hieronder kort samengevat. Bij de interpretatie moet rekening gehouden worden dat het klastische afzettingen zijn onderzocht en dat – naast allochtone pollen aangevoerd via de lucht – ook pollen via het water zijn aangevoerd. Deze pollenkorrels geven dus voor een groot deel de invloeden van ‘buitenaf’ weer.

Laag 1: Deze laag is een rietveenlaag en om die reden geven de riet-zegge pollenkorrels de lokale vegetatie weer. Elzenbroek en loofbos pollen zijn van elders aangevoerd door de wind (groot aandeel watertransport is niet brandlaag, verkoold, niet telbaar te verwachten in een levend veen). Opvallend is de aanwezigheid van houtskool in het monster van Laag 1 (bak I- 47 cm). Ook het monster van bak IV- 6 cm bevat houtskool. Dit houdt in dat er branden hebben plaatsgevonden in het rietveen voorafgaand aan de afzetting van laag 8.

Laag 13: De open watervegetatie pollen, bestaande uit o.a. lisdodde en waterlelie. Dit zijn de pollenkorrels van de lokale (autochtone) waterplanten uit het meer. Het water in het meer was

zoet omdat mariene indicatoren ontbreken. De wilgen pollen wijzen erop dat een wilgenbroekbos langs de randen van het meer zal hebben gestaan. Uit de wijdere omgeving komen de pollen van het loofbos.

Laag 8: De pollenkorrels in deze onderwaterafzettingen zijn allen verspoeld of met de wind ingewaaid. De beperkte mariene invloed geeft aan dat het water overwegend zoet tot licht brak was.

Laag 7: Deze laag geeft een zelfde pollenbeeld als laag 8 maar de aanwezigheid van mariene pollen is sterker. Het water in het meer zal brak geweest zijn.

Laag 9: De Ges-klei heeft een vergelijkbare pollenassemblage als de laag 7 wat aangeeft dat deze laag ook in een brak milieu is afgezet.

Laag 12: Pollenassemblage van deze laag is vergelijkbaar met die van laag 9.

Laag 10c: Pollenassemblage geven hetzelfde beeld als laag 9. Dit wijst erop dat de klei van de slootvulling vooral afkomstig is van laag 9

5.2 Diatomeeën

Van de 28 monsters werd telkens 1,0–1,4 g materiaal uitgenomen en vervolgens opeenvolgend met zoutzuur (HCl) en waterstofperoxide (H₂O₂) bij 100 °C op een verwarmingsplaat opgewerkt, om het eventueel aanwezige carbonaat en organisch materiaal te oxideren. Het overtollige zuur werd door een aantal sedimentatie-procedures in gedemineraliseerd water verwijderd. Diatomeeënpreparaten werden met behulp van de 'bezinkingsbak-methode' gemaakt¹⁶. Als inbeddingmiddel werd Naphrax® gebruikt. De preparaten werden met een Leica DM2500 lichtmicroscop, voorzien van differentiaal interferentie contrast, bij een vergroting van x630 op de diatomeeënhoud geanalyseerd. Het onderzoek op diatomeeën is in Tabel 3 samengevat. Voor elk monster is telkens de relatieve hoeveelheid van diatomeeën op de preparaten en de conserveringsgraad weergegeven en bovendien een korte karakterisering van de aangetroffen assemblages geschetst.

Van de 28 monsters bevatten er 7 geen diatomeeën. De resterende monsters bevatten een voldoende tot hoog aantal en bovendien zeer goed geconserveerde diatomeeënschalen.

Uit Tabel 3 wordt duidelijk dat de diatomeeënflora van de 21 monsters, die wel diatomeeënschalen bevatten, hoofdzakelijk uit marien-brak fytoplankton en fyto benthos samengesteld is. In het bijzonder de fyto benthische diatomeeënflora is zeer soortenrijk. De meest aangetroffen genera en soorten maken deel uit van de zogeheten kustallochtone diatomeeënflora. Deze groep bevat soorten die normaal onder geheel mariene omstandigheden in de zee leven en regelmatig door het getij naar de kuststroken (estuaria, kwelders) getransporteerd werden en vervolgens tot afzetting kwamen. Door de aanvoer en afzetting van zeer grote getallen van kustallochtone diatomeeën kan de abundantie van de plaatselijke, autochtone diatomeeëngemeenschap verlaagd en vervolgens in analyses onderschat worden (verdunningseffect). In de onderzochte monsters van Houkepoort behoren onder andere de volgende soorten en genera tot het meest aangetroffen kustallochtone fytoplankton en fyto benthos: *Actinoptychus* sp., *Cymatosira belgica*, *Delphineis* sp., *Hyalodiscus radiatus*, *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Paralia sulcata*, *Pseudopodosira westii*, *Raphoneis ampiceros* en *Thalassiosira* sp.

Daarnaast zijn slechts in een gering aantal monsters sporadisch typische brakwater (b.v. *Cyclotella striata*, *Diploneis interrupta*) en zoetwater (b.v. *Aulacoseira* sp., *Cocconeis* sp.,

¹⁶ Battarbee, 1973; Cremer et al., 2001

Planothidium sp.) diatomeeën aangetroffen. Verder zijn in bijna alle monsters Chrysophyceae-cysten (verkiezelde sporen van goudalgen) aangetroffen.

Tabel 3. Karakteristieken (kwalitatief-visuele schattingen) van de onderzochte diatomeeënmonsters uit de opgraving Houkepoort.

C+: goed geconserveerd; C-: matig geconserveerd; H+: voldoende hoeveelheid; H±: matige hoeveelheid; H-: geen diatomeeën.

Bak	Diepte in bak [cm]	Diatomeeën
I	7 – Laag 9a	H+, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos; enkele Chrysophyceae-cysten
I	15 – Laag 9a	H+, C+; zoals monster I/7
I	26 – Laag 7a	H+, C+; zoals monster I/7
I	37 – Laag 7b	H+, C+; zoals monster I/7
I	47 – Laag 1	H-
II	5 – Laag 9a	H+, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos; enkele Chrysophyceae-cysten
II	17 – Laag 7b	H+, C+; zoals II/5 plus sporadisch zoetwaterdiatomeeën en <i>Pediastrum</i>
II	25 – Laag 7a	H+, C+; zoals II/17, wel geen zoetwaterdiatomeeën en <i>Pediastrum</i>
II	33 – Laag 8	H±, C+; alleen met grote tijdinvestering telbaar; schalen van zowel mariene en zoetwater diatomeeën; enkele Chrysophyceae-cysten
II	45 – Laag 1	H-
III	25 – Laag 10c	C+, H+; marien-brak fytoplankton en -benthos; enkele Chrysophyceae-cysten
III	47 – Laag 9b	H+, C+; zoals III/25
IV	6 – Laag 1	H-; enkele Chrysophyceae-cysten
IV	16 – Laag 1	H-
IV	27 – Laag 1	H-
IV	34 – Laag 13	H-
IV	40 – Laag 13	H±, C-; meestal schalenfragmenten, relatief weinig complete schalen; marien-brakke soorten
IV	47 – Laag 13	H-
IV	8 – Laag 9c	H+, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos
V	24 – Laag 9b	H+, C+; zoals V/8; enkele Chrysophyceae-cysten
V	46 – Laag 9b	H±, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos; sporadisch zoetwater diatomeeën en <i>Diploneis interrupta</i> (brakwater); enkele Chrysophyceae-cysten
VI	10 – Laag 9d	H+, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos
VI	40 – Laag 9c	H+, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos; enkele Chrysophyceae-cysten
VII	25 – Laag 12	H±, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos; sporadisch <i>Diploneis interrupta</i> (brakwater); enkele Chrysophyceae-cysten
X	16 – Laag 7a	H+, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos; enkele zoetwater diatomeeën en Chrysophyceae-cysten
X	45 – Laag 8	H±, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos; enkele Chrysophyceae-cysten
XI	3 – Laag 9	H+, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos; bijz. diverse benthische flora; zoetwater soorten gewoon aanwezig; enkele brakwater soorten (<i>Diploneis interrupta</i> , <i>Cyclotella striata</i>); enkele Chrysophyceae-cysten
XI	10 – Laag 9	H+, C+; marien-brak fytoplankton en -benthos; sporadisch zoetwater soorten en <i>Diploneis interrupta</i> (brakwater)

De reconstructie van het paleomilieu - op laagniveau - op basis van het diatomeeënonderzoek wordt hieronder kort samengevat. De laagopvolging is van oud naar jong. Net als bij de pollen paleomilieubepaling moet bij de diatomeeën milieureconstructie rekening gehouden worden met van elders aangevoerd allochtone diatomeeën. Deze allochtonen kiezelwieren kunnen zijn aangevoerd via de getijstrooming of via de veenwater rivier in het achterland. Omdat de relatieve aanrijking van allochtonen mariene diatomeeën in het Nederlandse kustgebied groter is dan uit de rivieren, is de 'mariene invloed' vaak over vertegenwoordigd in de tellingen (relatieve abundantie). Een relatief groot aantal mariene diatomeeën hoeft niet te betekenen dat de mariene invloed ook daadwerkelijk groter was dan de zoetwateraanvoer uit het achterland. Wel geeft een groot aantal kustallochtone kustdiatomeeën aan dat de mariene invloed (getijwerking) duidelijk aanwezig was tijdens de afzetting van de onderzochte laag.

Laag 1: De rietveenlaag bevat geen diatomeeën.

Laag 13: Deze laag bevat geen of weinig diatomeeën. De fragmenten die soms aanwezig zijn relatief resistent. Milieuconclusies kunnen daaraan niet getrokken worden.

Laag 8: Deze laag is arm aan diatomeeën. Zowel zoete als zoute soorten zijn aanwezig. De zout / brakke diatomeeën wijzen op mariene invloed in een meer dat overwegend zoet zal zijn geweest in deze afzettingsfase (zie hierboven beschreven pollenonderzoek).

Laag 7: De diatomeeënassemblage wijst op brakwater met beperkte zoetwater invloed.

Laag 9: Idem laag 7. Top laag 9 (bak XI) komt *Diploneis interrupta* voor het geen wijst op verlanding van het meer (kwelderafzetting).

Laag 12: Brakke afzetting; voorkomen *Diploneis interrupta* wijst net als top laag 9 op verlanding van het meer tot boven het gemiddeld hoogwater (GHW) niveau.

Laag 10c: Slootvulling opgevuld met brak-mariene diatomeeën die afkomstig kunnen zijn uit de omliggende kleien.

5.3 Samenvatting paleomilieuonderzoek

Het paleomilieu kan op basis van het pollen- en diatomeeënonderzoek kort worden samengevat:

Laag 1: Rietveen, gevormd in een zoetwatermilieu.

Laag 13: Meerafzetting, zoetwaterafzetting, geen mariene invloed

Laag 8: Meerafzetting, met beperkte mariene invloed. Water was overwegend zoet, soms licht brak.

Laag 7: Brakwater meer (of 'lagune') met een duidelijke getijde invloed en aanvoer van zoet water uit het achterland.

Laag 9: Idem laag 7, in de top van de laag zitten indicatoren die duiden op verlanding (opslibbing tot boven het GHW niveau)

Laag 12: Brakke afzetting gevormd in een kweldermilieu

Laag 10c: Slootvulling, met veel mariene pollen- en diatomeeën indicatoren die waarschijnlijk uit de kleien van de omgeving komen.

6 Archeologie

Voor het plangebied Houkepoort zijn twee archeologische vindplaatsen bekend (Afb. 2). Eén vindplaats betreft een nederzetting uit de steentijd gelegen in de top van de Pleistocene ondergrond. Deze vindplaats is ontdekt tijdens het inventariserend archeologisch onderzoek met betrekking tot de aanleg van het plangebied (vindplaats 1: ARCHIS-waarnemingsnummer 135005)¹⁷. De steentijd vindplaats (1) bevindt zich op een deel van een dekzandopduiking (zie Afb. 2). De top van het dekzand bevindt zich op de vondstlocatie (boring) op 3,42 m -NAP. In de betreffende boring zijn een vuursteenafslag, drie vuursteensplinters en meerdere brokjes houtskool aangetroffen. Ook in andere boringen in de directe omgeving van de boring met vuursteen is houtskool in de top van het dekzand. De top van de dekzandopduiking is ter hoogte van de 31-35 m van het geologisch profiel deels geërodeerd (Bijlage B); een deel van de steentijd site kan dus door de stroombaan van de Ges zijn aangesneden.

De tweede archeologische site betreft een huisplaats of terpophoging in het Holocene kleipakket. Deze vindplaats werd gevonden bij de archeologische verkenning in het kader van de aanleg van het wegtracé van de A7 (Monumentnummer 13657)¹⁸. Het is niet bekend wanneer de terp is opgeworpen. Waarschijnlijk dateert deze uit de Late Middeleeuwen of Nieuwe tijd, maar de mogelijkheid bestaat ook dat de eerste ophoging al tijdens de Late IJzertijd heeft plaats gevonden. De vindplaats onderscheidde zich tot voor kort door de opvallende perceelsvormen en de lichte verhoging in het terrein, maar ligt inmiddels deels onder de A7¹⁹.

Tijdens de opname van de geologische profielwand zijn een beperkt aantal archeologische resten aangetroffen. De archeologische resten die in het geologisch profiel zijn gevonden betreffen:

- Een scherfje (vnr. 16) aan de basis van de Ges-klei (laag 9), met enigszins afgeronde randen die duiden op watertransport. In het veld werd het scherfje als 'middelseeuws' gedateerd. Het houtenplankje dat bij het scherfje werd gevonden, had een datering van ca. 540 n. Chr. (hoofdstuk 4).
- Naast het plankje van vnr. 16 is er nog een tweede plankje in de Ges-klei aangetroffen. (vnr. 10; hoofdstuk 4). Dit plankje had een datering van ca. 640 kal. n. Chr.
- Houtskoolresten, mogelijk van antropogene oorsprong, in de top van het (verspoelde) rietveen van laag 1 (monsternummers Bak I -47 cm en Bak IV-6cm; hoofdstuk 5.1). De aanwezigheid van houtskool kwam bij de preparatie van de pollenmonsters naar voren. Bij monster Bak I-47 cm was er zelfs sprake van een brandlaag en was het pollenmonster daardoor niet telbaar. Of er een relatie bestaat tussen het houtskool in het (verspoelde) rietveen en het houtskool dat teruggevonden werd in de top van het dekzand van bovengenoemde vindplaats 1, is niet duidelijk. De vindplaats 1 ligt in de directe nabijheid van het geologisch profiel. Niet uit te sluiten valt dat tijdens de steentijdaanwezigheid zich reeds rietveen vormde rond de bewoonde dekzandkop (mogelijk rond 2880 kal. v. Chr.; ouderdom monster Bak IV-3 cm, zie hoofdstuk 4) en dat dit veen door de mens werd afgebrand. Na de verdrinking van het veen en de

¹⁷ Veenstra, 2004.

¹⁸ Schute, 1996

¹⁹ Schute, 1996; Veenstra, 2004

vorming van het meer (laag 13) kunnen delen van het veen zijn gaan drijven en vervolgens zijn afgezet op laag 13. Ook erosie en verplaatsing van veenbrokken tijdens de vorming de stroombaan van de Ges (Foto's 22 t/m 24) kan ex situ ligging van het rietveen op 45 m van het geologisch profiel verklaren.

7 Landschapsynthese

De top van de Pleistocene afzettingen in de ondergrond van het onderzoeksgebied Houkepoort is een belangrijke factor die de landschapontwikkeling van het gebied tijdens het Holoceen heeft bepaald. In het onderzoeksgebied komt een depressie voor in de top van het Pleistocene oppervlak. Deze depressie maakte deel uit van een Pleistoceen dalsysteem dat in het Laat Glaciaal gedeeltelijk is afgedekt door dekzand. Door het gedeeltelijk dichtzanden van het dalsysteem ontstonden er in het dalsysteem laagten. Eén van die laagten bevindt zich in de ondergrond van het plangebied. De top van het Pleistocene zand in de laagte van het onderzoeksgebied ligt op 4 tot 7 m onder NAP.

Als gevolg van de steeds maar stijgende zeespiegel steeg het grondwater niveau en vernatte de laagten. In de laagten vormde zich lemige kleien (Vroeg Holocene klei; laag b in de boorprofielen, Bijlage C) en veen. De zandkoppen boven de 4 m –NAP bleven nog lange tijd droog en waren in de steentijd nog geschikt als woonlocaties. Een voorbeeld van een steentijd nederzettingslocatie is vindplaats 1 (Afb. 2).

Door de verdere grondwaterstijging in het gebied – die indirect het gevolg was van de doorgaande zeespiegelstijging in het kustgebied – ontstonden er een ondiepe meer in de Pleistocene laagte. De doorgaande vernatting van het gebied had voor de hogere Pleistocene zandgronden (deel boven 4 m –NAP) tot gevolg dat daar veen begon te groeien. Zo ontstond er een meer dat omzoomd werd door rietveen. Langs het meer vond veenafslag plaats zodat het meer groter werd. Door afslag ontstonden organogene meer afzettingen met detritus. Door afkalving werd het meer groter en werden ook organogene meerafzettingen over de hogere zandgronden afgezet (diepte tussen 3-4 m onder NAP).

De onderste meerafzettingen bestonden uit een gyttja-achtig veen met verslagen detritus. Dateringen van de matrix van dit veen (hoofdstuk 4) gaven een ouderdom tussen ca. 2250 – 2100 v Chr. Opmerkelijk was dat in het geologisch profiel (Bijlage B, op 45 m) boven de organogene meerafzettingen een rietveen laag voorkwam die een oudere datering (ca 2880 v. Chr.) had dat de organische meerafzettingen. De ouder datering van dit veen werd verklaard door verspoeling van rietveen uit de directe omgeving (hoofdstuk 4). Uit de profielopname bleek ook dat het veen daar sterk gescheurd was en dat dit goed te verklaren is door verplaatsing van veenschollen.

De datering van het rietveen geeft wel aan dat in het onderzoeksgebied rond 2880 v. Chr. al veenvorming plaats vond. Opmerkelijk was dat uit het pollenonderzoek (hoofdstuk 5.1) naar voren kwam dat de top van het (verslagen) veen veel houtskool bevatten. Niet uit te sluiten valt dat het voorkomen van dit houtskool in de top van het rietveen verband houdt met de steentijd aanwezigheid van de mens op de Pleistocene zandkoppen. Het is goed mogelijk dat dit samenhangt met het afbranden van de vegetatie. Ook bij vindplaats 1 is houtskool in de top van het Pleistocene (hoofdstuk 6) aangetroffen. Als het branden van de vegetatie door de mens inderdaad het geval is geweest, zou deze antropogene activiteit rond 2880 v. Chr in het onderzoeksgebied gebeurd zijn (datering verslagen rietveen met houtskool).

Boven de organogene meerafzettingen (laag 13 in het geologisch profiel) komen zeer humeuze kleien voor (laag 8) en daar weer boven een kleilaag (laag 7). Laatst genoemde klei is veelal licht humeus en aan de basis humeus gelaagd. De kleien van laag 7 bevatten *Cerastoderma edule* schelpen in levenspositie (kokkels) en ostracoden. De kleilaag werd in het veld door het voorkomen van kokkels de 'Cardium klei' werd genoemd. Aan de basis van deze laag kwam tussen 53 en 54 m in het geologisch profiel *Unio* sp. (zwanenmossel) schelpen in levenspositie voor die zich hadden ingegraven tot in de organogene ondergrond.

De zwanenmossel schelpen geven aan dat het meerwater grotendeels zoet was; dit tot aan het begin van de vorming van laag 7. Tijdens de vorming van laag 7 werd het water brak en was er sprake van duidelijke mariene invloed (getijdenwerking).

Uit het pollen- en diatomeeënonderzoek (hoofdstuk 5.1 en 5.2) komt naar voren dat de organische meerafzettingen (laag 13) nog volledig zoet was, en dat tijdens de vorming van laag 8 al enige mariene invloed merkbaar was, maar dat het water in het meer nog wel overwegend zoet was. De zwanenmossel behoort ook tot deze zoete afzettingsfase met (af en toe) enige mariene invloed.

Geschat wordt dat de lagen 7 en 8 tussen 2000 en 1000 v. Chr. tot afzetting zijn gekomen; in ieder geval voor het begin van de vorming van laag 9 (de Ges-klei). Een stuk hout aan de basis van de laag 9 (Ges-klei) is gedateerd op ca. 930 v. Chr.

De Ges-klei snijdt in het centrale deel van het geologisch profiel (28 – 48 m; Bijlage B) de onderliggende lagen aan tot in de top van de Pleistocene afzettingen. De Ges-insnijdingsklei lag rond 35 m van het geologische profiel direct op de Pleistocene ondergrond. Dit was het gedeelte dat snel instortte nadat de sleuf getrokken was. De grondwater uitstroom op het grensvlak was daar de oorzaak van (glijvlak). Dit was de reden dat het profiel tussen de 0 en 30 m niet meer verdiept werd tot aan de top van het Pleistoceen.

De versnijding van de Ges-klei in de oudere meerafzettingen duidt erop dat er in het meer een stroombaan ontstaat. De waterafvoer van het Ges-systeem moet door een nauwere opening. Gevolg was dat het systeem zich aanpaste en zich in de diepte ging insnijden door dat de stroming toenam. Hierdoor werden de onderliggende afzettingen opgeruimd terwijl naast de stroombaan de verlanding (dichtslibbing) doorging. Naast de stroombaan veranderde door de dichtslibbing het afzettingmilieu van een onderwater meer, naar een slikwad omgeving (intergetijdengebied) naar een kweldergebied (supragetijdengebied). Deze sedimentfacies overgangen zijn op grond van de boorgegevens niet te bepalen. Het hele Midden/Laat Holocene kleipakket worden in de boorprofielen (Bijlage C) tot één laagheid gerekend, namelijk laag e. In boorprofiel 1 komt in boring B10H1560 op laag e een kleiig veen voor dat stratigrafisch in een vergelijkbare positie ligt als het Tinga complex elders in de omgeving van Sneek. Het is waarschijnlijk dat in de ijzertijd / Romeinse tijd al grote delen van het voormalige meer zodanig is opgeslibd dat het niveau van de kwelder is bereikt. Open water was in die tijd alleen nog aanwezig binnen het gebied van de stroombaan van de Ges. De begrenzing van de Ges-klei (stroombaan) en Midden/Laat Holocene kleipakket (laag e) is in de boorprofielen 1 t/m 4 (Bijlage C) is ingetekend. Omdat het onderscheid tussen de Ges-klei en het Midden/Laat Holocene kleipakket niet groot erg was, was de begrenzing van deze laagheden op basis van boorinformatie soms lastig. Daar waar de interpretatie onzeker was, is de begrenzing tussen de laagheden in de boorprofielen met een stippellijn aangegeven.

De stroombaan van de Ges was actief tot in de vroege middeleeuwen. Houtenplankjes die in de Ges-klei gevonden zijn hadden een ouderdom van ca. 540 en 640 v. Chr. (hoofdstuk 4). De definitieve verlanding van de stroombaan vond aan het einde van de vroege en begin late middeleeuwen plaats. Een rietdoorgroeiing in een slootafzetting in de deklaag op de Ges-klei geeft een datering van ca. 1280 n. Chr. Deze slootdatering geeft aan dat de deklaag al in de Late Middeleeuwen bestond en dat de stroombaan dus toen volledig was verland.

Het is niet onwaarschijnlijk dat de het graven van de Houkesloot de verlanding van de stroombaan van de Ges sterk heeft bevorderd, zonet geheel heeft veroorzaakt. Door het graven van de Houkesloot verloor de stroombaan van de Ges namelijk zijn afwateringsfunctie en kon het volledig dichtslibben.

De kromme sloot, die in verband werd gebracht met een oude loop van de veenrivier de Ges en die de directe aanleiding was voor de uitvoer van dit onderzoek, is gegraven nadat de stroombaan volledig was verland. In het geologische profiel ligt de sloot net oostelijk van de

stroombaanopvulling van de Ges-klei. De sloot zal gegraven zijn om de ontwatering van het gebied te verbeteren nadat de stroombaan was dichtgeslibd. Waarschijnlijk vormde de dichtgeslibde stroombaan in late middeleeuwen nog een laagte in het terrein. Deze terreinlaagte heeft waarschijnlijk het slootverkavelingspatroon bepaald en geeft de kromme vorm van de sloot min of meer de zone aan waar de stroombaan gelopen heeft.

Op basis van de hierboven geschetste landschapsontwikkeling zijn de paleogeografische kaarten uit het rapport van Vos & De Vries (Bijlage G in het rapport)²⁰ voor de locatie Houkepoort aangepast. Deze nieuwe kaartreconstructies voor het onderzoeksgebied en omgeving zijn weergegeven in Afb. 4 van dit rapport.

Samenvattend kan gesteld worden dat deze studie een nieuw licht heeft geworpen op de landschapsontwikkeling van het Plangebied Houkepoort in het algemeen en die van de geschiedenis van de veenrivier de Ges in het bijzonder. Het Ges-systeem bleek in dit gebied niet zo zeer een rivier te zijn geweest maar een veenmeer dat zich rond 2200 v. Chr had gevormd en dat rond 1000 n. Chr definitief verlandde. Ter hoogte van het plangebied Houkepoort heeft nooit een echte veenrivier gestroomd. De veenrivier de Ges mondde uit in dit meer en toen het meer ging dichtslibben vormde zich vanaf ca 1000 v. Chr in het meer een stroombaan die het rivierwater afvoerde. Van een afgebakende veenriviergeulopvulling was geen sprake. De definitieve verlanding van de Ges-stroombaan houdt mogelijk verband met het graven van de Houkesloot omdat de Houkesloot de afwateringsfunctie van de stroombaan overnam.

In eerdere geologische studies is nooit melding gemaakt van het voorkomen van meerafzettingen in de Holocene sequentie van het Friese kustgebied. Reden hiervoor was dat deze afzettingen niet eenvoudig te herkennen zijn in een booronderzoek maar vooral ook omdat de geologische kartering uit de jaren '60 t/m '80²¹ zich niet richtte op de afzettingen van de Holocene sedimenten. Deze kartering was gefocuseerd op de laagstratigrafie omdat die voor de geologische kaart (schaal 1:50.000) noodzakelijk was. De diverse Afzettingen van Calais en Duinkerken moesten namelijk op de kaart onderscheiden worden. Aangezien deze laageenheden (met recht) zijn komen te vervallen in de nieuwe lithostratigrafie²² zou om die reden zouden ook de (oude) geologische kaarten aangepast moeten worden.

Het geologische onderzoek in de Noord Nederlandse kustvlakte houdt zich momenteel veel meer bezig met de landschapsgeschiedenis en de sturende mechanismen (factoren en processen) die bepalend zijn geweest voor de landschapsgenese van het kustgebied. De archeologie is een belangrijke gebruiker van dit onderzoek omdat deze kennis gebruikt wordt bij het opstellen van archeologisch verwachtingsmodellen in het archeologisch vooronderzoek.

Deze geologisch en paleolandschappelijke studie heeft nieuwe inzichten opgeleverd over de verdrinking van de veenrandzone (natuurlijke meervorming die niet eerder onderkend werd) en is om die reden van grote waarde voor het Holocene kustonderzoek.

²⁰ Vos & De Vries, 2009

²¹ Ter wee, 1976.

²² De Mulder, e.a., 2003

8 Referenties

Aalbersberg, G., 2009. Archeologische inventarisatie voor de verdiepingsslag verwachtingskaart, RAAP-Notitie 3277, 9pp.

Battarbee, R.W., 1973. A new method for estimation of absolute microfossil numbers, with reference especially to diatoms. *Limnology and Oceanography* 18, 647-653.

Cremer, H., B. Wagner, M. Melles & H.W. Hubberten, 2001. The postglacial environmental development of Raffles Sø, East Greenland: inferences from a 10,000 year diatom record. *Journal of Paleolimnology* 26, 67-87.

Fægri, K. & Johs. Iversen, 1975. *Textbook of Pollen Analysis*. 3rd edition, Munksgaard, Copenhagen, 295 pp.

Griede, J.W., 1978. Het ontstaan van Frieslands Noordhoek (= dissertatie Vrije Universiteit Amsterdam). Amsterdam.

Groot, T.A.M. De, H.A. van Adrichem Boogaert, M.M. Fischer, B. Klijnstra, H.M. Van Montfrans, H. Uil, M.W. Ter Wee, M.J. van Weperen, J.G. Zanstra, 1987. Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000, Blad Heerenveen West en Oost (11 W en 11 O). Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 251 pp.

Langen, G.J., De, M.J.L.T. Niekus & P.C. Vos, 2001. Nieuwe gegevens over de vroeg-middeleeuwse veenontginning Tinga. *De Vrije Fries*, deel 81, p. 146- 150.

Lubbers, N & M. Osinga, 2007. Archeologisch onderzoek De Hemmen te Sneek. Inventariserend veldonderzoek door middel van proefsleuven. *Grontmij Archeologische Rapporten* 237, 35 pp.

Mulder, E.F.J., De, M.C. Geluk, I. Ritsema, W.E. Westerhoff, en T.E. Wong, 2003. *De ondergrond van Nederland*. Nederlands Instituut voor Toegepaste geowetenschappen TNO, Utrecht, 379 pp.

Roeleveld, W., 1974. The Groningen coastal area. A study in holocene geology and lowland physical geography (= dissertatie Vrije Universiteit van Amsterdam). Amsterdam.

Schutte, I.A., 1996. A7-Sneek, een Aanvullende Archeologische Inventarisatie, Fase I: vooronderzoek en verkenning. RAAP-rapport 194. Stichting RAAP, Amsterdam.

Veenstra, H.W., 2004. Plangebied Houkepoort, gemeente Sneek; een inventariserend archeologisch onderzoek. RAAP-Rapport 854, Stichting RAAP, Amsterdam, 22 pp.

Vos, P.C., 2001. Geologisch onderzoek opgraving Sneek-Tinga. TNO-rapport, NITG 01-124-B, 13 pp.

Vos, P.C., 2002. Geologisch onderzoek opgraving Sneek-Pasveer. TNO-rapport, NITG 02-119-B, 19 pp.

Vos, P.C. & D.A. Gerrets, 2004. Archaeology, a major tool in the reconstruction of the coastal evolution of Westergo (The Northern Netherlands). *Quaternary International*, 133- 134, p. 61-75.

Vos, P.C. & P. Kiden, 2005. De landschapsvorming tijdens de Steentijd. In: J. Deeben e.a.(red), *De Steentijd van Nederland*, *Archeologie* 11/12, p. 7-37.

Vos, P.C. & E. Knol, 2005. Wierden ontstaan in een dynamisch getijdeland. In E. Knol e.a. (red): *Professor Van Giffen en het geheim van de wierden*. Boek bij de gelijknamige tentoonstelling. Groninger Museum, p. 119-135.

Vos P.C. 2007b. Geolandschappelijk onderzoek Boazum TNO-rapport 2007-U-R1232/B. 31 pp.

Waldus, W.B., P.C. Vos, & F.J.G. van der Heijden, 2005. Tussen veengebied en Middellzee, een geoarcheologisch onderzoek bij Scharnegoutum. ADC, *ArcheoProjecten Rapport* 324, 33 pp.

Waldus, W.B. & P.C. Vos, 2006. Uitzicht over de Middellzee: de opgraving van een 12e en 13e eeuwse terp- en vlaknederzetting bij Beetgumermolen (gemeente Menaldumerdeel). Met bijdragen van M. Schabbink (HBS-VU), H. van Haaster, (BIAX consult) & C. Nooijen. ADC, *ArcheoProjecten Rapport* 650, 63 pp.

Wee, M.W. Ter, 1976. Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000, Blad Sneek (10 W, 10 O). Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 131 pp.

Zagwijn, W & C. van Straalduinen, 1975. Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 1- 134.

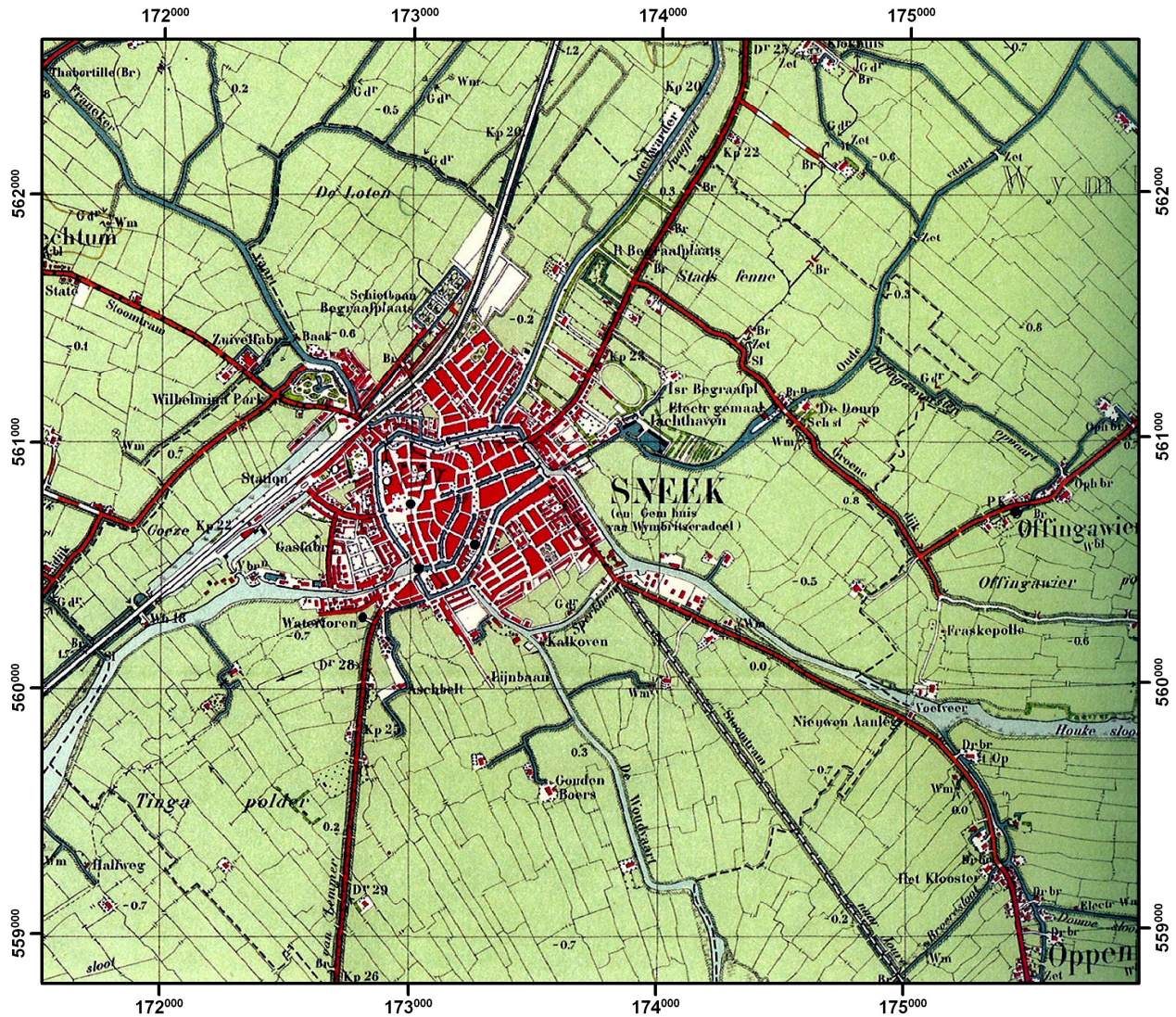
9 Afbeeldingen

Afb. 1: Topografische kaart (uitgegeven in 1932) met de ligging van het onderzoeksgebied Houkepoort . De kromme sloot, die gezien werd als een restant van de Ges-veenrivier, ligt westelijk van de lijn Groene dijk, Frassepolle en Voetveer.

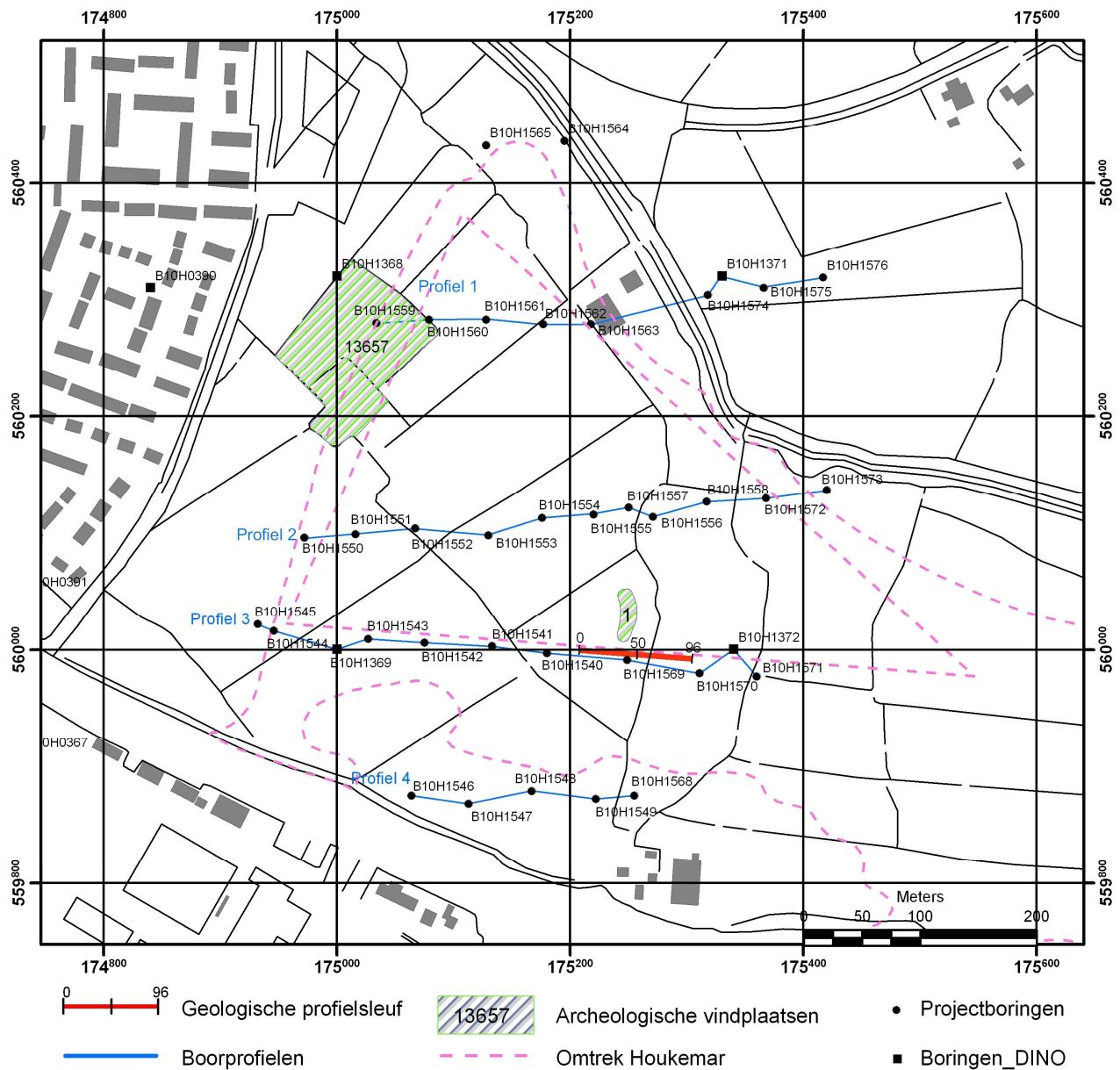
Afb. 2. Locatie kaart van het onderzoeksgebied met daarop de ligging van het geologisch profiel (Bijlage B) en de boorprofielraaien (Bijlage C).

Afb. 3: Gedeelte uit de top Pleistoceenkaart van Sneek-Wymbritseradiel; gewijzigd naar Vos & De Vries (2009).

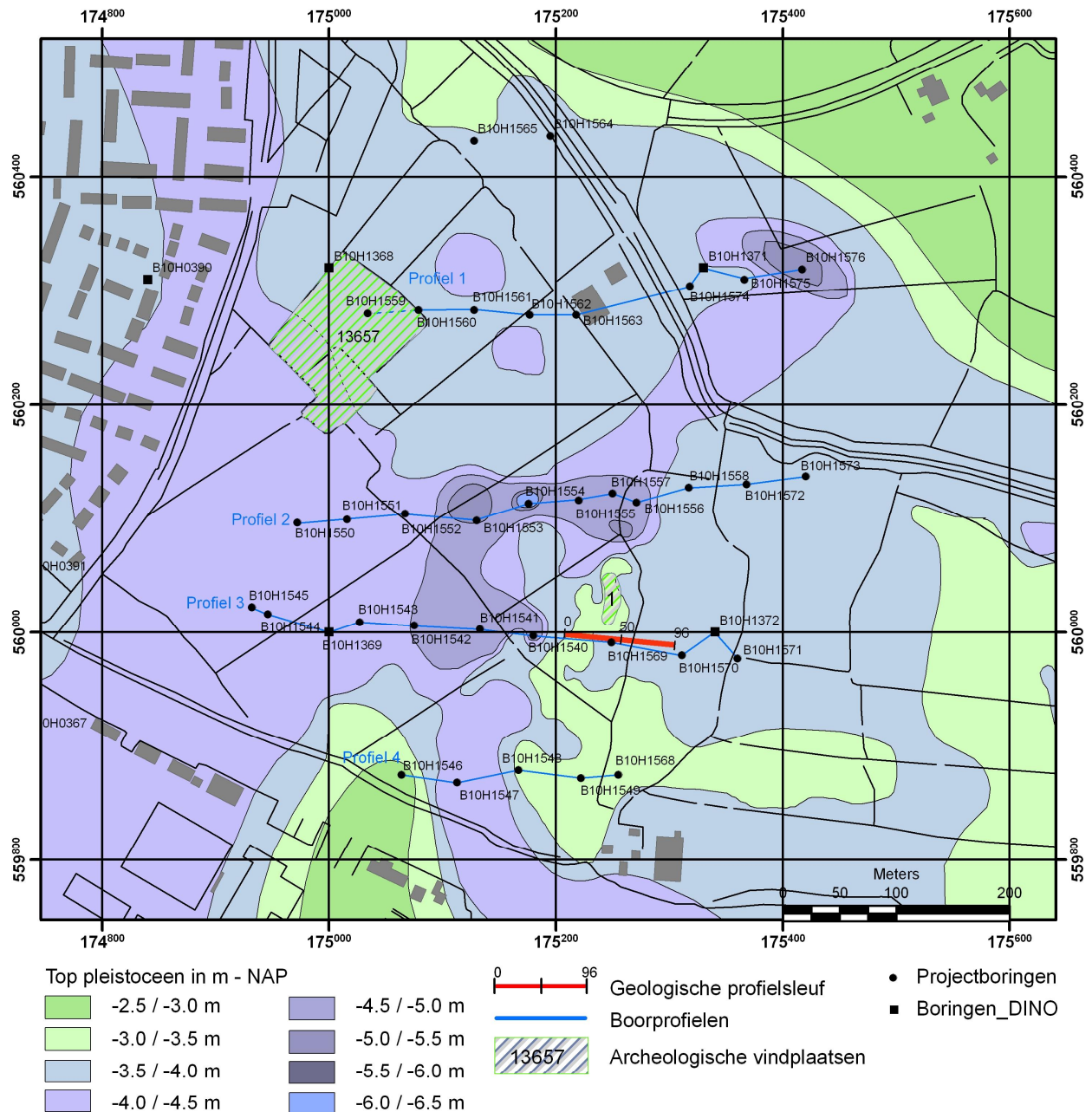
Afb. 4: Paleogeografische kaarten van het onderzoeksgebied Houkepoort en directe omgeving. Afb. 4a. Paleogeografische kaart 500 v. Chr.; Afb. 4b. Paleogeografische kaart 100 n. Chr.; en Afb. 4c. Paleogeografische kaart 800 n. Chr.



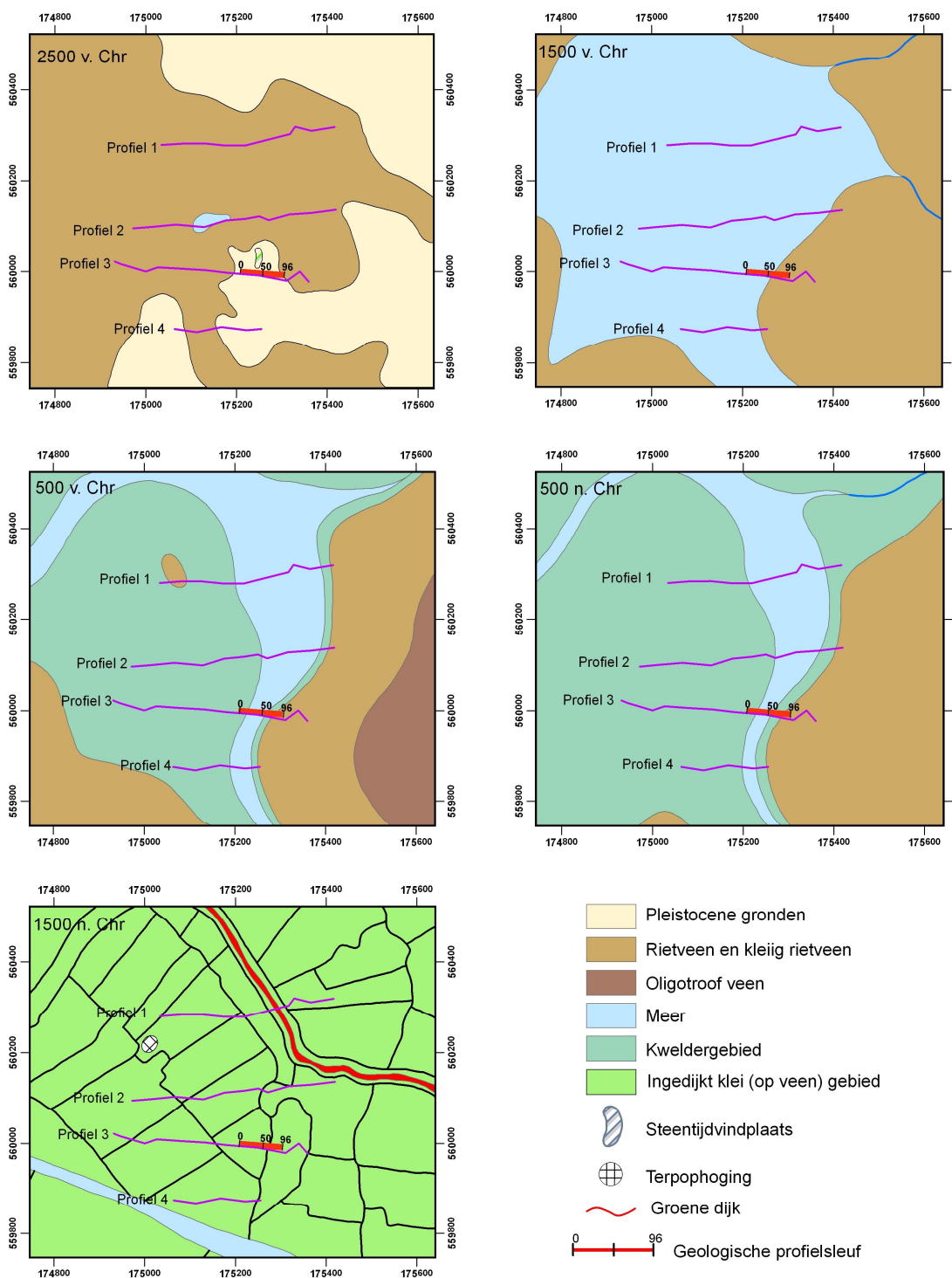
Afb. 1: Topografische kaart (uitgegeven in 1932) met de ligging van het onderzoeksgebied Houkepoort . De kromme sloot (Foto 1; Bijlage A), die gezien werd als een restant van de Ges-veenrivier, ligt westelijk van de lijn Groene dijk, Frassekpolle en Voetveer.



Afb. 2. Locatie kaart van het onderzoeksgebied met daarop de ligging van het geologisch profiel (Bijlage B) en de boorprofielraaien (Bijlage C).



Afb. 3: Gedeelte uit de top Pleistoceenkaart van Sneek-Wymbritseradiel; gewijzigd naar Vos & De Vries (2009).



Afb. 4: Paleogeografische kaarten van het onderzoeksgebied Houkepoort en directe omgeving. Afb. 4a. Paleogeografische kaart 500 v. Chr.; Afb. 4b. Paleogeografische kaart 100 n. Chr.; en Afb. 4c. Paleogeografische kaart 800 n. Chr.

A Foto's geologisch profiel Houkepoort



Foto 1: Onderzoeksgebied Houkepoort met op de voorgrond de 'kromme sloot van de Ges'. Betreft een noord-zuid foto, genomen vanaf het geologisch profiel in de richting van de Groene Dijk (vergelijk Afb. 1 en 2)



Foto 2: De 'sloot van de Ges', gedempt ten behoeve van de aanleg van het geologisch profiel. De sloot ligt net ten oosten van de grijze kleivulling (Ges-klei, laag 9), vergelijk foto met geologisch profiel (53-63 m) in Bijlage B.



Foto 3: Overzicht van de geologische profielsleuf tussen 57 en 96 m. Op de voorgrond het erosieve contact tussen het veen (laag 1) en de meeropvullingsafzettingen (lagen 7 en 9; Bijlage B).



Foto 4: Detailfoto van het erosieve contact op ca. 55 m van het profiel tussen het veen (laag 1) en de meeropvullingafzettingen (lagen 7 en 8). De schone grijze klei (midden-boven) is de Ges-klei. (laag 9). Vergelijk ook deze vlakfoto van de profielsleuf met de profielfoto's 9 en 10.



Foto 5: De profielschaaf van de firma Bergman. Door gebruik te maken van de profielschaaf hoefde het profiel slechts licht opgeschaafd (bijgewerkt) worden, zie onderstaande Foto 6.



Foto 6: Het licht bijschaven van het profiel met behulp van een troffel.



Foto 7: Het geologisch profiel op 92 – 96 m. Dit is de oostzijde van de profielsleuf (Afb. 2) en vanuit deze oostkant is de profielsleuf in westelijke richting getrokken met de graafmachine. Onder de deklaag (lagen 3 en 4) is de top van het rietveen donkerbruin en 'gekarteld'. Het onregelmatig veenoppervlak duidt erop dat het veen is bewerkt (middeleeuws of ouder). De donkere kleur van het veen betekent dat de top van het veen geoxideerd is.



Foto 8: Het geologisch profiel op 66 – 70 m. Vergelijkbaar profiel als Foto 7, alleen de deklaag wordt dikker, de top van het veen is minder verstoord en ook minder geoxideerd (donkerbruin). De laag 3 van de deklaag is verstoord en er zitten ook brokjes Ges-klei in.



Foto 9: Het geologisch profiel op 61 – 65 m. De top van het veen, net aan de oostzijde van de sloot van de Ges, is sterk verstoord. Op het verstoorde veenoppervlak wig de Ges-klei in oostelijke richting uit. De Ges-klei lijkt in het veen te zijn vertrappt.



Foto 10: Het geologisch profiel op 51 – 56 m. De Ges-klei neemt sterk in dikte toe. Onder de Ges-klei zijn de humeuze afzettingen van de 'Cardium klei' (laag 7) zichtbaar. Deze humeuze kleien hebben een erosief contact met het onderliggende rietveen (laag 1) en ook de Ges-klei heeft weer een erosief contact met de genoemde humeuze kleien.



Foto 11: Het geologisch profiel op 42 – 62 m, gezien naar het noordoosten. Te zien is dat de Ges-klei in westelijke richting in dikte toeneemt en dat aan de basis van de Ges-klei verslagen brokken veen voorkomen.



Foto 12: Het geologisch profiel op 41 – 50 m, gezien naar het noordwesten. De humeuze kleien (laag 7 en 8) zijn in het westelijk deel van het profiel geheel opgeruimd door de stroombaan van de Ges.



Foto 13: Monsterbak I geslagen in de humeuze Cardium klei (laag 7) op 51 m in het profiel. Te zien is dat de laag geband (gelaagd) is op humeuzeiteit en dat er dunne schelpenlaagjes in voorkomen.



Foto 14: Het geologisch profiel op 52 m. Met een spijker wordt een dubbelkleppige *Cerastoderma edule* schelp in laag 7 aangewezen. Deze kokkel (in levenspositie) duidt er op dat het water in het meer tenminste brak was.



Foto 15: Het geologisch profiel op 52 - 55 m. Met een spijker wordt een dubbelkleppige *Unio sp.* schelp (zwanenmossel) aan de basis van laag 7 aangewezen. Deze mossel wijst er op dat het watermilieu overwegend zoet was tot aan het begin van de vorming van de laag 7.



Foto 16: Detailfoto van de dubbelkleppige zwanenmossel die uit het profiel is gehaald (Foto 15).



Foto 17: Het geologisch profiel op 43 - 53 m, met in het profiel de geslagen monsterbakken I, II en III. Onder de bouwvoor (laag 4) komt een slootvulling voor (laag 10) die gegraven is in de Ges-klei (laag 9).



Foto 18: Detailfoto van de monsterbakken II en III. Links van monsterbak III is het profiel verstoord en daar is de rietstengel van de slootvulling van laag 10c genomen (vnr 4, hoofdstuk 4). De rietstengel datering geeft een ouderdom van ca. 1280 n. Chr. Deze ouderdom geeft aan dat de sloot met rietbegroeiing in de late middeleeuwen aanwezig was en dat de stroombaan van de Ges in die periode al volledig was dichtgeslibd.

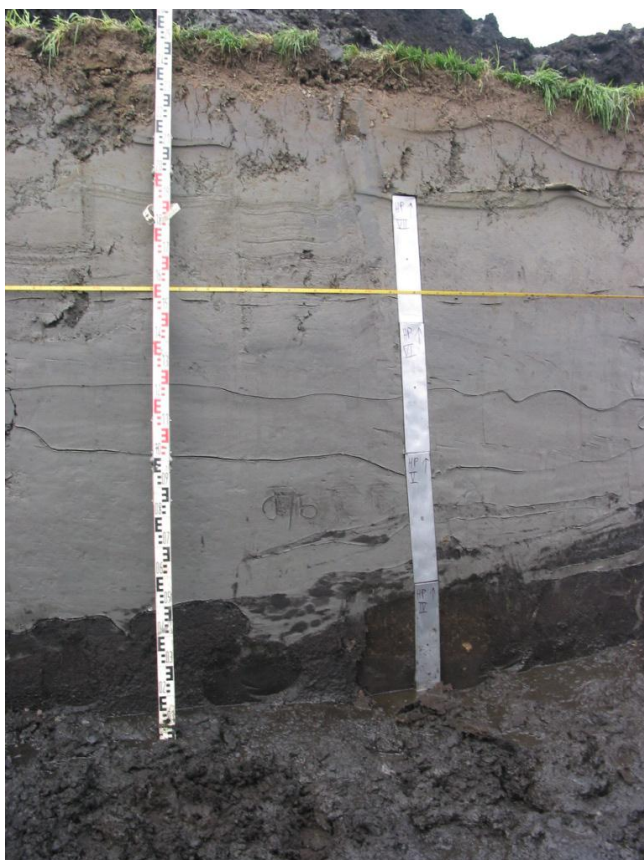


Foto 19: Monsterbakken serie IV t/m VII, geslagen op 44-45 m in het profiel. Bemonsterd is vanaf de basis: de gyttja-achtige veenlaag met detritusdeeltjes (laag 13), de rietveenlaag (laag 1) en de Ges-klei (laag 9).

Uit het dateringsonderzoek is gebleken dat ook de rietveenlaag niet in situ ligt, maar van elders is aangevoerd (is ouder dan de onderliggende organogene laag van laag 13 (hoofdstuk 4).

In de onderstaande Foto 20 is te zien, dat de grens tussen laag 13 en laag 1 scherp is. Deze scherpe grens is dus een discordant contact tussen gyttja-achtige veenlaag (in situ) en een rietveenbrot (verplaatst).



Foto 20: Detailfoto van monsterbak IV, geslagen in de gyttja-achtige veenlaag met detritusdeeltjes (grijsbruin), de rietveenlaag (bruin en in de top donkerbruin tot zwart) en de Ges-klei (grijs en met losse veenbrokken). Het donkerbruine / zwart gekeurde rietveen (in de top van de bruine rietveenlaag) bevat ook houtskool. Dit bleek met name uit de analyse van de pollenmonsters (hoofdstuk 5.1).

Direct na het schaven verkleurde de organische afzettingen in het profiel door blootstelling aan de lucht en werd de tint donkerder. Dit kleurverschil door schaven is op de foto te zien aan de rechterzijde van de foto.



Foto 21: Detailfoto van bruin rietveen van laag 1 (met gele rietwortels) en het grijsbruin, amorf, gyttja-achtige veen van laag 13 (met fijne detritus).



Foto 22: Het geologisch profiel op 37 - 42 m, voordat het ingestort was (zie Foto 23 en 24). Te zien zijn grote veenbrokken ingebed in een kleiwig van de Ges-klei. Ook deze foto toont aan dat brokken rietveen verplaatst zijn.



Foto 23: Het ingestorte geologisch profieldeel tussen 31 - 41 m. Het Ges-klei profiel is in dit deel onderuitgegaan omdat aan de linker zijde (31 – 36 m) deze klei lag op de Pleistocene ondergrond. Door grondwaterverplaatsing in het grensvlak vormde dit oppervlak een glijvlak.



Foto 24: Rechterzijde van het ingestorte profiel op 37-41 m. De veenbrokstructuur ingebed in de Ges-klei (zie Foto 22) is nog goed herkenbaar.



Foto 25: Linkerzijde van het ingestorte profiel op 29-34 m. Aan de basis van de ingestorte Ges-klei komt humeus zand voor. Dat is de bodem van de top van het Pleistocene zand (zie ook onderstaande Foto 26).



Foto 26: Insteek in de Pleistocene zandbodem op ca. 32 m van het geologisch profiel vlak voordat het profiel instortte. De bodem is doorworteld met hout (vnr. 8; hoofdtuk 3.1.3).



Foto 27: Het opschaven van het geologisch profieldeel op 23 – 29 m. Onder de grijze Ges-klei (laag 9) zijn de niet-geërodeerde resten van de humeuze afzettingen van de lagen 7 en 8 te zien. Deze liggen weer op de gyttja-achtige veenlaag (laag 13 ter hoogte van de bodem van de profielsleuf).



Foto 28: Overzicht van het geologisch profieldeel tussen 0 – 25 m, gezien in noordwestelijke richting. Tussen de twee salons zijn de monsterzakjes van de vondstnummers 14 t/m 16 te zien (zie Foto 29).

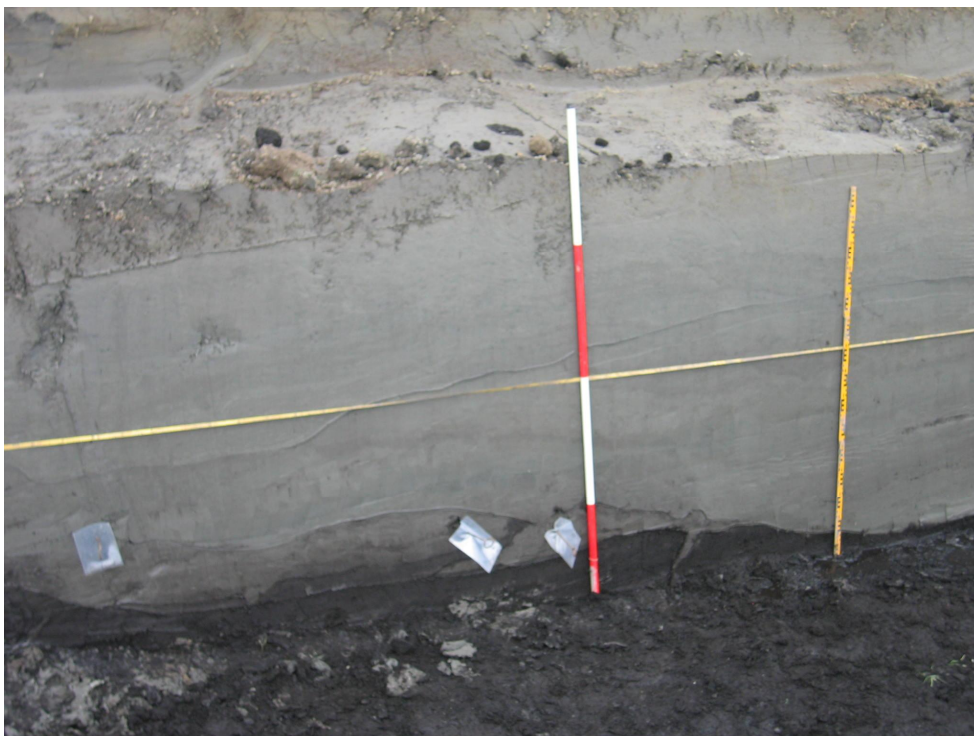


Foto 29: Het geologisch profieldeel op 19 – 22 m. Onder de grijze Ges-klei (laag 9) zijn de niet-geërodeerde resten van de humeuze afzettingen van de lagen 7 en 8 te zien. Deze liggen weer op de gyttja-achtige veenlaag (laag 13; bodem van de profielsleuf). Het linker monsterzakje is vnr. 16 met een stukje hout (^{14}C monster; hoofdstuk 4) en een scherf, die genomen zijn aan de basis van de Ges-klei. De rechter twee monsterzakjes betreffen de monsters 14 en 15 (vogelbotjes; hoofdstuk 3.1.3) uit laag 8.



Foto 30: Opname van de vogelsnavel van vnr. 17; gevonden in laag 8 op 4m van het geologisch profiel.



Foto 31: Slumpstructuur op 9-11 m van het geologisch profiel. De humeus gelaagde klei van de lagen 7 en 8 is, met de organogene afzettingen van laag 13, tegen de richting van de klok onderuit gegleden. Deze slump werd veroorzaakt door de erosie van de stroombaan van de Ges. Door de erosie en wegvallen van de tegendruk zijn de lagen 7, 8 en 13 onstabiel geworden en richting stroombaan van de Ges gegleden.



Foto 32: Detailfoto van de slumpstructuur op 10 m van het geologisch profiel



Foto 33: Foto-opname van geologisch profieldeel 3 – 8 m; dit voor het slaan van de monsterbakken VII, IX en X. Ter hoogte van het meetlint komt de humeus gebande klei – met onregelmatige / kronkelige dunnen zandlaagjes - van laag 7b voor. Niet uit te sluiten is dat laag 7b opgeslibd is tot het toenmalige kwelderniveau omdat de sedimentstructuren daar sterk op lijken ('kronkelige' gelaagdheid). Deze 'kwelder-achtige' laag is vervolgens weer overslibd door de stroombaanafzettingen van de Ges (laag 9). De deklaag (bouwvoor / laag 4 en laag 12) was in het profieldeel 0 – 31 m weggegraven om veiligheidsredenen (druk wegnemen om instorting te voorkomen zoals gebeurd is tussen 31 en 41 m). Op grond van de beschikbare dateringen uit het geologisch profiel (hoofdstuk 4) wordt de gefotografeerde laagopeenvolging als volgt in de tijd geplaatst: De organogene meerafzettingenlaag 13 aan de basis van het profiel is gevormd tussen ca. 2250-2000 v. Chr. De vorming van de laag 8 en 7a (ook meerafzettingen) wordt ingeschat rond 2000 – 1500 v. Chr. De 'kwelderachtige' laag 7b heeft een geschatte ouderdom van ca. 1500 – 1000 v. Chr., en de overslibbing van de Ges-klei begint na ca. 1000 v. Chr en die gaat door tot ca. 1000 n. Chr. tot het plangebied van de Houkepoort volledig verland is.

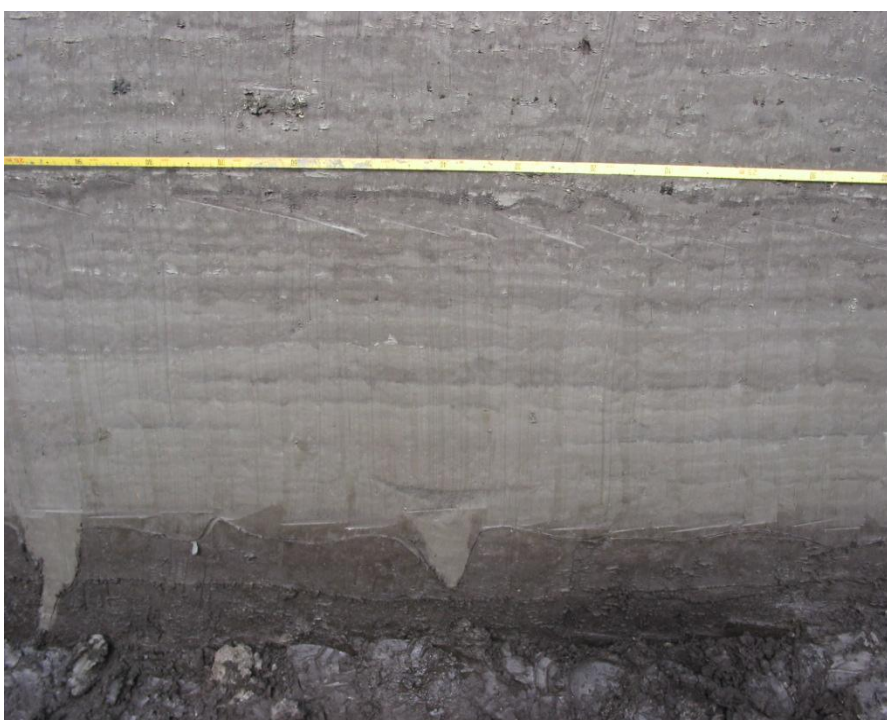


Foto 34: Detailopname profieldeel op 5 m; van onder naar boven de lagen 13, 8, 7a, en 7b .



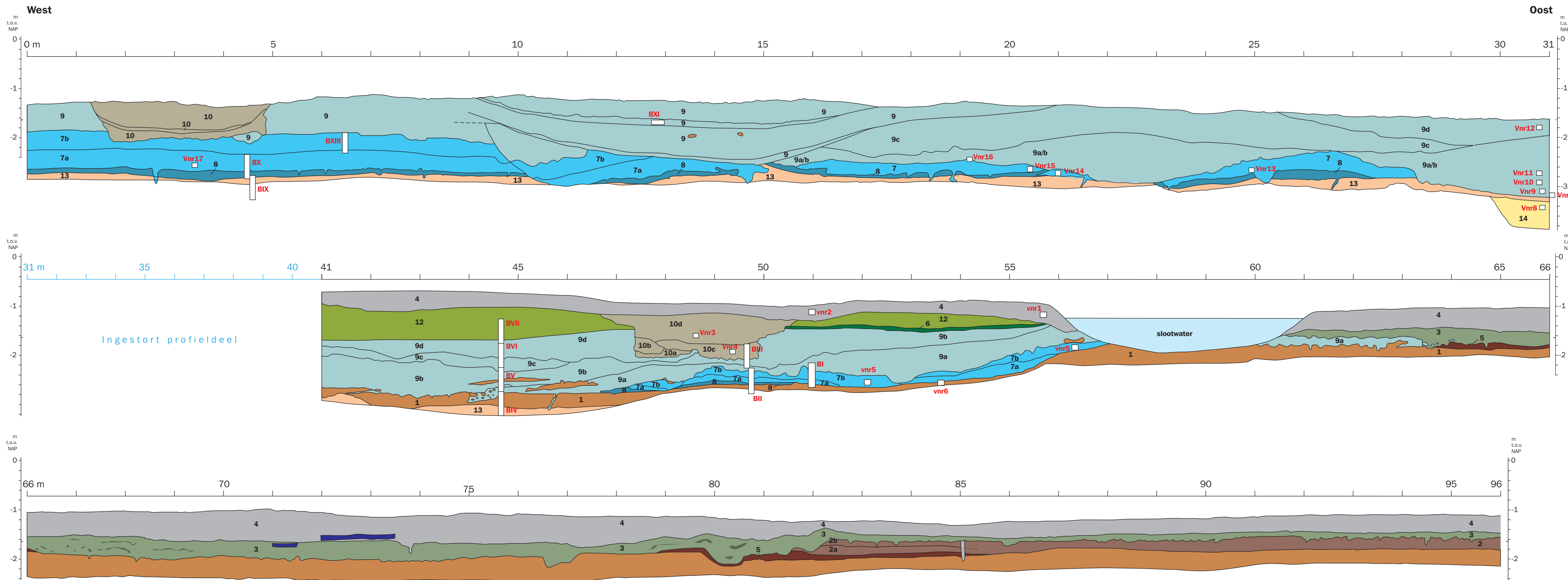
Foto 35: Het uitsteken van de monsterbakken IV t/m VII op 45 m van het geologisch profiel.



Foto 36: Het uitnemen van houtmonsters aan de basis van de Ges-klei op 31 m van het geologisch profiel. Vondstnummer 9 komt uit het gat in het profiel en vondstnummer 7 aan de basis van de klei wordt uitgetroffeld (zie Bijlage B).

B Geologisch profiel Houkepoort

Bijlage B: Geologisch profiel Sneek - Houkepoort



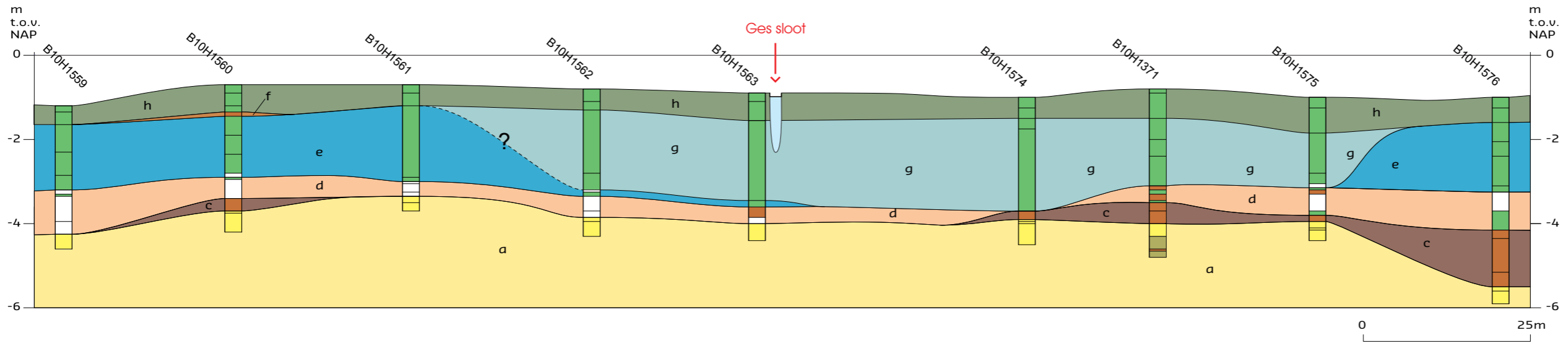
Laageenheden in stratigrafische volgorde

- | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------|-------------------|
| 4 bouwvoor | 12 klei, gerijpt, stug | 7 Cardium klei | 5 rietveen, zwart | 14 Pleistoecen zand | — stalen pijp |
| 10 slootvulling | 6 humeuze kleiband, donkergrijs/zwart | 8 sterk humeuze klei, grijs/zwart | 1 rietveen (bruin) | | Vnr12 □ monster |
| 3 klei, verstoord | 9 Ges-klei, grijs | 2 rietveen, matig amorf, donker | 13 organisch complex: gyttja, detritus, zeer amorf veen | | BII □ bak monster |

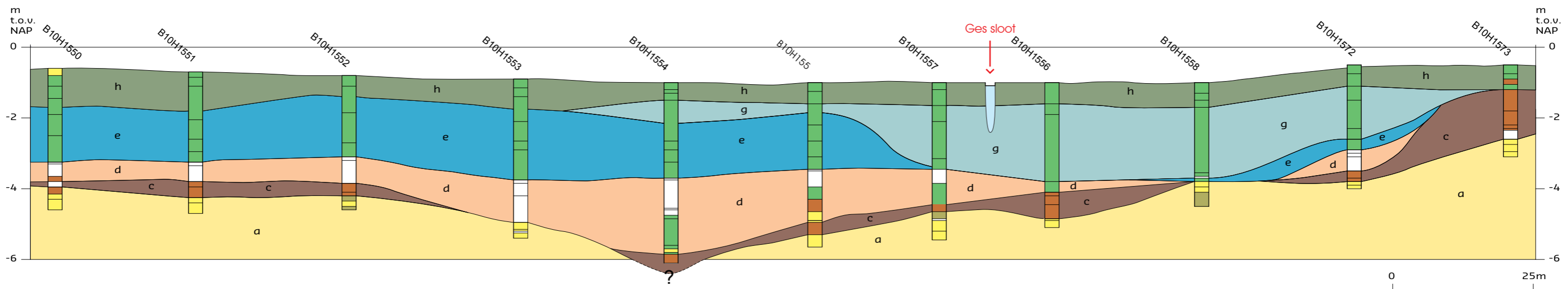
C Boorprofielen 1 t/m 4 Houkepoort

Bijlage C1

Boorprofiel 1



Boorprofiel 2

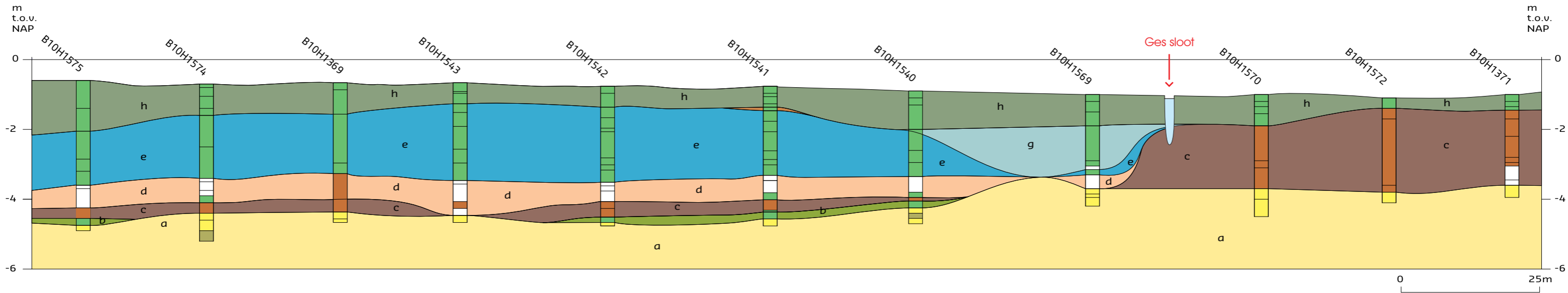


Laageenheden, in stratigrafische volgorde van oud naar jong

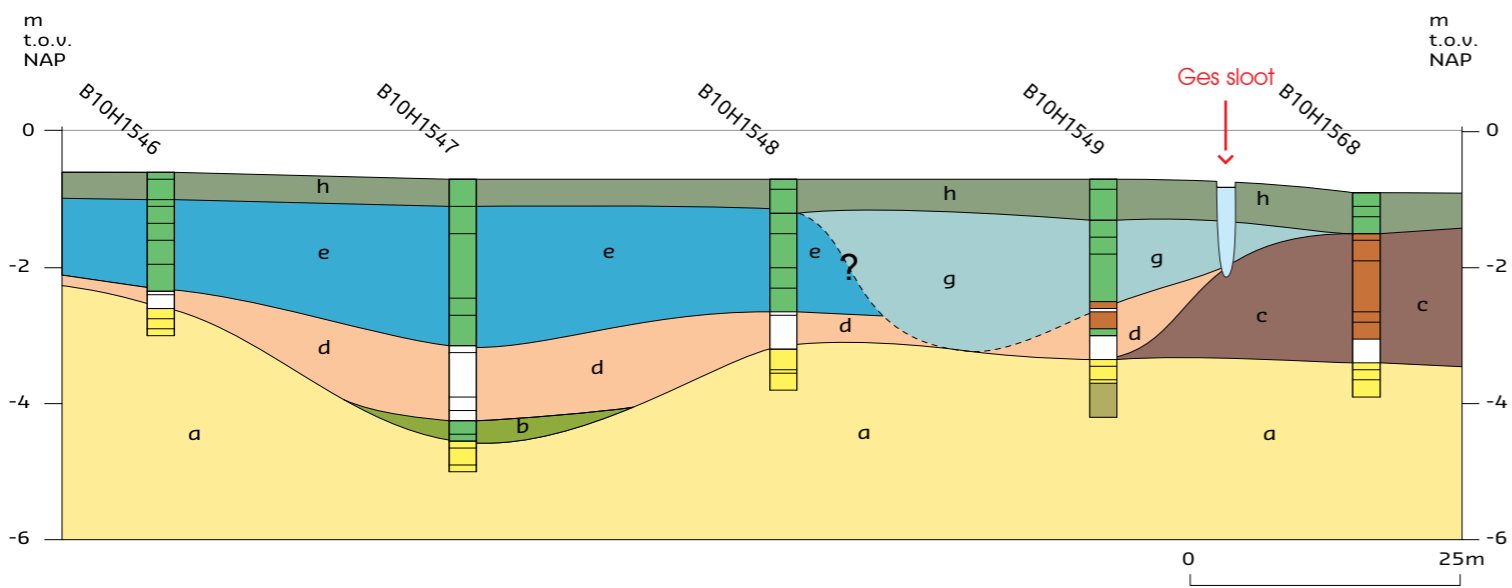


Bijlage C2

Boorprofiel 3



Boorprofiel 4



Laageenheden, in stratigrafische volgorde van oud naar jong

- | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|--|-----------------------|
| a Pleistocene substraat | c Veen | e Midden/Laat Holocene kleipakket | f Kleilig veen |
| b Vroeg Holocene klei | d Organisch complex | g Ges-klei | h Deklaag |