



Vlaanderen
is erfgoed



Afwegingskader

Booronderzoeken

Vooronderzoek naar artefactensites uit de steentijd:
methodiek en afwegingen

Agentschap
Onroerend
Erfgoed

COLOFON

TITEL

Booronderzoeken

Vooronderzoek naar artefactensites uit de steentijd: methodiek en afwegingen

REEKS

Afwegingskaders agentschap Onroerend Erfgoed nr. 11

AUTEURS

Marijn Van Gils & Erwin Meylemans

JAAR VAN UITGAVE

2022

Een uitgave van agentschap Onroerend Erfgoed Wetenschappelijke
instelling van de Vlaamse Overheid, Beleidsdomein Omgeving
Published by the Flanders Heritage Agency Scientific Institution of the
Flemish Government, policy area Environment

VERANTWOORDELIJKE UITGEVER

Gonda Callaert

LEDEN KLANKBORDGROEP

Annick Arts, Jan Bastiaens, Philippe Crombé, Marc De Bie, Sofie Debruyne, Izabel Devriendt, Ferdi Geerts, René Isarin, Ine Léonard, Gunther Noens, Yves Perdaen, Marnix Pieters, Caroline Ryssaert, Joris Sergeant, Ann Van Baelen, Ingrid Vanderhoydonck, Marjolein Van der Waa, Nick Van Liefveringe, Bart Vanmontfort, Philip Van Peer, Alde Verhaert, Jeroen Verhegge, Mark Willems, Inger Woltinge

OMSLAGILLUSTRATIE

Landschappelijk booronderzoek In de Sigma cluster Kalkense Meersen (2009)
Copyright Onroerend Erfgoed, foto: Annelies Storme

agentschap Onroerend Erfgoed

Havenlaan 88 bus 5

1000 Brussel

T +32 2 553 16 50

info@onroenderfgoed.be

www.onroenderfgoed.be

Dit werk is beschikbaar onder de Modellicentie Gratis Hergebruik v1.0.

This work is licensed under the Free Open Data Licence v1.0.

Dit werk is beschikbaar onder een Creative Commons Naamsvermelding

4.0 Internationaal-licentie. Bezoek

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> om een kopie te zien van de licentie.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

<https://doi.org/10.55465/SRER8557>

ISSN 2565-697X

D/2022/3241/141

VOORONDERZOEK NAAR ARTEFACTENSITES UIT DE STEENTIJD:

////////////////////////////////////

INHOUD

1	INLEIDING	6
2	BUREAUONDERZOEK	8
2.1	INLEIDING	8
2.2	BRONNEN.....	9
2.2.1	BODEMKAARTEN	9
2.2.2	QUARTAIRGEOLOGISCHE KAARTEN	10
2.2.3	GEOMORFOLOGISCHE KAARTEN	12
2.2.4	DIGITALE HOOGTEMODELLEN OP BASIS VAN LASERALTIMETRIE	13
2.2.5	DE DATABANK ONDERGROND VLAANDEREN (DOV).....	18
2.2.6	BRONNEN VOOR HET INSCHATTEN VAN DE IMPACT VAN HISTORISCH EN RECENT LANDGEBRUIK	19
2.2.7	EROSIEKAARTEN	27
2.3	HET BEPALEN VAN EEN ARCHEOLOGISCHE VERWACHTING TEN AANZIEN VAN STEENTIJDSITES	29
2.3.1	ARCHEOLOGIE VAN PREHISTORISCHE JAGER-VERZAMELAARS: ENKELE ALGEMENE BEDENKINGEN.....	29
2.3.2	VERWACHTINGSMODELLEN	33
2.3.3	HET 'BEWARINGSPOTENTIEEL' VOOR STEENTIJD ARTEFACTENSITES	37
2.4	OVERZICHT PER ARCHEOREGIO	38
2.4.1	INLEIDING	38
2.4.1	HET DEKZANDGEBIED (ARCHEOREGIO'S KEMPEN EN ZANDSTREEK).....	40
2.4.2	RIVIER- EN BEEKVALLEIEN	75
2.4.3	DE ZANDLEEM- EN LEEMSTREEK	108
2.4.4	DE POLDERGEBIEDEN, KUSTZONE EN DE NOORDZEE	118
2.4.5	DE MAASVALLEI EN MAASTERRASSEN	128
2.4.6	HET MIDDENPALEOLITHICUM	142
2.5	BESLUIT	148
3	LANDSCHAPPELIJK BODEMONDERZOEK	149
3.1	INLEIDING	149
3.2	TECHNIEKEN.....	151
3.2.1	LANDSCHAPPELIJK BOORONDERZOEK	151
3.2.2	LANDSCHAPPELIJKE PROFIELPUTTEN.....	158
3.2.3	SONDERINGEN (CPT)	162
3.2.4	GEOFYSISCH TECHNIEKEN	164
3.3	STRATEGIE.....	165
3.3.1	PLAATSING	165
3.3.2	DIEPTE	167
3.3.3	NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK	167
3.4	INTERPRETATIE	168
4	PROSPECTIE	171
4.1	INLEIDING	171
4.2	TECHNIEKEN.....	172
4.2.1	VELDKARTERING	172
4.2.2	ARCHEOLOGISCH BOORONDERZOEK.....	173
4.2.3	PROSPECTIE MET PROEFPUTTEN	198

1 INLEIDING

Bij de opmaak van een toelatingsaanvraag of archeologienota wordt steeds de afweging gemaakt of een vooronderzoek op het terrein moet uitgevoerd worden. Dit kan uiteraard afhankelijk zijn van allerlei factoren, bijvoorbeeld de mate van verstoring van een projectgebied, de geomorfologische context, enz. Op die manier wordt steeds, voor alle archeologische periodes, een inschatting gemaakt van het potentieel van de aanwezigheid van archeologische sites, sporen en vondsten, en het ‘kennispotentieel’ hiervan bij het uitvoeren van verder onderzoek.

Dit proces doorloopt verschillende stappen, gaande van een bureauonderzoek, naar een eventueel landschappelijk (bodem)onderzoek, tot prospectie met ingreep in de bodem. Dit laatste kan bestaan uit archeologisch booronderzoek en/of proefputten in functie van steentijdarcheologie, en proefsleuven en kijkvensters in functie van alle recentere periodes. Bij steentijdsites wordt de prospectie vaak opgedeeld in twee fasen: de eigenlijke prospectie en, indien deze positief is, waardering.

De aanzet van een dergelijk traject is het bepalen van een ‘verwachting’ ten aanzien van de aanwezigheid van steentijdsites. De huidige praktijk wijkt hier immers af van vooronderzoek naar zogenaamde ‘sporensites’. Bij deze laatsten wordt steeds geredeneerd vanuit de verwachting van de afwezigheid van een potentieel op kenniswinst: er wordt geen verder onderzoek verricht wanneer de vermoedelijke afwezigheid van een site met hoge waarschijnlijkheid kan aangetoond worden, of de potentiële kenniswinst ervan niet opweegt tegen de onderzoekskosten. Voor steentijd artefactensites is de redenering in de huidige praktijk doorgaans omgekeerd: er wordt meestal alleen een specifiek steentijdtraject opgestart wanneer de verwachting naar de aanwezigheid van sites met potentieel op kenniswinst hoog is.

Het bepalen van die verwachting naar de aanwezigheid van steentijdsites is echter niet eenvoudig. Het samenspel tussen de archeologische en antropologische aspecten enerzijds, en de landschappelijke context anderzijds, biedt een zeer grote variatie aan mogelijke situaties. Een recent onderzoek naar de huidige praktijk terzake in de preventieve archeologie wees dan ook op een grote diversiteit in aanpak en gebruik van selectiecriteria¹. Naast de problematiek van het onderzoek van prehistorische jager-verzamelaarsgemeenschappen en de specifieke economische, sociale, en culturele aspecten hieromtrent, speelt ook de (paleo)landschappelijke context een grote rol. De landschappen en bodems zijn sinds de prehistorie immers vaak ingrijpend veranderd.

Daarom eist steentijdarcheologie een zeer specifieke expertise en ervaring. Een goed inzicht in de landschappelijke processen is daarbij heel belangrijk, enerzijds voor het ‘lezen’ van het landschap en de plaats van de prehistorische mens hierin, anderzijds voor het inschatten van de aard en impact van tafonomische processen op het bodemarchief (erosie, sedimentatie, bodemvorming, ...). In dit afwegingskader komt dit aspect dan ook ruim aan bod, onderverdeeld naar de verschillende archeoregio’s.

Verder biedt dit afwegingskader een overzicht van de methoden die kunnen ingezet worden bij vooronderzoek naar steentijd artefactensites, geordend per onderzoeksfase. Booronderzoek komt hierbij ruim aan bod, maar ook de andere mogelijke technieken zoals profiel- en proefputten. De Code van Goede Praktijk (CGP) omschrijft de doelstellingen van deze onderzoeken en de middelen die er minimaal voor moeten aangewend worden. Hier vullen we dit aan met een inzicht in het waarom

¹ Van Baelen *et al.* 2022.

Dit afwegingskader reflecteert de huidige praktijk. Naast de effectiviteit van de verschillende methoden wordt ook rekening gehouden met het kostenplaatje en de efficiëntie. We blijven ook binnen het huidige beheers- en beleidskader. Dit document is dan ook geen manifest over de ideale werkwijze, maar wil vooral de archeoloog helpen om binnen de huidige praktijk goede keuzes te maken.

2022 Booronderzoeken pagina 7

2 BUREAUONDERZOEK

2.1 INLEIDING

Het bureauonderzoek is steeds de eerste stap in het preventieve archeologische traject, en is uiteraard ook de fase waarin bepaald wordt welke verdere stappen gezet worden. In het algemeen wordt overgegaan tot de volgende stap, landschappelijk booronderzoek, indien uit bureauonderzoek de volgende vraagstellingen naar voor komen:

- Het bewaringspotentieel voor steentijdsites: zijn er niveaus aanwezig die steentijdsites kunnen bevatten, bijvoorbeeld natuurlijke (paleo)bodems, die door de geplande werken bedreigd worden? Wat is hun bewaringstoestand?
- De reconstructie van het paleolandschap of de geomorfologie, indien het gaat om complexe contexten.

In de huidige praktijk wordt prospectie naar steentijdsites ingezet wanneer blijkt dat het **bewaringspotentieel** voor steentijdsites voldoende is, en wanneer er een zekere **verwachting** is t.a.v. de aanwezigheid van steentijdsites.

In de fase van het bureauonderzoek moet je dus telkens de afweging maken of deze vraagstellingen aan de orde zijn. Hiervoor kunnen verschillende bronnen gebruikt worden: digitale hoogtemodellen, bodemkaarten, geomorfologische en quartairgeologische kaarten, luchtfoto's, enz. Het meest complexe aspect van dergelijk onderzoek is de bepaling van de archeologische verwachting t.a.v. de aanwezigheid en bewaring van steentijdsites. Daarom wordt in de volgende hoofdstukken hier ruim aandacht aan besteed.

Na enkele meer beschouwende hoofdstukken over deze aspecten doen we dit via overzichten per archeoregio, en met een specifiek hoofdstukje aangaande rivier- en beekvalleien. We wijden ook een apart hoofdstuk aan het vroeg- en middenpaleolithicum.

2.2 BRONNEN

2.2.1 Bodemkaarten

De kartering van de Belgische bodemkaart werd uitgevoerd van 1947 tot de jaren '70 van de 20ste eeuw. Hierbij werden vlakdekkend (met uitzondering van de bebouwde zones die als bodemserie 'OB' zijn aangeduid) twee boringen per hectare uitgevoerd tot ca. 1,2m diepte². Op basis daarvan werd het hele grondgebied van België bodemkundig in kaart gebracht. In Vlaanderen zijn met uitzondering van de Polders per zone substraat, textuurklasse, drainageklasse, profielontwikkeling, fase en variëteit aan de hand van een uniforme legende aangegeven. Voor de Polders is een andere legende gebruikt die de geomorfologische eigenschappen (substraat, serie, subserie, subtype en variëteit) in rekening brengt³. De gedrukte analoge bodemkaart op schaal 1:20.000 is ook online beschikbaar via de 'bodemverkenner' van de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV; zie 2.2.5)⁴. Via dit platform kan verder doorgeklikt worden naar een beschrijving met foto's van referentiebodems, naar de verklarende 'bodemboekjes', en ook naar de oorspronkelijke 'basiskaarten' met de Popp-kaarten als achtergrond op schaal 1:5.000 (Fig. 1). Afgeleid van deze bodemkaart zijn o.a. ook de 'bodemassociatiekaart' op schaal 1:500.000, die een aantal bodemkenmerken groepeerd, en de bodemkaart van België naar de 'World Reference Soil Units' (schalen 1:40.000 en 1:250.000; *World Reference Base* of WRB kaart)⁵. Deze kaarten en afgeleiden ervan zijn ook te raadplegen via wfs⁶.

Uiteraard zijn de meest gedetailleerde bronnen, met name de oorspronkelijke 'basiskaarten' op schaal 1:5.000, het nuttigst om te gebruiken in het kader van concrete dossiers. De toepassingen hiervan kunnen velerlei zijn: aanduiding van stuifzanden, alluvium, colluvium, plaggenbodems, kreekruggronden (polders), veen, vergraven bodems, enz. Hier komen we verder op terug bij de bespreking van de verschillende archeoregio's.

Wat betreft de kartering van bodems vermelden we ten slotte het project 'waardevolle bodems' uit 2006⁷. Dit project omvatte de kartering en beschrijving van een aantal zones waarin specifieke goed bewaarde bodemkundige situaties (bijv. het voorkomen van Usselo paleobodems; zie 2.4.1.3.4) voorkomen. Dit is geen exhaustieve, vlakdekkende kartering voor Vlaanderen, maar biedt middels het rapport⁸ een aantal goede referentiebeschrijvingen voor diverse types bodems en hun genese. Aan de hand van de criteria bepaald in dit project, werd een GIS-laag opgemaakt met 'bodemkundig erfgoed'. Per zone kan je een fiche met beschrijving raadplegen. Deze laag is eveneens beschikbaar via de wfs service van DOV⁹.

² Van Ranst (red.) 2006.

³ Cf. Van Ranst & Sys 2000.

⁴ Cf. <https://www.dov.vlaanderen.be/page/bodemkaarten>.

⁵ Ook via <https://www.dov.vlaanderen.be/page/bodemkaarten> te raadplegen.

⁶ <https://www.dov.vlaanderen.be/geoserver/wfs?>

⁷ <https://www.vlaanderen.be/publicaties/project-waardevolle-bodems-in-vlaanderen>

⁸ Ampe *et al.* 2006.

⁹ <https://www.dov.vlaanderen.be/geoserver/wfs>.

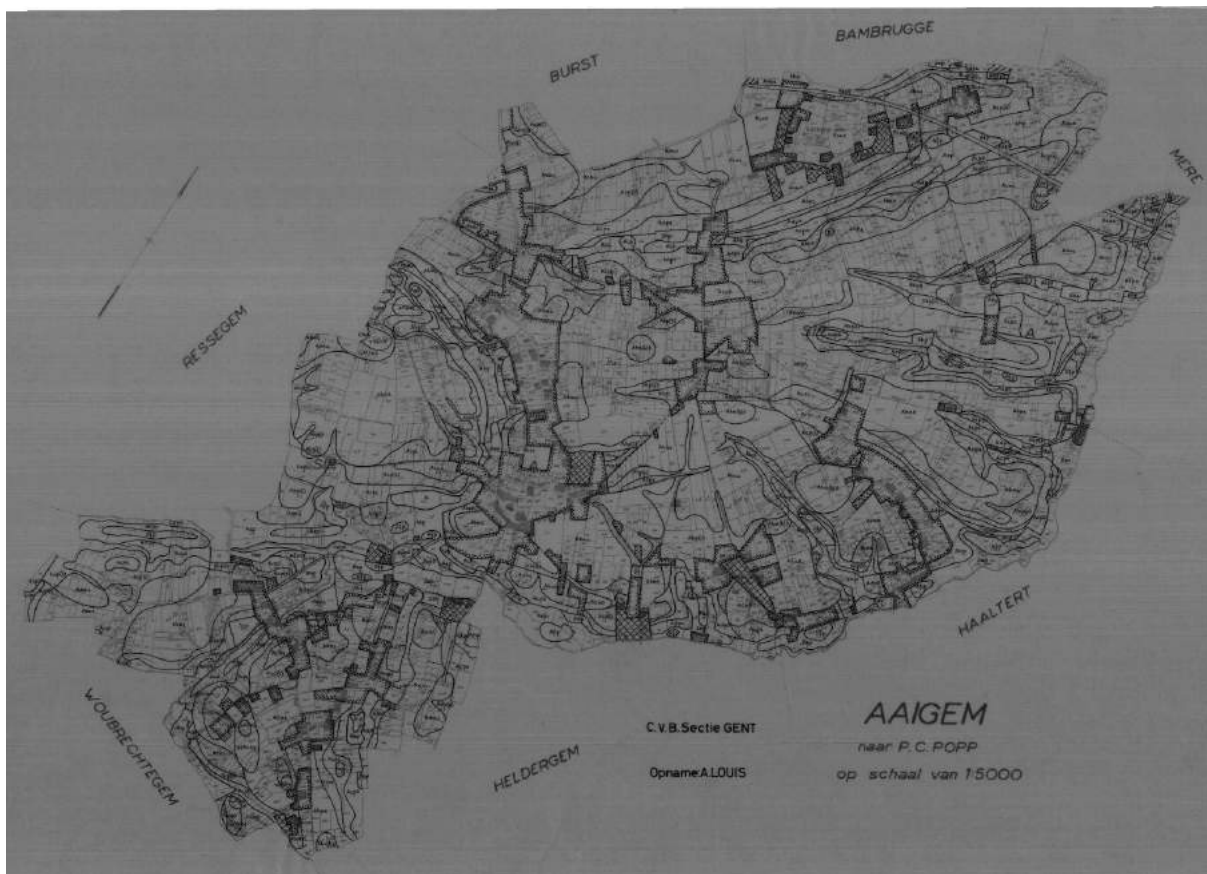


Fig. 1: Voorbeeld van een basiskaart van de bodemkaart op schaal 1:5000.

2.2.2 Quartairgeologische kaarten

Voor Vlaanderen werden per kaartblad vlakdekkend quartairgeologische kaarten gemaakt op schaal 1:50.000, die telkens worden begeleid door een rapport. Zowel de kaarten als deze rapporten kunnen eveneens via DOV geraadpleegd worden¹⁰. Deze kaarten werden gebundeld in een 'samengestelde quartairprofieltypekaart Vlaanderen' op schaal 1:50.000, die als een vector GIS bestand (shapefile) ook weer via de reeds genoemde wfs service van DOV kan opgehaald worden. Voor een groot aantal van de afgebakende zones kan via deze laag doorgeklikt worden naar een fiche over het aanwezige profieltype (Fig. 2: Voorbeeld van een fiche van een profieltype.Fig. 2).

Deze quartairgeologische kaarten zijn uiteraard veel minder precies qua afbakening dan pakweg de bodemkaarten, en moeten dus begrepen worden als een algemeen kader. Meer precieze gegevens op lokaal niveau zijn indien beschikbaar raadpleegbaar via de boringen en sonderingen op DOV.

De quartairgeologische kaarten bakenen dus 'profieltypes' af, die de opeenvolging van verschillende quartairgeologische afzettingen in een bepaalde zone beschrijven. In die zin kunnen ze nuttig zijn om de kans in te schatten op de aanwezigheid van sedimenten met welbepaalde archeologische relevantie, bijvoorbeeld de aanwezigheid van laatglaciale duinzanden, of oudere quartaire afzettingen, die van belang zijn voor de mogelijke aanwezigheid van paleolithische sites.

¹⁰ Cf. <https://www.dov.vlaanderen.be/page/quartairgeologische-kaart-150000>.

Met betrekking specifiek tot het voorkomen, de dikte en diepte van afzettingen van de Vlaamse vallei zijn de bestanden (isohypsen en isospachen) van de “*voorkomensgrenzen van de formaties van Rozebeke, Kruishoutem, Meulebeke, Melle, Adegem, Oostwinkel, Eeklo, Oostende en Herzele*”¹¹ van belang (zie 2.4.6). Ook deze bestanden zijn via de DOV wfs service raadpleegbaar.



¹¹ <https://data.gov.be/nl/dataset/https-www-dov-vlaanderen-bedataset4116fe47-3150-4a5b-bee8-1be430347882-0>.

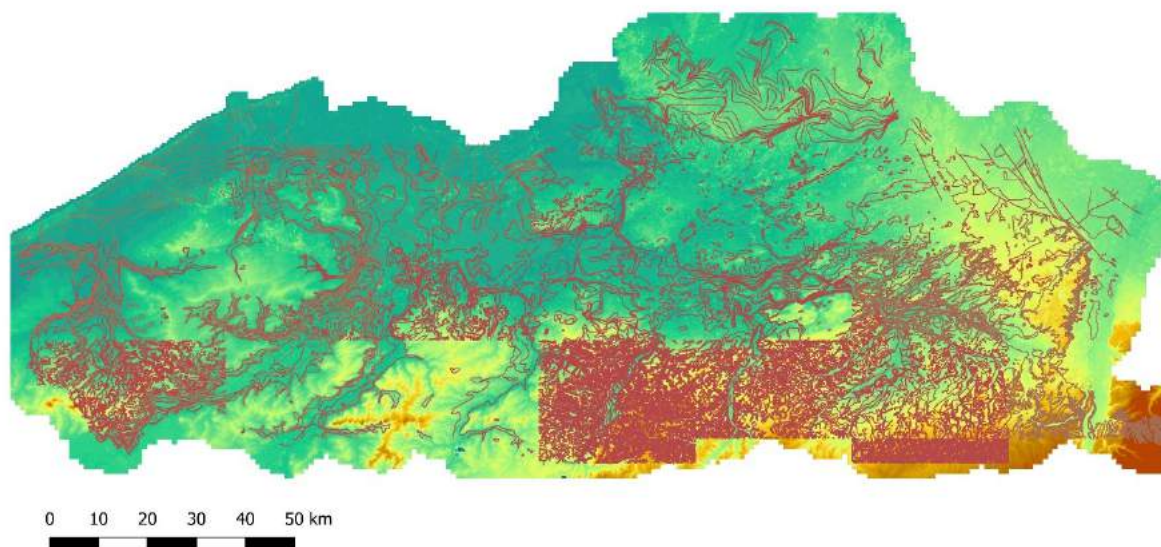


Fig. 3: Afgeleide isospachenkaarten van het quartair dek.

2.2.3 Geomorfologische kaarten

Geomorfologische kaarten beschrijven en delen het landschap in naar de morfologie en genese van de oppervlaktebegrenzende afzettingen¹². Deze indeling houdt dus steeds een combinatie in van eigenschappen van 'reliëfvorm' (bijv. 'vlakte' – 'rug' – 'dal' -...) en genetische achtergrond (bijv. dekzandrug – stuifzandrug).

Voor Vlaanderen is geen vlakdekkende geomorfologische kartering beschikbaar. Voor de kustvlakte werd er wel een dergelijke kartering uitgevoerd op schaal 1:50.000¹³ (zie 2.4.4.1.2). Hetzelfde geldt voor het kaartblad Lokeren¹⁴. Enkele andere geomorfologische kaarten werden opgemaakt in het kader van academisch onderzoek, o.a. voor de Noorderkempen¹⁵.

Ook hier verwijzen we weer naar de bespreking per archeoregio voor enkele voorbeelden van concreet gebruik van deze kaarten. Voor een deelgebied van de Kempen werd in het verleden een zekere verwachting naar 'bewaringspotentieel' opgebouwd o.a. aan de hand van geomorfologische kenmerken¹⁶.

¹² Cf. bijv. Berendsen 2004.

¹³ De Moor 1990; De Moor *et al.* 1993.

¹⁴ Heyse & De Moor 1995.

¹⁵ Haest 1985.

¹⁶ Meylemans *et al.* 2006.

2.2.4 Digitale Hoogtemodellen op basis van laseraltimetrie

2.2.4.1 Beschikbare producten

De bijzonder grote mogelijkheden van laseraltimetrie (beter gekend als *Airborne Laser Scanning* (ALS) of *Light Detection and Ranging* (LiDAR)) voor het in kaart brengen van landschappen en historisch en archeologisch erfgoed zijn ondertussen genoegzaam bekend¹⁷. Voor Vlaanderen werd in 2004 een eerste vlakdekkend Digitaal Hoogtemodel (DHM) gefinaliseerd¹⁸. In 2015 werd een nieuw dergelijk model afgewerkt, en algemeen beschikbaar gesteld als rasters met een 1m resolutie¹⁹. Van beide Digitale Hoogtemodellen zijn diverse rasters vrij beschikbaar, alsook de geklasseerde puntenwolken²⁰. Van deze producten kan, o.a. aan de hand van vrij beschikbare *Open Source Software* (zoals QuantumGis, Fugroviewer, LAStools, ...) een grote waaier aan afgeleide visualisaties en modellen afgeleid worden²¹. Systematisch onderzoek van deze producten en dergelijke afgeleide visualisaties hebben de laatste jaren geleid tot de ontdekking van diverse archeologische en cultuurhistorische relictten²².

Hoewel de algemeen beschikbare 1m resolutie rasters al bijzonder veel potentieel bieden voor het karteren van landschappen en het herkennen van (archeologische) structuren, werden in 2019 in samenwerking tussen het Agentschap Informatie Vlaanderen en het agentschap Onroerend Erfgoed op basis van de puntenwolken van de scan van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II zeer hoge resolutie (0,25m raster resolutie) visualisaties gemaakt, namelijk een *multidirectional hillshade* en een *sky view factor* verwerking. Dit laat naast het identificeren en karteren van landschapselementen en relictten ook toe om de fysieke toestand van deze elementen in bijzonder grote mate van detail te beoordelen, bijvoorbeeld de impact van bosbeheer op archeologische en cultuurhistorische relictten²³. Beide producten zijn beschikbaar via verschillende online GIS-portalen²⁴ en het '*Open Lidar*' portaal van Informatie Vlaanderen²⁵, en kunnen in een eigen GIS omgeving worden geraadpleegd via WMTS services²⁶. In de loop van 2020 werd in samenwerking tussen het Agentschap Natuur en Bos (ANB) en het Agentschap GIS Vlaanderen ook een 1m resolutie DTM (Digitaal Terreinmodel) raster gemaakt op basis van de puntdata van de eerste versie van het DHM Vlaanderen van 2005²⁷. Dit laat bijvoorbeeld toe om reliëfwijzigingen te detecteren die zijn ontstaan tussen de opnames van de eerste en tweede versie van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen. Dit product wordt beheerd door het Agentschap Natuur en Bos, en is echter nog niet algemeen beschikbaar.

¹⁷ Bijv. Devereux *et al.* 2005; Doneus *et al.* 2008.

¹⁸ De Man *et al.* 2005.

¹⁹ Meylemans *et al.* 2017; referentie: Informatie Vlaanderen, Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II, DTM, raster, 1 m, afgeleid van [LiDAR](#)-hoogtegegevens, 2013-2015.

²⁰ Deze producten zijn beschikbaar via <https://overheid.vlaanderen.be/informatie-vlaanderen/producten-diensten/digitaal-hoogtemodel-dhmv>.

²¹ Cf. Kokalj & Hesse 2017; Meylemans & Petermans 2017.

²² Cf. overzichten in Meylemans *et al.* 2017; Meylemans & Petermans 2017.

²³ Bijv. Meylemans *et al.* 2021.

²⁴ Bijv. <https://geo.onroerenderfgoed.be>; <https://www.geopunt.be>

²⁵ <https://remotesensing.vlaanderen.be/apps/openlidar/>

²⁶ <https://geoservices.beta.informatievlaanderen.be/raadpleegdiensten/DHMV/wms>.

²⁷ Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen I, DTM, raster, 1 m.

2.2.4.2 Gebruik

Met de diverse beschikbare producten en de grote variatie aan mogelijke modellering- en visualisatietechnieken bieden de digitale hoogtemodellen gebruiksmogelijkheden op diverse schaalniveaus. In het kader van het bepalen van een verwachting naar de aanwezigheid en bewaring van steentijdsites zijn interpretatie in functie van het in kaart brengen van de geomorfologie van het landschap en het 'bewaringspotentieel' van dat landschap voor sites uit de prehistorie het belangrijkste. Reeds in 2006 werd een voorbeeld hiervan op basis van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen I uitgewerkt²⁸. Een aantal concrete mogelijkheden van gebruik van deze modellen, bijvoorbeeld het in kaart brengen van laatglaciale duinruggen, stuifzandgebieden, alluviale zones, komen verder aan bod bij de bespreking van de verschillende archeoregio's (zie 0).

We illustreren hieronder kort enkele van dergelijke mogelijkheden en benaderingswijzen, maar dit omvat het volledige areaal aan toepassingsmogelijkheden en vraagstellingen niet. Een breed areaal aan mogelijke toepassingen is immers ondertussen beschikbaar in de (inter)nationale wetenschappelijke literatuur.

Een eerste aspect dat daarbij benadrukt dient te worden, is dat het geschikte schaalniveau waarop de DHM's gebruikt worden uiteraard van groot belang is. Dit is sterk afhankelijk van de vraagstellingen en het type landschap waarin een projectgebied zich bevindt. In het algemeen wordt elk projectgebied daarom steeds best bekeken met verschillende schaalniveaus, waarbij afhankelijk hiervan het perspectief op de geomorfologische positie van het gebied enorm kan variëren (Fig. 4).

Een andere mogelijke benadering van het gebruik van de Digitale Hoogtemodellen is deze te vergelijken met historische (of recentere) topografische kaarten. Hier kan soms uit blijken dat ten aanzien van de historische situatie aanzienlijke verschillen in de topografie zijn opgetreden, waaruit kan worden afgeleid dat het oorspronkelijke reliëf bijvoorbeeld sterk is afgetopt (Fig. 5).

De hoge resolutie en precisie van het DHM Vlaanderen en diens afgeleide producten laten ook toe om in complexe gebieden, en in combinatie met andere bronnen zoals bodemkaarten, in enige mate de geomorfologische dynamiek en zo de landschappelijke 'gelaagdheid' van landschappen te onderzoeken. Op basis hiervan kunnen gerichte vraagstellingen voor het landschappelijk booronderzoek worden bepaald. Als een illustratie hiervan Fig. 6. Op dit beeld van de 0,25m resolutie *multidirectional hillshade* verwerking is een landschap te zien waarbij een mogelijk oudere dekzand(?)rug (1 op Fig. 6) overdekt wordt door een sterk ontwikkelde stuifzandrug (2 op Fig. 6). Mogelijk dekt dit stuifzandpakket dus nog een goed bewaard ouder niveau af. In de zone tussen de 'armen' van de stuifzandrug bevindt zich vermoedelijk een deflatiezone, waar de ronde stuifzandduintjes (3 op Fig. 6) mogelijk een restant zijn van het vroegere oppervlak, en waar er dus mogelijk een deel van het oorspronkelijke oppervlak is verdwenen, en slechts heel plaatselijk bewaard is. Dit soort landschapsgenetische hypothesen moet uiteraard steeds verder worden onderzocht door landschappelijk bodemonderzoek (zie 3).

²⁸ Meylemans *et al.* 2006.

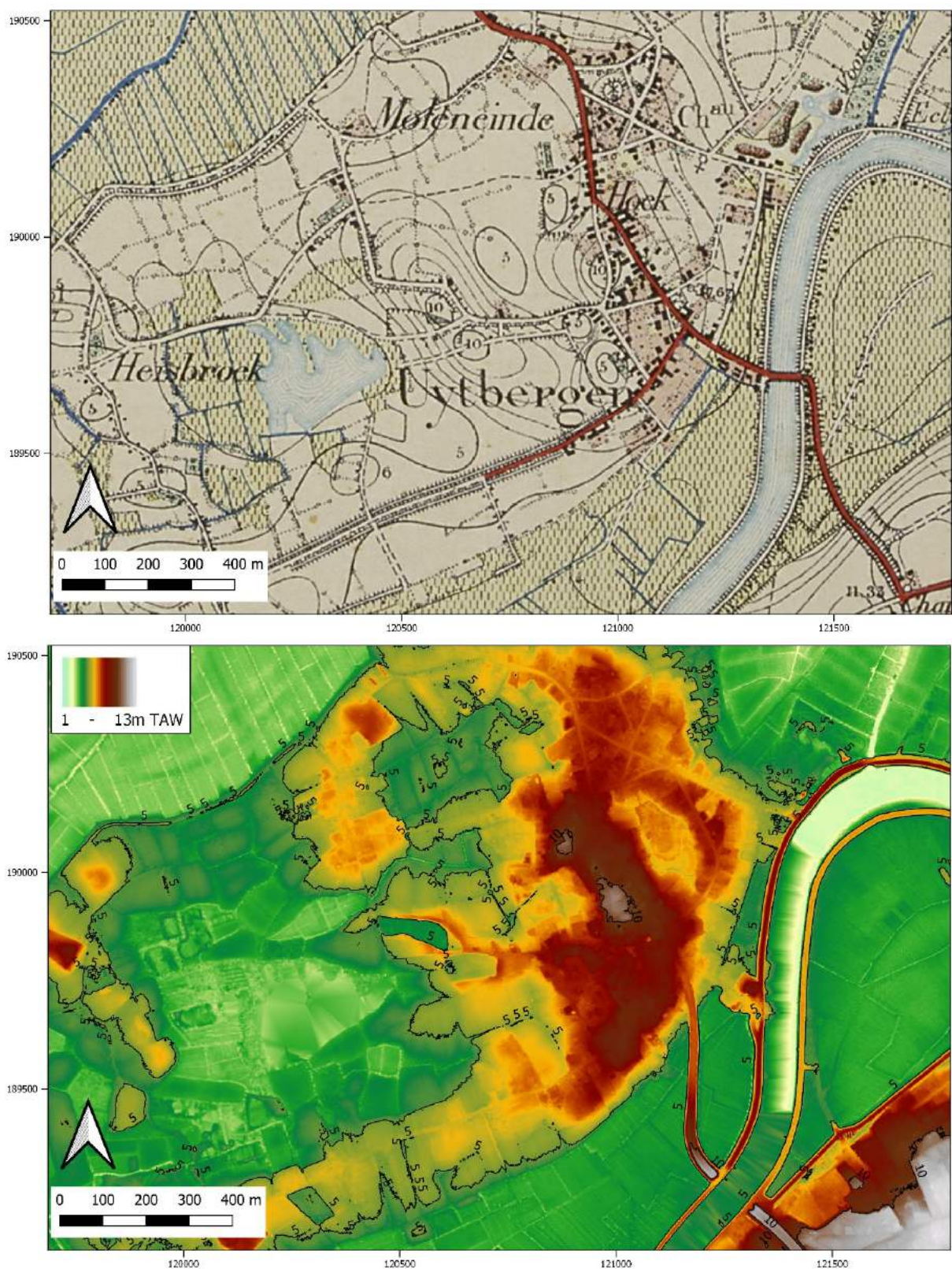


Fig. 5: Duincomplex van Uitbergen (Berlare, Oost-Vlaanderen) op de topografische kaart van ca. 1890 (boven) en een verwerking van het DHM Vlaanderen I (onder). De vergelijking tussen beide toont aan dat er belangrijke niveaunderschillen zijn opgetreden in het gebied tussen de opnames van beide kaarten.

2.2.5 De Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV)

In diverse andere hoofdstukken is al verwezen naar bestanden die beschikbaar worden gesteld in de 'Databank Ondergrond Vlaanderen' en diens wfs²⁹ en wms³⁰. De toegang tot de diverse gegevens en bestanden wordt ook voorzien middels de DOV website³¹, en de DOV 'verkenner', een online GIS-service³². Voor een uitgebreide beschrijving van alle gegevensbestanden van DOV kan je terecht op de DOV website, waar een pagina met een uitgebreide reeks handleidingen beschikbaar is³³. We willen hier wel enkele mogelijkheden van de uitgebreide beschikbare data aanhalen, en meer bepaald de gegevens van de vele beschikbare boringen en sonderingen. Deze laten toe om in enige mate van detail de geologische opbouw, en bijvoorbeeld de quartairgeologie van een gebied, te reconstrueren, en daarmee ook het paleolandschap relevant voor steentijdonderzoek³⁴. Zoals onder andere wordt aangehaald in het hoofdstuk van de Vlaamse Vallei (zie 2.4.6.2) bezitten ook de vele isohypsen en isospachen bestanden een belangrijke indicatieve waarde. Om een synthese te genereren van de opbouw van de ondergrond op één locatie kan ook de tool 'virtuele boring' worden gebruikt³⁵. Daarnaast kan je ook de '3D Subsurface Viewer' gebruiken om de opbouw van een zone te modelleren³⁶. Voor een inschatting van bodemkundige bewaring, bijvoorbeeld in de top van het dekzand, bieden de boringen en sonderingen van DOV doorgaans te weinig detailinformatie. Aangezien het bestand ook een groot aantal oudere boorgegevens bevat, is er ook enige variatie in de kwaliteit en het detailniveau. De 'Bodemverkenner' is echter een handige tool, aangezien je ermee via de bodemkaarten meteen informatie kan verkrijgen naar onder andere referentie-bodemprofielen³⁷.

²⁹ <https://www.dov.vlaanderen.be/geoserver/wfs?>

³⁰ <https://www.dov.vlaanderen.be/geoserver/dov-pub/wms?>

³¹ <https://www.dov.vlaanderen.be/>

³² <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner>

³³ <https://www.milieuinfo.be/confluence/display/DDOV/Data+raadplegen>

³⁴ Bijv. Missiaen *et al.* 2017.

³⁵ <https://virtueleboring.dov.vlaanderen.be/virtueleboring/>

³⁶ <https://www.milieuinfo.be/confluence/display/DDOV/3D+SubsurfaceViewer>

³⁷ <https://www.milieuinfo.be/confluence/display/DDOV/Bodemverkenner>

2.2.6 Bronnen voor het inschatten van de impact van historisch en recent landgebruik

2.2.6.1 Algemeen: de impact van landgebruik op steentijdsites

Het historisch en recent landgebruik bepaalt in sterke mate de bewaringstoestand van archeologische sites. Voor steentijdsites is dit zeker ook het geval, maar aangezien zij vaak alleen bestaan uit mobiele artefacten, met weinig of geen antropogene bodemsporen, wijkt de precieze impact soms af van recentere archeologische sites.

De aard en impact van het bodemgebruik kan heel divers zijn, van grootschalige wijzigingen van de topografie (Fig. 7) tot een lokale verstoring van het bodemprofiel door bijvoorbeeld landbouw (Fig. 8). Uiteraard hebben verschillende types van landgebruik steeds een andere impact op het archeologisch erfgoed. Terwijl grootschalige terreinnivelleringen vaak desastreus zijn voor steentijdsites, kan de impact van (andere) land- en bosbouwactiviteiten sterk variëren. Zo vereisen verschillende landbouwgewassen vaak andere manieren van landbewerking (bijv. andere manier van ploegen), en is ook de manier van oogsten en de afvoer van gewasgebonden grond (en eventuele prehistorische artefacten in deze grond) sterk afhankelijk van het type gewas. Experimenteel onderzoek in Vlaanderen toont aan dat tot 26 ton grond per hectare per jaar samen met de geoogste gewassen kan afgevoerd worden³⁸. Ook verdichting (compactie) van de bodem door het gebruik van zware machines en praktijken van bodemverbetering (Fig. 9) kunnen een sterke impact hebben op de bodem en archeologische sites³⁹. Maar uiteraard heeft niet alleen landbouw een zekere impact op archeologisch erfgoed, ook praktijken van natuurbeheer zoals plaggen in functie van heideherstel of bosontginning kunnen de bewaring van archeologische sites sterk beïnvloeden (Fig. 10).



Fig. 7: Grote impact van huidig landgebruik: een laatglaciale duinrug is op het akkerperceel grotendeels afgegraven en genivelleerd (Meirberg te Meer, Hoogstraten).

³⁸ Poesen *et al.* 2001; Verstraeten *et al.* 2006.

³⁹ Ngan-Tillard *et al.* 2016.

Prehistorische sites die door dit landgebruik werden beïnvloed hebben meestal niet al hun informatiewaarde verloren. Op terreinen met een lage hellingsgraad is de horizontale verplaatsing van artefacten door bijvoorbeeld ploegen relatief beperkt, in verhouding tot de verplaatsing die de artefacten voordien reeds hadden ondergaan door bodemvormende processen. Bovendien werden de artefacten door diezelfde processen meestal over een groot deel van het vroegere natuurlijke bodemprofiel verticaal verspreid, zelfs tot in de C-horizont, waardoor artefacten ook nog onder de ploeglaag aanwezig kunnen zijn.

De precieze impact van grondbewerking op de bewaringstoestand van steentijdsites varieert sterk met de precieze techniek ervan, de diepte, en het aantal keren dat deze werd herhaald. Aangeploegde mobiele artefactensites zijn altijd nog van belang in het kader van een landschapsarcheologische benadering, maar kunnen soms bijna even goed bewaard zijn als in een natuurlijke holocene bodem, zodat zelfs intrasite analyse mogelijk blijft⁴⁰. De bewaringstoestand van steentijdsites in een bouwvoorcontext is daarom nooit *a priori* gekend maar moet steeds het onderwerp uitmaken van waarderingsonderzoek. Daarbij zouden in theorie de volgende vragen beantwoord moeten worden:

1. Hoe groot is het deel van de site dat in de bouwvoor is opgenomen?
 - Zijn er ook onder de bouwvoor artefacten bewaard in een natuurlijke bodem?
 - Hoe verhouden beiden zich kwantitatief?
2. Wat was de impact van de bouwvoor op de artefacten erin?
 - In welke mate werden de artefacten verplaatst?
 - Werden artefacten verwijderd, en zo ja in welke mate?
 - Heeft de bodembewerking de artefacten zelf aangetast (breuken, metaalglans, verweerde boorden en ribben, ...)?

Als een deel van de site onder de bouwvoor bewaard is, kan dit als controle-ensemble gebruikt worden voor het beantwoorden van vraag 2. Hiervoor zijn meestal echter meer vondsten nodig dan waarderingsonderzoek doorgaans oplevert, en kan vraag 2 vaak alleen beantwoord worden na opgraving. Waarderingsonderzoek blijft in de praktijk meestal dus beperkt tot vraag 1. Dit verhoogt het belang van gedegen onderzoek naar het bodemgebruik in de fase van het bureauonderzoek.

Daarnaast kan de diepte van de bodembewerking in de natuurlijke bodem lokaal sterk variëren, vaak onder invloed van de vroegere (micro)topografie. Zelfs in sterk genivelleerde landschappen, zoals bijvoorbeeld door oude ruilverkavelingen, kunnen lokaal nog goed bewaarde bodemhorizonten en steentijdsites aanwezig zijn⁴¹. Ook in sterk bebouwde landschappen zoals historische steden is de aanwezigheid van steentijdsites verre van uitgesloten. In de stadskernen van bijvoorbeeld Antwerpen, Mechelen, Lier en Tongeren werden de laatste decennia steentijdsites aangetroffen in goed bewaarde natuurlijke bodems, begraven onder de historische en recente bebouwing⁴².

⁴⁰ Cf. De Bie *et al.* 2014.

⁴¹ Cf. bijv. Depraetere *et al.* 2006.

⁴² Bijv. Troubleyn *et al.* 2013; Vanderhoeven *et al.* 2020;

Naar de effecten van de diverse types van landgebruik werd in het laatste decennium bijzonder veel aandacht besteed in Nederland door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, naar aanleiding van het project 'Landgebruik in lagen'⁴³. Dit project omvatte een groot aantal onderzoeken naar de effecten van diverse types landgebruik. Hiervan werd een goede synthese gemaakt in 2019⁴⁴. Een belangrijke conclusie van deze studie is: *"Uit de hier beschreven studies komt naar voren dat de mogelijkheden om alleen op basis van bureauonderzoek een representatief beeld te geven van de verstoringssituatie op een perceel beperkt zijn. Aan de andere kant levert een bureaustudie kennis op die essentieel is om de mate van verstoring van een terrein ter plaatse te kunnen toetsen. Op basis van de veldstudies lijkt een methodiek uitgaande van een combinatie van boringen met proefputjes de beste resultaten op te leveren."*⁴⁵.

2.2.6.1 Bodemgebruik en zijn effecten in kaart brengen

Deze beperking in het achterhoofd houdend, is het uiteraard wel mogelijk om met bureauonderzoek een eerste inschatting te maken van het effect van historisch en recent landgebruik op het bewaringspotentieel van (prehistorische) archeologische sites. We beschikken hiervoor over een groot aantal (GIS) bronnen.

Ten eerste kan je historische en recentere topografische kaarten raadplegen. Deze kunnen aangeven welk algemeen landgebruik (akker, weiland of grasland, bos, heide, enz.) in het verleden ter plaatse aanwezig was, en hoe dit evolueerde doorheen de tijd.

Eveneens indicatief op kleinschalig niveau zijn de GIS bestanden met de gebieden waar landinrichtingen, natuurinrichtingen en ruilverkavelingen hebben plaatsgevonden. Deze zijn beschikbaar via de Vlaamse Landmaatschappij⁴⁶.

Gebieden met historisch stabiel landgebruik en historisch weinig antropogene impact bieden uiteraard de beste mogelijkheden voor het aantreffen van goed bewaarde landschappen en sites. In dit verband zijn de GIS lagen met 'historisch permanent grasland'⁴⁷ en het GIS bestand van de 'Bosleeftijd'⁴⁸ van belang.

De momenteel meest recente GIS laag met landbouwgebruikspcelen⁴⁹ geeft de toestand van 2020 weer, maar deze serie GIS lagen gaat terug tot 2008⁵⁰. Deze percelenkaarten geven weer welk type landbouwgebruik en welke teelten plaats vonden per gebruikspcel. Dit laat dus toe op een algemeen niveau de impact van landbouwbedrijfsvoering en eventueel bodemverlies door de oogst van bepaalde gewassen in te schatten vanaf 2008.

⁴³ <https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/bronnen-en-kaarten/overzicht/landgebruik-in-lagen>.

⁴⁴ Lascaris (red.) 2019.

⁴⁵ Lascaris (red.) 2019: 53.

⁴⁶ Wms: <https://geoservices.informatievlaanderen.be/raadpleegdiensten/VLM/wms?>

⁴⁷ "Historisch permanente graslanden (HPG) en andere permanente graslanden in Vlaanderen beschermd door de natuurwetgeving": <https://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/59206b6b-a39e-4996-92de-c4476225e0ed>. De laag is ook beschikbaar als wfs service via:

<https://www.mercator.vlaanderen.be/raadpleegdienstenmercatorpubliek/wfs?version=1.1.0>.

⁴⁸ <https://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/12147542-5c1f-46c3-9afd-6561268c7f1b>, als wfs beschikbaar via: <https://geoservices.informatievlaanderen.be/overdrachtdiensten/Bosleeftijd/wfs>.

⁴⁹ <https://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/13cc8a4e-7292-4cb8-afc7-6e07d052b01a>. Wfs service: <https://geoservices.informatievlaanderen.be/overdrachtdiensten/Landbgebrperc/wfs?service=WFS&request=getcapabilities>.

⁵⁰ <https://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/47c5540f-bf7c-45fc-9a74-8e60547cde82>.

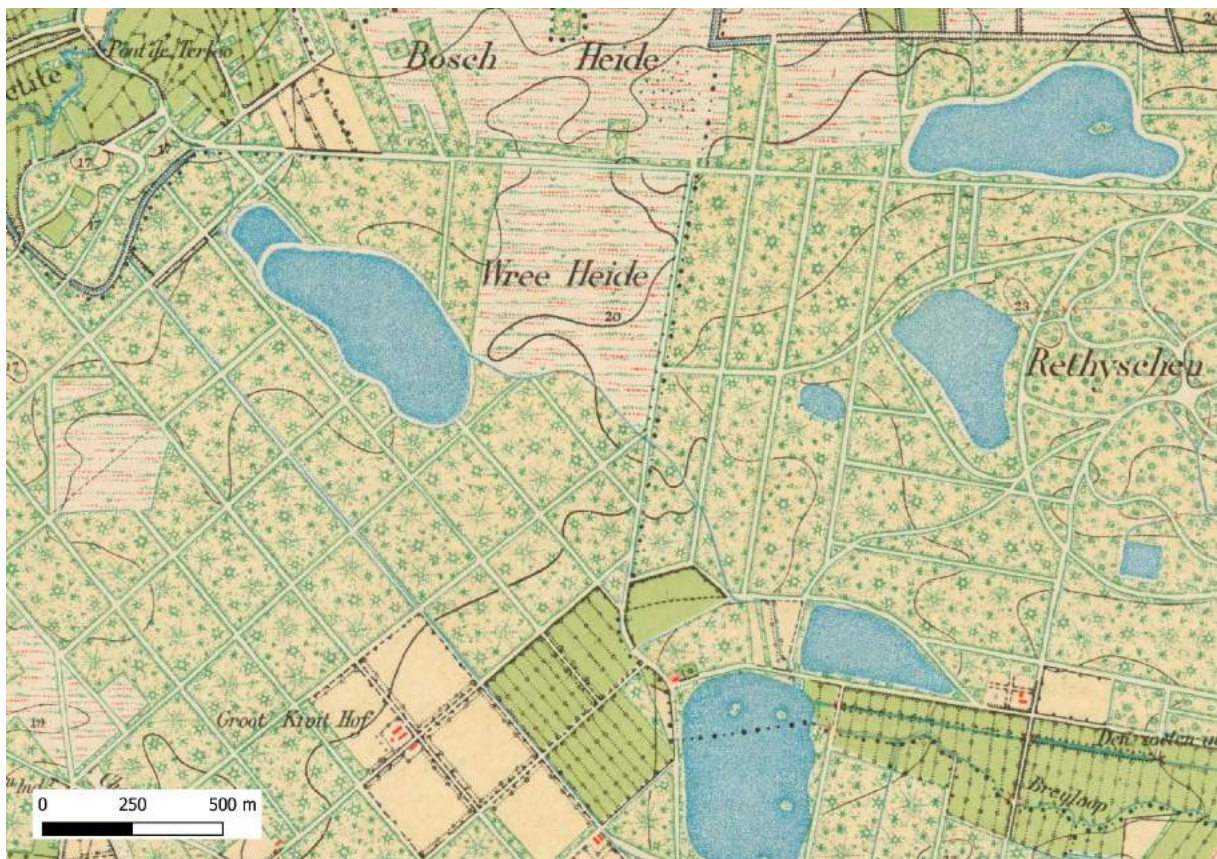


Fig. 11: Het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen biedt een indicatie over de mate van nivellering van terreinen, bijvoorbeeld door vergelijking met zones in de regio onder bos, heide of historisch grasland (vorige pagina), vergelijking met historische kaarten (boven) en orthofoto's (onder).

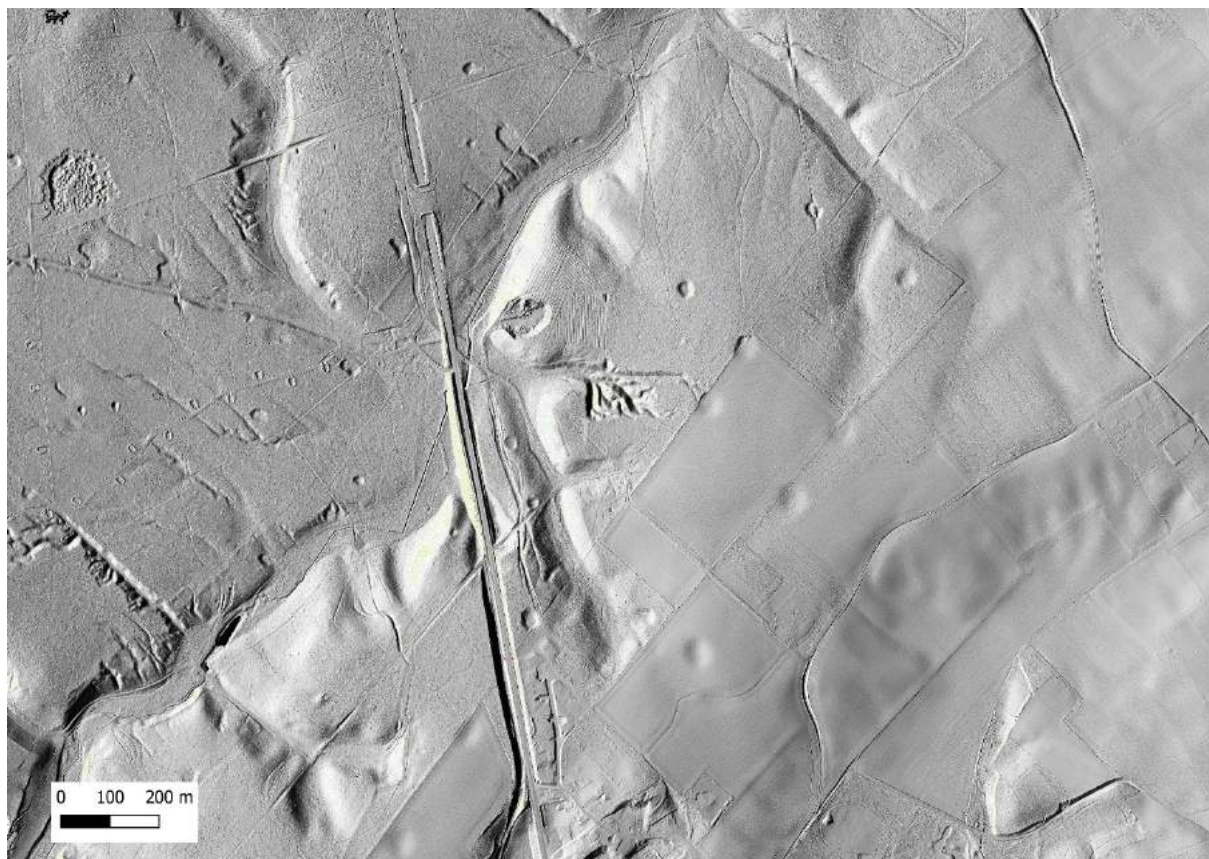


Fig. 12: Voorbeeld van verschil tussen historisch bos en akker- en weilanden in de bewaring van de topografie en historische relictten in het landschap , (Meerdaalwoud, Oud-Heverlee).



Fig. 13: De impact van eenmalig ploegen bij het omzetten van heide naar bos te Bocholt-Smeetshof. De top van de podzolbodem werd door de ploeg gekeerd, met een donkerdere grijze zone en schuine banden Ah-horizont tot gevolg (top). In het vlak (onder) is de ploegrichting herkenbaar.

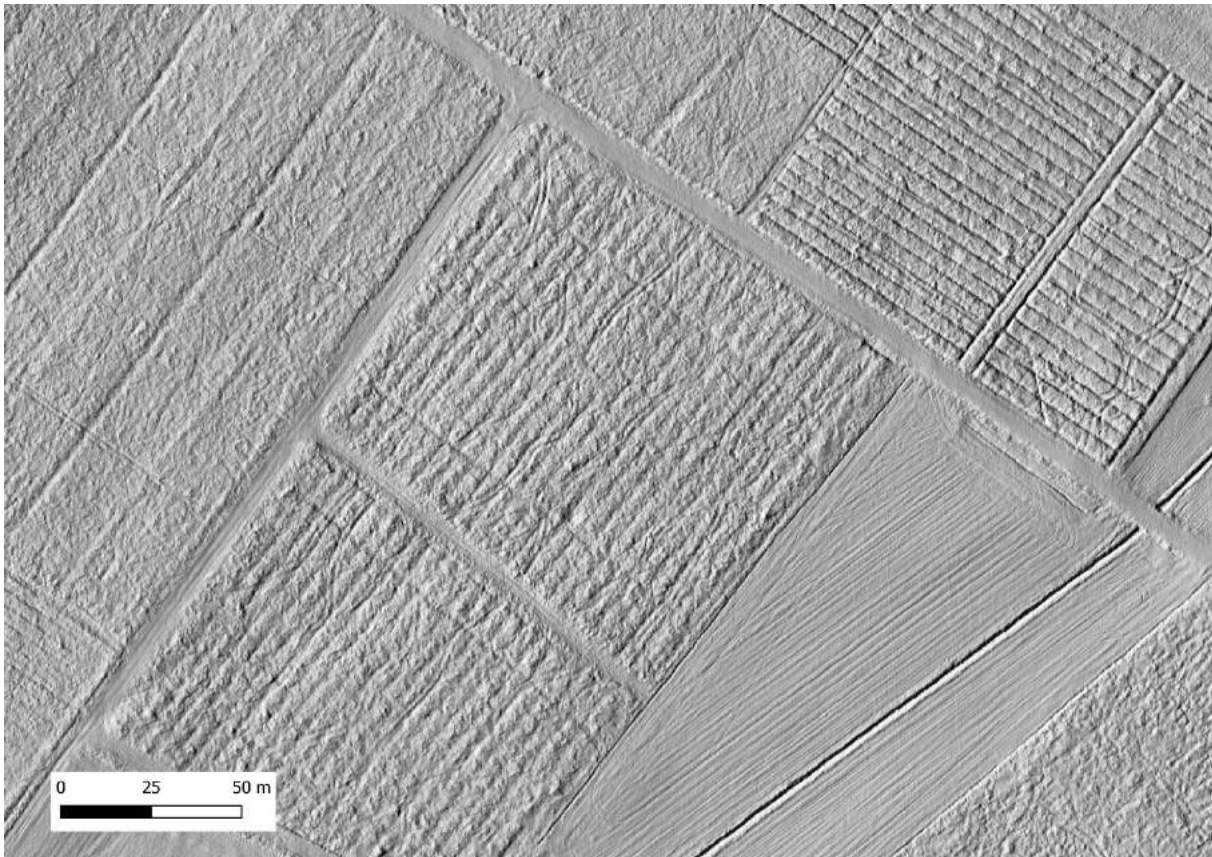


Fig. 14: De impact van rabatten en recent bosbeheer (bandensporen) onder bos (Kolisbos, Pelt).

2.2.7 Erosiekaarten

Een specifieke problematiek is deze van de water- en bewerkingserosie. De laatste decennia is de problematiek van bodemerosie immers zo groot geworden dat het nemen van erosiewerende maatregelen wordt gestimuleerd door de Vlaamse overheid. In functie hiervan werd door de KU Leuven een methodiek van modellering ontwikkeld die resulteert in diverse GIS modellen en -kaarten⁵³. In verschillende testprojecten bleken reeds de mogelijkheden voor het gebruik van deze modellering voor de evaluatie van archeologische sites⁵⁴. Gecombineerd met deze modellering kunnen ook luchtfoto's, topografische kaarten en het Digitaal Hoogtemodel indicaties bieden van recente erosie⁵⁵.

De 'potentiële bodemerosiekaart per perceel' wordt sinds 2012 jaarlijks bijgewerkt naar de nieuwe perceelsvormen en toont een schatting van de gemiddelde jaarlijkse bodemerosie door water en bewerking per perceel⁵⁶. Deze kartering biedt een waardevolle basis voor het inschatten van de aanwezigheid van sterk geërodeerde gronden. Door het golvend reliëf en de sterke erosiegevoeligheid van leemgronden zijn voornamelijk in de leemstreek vrij veel terreinen als sterk erosiegevoelig gekarteerd.

Deze kaarten zijn een synthese van water- en bewerkingserosiemodellen die door de KULeuven werden ontwikkeld in 2006⁵⁷. Deze zijn echter niet online of als wms beschikbaar. Met deze modellen kan je zeer precies potentiële erosie in kaart brengen (Fig. 15). Op basis van o.a. de digitale hoogtemodellen is het eveneens mogelijk om zelf dergelijke modelleringen uit te voeren op basis van het Water/Sediment model, of op basis van de zogenaamde '*Revised Universal Soil Loss Equation*' (RUSLE)⁵⁸.

⁵³ Cf. Notebaert *et al.* 2006; <https://omgeving.vlaanderen.be/erosie-kaarten>.

⁵⁴ Meylemans 2009; Vanmontfort *et al.* 2006.

⁵⁵ Bijv. Meylemans 2009; Meylemans *et al.* 2018.

⁵⁶ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/bodemerosie>; de GIS lagen zijn ook raadpleegbaar via de wfs service van DOV Vlaanderen: <https://www.dov.vlaanderen.be/geoserver/wfs?>.

⁵⁷ <https://ees.kuleuven.be/geography/modelling/watemsedem2006/>.

⁵⁸ <https://www.ars.usda.gov/southeast-area/oxford-ms/national-sedimentation-laboratory/watershed-physical-processes-research/docs/revised-universal-soil-loss-equation-rusle-welcome-to-rusle-1-and-rusle-2/>; cf. bijv. Meylemans 2009.

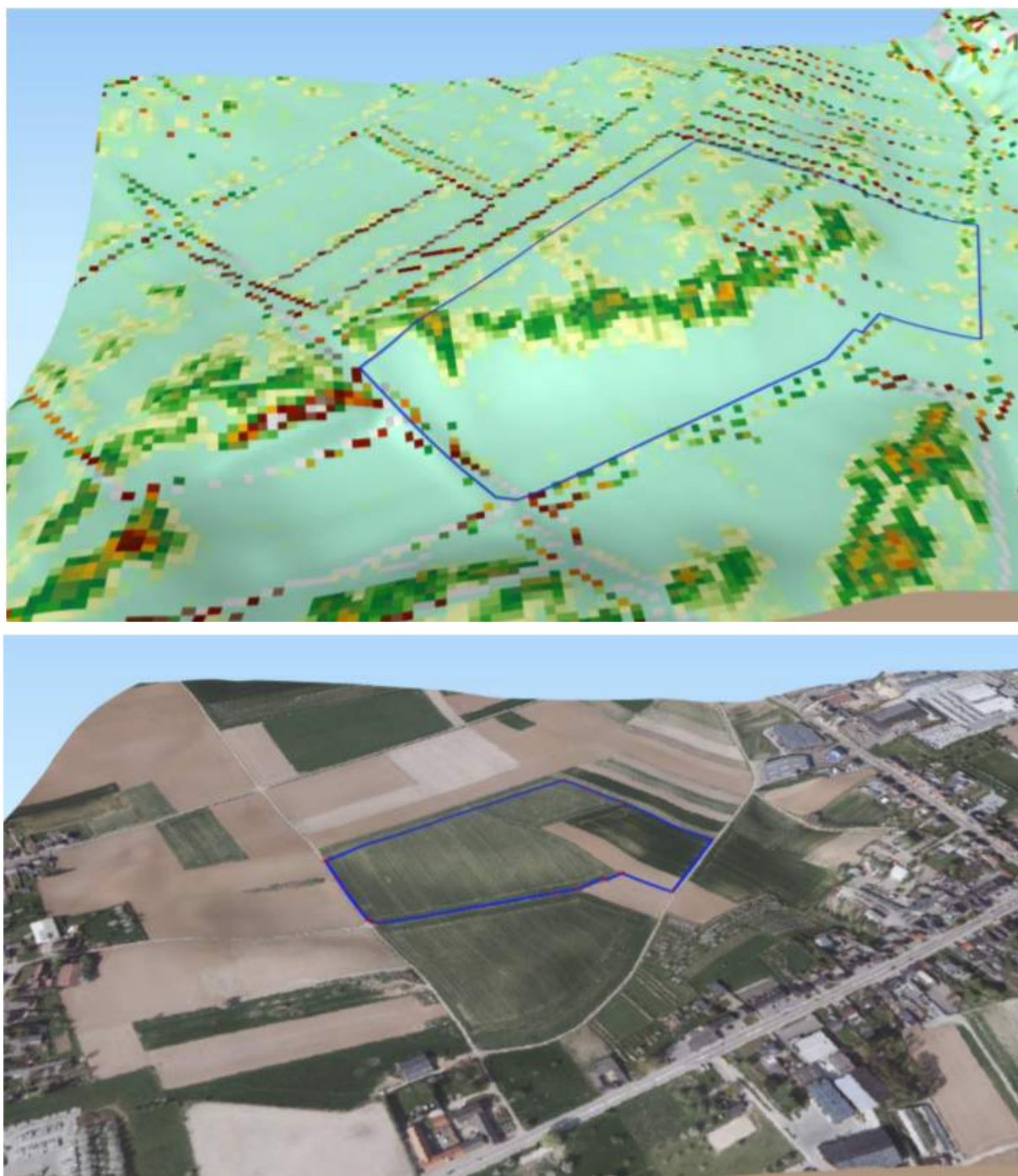


Fig. 15: 3D weergave van Bandkeramische site van de 'Sieberg' met bewerkingserosiemodel (KULeuven 2006) en recente orthofoto. De zones met lichtere bodemverkleuringen stemmen overeen met de zones met gemodelleerde hoge potentiële bewerkingserosie.

2.3 HET BEPALEN VAN EEN ARCHEOLOGISCHE VERWACHTING TEN AANZIEN VAN STEENTIJDSTES

2.3.1 Archeologie van prehistorische jager-verzamelaars: enkele algemene bedenkingen

Mede door de grote tijdsdiepte van de periode is het archeologisch onderzoek van de steentijd complex. Doorheen deze lange periode veranderden niet alleen de 'menselijke' aspecten zoals economische en sociale organisatie, maar ook het landschap en milieu in soms ingrijpende wijze. En al deze aspecten: landschap, milieu, materiële cultuur, economie, religie, enz. zijn uiteraard enkel te begrijpen binnen hun continue onderlinge dynamiek. Om dit enigszins schematisch voor te stellen kunnen we teruggrijpen naar het schema van Clarke (Fig. 16), dat op zijn beurt als basis kan dienen voor de ordening van archeologische vraagstellingen⁵⁹. Bij toepassing op het onderzoek van prehistorische jager-verzamelaarsgemeenschappen kunnen we dit onderverdelen in een groot aantal subthema's, bijvoorbeeld: de exploitatie en het gebruik van bepaalde grondstoffen (bijv. bepaalde vuursteensoorten); economische aspecten (handel, uitwisseling, ...); mobiliteit; enz.

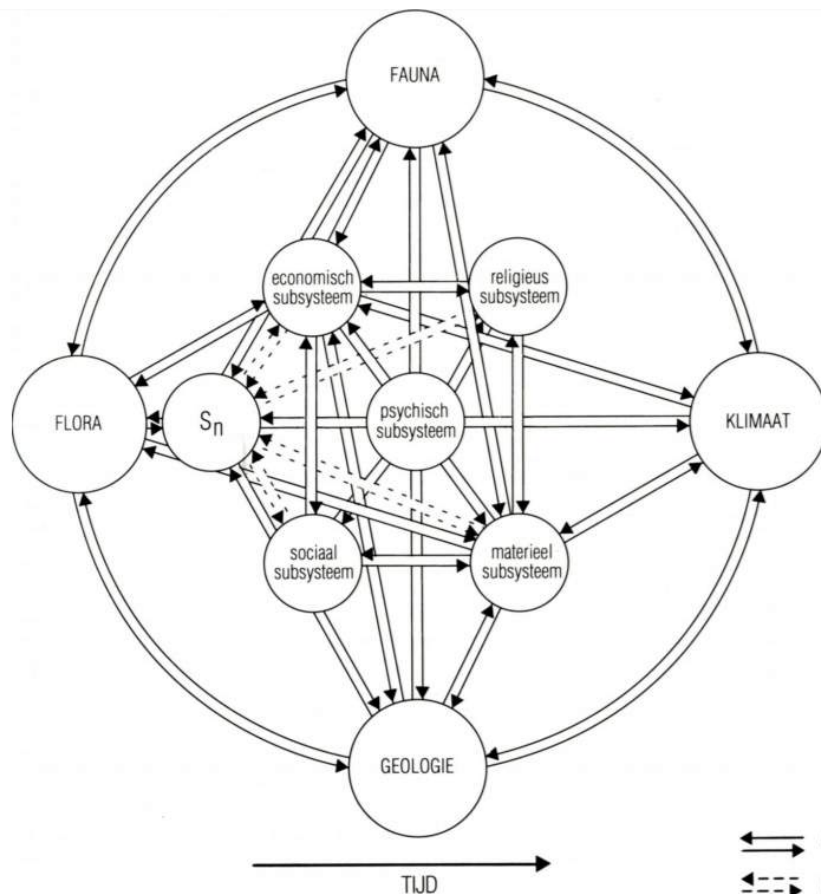


Fig. 16: Model van Clarke (1963)⁶⁰, naar een bewerking door Bloemers & Van Dorp 1991.

⁵⁹ Cf. Ervynck *et al.* 2016.

⁶⁰ Clarke 1978.

Het archeologisch archief van de prehistorische jager-verzamelaarsgemeenschappen is bovendien in zeer sterke mate bepaald door de partiële bewaring van sites en vondstcategorieën, lacunes in het onderzoek, moeilijkheden tot chronologisch houvast, enz. Voor de interpretatie van archeologische sites en vondsten wordt daarom dikwijls teruggesproken naar antropologische studies en dus etnografische ‘parallelle’ (*middle range theory*). De literatuur en theorievorming hieromtrent is zeer uitgebreid. Eén van artikels die als klassieker van het genre wordt beschouwd is Lewis Binford’s artikel ‘*Willow smoke and dogs’ tails*’⁶¹, dat modellen van landgebruik opbouwt op basis van etnografische studies van verschillende jager-verzamelaars maatschappijen, rekening houdend met nederzettingsspatronen, mobiliteit, grondstof- en voedselverwerking, enz. (Fig. 17). Van dergelijke modellen zijn uiteraard vele varianten mogelijk, afhankelijk van de gebruikte theoretische achtergrond, en van de periode of samenleving dat het onderwerp is van de studie⁶². Dergelijke modellen tonen alvast aan dat het archeologisch archief meer is dan een verzameling ‘*hotspots*’ (sites, meestal de ‘nederzettingen’), en de neerslag vormt van een continuüm van verschillende soorten activiteiten (Fig. 18) die zich in het hele landschap afspeelden⁶³. Aspecten als mobiliteit, het verkrijgen van ‘grondstoffen’ (bijv. vuursteen), seizoenaliteit, enz. spelen hierin steeds een zekere rol⁶⁴.

Voor een goed begrip van hoe prehistorische gemeenschappen zich in het landschap organiseerden en hoe ze dat landschap beleefden, zijn in ieder geval dus niet alleen de ‘sites’ (bewoningsplaatsen, activiteitenzones met een hoge densiteit aan vondsten, langdurig of kortstondig bezochte plaatsen⁶⁵) van belang, maar evengoed de archeologisch vaak minder vatbare *off site*-fenomenen⁶⁶. Daarbij is de landschappelijke context (geomorfologie, bodem, ...) uiteraard steeds van groot belang.

Dergelijke modellen kunnen dienen als een basis voor interpretatie en studie van de archeologische gegevens, maar o.a. etnografische studies leren ons dat ook deze modellen de complexiteit van jager-verzamelaarsgemeenschappen uiteraard in sterke mate vereenvoudigen⁶⁷. Ook in het verleden speelden aspecten van territorialiteit, religie, conflict, enz. ongetwijfeld een belangrijke rol⁶⁸. De archeologische neerslag van dergelijke aspecten zullen zich dikwijls buiten de *scope* bevinden van de klassieke ‘verwachting’ (zie 2.3.2), maar zijn net daarom uitermate interessant. Daarentegen bevat het archeologisch archief wellicht niet het potentieel om dergelijke aspecten ooit ten volle of zelfs ten dele te doorgronden. Antropologische studies en verslagen van (tot recent) bestaande jager-verzamelaarsgroepen zijn meestal gebaseerd op tientallen jaren van intensief veldwerk en persoonlijke contacten, en pretenderen zelfs dan nog niet om geheel te kunnen doordringen in hun geesteswereld. Op basis van de duizenden jaren oude schaarse en geërodeerde overblijfselen kan de archeologie dan ook onmogelijk dergelijke mate van kennis verwerven, maar het moet uiteraard wel de ambitie van het vakgebied zijn om dit inzicht ‘in zoverre mogelijk’ te realiseren. Nieuwe onderzoekstechnieken, zoals DNA en isotopenonderzoek, of doorgedreven onderzoeken op lithisch materiaal (herkomstbepaling, functioneel onderzoek, ...) kunnen hier op termijn in belangrijke mate aan bijdragen.

⁶¹ Binford 1980.

⁶² Bijv. Sassaman 2004.

⁶³ Cf. ook Ebert 1992.

⁶⁴ Cf. bijv. Crombé *et al.* 2015.

⁶⁵ *Ibid.*

⁶⁶ Cf. bijv. Prummel & Niekus 2011 voor een ‘*kill site*’ van een oerrund.

⁶⁷ Het is hier niet de plaats om hier al te diep op in te gaan, maar voor een bespreking hiervan cf. bijv. Preston & Kador 2018.

⁶⁸ Cf. bijv. Diamond 2013.

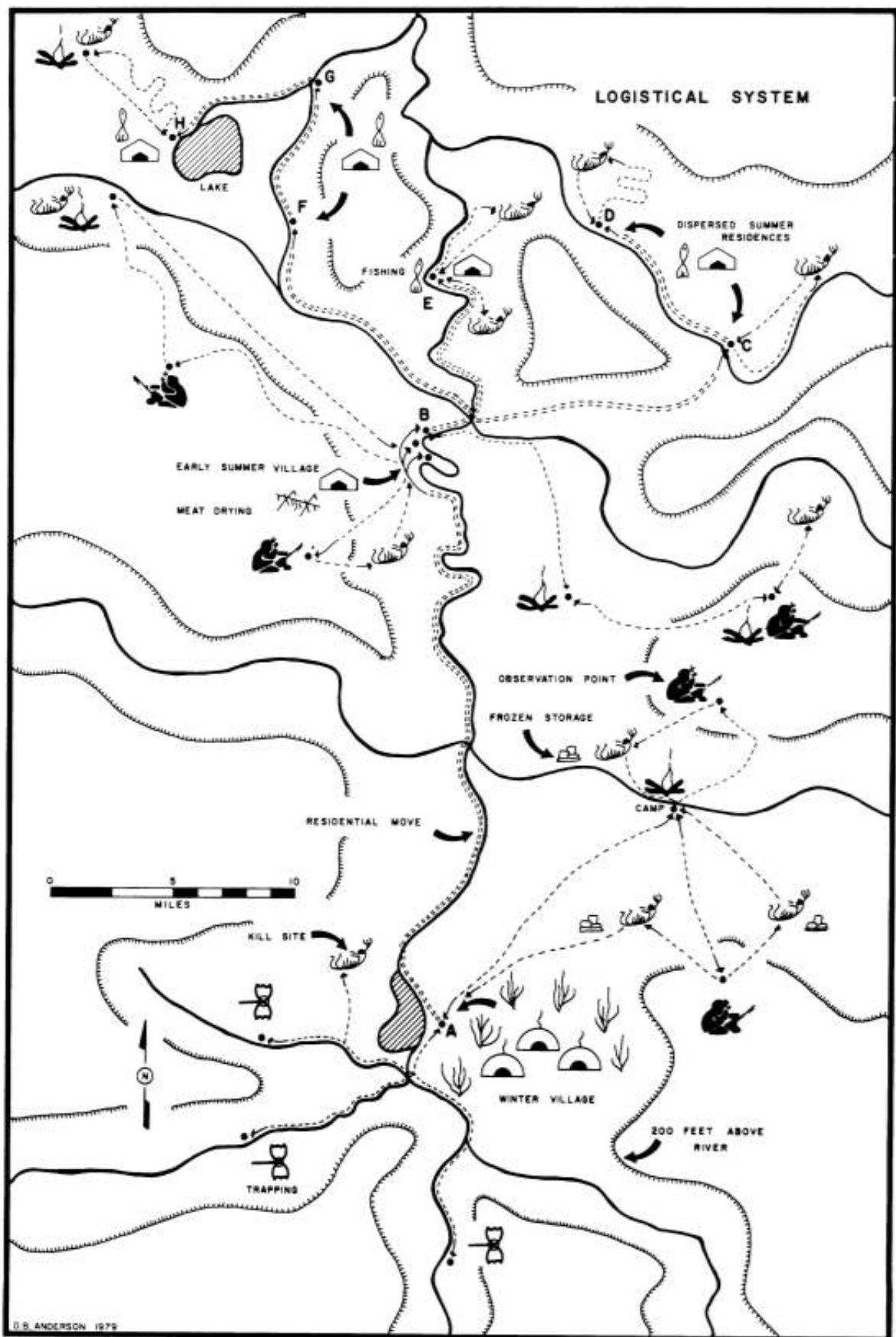


Fig. 17: Binford 1980: voorbeeld van een 'model' van nederzettings- en activiteitensysteem van jager-verzamelaarsamenlevingen.



Fig. 18: Enkele voorbeelden van verschillende jager-verzamelaarsactiviteiten, allen met een diverse archeologische 'afdruk'.
 Links boven: reconstructie van een mesolithisch landschap en hut (Ierland)⁶⁹.
 Rechts boven: jacht met pijl en boog bij de San⁷⁰.
 Links onder: vuur maken bij de San⁷¹.
 Rechts onder: woonplaats van de Bayaka in het Dzanga Sangha Ndoki reservaat (Centraal Afrikaanse Republiek)⁷².

⁶⁹ GNU Free Documentation, CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, via Wikimedia Commons.

⁷⁰ Andy Maano, CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, via Wikimedia Commons.

⁷¹ Ian Sewell, CC BY-SA 2.5 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5>, via Wikimedia Commons.

⁷² JMGRACIA100, CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, via Wikimedia Commons.

2.3.2 Verwachtingsmodellen

Traditioneel, en vooral sinds de opkomst van de ‘processuele archeologie’ (toen ook ‘*New Archaeology*’ genoemd) in de jaren 1970 en 1980⁷³, wordt de aanwezigheid van jager-verzamelaarssites, vooral in de zin van ‘bewoningsplaatsen’, sterk gelieerd aan ecologische parameters. Daarbij worden de zones waar mogelijk een hoge dichtheid en diversiteit aan voedsel- of andere bronnen aanwezig was, uitgelicht als potentiële *hotspots* voor de aanwezigheid van steentijdsites. Doorgaans zijn dit gebieden in ecologische gradiëntzones⁷⁴, vooral droge zones gelegen vlakbij water (rivier, ven, meer, ...). Heel dikwijls wordt de afstand tot open water hierbij vernoemd als een zeer bepalende factor. Vooral in de Nederlandse en Amerikaanse archeologie worden naar dergelijke modellen soms verwachtingskaarten opgemaakt, die gebruikt worden in kader van beleid en beheer⁷⁵.

Dergelijke modellen werden ook in Vlaanderen sporadisch toegepast, bijvoorbeeld in het kader van ruilverkavelingsprojecten⁷⁶. De modellen worden inductief (op basis van statistische GIS-modellering van de landschappelijke en archeologische data) of deductief (op basis van aannames van jager-verzamelaarsgedrag en het landschap) opgebouwd. De betere modellen gebruiken een combinatie van beide methodes⁷⁷ (bijv. Fig. 19), maar geven tegelijk de gebreken van dergelijke modellen aan⁷⁸, zoals gebrekkige resolutie en aard van de voorradige landschappelijke data, en schaarsheid van de archeologische gegevens.

Archeologisch onderzoek in Vlaanderen bevestigt wel degelijk het bestaan van bepaalde ecologische niches waar duidelijk meer prehistorische menselijke activiteit was, of ten minste de prehistorische mens veel meer artefacten heeft achtergelaten. Hoger gelegen ruggen langs vennen en waterlopen in de Zandstreek en Kempen⁷⁹, ruggen in en nabij het paleomeer van de Moervaartdepressie⁸⁰, en duinen en kronkelwaardruggen in de Scheldevallei⁸¹ (Fig. 20) zijn voorbeelden van dergelijke (paleo)landschappelijke situaties. Enkele van dergelijke gebieden werden tot op heden dan ook beschermd als *Archeologische Site*⁸², of vastgesteld als *Archeologische Zone*⁸³.

Binnen deze gebieden zijn er bovendien dikwijls zones die ofwel gedurende lange tijd, ofwel op verschillende momenten, in de prehistorie gefrekwenteerd werden, in de literatuur vaak gekarakteriseerd als *persistent places*. Bij gebrek aan sedimentatie tussen verschillende

⁷³ Cf. bijv. Kushner 1970.

⁷⁴ In de rapporten van de preventieve archeologie wordt de term ‘gradiëntzones’ vrij dikwijls gebruikt bij het bepalen van een ‘verwachting’ t.a.v. steentijdarcheologie. Zeer frequent wordt hiermee echter een gradiënt in het reliëf bedoeld, i.t.t. de ecologische gradiënt.

⁷⁵ Cf. bijv. Deeben *et al.* 2002.

⁷⁶ Bijv. Roijmans & De Decker 2001.

⁷⁷ Bijv. Finke *et al.* 2008.

⁷⁸ Finke *et al.* 2008; Vanacker *et al.* 2001.

⁷⁹ Van Gils & De Bie 2006; Van Gils *et al.* 2012.

⁸⁰ Cf. bijv. Crombé *et al.* 2013a.

⁸¹ Bats 2007; Crombé 2006; Meylemans *et al.* 2013.

⁸² De Liereman: <https://id.erfgoed.net/aanduidingsobjecten/4427>; Zennegat:

<https://id.erfgoed.net/aanduidingsobjecten/4439>; Bergenmeersen: <https://id.erfgoed.net/aanduidingsobjecten/15052>.

⁸³ Vrasenepolder: <https://id.erfgoed.net/aanduidingsobjecten/14756>; Moervaart:

<https://id.erfgoed.net/aanduidingsobjecten/14753>; Nijlen-Varenheuveld:

<https://id.erfgoed.net/aanduidingsobjecten/14751>; Demervallei: <https://id.erfgoed.net/aanduidingsobjecten/14749>;

Wingevalei: <https://id.erfgoed.net/aanduidingsobjecten/14750>; Scheldevallei bij Welden:

<https://id.erfgoed.net/aanduidingsobjecten/14754>.

occupatiemomenten is de archeologische neerslag hiervan een lappendeken van overlappende structuren, een *palimpsest*, met een hoge densiteit aan artefacten tot gevolg⁸⁴.

Dit patroon varieert echter sterk van regio tot regio. Met de wisselende karakteristieken van het lokale landschap varieerden immers de voorkeurslocaties van de prehistorische mens. Voor de Kempen en Zandstreek, en in toenemende mate ook voor de (Schelde)polders en riviergebonden alluviale zones, bieden de beschikbare archeologische gegevens een relatief goed inzicht in de geomorfologische en ecologische eigenschappen van deze *persistent places*. In andere regio's, zoals de leemstreek, is dit nog veel minder het geval.

Voor elke regio is bovendien de kennis van het (toenmalige) landschap van groot belang. Het juiste landschappelijke schaalniveau moet gehanteerd worden, en er moet enige marge genomen worden bij het landschappelijk onderzoek (de aanwezigheid van paleobodems is bijvoorbeeld moeilijk voorspelbaar). Dit bespreken we verder per archeoregio.

De bestaande voorspellingsmodellen gaan vooral over zones met een hoge densiteit aan prehistorische activiteit en artefacten. Veel prehistorische activiteiten hebben echter een veel geringere archeologische afdruk nagelaten (zie 2.3.1). De variatie kan hierbij zeer groot zijn: kleine sites op eerder atypische locaties, geïsoleerde artefactenconcentraties, lage densiteitsspreidingen van artefacten, enz.⁸⁵. Deze kleine en/of lage densiteit sites kunnen getuigen van andere activiteiten dan plaatsvonden op de hoge densiteit *persistent places*. Bovendien vertegenwoordigen ze waarschijnlijk een groot deel van de bestaande vindplaatsen. Dit is echter nauwelijks gekend omdat het meeste archeologisch onderzoek tot heden gefocust was op de 'rijke' *persistent places*. Dat betekent dat we nog zeer veel kunnen leren van onderzoek op kleine en/of weinig dense steentijdsites. Waar de bewaringsomstandigheden het toelaten moet bovendien rekening worden gehouden met de aanwezigheid van relatief zeldzame artefactcategorieën (bijv. bot).

Elk preventief vooronderzoek vertrekt daarom best van de premisse dat er steeds steentijdsites aanwezig kunnen zijn. Het (al te rigide) hanteren van voorspellingsmodellen houdt immers het gevaar in van cirkelredeneringen en '*Self fulfilling prophecies*'. M.a.w. het is goed om vanuit een zeker 'model' en verwachtingspatroon te redeneren en onderzoeksstrategieën op te bouwen, maar het model zelf moet steeds met de nodige kritische zin benaderd worden, en in feite steeds in vraag worden gesteld.

Recent werd middels een syntheseonderzoek een doorlichting gemaakt van dergelijke selectiecriteria gebruikt in de preventieve archeologie in Vlaanderen voor het bepalen of er al dan niet ingezet werd op specifiek onderzoek naar de aanwezigheid van steentijdsites. Op basis van deze doorlichting wordt in deze studie een afwegingskader in de vorm van een tabel voorgesteld, waarbij in essentie wordt afgeraden om niet objectief meetbare aannames omtrent 'verwachting' te gebruiken (bijv. de invloed van afstand tot water, hellingsoriëntatie, enz.)⁸⁶.

De huidige methodiek om steentijd artefactensites op te sporen heeft daarnaast ook zijn beperkingen. Archeologische boringen nemen slechts een relatief laag volume aan monsters en zijn daardoor enkel geschikt om op betrouwbare wijze sites op te sporen met een hoge vondstdensiteit. Ook kleine sites die uit slechts één of enkele artefactconcentraties bestaan worden gemakkelijk gemist (zie 4.2.2.3). In gebieden waar geen verwachting is voor steentijdsites met een hoge densiteit aan vondsten wordt daarom geargumenteed dat de inzet van archeologische boringen doorgaans niet nuttig zal zijn.

⁸⁴ Cf. bijv. de site van Bazel-Sluis, met verschillende fasen van occupatie gedurende een periode van meer dan 1000 jaar: Meylemans *et al.* 2016; <https://id.erfgoed.net/waarnemingen/159228>.

⁸⁵ Cf. bijv. Meylemans *et al.* 2021.

⁸⁶ Vanbaele *et al.* 2022; tabel p. 97.

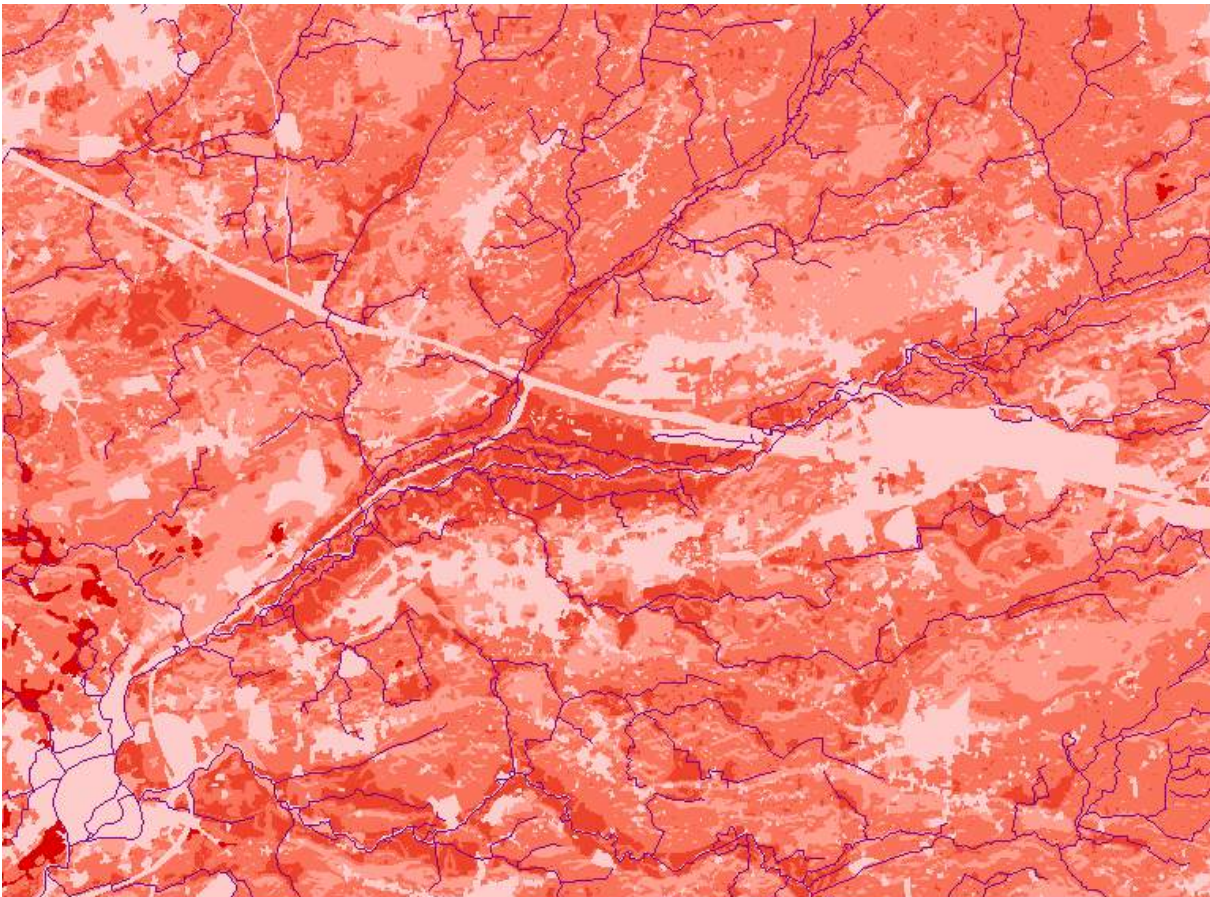


Fig. 19: Predictief model voor de aanwezigheid van steentijdsites, voor een regio in de Antwerpse Kempen (hoe donkerder, hoe hoger de verwachting), op basis van een combinatie van deductieve en inductieve modellering, en Bayesiaanse statistiek⁸⁷.



Fig. 20: Een 'voorkeurslocatie' in beeld gebracht naar aanleiding van de site Bazel-Sluis: een reconstructie van een nederzittingslocatie met 'droge voeten' in een rijke ecologische niche langs een rivier. Copyright afbeelding: agentschap Onroerend Erfgoed; realisatie: Ulco Glimmerveen.

⁸⁷ Finke *et al.* 2008.

2.4 OVERZICHT PER ARCHEOREGIO

2.4.1 Inleiding

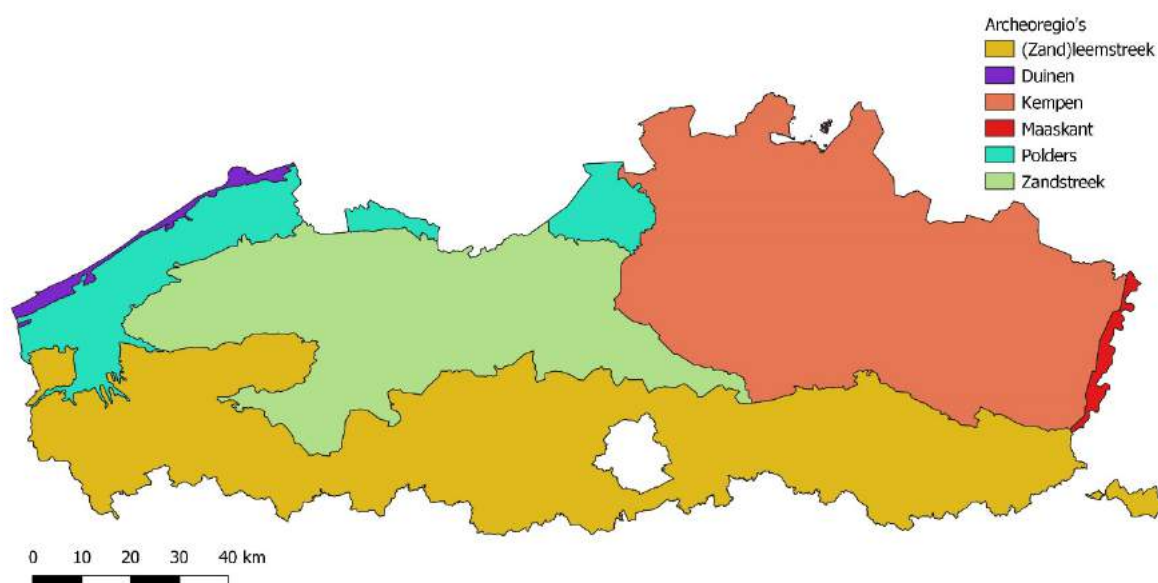


Fig. 21: Afbakening van de diverse archeoregio's zoals deze werd opgemaakt in functie van de 'Onderzoeksbalans archeologie'

Dit hoofdstuk biedt voor elke archeoregio een beknopt overzicht van de gekende steentijdarcheologie⁹¹, en van de relevante geomorfologie en bodems. Deze informatie vormt de beschikbare informatie voor het opmaken van een archeologische verwachting. Voor sommige archeoregio's treden we in meer detail, bijvoorbeeld aan de hand van verder uitgewerkte voorbeelden van deelregio's. Deze fungeren ter illustratie van de complexiteit van landschappen en hun evolutie doorheen de tijd.

De opdeling in 'archeoregio's' werd in eerste instantie opgemaakt voor de opmaak van de eerste versie van de onderzoeksbalans archeologie in 2008⁹². Omdat de aard van het pleistocene-holocene 'dek' en de daarmee gepaard gaande variabiliteit aan bodemontwikkeling en processen van erosie-sedimentatie een belangrijke rol spelen, werden de 'archeoregio's' in grote mate geënt op de bodemkundige regio's van Vlaanderen, hetzij enigszins vereenvoudigd⁹³. Logischerwijze vertoont de opdeling van de archeoregio's ook grote overeenkomsten met de opdeling van Vlaanderen in 'ecoregio's'⁹⁴ en landbouwkundige streken⁹⁵. Zo werden de volgende regio's afgebakend: De Duinen (duinengordel langs de kust); de Poldergebieden (mariene en Scheldepolders); de Zandstreek; de Kempen; De Zandleem- en Leemstreek; en de Maasterrassen. Met het Belgische gedeelte van de Noordzee voegen we een zevende archeoregio toe (Fig. 21).

⁹¹ Zie hiervoor ook de onderzoeksbalans: Ryssaert *et al.* 2021; Noens *et al.* 2021; Vanmontfort 2019.

⁹² <https://www.onroerenderfgoed.be/onderzoeksbalans-archeologie>

⁹³ Referentie naar bron bodemkundige regio's.

⁹⁴ Couvreur *et al.* 2004.

⁹⁵ <https://lv.vlaanderen.be/nl/voorlichting-info/feiten-cijfers/landbouwstreken-belgie>.

2.4.1 Het dekzandgebied (archeoregio's Kempen en Zandstreek)

De archeoregio's Kempen en Zandstreek worden hier samen besproken omdat ze voor de finaalpaleolithische en mesolithische archeologie een gelijkaardige situatie bieden, namelijk deel uitmaken van het uitgestrekte Noordwest-Europese dekzandgebied. Deze archeoregio's worden in Vlaanderen begrensd door de mariene en Scheldepolders in het westen en noordwesten, het zandleemgebied in het zuiden, en de Maasvallei in het oosten (Fig. 22). Zoals al werd gesteld in de inleiding over de archeoregio's loopt het dekzandgebied in feite nog door in de archeoregio van de Polders, waar de dekzanden echter ofwel worden afgedekt door jongere sedimenten (klei, veen, enz.), ofwel werden geërodeerd door holocene mariene en fluviatiele invloeden.

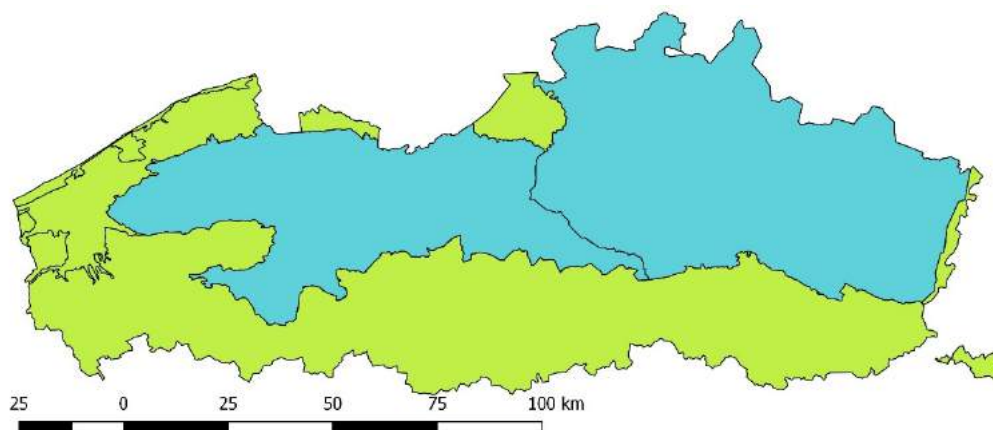


Fig. 22: Afbakening van de archeoregio's Kempen en Zandstreek (blauw).

2.4.1.1 Een beknopt overzicht van de archeologische kennis

De spreidingskaart van gekende finaalpaleolithische en mesolithische vindplaatsen in Vlaanderen toont in de eerste plaats aan dat het overgrote deel hiervan zich in het dekzandgebied bevindt (Fig. 23). De spreiding hierbinnen is echter niet gelijkmatig. Een aantal concentraties aan vindplaatsen tekenen zich af, terwijl in andere gebieden nog geen vindplaatsen gekend zijn. De sites met een datering 'steentijd-onbepaald' (doorgaans prospectievondsten of zgn. 'bijvondsten' bij proefsleuven of opgravingen, bestaande uit een klein aantal lithische artefacten zonder overtuigende chronologisch-diagnostische kenmerken) volgt grofweg dit patroon.

Dit spreidingspatroon van gekende vindplaatsen is uiteraard geen reflectie van de archeologische realiteit, maar weerspiegelt voornamelijk enerzijds de historie van het onderzoek, en anderzijds de 'zichtbaarheid' van de sites (bijv. door de aanwezigheid van afdekkingen door o.a. alluvium). Voor een algemeen overzicht van het steentijdonderzoek in deze regio's verwijzen we eveneens naar de stand van zaken zoals deze werd geschetst in de 'Onderzoeksbalans Archeologie'⁹⁶. We beperken ons hier tot een beknopt overzicht van de belangrijkste trends.

⁹⁶ Ryssaert *et al.* 2021; Noens *et al.* 2021.

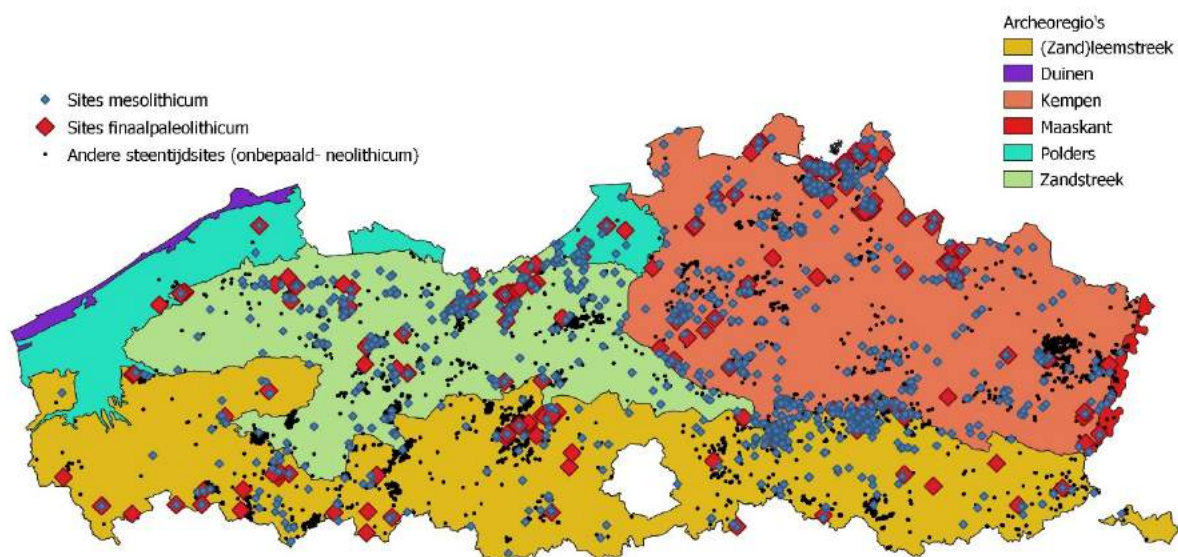


Fig. 23: Gekende vondsten en sites van het fiaalpaleolithicum, mesolithicum en andere steentijdsites in Vlaanderen op basis van de CAI (geraadpleegd op 23-03-2022).

De eerste Kempense jagers-verzamelaarsvindplaatsen werden kort na 1900 beschreven. Deze trokken in de volgende decennia de eerste professionele onderzoekers aan, in de eerste plaats J. Hamal-Nandrin uit Luik. Hij voerde de eerste opgravingen uit te Zonhoven en Lommel⁹⁷.

Vanaf de jaren 1960 startte de KU Leuven in de regio van de Kempen systematisch onderzoek door de opgraving van een reeks fiaalpaleolithische en mesolithische vindplaatsen, zoals o.a. Opglabbeek-Ruiterskuilen, Meer-Meirberg, Weelde-Paardsdrank, Zonhoven-Molenheide, Meeuwen-In Den Damp, Lommel-Vosvijvers, Helchteren-Sonisse Heide, Opgrimbie-Onder de Berg en Opgrimbie-De Zijp⁹⁸. Ook de site Oosthoven-Heide paste in deze onderzoekstraditie en blijft tot heden de enige opgegraven middenpaleolithische site in het dekzandgebied⁹⁹. De meeste van deze sites werden door amateurarcheologen aangedragen. De gedetailleerde analyse van de fiaalpaleolithische site Meer-Meirberg¹⁰⁰ bleef voor twee decennia een internationaal voorbeeld voor het combineren van ruimtelijke analyse en gebruikssporenonderzoek, tot een nog rigoureuze analyse van een site te Rekem het in 2000 oversteeg.

Vanaf de jaren 1990 werd eveneens een aantal karterings- en opgravingsprojecten uitgevoerd in het kader van ruilverkavelingen, bijvoorbeeld te Weelde¹⁰¹, Merksplas¹⁰², en Herenthout-Bouwel¹⁰³. Deze projecten verklaren een aantal clusters van gekende sites.

⁹⁷ Servais *et al.* 1912; Verheyleweghen 1956.

⁹⁸ Verwijzingen naar opgravingen Vermeersch, Gobb, enz.

⁹⁹ Van Peer & Verbeek 1994.

¹⁰⁰ Van Noten 1967; 1975; 1978.

¹⁰¹ Verbeek 1999.

¹⁰² Roijmans & De Decker 2001; Depraetere *et al.* 2006.

¹⁰³ Heirbaut *et al.* 2004.

Een aantal andere clusters aan vondsten komen voort uit het project 'Archeologische Inventaris Vlaanderen', in het kader waarvan aan de Universiteit Gent een groot aantal zogenaamde 'prospectiethesissen' werd opgemaakt, meestal per gemeente¹⁰⁴.

Een groot aantal sites is eveneens afkomstig van prospectie door amateurarcheologen. Voornamelijk vanaf de jaren 1980 werd een aantal amateurcollecties systematisch geregistreerd¹⁰⁵. Een bijzonder rijke collectie is deze van de heren De Meireleir & De Bock, die een groot aantal prehistorische sites hebben gelokaliseerd in de regio van het Waasland¹⁰⁶. In de Zandstreek werd een groot aantal collecties van amateurarcheologen geïnventariseerd door projecten aan de Universiteit Gent¹⁰⁷. Hierin zijn een aantal opvallende regionale clusters te bemerken, bijvoorbeeld de zone van de Moervaartdepressie, de randen van de vallei van De Kale, en de dekzandrug Maldegem-Stekene. Deze systematische inventarisatie leidde eveneens tot een beperkt aantal opgravingen¹⁰⁸.

In 1999 en 2000 werden te Meer-Meirberg en Bocholt-Smeethof de eerste systematische evaluatieonderzoeken met archeologische boringen uitgevoerd in de Kempen¹⁰⁹. Dit leidde tot een onderzoeksproject¹¹⁰, met als doel het systematisch verkennen van voornamelijk duinruggen met een goede bodemkundige bewaring. Hierbij werden verschillende sites aangetroffen, afgebakend en geëvalueerd naar bewaringstoestand¹¹¹.

Eén van deze evaluaties vond plaats in het uitgestrekte duinmassief van Landschap De Liereman¹¹². Dit leverde een groot aantal vindplaatsen op, ten dele in associatie met de laatglaciale Usselobodem (zie 2.4.1.3.4), en leidde tot een bescherming als archeologische site¹¹³.

Twee andere grootschalige projecten werden in Lommel uitgevoerd: naar aanleiding van de zandwinningen op de Maatheide¹¹⁴, en langs de Molse Nete op het bedrijventerrein Kristalpark¹¹⁵. Op beide vindplaatsen werd een groot aantal vondstenconcentraties onderzocht, waarvan ook een deel in de Usselobodem¹¹⁶. Lommel-Kristalpark wordt momenteel nog verder verkend, waaruit alvast blijkt dat de Usselobodem er over een grote oppervlakte aanwezig is¹¹⁷.

¹⁰⁴ Bijv. Bungeneers 1986.

¹⁰⁵ Cf. bijv. Creemers 1985, Geerts 1981, Heirbaut 1999, Maes 1983, Meylemans 2014; Meylemans & Dils 2014, Swiggers 1986.

¹⁰⁶ De Meireleir & De Bock 2004.

¹⁰⁷ Bijv. Vanmoerkerke 1982a; Van Vlaenderen *et al.* 2006.

¹⁰⁸ Bijv. Crombé 1989.

¹⁰⁹ De Bie 2000a; 2000b.

¹¹⁰ Van Gils & De Bie 2006.

¹¹¹ Van Gils *et al.* 2009.

¹¹² Vanmontfort *et al.* 2010a.

¹¹³ 'Finaalpaleolithisch en mesolithisch complex De Liereman':
<https://inventaris.onroerenderfgoed.be/erfgoedobjecten/140136>

¹¹⁴ De Bie *et al.* 2009; Van Gils & De Bie 2004; 2005.

¹¹⁵ Van Neste *et al.* 2009; Vanmontfort *et al.* 2010b; Maes *et al.* 2011; Maes *et al.* 2012.

¹¹⁶ Van Neste *et al.* 2009.

¹¹⁷ Van der Waa *et al.* 2021.

2.4.1.2 Quartairgeologische en geomorfologische aspecten

2.4.1.2.1 Algemeen overzicht

Een belangrijk morfologisch element in het dekzandgebied, en in Vlaanderen in het algemeen, is de aanwezigheid van de Vlaamse vallei, een grote paleovallei die in het middenpleistoceen werd gevormd¹¹⁸. Tijdens de Saale en Weichsel ijstijden werd deze depressie opgevuld met voornamelijk fluviaatle sedimenten. De kern van deze depressie is gelegen ten noorden van Gent, de randen van deze depressie strekken zich verder uit voornamelijk langs huidige riviervalleien, bijvoorbeeld langs de vallei van de Grote Nete tot voorbij Lier. De vorm van deze grote depressie bepaalt dan ook in grote mate de hoofdlijnen van het reliëf van het dekzandgebied en het afwateringspatroon van de grote riviervalleien (Fig. 24). Een nadere bespreking van de Vlaamse vallei volgt in het hoofdstuk waar we het middenpaleolithicum nader onder de loep nemen (zie 2.4.6.2).

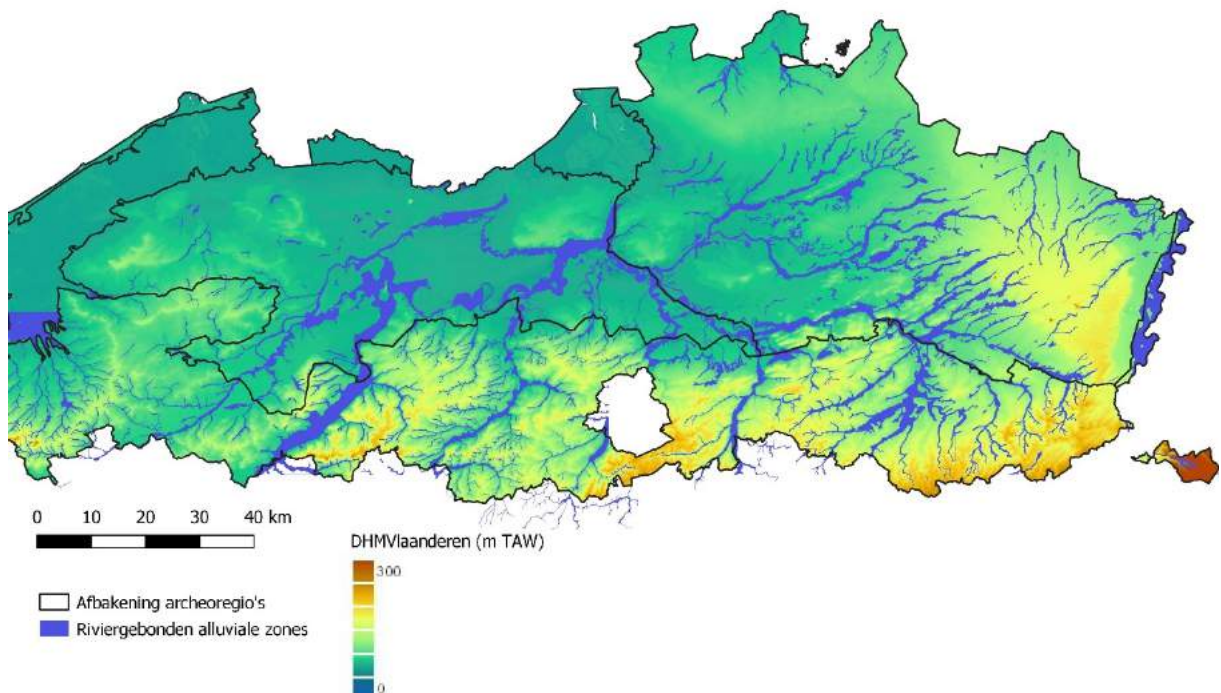


Fig. 24: Afwateringspatroon van het Schelde- en Maasbekken in Vlaanderen geprojecteerd op het DHM Vlaanderen en afbakening van de archeoregio's.

Het gebied kan onderverdeeld worden in twee rivierbekkens. Het Scheldebekken is het omvangrijkst, en omvat o.a. de valleien van de Schelde, Dijle, Demer, Leie, Nete en Zenne. De oppervlakte van het Maasbekken is beperkt in Vlaanderen en omvat een zone in de Noorderkempen en in het noorden en oosten van Limburg.

In de Noorderkempen vormt de zogenaamde 'Kempense cuesta', een opvallende rug die van west naar oost loopt, van Kalmthout tot Arendonk, de waterscheiding tussen deze twee bekken. In Limburg wordt de waterscheiding gevormd door het 'Kempens Plateau'. Dit is een tot 103 m hoog plateau dat in het vroegpleistoceen werd gevormd door grindafzettingen van de Maas¹¹⁹. In het oosten vertoont het een opvallende steilrand naar de terrassen van de Maasvallei.

¹¹⁸ Vermeire *et al.* 1999.

¹¹⁹ Beerten *et al.* 2018.

De evolutie van de riviervalleien buiten beschouwing gelaten (zie 2.4.2), wordt de topografie van het gebied verder voornamelijk bepaald door de afzetting van dekzanden tijdens het pleniglaciaal (oudere dekzanden), en latere periodes van verstuiving, voornamelijk in het laatglaciaal (jongere dekzanden). Vanaf voornamelijk de middeleeuwen komen door de invloed van de mens nieuwe verstuivingen voor (stuifzanden).

////////////////////////////////////

2.4.1.2.2 Dekzanden (pleistoceen)

Het Europese dekzandgebied strekt zich uit van Groot-Brittannië tot voorbij de Pools-Russische grens (Fig. 25). Deze dekzanden werden door windwerking (eolisch) afgezet in de poolwoestijn van het pleniglaciaal (vanaf ca. 28000 BP), met een piek in afzettingen tussen 17000 en 14000 BP¹²⁰. Een jongere belangrijke piek van verstuiwingen volgde in het laatglaciaal, met voornamelijk herwerking van de eerder afgezette dekzanden.

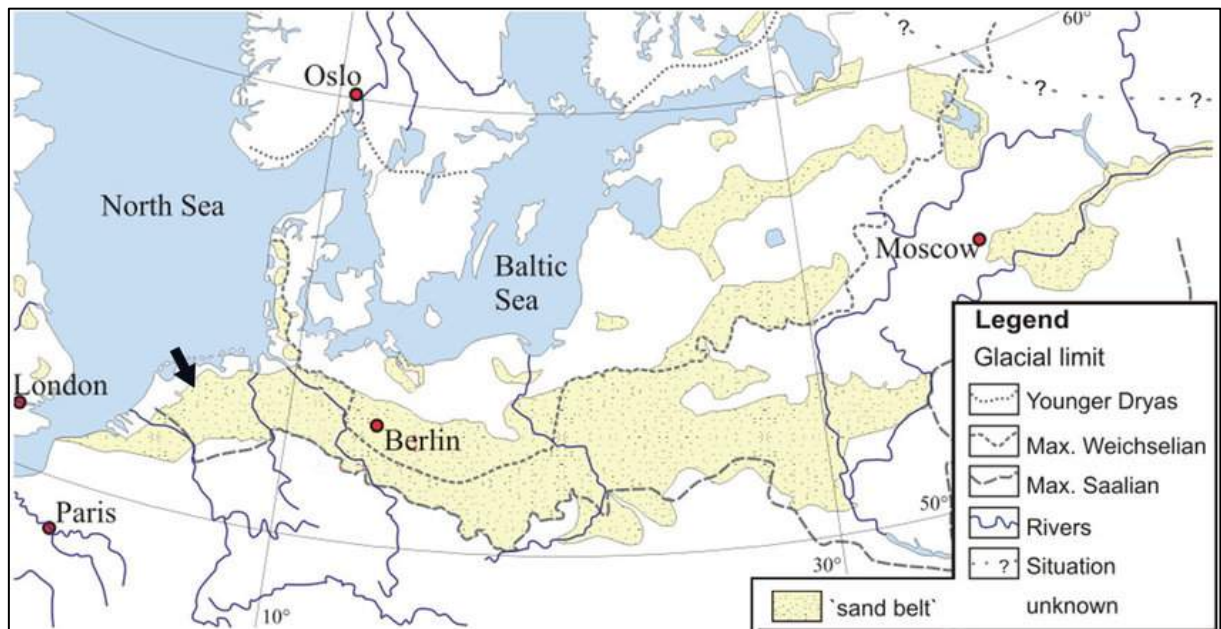


Fig. 25: Algemene spreiding van het dekzandgebied in NW-Europa¹²¹.

De dekzanden zijn in de literatuur gekend onder diverse benamingen. In Nederland werd in het verleden gesproken van het 'Ouder' en 'Jonger' dekzand, waarbij deze laatste term gebruikt wordt voor de afzettingen uit het laatglaciaal (zie 2.4.1.2.3). Zo identificeert Kasse¹²² bijvoorbeeld Ouder dekzand I & II (pleniglaciaal dekzanden), en Jonger Dekzand I & II (laatglaciaal dekzanden). Tegenwoordig maken de dekzanden in de Nederlandse geologische terminologie lithostratigrafisch deel uit van de '*formatie van Bortel*', meer specifiek het '*Laagpakket van Wierden*', waarbinnen verschillende onderverdelingen kunnen gemaakt worden¹²³. In de Belgische quartairgeologische terminologie wordt het dekzand, dat deel uitmaakt van de '*formatie van Gent*', onderverdeeld in de '*leden van Dilsen, Tisselt en Opgrimbie*'¹²⁴. Naar hun vorm en voorkomen worden de laatglaciaal afzettingen ook wel 'duinzanden' genoemd.

De variatie en chronologie in de afzetting van de dekzanden is complex. Zo toont onderzoek via o.a. OSL dateringen aan de zuidelijke flank van de dekzandrug Maldegem-Stekene dat daar diverse sedimentatiefasen in zijn te herkennen, geïntercaleerd met verschillende organische lagen. Er is eveneens sprake van een deflatiefase gedurende de laatste fasen van het pleniglaciaal, waardoor een '*desert pavement*' ('laag van Beuningen') ontstond, en een belangrijke accumulatie van zanden tijdens

¹²⁰ Cf. Bateman & Van Huissteden 1999.

¹²¹ Groenewoudt 2015.

¹²² Kasse 1997 & 1999.

¹²³ Cf. overzicht in Koopman & Sevink 2016.

¹²⁴ Voor meer details, zie: <https://ncs.naturalsciences.be/quaternary/lithostratigraphy>.

de laatglaciale periode¹²⁵. Onderzoek in de regio van Bree, via diverse dateringsmethodes, identificeerde eveneens afzettingen uit verschillende periodes van verstuing, zowel uit de Saale-ijstijd, het vroeg- en midden-Weichseliaan, het Weichsel-pleniglaciaal, als het laatglaciaal¹²⁶ en holoceen. Ook hier werd de laag van Beuningen vastgesteld. Deze ‘*desert pavement*’ is ontstaan door deflatiefasen, waarbij de fijnere zanden wegwaaiden en een laagje met grovere zanden en kiezels achter bleef. Gewoonlijk wordt deze laag als de grens tussen het Ouder Dekzand I en II beschouwd.

Het ‘Jonger Dekzand’ werd gevormd tijdens het laatglaciaal, en dan vooral in de laatste koude fase van deze periode: de Jonge Dryas. Zoals het onderzoek op de dekzandrug van Maldegem-Stekene en Bree tonen OSL dateringen ook op andere plaatsen deze belangrijke verstuiwingsfase in de Jonge Dryas¹²⁷.

De afzetting van de dekzanden resulteerde in een doorgaans relatief vlakke topografie, waarin echter diverse geomorfologische vormen kunnen herkend worden¹²⁸. We bieden hieronder een beknopt overzicht van de belangrijkste vormen.

Tussen de valleien biedt het dekzandreliëf in het algemeen een vrij vlak, licht glooiend uitzicht, met beperkte hoogteverschillen: de dekzandvlaktes.

Binnen deze dekzandvlaktes komen plaatselijk hoger gelegen dekzandruggen voor, die enkele tientallen tot honderden meters breed zijn, en tot enkele meters hoger gelegen zijn in het landschap (Fig. 26: A). In vele gevallen dragen deze ruggen ‘-donk’ toponiemen, en zijn het vaak zones waarop ook in latere periodes zich nederzettingkernen ontwikkelden. Soms kunnen dergelijke dekzandruggen zeer uitgestrekt zijn of complexen vormen, zoals de reeds vermelde dekzandrug Maldegem-Stekene (Fig. 26: B).

Aan de randen van de laatglaciale valleivloeren (zie 2.4.1.2.3) vertonen de dekzanden dikwijls iets geprononceerdere ruggen (in de literatuur soms ook wel ‘windwallen’ genoemd), zoals o.a. beschreven in de regio Mechelen-Battel-Rumst¹²⁹ (Fig. 27).

De dikte van de dekzanden varieert, zowel door verschillen in afzetting als door latere erosie. Soms zijn ze zelfs afwezig. Op het Kempisch Plateau betekent dit dat de grindrijke vroegpleistocene Maasafzettingen zich vaak op beperkte diepte bevinden, en soms dagzomen. Ook tijdens het laatglaciaal en vroegholoceen was dit soms het geval, waardoor steentijdsites zich ook op een grindrijke bodem konden vormen. Het is hier dus mogelijk dat steentijdsites zich in contexten met veel natuurlijk grind bevinden.

¹²⁵ Derese *et al.* 2010b.

¹²⁶ Frechen *et al.* 2001.

¹²⁷ Bogemans & Vandenberghe 2011.; Derese *et al.* 2012; Kasse 2002.

¹²⁸ Cf. o.a. Berendsen 2004; Haest 1985; Van den Berghe 1977.

¹²⁹ Cf. Gullentops *et al.* 1981.

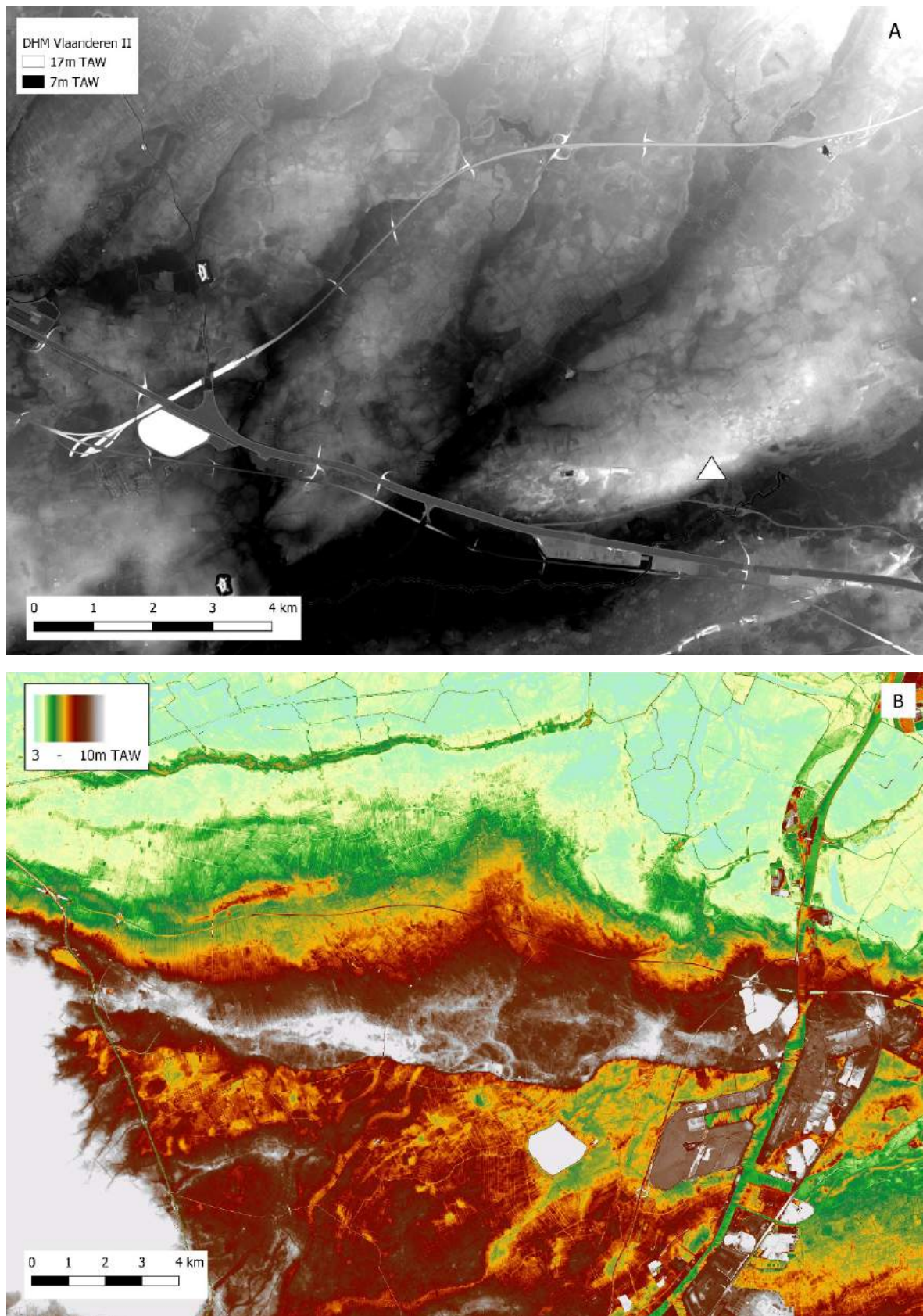


Fig. 26: Voorbeelden van grote dekzandvormen op het DHM Vlaanderen: A) Dekzandvlaktes/ruggen ten noorden van de Nete, en doorsneden door beekvalleien bij Grobbendonk (driehoekje); B: de grote dekzandrug Maldegem-Stekene.

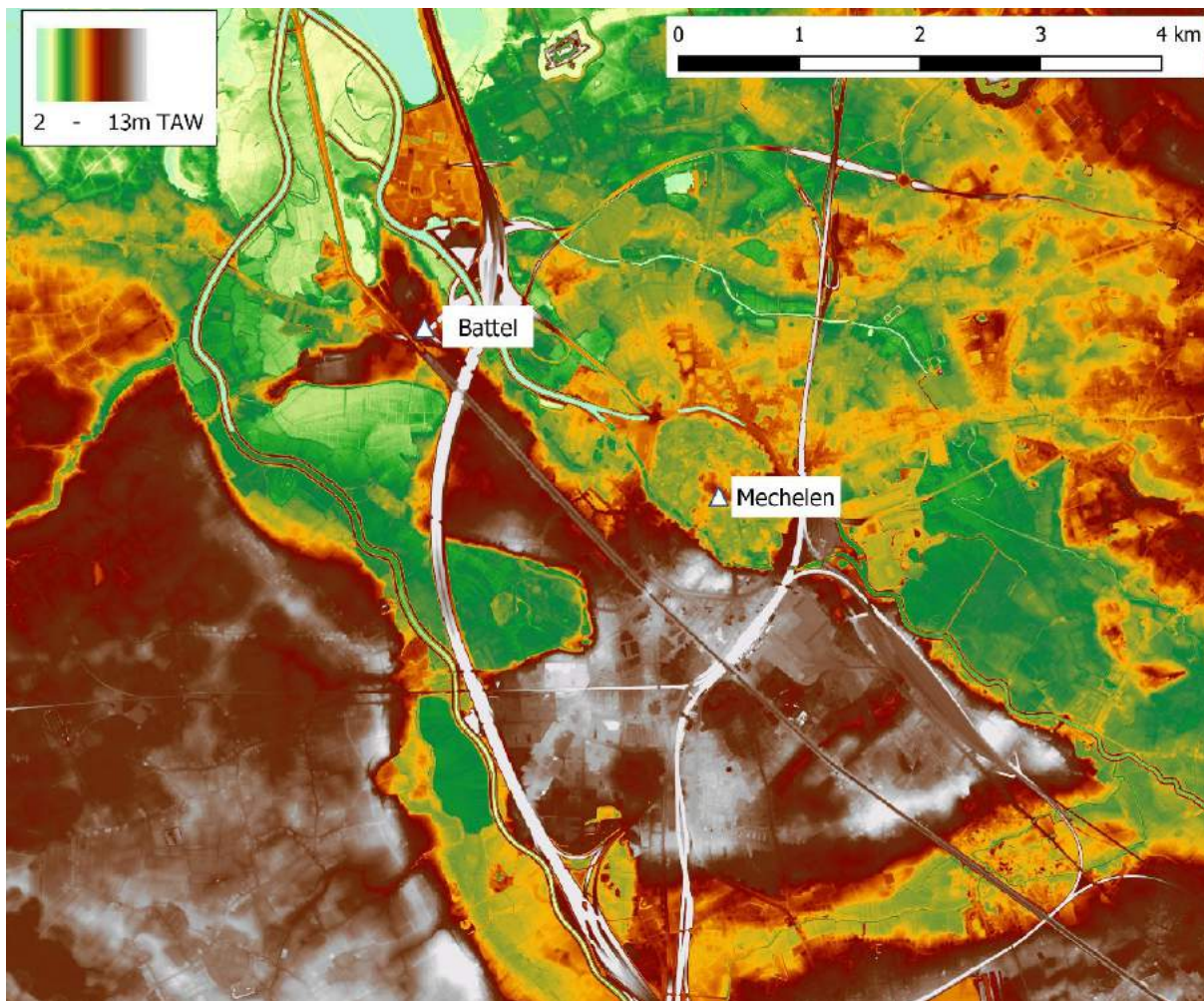


Fig. 27: De regio van Mechelen-Battel op het DHM Vlaanderen, met de laatglaciale valleivloeren duidelijk zichtbaar. De dekzanden die deze valleien omranden vertonen op verschillende plaatsen duidelijke hoger gelegen ruggen.

2.4.1.2.3 Laatglaciale duinen

In het laatglaciaal werden smallere en meer geprononceerde ruggen gevormd door windwerking (het 'Jonger dekzand'). Ze vertonen hetzij langgerekte vormen (in de Nederlandse terminologie soms 'streepduinen' genoemd), hetzij een paraboolvorm ('paraboolduinen'; Fig. 28), maar komen ook in onregelmatige vorm voor (Fig. 29).

Deze duinen bevinden zich veelal ten westen tot noorden van depressies en beekvalleien. De 'opening' van laatglaciale paraboolduinen is steeds min of meer naar het westen gericht. Ze worden dikwijls geassocieerd met paleobodems, o.a. de Usselobodem (zie 2.4.1.3.4) en goed ontwikkelde holocene bodems zoals de podzolbodem.

An aerial photograph showing a landscape with a grid-like pattern of fields or agricultural plots. A prominent road or boundary line runs diagonally from the top left towards the bottom center. The terrain appears to be a mix of dark and light patches, possibly indicating different vegetation or soil types. In the top right corner, there is a scale bar with markings for 0, 250, 500, 750, and 1000 meters.

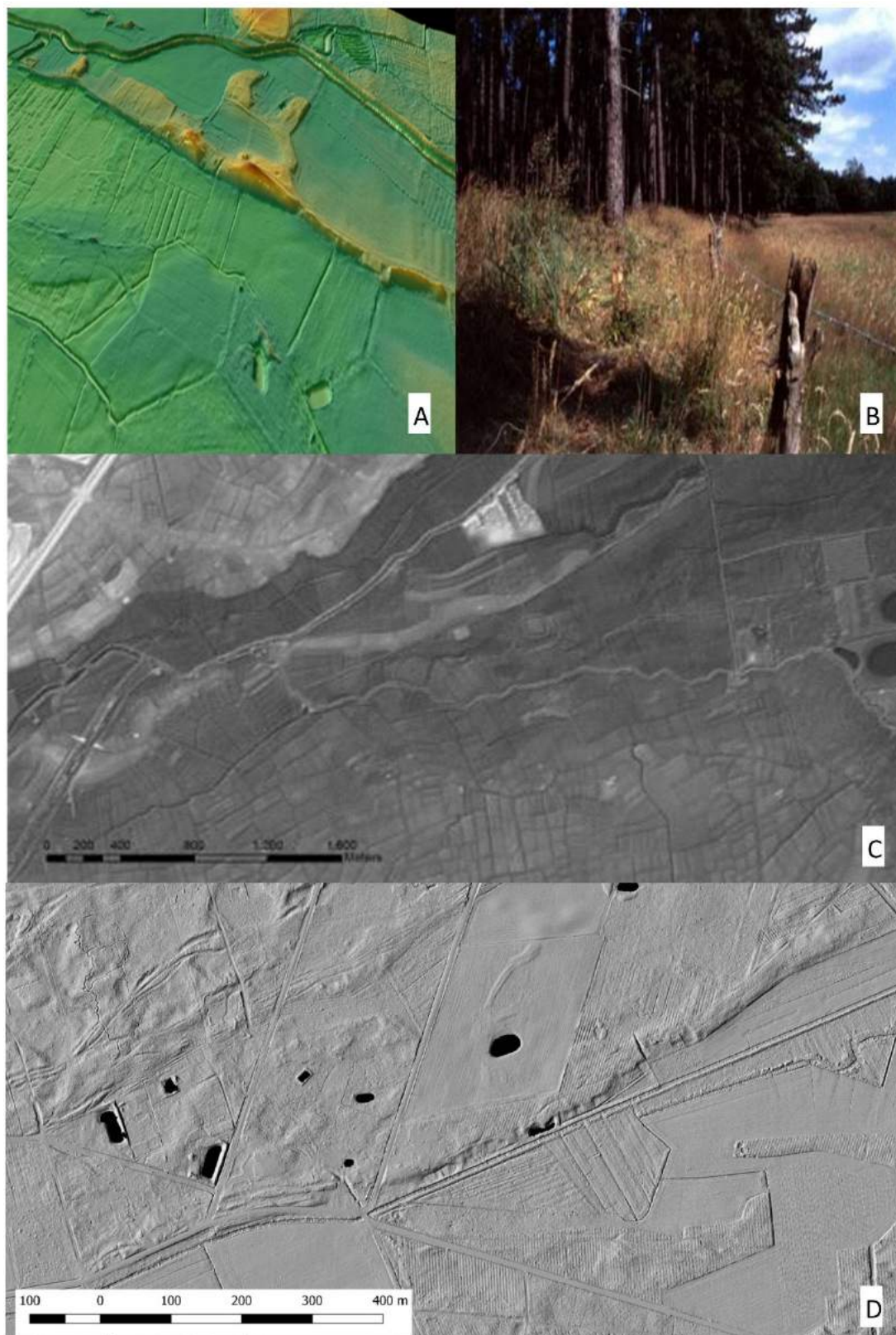


Fig. 29: Enkele voorbeelden van laatglaciale duinruggen. A: Te Herentals-Vuilvoort-Addernesten¹³⁰ (); B Ravels Witgoor; C: Rug van Mendonk aan de Moervaartdepressie; D: De Korhaan in Landschap De Iereman te Oud-Turnhout en Arendonk.

¹³⁰ Cf. Munaut & Paulussen 1973.

2.4.1.2.4 Stuifzanden (holoceen)

De zogenaamde stuifzanden zijn doorgaans relatief jonge holocene eolische afzettingen. De vorming van stuifzanden wordt, naast factoren van klimatologische aard, voor het overgrote deel gerelateerd aan menselijke impact (ontbossing, akkerbouw, begrazing, ...) ¹³¹. Hoewel sommige archeologische onderzoeken en OSL dateringen aantonen dat kleinschalige zandverstuivingen al plaats vonden vanaf het neolithicum of zelfs vroeger ¹³², vonden de meeste grootschalige verstuivingen plaats vanaf de late middeleeuwen ¹³³. Onderzoek in Nederland, gebaseerd op OSL, 14C en TL dateringen, toont een nagenoeg constante lage dynamiek van stuifzandvorming tussen 1000 vóór en 1000 na Christus. Vanaf de 9de eeuw n. Chr. neemt deze dynamiek gestaag toe, om een piek te bereiken in de periode van de 'kleine ijstijd' tussen 1570 en 1850 n. Chr. ¹³⁴. Deze ontwikkeling van grote stuifzandgebieden vanaf de late middeleeuwen is een fenomeen dat in het gehele Noordwest-Europese dekzandgebied kan herkend worden. Op historische kaarten van de 18de en 19de eeuw zien we dat gebieden met stuifzanden, meestal herkenbaar als heidegebieden met een grillige topografie, in de Zandstreek en vooral in de Kempen, zeer uitgestrekt zijn. Door de aanplant van uitgestrekte naaldbossen in de 19de en 20ste eeuw werden de meeste van deze stuifzandgebieden 'gefixeerd'.

Op de bodemkaart worden de stuifzanden weergegeven met de bodemserie 'X', maar soms worden er met deze bodemserie echter ook laatglaciale duinen aangeduid. In algemene zin stemt deze bodemserie wellicht vrij goed overeen met de realiteit, hoewel door vergelijking met onder meer het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen duidelijk wordt dat in sommige zones de perimeters niet geheel correct zijn weergegeven. Ook op diverse historische topografische kaarten is de grillige topografie van stuifzandgebieden dikwijls in enige mate van detail weergegeven (Fig. 30: boven).

Op Digitale Hoogtemodellen worden stuifzandgebieden op het eerste zicht vaak gekenmerkt door een grillige, chaotische topografie (Fig. 30: onder), hoewel op verschillende schaalniveaus er dikwijls wel een zekere ordening kan herkend worden. In stuifzanden kunnen een groot aantal diverse types morfologische structuren herkend worden ¹³⁵. Koster ¹³⁶ beschrijft o.a. voor veel gebieden een algemene opbouw in langgerekte zuidwest-noordoost gerichte 'cellen', met een opeenvolging van 'kopjesduinen', uitgestoven laagtes met een sporadisch voorkomen van stuifzand-'forten' en plateauduinen, en ten slotte systemen van 'parallelle kamduinen'.

In het algemeen valt het echter ook op dat tot nog toe nog relatief weinig onderzoek is gedaan naar de morfologische ontwikkelingen van dergelijke stuifzandgebieden. Een blik op verschillende stuifzandgebieden op verwerkingen van de Digitale Hoogtemodellen toont immers dat de variatie in vormen zeer groot is (Fig. 31). Veel stuifzandgebieden kenden wellicht dan ook verschillende periodes van verstuiving, met een complex geheel aan vormen en fasen tot gevolg. Bovendien vormden ze zich door lokale verstuiving van dekzandruggen en laatglaciale duinen, waardoor de oudere oppervlakken en bodems plaatselijk geërodeerd kunnen zijn, of afgedekt door stuifzanden, of beiden (Fig. 32). Het inzicht dat dergelijke stuifzandgebieden dus heel complex kunnen zijn is uiteraard van groot belang voor het onderzoek naar steentijdsites. In uitgestoven zones is het vroegere oppervlak verdwenen, en zijn steentijdsites niet of slecht bewaard. Maar datzelfde vroegere oppervlak kan enkele meters verderop afgedekt zijn onder een stuifzandafzetting en goed bewaarde sites herbergen ¹³⁷ (Fig. 33). Een

¹³¹ Pierink *et al.* 2018.

¹³² Voor een overzicht voor het Europese dekzandgebied cf. Tolksdorf & Kaiser 2012. Voor enkele voorbeelden in Vlaanderen bijv. Schurmans 2017; Verhaert *et al.* 2004.

¹³³ Cf. bijv. Beerten *et al.* 2012; 2014; Derese *et al.* 2010a; Koster 2010.

¹³⁴ Pierink *et al.* 2018.

¹³⁵ O.a. Koomen *et al.* 2004.

¹³⁶ Koster 2010.

¹³⁷ Beerten *et al.* 2014.

mooi voorbeeld hiervan is Lommel-Vlasstraat, waar een goed bewaarde vroegmesolithische vindplaats werd aangetroffen in een door stuifzanden afgedekte podzolbodem¹³⁸ (Fig. 34).



Fig. 30: Stuifzandgebieden. Boven: Stuifzandgebied te Achterbos Heide in Mol op kaart van het Dépôt de la Guerre (1^e reeks, ca. 1870); Onder: Stuifzandgebied op DHMV.

¹³⁸ Depaepe *et al.* 2020.

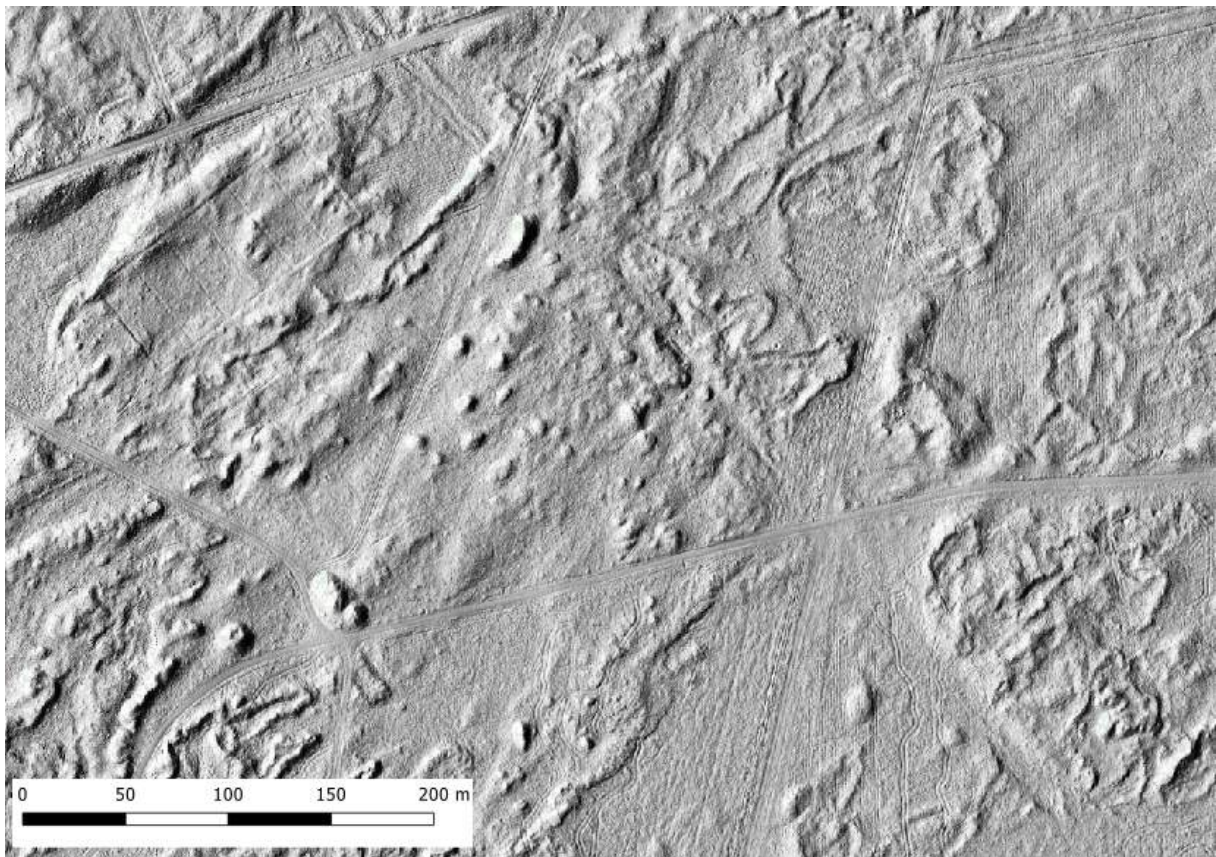


Fig. 31: Detailbeeld van hoge resolutie hillshade verwerking van het DHMII van een stuifzandgebied met grote variabiliteit aan vormen (Pijnvennerheide te Eksel).

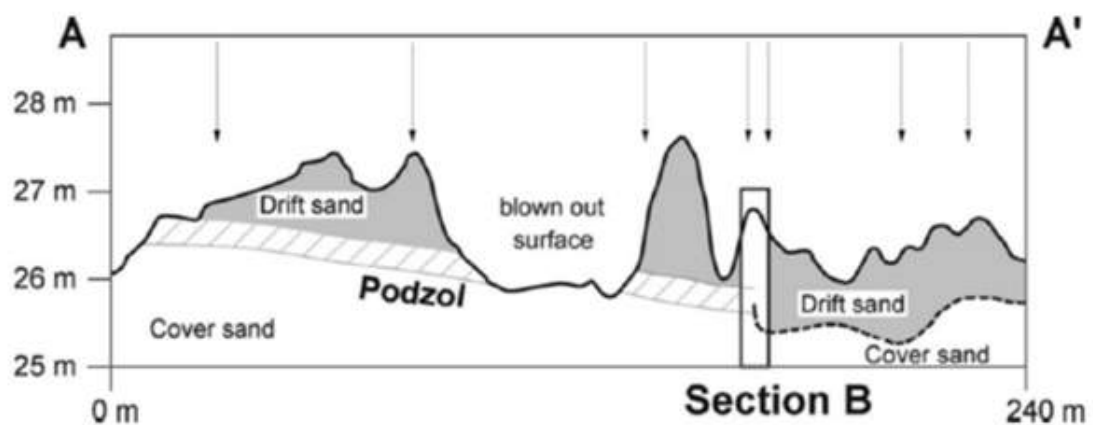


Fig. 32: Schematische doorsnede doorheen stuifzandzone in Mol, met gedeeltelijke afdekking van het dekzandreliëf en zones met geërodeerd (uitgestoven) dekzand¹³⁹.

¹³⁹ Cf. Beerten *et al.* 2014, fig. 6.



Fig. 33: Afdedekte podzolbodem onder een laag stuifzand te Lommel. De podzolbodem bevatte een goed bewaarde mesolithische site¹⁴⁰.



Fig. 34: Meerdere boven elkaar gelegen podzolbodems, begraven onder een laag duinzand te Lommel-Vlasstraat (©BAAC Vlaanderen)¹⁴¹.

¹⁴⁰ Van Gils & De Bie 2003.

¹⁴¹ Depaepe *et al.* 2020.

2.4.1.3 Bodems

Voor het dekzandgebied zeer kenmerkende bodemkundige situaties zijn de podzolbodems, bodems met een dikke humeuze aanrijingshorizont (Bh-horizont) en plaggenbodems¹⁴². Van groot belang is ook het plaatselijk voorkomen van afgedekte, inactieve bodems, ook paleobodems genoemd.

2.4.1.3.1 Podzolbodems

Een goed ontwikkelde podzolbodem in een goed gedraineerde situatie bezit een typische (licht)grijze uitspoelingshorizont (de E-horizont), op een aanrijingshorizont (B-horizont), humeus en dikwijls eveneens met ijzeraanrijing (Fig. 35 en Fig. 36). Hierbij zijn er allerlei varianten mogelijk, met sterker of zwakker ontwikkelde uitspoelings- en/of aanrijingshorizonten. De mate van podzolisering en de morfologie hiervan is sterk afhankelijk van lokale factoren, voornamelijk drainage, textuur en de eraan gelinkte chemische kenmerken. Arme grove kwartszanden zullen in een goed gedraineerde situatie bijvoorbeeld een veel duidelijkere podzol ontwikkelen dan fijnere en iets lemigere zanden.

De aanwezigheid van goed ontwikkelde podzolbodems kan een goede **indicator zijn voor van mogelijke bewaring van eventuele steentijd artefactensites**. Aangezien goed ontwikkelde podzolbodems wellicht honderden tot duizenden jaren nodig hadden om zich te ontwikkelen, is hun aanwezigheid een aanwijzing dat die bodem al ruime tijd stabiel is, mogelijk al sinds het vroegholoceen of zelfs laatglaciaal, en waarin dus sites uit die perioden kunnen bewaard zijn. De tijd die nodig is voor de vorming van podzolbodems varieert sterk, maar de goed ontwikkelde podzolen in de Zandstreken lijken al van voor de historische beakkering te stammen. Hun aanwezigheid onder bronstijd grafheuvels geeft bovendien aan dat ze zelfs heel wat ouder kunnen zijn. Er wordt algemeen aangenomen dat goed ontwikkelde podzolen zich in de Zandstreken pas na het mesolithicum hebben gevormd. Momenteel zijn er echter geen aanwijzingen voor grootschalige reliëfwijzigingen en menselijke bodemverstoringen in de periode tussen het mesolithicum en deze bodemvorming. Daarom wordt aangenomen dat een goed bewaarde bodem ook een goede bewaring aangeeft voor erin aanwezige steentijdsites.

Een vaak gemaakte misvatting is echter dat podzolbodems automatisch een hoge 'trek' voor steentijdsites met zich mee zouden brengen. Deze bodems hebben zich echter eveneens ontwikkeld in zones die in de steentijd niet aantrekkelijk waren voor bewoning of andere activiteiten met een archeologische neerslag.

Een andere misvatting is dat de afwezigheid van een goed bewaarde podzol zou wijzen op een lage verwachting voor of slechte bewaringsomstandigheden van eventuele steentijdsites. Maar zoals we al aangaven is de mate van podzolisering sterk afhankelijk van lokale factoren, zoals drainage en textuur en de eraan gelinkte chemische kenmerken van het moedermateriaal. Minder sterk ontwikkelde bodems, bijvoorbeeld met 'slechts' de ontwikkeling van een relatief dunne humeuze aanrijingshorizont, vertonen dus even veel potentieel voor de aanwezigheid en bewaring van steentijd artefactensites.

¹⁴² Dondeyne *et al.* 2012.

De bewaringstoestand van natuurlijke bodems en dus ook podzolbodems zijn echter wel een goede **indicator voor de tafonomie en dus bewaringstoestand van steentijd artefactensites**. Waar (delen en/of resten van) een podzolbodem aanwezig zijn, kan je bij benadering de mate van bewaring van het oorspronkelijke bodemprofiel inschatten. Je kan bijvoorbeeld bij een gedeeltelijke bewaring van de E-horizont inschatten hoeveel van het oorspronkelijk profiel werd verstoord, mits je kan vergelijken met referentieprofielen met volledig bewaarde bodems uit de onmiddellijke omgeving (Fig. 37). Daarnaast geeft de mate van homogenisering van een verstoord deel van de bodem aan hoe intensief de versterking was. In een homogene ploeglaag zijn artefacten bijvoorbeeld vaker verplaatst dan bij een kortstondige ploegactiviteit die een horizont veroorzaakte waarin brokken van de oorspronkelijke horizonten nog herkenbaar zijn.

Je moet echter steeds in rekening brengen dat steentijdsites ook in natuurlijke bodems bloot staan aan allerlei tafonomische processen. Door bioturbatie migreerden immers de artefacten doorheen de gehele actieve bodem. Hierdoor werden ze verticaal verspreid over de verschillende horizonten, vaak zelfs tot in de C-horizont, terwijl ze oorspronkelijk op het oppervlak waren achtergelaten dat overeenkomt met de top van de podzolbodem¹⁴³ (Fig. 38). **Zelfs in een perfect bewaarde podzolbodem bevinden artefacten zich daarom zelden werkelijk *in situ***. Een perfect bewaarde en een licht verstoorde podzol bieden daarom maar weinig verschil in effectieve bewaringstoestand voor steentijd artefactensites. Ook het onderscheid met bouwvoorcontexten is soms niet erg groot, te meer aangezien is vastgesteld dat ploegen op een vlak terrein maar een beperkte horizontale verplaatsing van artefacten te weeg brengt. Daarnaast betekent dit dat indien bijvoorbeeld de E-horizont geheel of gedeeltelijk werd verstoord, een aanzienlijk deel van de site nog goed bewaard kan zijn in de nog bewaarde delen van de bodem.

Bodems met een duidelijke humus en/of ijzer B-horizont worden op de bodemkaart aangeduid met **profielontwikkelingsklasse 'g'**. Deze aanduiding wijst dus alleen op de aanwezigheid van de aanrijkingshorizont van goed ontwikkelde podzolbodems, maar niet op de bewaringstoestand van de natuurlijke bodem. Profielklasse 'g' duidt in de praktijk zowel gebieden aan met volledig bewaarde podzolen als gebieden waar onder de ploeglaag alleen restjes van de B-horizont bewaard zijn. Je kan het bodemgebruik nagaan om een betere inschatting van die bewaring te maken - onder bos of heide kan je bijvoorbeeld doorgaans een betere bewaring verwachten dan onder akkerland (zie 2.2.6) - **maar alleen met landschappelijk bodemonderzoek kan je de werkelijke bewaringstoestand vaststellen**.

Profielontwikkelingsklasse 'f' duidt op de aanwezigheid van een weinig duidelijke humus en/of ijzer B-horizont. Dit kan echter op verschillende bodemkundige situaties wijzen:

- Zwak ontwikkelde podzolbodems, met een uitlogings- en aanrijkingshorizont (Fig. 39). Dit kunnen relatief recent ontwikkelde bodems zijn (bijvoorbeeld in stuifzandgebied, zie 2.4.1.2.4), maar vaak gaat het om bodems die zich door bijvoorbeeld een zwaardere sedimenttextuur (bijv. lemig zand) niet verder ontwikkelden. In dat geval is hun betekenis voor steentijd artefactensites gelijk aan die van profielontwikkelingsklasse g.
- Bodems met enkel een humeuze aanrijkingshorizont (zie 2.4.1.3.2).

¹⁴³ Bubel 2003.



Fig. 37: Podzolbodem, gedeeltelijk bewaard onder een ploeglaag, te Merksplas-Hoekeinde.

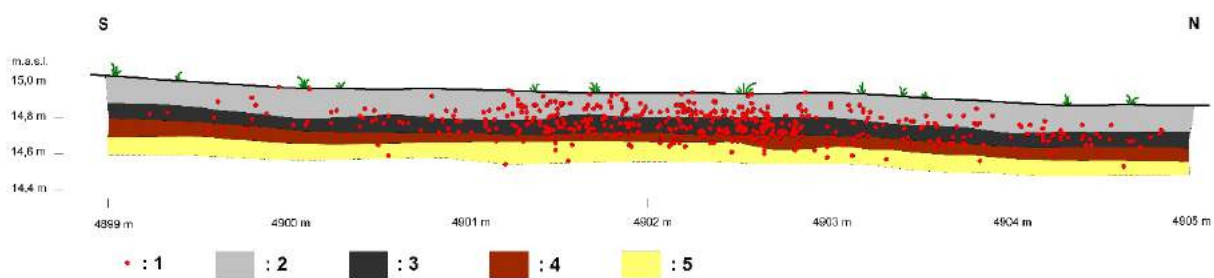


Fig. 38: Verticale artefactspreiding van de vroegmesolithische site Meer Meirberg 6. Alle artefacten werden door de prehistorische mens achtergelaten op het huidige maaiveld, maar raakten tot een diepte van 40 cm verspreid in de podzolbodem¹⁴⁴.

Legende:

- 1: lithisch artefact
- 2: uitlogingshorizont (E)
- 3: humus aanreikingshorizont (Bh)
- 4: ijzer aanreikingshorizont (Bir)
- 5: C-horizont

¹⁴⁴ De Bie *et al.* 2014.



Fig. 39: Zwak ontwikkelde podzolbodem te Antwerpen-Korneel Franckstraat¹⁴⁵.

2.4.1.3.2 Bodems met enkel een humeuze aanrijdingshorizont

Naast de podzolen is het meest voorkomende bodemtype in de Kempen en Zandstreek de bodem met een humeuze aanrijdingshorizont (Bh-horizont). De ontwikkeling van deze horizont is het resultaat van biologische activiteit, uitlogings- en aanrijdingsprocessen. Deze processen worden sterk beïnvloed door lokale omstandigheden, waardoor de dikte van de Bh-horizont sterk kan variëren (Fig. 40). De dikte van de Bh-horizont is dus niet noodzakelijk een indicatie van de mate van bewaring van het oorspronkelijke bodemprofiel. Dergelijke inschatting kan je alleen maken door vergelijking met lokale referentieprofielen.

Zoals bij andere natuurlijke bodems hebben deze bodemvormende processen ook hun invloed uitgeoefend op de tafonomie van eventueel aanwezige steentijd artefactensites, met name op de verticale spreiding van de artefacten doorheen deze Bh-horizont. Recent werd aan de hand van twee opgravingen (Bazel-Sluis en Haelen-Broekweg) vastgesteld dat dergelijke bodems een 'latente stratigrafie' kunnen vertonen met artefactencluster uit verschillende periodes¹⁴⁶. In Bazel-Sluis bijvoorbeeld bleken de vroegmesolithische artefacten zich over het algemeen duidelijker dieper te bevinden dan de finaalmesolithische en neolithische artefacten¹⁴⁷ (Fig. 41).

¹⁴⁵ Ryssaert *et al.* 2014.

¹⁴⁶ Crombé *et al.* 2019.

¹⁴⁷ Perdaen *et al.* 2011b; Meylemans *et al.* 2016.



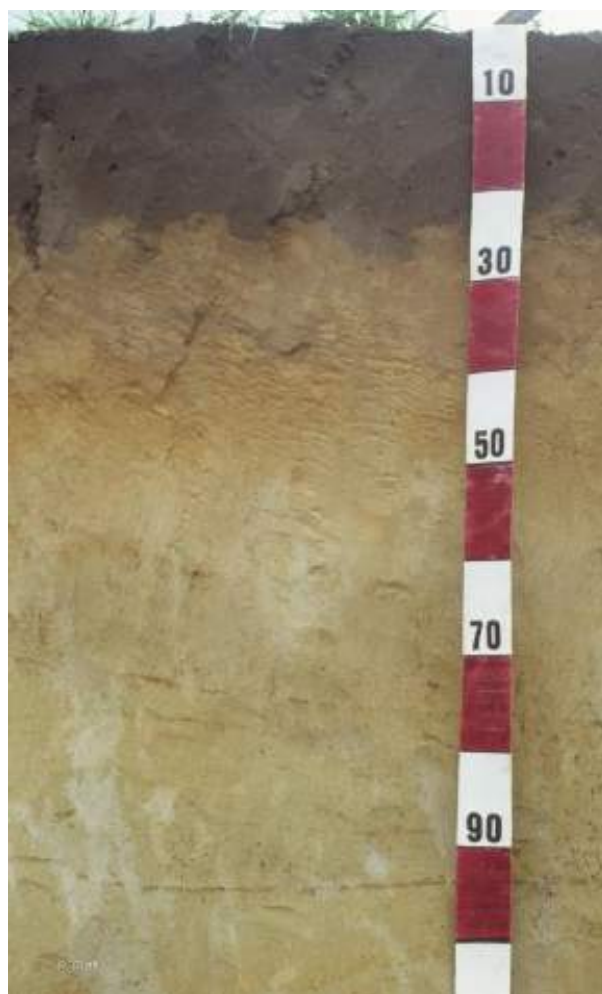


Fig. 40: Bodem met onder de ploeglaag een humeuze aanreikingshorizont van ongeveer 20cm dikte (foto: R. Langohr).



Fig. 41: Bodem met Bh-horizont te Bazel-Sluis.

2.4.1.3.3 Dikke antropogene bodems (plaggenbodems en bolle akkers)

Plaggenbodems komen voornamelijk voor in de Antwerpse en Limburgse Kempen. Traditioneel wordt hun ontstaan en ontwikkeling gelieerd aan een systeem van bemesting dat werd toegepast vanaf de late middeleeuwen¹⁴⁸. Heide- en andere plaggen werden in de stallen gelegd, waar ze door het vee werden aangerijkt met mest en urine. Vervolgens werden de traditioneel arme zandgronden hiermee bemest, waardoor de akkers in de loop van eeuwen geleidelijk werden opgehoogd met een dik humeus pakket. Deze bodems komen dan ook vooral voor op de historische akkergronden rond de middeleeuwse dorpskernen, een associatie die duidelijk zichtbaar bij vergelijking met de historische kaarten (Fig. 42). In de Nederlandse terminologie worden plaggenbodems 'enkeerdgronden' genoemd, soms ook 'esdekken', en internationaal 'plaggic anthrosols'.

Op de Belgische bodemkaart en de bodemassociatiekaart zijn gronden met een meer dan 50 cm 'diepe antropogene humus A-horizont' aangeduid door profielontwikkelingsklasse 'm'. Het is niet zeker dat al deze bodems zijn ontstaan via de plaggenbemesting, of dat er ook andere bewerkingsvormen plaatsvonden die geleid hebben tot een dergelijke dikke humeuze horizont. De dikte van de ploeglaag geeft ook niet aan hoeveel er werd opgehoogd. Vaak werd het oorspronkelijke bodemprofiel hierin immers gedeeltelijk opgenomen vanaf de eerste bodembewerking. In profielen van plaggenbodems kunnen vaak meerdere bewerkingsfasen of ploeglagen herkend worden (Fig. 43).

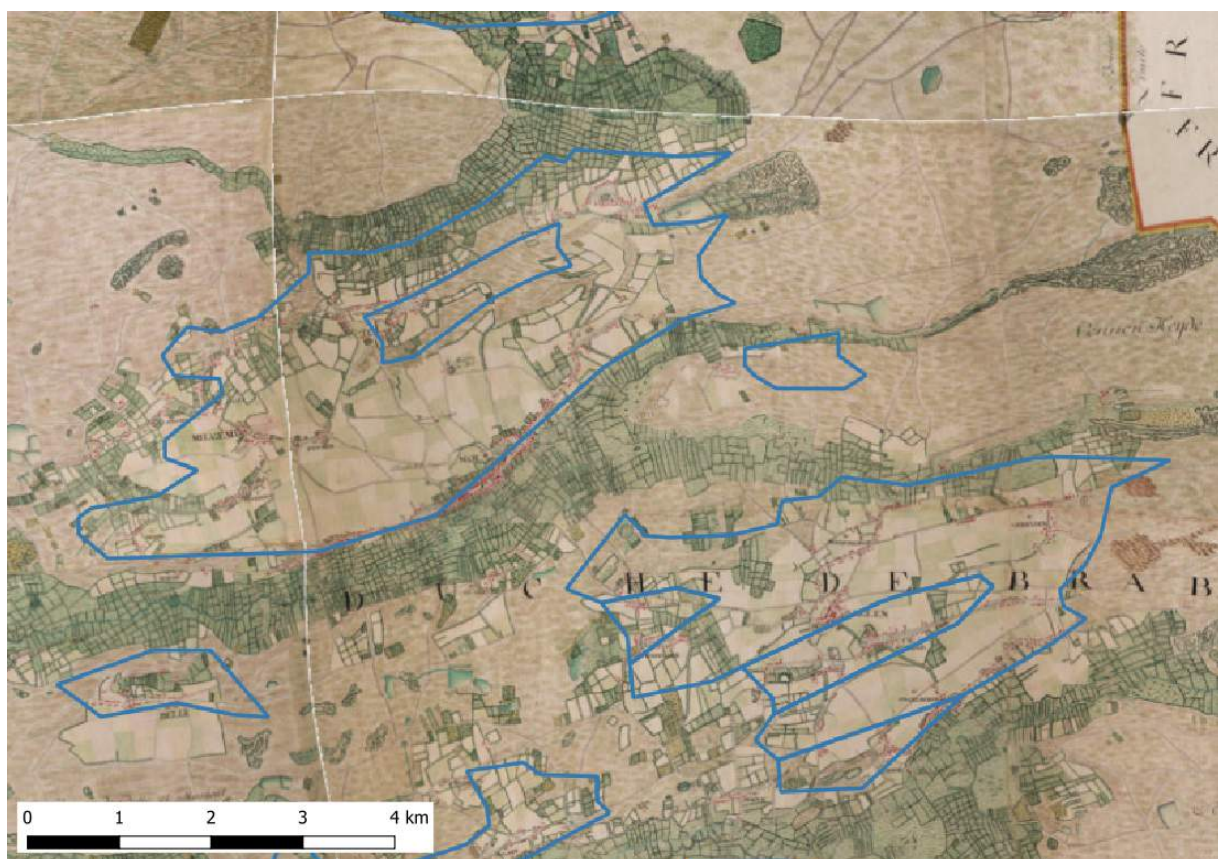


Fig. 42: Verspreiding van complexen van 'bodems met diepe antropogene humus A-horizont' aan de hand van de bodemassociatiekaart bij Mol en Balen, geprojecteerd op de Ferrariskaart.

¹⁴⁸ Spek 2004.

Soms wordt verondersteld dat de intensiteit van initiële bewerking (diepspitten) bij de ontwikkeling van deze bodems het oorspronkelijk bodemprofiel heeft afgetopt (Fig. 44 en Fig. 45), waardoor de kans op goed bewaarde steentijd artefactensites in deze gebieden zeer klein zou zijn. Dit is echter zeker niet altijd zo. Het oorspronkelijke reliëf werd vaak in zekere mate geëgaliseerd, waarbij de oorspronkelijke bodem, bijvoorbeeld een podzolbodem, bijvoorbeeld in opgevulde lagere delen nog heel gaaf bewaard kan zijn. Op die plaatsen heeft het plaggendek een afdekkende, conserverende werking gehad (Fig. 46). Indien de natuurlijke bodem (gedeeltelijk) werd opgenomen in een plaggenbodem, en hierin meerdere bewerkingssfasen aanwezig zijn, kan je steentijd artefacten vooral in de onderste/oudste bewerkingssfase verwachten (naast natuurlijk in het restant van de natuurlijke bodem). Wat betreft de potentiële bewaring van steentijd artefactensites kunnen bij deze bodems verder dezelfde varianten van bewaring verwacht worden als bij terreinen met een dunnere ploeglaag. Uiteraard bestaat ook hier de mogelijkheid van de aanwezigheid van paleobodems.



Fig. 43: Bodem met dikke antropogene humeuze A-horizont waarin verschillende akkerlagen te herkennen zijn, en met bewaring van een podzolbodem eronder (foto: R. Langohr).



Fig. 46: In een lager deel van het vroegere landschap te Merksplas-Hoekeinde werd een podzolbodem afgedekt door een 50 cm dikke ploeglaag. Ter hoogte van de rode cirkel bevindt zich een vuurstenen artefact in het profiel¹⁵¹.

De **bolle akkers** van het Waasland worden op de bodemkaart eveneens met profielontwikkeling 'm' aangeduid. Deze akkers zijn eveneens goed te herkennen op het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen (Fig. 47). Anders dan de plaggenbodems zijn deze bolle akkers het resultaat van een doelbewuste en grootschalige ontginning in de 15-16de eeuw. Hierbij werden de randen van de akkers weggegraven en errond grachten aangelegd (Fig. 48). Met deze grond werd het centrale deel van de akker opgehoogd.

Door deze aanlegwijze kan je verwachten dat aan de randen van de bolle akkers het oorspronkelijke, pleistocene oppervlak werd afgetopt, maar dat in het centrale deel van de bolle akkers het oorspronkelijk bodemprofiel, en dus ook steentijd artefactensites, goed bewaard kunnen zijn. Door (sub)recente beakkering werden de bolle akkers echter grotendeels afgevlakt, waardoor ook het centrale deel van de akkers soms door diepere bodembewerking werd verstoord¹⁵² (Fig. 48).

¹⁵¹ Depraetere *et al.* 2006.

¹⁵² Van Hove 1997.

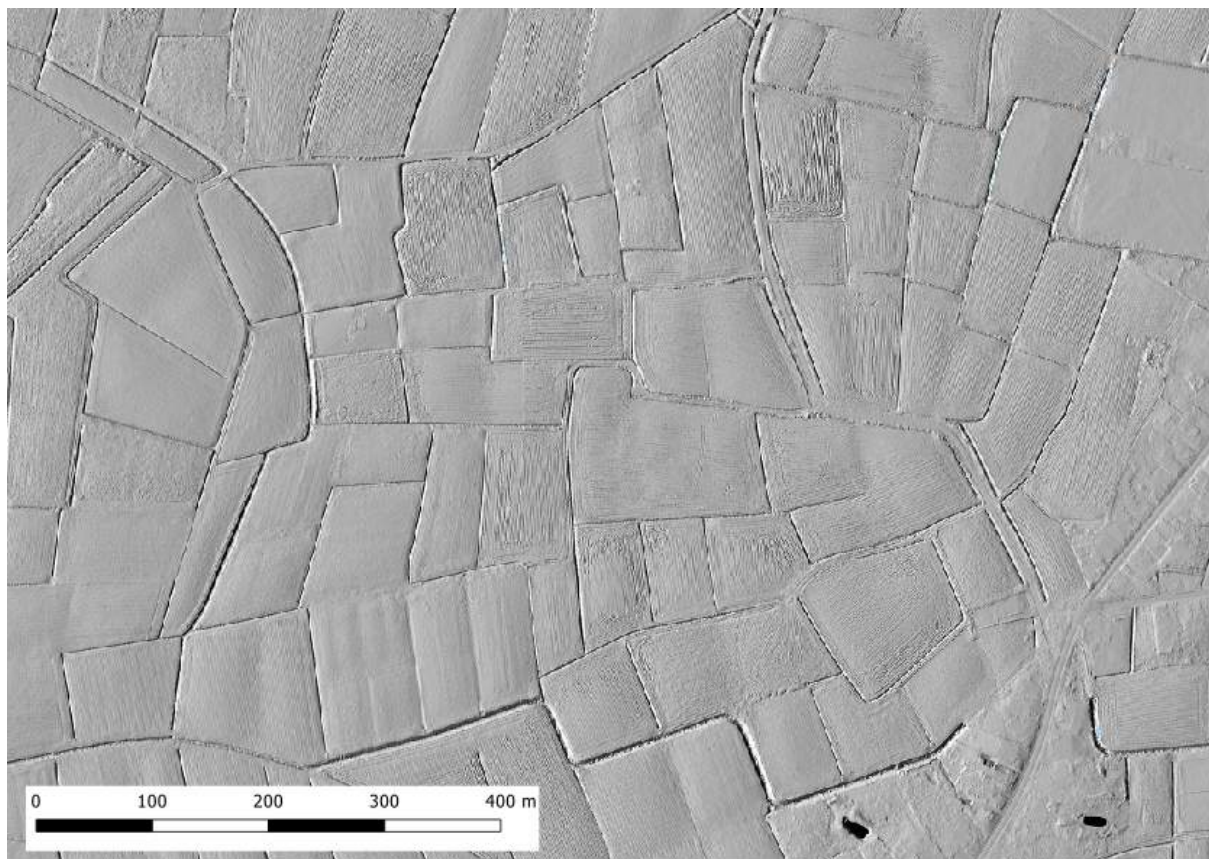


Fig. 47: Complex van bolle akkers in het Waasland op een hillshade verwerking van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen.

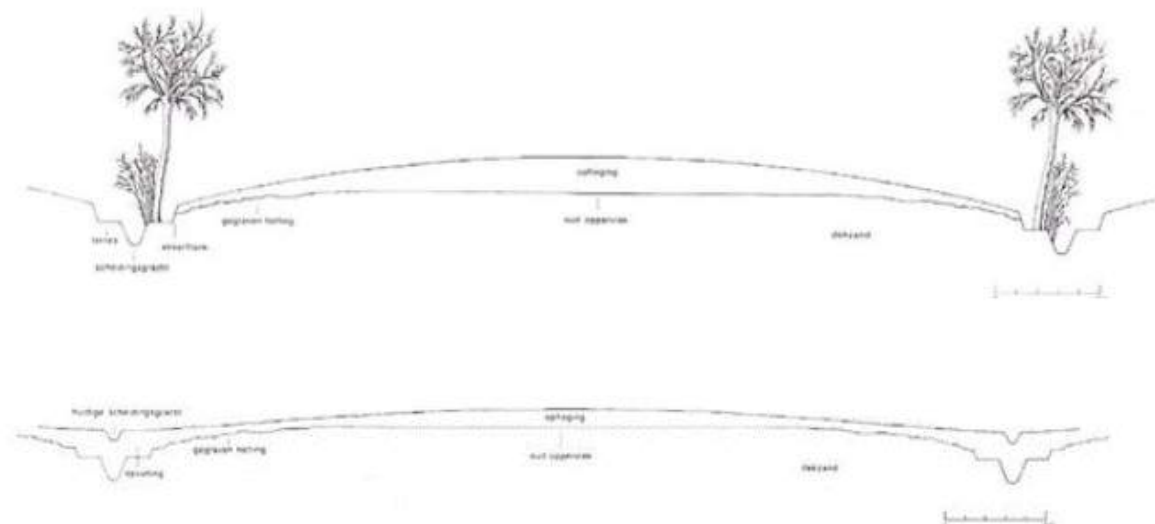


Fig. 48: Schematische doorsnedes van de oorspronkelijke bolle akkers (boven) en hun recente toestand (onder)¹⁵³.

¹⁵³ bewerking van R. Langohr naar Van Hove 1997.

2.4.1.3.4 Paleobodems

Paleobodems of paleosols zijn bodems die niet meer actief zijn, als het ware fossiele resten van een vroegere bodem. Doorgaans is de bodemvormende activiteit van paleobodems gestopt doordat ze afgedekt werden, vooral door recentere eolische of fluviatiele afzettingen zoals duinzanden of beekalluvium.

De diversiteit en het voorkomen van dergelijke bodems kan zeer groot zijn, een variabiliteit die zeker nog onvoldoende is bestudeerd en onderzocht. De twee voor de Kempen en Zandstreek bekendste en best onderzochte paleobodems zijn de Usselobodem en de Opgrimbiedodem. Deze bodems ontstonden in het laatglaciaal. Oorspronkelijk werd Opgrimbiedodem in de Bølling gedateerd en Usselobodem in de Allerød, maar recenter dateringsonderzoek suggereert dat de Opgrimbiedodem eerder uit de vroege Allerød stamt en de Usselobodem uit de late Allerød tot vroege Jonge Dryas¹⁵⁴. Zowel de Bølling als Allerød waren warmere fasen in het laatglaciaal waarin geen dekzanden werden afgezet. Het oppervlak was daardoor stabiel, wat bodemvorming mogelijk maakte¹⁵⁵.

De Usselobodem wordt gekenmerkt door een witte tot lichtgrijze uitlogingshorizont. Deze is meestal 5 à 10 cm dik. Hierin bevindt zich vaak houtskool, afkomstig van (bos)branden uit de Allerød en (de aanzet van) de Jonge Dryas. De hoeveelheid en het voorkomen hiervan varieert lokaal sterk, van nagenoeg niets, over duidelijke vlekken houtskoolstof, tot een doorlopend laagje aan de top van de bodem (Fig. 49, Fig. 50 en Fig. 51). Onder de uitlogingshorizont is soms een bruine aanrijkhshorizont zichtbaar.

De Usselobodem is vaak geassocieerd met de laatglaciale langgerekte duinruggen (zie 2.4.1.2.3), maar kan overal in het dekzand voorkomen. Hij heeft zich oorspronkelijk nagenoeg overal in het ouder dekzand gevormd, maar werd alleen bewaard waar hij door het jonger dekzand werd afgedekt, zoals werd vastgesteld op o.a. de zandrug Maldegem-Stekene en Bree¹⁵⁶. Nadien heeft zich vaak een podzolbodem in de dekzanden ontwikkeld, die de Usselobodem 'opslokte' waar hij niet of onvoldoende was afgedekt (Fig. 52). Ook tot in de podzol C-horizont kan homogenisering van de bodem een Usselobodem onzichtbaar maken (Fig. 53). Usselobodems kunnen daardoor sterk variëren in zichtbaarheid, van een zeer vaag bleker bandje tot een duidelijke witte band met houtskoolvlekken.

Dergelijke paleobodems zijn daardoor vaak moeilijk te herkennen in landschappelijke boringen. Profielputten zijn daarom meestal aangewezen om ze op te sporen, maar ook daarin zijn paleobodems soms nagenoeg onzichtbaar. Eén of meerdere lithische artefacten die schijnbaar ergens willekeurig in de dekzanden aanwezig zijn kunnen dan een aanwijzing vormen voor het voorkomen van een dergelijk paleoniveau¹⁵⁷.

¹⁵⁴ Derese *et al.* 2009.

¹⁵⁵ Kasse 2002.

¹⁵⁶ Bogemans & Vandenberghe 2011; Derese *et al.* 2010b; Kasse 2002.

¹⁵⁷ Bijv. te Lommel-Kristalpark: Vanmontfort *et al.* 2010b.



Fig. 49: Variatie in het voorkomen van de Usselobodem op composietfoto's van profielen te Lommel-Maatheide:

A: Typische Usselobodem met witte uitlogingshorizont, met relatief veel vlekken houtskoolstof en -partikels in de top. De bodem dagzoomt links op de foto. De top van het bodemprofiel is getrunceerd door recente verstoring, waardoor de holocene podzolbodem is verdwenen.

B: Enkele tientallen meters verderop daalt het laatglaciaal oppervlak geleidelijk naar een ven. De uitlogingshorizont is hier iets donkerder en het houtskoolrijk niveau dunner maar denser, bijna als een laag op de uitlogingshorizont.

C: Nog enkele tientallen meters verder, en opnieuw lager in de laatglaciale topografie, is de uitlogingshorizont merkbaar dunner en vager. Er is nog maar weinig houtskool aanwezig (de dunne zwarte banden werden gevormd door humusaanreiking bij de vorming van de holocene podzolvorming, waarvan de B-horizont rechtsboven nog bewaard is).



Fig. 52: Usselobodem ter Lommel-Maatheide. In de wand rechts op de foto hebben aanrijgingsverschijnselen van de latere podzolbodem zich door de Usselobodem heen gevormd. In de wand links is de Usselobodem onaangetast.



Fig. 53: De Usselobodem wordt geleidelijk onzichtbaar naarmate hij de (recent verstoorde) podzolbodem nadert in een profielsleuf te Lommel-Maatheide. De foto's werden vanuit weerszijden van de sleuf genomen. De Usselobodem is duidelijk zichtbaar rechts op de foto's (achteraan op de bovenste foto, op de voorgrond in de onderste), maar niet meer aan het andere einde van de sleuf (voorgond bovenste foto).



Fig. 54: Op de rand van een laatglaciaal ven te Lommel-Maatheide gaat de Usselobodem (rechts) over in een veenlaag (links).



Fig. 55: De Usselobodem (boven) en Opgrimbiebodem (onder) te Opgrimbie-Kikbeek. Bovenaan de foto, achter de wortels, is nog net de B-horizont van de holocene podzolbodem zichtbaar. De rode cirkel duidt een vuurstenen artefact aan dat in het profiel werd aangetroffen.



Fig. 57: Verbrokkelde paleobodem te Nijlen-Varenheuvel.



Fig. 58: Paleobodem met een vage donkere (humeuze) horizont, geassocieerd met finaalpaleolithische of vroegmesolithische artefacten, te Wichelen-Bergenmeersen¹⁷⁶.

¹⁷⁶ Cf. Meylemans *et al.* 2021.

2.4.2 Rivier- en beekvalleien

De rivier- en beekvalleien zijn in algemene zin deze zones langsheen de beken en rivieren waar de bovengrond wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van (holocene) alluviale afzettingen afgezet door rivier- of beekactiviteit. Dit is met vrij grote mate van nauwkeurigheid af te leiden uit de bodemkaart, waar deze door alluvium gekenmerkte zones worden aangeduid met de profielontwikkeling -p¹⁷⁷ (Fig. 59). Op de bodemassociatiekaart is dit gegroepeerd tot natte en droge 'alluviale gronden zonder profielontwikkeling'. In algemene zin, omdat we dit hier enigszins uitbreiden met zones die behoren tot het laatglaciale 'terras' van beken en rivieren, en waar de ondergrond dus grotendeels bestaat uit laatglaciale en holocene sedimenten, maar die niet werden afgedekt door alluviale afzettingen. Een voorbeeld van een dergelijke zone is een deel van het gebied binnen de grote meanderlus van Overmere, die zoals het digitaal hoogtemodel duidelijk aantoonde deel uitmaakt van het laatglaciale rivierrass en gekenmerkt wordt door fluviatiele (kronkelwaard-) afzettingen, maar waar geen holoceen alluvium is gekarteerd (Fig. 60). Dit beeld maakt ook duidelijk dat de precisie van aanduiding van de alluviale zones op basis van bodem- en bodemassociatiekaart ook met enige marge dient te worden geïnterpreteerd, en dat bijvoorbeeld het Digitaal Hoogtemodel in vele gevallen een betere bron zal zijn om de deze zones te begrenzen.

In Vlaanderen zijn de beek- en riviervalleien op te delen in drie stroomgebieden: het overgrote deel hiervan wordt gevormd door het Scheldebekken, met o.a. de Zenne, Dijle, Demer, Grote en Kleine Nete, enz. Het Maasbekken bestaat in Vlaanderen uit de Maasterrassen zelf, en enkele beken die afwateren vanaf het Kempens plateau, en in de Antwerpse Kempen enkele beken ten noorden van de rug van de Kempense cuesta. Het derde bekken ten slotte bestaat uit de rivier de IJzer en enkele beken die daarin uitmonden.

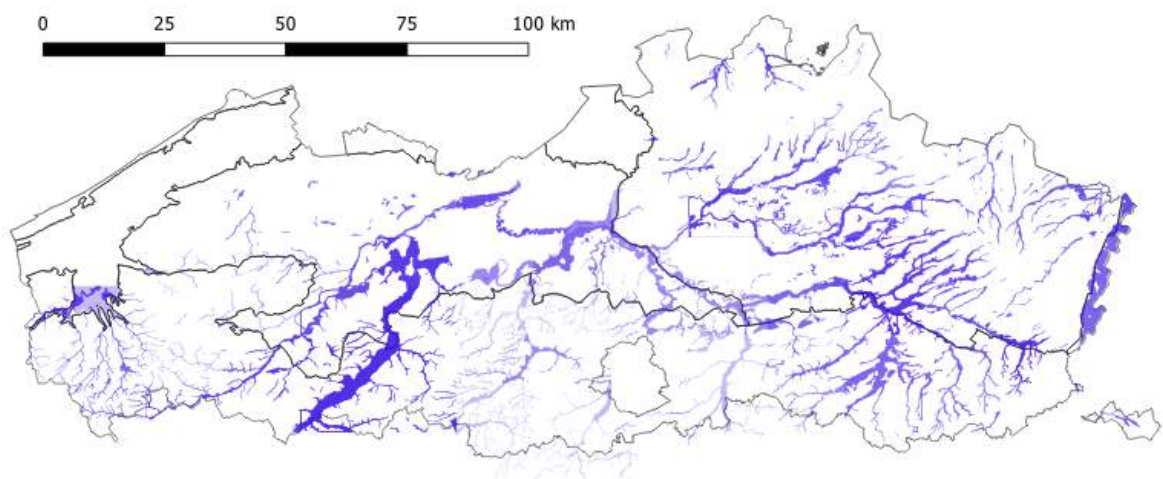


Fig. 59: De riviervalleien op basis van de bodemkaart (profielontwikkeling -p).

¹⁷⁷ Gronden zonder profielontwikkeling (alluviale en colluviale bodems).

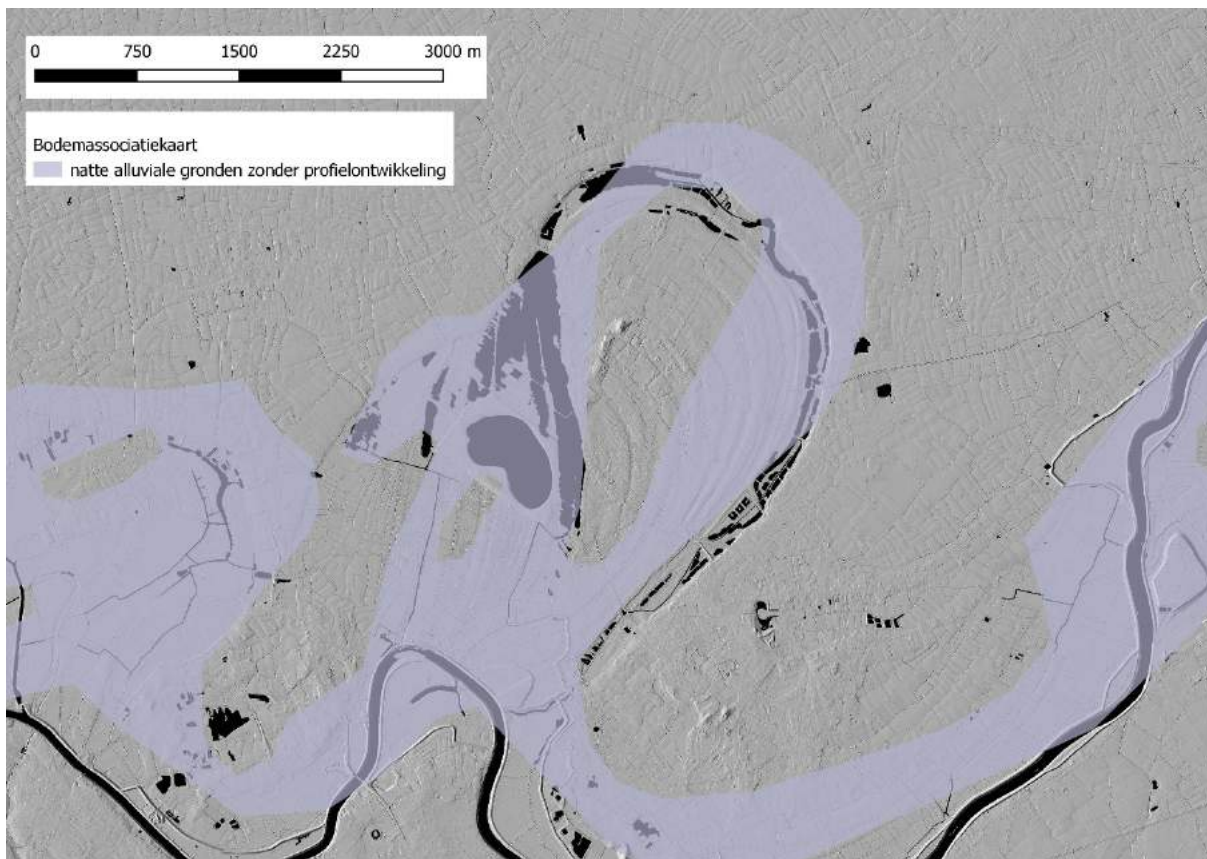


Fig. 60: Laatglaciale meanderlus van Overmere op een hillshade verwerking van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen, met aanduiding van alluviale gronden op basis van de bodemassociatiekaart.

Het 'potentieel' van de rivier- en beekvalleien voor de aanwezigheid en het onderzoek van steentijd artefactensites is bijzonder groot¹⁷⁸. Deze gebieden kenden in de loop van het finaalpaleolithicum tot neolithicum immers een bijzonder rijke biodiversiteit, en waren voor de prehistorische mens dan ook bijzonder aantrekkelijk voor bewoning en andere activiteiten. Bovendien biedt een eventuele afdekking door latere alluviale sedimenten kans op bijzonder goed bewaarde sites, terwijl waterverzadigde contexten de mogelijkheden bieden voor bewaring van organische materialen en ecofacten, en de studie van het paleomilieu (zie 2.4.2.3).

Omwille van dit belang van de riviervalleien voor de studie van de prehistorie werd een aantal gebieden afgebakend als Archeologische Zone¹⁷⁹. Deze zones werden eveneens gedeeltelijk afgebakend als vastgestelde Archeologische Zone. Enkele zones werden beschermd als archeologische site¹⁸⁰.

¹⁷⁸ Cf. bijv. ook Brown 1997; Howard & Macklin 1999.

¹⁷⁹ Wingevalllei: <https://inventaris.onroerendergoed.be/erfgoedobjecten/303008>; Vrasenepolder: <https://inventaris.onroerendergoed.be/erfgoedobjecten/302980>; De Moervaartdepressie: <https://inventaris.onroerendergoed.be/erfgoedobjecten/303007>; Nijen- Varenheuvel-Abroek: <https://inventaris.onroerendergoed.be/erfgoedobjecten/302889>; Demervallei bij Herk-De-Stad: <https://inventaris.onroerendergoed.be/erfgoedobjecten/302890>; Scheldevallei bij Welden: <https://inventaris.onroerendergoed.be/erfgoedobjecten/303023>.

¹⁸⁰ Bergenmeersen te Wichelen: <https://inventaris.onroerendergoed.be/aanduidingsobjecten/15052>; Zennegat te Mechelen: <https://inventaris.onroerendergoed.be/aanduidingsobjecten/4439>.

2.4.2.1 Een beknopt overzicht van de archeologische kennis

Contrasterend met hun bijzonder rijk archeologisch potentieel zijn er slechts relatief weinig prehistorische sites gekend en onderzocht in de rivier- en beekvalleien in Vlaanderen. Met name in de Scheldevallei zijn er de laatste decennia wel systematische prospecties en enkele opgravingen uitgevoerd. Voor het overige is de archeologische kennis gebaseerd op oudere vondsten en sporadische onderzoeken.

Het potentieel voor de bewaring van organische materialen in de riviervalleien van het Scheldebekken wordt onder meer geïllustreerd door het relatief grote aantal (bagger)vondsten die werden gedaan in de loop van de 19de en begin van de 20ste eeuw. De aanwezigheid van finaalpaleolithische en vroegmesolithische sites wordt o.a. geïllustreerd door de aanwezigheid van een serie benen spitsen, waarvan sommige met 'weerhaken' ('*barbed points*'), aangetroffen op diverse locaties¹⁸¹ (Fig. 61). In totaal zijn uit de Scheldevallei en haar bijrivieren een 30-tal van dergelijke artefacten aangetroffen.



Fig. 61: Benen spitsen uit de collectie van Georges Hasse (MAS-Antwerpen), opgebaggerd uit de Schelde ter hoogte van Wichelen¹⁸².

Vrij veel mesolithische en neolithische artefacten in been of gewei werden aangetroffen bij baggerwerken in het Scheldebekken, voornamelijk in de Beneden Schelde tussen Gent en Antwerpen, de sluis bij Wintam aan de Rupel, en in de buurt van Battel te Mechelen¹⁸³. Een bijzonder grote concentratie aan dergelijke objecten, daterend uit verschillende periodes (laatmesolithicum tot middenneolithicum, mogelijk ook nog andere periodes), werd aangetroffen op de site van de 'Paardeweide' te Wichelen¹⁸⁴. Dit ensemble toont de grote variatie aan objecten, met de typische werktuigen als geweibijlen, maar ook met productieafval in alle stadia van bewerking (Fig. 62). Tot op heden werd een dergelijk ensemble met enige omvang in Vlaanderen nog maar één keer *in situ* opgegraven, op de site van Bazel-Sluis¹⁸⁵.

¹⁸¹ Dewulf 1971; Doize 1983; Hasse 1924 & 1953; Hurt 1992; Saccassyn Della Santa 1945.

¹⁸² Cf. Hasse 1934; 1935.

¹⁸³ Cf. Crombé *et al.* 2013b; Hurt 1982a; 1982b; Sergeant & Crombé 2001.

¹⁸⁴ Meylemans & Perdaen 2017.

¹⁸⁵ Meylemans *et al.* 2016.



2978



2981



2984



2489

Fig. 62: Enkele hertshoornen artefacten afkomstig van de site 'Paardeweide'

Systematisch prospectieonderzoek in de valleien van het Scheldebekken startte in feite pas rond 2006, met de inzet van archeologische boringen als prospectiemethodiek¹⁸⁶. De resultaten van deze projecten gecombineerd met de gegevens van een beperkt aantal oudere terreinonderzoeken¹⁸⁷ toonden al snel het potentieel van deze valleicontexten voor het archeologisch onderzoek¹⁸⁸. Ook in de periode 2006-2007 werd in de vallei van de Kleine Nete naar aanleiding van enkele oppervlaktevondsten een prospectie- en opgravingscampagne uitgevoerd, waarbij naast mesolithische artefacten een vermoedelijk laatglaciaal site geassocieerd met een paleobodem werd aangetroffen¹⁸⁹.

Enkele grootschalige prospectiecampagnes werden uitgevoerd in het kader van het 'Sigmaplan', in verschillende alluviale zones van de Benedenschelde, langs de Dijle-Zenne, en de Durme. Deze multidisciplinaire projecten leverden onder meer ook een groot aantal nieuwe data over de geomorfologische ontwikkeling en paleo-ecologie van deze gebieden¹⁹⁰, maar toonden vooral ook de enorme rijkdom aan prehistorische artefactensites in deze valleien¹⁹¹.

Opgravingen ter evaluatie en in het kader van preventief onderzoek volgden in het Zennegat te Mechelen¹⁹² en op de site van Bazel-Sluis¹⁹³ (Fig. 63). In beide gevallen leverde dit palimpsestsituaties op van occupatie in diverse periodes van de prehistorie, met naast de aanwezigheid van de 'gebruikelijke' artefactcategorieën als lithisch materiaal en aardewerk, ook bewaarde ecofacten en organische artefacten.



Fig. 63: Opgraving van de site Bazel-Sluis (2011), gelegen op een zandrug nabij de vroegere Scheldeloop, afgedekt door veen en klei.

¹⁸⁶ Cf. Bats 2007; Bats *et al.* 2006; Bats & De Reu 2006.

¹⁸⁷ Bijv. het onderzoek te Oudenaarde- Donk, cf. Ameels *et al.* 2003; Bats *et al.* 2006; Lombaert *et al.* 2007; Van der Plaetsen *et al.* 1986.

¹⁸⁸ Cf. Crombé 2006.

¹⁸⁹ Van Peer *et al.* 2007.

¹⁹⁰ Cf. Bogemans *et al.* 2012; Deforce *et al.* 2014, Storme 2020.

¹⁹¹ Cf. o.a. Meylemans *et al.* 2013; 2014; 2016; Perdaen *et al.* 2008; 2009; 2010; 2011.

¹⁹² Meylemans *et al.* 2014.

¹⁹³ Meylemans *et al.* 2016.

Een andere belangrijke recente opgraving in alluviale context werd uitgevoerd te 'Kerkhove-Stuw'¹⁹⁴. Hier werden concentraties van lithisch materiaal en faunaresten uit diverse periodes in het mesolithicum aangetroffen op de rug van een uitgestrekte oeverwal die de loop van een fossiele geul van de Schelde flankeerde. Een beperkt aantal vondsten wees ook op aanwezigheid in het (midden) neolithicum. Aan de hand van de studie van de sedimenten van de geulvulling in de opgravingszone en aan de hand van monsternames met Begemann boringen in de diepere gedeelten van de geul buiten de opgravingsszone, kon het landschap en milieu tijdens de prehistorie goed worden gereconstrueerd¹⁹⁵.

Een zeer specifieke context vormt de regio van de 'Moervaartdepressie', een meer uit het laatglaciaal. Hier werd door de UGent heel wat (paleo)landschappelijk onderzoek (zie 2.4.2.2.4) en archeologisch onderzoek uitgevoerd. De gekende archeologische gegevens wijzen er op dat dit gebied intensief werd bezocht tijdens het finaal paleolithicum en het (vroeg-) mesolithicum. In mindere mate wijst een aantal vondsten ook op aanwezigheid in het neolithicum. Deze gegevens komen voornamelijk van een aantal prospecties aan de rand van en in de depressie¹⁹⁶. Hieruit blijkt een zeer dicht patroon aan vindplaatsen, met een nagenoeg continue 'keten' van sites op de noordelijke rand van de depressie, en eveneens een groot aantal sites gelegen op de duinruggen, zoals deze van Mendonk, en andere hoger gelegen opduikingen in of op de rand van de depressie. Recent werd via een booronderzoek ook vastgesteld dat ook in de lagere gedeelten van de depressie steentijdvondsten aanwezig zijn¹⁹⁷.

Het bovenstaande overzicht toont in de eerste plaats aan dat het potentieel voor steentijdonderzoek in alluviale gebieden enorm groot is, en dat er in de laatste twee decennia op dat vlak heel wat vooruitgang in Vlaanderen werd geboekt. Er blijft uiteraard nog zeer veel ruimte voor nieuwe kenniswinst. Het onderzoek in deze gebieden is echter heel complex en vereist vooral een goed inzicht in hun paleolandschappelijke opbouw, wat ook heel complex en regionaal of lokaal heel divers kan zijn. In de volgende deelhoofdstukjes illustreren we dit onder andere aan de hand van enkele voorbeelden.

¹⁹⁴ Sergant *et al.* 2018.

¹⁹⁵ Sergant *et al.* 2018.

¹⁹⁶ Ameels & Van Vlaenderen 1995; Van Moerkerke 1982b; Van Vlaenderen 1983; Van Vlaenderen *et al.* 2006.

¹⁹⁷ Perdaen *et al.* 2016a; 2016b.

2.4.2.2 Quartaargeologie en geomorfologie

2.4.2.2.1 Inleiding

De geologische en geomorfologische ontwikkeling van rivier- en beekvalleien is gebonden aan een groot aantal factoren (klimaat, bodems, impact van menselijke activiteiten, enz.), die soms spelen op een regionaal of bovenregionaal niveau, maar soms ook zeer lokaal zijn (bijvoorbeeld lokale variaties in topografie, aard van de bodem, enz.). Dit kan enerzijds resulteren in complexe situaties, met grote variaties zelfs op lokaal niveau, anderzijds kan in een aantal gevallen, bijvoorbeeld op het niveau van het bekken van de Benedenschelde, een aantal trends herkend worden. Het inschatten van de aard en impact van geologische en geomorfologische processen op het lokale vlak (projectniveau) is in de rivier- en beekvalleien uiteraard van groot belang voor de inschatting van de kans op enerzijds aanwezigheid (bijv. locatie van fossiele rivierlopen en aangrenzende ruggen), anderzijds de mogelijke bewaring van prehistorische artefactensites (bijv. processen van erosie of afdekking).

Het bepalen van dergelijke potentiële dient dus steeds op projectniveau bepaald te worden, en is niet gebaat bij het poneren van algemeenheden zoals 'het terrein is altijd zeer nat geweest, dus ongeschikt voor bewoning'. Met name deze veralgemening, die regelmatig in de preventieve archeologie wordt aangehaald om van verder onderzoek af te zien, is immers bij uitstek bijzonder problematisch. Zoals we later in het hoofdstuk over het Scheldebekken zullen illustreren zijn de watertafels immers vanaf het laatglaciaal en gedurende het hele holoceen geleidelijk aan maar sterk gestegen. Daarnaast kunnen zowel de positie van de waterlopen als de lokale waterhuishouding sinds de prehistorie gewijzigd zijn andere natuurlijke en/of menselijke factoren. De geomorfologische en geologische 'aard' van gebieden gelegen in riviervalleien kan dan ook meestal slechts ontrafeld worden door een adequaat programma van landschappelijke onderzoeken (boringen, proefputten, geofysisch onderzoek, ¹⁴C dateringen, pollenonderzoek, ...).

Het is niet de bedoeling om hier een exhaustieve beschrijving te maken van de huidige stand van zaken van de kennis van de geomorfologische en geologische ontwikkeling van de beek- en riviervalleien in Vlaanderen. We illustreren deze complexiteit wel aan de hand van een aantal voorbeelden die kenschetsend is voor de mogelijke variabiliteit: het Beneden Scheldebekken, de Moervaartdepressie, en de vallei van de Mark. Hierbij kunnen we ook het hoofdstuk van de archeoregio Maaskant als een voorbeeld aanhalen. Naast de geomorfologie en geologie bespreken we daarbij telkens beknopt wat dit betekent voor de inschatting van het potentieel van de aanwezigheid en bewaring van prehistorische artefactensites.

Maar eerst bieden we een korte introductie tot de algemene morfologische elementen en terminologie betreffende riviervalleien in de regio van de lage landen.

2.4.2.2.2 Algemeen: geomorfologische elementen van riviervalleien

Laaglandrivieren in noordwest-Europa zijn in de periode van het laatglaciaal en holoceen doorgaans bijzonder dynamische milieus geweest, gekarakteriseerd door diverse en veranderende riviervormen (vlechtend: Fig. 64, anastomiserend, meanderend: Fig. 65), en daarmee samenhangend veranderingen in processen van erosie en intensiteit en aard van de sedimentatie.

De processen van insnijding van rivieren en hun laterale verplaatsing veroorzaakt daarbij de creatie van één of meerdere alluviale ‘terrassen’. Meanderende rivieren en beken schuren zo op plaatsen dergelijke terrassen van variabele breedte uit, soms tot verschillende kilometers breed (Fig. 66).

Deze laterale migratie van rivieren veroorzaakt de afzetting van ‘kronkelwaarden’, met een systeem van rugen en depressies (Fig. 67 en Fig. 68), een patroon dat kenmerkend is voor de laatglaciale rivierterrassen van het Beneden-Scheldebekken (zie 2.4.2.2.3).

Gedurende de loop van het holoceen steeg in het algemeen de grondwatertafel, en verminderde de rivierdynamiek in eerste instantie. Hierdoor werden vele valleien (bijv.: zie 2.4.2.2.3) geleidelijk opgevuld met veen en sedimenten, en verwerden sommige van de vroegere rivierlopen tot opgevolde, fossiele kanalen.

Door de opvulling van de valleien en geregelde overstromingen werden de alluviale of overstromingsvlaktes opgebouwd, waarbij vlak langsheen de stroomdraad van rivieren en beken de grovere sedimenten werden afgezet (bijv. zand), en zo plaatselijk oeverwallen werden opgeworpen.

In Vlaanderen werden vanaf de middeleeuwen vele van de alluviale vlakten ingepolderd en voorzien van dijken.

Periodes van verhoogde rivierintensiteit kunnen soms leiden tot intensere afzettingsregimes, bijvoorbeeld door het doorbreken van oeverwallen of dijken. Dit heeft plaatselijk geleid tot het uitschuren van ‘wielen’, of de afzetting van zogenaamde crevasse-lobben (Fig. 69 en Fig. 70).



Fig. 64: Voorbeeld van een vlechtend riviersysteem (bron: wikimedia commons, auteur: Nin Mc Phee).



Fig. 67: Systeem van breed meanderend riviersysteem met vorming van Kronkelwaardruggen.

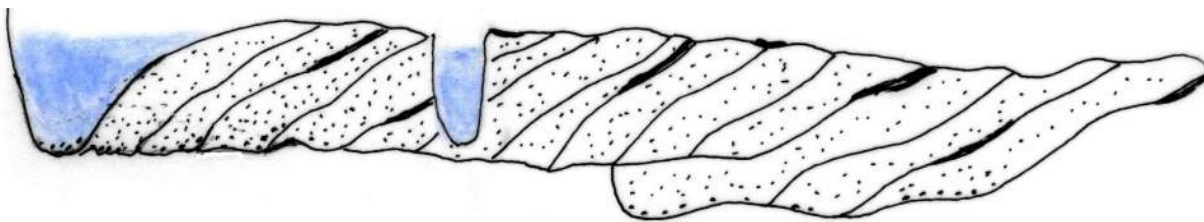


Fig. 68: Schematische laterale doorsnede van een valleivloer met kronkelwaardruggen.



Fig. 69: Voorbeeld van een 'crevasse' doorbraak.

2.4.2.2.3 Voorbeeld: het Benedenscheldebekken

De alluviale zones van het Benedenscheldebekken bezitten in het algemeen de volgende kenmerken¹⁹⁸. De oudste elementen zijn de laatglaciale geulrelicten van meanderende rivieren, en hun geassocieerde kronkelwaardafzettingen (Fig. 71). De juiste datering van de insnijding van dit riviersysteem is niet geheel duidelijk, maar aan de hand van de 14C datering van de oudste opvulling van deze geulen dateert dit zeker van vóór de Allerød periode¹⁹⁹ (Fig. 73). Deze geulen creëerden op diverse plaatsen brede hoefijzervormige meanderlussen, die het laatglaciaal terras dikwijls begrenzen (Fig. 74)²⁰⁰. Zoals reeds gezegd in de inleiding hogerop creëerde de insnijding en vervolgens migratie van deze grote en brede (tot meer dan 100 meter breed en meer dan 10 m diep) riviergeulen op vele plaatsen een systeem van kronkelwaardruggen- en depressies, systemen die plaatselijk (doordat ze later niet of nauwelijks werden afgedekt door latere sedimenten) duidelijk op via het DHM Vlaanderen zichtbaar zijn (Fig. 72). Naast deze hoofdgeulen kwamen plaatselijk ook zijgeulen (*avulsies*, *chute channels*) voor²⁰¹.

De opvulling van de basis van de geulen startte dus in de Allerød periode of nog vroeger, initieel met zgn. *gyttja* afzettingen²⁰².

Een ander kenmerk van de laatglaciale riviervlakten (en de randen ervan) is het plaatselijk voorkomen van 'rivierduinen'. Deze dateren in hoofdzaak wellicht van de periode van de Jonge Dryas, in overeenstemming met gelijkaardige dergelijke ruggen in naburige landen²⁰³ (zie ook 2.4.1.2.3 en 2.4.5.1.4).

Het begin van het holoceen, door een toename van de begroeiing en het dalen van de grondwatertafel, werd gekarakteriseerd door een sterke vermindering van de rivieractiviteit, en de verdere aanzet van de opvulling van de geulen, initieel met fijn klastische afzettingen (klei). De grote brede geulen werden daardoor mini valleien waarin een systeem van kleine 'underfit' riviertjes hun weg zocht.

Deze drastische vermindering van rivieractiviteit wordt verder geïllustreerd doordat in de loop van het Preboreaal de opvulling van de geulen sterker organisch (humeuze tot venige klei en veen) werd²⁰⁴.

De globale grondwaterstijging en (vanaf het Laat-Atlanticum) de zeespiegelstijging²⁰⁵ zorgde gedurende het Boreaal en Atlanticum voor een verdere, gestage opvulling van de fossiele geulen. Op sommige plaatsen al vanaf het Laat-Atlanticum maar meer algemeen vanaf het Subboreaal was de opvulling van deze laatglaciale geulen voltooid, en breidde de overstromingsvlakte zich verder uit, buiten de grenzen van deze, nu fossiele, geulen²⁰⁶ (Fig. 75).

¹⁹⁸ Bogemans *et al.* 2012; Kiden 1991; Meylemans *et al.* 2013; Verbruggen & Kiden 1996.

¹⁹⁹ Meylemans *et al.* 2013, cf. voor de Bovenschelde ook Sergant *et al.* 2018.

²⁰⁰ Voor de valleien van Dijle en Demer cf. ook Heyse & Demoulin 2018.

²⁰¹ Cf. bijv. in de Sigma zone Wijmeersen: Perdaen *et al.* 2011a.

²⁰² Meylemans *et al.* 2013.

²⁰³ Kasse 1995; 2002; Isarin *et al.* 1997.

²⁰⁴ Bogemans *et al.* 2012; Meylemans *et al.* 2013.

²⁰⁵ Verbruggen *et al.* 1991; Kiden & Verbruggen 2001.

²⁰⁶ 14C dateringen wijzen er op dat plaatselijk wel vroeger afzettingen of veenvorming plaats vond



Fig. 71: Reconstructie van het landschap en de loop van de Schelde tijdens het Boreaal ter hoogte van de site Kerkhove-Stuw²⁰⁷.

Hierdoor werden delen van de laatglaciale rivierterassen omgevormd tot brede, moerassige vlaktes. Pollenonderzoek wijst in deze periode dan ook op de ontwikkeling van uitgestrekte moerasbossen (elzenbroekbossen)²⁰⁸. In deze periode waren er wellicht geen grote meanderende rivierlopen in deze vlaktes aanwezig, maar bestond het regime uit een vlechtend riviersysteem van kleinere geultjes (Fig. 76). Op verschillende plaatsen binnen het alluviaal terras vond veenvorming plaats, of werden overstromingssedimenten afgezet. Vanaf ca 4000 BP wordt de menselijke invloed in het Scheldebekken (ontbossing, akkerbouw, ...) duidelijk zichtbaar, wat zich uitte in de afzetting van meer klastische sedimenten²⁰⁹.

Wellicht in de periode van de transitie van het Subboreaal naar het Subatlanticum (overgang bronstijd-ijzertijd) vond een nieuwe transitie van rivierregime plaats, namelijk de insnijding van het (opnieuw) meanderende riviersysteem dat we ook vandaag nog kennen²¹⁰. Deze evolutie, die in diverse rivierbekkens in Europa wordt waargenomen, werd wellicht veroorzaakt door veranderende klimatologische omstandigheden²¹¹. Dit ging plaatselijk gepaard met de insnijding van kleinere zijgeultjes en het 'opwerpen' van crevasse-lobben (Fig. 77). Deze verhoogde rivieractiviteit in deze periode is dus plaatselijk verantwoordelijk voor het eroderen van het laatglaciale-vroegholocene oppervlak.

²⁰⁷ Bovenschelde, cf. Sergant et al. 2018: tekening Ulco Glimmerveen, copyright De Vlaamse Waterweg.

²⁰⁸ Storme 2020.

²⁰⁹ Mullenders et al. 1966; Huybrechts 1985; 1989; 1999; Verbruggen et al. 1991.

²¹⁰ Kiden 1991; Bogemans et al. 2012; Meylemans et al. 2013.

²¹¹ Dambeck & Thiemeyer 2002; Feurdaen et al. 2008; Van Geel et al. 1996; Van Geel & Renssen 1998.

Niettegenstaande een schijnbaar drogere periode in de loop van de 2de en 3de eeuw n.Chr., waardoor Romeinse exploitatie van en zelfs bewoning in de valleivloer plaatselijk mogelijk was²¹², werd de verdere evolutie van de riviervlakten gedurende het Subatlanticum, tot de oprichting van uitgebreide netwerken van dijken in de middeleeuwen, gedomineerd door verdere opbouw van de alluviale vlakten met vooral kleiige afzettingen. Dit werd vooral veroorzaakt door intensere menselijke impact, met erosie door landbouw in de bovenloopse gebieden, dus meer sedimentlading in de rivieren, en dus intensere overstromingen en afzetting van sedimenten in de alluviale vlakten meer stroomafwaarts. Door deze verdere laterale en verticale uitbreiding van de alluviale sedimentatie werd het laatglaciale en vroegholocene (steentijd) oppervlak plaatselijk verder afgedekt. Deze algemene toename van alluviale afzettingen in deze periode is een algemeen fenomeen in Europa²¹³.

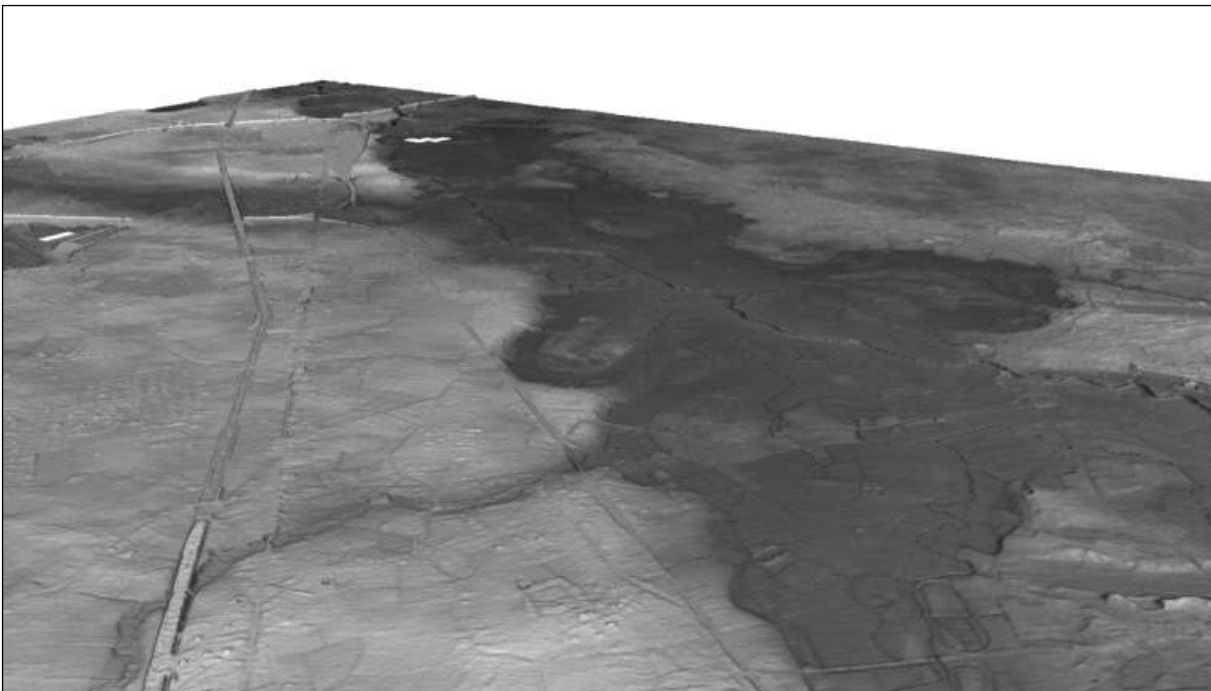


Fig. 72: 3D DHM beeld van een deel van de Dijlevallei tussen Mechelen en Leuven, met een duidelijke begrenzing van het alluviaal terras en relictten van laatglaciale meanderlussen.

²¹² Meylemans *et al.* 2013.

²¹³ Cf. bijvoorbeeld Wojcicki 2010.

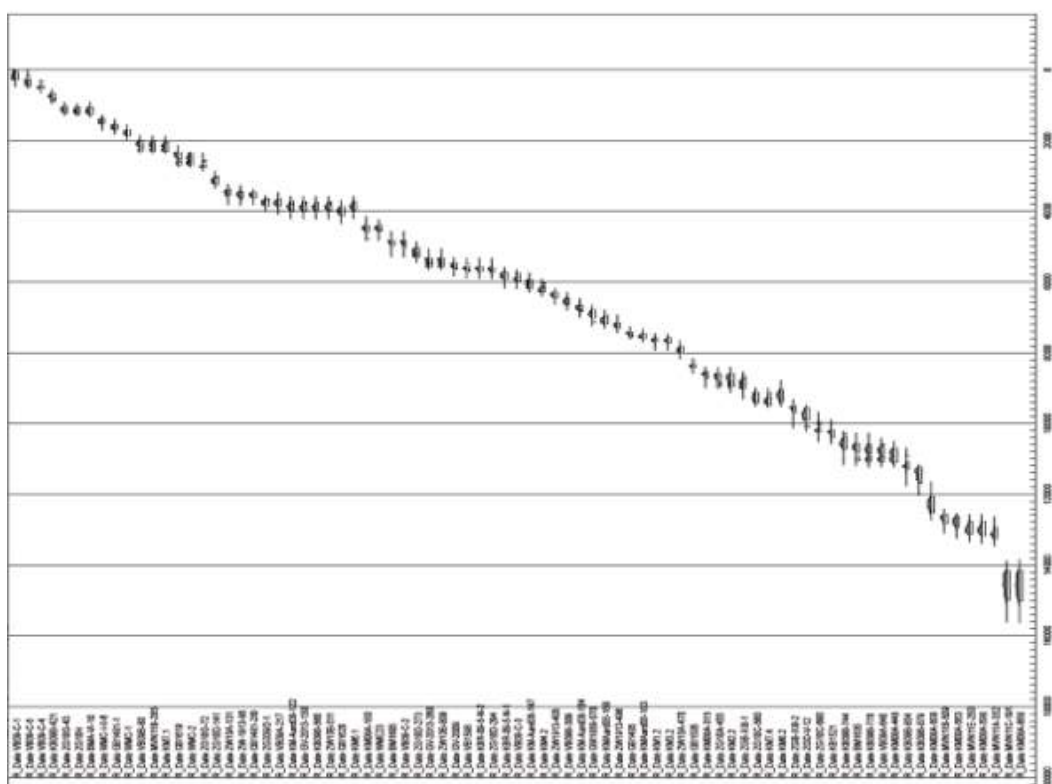


Fig. 73: Reeks 14C datering van opvullings- en andere sedimenten in de valleien van de Beneden-Schelde en corresponderende trends²¹⁴.

²¹⁴ Cf. Meylemans *et al.* 2013.

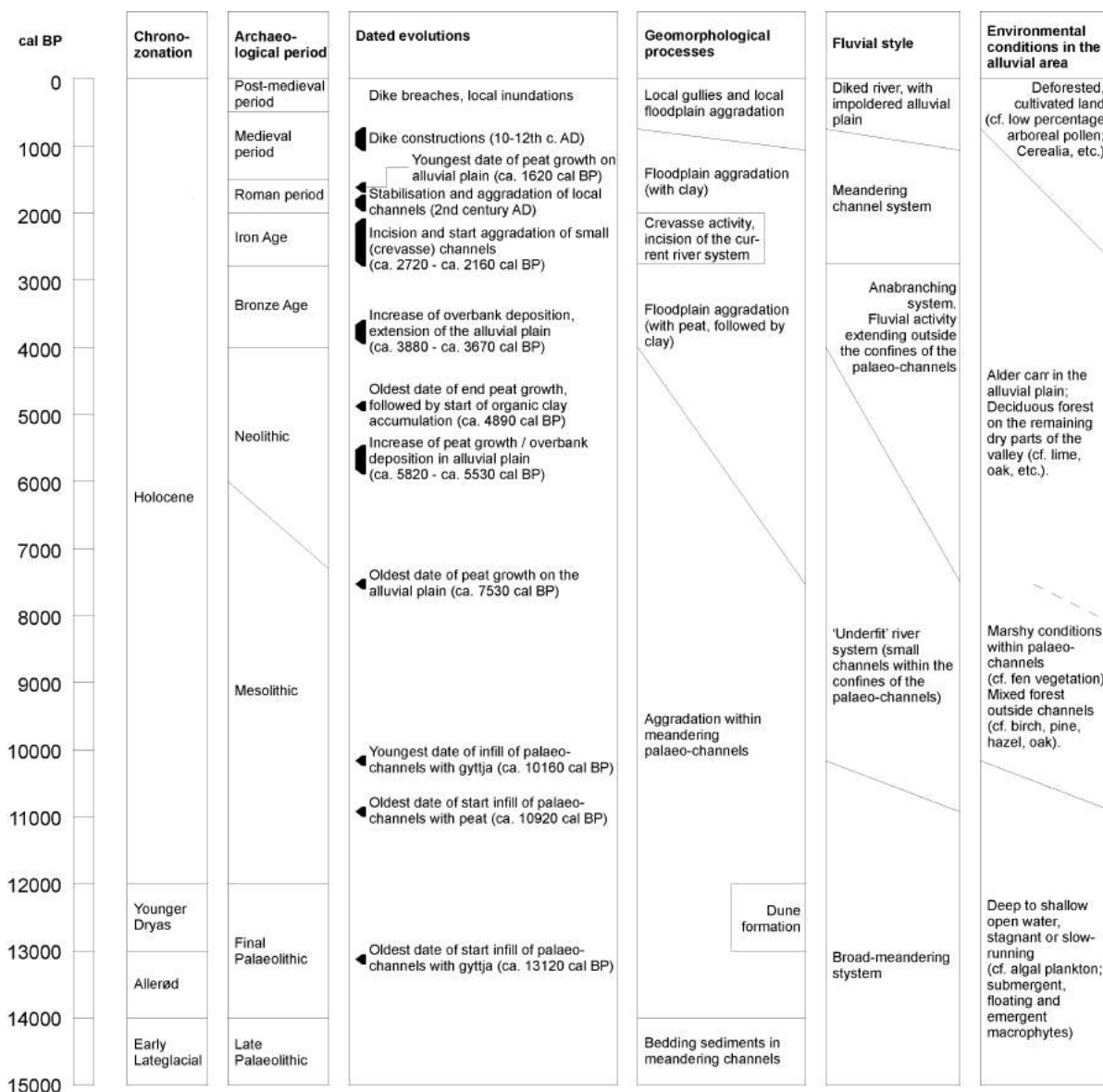


Fig. 74: Schematische weergave van de evolutie van de riviervalleien van het Beneden-Scheldebekken in de loop van het laatglaciaal en holoceen²¹⁵.

²¹⁵ Meylemans *et al.* 2013.



Fig. 75: voorbeeld van een moerasbos (referentiebeeld Subboreaal).



Fig. 76: Systeem van kleinere geultjes opgevuld met zand in de holocene overstromingsvlakte (Bergenmeersen, Wichelen)²¹⁶.



Fig. 77: Kronkelwaardafzettigen en geassocieerd geultje uit de periode van het vroeg-subatlanticum in de Sigma zone 'Wijmeersen'²¹⁷.

²¹⁶ Cf. Meylemans *et al.* 2021.

²¹⁷ Cf. Meylemans *et al.* 2014b.



2.4.2.2.4 Voorbeeld: de Moervaartdepressie

Volgend op eerder onderzoek²¹⁸, werd door de UGent in de zone van de Moervaartdepressie veel landschappelijk onderzoek verricht, gericht op het in kaart brengen van de geomorfologie en sedimentaire opbouw van het gebied, en de chronologie hiervan²¹⁹. In het kader van mogelijke natuurontwikkeling werd door het agentschap Onroerend Erfgoed eveneens een landschappelijk, archeologisch en cultuurhistorisch onderzoek uitgevoerd in het uiterste westen van de depressie²²⁰ (Fig. 78). Bij deze onderzoeken werd gebruik gemaakt van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen, geofysische meetmethodes, een groot aantal boringen, en een brede waaier aan natuurwetenschappelijke onderzoeksmethoden (Fig. 79, Fig. 80, Fig. 81 en Fig. 82).

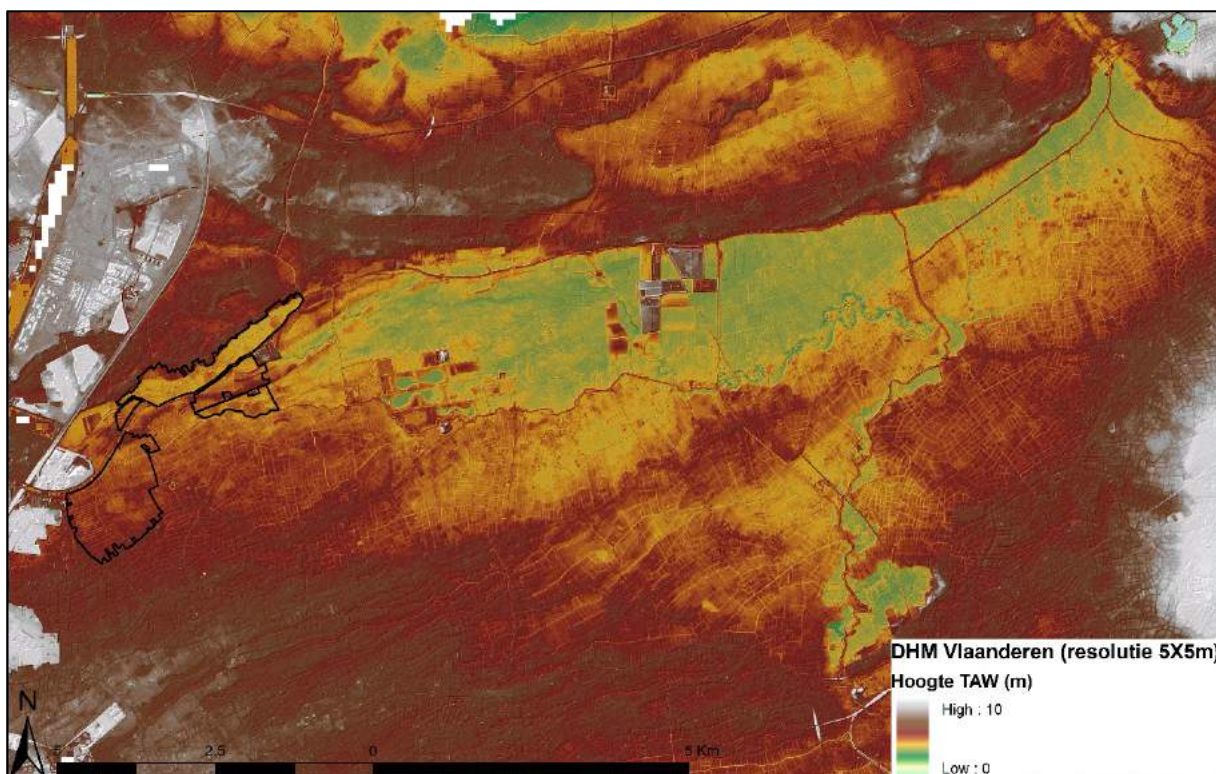


Fig. 78: Depressie van de Moervaart op het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen.

De onderzoeken tonen aan dat het meer vrij ondiep was, met een maximale dikte van de meersedimenten ter hoogte van Moerbeke 'Suikerfabriek' van ca. 2 m. Een belangrijke sequentie bevindt zich eveneens bij Klein-Sinaai Boudelo²²¹. Naar de aanwezigheid van de zaden van een aantal plantensoorten (o.a. waterlelie) en andere aquatische indicatoren (diatomeeën, macrophyten, ...) was de maximum diepte van het meer ca. 3 tot 4 m. De meersedimenten zijn opgebouwd met een alternatie van kalkrijke gyttja afzettingen en meer humeuze/venige sedimenten. Aan de hand van 14C dateringen op deze afzettingen is duidelijk dat het meer bestond tijdens nagenoeg de volledige periode van het laatglaciaal, van ca. 14890 tot ca. 13255 cal BP (jaren vóór heden). Tijdens de warmere Allerød periode kende het meer wellicht zijn grootste omvang en diepte. Vanaf het einde van de Allerød en tijdens de daaropvolgende koude Jonge Dryas fase droogde het meer op.

²¹⁸ Heynderickx 1982.

²¹⁹ Bats *et al.* 2009; 2010; Bos *et al.* 2013; 2017; 2018; Crombé *et al.* 2013a; De Smedt *et al.* 2011; Werbrouck *et al.* 2011.

²²⁰ Meylemans *et al.* 2011; 2012.

²²¹ Bos *et al.* 2018.



Fig. 79: Sleuf doorheen de meersedimenten van de Moervaartdepressie (foto: UGent).

In het westelijke gedeelte van de depressie is een anastomoserend netwerk van vroegere kleine (ca. 15 tot 20 m breed en tot ca. 2 m diep) waterloopjes aanwezig²²². Dit netwerk van waterloopjes waterde vermoedelijk af naar het meer open water in het oosten van de depressie. Het natuurwetenschappelijk en dateringsonderzoek op enkele van deze geultjes tonen aan dat deze geultjes nagenoeg gelijklopend met de oostelijke meersedimenten werden opgevuld.

Naast deze geultjes is een veel grotere, meanderende fossiele waterloop aanwezig in het gebied van de Moervaartdepressie. Deze geul is ca. 30 tot 50 m breed en tot 4-6 m diep. Deze waterloop loopt in het noorden van het westelijke gedeelte van de depressie, en buigt af naar het zuid-zuidwesten ongeveer halverwege de depressie, om daar connectie te maken met de vallei van de Durme. Dit is vermoedelijk de vroegere loop van de Kale/Durme²²³. De opvulling van deze geul begint naar de beschikbare dateringen naar het einde van de Allerød periode, i.e. de periode waarin het meer zelf begon op te drogen. De opvulling van deze geul is verder te traceren tot tenminste het einde van het Boreaal, met een datering voorhanden voor het einde van de opvulling van ca. 9000/8800 cal BP.

Aan de hand van luchtfoto's en het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen kan het verloop van deze vroegere meanderende waterloop door een groot deel van de Moervaartdepressie gevolgd worden (Fig. 80). Aan de randen van deze geul werden in het verleden al prehistorische sites aangetroffen²²⁴. De randen van deze geul hebben dan ook een zeer groot potentieel voor de aanwezigheid van dergelijke sites van het mesolithicum. In de geul zelf kunnen afvaldumps van dergelijke nederzettingen verwacht worden, met potentiële bewaring van organische materialen (zowel arte- als ecofacten).

²²² De Smedt *et al.* 2011a, b, c.

²²³ Crombé *et al.* 2013a.

²²⁴ Van Vlaanderen *et al.* 2006; Perdaen *et al.* 2016a; 2016b.



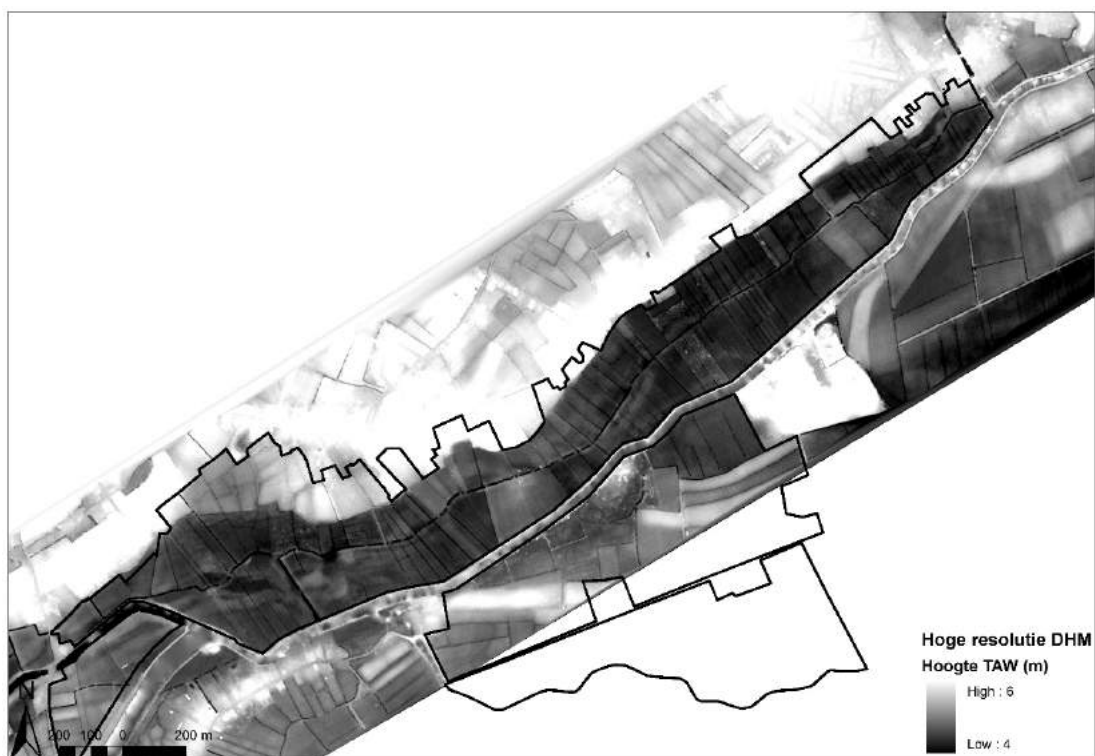


Fig. 80: detailbeeld van het DHM van het westelijke deel van de Moervaartdepressie. De laatglaciale meanderende loop en enkele ruggen zijn hierop zichtbaar.



Fig. 81: Resultaten van geofysisch onderzoek in westelijk deel van de Moervaartdepressie, in functie van landschappelijk onderzoek²²⁵.

²²⁵ Meylemans *et al.* 2011; 2012.

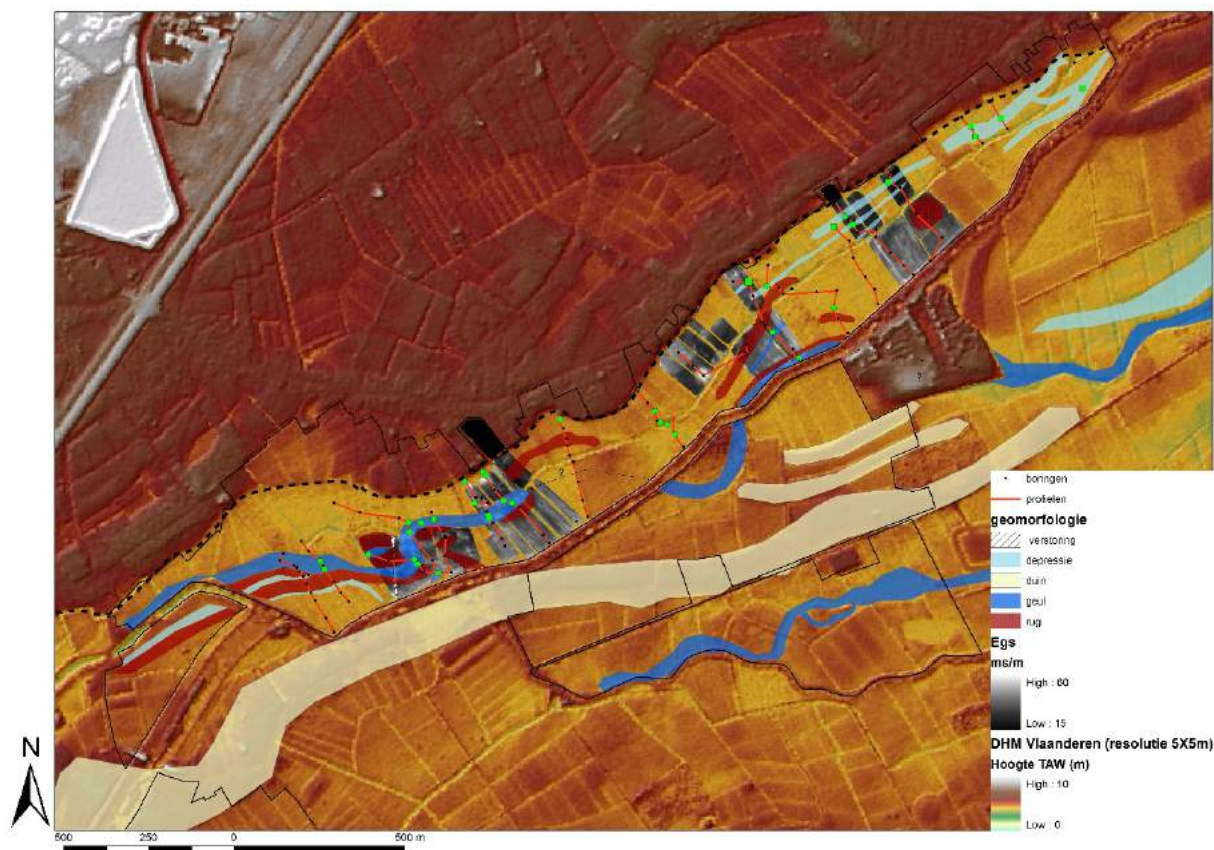


Fig. 82: westelijke deel van de Moervaartdepressie op DHM, met scans van geofysisch onderzoek, locatie van landschappelijke boringen, en de reconstructie van de voornaamste geomorfologische elementen²²⁶.

De noordelijke rand van de Moervaartdepressie wordt gevormd door de dekzandrug Maldegem-Stekene. Recent onderzoek hier door de UGent toont aan dat hier in het laatglaciaal, en zowel in de Allerød als de Jonge Dryas periodes, nog belangrijke verstuingen plaats vonden²²⁷. Dit heeft zelfs tot gevolg dat deze noordelijke rand tot 100 meter naar het zuiden opschoof, en dat dus deze herwerkte dekzanden een deel van de Moervaartdepressie afdekken. Deze complexe situatie betekent dat op deze noordelijke rand enerzijds in de zanden verschillende niveaus met archeologische sites kunnen aanwezig zijn, anderzijds dat deze noordelijke rand nog potentieel archeologische sites en ecologische sequenties van de Moervaartdepressie afdekt. Deze noordelijke rand van de depressie heeft, ook al gezien de veel gekende prehistorische sites hier, een bijzonder groot potentieel voor de aanwezigheid van sites uit het finaalpaleolithicum en in mindere mate het mesolithicum. Met name de hoge concentratie aan finaalpaleolithische *Federmesser* vindplaatsen is opvallend²²⁸. In het mesolithicum vond de meeste occupatie in het gebied plaats langs de fossiele waterloop van de Kale/Durme. In 2012 werd een benen werktuig uit het mesolithicum aangetroffen te Klein-Sinaai, dat zich bevond in de meersedimenten. Radiokoolstofdateringen wijzen er op dat dit werktuig te situeren is in de eerste helft van het 8ste millennium vóór Christus²²⁹.

²²⁶ Uit Meylemans *et al.* 2011.

²²⁷ Bos *et al.* 2018.

²²⁸ Crombé *et al.* 2013a.

²²⁹ Crombé *et al.* 2012; 2013b.

2.4.2.2.5 Voorbeeld van een kleinere vallei: het bekken/ de vallei van de Mark (Noorderkempen)

De vallei van de Mark en diens bijlopen behoort tot het bekken van de Maas, en ontspringt op de 'Kempense cuesta', die de waterscheiding tussen Schelde- en Maasbekken vormt. De bovenlopen van de Mark hebben hun oorsprong vrij dicht tegen de kam van de cuesta, op een hoogte tussen ca. 25 en 30 m TAW. In hoofdzaak watert het bekken af in noordelijke richting, consequent met het naar het noorden afhellende vroeg-middenpleistocene substraat²³⁰. De bovenlopen van deze beken kennen een relatief sterk verval. Aan de grens met Nederland, slechts ca 18 km ten noorden van de brongebieden, stroomt de Mark immers al op een hoogte van ca. 8 m TAW.

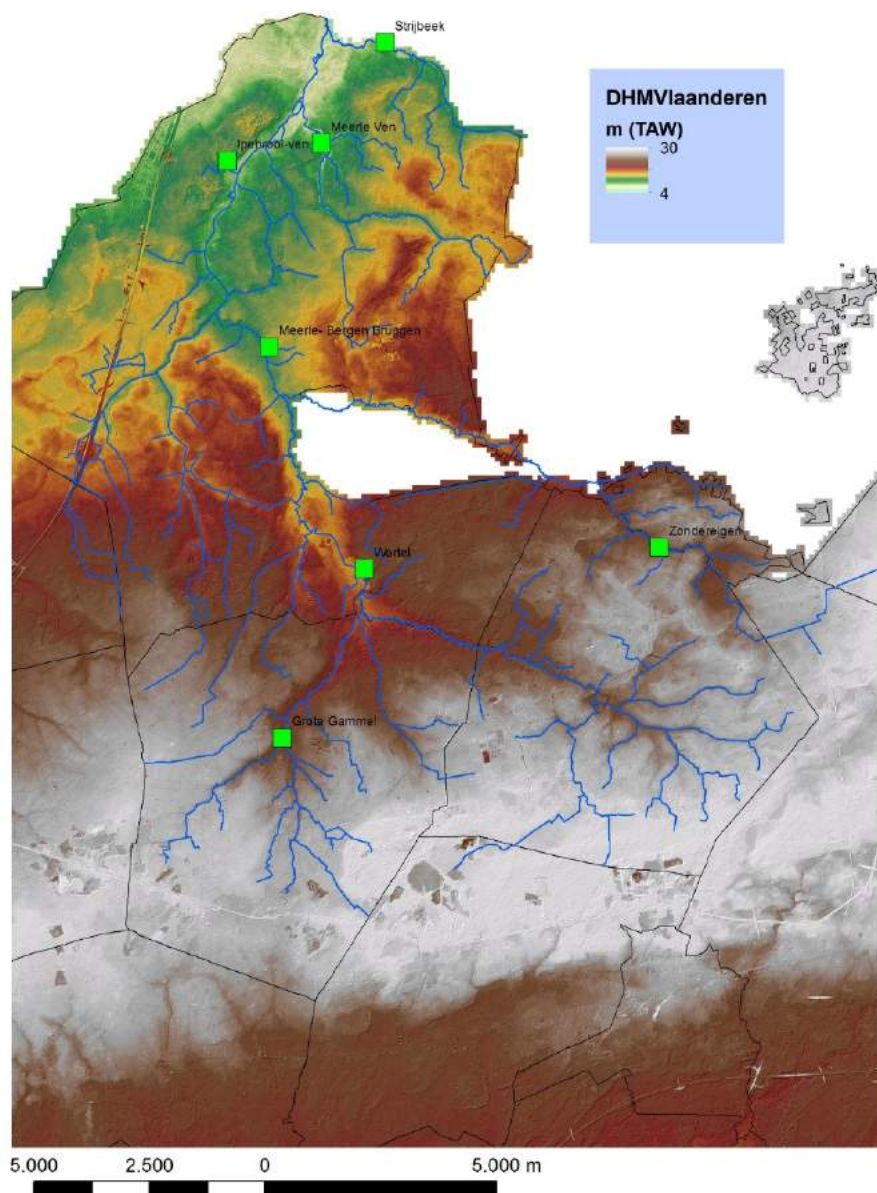


Fig. 83: Bekken van de Mark op het DHM Vlaanderen, met weergave van waterlopen en bestudeerde paleoecologische sequenties.

²³⁰ Van Huissteden *et al.* 1986.

Het Markbekken kan opgedeeld worden in een 'boven' en 'beneden' gedeelte. Met het bovengedeelte bedoelen we hier het dendritisch patroon van kleine waterlopen en smalle valleien op de Kempense cuesta, in hoofdzaak tot aan de samenvloeiing van de Keurschotsebeek en de westelijke Mark enkele honderden meter ten zuiden van Wortel. Het benedengedeelte is het gedeelte van de vallei vanaf deze samenvloeiing, waarna de Markvallei in het lager gelegen dekzandlandschap zijn overwegend noordelijke oriëntatie aanneemt, en een veel bredere valleivloer kent. Dit is eveneens het punt waar de holocene opvulling van de vallei zijn grootste dikte bereikt, een dikte die in stroomafwaartse zin vanaf dan ongeveer gelijk blijft, conform de vlakke dalbodem die de vallei vanaf deze locatie kenmerkt²³¹.

De evolutie van de Markvallei werd bestudeerd op verschillende transecten en plaatsen, zowel in Vlaanderen als net over de grens in Nederland (Fig. 83). De Ploey²³² bespreekt verschillende ontsluitingen in de regio, en de paleo-ecologie en opvulling van een sectie door de vallei ter hoogte van Wortel. Vandenberghe *et al.* 1987 en Bohnke *et al.* 1987 omvatten de studie (geomorfologie, paleo-ecologie) van een sectie van de Markvallei ter hoogte van Notsel (NI). Beyens bespreekt verschillende paleo-ecologische onderzoeken op sequenties in het Mark bekken²³³, met de nadruk op de sequenties van het Ipenrooi-Ven²³⁴ en de 'landnam' fasen van de sequentie te Wortel²³⁵.

Het substraat waarin de Markvallei is ingesneden is in hoofdzaak van vroegpleistocene, pré-Eemien ouderdom, en bestaat aan de basis uit kleien en kleiige zanden ('zanden en kleien van de Kempen')²³⁶, en grofzandige afzettingen met kleiige en lemige intercalaties ('zanden van Alphen')²³⁷. De insnijding van de vallei is te situeren in het vroeg Weichseliaan. Vandenberghe *et al.* plaatsen de finale erosieve fase die dit terras vorm gaf in de overgangperiode van het vroeg- naar het midden-Weichseliaan²³⁸. Aan de basis van de vallei-afzettingen bevinden zich slecht gesorteerde grofzandige afzettingen²³⁹ die een scherpe, erosieve grens vertonen t.a.v. de onderliggende zanden van Alphen.

Deze afzettingen zijn te relateren aan een vlechtend riviersysteem, dat in het Weichsel pleniglaciaal geplaatst wordt²⁴⁰. Naar het einde van het pleniglaciaal toe lijkt er een nieuwe fase van rivieractiviteit plaats te hebben gevonden, getuige kleine depressies in de top van eenheid 3, die plaatselijk herwerkt dekzand bevatten²⁴¹. Ook in deze fase is er sprake van een vlechtend riviersysteem. De pleniglaciale dekzandafzettingen zelf, die plaatselijk aan de basis gekenmerkt worden door de Beuningen 'desert pavement', bevinden zich buiten en aan de rand van de vallei, en zijn over het algemeen in het gebied niet dik²⁴².

In de overgangperiode naar of vroeg in het laatglaciaal ontstond er een nieuwe rivierdynamiek, gekenmerkt door een smalle maar diepe (tot 8m) nieuwe insnijding van een meanderend riviersysteem. Doordat de onderliggende zandige afzettingen weinig weerstand boden tegen erosie kon deze meanderende waterloop plaatselijk een brede valleivloer uitschuren²⁴³. Het veen aan de basis

²³¹ cf. De Ploey 1961, p. 82, plaat 24.

²³² De Ploey 1961.

²³³ Beyens 1982.

²³⁴ Beyens 1984a.

²³⁵ Beyens 1984b.

²³⁶ Eenheid 1 in Vandenberghe *et al.* 1987.

²³⁷ Eenheid 2 in Vandenberghe *et al.* 1987.

²³⁸ Vandenberghe *et al.* 1984.

²³⁹ Eenheid 3 in Vandenberghe *et al.* 1987.

²⁴⁰ Van Huissteden *et al.* 1986.

²⁴¹ eenheid 4b in Vandenberghe *et al.* 1987.

²⁴² ca 1m; eenheid 4a in Vandenberghe *et al.* 1987.

²⁴³ De Ploey 1961.

van de opvulling van deze geul ter hoogte van Notsel (Nederland)²⁴⁴ dateert, naar zowel het pollenonderzoek als 14C dateringen, uit de Bølling- overgang Jonge Dryas periode. Eolische activiteit tijdens het laatglaciaal, vnl. ook tijdens de drogere periode van de Jonge Dryas, was verantwoordelijk voor de vorming van duinen langs en in de valleivloer, en zorgden lokaal voor obstructies van de waterlopen, waardoor langsheen de beken van het Mark-bekken verschillende depressies en vennen werden gevormd²⁴⁵. Veenvorming vond in het laatglaciaal ook plaats buiten de rivierbedding, in depressies in het pleniglaciaal terras²⁴⁶. In de sectie van Notsel is veen uit de Bølling- Allerød periode aanwezig, dat gegroeid is in 'backswamp' posities van dit terras. Te Bergen en Halle wordt de vroegste opvulling gevormd door gyttja, die naar pollenonderzoek te plaatsen is in de Allerød periode²⁴⁷.

De verdere laatglaciale opvulling van de geul zelf bestaat vooral uit klastische afzettingen, die een 'fining up' sequentie vertonen (fijner van textuur worden naar boven toe)²⁴⁸. Zoals ook elders op het pleniglaciaal terras komen plaatselijk ook in de geulvulling eolische afzettingen voor, bestaande uit fijne zanden, die werden opgestoven in de Jonge Dryas²⁴⁹.

Vanaf het vroeg Preboreaal wordt de laatglaciale geul gekenmerkt door veengroei²⁵⁰. Deze opvulling met veen loopt door tot in het Atlanticum. Het einde van deze fase is gekenmerkt door een zandig riet veen. Rivieractiviteit schijnt in deze periode minimaal te zijn, getuige het ontbreken van fluviatiele afzettingen. Vermoedelijk is er in deze periode sprake van een 'diffuus' afwateringspatroon, met een stelsel van kleinere geultjes. Lateraal werden ook venige kleien afgezet²⁵¹. Op het einde van het Atlanticum is er sprake van een nieuwe fluviatiele cyclus, met de afzetting van grovere beddingsedimenten met kleinodules en herwerkt organisch materiaal. Vandenberghe *et al.* (1984) plaatsen in deze periode de insnijding van een nieuwe meanderende waterloop.

De overgang tussen Atlanticum en Subboreaale werd in de sequentie van Wortel gedateerd op 4680 ± 75BP. De recentere opvulling bestaat uit klastische alluviale afzettingen waarin een hoog zandgehalte aanwezig is²⁵². In de depressies aan de rand van de vallei is de veengroei plaatselijk nog doorgegaan tot laat in het Subatlanticum, bv. in het Ipenrooi-Ven²⁵³. In de loop van het Subatlanticum wordt de vallei verder opgevuld met klastische overstromingsafzettingen, die plaatselijk tot 2m dik kunnen zijn²⁵⁴. Deze afzettingen zijn dikwijls vrij zandig, o.a. door een 'aanrijking' met eolische afzettingen, verklaard als het gevolg van ontbossingen vanaf de periode van de vroege middeleeuwen²⁵⁵.

De randen van de huidige vallei zijn plaatselijk zeer duidelijk, en stemmen overeen met de spreiding van de vlechtende rivierafzettingen van het Weicheliaan. Dit pleniglaciaal terras vormt in hoofdzaak ook nog de huidige valleivloer van de Mark. Het diep ingesneden laatglaciale riviernetwerk veroorzaakte ook laterale erosie²⁵⁶, maar schijnt slechts plaatselijk de randen van het pleniglaciaal terras te hebben geërodeerd. Dit is bijvoorbeeld vermoedelijk het geval ter hoogte van Wortel, waar de oostelijke oever in reliëf schijnt gezet te zijn door enkele opeenvolgende meanderbochten, resulterend in een zeer uitgesproken steilrand (Fig. 84).

²⁴⁴ Eenheid 5 in Vandenberghe *et al.* 1987.

²⁴⁵ Vandenberghe *et al.* 1984, 1987.

²⁴⁶ Bohnke *et al.* 1987.

²⁴⁷ Vandenberghe *et al.* 1984; Vandenberghe & Bohnke 1985.

²⁴⁸ Eenheid 6 in Vandenberghe *et al.* 1987.

²⁴⁹ Eenheid 7 in Vandenberghe *et al.* 1987.

²⁵⁰ eenheid 8 in Vandenberghe *et al.* 1987; De Ploey 1961; Riezebos & Slotboom 1970; Beyens 1982.

²⁵¹ Vandenberghe *et al.* 1984; 1987.

²⁵² Beyens 1984b.

²⁵³ Beyens 1984a.

²⁵⁴ De Ploey 1961.

²⁵⁵ Vandenberghe *et al.* 1984.

²⁵⁶ Vandenberghe *et al.* 1987.



Fig. 84: Valle van de Mark met uitgesproken steilrand ter hoogte van Wortel.

Voornamelijk in de bovenlopen hebben zich door laatglaciale eolische activiteit plaatselijk duinen dwars op de vallei gevormd, die lokaal obstructies vormden. De meanderende waterlopen zijn hierdoor hetzij omgeleid, of hebben zich plaatselijk ook door deze duinen gewerkt. Hier en daar ontstonden door deze 'afdammingen' langs de waterlopen depressies en vennen. Verschillende van dergelijke depressies zijn te vinden in het gebied, o.a. langs de 'Moerkensloop'. De basis van deze depressies is dikwijls opgevuld met gyttja in het laatglaciaal²⁵⁷.

De loop van de laatglaciale Mark wordt aan de oppervlakte gemaskeerd door overstromingsafzettingen van de laatholocene rivier. Plaatselijk bereiken deze kleig- zandige afzettingen diktes tot 2m. De opvulling met dit alluvium geeft de vallei over grote delen een vrij vlak uitzicht, zonder uitgesproken steilranden. De meanderende holocene loop van de Mark en de bovenlopen zijn over grote stukken rechtgetrokken. De afgesneden meanderbochten zijn plaatselijk nog wel via hetzij historische kaarten, hetzij remote sensing bronnen (bv. DHM2) traceerbaar. De holocene vallei is op de bodemkaart zichtbaar als een complex van slecht gedraineerde gronden zonder profielontwikkeling, die de waterlopen flankeren. Deze alluviale afzettingen worden in het gebied meestal aangeduid met een zandig-silteuze, tot soms zandige textuur (textuurklassen S, P en Z op de bodemkaart). Lokaal is deze gordel van alluviale afzettingen langs de waterlopen vrij breed (tot meer dan 1km). Op verschillende plaatsen is een substraat met veen aanwezig op relatief geringe diepte (<1,20m, de diepte van de karteringen van de bodemkaart).

In de Markvallei werden verschillende sequenties bemonsterd en bestudeerd in functie van paleo-ecologie (Fig. 83).

De opvulling van de vallei te Meerle-Bergen-Bruggen begon wellicht in de vroege Allerød periode. De start van de holocene opvulling wordt gedateerd op ca. 10300 à 10400BP, gekenmerkt door de toename van *Pinus*, de introductie van *Corylus* en andere warmteminnende soorten, en het verdwijnen van de kenmerken van een steppevegetatie (bv. *Artemisia*). Het laatglaciale spectrum vóór deze klimaatsverbetering toont een steppevegetatie en een dominantie van berk in de boompollen²⁵⁸.

Te Ipenrooi-Ven begon de holocene veengroei ca 10230BP. Pollenonderzoek toont aanvankelijk een open parklandschap met *Betula* als dominante boomsoort, gevolgd door een relatief denses *Betula* en *Pinus* bos. De zgn. Piottino oscillatie, een koudere periode tijdens het Preboreaal, wordt hier gedateerd op ca 9660 BP, en komt vooral tot uiting door de uitbreiding van het berkenbestand. Een andere kortstondige klimaatsverslechtering (Mark-oscillatie) is zichtbaar naar het einde van het Preboreaal. In deze periode gaat het aandeel van *Pinus* licht achteruit, maar neemt vooral het aandeel van Gramineae toe. Zoals elders in het Markbekken²⁵⁹ blijft tijdens het Boreaal *Pinus* enigszins dominant in het bosbestand. Tijdens het Atlanticum vindt te Ipenrooi-ven hernieuwde veengroei plaats, maar wordt de vallei ter hoogte van Wortel gekenmerkt door een sterke waterstijging. Het pollenbestand toont voor dit Atlanticum een dicht bos met een goed ontwikkeld hazelaarsbestand. Verder zijn ook *Pinus* en *Betula* nog talrijk. *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia* en *Fraxinus* vormen ca 7% van het bosbestand. In de kruidlaag zijn vooral Gramineae aanwezig. Aan de rand van het Ipenrooi-ven was een *Alnus*-broekbos aanwezig. Tijdens de eerste helft van het Subboreaal waren de condities gelijkaardig aan die van het laat-Atlanticum, met drogere condities tijdens de zomers. In de verdere loop van het Subboreaal lijken de duinen voornamelijk begroeid met *Quercus*, *Pinus* en in minder mate *Betula*.

²⁵⁷ Vandenberghe *et al.* 1984.

²⁵⁸ Vandenberghe *et al.* 1984.

²⁵⁹ De Ploey 1961.

In het Ipenrooi-ven werd een fase van middeleeuwse veengroei gedateerd op ca 785AD (1165+-105BP). In het pollenbestand zijn voor deze perioden ook Cerealia aanwezig, o.a. Secale. Het landschap rond het ven was erg ontbost, Corylus was zo goed als verdwenen en de weinige bossen bestaan uit Pinus, Betula en Quercus. Daarnaast was een heidevegetatie zichtbaar met Gramineae, Calluna en Rumex.

Na de middeleeuwen is de herbebossing met den in de loop van de 17^e eeuw duidelijk zichtbaar. In de nabijheid van het Ipenrooi ven zijn ook in deze periode duidelijk graangewassen aanwezig, vnl. rogge (Secale) en boekweit (Fagopyrum).

Verschillende paleo-ecologische sequenties in het bekken van de Mark tonen menselijke invloed vóór de periode van de middeleeuwen. Beyens ziet landnam fasen in de loop van de bronstijd bij de sequenties genomen aan de Strijbeek en te Zondereigen, en tijdens het vroeg subboreaal (neolithicum) en de ijzertijd te Grote Gammel²⁶⁰. De Ploey concludeert ook voor de sequentie genomen te Wortel een vroeg-subboreale en een ijzertijd landnamfase²⁶¹.

Andere studies van Beyens²⁶² te Wortel bevestigen dit beeld, maar identificeren nog oudere landnamfasen, o.a. in het laat-Atlanticum (middenneolithicum/Michelsberg?), en zelfs nog twee oudere landnamfasen, die aan de hand van een 14C datering op de hoger gelegen afzettingen door hem ouder worden geplaatst dan 5980+-80 BP (4982-4782 cal BC; 5071-4687 cal BC). De vroegste landnamfase wordt daarbij gekenmerkt door pollen van cerealia en Plantago lanceolata. Een piek van Betula in deze periode wijst vermoedelijk op het open maken van het bos (pioniersvegetatie). Aan de hand van de inschatting van de snelheid van de veengroei (veen tussen de landnamfasen en de 14C datering) schat Beyens zelfs in dat deze fasen zelfs vóór 6400 BP moeten geplaatst worden, dus ruim vóór de introductie van de landbouw door de boeren van de 'Bandkeramiek' in de leemstreek ca. 5300 cal BC (!).

²⁶⁰ Beyens 1984b.

²⁶¹ De Ploey 1961.

²⁶² Beyens 1983; 1984b.

2.4.2.3 Steentijdsites in beek- en riviervalleien: specifieke kenmerken en mogelijkheden

Zoals gekend bieden steentijd artefactensites op niet afgedekte 'droge' gronden buiten de rivier- en beekvalleien meestal 'slechts' de kans op bewaring van lithische artefacten, eventueel aardewerk (vanaf het finaalmesolithicum), en verbrande ecofacten (verbrand bot, verbrande hazelnoten, enz.).

Zoals de overzichten van de verschillende voorbeelden van regio's hierboven al duidelijk maakten bieden de rivier- en beekvalleien plaatselijk een hoger en bijzonder bewarings- en onderzoekspotentieel.

In de eerste plaats is dit doordat, ook op de hogere delen van het toenmalige oppervlak, de sites dikwijls zijn afgedekt door veen en alluviale sedimenten, zodat deze beschermd werden tegen latere verstoringen zoals landbouw. De integriteit en volledigheid van arte- en ecofactenclusters is dan ook doorgaans hoger dan in de niet afgedekte pleistocene landschappen. Ook 'sporen' bieden in deze omstandigheden uiteraard een beter potentieel op bewaring (Fig. 85).

Ten tweede laat de aanwezigheid van met de prehistorische occupatie contemporaine organisch rijke opvullingssedimenten, doorgaans in de lagere delen van het landschap (bijvoorbeeld in fossiele geulen), de mogelijkheid om in hoge mate van detail het toenmalige milieu en eventuele impact van de menselijke aanwezigheid hierop te bestuderen²⁶³ (Fig. 86, Fig. 87, Fig. 88 en Fig. 89).

Zoals de voorbeelden van de sites van o.a. Bazel-Sluis²⁶⁴, Mechelen-Zennegat²⁶⁵ en Kerkhove-Stuw tonen biedt de aanwezigheid van dergelijke contemporaine afzettingen ook het potentieel voor de bewaring van artefacten uit organisch materiaal, of niet verbrande planten en dierenresten (Fig. 90 en Fig. 91). De lager gelegen nattere delen van het landschap, zoals de randen/oeveren van de vroegere geulen, werden immers dikwijls gebruikt als 'dumpzones' voor afval door de prehistorische mens.

Ten slotte bieden deze contexten uiteraard ook de mogelijkheid op aanwezigheid en bewaring van restanten van zeer specifieke, 'watergebonden' activiteiten en sites. In Bazel-sluis wijst de aanwezigheid van bijzonder veel visresten op het belang van de visvangst in deze periode. In de baggervondsten van de Schelde vermeldde we al de aanwezigheid van benen spitsen/harpoenen, maar ook vishaken. In Nederland werden op sites in de Maas-Rijn delta eveneens al visfinken aangetroffen (Fig. 92). De sites van Hardinxveld toonden daar ook al de mogelijkheid van de aanwezigheid van watergebonden transportmiddelen zoals kano's (Fig. 93). Maar ook goed bewaarde 'jachtsites' kunnen in deze omstandigheden voorkomen en bijzonder goed bewaard zijn. Op de site van Bazel-Sluis bijvoorbeeld werden vrij veel resten van groot jachtwild (oerrund, everzwijn, ree, ...) aangetroffen in de 'dumpzone' bij de site. De site van Jardinga-Johannahoeve in Nederland biedt het voorbeeld van een goede bewaring van een 'kill site' van een oerrund, bewaard in beekdalafzettingen²⁶⁶.

²⁶³ Cf. bijv. Deforce *et al.* 2014; Sergant *et al.* 2018, Storme 2020.

²⁶⁴ Meylemans *et al.* 2016.

²⁶⁵ Meylemans *et al.* 2014a.

²⁶⁶ Prummel *et al.* 2011.

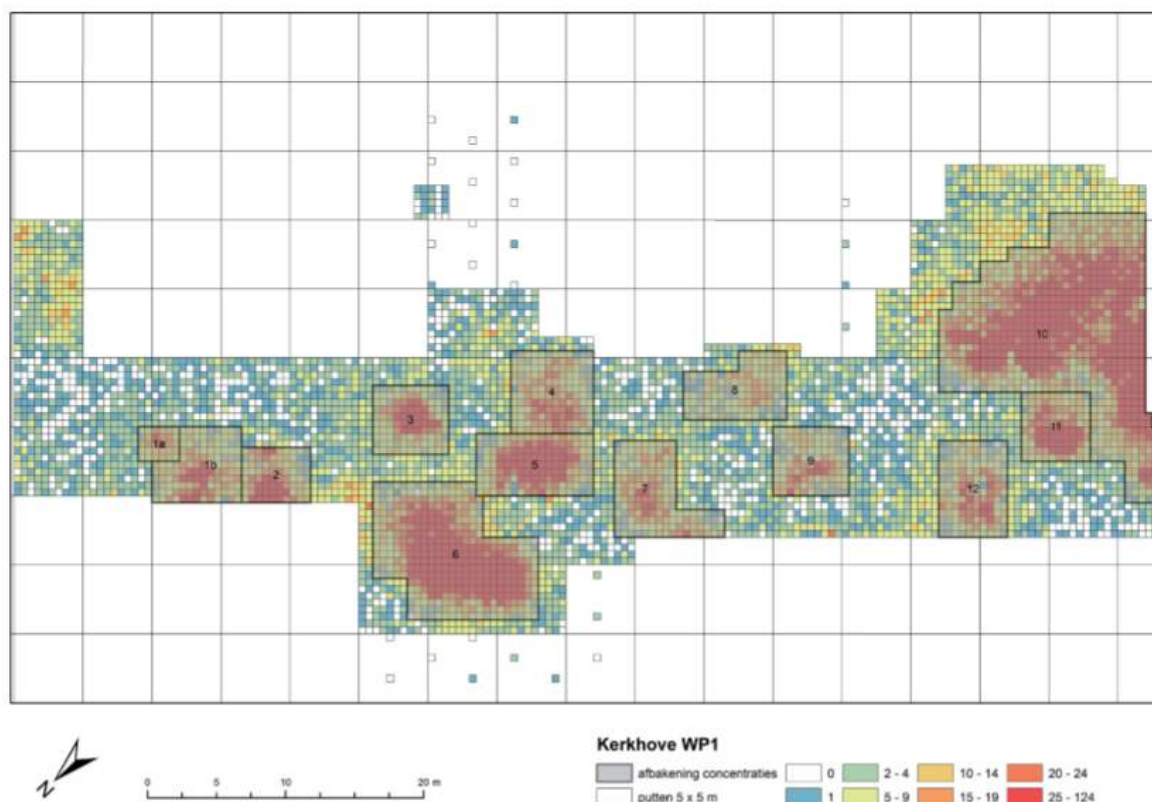


Fig. 85: Schematische weergave discrete artefactenclusters op de site van Kerkhove-Stuw²⁶⁷.



Fig. 86: Overzicht van de 'oeverzone' in de opgraving van de site Bazel-Sluis werkput 2²⁶⁸.

²⁶⁷ Sergant *et al.* 2018.

²⁶⁸ Meylemans *et al.* 2016.

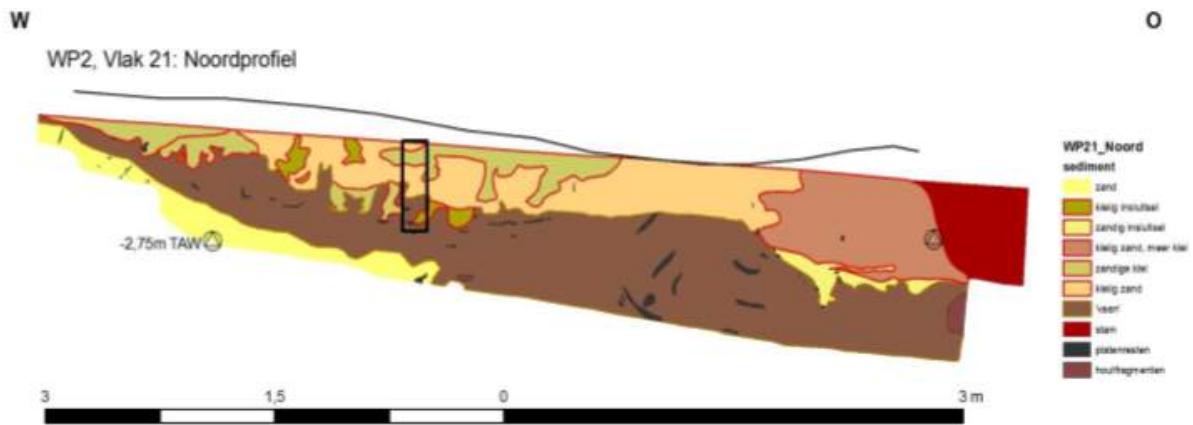


Fig. 87: Transect op de oever (dump) zone Bazel-Sluis, werkput 2. De top van het veen wordt gekenmerkt door een grillige bovengrens door 'trampling'. Met paleo-ecologische monsternamen van een gedeelte van de sedimenten²⁶⁹.



Fig. 88: Trampling sporen in de oeverzone van site Bazel-Sluis werkput 2.

²⁶⁹ Meylemans *et al.* 2016.



Fig. 89: faunaresten (boven) en werktuigen (onder) uit gewei en been, opgegraven te Bazel-Sluis²⁷⁰.



Fig. 90: Pakket van rivierafzettingen aan de basis van de evaluatieopgraving te Zennegat²⁷¹. In dit pakket, opgebouwd aan de oever van de toenmalige rivier, bleef organisch materiaal bewaard (bot, zaden en vruchten)

²⁷⁰ Meylemans *et al.* 2016.

²⁷¹ Meylemans *et al.* 2014a.



Fig. 91: Coupe op de oeverwal en aangrenzende oeverzone met locaties monsternames (gaten in het profiel) te Kerkhove-Stuw²⁷².

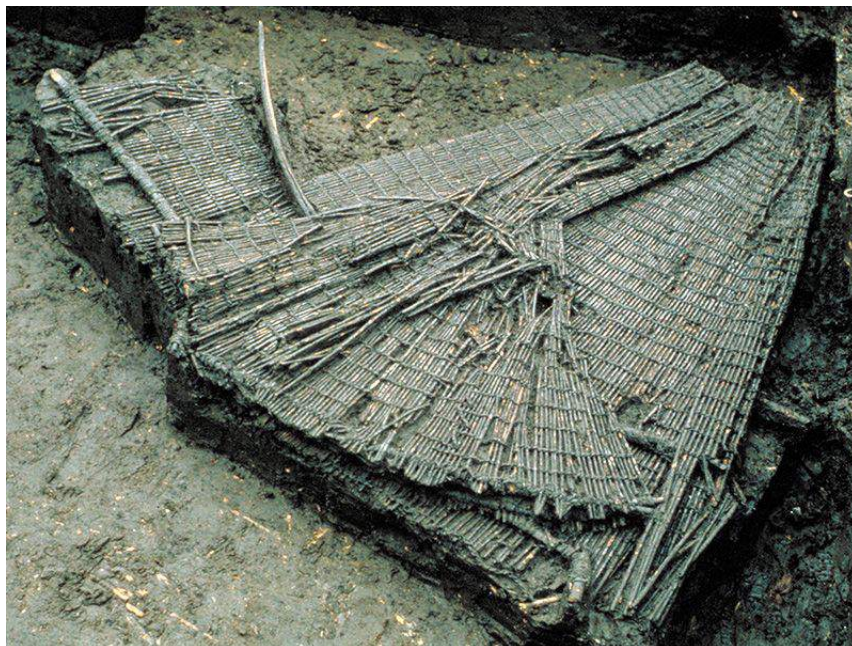


Fig. 92: Eén van de visfuike van Bergschenhoek tijdens opgraving (Nederland)²⁷³.

²⁷² Sergant *et al.* 2018.

²⁷³ Bron: wikimedia commons; <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Visfuiik.jpg>.



Fig. 93: Kano van Hardinxveld tijdens opgraving en na conservatie²⁷⁴.

²⁷⁴ Cf. <https://www.rmo.nl/museumkennis/archeologie-van-nederland/nederland-in-de-prehistorie/de-voorwerpen/kanos-fuiken-en-een-hond/>

2.4.3 De zandleem- en leemstreek

2.4.3.1 Een beknopt overzicht van de archeologische kennis

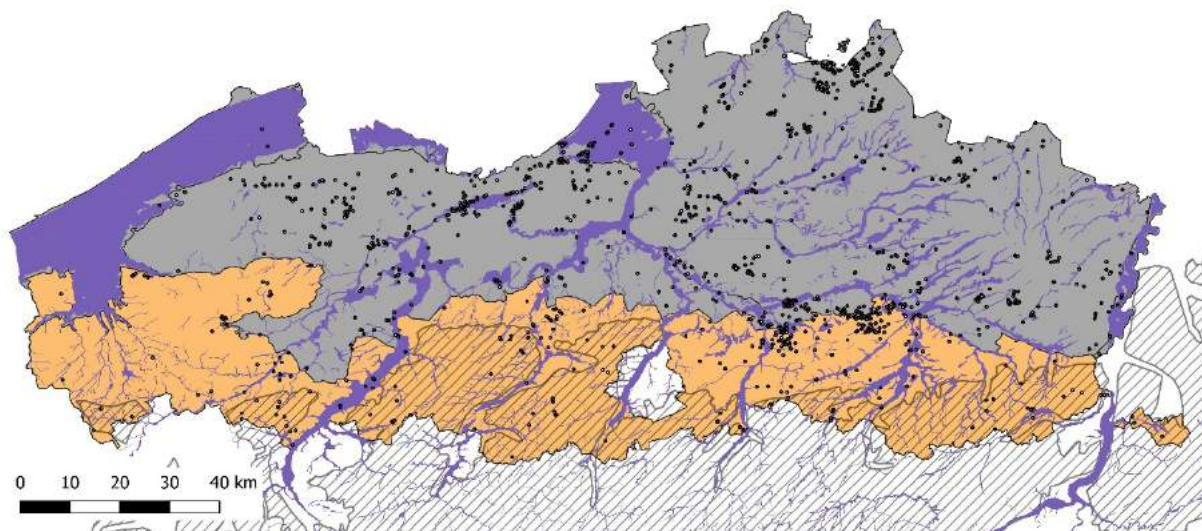


Fig. 94: Aanduiding van de archeoregio zandleem- en leemstreek (bruin), de verspreiding van de lössbodems (gearceerd), rivier- en poldergebonden alluviale zones (blauw), en gekende sites uit finaalpaleolithicum en mesolithicum op basis van de CAI.

In de Zandleem- en Leemstreek zijn relatief weinig sites gekend uit het finaalpaleolithicum en mesolithicum²⁷⁵ (Fig. 94). Het overgrote gedeelte van de gekende sites situeert zich op de tertiaire heuvelruggen van het Hageland, die intensief werden geprospecteerd door een aantal amateurarcheologen. Het resultaat hiervan werd gebundeld in het proefschrift van P. Vermeersch²⁷⁶. Ook op andere tertiaire heuvelruggen zijn sites gekend, zoals bijvoorbeeld te Ronse-Muziekberg²⁷⁷.

De meeste andere gekende sites bevinden zich in de zandleemstreek in de valleicontexten, zoals in de Wingevallei in Holsbeek, of bij het Schulensbroek in de Demervallei (zie 2.4.2.1).

In de leemstreek is het aantal gekende sites bijzonder schaars, en bestaat bovendien voor het grootste deel uit 'losse vondsten', sites uit deze periodes die onderzocht zijn geweest via opgravingen zijn nagenoeg onbestaande²⁷⁸. Dit is enerzijds wellicht te wijten aan de erosieproblematiek daar, waardoor enerzijds op de toppen en flanken van heuvelruggen eventuele sites zullen geërodeerd zijn, en waardoor anderzijds onderaan de hellingen en in de valleien eventuele sites diep bedekt zijn onder dikke pakketten colluvium (zie 2.4.3.2.4).

Een uitzondering wordt gevormd door de site Tongeren-Plinius, waar een goed bewaarde finaalpaleolithische site werd aangetroffen in een afgedekt niveau. Vijf vondstconcentraties werden opgegraven, waarvan enkele een haard vertoonden. Verbrand bot uit één hiervan werd op de overgang van de Allerød naar Jonge Dryas gedateerd, maar de geomorfologische betekenis van de afgedekte context bleef onduidelijk²⁷⁹.

²⁷⁵ Onderzoeksbalans 2008: Van Gils *et al.* 2019.

²⁷⁶ Vermeersch 1976.

²⁷⁷ Crombé 1989.

²⁷⁸ Onderzoeksbalans 2008: Van Gils *et al.* 2019.

²⁷⁹ Dijkstra *et al.* 2006.

Ook uniek is van de laatpaleolithische magdaleniaansite van Kanne, ontdekt tijdens de uitbreiding van het Albertkanaal en opgegraven in 1978²⁸⁰. Ook deze site bevond zich in een afgedekte context. Het betreft nog steeds de enige gekende goed bewaarde magdaleniaansite in Vlaanderen.

Opvallend is dat in Tongeren op verschillende plaatsen, en telkens geassocieerd met ‘zandlichamen’, mesolithische artefacten aan het licht kwamen, bijvoorbeeld te Tongeren-Vermeulenstraat²⁸¹. Recent onderzoek wees echter uit dat dit ‘wit zand’, dat van Tertiaire oorsprong is (Formatie van Berg) in Tongeren vooral in secundaire context voorkomt, en afkomstig is van tertiaire heuveltoppen dichtbij de stad²⁸². Het zand werd wellicht tijdens de Romeinse periode gebruikt als nivellering. Dit betekent evenwel dat deze zandige tertiaire toppen wellicht wel werden gefrequentieerd tijdens het mesolithicum (en neolithicum).

De schaarste aan sites uit deze periodes in de leemgebieden is wellicht echter ook deels een archeologische realiteit. Ook elders in Europa wordt het grotendeels ontbreken van sites op de leemgronden immers opgemerkt²⁸³. Een mogelijke verklaring hiervoor is, t.a.v. de dekzandgebieden, de kleinere variatie aan ecotopen, en de mindere aanwezigheid van grotere rivieren en ander open water. Deze kleinere biodiversiteit had dus wellicht een mindere ‘aantrekking’ op de jager-verzamelaarsgroepen. Vanaf de komst van de Bandkeramische groepen speelt mogelijk ook de concurrentie met deze nieuwkomers een zekere rol, hoewel er ook zeker contacten waren tussen de jager-verzamelaars en de boerengemeenschappen op de leemgronden²⁸⁴.

Hierbij moeten we wel nog de rol aanhalen die de regio’s van de zandleem- en leemstreken speelden bij de ‘ontginning’ van diverse steensoorten. Het gebruik van Wommersomkwartsiet, waarvan de ontsluiting gelegen is op een plateau bij het dorpje Wommersom in de regio van Tienen, tijdens het mesolithicum is uiteraard zeer bekend. Een andere kwartsietsoort (‘kwartsiet van Tienen’ of ‘Tienen Kwartsiet’) komt ook uit deze regio²⁸⁵. Hiervan zijn momenteel ‘extractiezones’ gekend te Hoegaarden en Jodoigne²⁸⁶. Daarnaast werd eveneens ftaniet ontgonnen en ‘verhandeld’ uit de regio van het Boven-Dijlebekken²⁸⁷, en verschillende vuursteen ‘soorten’ uit Belgisch Haspengouw. Hoe deze ontginning en transport van deze grondstoffen precies plaats vonden is niet gekend, maar de aanvoerlijnen liepen dus sowieso doorheen de leem- en zandleemstreek.

Specifiek en kenmerkend voor de leemstreek is de aanwezigheid van sites van de ‘Bandkeramiek’. Een overzicht van de gekende sites en vondsten en de problematiek van het beheer van deze sites werd recent gepubliceerd in een overzichtsrapport²⁸⁸.

²⁸⁰ Vermeersch *et al.* 1985.

²⁸¹ Onderzoeksbals 2008.

²⁸² Dreesen *et al.* 2020.

²⁸³ Bijv. Tringham 2014.

²⁸⁴ Cf. bijv. Meylemans *et al.* 2018b.

²⁸⁵ Cnudde *et al.* 2013; Gendel 1982; Gobbin 2004; Robinson *et al.* 2010.

²⁸⁶ Van Liefveringe 2018.

²⁸⁷ Caspar 1984.

²⁸⁸ Meylemans *et al.* 2018b.

2.4.3.2 Geologie en geomorfologie, bodems

2.4.3.2.1 Algemeen overzicht

Buiten de bovenlopen van verschillende rivieren van het Scheldebekken zijn de voornaamste kenmerken van de zandleemstreek en leemstreek die hier relevant zijn, de aanwezigheid van een groot aantal tertiaire heuvelruggen (in het Hageland en de Vlaamse Ardennen; een aantal hiervan lopen door tot in de archeoregio's Kempen en Zandstreek), en het glooiende landschap van de leemstreek met zijn erosiegevoelige lössbodems.

2.4.3.2.2 De tertiaire heuvelruggen

De tertiaire heuvelruggen van het Hageland vormt een opvallend geheel van langwerpige parallelle smalle ruggen van telkens verschillende kilometer lang en minder dan een kilometer breed²⁸⁹ (Fig. 95). Ze bevinden zich ten oosten van de vallei van de Dijle en tussen het Kempens Plateau. De Demervallei heeft zich een weg gebaand tussen de heuvelruggen. Net ten zuidoosten van dit punt van 'doorbraak' vloeit de Demer samen met de Herk, de Gete en de Velp. Zoals al gezegd in 2.4.3.1 is een vrij groot aantal sites uit het finaalpaleolithicum/mesolithicum gekend van op de heuvelruggen, vooral gekend van oppervlakteprospecties²⁹⁰. Deze sites zijn voornamelijk gesitueerd op de toppen van deze heuvelruggen. Ook oppervlaktevindplaatsen van het middenpaleolithicum zijn hier gekend.

Deze toppen worden gekenmerkt door zandige bodems waar soms de tertiaire Diestiaan bruinrode ijzerzandsteen dagzoomt. Op verschillende plaatsen, vooral op de flanken, komen oude groeves voor waar deze zandsteen werd ontgonnen. Op de locatie van deze groeves is de kans op de aanwezigheid van bewaarde steentijdsites uiteraard onbestaande.

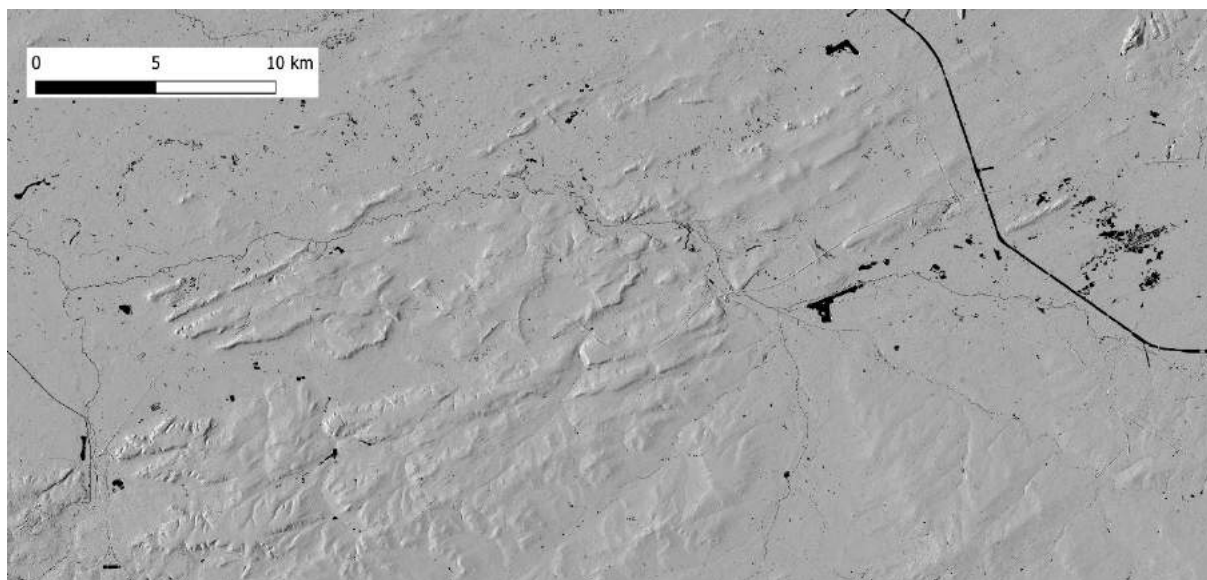


Fig. 95: De tertiaire heuvelruggen van het Hageland op een hillshade verwerking van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen.

²⁸⁹ Houthuys & Matthijs 2018.

²⁹⁰ Vermeersch 1976.

De Vlaamse Ardennen, een serie getuigenheuvels van Noord-Frankrijk tot Kester, met onder andere de Kemmelberg, Koppenberg en Kesselberg, vertonen een gelijkaardig archeologisch potentieel. Ook hier zijn oppervlaktevondsten gekend uit het middenpaleolithicum, en vondsten en sites uit andere periodes van de steentijd, van finaalpaleolithicum tot neolithicum (bijv. op de Muziekberg, Patersberg en Kemmelberg). Recent wordt beargumenteerd dat de genese van de Hagelandse heuvels verschilt van deze van de Vlaamse Ardennen, maar dat is verder niet relevant voor het archeologisch potentieel²⁹¹.

2.4.3.2.3 De leemgronden

De zogenaamde lössgordel loopt van Frankrijk, door het zuiden van Vlaanderen en het noorden van Wallonië, over Nederlands Limburg en Duitsland, tot in Rusland (Fig. 96). Deze löss werd, zoals de dekzanden, afgezet in periglaciale omstandigheden, in diverse periodes (Fig. 97 en Fig. 98). De laatste periode van afzetting is gesitueerd in de laatste fase van het pleniglaciaal. De dikte van deze lösspakketten varieert, en kan tot ca. 20m zijn. In deze löss kunnen diverse paleobodems voorkomen, waarin soms archeologische sites uit het middenpaleolithicum aanwezig zijn.

De leemstreek kent een typisch golvend reliëf, door het reliëf van het tertiaire substraat en de wisselende dikte van de afgezette lösspakketten. Dit golvend reliëf in combinatie met de leembodems zorgt voor een extreme gevoeligheid van deze gronden voor erosie. Het inschatten van dit aspect is dan ook van essentieel belang voor het inschatten van het 'bewaringspotentieel' voor sites uit het finaalpaleolithicum en mesolithicum, van deze bodems (zie 2.4.3.2.4).



Fig. 96: Verspreiding van de lössgordel in Europa²⁹²

²⁹¹ Cf. agentschap Onroerend Erfgoed 2022: Ontstaan van de restheuvels van Vidaigneberg tot Kesterberg [online] <https://id.erfgoed.net/themas/17288> (Geraadpleegd op 07-04-2022).

²⁹² Uit Kołodyńska-Gawrysiaka & Poesen 2017.

Group	Formation	Member	Major pedological horizons	TEPHRAS	Chronostratigraphy	MIS		
ROMONT	Gembloux	Brabant	Holocene Soil		HOLOCENE	1		
					LATE PLEISTOCENE	2		
			Nagelbeek tongued Horizon					
		Hesbaye		Eitville		3		
		Vellereille	Harveng Soil					
			Les Vaux Soil					
				4				
		Warneton	carbonated loess marker					
			Malplaquet Soil					
			5					
		Humiferous Complex of Remicourt						
			Rocourt					
	Veldwezelt	Hainaut	Rocourt pedocomplex		MIDDLE PLEISTOCENE	6		
						7?		
		Vlijtingen	Hees pedocomplex			8?		
		Riemst	Montenaken pedocomplex					
		Op de Schans	Pottenberg pedocomplex					

P. Haesaerts, S. Pirson & E. Meijs - 12/2010

Fig. 97: Lithostratigraphische eenheden van de Belgische lössgordel²⁹³.

²⁹³ <https://ncs.naturalsciences.be/quaternary/introduction-figs>

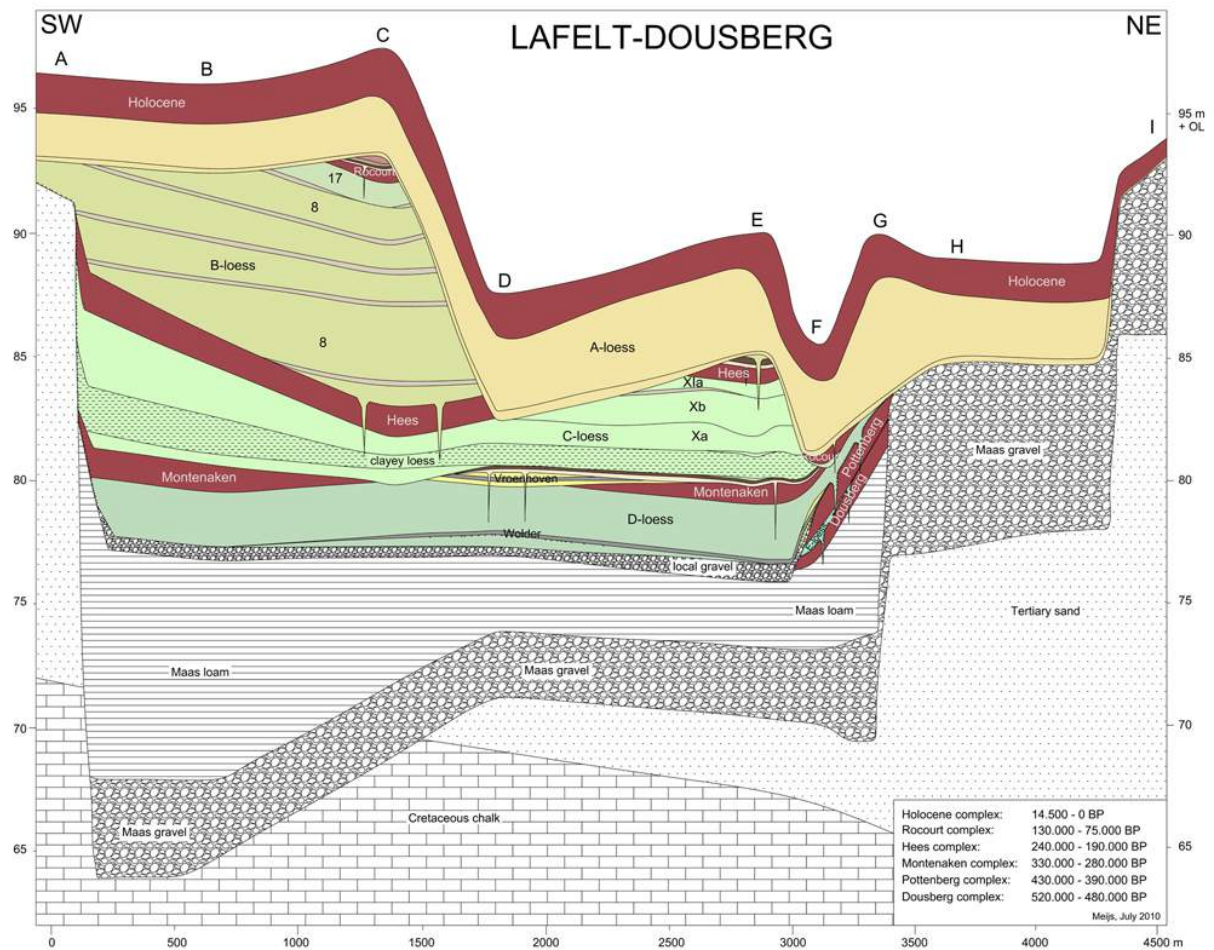


Fig. 98: Deze zuidwest/noordoost sectie van Lafelt to Veldwezelt toont de relatie tussen de verschilden leden van de Veldwezelt Formatie, van het middenpleistoceen, over de laatste tussenijstijd (Eemiaan) tot het vroege Weichseliaan²⁹⁴.

2.4.3.2.4 Bodems

Op de bodemkaart worden de lössbodems aangeduid met textuurklasse 'A'. Zoals eerder al opgemerkt is een groot deel van de bodems voornamelijk onder de invloed van landbouw in de leemstreek in meer of minder mate onderhevig geweest aan processen van erosie en colluviatie. In een aantal gebieden komen wel nog grote oppervlakken voor met relatief ongeschonden bodems. In dergelijke ongestoorde bodemprofielen, bijvoorbeeld in het Zoniënwoud, zijn de meeste bodems van het Abc-type: lemig (A.), goed gedraineerde (.b.) bodems met een sterk verbrokkelde of gevlekte textuur B-horizont (.c).

Hier kan de bodemopbouw van de lössbodems goed afgeleid worden: "Het bodemprofiel op het plateau en langs zachte hellingen wordt gekenmerkt door een zeer dunne A horizon (enkele cm dik) en een gebioturbeerde of biologisch actieve (grotendeels door wortels) bruine B-horizont tot 30 cm diepte. Vanaf 30-45 cm tot 100-120 cm komt een verdichte B-horizont met kleiaanrijking (B2t-horizont) voor. De wortels en vooral water geraken dieper in de bodem langs een grove prismastructuur. Daaronder begint een kleiaanrijkingshorizont (B3t-horizont) onder de vorm van kleiuitlogings- en aanrijdingsbanden en waar de wortels terug uitspreiden. Op een diepte tussen 250 tot 350 cm bereikt

²⁹⁴ <https://ncs.naturalsciences.be/quaternary/introduction-figs>

men ten slotte het moedermateriaal, de kalkrijke löss (C-horizont)”²⁹⁵. Het ontbreken van grootschalige erosieprocessen in het Zoniënwoud kan worden afgeleid aan de hand van de bovengrens van de Bt-horizont, die altijd op dezelfde diepte voorkomt in de verschillende landschapsposities (Fig. 99).

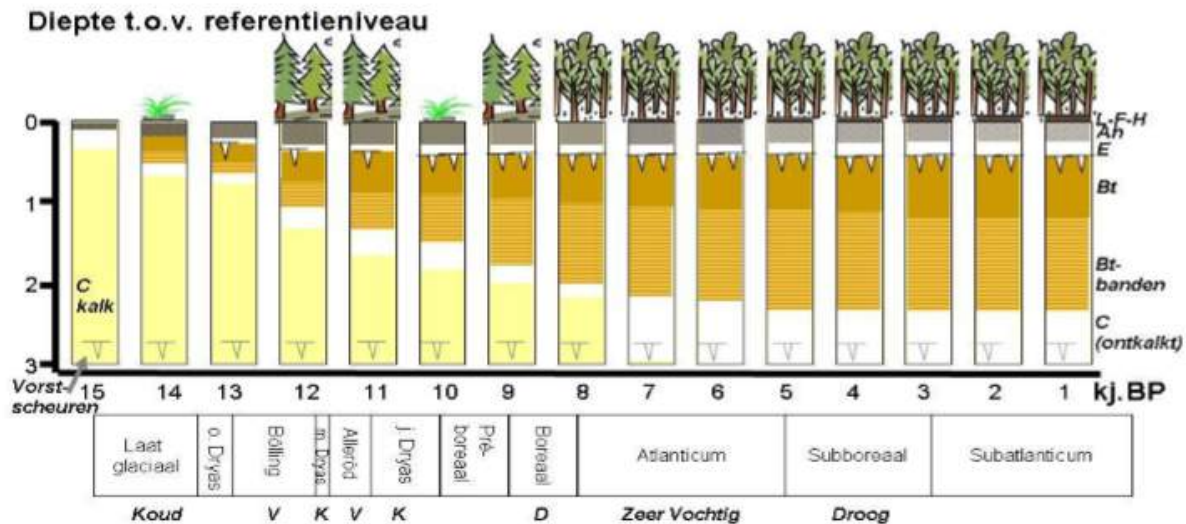


Fig. 99: Schematische weergave van de evolutie van de bodemvorming in lössgronden op plateauopposities, vanaf het laatglaciaal²⁹⁶.

In de gebieden onder landbouw bieden de bodems, en dan ook de profielontwikkelingsklassen op de bodemkaart, een ander beeld. Op de plateaus zijn dit doorgaans droge leembodems met een textuur-B-horizont en een relatief dikke A-horizont (bodemserie Aba0), op zachte hellingen droge leembodems met een textuur B-horizont en een dunne A-horizont (<40 cm)(bodemserie Aba1), en op zachte hellingen droge leembodems met een textuur B-horizont en een dunne A-horizont (<40 cm)(bodemserie Aba1). Langsheen steile hellingen kan de Bt-horizont afwezig zijn en komen droge leembodems met een bruine B-horizont (bodemserie Abb) voor. In de valleien zijn bodems dikwijls ontwikkeld op colluviale sedimenten: droge tot matig gleyige leembodems zonder duidelijke B-horizont en zonder profielontwikkeling (bodemseries Abp tot Adp). Onder deze colluviale gronden kunnen de oorspronkelijke profielen bedolven liggen onder dit colluvium dat plaatselijk tot verschillende meter dik kan zijn²⁹⁷ (Fig. 100).

De erosie van bodems is in deze regio dus zeer ingrijpend²⁹⁸. Dit is vooral menselijk geïnduceerd door de impact van landbouw, en startte vermoedelijk al (op kleine schaal) vanaf de periode van de Bandkeramiek²⁹⁹. Onderzoek in o.a. Meerdaalwoud toonde aan dat de ontwikkeling van grote erosiegeulen op de hellingen gerelateerd kan worden aan de bewoning en landbouw in de Romeinse periode³⁰⁰.

²⁹⁵ Ampe et al. 2015.

²⁹⁶ Ampe et al. 2015.

²⁹⁷ Ampe et al. 2015.

²⁹⁸ Verstraeten et al. 2006.

²⁹⁹ Meylemans et al. 2018b.

³⁰⁰ Poesen et al. 2018.

Zoals vast te stellen is in o.a. het alluvium van riviervalleien³⁰¹ is deze erosie echter sterk toegenomen in recentere periodes, en te relateren aan de enorme uitbreiding van de landbouw in de 20ste eeuw³⁰². In sommige zones, op de toppen van de plateaus bijvoorbeeld, is de erosie in dergelijke mate ver gevorderd dat de tertiaire zanden hier dagzomen, dikwijls gekenmerkt door de aanwezigheid van veel keien en grind.

Hierbij moet wel de kanttekening gemaakt worden dat op sommige van deze heuvelruggen nooit een lösspakket schijnt afgezet te zijn, zoals het voorbeeld van het 'witte zand' in Tongeren duidelijk maakt³⁰³.

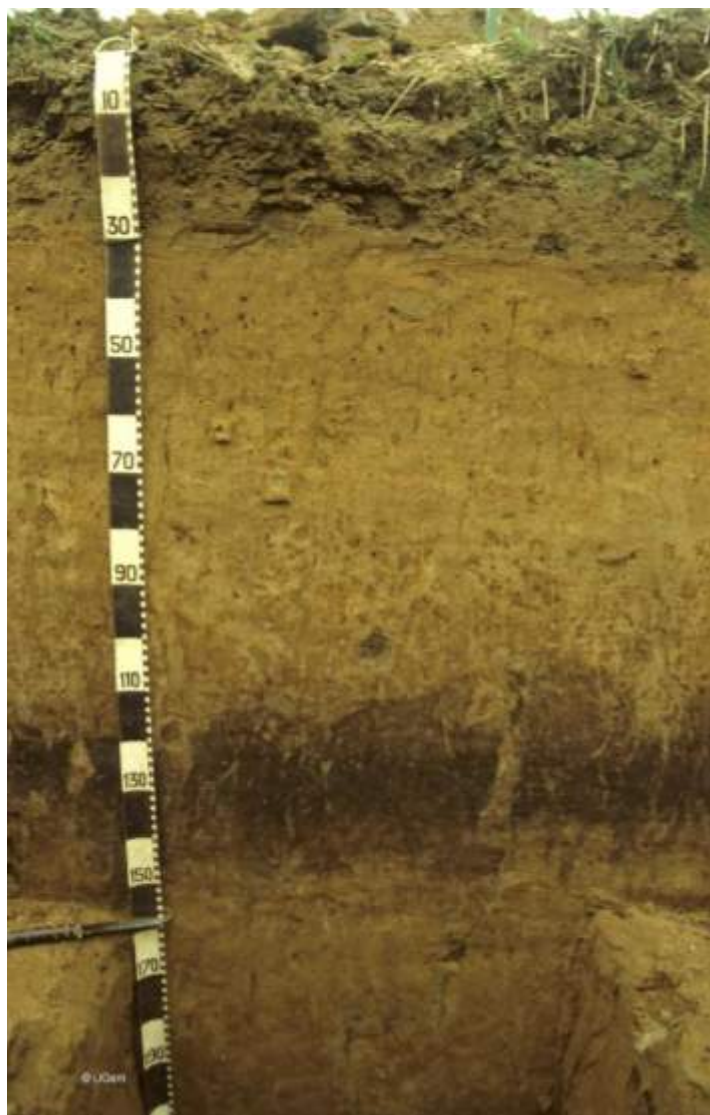


Fig. 100: Oorspronkelijke leembodem bedolven onder een pakket colluvium.

³⁰¹ Bijv. Notebaert *et al.* 2009.

³⁰² Van Oost *et al.* 2005.

³⁰³ Supra, & Dreesen *et al.* 2020.



Het in kaart brengen van deze mate van erosie is uiteraard belangrijk voor de inschatting van het bewaringspotentieel van archeologische sites uit de finaalpaleolithicum en mesolithicum. Hiervoor kunnen in eerste instantie de erosiekaarten gebruikt worden die werden opgemaakt door de KULeuven³⁰⁴. In verschillende testprojecten bleken reeds de mogelijkheden voor het gebruik van deze modellering voor de evaluatie van archeologische sites en zones³⁰⁵. Gecombineerd met deze modellering kunnen luchtfoto's gebruikt worden in functie van indicaties van recente erosie³⁰⁶.

Bij de 'potentiële bodemerosiekaart per perceel' (2016) is te zien dat hellingen dikwijls worden gekarteerd als zones met een medium tot hoog erosiepotentieel. Op de percelen op de plateaus wordt dit potentieel aan bodemerosie doorgaans als 'laag' of 'medium' gekarteerd. Wanneer we dit nader bekijken op de watererosie- en bewerkingserosiemodelleringen dan zien we dat de erosie door waterafvoer voornamelijk op de hellingen zelf wordt gemodelleerd. De locatie van de gemodelleerde bewerkingserosie is vooral aanwezig op concave landschapsdelen, zoals de bovenzijde van hellingen³⁰⁷.

Zoals hierboven al werd aangegeven zijn ook de dieptes van voorkomen van de natuurlijke bodemhorizonten in de lössbodems een mogelijke indicatie van de mate van historische en recente erosie. De belangrijkste referentiedieptes zijn die van de boven- en ondergrens van de maximum klei-aanrijkingshorizont en de bovengrens van de nog kalkhoudende löss. De oorspronkelijke diepte van deze bodemhorizonten hangt echter af van verschillende factoren, waaronder topografie (hellingsconfiguratie, -oriëntatie en -graad) en oorspronkelijke hoeveelheid kalk in de löss. Dat variaties in elk van deze factoren de diepte beïnvloeden betekent dat de vergelijking van dieptes met gekende referentiewaarden of best mogelijke benadering van de oorspronkelijke/natuurlijke dieptes voorzichtig moeten worden geïnterpreteerd³⁰⁸.

Dieper in de löss kunnen verschillende (complexen van) paleobodems voorkomen³⁰⁹ (Fig. 97, Fig. 98 en Fig. 101). Deze hebben zich in verschillende interstadialen gevormd, wanneer geruime tijd geen lössaccumulatie plaatsvond. Het Rocourt pedocomplex is waarschijnlijk het bekendste, en bestaat uit drie afzonderlijke pedogenesen uit het Eemiaan en de interstadialen van het vroeg Weichseliaan. De Hees, Montenaken en Pottenberg pedocomplexen zijn nog ouder. In deze bodems kunnen vroeg- en middenpaleolithische sites bewaard zijn, zoals Veldwezelt-Hezerwater, Kesselt-Op De Schans³¹⁰.

³⁰⁴ Notebaert *et al.* 2006.

³⁰⁵ Meylemans 2009; Vanmontfort *et al.* 2006.

³⁰⁶ Meylemans 2009.

³⁰⁷ Cf. bijv. Meylemans *et al.* 2018b.

³⁰⁸ Vanmontfort *et al.* 2006.

³⁰⁹ Zie hoofdstuk over Romont Group: <https://ncs.naturalsciences.be/quaternary/lithostratigraphy>

³¹⁰ Van Baelen 2017; Bringmans 2006; Lauwers & Meijs 1985; Vroomans *et al.* 2006.

2.4.4 De poldergebieden, kustzone en de Noordzee

2.4.4.1 De kustzone en de Noordzee

2.4.4.1.1 Beknopt overzicht van de archeologische kennis

De Noordzee en het kustgebied maakten in de prehistorie deel uit van het dekzandgebied, het is pas later gedurende het holoceen dat door mariene invloed dit landschap tot zijn huidige vorm werd gekneed, via complexe processen van erosie en sedimentatie (zie 2.4.4.1.2). Het ‘gebruik’ van dit landschap in de prehistorie was dus gelijkaardig aan de rest van het dekzandgebied, maar door de latere ontwikkelingen werden enerzijds grote delen van dit dekzandlandschap geërodeerd, anderzijds afgedekt door veen en mariene sedimenten. Wat betreft het vroeg- en middenpaleolithicum geldt ook dat op grotere diepten de afzettingen van de Vlaamse vallei zich verder uitstrekken onder de afzettingen van de kustvlakte (en de Noordzee), zodat er op grotere diepten ook nog potentieel is op de aanwezigheid van sites en vondsten uit deze periodes (zie 2.4.6.2). Het potentieel aan paleolithisch en mesolithisch erfgoed in de Noordzee wordt duidelijk gemaakt door diverse ‘opgeviste’ vondsten³¹¹.

Uit het gebied van de kustvlakte en de Belgische Noordzee zijn echter slechts weinig vondsten en sites uit de steentijd gekend (Fig. 102), maar er is ook maar weinig gericht onderzoek naar uitgevoerd. Op de dekzandrug Gistel-Brugge-Stekene net ten zuiden van de kustvlakte, en met enkele ‘uitlopers’ in de kustvlakte, is vooral via veldkartering een vrij groot aantal sites gerapporteerd.

In de kustvlakte zelf beperkten de vondsten tot vrij recent zich veelal tot losse vondsten van lithisch materiaal uit de strandzone³¹², of vondsten van gepolijste bijlen die aan het licht kwamen bij veenwinning³¹³. Deze, alsook de recentere vondst van een paleolithisch artefact uit een context van jonger veen³¹⁴, komen echter steeds wellicht uit secundaire, herwerkte contexten.

Recenter kwamen bij preventieve archeologische onderzoeken in de oostelijke kustvlakte ten noorden van Brugge echter ook enkele sites uit finaalpaleolithicum en mesolithicum aan het licht, die zich nog in een primaire context bevonden: op restanten van het plaatselijk niet geërodeerde dekzandlandschap, afgedekt door veen en klei, en geassocieerd met podzolbodems, nl. de sites Brugge-Landslag Oost ³¹⁵, Koolkerke-Arendstraat³¹⁶, en Dudzele-Zonnebloemweg³¹⁷. Zoals een projectie van de locaties van deze sites op het DHM Vlaanderen mooi toont bevinden deze sites zicht in de lagere gedeelten tussen de kreekruggronden (Fig. 103; 2.4.4.1.2).

³¹¹ Amkreutz *et al.* 2018.

³¹² Cf. Pieters *et al.* 2010; 2020.

³¹³ Termote *et al.* 1994.

³¹⁴ Mestdagh & Vanhoute 2019.

³¹⁵ In 't Ven *et al.* 2005.

³¹⁶ Noens *et al.* 2018.

³¹⁷ Noens *et al.* 2018; Verwerft *et al.* 2016b.

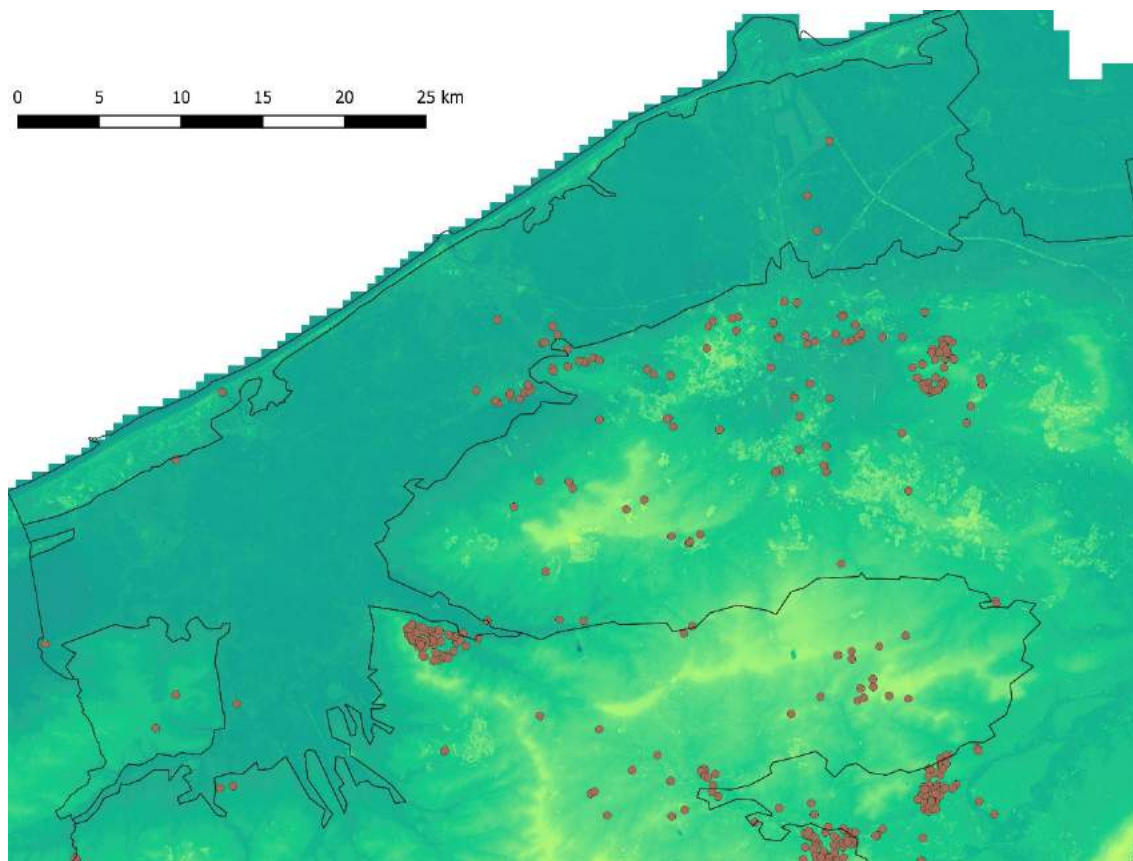


Fig. 102: Steentijdsites in de regio op basis van de CAI, met aanduiding van de contouren van de verschillende archeoregio's.



Fig. 103: De locaties van de sites Brugge Landslag Oost 2 (CAI 152699), Koolkerke Arendstraat (CAI 220038), en Dudzele Zonnebloemweg (CAI 165810) geprojecteerd op een grijschaalverwerking van het DHMV2.

2.4.4.1.2 Geologie en geomorfologie, bodems

De processen die de huidige kuststreek hebben gevormd zijn complex, en sterk afhankelijk van de invloed van de zeespiegelstijging tijdens het holoceen, en voor de laatste 2000 jaar ook van menselijke ingrepen³¹⁸.

Zoals reeds hogerop gesteld maakte de huidige kustvlakte tijdens de prehistorie deel uit, samen met het gebied van de Noordzee, van het dekzandgebied. Op het einde van de laatste ijstijd lag het zeepeil ongeveer 100 tot 130m lager dan nu, waardoor het gebied van de Noordzee grotendeels droog lag en deel uitmaakte van een oud valleisysteem waarin rivieren als Schelde, Maas, Rijn, Theems en Seine uitmondten³¹⁹. In de westelijke kustvlakte was in de periode van het laatglaciaal ook een dergelijke paleovallei aanwezig met diverse rivierlopen, in de vallei waar nu de IJzer stroomt. De oorspronkelijke vallei was enkele kilometer ten westen van de huidige rivierloop. In het algemeen was het dekzandrelief in de westelijke kustvlakte, met de aanwezigheid van deze paleovallei met dieptes tot -12 en -18m TAW, heel wat lager gelegen dan dit reliëf in de oostelijke kustvlakte, met de top van het dekandlandschap daar tussen -5 en +5m TAW. De mariene invloed liet zich dan ook heel wat later gelden in dit oostelijke gedeelte³²⁰. In de westelijke kustvlakte was deze invloed via de IJzer-paleovallei al aanwezig vanaf ca. 9500 cal BP, waar de stijgende grondwatertafel ook resulteerde in vorming van veen (het 'basisveen'). Onder invloed van de verdere zeespiegel- en grondwaterstijging breidde deze veengroei zich verder uit, zodat rond 6800 cal BP deze veengroei plaats vond op een meer regionale schaal, plaatselijk onderbroken door afzettingen van getijdengeulen. Deze veenpakketten kunnen plaatselijk een dikte bereiken van ca. 4m. Vanaf ca. 5500-5000 cal BP verliep de zeespiegelstijging veel minder snel, waardoor sedimentatie buiten de hoofd getijdegeulen nagenoeg stil viel. In deze periode, tussen ca. 5500 en 4500 cal BP, ontwikkelde zich een uitgebreid zoetwatermoeras, en werd een pakket 'oppervlakteveen' gevormd, met een dikte variërend tussen 1 en 3m. De toenmalige kustlijn, met een strook schorren en duinen, lag een stuk meer naar het noordwesten dan nu het geval is (Fig. 104).

In het laatholoceen werd de mariene invloed terug intenser, waardoor via de getijdengeulen klastische sedimenten werden afgezet en de veenvorming werd afgeremd. De veenvorming in de kustvlakte stopte wel niet overal tegelijkertijd, maar liep plaatselijk zeker nog door tot in de late Romeinse periode/vroege middeleeuwen. Vanaf ca 2800 cal BP (begin van de ijzertijd), onder invloed van klimatologische omstandigheden (het zgn. *Van Geel event*³²¹), en mede gevoed door toenemende waterafvoer van het dekzandgebied ten zuidoosten door menselijk ingrijpen (toenemende ontbossing voor landbouw) intensifieerde deze impact, met de insnijding van een denser netwerk van getijdengeulen tot gevolg (Fig. 105). Dit netwerk werd gedurende de volgende eeuwen nog verder uitgebreid, waarbij sommige geulen tot op een diepte van 25m de onderliggende pleistocene afzettingen erodeerden³²². Doordat de waterafvoer voornamelijk via deze geulen gebeurde, en door veenexploitatie vanaf de Romeinse periode, droogde het veen uit en compacteerde, waardoor de met klastische sedimenten opgevulde geulen nu doorgaans hoger liggen in het landschap (inversie van de topografie). Zowel de grotere als de kleinere van deze voormalige kreek (kreekruggronden) kunnen dan ook gemakkelijk herkend worden via het DHMV (Fig. 106). Ook op de geomorfologische kaart van de regio rond Oostende³²³ is dit netwerk van kreekruggronden in enige mate van detail weergegeven (Fig. 107). Gezien de bodemkaart voor de kustvlakte eerder ook de plaatselijke opbouw eerder dan de bodemvorming beschrijft kan deze voor dit gebied eerder ook beschouwd worden als de combinatie van een quartairgeologische en geomorfologische benadering. Zo worden op deze kaart ook de

³¹⁸ Voor een recent overzicht cf. Baeteman 2018.

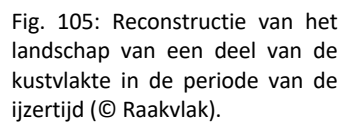
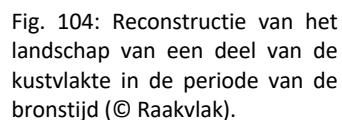
³¹⁹ Cf. Missiaen 2012.

³²⁰ Baeteman 2018, 316.

³²¹ Zie ook 2.4.2.

³²² Baeteman 1999.

³²³ De Moor 1990.



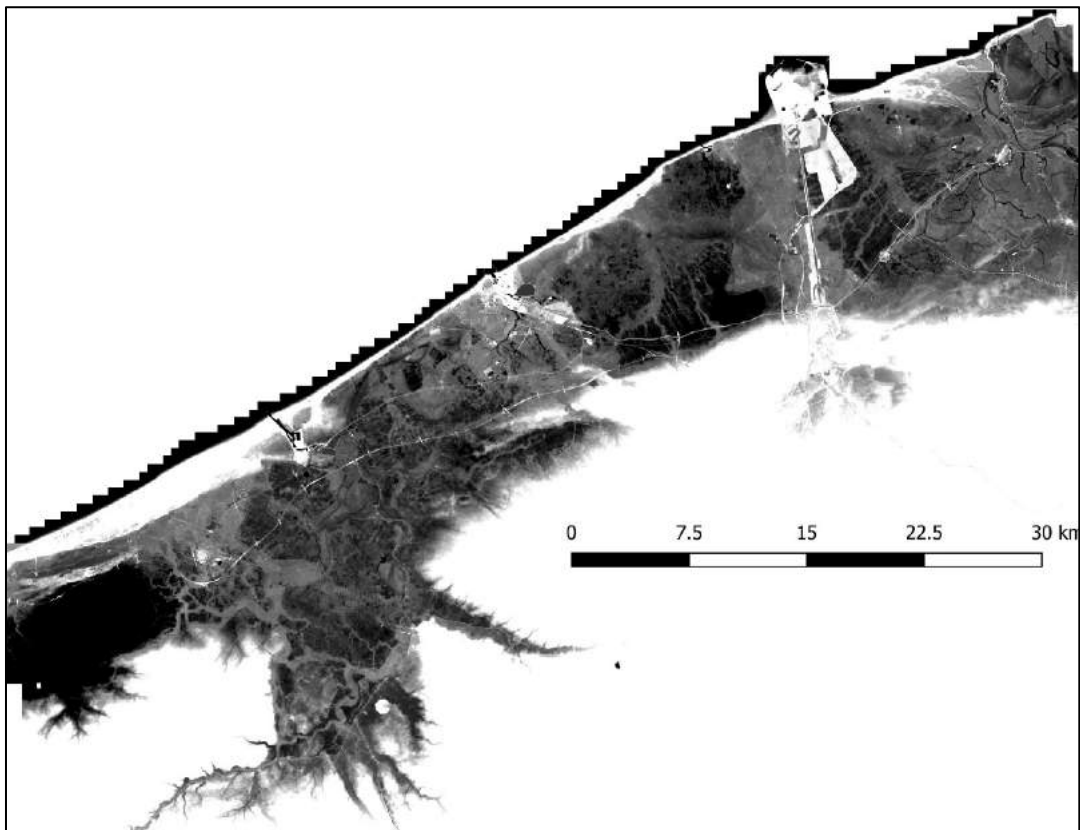


Fig. 106: DHMV van de kustvlakte (grijswaardenschaal tussen 2,2 en 6,2m TAW).

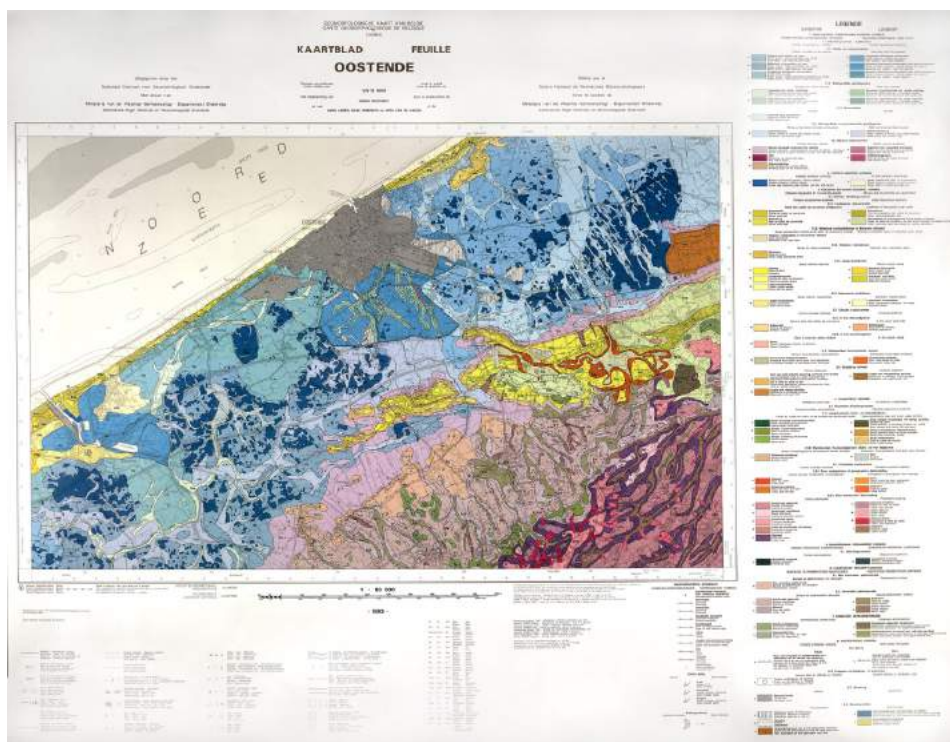


Fig. 107: Geomorfologische kaart van het kaartblad Oostende³²⁴.

³²⁴ De Moor 1990.

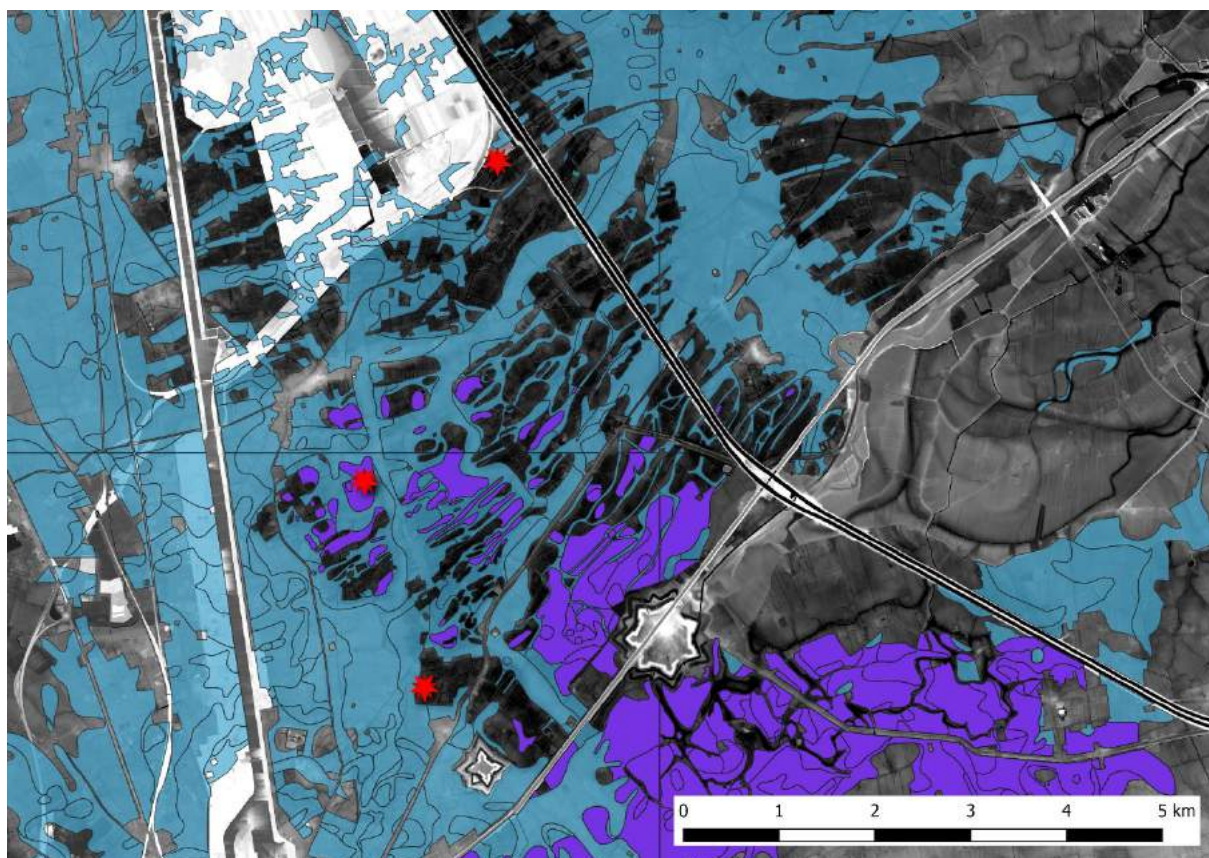


Fig. 108: Uittreksel uit de bodemkaart met aanduiding van de 'kreekruggonden' (lichtblauw) en 'overdekt Pleistocene gronden (paars). Vergelijk met Fig. 107.

2.4.4.2 De Scheldepolders

2.4.4.2.1 Beknopt overzicht van de archeologische kennis

Een belangrijk element in de Scheldepolders is uiteraard de aanwezigheid van het Schelde-estuarium. Zoals in het Beneden-Scheldebekken werd het archeologische potentieel van deze gebieden op het vlak van de prehistorie reeds vroeg aangetoond aan de hand van vondsten afkomstig van baggerwerken, en de aanleg van dokken in de Antwerpse haven. Tot de oudste van deze vondsten behoort een aantal vuurstenen artefacten die werden aangetroffen ter hoogte van de bedrijfsterreinen van *Bayer* in Lillo. Het betreft hierbij een nagenoeg volledige, middenpaleolithische vuistbijl en een relatief grote klingkern die op basis van zijn technomorfologische kenmerken als finaalpaleolithisch wordt gedateerd³²⁵. Uit het mesolithicum en neolithicum zijn onder deze oudere vondsten eveneens verschillende vuurstenen artefacten gekend, waarvan een aantal zonder enige twijfel werd aangetroffen bij de aanleg van de havendokken of rechtstreeks uit de Schelde zijn opgebaggerd³²⁶. Opvallend is het grote aantal aan quasi volledige, gepolijste bijlen bij deze vondsten, ongetwijfeld een gevolg van selectieve inzameling³²⁷.

Georges Hasse, die ook de grote havenwerken van 1902 tot 1907 volgde, maakt ook melding van enkele prehistorische vondsten: '*... des ossements entaillés au silex, des silex utilisés et taillés, un marteau en bois de cerf, des poids de filets en grès bruxellien, et enfin ... des ossements entaillés au silex et au métal.*'³²⁸.

Naast een bijlhouder en een doorboorde basisbijl uit het Kattendijkdok bezitten de verschillende museumcollecties nog andere artefacten uit been of gewei die uit het Scheldealluvium afkomstig zijn. De vindplaatsgegevens van deze vaak zeer oude vondsten ontbreken echter bijna altijd³²⁹. Bij recentere ontdekkingen zijn de contextuele gegevens gelukkig iets beter. Zo werden begin jaren 1970 door R. Waterschoot een groot aantal vondsten geborgen uit de baggerspecie ter hoogte van de *Krankeloonpolder* (Zwijndrecht)³³⁰. Naast artefacten uit vuursteen gaat het voor de prehistorie om drie volgtakbijlen, een fragment van een geweikroon, twee benen spitsfragmenten en een dolk. Deze objecten moeten opgebaggerd zijn uit het Scheldetrajact tussen het *nauw van Bath* en de *Krankeloonpolder*. In de jaren 1990 ten slotte kwamen nog op twee locaties langs de Schelde artefacten aan het licht. De eerste locatie is te vinden ter hoogte van de Scheldebocht Kallo *Ketelplaat*³³¹ aan het *Ketenisseschor*. Hier werden door B. Vergauwen tussen 1995 en 1999 een volgtakbijl, drie fragmenten van een geweibasis evenals drie geweistangfragmenten aangetroffen. De objecten kwamen door oevererosie bloot te liggen. De tweede locatie bevindt zich in Lillo, wederom vlakbij de terreinen van *Bayer*³³². Hier werden in 1991 door J. Claessens verschillende prehistorische artefacten ontdekt bij controle van de dijkwerken in het kader van het Sigmaplan. Onder de artefacten bevindt zich o.m. een volgtakbijl.

In de Scheldepolders werden de laatste decennia eveneens diverse onderzoeken uitgevoerd, naar aanleiding van ruimtelijke ontwikkelingen in het kader van de haven van Antwerpen.

³²⁵ Van Strydonck & De Mulder (red.) 2000, 21, fig. 11, 32, fig. 18.

³²⁶ Warmenbol 1987.

³²⁷ Cf. bijv. Hasse 1912, bij de aanleg van het Kattendijkdok.

³²⁸ Hasse 1907, 355.

³²⁹ Hurt 1987, 50.

³³⁰ Verlaeckt 1993.

³³¹ Vergauwen 2003.

³³² Claessens & Van Peer 1991.

Ten zuiden van de ambachtelijke zone 'Aven Ackers' werd in het kader van de aanleg van het 'Logistiek Park Waasland West' te Beveren eveneens een zeer rijk, uitgestrekt en goed bewaard prehistorisch (voornamelijk mesolithisch) sitecomplex aangetroffen³⁴¹. Het onderzoek toont hier een zeer dicht patroon van mesolithische vindplaatsen, die voornamelijk aanwezig zijn op de hoger gelegen zandige ruggen. Door de afdekking met veen en klei is het vroegere reliëf en de bodem (plaatselijk met een uitgesproken podzolbodem) hier zeer goed bewaard. Deze hoger gelegen zones zijn eveneens op het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II relatief goed te herkennen.

³⁴¹ Crijns *et al.* 2014, Perdaen *et al.* 2021.

De ‘Vrasenepolder’³⁴², onmiddellijk ten westen van de zone van het ‘Logistiek Park Waasland West’ gelegen, biedt een gelijkaardige archeologische rijkdom. Het onderzoek in dit gebied is tot nog toe enkel van verkennende aard geweest. Dit omvatte veldprospecties van amateurarcheologen en boringen in het kader van enkele wetenschappelijke onderzoeksprojecten³⁴³. Hierbij kwamen meerdere steentijdsites aan het licht. De gekende vindplaatsen bevinden zich allen in het noorden van de zone en vormen een nagenoeg aaneengesloten sitecomplex op de zuidelijke flank van de dekzandrug.

2.4.4.2.2 Geologie en geomorfologie, bodems



Fig. 109: Profielsleuven doorheen de lagere delen van het dekzandrelief op de opgravingsite van Beveren-Logistiek Park Waasland West. De profielen tonen een door veen en alluviale afzettingen bedekt dekzandlandschap³⁴⁴.

Zoals hogerop al werd gesteld bestaat de ondergrond van de Scheldepolders grotendeels uit dekzandformaties, die zijn afgedekt door holocene sedimenten³⁴⁵. Deze eolische zanden dateren uit het pleni- en laatglaciaal, analoog aan de situatie in de Zandstreek en Kempen (zie 2.4.1.2.2). Lokaal komen laatglaciale/vroegholocene fluviatiele afzettingen voor (kronkelwaardafzettingen) van een meanderend riviersysteem. In veel zones worden deze formaties afgedekt door veen geaccumuleerd in een moerasomgeving, daterend uit het holoceen, dat in dikte kan variëren van slechts een dun laagje

³⁴² <https://inventaris.onroerendergoed.be/erfgoedobjecten/302980>.

³⁴³ Cordemans *et al.* 2001.

³⁴⁴ Bron: Perdaen *et al.* 2021, fig. 17.

³⁴⁵ Deze synthese is grotendeels gebaseerd op Missiaen *et al.* 2017.

van enkele centimeters tot ca. 6 m in de lagere delen van het pleistocene reliëf (Fig. 109). Vanaf het middenholoceen (vanaf ca. 6000 BP) kwam het noordoostelijke deel van de Waaslandse Scheldepolders onder mariene invloed, waardoor een estuarien getijdenlandschap ontstond. De sedimenten van deze ontwikkeling (hoofdzakelijk grijze tot zwarte kleien) overdekken er in het algemeen het veen, en hebben plaatselijk de top van dit veen opgeruimd. Over het hele gebied komen sequenties van laatholocene estuariene zandige en kleiige afzettingen voor, afgezet in een getijdenlandschap³⁴⁶. Deze afzettingen zijn zeer variabel, zowel in voorkomen als in dikte (variërend van enkele centimeters tot ca. 10 m). De meest recente afzettingen zijn postmiddeleeuwse alluviale hoofdzakelijk kleiige afzettingen.

De bodemvorming in de top van de pleistocene dekzanden is analoog aan de situatie in de Kempen en de Zandstreek, met podzolen en bodems met een humeuze aanrijkingshorizont als veel voorkomende bodemtypes (zie 2.4.1.3.1 en 2.4.1.3.2).

³⁴⁶ Cf. ook Kiden & Verbruggen 2001; Kiden 2006.



2.4.5 De Maasvallei en Maasterrassen

2.4.5.1 Geologie, geomorfologie, bodems

2.4.5.1.1 Algemeen

De archeoregio Maasvlakte omvat een relatief smalle strook aan de linkeroever van de Maas, met enkel de holocene vallei. In dit hoofdstuk bespreken we echter een ruimere zone, met inbegrip van de verschillende terrassen die de Maas heeft gevormd (Fig. 110). In principe hoort ook het Kempens Plateau bij de maasterrassen, maar deze zone wordt verder besproken in het hoofdstuk van de archeoregio Kempen (zie 2.4.1).

De vorming en de huidige morfologie van deze terrassen is het resultaat van een complex samenspel van tektonische activiteit en verschillende uitschurings- en sedimentatiefasen van de Maas. In Belgisch Limburg stroomt de Maas door twee tektonische zones: het opheffingsgebied van het Kempens blok in het zuiden (tussen Visé en Dilsen), en de Roerdalslenk, een dalingsgebied dat gesitueerd is tussen Rotem en Neer (NI). De overgang tussen deze zones wordt gevormd door de Feldbiss-breuk. De beddingafzettingen van de Maas, zowel de huidige als alle vroegere beddingen van de rivier, bestaan op het Vlaamse grondgebied voornamelijk uit grinden, zodat zowel de oude als de jongere maasterrassen heel grindrijk zijn (Stokkemgrinden).

De fasen van sedimentatie en uitschuring waren voornamelijk afhankelijk van klimatologische omstandigheden gedurende de stadialen van het (laat) Saalien en Weichselien. In deze koude perioden vertoonde de Maas een vlechtend riviernetwerk en werd de dalvlakte voornamelijk gekenmerkt door accumulatie van sedimenten (aggradatie). In de warmere tussenijstijden kreeg de Maas een meanderend karakter en kon de rivier zich insnijden en een vallei uitschuren. Daardoor verplaatste de dalvlakte zich en bleven de oudere afzettingen achter als hoger gelegen terrassen aan de rand van de nieuwe vlakte. De oudste terrassen liggen dus het hoogste in het huidige reliëf.

Paulissen maakte voor de Belgische Maasvallei een belangrijke synthese³⁴⁷ en een vlakdekkende geomorfologische kartering (Fig. 111) op basis van eerdere publicaties, en eigen veldwerk en analyses. Hij onderscheidde daarbij enkele belangrijke eenheden en terrassen die nog steeds fungeren als een belangrijk algemeen landschappelijk kader. Via recentere paleogeografische karteringen van het volledige Nederlandse Maasdal en diens terrassen werd, op basis van o.a. ¹⁴C dateringen en de nauwkeurige topografische opnames van de beschikbare Digitale Hoogtemodellen, de 'geomorfogenetische kaart van het Maasdal' opgemaakt³⁴⁸ (Fig. 112 en Fig. 113). Deze kartering biedt meer details over de datering van de genese van de verschillende terrasniveaus en holocene afzettingen.

2.4.5.1.2 Pleistocene terrassen

Paulissen³⁴⁹ onderscheidde op het grondgebied van Vlaanderen vijf terrasniveaus boven de holocene dalvlakte, telkens begrensd door duidelijke randen. Vooral de terrassen van Eisden-Lanklaar, Maasmechelen en Geistingen zijn hier van belang.

Het jongste van deze terrassen is dit van Geistingen, gevormd tijdens de Jonge Dryas. Dit terras komt in grote delen van het Maasdal voor³⁵⁰. Naar de geomorfogenetische kaart van het Maasdal omvatten

³⁴⁷ Paulissen 1973.

³⁴⁸ Isarin *et al.* 2014; 2017; Woolderink & Cohen 2018; deze laatste is ter raadplegen via <https://arcg.is/1H4L9W>.

³⁴⁹ Paulissen 1973.

³⁵⁰ Tebbens 2018.

deze Jonge Dryas afzettingen in Vlaanderen zones bij en ten zuiden van Geistingen. Deze afzettingen bestaan voornamelijk uit grindpakketten en zandig alluvium afgezet door een verwilderd riviersysteem in kleine ondiepe beddingen (tot 2 m diepte). Omdat deze afzettingen werden gevormd na het pleniglaciaal ontbreekt een afdekkende dekzandmantel.

Het terras van Maasmechelen dateert uit het laat Weichselien (pleniglaciaal). Zoals het terras van Geistingen is het een sedimentatieterras met afzettingen van een vlechtend riviersysteem in een koude periode. Het terrasniveau is ten zuiden van Eisden gemiddeld ongeveer 1 km breed, maar wordt vanaf Dilsen naar het noorden waaivormig breder. In dit vlak komen diverse fossiele geulen voor die al dan niet bij elkaar aansluiten. Ze vormen depressies met een breedte tot soms enkele honderden meters. Deze depressies zijn op het Digitaal Hoogtemodel goed te onderscheiden, en zijn in algemene zin ook afgebakend op de geomorfogenetische kartering van het Maasdal (Fig. 114). De grindrijke afzettingen van dit terras worden, in tegenstelling tot het terras van Geistingen, afgedekt door een continue mantel van dekzandafzettingen. De dikte hiervan varieert. Plaatselijk komen ook laatglaciale (parabool)duinen voor.

Het terras van Eisden-Lanklaar dateert uit het laat Saalien en komt continu voor doorheen de Maasvallei. Het terras wordt in het oosten begrensd door het terras van Maasmechelen en in het westen door de rand van de Maasvallei (in Vlaanderen grotendeels de oostelijke rand van het Kempens Plateau). Ook dit terras werd opgebouwd met grindrijke afzettingen van een verwilderde rivier tijdens een koude periode. Deze worden afgedekt door verschillende afzettingen van dekzanden, waarin Paulissen een roodbruine aanrijkingshorizont vermeldt, die wordt gekenmerkt door posterieure cryoturbatieverschijnselen. Deze bodem wordt geïnterpreteerd als een fossiele bodem gevormd tijdens het Eem interglaciaal, dus een equivalent van de Rocourtbodem in het lössgebied (zie 2.4.3.2.4). Op het terras komen ook duidelijke laatglaciale paraboolduinen voor (Fig. 115). Verschillende beken draineren het Kempens Plateau en snijden het plateau van Eisden-Lanklaar in west-oost-richting in. Aan de randen van het Kempens Plateau hebben deze beken op diverse plaatsen in de loop van het Weichselien puinwaaiers afgezet, die min of meer zijn afgebakend op de quartairprofieltypenkaart.

De bestaande vlakdekkende geomorfologische en quartairgeologische kaarten van het Maasdal, en de Geomorfogenetische kaarten die werden opgemaakt in 2014 en 2018, bieden een belangrijk en goed algemeen kader voor het begrijpen van de structuur en genese van de Maasterrassen. Intensief landschappelijk en archeologisch onderzoek in het kader van het grindwinningsproject Elerweerd³⁵¹ toont echter aan dat de lokale realiteit complexer is. In het studiegebied Elerweerd bakenen de auteurs, aan de hand van o.a. landschappelijke boringen, geologische profielsleuven, ¹⁴C dateringen en sedimentanalyses, zones af van verschillende ouderdom in de holocene dalvlakte, alsook diverse vroegholocene en pleistocene terrasniveaus, respectievelijk gevormd in het Preboreaal, de Jonge Dryas en Allerød periodes (Fig. 116). De overgang tussen het Allerød terras en het Jonge Dryas terras wordt gemarkeerd door de aanwezigheid van een restgeul, tot ca. 4 m diep onder het huidige maaiveld, met aan de basis een ca. 100 cm dik kleiig humeus en deels weinig pakket gevormd in het vroegholoceen (Fig. 117). De insnijding en migratie van een Maasgeul zorgde in het studiegebied in het Atlanticum voor een gedeeltelijke opruiming van het Jonge Dryas terras en de vorming van kronkelwaarden (5 op Fig. 116). De restgeulen binnen het Jonge Dryas terrasrestant waren nog actief als overloopgeulen voor deze laat-Atlantische Maasgeul. Deze terrasniveaus zijn allen zeer grindrijk en werden vanaf de Romeinse periode en late middeleeuwen afgedekt door alluviale sedimenten.

³⁵¹ Augustin *et al.* 2019; 2021.

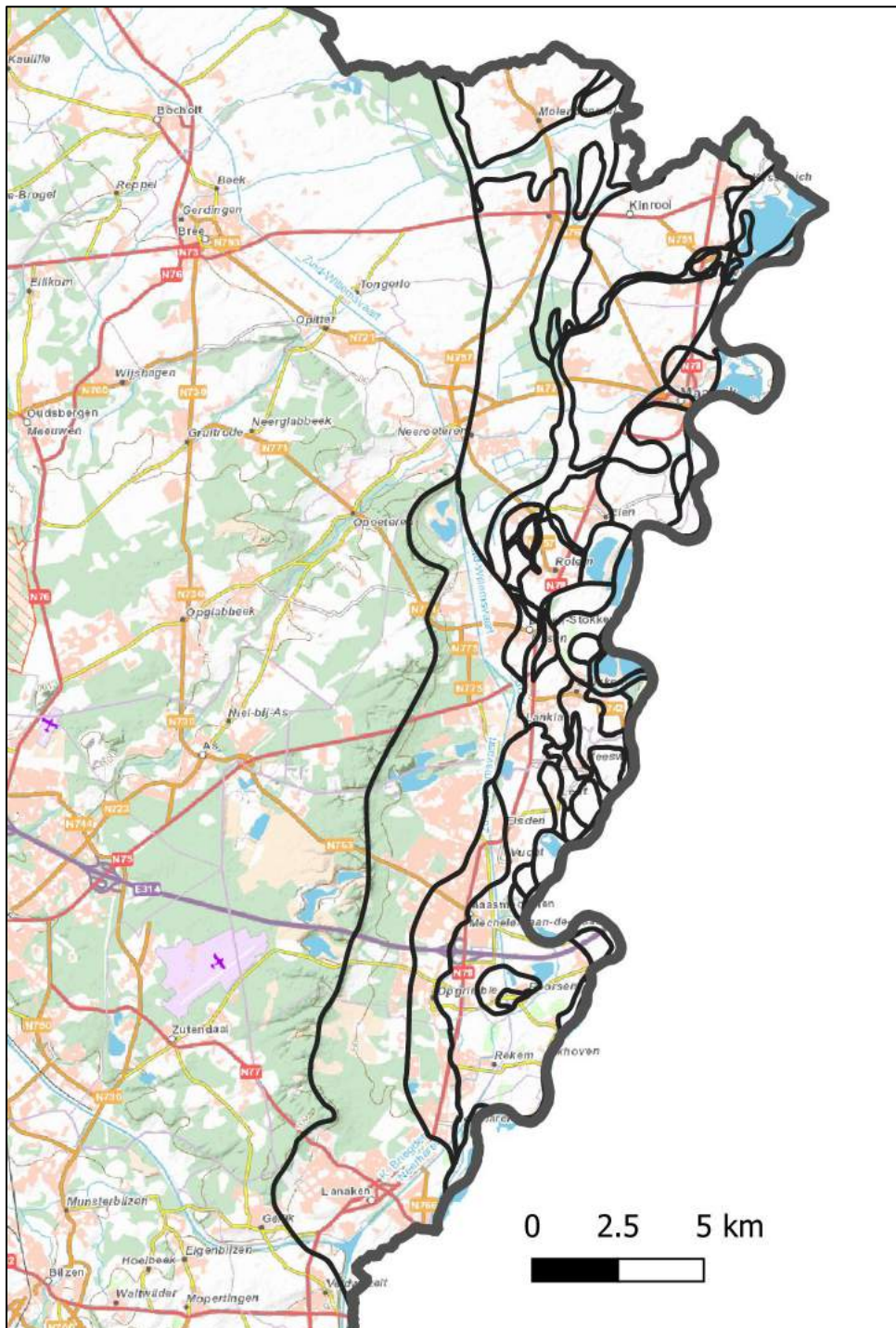


Fig. 110: Afbakening van het Maasdal op basis van de overlay van de 'morphogenetische kaart van het Maasdal'.

LEGENDE - LEGEND

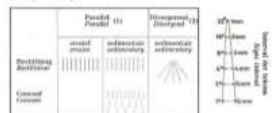
I. MORFOGRAFIE EN MORFOMETRIE
MORPHOGRAPHY AND MORPHOMETRY

GEANALYSEERDE FORMEN - ANALYSED FORMS

Vlakten (hellengrad $\leq 1^\circ$) - Flat surfaces (inclination $\leq 1^\circ$)

Erodeerd - Eroded
Sedimentair - Sedimentary

Hellingen - Slopes



(1) De hellingprofiel wordt aangegeven door het interval der hellingprofielen.
(The inclination is indicated by the interval of the slope profile.)

(2) Het interval (II) het bereikt minimum geeft de gemiddelde hellingprofiel aan.
(The interval of the slope profile indicates the mean inclination.)

Hellingprofielen - concaviteit en convexiteit (1)

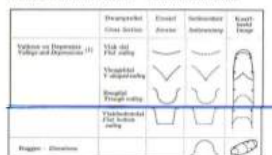
Concaviteit - Concavity
Convexiteit - Convexity

Concaviteit - Concavity
Convexiteit - Convexity

(1) Het hellingprofiel wordt aangegeven door het interval der hellingen.
(The inclination is indicated by the slope interval.)

(2) Het interval (II) het bereikt minimum geeft de gemiddelde hellingprofiel aan.
(The interval of the slope profile indicates the mean inclination.)

GESCHETSEERDE FORMEN - SCHEMATIZED FORMS



(1) Het interval der hellingprofielen geeft het interval van het hellingprofiel.
(The interval of the slope profile indicates the inclination of the hellingprofiel.)

GEWYNDIGERDE FORMEN - SYMBOLIZED FORMS

Hellingen en Boven - Slopes and Escarpments (1)

Beschrijving - Description

Concaviteit - Concavity
Convexiteit - Convexity

Concaviteit - Concavity
Convexiteit - Convexity

(1) Gemiddelde hellingprofiel - Mean interval of the hellingprofielen
(Mean inclination - indicated by the interval of the slope)

(2) Het interval der hellingprofielen - Height of the escarpment and of the slope

Vallies, Depressies en Rogen - Valleys, Depressions and Elevations (1)

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

Vallies - Depressions - Elevations

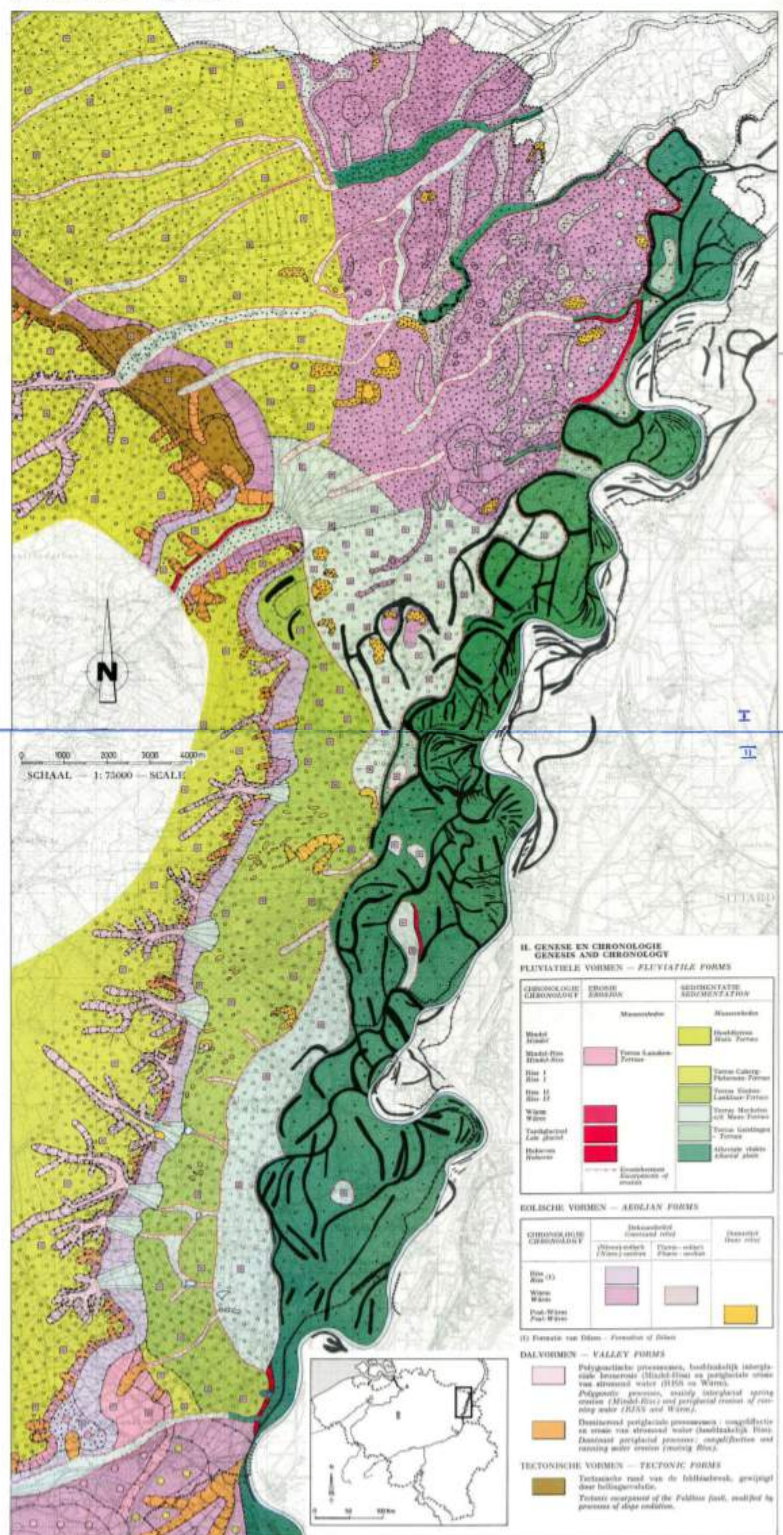


Fig. 111: De geomorfologische kaarten van Paulissen (1973).

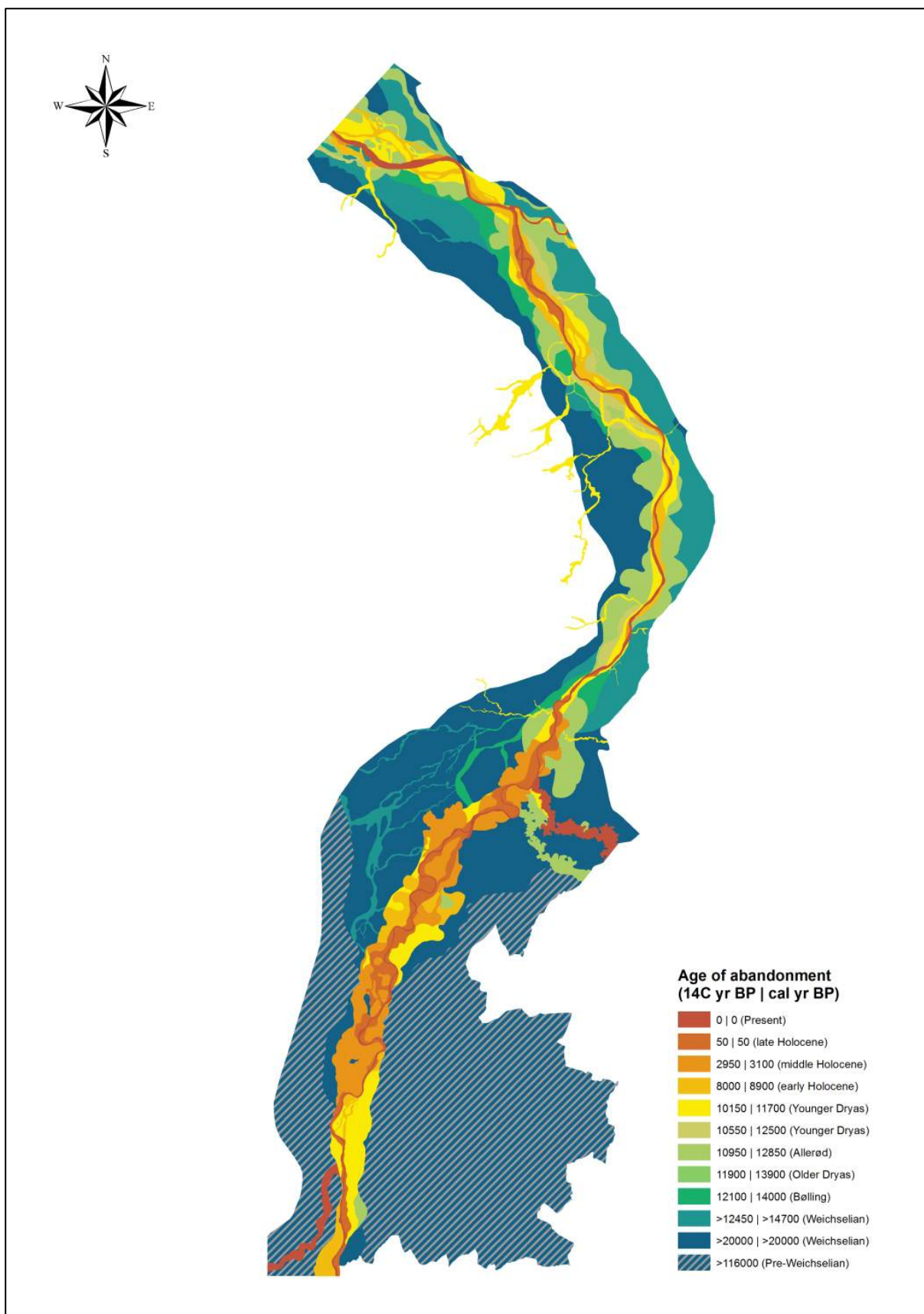


Fig. 112: De 'morfogenetische kaart van het Maasdal' (de bestanden hiervan zijn beschikbaar via <https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:77585>).

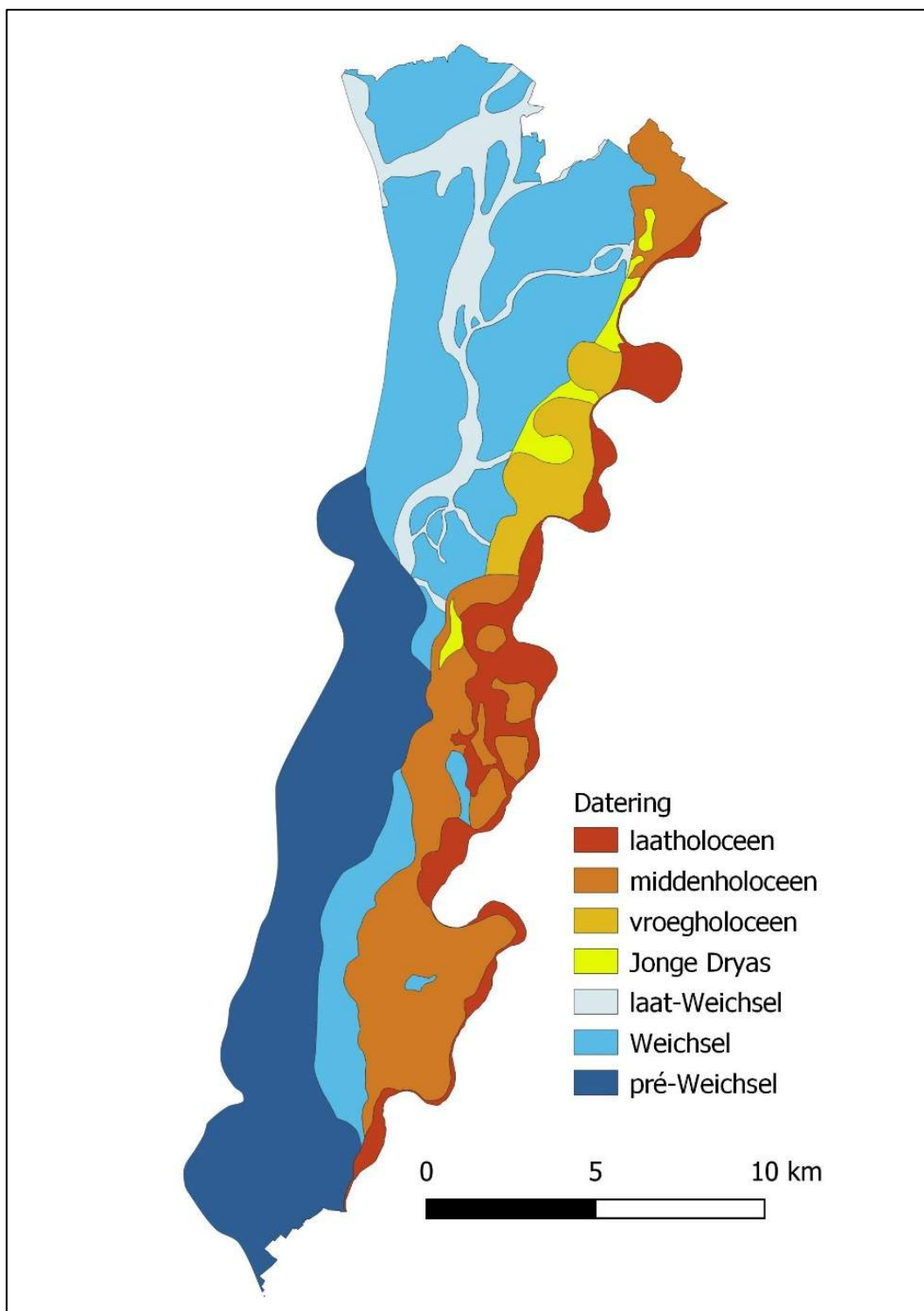


Fig. 113: Algemene datering van de verschillende pleistocene terrassen en holocene afzettingen op Vlaams grondgebied naar de morfogenetische kaart van het Maasdal.

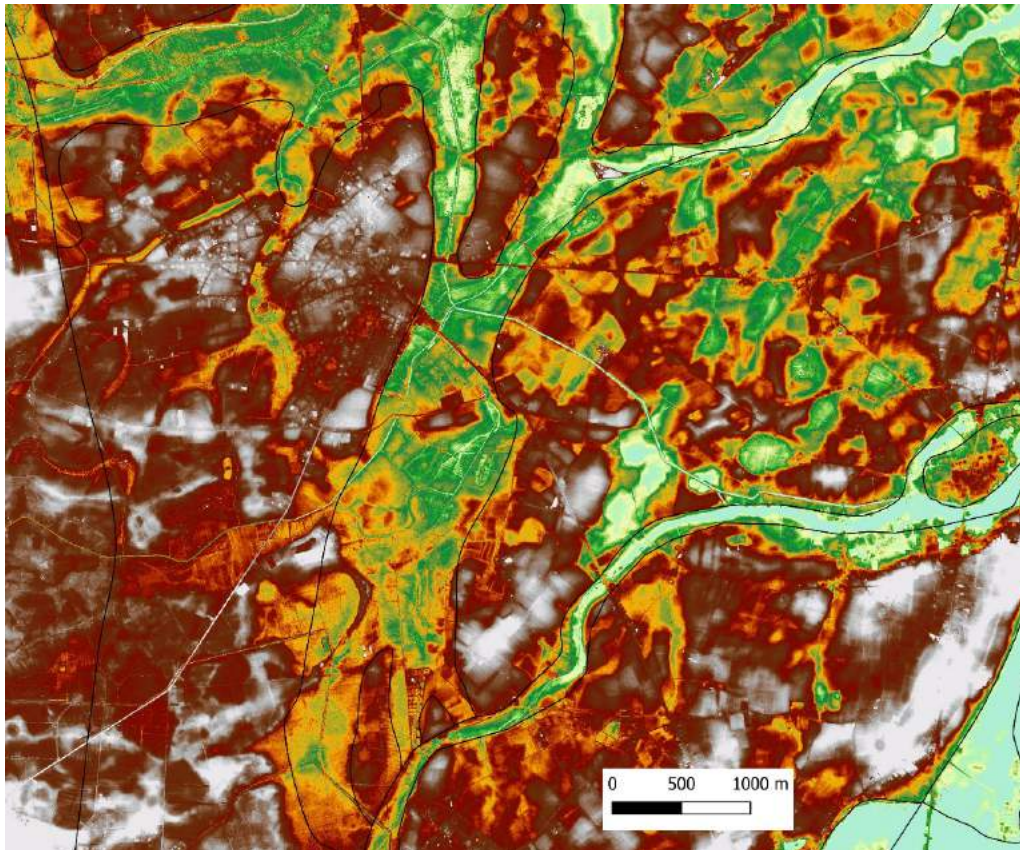


Fig. 114: Op het Digitaal hoogtemodel zijn de brede fossiele geulen in het noordelijk deel van het terras van Maasmechelen duidelijk herkenbaar.

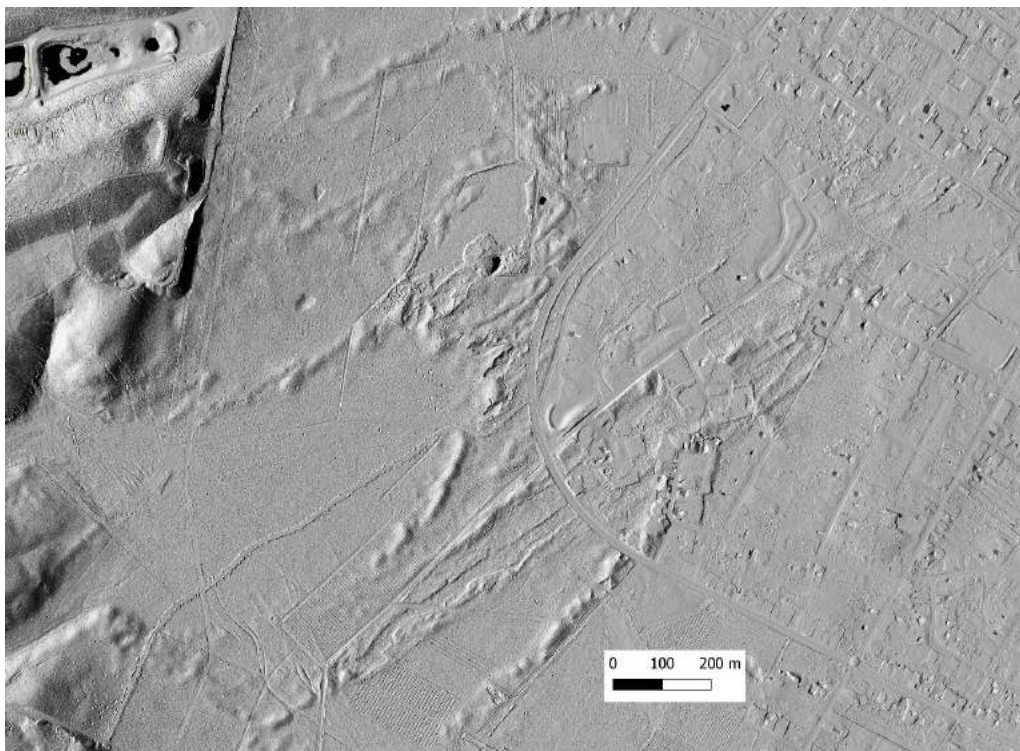


Fig. 115: Paraboolduinen op het terras van Eisen-Lanklaar in het natuureservaat 'Onder de Berg' te Maasmechelen (0,25 m multidirectionele hillshade verwerking DHM2).

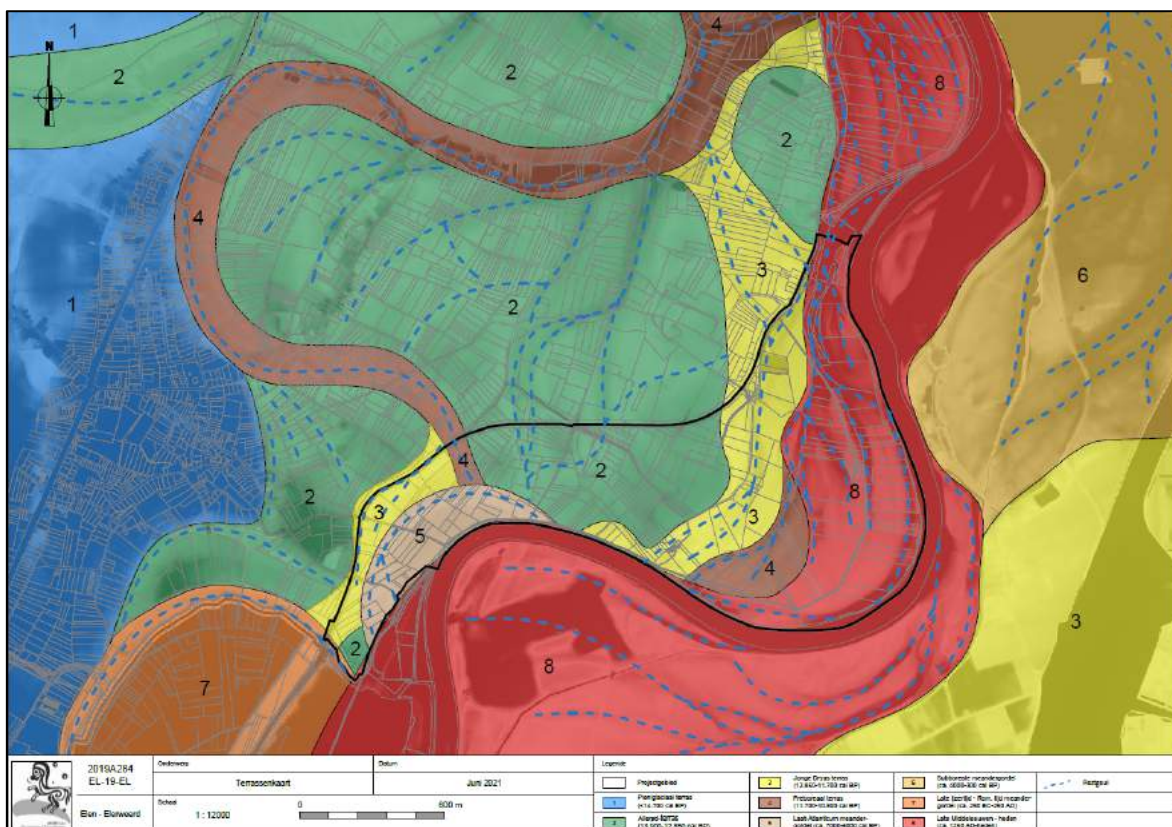


Fig. 116: Paleogeografische kaart van de grindwinningszone Elerweerd³⁵².

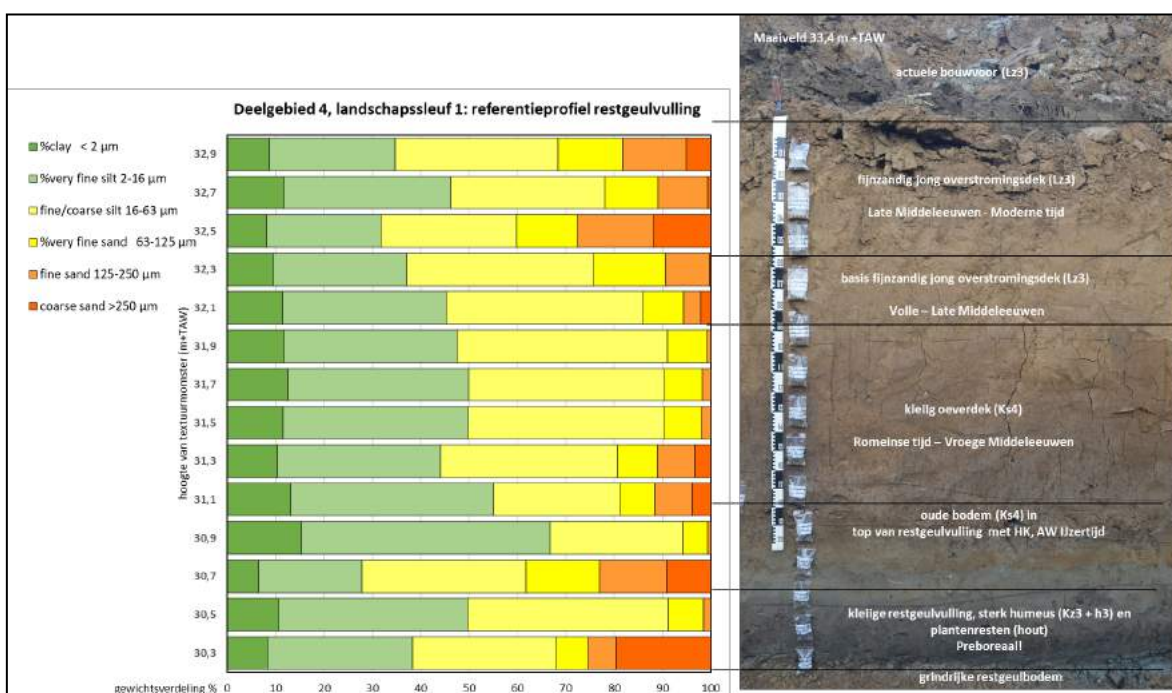


Fig. 117: Referentieprofiel van de vulling van een restgeul, met aanwezigheid van de verschillende alluviale afzettingen in het ontginningsgebied Elerweerd³⁵³.

³⁵² Augustin et al. 2021.

³⁵³ Ibid.

2.4.5.1.3 Afdekking met dekzand of löss

Hogerop werd al vermeld dat de terrassen van Maasmechelen en Eisden-Lanklaar worden afgedekt door dekzanden, en dat in de oudere dekzanden (Saale ijstijd; 'formatie van Dilsen') op het Eisden-Lanklaar terras een fossiele bodem uit het Eem is vastgesteld³⁵⁴. Tijdens het Weichsel pleniglaciaal werden hierop nieuwe dekzanden afgezet ('formatie van Kessenich'). In het zuiden, ten oosten van Riemst, bestaat de afdekking van de terrassen uit löss afzettingen. De verdere kenmerken van de dekzand- en lössbodems worden besproken in de hoofdstukken van de archeoregio's Kempen en Zandstreek, en Zandleem- en Leemstreek (zie 2.4.1.3 en 2.4.3.2.4).

2.4.5.1.4 Laatglaciale duinen

Op verschillende plaatsen op de pleistocene terrassen komen vrij uitgesproken (parabool)duinen voor die werden opgewaaid in de periode van de Jonge Dryas (Fig. 115). Deze zijn gelijkaardig aan deze in de Kempen en Zandstreek, zodat we hier verwijzen naar het betreffende hoofdstuk bij deze archeoregio's (zie 2.4.1.2.3).

2.4.5.1.5 De holocene dalvlakte en 'dekzandeilanden'

Het laagst gelegen en qua genese jongste niveau is de holocene vallei van de Maas. Dit gebied is in Vlaanderen tot maximum 2 km breed en ligt aan de linkeroever van de huidige Maas. In deze vlakte zijn o.a. via het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen talrijke relictten herkenbaar van de activiteit van de Maas gedurende het holoceen: paleomeanders en andere geulen, gerelateerde kronkelwaardruggen en -depressies, oeverwallen, enz.

De datering van deze relictten is gespreid over nagenoeg het gehele holoceen. Paulissen dateerde bijvoorbeeld afzettingen in geulen rond 7000BP, met geassocieerde oeverwallen die van nog oudere datum moeten zijn, maar hij stelde door de vergelijking van historische kaarten en aan de hand van andere historische bronnen dat dit proces van vorming en verplaatsing van nieuwe geulen doorliep tot recente tijden³⁵⁵. In Nederland is de site van Well-Aijen een mooie illustratie van de activiteit van de Maas gedurende het vroegholoceen. Archeologische resten uit verschillende prehistorische periodes bevinden er zich in en op fluviatiele (kronkelwaard)afzettingen (zie 2.4.5.2.1).

De morfogenetische kaart van het Maasdal onderscheidt in de holocene dalvlakte van de Maas zes vormingsfasen, die kunnen samengevat worden in drie hoofdfasen (vroeg-, midden en laatholocene; cf. Fig. 113). De oudste fasen hierin worden in het Preboreaal geplaatst, o.a. aan de hand van dateringsonderzoek op enkele restgeulen. De jongste relictten dateren van de late middeleeuwen tot in de loop van de 19^{de} eeuw. De recentste ontwikkelingen van de rivier zijn onder meer af te leiden door de vergelijking van historische kaarten³⁵⁶ (Fig. 118).

Naast de relictten van deze holocene rivierdynamiek dagzomen op Vlaams grondgebied nog enkele oudere relictten van pleistocene ouderdom in deze vallei, door Paulissen 'dekzandeilanden' genoemd. Deze restanten van het dekzandrelief dateren uit het Weichsel pleniglaciaal en omvatten inderdaad relatief kleine, iets hoger gelegen, 'eilanden' in het huidige reliëf. Dergelijk dekzandeilanden komen voor bij Leut, Boorseme en Stokkem.

³⁵⁴ Paulissen 1973.

³⁵⁵ Ibid.

³⁵⁶ Ibid.

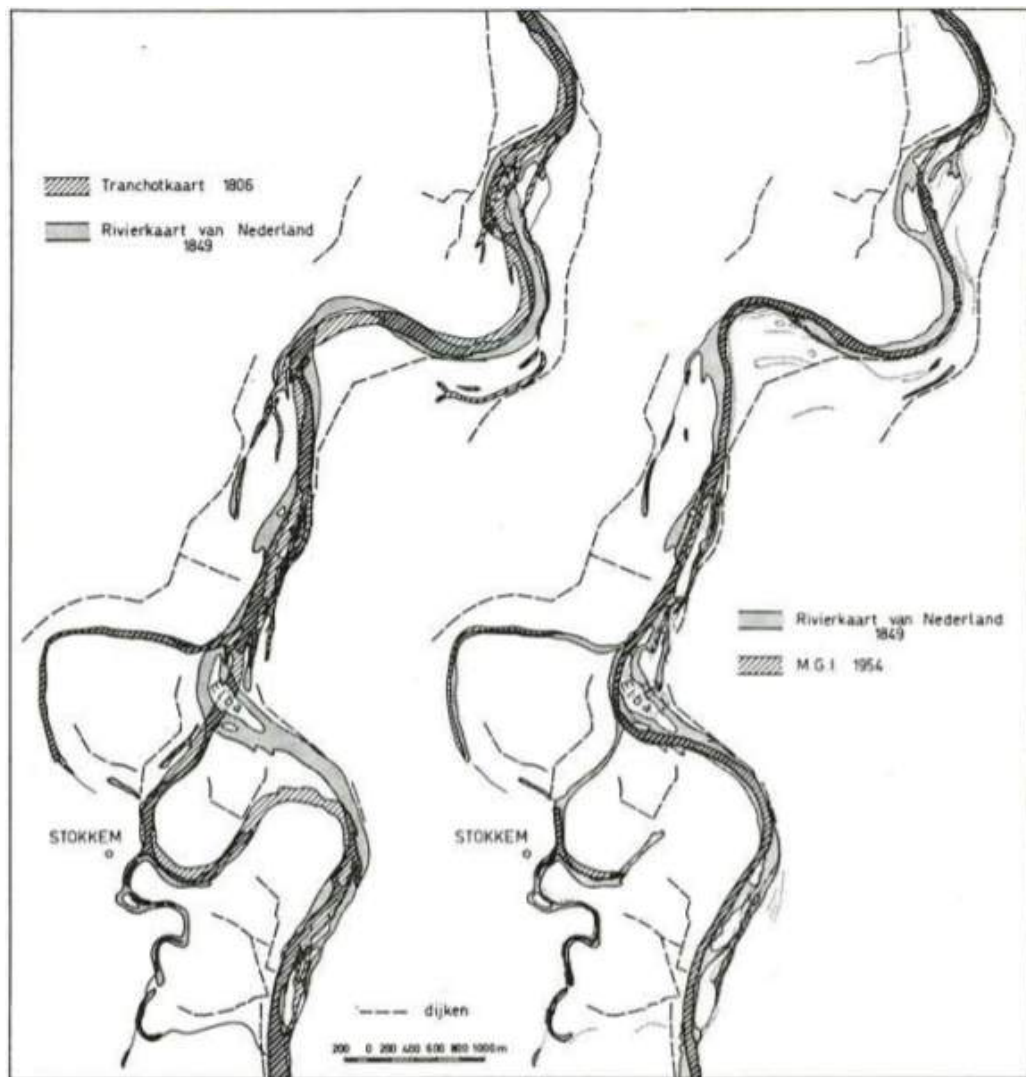


Fig. 118: Op basis van vergelijkingen tussen historische kaarten kunnen de recente ontwikkelingen van de rivierlopen in het Maasdal gereconstrueerd worden³⁵⁷.

2.4.5.1.6 Holocene alluvium

Over heel het holocene Maasdal en gedeeltelijk ook op de oudere terrassen komen holocene alluviale afzettingen voor. Hierin wordt in de literatuur een onderscheid gemaakt tussen pakketten van verschillende ouderdom. De oudere pre-Romeinse afzettingen worden doorgaans aangeduid als 'oude klei' of Mullem-klei³⁵⁸. In Nederland wordt de formatie van Wijchen onderscheiden, waarvan de afzetting al in het laatglaciaal aanvangt, en doorloopt in het Vroegholocene. In Nederland wordt bodemvorming in deze oudere afzettingen al gedateerd vanaf het vroeg-Atlanticum, vóór 6430-6249 v. Chr.³⁵⁹

³⁵⁷ Zone van de Maas bij Stokkem: Paulissen 1973, fig. 13.

³⁵⁸ Beerten 2005.

³⁵⁹ Tebbens 2018.

Deze afzettingen komen voor in de lagere delen van het terrassenlandschap. In de grindontginningszone Elerweerd werden in de top van deze oude klei vindplaatsen uit zowel het neolithicum als de ijzertijd aangetroffen³⁶⁰ (Fig. 117). Vanaf de Romeinse periode en vooral de late middeleeuwen neemt de overstromingsactiviteit van de Maas toe, en wordt ook op hogere terrasdelen alluvium afgezet³⁶¹. Dit zijn doorgaans zandig-siltige afzettingen waarin bodemvorming nagenoeg ontbreekt. In de literatuur worden deze jongere alluviale afzettingen de Heppeneert lemen genoemd³⁶². De aanwezigheid van de holocene alluviale afzettingen is op een algemeen niveau af te leiden van zowel de bodemkaart (bodems met profielontwikkeling 'p') als de quartairgeologische kaart³⁶³.

In het onderzoek van de grindontginningszone Elerweerd werden beide alluviale pakketten herkend, waarbij de 'oude klei' omschreven wordt als *"...stugger en toont vrij dicht onder de top fossiele gley-verschijnselen, zoals mangaanconcreties en vlekkeligheid"*³⁶⁴. Deze afzettingen waren qua verspreiding beperkt tot het westelijke deel van het onderzoeksgebied Elerweerd. Hogere delen van het terraslandschap werden enkel afgedekt door jongere alluviale afzettingen, waarin geen bodemvorming werd herkend. De jongere alluviale afzettingen worden hier ook gekenmerkt door een hoger percentage aan (fijn) zand dan de oude klei. In het algemeen vertonen de alluviale afzettingen een *'fining upward'* patroon.

Van belang voor de inschatting van het archeologisch potentieel in dit onderzoeksgebied is bovendien dat de laatholocene overstromingsdynamiek grote delen van de top van het Allerød-terras en de terrassen ten oosten van dit terras heeft geërodeerd. Deze specifieke situatie wordt door de onderzoekers verklaard door de ligging van dit gebied direct ten noorden van een uitgesproken meanderbocht van de holocene Maas³⁶⁵. De aanwezigheid van een Bølling-Allerød dalvlakte met kenmerkende sterk meanderende restgeulen, in de daaropvolgende Jonge Dryas omgevormd tot erosieterras, wordt eveneens in Nederlands Limburg herkend, bijvoorbeeld in het gebied tussen Ooijen en Wanssum (Broekhuizen terras)³⁶⁶.

³⁶⁰ Augustin *et al.* 2021.

³⁶¹ Tebbens 2018.

³⁶² Beerten 2005.

³⁶³ Beerten 2005.

³⁶⁴ Augustin *et al.* 2021, 35.

³⁶⁵ Augustin *et al.* 2021, afb. 30.

³⁶⁶ Tebbens 2018.

2.4.5.2 Beknopt overzicht van de archeologische kennis

2.4.5.2.1 Het beeld vanuit Nederland

Op basis van de Geomorfogenetische kaart van het Maasdal werd voor Nederland en Vlaanderen een algemeen archeologisch verwachtingsmodel opgesteld³⁶⁷. Daarnaast verscheen voor het Nederlands grondgebied ook een synthese van de archeologische kennis, opgedaan via preventieve archeologische onderzoeken sinds de implementatie van het Verdrag van Malta³⁶⁸.

Hieruit wordt geconcludeerd dat voor het middenpaleolithicum de kans klein is om vondsten en sites *in situ* aan te treffen, gezien de ouderdom van de meeste afzettingen³⁶⁹. Er zijn uit het Maasdal wel enkele *ex situ* vondsten gekend³⁷⁰.

Voor de jongere periodes van het paleolithicum en mesolithicum werden vooral sites aangetroffen in de overgangszones van nat naar droog (zoals terrasranden naast restgeulen, kronkelwaarden met kronkelwaardgeulen en beekdalranden en -mondingen). Belangrijk daarbij is de site van Well-Aijen, met de aanwezigheid van sites van vroeg- tot laatmesolithicum op de oostflanken van kronkelwaardruggen. Op verschillende plaatsen lijkt natuurwetenschappelijk onderzoek op afzettingssequenties er op te wijzen dat deze jager-verzamelaars lokaal rietvegetaties afbrandden.

Vondsten en sites uit het neolithicum zijn in Nederland relatief schaars in het Maasdal, en voornamelijk aangetroffen op de pleistocene terrassen³⁷¹. De vroegste sporen van neolithische *landname* (tussen ca. 4850 en 4280 v. Chr.) zijn aantoonbaar op de sites Maastricht-Vogelzang en Maastricht-Randwyck, beiden gelegen langs een Jonge Dryas restgeul, en in Well-Aijen werkvak 2, op een vroegholocene kronkelwaard. De gegevens van pollenonderzoeken wijzen op een gedeeltelijke kap van het bos en lokale graanteelt. Vanaf het middenneolithicum zijn meer sites en vondsten gekend, hoofdzakelijk weer in de buurt van restgeulen op de pleistocene terrassen.

2.4.5.2.2 Sites en vondsten in het Maasdal in Vlaanderen

In de recent bijgewerkte onderzoeksbalansen voor paleolithicum³⁷² en mesolithicum³⁷³ worden voornamelijk de zones van de laatglaciale duinen en de oeverwallen nabij de pleistocene Maasbeddingen genoemd als gebieden met een hoge potentie voor de aanwezigheid van sites uit de steentijd, met o.a. de Federmessersite van Rekem³⁷⁴ en de mesolithische sites van Neerharen-De Kip³⁷⁵ als belangrijke voorbeelden. Beide onderzoeksbalansen benadrukken echter het gebrek aan systematische prospecties en desgevolg de geringe kennis in het Maasdal in Vlaanderen, en het belang van de kennis van het paleolandschappelijk kader voor de inschatting van het potentieel.

Afgaande op dat landschappelijk kader zoals dat hogerop werd geschetst, is er voor het middenpaleolithicum zoals in Nederland ook in Vlaanderen slechts een potentieel op *ex situ* vondsten voor een groot deel van het gebied. In principe kunnen middenpaleolithische vondsten echter wel *in situ* voorkomen op het pleistocene terras van Eisden-Lanklaar, door de aanwezigheid van verschillende dekzandniveaus en fossiele bodems daarin. Dit wordt mogelijk geïllustreerd door de enige melding van

³⁶⁷ Isarin *et al.* 2015; 2017; Rensink 2017.

³⁶⁸ Ball *et al.* (red.) 2018.

³⁶⁹ Rensink 2017.

³⁷⁰ Ball *et al.* (red.) 2018.

³⁷¹ *Ibid.*

³⁷² Ryssaert *et al.* 2021.

³⁷³ Noens *et al.* 2021.

³⁷⁴ De Bie & Caspar 2000.

³⁷⁵ Lauwers & Vermeersch 1982.

een middenpaleolithische vondst in de CAI in het Maasdal: een Levallois afslag gevonden bij het vooronderzoek in het kader van het Europark te Lanaken³⁷⁶.

Indien we de gekende steentijdsites en -vondsten (finaalpaleolithicum tot neolithicum) in het gebied plotten op de algemene morfogenetische kaart van het Maasdal in Vlaanderen (Fig. 119), zien we enerzijds dat de meeste gekende sites inderdaad gelegen zijn op de pleistocene terrassen, maar anderzijds dat ook sites en vondsten gekend zijn in de zones met vroeg- en middenholocene afzettingen, alsook op de dekzandeilanden in de holocene dalvlakte. Ook zoals in Nederland lijken de laatglaciale duinen, de terrasranden en de randen van de fossiele geulen (cf. in het noorden van het terras van Maasmechelen) daarbij een belangrijk potentieel te bezitten.

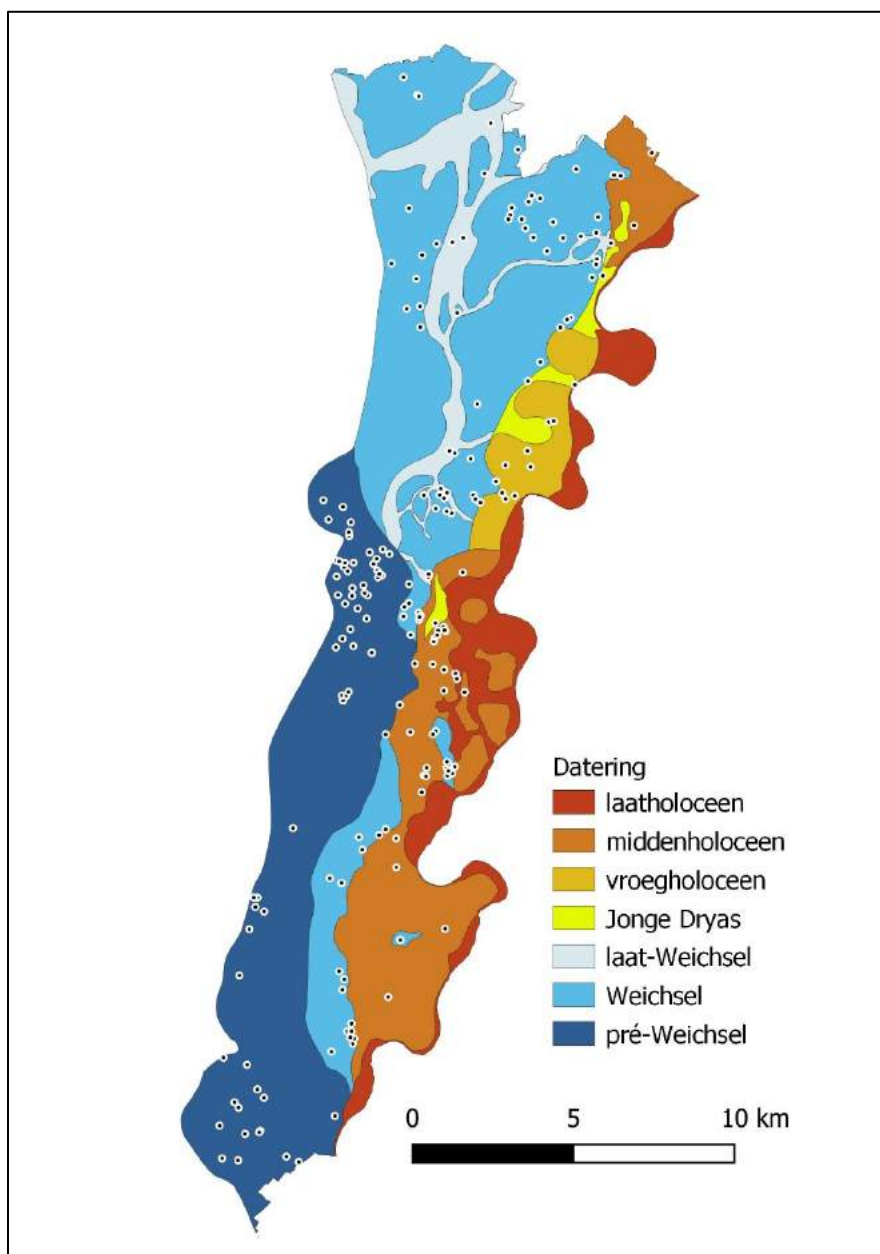


Fig. 119: Plot van gekende steentijdsites en -vondsten (op basis van de CAI) op de morfogenetische kaart van het Maasdal.

³⁷⁶ De Winter & Driesen 2006.

Een snelle analyse van de gegevens in de CAI leert dat de sites en vondsten op de middenholocene zones van de morfogenetische kaart allen te dateren zijn in het (voornamelijk midden)neolithicum. Op de zones gekarteerd als laatholocene zijn logischerwijze geen sites en vondsten uit de prehistorie gekend. Daar geldt in principe enkel een potentieel van *ex situ* steentijdvondsten.

2.4.6 Het middenpaleolithicum

2.4.6.1 Inleiding: specifieke problematiek middenpaleolithicum

In de huidige preventieve archeologie komt het vroeg- en middenpaleolithicum nauwelijks aan bod. Slechts heel zelden, en dan doorgaans enkel bij de grootschalige ontginning van grondstoffen (bijv. leem), wordt een inschatting gemaakt op het voorkomen van sites en vondsten uit deze periodes in de projectgebieden. In de meer courante projecten wordt doorgaans wel een inschatting gemaakt betreffende het voorkomen en de bewaring van 'jager-verzamelaarsites', maar zelden of nooit is dit met inbegrip van het vroeg- of middenpaleolithicum. De relatief schaarse vondsten van deze periodes in de preventieve archeologie komen dan ook nagenoeg steeds aan het licht als 'losse vondsten', en geven ook bij het aantreffen dikwijls geen aanleiding tot de aanpassing van de strategie van het veldwerk.

Dit wordt vaak ingegeven vanuit het idee dat vroeg- en middenpaleolithische sites zich steeds op grote diepte zouden bevinden, buiten het bereik van de geplande werken. Het voorkomen en de mogelijke bewaring van deze sites is echter uitermate complex en kan enorm variëren, afhankelijk van de lokale (quartaire)geologie. Het 'potentieel' ervoor inschatten is dan ook niet eenvoudig. De voorhanden zijn bronnen met betrekking tot deze geologie zijn bovendien van een dermate resolutie dat een inschatting van het potentieel op basis van bureauonderzoek slechts zeer indicatief kan zijn.

2.4.6.1 Overzicht van de archeologische kennis

Voor een uitgebreid overzicht van de kennis over en spreiding van de vroeg- en middenpaleolithische vindplaatsen in Vlaanderen verwijzen we naar de recentste update van de onderzoeksbalans paleolithicum³⁷⁷. Vindplaatsen uit het vroeg- en middenpaleolithicum³⁷⁸ zijn gekend zijn van alle archeoregio's in Vlaanderen, met uitzondering van de Maasterrassen, de strandduinen en polders (Fig. 120). In het bijzonder is er een zekere associatie van deze sites en vondsten met de verspreiding van de afzettingen van de 'Vlaamse vallei', een aantal paleobodems in de leemstreek, en de tertiaire heuvelruggen, bijvoorbeeld deze van het Hageland en de Vlaamse Ardennen. In de zandstreken buiten de contouren van de Vlaamse vallei bestaan de vondsten veelal uit oppervlaktevondsten. Daarbij zijn 'concentraties' (in relatieve zin, het gaat telkens om een vrij klein aantal sites) te bemerken op de Kempense cuesta en het Kempens plateau, twee regio's waar de afdekkende dekzanden vrij dun zijn. Slechts weinig sites van het vroeg- of middenpaleolithicum in Vlaanderen zijn onderzocht geweest via opgravingen³⁷⁹.

Buiten de Vlaamse vallei is het middenpaleolithicum in zandig en zandlemig Vlaanderen vooral gekend aan de hand van tal van oppervlaktevindplaatsen die zich vaak op dagzomende tertiaire opduikingen bevinden waar het in oorsprong dun quartair dek geërodeerd is³⁸⁰. Ook voor de vindplaatsen die zich op de getuigenheuvels van het Heuvelland en de Vlaamse Ardennen bevinden, geldt deze problematiek. Ze bevinden zich over het algemeen aan het oppervlak of zijn gevangen in verplaatste sedimenten, zoals bijvoorbeeld te Vollezele-Congoberg waar het materiaal zich in colluviale afzettingen uit het Weichsel bevindt³⁸¹.

³⁷⁷ Ryssaert *et al.* 2021.

³⁷⁸ Waarbij we moeten vermelden dat er maar één site met zekerheid kan gedateerd worden in het vroegpaleolithicum, nl. één van de clusters in Kesselt-Op De Schans.

³⁷⁹ Ryssaert *et al.* 2021.

³⁸⁰ Crombé & Van der Haegen 1994.

³⁸¹ Vynckier *et al.* 1988.

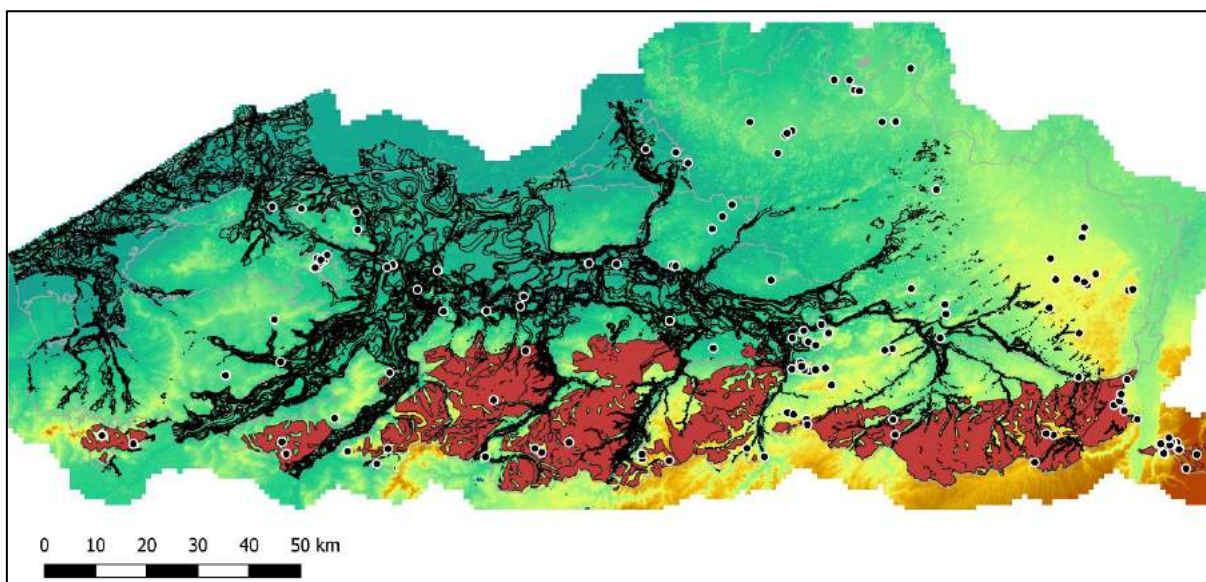


Fig. 120: Gekende vindplaatsen (op basis van de CAI) van het vroeg- en middenpaleolithicum, geprojecteerd op enerzijds de spreiding van de leemgronden (bruin), anderzijds de isopachen van de formaties van Rozebeke, Kruishoutem, Meulebeke, Melle, Adegem, Oostwinkel, Eeklo, Oostende en Herzele, die de verspreiding van de afzettingen van de 'Vlaamse vallei' aanduiden.

Ten noorden van de Vlaamse Vallei, ter hoogte van de Kempen, kenmerken sites zich vooral aan de hand van oppervlaktevindplaatsen met een beperkt aantal vondsten. Onderzoek in het gebied van de Liereman heeft echter ook voor dat gebied het potentieel aangetoond voor beter bewaarde, afgedekte vindplaatsen³⁸².

Het zandleem- en leemgebied van midden-België biedt dan weer potentieel op *in situ* bewaarde contexten, zoals het onderzoek op de diverse sites te Veldwezelt en Kesselt heeft aangetoond³⁸³. Maar ook daar zijn vindplaatsen door de afdekking van een dik pakket (zand)leem weinig zichtbaar. Ze getuigen van het bijzonder rijk potentieel dat aanwezig is in het loessgebied zowel voor alle fases van het middenpaleolithicum. Wat overigens ook aangetoond wordt aan de hand van goed bewaarde en gedocumenteerde vindplaatsen in Nederland (bijv. Maastricht-Belvédère³⁸⁴) en Wallonië (zoals Remicourt – En Bia Flo I³⁸⁵). Onderzoek net over de taalgrens, langs de Kleine Gete³⁸⁶, toont overigens aan dat ook ondiep bewaarde vindplaatsen in de beekvalleien kunnen aangetroffen worden.

In de kustpolders ontbreken vindplaatsen. In principe verschilt het middenpaleolithisch potentieel weinig van het zand(leem)gebied net ten westen ervan, maar zorgt de holocene geomorfologische ontwikkeling van het landschap hier voor een extra complexiteit omwille van de afdekking door veen en polderklei enerzijds en erosieve werking van getijdengeulen anderzijds. Op de huidige kaart wordt de kustlijn als begrenzing aangegeven, maar voor het paleolithicum gaat deze begrenzing uiteraard niet op. Terwijl tijdens koudere periodes de kustlijn verderaf lag of zelfs helemaal niet bestond, getuigen mariene afzettingen uit het Eem landinwaarts net van een omgekeerde beweging tijdens het interglaciaal. Onderzoek naar het potentieel van het pleistocene landschap ter hoogte van de litorale

³⁸² Ruebens & Van Peer 2011.

³⁸³ Van Baelen 2017; Bringmans 2006; Lauwers & Meijs 1985; Vroomans *et al.* 2006.

³⁸⁴ De Loecker 2005.

³⁸⁵ Bosquet *et al.* 2011.

³⁸⁶ Van Dijck & Otte 2019.

en sublitorale zones bleef echter lange tijd uit in België. Ter hoogte van het strand zijn weliswaar enkele vindplaatsen gekend, maar het betreffen voornamelijk oude vondstmeldingen waarvan het materiaal ondertussen deels verloren is gegaan. Deze collecties zijn niet opgenomen in de CAI. Ter hoogte van het strand van Walraversijde is materiaal aangetroffen dat onlangs werd geherevalueerd en deels in het finaalpaleolithicum kan geplaatst worden. Voor het middenpaleolithicum blijken vooralsnog enkel faunaresten gerapporteerd te zijn die op diverse locaties voor de kust zijn aangetroffen³⁸⁷. Dit staat in schril contrast met de rijkdom aan vondsten voor de kust van Nederland waar naast talrijke lithische en benen artefacten en faunaresten, ook een schedelfragment van een Neanderthaler werd gevonden³⁸⁸. Voor de Belgische sector wijst Pieters in zijn recent overzicht op een mogelijke relatie tussen de vondstlocaties en de aanwezigheid van verschillende opgevolde, pleistocene paleovalleien, die naar analogie van de Vlaamse vallei, aldus een bijzonder rijk onderzoekspotentieel bieden³⁸⁹.

2.4.6.2 De Vlaamse Vallei

De bepaling en de omschrijving³⁹⁰ van de 'Vlaamse Vallei' kent een lange voorgeschiedenis. Al in 1896 stelde Mourlon³⁹¹ vast dat mariene afzettingen zich verder landinwaarts uitstrekten dan voordien was aangenomen. Een jaar later, in 1897, vestigde Rutot de aandacht op het feit dat ten noorden van Gent het Quartair zeer dik is³⁹². Aan de omgeving gaf hij de benaming "*Golfe de Gand*", een benaming die op mariene invloed wees. De mariene oorsprong van de quartaire sedimenten in de zogenaamde "*Golfe de Gand*" wordt voor het eerst in vraag gesteld door Lorie in 1910³⁹³. Hij opteert voor een fluviatiel afzettingsmilieu en verving de term "*Golfe de Gand*" door "*la Vallée Gantoise*". De term "Vlaamse Vallei" is in 1943 ingevoerd door Tavernier³⁹⁴. De term "uitloper" (*prolongement*) van de Vlaamse Vallei wordt voor het eerst vermeld in een excursieverslag van Hacquart & Tavernier³⁹⁵. Hiermee wordt het vlakke gebied ten noorden van Brussel bedoeld. De term uitlopers is nu uitgebreid naar alle uitwiggingen van de Vlaamse Vallei langsheen de rivieren Leie, Schelde, Rupel, Dijle en Demer.

De Vlaamse Vallei is ontstaan als gevolg van de doorbraak van het Nauw van Calais tijdens het middenpleistoceen³⁹⁶. Vóór het tot stand komen van het Nauw van Calais waterden de rivieren van het Scheldebekken in noordelijke richting af omdat de kustlijn daar gelegen was (Fig. 121). Door de doorbraak was de zee nu ook aanwezig in het westen en het noordwesten. Aangezien de afstand naar zee aanmerkelijk korter was langs het westen tot het noordwesten verlegden de rivieren hun loop en volgden de noordelijke afwatering minder en minder. Hierdoor ontstond de grote depressie die nu gekend is als de Vlaamse Vallei. De depressie is het breedst en het diepst (tot ongeveer 25m diepte) ten noorden van Gent en wordt daar ook het kerngebied van de Vlaamse Vallei genoemd³⁹⁷. Ten zuidwesten en ten oosten van Gent is de Vlaamse Vallei opgesplitst in een aantal vertakkingen die quasi alle belangrijke rivieren van het Scheldebekken tot een zeker niveau stroomopwaarts volgen. Deze vertakkingen worden de uitlopers van de Vlaamse Vallei genoemd. Het ontstaan van de Vlaamse Vallei en haar uitlopers is in verschillende fasen verlopen en heeft meerdere glaciële en interglaciële perioden in beslag genomen. De vorming van de Vlaamse Vallei moet gezien worden als een

³⁸⁷ Pieters *et al.* 2010; 2020.

³⁸⁸ Hublin *et al.* 2009; Peeters *et al.* 2009; Peeters *et al.* 2019.

³⁸⁹ Pieters *et al.* 2020.

³⁹⁰ Een deel van deze tekst van de 'Vlaamse vallei' is overgenomen van Bogemans *et al.* 2008.

³⁹¹ Mourlon 1896.

³⁹² Rutot 1987.

³⁹³ Lorie 1910.

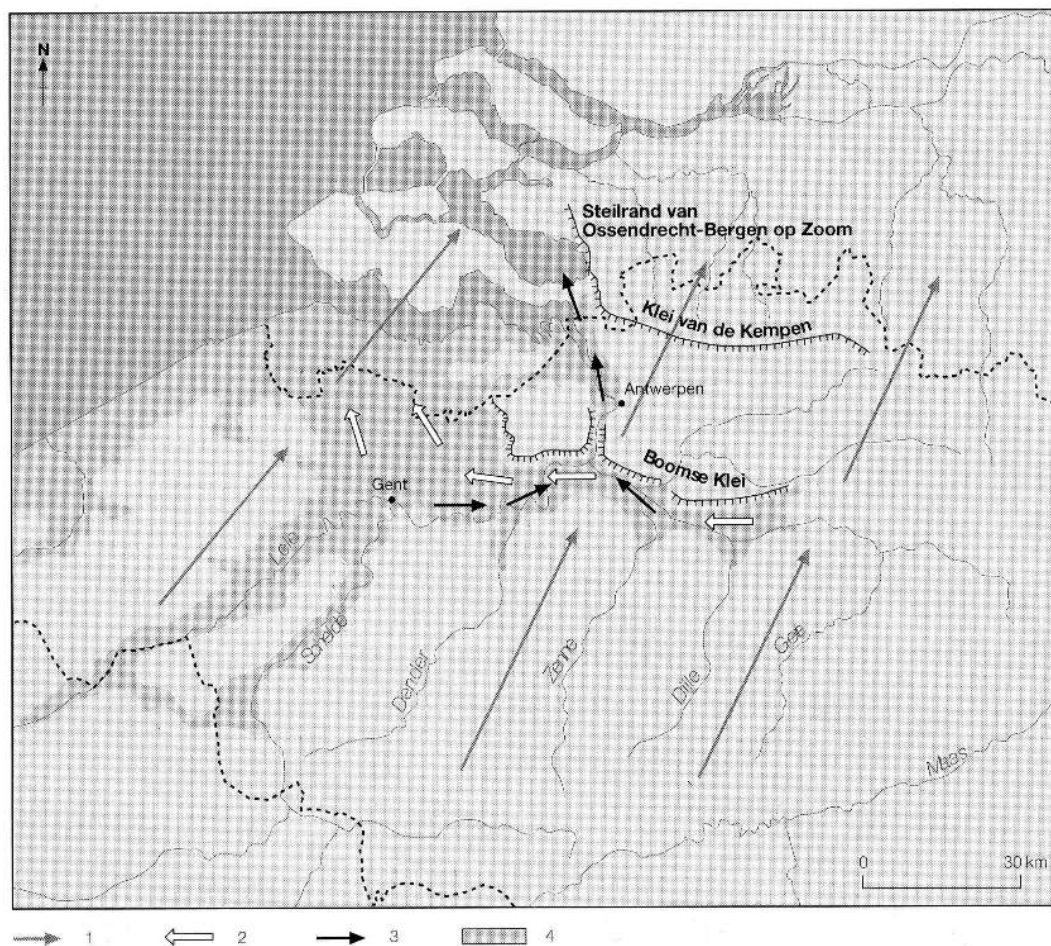
³⁹⁴ Tavernier 1943.

³⁹⁵ Hacquart & Tavernier 1946.

³⁹⁶ De Moor & Heyse 1978; De Mulder *et al.* 2003; Sommé *et al.* 1999.

³⁹⁷ De Moor 1996; De Moor & Pissart, 1992.

Na iedere erosiefase, die verbredend en/of verdiepend was, trad er in de ontstane depressie op bepaalde plaatsen sedimentatie op. Het gesedimenteerde materiaal werd tijdens de daaropvolgende erosiefase geheel of gedeeltelijk weggeruimd. Een laatste grote erosiefase had plaats bij de aanvang van het laatpleistoceen (ca. 120 000 tot ca. 11 000 BP) waarna tijdens de volgende en voorlopig laatste ijstijd de depressie opgevuld werd met sedimenten. Het huidige lage en vlakke gebied, doorsneden door rivieren en beken, bevat zo een geoarchief voor de periode van het laatpleistoceen waarin Neanderthalsites aanwezig zijn.



- 1: Afwateringsrichting vanaf het laatertiair tot het middenpleistoceen
- 2: Afwateringsrichting van het Saalien tot het einde van het Weichselien
- 3: Afwateringsrichting vanaf het einde van het Weichselien
- 4: Vlaamse Vallei

De verspreiding en dikte van de sedimenten van de Vlaamse vallei zijn op geologische wijze in kaart gebracht via het bestand van de isospachen van de formaties van Rozebeke, Kruishoutem, Meulebeke, Melle, Adegem, Oostwinkel, Eeklo, Oostende en Herzele (Fig. 120), dat beschikbaar is via de wfs *service* van Databank Ondergrond Vlaanderen. We moeten hierbij de kanttekening maken dat dit bestand zowel wat betreft het voorkomen als dikte deze kartering niet geheel correct is, ze moet eerder als een indicatieve kaart gezien worden³⁹⁸.

De opvullingsgeschiedenis van deze depressie van de Vlaamse vallei is complex³⁹⁹, en bestaat in het algemeen uit de diverse sedimentaire 'formaties' die hierboven werden opgesomd⁴⁰⁰. In het kader van de archeologie van het middenpaleolithicum is de geologische Formatie van Eeklo, met fluviatiele afzettingen uit de laatste ijstijd, het belangrijkste. Deze Formatie is tevens de meest uitgebreide van de Vlaamse vallei afzettingen. Onderverdeeld in verschillende subeenheden (bijv. lid van Dendermonde, lid van Eke, ...), zijn deze afzettingen te dateren van in het vroeg Weichseliaan (MIS 4 of iets vroeger) tot het pleniglaciaal (lid van Oostakker), die gerelateerd zijn aan de aanwezigheid van vlechtende riviersystemen⁴⁰¹. Op verschillende niveaus en gerelateerd aan verschillende periodes (bijv. 'lid van Eke' in MIS 3 en 2) in het Weichseliaan werden uit deze afzettingen zowel resten van 'ijstijdfauna' aangetroffen, alsook, en soms in combinatie met deze fauna, middenpaleolithische artefacten. Van slechts weinig van de middenpaleolithische sites en vondsten uit de Vlaamse vallei afzettingen kon de context voldoende bestudeerd worden, en is een afdoende datering gekend⁴⁰²: De site 'Bos van Aa' in Zemst wordt op basis van de geologische context (en een ESR datering op tandemail van mammoet) geplaatst in het vroeg Weichseliaan⁴⁰³. De site Rotselaar-Toren ter Heide in het midden pleniglaciaal (MIS 3)⁴⁰⁴. Herevaluaties van enkele andere collecties van ijstijdfauna en artefacten afkomstig van zandwinningen uit de Vlaamse Vallei in het kader van het '*Flemish Valley Survey Project*', maken duidelijk dat daarin doorgaans verschillende occupatiefasen aanwezig zijn, getuige verschillen in typologische samenstelling en 'versheid' van de lithische artefacten⁴⁰⁵.

Middels het '*Flemish Valley Survey Project*' is de KU Leuven de laatste jaren bezig via boringen de afzettingen van de oostelijke uitlopers van de Vlaamse vallei en diens archeologisch potentieel voor middenpaleolithische sites in kaart te brengen. Dit project zit nog grotendeels in een veldwerkfase, maar leverde al belangrijke inzichten op. Voor de zone van het *Schulensbroek* werden bijvoorbeeld diverse archeologische interessante niveaus aangetroffen (paleolandschappen 1 tot 4)⁴⁰⁶. Paleolandschap 2 is daarbij een laatglaciaal niveau, geassocieerd met een Usselo bodem (zie 2.4.1.3.4). Paleolandschap 3 is geassocieerd met het voorkomen van houtskool, vuursteen chips, en een fragment dierlijk been. Een 14C datering van dit been leverde een datering op van 31164 ± 125 BP.

Paleolandschap 4 wordt geassocieerd met het '*Houtskoollaagje*', een stabiel niveau gevormd op een complex van rivierzanden, en afgedekt door eolische zanden⁴⁰⁷. Van Peer noemt dit laagje een 'marker' voor de oostelijke Vlaamse vallei, en vermeldt dat alle stratigrafisch geverifieerde middenpaleolithische vondsten in deze oostelijke zone van de vallei gerelateerd kunnen worden aan

³⁹⁸ Pers. comm. Frieda Bogemans.

³⁹⁹ Cf. Heyse & Demoulin 2018 voor een bespreking, en <https://ncs.naturalsciences.be/quaternary/lithostratigraphy>.

⁴⁰⁰ Voor een beschrijving en datering van deze formaties cf. Gullentops *et al.* 2001.

⁴⁰¹ Heyse & Demoulin 2018.

⁴⁰² Cf. overzicht in Ryssaert 2021, hoofdstuk 4 (Balans in de tijd).

⁴⁰³ Germonpré *et al.* 1993.

⁴⁰⁴ Van Peer *et al.* 2017.

⁴⁰⁵ Van Peer 2020; Van Peer *et al.* 2017.

⁴⁰⁶ Van Peer 2020.

⁴⁰⁷ Van Peer *et al.* 2017.

dit niveau⁴⁰⁸. Ook voor een aantal vondsten van de site Rotselaar-Toren ter Heide wordt een associatie met dit niveau verondersteld⁴⁰⁹.

Deze sequentie van afzettingen en paleolandschappen ter hoogte van Schulensmeer, maar ook de verschillen in het voorkomen van verschillende fases van afzettingen elders in de Vlaamse vallei, tonen aan dat de voor het middenpaleolithicum interessante sedimenten zich dikwijls bevinden onder Weichsel pleniglaciale, laatglaciale en holocene sedimenten, en dat opeenvolgende erosieve fasen deze interessante sedimenten plaatselijk ook kunnen hebben opgeruimd. Zo was er in het kerngebied van de Vlaamse vallei de invloed van getijdengeulen tijdens de Eem interglaciale periode die deels de oudere sedimenten hebben weggeruimd, gevolgd door nieuwe insnijdingen tijdens de Weichsel glaciële periode, die op hun beurt de Eem afzettingen lokaal erodeerden⁴¹⁰. Dat ook de afzettingen uit deze Eem periode echter middenpaleolithische sites en vondsten kunnen herbergen wordt mogelijk aangeduid door enkele verspreide vondsten geassocieerd met afzettingen van een Eem-wadgebied in de Ver-Assebroekse meersen⁴¹¹ en te Aalter-Langevoorde⁴¹².

⁴⁰⁸ Van Peer 2020.

⁴⁰⁹ Ibid.

⁴¹⁰ Heyse & Demoulin 2018.

⁴¹¹ Ryssaert *et al.* 2010.

⁴¹² De Clercq & Mortier 2001.

2.5 BESLUIT

In voorgaande hoofdstukken hebben we de grote diversiteit en complexiteit geschetst van zowel het prehistorisch bodemarchief, als de landschappelijke situaties waarin dit archief aanwezig kan zijn in Vlaanderen. Dit overzicht is uiteraard niet volledig. De inschatting van het archeologisch potentieel voor het voorkomen en de bewaringsmogelijkheden van steentijdsites is dan ook telkens voor elk project opnieuw te maken, en is afhankelijk van zowel regionale als lokale omstandigheden (zowel archeologisch als landschappelijk). Dit vereist een breed gamma aan mogelijke onderzoekstechnieken, die in de volgende hoofdstukken worden beschreven.

In volgende versies van dit afwegingskader zullen de bovenstaande regionale overzichten verder aangevuld en verfijnd worden, naar nieuwe gegevens en inzichten.

3.1 INLEIDING

In de huidige praktijk is het vaak niet mogelijk om bijvoorbeeld te boren buiten een onderzoeksgebied, maar kan je eventueel wel slootkanten, boomvallen en andere opportuniteiten benutten om tot een beter begrip van het landschap te komen. In elk geval zet je best maximaal in op het bureauonderzoek om het ruimere landschap zo goed mogelijk te begrijpen, onder andere door landschappelijke terreingegevens van onderzoeken in de omgeving te raadplegen, en integreer je de resultaten van jouw landschappelijk bodemonderzoek hierin.

Er is **veel variatie** mogelijk in landschappelijk bodemonderzoek. De onderzoeksvragen kunnen van het ene project tot het andere sterk verschillen, van een eenvoudige check van de bodembewaring tot uitgebreide geomorfologische studies en reconstructies van het paleolandschap. De lokale landschappelijke en bodemkundige situatie kan bovendien sterk variëren. Dit leidt tot verschillende inhoudelijke en praktische noden waaraan je de methodiek en onderzoeksstrategie steeds moet aanpassen.

Landschappelijk bodemonderzoek in functie van archeologie vereist een specifieke **expertise**. In feite maakt het deel uit van de onderzoeksdiscipline van de aardwetenschappen, maar de onderzoeksvragen zijn sterk gericht op een archeologische problematiek. Je hebt dus enige achtergrond in beide disciplines nodig.

Indien de context eenvoudig is kan een landschappelijk bodemonderzoek worden uitgevoerd door ofwel een archeoloog met voldoende ervaring in de lokale geomorfologie en pedologie, ofwel een aardkundige met voldoende ervaring in de archeologische context en vraagstelling, ofwel een samenwerking tussen een archeoloog en aardkundige.

Het onderzoek van complexe contexten vereist echter vaak een sterke expertise in bepaalde deeldisciplines zoals pedologie, paleoecologie, dateringstechnieken, ... Hiervoor organiseer je best een intensieve samenwerking tussen archeologen en aardkundigen.

Eenvoudige contexten kunnen op het terrein soms complexer blijken dan verwacht. Aarzel dan niet om de hulp van experts in te roepen. Ook hierbij is het belangrijk om de relevante deeldiscipline(s) van de aardwetenschappen aan te spreken, zoals een quartairgeoloog of fysisch geograaf om de opbouw van het landschap te onderzoeken, een bodemkundige om de genese en bewaring van bodems te begrijpen, enz.

De **handleiding bodemkunde**⁴¹³ biedt in groot detail de praktische en technische richtlijnen over het uitvoeren van boringen, observeren van de bodem, beschrijven van profielen, enz. Daarom beperken we ons hier tot de algemene principes en de relatie tot steentijdgerichte onderzoeksvragen.

In de CGP wordt een onderscheid gemaakt tussen **controleboringen en landschappelijk bodemonderzoek**. Controleboringen dienen alleen om de dikte van de bouwvoor te bepalen en/of de diepte te bepalen tot waar de bodem zal verstoord worden. Je gebruikt ze om snel en eenvoudig de bureaustudie aan te vullen, maar ze kunnen geen volwaardig landschappelijk bodemonderzoek vervangen.

⁴¹³ Mikkelsen *et al.* in voorbereiding.

3.2 TECHNIEKEN

3.2.1 Landschappelijk booronderzoek

Boren is meestal de eenvoudigste, goedkoopste, snelste en minst verstorende techniek om een blik in de bodem te werpen. Door deze **voordelen** is het in de huidige preventieve archeologie veruit de meest gebruikte techniek voor landschappelijk bodemonderzoek.

Boren heeft echter ook **beperkingen**: je bekijkt er maar een smalle sectie van de bodem mee, en deze sectie wordt vaak in zekere mate verstoord. Daardoor zijn steeds niet alle relevante aspecten van de bodem voldoende zichtbaar in de boor. In dat geval vervang je booronderzoek best door landschappelijke profielputten, of combineer je beide technieken. Op de relatie tussen booronderzoek en profielputten gaan we dieper in bij de bespreking van landschappelijke profielputten (zie 3.2.2).

Er zijn veel **verschillende boortypes**, met elk hun voor- en nadelen (Fig. 122). Je kiest voor elk project het meest geschikte type op basis van de:

- effectiviteit: zullen relevante aspecten van de bodem voldoende waarneembaar zijn? Dit hangt af van de:
 - (verwachte) aard van de ondergrond;
 - specifieke onderzoeksvragen van het project.
- praktische toepasbaarheid:
 - kan je ermee tot op de relevante niveaus boren?
 - kan je ermee door de (verwachte) sedimenten boren?
 - geraak je ermee op het betreffende terrein?
 - inspanning/ergonomische belasting
- kost: geld, tijd, personeel, expertise.

	boring							CPT-E
	handmatig		mechanisch					
	Edelman	guts	Avegaar	steekboring	Begemann	pistonboring		
						Sonic Drill	Spitsmuis	
maatvastheid	-	±	-	±	+++	±	++	+++
ongestoordheid	-	+	-	++	+++	+	++	n.v.t.
diameter	+++	-	+++	+	+	++	+	n.v.t.
verpakking	-	-	-	+++	+++	+++	+++	n.v.t.
gebruik: inspanning	±	±	++	++	+++	+++	++	+++
gebruik: expertise	+++	+++	+	+	-	-	-	+
mobiliteit	+++	+++	++	++	±	+	±	++
uitvoeringstijd	+++	+++	+++	++	±	++	-	+++
kosten	+++	+++	++	++	±	++	-	+++

Fig. 122: Vergelijking van de eigenschappen van verschillende boor- en sondeertechnieken⁴¹⁴.

⁴¹⁴ Naar Hissel & Van Londen 2004 en Verhegge *et al.* 2016.

Handmatige boortechnieken hebben het voordeel dat ze eenvoudig te gebruiken zijn en relatief goedkoop binnen het kader van een landschappelijk onderzoek (Fig. 123). Ze vragen bovendien weinig logistiek. Daarom worden handmatige boortechnieken in de huidige praktijk bijna steeds verkozen boven mechanische boortechnieken, zolang de omstandigheden dit toelaten.

Handmatig boren gebeurt doorgaans in een open boorput, dus zonder buitenbuis die voorkomt dat de boorput inkalft of dichtslibt. De boorkop of guts is bovendien steeds gedeeltelijk open, waardoor zeer losse of waterverzadigde sedimenten eruit kunnen glijden. Handmatige boren tot onder de watertafel is daarom vaak niet mogelijk. Er zijn zeker uitzonderingen (o.a. waterverzadigde zandlagen overbruggen met de pulsboor, gutsboringen in stevige klei of veen), maar in veel diepe en natte contexten kan je alleen mechanische boortechnieken gebruiken met buitenbuis en monsternamen in *liners* (plastic monsterbussen).

Erg diep boren is bovendien arbeidsintensief en ergonomisch belastend. Zeker bij projecten met grote aantallen diepe boringen kunnen mechanische boortechnieken een interessant alternatief bieden.



Fig. 123: Handmatige boortypes zoals de Edelmanboor zijn eenvoudig en relatief goedkoop inzetbaar.



Fig. 124: Bij Edelmanboringen draai je het sediment in de boorkop, met een verstoring tot gevolg.

De **Edelmanboor** of schroefboor is het meest gebruikte handmatige boortype. Hiermee kan je relatief snel en goedkoop boringen met een relatief grote diameter uitvoeren⁴¹⁵. Het detailniveau van je waarnemingen is echter beperkt. Het monster wordt immers verstoord door de draaibeweging van de boorkop, en je bemonstert de bodem boorkop per boorkop (Fig. 124). Maar voor eenvoudige projecten in goed gekende contexten volstaat dit meestal.

⁴¹⁵ De Code voor Goede Praktijk schrijft een minimale boordiameter van 7 cm voor.



Fig. 126: De pulsboor vereist meer materiaal en personeel dan andere manuele boortechnieken. Je kan er echter watervoerende zandlagen manueel mee overbruggen, wat niet mogelijk is met andere manuele boortechnieken. (foto: Johan Van Laecke)



Fig. 127: De pulsboor in zijn natuurlijk element: het strand. Je ziet de metalen verbuizing van het boorgat in de grond met bovenaan het platform waarop je kan staan, en daarachter de pulsboorkop. De steun (rechts) is nodig om samen met een staaf en ketting de verbuizing terug uit de grond te halen na het beëindigen van de boring. (foto: Ine Demerre)

Daar staat tegenover dat je met **verbuisde technieken met liners** (zoals steekboringen, Begemannboringen of pistonboringen) zeer diepe boringen kan uitvoeren, tot ver onder de watertafel (Fig. 128). Voor het onderzoek van aardkundige eenheden in deze positie zijn dit dus de enige boortechnieken die je kan inzetten. Bij projecten met een groot aantal boringen op grote diepte kunnen ze door hun snelheid bovendien economisch voordeliger zijn dan handmatige boringen. Ook is de kwaliteit van de monsternamen (veel) hoger dan bij handmatige boringen. De monsters zijn nagenoeg onverstoord⁴¹⁸, kunnen in lange continue secties worden gerecupereerd (doorgaans 1 m of meer), en kunnen in de *liners* lange tijd worden bewaard (Fig. 129). Bovendien bieden ze grotere diameters dan handmatige gutsboren (5 cm voor steekboringen; 6,6 cm bij Begemannboringen; 5 tot 10 cm voor pistonboringen). Dit laat niet alleen gedetailleerde waarneming van de bodem toe, maar biedt ook meer mogelijkheden voor monsternamen voor natuurwetenschappelijk onderzoek en datering.



⁴¹⁷ O.a. de Code van goede praktijk voor boringen en voor exploiteren en afsluiten van boorputten voor grondwaterwinning: <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=76834>.

⁴¹⁸ Soms moet rekening worden gehouden met compressie, vooral bij steekboringen.



Fig. 129: Verbuisde mechanische boringen leveren nagenoeg onverstoorde monsters in *liners* (©Geosonda).

Avegaarboringen wijken af van andere mechanische boortechnieken en sluiten qua inzetbaarheid en mogelijkheden eerder aan bij handmatige boortypes. De boorput is niet verbuisd en de monsters worden niet in *liners* genomen waardoor je er beperkt mee onder de watertafel kan werken. De Archimedesschroef verstoort de monsters zoals bij Edelmanboringen, maar de bodemprofielen kunnen wel in langere continue eenheden worden bekeken en relatief grote diameters zijn mogelijk (15 cm wordt vaak gebruikt) (Fig. 130 en Fig. 131).

Avegaarboringen zijn goedkoper dan andere mechanische technieken en ergonomisch minder belastend dan handmatige boringen. Daarom kunnen ze vooral bij grotere projecten en relatief diepe boringen (maar boven de watertafel) een interessant alternatief vormen voor Edelmanboringen.



Fig. 130: De Archimedesschroef van de avegaarboor verstoort het monster, maar het profiel is over een grotere lengte continu waarneembaar (© KU Leuven archeoWorks)



Fig. 131: Booronderzoek in Wachtebeke-Dorp met gebruik van de Avegaar (©BAAC Vlaanderen).

3.2.2 Landschappelijke profielputten

Landschappelijke profielputten graaf je om profielwanden te bekomen die de lokale bodemopbouw tonen. Deze onderzoeken registreer je als referentieprofielen.

Landschappelijke profielputten zijn doorgaans **duurder dan boringen** en vragen een grotere logistieke inspanning. Ook mechanische boortechnieken zijn goedkoper dan profielputten, want de diepere en/of waterverzadigde contexten waarin je deze aanwendt vereisen erg grote profielputten, grondwaterbemaling en eventueel damwanden.

Bovendien veroorzaakt de aanleg van profielputten een veel **grotere verstoring van de bodem** dan boringen. Bij kleine profielputten hoeft dit geen belangrijke factor te zijn, maar grotere putten en sleuven kunnen nefast zijn voor de eventueel aanwezige archeologie, en soms voor het huidige of geplande landgebruik.

Daar staat tegenover dat profielputten veel **effectiever zijn dan boringen** voor landschappelijk bodemonderzoek.

Profielwanden bieden immers een veel duidelijkere blik op de ondergrond, want ze zijn **veel breder dan boorkernen**. Dat maakt de interpretatie van veel elementen in de bodem eenvoudiger. Sommige zaken zijn eerder vaag en daardoor moeilijk zichtbaar in boringen, bijvoorbeeld laatglaciale paleobodems. In profielwanden zijn dergelijke zaken veel makkelijker herkenbaar omdat ook het horizontale verloop zichtbaar is. In profielputten kan je het onderscheid tussen een lokaal fenomeen (een 'vlek') en iets wat over grotere oppervlakte doorloopt (een 'band': een laag of bodemhorizont) veel gemakkelijker maken dan bij boringen (Fig. 132). Je kan landschappelijke profielputten bovendien zo breed of lang maken als nodig om het verloop van bepaalde niveaus te onderzoeken, bijvoorbeeld in de vorm van sleuven (Fig. 133 en Fig. 134).

Daarnaast zijn de profielwanden van putten **onverstoord**, in tegenstelling tot Edelman- en avegaarboringen. Ook dat biedt meer zekerheid bij de interpretatie. Je kan bijvoorbeeld dunne of vage elementen gemakkelijker herkennen, de overgang tussen twee niveaus beter waarnemen, of de bewaringstoestand van aardkundige eenheden duidelijker vaststellen.

Ten slotte bieden landschappelijke profielputten **meer mogelijkheden voor natuurwetenschappelijk onderzoek** zoals micromorfologie, OSL-datering, ... Je kan er immers onverstoorde monsters in nemen, en in veel grotere volumes dan bij boringen mogelijk is. Bovendien kan je die monsters doorgaans veel beter in hun context observeren en plaatsen. Dit kan vooral voor het onderzoek van complexe contexten belangrijk zijn (Fig. 135).

Voor relatief eenvoudige en goed gekende contexten kan landschappelijk booronderzoek vaak volstaan. Bij complexere of onbekende contexten biedt de studie van profielwanden in landschappelijke profielputten echter veel meer mogelijkheden voor een goede interpretatie, of is het zelfs de enige manier om de lokale geomorfologie en pedologie te begrijpen.

De bodemopbouw kan tijdens een landschappelijk booronderzoek complexer blijken dan verwacht, of bepaalde aspecten van de bodem kunnen gewoon moeilijk te interpreteren zijn. Dan vul je het booronderzoek best aan met één of enkele profielputten.

Als een complexe bodemopbouw wordt verwacht, zet je best meteen landschappelijke profielputten in. Pas nadat je daarmee een goed inzicht in de bodemopbouw hebt bekomen, kan je het verdere verloop daarvan eventueel met boringen verder karteren.

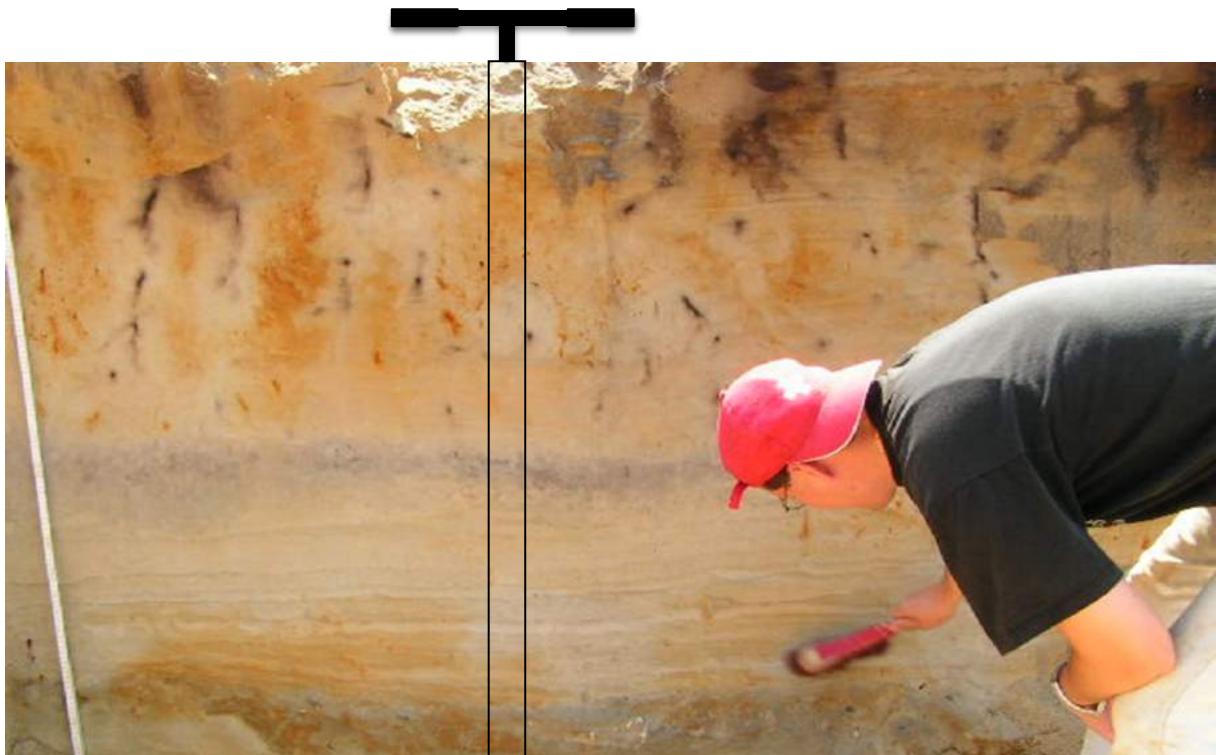


Fig. 132: In een boring zou het veel moeilijker zijn om de lokale vlekken bovenaan te onderscheiden van de paleobodem centraal en de gelaagdheid onderin deze profielput, zeker als de boring dunner zou zijn dan hier weergegeven (guts) of verstoord (Edelman).



Fig. 133: Een profielsleuf te Wichelen-Bergenmeersen⁴¹⁹.

⁴¹⁹ Meylemans *et al.* 2021; foto: Kris Vandevorst, agentschap Onroerend Erfgoed.



Fig. 134: Een lange profielsleuf te Lommel Kristalpark. Hiermee kon het verloop van de hier aanwezige Usselobodem, en ook de aanwezigheid van geulen erin, in veel groter detail onderzocht worden dan mogelijk zou zijn met kleine profielputten (© KU Leuven archeoWorks).



Fig. 135: Landschappelijke profielputten bieden meer mogelijkheden voor monsternamen voor natuurwetenschappelijk onderzoek dan boringen. Deze profielput in Arendonk werd bemonsterd voor microtephra, granulometrie, OSL-datering, pollen en botanische macroresten.

Landschappelijke profielputten kunnen veel verschillende vormen en maten aannemen. Je kan ze handmatig met de schop graven of met een graafmachine. Je kiest deze parameters van elke put op basis van de:

- diepte van de relevante aardkundige eenheden;
- onderzoeksvragen (verloop, laterale variatie, ...);
- verstoringsgraad;
- stabiliteit en veiligheid;
- kost.

Putten, sleuven of profielwanden zijn soms al aanwezig op, langs of in de omgeving van een onderzoeksterrein in de vorm van grachten, groeves of andere uitgravingen. Je kan deze heel eenvoudig tot landschappelijke profielput omvormen door (een deel van) hun wanden op te schonen (Fig. 136). Gebruik maken van dergelijke opportuniteiten is een kostenefficiënte manier om aanvullende gegevens te bekomen, bijvoorbeeld om een landschappelijk booronderzoek te staven.



Fig. 136: Zonder een boring of put te moeten plaatsen, toont deze bestaande wand al dat de natuurlijke podzolbodem goed bewaard is in het bos erachter, maar volledig verdwenen is in het verlaagde weiland ervoor.

3.2.3 Sonderingen (CPT)

Sonderingen of *cone penetration tests* (CPT) kunnen aanvullend werken op mechanische boringen maar leunen eerder aan bij geofysische technieken. CPT's nemen geen fysiek staal maar **meten mechanische eigenschappen van de bodem**. De puntweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand van de bodem worden door elektrische druksensoren gemeten terwijl een conus met gelijkmatige snelheid in de bodem wordt gedrukt (CPT-E). Die data kan omgezet worden naar *soil behavior types*, klassen met dezelfde mechanische bodemeigenschappen. Deze klassen kunnen mits validatie door directe sedimentobservaties grofweg aan bodemtextuurklassen worden gerelateerd. Ze laten geen nauwkeurige voorspelling van fysische bodemeigenschappen toe, maar bieden wel een relatief overzichtsbeeld van de bodemopbouw, in het bijzonder in alluviale en estuariene contexten.

De mechanische sensoren kunnen worden aangevuld met of vervangen door andere sensoren. Zo kunnen ook geofysische sensoren (elektrische weerstandsmeters, conductiviteitsmeters, magnetometers, seismometers, ...) in de bodem worden gedrukt en eventueel geïnterpreteerd door vergelijking met geofysische metingen aan de oppervlakte. Daarnaast kan ook een camera zijwaarts de bodem filmen terwijl hij erin wordt gedrukt (videoCPT, vis-CPT of OIP). De grootte van deze beelden is beperkt (ca. 1 x 1 cm) maar ze kunnen een waardevolle visuele hulp bieden voor de interpretatie van CPT-E meetgegevens in alluviale en estuariene sedimenten (Fig. 137 en Fig. 138). De eerste tests met deze camerabeelden wijzen ook op mogelijke toepassingen in kartering van paleobodems in de zand- en leemstreek.



Fig. 137: Sonderingen op het terrein te Beveren⁴²⁰.

a: CPT meting met een mobiele opstelling in het moeras langs Doelpolder Noord.

B: Seismische CPT meting te Doelpolder Noord.

⁴²⁰ Missiaen *et al.* 2017.

Sonderingen kunnen een kostenefficiënte aanvulling op boringen zijn voor paleolandschappelijke kartering in diepere alluviale, estuariene of mariene contexten. Ze kunnen sneller en goedkoper geplaatst worden dan (verbuisde) mechanische boortechnieken of diepe profielputten, en je kan ze tot diep onder de watertafel inzetten. In dergelijke contexten kunnen ze **een landschappelijk boor- of profielputtenonderzoek aanvullen**.

De interpretatie van de meetdata is echter niet steeds eenvoudig en vereist geologische voorkennis van het onderzoeksgebied of directe sedimentobservaties bij een deel van de sonderingen. Dit moet steeds door een ervaren expert gebeuren en vereist altijd vergelijking met gegevens uit lokale boringen of profielputten, in het bijzonder voor dunnere niveaus. Zonder geologische voorkennis plaats je daarom best voor een landschappelijk bodemonderzoek met sonderingen **eerst een aantal boringen en/of profielputten** om de lokale bodemopbouw te begrijpen. Vervolgens kan je beoordelen of sonderingen bruikbaar kunnen zijn om de ruimtelijke variabiliteit/verloop van die bodemopbouw op de rest van het terrein te karteren.

Sonderingen worden vaak in geotechnische voorstudies gebruikt om bijvoorbeeld funderingen te ontwerpen. Daardoor is heel wat bestaande data beschikbaar via de Databank Ondergrond Vlaanderen, of voor specifieke projectgebieden bij de bouwheer.

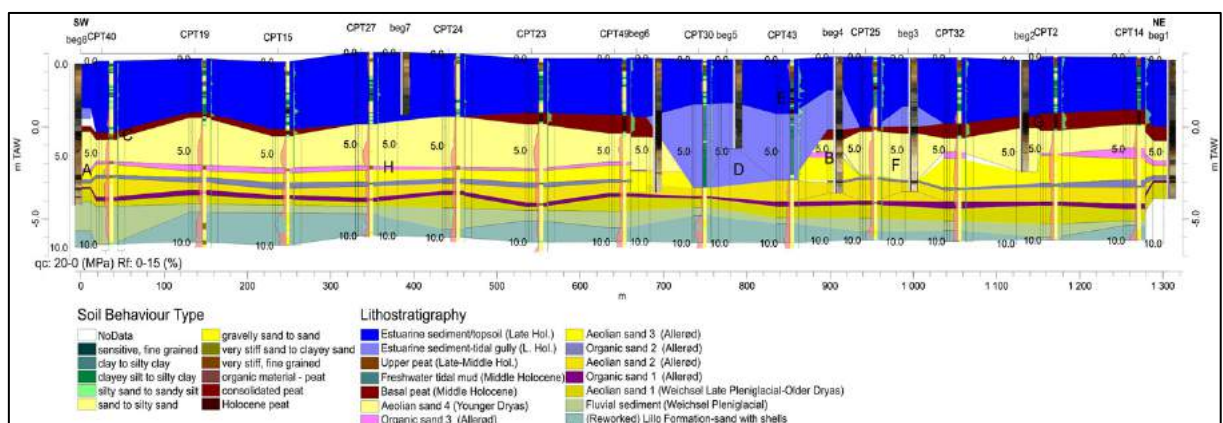


Fig. 138: Een transect met lithostratigrafische interpretatie, gebaseerd op CPT-E sonderingen en Begemann boringen, te Beveren-Prosperpolder Zuid⁴²¹.

⁴²¹ Verhegge *et al.* 2020.

3.2.4 Geofysische technieken

Zeker bij complexe en afgedekte landschappen, zoals bijvoorbeeld alluviale gebieden, kan je ook geofysisch onderzoek gebruiken in combinatie met landschappelijke boringen en profielputten en -sleuven, om een meer vlakdekkende kartering te maken van de ondergrond. Zeker bij grote ontwikkelingsprojecten kan dit kostenefficiënter zijn dan het plaatsen van een groot aantal boringen. De landschappelijke boringen en profielputten worden dan dikwijls mede geplaatst om de resultaten van het geofysisch onderzoek te verifiëren. Een dikwijls hiervoor gehanteerde methode is electromagnetische inductie (EMI), zoals toegepast toegepast o.a. in de Moervaartdepressie⁴²², en bij de kartering van het afgedekte dekzandlandschap in de Scheldepolders⁴²³.

Ook andere geofysische prospectiemethodes, zoals bijvoorbeeld Ground Penetrating Radar (GPR) kunnen van nut zijn voor het in kaart brengen van (paleo)landschappelijke aspecten, zoals bijvoorbeeld paleobodems⁴²⁴, maar dit werd tot op heden nog niet toegepast in de Vlaamse archeologie.

⁴²² Bijv. De Smedt *et al.* 2013a & b; Meylemans *et al.* 2011.

⁴²³ Verhegge *et al.* 2016.

⁴²⁴ Bijv. Chapman *et al.* 2009; Schneider *et al.* 2017.

Je kan boringen en/of putten ook in een rij plaatsen om een **transect** van het landschap te bekomen. Dit is een goede manier om evoluties of overgangen in het landschap te onderzoeken. Een boortransect plaats je daarom steeds loodrecht op hellingen, valleien, enz. om de aanwezige landschappelijke variatie maximaal te vatten (Fig. 141).

Je kan vertrekken met een vaste afstand tussen de boringen en/of putten. Indien hierdoor een overgang in het landschap onvoldoende getroffen wordt kan het echter nodig zijn om daar extra waarnemingen te doen, dus in de vorm van tussenliggende boringen of putten (Fig. 142). In je planning voorzie je daarom best enkele extra, vrij in te zetten, boringen of putten.

Meerdere transecten naast elkaar vormen de facto een grid, en omgekeerd bevat elk grid meerdere boortransecten. Bij landschappelijk bodemonderzoek in een grid ben je je hiervan best bewust, en gebruik je de raaien van het grid om de meest relevante transecten van het landschap te bekomen. Je oriënteert de raaien bijvoorbeeld dwars op hellingen, valleien, enz. (Fig. 143).

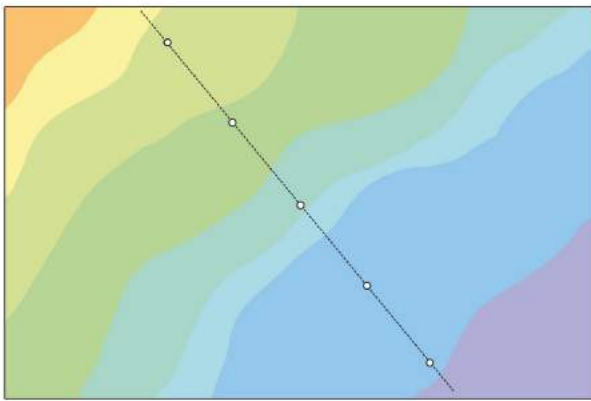


Fig. 141: Een boortransect plaats je best loodrecht op de landschappelijke overgang/evolutie die je wil onderzoeken. Dit transect werd dwars op de helling van deze fictieve valleiwand geplaatst (oranje: hoog; paars: laag).

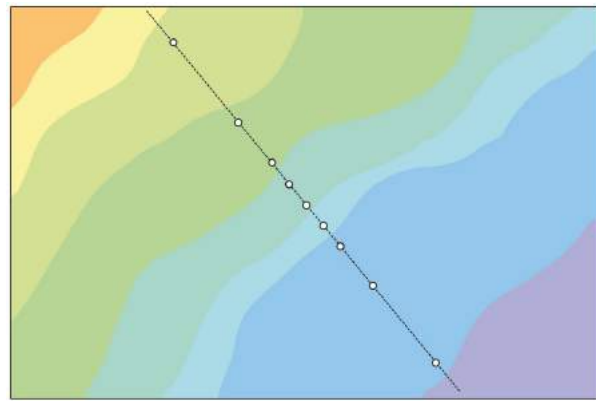


Fig. 142: Bij een regelmatige tussenafstand van de boringen kunnen soms bepaalde landschappelijke overgangen niet voldoende duidelijk zijn, zoals de overgang naar de vallei (blauwe tot paarse zones) in Fig. 141. Dan kan het gericht plaatsen van enkele extra boringen een eenvoudige oplossing bieden.

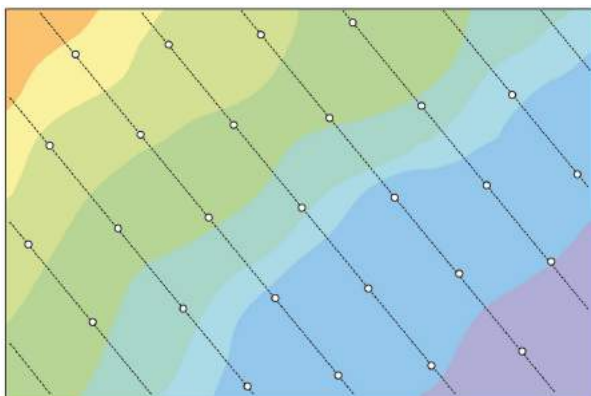


Fig. 143: De raaien van een boorgrid vormen in feite transecten. Leg ze dus dwars over hellingen, valleien, enz. om de meest relevante doorsnedes van het gebied te bekomen.

Ook wanneer je in een regelmatig grid werkt, kunnen overgangen in het landschap soms onvoldoende worden gevat. Soms heb je bijvoorbeeld een nauwkeurigere afbakening nodig van het voorkomen van een bepaalde laag, of van zones met goede of slechte bodembewaring, dan de resolutie van het grid toelaat. Dit kan je alleen bekomen door enkele extra tussenliggende boringen of putten te plaatsen (zie 3.4). Ook de resultaten van andere observaties, bijvoorbeeld structuren zichtbaar via geofysisch onderzoek, kunnen aanleiding geven tot het uitvoeren van extra boringen of profielputten.

3.3.2 Diepte

Ook de impact van eventuele geplande ontwikkelingen is van belang. Bijvoorbeeld middenpaleolithische sites kunnen op grotere diepte aanwezig zijn. In het kader van diepe werken hou je daarom ook rekening met de mogelijke aanwezigheid van aardkundige eenheden die relevant kunnen zijn voor deze diepere steentijdarcheologie.

3.3.3 Natuurwetenschappelijk onderzoek

Deze onderzoeken brengen natuurlijk steeds een zekere kost met zich mee. Je zet ze daarom alleen in om onderzoeksvragen te beantwoorden die relevant zijn voor het vooronderzoek naar archeologische sites.

Soms kunnen bepaalde onderzoeken relevant zijn indien een site aanwezig is, maar helpen ze niet bij de prospectie ernaar. In dat geval kan je die onderzoeken uitstellen tot wanneer de aanwezigheid van een site is vastgesteld: tot in de waarderingsfase of zelfs tot bij de opgraving. In het kader van preventief onderzoek zou het immers een overbodige kost vormen als er geen site aanwezig blijkt. Het kan echter opportuun zijn om de nodige monsters wel al tijdens het landschappelijk onderzoek te nemen, terwijl de kost daarvan beperkt kan blijven.

3.4 INTERPRETATIE

In de eerste plaats moeten de resultaten van landschappelijk bodemonderzoek aangeven **of archeologische prospectie zinvol is**. Daarvoor moeten de drie basis-onderzoeksvragen van het landschappelijk onderzoek positief beantwoord zijn (zie 3.1). Het spreekt immers voor zich dat prospectie met archeologische boringen alleen zinvol is als er niveaus aanwezig zijn die steentijdsites kunnen bevatten, én als die niveaus voldoende goed bewaard zijn. Maar de aanwezigheid van een dergelijk goed bewaard niveau betekent nog niet dat het steentijdsites bevat. Bovendien zijn de beschikbare prospectietechnieken niet geschikt voor het opsporen van alle mogelijke types van steentijdsites (zie 2.3.2 en 4.2.2.3).

Het landschappelijk bodemonderzoek kan bovendien aangeven **waar je best prospecteert**, zowel in de verticale als horizontale zin.

In de eerste plaats toont het de stratigrafische positie van eventuele sites en de **diepte** en dikte van de niveaus waarin deze zich kunnen bevinden. Dat is belangrijk om je prospectiestrategie te bepalen. De resultaten van het landschappelijk bodemonderzoek moet je hiervoor wel met enige marge interpreteren. De dieptes en diktes van aardkundige eenheden kunnen soms sterk variëren over korte afstand, en je houdt er dus best rekening mee dat dit niet steeds volledig zichtbaar is in de resultaten van een landschappelijk bodemonderzoek. De gegevens van een landschappelijke boring of profielput geven immers alleen zekerheid over hun exacte locatie, en ze worden doorgaans in een grid met een veel lagere resolutie dan bij archeologisch booronderzoek geplaatst.

Landschappelijk bodemonderzoek laat ook toe om eventueel **zones af te bakenen** voor prospectie, op basis van de aanwezigheid en bewaringstoestand van niveaus die steentijdsites kunnen bevatten, en eventueel op basis van bepaalde landschapskenmerken zoals topografie of waterhuishouding. Ook hierbij kunnen boringen en profielputten alleen zekerheid bieden over hun exacte locatie. Daarom kan je de grens van een deelzone voor prospectie maar op één manier trekken: tot net voor de ‘negatieve’ boringen/putten (= de putten waarin geen voldoende goed bewaard niveau aanwezig is dat mogelijk steentijdsites kan bevatten). Je wil immers weten tot waar het relevante niveau aanwezig en/of goed bewaard kan zijn (Fig. 144). Een begrenzing net achter de ‘positieve’ boringen/putten geeft alleen aan waar het relevante niveau zeker aanwezig en/of goed bewaard is (Fig. 145: links). Een begrenzing halfweg tussen positieve en negatieve boringen is sowieso uit den boze, want dat is een louter theoretische interpolatie zonder werkelijkheidswaarde (Fig. 145: rechts).

Je kan een afbakening alleen verfijnen door middel van aanvullende waarnemingen. Daarvoor kan je tussen de ‘positieve’ en ‘negatieve’ boringen/putten één of enkele extra boringen/putten plaatsen (Fig. 146).

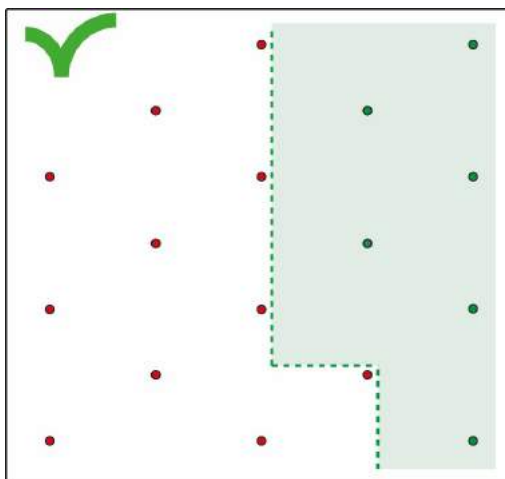


Fig. 144: De grens van deelzones voor vervolgonderzoek (licht groene zone) leg je altijd net voor de 'negatieve' boringen of putten (rood); degene die tonen dat niveaus waarin sites kunnen bewaard zijn ontbreken, of waar die niveaus te slecht bewaard zijn. Op die manier weerhoud je alle oppervlakte waar goed bewaarde relevante niveaus aanwezig kunnen zijn voor prospectie.

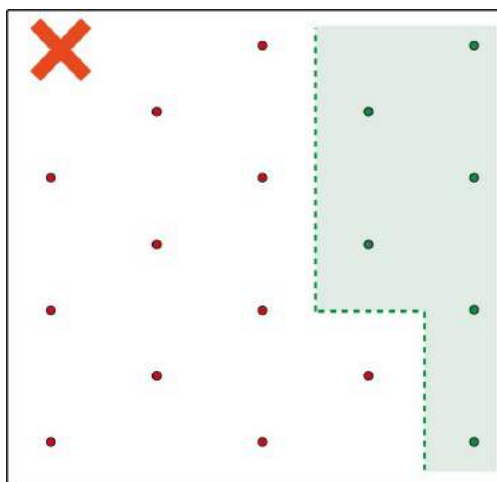
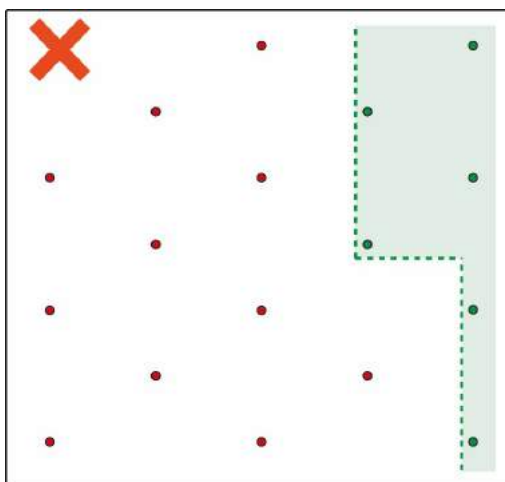


Fig. 145: Twee foute manieren om een deelzone af te bakenen voor prospectie (licht groene zone):
 - Links worden de grens net achter de 'positieve' boringen of putten gelegd (groene stippen). Hiermee verlies je mogelijke oppervlakte tussen de 'positieve' en 'negatieve' waarnemingen waar goed bewaarde relevante niveaus wel aanwezig kunnen zijn.
 - Rechts wordt de grens halfweg tussen de 'positieve' en 'negatieve' boringen of putten gelegd. Dit steunt echter niet op waarnemingen en is dus niet meer dan een gok.

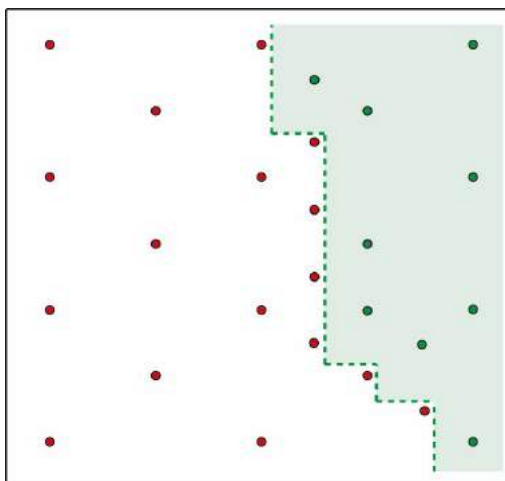


Fig. 146: Enkele extra boringen/putten tussen de 'positieve' (groene) en 'negatieve' (rode) boringen/putten laten toe om de afbakening van de deelzone te verfijnen.

Afbakenen van deelzones is niet in elk onderzoeksgebied mogelijk. Vaak is het terrein eerder homogeen en zijn de relevante niveaus over het hele terrein aanwezig en even goed bewaard. Omgekeerd kunnen de bodembewaring en/of geomorfologische opbouw soms zo sterk variëren op korte afstand dat het relatief brede grid van landschappelijk bodemonderzoek niet volstaat om dit voldoende duidelijk in kaart te brengen. In dat geval maak je best de afweging om het hele terrein wel of niet te prospecteren op basis van de gemiddelde bodembewaring (Fig. 147).

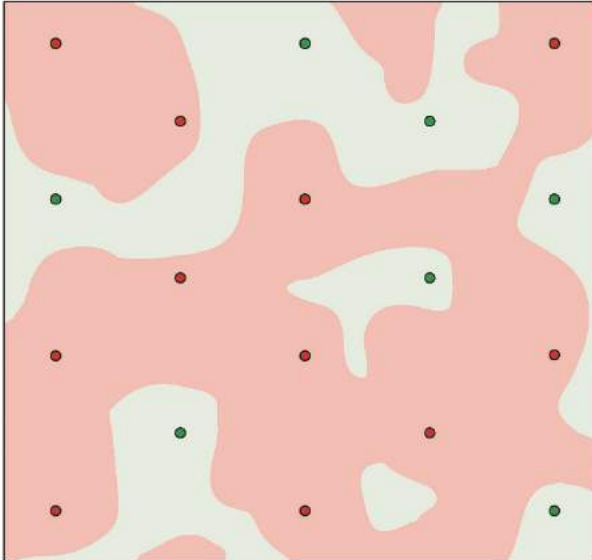


Fig. 147: Een gebied met een sterk lokale variatie tussen goede (groene) en slechte (rode) bodembewaring resulteert in een afwisseling van 'positieve' (groene) en 'negatieve' (rode) boringen/putten, waarin geen duidelijk patroon kan herkend worden. Dit landschappelijk bodemonderzoek levert dus onvoldoende gegevens om deelzone s af te bakenen.

4 PROSPECTIE

4.1 INLEIDING

Sensu strictu wil archeologische prospectie in de eerste plaats maar één onderzoeksvraag beantwoorden: **is er een archeologische site aanwezig of niet?** De prospectietechnieken voor steentijd artefactensites richten zich dan ook op het vinden van artefacten en andere archeologische indicatoren (zie 4.2.2.2.1), doorgaans in een steekproef van de bodem (zie 4.2.2.2.3).

Bijkomend levert een prospectie vaak **ook andere informatie** op. Archeologisch booronderzoek toont bijvoorbeeld de bodemopbouw en -bewaring van elke boorlocatie, en in zekere mate de positie van de artefacten hierin. Soms kan je ook een eerste inzicht bekomen in de verticale vondstspreading en/of de chronoculturele context, vooral als de prospectie veel artefacten oplevert.

Deze informatie vult het landschappelijk onderzoek aan. Door de hogere resolutie van de gebruikte grids biedt prospectie hierover ook een hogere resolutie aan data. Dit vormt niet alleen een goede controle op het landschappelijk onderzoek, maar helpt ook bij de interpretatie van de prospectie zelf. De bodemopbouw van een boorlocatie kan je bijvoorbeeld vertellen of een daar aangetroffen vondst deel kan uitmaken van een lokale site, ofwel verplaatst werd door bijvoorbeeld erosie en colluvatie. Op dezelfde manier kan je er vaak bepaalde waarderingsvragen al (gedeeltelijk) mee beantwoorden, zoals de bewaringstoestand van de site. Minstens toont dit welke vragen al dan niet van belang zijn bij de waarderingsfase. Deze 'bijkomende' informatie uit de prospectie is daarom belangrijk voor het bepalen van de strategie van het waarderingsonderzoek. Indien bijvoorbeeld een artefact lijkt te wijzen op de aanwezigheid van een zeldzame periode, richt je het waarderingsonderzoek best op het verzamelen van extra vondsten ter bevestiging daarvan.

Voor het bepalen van de strategie van een prospectie naar steentijdsites hou je rekening met:

- de archeologische verwachting;
- de landschappelijke context, met inbegrip van geomorfologie/pedologie/stratigrafie;
- de lokale bodembewaring.

Aan prospectie gaan dus steeds bureauonderzoek en landschappelijk bodemonderzoek vooraf. Deze vertellen je immers **wat** je zoekt, en **waar** (zowel horizontaal als verticaal) je dit best zoekt. Dit zal in grote mate bepalen **hoe** je hier best naar zoekt (methodiek en strategie). Dit geldt voor alle archeologie, maar bij uitstek voor steentijd omwille van de grotere variatie in geomorfologische/stratigrafische contexten.

4.2 TECHNIEKEN

4.2.1 Veldkartering

Veldkartering is doorgaans de snelste en goedkoopste prospectiemethode voor steentijd artefactensites. In het kader van preventieve archeologie is het uitvoeren van veldkartering alleen echter **onvoldoende**. De methode kent namelijk enkele belangrijke beperkingen:

- Veldkartering kan alleen sites opsporen die zich aan of kort bij de huidige oppervlakte bevinden. Dieper afgedekte steentijdsites worden dus niet gedetecteerd.
- Veldkartering is niet op elk terrein inzetbaar, want de resultaten zijn sterk afhankelijk van:
 - o de aard van de site (densiteit, grootte van artefacten, grondstof van de artefacten enz.);
 - o de aard en historiek van grondbewerking (tijdstip en diepte van ploegen, rooien van knolgewassen enz.);
 - o aanwezigheid van andere zaken aan het oppervlak (vegetatie, verhakselde gewassen, dagzomend grind, recent afval enz.);
 - o de weersomstandigheden sinds de grondbewerking en dan vooral de hoeveelheid neerslag. Om veldkartering efficiënt te laten verlopen dient het terrein na het ploegen al enige tijd beregend te zijn om aanklevend sediment van de vondsten te spoelen;
 - o de weersomstandigheden tijdens de veldkartering: bewolkt is doorgaans beter dan sterke zon;
 - o de ervaring van de prospecteur en zijn vertrouwdheid met het gebied;
 - o de mate waarin het terrein reeds werd gekarteerd.

Veldkartering kan daarom wel een indicatie geven over de aanwezigheid van steentijd artefactensites indien vondsten worden aangetroffen, maar kan onvoldoende uitsluitel bieden over de afwezigheid van sites.

Veldkartering kan echter wel een meerwaarde betekenen als aanvullende methode. In de huidige praktijk wordt het zelden in een aparte onderzoeksfase ingezet, maar tijdens bijvoorbeeld landschappelijk of archeologisch booronderzoek kan ook de oppervlakte worden afgespeurd zonder veel extra moeite. Eventuele vondsten vormen dan een belangrijke bron van informatie over mogelijke sites. Het is daarom aan te raden om bij elke aanwezigheid op het terrein en bij omstandigheden die het toelaten de oppervlakte te inspecteren op de aanwezigheid van vondsten.

4.2.2.1 Doel

4.2.2.2 Basisprincipes

4.2.2.2.1 Archeologische indicatoren

De aanwezigheid van steentijd artefactensites kan in booronderzoeken worden herkend aan de hand van:

- lithische artefacten;
- handgevormd aardewerk;
- (verbrand) bot;
- (verkoolde) botanische macroresten (hazelnootdoppen, graankorrels enz.);
- houtskool.

De aanwezigheid van lithische artefacten is de duidelijkste indicator voor de aanwezigheid van een steentijdsite. De volledige variatie aan grondstoffen en types artefacten komt hiervoor in aanmerking.

Veel steentijdsites bestaan voor het grootste deel uit klein debitageafval (chips, afslagfragmenten enz.). Bij booronderzoek worden daarom vooral (zeer) kleine artefacten aangetroffen. Grotere artefacten (kern, afslag, kling, werktuig enz.) worden slechts zelden opgeboord (Fig. 148). Daarom is een fijne waarnemingstechniek (zeven over voldoende fijne maaswijdte) noodzakelijk voor het opsporen van steentijdsites (Fig. 149; zie ook 4.2.2.4.9).



Fig. 148: Vier vuurstenen artefacten, afkomstig uit één boring. Dit oogt misschien weinig spectaculair, maar deze boring leverde meer en duidelijkere indicatoren dan je in de gemiddelde positieve boring kan verwachten.

ensemble	zeefmazen						N (100 %)
	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	6 mm	10 mm	
EXP	60,5%	18,8%	7,9%	5,5%	1,0%	6,2%	62558
DDD C3	-	45,6%	21,8%	14,3%	6,6%	11,7%	13492

Fig. 149: Twee voorbeelden van grootteverdeling bij lithische ensembles⁴²⁵. Bemerkt hoe de fijnste maaswijdten duidelijk de grootste delen van de ensembles opleverden.

EXP: de gemiddelde grootteverdeling van 43 experimenten van lithische productie.

DDD C3: de grootteverdeling van een echt archeologisch ensemble: de vroegmesolithische vondstconcentratie C3 van de in 2003 opgegraven vindplaats Doel Deurganckdok sector J/L.

⁴²⁵ Naar Noens *et al.* 2013.

Meestal is handgevormd aardewerk in boorresidu's echter sterk gefragmenteerd, waardoor het moeilijk tot niet toe te schrijven is aan een bepaalde periode. In zeldzame gevallen kunnen technische (bijv. specifieke vershraling van het baksel) of decoratieve elementen toch een aanwijzing geven.

Houtskool kan uiteraard ook worden gevormd in natuurlijke omstandigheden, zoals bij bosbranden. Daarom wordt de aanwezigheid van houtskool meestal alleen als indicatie voor de aanwezigheid van een site beschouwd als:

- het voorkomt in associatie met andere indicatoren;
- en/of als het geclusterd en in opvallend grote hoeveelheden voorkomt.

In dit geval ga je best over op een fijnere maaswijdte (bijv. 0,5 mm) om eventuele kleine verbrande macroresten zoals zaden of graankorrels niet te missen, en zeef je voorzichtig om eventuele herkenbare fragmenten intact te houden.

De term ‘**site**’, zoals hier gebruikt, dekt een zeer brede lading. Steentijd artefactensites zijn het resultaat van een waaier aan verschillende activiteiten. Ze nemen daarom veel verschillende vormen aan, gaande van slechts één achtergelaten werktuig, weinig dense spreiding van artefacten zonder clustering, een concentratie van artefacten gevormd bij één of meerdere activiteiten, tot groepen artefactconcentraties. Op dezelfde plaats kan bovendien herhaaldelijk prehistorische activiteit hebben plaatsgevonden, die door accumulatie van vondsten en vondstconcentraties leidden tot zeer rijke, dense en vaak uitgestrekte sites (zgn. ‘palimpsest’ sites). Steentijd artefactensites kunnen dus zowel uit één als uit miljoenen artefacten bestaan. Ook in oppervlakte kunnen ze enorm variëren, van enkele vierkante meters tot tientallen hectaren.

De tafonomie van sites kan bovendien een belangrijke impact hebben op hun karakteristieken. Bioturbatie en landbouwactiviteiten kunnen bijvoorbeeld artefacten horizontaal verplaatsen en concentraties 'uitsmeren' (groter en minder dens maken), winderosie kan kleine artefacten verwijderen uit sites en er verderop nieuwe sites mee vormen, enz. De grote tijdsdiepte en evolutie van het landschap kunnen er bovendien voor zorgen dat artefacten op verschillende stratigrafische niveaus werden bewaard.

Archeologische boringen zijn weinig effectief bij een lage artefactdensiteit (zie 4.2.2.3). Daarom focussen we hieronder voornamelijk op sites met een zekere densiteit aan vondsten, die vaak een bepaalde clustering vertonen: één of meerdere **artefactconcentraties**.

Ook artefactconcentraties kunnen in veel verschillende vormen en maten voorkomen. Om de principes achter archeologisch booronderzoek te verduidelijken maken we hier enigszins abstractie van en beperken we ons tot een vereenvoudiging van de meest typische vorm.

Deze benadert vaak de vorm van een cirkel of een ovaal. De dichtheid is doorgaans hoger in het centrum dan in de periferie. Binnen dit patroon, op micro-schaal, is de vondstverspreiding zeer onregelmatig en complex. De periferie wordt geleidelijk aan minder dicht, waardoor een concentratie

meestal geen scherpe of duidelijk aflijnbare grenzen vertoont. Verder rond concentraties is er bovendien vaak een 'ruis' van zeer lage densiteit aan artefacten aanwezig (Fig. 150).

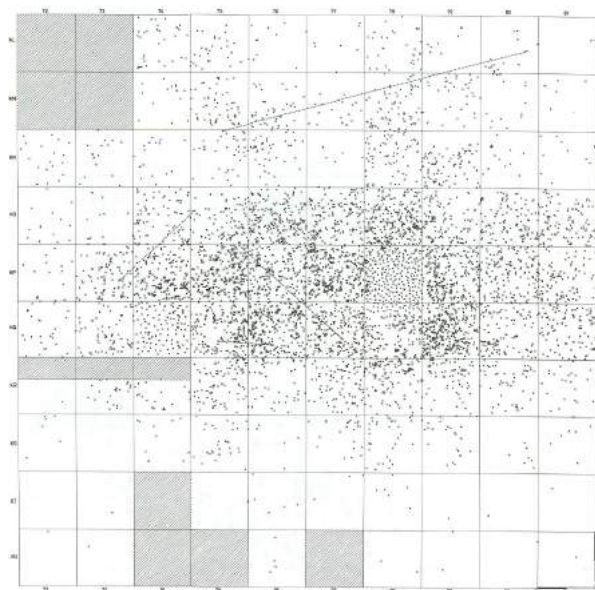


Fig. 150: De horizontale vondstspreading van sector 5 te Weelde Paardsdrank toont een 'klassieke' concentratie⁴²⁶.

4.2.2.2.3 Steekproef

Zoals voor de meeste prospectiemethoden geldt, onderzoek je met archeologisch booronderzoek niet de volledige oppervlakte van een studiegebied maar slechts een deel. Het is dus slechts een steekproef. Het betreft bovendien een zeer kleine steekproef, zelfs bij de meest intensieve booronderzoeken (Fig. 151). Daarom biedt de methode alleen bij voldoende grote sites met een hoge vondstdensiteit een hoge graad van zekerheid. Dit betekent dat de kans om sites te missen heel reëel is bij de meeste archeologische booronderzoeken. Bovendien is er zeer veel variatie in prehistorische artefactensites en is hun vondstspreading op micro-schaal steeds complex en onregelmatig (zie 4.2.2.2.2). Om deze redenen is het bijna onmogelijk om precieze kansberekening met mathematische formules toe te passen op prospectie van concrete projectgebieden. In plaats daarvan werken we met bredere principes: opsporingskans, trefkans en vindkans.

Ø	oppervlakte boring	aandeel oppervlakte onderzoeksgebied	
		5 x 6m grid	10 x 12m grid
20 cm	0,031 m ²	0,105 %	0,026 %
15 cm	0,018 m ²	0,059 %	0,015 %
12 cm	0,011 m ²	0,038 %	0,009 %
10 cm	0,008 m ²	0,026 %	0,007 %

Fig. 151: Zelfs een 20 cm boor in een grid van 5 bij 6 m bemonstert slechts 0,105 % (1/1000!) van de totale oppervlakte. Bij boringen met een diameter van 10 cm in een grid van 10 bij 12 m, het minimum volgens de CGP, valt dit terug tot slechts 0,007 %.

⁴²⁶ Huyghe & Vermeersch 1982.

4.2.2.2.4 Opsporingskans

De **opsporingskans** is de kans dat een artefactconcentratie daadwerkelijk opgespoord wordt. De opsporingskans bestaat uit de trefkans en de vindkans:

- De **trefkans** is de kans dat een boring in een artefactconcentratie wordt gezet, m.a.w. dat minstens één van de boringen 'raak' is.
- De **vindkans** is de kans dat er ook daadwerkelijk archeologische resten worden opgeboord en herkend in een 'treffende' boring.

Het onderscheid tussen trefkans en vindkans is van belang omdat ze bepaald worden door verschillende aspecten van de boormethodiek.

4.2.2.2.5 Trefkans

De trefkans wordt bepaald door het **boorgrid**. Hoe fijner het grid is, hoe groter de trefkans wordt (Fig. 152).

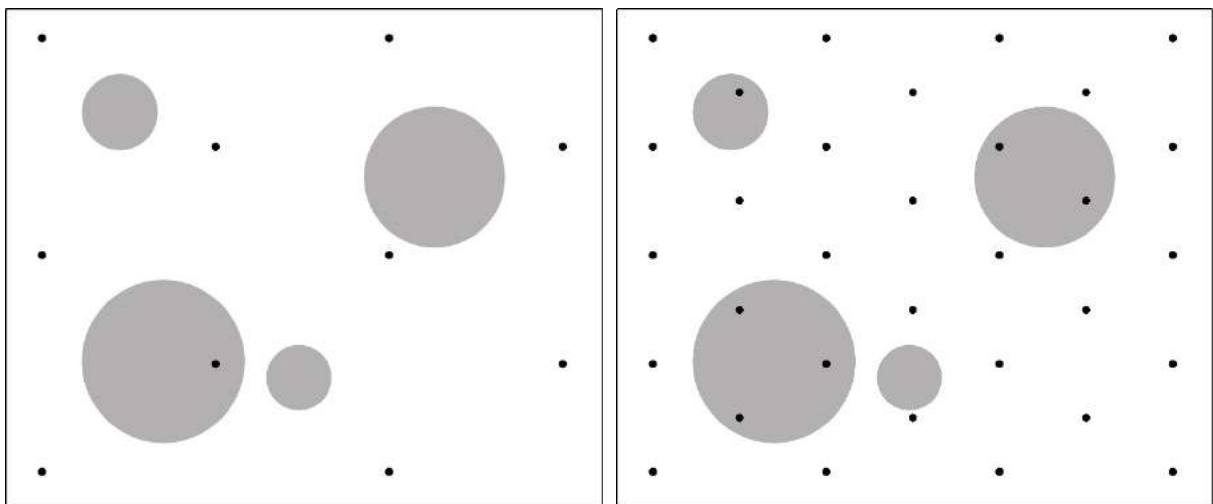


Fig. 152: De zwarte punten stellen boringen voor, de grijze cirkels vondstconcentraties.

Links: een relatief breed boorgrid treft slechts één van de vier aanwezige artefactconcentraties.

Rechts: een verfijning van het boorgrid zorgt voor een hogere trefkans: Drie van de vier aanwezige concentraties worden getroffen. Twee van hen worden zelfs meermaals aangeboord.

Voor sites met meerdere artefactconcentraties speelt ook de absolute grootte van het onderzoeksgebied een rol. Hoe groter de onderzochte zone binnen een dergelijke site, hoe meer boringen erin worden geplaatst en hoe meer concentraties aanwezig kunnen zijn, en dus hoe groter de kans dat minstens één concentratie wordt getroffen (Fig. 153).

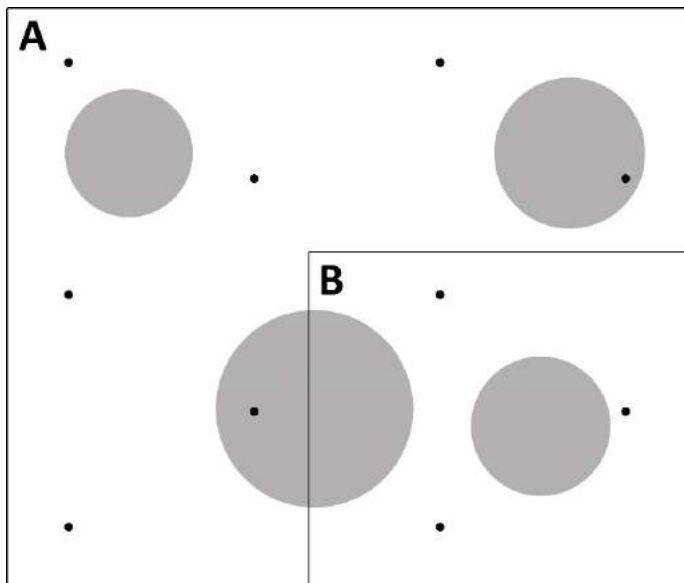


Fig. 153: In het grotere onderzoeksgebied A worden meer boringen uitgevoerd dan in het kleinere gebied B. Het bevat bovendien meer artefactconcentraties. Dit leidt tot een hogere trefkans: in A worden twee van de vier concentraties getroffen, terwijl de anderhalve concentratie in B onopgemerkt blijft.

Artefactconcentraties die aan de rand van of slechts gedeeltelijk in een studiegebied liggen kan je gemakkelijker missen omdat deze niet volledig door het boorgrid omvat worden. Dit is het zogenaamde **grenseffect** op de trefkans. Dit effect wordt sterker bij een langwerpiger en dus smaller onderzoeksgebied (Fig. 154).

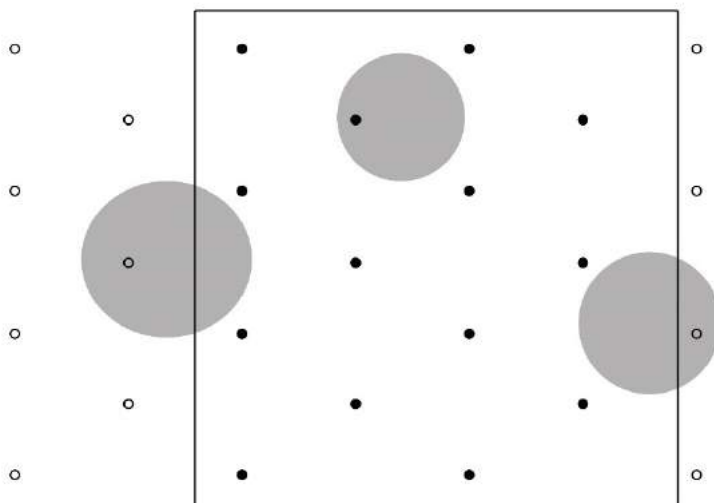


Fig. 154: Grenseffect: de boringen binnen het onderzoeksgebied (zwarte punten) missen de concentraties aan de grenzen, terwijl een verderzetting van het grid buiten het onderzoeksgebied (witte punten) deze wel zouden treffen.

4.2.2.2.6 Vindkans

Zowel de **boordiameter** als de **maaswijdte** van de zeef bepalen de vindkans:

- Hoe groter de boordiameter, hoe groter de vindkans. Een grotere boordiameter zorgt voor een groter sedimentmonster, dat een grotere kans heeft om artefacten te bevatten (Fig. 151 en Fig. 155).
- Hoe fijner de maaswijdte van de zeef, hoe groter de vindkans. Een fijnere maaswijdte weerhoudt een groter deel van de vondsten die in een monster aanwezig kunnen zijn, namelijk ook de kleinere fracties (Fig. 149).

De boordiameter en de maaswijdte van de zeef moeten onderling in **balans** zijn voor een adequate vindkans. Alleen onafhankelijk van elkaar aan de normen van de CGP voldoen volstaat niet. Als bijvoorbeeld alleen een relatief kleine boordiameter haalbaar is omwille van een grote boordiepte, combineer je dit best met een voldoende kleine maaswijdte van de zeef (zie 4.2.2.4.10).

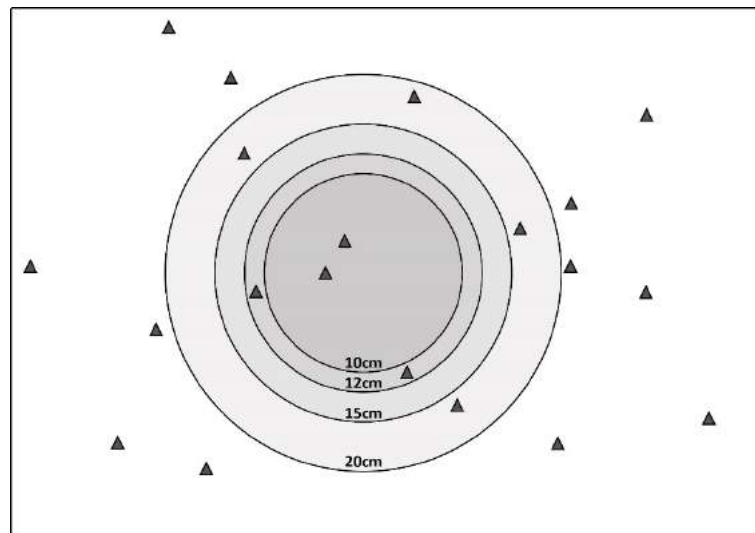


Fig. 155: Een fictief detailbeeld van één boorlocatie. De zwarte driehoeken stellen vondsten voor, de grijze cirkels boringen van verschillende diameters. Bredere boren bestrijken een groter oppervlak en verhogen dan ook de vindkans. In de 20 cm boring bevinden zich 8 vondsten, tegenover 2 in de 10 cm boring. Door de onregelmatige spreiding van vondsten is dit principe niet altijd rechtlijnig: de 15 cm boring heeft bijvoorbeeld hetzelfde aantal vondsten (4) opgeleverd als de 12 cm boring.

4.2.2.3 Toepassing

Archeologisch booronderzoek is **enkel effectief op sites met een voldoende grote densiteit aan artefacten**. Sites met een lage vondstdensiteit en/of nagenoeg egale vondstspreading kunnen niet met voldoende zekerheid worden opgespoord met de gangbare boorgrids en boordiameters (zie 4.2.2.2), maar vereisen doorgaans een veel grotere steekproef.

Een archeologisch booronderzoek wordt in de huidige praktijk daarom enkel toegepast wanneer er een bepaalde **verwachting is van aanwezigheid en bewaring van een steentijd artefactensite** (met clustering en/of relatief grote vondstdensiteit). We moeten ons er echter bewust van zijn dat het gebruik van verwachtingsmodellen een groot risico op cirkelredeneringen veroorzaakt (zie 2.3.2).

4.2.2.4 Methode

4.2.2.4.1 Patroon boorgrid

In de huidige praktijk wordt bijna uitsluitend een **gelijkzijdig driehoeksgrid** gebruikt. Bij deze gridvorm kunnen tussen de boorpunten driehoeken worden getekend, waarvan alle zijden even lang zijn. Alle boorpunten bevinden zich dus op gelijke afstand van elkaar.

In de praktijk worden vaak afgeronde afstanden gebruikt voor het uitzetten van een gelijkzijdig driehoeksgrid. Dit houdt het tel- en meetwerk eenvoudig. De afstand tussen de boorraaien is een veelvoud van 5 m en de afstand tussen de boringen een veelvoud van 6 m. In feite creëert dit gelijkbenige driehoeken (bijvoorbeeld $6 \times 5,83 \times 5,83$ m bij een 5 bij 6 m grid), maar dit benadert de gelijkzijdigheid voldoende (Fig. 156).

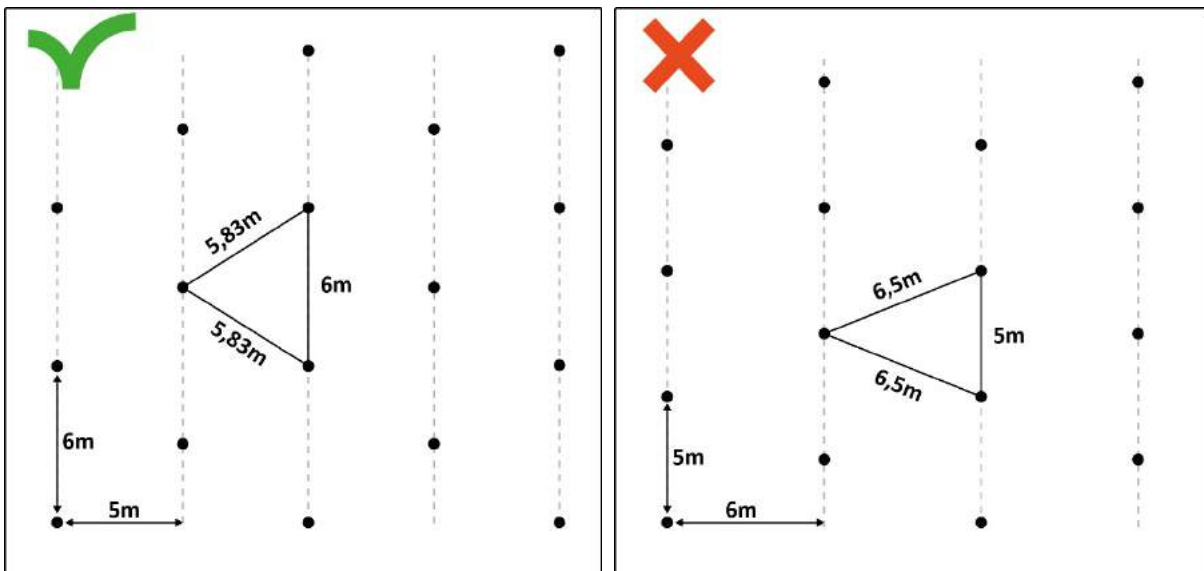


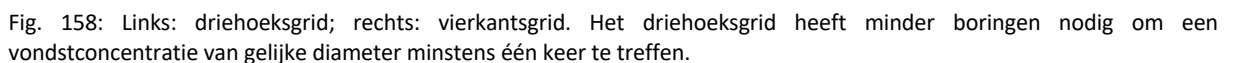
Fig. 156: Links wordt een driehoeksgrid conform de CGP weergegeven, in dit geval van 5 bij 6 m. De afstand tussen de boorraaien (= grijze streepjeslijnen) bedraagt 5 m en tussen de boorpunten op een raai 6 m. De afstanden tussen de boorpunten verschilt maar weinig en het grid benadert de gelijkzijdigheid.

Rechts toont een raaiafstand van 6 m met boringen om de 5 m, wat niet conform de CGP is. Dit grid is duidelijk gelijkbenig, met een veel ongelijkere afstand tussen de boorpunten.



Booronderzoeken

pagina 181



Een **regelmatig** grid is het uitgangspunt. Je kan echter er van afwijken als de uitvoering van een boring:

- onmogelijk is, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van een obstakel op of in de bodem;
- zinloos is, bijvoorbeeld wanneer ernstige lokale bodemverstoring vooraf duidelijk kan worden vastgesteld.

In deze gevallen verplaats je de boring tot naast het obstakel of de verstoring. Schrappen van een boring kan enkel indien het obstakel of de ernstige verstoring de volledige oppervlakte tussen de aanpalende boringen bestrijkt. Schrappen van een boring verlaagt de opsporingskans namelijk veel sterker dan verplaatsen (Fig. 159). Je registreert een verplaatste boring uiteraard volgens de nieuwe coördinaten.

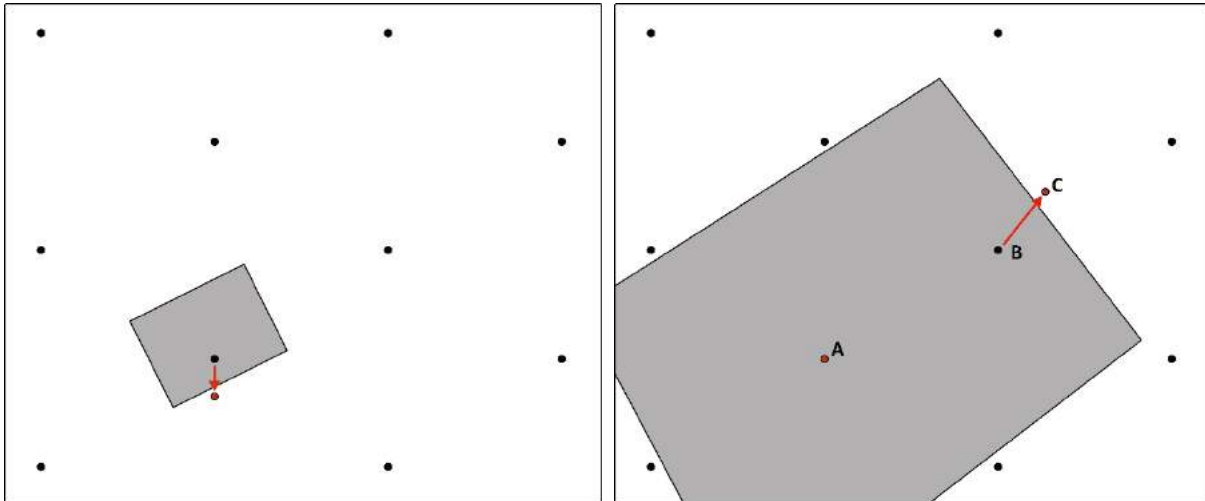


Fig. 159:

Links: een boring valt binnen een obstakel of ernstige verstoring (grijze rechthoek). Deze wordt verplaatst tot net ernaast (rood boorpunt).

Rechts: Boringen A en B vallen binnen een groter obstakel of ernstige verstoring. Boring A kan niet verplaatst worden en wordt daarom geschrapt. Boring B kan wel verplaatst worden tot locatie C.

4.2.2.4.2 Resolutie boorgrid

Bij archeologisch booronderzoek werk je steeds in een grid van **10 bij 12 m of dichter (5 bij 6 m)**. Simulaties op opgegraven vindplaatsen toonden immers aan dat lagere resoluties dan 10 bij 12 m onvoldoende trefkans bieden⁴²⁷.

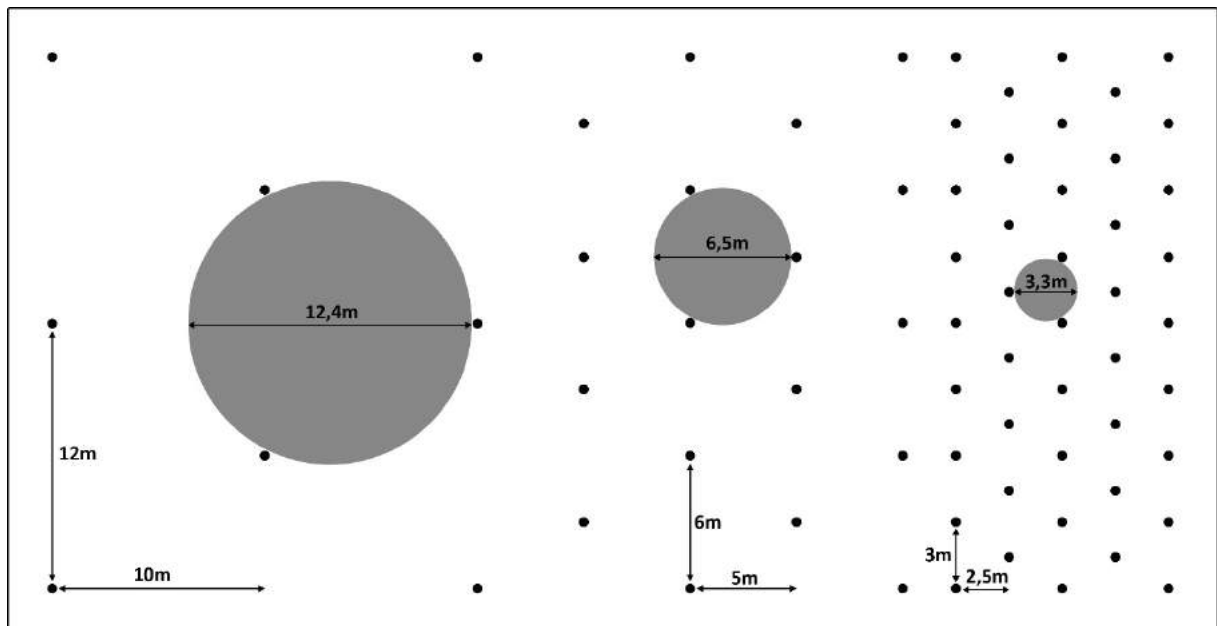


Fig. 160: Verschillende gridresoluties, met de cirkelvormige vondstconcentraties die ze minstens één keer treffen.

Een boorgrid van **10 bij 12 m** treft een cirkelvormige concentratie met een diameter groter dan 12,4 m minstens één keer (Fig. 160). Individuele vondstconcentraties zijn echter vaak (veel) kleiner. De trefkans is bij een 10 bij 12 m grid dan ook relatief laag en laat niet toe om individuele concentraties met enige zekerheid te treffen. Booronderzoek met deze resolutie kan dus de aanwezigheid van sites aantonen, maar is niet in staat om de spreiding van artefactenclusters erbinen in kaart te brengen. Dit grid laat daarom enkel interpretatie toe van het hele onderzoeksgebied of minstens grote zones erin (Fig. 161).

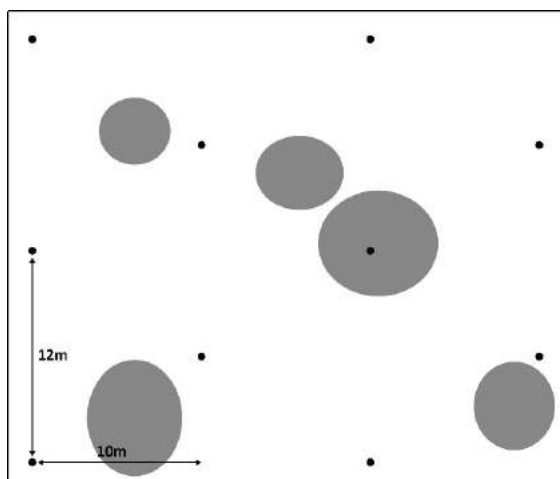


Fig. 161: Trefkans bij een 10 bij 12 m grid. De afstand tussen de boringen is duidelijk groter dan de diameter van de vondstconcentraties, wat tot een beperkte trefkans leidt. Hier wordt slechts één van de vijf concentraties getroffen.

⁴²⁷ Crombé & Verhegge 2015.

Een boorgrid van **5 bij 6 m** treft een cirkelvormige concentratie met een diameter groter dan 6,5 m minstens één keer (Fig. 160). Dit benadert de grootteorde van gekende steentijd vondstconcentraties beter, maar is nog steeds groter dan heel wat concentraties. De trefkans van deze resolutie is daarom veel groter dan bij een 10 bij 12 m grid, maar individuele concentraties kunnen nog steeds gemist worden. Dit grid laat dus een algemene interpretatie toe over de aanwezigheid en spreiding van artefactenclusters, maar met een zekere foutmarge (Fig. 162).

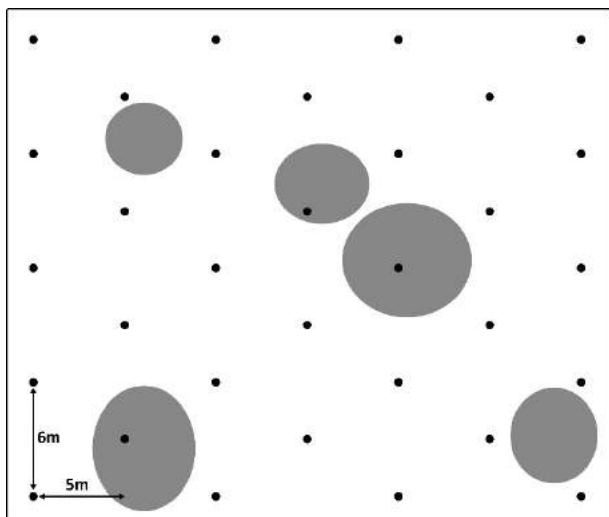


Fig. 162: Trefkans bij een 5 bij 6 m grid. De afstand tussen de boringen is ongeveer even groot als de diameter van sommige vondstconcentraties. Dit leidt tot een betere trefkans, maar individuele concentraties worden nog gemist. Hier worden drie van de vijf concentraties getroffen.

Een boorgrid van **2,5 bij 3 m** treft een cirkelvormige concentratie met een diameter groter dan 3,3 m minstens één keer (Fig. 160). Deze resolutie biedt daarmee een relatief grote trefkans voor individuele vondstconcentraties (Fig. 163).

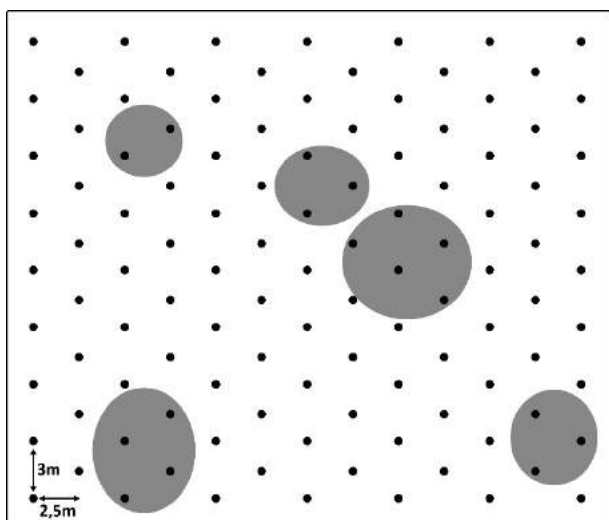
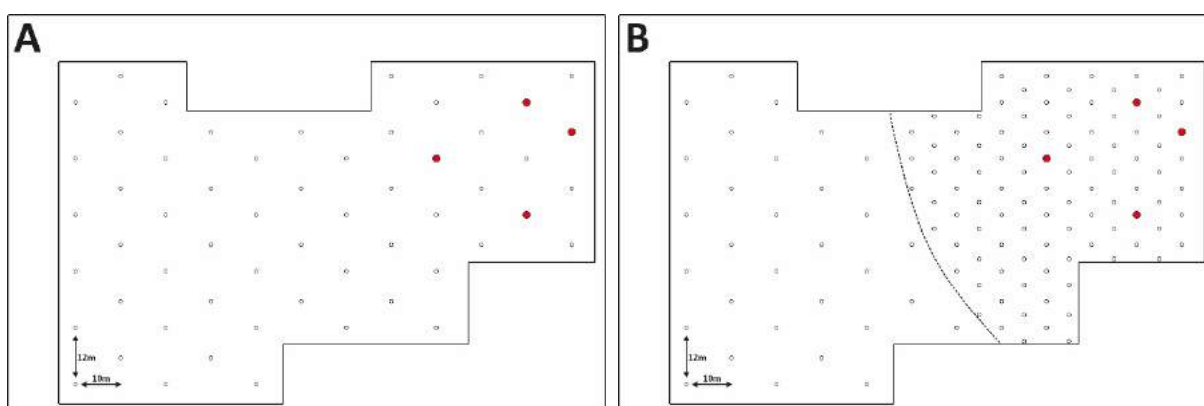
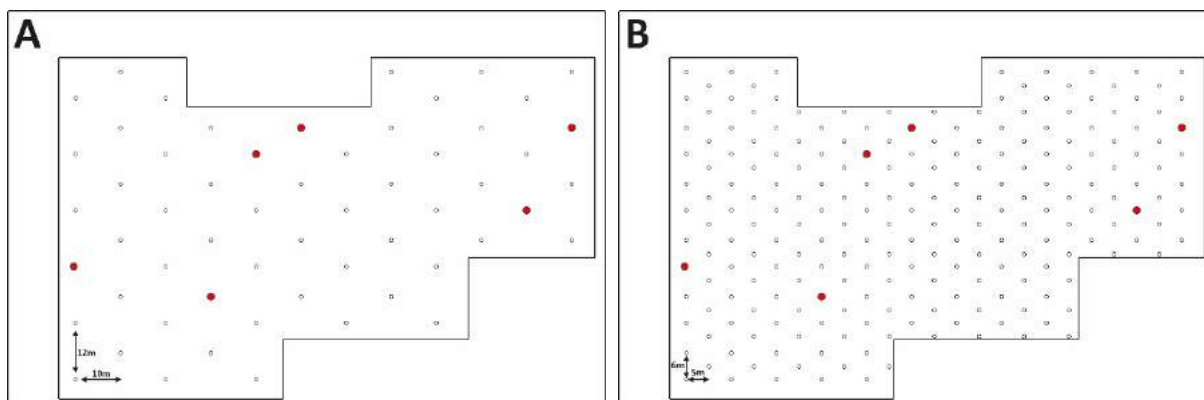


Fig. 163: Trefkans bij een 2,5 bij 3 m grid. De afstand tussen de boringen is kleiner dan de diameter van de vondstconcentraties, met een hoge trefkans tot gevolg. Hier worden alle concentraties meermaals getroffen.

Kortom, een hogere resolutie van het boorgrid resulteert steeds in een beduidend hogere trefkans. Een verdubbeling van de resolutie van het boorgrid veroorzaakt echter ongeveer een verviervoudiging van het aantal boringen (Fig. 164).



Terreinen kleiner dan ongeveer 2500 m² prospecteer je best meteen in een 5 bij 6 m grid. Bij kleinere terreinen wordt immers zowel het aantal vondstconcentraties dat aanwezig kan zijn als het totaal aantal boringen van een 10 bij 12 m grid te klein voor een voldoende trefkans.

Ook bij een specifieke verwachting naar kleine sites (geïsoleerde artefactconcentraties) en/of minder dense sites kan je best meteen een 5 bij 6m grid inzetten. In uitzonderlijke gevallen kan het zelfs nuttig zijn om dit bij positieve resultaten verder te verdichten tot 2,5 bij 3 m. Indien de densiteit te laag is, kan je echter alleen met een grotere monsternamen (proefputten) effectief prospecteren (zie 4.2.3).

Het is ten slotte van belang om rekening te houden met het **grenseffect** op de trefkans (zie 4.2.2.2.5). Hiertoe plaats je best de eerste boorraai op 1/3 van de raaiafstand van de grens van het onderzoeksgebied, bijvoorbeeld op 3,3 m bij een 10 bij 12 m grid.

Bij **smalle onderzoeksgebieden** heeft het grenseffect een belangrijke impact. Het boren van slechts één raai in een 10 bij 12 m grid biedt er daarom onvoldoende trefkans (Fig. 168: A). Dit kan je alleen compenseren door het aantal boorraaien te verhogen door:

- ofwel het boorgrid te verdichten (Fig. 168: B);
- ofwel het onderzoeksgebied te verbreden, door het langs één of beide zijden uit te breiden (Fig. 168: C). In een preventieve context is onderzoek buiten het bedreigde terrein echter vaak niet mogelijk.

Indien het onderzoeksterrein te smal is voor meer dan één boorraai, ook in een 5 bij 6m grid, is de trefkans te klein voor een efficiënt archeologisch booronderzoek. Alleen bij een zeer hoge archeologische verwachting (bijv. reeds sites gekend op of langs het onderzoeksterrein) is het zinvol om dergelijke terreinen te prospecteren, maar dan pas je de techniek best aan door in een hogere resolutie te boren of meteen tot proefputtenonderzoek over te gaan.

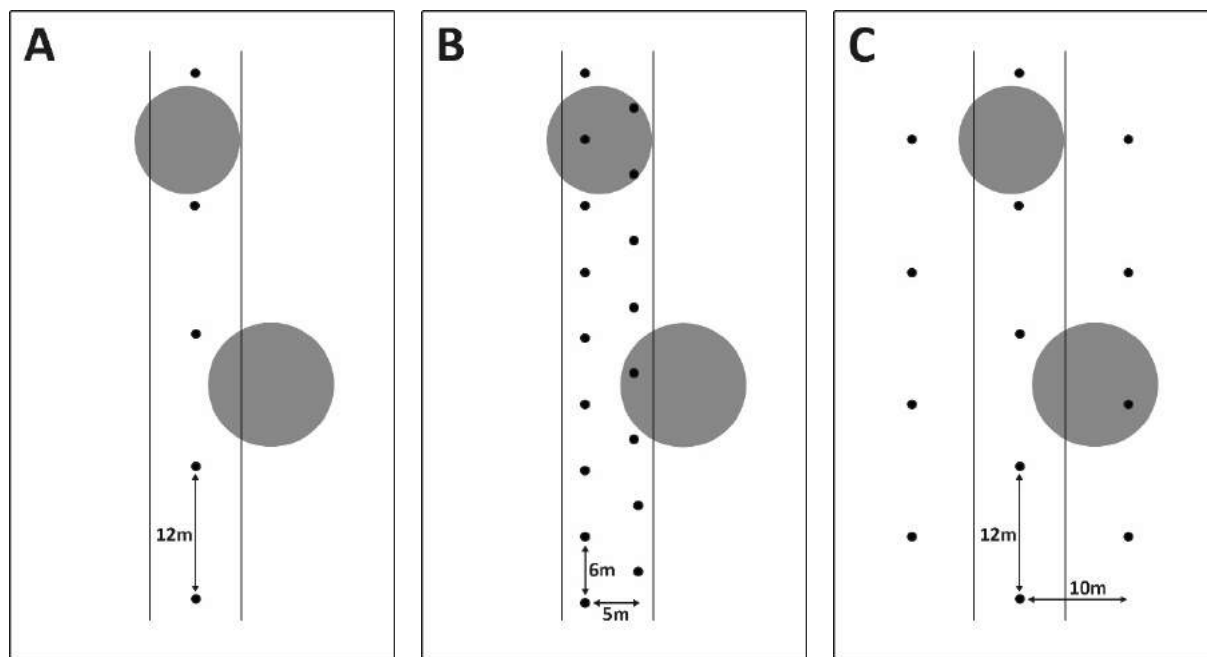


Fig. 168:

A: Dit langwerpige onderzoeksgebied loopt nog veel verder door naar boven en onder, maar is vrij smal. Er kan in een 10 bij 12 m grid slechts één boorraai geplaatst worden. Dit biedt onvoldoende trefkans: geen van de twee vondstconcentraties wordt getroffen.

B: Een verdichting van het grid tot 5 bij 6 m leidt tot een hogere trefkans: beide concentraties worden getroffen.

C: Een uitbreiding van het 10 bij 12 m grid verhoogt ook de trefkans: één van de concentraties wordt getroffen.

4.2.2.4.4 Boordiepte

Op basis van het bureauonderzoek en landschappelijk bodemonderzoek schat je in op welk niveau artefacten bewaard kunnen zijn. Doorgaans gaat het om een welbepaalde aardkundige eenheid of een deel ervan. Dit kan zowel regionaal als lokaal sterk variëren, afhankelijk van de geomorfologische en pedologische context. Niet alleen bodems of bodemhorizonten, maar ook afzettingsslagen zonder enige zichtbare bodemvorming kunnen relevante aardkundige eenheden zijn.

Je boort steeds **tot volledig doorheen dit niveau**. Als er meerdere niveaus zijn die artefacten kunnen bevatten, boor je uiteraard tot volledig doorheen het onderste (Fig. 170).

Je voorziet best enige marge door enkele decimeters dieper door te boren. Het bureauonderzoek en landschappelijk onderzoek bieden immers enkel een inschatting over de associatie tussen artefacten en aardkundige eenheden. Deze marge laat toe om die inschatting indien nodig te corrigeren tijdens het verder vooronderzoek.

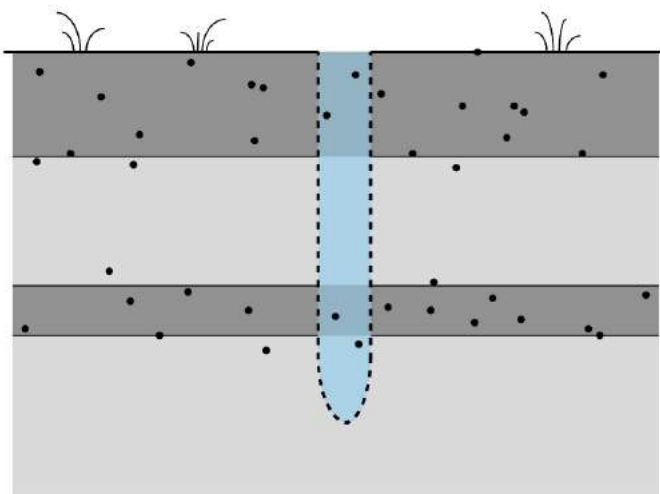


Fig. 170: Twee in het donkergrijs aangeduide niveaus bevatten archeologische niveaus met artefacten. Er wordt volledig door beide niveaus geboord. Onderaan wordt enige marge genomen omdat artefacten soms tot buiten de verwachte niveaus voorkomen.

4.2.2.4.5 Monstername

Je zamelt het sediment van alle aardkundige eenheden in die mogelijk archeologische indicatoren kunnen bevatten. Dit doe je **gescheiden per relevante aardkundige eenheid**, in de mate dat de boortechniek dit toelaat. Opgelet: niet elke aardkundige eenheid is 'relevant'. Afzonderlijke bodemhorizonten hoeven bijvoorbeeld niet relevant te zijn indien de bodem pas na de steentijd werd gevormd.

In de praktijk bemonster je meestal best de volledige boring. Enkel bij grote diepteverschillen kunnen steriele niveaus eventueel onbemonsterd blijven. Ook hierbij neem je altijd best enige marge. Onder invloed van postdepositionele processen bevinden artefacten zich immers vaak ook in aangrenzende aardkundige eenheden (Fig. 171).

Aardkundige eenheden kan je verticaal eventueel verder opsplitsen. Dit is meestal niet noodzakelijk, maar kan relevant zijn bij relatief dikke eenheden om extra informatie te bekomen over de stratigrafische positie van de site en de verticale spreiding van de vondsten. Opsplitsen kan:

- per bodemhorizont (binnen een natuurlijke bodem);
- per arbitrair niveau. Bij booronderzoek wordt vaak 'per boorkop' ingezameld.

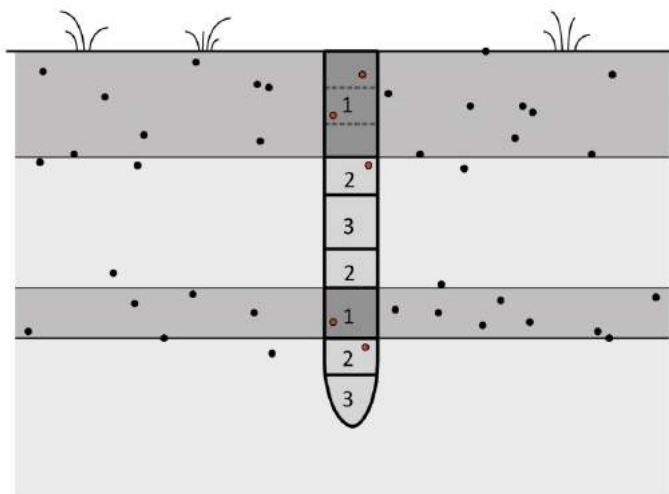


Fig. 171:

1: Monsters worden ingezameld van de twee aardkundige eenheden die archeologische niveaus met artefacten bevatten.

2: Artefacten komen vaak ook voor in aanpalende aardkundige eenheden. Hiervan wordt ook minstens een deel ingezameld. Deze monsters blijven gescheiden van monsters 1.

3: Ook de rest van de boring wordt bemonsterd, omdat de mogelijke verticale vondstspreading meestal onvoldoende gekend is voor de start van de prospectie. Enkel bij grote diepteverschillen kunnen steriele niveaus eventueel onbemonsterd blijven.

Noot: Het dikkere bovenste donkergrijze niveau kan eventueel verder onderverdeeld worden in artificiële eenheden (streepjeslijnen).

Indien een deel van de verwachte site in een **ploeglaag** kan opgenomen zijn, maakt deze ploeglaag volgens de CGP deel uit van de vraagstelling en moet je deze ook (gescheiden) bemonsteren. Dit verhoogt minstens de vindkans van de site. Het potentieel voor kenniswinst van de in de bouwvoor aanwezige archeologie wordt met waarderingsonderzoek verder geëvalueerd (Fig. 172; zie 5.2.2.2.5).

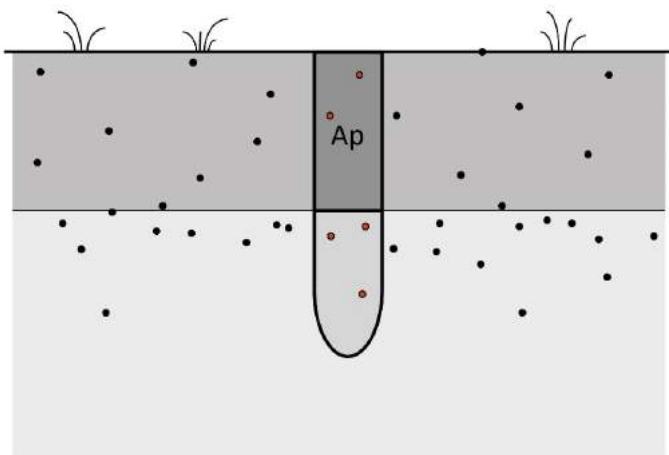


Fig. 172: Een deel van de steentijdsite is opgenomen in een ploeglaag (donkergrijs). Het bemonsteren van de ploeglaag (Ap) verhoogt de vindkans: in dit voorbeeld komen twee van de vijf boorvondsten (rode stippen) uit de ploeglaag. Bij een minder rijke boring kan de ploeglaag de enige vondsten opleveren.

4.2.2.6 Interpretatie van de resultaten

4.2.2.6.1 Interpretatie van een boring

Een archeologische boring is al positief als één duidelijk artefact wordt aangetroffen, ongeacht de grootte van dit artefact.

Booronderzoek levert doorgaans zeer weinig artefacten op door de beperkte steekproefgrootte en de aard van steentijd artefactensites (zie 4.2.2.2.2). Bij de meerderheid van de positieve boringen gaat het om slechts één artefact. Meer dan een vijftal vondsten in één boring is eerder uitzonderlijk.

Lithische artefacten vormen de meest voorkomende indicator voor de aanwezigheid van een steentijdsite. De meerderheid van de lithische artefacten zijn kleine (vuur)steen-‘schilfers’ (*chips*) waarop debitagekenmerken zichtbaar zijn. Deze vormen vaak 80 - 90 % van een ensemble⁴³³. Eerder zelden worden grotere lithische artefacten opgeboord (afslag, kling, werktuig enz.).

Het is van groot belang dat de determinatie en evaluatie van de vondsten worden uitgevoerd door iemand met een ruime ervaring met de studie van lithische artefacten. Natuurlijk voorkomende vuursteen (kleine kiezelfragmenten in dekzanden, terrasgrinden enz.) kan soms sterk lijken op artefacten (pseudoartefacten). Het onderscheid met menselijke artefacten is daarom niet steeds zonder twijfel. Enkel een specialist kan dit onderscheid meestal met voldoende zekerheid maken op basis van de debitagekenmerken, grondstof en bewaringstoestand.

Ook **andere materiaalcategorieën** kunnen een positieve boring aanduiden, bijvoorbeeld (handgevormd) aardewerk. Maar de beoordeling of dit al dan niet geassocieerd is met de aanwezigheid van een steentijdsite is niet altijd evident. Vaak gaat het immers om kleine fragmenten niet-diagnostisch aardewerk die mogelijk ook aan andere periodes kunnen toegewezen worden. In een beperkt aantal gevallen kan wel een associatie worden gemaakt met een steentijdoccupatie, bijvoorbeeld bij aanwezigheid van bepaalde versierings- of verschralingselementen. Ook deze evaluatie moet uiteraard altijd gemaakt worden door iemand met voldoende relevante ervaring.

Andere indicatoren die op de aanwezigheid van een steentijdsite kunnen wijzen zijn:

- (verkoalde) botanische macroresten (hazelnootdoppen, graankorrels enz.);
- (verbrand) bot;
- houtskool.

Ook hier geldt enige voorzichtigheid omdat deze indicatoren, houtskool voorop, ook onder natuurlijke omstandigheden kunnen worden gevormd (bijv. bosbranden) of geassocieerd kunnen zijn met recentere activiteiten. Deze indicatoren worden daarom meestal niet op zich beschouwd als een betrouwbare indicator voor de aanwezigheid van een steentijdsite, maar als een secundaire indicator als ook artefacten aanwezig zijn. Afgedekte prehistorische landschappen kunnen hierop deels een uitzondering vormen, omdat de aanwezigheid van recentere archeologie in het afgedekte niveau er kan worden uitgesloten. Ook voor de interpretatie van deze indicatoren is altijd de input van experts in de betreffende materiaalcategorie(ën) vereist.

Archeologisch booronderzoek kan geen uitsluitel geven over de aan- of afwezigheid van een vondstconcentratie op de locatie van een positieve boring.

Door de beperkte monstergrootte kan booronderzoek meestal onvoldoende inzicht bieden in de lokale vondstdensiteit. Ook een lage artefactdensiteit, al dan niet als ‘ruis’ tussen concentraties, kan namelijk positieve boringen opleveren. Je kan met booronderzoek dan **ook geen artefactconcentraties afbakenen**.

⁴³³ Noens *et al.* 2013.

Deze vragen moet je echter wel beantwoorden om verantwoorde keuzes te kunnen maken in functie van eventuele opgraving. Dit vereist verder waarderingsonderzoek met grotere monsternamen. **Elke duidelijk positieve boring geeft daarom aanleiding tot verder waarderingsonderzoek met proefputten** (zie 5).

Niet elke boring is echter **duidelijk** positief, en ook de interpretatie van het onderzoeksgebied als geheel kan meegenomen worden in de afweging voor verder waarderingsonderzoek. Eén twijfelachtige chip in slechts één van een groot aantal boringen vertoont bijvoorbeeld maar weinig kans op de aanwezigheid van opgravingswaardige archeologie, zeker als de bewaringstoestand niet bijzonder goed is.

Omgekeerd kan **bij een groot aantal positieve boringen een selectie** volstaan. Het is dan immers vaak overbodig om elke boorlocatie apart te evalueren met proefputten. Je baseert zo'n selectie best op een afweging van:

- de duidelijkheid, het aantal en de bewaringstoestand van de archeologische indicatoren;
- de lokale bodembewaring;
- eventuele ruimtelijke clustering van positieve boringen.

Dergelijke selectie dient alleen om het waarderingsonderzoek zo efficiënt mogelijk te organiseren. Met een beperkter aantal proefputten wil je een uitspraak doen over het geheel van de positieve boringen, ook over degene waar je geen proefputten bij plaatst. **Het is dus geen selectie naar opgraving toe. Geef dus nog geen delen van het onderzoeksgebied met positieve boringen vrij voor het waarderingsonderzoek volledig is afgerond en je op basis daarvan een advies voor opgraving kan formuleren voor het hele onderzoeksgebied.**

4.2.2.6.2 Interpretatie van een onderzoeksgebied

Een archeologisch booronderzoek is al positief als één boring duidelijk positief is.

Zelfs bij zeer rijke en dense sites is doorgaans slechts een minderheid van de boringen positief. Dit is het gevolg van de beperkte steekproefgrootte van booronderzoek en de aard van steentijd artefactensites. Bovendien neemt het aantal positieve boringen snel af bij sites met een lagere vondstdensiteit en/of als kleinere boordiameters of grovere maaswijdte bij het zeven gehanteerd worden.

Het is van groot belang om aandacht te hebben voor geïsoleerde individuele vondstconcentraties. De huidige praktijk is er maar weinig op gericht, vooral door de resolutie van het boorgrid. Hierdoor kunnen ze enkel sporadisch worden gevonden. Ze bezitten nochtans een groot potentieel tot kennisvermeerdering. Eén duidelijk positieve boring vereist daarom reeds verder waarderingsonderzoek.

Indien geen boringen duidelijk positief zijn, kan je het booronderzoek als negatief beschouwen en het steentijd-gericht vooronderzoek dus afsluiten. Dit betekent echter niet dat er geen steentijdsites meer aanwezig kunnen zijn. Booronderzoek is sowieso weinig effectief bij sites met een lage vondstdensiteit, en elke resolutie van boorgrid kan vondstconcentraties missen. Bij eventueel verder onderzoek (bijvoorbeeld proefsleuven of opgraving van recentere archeologie) hou je er daarom steeds rekening mee dat lage densiteit sites en/of geïsoleerde artefactconcentraties bij het booronderzoek gemist kunnen zijn (zie 6.3).

4.2.3 Prospectie met proefputten

Proefputten worden in de huidige praktijk meestal ingezet voor waardering van steentijd artefactensites (zie 5.2.2). Hier behandelen we echter alleen het relatief zeldzame gebruik van proefputten bij prospectie.

Proefputten zijn doorgaans arbeidsintensiever dan boringen omdat ze veel meer sedimentverzet en zeefwerk vergen. Ze worden in Vlaanderen daarom zelden ingezet bij prospectie. Proefputten bieden echter veel grotere monsters dan boringen, en leveren in dezelfde omstandigheden dus meer artefacten op. Deze omvatten in regel bovendien meer grote en eenvoudiger te determineren artefacten. Proefputten zijn daarom veel effectiever bij lage artefactdensiteiten. Bovendien resulteert het graven van proefputten in profielwanden die meestal eenvoudiger kunnen geïnterpreteerd worden dan boorprofielen.

Proefputten bieden daarom een alternatief als archeologisch booronderzoek moeilijk tot onmogelijk is of geen betrouwbare resultaten kan bieden, bijvoorbeeld:

- indien de verwachte artefactdensiteit te laag is voor voldoende vindkans bij booronderzoek;
- indien de aard van het sediment de herkenning van kleine artefacten en/of voldoende fijn zeven verhindert (bijv. zeer grindrijke contexten, veen);
- indien boren fysiek onmogelijk is (bijv. door de aard van de sedimenten, zoals zeer grindrijke contexten);
- bij zeer complexe stratigrafieën, waar het aantreffen van vondsten in bepaalde niveaus een belangrijk element vormt in het landschappelijk onderzoek (alluviale contexten in beekvalleien, middenpaleolithische sites enz.).

De exacte strategie voor prospectie door middel van proefputten kan sterk variëren, aangezien de archeologische verwachting en context sterk kan variëren (hoge of lage vondstdensiteit, complexiteit van de stratigrafie, grindrijke sedimenten of niet enz.). Op basis hiervan moet je voor elk individueel onderzoek de volgende aspecten bepalen:

- de omvang van de proefputten;
- de inplanting of het grid van de proefputten;
- de opgravingstechniek (met de kwadratenmethode of met de 3D-methode);
- de maaswijdte van de zeef.

5 WAARDERING

5.1 INLEIDING

Voor steentijd artefactensites is tussen prospectie en de opgraving bijna **steeds een fase van waarderingsonderzoek vereist.**

Wanneer een site wordt aangetroffen in een preventief traject stelt zich in de eerste plaats de vraag of verder onderzoek vereist is. **Moet de site worden opgegraven** of niet? Dit wordt bepaald op basis van het wetenschappelijk informatiepotentieel van de site. Voor mobiele artefactensites worden hiervoor de volgende criteria tegen elkaar afgewogen (zie 5.3 voor meer details):

- bewaringstoestand;
- densiteit aan artefacten;
- zeldzaamheid van de chronoculturele context, het type en/of de ligging van de site;
- mogelijkheden tot chronologische studies;
- mogelijkheden tot studie van het landschap.

Wanneer voor opgraving wordt gekozen is het bovendien nodig om de **site af te bakenen**. Dit is nodig voor het bepalen van een efficiënte opgravingsstrategie. Dit doe je zowel:

- verticaal (op welk(e) niveau(s) zijn de mobiele artefacten aanwezig?),
- als horizontaal (waar in het onderzoeksgebied zijn opgravingswaardige contexten aanwezig?).

5.2 TECHNIEKEN

5.2.1 Inleiding

Waardering van steentijd artefactensites vereist bijna steeds proefputtenonderzoek.

Archeologisch boringen nemen slechts een zeer klein monster van de bodem (0,018 m² bij 15 cm diameter, 0,008 m² bij 10 cm diameter; zie 4.2.2.2.3). Ze zijn daarom niet betrouwbaar om de lokale artefactdensiteit te bepalen. Met boringen kan je dus **NIET vaststellen of er een artefactconcentratie aanwezig is of niet**.

In het verleden werd vaak geprobeerd om positieve boringen te 'bevestigen' door er één of meerdere boringen naast te plaatsen, of er een 'krans' aan boringen rond te plaatsen door het grid lokaal te verdichten (Fig. 174). De praktijk heeft echter geleerd dat dit geen betrouwbare resultaten oplevert. Proefputtenonderzoek blijkt de enige betrouwbare manier om de lokale artefactdensiteit te onderzoeken (zie 5.2.2).

Om dezelfde reden kan je een **artefactconcentratie NIET afbakenen** met boringen. Ook dit is alleen mogelijk met proefputten.

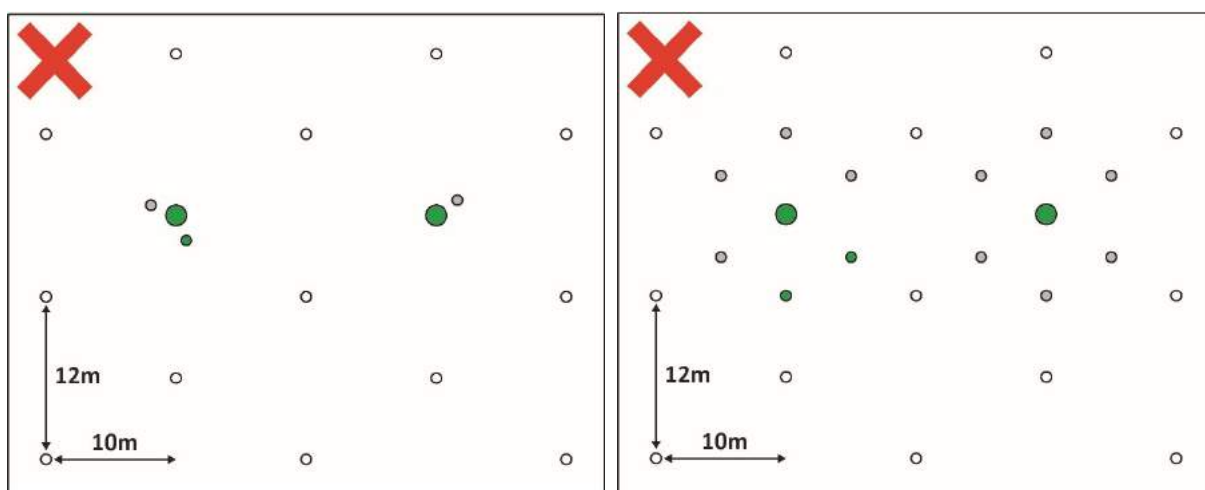


Fig. 174: Twee slechte voorbeelden van waarderingsonderzoek: het 'bevestigen' van positieve boorlocaties onderzoek door:
- er één of twee boringen langs te plaatsen (links);
- het grid alleen lokaal te verdichten tot een krans van boringen (rechts).
Sommige 'waarderende' boringen zijn positief en andere niet, maar deze resultaten zeggen niets over de aan- of afwezigheid van een artefactconcentratie. Deze technieken werken niet om de waarde van positieve boringen te bepalen.

5.2.2.1 Doel en onderzoeksvragen

Proefputtenonderzoek is de enige sluitende techniek om de **aan- of afwezigheid van artefactconcentraties te bepalen**. Met proefputten neem je een veel groter monster dan met boringen. De kleinste proefputten zijn 0,25m² groot, tegenover 0,018 m² voor de grootste courant gebruikte boordiameter (15 cm), wat volstaat om inzicht te verkrijgen in de lokale artefactdensiteit (Fig. 175). Met proefputten kan je dus bepalen of er zich op een bepaalde plaats, doorgaans een positieve vondstlocatie uit de prospectie, een artefactconcentratie bevindt of eerder een lage densiteit aan artefacten. Deze informatie is zeker niet het enige criterium om een site al dan niet op te graven, maar wel een belangrijk, en is bovendien nodig om de strategie en methodiek voor die opgraving te bepalen. Daarom bevat een **waardering van steentijdsites bijna altijd proefputtenonderzoek**.

Proefputtenonderzoek kan ook meer **inzicht bieden in de chronoculturele context** van een site. Door de grotere monsters zamel je bij proefputtenonderzoek meestal veel meer vondsten in dan bij booronderzoek. Dat vergroot de kans op het treffen van artefacten die je aan een bepaalde periode of cultuur kan toewijzen. Een groter aantal vondsten laat ook een betere evaluatie van hun bewaringstoestand toe. De zeldzaamheid van de chronoculturele context en de bewaringstoestand van de artefacten zijn twee belangrijke criteria om de opgravingswaardigheid van een site te bepalen.

Opgraven met de 3D-methode biedt een nog hogere graad van detail, want je brengt hiermee de positie van de individuele artefacten zeer nauwkeurig in kaart. Het laat bovendien toe om op het terrein de exacte relatie tussen de artefacten en het omringende sediment te observeren. Deze techniek kan dan ook heel nuttig zijn bij complexe contexten.

5.2.2.2.2 Grootte

Proefputten zijn steeds vierkant, maar ze kunnen verschillen in grootte. Je kiest het formaat in de eerste plaats op basis van de diepte die je in de putten moet bereiken.

Proefputten van **0,5 bij 0,5 m (0,25 m²)** zijn het kleinste formaat dat de CGP toelaat⁴³⁴. Deze afmetingen volstaan meestal voor het verzamelen van ruimtelijke gegevens. Eén proefput komt horizontaal daarom overeen met één zeefeenheid (Fig. 178).

Door hun kleinere oppervlakte zijn proefputten van 0,25 m² goedkoper dan grotere putten. Ze zijn daarom heel geschikt om in een (dens) grid aan te leggen. Dezelfde kleine oppervlakte maakt het echter moeilijk om diep te graven.

Proefputten van **1 bij 1 m (1 m²)** zijn het grootste formaat dat de CGP toelaat⁴³⁵. Hun grotere oppervlakte maakt ze geschikter als je diepere niveaus moet bereiken.

Voor de monsternamen verdeel je ze echter best in vier **zeefeenheden van 0,5 bij 0,5 m**, zodat de registratie van ruimtelijke gegevens even nauwkeurig blijft als bij proefputten van 0,25m² (Fig. 179). Alleen als de bewaringstoestand registratie per 0,25m² weinig zinvol maakt, kan je de zeefeenheden vergroten tot 1 m² (de hele proefput).

Soms is ook een put van 1 bij 1m te klein om:

- de nodige diepte te bereiken;
- bepaalde onderzoeksvragen te beantwoorden, bijvoorbeeld over het ruimtelijk verloop van de stratigrafie.

Dan kan je meerdere **proefputten naast elkaar aanleggen om grotere putten te bekomen**, bijvoorbeeld 1 bij 2 m of 2 bij 2 m (Fig. 180 en Fig. 181). Je kan op die manier zelfs 'sleuven' aanleggen. Je verzamelt en zeeft het sediment natuurlijk nog steeds afzonderlijk per proefput/zeefeenheid.



Fig. 178: Proefputten van 0,25 m² te Ham-Aubruggestraat (©BAAC Vlaanderen).

⁴³⁴ Hiervan kan je afwijken mits verantwoording in de rapportering.

⁴³⁵ Hiervan kan je afwijken mits verantwoording in de rapportering.



Fig. 181: Proefputten kan je ook naast elkaar aanleggen om de waarnemingen en/of monsternamen lokaal uit te breiden, zoals hier te Lommel-Kristalpark (© KU Leuven archeoWorks)⁴³⁶.

⁴³⁶ van der Waa *et al.* 2021.

5.2.2.2.3 Plaatsing/grid

Volgens de CGP is het doel van proefputten in functie van steentijd artefactensites: *‘door een beperkt maar statistisch representatief deel van een terrein op te graven, uitspraken te doen over de archeologische waarde van het gehele terrein’*.

De moeilijkheid bestaat erin om te bepalen hoe groot een statistisch representatief deel van het terrein precies is.

Dat is afhankelijk van:

- de onderzoeksvragen. Om artefactconcentraties af te bakenen moet je ze in een grid plaatsen terwijl voor andere onderzoeksvragen één of enkele proefputten kunnen volstaan.
- de aard van de verwachte site.
- de aard van de ondergrond.

Proefputten **in een dens grid** zijn steeds effectief. Deze methode kan ingezet worden in elke situatie en beantwoordt meestal alle onderzoeksvragen.

In de huidige praktijk worden verschillende gridpatronen gebruikt. Enkele voorbeelden:

- Een verspringend grid van 2,5 bij 2,5 m met proefputten van 0,25 m² wordt vaak gebruikt en blijkt zeer effectief. Het wordt vaak georganiseerd in blokken van 5 bij 5 m. In dit grid plaats je om de 1,5 m een proefput en graaf je gemiddeld 12,5 proefputten per vak van 5 bij 5 m op, ofwel 12,5 % van de oppervlakte (Fig. 182: links).
- Een vierkantsgrid van 3 bij 3 m biedt een goed alternatief voor proefputten van 1 m² (Fig. 182: rechts). Hiermee graaf je gemiddeld bijna evenveel op (1/9 van de oppervlakte, of 11,9 %).

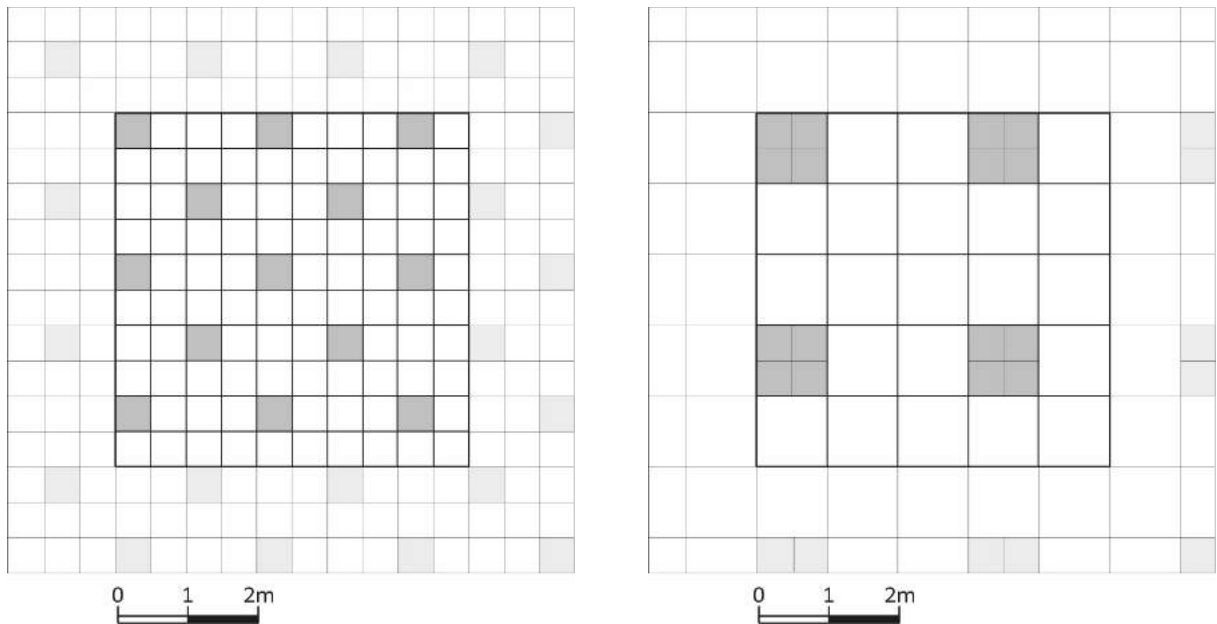


Fig. 182: Twee voorbeelden van mogelijke grids:

- Links: een verspringend grid van 2,5 bij 2,5 m met proefputten van 0,25 m².
- Rechts: een vierkantsgrid van 3 bij 3 m met putten van 1 m². De proefputten zijn verdeeld in zeefvakken van 0,5 bij 0,5 m.

De CGP stipuleert een maximaal grid van 15 bij 18 m. Dit vindt echter zijn oorsprong in prospectie met proefputten in bouwvoorcontexten, en is veel te breed voor de meeste waarderingsonderzoeken.

Daarom wordt proefputtenonderzoek in een dens grid vaak naar de opgravingsfase verschoven. Het proefputtenonderzoek vormt dan een eerste fase van de opgraving. Op basis van de resultaten wordt vervolgens bepaald welke zone(s) verder vlakdekkend wordt opgegraven. Dit betreft natuurlijk een louter formele toewijzing, die alleen dient om het onderzoek op praktisch vlak optimaal te organiseren. Inhoudelijk dient het proefputtenonderzoek nog steeds hetzelfde doel: waarderingsvragen te beantwoorden.

Om een opgravingsfase op die manier te organiseren is het vaak nodig om de opgravingswaardigheid van de site al vroeger vast te stellen. Proefputtenonderzoek in een dens grid is daarnaast relatief duur. Daarom kan het wenselijk zijn om de strategie van het proefputtenonderzoek nog niet te richten op de afbakening van eventuele artefactconcentraties, maar eerst de onderzoeksvragen te beantwoorden die louter op de opgravingswaardigheid van de site zijn gericht.

Een klein aantal proefputten kan ook volstaan om de lokale artefactdensiteit vast te stellen. De betrouwbaarheid hiervan verhoogt echter met het aantal proefputten (Fig. 183):

- Een laag vondstaantal in een proefput bij een positieve boring kan veroorzaakt worden door een afwezigheid van artefactconcentraties, maar beiden kunnen ook in de periferie van een artefactconcentratie liggen, enkele meters van de (onopgemerkte) concentratie zelf. Door meer proefputten bij een positieve boring te plaatsen verlaag je de kans dat je eventuele artefactconcentraties op die manier mist.
- Eén proefput met een groot aantal vondsten toont meteen de aanwezigheid van een hoge dichtheid op die plaats. De onderzoeksvraag naar lokale artefactdichtheid is daarmee beantwoord, en het is hiervoor niet nodig om op deze plek meer proefputten te graven.

Bij de plaatsing van proefputten let je erop dat je ze later goed kan integreren in het opgravingsgrid en meetsysteem van een eventuele opgraving. De data uit de proefputten moet immers bij de opgravingsresultaten kunnen gevoegd worden voor een volledig beeld van de site.



Fig. 184: Het graven van een proefput met de schop te Lommel-Variofood (© KU Leuven archeoWorks)⁴³⁷.



Fig. 185: Opgraven met het truweel volgens de 3D-methode van het relevante niveau in een proefput te Arendonk-Korhaan.

⁴³⁷ van der Waa 2020; van der Waa & Willems 2020.

5.2.2.2.5 Monstername

Net zoals bij archeologische boringen bemonster je bij proefputtenonderzoek steeds **elke aardkundige eenheid die mogelijk vondsten bevat**. In de praktijk wordt best de volledige proefput bemonsterd (Fig. 186). Enkel bij grote diepteverschillen kunnen steriele niveaus eventueel onbemonsterd blijven. Recentere afzettingen die het vondstniveau afdekken kunnen bijvoorbeeld machinaal verwijderd worden bij de start van het proefputtenonderzoek. Hierbij neem je steeds voldoende marge om te voorkomen dat je de aardkundige eenheid die vondsten bevat per ongeluk beschadigt, en/of vondsten mist die onder invloed van postdepositionele processen tot in de bovenliggende aardkundige eenheid zijn gemigreerd (Fig. 187).

Bij proefputten in een dens grid kan het soms, afhankelijk van de specifieke context en vraagstellingen, volstaan om de bovenste 10 of 20 cm van het relevante niveau te bemonsteren. De bemonsterde oppervlakte kan hierbij groot genoeg zijn om op die manier een betrouwbaar beeld te bekomen van de omvang van de aanwezige artefactconcentraties, hun datering en het grondstofgebruik⁴³⁸.

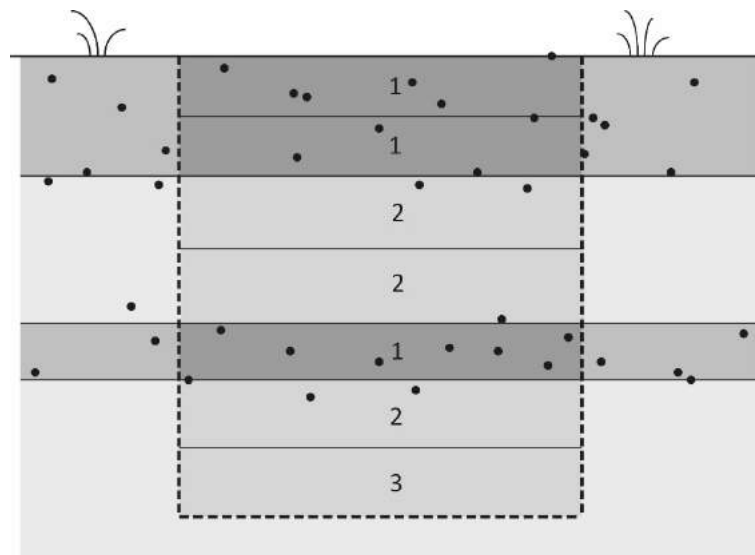


Fig. 186: Twee in het donkergrijs aangeduide niveaus bevatten archeologische niveaus met artefacten. De proefput wordt volledig door beide niveaus gegraven. Onderaan wordt enige marge genomen omdat artefacten soms tot buiten de verwachte niveaus voorkomen.

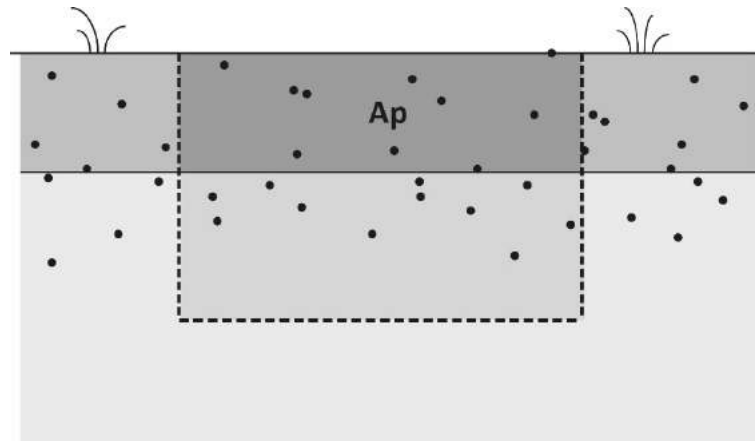
1: Monsters worden ingezameld van de twee aardkundige eenheden die archeologische niveaus met artefacten bevatten.

2: Artefacten komen vaak ook voor in aanpalende aardkundige eenheden. Deze worden ook ingezameld en gezeefd. Enkel bij grote diepteverschillen kunnen steriele niveaus eventueel onbemonsterd blijven.

3: De proefput wordt eventueel verder verdiept, als dat nodig is om de bodem voldoende te kunnen observeren en registreren.

⁴³⁸ Perdaen *et al.* 2018.

Bovendien vormt het potentieel van de site voor kennisvermeerdering nog het onderwerp van het waarderingsonderzoek. De bewaringstoestand van mobiele artefactensites in een ploeglaag kan sterk variëren, en kan soms zelfs de bewaringstoestand in een natuurlijke holocene bodem benaderen (zie 2.2.6). Bovendien kan een slechtere ruimtelijke integriteit worden gecompenseerd door bijvoorbeeld de zeldzaamheid van de chronoculturele context. Een Magdaleniaansite in de ploeglaag graaf je bijvoorbeeld best wel op.



2022 Booronderzoeken pagina 213

5.2.2.2.6 Zeeftechniek

Het uitgegraven sediment wordt steeds gezeefd, ook bij opgraven met de 3D-methode.

Correct zeven, behandelen en uitzoeken van de monsters is essentieel om ervoor te zorgen dat aanwezige artefacten wel degelijk worden waargenomen.

Er wordt in principe steeds **nat** gezeefd. Droog zeven kan in sommige gevallen op voldoende efficiënte wijze uitgevoerd worden, bijvoorbeeld bij droog zand en een relatief grote maaswijdte (2mm of meer), maar het resulteert in ‘vuilere’ zeefresidu’s waarin archeologische indicatoren moeilijker herkenbaar zijn. Het is bovendien meestal nodig om te wrijven bij droog zeven, wat ecofacten en handgevormd aardewerk kan vernielen voor ze herkend worden.

De zeefresidu's worden **gedroogd** en daarna gecontroleerd op de aanwezigheid van archeologische indicatoren. In natte zeefmonsters kleven recente organische resten, sediment en archeologische indicatoren immers aan elkaar, wat de herkenning van vondsten bemoeilijkt.

Het op grootte sorteren van gedroogde residu's (dus opnieuw zeven) kan helpen bij de herkenning van archeologische indicatoren. Dit kan vooral nuttig zijn bij residu's rijk aan organisch materiaal en/of grind.

Het uitzoeken van de zeefresidu's dient steeds te gebeuren **door iemand met een ruime ervaring met lithische artefacten**. Denk eraan dat de meeste artefacten vaak zeer klein zijn, bijvoorbeeld tot slechts 2 mm bij zeven op een maaswijdte van 2 mm. In de waarderingsfase is deze kleine fractie even waardevol als grotere vondsten.

5.2.2.2.7 Maaswijdte zeef

De CGP schrijft een **maximale maaswijdte van 2 mm** voor, net zoals voor opgraving van steentijdsites. Je wil de gegevens van de proefputten immers kunnen integreren in de resultaten van een eventueel volgende opgraving.

2 mm is de maximale maaswijdte. Ook de fijnere maaswijdte van 1 mm kan een meerwaarde bieden voor het inzamelen van lithische artefacten, afhankelijk van de context en aard van de site. Bij een verwachting naar aanwezigheid van kleine plantaardige (bijv. zaden) of dierlijke resten kan het bovendien nuttig zijn om een selectie van de monsters te zeven op 0,5 mm.

De CGP laat bredere maaswijdtes toe (tot maximaal 6 mm) indien een fijnere maaswijdte niet relevant is voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen. Dit is alleen bedoeld voor heel specifieke contexten waar je ook bij opgraving een grotere maaswijdte kan motiveren, zoals zeer grindrijke sedimenten waarin het onderscheid tussen kleine archeologische chips en natuurlijke schilfers minder duidelijk kan zijn.

5.3 ADVISERING NAAR VERVOLGONDERZOEK: WAT IS OPGRAVINGSWAARDIG?

Op het einde van een waarderingsonderzoek breng je alle informatie en inzichten samen, ook die uit de vorige onderzoeksfases, om te bepalen of de site opgegraven moet worden of niet. Dat doe je op basis van het wetenschappelijk informatiepotentieel, dat je bepaalt door de volgende criteria tegen elkaar af te wegen:

- Bewaringstoestand:
 - o Ruimtelijke integriteit. Indicatoren hiervoor zijn:
 - bodembewaring;
 - verticale artefactspreiding;
 - relatie tussen de artefacten en de bodemopbouw;
 - horizontale artefactspreiding.
 - o Bewaringstoestand van de vondsten:
 - bewaringstoestand van het lithisch materiaal;
 - bewaring van organische artefacten;
 - bewaring van ecofacten.
- Artefactdensiteit.
- Zeldzaamheid, in verhouding tot de bestaande (regionale) kennis⁴³⁹:
 - o zeldzaamheid van de chronoculturele context;
 - o zeldzaamheid van het type site;
 - o zeldzaamheid van de landschappelijke positie.
- Mogelijkheden voor *intra site* analyse van ruimtelijke, functionele en sociale aspecten:
 - o mogelijkheden voor technologische studies;
 - o mogelijkheden voor functioneel onderzoek (gebruikssporen, residu's, ...);
 - o mogelijkheden voor ruimtelijke analyse.
- Dateringsmogelijkheden:
 - o Mogelijkheden voor absolute datering:
 - (mogelijkheid van) aanwezigheid van organische artefacten;
 - (mogelijkheid van) aanwezigheid van dateerbare ecofacten, correleerbaar met de menselijke occupatie.
 - o Mogelijkheden voor datering op basis van stratigrafie:
 - Is de site afgedekt?
 - Zijn er (absolute) dateringsmogelijkheden voor de stratigrafie?
 - Is het een gestratificeerde site (meerdere archeologische niveaus)?
 - o Mogelijkheden voor datering op basis van typologie en technologie: (mogelijkheid van) aanwezigheid van diagnostische artefacten.
- Mogelijkheden voor studie van het prehistorische landschap:
 - o (mogelijkheid van) aanwezigheid van markante geomorfologische elementen (afgedekte bodems, riviergeulen, ...);
 - o (mogelijkheid van) aanwezigheid van organische sedimenten;
 - o (mogelijkheid van) aanwezigheid van ecofacten.

⁴³⁹ De onderzoeksbalans biedt hiervoor het nodige kader: Ryssaert *et al.* 2021; Noens *et al.* 2021; Vanmontfort 2019.

Bij geen enkele van deze criteria is een hoge score vereist. Een site met bijvoorbeeld een zeer slechte bewaringstoestand of een lage artefactdensiteit kan opgravingswaardig zijn als bijvoorbeeld de chronoculturele context of landschappelijke positie voldoende zeldzaam zijn.

Het spreekt voor zich dat deze afweging geen eenvoudige oefening is. Ze wordt daarom best gemaakt door een archeoloog met ruime ervaring in het opgraven, analyseren en publiceren van steentijdsites, en met een grondige kennis van het regionale kader. Minstens vraag je het advies van iemand met deze expertise, bijvoorbeeld als wetenschappelijke begeleiding.



6 FASERING

6.1 FASERING VAN STEENTIJDONDERZOEK

Onderzoek van steentijd artefactensites wordt opgebouwd door **verschillende fasen**. Deze onderscheiden zich van elkaar en volgen elkaar logisch op **volgens hun primaire doelstellingen/onderzoeksvragen**:

1. bureauonderzoek: onderzoeken of en waar sites aanwezig kunnen zijn;
2. landschappelijk bodemonderzoek: op het terrein onderzoeken of en waar sites aanwezig kunnen zijn;
3. prospectie: onderzoeken of en waar sites effectief aanwezig zijn;
4. waardering: onderzoeken of aanwezige sites opgravingswaardig zijn;
5. opgraving: vlakdekkend onderzoek van waardevolle archeologie.

Deze fasering is gericht op **selectiviteit**: met een minimale inspanning/kost een maximaal resultaat bekomen. De resultaten van elke fase worden immers gebruikt om gefundeerde keuzes te maken over de noodzaak van de volgende fase(n). Bij negatief resultaat van een fase worden de volgende fasen niet meer uitgevoerd, en bij negatief resultaat in delen van een onderzoeksgebied kan de volgende fase vaak beperkt worden tot de rest van het onderzoeksgebied⁴⁴⁰. Je gebruikt bovendien de resultaten van elke fase om de meest efficiënte methodiek en strategie te bepalen voor de volgende fase.

Bij academisch onderzoek van niet-bedreigde sites kan je soms flexibel heen en weer schakelen tussen verschillende fasen en kunnen ze deel uitmaken van één (terrein)campagne. In een preventieve context worden de verschillende fasen meestal strakker gescheiden, vaak met een terreincampagne en rapportage per fase.

Deze opeenvolging van een reeks fasen die misschien wel of niet moeten uitgevoerd worden, vaak nog naast apart (proefsleuven)onderzoek naar recentere archeologie, kan onduidelijk en verwarrend overkomen voor opdrachtgevers van preventief archeologisch onderzoek. Soms krijgen ze onterecht het gevoel dat elke fase een bijkomende kost en vertraging vormt, terwijl **de fasering net de kosten minimaliseert door onnodige fasen te elimineren en het onderzoek te beperken tot de relevante oppervlakte**. Het is daarom belangrijk om reeds bij aanvang van een project de fasering en het waarom erachter **goed te duiden bij de opdrachtgever**.

⁴⁴⁰ Opgelet: een negatief resultaat betekent niet dat de aanwezigheid van steentijd artefactensites helemaal is uitgesloten (zie 6.3).

Was bijvoorbeeld de oorspronkelijk negatieve verwachting gebaseerd op de (waarschijnlijke) afwezigheid van een voor steentijd relevant niveau, of slechte bewaring daarvan? Dan moet die verwachting bijgesteld worden op basis van het waargenomen niveau, en stelt zich de vraag of er zich steentijdsites in bevinden. Daarvoor organiseer je dan best **steentijd-gericht vooronderzoek**: prospectie, eventueel gevolgd door waardering en opgraving. Daarvoor gebruik je de methoden uit dit afwegingskader.

Proefsleuvenonderzoek is in de eerste plaats gericht op het opsporen van sites met grondsporen, maar ook steentijd artefactensites kunnen gedetecteerd worden in proefsleuven. Het wegnemen van een deel van de bodem en het aanleggen van een opgravingsvlak kan namelijk een steentijd artefactensite horizontaal doorsnijden. Artefacten kunnen zowel tijdens het kraanwerk als bij opschonen van het vlak waargenomen worden.

De oppervlakte die bij proefsleuvenonderzoek wordt onderzocht is echter ongeveer 120 tot 1750 keer groter dan bij archeologisch booronderzoek (Fig. 191). Als deze oppervlakte volledig opgeschaafd en grondig geïnspecteerd wordt met oog voor lithische artefacten door mensen met ervaring hierin, kan dit de gebrekkige waarnemingstechniek enigszins compenseren. Indien concentraties lithische artefacten doorsneden worden bij proefsleuvenonderzoek kunnen ze daarom soms opspoorbaar zijn.

Bovendien is het nodig om **de rest van het onderzoeksgebied verder te prospecteren**. De archeologische verwachting voor steentijd vondstenconcentraties is nu immers veel hoger door de 'onverwachte' vondst. Dit gebeurt meestal best zowel binnen als buiten de proefsleuven. Buiten de proefsleuven werd nog niet gezocht naar vondstenconcentraties, maar ook in de proefsleuven kunnen concentraties gemist zijn, bijvoorbeeld indien het opgravingsvlak het steentijdniveau niet overal heeft doorsneden. Voor de verdere prospectie moeten aangepaste technieken ingezet worden: archeologische boringen of proefputten (Fig. 192: 2; zie 4.2).

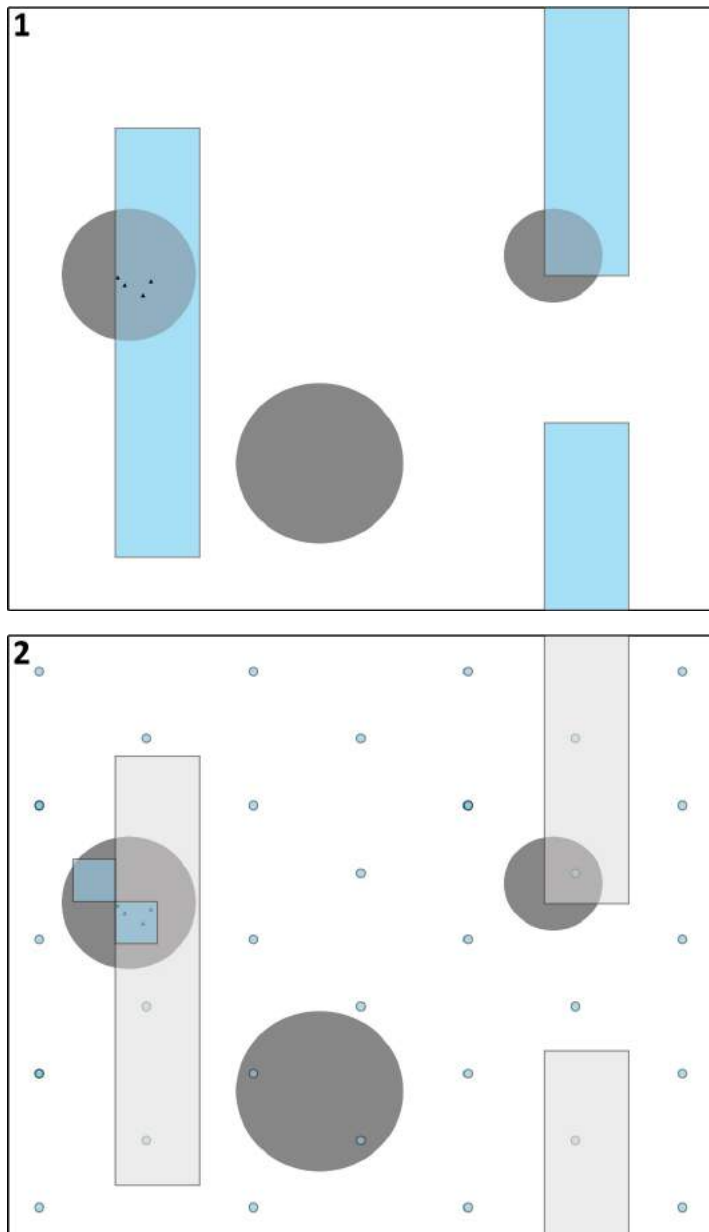


Fig. 192:

1: Bij een proefsleuvenonderzoek (lichtblauw) worden enkele lithische artefacten (zwarte driehoekjes) aangetroffen. Een tweede concentratie wordt wel aangesneden maar niet waargenomen.

2: De vondstlocatie wordt gewaardeerd, in dit voorbeeld door middel van twee proefputten, zowel binnen als buiten de proefsleuf. Tegelijk wordt de hele zone geprospecteerd naar extra vondstconcentraties. In dit voorbeeld wordt gekozen voor archeologische boringen, zowel binnen als buiten de proefsleuven.

7 BESLUIT

Er bestaat geen eenvoudige standaardaanpak voor vooronderzoek naar steentijd artefactensites die altijd en overal de beste resultaten biedt. We beschikken wel over een reeks bronnen, technieken en strategieën die je kan inzetten om de verschillende onderzoeksvragen te beantwoorden, doorheen een fasering van bureauonderzoek tot opgraving. Door de grote variatie in sites en regio's moet je voor elk project opnieuw de meest geschikte technieken selecteren en daarmee een onderzoekstrategie uitstippelen. Dat doe je op basis van de archeologische en landschappelijke context van het onderzoeksgebied, en de onderzoeksvragen die zich van daaruit stellen. Daarnaast moet je rekening houden met de praktische omstandigheden, en wil je natuurlijk zo kostenefficiënt⁴⁴¹ mogelijk werken. Het is bovendien belangrijk om steeds ruimte voor flexibiliteit te houden in de onderzoekstrategie. Voortschrijdend inzicht tijdens het onderzoek of veranderende omstandigheden kunnen immers een verandering van je aanpak vereisen.

Doorheen elk project maak je dus een aantal keuzes die je aanpak bepalen, en daarmee ook de onderzoeksresultaten. Het is belangrijk om die keuzes expliciet te beschrijven in de rapportage, en vooral om deze ook duidelijk te motiveren. Op die manier kan de lezer niet alleen begrijpen wat je hebt gedaan, maar ook waarom.

Door de verschillende aard van de sites (mobiele artefacten versus sporen) vereist vooronderzoek naar steentijd artefactensites andere technieken dan onderzoek naar recentere perioden (boringen en putten versus sleuven). Bij preventieve archeologische projecten moet je beiden inpassen in de algemene onderzoeksstrategie en -fasering voor het projectgebied. Hiertoe moet je vanaf het bureauonderzoek rekening houden met de mogelijke aanwezigheid van alle perioden. Dit alles vraagt uiteraard een zekere inspanning en kost. Onze kennis van ons vroegste verleden vertoont echter nog zoveel hiaten, en er zijn nog zoveel onbeantwoorde onderzoeksvragen⁴⁴², dat deze investering zeker de moeite zal lonen.

⁴⁴¹ 'Kost' moet hier in de brede zin begrepen worden: financieel, tijd, arbeidsomstandigheden, enz.

⁴⁴² Ryssaert *et al.* 2021; Noens *et al.* 2021.

- BEERTEN K. 2005: *Toelichting bij de quartairgeologische kaart. kaartblad 26. Rekem*, KULeuven.
- BEERTEN K., DEFORCE K., MALLANTS D. 2012: Landscape evolution and changes in soil hydraulic properties at the decadal, centennial and millennial scale: a case study from the Campine area, northern Belgium, *Catena* 95, 73-84.
- BEERTEN K., DRESEN R., JANSEN J. & VAN UYTVEN D. 2018: The Campine Plateau. In: DEMOULIN A. (red.), *Landscapes and Landforms of Belgium and Luxembourg*, Cham, 193-214.
- BEERTEN K., VANDERSMISSEN N., DEFORCE K., VANDENBERGHE N. 2014: Late quaternary (15ka to present) development of a sandy landscape in the Mol area, Campine region, North-East Belgium, *Journal of Quaternary Science* 29/5, 433-444.
- BERENDSEN H.J.A. 2004: *De vorming van het land. Inleiding in de geologie en de geomorfologie*, Utrecht.
- BEYENS L. 1982: *Bijdrage tot de Holocene paleoecologie van het stroomgebied van de Mark in België, gebaseerd op de studie van diatomeeën, pollen en thecamoeba's*, doctoraatsthesis, Universitaire Instelling Antwerpen, Antwerpen.
- BEYENS L. 1983: Palynologische aanwijzingen voor de verarming van de flora in het stroomgebied van de Mark (Antwerpse Noorderkempen), *Dumortiera* 26, 1-6.
- BEYENS L. 1984a: *Paleoecologische en paleoklimatologische aspecten van de Holocene ontwikkeling van de Antwerpse Noorderkempen*, Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België 46/2, 16-56.
- BEYENS L. 1984b: Palynological and radiometric evidence for an early start of the Neolithicum in the Belgian Campine, *Notae Praehistoricae* 4, 89-95.
- BINFORD L.R. 1980: Willow Smoke and Dogs' Tails: Hunter-Gatherer Settlement Systems and Archaeological Site Formation, *American Antiquity* 45, 1, 4-20.
- BLOEMERS J.H.F. & VAN DORP T. 1991: *Pre- & protohistorie van de Lage Landen*, De Haan.
- BOGEMANS F., MEYLEMANS E., JACOBS J., PERDAEN Y., STORME A., VERDURMEN I. & DEFORCE K. 2012: The evolution of the sedimentary environment in the lower river Scheldt valley (Belgium) during the last 13,000 a BP, *Geologica Belgica* 15/1-2, 105-112.
- BOGEMANS F., MEYLEMANS E., PERDAEN Y., STORME A. & VERDURMEN I. 2008: *Paleolandschappelijk, archeologisch en cultuurhistorisch onderzoek in het kader van het geactualiseerde Sigmaplan, Sigma-cluster Kalkense Meersen, zone Wijmeersen 2, deel 2: bundeling rapportages deelonderzoeken*, onuitgegeven rapport Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed, Brussel.
- BOGEMANS F. & VANDENBERGHE D. 2011: OSL dating of an inland dune along the lower River Scheldt near Aard (East Flanders, Belgium), *Netherlands Journal of Geosciences* 90/1, 23-29.
- BOHNKE S., VANDENBERGHE J., COOPE R. & REILING R. 1987: Geomorphology and palaeoecology of the Mark valley (southern Netherlands): palaeoecology, palaeohydrology and climate during the Weichselian Late Glacial, *Boreas* 16, 69-85.
- BOS J.A.A., DE CLERCQ W., CRUZ F., BOUDIN M. & CROMBÉ PH. 2018: From lake to swamp. A Lateglacial to Late Holocene soil archive from the Moervaart depression at Klein-Sinaai "Boudelo" (province of East Flanders, BE), *Notae Praehistoricae* 38, 71-88.
- BOS J.A.A., GELORINI V., VAN DER MEEREN T., PELEMAN J., COURT-PICON M., DEMIDDELE H., DE SMEDT PH., BOUDIN M., VERNIERS J., BOECKX P., CROMBÉ PH. 2017: The Younger Dryas and Preboreal landscape in the Moervaart area (northwestern Belgium) and the apparent decrease in human occupation, *Vegetation History and Archaeobotany* 27, 697-715.
- BOS J.A.A., VERBRUGGEN F., ENGELS S. & CROMBÉ PH. 2013: The influence of environmental changes on local and regional vegetation patterns at Rieme (NW Belgium): implications for Final Palaeolithic habitation, *Vegetation History and Archaeobotany* 22, 17-38.

- DEEBEN J., HALLEWAS D.P. & MAARLEVELD TH.J. 2002: Predictive modelling in archaeological heritage management of the Netherlands: the indicative map of archaeological values (2nd generation), *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek* 45, 9–56.
- DEFORCE K., STORME A., BASTIAENS J., DEBRUYNE S., DENYS L., ERVYNCK A., MEYLEMANS E., STIEPERAERE H., VAN NEER W. & CROMBÉ PH. 2014: Middle-Holocene alluvial forests and associated fluvial environments: A multi-proxy reconstruction from the lower Scheldt, N Belgium, *The Holocene* 24, 11, 1550-1564.
<https://doi.org/10.1177/0959683614544059>
- DE MAN J., CORDEMANS K., VERKEYN J. & MESTDAGH H. 2005: A Laser Based Digital Elevation Model. New Possibilities for Flemish Archaeologists. In: BOURGEOIS J. & MEGANCK M. (red.), *Aerial Photography and Archaeology 2003. A Century of Information. Papers presented during the conference held at the Ghent University december 10th-12th, 2003*. Archaeological Reports Ghent University 4, 151-161.
- DE MOOR G. 1990: *Geomorfologische kaart van België. Kaartblad Oostende*, Gent.
- DE MOOR G. & HEYSE L. 1978: De morfologische evolutie van de Vlaamse vallei, *De Aardrijkskunde* 4/1, 343-375.
- DE MOOR G., MOSTAERT F., LIBEER L., MOERDIJK H., & VAN DEN ABBEELE V. 1993: *Geomorfologische kaart van België (1/50.000): kaartblad Oostende (2)*, Gent.
- DE MOOR G. & PISSART A. 1992: Het Reliëf. In: DENIS J. (red.), *Geografie van België*, Brussel.
- DE MULDER F.J., GELUK M.C., RITSEMA I., WESTERHOFF W.E. & WONG TH.E. (red.) 2003: *De ondergrond van Nederland*, Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO.
- DEPAEPE I., PERDAEN Y., WOLTINGE I. & NUYTS T. 2020: Vroeg-mesolithicum aan de Vlasstraat in Lommel (Limburg, BE), *Notae Praehistoricae* 40, 61-68.
- DE PLOEY J. 1961: *Morfologie en Kwartair-stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen*, Acta Geographica Lovaniensia 1, Leuven.
- DEPRAETERE D., DE BIE M. & VAN GILS M. 2006: *Archeologisch detailonderzoek naar steentijdsites in ruilverkaveling Merksplas, uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij*, ongepubliceerd rapport Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed, Brussel.
- DERESE C., VANDENBERGHE D., PAULISSEN E., & VAN DEN HAUTE P. 2009: Revisiting a type locality for Late Glacial aeolian sand deposition in NW Europe: optical dating of the dune complex at Opgrimbie (NE Belgium), *Geomorphology* 109/1-2, 27-35.
- DERESE C., VANDENBERGHE D., EGGERMONT N., BASTIAENS J., ANNAERT R. & VAN DEN HAUTE P. 2010a: A medieval settlement caught in the sand: Optical dating of sand-drifting at Pulle (N Belgium), *Quaternary Geochronology* 5/2–3, 336–341.
- DERESE C., VANDENBERGHE D., VAN GILS M., MEES F., PAULISSEN E. & VAN DEN HAUTE P. 2012: Final Palaeolithic settlements of the Campine region (NE Belgium) in their environmental context: Optical age constraints, *Quaternary International* 251, 7-21.
- DERESE C., VANDENBERGHE D., ZWERTVAEGHER A., COURT-PICON M., VERNIERS J. & VAN DEN HAUTE P. 2010b: The timing of aeolian events near archaeological settlements around Heidebos (Moervaart area, N Belgium), *Geologie en Mijnbouw* 3-4, 173-186.
- DE SMEDT PH., SAEY T., LEHOUCK A., STICHELBAUT B., MEERSCHMAN E., ISLAM M.M., VAN DE VIJVER E. & VAN MEIRVENNE M. 2013a: Exploring the potential of multi-receiver EMI survey for geoarchaeological prospection: a 90 ha dataset, *Geoderma* 40, 1260-1267. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.004>
- DE SMEDT PH., VAN MEIRVENNE M., DAVIES N.S., BATS M., SAEY T., DE REU J., MEERSCHMAN E., GELORINI V., ZWERTVAEGHER A., ANTROP M., BOURGEOIS J., DE MAEYER P., FINKE P.A., VERNIERS J. & CROMBÉ P. 2013b: A multidisciplinary approach to reconstructing Late Glacial and Early Holocene landscapes, *Journal of Archaeological Science* 40, 1260-1267.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.004>

- HUYBRECHTS W. 1999: *Post-Pleniglacial floodplain deposits in Central Belgium*, *Geologica Belgica* 2, 29-37.
- HUYGE D. & VERMEERSCH P.M. 1982: Late Mesolithic settlement at Weelde – Paardsdrank. In: VERMEERSCH P.M. (red.), *Contributions to the study of the Mesolithic of the Belgian Lowland*, *Studia Praehistorica Belgica* 1, 115-209. <http://www.naturalsciences.be/mars/groups/fnrs-contact-group/studia-praehistoricabelgica/Studia%20Praehistorica-Belgica-1>
- IN 'T VEN I., HOLLEVOET Y., HILLEWAERT B., VANMONTFORT B. & ERVYNCK A. 2005: DW5: Brugge/Dudzele - Landslag Oost 2. In: In 't Ven I. (red.), *Een lijn door het landschap. Archeologie en het VTN-project 1997-1998*, 45-49.
- ISARIN R., ELLENKAMP R., HEUNKS E., DE KRAMER J., PAULUSSEN R., TEBBENS L. & ZUIDHOFF F. 2014: *Verantwoording methodiek en kaartbeeld van de Geomorfogenetische Kaart van het Maasdal tussen Mook en Eijsden*, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort.
- ISARIN R., RENSINK E., ELLENKAMP R. & HEUNKS E. 2015: *Verantwoording methodiek en kaartbeeld. Archeologische Verwachtingskaart Maasdal (AVM) tussen Mook en Eijsden. Eindversie 22 juli 2015*, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort.
- ISARIN R., RENSINK E., ELLENKAMP R. & HEUNKS E. 2017: Of Meuse and Man: the geomorphogenetic and archaeological predictive maps of the Dutch Meuse valley, *Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw* 96/2, 183-196.
- KASSE C. 1995: Younger Dryas cooling and fluvial response (Maas River, the Netherlands), *Geologie & Mijnbouw* 74, 251-256.
- KASSE C. 1997: Cold-climate sand-sheet formation in North-Western Europe (c. 14-12.4 ka); a response to permafrost degradation and increased aridity, *Permafrost and Periglacial Processes* 8, 295-311.
- KASSE C. 1999: *Late Pleniglacial and Lateglacial aeolian phases in The Netherlands*. In: SCHIRMER W. (red.): Dunes and fossil soils, *GeoArchaeoRhein* 3, Münster, 61-82.
- KASSE C. 2002: Sandy aeolian deposits and environments and their relation to climate during the Last Glacial Maximum and Lateglacial in northwest and central Europe, *Progress in Physical Geography* 26/4, 507-532.
- KIDEN P. 1991: The Late-glacial and Holocene evolution of the Middle and Lower River Scheldt, Belgium. In: STARKEL L., GREGORY K.J. & THORNES J.B. (red.), *Temperate Palaeohydrology*, London, 283-299.
- KIDEN P. 2006: De evolutie van de Beneden-Schelde in België en Zuidwest Nederland na de laatste ijstijd, *BELGEO* 3, 279-294.
- KIDEN P. & VERBRUGGEN C. 2001: Het verhaal van een rivier: de evolutie van de Schelde na de laatste ijstijd. In: BOURGEOIS J., CROMBÉ PH., DE MULDER G. & ROGGE M. (red.), *Een duik in het verleden Schelde, Maas en Rijn in de pre-en protohistorie*, Publicaties van het PAMZOV-site Velzeke Gewone reeks nr. 4, 11-35.
- KOKALI Z. & HESSE R. 2017: *Airborne laser scanning raster data visualization. A guide to good practice*, Prostor kray cas 14, Ljubljana. <https://omp.zrc-sazu.si/zalozba/catalog/book/824>
- KOŁODYŃSKA-GAWRYSIAKA R. & POESEN J. 2017: Closed depressions in the European loess belt - Natural or anthropogenic origin?, *Geomorphology* 288, 111-117.
- KOOMEN A., MAAS G. & JONGERUS P. 2004: Het stuifzandlandschap als natuurverschijnsel, *Landschap* 21/3, 159-169.
- KOOPMAN S. & SEVINK J. 2016: Het (jonger) dekzand in het Gooi. Deel 1: Verspreiding, geomorfologie, algemene lithologie en structuren, *Grondboor & hamer* 3, 76-87.
- KOSTER E.A. 2010: *Origin and development of Late Holocene drift sands: geomorphology and sediment attributes*. In: FANTA J. & SIEPEL H. (red): Inland Drift Sand Landscapes. Origins and Soil Development; Dynamics and Management, s.l., 25-48.
- KUSHNER G. 1970: A Consideration of Some Processual Designs for Archaeology as Anthropology, *American Antiquity* 35/2, 125-132.

- LASCARIS M. A. (red.) 2019: *Archeologie en versterking door bodembewerkingen Evaluatie van de effecten van grondbewerking in agrarisch en stedelijk gebied en het onderzoek daarnaar*, Rapportage Archeologische Monumentenzorg 257, Amersfoort.
- <https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/bodemverstoring/documenten/publicaties/2019/01/01/archeologie-en-versterking-door-bodembewerkingen>
- LAUWERS R. & MEIJUS E.P.M. 1985: Ein Mittelpaläolithischer Fundplatz in Kesselt (prov. Limburg, België), erste Ergebnisse, *Archäologische Korrespondenzblatt* 15/2, 123-129.
- LAUWERS R. & VERMEERSCH P.M. 1982: Un site du Mésolithique ancien à Neerharen - De Kip. In: VERMEERSCH P.M. (red.), *Contributions to the study of the Mesolithic of the Belgian Lowland*, Brussels, 15-54.
- LORIE J. 1910: Le Diluvium de l'Escaut, *Bull. Soc. belge de Géol., Paléont. & d'Hydro., Mémoires* 24, 335-413.
- MAES B., CNUITS D., WILLEMS M., VAN BAELEN A. & VANMONTFORT B. 2012: Vervolgonderzoek op het sitecomplex langs de Molse Nete te Lommel. Opgravingscampagne 2012, *Notae Praehistoricae* 32, 37-42.
- MAES B., WILLEMS M., LAMBRECHTS B., VAN BAELEN A. & VANMONTFORT B. 2011: Vervolg-onderzoek op het sitecomplex langs de Molse Nete te Lommel (B). Opgravingscampagne 2011, *Notae Praehistoricae* 31, 61-68.
- MESTDAGH B. & VANHOUTTE C. 2019: *Nota Damme Dammesteenweg (prov. West-Vlaanderen)*, Monument Vandekerckhove.
- MEYLEMANS E. 2009: Analyse van de morfologie en bewaringstoestand van een deel van het Romeinse aquaduct van Tongeren (prov. Limburg) met gebruik van het DHMV en erosiemodellering, *Relicta. Archeologie, Monumenten- en Landschapsonderzoek in Vlaanderen* 4, 81-98.
- MEYLEMANS E. 2014: Enkele oppervlaktevindplaatsen langs de Kleine Nete in het toekomstig overstromingsgebied 'Varenheuvel' (gem. Zandhoven, Nijlen en Grobbendonk, prov. Antwerpen, B), *Notae Praehistoricae* 34, 25-32.
- MEYLEMANS E., BASTIAENS J., COUSSERIER K. & JANSEN I. 2006: *Centrale Archeologische Inventaris (CAI) II. Thematisch inventarisatie- en evaluatieonderzoek*, VIOE-Rapporten 02, Brussel, 101-126.
- MEYLEMANS E., BASTIAENS J., DEFORCE K., DESMEDT PH., STORME A., VAN DEN BREMT P., VAN DRIESSCHE TH. & VAN MEIRVENNE M. 2012: *Pro-actief onroerend erfgoedonderzoek in de Moervaart- en Kalevallei in het kader van de natuurcompensatie voor de ontwikkeling van de Gentse Zeehaven*, VIOE-rapport, Brussel.
- MEYLEMANS E., BOGEMANS F., STORME A., PERDAEN Y., VERDURMEN I. & DEFORCE K. 2013: Lateglacial and Holocene fluvial dynamics in the Lower Scheldt basin (N-Belgium) and their impact on the presence, detection and preservation potential of the archaeological record, *Quaternary International* 308-309, 148-161.
- MEYLEMANS E., CORDEMANS K., COUSSERIER K. & JANSEN I. 2017: It's all in the pixels: High- resolution remote sensing data and the mapping and analysis of the archaeological and historical landscape, *Internet Archaeology* 43. <https://doi.org/10.11141/ia.43.2>.
- MEYLEMANS E., CORDEMANS K., VANMONTFORT B. & VAN GILS M. 2018: *Erosiegevoelige sites: Nederzettingen van de Bandkeramiek in Vlaanderen: inventaris en problematiek van beheer*, Onderzoeksrapporten agentschap Onroerend Erfgoed 102, Brussel.
- MEYLEMANS E., DE BIE M. & GOEMINNE N. 2021: *Een herinventarisatie van prehistorische grafheuvels in Heverleebos*, Onderzoeksrapporten agentschap Onroerend Erfgoed 171, Brussel.
- MEYLEMANS E., DE SMEDT PH., STORME A., BASTIAENS J., DEFORCE K., DESLOOVER D., & VAN MEIRVENNE M. 2011: A multi-disciplinary palaeoenvironmental survey in the western Moervaart-depression (Ghent, prov. Oost-Vlaanderen, B), *Notae Praehistoricae* 31, 191-200.
- MEYLEMANS E. & DILS J. 2014: Mechelen vóór het Mechelen was: mens en landschap tijdens het laatglaciaal en vroeg-holoceen (tussen ca. 14500 en 1800 v. Chr.). In: VAN HERCK C. & DEVOS W. (red.), *Opgetekend Verleden 6*, Uitgave van de Mechelse Vereniging voor Stadsarcheologie, Mechelen, 30-47.

- NOENS G., VERWERFT D., MIKKELSEN J.H., SERGANT J. & VAN BAELEN A. 2018: The Mesolithic in and around the city of Bruges. New lithic data from the excavated sites of Dudzele-Zonnebloemweg, Koolkerke-Arendstraat and Sint-Michiels-Barrièrestraat (Brugge, East Flanders, BE), *Notae Praehistoricae* 38, 169-190.
- NOTEBAERT B., GOVERS G., VERSTRAETEN G., VAN OOST K., RUYSSCHAERT G., POESEN J. & VAN ROMPAEY A. 2006: *Verfijnde erosiekaart Vlaanderen: eindrapport*, KU Leuven, Leuven.
- NOTEBAERT B., VERSTRAETEN G., ROMMENS T., VANMONTFORT B., GOVERS G. & POESEN J. 2009: Establishing a Holocene sediment budget for the river Dijle, *Catena* 77, 150-163.
- PAULISSEN E. 1973: *Geomorfologie en Kwartair-stratigrafie van de Maasvallei in Belgisch Limburg*, Verhandelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten. Klasse der Wetenschappen, Brussel.
- PAULISSEN E. & MUNAUT A. 1969: Un horizon blanchâtre d'âge Bølling à Opgrimbie, *Acta Geographica Lovaniensia* 7, 65-91.
- PERDAEN Y., CATTRYSE A. & CLAEYS S. 2016a: *Sint-Kruis-Winkel Barkstraat. Evaluatierapport karterend archeologisch booronderzoek (percelen 678, 679, 680, 681 & 683)*, ongepubliceerd rapport.
- PERDAEN Y., CATTRYSE A. & SANDOR S. 2016b: *Sint-Kruis-Winkel Barkstraat. Evaluatierapport landschappelijk en archeologisch booronderzoek*, ongepubliceerd rapport.
- PERDAEN Y., DEPAEPE I., OPBROEK M. & WOLTINGE I. 2021: *Archeologische opgraving Beveren, Logistiek Park Waasland fase West. Conceptrapport*, BAAC Vlaanderen, Gent.
- PERDAEN Y. & MEYLEMANS E. 2011: Prospectie- en evaluatieonderzoek in het kader van het Sigmaplan, deel 4 (Oost-Vlaanderen, B), *Notae Praehistoricae* 31, 267-273.
- PERDAEN Y., MEYLEMANS E., BOGEMANS F., STORME A. & VERDURMEN I. 2008: Prospectie- en evaluatieonderzoek in het kader van het Sigmaplan in de Wijmeersen (gem. Schellebelle, Oost-Vlaanderen), *Notae Praehistoricae* 28, 125-134.
- PERDAEN Y., MEYLEMANS E., BOGEMANS F., DEFORCE K., STORME A. & VERDURMEN I. 2011a: Op zoek naar prehistorische resten in de wetlands van de Sigmacluster Kalkense Meersen. Prospectief en evaluerend archeologisch onderzoek in het gebied Wijmeers 2, zone D/E (Wichelen, prov. Oost-Vl.), *Relicta* 8, 9-46.
- PERDAEN Y., MEYLEMANS E., BOGEMANS F., STORME A., VERDURMEN I., 2008: Prospectie- en evaluatieonderzoek in het kader van het Sigmaplan in de Wijmeersen (gem. Schellebelle, prov. Oost-Vlaanderen), *Notae Praehistoricae* 28, 125-134.
- PERDAEN Y., MEYLEMANS E., JACOBS J., BOGEMANS F., STORME A. & VERDURMEN I. 2009: Prospectie- en evaluatieonderzoek in het kader van het Sigmaplan, deel 2, *Notae Praehistoricae* 29, 121-129.
- PERDAEN Y., PAWELCZAK P., DEPAEPE I. & WOLTINGE I. 2018: Steentijdonderzoek in het archeologietraject: de 'BAAC Vlaanderen'-aanpak, *Notae Praehistoricae* 38, 247-265.
- PERDAEN Y., SERGANT J., MEYLEMANS E., STORME A., DEFORCE K., BASTIAENS J., DEBRUYNE S., ERYNCK A., LANGOHR R., LENTACKER A., HANCA K., DU RANG E. & CROMBE PH. 2011b: Noodonderzoek van een *wetland site* in Bazel-Sluis (Kruibeke, Oost-Vlaanderen): een nieuwe kijk op de neolithisatie in Vlaanderen, *Notae Praehistoricae* 31, 31-45.
- PIERINK H.J., VAN LANEN R.J., GOUW-BOUWMAN M., GROENEWOUDT B.J., WALLINGA J. & HOEK W.Z. 2018: Controls on late-Holocene drift-sand dynamics: the dominant role of human pressure in the Netherlands, *The Holocene* 28/9, 1361-1381.
- PIETERS M., DEMERRE I., LENAERTS T., ZEEBROEK I., DE BIE M., DE CLERCQ W., DICKINSON W. & MONSIEUR P. 2010: De Noordzee: een waardevol archief onder water. Meer dan 100 jaar onderzoek van strandvondsten en vondsten uit zee in België: een overzicht, *Relicta* 6, 177-218.
- PIETERS M., MISSIAEN T., DE CLERCQ M., DEMERRE I., VAN HAELEST S. 2020: prehistoric and protohistoric archaeology in the intertidal and subtidal zones of the North Sea. In: *The archaeology of Europe's drowned landscapes*, Cham: Springer, 175-187.

- SMIT B. 2010: *Valuable Flints Research Strategies for the Study of Early Prehistoric Remains from the Pleistocene Soils of the Northern Netherlands*, proefschrift doctoraat Universiteit Groningen.
- SWIGGERS W. 1986. *Studie van de lithische artefacten in het westelijk deel van de Zuiderkemp en het Mechelse*, onuitgegeven licentiaatsverhandeling Katholieke Universiteit Leuven, Leuven.
- TAVERNIER R. 1943: De kwartaire afzettingen in België, *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift* 25, 121-137.
- TEBBENS L.A. 2018: Het Maasdal: genese, bodem en vegetatie. In: BALL E.A.G., TEBBENS L.A. & VAN DER LINDE C.M. (red.) *Het Maasdal tussen Eijsden en Mook. De bewonings- en gebruiksgeschiedenis van het Maasdal op basis van archeologisch onderzoek in het Malta-tijdperk*, Nederlandse Archeologische Rapporten 60, 53-114.
- TERMOTE J., VANDENBILCKE A. & VERSAVEL M. 1994: Gepolijste bijlen in de westelijke kustvlakte van België, *Westvlaamse Archaeologica* 10, 56-60.
- TOLKSDORF J. F. & KAISER K. 2012: Holocene aeolian dynamics in the European sand-belt as indicated by geochronological data, *Boreas* 41, 408-421.
- TRINGHAM R. 1971: *Hunters, fishers and farmers of eastern Europe, 6000-3000 B.C.*, Routledge, Londen.
- TROUBLEYN L., MEYLEMANS E. & DILS J. 2013: Steentjes onder de stad: een kleine concentratie lithische artefacten te Mechelen 'Stompaertshoek' (Prov. Antwerpen, B), *Notae Praehistoricae* 33, 55-60.
- VANACKER V., GOVERS G., VAN PEER P., VERBEEK C., DESMET J. & REYNIEERS J. 2001: Using Monte Carlo Simulation for the Environmental Analysis of Small Archaeologic Datasets, with the Mesolithic in Northeast Belgium as a Case Study, *Journal of Archaeological Science* 28, 661-669.
- VAN BAELEN A. 2017: *The Lower to Middle Palaeolithic Transition in Northwestern Europe: Evidence from Kesselt-Op de Schans*, Leuven.
- VAN BAELEN A., NOENS G., TEETAERT D., SERGANT J., DEVRIENDT I., GEERTS F., PERDAEN Y., PHILIPSEN F., RACZYNSKI-HENK Y., RYSSAERT C., VAN DER WAA M., VANMONTFORT B., WILLEMS M., WOLTINGE I. & VANDEN BORRE J. 2022: *Zoeken naar steentijdartefactensites of niet. Criteria voor de advisering van een steentijdvervolgtraject in de preventieve archeologie in Vlaanderen*, SYNTAR 8, Brussel.
- VAN DEN BERGHE J. 1977: *Geomorfologie van de Zuiderkemp*, doctoraatsverhandeling KU Leuven.
- VANDENBERGHE J., BEYENS L., PARIS P., KASSE C. & GOUMAN M. 1984: Paleomorphological and –botanical evolution of small lowland valleys (a case study from the Mark valley in northern Belgium), *Catena* 11, 229-238.
- VANDENBERGHE J. & BOHNKE S.J. 1985: The Weichselian Late Glacial in a small lowland valley (Mark river, Belgium and the Netherlands), *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 167-175.
- VANDENBERGHE J., BOHNKE S., LAMMERS W. & ZILVERBERG L. 1987: Geomorphology and palaeoecology of the Mark valley (southern Netherlands): geomorphological valley development during the Weichselian and Holocene, *Boreas* 16, 55-67.
- VANDERHOEVEN A., VYNCKIER G., COOREMANS B., DE GROOTE K., ERVYNCK A., HARTOCH E., LENTACKER A., MONSIEUR P., VAN GILS M. & VERBELEN G. 2020: *Het Oudheidkundig Bodemonderzoek aan de Hemelingenstraat 37 te Tongeren (Limburg). Eindverslag van een archeologische toevalsvondst 2014*, Onderzoeksrapporten agentschap Onroerend Erfgoed 142, Brussel.
- VAN DER PLAETSEN P., VANMOERKERKE J. & PARENT J.P. 1986: *Mesolithische en neolithische sites aan de "Donk" te Oudenaarde*, *Archaeologica Belgica* 1, 15-18.
- VAN DER WAA M., DE BOECK S. & VAN BAELEN A. 2021: *Archeologienota Lommel Kristalpark III – Sector A. Verslag van resultaten*, KU Leuven LRD Divisie archeoWorks, Leuven.
<https://loket.onroerenderfgoed.be/archeologie/notas/notas/20193>
- VAN DRIESCHE T. 2021: *Rabattenbossen in Vlaanderen. Een verkennend onderzoek*, Onderzoeksrapporten agentschap Onroerend Erfgoed 169, Brussel.

- VANMONTFORT B., VAN GILS M., PAULISSEN E., BASTIAENS J., DE BIE M. & MEIRSMAN E. 2010a: Human occupation of the Late and Early Post-Glacial environments in the Liereman Landscape (Campine, Belgium), *Journal of Archaeology in the Low Countries* 2/2, 31-51.
- VANMONTFORT B., YPERMAN W., LAMBRECHTS B., VAN GILS M. & GEERTS F. 2010b: Een finaalpaleolithisch en mesolithisch sitecomplex te Lommel, Molse Nete. Opgravingscampagne 2010, *Notae Praehistoricae* 30, 29-34.
- VAN LIEFFERINGE N. 2018: Hoegaarden-Houtemspedeke: een prehistorische extractie- en bewerkingsplaats van zwarte kwartsiet van Tienen, *Polyhistoriae* 15, 1-5.
- VAN PEER PH. 2020: Het Schulensbroek (Demervallei, BE): een uniek paleolandschappelijk en archeologisch archief *Notae Praehistoricae* 40, 129-144.
- VAN PEER PH. & VERBEEK C. 1994: A Middle Palaeolithic Site at Oosthoven (Northern Campine), *Notae Praehistoricae* 13, 3-9.
- VAN PEER PH., WILLEMS M., DEGRYSE P., CLAEYS P. & MARINOVA E. 2017: A reconstruction of the stratigraphic position of a former Middle Palaeolithic surface site at Rotselaar – Toren ter Heide (Flemish Valley, Belgium) using mechanical sounding and geochemical fingerprinting, *Journal of Archaeological Science Reports* 16, 380-390.
- VAN RANST E. (red.) 2006: *Bodemkaart van België 1:5000*, Gent.
- VAN RANST E. & SYS C. 2000: *Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen (schaal 1:20 000)*, Gent.
- VAN ROEYEN J.-P. 1990: *Mesolithische bewoning in de Wase Scheldepolders – Opgravingen en prospecties (1981-1983)*, onuitgegeven licentiaatsverhandeling U Gent.
- VAN STRYDONCK M. & DE MULDER G. (red.) 2000: *De Schelde, verhaal van een rivier*, Leuven.
- VAN VLAENDEREN L. 1983: De steentijdvondsten van Sint-Kruis-Winkel-Wachtebeke, *Vobov-info* 11, 3-35.
- VAN VLAENDEREN L., SERGANT J., DE BOCK H. & DE MEIRELEIR M. 2006: *Steentijdvondsten in de Moervaartdepressie (Oost-Vlaanderen, België). Inventaris en geografische analyse*, Archeologische Inventaris Vlaanderen, Buitengewone reeks 9, Gent.
- VERBRUGGEN C., DENYS L. & KIDEN P. 1991: Paleo-ecologische en geomorfologische evolutie van Laag- en Midden-België tijdens het Laat-Kwartair, *De Aardrijkskunde* 3, 357-376.
- VERBRUGGEN C. & KIDEN P. 1989: *L'évolution postglaciaire du bas et moyen Escaut*, Les Cahiers de Préhistoire du Nord 6, 5-14.
- VERGAUWEN B. 2003: *Mesolithische en neolithische gewei bijlen uit Noordwest-Europa*, onuitgegeven licentiaatsverhandeling, UGent.
- VERHAERT A., ANNAERT R., LANGOHR R., COOREMANS B., GELORINI V., BASTIAENS J., DEFORCE K., ERYNCK A. & DESENDER K. 2004: Een inheems-Romeinse begraafplaats te Klein-Ravels (gem. Ravels, prov. Antwerpen), *Archeologie in Vlaanderen* 8, 165-218.
- VERHEGGE J., STORME A., CRUZ F. & CROMBÉ PH. 2021: Cone penetration testing for extensive mapping of deeply buried Late Glacial coversand landscape paleotopography, *Geoarchaeology* 36/1, 130-148.
<https://doi.org/10.1002/gea.21815>
- VERHEGGE J., MISSIAEN T. & CROMBÉ PH. 2016: Exploring Integrated Geophysics and Geotechnics as a Paleolandscape Reconstruction Tool: Archaeological Prospection of (Prehistoric) Sites Buried Deeply below the Scheldt Polders (NW Belgium), *Archaeological Prospection* 23, 125–145.
- VERHEGGE J., MISSIAEN T., VAN STRYDONCK M. & CROMBÉ PH. 2014: Chronology of wetland hydrological dynamics and the Mesolithic-Neolithic transition along the Lower Scheldt: a Bayesian approach, *Radiocarbon* 56, 883-898.
- VERHEYLEWEGHEN J. 1956: Le paléolithique final de culture périgordienne du gisement préhistorique de Lommel (province de Limbourg - Belgique), *Bulletin de la Société Royale belge d'anthropologie et de préhistoire* 67, 1-79.

VERLAECKT K. 1993: Gewei en brons uit de Schelde. Pre- en protohistorische baggerfondsten in de verzameling Waterschoot, *Bulletin van de Antwerpse Vereniging voor Bodem en Grotonderzoek* 1, 1-51.

VERSTRAETEN G., POESEN J., GOOSSENS D., GILLIJS K., BIELDERS C., GABRIELS D., RUYSSCHAERT G., VAN DEN EECKHAUT M., VANWALLEGHEM T. & GOVERS G. 2006: Belgium. In: BOARDMAN J. & POESEN J. (red.), *Soil Erosion in Europe*, Chichester, 386-411.

VERMEERSCH P. 1976: *Steentijdmateriaal uit het noordelijk Hageland*. Oudheidkundige repertoria. Reeks B: De verzamelingen, Brussel.

VERMEERSCH P. M., LAUWERS R. & VAN PEER PH. 1985: *Un site Magdalénien à Kanne*, *Archaeologia Belgica* 1, 17-54.

VERMEIRE S., DE MOOR. G., & ADAMS R. 1999: *Quartaairgeologische Kaart van België, Vlaams Gewest, Verklarende tekst bij het Kaartblad (22) Gent (1/50.000)*, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel.

VERWERFT D., LAMBRECHT G., MIKKELSEN J.H., HUYGHE J. & DECRAEMER S. 2016a: *Archeologisch onderzoek Gentse Steenweg, Sijsele (Damme)*, Raakvlak rapport 5, Brugge.

VERWERFT D., MIKKELSEN J.H., HILLEWAERT B., LAMBRECHT G., ROELEN S., HUYGHE J. & DECRAEMER S. 2016b: Steentijd onder de polderklei. Archeologisch onderzoek van prehistorische resten in de oostelijke kustvlakte, *De Grote Rede* 45, 15-23.

VROOMANS J.-M., GULLENTOPS F., VANDERBEKEN T., GROENENDIJK K. & VAN PEER PH. 2006: De Midden-Paleolithische vindplaats Veldwezelt-Op de Schans (Limburg): een voorlopig rapport, *Anthropologica et Praehistorica* 117, 5-12.

VYNCKIER P., VERMEERSCH P.M. & BEECKMANS L. 1988: Le paléolithique moyen de Vollezele-Congoberg (Brabant, Belgique), *Revue Archéologique de Picardie* 1-2, 133-137.

WARMENBOL E. 1987: Het Neolithicum in het Antwerpse: bijlen en pijlen, geslepen en geslagen. In: WARMENBOL E. (red.), *Het ontstaan van Antwerpen. Feiten & Fabels*, Antwerpen, 33-36.

WERBROUCK I., ANTROP M., VAN EETVELDE V., STAL C., DE MAEYER PH., BATS M., BOURGEOIS J., COURT-PICON M., CROMBÉ PH., DE REU J., DE SMEDT PH., FINKE P.A., VAN MEIRVENNE M., VERNIERS J. & ZWERTVAEGHER A. 2011: Digital Elevation Model generation for historical landscape analysis based on LiDAR data, a case study in Flanders (Belgium), *Expert Systems with Applications* 38, 8178-8185.

WOOLDERINK H.A.G. & COHEN K. M. 2018: *Digitaal Basisbestand Paleogeografie van het Maasdal*, DANS.
<https://doi.org/10.17026/dans-xkk-f29b>