

Betreft: Goedkeuring archeologische rapportages

Port of Urk

Hierbij verklaart de gemeente Urk, bevoegd gezag over het archeologisch onderzoek voor het plangebied Port of Urk (Binnendijks Bedrijventerrein), akkoord te zijn en in te stemmen met het inhoudelijk advies uit de volgende documenten:

- Jansen, B. (2022): *Plangebied Zeeheldenwijk, Urk, gemeente Urk: zettingsonderzoek. ADC Adviesdocument.*

Bevoegd gezag	Datum	Paraaf
Gemeente Urk [Redacted] Singel 9 8321 GT Urk [Redacted]	24-5-2022	[Redacted]
Adviseur		
The Missing Link [Redacted] 2e Daalsedijk 6a 3551 EJ Utrecht [Redacted]	24-05-2022	[Redacted]

Plangebied Zeeheldenwijk, Urk, gemeente Urk: zettingsonderzoek

ADC Adviesdocument



Type onderzoek : Bureauonderzoek (zettingsonderzoek)
Toponiem plangebied : Binnendijks bedrijventerrein, fase 1
Plaats : Urk
Gemeente : Urk
Provincie : Flevoland
Opdrachtgever : gemeente Urk (directievoering The Missing Link)
ADC-code : 4230829

Auteur(s) : B. [REDACTED]
met bijdragen door dr. [REDACTED] ing. [REDACTED]
(allen Arcadis)

Versie : 24-05-2022

1. Inleiding

De gemeente Urk ontwikkelt het plangebied Binnendijs bedrijventerrein (BDBT) voor een bedrijventerrein. Hiervoor is permanente ophoging van het huidige maaiveld noodzakelijk. De ophogingspakketten zullen hier tussen 0,7 en 0,9 m dik worden. Om dit werk uit te kunnen voeren moeten ook tijdelijke gronddepots ingericht worden. Daar kan het pakket opgebrachte grond tot 1,0 m dikker worden dan de uiteindelijke ophoging. Ophoging zorgt voor drukverzwaring, met als gevolg dat archeologisch relevante grondlagen (bepaalde klei- en veenniveaus) zetting ondervinden die een negatief effect kan hebben op de daar verwachte archeologische waarden.

Voor het aspect archeologie binnen plangebied BDBT is geen behoudsmaatregelenplan opgesteld. Voor het naastgelegen plangebied Zeeheldenwijk is dit echter wel opgesteld. Daarin is ook de zettingsproblematiek aangestipt en is een onderzoekstrategie aangegeven, uitgaande van een “bureau-zettingsonderzoek”. Voor de Zeeheldenwijk is reeds een dergelijk zettingsonderzoek uitgevoerd (Ten Anscher, 2021). Aangezien in het plangebied BDBT vergelijkbare problematiek speelt wordt de onderzoeksstrategie en de vraagstelling van het plangebied Zeeheldenwijk zijn deze overgenomen voor onderhavig onderzoek. Onderhavig onderzoek is dan ook in grote lijnen gebaseerd op het onderzoek in de Zeeheldenwijk, alleen de analyse van de verwachte toekomstige zetting en de interpretatie ervan betreft ‘nieuwe’ informatie.

In het gebied met een hoge archeologische verwachting (zie Huizer, 2021) is het zettingsonderzoek gericht op het effect van ophogingen op eventuele afvallagen in de “natte” sedimenten (veen en Unio I-klei) die direct boven en rond de dekzandkoppen te verwachten zijn, in de eerste meter boven het zand.

In de geest van het behoudsmaatregelenplan zijn in samenspraak met de adviseur van de gemeente boorlocaties/ boringen geselecteerd: daar waar volgens de archeologische verwachtingskaart sprake is van een hoge en een middelhoge archeologische verwachting, en waar zettingsonderzoek vermoedelijk het meest effectief is, lees: representatief en geschikt voor extrapolatie. Op basis van de geselecteerde en op het zettingseffect onderzochte boringen zou globaal de orde van grootte van de zetting elders, bij bovengenoemde ophogingen, in te schatten moeten zijn.

De onderzoeksvragen zijn ook in samenspraak geformuleerd, zie § 2.2.

Dit rapport bevat de door Arcadis uitgevoerde zettingsberekeningen met de bijbehorende toelichting, en een interpretatie van de bevindingen vanuit archeologisch perspectief.

Onderzoeksdoel

Op basis van dit rapport kan de vergunningverlener een besluit nemen over de vereiste maatregelen.



Afb 1. Locatiekaart plangebied Binnendijks bedrijventerrein met het fasering.

2. Onderzoeksopzet

2.1 Onderzoeksvragen

Vanzelfsprekend richten de onderzoeksvragen zich op de verwachte toekomstige zetting bij de uiteenlopende ophogingen. Daarnaast zijn zij gericht op het in beeld krijgen van de zetting die reeds in het verleden heeft plaatsgehad.

De onderzoeksvragen zijn de volgende:

- Wat is voor de geselecteerde boringen de zetting in de archeologisch relevante, zettingsgevoelige trajecten (dus de zetting in de "natte" sedimenten/sedentaten: klei en veen) in globaal de eerste meter boven het vaste zand bij ophogingen met respectievelijk 0,7 -0,9 m en eventueel een extra meter ophoging?
- Hoe verhoudt deze zetting zich met de al opgetreden zetting als gevolg van de sedimentatie van het afdekkend zandpakket (zandige Almere-afzettingen, ook aangeduid als sloefafzettingen) en de inpoldering?

2.2 Selectie van de op zetting te analyseren boringen

De te beoordelen boringen zijn op representativiteit geselecteerd, zie afb. 2.

Geanalyseerd zijn boringen binnen de gebieden met een hoge archeologische verwachting, dat wil zeggen met dekzand vanaf 8,0 m en hoger, en boringen op de rand van de beekloop die centraal door het plangebied loopt. Op drie locaties zijn telkens twee boringen geselecteerd: één in de zone met hoge verwachting op archeologische resten en één in de direct daaraan grenzende laagte. De boringen in de laagte van de beekloop bevatten ook Unio-klei waarin mogelijk resten van visserij verwacht kunnen worden. Deze niveaus zijn met de zettingsanalyse ook meegenomen.

Representativiteit

Om een zo groot mogelijke variatie te verkrijgen is bij de selectie (zie tabel 1) rekening gehouden met de ruimtelijke spreiding, met dikkere en dunnere archeologisch relevante niveaus (het traject met mogelijke afvallagen en het Unio-kleipakket), met mogelijke afvallagen boven normale en steile hellingen, met de dikte van de zandige afdekkende afzettingen (zandige Almere-afzettingen inclusief bouwvoor) en met de diepte van het onderliggende rivierduinzand of dekzand.

Meer onderzochte boringen betekent vanzelfsprekend een beter/breder inzicht in de variatiebreedte in zetting bij uiteenlopende laagdikten en laagtypen, en bij uiteenlopende dikten van de sloefafzettingen, maar deze selectie wordt toereikend geacht.

Bij de geselecteerde boringen in het gebied met een hoge verwachting zijn er voldoende voorbeelden voorhanden die een beeld geven van de zetting van de eventueel archeologisch relevante trajecten (veen, soms een ingebedde klei-of zandlaag) boven het vaste zand (rivierduinzand) vanaf pakweg 8,0 m -NAP tot 5,47 m -NAP. Waar het rivierduinzand hoger dan ca. 7,0-6,0 m -NAP, is het vaak al heel lastig om boringen te vinden waarin het pakket "natte" sedimenten met eventuele afvallagen een dikte heeft van rond de 1,0 m; meestal is dat pakket dunner. Hoger dan 5,47 m -NAP is geen zinvol te analyseren intacte veenlaag met nog een redelijke dikte voorhanden.

Boring	Archeologisch niveau*	top (m NAP)	basis (M NAP)	aard potentiële archeologische niveau
28	basis veenlaag	-7,9	-8,05	vondstlaag in de basis van het veen
	top dekzand**	-8,05		Vondst- / sporenniveau in het dekzand
53	basis veenlaag	-8,89	-9,04	vondstlaag in de basis van het veen
	top dekzand	-9,04	-9,09	vondstlaag in A-horizont dekzand
221	unioklei	-8,34	-8,74	Vondst- / afvallaag in Unio1-klei
	top dekzand	-8,74	-8,84	vondstlaag in A-horizont dekzand
222	unioklei	-9,99	-10,39	Vondst- / afvallaag in Unio1-klei
	basis veenlaag	-10,94	-11,09	vondstlaag in de basis van het veen
	top dekzand**	-11,09		Vondst- / sporenniveau in het dekzand
564	unioklei	-8,83	-10,13	Vondst- / afvallaag in Unio1-klei
	basis veenlaag	-10,48	-10,63	vondstlaag in de basis van het veen
	top dekzand	-10,63	-10,68	Vondstlaag in A-horizont dekzand
565	unioklei	-8,57	-8,97	Vondst- / afvallaag in Unio1-klei
	top dekzand	-8,97	-9,07	vondstlaag A-horizont dekzand

Tabel 1. De op zettingseffecten geanalyseerde boringen met enkele voor de selectie bepalende hoofdkenmerken (* vondstlagen betreffen de potentiële archeologische niveaus in samendrukbare lagen; ** geen humeuze A-horizont in het dekzand, dus geen zetting).

Voor het gebied met een hoge verwachting lijkt er genoeg informatie en houvast te zijn om te kunnen generaliseren (zie verder).

Voor het gebied met een middelhoge verwachting zijn voldoende voorbeelden voorhanden die een beeld geven van de zetting van het archeologisch relevante niveau (Unio I-klei), daar waar het vaste zand (dekzand) tussen ongeveer 8,0 - 10,0 m -NAP ligt. Bij de selectie is ook nadrukkelijk naar een voorbeeld gezocht van een boring waarin het Unio-pakket dik is, en het vaste zand relatief diep ligt (boring 222): die boring verschaft een indruk van de te verwachten maximale zetting van de Unio I-klei. In boring 221, 564 & 565 zit de Unio-klei relatief hoog, maar dicht op de top van het dekzand, waardoor de samendrukking van de laag als gevolg van ophogingen bij gevolg relatief sterk zal zijn.

ew



Afb. 2. Overzicht van de geselecteerde boringen voor de zettingsanalyse met als ondergrond een interpolatie van het dekzandoppervlak.

3. Resultaten

3.1 Berekeningen

Zie bijlage 1 en 2 voor de door Arcadis berekende zettingswaarden voor de geselecteerde zes boringen.

3.2 Toelichting op de rekenmethode

Naar Ten Anscher 2021 aangepast aan de ophogingen in BDBT

Gevraagd is om van de lagen waarin archeologische waarden kunnen voorkomen, zoals opgegeven door de archeologen, te berekenen wat de invloed is van de voorgenomen ophoging t.b.v. de aanleg van het Binnendijks bedrijventerrein. Deze ophoging bedraagt tussen 0,7 – 0,9 m.

Per laag (zie geel gekleurde vakken) is aangegeven wat de zetting van de bovenkant van de laag is. Wel is elke laag in twee [even dikke] sub-lagen verdeeld, zodat ook de zetting berekend is in het midden van de laag. [De zetting in de basis van de laag is gelijk aan de zetting in de top van de laag eronder]. Onderstaand een beknopte uiteenzetting van de uitgangspunten en aanpak:

Zetting relevante trajecten t.g.v. verschillende ophogingen

- De zettingen zijn bepaald voor 6 archeologische boringen, waarbij de slappe potentiële archeologische lagen boven het vaste zandpakket elk zijn verdeeld in 2 [even dikke] sub-lagen. Deze [voor archeologie relevante] lagen zijn geel aangegeven in de excel-sheet.
- De archeologische boringen zijn vergeleken met een maatgevende sondering/boring in de buurt die gezet zijn in het kader van geotechnisch onderzoek. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen de archeologische benaming en de geotechnische benaming van de lagen. De geotechnische parameters zijn gebruikt om de zetting van de bovenkant van de verschillende sub-lagen te berekenen t.g.v. 0,7 – 0,9 m en 1,7 – 1,9 m ophoging.

Tevens is ingeschat wat de zetting is die veroorzaakt is door de sedimentatie van de zandige Almere-afzettingen (sloefafzettingen) om te vergelijken wat de archeologische waarden reeds aan zetting hebben ondervonden t.o.v. de zetting die nog te verwachten is als gevolg van ophogingen die nodig zijn voor de aanleg van de Zeeheldenwijk.

De gehanteerde uitgangspunten zijn:

- Het volumieke gewicht van de zandige sloefafzettingen is aangenomen op 18 kN/m³.
- Er is gerekend met een huidige grondwaterstand op 5,70 m -NAP.
- In D-Settlement is er gerekend met het Koppejan model, consolidatie volgens Darcy.
- Bij het berekenen van de zetting in D-Settlement is er gekozen om zonder grensspanning te rekenen voor de bovenste veenlaag (bezonken materiaal).
- Ook is de tijdsperiode in D-Settlement aangepast naar de helft van de voorheen gekozen tijdsperiode (2021 jaren). Dit, omdat in werkelijkheid de sloefafzettingen niet in één keer zijn opgebracht, maar over een periode van meer dan duizend jaar afgezet zijn.
- Tenslotte zijn er voor de veenlaag stijve parameters gehanteerd.

3.3 De natuurlijke zetting t.g.v. de zandige Almere-afzettingen en het effect van de nieuwe zetting ten opzichte van de natuurlijke zetting: het zoeken naar een realistische erosiegrens van het veen

Letterlijke tekst uit: Anscher, 2021 (zie betreffende rapport voor de genoemde boorpunten)

De zetting die de "natte" sedimenten in het verleden al hebben ondergaan, is veroorzaakt door de zandige onderwaterafzettingen: Almere-afzettingen, ook wel sloef-afzettingen genoemd. Om de zetting tot op heden (de natuurlijke zetting) te kunnen berekenen, moet bepaald worden tot hoe hoog het veen nog reikte bij aanvang van de sedimentatie van die Almere-afzettingen.

Het intacte veen in het plangebied bestaat uit laagveen (riet-, rietzegge-, zegge- en bosveen) dat tot in het late neolithicum gevormd kan zijn. Daarna ontstonden hoogveenkussens (herkenbaar als bijvoorbeeld mosveen, dat echter nergens meer in het plangebied aanwezig is), waarna in de loop van de bronstijd, vanaf ca. 1500 v. C., het veenlandschap gaandeweg verdronk vanwege stagnatie van de waterafvoer. De uitbreidingen van meren die hiervan het gevolg waren, gingen gepaard met erosie van het veenlandschap. Vervolgens resedimenteerde het geërodeerde materiaal, overwegend verslagen veen en gyttja, onder rustige omstandigheden, tot ongeveer het begin van de jaartelling, waarna de onderwatersedimentatie van de Almere-afzettingen begon, onder turbulenter omstandigheden.

Zoals gezegd dateert het jongste laagveen uit het late neolithicum. Dat veen kan gezien de toenmalige grondwaterstanden tot maximaal ca. 3,0 m -NAP gereikt hebben, misschien enkele decimeters hoger, voordat de top ervan (en het bovenliggende hoogveen) werd weggeslagen en opgeruimd vanaf de bronstijd. Een indicatie voor het *maximale* erosieniveau leveren enkele boringen in het plangebied waarin de sloefafzettingen direct op de (afgetopte) rivierduinen liggen, op diepten tot ca. 5,1 m -NAP. Dan zou te verwachten zijn dat het omringende veen eveneens althans incidenteel tot dergelijke diepten aangetast zou kunnen zijn – overigens is elders de top van de rivierduinen soms nog tot 4,3 m -NAP bewaard gebleven: het kan dus zeker niet zo zijn dat er sprake is geweest van een algemene erosie tot ca. 5,1 m -NAP.

Aan de hand van twee van de geselecteerde boringen is berekend wat een veenerosiegrens van 5,1 m -NAP (= de aanvankelijke basis van de sloefafzettingen) betekenen zou voor de mate van zetting sinds het begin van de sloefafzettingen tot heden. Dit is een eenvoudige rekensom: de huidige diepte in m van de in de desbetreffende boring geconstateerde onderkant van de sloefafzettingen minus 5,1 m; zie bijlage 2.

Bij boring 6032 geeft deze aanname een hypothetische natuurlijke zetting van 21 cm (5,1 minus 5,31 m) en bij boring 6033 een hypothetische natuurlijke zetting van 13 cm (5,1 minus 5,23 m). De nieuwe zetting bedraagt voor deze boringen bij 0,5 m ophoging respectievelijk 2 en 3 cm, en bij 2,0 m ophoging 13 en 17 cm. Omdat de natuurlijke zetting nu zo gering lijkt te zijn geweest, is de impact van de nieuwe zetting door de ophogingen relatief sterk: bij 0,5 m ophoging resp. 10 en 23 % en bij 2,0 m ophoging 62 en 131 %!

Deze uitkomsten zijn echter verre van realistisch, omdat de natuurlijke zetting in het plangebied veel aanzienlijker geweest moet zijn. Dat blijkt uit het volgende: het huidige maaiveld in het plangebied ligt tussen ca. 4,2 m -mv in het zuiden en 4,9 m -mv in het noorden. De topografische kaart van 1951 geeft maaiveldwaarden rond 4,0 m -NAP. Een onderwaterdieptekaart van 1935, gemaakt door de Dienst der Zuiderzeewerken, geeft voor het plangebied globaal een diepte van 3,6 m -NAP. Dat betekent dat sinds de inpoldering een natuurlijke zetting van 0,6-1,3 m moet zijn opgetreden. Voor de boringen 6032 en 6033, waar het huidige maaiveld op ongeveer 4,5 m -NAP ligt, moet de natuurlijke zetting dus ca. 0,9 m geweest zijn.

Met behulp van het programma D-Settlement heeft Arcadis aanvullende berekeningen gemaakt om te achterhalen wat de totale natuurlijke zetting is geweest, vanaf het jaar 0 tot heden. Na een aantal verkennende berekeningen is de erosiegrens van het veen (= basis van de sloefafzettingen) aangenomen op 4,0 m -NAP. Dat is een erosiegrens die volgens Arcadis met pijn en moeite te beschouwen is als de absolute ondergrens van wat nog min of meer reëel kan zijn, maar die eigenlijk al enkele decimeters te diep lijkt te zijn; een gemiddelde erosiegrens rond 3,5 m -NAP lijkt aannemelijker.

In tabel 2 is voor alle boringen berekend wat de relatieve toename van de zetting bij een ophoging van 0,5 m en bij een ophoging van 2,0 m is ten opzichte van de natuurlijke zetting, uitgaande van een veenerosiegrens/basis van de sloefafzettingen van 4,0 m -NAP en van 3,5 m -NAP.

Op basis van de te negatieve 4,0 m -NAP-erosiegrens gaat het bij een ophoging met 0,5 – 1,0 m om een relatieve toename van de zetting die meestal onder de 2 % ligt en die alleen incidenteel net boven de 5 % uitkomt. Bij een ophoging met 1,5 – 2,0 m gaat het vaak om een relatieve toename van rond de 10 %, maar als de archeologisch relevante lagen hoog liggen en zeer dik zijn (wat niet vaak het geval is), is de relatieve toename van de zetting hoger, boven 14-21 % en bij uitzondering 35 %. Bij een veronderstelde erosiegrens van 3,5 m -NAP zijn de percentage echter een derde lager. De werkelijkheid zal "ergens" liggen tussen de opgegeven percentages bij de 4,0 m -NAP-erosiegrens en die bij de 3,5 m -NAP-erosiegrens.

Bij de opgegeven zettingswaarden en -percentages moet men wel bedenken dat het om de maximale zetting gaat: de zetting in de top van het archeologisch relevante niveau. De zetting neemt naar beneden toe flink af (zie bijlage 1), waarmee ook de relatieve toename van de nieuwe zetting ten opzichte van de natuurlijke zetting fors afneemt.

Overigens moet de betekenis van een betrekkelijk hoge relatieve toename van de zetting ten opzichte van de natuurlijke zetting altijd gerelativeerd worden door ook de absolute nieuwe zetting in cm in ogenschouw te nemen, en bovendien is de kernkwestie wat uiteindelijk de impact van de zetting op de verwachte archeologische waarden zal zijn (zie hoofdstuk 5).

Naast zetting treedt er ook een laterale verplaatsing op in de samendrukbare lagen. Door de aanwezigheid van een relatief stijve bovenlaag (de sloefafzetting) is de verwachting dat de laterale verplaatsing in de slappe lagen beperkt blijft tot 0,1 - 0,15 m vlak naast de ophoging.

Situatie Binnendijs bedrijventerrein

Aangezien de ophogingen in het Binnendijs bedrijventerrein tot 0,9 m bedragen vallen deze in de categorie dat er sprake is van maximaal enkele procenten extra zettingen ten opzichte van de in het verleden reeds opgetreden zetting. De aanvullende zetting zal in onderhavig plangebied nog lager zijn als gevolg van de grotere diepte waarop de potentiële archeologische niveaus zich bevinden in vergelijking tot de Zeeheldenwijk. Op basis van het bovenstaande is het daarom niet zinvol geacht om voor het Binnendijs bedrijventerrein specifieke berekeningen uit te voeren naar de historische zettingen.

4. Interpretatie van de berekeningen

Op basis van de aangeleverde berekeningen, zie bijlage 1, kan het volgende worden geconcludeerd:

- Ongeacht de archeologisch vastgestelde minerale variatie van het veen- of kleipakket, gaat het in de geotechnische vertaling telkens om slappe lagen.
- Binnen een boring/verticaal traject/kolom is de zetting door de toekomstige ophoging hoe hoger hoe sterker en hoe dieper hoe minder (ogenschijnlijke kleine afwijkingen op deze regel, zie bijlage 1, zijn terug te voeren op afrondingen). In de top van het hoogste archeologisch relevante niveau is de zetting dus ook steeds groter dan dieper in dat niveau. Naar onder toe neemt deze af. De mate waarin is afhankelijk van de dikte van de lagen. Aan de basis van het diepste archeologisch relevante niveau (direct boven het zand) is geen sprake meer van zetting.
- Volgens de opgegeven waarden is de zetting bij een extra ophoging met 1 m iets meer dan dubbel zo groot als bij een ophoging met 0,7 m en iets minder dan het dubbele bij een beoogde ophoging van 0,9 m.
- Archeologisch relevant is bij de dekzandkoppen globaal de eerste meter boven het zand. Generaliserend kan voor plangebied Binnendijks bedrijventerrein worden gesteld dat de nieuwe zettingen van een archeologisch niveau in veen of klei, in de eerste meter boven rivierduinzand met diepten variërend tussen 11,09 en 7,9 m -NAP bij een ophoging met 0,7 – 0,9 m maximaal (in de top) 11 cm $\pm$ 2 cm zal bedragen. Bij een ophoging met 1,7 – 1,9 m verdubbelen deze waarden bijna: 20 $\pm$ 4 cm. Die maximale zetting geldt voor de samendrukbare lagen op 1 m boven de top van het dekzand. De potentiële archeologische niveaus bevinden zich in de geselecteerde boringen doorgaans veel dichterbij de top van het dekzand. Het niveau vondstniveau direct boven het dekzand ondervindt een zetting variërend tussen 1 – 4 cm bij een ophoging van 0,7 – 0,9 m. Bij een extra ophoging van 1 m betreffen de zetting maximaal 7 cm. Ter hoogte van de dekzandkoppen gaat het om een maximale relatieve toename ten opzichte van de natuurlijke zetting in de orde van grootte van 1-4 % bij ophogingen met 0,7 – 0,9 m, en bij ophogingen met 1,7 - 1,9 m in de orde van grootte van ca 10 %.
- Voor de eventuele archeologische niveaus in het Unio-kleipakket in het geval een dergelijk niveau boven een veenlaag voorkomt (boring 222 & 564) bedraagt de zetting van de top van de Unio-klei tussen 4 – 11 cm $\pm$ 2. Het is natuurlijk maar zeer de vraag of de verwachte archeologische puntlocaties (fuike en viswieren) in de top van de klei zullen liggen (en dan samen zouden vallen met het einde van de kleisedimentatie). Halfweg het Unio-pakket bedraagt de zetting de helft van het hierboven vermelde en in de basis is de zetting verwaarloosbaar: 0-2 cm.
- Aan de randen van een ophoging kunnen verticale bewegingen leiden tot zijwaartse verplaatsingen, en dat zal ook het geval zijn bij ophogingen ter plaatse van steilranden in de vaste zandondergrond. Arcadis geeft aan dat de nieuwe laterale verplaatsingen als gevolg van de ophogingen vanwege de aanwezige, relatief stijve sloefafzettingen over het algemeen beperkt zullen zijn, rond 10 cm (*expert judgement*, er zijn geen berekeningen voor de zijwaartse verplaatsing uitgevoerd omdat deze gering zullen zijn). In het archeologisch slechtste geval, daar waar de Unio-klei hoog ligt en het vaste zand diep (de situatie rond het meest noordelijke rivierduin), gaat het om een zijwaartse verplaatsing in de orde van grootte van 15 cm.

- Voor de zes boringen is bekeken wat het effect van de maximale nieuwe zetting op de potentiële archeologische niveaus in samendrukbare lagen betreffen. De potentiële archeologische laag op het dekzand wordt bij een nieuwe ophoging met 0,7 – 0,9 m, 1 – 2 cm samengedrukt, en bij een nieuwe ophoging met 1,7 – 1,9 m, 2 - 4 cm samengedrukt. De potentiële lagen in de Unio-klei op het veen worden 4 - 10 cm in gedrukt bij een ophoging van 0,7 – 0,9 m en bij een ophoging 1,7 – 1,9 m 7 – 22 cm. Het grote verschil tussen de minimale en maximale samendrukking wordt volledig verklaard door het verschil in dikte van de betreffende lagen waar de metingen voor zijn uitgevoerd.

boring	Top dekzand	Beoogde ophoging	Archeologisch niveau	hoogte	Zetting (ophoging)		Zetting (extra ophoging)	
eenheid	m NAP	m		m NAP	cm	%	cm	%
28	-8,05	0,75	Veen (top)	-7,9	0,9	6	2,0	13
			Veen (halverwege)	-7,98	0,4	3	0,9	6
53	-9,04	0,75	Veen (top)	-8,89	1,1	7	2,1	14
			Veen (halverwege)	-8,97	0,5	3	1,0	7
221	-8,74	0,9	Unio-klei (top)	-8,34	4,0	10	7,0	18
			Unio-klei (halverwege)	-8,54	2,0	5	3,0	9
222	-11,09	0,9	Unio-klei (top)	-9,99	4,0	10	7,0	8
			Unio-klei (halverwege)	-10,19	2,0	5	3,0	9
			Veen (top)	-10,94	1,5	10	2,0	17
			Veen (halverwege)	-11,02	0,7	5	1,0	8
564	-10,63	0,7	Unio-klei (top)	-8,83	10,8	8	20,4	17
			Unio-klei (halverwege)	-9,48	5,4	4	11	8
			Veen (top)	-10,48	1,2	8	2,6	17
			Veen (halverwege)	-10,56	0,6	4	1,2	8
565	-8,97	0,7	Unio-klei (top)	-8,57	3,1	8	6,6	16
			Unio-klei (halverwege)	-8,77	1,5	4	3,3	8

Tabel 2. De zetting veroorzaakt door ophoging op de samendrukbare potentiële archeologische lagen en de zetting die objecten/structuren in het Unio-kleipakket door ophoging ondervinden (rood gearceerd).

5. Impact op de archeologische waarden

In het gebied met een hoge archeologische verwachting zijn eventueel in het veen en klei uitwiggende, al dan niet zandige vondstlagen te verwachten, tot enkele meters buiten het rivierduin, met daarin een breed scala aan artefactcategorieën tot, en verder afgedankte objecten, zoals onbruikbaar geworden kano's en kleinere (met name houten) objecten.

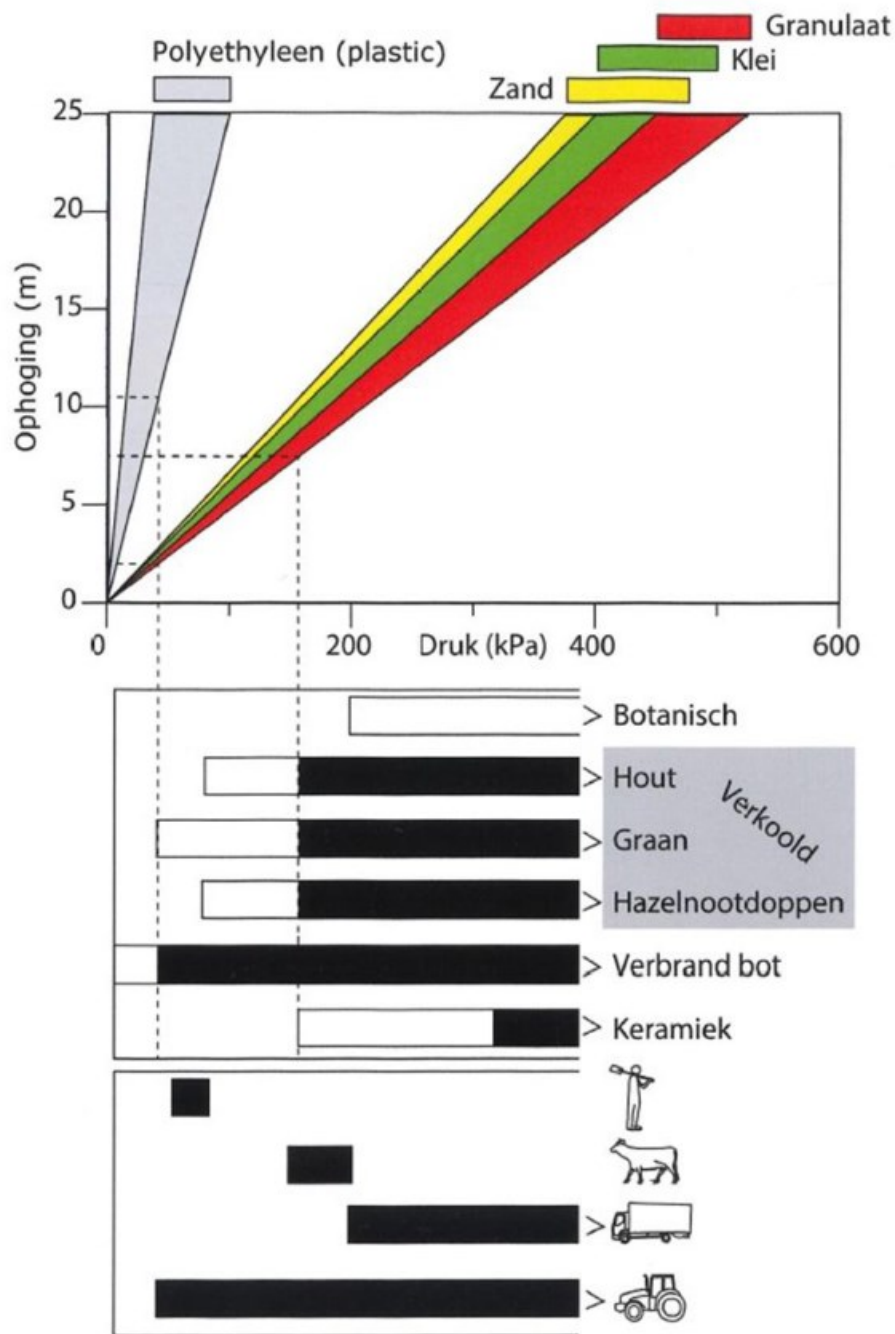
De verwachte archeologische waarden in het gebied met een middelhoge archeologische verwachting zijn objecten/structuren die aan de visvangst te relateren zijn: met name fuiken en visweren.

Recente literatuur over ophoging en het effect op archeologie leert het volgende:

- Als de opgebrachte grond uit zand bestaat (relatief grofkorrelig, goed doorlatend materiaal) en kleilagen in het ophogingspakket vermeden worden, hoeft men niet te vrezen voor verblauwing, waardoor grondsporen slechter of onleesbaar kunnen worden (Huisman & Ngan-Tillard 2019).
- Een bodem die al eens eerder belast is - in het geval van plangebied Zeeheldenwijk als gevolg van de sloefafzettingen en de inpoldering (met het verlagen van het grondwaterpeil) - is al samengedrukt, en ondervindt bij een nieuwe ophoging minder, en minder snel zetting (Willemse 2020, 74).
- Het effect van een forse grondophoging op individuele artefacten is verwaarloosbaar. Zelfs verbrande vissenwervels (de meest kwetsbare vondstcategorie) lopen pas bij ophogingen vanaf 2,5 m schade op. Voor de meeste vondstcategorieën geldt dat pas bij ophogingen vanaf 7,5 m negatieve gevolgen merkbaar worden. De druk als gevolg van het lopen van mens en dier, en van voertuigen (puntdruk) wordt doorgaans zwaar onderschat, maar is gelijk aan de druk die veroorzaakt wordt door enkele meters ophoging (Huisman & Ngan-Tillard 2019), zie 3.

Een groot object echter, zoals een kano, kan door zetting en zijdelingse verplaatsing wel beschadigd raken. De ervaring leert dat als gevolg van zetting in het verleden de boorden van kano's vaak al gebroken en wat verplaatst/verdrukt zijn. Die kunnen door nieuwe zetting verder neerwaarts verplaatst worden of afbreken. Als een deel van de kano op zand rust, en een deel niet, of een deel vlak boven het zand zit, en een ander deel nog enkele decimeters hoger in een "nat" sediment ligt, kan bijkomende zetting tot vervorming en uiteindelijk tot breuk leiden. De oorspronkelijke situatie blijft evenwel reconstrueerbaar; van archeologisch informatieverlies is hier geen sprake. Wel betekent het extra werk bij een eventuele restauratie.

Zoals hierboven al aangegeven is, kan zetting en laterale verplaatsing er bij visweren toe leiden dat de hele constructie wat schuiner komt te staan. Verticaal ingedreven elementen(palen) kunnen (verder) vervormen en uiteindelijk breken (zie afb 1). Ook in dat geval blijft de oorspronkelijke structuur reconstrueerbaar.



Afb 3. Relatie tussen ophoging en schade aan archeologisch materiaal. Boven: gekleurde banen: relatie tussen meters ophoging met verschillende grondsoorten/materialen. Midden: relatie ophoging en beperkte (witte balk) of ernstige (zwarte balk) schade aan kleine artefacten/ecofacten. Onder: druk van mens, dier en voertuigtype. Bron: Huisman & Ngan-Tillard 2019.

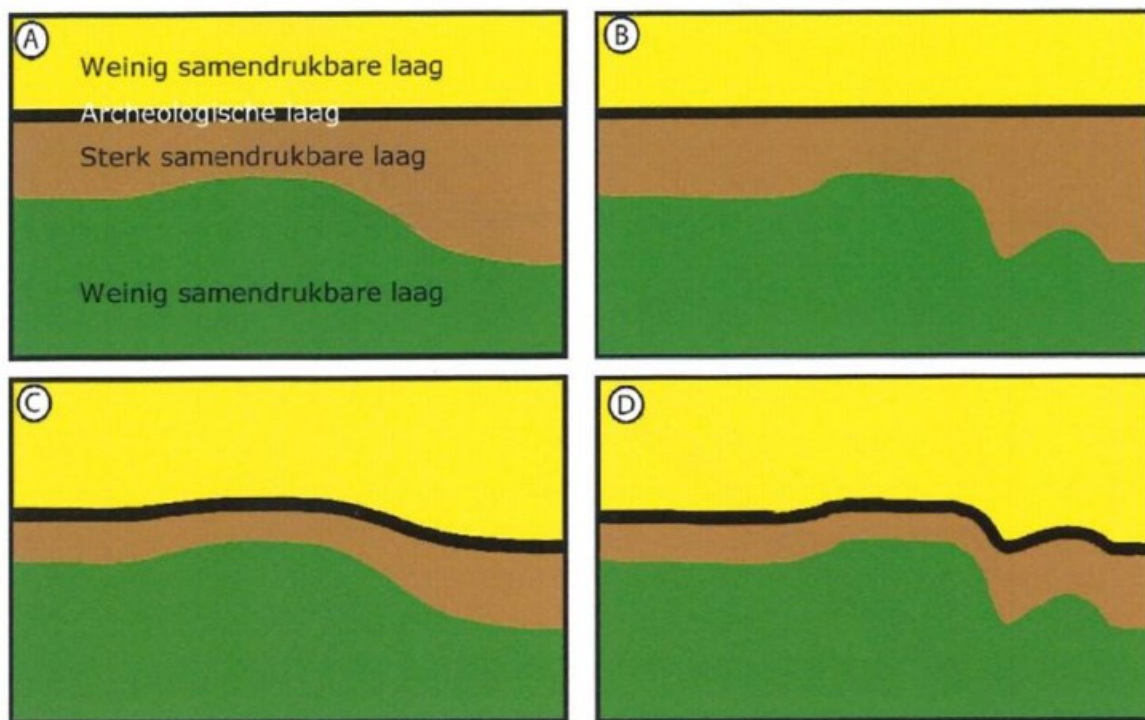


Afb 1. Vervorming als gevolg van compactie. Bron: Ten Anscher e.a. 2015, foto 25.

De grootste bedreiging speelt bij de *samendrukbare* archeologische bodemlagen (archeologische nederzettinglagen/afvallagen ingebed in slappe klei of in veen). Die kunnen vervormen als gevolg van ongelijke (differentiële) ophoging, bijvoorbeeld onder en nabij de randen van de ophoging – in het geval van het Binnendijks bedrijventerrein vooral aan de randen van de ophoging en teer hoogte van de steilranden naar de beekloop.

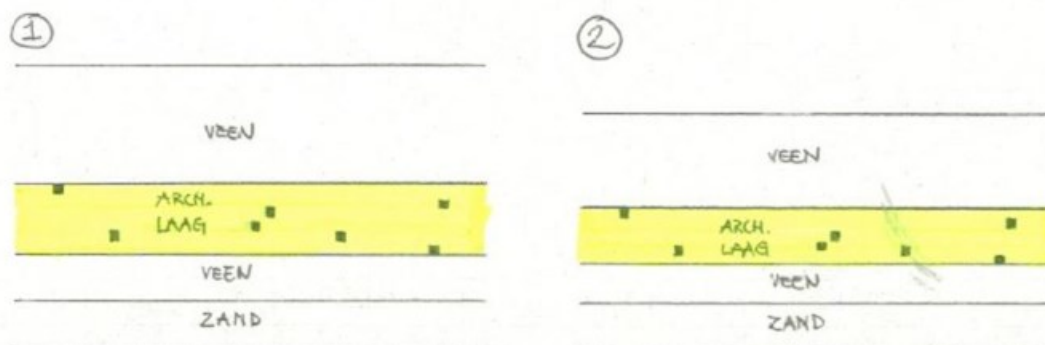
Eventuele grondsporen in zo'n samendrukbare archeologische laag kunnen in het uiterste geval zo vervormd worden, dat zij onherkenbaar worden. Omdat de vondsten in een vervormende laag mee verplaatst worden, blijft de oorspronkelijke vondstcontext over het algemeen wel bewaard.

Voor het Binnendijks bedrijventerrein geldt dat direct rond de dekzandkoppen, grenzend aan de beekloop, afvallagen in natte sedimenten, zij het over een beperkte lengte, niet uit te sluiten zijn. In de zones met Unioklei boven het Basisveen worden dergelijke samendrukbare archeologische lagen echter niet verwacht; in die zone gaat het "alleen" om in klei ingebedde objecten/structuren (fukken en visweren).



Afb. 2. Schematische weergaven van potentiële effecten van druk en zetting op onderliggende (archeologische) lagen bij ophoging met zand. A en B; beginsituaties; C en D na compressie van de meest zettingsgevoelige laag. Bron: Huisman e.a. 2011.

Wel is het zo dat de objecten hoger in een slappe lithologische eenheid (al dan niet in een archeologische laag) als gevolg van zetting dichtere komen te liggen op objecten die wat lager in diezelfde eenheid zitten. De zetting is in de top van een laag immers groter dan halverwege, of onder in die laag. De onderlinge afstanden gaan dus bij compactering onevenredig verkleinen, zie afb 3.



Afb 3. Schematische weergave van het effect van op een samendrukbare archeologische laag, tussen veenlagen. De veenpakketten en de archeologische laag compacteren, en de onderlinge afstand van de vondsten in de archeologische laag wordt kleiner, vergelijk de uitgangssituatie 1 met situatie 2, na zetting.

Dit proces kan tot een sluipend informatieverlies betreffende de depositievolgorde van afzonderlijke objecten leiden, al zal een hoger gedeponeerd object weliswaar steeds wat dichtere naar een wat lager object kunnen opschuiven, maar deze niet voorbijgaan, althans niet boven een min of meer vlakke, onsamendrukbare ondergrond, of bij de betrekkelijk geringe hellingshoeken in plangebied het plangebied (met aan de flanken van de dekzandruggen naar het beekdal, haaks op de strekking van de helling, een verval van maximaal circa 1,5 m per 10 m). In de praktijk is dit informatieverlies over het

algemeen een academische kwestie, omdat bij archeologische analyses alle objecten uit een herkenbare lithologische laag normaliter toch samengenomen worden; slechts hoogst zelden wordt gepoogd een chronologisch onderscheid te reconstrueren op basis van de relatieve hoogte van een artefact binnen een vondstlaag.

Voor objecten en zandige afvallagen (niet samendrukbaar) direct op het zand geldt sowieso dat het effect van de zetting verwaarloosbaar zal zijn. Voor hoger gelegen afvallagen, al dan niet zandig, boven een slappe laag, en voor "losse" objecten in de klei of het veen die niet aan een archeologische laag gebonden zijn, betekent de zetting niet dat individuele artefacten uit hun oorspronkelijke context geraken, in de zin dat een platliggende peddel in het veen hierdoor niet in een onderliggende kleilaag terecht zal komen, of een fuik in de klei in een veenlaag terecht zal komen. De archeologische context gaat dus niet verloren. Zou dat wel het geval zijn, dan is de logische consequentie dat bij de zetting in het verleden de archeologische informatiewaarde ook al (en in sterkere mate) aangetast zou moeten zijn, omdat dan ook al objecten uit hun oorspronkelijke context geraakt zouden moeten zijn.

Voor grotere structuren (viswieren) of objecten (kano's) zijn echter situaties denkbaar waarbij de oorspronkelijke relatie tussen object en grondlaag wel (deels) verstoord zou kunnen raken: "bijvoorbeeld als stevige antropogene resten voorkomen in een slappe laag, zoals [ingedreven] houten palen [...]. Compressie van dat slappe bodemmateriaal kan er dan toe leiden dat dat bodemmateriaal verplaatst ten opzichte van de steviger resten, en zelfs dat deze resten in de daarboven gelegen laag gaan steken" Willemse (2020, 74). Desondanks zal een oplettend archeoloog de oorspronkelijke context kunnen achterhalen. Voor fuiken is het bovengenoemde effect niet te verwachten, zij liggen in eerste instantie al horizontaal en door hun open vorm en de open ruimte binnen het vlechtwerk kan na inbedding in slap sediment de grond binnen de fuik onder druk gemakkelijk wijken. Daarom worden fuiken bijna altijd al in platgedrukte vorm aangetroffen. Diameter en constructiewijze zijn alsnog te bepalen.

5. Samenvatting, conclusie en advies

5.1 Samenvatting

Er zijn 6 boringen geanalyseerd op het effect van de beoogde ophoging van 0,7 – 0,9 m en een extra ophoging van 1,0 m. Deze boringen zijn gekozen met het oog op hun representativiteit voor de gebieden met een hoge archeologische verwachting (rivierduinen) en die met een middelhoge archeologische verwachting (gebieden met relatief dikke aaneengesloten pakketten Unio-klei; (mogelijke) indicatie voor de structurele aanwezigheid van open water). Bij de geselecteerde boringen zitten nadrukkelijk ook boringen waar de maximale zetting op zal treden die in het plangebied te verwachten is; daar waar het relevante archeologische niveau hoog zit en/of het archeologisch relevante niveau dik is. De boringen geven voldoende houvast om te kunnen generaliseren.

Nieuwe ophogingen met 0,7 – 0,9 m leiden op basis de berekeningen voor Zeeheldenwijk naar verwachting tot een geringe relatieve toename van de zetting: meestal onder de 2 %, en alleen incidenteel net boven de 5 %. Bij een ophoging met 0,7 – 0,9 m gaat het vaak om een samendrukking van rond de 6 - 10%.

Archeologisch relevant is bij de dekzandkoppen globaal de eerste meter boven het zand: binnen het 1 m-traject kunnen nog afvallagen voorkomen. Bij een ophoging van 0,7 – 0,9 m zal de maximale zetting (in de top) 11 ± 2 cm bedragen, en bij een ophoging met 1,0 m extra ophoging verdubbelen deze waarden: 22 ± 4 cm. Ligt de afval laag lager in dat archeologisch relevante traject, dan neemt de zetting navenant af: op ca. 50 cm boven het zand is die nog ongeveer de helft van de hierboven genoemde waarden en vlak boven het zand is de zetting verwaarloosbaar.

Voor de berekeningen is uitgegaan van een samendrukbaar potentieel archeologische niveau in de basis van het veen (onderste 15 cm) in de lagen Unio-klei, zowel direct op het dekzand gelegen als boven een veenlaag.

De zettingen in de potentiële vondstlagen direct op het dekzand bedragen 6 – 10 % ($0,9 - 4,0$ cm). Bij een extra ophoging verdubbelen deze zettingen.

De lagen Unio-klei boven het veen ondervinden een zetting ten opzichte van de huidige situatie van 8 – 10 % ($4 - 11$ cm), ook hier verdubbelen de waarden bij een extra ophoging met 1,0 m. Het verschil absolute zetting kan hier volkomen worden verklaard door de dikte van de Unio-klei.

Behalve zetting (verticale verplaatsing) treedt ook zijwaartse verplaatsing op. Die is altijd geringer dan de verticale zetting. De inschatting is dat deze geringer zal zijn van 10-15 cm, vanwege het dempende effect van de al aanwezige relatief stijve zandige Almere-afzettingen.

De impact van de geplande ophogingen is op zelfs de meest kwetsbare kleine vondstcategorie (verbrande viswervels) nihil. Wel kunnen eventueel aanwezige, in natte sedimenten ingebedde archeologische lagen (zoals afvallagen) samengeperst worden (tenzij die archeologische lagen sterk zandig zijn), met als gevolg dat de onderlinge afstand van de vondsten relatief kleiner wordt, een effect dat de vondsten hoger in de laag meer raakt dan vondsten lager in de laag. De archeologische lagen kunnen afhankelijk van hun specifieke setting en de morfologie van de vaste ondergrond in meer of mindere mate vervormen. Het hierbij optredende archeologische informatieverlies zal gering zijn, zeker vergeleken met het reeds opgetreden informatieverlies als gevolg van de natuurlijke zetting tot op heden.

Kleinere objecten blijven in hun oorspronkelijke context bewaard. Dat geldt ook voor objecten als peddels en fuiken; die laatste zijn vanwege hun aard doorgaans al platgedrukt. Specifieke grote objecten (kano's en visweren) kunnen als gevolg van de nieuwe zetting vervormen en eventueel breken. Zij kunnen, als een dergelijk object minder samendrukbaar is dan de grond waarin deze ingebed is, zelfs deels omringd raken door een aanvankelijk bovenliggend sediment. De oorspronkelijk context zal echter herkenbaar blijven en archeologisch informatieverlies is niet te verwachten.

5.2 Conclusie

De conclusie is dat de nieuwe zetting als gevolg van de geplande ophogingen binnen het plangebied Binnendijks bedrijventerrein al met al niet tot wezenlijk archeologisch informatieverlies leiden zal, en dat het optredende informatieverlies, voor zover daar als sprake van is, gering zal zijn ten opzichte van het reeds verloren gegane verlies aan archeologische informatie door de natuurlijke zetting die sinds de inpoldering is opgetreden.

5.3 Advies

Permanente ophogingen van 0,7- 0,9 m zullen overal nodig zijn. Vaak echter zal de zetting en de relatieve toename veel geringer zijn, omdat de afvallagen en te verwachten objecten/structuren in de klei dikwijls niet in de top van het archeologisch relevante traject zullen liggen.

Aangezien het te verwachten verlies aan informatie zeer beperkt is, worden ophogingen met 0,7 -0,9 m vanuit archeologisch oogpunt als acceptabel gezien. Daarom wordt geadviseerd dergelijke ophogingen zonder nader onderzoek te accepteren.

Geadviseerd wordt de tijdelijke gronddepots aan de randen van de beekloop te voorkomen. Ophogingen tot een maximale hoogte van 1,7 – 1,9 m zal geen ernstig informatie verlies opleveren. Tijdelijke hogere gronddepots zeker in de meest kwetsbare zones, te weten de flanken naar het beekdal. Dergelijke depots kunnen indien noodzakelijk het best worden aangelegd in het gebied ten zuiden van de beekloop.

In de gebieden met een Unio-klei boven het basisveen gaat het daarbij om een maximale toename van de zetting ten opzichte van de natuurlijke zetting met doorgaans 8-11 % of minder; een absolute zetting in de top van de Unio-klei die tussen de 4 - 22 cm zal bedragen, maar meestal minder zal zijn omdat de verwachte archeologische waarden (fuiken en visweren) eerder dieper in de Unio-klei aan te treffen zullen zijn dan in de top ervan. Geadviseerd wordt een dergelijke zetting te accepteren.

De op te brengen grond, ook ter plaatse van de tijdelijke depots, dient langzaam en gelijkmatig opgebracht te worden. Versnellen van de eindzetting, bijvoorbeeld middels verticale drainage, wordt sterk afgeraden. De grondwaterstand moet op het huidige peil blijven.

Insluiting van kleilagen in de ophogingspakketten moet vermeden worden om verblauwing tegen te gaan.

Literatuur

- Anscher, T.J. ten**, 2021: Plangebied Zeeheldenwijk te Urk, gemeente Urk. Archeologisch vooronderzoek: een inventariserend veldonderzoek (aanvullend verkennend onderzoek), RAAP-rapport 5188, Weesp.
- Anscher, T.J. ten et al.**, 2021: Plangebied Zeeheldenwijk, Urk, gemeente Urk: zettingsonderzoek. RAAP Adviesdocument 1205
- Kruining & J. van der Laan**, 2015: Het broekbos doorbroken. De laat-neolithische veenweg in het beekdal van de Slokkert, gemeente Noordenveld. Een archeologische opgraving. RAAP-rapport 2950, Weesp.
- Huisman, D.J., J. Bouwmeester, G. de Lange, Th. Van der Linden, G. Mauro, D. Ngan-Tillard, M. Groendendijk, T. de Ridder, C. van Rooijen, I. Roorda, D. Schmutzhart & R. Stoevelaar.**, 2011: De invloed van bouwwerkzaamheden op archeologische vindplaatsen, Amersfoort (webpublicatie Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed).
- Huizer, J.**, 2021: Binnendijsk bedrijventerrein (gemeente Urk); Een inventariserend veldonderzoek in de vorm van een verkennend booronderzoek. ADC-rapport 5483. ADC ArcheoProjecten, Amersfoort.
- Huisman, D.J. & D. Ngan-Tillard**, 2019: Archeologie onder druk. Is behoud in situ mogelijk onder ophogingen? Archeologie in Nederland 3 (1), 2-9.
- Willemse, N.**, 2020: Beschermd maar kwetsbaar. Fysieke bedreigingen van archeologische rijksmonumenten en maatregelen om ze te behouden. Nederlandse Archeologische Rapporten 67, Amersfoort.

Overzicht van figuren, tabellen, bijlagen

Figuren

- Afb 1. Locatiekaart plangebied Binnendijks bedrijventerrein met het fasering van het plangebied.
- Afb. 2. Overzicht van de geselecteerde boringen voor de zettingsanalyse met als ondergrond een interpolatie van het dekzandoppervlak.
- Afb 3. Relatie tussen ophoging en schade aan archeologisch materiaal. Boven: gekleurde banen: relatie tussen meters ophoging met verschillende grondsoorten/materialen. Midden: relatie ophoging en beperkte (witte balk) of ernstige (zwarte balk) schade aan kleine artefacten/ecofacten. Onder: druk van mens, dier en voertuigtype. Bron: Huisman & Ngan-Tillard 2019.
- Afb 4. Vervorming als gevolg van compactie. Bron: Ten Anscher e.a. 2015, foto 25.
- Afb. 5. Schematische weergaven van potentiële effecten van druk en zetting op onderliggende (archeologische) lagen bij ophoging met zand. A en B; beginsituaties; C en D na compressie van de meest zettingsgevoelige laag. Bron: Huisman e.a. 2011.
- Afb 6. Schematische weergave van het effect van op een samendrukbare archeologische laag, tussen veenlagen. De vee pakketten en de archeologische laag compacteren, en de onderlinge afstand van de vondsten in de archeologische laag wordt kleiner, vergelijk de uitgangssituatie 1 met situatie 2, na zetting.

Tabellen

- Tabel 1. De op zettingseffecten geanalyseerde boringen met enkele voor de selectie bepalende hoofdkenmerken (* vondslagen betreffen de potentiële archeologische niveaus in samendrukbare lagen; ** geen humeuze A-horizont in het dekzand, dus geen zetting).
- Tabel 2. De zetting veroorzaakt door ophoging op de samendrukbare potentiële archeologische lagen en de zetting die objecten/structuren in het Unio-kleipakket door ophoging ondervinden (rood gearceerd).

Bijlagen

- Bijlage 1. Zettingsberekeningen bij ophogingen beoogde ophoging en met 1,0 m extra

Boring 28											
Grondlagen (archeologische benaming)	Grondlagen (geotechnische benaming)	Bestaande situatie B.K. [m NAP]	Bestaande situatie O.K. [m NAP]	Ophoging = 0,75 m				Ophoging = 1,75 m			
				Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]	Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]
klei, uiterst siltig	klei, zwak siltig	-4,25	-4,55	-4,41	43	29%	3%	-4,61	90	27%	7%
zand, matig siltig		-4,55	-5,55								
veen, sterk kleiig	organische klei	-5,55	-6,75	-5,66	32	21%	3%	-5,81	76	22%	6%
veen, mineraalarm	veen	-6,75	-7,9	-6,83	65	44%	6%	-6,93	153	45%	13%
veen, mineraalarm		-7,90	-7,98	-7,91	5	3%	6%	-7,92	11	3%	14%
		-7,98	-8,05	-7,98	4	3%	5%	-7,99	9	3%	12%
onsamendrukbare laag	onsamendrukbare laag	-8,05	n.v.t.	-8,05	-	-	-	-8,05	-	-	-

Boring 53											
Grondlagen (archeologische benaming)	Grondlagen (geotechnische benaming)	Bestaande situatie B.K. [m NAP]	Bestaande situatie O.K. [m NAP]	Ophoging = 0,75 m				Ophoging = 1,75 m			
				Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]	Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]
klei, uiterst siltig	klei, zwak siltig	-4,34	-4,74	-4,68	26	8%	6%	-4,96	40	7%	10%
zand, matig siltig		-4,74	-5,34	-5,05	24	7%	4%	-5,32	40	7%	7%
veen, sterk kleiig	organische klei	-5,34	-6,74	-5,63	93	29%	7%	-5,87	172	29%	12%
veen, sterk kleiig	veen	-6,74	-7,84	-6,93	86	27%	8%	-7,09	162	28%	15%
veen, mineraalarm		-7,84	-8,89	-7,94	82	26%	8%	-8,02	151	26%	14%
veen, mineraalarm		-8,89	-8,97	-8,90	6	2%	8%	-8,91	11	2%	15%
veen, mineraalarm		-8,97	-9,04	-8,98	5	2%	7%	-8,98	10	2%	13%
onsamendrukbare laag	onsamendrukbare laag	-9,04	n.v.t.	-9,04	-	-	-	-9,04	-	-	-

Boring 221											
Grondlagen (archeologische benaming)	Grondlagen (geotechnische benaming)	Bestaande situatie B.K. [m NAP]	Bestaande situatie O.K. [m NAP]	Ophoging = 0,9 m				Ophoging = 1,9 m			
				Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]	Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]
klei, uiterst siltig	klei, zwak siltig	-4,34	-4,74	-4,76	30	7%	7%	-5,07	44	6%	11%
zand, matig siltig		-4,74	-5,04	-5,13	15	4%	5%	-5,43	25	4%	8%
veen, sterk kleiig	organische klei	-5,04	-6,29	-5,41	108	27%	9%	-5,70	190	27%	15%
veen, zwak kleiig	veen	-6,29	-7,34	-6,55	106	27%	10%	-6,75	189	27%	18%
veen, mineraalarm		-7,34	-8,34	-7,49	99	25%	10%	-7,60	178	26%	18%
klei, matig siltig		-8,34	-8,54	-8,38	20	5%	10%	-8,41	35	5%	18%
klei, matig siltig		-8,54	-8,74	-8,56	20	5%	10%	-8,58	35	5%	18%
onsamendrukbare laag	onsamendrukbare laag	-8,74	n.v.t.	-8,74	-	-	-	-8,74	-	-	-

Boring 222											
Grondlagen (archeologische benaming)	Grondlagen (geotechnische benaming)	Bestaande situatie B.K. [m NAP]	Bestaande situatie O.K. [m NAP]	Ophoging = 0,9 m				Ophoging = 1,9 m			
				Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]	Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]
klei, uiterst siltig	klei, zwak siltig	-4,39	-4,69	-5,04	26	4%	9%	-5,48	36	3%	12%
zand, matig siltig		-4,69	-5,14	-5,32	26	4%	6%	-5,75	41	4%	9%
veen, sterk kleiig	organische klei	-5,14	-7,99	-5,74	257	41%	9%	-6,15	434	41%	15%
veen, mineraalarm / zwak kleiig	veen	-7,99	-9,99	-8,32	205	33%	10%	-8,55	350	33%	17%
klei, matig siltig		-9,99	-10,19	-10,10	20	3%	10%	-10,19	35	3%	17%
klei, matig siltig		-10,19	-10,39	-10,28	20	3%	10%	-10,35	35	3%	17%
veen, mineraalarm		-10,39	-10,94	-10,46	54	9%	10%	-10,51	94	9%	17%
veen, mineraalarm		-10,94	-11,02	-10,96	8	1%	11%	-10,97	14	1%	18%
veen, mineraalarm		-11,02	-11,09	-11,03	7	1%	9%	-11,03	12	1%	16%
onsamendrukbare laag	onsamendrukbare laag	-11,09	n.v.t.	-11,09	-	-	-	-11,09	-	-	-

Boring 564											
		Ophoging = 0,7 m						Ophoging = 1,7 m			
Grondlagen (archeologische benaming)	Grondlagen (geotechnische benaming)	Bestaande situatie B.K. [m NAP]	Bestaande situatie O.K. [m NAP]	Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]	Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]
klei, uiterst siltig	klei, zwak siltig	-4,53	-4,88	-5,02	24	5%	7%	-5,53	40	4%	11%
zand, matig siltig		-4,88	-5,23	-5,35	16	3%	5%	-5,84	30	3%	9%
veen, sterk kleiig	organische klei	-5,23	-7,63	-5,68	176	38%	7%	-6,16	361	38%	15%
veen, mineraalarm	veen	-7,63	-8,83	-7,89	102	22%	8%	-8,18	212	22%	18%
klei, matig siltig		-8,83	-9,48	-8,99	54	12%	8%	-9,15	113	12%	17%
klei, matig siltig		-9,48	-10,13	-9,58	54	12%	8%	-9,69	111	12%	17%
veen, mineraalarm		-10,13	-10,48	-10,17	29	6%	8%	-10,22	59	6%	17%
veen, mineraalarm		-10,48	-10,56	-10,49	6	1%	9%	-10,51	14	1%	18%
veen, mineraalarm		-10,56	-10,63	-10,57	6	1%	7%	-10,57	12	1%	15%
onsamendrukbare laag	onsamendrukbare laag	-10,63	n.v.t.	-10,63	-	-	-	-10,63	-	-	-

Boring 565											
		Ophoging = 0,7 m						Ophoging = 1,7 m			
Grondlagen (archeologische benaming)	Grondlagen (geotechnische benaming)	Bestaande situatie B.K. [m NAP]	Bestaande situatie O.K. [m NAP]	Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]	Eind situatie B.K. [m NAP]	Zetting per laag [mm]	Zetting per laag [% totaal]	Rek per laag [%]
klei, uiterst siltig	klei, zwak siltig	-4,47	-4,87	-4,80	25	8%	6%	-5,16	42	6%	11%
zand, matig siltig		-4,87	-5,07	-5,18	8	3%	4%	-5,52	16	2%	8%
veen, sterk kleiig	organische klei	-5,07	-7,07	-5,37	136	43%	7%	-5,70	286	43%	14%
veen, mineraalarm	veen	-7,07	-8,57	-7,22	117	37%	8%	-7,40	254	38%	17%
klei, matig siltig		-8,57	-8,77	-8,60	16	5%	8%	-8,64	33	5%	17%
klei, matig siltig		-8,77	-8,97	-8,79	15	5%	8%	-8,80	33	5%	16%
onsamendrukbare laag	onsamendrukbare laag	-8,97	n.v.t.	-8,97	-	-	-	-8,97	-	-	-