



Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en
Wetenschap

Handreiking Archeologievriendelijk bouwen

Inhoudsopgave

Handreikingen om archeologievriendelijk te bouwen	3
Handreiking	
Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen	5
Praktijkvoorbeeld	
Dokkum, gemeente Dongeradeel	11
Handreiking	
Ontgravingen in een archeologievriendelijk bouwplan	15
Praktijkvoorbeeld	
Anjum: gemeente Dongeradeel	19
Handreiking	
Paalfundering in een archeologievriendelijk bouwplan	23
Praktijkvoorbeeld	
De Meern: gemeente Utrecht	29
Handreiking	
Fundering op staal in een archeologievriendelijk bouwplan	33
Praktijkvoorbeeld	
Vechten: gemeente Bunnik	38
Handreiking	
Belasten van de bodem in een archeologievriendelijk bouwplan	42
Procesbeschrijving Archeologievriendelijk bouwplan	48
Checklist Archeologievriendelijk bouwplan	50
Publicaties	51

Handreikingen om archeologievriendelijk te bouwen

In plangebieden waar gebouwd gaat worden, kunnen archeologische vindplaatsen liggen die het beschermen waard zijn. Waardevolle vindplaatsen worden bij voorkeur in de bodem beschermd in plaats van opgegraven. De gedachte daarachter is dat archeologen in de toekomst met nieuwe technieken en nieuwe onderzoeksvragen meer informatie uit het bodemarchief kunnen halen. Daarom is het handig over informatie te beschikken die bouwen op een vindplaats mogelijk maakt zonder archeologische resten te beschadigen, zodat die in de toekomst onderzocht kunnen worden.

De brochure Handreiking archeologievriendelijk bouwen beoogt een praktisch hulpmiddel te zijn bij het opstellen en beoordelen van archeologievriendelijke bouwplannen. De brochure is opgesteld om kennis over en ervaring met archeologievriendelijke bouwplannen beschikbaar te stellen aan alle partijen die in de gemeentelijke praktijk met bouwplannen te maken krijgen. Onderzoek van het Convent van Gemeentelijk Archeologen (CGA) wees uit dat archeologen behoefte hebben aan meer kennis, richtlijnen en praktijkvoorbeelden op dit gebied (Caspers e.a., 2011). De brochure is dan ook bestemd voor verschillende doelgroepen: gemeenten, initiatiefnemers van bouwplannen, hun opdrachtnemers en hun adviseurs, zoals archeologen, architecten, constructeurs en bouwbedrijven.

De brochure bestaat uit een vijftal handreikingen, vier praktijkvoorbeelden van gerealiseerde archeologievriendelijke bouwplannen, een procesbeschrijving, een checklist en een overzicht van publicaties.

Maatwerk levert meerwaarde

Bouwen en tegelijkertijd het bodemarchief behouden is een bijzondere opgave: het vereist niet alleen specialistische kennis. Zeker zo belangrijk zijn een creatieve geest en de bereidheid om vertrouwde paden te verlaten en op zoek te gaan naar minder voor de handliggende oplossingen. Een archeologievriendelijk bouwplan betekent namelijk altijd maatwerk.

Specialistische kennis is onmisbaar bij de realisatie van een archeologievriendelijk bouwplan. Daarom worden initiatiefnemers en gemeenten geadviseerd ervoor te zorgen dat de architect, de constructeur én de archeoloog al vanaf de voorbereidende planfase samen optrekken bij de totstandkoming en uitvoering van een archeologievriendelijk bouwplan.

De praktijk wijst uit dat die samenwerking goede resultaten oplevert. De praktijkvoorbeelden – interviews met architecten en een projectleider – tonen aan dat archeologievriendelijke aanpassingen technisch mogelijk zijn en het bouwplan niet duurder hoeven te maken. Een dergelijk bouwplan kan zelfs besparingen opleveren, bijvoorbeeld omdat kostbare opgravingen voorkomen kunnen worden of omdat bouwconstructies lichter worden uitgevoerd, waardoor zware funderingen achterwege kunnen blijven.

Daarnaast kan archeologie ook een meerwaarde voor het bouwplan opleveren die niet direct in geld is uit te drukken. Bijzondere constructiewijzen en verwijzingen naar het verleden in de vormgeving kunnen het gebouw karakter en identiteit geven, waardoor het aantrekkelijker wordt om erin te wonen of werken. Door behoud van het bodemarchief wordt de plaats en het bouwwerk dus interessanter.

Vijf handreikingen

In 2015 heeft een werkgroep van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) in samenwerking met adviesbureau RAAP vijf verschillende handreikingen over archeologievriendelijk bouwen opgesteld: één handreiking met de algemene uitgangspunten van archeologievriendelijk bouwen en vier specifieke handreikingen die betrekking hebben op de meest voorkomende en (potentieel) schadelijke ingrepen:

- > Ontgravingen
- > Paalfunderingen
- > Funderingen op staal
- > Belasten van de bodem

In de specifieke handreikingen staan voor de betreffende ingreep de uitgangspunten waaraan een archeologievriendelijk bouwplan behoort te voldoen, beoordelingscriteria en diverse oplossingen om een bouwplan archeologievriendelijk(er) te maken. Deze handreikingen zijn voorzien van veel achtergrondinformatie.

Conceptversies van de handreikingen zijn besproken met archeologen werkzaam bij de RCE, gemeenten, provinciale steunpunten en een omgevingsdienst. Vervolgens zijn ze voorgelegd aan een externe klankbordgroep bestaande uit uiteenlopende deskundigen die beroepshalve betrokken zijn bij bouwprojecten. Dat is aanleiding geweest voor enkele aanpassingen.

In de handreikingen worden geen generieke uitspraken gedaan over wat maximaal toelaatbaar is aan verstoringen op vindplaatsen. Afgezien van de (wetenschappelijke) vraag of een dergelijke generieke uitspraak mogelijk is, is de reden daarvoor dat de handreikingen rekening houden met de gemeentelijke bevoegdheid ten aanzien van archeologie. Dat houdt in dat elke gemeente op basis van haar archeologiebeleid bepaalt of en onder welke voorwaarden het bouwen op archeologische vindplaatsen toegestaan wordt. Wat voor de ene gemeente een aanvaardbare verstoring van de vindplaats is, kan voor een andere gemeente onacceptabel zijn.

De handreikingen in deze brochure zijn vanuit het perspectief van archeologische monumentenzorg geschreven. Ze zijn niet bindend, maar kunnen worden opgevat als aanbevelingen die de huidige kennis en ervaring op het gebied van archeologievriendelijk bouwen weergeven. Met deze handreikingen wil de RCE bijdragen aan de totstandkoming van landelijke richtlijnen op het gebied van archeologievriendelijk bouwen.



*Handreiking
Algemene
uitgangspunten
archeologievriendelijk
bouwen*

Handreiking Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen

Archeologische vindplaatsen worden bij voorkeur beschermd in plaats van opgegraven. De bescherming van waardevolle vindplaatsen heeft onder meer als doel om ze in de toekomst te kunnen onderzoeken met nieuwe technieken én nieuwe onderzoeksvragen.

In gebieden waar gebouwd mag worden, kunnen archeologische vindplaatsen voorkomen die het beschermen waard zijn. In die situaties is het handig over informatie te beschikken die het bouwen op een vindplaats mogelijk maakt zonder die te beschadigen. Voor dat doel is een aantal praktische handreikingen opgesteld die gemeenten, hun adviseurs, de initiatiefnemers van bouwplannen en hun opdrachtnemers kunnen gebruiken bij het opstellen van een archeologievriendelijk bouwplan.

Wat is een archeologievriendelijk bouwplan?

Een archeologievriendelijk bouwplan houdt rekening met het aanwezige bodemarchief zodat de archeologische vindplaats niet verstoord wordt en behouden kan blijven. Een archeologievriendelijk bouwplan dient daarbij drie doelen:

1. Het voorkomen dan wel beperken van schade aan het bodemarchief als gevolg van het bouwproces en bouwresultaat.
2. Het bodemarchief zo toegankelijk mogelijk houden voor toekomstig archeologisch onderzoek.
3. Het voorkomen dan wel beperken van schade aan het bodemarchief als gevolg van vervanging en sloop van een bouwwerk.

Uitgangspunt bij de ontwikkeling van een archeologievriendelijk bouwplan is om schadelijke (bodem)ingrepen zoveel mogelijk te voorkomen. Het ideale resultaat is een duurzaam bouwontwerp dat met een minimum aan schadelijke bodemingrepen gerealiseerd wordt, dat weer sloopbaar is zonder schade aan de vindplaats aan te richten en waarvan de funderingen zo mogelijk geschikt zijn voor hergebruik.

Specialistische kennis is onontbeerlijk om een archeologievriendelijk bouwplan op te stellen en te kunnen beoordelen. Daarom wordt geadviseerd altijd archeologische, bouwtechnische en architectonische deskundigen in te schakelen.

Wanneer is een archeologievriendelijk bouwplan wenselijk?

Het is raadzaam rekening te houden met archeologie als:

- > In het bestemmingsplan bebouwing is toegestaan en er sprake is van een dubbelbestemming archeologie, en
- > Archeologisch onderzoek (bureau- of veldonderzoek) uitwijst dat in het plangebied een waardevolle archeologische vindplaats ligt, en
- > De gemeente of initiatiefnemer die archeologische vindplaats in de bodem wil behouden.

De gemeente is op grond van bepalingen in het bestemmingsplan bevoegd voorschriften te verbinden aan de realisatie van

bouwplannen. De Erfgoedwet, Monumentenwet 1988, de WABO en de BOR bieden daarvoor de juridische grondslag. In de nabije toekomst zal dat de Omgevingswet zijn. Naast het overleggen van een archeologisch rapport kan de gemeente in de benodigde omgevingsvergunning de initiatiefnemer verplichten tot archeologisch onderzoek of het treffen van maatregelen om schade aan een vindplaats te voorkomen. Een archeologievriendelijk bouwplan is een goed voorbeeld van zo'n maatregel.

Wanneer is er sprake van schade?

Het bodemarchief bestaat uit vondsten, grondsporen en lagen. Deze dragers van informatie en de samenhang daartussen vormen een belangrijke kennisbron over het verleden. Als de herkenbaarheid van die informatiedragers, hun betekenis of onderlinge samenhang verloren gaat, treedt informatieverlies op. Een bouwplan is schadelijk als bouwgerelateerde ingrepen informatieverlies veroorzaken waardoor de vindplaats als kennisbron (deels) verloren gaat.

Welke bouwgerelateerde ingrepen kunnen schadelijk zijn?

Gedurende het bouwproces, tijdens het bouwrijp maken en de feitelijke bouw, maar ook ná de bouw als het bouwterrein wordt ingericht, vinden diverse ingrepen plaats die een risico vormen voor een archeologische vindplaats. De meest voorkomende en schadelijke ingrepen zijn:

- > Ontgravingen: graven van bouwputten of sleuven, grondverbetering, aanleg van bestrating, watergangen en beplanting.
- > Doorboringen: inbrengen van funderingspalen, grouten en plaatsen van damwanden.
- > Belasting van de bodem: ophogen van het maaiveld, funderen op staal.
- > Onttrekking grondwater: (verticale) drainage, grondwaterpeilverlaging.

De eerste twee ingrepen zijn fysieke bodemverstoringen die de vindplaats rechtstreeks aantasten. De laatste twee ingrepen tasten de archeologische resten niet rechtstreeks, maar indirect en geleidelijk aan. Bij de meeste bouwplannen komen combinaties van deze ingrepen voor. Planaanpassing gericht op het voorkomen of beperken van schade door dergelijke ingrepen kunnen een vindplaats het meest ontzien.

Daarom zijn specifieke handreikingen opgesteld voor de volgende ingrepen:

- > Ontgravingen
- > Paalfundering
- > Fundering op staal
- > Belasten van de bodem

Bij grote bouwprojecten leidt verkaveling van het plangebied in meer bouwkavels tot versnippering van de vindplaats, met minder gunstige mogelijkheden voor toekomstig onderzoek tot gevolg. Onderzoek van de gehele vindplaats kan niet meer gelijktijdig plaatsvinden, waardoor dit onderzoek minder kenniswinst kan opleveren.

Welke vindplaatsen zijn kwetsbaar voor bouwgerelateerde ingrepen?

Of een ingreep schadelijk is hangt af van bodemkundige en archeologische eigenschappen van de vindplaats. Die eigenschappen (kenmerken) vormen een indicatie voor de kwetsbaarheid van een vindplaats voor bepaalde bouwgerelateerde ingrepen.

De grootste risico's op schade lopen vindplaatsen die gekenmerkt worden door:

- > Een ondiepe ligging t.o.v. het maaiveld: hoe ondieper, des te kwetsbaarder.
- > Een zettingsgevoelige bodem: slappe (klei- of veen)bodems met samendrukbare archeologische lagen, constructies, sporen en vondsten.
- > Een hoge vondst-/spoordichtheid: concentraties van vondsten en/of sporen, ofwel horizontaal (in het vlak), dan wel verticaal (in dikke archeologische lagen of sporen).
- > Onverkoolde organische resten zoals hout, textiel, leer, bot en zaden.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van bouwgerelateerde ingrepen, de effecten daarvan op de bodem en de kenmerken van vindplaatsen die kwetsbaar zijn voor die specifieke ingrepen.

Ingrep	Effect op bodem	Kenmerken kwetsbare vindplaats
I. Bouwrijp maken		
Verwijderen kabels, leidingen, verhardingen, funderingen en ondergrondse delen bouwwerk	ontgraving	ondiepe ligging archeologische resten
Grondverbetering: verwijderen losse bovenlaag	ontgraving	ondiepe ligging archeologische resten
Grondverbetering: verdichten grond (trillen of walsen)	samendrukking en fragmentatie/breuk	ondiepe ligging archeologische resten
Ophogen maaiveld	(ongelijke) zetting en vervormingen	zettingsgevoelig
Onttrekken grondwater: peilverlaging	verdroging/oxidatie	onverkoolde organische resten
	samendrukking (klink)	zettingsgevoelig
Onttrekken grondwater: verticale drainage	doorboring/perforatie	hoge vondst-/spoordichtheid
Aanleg sleuven, kabels, leidingen en riolering	ontgraving	ondiepe ligging archeologische resten
II. Bouwen		
Aanleg bouwput, kelders, souterrains, kruipruimten	ontgraving	ondiepe ligging archeologische resten
Plaatsen damwanden (en grouten)	doorboring	hoge vondst-/spoordichtheid
	vervormingen	zettingsgevoelig met grote constructies
Aanleg fundering op staal	ontgraving	ondiepe ligging archeologische resten
	(ongelijke) zetting en vervormingen	zettingsgevoelig
Paalfundering	doorboring	hoge vondst-/spoordichtheid
	vervormingen	zettingsgevoelig met grote constructies
III. Inrichten plangebied		
Aanleg groenvoorziening	ontgraving	ondiepe ligging archeologische resten
	doorworteling	
Aanleg sloten, vijvers	ontgraving	ondiepe ligging archeologische resten
Aanleg verhardingen	ontgraving	ondiepe ligging archeologische resten

Tabel 1. Overzicht van ingrepen, effecten en kenmerken kwetsbare vindplaatsen

Welke gegevens zijn nodig voor de beoordeling van een bouwplan?

Er moet voldoende informatie over de vindplaats en het bouwplan beschikbaar zijn om te kunnen beoordelen in hoeverre het bouwplan schadelijk is en een risico vormt voor de archeologische vindplaats. Voor zo'n risico-inventarisatie zijn – afhankelijk van bouwplan, type bodem en vindplaats – meer of minder gegevens nodig.

Over de vindplaats:

- > NAP-hoogte maaiveld
- > Diepteligging (cm-maaiveld) bovenkant/top archeologische resten
- > Type vindplaats (complextype)
- > Locatie en oppervlakte (m²) vindplaats in het plangebied
- > Bodemopbouw (bodemprofiel, bodemsamenstelling, dikte archeologische laag)
- > Diepteligging (cm-maaiveld) onverkoold organisch materiaal (indien aanwezig)
- > Grondwaterpeil of oxidatie-/reductiegrens (cm-maaiveld)
- > Locatie, omvang en diepte van bodemverstoringen (indien aanwezig)

Over het bouwplan:

- > Locatie, omvang (lxb) en oppervlakte (m²) plangebied
- > Aantal bouw kavels, bouwwerken en hun bouw massa's
- > Locatie, omvang (lxb) en aanlegdiepte (cm-maaiveld) bouwwerk(en), fundering en bouwput (indien gepland)
- > Funderingsplan/palenplan
- > Bij paalfundering: type paal, paaloppervlakte, aantal palen
- > Bij fundering op staal: strokenfundering of plaatfundering
- > Locatie, omvang (lxb) en aanlegdiepte (cm-maaiveld) van sleuven voor kabels, leidingen en rioleringen
- > Grondwaterpeil tijdens en na de bouw
- > Belastbaarheid/zettingsgevoeligheid bodem
- > Dikte ophogingspakket (cm t.o.v. maaiveld indien gepland)

Over het inrichtingsplan:

- > Locatie, omvang (lxb) en aanlegdiepte (cm-maaiveld) van watergangen
- > Locatie, omvang (lxb) en aanlegdiepte (cm-maaiveld) van bomen/struiken
- > Locatie, omvang (lxb) en aanlegdiepte (cm-maaiveld) van verhardingen

Voor een beoordeling van een bouwplan en de mogelijkheid van planaanpassing is archeologische, bouwtechnische en architectonische deskundigheid onmisbaar. Zo nodig wordt aanvullende informatie opgevraagd bij de initiatiefnemer.

Aan de hand van de gegevens over het bouwplan en de vindplaats kan met behulp van de in de handreikingen genoemde beoordelingscriteria worden nagegaan welke ingrepen aanpassing behoeven. Belangrijk is dat een integrale beoordeling plaatsvindt van alle bodemingrepen die verband houden met de realisatie van het bouwplan.

Hoe wordt een bouwplan op archeologievriendelijkheid beoordeeld?

Afbeelding 1 geeft schematisch weer hoe een bouwplan stapsgewijs op het aspect archeologie beoordeeld kan worden. Allereerst wordt nagegaan of de vindplaats uitgespaard kan worden in het plangebied. Dit heeft de voorkeur aangezien er in dat geval niet op de vindplaats wordt gebouwd en er dus geen bodemverstoring ingrepen plaatsvinden. De mogelijkheden van uitsparing zijn afhankelijk van de bouwopgave, de grootte van het plangebied en de vindplaats. Hoe groter het plangebied en kleiner de vindplaats, des te meer mogelijkheden er zijn.

Als uitsparing niet mogelijk is en de vindplaats door bouw ingrepen wordt aangetast, zal naar oplossingen gezocht moeten worden om het bouwplan archeologievriendelijk te maken. Dit betekent maatwerk, want de meest geschikte oplossing is afhankelijk van het type vindplaats, de plaatselijke bodemeigenschappen en het te realiseren bouwwerk. De handreikingen zijn een praktisch hulpmiddel bij die zoektocht: er worden oplossingen aangereikt waarmee schade aan het bodemarchief kan worden beperkt.

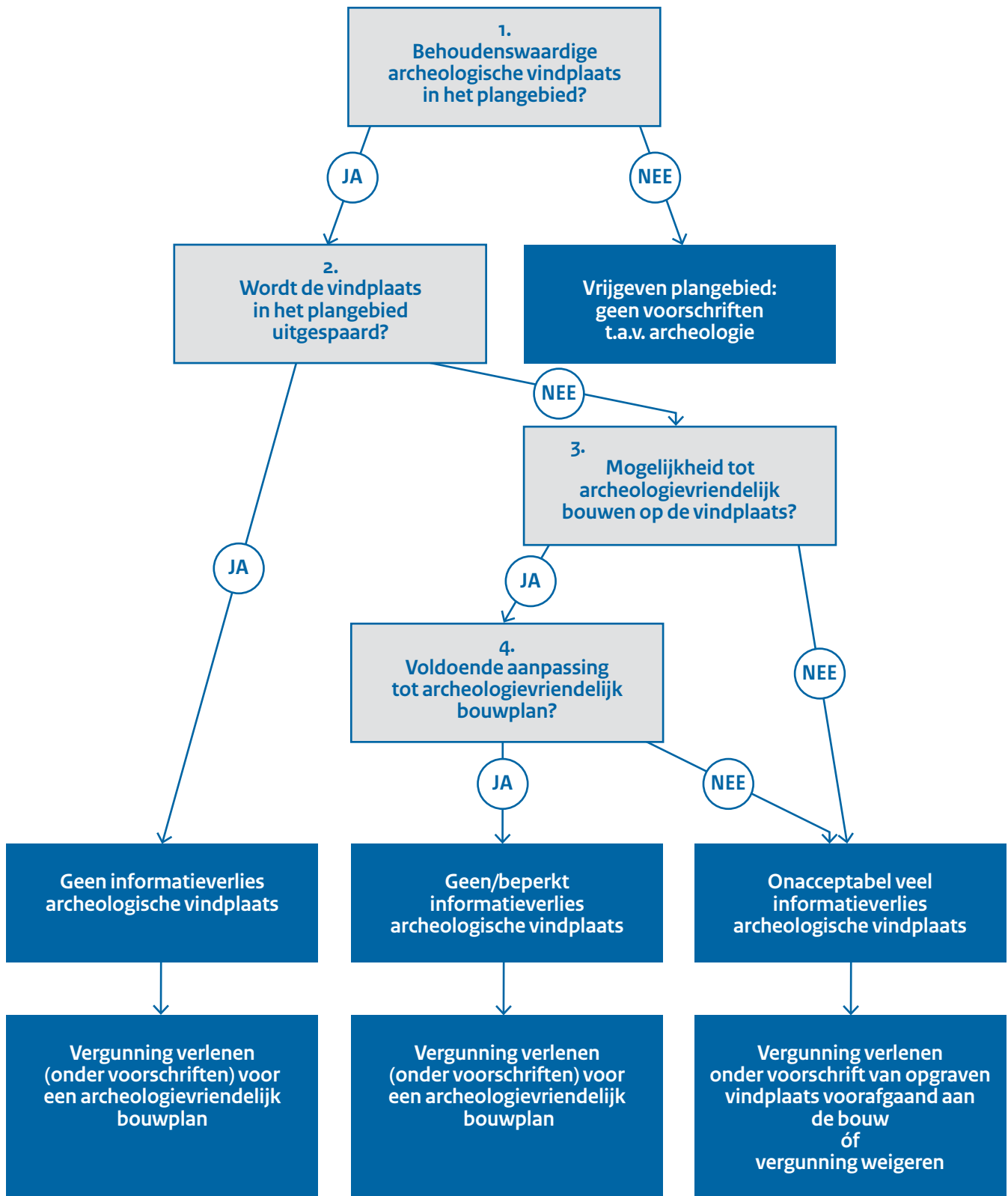
De gemeente bepaalt als vergunningverlenende overheid of een bouwplan voldoende is aangepast en archeologievriendelijk is. De gemeente kan in de omgevingsvergunning voorschriften opnemen over de wijze waarop de bouwwerkzaamheden uitgevoerd worden. Het kan bijvoorbeeld nodig zijn om risicovolle bouw ingrepen tijdens de uitvoering archeologisch te laten begeleiden of als een (klein) deel van de vindplaats wordt verstoord, die voorafgaand aan de bouw archeologisch te laten onderzoeken. Er zijn situaties denkbaar waarin planaanpassing niet of onvoldoende mogelijk is en het bodemarchief te ernstig wordt verstoord. Dat kan te maken hebben met de specifieke bouwopgave (bebouwingsdichtheid, bouwvolume, bouwconstructie), de bodemgesteldheid of met de bijzondere aard van de vindplaats. Voorbeelden zijn vindplaatsen waar de archeologische resten pal onder het oppervlak liggen of zichtbaar boven het maaiveld uitsteken, vindplaatsen met menselijke begravingen of kleine vindplaatsen die grotendeels verstoord worden door grondwerkzaamheden.

Als het bouwplan naar het oordeel van de gemeente te schadelijk is of onvoldoende aangepast kan worden, kan besloten worden de vindplaats voorafgaand aan de bouw op te graven.

Nazorg

Elk bouwwerk heeft een levenscyclus: het wordt op enig moment weer gesloopt en vervangen door iets nieuws. Tot dat moment wordt het gebruikt, onderhouden, gerepareerd of mogelijk deels vervangen. Om de vindplaats ook in de toekomst te kunnen behouden, is het belangrijk dat de gemeente relevante informatie over de vindplaats en het bouwplan archiveert:

1. Het volledige vindplaatsdossier.
2. Het volledige bouwplan, inclusief het funderingsplan.
3. Documentatie van de bouw zoals uitgevoerd.
4. De resultaten van uitgevoerd zettingsonderzoek.
5. Technische gegevens over de funderingen ten behoeve van hergebruik.



Afbeelding 1. Beoordeling bouwplan op het aspect archeologie



*Praktijkvoorbeeld
Dokkum,
gemeente
Dongeradeel*

Interview met: Silvester Adema (1968), architect studeerde in 1994 af aan de TU Delft. Hij is eigenaar van Adema Architecten in Dokkum.

Locatie: De Markt, Dokkum, gemeente Dongeradeel

Monument: Terp met overblijfselen van houten, tuf- en bakstenen gedachteniskerken voor Bonifatius en resten van een Norbertijner abdij uit de 12de eeuw met bijbehorende begravingen uit de 8ste tot en met de 19de eeuw.

Archeologie: De archeologische resten bevinden zich direct onder het maaiveld.

Bestemming (voor en na ingreep): Centrumvoorzieningen (o.a. wonen, detailhandel) en dubbelbestemming archeologisch waardevol gebied.

Voorbeeld van archeologievriendelijk bouwen: Vanwege de reductie van het aantal heipalen door toepassing van zwaardere palen en zwaardere funderingsbalken, en een flexibel palenplan.

‘Uiteindelijk is alles prima gelukt’

De oostgevel van de Markt, ten noorden van de Maartenskerk, bestond voor een deel uit een rij bouwvallige huizen tussen de markt en de straat Op de Fetze. Het was voor de eigenaren lastig om ze te verkopen. Ook het college van Burgemeester en Wethouders wilde af van deze ‘rotte kies’ aan de Markt. Woningbouwvereniging WoonFriesland werd bereid gevonden in deze centraal in de stad gelegen locatie te investeren. De nieuwbouw moest plaats bieden aan een aantal appartementen met op de begane grond winkelruimte. De totale omvang van het bouwblok is ongeveer 22 x 24 meter.

Silvester Adema legt uit hoe met de archeologie op de Dokkumer Markt is omgegaan. ‘De nieuwbouw is gedeeltelijk op het archeologische rijksmonument, maar grotendeels op een terrein van hoge archeologische waarde verzezen. We hadden dus te maken met twee vergunningverlenende overheden, de Rijksdienst voor Archeologie, Cultuurlandschap en Monumenten (tegenwoordig de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed) en de gemeente Dongeradeel. We wisten vanaf het begin dat er archeologische waarden in het geding waren en hebben daarom eerst uitgezocht of het niet beter was om op staal te bouwen. Maar dat bleek met de beoogde bouwmassa constructief niet mogelijk.’

Een palenplan was daarom noodzakelijk. Aanvankelijk was er een gewoon rechthoekig palenplan, dat geen rekening hield met de eventuele archeologische resten. In overleg met de gemeente Dokkum, de provinciaal archeoloog en de rijksdienst bleek dat zo’n palenplan op deze plaats niet wenselijk was. Vandaar dat het aantal palen fors is gereduceerd.

Adema: ‘Dat had wel tot gevolg dat zowel de funderingspalen als de betonnen balken die ten behoeve van de vloeren op de palen werden gelegd, zwaarder moesten worden uitgevoerd.’

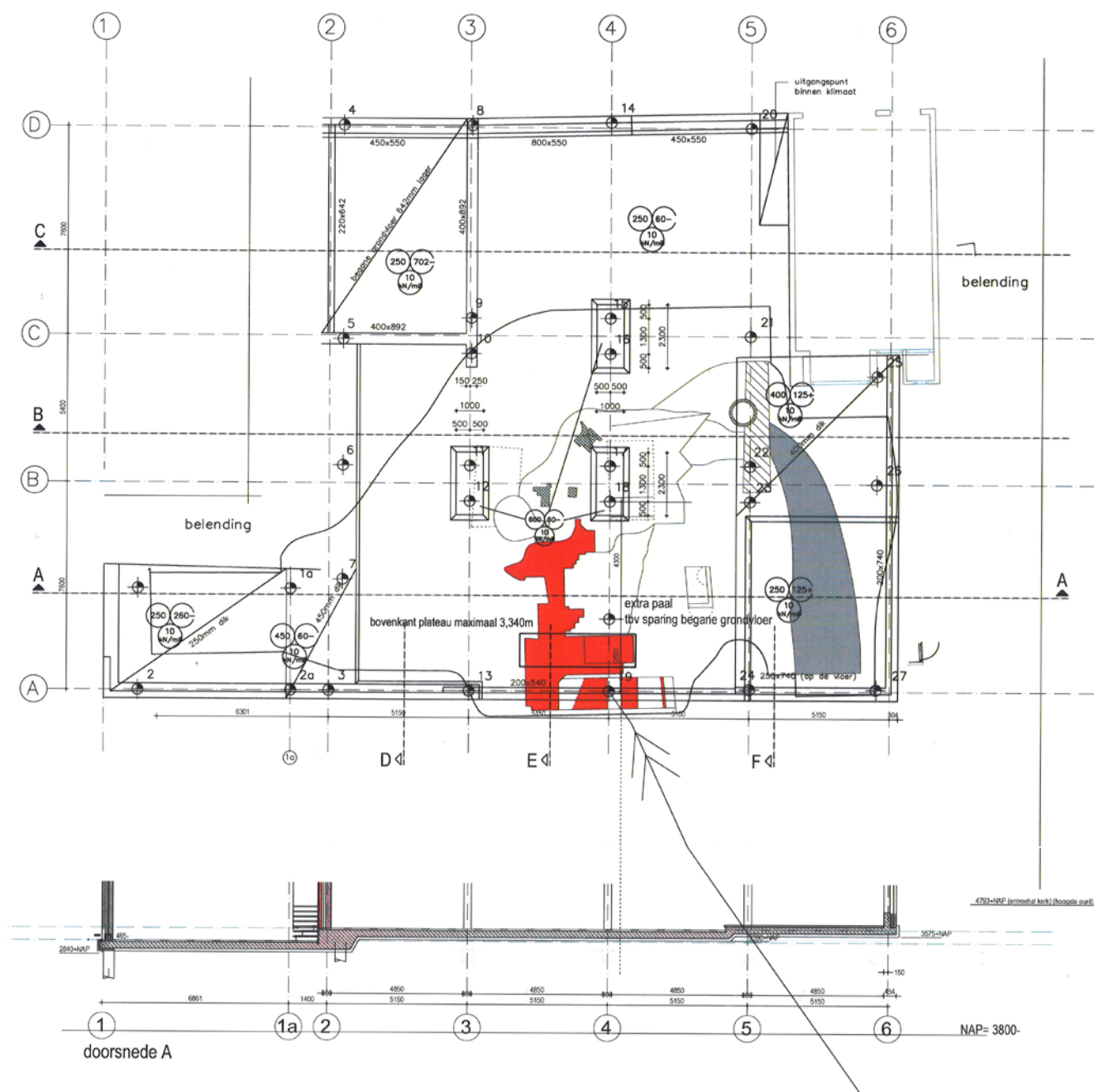
Om voldoende hoogte te bieden aan dikkere betonnen balken, moest de bodem in de westelijke helft van het bouwterrein zo’n zestig centimeter worden uitgediept. Omdat al op geringe diepte archeologische resten werden verwacht, is zowel aan de gemeentelijke bouwvergunning als aan de monumentenvergunning als voorwaarde gesteld dat – voorafgaande aan de bouw – archeologisch onderzoek moest worden gedaan. Ook moest het palenplan na afloop van het archeologisch onderzoek vastgesteld worden. Om zo eventuele archeologische resten te sparen door de palen juist op die plekken te slaan waar ze minder of geen kwaad konden doen.’

Bij dit onderzoek, dat bestond uit de aanleg van twee haaks op elkaar staande proefsleuven, was het al snel raak. De archeologen stuitten op begravingen (twee daarvan wellicht uit de 13de eeuw), bouwpuin en scherven aardewerk uit de periode 1400-1800. Spectaculair was de ontdekking van een middeleeuws bakstenen gebouw met de resten van een rijke mozaïekvloer. Gezien de ligging daarvan op de lengteas van de al eerder opgegraven 11de- of 12de-eeuwse tufstenen abdijkerk op de Markt gaat het hier vermoedelijk om een bakstenen uitbreiding van die kerk rond het jaar 1300.

< Resten van het koor van de abdijkerk ter plekke van de bouwlocatie.
Om de resten te sparen moet het palenplan van de nieuwbouw worden aangepast.



De nieuwe gevelwand aan de zuidoostzijde van de Markt.



Plattegrond met palenplan van de nieuwbouw aan de Markt. De resten van de abdijkerk zijn in rood weergegeven. Onder de plattegrond een dwarsdoorsnede door de nieuwbouw ter hoogte van vloerniveau begane grond. Het hoogteverschil op het bouwterrein wordt opgevangen door de vloer getrapt vorm te geven. Hierdoor hoefde het terrein nauwelijks te worden afgegraven.

Adema: ‘De vondst van de muurresten en delen van die fraaie vloer kreeg de nodige aandacht in de pers. Maar het bracht ook een complicatie met zich mee. Om ze te kunnen behouden, moest de fundering worden aangepast. Dat betekende dat het aantal palen nog verder gereduceerd moest worden en de plaats zodanig gewijzigd moest worden dat ze de resten niet zouden beschadigen.’

Omdat iedereen de fraaie mozaïevloer zichtbaar wilde laten door een met glas afgedekt gat in de betonnen vloer, moest op één plaats de betonnen balk onderbroken worden. Uiteindelijk is dat prima gelukt. Het enige hete hangijzer was dat er minder en daardoor zwaardere palen gebruikt moesten worden en er dus

een zwaardere heistelling nodig was. Die bleek de bouwplaats midden in het centrum van Dokkum maar ternauwernood te kunnen bereiken.

Afgezien van de meerkosten voor de huur van die zwaardere heistelling hebben de planwijzigingen niet geleid tot een verhoging van de bouwkosten. Dat geldt overigens wel voor het archeologisch onderzoek. **Adema:** 'Wat kosten en planning betreft is archeologie een onzekere factor, van tevoren weet je nooit wat je te wachten staat. Het beste is om onderzoek zoveel mogelijk te voorkomen, door behoud in situ na te streven.'



*Handreiking
Ontgravingen in een
archeologievriendelijk
bouwplan*

Handreiking Ontgravingen in een archeologievriendelijk bouwplan

De Handreiking Ontgravingen in een archeologievriendelijk bouwplan beschrijft op welke manieren schade aan het bodemarchief als gevolg van ontgravingen zoveel mogelijk kan worden voorkomen. Geadviseerd wordt deze handreiking in samenhang met de Handreiking Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen te gebruiken. Archeologische vindplaatsen kunnen tijdens verschillende fasen in het bouwproces schade oplopen door ontgravingen die verband houden met:

- Het bouwrijp maken van het plangebied: de verwijdering van bestaande verhardingen, kabels, leidingen, beplanting, de sloop van bouwwerken, de verwijdering van funderingen, egalisatie, grondverbetering en het graven van sleuven voor nutsvoorzieningen.
- De bouw: de aanleg van bouwputten en funderingssleuven.
- De inrichting van het plangebied na voltooiing van de bouwwerkzaamheden: de aanleg van verhardingen (bestrating), waterpartijen en groenvoorziening.

Uitgangspunten archeologievriendelijk bouwplan

Bodemingrepen die de archeologische vindplaats raken en verstoren, worden zoveel mogelijk voorkomen. Geadviseerd wordt een 30 cm dikke bufferzone aan te houden, gerekend vanaf de bovenkant van de archeologische vindplaats. Voor alle ontgravingen geldt:

1. Ontgravingen worden bij voorkeur boven de bufferzone uitgevoerd.
2. Ontgravingen die in de bufferzone plaatsvinden, worden archeologisch begeleid om eventuele vondsten en sporen van de vindplaats te documenteren.
3. Ontgravingen die onder de bufferzone plaatsvinden en de archeologische vindplaats verstoren, worden zoveel mogelijk voorkomen. Als minder bodemverstorende alternatieven ontbreken en ontgravingen onvermijdelijk zijn, dan worden die pas na archeologisch onderzoek uitgevoerd.



Beoordeling bouwplan op het aspect ontgraving(en)

In de Handreiking Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen wordt beschreven hoe en op welke aspecten een bouwplan kan worden beoordeeld en welke gegevens over de vindplaats en het bouwplan daarvoor nodig zijn.

Ten aanzien van ontgravingen wordt een bouwplan op de volgende criteria beoordeeld:

1. Worden er ontgravingen onder de bufferzone uitgevoerd? Zo ja:
 - a) Zijn de ontgravingen wat betreft diepte noodzakelijk of zijn minder diepe ontgravingen te realiseren?
 - b) Zijn de ontgravingen wat betreft omvang noodzakelijk of zijn kleinere ontgravingen te realiseren?
 - c) Zijn de ontgravingen wat betreft aantal noodzakelijk of zijn minder ontgravingen te realiseren?

Oplossingen

De volgende oplossingen kunnen het bouwplan archeologievriendelijk(er) maken.

M.b.t. het bouwrijp maken:

1. Ophogen van het bouwterrein
Vooral ondiepe vindplaatsen waar de archeologische resten minder dan 80 cm onder het maaiveld liggen, zijn gebaat bij een ophoging. Leidingen en funderingen op staal kunnen in de ophogingslaag worden aangelegd en verstoren daardoor de vindplaats minder of helemaal niet meer. Forse ophogingen met meer dan 50 cm grond kunnen nadelige effecten hebben als de bodem en vindplaats zettingsgevoelig zijn. Zie daarvoor de *Handreiking Belasten van de bodem in een archeologievriendelijk bouwplan*.
2. Bouwvoor niet verwijderen
Bij heel ondiepe vindplaatsen waar de archeologische resten direct onder het maaiveld liggen de bouwvoor niet in zijn geheel verwijderen, maar alleen de zode verwijderen en een ophoging aanbrengen waarna de grond verdicht kan worden.
3. Nieuwe kabels en leidingen in bestaande kabel- en leidingtracés aanleggen (indien aanwezig) of bundelen in leidingstraten zodat minder sleuven gegraven hoeven te worden en vervanging of reparatie zonder nieuwe bodemverstoring uitgevoerd kan worden.
4. Toepassing van persleidingen voor de riolering, zodat met een kleiner verhang over langere trajecten een ondiepere ontgraving kan worden gerealiseerd.
5. Toepassen van gestuurde boringen voor kabels en leidingen ruim onder de archeologische vindplaats waardoor minder ontgravingen nodig zijn.
6. Aanwezige funderingen niet verwijderen
Paalfunderingen en funderingen op staal van te slopen bouwwerken die in (of door) de archeologische vindplaats zijn aangelegd zo mogelijk laten zitten, aangezien de verwijdering ervan gepaard gaat met nieuwe bodemverstoringen.

M.b.t. de bouw:

1. Aanpassen van het ontwerp van het bouwwerk
Diepe ontgravingen kunnen worden voorkomen door de aanleg van ondergrondse ruimten zoals kruipruimten, kelders, souterrains en (in pandige) zwembaden te vermijden.

2. Aanpassen van de locatie van het bouwwerk

Het is soms mogelijk deelgebieden binnen het plangebied aan te wijzen waar diepere ontgravingen mogelijk zijn omdat daar geen archeologische resten (meer) voorkomen.

3. Een ondiepere fundering (op staal) aanleggen

Omvang en diepte van te graven funderingssleuven kunnen worden beperkt door toepassing van bijvoorbeeld een plaatfundering waarbij alleen voor de vorstranden een diepere ontgraving nodig is. Zie hiervoor de *Handreiking Fundering op staal in een archeologievriendelijk bouwplan*.

4. Paalfundering toepassen

Hoewel palen op zichzelf een verstoring van het bodemarchief inhouden, biedt een paalfundering bij (heel) ondiepe vindplaatsen uitkomst als ophoging van het bouwterrein niet mogelijk is en de aanleg van een fundering op staal de vindplaats verstoort. Zie hiervoor de *Handreiking Paalfundering in een archeologievriendelijk bouwplan*.

5. Zo mogelijk hergebruik van bestaande funderingen

Hergebruik van aanwezige funderingen betekent dat bij de bouwwerkzaamheden minder bodemverstorende ingrepen nodig zijn. Zie hiervoor de handreikingen *Paalfundering en fundering op staal in een archeologievriendelijk bouwplan*.

M.b.t. de inrichting plangebied:

1. Beperken diepte van ontgravingen

Bij de aanplant van bomen kan de omvang en diepte van het plantgat worden beperkt door jonge exemplaren te planten. Bij verhardingen kan soms met een ondiepere puinfundering worden volstaan.

2. Aanpassen van de locatie van aan te leggen watergangen of te planten bomen.

Het is soms mogelijk deelgebieden in het plangebied aan te wijzen waar diepere ontgravingen mogelijk zijn omdat daar geen archeologische resten (meer) voorkomen.

NB

Alle informatie is gebaseerd op de kennis van deze materie medio 2015.

Deze handreiking kan op zichzelf nooit inspelen op bijzondere gevallen en uitzonderingen. Belangrijk is dan ook dat alle betrokken partijen zich realiseren dat er ook andere, niet in deze handreiking benoemde risico's kunnen bestaan die voortvloeien uit ontgravingen in specifieke bouwplannen.

Achtergrondinformatie

Uitgangspunt van een archeologievriendelijk bouwplan is het (duurzaam) behoud van de archeologische vindplaats. Het is daarom wenselijk ontgravingen die het bodemarchief verstoren zoveel mogelijk te voorkomen. Of dat ook technisch mogelijk is, hangt onder andere af van de plaatselijke bodemeigenschappen en de randvoorwaarden die aan het bouwplan worden gesteld.

Informatieverlies als gevolg van ontgravingen

Hoe ondieper archeologische resten zoals sporen en vondsten in de bodem liggen, des te kwetsbaarder de vindplaats is voor graafwerkzaamheden en des te groter de kans dat het bodemarchief door ontgravingen beschadigd raakt. Het vergraven van de bodem waarin archeologische resten liggen, heeft een volledige verstoring van het te vergraven deel van de vindplaats tot gevolg. De mate waarin informatie verloren gaat, is echter niet altijd evenredig aan de omvang van de ontgraving. Ook een ontgraving van beperkte omvang kan leiden tot relatief veel informatieverlies. Zo kan het graven van lange sleuven ervoor zorgen dat grondsporen en de gelaagdheid in de verschillende delen van de vindplaats niet meer met elkaar in verband gebracht kunnen worden.

Dubbelbestemming archeologie en vrijstellingsdiepte

Veel terreinen met bekende of te verwachten archeologische monumenten hebben in het bestemmingsplan een dubbelbestemming archeologie. Dat houdt in dat bodemingrepen op deze terreinen vanaf een bepaalde omvang en diepte onder het maaiveld onderhevig zijn aan archeologische voorschriften. Die voorschriften zijn erop gericht meer inzicht te krijgen in het bodemarchief en schade aan dat bodemarchief te voorkomen. Bodemingrepen die minder diep (dan de in het bestemmingsplan aangegeven diepte) uitgevoerd worden, kunnen zonder archeologische voorschriften gerealiseerd worden. Als de bodemingrepen echter wel dieper gaan, wordt geadviseerd een bufferzone in acht te nemen om schade aan het bodemarchief te voorkomen.

Diepteligging vindplaats en bufferzone

De diepteligging van archeologische vindplaatsen varieert sterk: sommige vindplaatsen kunnen meters diep onder het maaiveld liggen, andere vindplaatsen liggen daarentegen vlak onder het maaiveld. Ook zijn er zichtbare archeologische monumenten waarvan de resten zowel op als onder het (toenmalige) maaiveld liggen.

Om te voorkomen dat een vindplaats door ontgravingen beschadigd raakt, wordt aangeraden een bufferzone van 30 cm boven de top van de archeologische vindplaats aan te houden, waarin de grond bij voorkeur niet vergraven wordt. Verschillende grondwerkzaamheden, zoals het verwijderen of aanleggen van funderingen op staal, nutsvoorzieningen en verhardingen of het toepassen van grondverbetering kunnen een risico voor de vindplaats vormen als die tot in de bufferzone reiken. Aanbevolen wordt deze werkzaamheden archeologisch te begeleiden, zodat eventuele archeologische vondsten en sporen gedocumenteerd kunnen worden.

Door een bufferzone aan te houden is behoud van de vindplaats ook op lange termijn verzekerd: toekomstige ontgravingen zoals het slopen en verwijderen van ondergrondse delen van bouwwerken kunnen dan worden uitgevoerd zonder de vindplaats te beschadigen.

Bij heel ondiepe vindplaatsen waar de archeologische resten direct onder het maaiveld liggen, is bouwen zonder verstoring van de vindplaats alleen te realiseren door het maaiveld voldoende op te hogen of de vindplaats in het plangebied uit te sparen (ook wel 'inpassing' genoemd).

Als ontgravingen onvermijdelijk zijn en het bodemarchief daardoor verloren dreigt te gaan, zal archeologisch onderzoek voorafgaand aan de graafwerkzaamheden nodig zijn om de archeologische resten veilig te stellen. Het kan dus voorkomen dat een vindplaats voorafgaand aan de bouw voor een klein deel opgegraven moet worden.

*Praktijkvoorbeeld
Anjum,
gemeente
Dongeradeel*

Interview met: Alies Koree, architect. Ze studeerde onder andere aan de Academie van Bouwkunst in Amsterdam. Nu is ze werkzaam als architect bij De Unie Architecten in Groningen. Alies Koree ontwierp het huis aan de Bantswei voor haar ouders.

Locatie: Bantswei, Anjum, gemeente Dongeradeel.

Monument: Repta, Skânserwei: verhoogde woonplaats met bijbehorende zoetwaterdobbe. Datering: 12de of 13de eeuw.

Archeologie: De archeologische lagen bevinden zich onder de woning op ongeveer 60 centimeter beneden het oorspronkelijke maaiveld.

Bestemming voor en na de ingreep: Wonen en dubbelbestemming archeologisch monument.

Voorbeeld van archeologievriendelijk bouwen: Vanwege het bouwen met fundering op staal: strokenfundering voor het woonhuis, plaatfundering voor de garage, houtskeletbouw (licht bouw materiaal), gedeeltelijke ophoging.

‘Ik wist meteen wat wel en niet kon’

‘Het was de droom van mijn ouders om op een mooie plek buiten het dorp Anjum een nieuw huis te bouwen,’ zegt Alies Koree. Aan de Bantswei stond een kleine, vervallen woning, die naar verluidt ooit onderdeel was van de Holdingastate die tegen het centrum van Anjum was gelegen – en afgebroken in 1831. De bouwlocatie is gelegen op het hoogste punt van het archeologische monument, met een fraai uitzicht over de omgeving. **Koree:** ‘Aanvankelijk overwogen we nog om de bestaande woning te redden, maar die verkeerde in zo’n slechte staat dat dat niet mogelijk was. Daarop heb ik een ontwerp gemaakt voor een volledig nieuw huis. Het ontwerp is een verwijzing naar de talrijke kapschuren op de boerenerven in de nabije omgeving. Daarnaast is het kleurgebruik

aangepast aan de landschappelijke omgeving.’

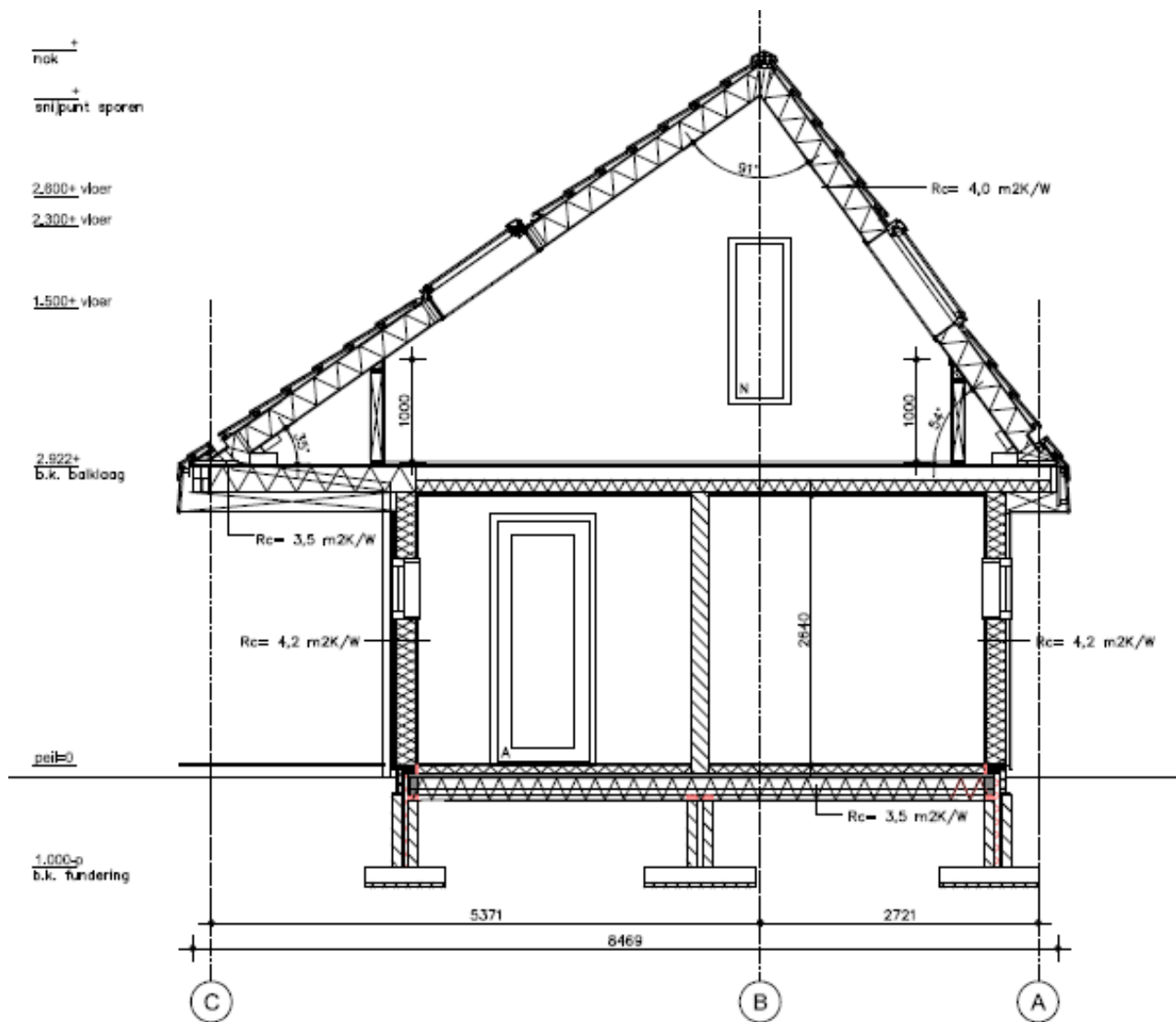
De ouders van Alies Koree hadden al voor ze met het ontwerp aan de slag ging contact gezocht met de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE). De bouwlocatie ligt op een archeologisch rijksmonument en de familie Koree wilde weten of er sprake was van beperkingen. **Koree:** ‘Dat mijn ouders meteen voorwaarden voor de bouw meekregen was heel waardevol, want daardoor wist ik meteen wat wel en niet kon.’

De bedoeling was het nieuwe huis zo te funderen dat het nergens dieper zou steken dan 60 cm onder het maaiveld. Het pand moest daarom zo licht mogelijk worden uitgevoerd.



De eerste fase van de bouw is voltooid. De strokenfundering is gelegd evenals de vloer van het huis. De eerste delen van het houtskelet zijn opgesteld. Aan deze zij steekt de fundering en de vloer aanzienlijk boven het maaiveld uit. Hier moest het maaiveld worden aangeraseerd om aan te sluiten bij het vloerniveau van het huis.

< Luchtfoto van het archeologisch rijksmonument. Rechts onder het nieuwe huis met daarnaast de garage.



Doorsnede B-B

Dwarsdoorsnede door het huis met zicht op de strokenfundering.



Het huis met de garage.

Uitgangspunten voor het ontwerp waren een lichte bouwstructuur en een houtskeletbouw in combinatie met een gemetselde strokenfundering die niet dieper in de grond zou steken dan 60 cm. Omdat het ontwerp aan de vooraf door de RCE gestelde voorwaarden voldeed, verliep de aanvraagprocedure voor de monumentenvergunning vlot en waren er geen aanpassingen meer nodig aan het ontwerp – wat als heel prettig werd ervaren. Op het terrein stond al een vervallen huis dat uiteraard eerst moest worden afgebroken. Een van de vergunningvoorwaarden was dat het oude huis tot op het maaiveld mocht worden afgebroken en dat de oude funderingen zoveel mogelijk bewaard moesten blijven. Dat bleek goed mogelijk, aangezien het grondvlak van het nieuwe huis wat groter zou worden dan dat van het oude. **Koree:** ‘In wezen konden we de funderingssleuven gewoon rond het oude huis graven. Een kruipruimte hoefde niet te worden aangelegd. De oude funderingen liggen er dus nog. Voer voor toekomstige archeologen, zeg maar.’

Het grondvlak van het nieuwe huis is iets groter dan dat van de oude woning. Vanwege het feit dat het bouwterrein aan de achterzijde afloopt, is een ophogingslaag van enkele decimeters aangebracht om zo een bouwvlak te realiseren. In de zone waar opgehoogd moest worden, steekt de fundering aanzienlijk minder diep dan die 60 centimeter beneden het oorspronkelijke bouwvlak. **Koree:** ‘Alleen op het hoogste punt van het terrein hadden we de volle 60 cm vrijstelling nodig.’ Omdat de fundering inclusief de vloer ongeveer 1 meter hoog was en er slechts 60 cm beneden het bestaande maaiveld mocht worden ontgraven, stak de fundering boven het maaiveld uit. Vooral aan de zuidzijde van het huis was dat te zien. Hier is het maaiveld toen enkele decimeters opgehoogd om een aansluiting te maken met de vloer.

Toen de vloer eenmaal was gelegd, kon het houtskelet snel worden geplaatst en kreeg de woning vorm. In een later stadium heeft de familie Koree nog een garage naast het huis gebouwd. Ook hier is gekozen voor houtskeletbouw om wederom zo licht mogelijk te kunnen funderen. Aangezien de garage op een betonnen plaat op de ophogingslaag kwam en er dus geen archeologische waarden werden geraakt, kon die zonder monumentenvergunning worden gebouwd. Uiteraard is ook dit gebeurd in nauw overleg met de RCE.

Koree: ‘Ik heb de status van archeologisch rijksmonument niet als beperking ervaren, integendeel. De voorwaarden moet je niet als een belemmering beschouwen, maar als een uitdaging om binnen de gestelde voorwaarden een passend ontwerp te creëren. Ze waren vooraf bekend, konden meteen worden meegenomen in het ontwerp en hebben bijgedragen aan de keuze voor houtskeletbouw om de fundering zo licht mogelijk te houden. Wellicht was er anders in eerste instantie gekozen voor een meer traditionele bouwmethode. En doordat we direct de keuze voor houtskeletbouw hebben gemaakt, is er bovendien geen kostbare tijd verloren gegaan in het vergunningstraject.’



*Handreiking
Paalfundering in een
archeologievriendelijk
bouwplan*

Handreiking Paalfundering in een archeologievriendelijk bouwplan

De Handreiking Paalfundering in een archeologievriendelijk bouwplan beschrijft op welke manieren schade aan het bodemarchief als gevolg van (het inbrengen van) funderingspalen zoveel mogelijk kan worden voorkomen. Geadviseerd wordt deze handreiking in samenhang met de Handreiking Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen te gebruiken.

Een fundering op palen wordt toegepast wanneer een draagkrachtige grondlaag heel diep gelegen is. Of een dergelijke fundering nodig is, wordt bepaald door het ontwerp en het gewicht van het bouwwerk en de draagkracht van de bodem.

Uitgangspunten archeologievriendelijk bouwplan

Bodemingrepen die de archeologische vindplaats raken en verstoren, worden zoveel mogelijk voorkomen. De voorkeur gaat uit naar een fundering op staal, mits die aangelegd kan worden boven het archeologische niveau. Voor alle paalfunderingen geldt:

1. De noodzaak van paalfundering kan gemotiveerd worden aan de hand van het bouwplan en het uitgevoerde zettingsonderzoek.
2. Minimalisering van het aantal palen om bodemverstoringen te beperken.
3. Uitgaande van de oppervlakte van palen, verstoren palen maximaal 2% van de oppervlakte van de vindplaats in het plangebied.
4. Afstand tussen de palen(rijen) gerekend van rand tot rand bedraagt minimaal 4 m.
5. Typen palen gebruiken die de bodem zo weinig mogelijk verstoren.
 - a. bij voorkeur grondvervangende palen in stevige (zandige) bodems.
 - b. grondverdringende palen kunnen eventueel in slappe klei- of veenbodems.
 - c. grondverdringende schroefpalen en groutinjectiepalen altijd vermijden.
6. Methode van inbrengen van palen gebruiken die de bodem zo weinig mogelijk verstoort.

Beoordeling bouwplan op het aspect paalfundering

In de *Handreiking Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen* wordt beschreven hoe en op welke aspecten een bouwplan kan worden beoordeeld en welke gegevens over de vindplaats en het bouwplan daarvoor nodig zijn.

Ten aanzien van paalfundering wordt een bouwplan op de volgende criteria beoordeeld:

1. Is een fundering op palen noodzakelijk of kan een minder verstorende fundering (op staal) worden toegepast?
2. Bedraagt de afstand tussen de palen(rijen) van rand tot rand minder dan 4 meter?
3. Bedraagt de totale verstoringsoppervlakte van palen meer dan 2% van de oppervlakte van de vindplaats? Zo ja:

- a) Zijn alle palen noodzakelijk of kan met minder palen worden volstaan?
- b) Is het voorgestelde type paal noodzakelijk of kan een minder verstorend paaltype worden toegepast?

4. Bevat de vindplaats omvangrijke houten of stenen constructies?

Oplossingen

De volgende oplossingen kunnen het bouwplan archeologievriendelijk(er) maken.

Oplossingen op het niveau van het funderingsplan:

1. Andere funderingstechniek toepassen
Vooral bij lichte bouwwerken kan een fundering op staal toegepast worden. Ook een hybride funderingsplan, waarbij het bouwwerk voor een deel op een fundering op staal rust en voor een deel op funderingspalen, beperkt de omvang van de verstoring. Zie hiervoor de *Handreiking Fundering op staal in een archeologievriendelijk bouwplan*.
2. Het clusteren van palen
Een oplossing kan zijn om (dikkere) palen dicht bij elkaar te plaatsen (te clusteren), als daardoor de totale verstoring van de vindplaats door palen kan worden verkleind en de hele zone waarin het cluster palen staat vooraf opgegraven wordt. Als deze aanpak juist tot een grotere verstoring leidt, kan clusteren beter vermeden worden.
3. Op minder palen funderen
 - a. Minimalisering aantal palen
Uit de archeologische praktijk blijkt dat wanneer in detail gekeken wordt naar de noodzaak van elke afzonderlijke paal, het voorziene bouwplan soms toe kan met minder palen.
 - b. Lichter bouwen
Het aantal palen kan worden verminderd als op de fundering een lichter bouwwerk rust. Dat kan door toepassing van lichtere materialen of door aanpassing van het bouwontwerp.
 - c. Minder – en dikkere – palen gebruiken
In voorkomende gevallen kan de totale verstoring door palen gunstiger uitvallen wanneer minder palen worden gebruikt, die dan vaak wat dikker moeten zijn. Dit kan in combinatie met het volgende punt worden uitgevoerd.
 - d. Zwaardere funderingsbalken gebruiken
Het aantal palen kan worden verminderd door het gebruik van zwaardere funderingsbalken, waarmee grotere afstanden kunnen worden overbrugd. Als daardoor een diepere ontgraving nodig is, waardoor de vindplaats wordt geraakt, zal de funderingsbalk hoger, dat wil zeggen boven het archeologisch niveau, aangebracht moeten worden (een eventueel niveauverschil met het maaiveld kan vervolgens aangevuld worden).
 - e. Bestaande palen en funderingsbalken hergebruiken
Wanneer bij de sloop van een gebouw de palen niet getrokken worden, kunnen ze mogelijk opnieuw gebruikt worden, vooropgesteld dat bepaald kan worden in hoeverre ze nog

kunnen worden belast.

4. Het palenplan optimaliseren

Hieronder vallen aanpassingen van het palenplan die niet het aantal palen wijzigen, maar wel de plaatsing ervan.

a. Palen in rijen plaatsen

Als het niet mogelijk is het aantal palen te verminderen om voldoende afstand tussen de palen te houden, kan het plaatsen van palen in rijen die minimaal 4 meter van elkaar afstaan een oplossing zijn. Toekomstig onderzoek met een graafmachine blijft dan tussen de rijen mogelijk.

b. Aanpassen van de locatie van palen

Uit archeologisch onderzoek is soms bekend waar de bodem plaatselijk verstoord is of waar lage vondstconcentraties liggen. Door palen te positioneren op plaatsen in het plangebied waar geen of weinig archeologische resten liggen, kan de schade aan het bodemarchief worden beperkt.

Oplossingen op paalniveau:

1. Grondvervangende palen gebruiken

Veel grondverdringende funderingspalen verstoren niet alleen het eigen paalvolume, maar drukken ook grond rondom weg, wat voor meer bodemverstoring zorgt. Een grondvervangende paal verstoort in stevige zandige bodems minder, ondanks het feit dat dit type palen in verhouding tot grondverdringende palen doorgaans iets dikker

2. Voorboren of voorheien

Als er omvangrijke resten van hout- of steenbouw in de bodem liggen, dan kunnen funderingspalen daar vaak niet doorheen. Vooral in slappe bodems kunnen dergelijke archeologische constructies kapot of zelfs helemaal naar beneden gedrukt worden. Er bestaan twee manieren om dergelijke schade te voorkomen:

a. Scherp voorboren

Bij deze techniek wordt de locatie van de paal bijvoorbeeld met een grote holle kernboor voorgeboord, zodat harde constructies in de grond – zoals funderingen – van een gat worden voorzien waar de paal doorheen kan.

b. Voorheien

Bij deze techniek wordt met behulp van een kleinere paal of een H-staalprofielbalk de locatie van de toekomstige paal voorgeheid. Daarbij worden eventuele obstakels kapot getrild en/of doorboord. Daarmee wordt het wegdrukken, vervormen of meeslepen van constructies voorkomen.

NB

Alle informatie is gebaseerd op de stand van kennis van deze materie medio 2015.

Deze handreiking kan op zichzelf nooit inspelen op bijzondere gevallen en uitzonderingen. Belangrijk is dan ook dat alle betrokken partijen zich realiseren dat er ook andere, niet in deze handreiking benoemde risico's kunnen bestaan die voortvloeien uit het gebruik van paalfunderingen in specifieke bouwplannen.

Achtergrondinformatie

Een fundering op palen wordt gebruikt ten behoeve van een bouwwerk waarvan het gewicht te groot is voor de draagkracht van de directe ondergrond. Of een dergelijke fundering nodig is, wordt bepaald door het ontwerp en het gewicht van de constructie, de draagkracht en de zettingsgevoeligheid van de bodem en de constructietechnische eisen die aan het bouwwerk worden gesteld. Diezelfde variabelen bepalen het type funderingspaal, of met veel of weinig palen kan worden volstaan, of palen in rijen kunnen worden geplaatst, of dat 'palennesten' nodig zijn.

Funderingspalen brengen het gewicht van het bouwwerk over op een dieper gelegen laag die draagkrachtig genoeg is. Vaak is dat een laag met een andere samenstelling. Denk aan de pleistocene zandlaag die in het westen en noorden van Nederland onder dikke lagen klei en veen ligt. Maar dat hoeft niet per se. Hoe dieper in de bodem, des te groter het gewicht van de opliggende grond en des te groter dus ook de gronddruk. Daarom bevindt zich ook in een homogene bodem een niveau dat voldoende draagkracht kan opbrengen: hoe dieper, des te meer draagkracht.

Holle bouwconstructies onder de grondwaterspiegel (zoals een parkeergarage of een fietstunnel) gaan drijven. Voor dergelijke constructies worden ook funderingspalen gebruikt, maar die brengen het gewicht niet over op de ondergrond, dat is immers niet nodig: ze drijven al. In plaats daarvan houden de funderingspalen de constructies juist omlaag. Ze worden, zoals dat heet, 'op trek' belast.

Informatieverlies door funderingspalen

Funderingspalen doorboren elke archeologische vindplaats en veroorzaken daardoor in meer of mindere mate schade. Naarmate de vondst-/spoordichtheid van een vindplaats toeneemt, zal de kans op schade en informatieverlies toenemen. Dat is bijvoorbeeld het geval bij kleine vindplaatsen met vondstconcentraties of bij vindplaatsen die uit dikke archeologische (ophogings)lagen bestaan, zoals terpen, wierden en historische binnensteden.

Ook vindplaatsen met omvangrijke houten of gemetselde constructies, zoals beschoeiingen en funderingen zijn kwetsbaar doordat het inbrengen van palen gepaard kan gaan met breuk, verdrukking en vervorming van die constructies en omliggende bodem.

Het verwijderen van paalfunderingen veroorzaakt vaak nieuwe schade. Als palen in de grond blijven zitten en niet hergebruikt

worden, zal bij een volgend bouwproces, door toevoeging van nieuwe palen een grotere dichtheid aan palen ontstaan, die niet alleen meer bodemverstoringen oplevert, maar ook de mogelijkheden voor archeologisch onderzoek beperkt.

Paaltypen

Er bestaan vele paaltypen. De keuze voor een type paalfundering is afhankelijk van vele factoren, waarvan archeologie er slechts één is. De vereiste belasting – hoeveel moet de fundering kunnen dragen? – is de belangrijkste civieltechnische randvoorwaarde. De opbouw en structuur van de bodem speelt daarin een belangrijke rol. Ook de vraag of palen op druk of op trek worden belast, stelt eisen aan het type paal. In binnensteden is het vaak gewenst dat palen trillingsarm worden ingebracht om schade aan omliggende bebouwing te voorkomen. In dichtbevolkte gebieden is het wenselijk dat geluidsarm wordt gewerkt. Ten slotte kan ook bodemvervuiling een rol spelen, bijvoorbeeld bij de afvoer van uitgeboorde grond.

Er bestaan voor al die voorwaarden veel oplossingen. In hoofdlijnen kan onderscheid gemaakt worden tussen grondverdringend en grondvervangend aangebrachte funderingspalen. In de regel kunnen palen die alleen op druk worden belast grondvervangend worden aangebracht. Palen die op trek worden belast, of zijwaartse krachten moeten opvangen (funderingspalen van geluidsschermen bijvoorbeeld), moeten zo'n goede grip hebben op de ondergrond dat grondverdringende palen nodig zijn.

Binnen die twee categorieën kan weer onderscheid worden gemaakt tussen gedreven (geheide, geschroefde, getilde, gedrukte) en ter plekke gevormde (gegoten en gespoten) palen. Onder 'geschroefde' palen worden in deze handreiking grondverdringende palen verstaan die met behulp van een schroefdraad aan de buitenzijde van de punt van de paal geluids- en trillingsarm in de bodem worden ingedraaid (dit in tegenstelling tot de betekenis die aan het begrip in de archeologie wordt gehecht: een met behulp van een op schroefdraad gelijkende avegaarboor ingebrachte, grondvervangende paal).

Effecten van funderingspalen

Grondvervangende palen verstoren niet meer dan het volume van de paal zelf, al zijn ze vaak wel iets groter in diameter dan grondverdringende palen. Bij grondverdringende palen (zoals de standaard prefab heipaal) wordt de grond weggedrukt, waarbij sprake is van volledige wegdrukking van het volume van de paal zelf en van gedeeltelijke verdrukking in een zone

rondom de paal. Bij schroefpalen raakt een zone – zo groot als de schroef – rond de paal ook geroerd.

Onderzoeksresultaten tot dusverre lijken erop te duiden dat de verdrukte zone rond een grondverdringende paal ongeveer éénmaal de diameter van die paal bedraagt in sterk plastische bodems en tot twee à driemaal de paaldiameter kunnen bereiken in grofkorreliger en goed gepakte bodems, zoals zand en ‘stadsgrond’. Dat wil zeggen dat een paal van 50 cm diameter, bij een verdrukking van éénmaal de paaldiameter 150 cm verstoort: 50 cm voor de paal zelf en 2 x 50 cm voor de verdrukte zone. In die verdrukte zone kan zowel neerwaartse, zijwaartse als opwaartse verplaatsing van sediment plaatsvinden.

In het algemeen zal de verstoring van een vindplaats door een gemiddeld palenplan niet meer zijn dan 2% van de oppervlakte van de vindplaats in het plangebied, zeker niet wanneer grondvervangende palen worden gebruikt.

In de archeologische praktijk worden voor zowel grondverdringende als grondvervangende palen diverse rekenmethoden gebruikt om uit te rekenen hoeveel een palenplan verstoort in termen van de oppervlakte van een vindplaats. De methoden verschillen onderling in hun aannamen. Sommige gaan uit van een vaste verstoringsfactor (bijvoorbeeld ‘driemaal de diameter’) of van een vaste paaldiameter, andere methoden gebruiken daarvoor variabelen. Niet alle rekenmethoden houden rekening met de vorm van de paal (vierkant of rond). Met al deze methoden kan berekend of geschat worden wat een gegeven palenplan zal verstoren.

In tegenstelling tot de variabele omvang van de verstoringzone rondom een paal, is de paaloppervlakte een vast gegeven en eenvoudig te berekenen: lengte x breedte bij vierkante palen; $\pi \times (0,5 \text{ paaldiameter})^2$ bij ronde palen. In deze handreiking wordt ervan uitgegaan dat de totale verstoring door palen, zijnde de som van de paaloppervlakte plus de verstoorte zone eromheen van alle palen tezamen, niet meer dan 5% bedraagt mits de totale verstoring op basis van alleen de paaloppervlakte van palen beperkt blijft tot 2%. Wanneer die 2%-verstoring op basis van paaloppervlakte als uitgangspunt wordt gehanteerd voor een archeologievriendelijk bouwplan, zullen in de meeste gevallen geen problemen ontstaan.

Er zijn ook rekenmethoden waarmee berekend kan worden wat de minimaal toegestane afstand tussen de palen moet zijn om ervoor te zorgen dat de verstoring als gevolg van een nog te ontwerpen palenplan een gegeven percentage van de oppervlakte van de vindplaats niet overschrijdt.

vlakke van de vindplaats niet overschrijdt.

Bij geschroefde palen is geen sprake van verticaal ‘meeslepen’, maar wel van het roeren van de grond rondom de paal als gevolg van het indraaien van de schroef aan de buitenzijde van de paalpunt. De omvang van de geroerde zone is gelijk aan de totale diameter van de paal plus de schroef. Bij gespoten palen (groutinjectiepalen) is de wegdrukking van het volume van de paal onregelmatig van vorm en de verdrukking in de zone rondom de paal dus ook. Bij het wegdrukken of wegspoelen van zachte delen van de bodem – zoals veenlenzen – kan dat extreme vormen aannemen. Er kunnen dan hele platen beton in de ondergrond ontstaan. Ook vanuit technisch oogpunt is dat ongewenst, want het kost veel beton en ook wordt het grondwater – en daarmee de vochtbalans – erdoor verstoord.

Onvoorziene obstakels in de ondergrond in de vorm van stenen funderingen of zware houten constructies zijn vanuit technisch oogpunt een probleem. In voorkomende gevallen moeten ze worden weggegraven. In slappe bodems drukken de palen de obstakels soms verder de bodem in.

Hergebruik van paalfunderingen

Een eenmaal aangelegde fundering is ‘op maat’ gemaakt voor het bouwwerk dat erop staat. Dat wil alleen niet zeggen dat de bestaande fundering niet gebruikt zou kunnen worden voor een nieuw bouwwerk. Dat is afhankelijk van een aantal factoren:

1. De draagkracht van de oude fundering moet voldoende zijn voor de nieuwe constructie.
2. De oude fundering moet voldoen aan de veiligheidseisen die gelden voor de nieuwe constructie.
3. De oude fundering moet passen bij of passend gemaakt kunnen worden bij de ondergrondse logistiek van het nieuwe bouwwerk (kabels en leidingen, vochthuishoudelijke maatregelen, isolatie e.d.) zonder inbreuk te doen op de voorgaande punten.

Om aan die eisen te voldoen, moet de staat van de fundering constructief in orde zijn: de draagkracht moet voldoende zijn en er mag geen majeure schade ontstaan door het aanpassen van de fundering. Een fundering die draagkracht tekortkomt, kan worden aangepast of gerepareerd. Soms is sprake van het ‘bijheien’ van funderingspalen om de draagkracht te vergroten. Daarbij is uiteraard niet uitsluitend sprake van heien, maar kunnen palen ook onder de bestaande fundering worden aangebracht met andere technieken.

Hergebruik van funderingen betekent dat er bij de bouwwerkzaamheden minder nieuwe bodemverstoringen ontstaan. Wanneer de palen van een bestaande fundering uit de grond getrokken worden, zal meestal extra schade aan de vindplaats ontstaan. Bestaande palen kun je beter laten zitten, zeker als het type funderingspaal niet meer te achterhalen is. Dat maakt hergebruik van een bestaande paalfundering een voor de hand liggende optie. De eisen die gesteld worden aan het hergebruik van funderingen zullen in de eerste plaats van constructieve aard zijn. De technische (on)mogelijkheden zullen bepalen of hergebruik haalbaar is. Dat hangt af van de randvoorwaarden die aan het bouwproject worden gesteld.

Hergebruik van funderingen vergt – zo blijkt wel uit het bovenstaande – een goede kennis van de funderingen. Die kennis is zowel gebaat bij een goed dossier over de aanleg van de funderingen bij de bouw als bij de resultaten van het onderzoek naar de belast- en bruikbaarheid van de huidige funderingen. Funderingen kunnen in elk geval worden belast tot het niveau waarop ze gedurende het bestaan van de oude constructie zijn belast. Vragen daaromtrent rijzen pas bij een toename van de belasting óf bij een significante wijziging in de verdeling van de belasting over de fundering door de nieuwe constructie.

Archiefonderzoek kan in eerste instantie al veel vragen beantwoorden. Soms is er in het verleden al funderingsonderzoek gedaan. Daarnaast kunnen bouwtekeningen en andere bouwgegevens nuttige informatie leveren over zowel de oorspronkelijke bouw als over reparaties.

Het draagvermogen van een fundering kan ook worden bepaald aan de hand van onderzoek aan de constructie erop: een vloerwaterpassing kan al veel zeggen over de vervorming die in het verleden is opgetreden in de fundering. Een lintvoegmeting, waarbij een horizontale voeg nauwkeurig wordt gewaterpast, heeft hetzelfde doel. Bij een nauwkeurigheidsmeting worden metalen bouten op strategische punten in de muren bevestigd. De verplaatsing daarvan wordt vervolgens tot op de tiende millimeter bijgehouden gedurende enige tijd.

Zowel het hergebruik zelf als het ervoor noodzakelijke onderzoek lijkt nauwelijks voor schade aan het bodemarchief te kunnen zorgen, met één uitzondering: een visuele inspectie naar de technische staat van de fundering door middel van een ontgraving kan wél verstoring van dat bodemarchief veroorzaken.

Belastbaarheidsonderzoek van funderingspalen

Ten behoeve van het hergebruiken van funderingspalen kan ook onderzoek aan de palen zelf worden verricht om de belastbaarheid vast te stellen. Dergelijk onderzoek is in Nederland niet gebruikelijk, omdat voor nieuwe funderingen de berekeningen worden gebaseerd op uitgebreid grondonderzoek en berekeningen van de constructie. Er bestaan drie soorten tests:

- > Statische proefbelasting – waarbij met behulp van ballast de druk op een paalkop stapsgewijs wordt verhoogd en de verplaatsing van de paal nauwkeurig wordt gemeten. Deze test duurt lang: enkele dagen tot een halfjaar, maar geldt wel als de meest betrouwbare techniek. Statische proeven kunnen zowel op druk, op trek als op laterale belasting worden uitgevoerd.
- > Dynamische proefbelasting – waarbij men een gewicht (doorgaans een heiblok) op de paal laat vallen en met precisieapparatuur zowel de verplaatsing van de paal meet als de verplaatsingssnelheid. Deze test is sneller uitgevoerd en levert een schatting op van het draagvermogen. Omdat het meetmoment heel kort is, wordt de meting beïnvloed door inertie van de paal. De test kan schade aan de paal veroorzaken, wat voor de constructeur een nadeel is.
- > Pseudo-statische proefbelasting – waarbij een gewicht vanaf de paal wordt gelanceerd door middel van een gecontroleerde explosie (Statnamic) en de reactiekrachten in de paal worden gemeten of waarbij een gewicht op een demper op de paal stuitert (Statrapid). De lancering (of de demper) zorgt ervoor dat de belasting van de paal iets langer duurt dan bij een dynamische test en de uitkomsten zouden dan ook iets nauwkeuriger moeten zijn. Deze techniek is echter nog heel jong.



*Praktijkvoorbeeld
De Meern,
gemeente Utrecht*

Interview met: Yko Buursma, architect, eigenaar van Architectuurstudio Skets. Jurjen van Keulen, senior projectleider Gebieds/Opstalontwikkeling Castellum Hoge Woerd Utrecht.

Plaats: De Meern, gemeente Utrecht.

Monument: De Hoge Woerd, terrein met overblijfselen van een Romeins militair fort (*castellum*) en het bijbehorende kampdorp (*vicus*). Datering: 1ste tot 3de eeuw.

Archeologie: Het castellumterrein heeft een omvang van ca. 90 x 120 m. De archeologische laag is meer dan een meter dik en bevond zich voor aanvang van de werkzaamheden op een diepte van ca. 30 tot 60 cm beneden het maaiveld.

Bestemming: Voor de ingreep: wonen en agrarisch, daarna: cultuur en ontspanning. De gronden zijn bestemd voor een educatief, cultureel en archeologisch park.

Voorbeeld van archeologievriendelijk bouwen: Vanwege ophoging van het terrein, fundering op staal in combinatie met bundeling van funderingspalen.

‘Zoek altijd naar een gezamenlijk motief’

Het multifunctionele bezoekerscentrum Castellum Hoge Woerd in Leidsche Rijn heeft een eigen gezicht gegeven aan deze grootste VINEX-wijk van Nederland. Jurjen van Keulen: ‘Het is van groot belang dat de plek waar je woont een zekere identiteit heeft, waar je jezelf in kunt herkennen. Anders woon je er niet met plezier.’ De identiteit van deze Vi-nex-wijk wordt in hoge mate bepaald door de archeologie in het gebied. Vooral de vele sporen uit de Romeinse tijd springen eruit. Vandaar dat al vroeg in de planontwikkeling ervoor is gekozen om de Hoge Woerd – een archeologisch rijksmonument met resten van een Romeins

castellum – zichtbaar en beleefbaar te maken en als bezoekerscentrum in te richten. Om dat mogelijk te maken is door het projectbureau Leidsche Rijn en de toenmalige ROB in 2006 een intentieverklaring ondertekend.

Van de in Leidsche Rijn gevonden Romeinse schepen is één schip opgegraven en geconserveerd, waarbij is afgesproken dat het ooit naar Leidsche Rijn zou terugkeren. Inmiddels is het nu prachtig tentoongesteld in het bezoekerscentrum.



De eerste fase van de bouw is in volle gang. Op het zandbed van ongeveer 1 meter dik dat op het rijksmonument is aangebracht worden betonnen platen gelegd. Hierop rusten de vloerplaten van het gebouw. De eerste staanders van de opstand van het gebouw zijn reeds geplaatst.

< Het Romeinse schip dat in 1997 in de Leidsche Rijn werd gevonden en in 2003 werd geborgen. Na de een langdurig proces van conservering heeft het schip een passende plek gekregen in Castellum Hoge Woerd.



Blik op bezoekerscentrum Castellum Hoge Woerd kort na de voltooiing. De foto is vanuit het zuidoosten geschoten.

Yko Buursma raakte in 2010 betrokken bij het project. ‘Omdat het vanwege de financiële crisis nog maar de vraag was of het project kon doorgaan, hebben we toen een schets-ontwerp gemaakt dat kon worden gebruikt om geld voor de uitvoering bijeen te krijgen.’

Buursma: bij de beoordeling van dit schetsontwerp was ook de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) betrokken. De Hoge Woerd is immers een archeologisch rijksmonument en de vergunningaanvraag voor de bouw van het bezoekerscentrum zou door deze dienst worden afgehandeld.

In 2011 lukte het om de benodigde fondsen bij elkaar te krijgen, waarna schetsen tot echte plannen konden worden uitgewerkt. Om ervoor te zorgen dat de samenhang van de verschillende functies werd versterkt, is uiteindelijk gekozen voor een groot verzamel-gebouw, waarin een museum, horeca, een theater en een natuurorganisatie konden worden gehuisvest. **Van Keulen:** ‘Dat bleek een goede keuze, want hierdoor is Castellum Hoge Woerd voor de bewoners van Leidsche Rijn echt het hart van de wijk geworden. Ook komen er veel bezoekers van buitenaf om het schip en de archeologische collectie te bekijken.’

De realisatie van een groot gebouw op een terrein met veel reliëf en de aanwezigheid van archeologische resten was bepaald geen sinecure. Het hoogteverschil tussen de noord- en zuidzijde van het terrein was maar liefst 2,5 meter. De ondergrond kon niet worden geëgaliseerd, omdat dan de resten van het castellum geraakt zouden worden. Er is voor gekozen het terrein met een meter op te hogen. Maar eerst moest de bodem worden gestabiliseerd om het gebouw te kunnen dragen. Dat werd bereikt door de bouwlocatie voor te belasten met een laag zand van 2 meter dik. Berekend was dat deze ophoging minder zetting in de archeologische laag veroorzaakte dan de door de RCE voorgeschreven maximale zetting van 10 cm. Een grotere belasting van de bodem zou de archeologische laag namelijk te veel aantasten. Het voorbelasten duurde ongeveer 6 maanden. Daarna werd de ophogingslaag teruggebracht tot maximaal 1 meter, waardoor er min of meer een plateau ontstond waarop kon worden gebouwd.

Bovendien kon de ophogingslaag mooi worden gebruikt voor de aanleg van allerlei kabels en leidingen.

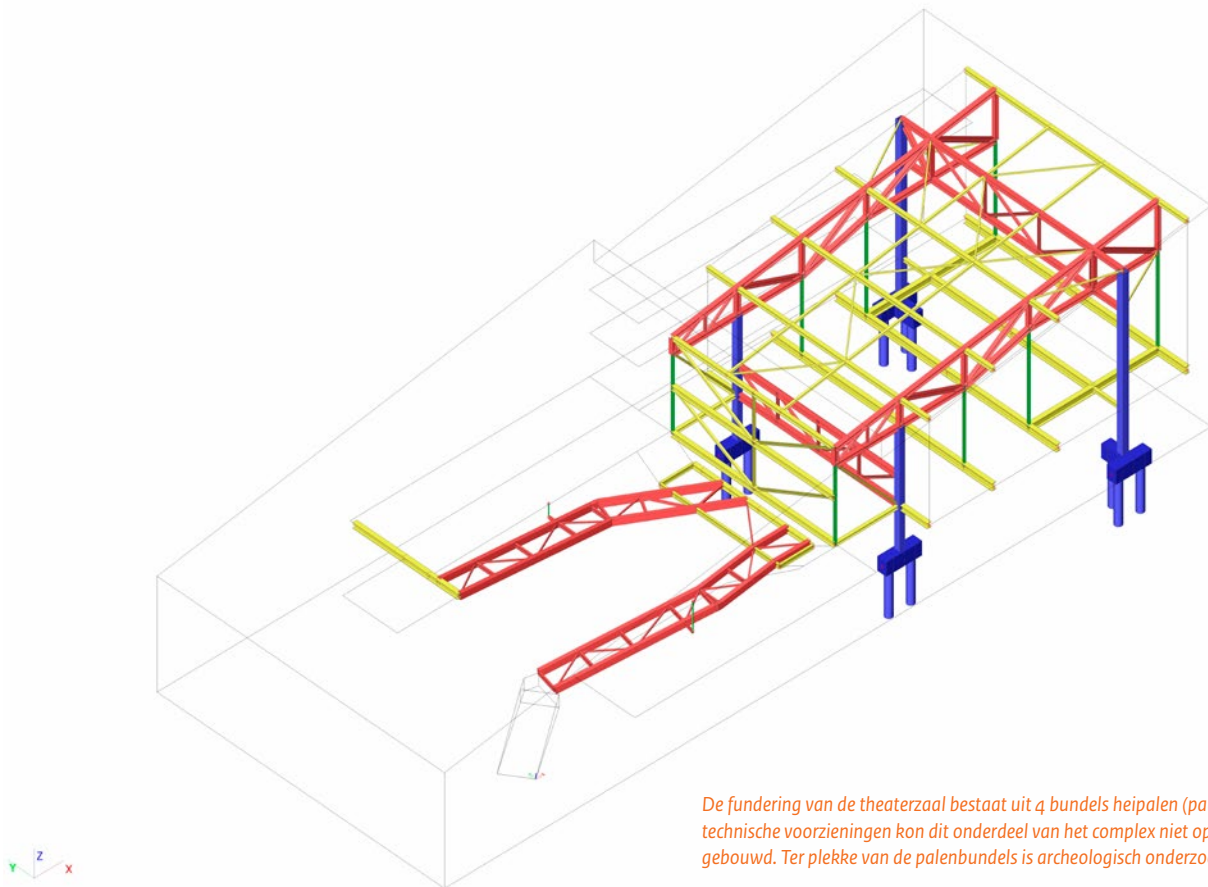
Maar met die ene meter ophoging werd het niveauverschil op het terrein niet helemaal opgeheven. **Buursma:** ‘Het was nog een hoop gepuzzel om het gebouw kloppend te krijgen. Aan de hoge kant van het terrein was er uiteraard minder opgehoogd. Het gebouw zou daar toch door de zandlaag heen steken en in de oorspronkelijke bodem moeten worden ingegraven. Nu lag de bovenzijde van de archeologische laag daar op een diepte van 60 cm beneden het oorspronkelijke maaiveld. De RCE gaf daarom toestemming om het gebouw tot 40 cm beneden het oude maaiveld aan te leggen. Zo bleef een bufferlaag van 20 cm over tussen de onderkant van het gebouw en de bovenkant van de archeologische resten. Dat bleek net genoeg. Verder zijn niveauverschillen in het gebouw opgelost met hellingbanen en trappen. Ook is de muur aan de zuidzijde hoger dan de noord-zijde.’

Castellum de Hoge Woerd is vervolgens grotendeels op staal gefundeerd. Op een onderlaag van Stelconplaten werden de betonnen vloeren gelegd en de wanden van de ommuring opgetrokken. Feitelijk gaat het om een aangepaste vorm van unitbouw, met vaste maten, maar natuurlijk met een afwijkend, speciaal voor dit gebouw ontworpen uiterlijk.

Een verhaal apart was de bouw van het grote paviljoen, met daarin het museum en de theaterzaal. Dat onderdeel moest aan allerlei eisen voldoen. De omloop die in de ‘muur’ van het castellum was aangelegd moest ook in het paviljoen doorlopen.

Buursma: ‘Door de hoogteverschillen bleek dat best lastig.’ Bovendien zou het paviljoen vanwege de theaterzaal zwaar moeten worden gefundeerd. In het eerste ontwerp was daarom sprake van een fundering op 120 heipalen. Dat was voor de RCE onaanvaardbaar.

Van Keulen: ‘Niet alleen werden de archeologische resten door het inslaan van de palen verstoord, ook zouden ze door het



De fundering van de theaterzaal bestaat uit 4 bundels heipalen (paars). Door alle technische voorzieningen kon dit onderdeel van het complex niet op staal worden gebouwd. Ter plekke van de palenbundels is archeologisch onderzoek gedaan.

“palenwoud” niet langer bereikbaar zijn voor eventueel toekomstig onderzoek. Vervolgens hebben we het aantal palen teruggebracht tot 60.’ Uiteindelijk bleek dat ook 60 palen tot te veel schade zouden leiden. Dit funderingsconcept werd afgewezen door de RCE. We moesten opnieuw aan de slag en met een wezenlijk ander plan komen. Uiteindelijk heeft Skets in samenwerking met het bouwkundig ingenieursbureau ABT de oplossing gevonden.’

In de nieuwe opzet kwam het zware theater op vier palenbundels te staan. De rest van het paviljoen zou, net als de ‘muur’ van het castellum, op staal worden aangelegd. Twee palenbundels kwamen in de ondergrond te staan waarvan bekend was dat de archeologische resten verstoord waren. De locaties voor de overige twee palenbundels zijn voorafgaand aan de bouw archeologisch onderzocht. **Buursma:** ‘Door die oplossing kwam het theater volledig los te staan van het paviljoen, als een gebouw in een gebouw, zeg maar. Verbindingsvloeren moesten daarom bewegend worden geconstrueerd.’

Van Keulen: ‘Het proces rond de bouw van het paviljoen is ingewikkeld geweest. Toch kijk ik met een goed gevoel terug, niet in de laatste plaats vanwege het resultaat. Het is een prachtig gebouw geworden, dat bovendien archeologiesparend is gebouwd. Juist in dit gebied, dat zo rijk is aan historie, was dat een belangrijk uitgangspunt. Daar komt nog bij dat de uiteindelijke bouw niet veel meer heeft gekost dan aanvankelijk begroot. Natuurlijk, er waren extra plankosten. We moesten bijvoorbeeld een volledig nieuw bestek schrijven.’

Kroonjuweel van Castellum Hoge Woerd is het schip dat in 1997 in Leidsche Rijn werd gevonden en in 2003 werd geborgen. Na de conservering die vele jaren in beslag heeft genomen, heeft het schip een passende plek gekregen in het castellum. **Van Keulen:** ‘Overigens heeft het schip een eigen funderingsstrook, vanwege het gewicht.’

Voor het welslagen van een project als dit is het van groot belang alle betrokken partijen al vroeg in het proces te betrekken.

Van Keulen: ‘Investeer in het voortraject, daarin zitten wellicht wat meerkosten, maar de kosten voor de realisatie worden er niet hoger van, integendeel, en het uiteindelijke resultaat is beter. Zoek altijd naar een gezamenlijk motief. Dan ben je bereid om het onderste uit de kan te halen. Commitment van alle partijen kun je bereiken door duidelijke afspraken te maken. De intentieverklaring die het projectbureau en de RCE voor de planontwikkeling van het archeologisch monument hebben ondertekend, was van wezenlijk belang. Een dergelijke overeenkomst zorgt vooral bij complexe en langdurende projecten voor het nodige bestuurlijke commitment. Hoe informeel ook, het heeft deze partijen zeker met elkaar verbonden.’



*Handreiking Fundering
op staal in een
archeologievriendelijk
bouwplan*

Handreiking Fundering op staal in een archeologievriendelijk bouwplan

De Handreiking Fundering op staal in een archeologievriendelijk bouwplan beschrijft op welke manieren schade aan het bodemarchief als gevolg van (het aanbrengen van) een fundering op staal zoveel mogelijk kan worden voorkomen. Geadviseerd wordt deze handreiking in samenhang met de Handreiking Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen te gebruiken. Funderingen op staal hebben betrekking op bouwwerken die op relatief geringe diepte op een draagkrachtige ondergrond worden gefundeerd. Een fundering op staal moet vorstvrij, op een minimum diepte van 60-80 cm onder het maaiveld worden aangelegd. In algemene zin geldt dat funderingen op staal alleen toegepast worden op voldoende draagkrachtige bodems, die niet erg zettingsgevoelig zijn en waar de belasting van een bouwwerk geen of weinig vervorming in de ondergrond veroorzaakt.

Uitgangspunten archeologievriendelijk bouwplan

Bodemingrepen die de archeologische vindplaats raken en verstoren worden zoveel mogelijk voorkomen. Aanbevolen wordt een 30 cm dikke bufferzone aan te houden, gerekend vanaf de bovenkant van de vindplaats. Voor alle funderingen op staal geldt:

1. Een fundering op staal wordt bij voorkeur boven de bufferzone aangelegd.
2. Een fundering op staal die in de bufferzone wordt aangelegd, wordt archeologisch begeleid om eventuele vondsten en sporen van de vindplaats te documenteren.
3. Een fundering op staal die onder de bufferzone wordt aangelegd en de vindplaats verstoort, wordt zoveel mogelijk voorkomen. Als minder bodemverstorende alternatieven ontbreken en een fundering op staal onvermijdelijk is, dan wordt deze fundering pas na archeologisch onderzoek aangelegd.
4. Geen bodemverstorende grondverbetering toepassen in of onder de bufferzone.



Beoordeling bouwplan op het aspect fundering op staal

In de Handreiking Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen is beschreven hoe en op welke aspecten een bouwplan kan worden beoordeeld en welke gegevens over de vindplaats en het bouwplan daarvoor nodig zijn.

Ten aanzien van fundering op staal wordt een bouwplan op de volgende criteria beoordeeld:

1. Wordt de fundering op staal in of onder de bufferzone aangelegd? Zo ja:
 - a) Zijn de ontgravingen t.b.v. het funderingsplan noodzakelijk, of zijn minder diepe ontgravingen en minder omvangrijke ontgravingen te realiseren?
2. Is de vindplaats zettingsgevoelig en bedraagt de totale belasting meer dan 0,8 ton/m²? Zo ja:
 - a) Is de belasting door het te funderen bouwwerk noodzakelijk, of is een lichtere belasting mogelijk?

Oplossingen

De volgende oplossingen kunnen het bouwplan archeologievriendelijk(er) maken.

Ten aanzien van de aanleg van een fundering op staal:

1. Beperken omvang van ontgraving
De bodemverstoring kan worden beperkt door bij een strokenfundering alleen de stroken te ontgraven, of een hoger liggende plaatfundering toe te passen waarbij alleen voor de vorstranden diepere ontgravingen nodig zijn.
2. Fundering op staal ondieper aanleggen t.o.v. oorspronkelijk maaiveld.
Soms is het mogelijk om de diepte van een ontgraving aan te passen, waardoor het archeologisch niveau niet geraakt wordt. Dit kan tot 60 cm onder het maaiveld, de minimumdiepte voor de aanleg van funderingen. Wanneer een nóg ondiepere ontgraving wenselijk is, komt ophoging als oplossing in beeld.
3. Ophogen van het bouwterrein
Door het ophogen van het bouwterrein ontstaat een nieuw, hoger gelegen maaiveld, waardoor bodemingrepen ten opzichte van het oorspronkelijke maaiveld minder diep gaan en de vindplaats minder of helemaal niet meer verstoren. Ophogen kan bij zettingsgevoelige vindplaatsen echter schadelijk zijn als de totale belasting (van ophoging en fundering) meer dan 0,8 ton/m² bedraagt. Zie daarvoor de Handreiking Belasten van de bodem in een archeologievriendelijk bouwplan.
4. Hergebruik van funderingen
Hergebruik van eventueel aanwezige funderingen betekent dat bij de bouwwerkzaamheden minder bodemverstoringen nodig zijn. De technische (on)mogelijkheden zullen bepalen of hergebruik haalbaar is. Dat hangt onder meer af van de randvoorwaarden die aan het bouwplan worden gesteld.
5. Fundering op palen
Hoewel palen op zichzelf ook een verstoring van het bodemarchief inhouden, biedt een paalfundering uitkomst wanneer de ontgravingen van een fundering op staal meer bodemverstoring veroorzaken dan een fundering op palen. Zie hiervoor de Handreiking Paalfundering in een archeologievriendelijk bouwplan.

Ten aanzien van belasting door een fundering op staal:

1. Lichter bouwen

De belasting kan worden verminderd door lichtere bouwmaterialen toe te passen (bijvoorbeeld houtskeletbouw of schuimbetonfundering) of door minder bouwmassa te realiseren.

2. Belasting van de fundering spreiden over een groter oppervlak

De schadelijke effecten van belasting van de bodem kunnen worden verminderd door ze over een groter oppervlak te verdelen. Bij toepassing van een plaatfundering treedt minder zetting en (zettingsverschil) op dan bij een strokenfundering, al kan het verbreden van funderingsstroken ook al deels een oplossing vormen.

3. Fundering op palen

Hoewel palen op zichzelf ook een verstoring van het bodemarchief zijn, biedt een paalfundering uitkomst wanneer de belasting door een fundering op staal schadelijke vervormingen in het archeologisch niveau veroorzaken. Zie hiervoor de *Handreiking Paalfundering in een archeologievriendelijk bouwplan*.

NB

Alle informatie is gebaseerd op de kennis van deze materie medio 2015. Deze handreiking kan op zichzelf nooit inspelen op bijzondere gevallen en uitzonderingen. Belangrijk is dan ook dat alle betrokken partijen zich realiseren dat er ook andere, niet in deze handreiking benoemde risico's kunnen bestaan die voortvloeien uit het gebruik van funderingen op staal in specifieke bouwplannen.

Achtergrondinformatie

Het woord 'staal' heeft geen betrekking op het materiaal staal, maar komt van een Indo-Europees woord dat zoiets als 'staan-plaats' betekent. Een fundering op staal betekent een fundering die direct op een draagkrachtige bodem ('vaste grondslag') is gezet, dus niet op palen of putten. Een putfundering bestaat uit een aantal op elkaar geplaatste betonringen, die door hun eigen gewicht in de bodem zinken wanneer je de grond binnen de ringen weggraft.

Hoewel funderingspalen al sinds de IJzertijd voorkomen, is funderen op staal in het verleden veel gebruikelijker geweest dan nu. In gebieden waar tegenwoordig funderen op palen gangbaar is, zijn oude gebouwen niet zelden op staal gefundeerd. Soms is daarbij ook sprake geweest van bouwen op nog oudere funderingen. Of een fundering op staal ook technisch mogelijk is, hangt af van de te realiseren bouwmassa en de draagkracht van de bodem.

Funderingen op staal zijn makkelijker in hun geheel te verwijderen dan funderingen op putten of palen. Ze zijn goedkoper en verstoren minder dan funderingen op putten of palen, mits ze volledig boven het archeologische niveau aangelegd worden. Reden waarom archeologen de voorkeur geven aan funderingen op staal. Een beperking van een fundering op staal is dat die alleen toepasbaar is op voldoende draagkrachtige grond, zodat geen ongewenste zettingen in de ondergrond optreden met alle gevolgen voor het bouwwerk van dien. Bouwwerken met een fundering op staal zijn kwetsbaar voor (tijdelijke) grondwaterpeilverlagingen waardoor zetting optreedt. Dat betekent dat een fundering op staal in westelijk Nederland – met zijn vele veen- en kleibodems – alleen voor lichte constructies bruikbaar is. Zand is als ondergrond doorgaans wel geschikt. Uiteraard maakt het gewicht van de bouwconstructie hier ook nog verschil.

Een fundering op staal moet op een minimumdiepte van 60-80 cm worden aangelegd om te voorkomen dat de bodem onder de fundering bij strenge vorst kan opvriezen waardoor het bouwwerk verzakt.

Informatieverlies door fundering op staal

Funderingen op staal kunnen archeologische vindplaatsen verstoren door de ontgravingen die voor de aanleg nodig zijn en/of door de belasting van de fundering op de ondergrond. Vooral bij (heel) ondiepe vindplaatsen waar de archeologische resten 80 cm of minder onder het maaiveld liggen, kunnen funderingen op staal en grondverbetering (indien uitgevoerd) schade aanrichten. De kans op schadelijke zetting en vervorming wordt kleiner naarmate de archeologische resten dieper in de ondergrond liggen.

Typen funderingen op staal

De meest bekende en voorkomende fundering op staal is de strokenfundering en de plaatfundering.

Een strokenfundering is een type fundering op staal, waarbij stroken funderingsmateriaal – meestal ter plaatse gestort beton – worden aangelegd op een vaste grondslag. Op die stroken worden de dragende muren van het bouwwerk geplaatst. Voor een strokenfundering hoeven dus alleen die delen van de bodem te worden ontgraven waar stroken gepland zijn. De stroken zijn in de regel 2,5 tot 3 maal dikker dan de erop gebouwde muren en moeten op een vorstvrije diepte worden aangelegd. De dragende muren geven hun druk direct neerwaarts op de strokenfundering af. De last van de rest van het bouwwerk wordt via dwarsbalken, die de ruimte tussen de stroken overbruggen, overgedragen op de strokenfundering. Onder de overbrugging door de dwarsbalken, kan de bouwconstructie zo worden ingericht dat geen bodemverstorend noodzakelijk is.

Een plaatfundering is een type fundering op staal waarbij het gehele bouwwerk op een betonnen (doorgaans ter plekke gestorte) plaat wordt gebouwd. Meestal worden dergelijke funderingen gebruikt voor lichtere bouwwerken. Zowel de belasting van de plaat door het bouwwerk als de draagkracht van de grond moeten gelijkmatig verdeeld zijn over de gehele oppervlakte, anders kan het gehele bouwwerk met de vloerplaat scheef gaan zakken. Ook een plaatfundering moet vorstvrij worden aangelegd. Wordt de vloerplaat ondieper gelegd, bijvoorbeeld om een archeologische vindplaats te ontzien, dan moeten aan de randen van de plaat 'vorstranden' gemaakt worden tot vorstvrije diepte. De ontgraving ten behoeve van een plaatfundering kan dan beperkt blijven tot die vorstranden.

Effecten van funderingen

Er zijn twee hoofdeffecten die een fundering op staal op het bodemarchief kan hebben. In de eerste plaats de benodigde ontgraving en in de tweede plaats de belasting van de bodem door het gewicht van de bouwconstructie via haar fundering. Op zettingsgevoelige bodems kan een fundering op staal (ongelijke) zetting veroorzaken waardoor een bouwwerk verzakt en archeologische resten samengedrukt worden. De risico's voor het bodemarchief als gevolg van belasting zullen in de regel klein zijn, omdat funderingen op staal doorgaans alleen op bodems worden toegepast die niet (meer) zettingsgevoelig zijn.

Bodemonderzoek is nodig om te beoordelen of een fundering op staal mogelijk en archeologievriendelijk is. Dat kan zettingsonderzoek zijn (zie daarvoor de Handreiking Belasting van de bodem in een archeologievriendelijk bouwplan), maar soms kan archeologisch booronderzoek al voldoende antwoord geven.

Een bestaande fundering op staal kan in de meeste gevallen eenvoudig verwijderd worden. Als de fundering onder de bufferzone, tot in het archeologische niveau is aangelegd, zal het verwijderen van de fundering echter gepaard gaan met nieuwe bodemverstoringen. Vanuit behoudsperspectief wordt geadviseerd de bestaande fundering niet (volledig) te verwijderen en zo mogelijk opnieuw te gebruiken. Als de fundering toch verwijderd wordt, zal bij de sloop zorgvuldig gewerkt moeten worden om schade aan het bodemarchief zoveel mogelijk te beperken. Dat kan door de sloopwerkzaamheden, en andere risicovolle grondingrepen, archeologisch te laten begeleiden.

Grondverbetering

Voorafgaand aan de aanleg van een fundering op staal wordt soms grondverbetering toegepast. Daarvoor zijn diverse technieken beschikbaar. Grondverdichting door trilplaten, zware voertuigen en walsen belasten de bodem eveneens en gaan vlak onder het maaiveld bij heel ondiep gelegen vindplaatsen altijd gepaard met enige vorm van schade. Dergelijke technieken kunnen alleen toegepast worden wanneer het hoofdbestanddeel van de bodem zand is.

Groutinjectie en grondvervanging betreffen ingrepen waarbij de bodem wordt geroerd. Hetzelfde geldt voor het wapenen van grond, door die te voorzien van een interne structuur van bijvoorbeeld geotextiel. Ook hiervoor moet de grond eerst worden vergraven. Bij (heel) ondiepe vindplaatsen kunnen dergelijke bodemverstorende ingrepen beter achterwege blijven. Grondverbetering kan zich ook beperken tot het verwijderen van de zode en het verdichten van de losse bovengrond (veelal bouwvoor genoemd). Deze ingrepen hoeven de archeologische vindplaats in zo'n geval niet te schaden. Als de archeologische resten (veel) dieper liggen, hoeft grondverbetering de vindplaats niet te schaden.

Hergebruik van funderingen

Een eenmaal aangelegde fundering is 'op maat' gemaakt voor het bouwwerk dat erop staat. Dat wil echter niet zeggen dat de bestaande fundering niet gebruikt zou kunnen worden voor een nieuw bouwwerk. Dat is afhankelijk van een aantal factoren:

1. De draagkracht van de oude fundering moet voldoende zijn voor de nieuwe constructie.
2. De oude fundering moet voldoen aan de veiligheidseisen

die gelden voor de nieuwe constructie.

3. De oude fundering moet passen bij of passend gemaakt kunnen worden bij de ondergrondse logistiek van de nieuwe constructie (kabels en leidingen, vochtshoudelijke maatregelen, isolatie e.d.) zonder inbreuk te plegen op de voorgaande punten.

Om aan deze eisen te voldoen, moet de staat van de fundering constructief in orde zijn: de draagkracht moet voldoende zijn en er mag geen majeure schade ontstaan door het aanpassen van de fundering.

Een fundering die draagkracht tekortkomt, kan soms worden aangepast of gerepareerd.

Hergebruik van funderingen kan betekenen dat er bij de bouwwerkzaamheden minder nieuwe bodemverstoringen ontstaan. De eisen die gesteld worden aan het hergebruik van funderingen zullen in de eerste plaats bouwtechnisch van aard zijn. De technische (on)mogelijkheden zullen bepalen of hergebruik haalbaar is. Dat hangt af van de randvoorwaarden die aan het bouwplan worden gesteld.

Dossierkennis en onderzoek

Hergebruik van funderingen vergt een goede kennis van de funderingen. Die kennis is gebaat bij informatie over de aanleg van de funderingen bij de bouw en de resultaten van onderzoek aan de belast- en bruikbaarheid van de bestaande funderingen. Funderingen kunnen in principe worden belast tot het niveau waarop ze gedurende het bestaan van de oude constructie zijn belast. Vragen daaromtrent rijzen pas bij een toename van de belasting óf bij een significante wijziging in de verdeling van de belasting over de fundering door de nieuwe constructie. Archiefonderzoek kan in eerste instantie al veel vragen beantwoorden. Soms is er in het verleden al funderingsonderzoek gedaan. Daarnaast kunnen bouwtekeningen en andere bouwgegevens nuttige informatie leveren over zowel de oorspronkelijke bouw als over aanpassingen.

Het draagvermogen van een fundering kan ook worden bepaald aan de hand van onderzoek aan de constructie erop: een vloerwaterpassing kan al veel zeggen over de vervorming die in het verleden is opgetreden in de fundering. Een lintvoegmeting, waarbij een horizontale voeg nauwkeurig wordt gewaterpast, heeft hetzelfde doel. Bij een nauwkeurighedsmeting worden metalen bouten op strategische punten in de muren bevestigd. De verplaatsing daarvan wordt vervolgens gedurende enige tijd tot op de tiende millimeter bijgehouden.

Ten slotte kan een visuele inspectie van de funderingen zelf, meestal met behulp van een ontgraving, directe informatie over de technische staat van de fundering opleveren. Een ontgraving kan echter wel het bodemarchief verstoren.

*Praktijkvoorbeeld
Vechten,
gemeente
Bunnik*

Interview met: Anne Holtrop (1977) studeerde in 2005 cum laude af aan de Academie van Bouwkunst in Amsterdam en begon in 2009 zijn eigen studio. Naast het bureau in Amsterdam heeft hij een vestiging in Muharraq (Bahrein).

Plaats: Marsdijk, Vechten, gemeente Bunnik.

Monument: Terrein met overblijfselen van een Romeins militair fort (*castellum*) en een burgerlijke nederzetting.

Archeologie: De archeologische resten liggen op een diepte van 1,80 m +NAP, onder een dik zandlichaam dat bij de aanleg van Fort Vechten (onderdeel van de Waterlinie) is opgebracht. De ingreep vindt plaats in het binnen Fort Vechten gelegen zandlichaam.

Voorbeeld van archeologievriendelijk bouwen: Vanwege de bouw op een strokenfundering in combinatie met de toepassing van een lichte constructie.

‘De archeologische resten waren het uitgangspunt’

Vanwege de centrale en goed bereikbare ligging en de landschappelijke schoonheid van het 19de-eeuwse Fort Vechten is dit verdedigingswerk gekozen als vestiging voor het Waterliniemuseum. In het museum wordt verteld over hoe de linie en de afzonderlijke forten functioneerden en hoe het dagelijks leven in de waterlinieforten eraan toeging. Het Waterliniemuseum in het fort is in 2015 geopend.

Het fort ligt midden in een gebied met een rijk Romeins verleden. In de grond van Fort Vechten bevinden zich resten van een *vicus*, het kampdorp, dat hoorde bij het naastgelegen Romeinse *castellum* Fectio. Hier woonden de gezinnen van de legioensoldaten. In de nabije omgeving bevinden zich in de bodem ook de overblijfselen van een havencomplex en een grafveld. Het hele complex dateert van ca. 12 v.Chr. tot circa 270 n.Chr. en het is een archeologisch rijksmonument.

Voor de inrichting van het fort was al een masterplan opgesteld door de architectenbureaus RAPP+RAPP en West8. Voor het ontwerp van de tentoonstellingsruimte was een prijsvraag voor jonge architecten uitgeschreven. Winnaar was Anne Holtrop. ‘De RCE maakte deel uit van de jury en was direct positief over de plannen. Aanvankelijk stond de archeologie bij ons architecten nog niet zo scherp op het netvlies. Althans, we wisten dat er sprake was van archeologische resten – daar was het masterplan expliciet over – maar de precieze implicaties voor het ontwerp werden pas duidelijk na de prijsvraag. We mochten het gebouw niet dieper dan 1,80 meter boven NAP aanleggen. Uiteindelijk kwam het erop neer dat we voor de fundering van het gebouw slechts 60 cm hadden. Daaronder bevonden zich, in de kleiige ondergrond, de archeologische lagen.’



De bouw van het museum in een vroeg stadium. De banen in de grond geven het beloop van de strokenfundering aan. De bekisting van de eerste gebogen wanden staan al overeind.

< Blik op de sterk verdiept gelegen binnenplaats van het Waterliniemuseum in Fort Vechten. In de vloer van de binnenplaats is de waterlinie in het klein nagebootst, compleet met werkende sluizen en inundatiegebieden.



Dwarsdoorsnede door het museum. Hier is goed te zien hoe ondiep de strokenfundering steekt.

De bouw van het museum begon in het najaar van 2012. Het fort bestaat in wezen uit een groot zandlichaam. Het museum moest daarin 'verzinken'. In het zandlichaam moest een grote bouwput worden aangelegd. Dat gebeurde onder archeologische begeleiding, aangezien het zandlichaam was opgeworpen met materiaal dat bij het graven van de grachten vrijkwam. De kans dat er bij het uitgraven allerlei voorwerpen uit de Romeinse tijd tevoorschijn zouden komen, was dus groot. Het fort was immers op de Romeinse nederzetting aangelegd.

Na het graven van de bouwput bleef er vanaf de bodem van deze put tot aan de archeologische lagen 60 cm ruimte over voor de fundering van het museum. Er is een brede strokenfundering aangelegd met daarop een zwaar gewapende betonnen vloer uit één stuk. Die zware wapening in de vloer was nodig om eventuele zetting in de ondergrond op te vangen. Overigens is van zetting tot nu toe niets gebleken – waarschijnlijk is dat het gevolg van de decennialange voorbelasting van de ondergrond door het gewicht van het aardlichaam van het fort. Groot voordeel van de betonnen vloer uit een stuk is dat de binnenplaats van het museum zo groot kon worden uitgevoerd dat die plaats biedt aan een grote maquette van de Nieuwe Hollandse Waterlinie.

Vanwege de relatief lichte fundering mocht het opgaande werk niet te zwaar zijn. **Holtrop:** 'Dat vergde nogal wat denkwerk. De muren moesten sterk genoeg zijn om de zijwaartse druk van het zandlichaam rond het gebouw op te vangen. Dat hebben we opgelost door de relatief dunne buitenmuren van het gebouw met een krans van grondankers in het aardlichaam te zekeren. Ook zijn alle wanden zwaar gewapend, wat gezien de geringe dikte niet eenvoudig was. De golvende betonwanden zijn slechts 15 cm dik

en elke wapeningsstaaf moest daarom precies gebogen en gelabeld worden om die vervolgens op de juiste plaats in het beton te kunnen aanbrengen. Bij grote afwijkingen zou de wapening al snel door het beton van de dunne wand steken. Het eindresultaat is een rank en relatief licht gebouw, dat wat uitstraling, materiaalgebruik en kleur betreft helemaal bij een waterliniefort past.'

Of de eisen die vanuit de archeologie aan het bouwconcept zijn gesteld, tot hogere kosten hebben geleid, vindt Holtrop moeilijk te zeggen. 'Een wat conventionele opzet had misschien tot minder hoge kosten geleid, maar aan de andere kant moeten we ons ook realiseren dat de vanuit de archeologie opgestelde beperkingen positief zijn ingezet. Ze hebben de bijzondere opzet in hoge mate bepaald. De archeologische begeleiding van het uitgraven van de bouwput onderzoek leidde natuurlijk wel tot een concrete verhoging van de kosten.'

Als tip geeft Holtrop aan alle partijen in zo'n vroeg mogelijk stadium bij de plannen te betrekken. 'De voorwaarden moeten vooraf bekend zijn. In dit geval was er met het masterplan al veel voorwerk gedaan, ook in het contact met de RCE. Alles was al goed voorbereid zodat we van meet af aan rekening met archeologische resten konden houden. Sterker nog, ze konden zelfs het uitgangspunt zijn in het bouwconcept.'



Het Waterliniemuseum in Fort Vechten van boven. De in het aardlichaam van het fort verzonken ligging en de grillige vormen van het museumgebouw zijn goed zichtbaar. In de vloer van de binnenplaats de waterlinie op schaal.



*Handreiking Belasten
van de bodem in een
archeologievriendelijk
bouwplan*

Handreiking Belasten van de bodem in een archeologievriendelijk bouwplan

De Handreiking Belasten van de bodem in een archeologievriendelijk bouwplan beschrijft op welke manieren schade aan het bodemarchief als gevolg van het belasten van de bodem zoveel mogelijk kan worden voorkomen. Geadviseerd wordt deze handreiking in samenhang met de Handreiking Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen te gebruiken.

De bodem kan tijdens het bouwproces op twee manieren worden belast: door het gewicht van een bouwwerk met een fundering op staal of door een ophoging van het maaiveld.

In zijn algemeenheid geldt dat hoe dieper een archeologische vindplaats onder het maaiveld ligt, des te kleiner de zetting en vervorming in de ondergrond door het belasten van de bodem.

Uitgangspunten archeologievriendelijk bouwplan

Bodemingrepen die de archeologische vindplaats raken en verstoren worden zoveel mogelijk voorkomen. Voor alle belastingen van de bodem geldt:

1. Belasten van de bodem is mogelijk bij vindplaatsen die niet zettingsgevoelig zijn.
2. Belasten van de bodem tot 0,8 ton/m² is bij zettingsgevoelige vindplaatsen mogelijk zonder zettingsonderzoek.
3. Voor het belasten van de bodem met meer dan 0,8 ton/m² is bij zettingsgevoelige vindplaatsen bodemonderzoek nodig om te bepalen hoeveel belasting mogelijk is zonder de vindplaats te beschadigen. Dat onderzoek bestaat uit:
 - a. Archeologisch booronderzoek om bodemopbouw, diepteligging en eventuele gelaagdheid van de vindplaats vast te stellen, gevolgd door:
 - b. Zettingsonderzoek om de te verwachten zetting en vervorming te bepalen:
 - i. voor vindplaatsen zonder gelaagdheid of samendrukbare constructies volstaat onderzoek op basis van tabelwaarden of sondeerwaarden.
 - ii. voor vindplaatsen met gelaagdheid of samendrukbare constructies is specialistisch zettingsonderzoek nodig dat gebruik maakt van plaatselijke bodemgegevens, zoals laboratoriumproeven van bodemonsters.
4. Géén verticale drainage of zandpalen aanbrengen om het zettingsproces te versnellen.
5. Puntbelastingen, horizontale vervorming en verplaatsing van archeologische lagen worden zoveel mogelijk voorkomen.

Beoordeling bouwplan op het aspect belasten van de bodem

In de *Handreiking Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen* wordt beschreven hoe en op welke aspecten een bouwplan kan worden beoordeeld en welke gegevens over de vindplaats en het bouwplan daarvoor nodig zijn.

Ten aanzien van het belasten van de bodem wordt een bouwplan op de volgende criteria beoordeeld:

1. Is de archeologische vindplaats zettingsgevoelig en bedraagt de totale belasting meer dan 0,8 ton/m²? Zo ja:

- a) Is de volledige belasting noodzakelijk of is een kleinere belasting mogelijk?
- b) Is de volledige belasting noodzakelijk op de geplande locatie of is op de vindplaats een kleinere belasting mogelijk?
- c) Is het voorgestelde ophoogmateriaal noodzakelijk of kan het vervangen worden door een lichter materiaal?

Oplossingen

De volgende oplossingen kunnen het bouwplan archeologievriendelijk(er) maken.

Ten aanzien van belasting door ophogen:

1. Minder ophogen
Door minder op te hogen kunnen schadelijke vervormingen in de ondergrond worden beperkt of voorkomen.
2. Lichter ophoogmateriaal gebruiken
Een lichter ophogingspakket veroorzaakt minder vervormingen in de ondergrond. Er zijn diverse lichte ophoogmaterialen beschikbaar.
3. Zettingsneutraal ophogen
Bij deze techniek wordt een deel van de oorspronkelijke grond ontgraven waardoor de bodem minder (door eigen gewicht) wordt belast. Het weggenomen gewicht wordt vervolgens aangevuld door een materiaal dat lichter is dan het weggenomen materiaal, waardoor het maaiveld hoger kan komen te liggen. Deze techniek kan ook worden toegepast om een kleinere toename van de belasting te realiseren (niet 100% neutraal dus). Dat kan een oplossing zijn, zolang de ontgravingen plaatsvinden boven het archeologisch niveau (zie *Handreiking Ontgravingen in een archeologievriendelijk bouwplan*).
4. Over groter oppervlak ophogen
Omdat de sterkste effecten van belasten zich aan de randen van een ophoging voordoen, wordt aangeraden de randen van een ophoging ver buiten een vindplaats te laten vallen, zodat ter plaatse van de vindplaats horizontale vervormingen worden vermeden.
5. De randen van een ophoging aanleggen onder een flauwere helling
Door grondlichamen van een flauwe helling te voorzien aan de randen, worden de zettingsverschillen die optreden, verspreid over een groter oppervlak en dus ook over een grotere afstand. Dit kan vervormingen beperken of voorkomen.
6. Grondmat toepassen
Een grondmat aanbrengen onder een ophoging verandert niets aan de belasting en de zetting, maar zorgt er wel voor dat verschillen in vervormingen in de bodem gelijkmatiger over de ondergrond worden verdeeld. Het verkleint bovendien de kans op bezwijken.

7. Overhoogte toepassen om het zettingsproces te versnellen.

Deze methode bestaat uit het tijdelijk hoger ophogen dan voor het eindresultaat noodzakelijk is om de eindzetting sneller te bereiken. Deze maatregel kan worden toegepast als alternatief voor het aanbrengen van schadelijke verticale drainage en zandpalen, mits de totale ophoging geen schadelijke vervormingen veroorzaakt in de vindplaats.

8. Toepassen van damwanden

Deze techniek is vooral nuttig wanneer náást een archeologische vindplaats een sterke belasting van de bodem plaatsvindt en de effecten daarvan tot in de vindplaats te merken zijn. Een damwand tussen de vindplaats en de ophoging kan de zijwaartse verplaatsingen in de bodem dan opvangen.

Ten aanzien van belasting door een fundering op staal:

1. Lichter bouwen

De belasting van de bodem kan worden verminderd door lichtere bouwmaterialen toe te passen (bijvoorbeeld houtskelbouw of schuimbetonfundering) of door minder bouwmassa te realiseren.

2. Belasting van de fundering spreiden over een groter oppervlak

De schadelijke effecten van belasting kunnen worden verminderd door ze over een groter oppervlak te verdelen. Bij toepassing van een plaatfundering treedt minder zetting en (zettingsverschil) op dan bij een strokenfundering, al kan het verbreden van funderingsstroken ook al deels een oplossing vormen.

3. Funderen op palen

Hoewel palen op zichzelf ook een verstoring van het bodemarchief zijn, biedt een paalfundering uitkomst wanneer de belasting door een fundering op staal schadelijke vervormingen in het archeologisch niveau veroorzaken. Zie hiervoor de *Handreiking Paalfundering in een archeologievriendelijk bouwplan*.

NB

Alle informatie is gebaseerd op de kennis van deze materie medio 2015.

Deze handreiking kan op zichzelf nooit inspelen op bijzondere gevallen en uitzonderingen. Belangrijk is dan ook dat alle betrokken partijen zich realiseren dat er ook andere, niet in deze handreiking benoemde risico's kunnen bestaan die voortvloeien uit het belasten van de bodem in specifieke bouwplannen.

Achtergrondinformatie

De bodem kan op twee manieren worden belast: door het gewicht van een bouwwerk, die via zijn fundering (op staal) de bodem belast of vanwege een ophoging. Ophogingen worden doorgaans aangebracht bij het bouwrijp maken van een terrein en kunnen nuttig zijn als beschermende maatregel voor ondiep gelegen archeologische resten. Zo kan worden voorkomen dat een vindplaats wordt verstoord door graafwerkzaamheden.

Alvorens een terrein te bebouwen, wordt het bijna altijd opgehoogd, in de regel met zand. Ophogingen dienen doorgaans meer doelen, waarvan de belangrijkste zijn:

1. Het spreiden van de druk van de geplande constructie over de ondergrond.
2. Het verbeteren van de grondkwaliteit. Hier gaat het bijvoorbeeld om het verzorgen van een droge ondergrond waaruit water makkelijker wegstroomt, het aanbrengen van een bodem die makkelijk te bewerken is of het verzorgen van een grondwaterpeil dat diep genoeg ligt ten opzichte van de geplande constructies.
3. Het 'op (gelijke) hoogte' brengen van het maaiveld, bijvoorbeeld om wateroverlast van belendende percelen te voorkomen of het afschot van het aansluitende riool te behouden.
4. Het creëren van een zettingsvrije fundering door middel van inzakken. Hierbij zakt een zandlichaam volledig in de slappe bodem – die dus wordt weggedrukt – totdat een vergelijkbaar stabiele laag (meestal een zandlaag) wordt bereikt.

Ophogingen worden vaak afgedekt met gebiedseigen grond ten behoeve van de geplande begroeiing. Als gebiedseigen grond daadwerkelijk afkomstig is van het op te hogen plangebied, betreft het geen extra belasting.

Informatieverlies door het belasten van de bodem

Informatieverlies treedt op als de herkenbaarheid en samenhang van archeologische lagen, objecten en structuren door zetting en vervormingen in de ondergrond (deformatie genoemd) verloren gaat. Het bodemarchief kan daardoor niet of minder goed geïnterpreteerd worden.

Kwetsbaar voor zetting zijn vindplaatsen met samendrukbare archeologische lagen, sporen, vondsten of omvangrijke constructies.

Vooral belasting die ongelijke (differentiële) zetting in de ondergrond veroorzaakt of horizontale vervorming en verplaatsing van archeologische lagen is schadelijk.

Naarmate een zettingsgevoelige vindplaats ondieper onder het maaiveld ligt, neemt de kans op informatieverlies toe.

Vervormingen in de bodem

Wanneer de grond wordt belast, worden de krachten die daarvan het gevolg zijn, via het zogenaamde 'korrelskelet' van de bodem doorgegeven naar de ondergrond. Onder druk 'neemt de pakking toe': het korrelskelet past zich aan de nieuwe situatie aan doordat de korrels dichter naar elkaar toe schuiven. In extreme gevallen breken de korrels en gaat de toename van de pakking daarna nog verder door. De volumevermindering die hiervan het gevolg is, heet 'zetting'. Zetting is heel beperkt omkeerbaar: alleen het laatste beetje zetting wordt door de elasticiteit van de bodem ongedaan gemaakt als een belasting wordt verwijderd. De rest is onomkeerbaar.

Zettingen in de bodem komen overal in Nederland in meer of mindere mate voor. Ook in natuurlijke omstandigheden zet grond, namelijk onder het eigen gewicht. Ophoging en bebouwing versnellen het zettingsproces dus alleen maar. Een ander verschijnsel dat voor zetting kan zorgen, is het lager worden van de grondwaterspiegel. De korrels waaruit de grond bestaat, worden bij peilverlaging niet meer 'gedragen' door de opwaartse druk van het water en de druk in het korrelskelet neemt daardoor toe, met zetting als gevolg. Ook dit proces is onomkeerbaar.

Verschillende grondsoorten reageren verschillend op belasting. Zand vertoont in de regel heel minimale zettingen, vooral als het 'goed gepakt' is, dat wil zeggen dat de korrels dicht op elkaar zitten. Slappe klei en veen zijn zettingsgevoeliger. Grond die al eens eerder is belast, is al samengedrukt en zet bij een volgende belasting minder en minder snel. Alleen wanneer de belasting groter wordt dan het gewicht van de belasting die de grond in het verleden al eens heeft gehad, gaat de zetting weer sneller. Wordt grond in dergelijke gevallen belast met een gewicht dat langzaam toeneemt, dan vertoont de grafiek van de zettingssnelheid een opvallende knik op het punt waar de zettingssnelheid ineens toeneemt. Aan de hand van dat punt kan worden berekend met hoeveel de grond in het verleden ooit belast is geweest. Grond heeft voor belasting dus een soort 'geheugen'. Aan de hand van een samendrukkingsproef kan het gedrag van grond onder belasting worden berekend en kan de grootte van een eerdere belasting worden gemeten.

Technieken om consolidatiefase te bekorten

Een van de belangrijkste gevolgen van zetting is het kleiner worden van de ruimte tussen de korrels. Onder grondwater is dan ook het eerste proces dat meetbaar is, het wegdrukken

van het water uit die ruimten. De fase waarin vooral het water wordt weggeperst heet 'consolidatiefase'. Vervormingen in de bodem gaan na de consolidatiefase – in een wat lager tempo – door en kennen in principe geen einde, al wordt de hoeveelheid zetting wel steeds kleiner. In de praktijk wordt bij bouwprojecten uitgegaan van het bereiken van de eindzetting na 27 jaar. Tijdens de consolidatiefase is de grond niet 100% stabiel: een vloeistof is immers niet samendrukbaar en het risico bestaat dat bij een te snelle stijging van het gewicht de belasting van het korrelskelet tijdelijk wordt 'overgenomen' door grondwater dat niet snel genoeg weg kan. De bodem is dan technisch gezien veranderd in een vloeistof en kan 'bezwijken'. Daarbij kunnen hele moten grond verschuiven, een verschijnsel dat meestal ook voor bouwers hoogst ongewenst is.

Vooral in bodems die water slecht doorlaten – klei bijvoorbeeld – is dat een risico, en in dergelijke bodems duurt de consolidatiefase dan ook lang. Bouwen op een ophoogpakket waaronder de bodem nog vroeg in de consolidatiefase verkeert, is dus nogal risicovol. Dat is de reden dat ophogingen vaak lang voordat met de bouwwerkzaamheden wordt begonnen, zijn aangelegd.

Om de consolidatiefase te bekorten, moet de afvoer van water uit de onder de ophoging liggende bodem worden versneld. Dat kan door de weg die het water door het slecht doorlatende sediment moet afleggen te bekorten. Daarvoor bestaat een aantal technieken, die allemaal de grond plaatselijk roeren. Verticale drainage is de meest gebruikte techniek. Hierbij worden voorafgaand aan de ophoging in de bodem op regelmatige afstanden plastic strips ingedrukt. Die lijken nog het meest op een platgeslagen brandweerslang. Via deze afvoeren kan het water sneller weg en kan eerder worden begonnen met de bouw. De onderlinge afstand varieert en kan in sommige gevallen 0,5 m bedragen. Bij dergelijke kleine afstanden is de verstoring bijzonder groot. Verticale drainage blijft doorgaans in de bodem zitten. Het kan in elk geval niet worden verwijderd zonder extra bodemverstoring, maar als ze blijven zitten, wordt toekomstig onderzoek ernstig bemoeilijkt. In plaats van verticale drainage worden ook wel 'zandpalen' gebruikt. Daarbij worden op regelmatige afstanden grote gaten geboord en gevuld met zand. Via die zandkolommen kan water uit de bodem sneller weg. Een techniek die in combinatie met drainage kan worden gebruikt, is consolidatie onder vacuüm, waarbij in de bodem onderdruk wordt gecreëerd, waardoor het water wordt 'weggezogen'.

Wanneer verticale drainage en zandpalen niet zijn toegestaan, is het goed om dat in een heel vroeg stadium aan de bouwers te laten weten, omdat dit grote gevolgen heeft voor de planning van de bouw.

Soms kan de consolidatiefase worden bekort door de ophoging tijdelijk hoger te maken dan voor de bouw nodig is, de zogenaamde 'overhoogte'. Dit is de enige techniek die geen ingrepen in de oorspronkelijke bodem hoeft te vergen (al gebeurt dat in de praktijk wél vaak: meestal worden overhoogte en drainage in combinatie toegepast).

Er bestaan vele vormen van het van elkaar afschermen van grondlagen. Dat kan met (licht) worteldoek, maar ook met zwaardere doek- of matachtig materiaal. Zwaardere vormen zijn bedoeld om ingravingen te voorkomen en om moten grond te verstevigen en bij elkaar te houden ('gewapende grond'). Deze materialen worden doorgaans samengevat met de term 'geotextiel' en worden ook wel 'grondmat' genoemd. Een grondmat onder een ophoging verandert niets aan de belasting en de zetting, maar kan er wel voor zorgen dat verschillen in vervormingen in de bodem binnen een vindplaats gelijkmatiger over de ondergrond worden verdeeld. Het verkleint bovendien de kans op bezwijken.

Ophoog- en funderingsmaterialen

Zand is het standaard ophoogmateriaal, maar er zijn diverse alternatieven wanneer een constructeur een lagere belasting wil realiseren bij een gelijkblijvende ophoging (of een hogere ophoging bij gelijkblijvende belasting). Van zwaar naar licht gaat het om de volgende materialen.

- › Zand

Het normaal gebruikte ophoogmateriaal is zand (verweerd gesteente in korrelvorm; 63 µ-2 mm), dat circa 1,6 ton per kubieke meter weegt. Iets lichtere vormen bestaan in de vorm van betongranulaat (1,5 ton) en Eifellava (1,45 ton).
- › Grond

Het gewicht van grond (een mengsel van anorganische en organische vaste stoffen in korrelvorm, vloeistoffen en gassen) varieert tussen de 1,4 en 1,6 ton per kubieke meter.
- › Bims (vulkanisch zand)

Het tijdens een vulkaanuitbarsting vrijgekomen materiaal bestaat vaak uit vulkanisch glas met belletjes erin, die tijdens het uitwerpen worden gevormd door hete, expanderende gassen. Zo ontstaat bijvoorbeeld puimsteen. De zandvorm hiervan levert een licht ophoogmateriaal op dat slechts 0,68 tot 0,85 ton per kubieke meter weegt. Het bestaat, afhankelijk van de herkomst, in vele vormen en onder diverse (handels)namen: Liparizand, Yalibims en Flugsand zijn enkele voorbeelden.

- › Argex (*Argile Expandé*, geëxpandeerde kleikorrels)

Op een bepaalde manier gebakken, kunnen kleikorrels worden gemaakt die heel licht zijn: Argex. Het materiaal weegt ongeveer 0,65 tot 0,75 ton per kubieke meter. De rode korrels zijn het bekendst van kantoorplantenbakken. Ze zijn wat minder geschikt voor gebieden waar later nog gegraven wordt omdat het materiaal lastig wegscheept. Argex-zand, dat dit nadeel niet heeft, weegt circa 0,63 ton per kubieke meter.
- › Schuimbeton

Een heel poreuze vorm van beton (een mengsel van cement, fijn zand en water waaraan een schuimmiddel is toegevoegd), die minder belasting kan hebben als gewoon beton. Het weegt 0,4 tot 1,8 ton per kubieke meter, afhankelijk van de hoeveelheid luchtballen. Het verhardt en vormt een voor water afdekkende laag over de onderliggende bodem. Naast lichtgewicht ophoog- en funderingsmateriaal wordt het gebruikt om vloeren te isoleren voor vocht en warmte. Het vereiste gewicht hangt af van de toepassing en de vraag of het materiaal zwaarder of lichter dan (grond)water moet zijn.
- › EPS (geëxpandeerd polystyreen, piepschuim, Isomo, Tempex, Styropor, Depron)

Dit lichtste materiaal wordt gemaakt door polystyreen (een keten van aardolieproduct ethenylbenzeen, C₈H₈) te expanderen met gas. Het bestaat voor circa 2% uit polystyreen en de rest is gas in microscopisch kleine belletjes. Daardoor weegt het slechts 0,015 tot 0,04 ton per kubieke meter, dat is zelfs lichter dan veen. Het kan opmerkelijk hoge druksterkten weerstaan (tot 7500 kg/m², afhankelijk van de gebruikte kwaliteitsklasse). Het kan daardoor ook als funderingsmateriaal gebruikt worden. EPS is een aardolieproduct en lost dus ook op in aardolieproducten. Daarom moet het worden ingepakt onder constructies waarin aardolieproducten worden gebruikt, benzinstations bijvoorbeeld.

Effecten van belastingen

Er bestaat niet één vaste waarde voor wat een acceptabele hoeveelheid vervorming is. Daarvoor zijn de verschillen in bodemeigenschappen en typen vindplaatsen te groot. Wel zijn deskundigen het erover eens dat gelijkmatige vervormingen in de bodem in uitsluitend verticale richting veel minder schadelijk zijn dan vervormingen in horizontale richting. Die laatste verstoren de gelaagdheid van een vindplaats.

Midden onder een belasting vindt verticale zetting plaats, wat inhoudt dat de bodem wordt samengedrukt (compacteert). De gronddruk neemt toe, alle onderdelen (korrels, losse voorwerpen, kabels en leidingen) bewegen neerwaarts en bodemlagen worden dunner. Toename van de gronddruk is alzijdig, dat wil zeggen dat de druk in alle richtingen toeneemt en de op archeologisch vondstmateriaal uitgeoefende krachten per saldo dus nul zijn. Aan de randen van een belasting en bij een niet gelijkmatig gevormde zettingsvrije of zettingsarme bodemlaag in de ondergrond – afgedekte Oude Duinen bijvoorbeeld – kunnen verticale bewegingen in de bodem resulteren in zijwaartse bewegingen in de bodem. Die hebben meer effect op het bodemarchief. Vondstmateriaal kan zijwaarts verplaatsen, mét zijn context. Naarmate het materiaal groter is, is de kans groter dat ook breuk optreedt.

Het belangrijkste effect van zettingsverschillen binnen één vindplaats is echter vervorming van de gelaagdheid, de zogenaamde stratigrafie van een vindplaats. Dit effect heeft verstrekken gevolgen naarmate de stratigrafie fijner is. Ook bij een gelijkmatig verspreide belasting kan dit effect optreden, bijvoorbeeld bij een onregelmatige zettingsarme ondergrond of sterke verschillen in zettingsgevoeligheid van bepaalde bodemlagen. Omdat de stratigrafie samenhangt met de geschiedenis van de vindplaats kan een verstoring van de stratigrafie zorgen voor een groot verlies aan informatie.

Onderstaande tabel vat een en ander samen:

Materiaal	Gewicht per m ³	Voordelen	Nadelen
Zand	1600 kg	goedkoop	zwaar
Grond	1400-1600 kg	goedkoop tot gratis, bij lokaal hergebruik gewichtsneutraal	zwaar
Bims	680-850 kg	half zo zwaar, gedraagt zich als zand	duurder
Argex	650-750 kg	half zo zwaar	niet makkelijk weg te scheppen
Argex-zand	630 kg	licht, gedraagt zich als zand	
Schuimbeton	400-1800 kg	lichter, ook geschikt als funderingsmateriaal	
EPS	15-40 kg	lichtst, ook geschikt als funderingsmateriaal	duur, lost op in aardolieproducten

Aan de randen van een ophoging kan de bodem bij een te snelle toename van de belasting bezwijken. Dit is normaal gesproken ook vanuit civieltechnisch oogpunt heel ongewenst. Doorgaans zal met dit risico dus al in de bouw- en aanlegplannen rekening gehouden zijn. Doet het zich toch voor, dan zijn de gevolgen te vergelijken met horizontale vervormingen, alleen veel erger. Meest schadelijk voor het bodemarchief zijn ophogingen die zijn bedoeld om volledig in te zakken en de onderliggende bodem weg te drukken, die men dus met opzet laat bezwijken. Hier is sprake van een volledige verstoring van het bodemarchief. De vindplaats kan in zo'n geval alleen door een opgraving voorafgaand aan de werkzaamheden gered worden. Verticale drainage en zandpalen veroorzaken, al dan niet in combinatie met consolidatie onder vacuüm, altijd een meer of minder grote verstoring van de vindplaats. Dat is afhankelijk van de dikte van de zandpalen en de drainage en van hun onderlinge afstand. Alleen aanbrengen van overhoogte (dus niet in combinatie met verticale drainage of zandpalen) heeft dit nadeel niet.

Zettingsonderzoek: metingen, berekeningen en modelleringen

De meeste bodems in Nederland (natte veenbodems uitgezonderd) zijn door natuurlijke rijping en langdurig grondgebruik al enigszins gezet. De praktijk wijst uit dat een ophoging van het maaiveld met 50 cm grond (ca. 0,8 ton/m²) slechts geringe zetting in de ondergrond veroorzaakt. Daarom is het niet zinvol het effect van zetting op een archeologische vindplaats te onderzoeken voor belastingen tot 0,8 ton/m². Dit komt overeen met een ophoging met 50 cm zand; bij een combinatie van ophoging en een fundering op staal is uiteraard minder ophoging mogelijk.

Vervormingen in de ondergrond kunnen op allerlei manieren worden berekend. De meest eenvoudige manier zijn formules die de verticale zetting uitrekenen en formules waarmee op basis daarvan de horizontale vervormingen kunnen worden geschat. Een volledige modellering van een doorlopend bodemprofiel is ook mogelijk. Daarvoor zijn computerprogramma's nodig die de bodem behandelen als een grote verzameling cellen ('eindige elementenmethode') die gezamenlijk de opbouw van de bodem modelleren (MSettle of Plaxis bv.). De computerprogramma's zijn niet noodzakelijk preciezer dan de formules, maar kunnen wel andere vragen beantwoorden, bijvoorbeeld die naar zettingsverschillen en vooral horizontale vervormingen.

Belangrijker dan de vraag welke modelleringsmethode gebruikt wordt, is de input. Alle zettingsberekeningen hebben empirische

variabelen nodig die het gedrag van de bodem beschrijven. Die kunnen op drie manieren worden verkregen:

1. Tabelwaarden, op basis van de lithologie (zand, klei, veen, zandige klei e.d.: tabel 2.b NEN 9997-1, gebaseerd op tabel 1 van NEN 6740 bijvoorbeeld).
2. Afgeleid van conusweerstand- en wrijvingsweerstandswaarden op basis van sonderingsonderzoek ter plaatse.
3. Laboratoriumonderzoek aan bodemonsters die ter plaatse genomen zijn (samendrukkingsproeven bijvoorbeeld).

Van boven naar beneden is sprake van empirische variabelen die op een steeds directere manier aan de plaatselijke bodem zijn ontleend. Naarmate waarden worden gebruikt die directer aan de plaatselijke bodem gemeten zijn, zijn de zettingsberekeningen nauwkeuriger. Zo is bekend dat tabelwaarden kunnen leiden tot berekeningen met een (onnauwkeurigheds)marge tot 30%, ongeacht welke methode van rekenen je gebruikt. Een dergelijke marge is niet altijd toereikend voor archeologische vragen. Dat houdt niet in dat voor archeologische doeleinden per se altijd het meest uitgebreide laboratoriumonderzoek gedaan moet worden om de vereiste nauwkeurigheid te bereiken.

Minder nauwkeurige schattingen kunnen vaak al antwoord geven op de relevante vragen, bijvoorbeeld als blijkt dat de vervormingen in de bodem met zekerheid veel te groot zullen worden, of juist verwaarloosbaar klein. Van belang is dat het zettingsonderzoek geschikt en voldoende nauwkeurig is voor het beoogde doel: bepalen hoeveel vervorming plaatsvindt in de archeologisch relevante laag of lagen. De vereiste nauwkeurigheid vloeit vooral voort uit de vindplaatskenmerken: een vindplaats met een fijne stratigrafie van lagen op centimeter-schaal zal ook een nauwkeurigheid op centimeterschaal vergen. Uit het bovenstaande blijkt wel dat het voorspellen van zettingen en vervormingen lastig is en dat de uitkomsten van berekeningen marges hebben. Als er onzekerheid bestaat over de te verwachten zetting, wordt geadviseerd de feitelijk op te treden zetting te monitoren, bijvoorbeeld door middel van zandbakens.

Procesbeschrijving archeologievriendelijk bouwplan

In dit hoofdstuk worden de stappen beschreven hoe een archeologievriendelijk bouwplan tot stand kan komen als een initiatiefnemer bouwplannen heeft in een plangebied met een dubbelbestemming archeologie waarvoor een vergunning nodig is van de gemeente.

De stappen om te komen tot een archeologievriendelijk bouwplan zijn idealiter als volgt:

1. Vooroverleg, voorafgaand aan het indienen van de vergunningaanvraag:

1. Informatie-uitwisseling tussen gemeente en initiatiefnemer bouwplan
2. Archeologisch rapport plangebied
3. Risico-inventarisatie bouwplan
4. Planaanpassing tot archeologievriendelijk bouwplan

2. Vergunningprocedure

- › Ingediende vergunningaanvraag toetsen op volledigheid op basis van de indieningsvereisten
- › Beoordelen bouwplan
- › Zonodig: overleg en planaanpassing
- › Besluit op vergunningaanvraag

Als geen vooroverleg over het bouwplan is gevoerd zal het overleg, een eventuele planaanpassing of onderzoek binnen de vergunningstermijn moeten plaatsvinden. De initiatiefnemer loopt daarmee het risico dat het ingediende bouwplan te schadelijk gevonden wordt, waardoor een opgraving voorafgaand aan de bouw nodig is. Of dat een vergunning niet verleend wordt omdat planaanpassing niet meer binnen de termijn uitgevoerd kan worden.

1. Vooroverleg

1.1. Informatie-uitwisseling

De gemeente kan via de gemeentelijke website informatie over archeologievriendelijk bouwen verstrekken. Initiatiefnemers en aannemers kunnen dan al in een vroeg stadium rekening houden met archeologie. In een overleg van de gemeente met de initiatiefnemer over de voorgenomen bouwplannen kunnen de mogelijkheden van bouwen op een archeologische vindplaats worden verkend. In dit overleg kan het volgende aan de orde komen (zie kader).

Eindresultaat van deze fase

De gemeente geeft aan:

- › Of voldoende archeologische informatie over het plangebied bekend is en zo niet, wat voor soort archeologisch rapport nodig is: bureauonderzoek of inventariserend veldonderzoek (IVO).
- › Of archeologievriendelijk bouwen op de vindplaats mogelijk is (afhankelijk van het gemeentelijk archeologiebeleid).
- › Welke mogelijkheden er zijn om een bouwplan archeologievriendelijk te maken: in de handreikingen 'archeologievriendelijk bouwen' worden diverse oplossingen genoemd.
- › Welke gegevens tot de indieningsvereisten gerekend worden bij een vergunningaanvraag.

1.2. Archeologisch rapport

Als er onvoldoende archeologische gegevens over het plangebied bekend zijn, kan de gemeente de initiatiefnemer verplichten onderzoek uit te voeren: meestal een bureauonderzoek, gevolgd door een inventariserend veldonderzoek (boor- en/of proefsleufonderzoek). De gemeente bepaalt of de aanwezigheid van archeologische waarden in het plangebied in voldoende mate is onderzocht of dat vervolgonderzoek nodig is.

Vraag gemeente:

wat zijn de bouwplannen (wat, waar en waarom)?

- › Reden/doel bouwplan (projectontwikkeling of voor eigen gebruik/doeleinden)
- › Locatie en omvang plangebied
- › Verkaveling plangebied in x-aantal (bouw)kavels
- › Aard en functie bouwwerk(en) (woning/schuur/bedrijfsruimte/zorgvoorziening)
- › Overige bodemingrepen (groenvoorzieningen/kabels/leidingen/verhardingen, etc)

De gemeente verstrekt informatie en benoemt de kaders waarbinnen het bouwplan moet passen.

- › Voorschriften bestemmingsplan
- › Uitgangspunten van het gemeentelijk archeologiebeleid of erfgoedverordening
- › Handreikingen archeologievriendelijk bouwen
- › Indieningsvereisten aanvraag omgevingsvergunning

Vraag initiatiefnemer:

aan welke eisen moet het bouwplan voldoen om een vergunning te krijgen?

- › Wanneer mag er gebouwd op de archeologische vindplaats?
- › Welke gegevens heeft de gemeente nodig?
- › Moet er een archeologisch rapport overlegd worden en is onderzoek nodig?

Eindresultaat van deze fase

De gemeente beschikt over een archeologisch rapport waarin de aan- of afwezigheid van een behoudenswaardige vindplaats in het plangebied in voldoende mate is vastgesteld.

De gemeente bepaalt (zie ook afbeelding 1 in de algemene richtlijn: beoordeling bouwplan op het aspect archeologie):

- > Of het plangebied vrijgegeven kan worden omdat er geen behoudenswaardige archeologische vindplaats is.
- > Of een behoudenswaardige vindplaats in het plangebied uitgespaard kan worden.
- > Of bouwen op de vindplaats in beginsel mogelijk is. Zo ja: volgende processtap, zo niet, dan zal een opgraving voorafgaand aan de bouw nodig zijn.

1.3. De risico-inventarisatie: beoordeling bouwplan op schadelijkheid

Bij de risico-inventarisatie wordt in overleg met de initiatiefnemer en archeologische en bouwtechnische deskundigen beoordeeld welke onderdelen van het (ontwerp)bouwplan schadelijk zijn voor de vindplaats. Dit overleg wordt gedaan aan de hand van gegevens over het bouwplan, de vindplaats en de handreikingen archeologievriendelijk bouwen. Daarin staan alle uitgangspunten en beoordelingscriteria van een archeologievriendelijk bouwplan.

Eindresultaat van deze fase

Het resultaat is een overzicht van (mogelijk) schadelijke ingrepen van het bouwplan.

De gemeente bepaalt:

- > Of aanvullende gegevens nodig zijn voor het beoordelen van het bouwplan;
- > Welke onderdelen/ingrepen van het bouwplan aangepast moeten worden om schade aan de vindplaats te beperken. Mogelijk geeft de gemeente zelf aan welke maatregelen getroffen kunnen worden. In de handreikingen 'archeologievriendelijk bouwen' worden verschillende oplossingen genoemd.

1.4 Planaanpassing: maatregelen

Op basis van de uitkomsten van de risico-inventarisatie onderzoekt de initiatiefnemer, bij voorkeur in overleg met een archeologisch en bouwtechnisch deskundige, welke mogelijkheden er zijn om het bouwplan aan te passen en welke (technische) maatregelen getroffen worden. Indien nodig wordt daarvoor nog aanvullend onderzoek gedaan, bijvoorbeeld zettingsonderzoek.

Eindresultaat van deze fase

Het eindresultaat is een:

- > Aangepast bouwplan inclusief funderingsplan dat ingediend wordt bij de vergunningaanvraag;
- > Overzicht van doorgevoerde maatregelen om het bouwplan archeologievriendelijk te maken.

2. Vergunningprocedure

Het bouwplan wordt in het kader van de vergunningprocedure onder andere op het aspect archeologie getoetst. De gemeente beslist of het bouwplan voldoende is aangepast en uitgevoerd kan worden. Een voorwaarde waaronder de vergunning wordt verleend kan zijn dat bepaalde ingrepen archeologisch begeleid worden of dat delen van de vindplaats die verstoord raken voorafgaand aan de bouw opgegraven worden. In het uiterste geval kan een vergunning worden geweigerd.

Checklist Archeologievriendelijk bouwplan

Als in een plangebied een waardevolle archeologische vindplaats ligt, kan besloten worden het bodemarchief te behouden en archeologievriendelijk te bouwen. Er zijn handreikingen en een brochure beschikbaar die daarbij behulpzaam kunnen zijn. Daarin staan naast de uitgangspunten ook allerlei suggesties om een bouwplan archeologievriendelijk(er) te maken.

Met deze checklist kan worden nagegaan of een bouwplan archeologievriendelijk is.

Cruciaal is de diepteligging van de archeologische resten. De NAP-hoogte van het maaiveld moet daarom bekend zijn, alsook de diepte - in cm onder het maaiveld - waarop de top of bovenkant van de archeologische vindplaats ligt.

Aanbevolen wordt een bufferzone van 30 cm boven de vindplaats aan te houden waarin bodemingrepen zoveel mogelijk worden voorkomen.



Check met onderstaande vragen of een bouwplan schadelijk is voor een vindplaats. Als een vraag met JA beantwoord wordt, kan die ingreep schadelijk zijn en planaanpassing nodig. Aangeraden wordt voor het beoordelen en aanpassen van een bouwplan archeologische, bouwtechnische en architectonische deskundigen in te schakelen. Als een vraag niet beantwoord kan worden, vraag dan aanvullende informatie op bij de initiatiefnemer van het bouwplan.

1. Ontgravingen en grondbewerking in de bufferzone of dieper

Worden ondergrondse delen en funderingen van een bouwwerk verwijderd?	Ja	Nee	Onbekend
Worden oude kabels en leidingen verwijderd?	Ja	Nee	Onbekend
Worden nieuwe kabels, leidingen of riolering in sleuven aangelegd?	Ja	Nee	Onbekend
Wordt het plangebied verlaagd en geëgaliseerd?	Ja	Nee	Onbekend
Wordt een bouwput, kelder of kruipruimte aangelegd?	Ja	Nee	Onbekend
Worden funderingssleuven aangelegd?	Ja	Nee	Onbekend
Wordt grondverbetering toegepast (verwijderen losse grond, injecteren)?	Ja	Nee	Onbekend
Worden verhardingen, beplanting en watergangen aangelegd?	Ja	Nee	Onbekend

2. Paalfundering / damwanden

Is de afstand tussen palen(rijen) minder dan 4 meter?	Ja	Nee	Onbekend
Is de oppervlakte van alle palen tezamen meer dan 2% van de vindplaats?	Ja	Nee	Onbekend
Worden omvangrijke houten of stenen constructies in de bodem verwacht?	Ja	Nee	Onbekend

3. Belasten van de bodem door ophoging of fundering op staal met meer dan 0,8 ton/m²

Is de vindplaats zettingsgevoelig?	Ja	Nee	Onbekend
Wordt verticale drainage toegepast?	Ja	Nee	Onbekend

Publicaties

1. Algemeen

Caspers, S., W. Knol en H. Kars, 2011. Richtlijnen voor maatwerk. Onderzoeksrapport project Archeologievriendelijk bouwen & fysiek behoud. Instituut voor Geo- en Bioarcheologie, Vrije Universiteit Amsterdam.

Davies, M.J., K.L.A. Gdaniec, M. Brice and L. White, 2004. Mitigation of Construction Impact on Archaeological Remains. *Archaeological Journal*. Volume 161, Issue 1, Londen.

Groenendijk, M., 2011. Richtlijnen voor archeologievriendelijk bouwen. Een Gouds praktijkvoorbeeld. *Vitruvius*, nummer 16.

Huisman, D.J., J. Bouwmeester, G. de Lange, Th. van der Linden, G. Mauro, D. Ngan-Tillard, M. Groenendijk, T. de Ridder, C. van Rooijen, I. Roorda, D. Schmutzhart en R. Stoevelaar, 2011. De invloed van bouwwerkzaamheden op archeologische vindplaatsen. Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort.

<http://cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/publications/de-invloed-van-bouwwerkzaamheden-op-archeologische-vindplaatsen-incl-schematische-beslisboom.pdf>

Isarin, R., 2007. Archeologiesparend bouwen. Waar Archeologen en Bouwers elkaar ontmoeten. Past2Present-Archeologic. Woerden.

SIKB, 2014. Bouwen, ruimte en archeologie. Een uitleg over het juridisch kader van de archeologie.

VOTB, 2006. ONDERGROND. Handboek geotechnisch bodemonderzoek. Vereniging Ondernemers Technisch Bodemonderzoek (VOTB), Voorschoten.

<http://www.votb.nl/wordpress/wp-content/uploads/2011/01/Ondergrond-2010.pdf>

Praktijkvoorbeelden

Bente, D., 2006. Beheersmaatregelenplan Ex Libris, gemeente Vlaardingen. *ArcheoLogic rapportage 368*, Woerden.

Groenendijk, M., 2009. Archeologievriendelijk bouwen op de Koningshof te Gouda: een evaluatie van de archeologievriendelijke aanpak. Gemeente Gouda.

Groenendijk, M., 2009. Richtlijn voor archeologievriendelijk bouwen. Gemeente Gouda.

https://www.gouda.nl/Inwoners/Wonen_en_verbouwen/Bouwen_en_verbouwen/Archeologie

2. Funderingen

Butcher, T. and J. Williams, 2008. Foundation reuse as mitigation. In: Kars, H and R.M. van Heeringen (eds.). Preserving archaeological remains in situ. Proceedings of the 3rd conference 7-9 December 2006, Amsterdam Geoarchaeological and Bioarchaeological studies 10, VU University Amsterdam.

F3O, 2011. Richtlijn F3O Onderzoek en beoordeling van (houten) paalfunderingen.

http://www.f3o.nl/richtlijn_%20F3O_kritiekdocumento11210.pdf
F3O, 2012. Richtlijn F3O Onderzoek en beoordeling van funderingen op staal.

http://www.f3o.nl/richtlijn_F3O_onderzoek_en_beoordeling_van_funderingen_op_staal.pdf

Historic England, 2015. Piling and Archaeology. Guidelines and Best Practise.

Huisman, D.J., J. van Doesburg, A. Müller en J. Stöver, 2009. De (on)mogelijkheden van archeologievriendelijk bouwen op terpen en wierden. Onderzoek (2007) naar de effecten van heien op de wierden Kenwerd Oldehoeve en Groot Wetsinge. Rapportage Archeologische Monumentenzorg RAM 176. Amersfoort.

Huisman, D.J., A. Müller and J. van Doesburg, 2011. Investigating the Impact of Concrete Driven Piles on the Archaeological Record Using Soil Micromorphology: Three Case Studies from the Netherlands. *Conservation and Management of Archaeological Sites*. Vol. 13 No. 1.

Kroes, R.A.C., 2013. Oh Baal, een paal. Samenraapsel, jaargang 22.

Williams, J., Ch. Hird, K. Emmet, G. Davies and T. Rayner, 2008. Understanding sub-surface impact of driven piles. In: Kars, H and R.M. van Heeringen (eds.). Preserving archaeological remains in situ. Proceedings of the 3rd conference 7-9 December 2006, Amsterdam Geoarchaeological and Bioarchaeological studies 10, VU University Amsterdam.

Praktijkvoorbeelden

Debets, C. 2015. Castellum herbouwd boven op archeologisch rijksmonument. BOUWtotaal. *Praktijkblad voor de uitvoerende bouwsector*.

http://www.skets.nl/wp-content/uploads/2015/11/Castellum_Bouw totaal_september2015_lowres.pdf

Dijk, Chr. Van en J. Weernink RO, 2013. Proefbelasting textiel-fabriek. Hergebruik fundering van oud fabriekspand in Arnhem onderzocht. Cement. *Vakblad kennisplatform betonconstructies*, 2013-5.

Groot, H. de, 2015. Het verleden tegenwoordig. Castellum Hoge Woerd De Meern. *Het Houtblad*, november 2015, p. 34-39.

<http://www.skets.nl/wp-content/uploads/2015/11/157.Castellum-Hoge-Woerd-De-Meern.pdf>

Heijden, P. van der, 2015. Castellum Hoge Woerd. Internationaal voorbeeldproject van visualisering. *Archeobrief* 33, p. 33-36.

<http://www.skets.nl/wp-content/uploads/2015/11/Archeo-2015-3-deel-A-pag-33-36.pdf>

RoyalHaskoningDHV, 2016. Waterliniemuseum Fort bij Vechten. <https://www.royalhaskoningdhv.com/nl-nl/nederland/projecten/waterliniemuseum-fort-bij-vechten/1794>

Stichting Schuimbeton. Schuimbeton. Winnaar in de lichtgewichtklasse. Toepassingen in de grond-, weg- en waterbouw. http://www.schuimbetoninfo.nl/data/downloads/70_%27Schiuimbeton%2C+winnaar+in+de+lichtgewichtklasse%27+.pdf

Stybenex, 1998. EPS in de GWW-sector. Voor zettingsvrije onder-

houdsarme toepassingen. Witboek EPS in de bouw: informatie voor bouwprofessionals. Stybenex, Vereniging van Fabrikanten van EPS-bouwproducten.

<http://stybenex.nl/wp-content/uploads/2014/12/Brochure-EPS-in-de-GWW.pdf>

Wiltjer, R. RO, H. Zuidwijk RO en B. Oostdam RC, 2015.

Nieuwbouw dankzij hergebruik kelder. Bestaande constructie gebruikt in bouw- en eindfase Amadeus Den Haag. Cement. Vakblad kennisplatform betonconstructies, 2015-05.

http://www.schuimbetoninfo.nl/data/downloads/70_%27Schuim beton%2C+winnaar+in+de+lichtgewichtklasse%27+.pdf

Stybenex, 1998. EPS in de GWW-sector. Voor zettingsvrije onderhoudsarme toepassingen. In: Witboek EPS in de bouw: informatie voor bouwprofessionals. Stybenex, Vereniging van Fabrikanten van EPS-bouwproducten.

<http://stybenex.nl/wp-content/uploads/2014/12/Brochure-EPS-in-de-GWW.pdf>

3. Belasten van de bodem

Egyed, C.E.G., H. Visser en M.W. Willeboer, 2006.

Ophoogmaatregelen en ophoogmaterialen. Voor voorzieningen op slappe bodem. Delft Cluster projectcode CT03.10. Delft. Kappel, K. van, 2004. Ondergedekt verleden: het effect van kunstmatige ophogingen op archeologische vindplaatsen in het noordelijk mariene gebied van Nederland. Afstudeerscriptie Wageningen Universiteit. Wageningen.

Kroes, R.A.C., 2013. Sondeergrafieken lezen. Samenraapsel, jaargang 22.

Muller, A., H. van Meerten, R. Brinkgreve en D. Ngan-Tillard, 2014.

Flevoland Kennisontwikkeling Programma Archeologie Hanzelijn, Mogelijkheden tot in-situ conservering van begraven archeologische landschappen. Deelonderzoek 2B; De invloed van tijdelijke en permanente afdekkingen of ophoging op maaiveld op de conservering van archeologische vindplaatsen in de ondergrond. TU Delft, Delft.

Ngan-Tillard, D., J. Dijkstra, W. Verwaal, A. Mulder, D.J. Huisman and A. Müller, 2015.

Under pressure: A laboratory investigation into the effects of mechanical loading on charred organic matter in archaeological sites. *Conservation and Management of Archaeological Sites*. Volume 17, Issue 2, p. 122-142.

Stichting SBRCURnet, 2013. CUR247 Richtlijn risicogestuurd grondonderzoek. Van planfase tot realisatie. Rotterdam.

VOTB, 2006. Grondmechanica. In: ONDERGROND. Handboek geotechnisch bodemonderzoek, p. 77-94. VOTB, Voorschoten.

<http://www.votb.nl/wordpress/wp-content/uploads/2011/01/Ondergrond-2010.pdf>

Praktijkvoorbeelden

Raemaekers, D. C. M., 2002. Plangebied Laag-Dalem, gemeente Gorinchem. Effectbepaling van gronddeformatie op de archeologische vindplaats 'Dalemse Donk'. RAAP-rapport 783, Amsterdam.

Schute, I.A., B. Jansen en S. van Velp, 2011. Castellum Fectio, gemeente Bunnik: een archeologische effectanalyse ten behoeve van het inrichtingsplan. RAAP-rapport 2294, Weesp.

Stichting Schuimbeton. Schuimbeton. Winnaar in de lichtgewichtklasse. Toepassingen in de grond-, weg- en waterbouw.

Colofon

Tekst: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed; Iepie Roorda en Jos Stover, met bijdragen van Richard Kroes, adviesbureau RAAP
Beeldverantwoording: Adema Architecten: 13.

Alies Koree: 4, 19, 20, 32.

Arne Haytsma, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed: 14.

Hans Huisman, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed: 1, 22.

Henk Roolvink, Beeldbank Rijkswaterstaat: 41.

Jos Stöver, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed: p.10, 18, 21, 28, 30, 37, 40.

Rik van der Ploeg, Adema Architecten: 12.

Ronald Correljé: 29.

SKETS architectuurstudio: 31.

Studio Anne Holtrop: 38, 39.

Eindredactie: Anne Versloot

Vormgeving: WIJZ werkt!, Amsterdam

Conceptteksten van de handreikingen zijn voor commentaar voorgelegd aan:

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed: Jeroen Bouwmeester, Gerda de Bruijn, Hans Huisman, Tessa de Groot, Nanette de Jong, Cor van Kooten, Els Romeijn, Doris Schmutzhart.

Overige partijen: Peter Collet (gemeente Utrecht), Ria Berkven (Omgevingsdienst Midden- en West-Brabant), Maarten Groenendijk (gemeente Gouda), Thijs ter Horst (gemeente Amsterdam), Marc Kocken (Omgevingsdienst Achterhoek), Ruurd Kok (adviesbureau RAAP), Marjo Montforts (provinciaal Steunpunt Libau), Dominique Ngan-Tillard (TU-Delft), Tim de Ridder (gemeente Vlaardingen), Matthieu van Rooij (Bouwend Nederland), Carla Soonius (Archeologie West-Friesland), Marianne Visser (provinciaal Steunpunt STamu), Esther Wieringa (SIKB), Lisa Wouters (provincie Utrecht), Anja van Zalinge (gemeente Haarlem) en Nicolette Zandvliet (NEPROM)

© Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2016

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Postbus 1600
3800 BP Amersfoort
www.cultureelerfgoed.nl