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



Rapportage Archeologische Monumentenzorg 257

# Archeologie en verstoring door bodembewerkingen

*Evaluatie van de effecten van grondbewerking in agrarisch en stedelijk gebied en het onderzoek daarnaar*

**M.A. Lascaris**

# Archeologie en verstoring door bodembewerkingen

*Evaluatie van de effecten van grondbewerking in agrarisch en stedelijk gebied en het onderzoek daarnaar*

M.A. Lascaris

**Colofon**
**Rapportage Archeologische Monumentenzorg nr. 257**

**Archeologie en verstoring door bodembewerkingen**
**Evaluatie van de effecten van grondbewerking in agrarisch en stedelijk gebied en het onderzoek daarnaar**

**Auteur: M.A. Lascaris**
**Met bijdragen van B.J.H. van Os, J. Bouwmeester, J.E. Abrahamse & A.M. Blom**

**Redactie: M.A. Lascaris, R. C.G.M. Lauwerier en B.J.H. van Os**
**Illustraties: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, tenzij anders vermeld**
**Autorisatie: E.M. Theunissen**
**Opmaak en productie: Xerox/OBT, Den Haag**

**ISBN/EAN:978-90-5799-322-0**

**© Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort, 2019**

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

# Inhoud




**Samenvatting** 5

**Summary** 6

**1 Inleiding** 7
1.1 Algemeen 7
1.2 Wat is een verstoring? 7
1.3 Verstoringen en archeologische resten: een nadere uitleg 7
1.4 Aanleiding, doel en onderzoeksvragen 8
1.5 Projectcontext 9
1.6 Verantwoording en dankwoord 9
1.7 Leeswijzer 9

**2 Effecten van agrarische grondbewerking op archeologie** 11
2.1 Inleiding 11
2.2 Reguliere grondbewerking 11
2.2.1 Algemeen 11
2.2.2 Effect op ondiepe vondsten 13
2.2.3 Effect op het (micro)reliëf 14
2.2.4 Effect van verdichting en periodieke structuurverbetering 15
2.2.5 Effecten van de afvoer van gewasgebonden grond 15
2.2.6 Effecten van bemesting met dierlijke mest 16
2.3 Incidentele bodembewerkingen en grondverzet 16
2.3.1 Effecten van diepe kerende of mengende bewerkingen 16
2.3.2 Effecten van egalisatie 18
2.3.3 Effecten van het dempen van sloten met van het perceel afkomstig materiaal 18
2.3.4 Effecten van het (uit)graven van sloten 19
2.3.5 Effecten van de aanleg van verschillende vormen van drainage 19
2.3.6 Effecten van het omzetten van akkerland in grasland 21
2.3.7 Effecten van omzetten van grasland in akkerland 21
2.3.8 Effecten van ruilverkaveling en landinrichting 22
2.3.9 Effecten die teruggaan op de ontginning 23
2.4 Conclusie effecten agrarische grondbewerking: een verstoring in lagen 27

**3 Bodemveranderingen door andere activiteiten in het landelijk gebied** 29
3.1 Inleiding 29
3.2 Effecten van agrarische bebouwing 29
3.3 Effect van de toename van niet agrarische-bebouwing en semi-bebouwde terreinen 29
3.4 Effect van de aanleg van recreatieterreinen 30
3.5 Effect van de bouw van windturbines 30
3.6 Effect van de aanleg van zonneparken 31
3.7 Effect van de aanleg van leidingen 32
3.8 Ontgrondingen 33
3.9 Natuurontwikkeling en beekherstel 33
3.10 Conclusie bodemveranderingen door niet-agrarische activiteiten 35

**4 Verstoringen in stedelijk gebied** 37
4.1 Inleiding 37
4.2 Ontwikkeling van woonwijken 1850-2016 37
4.3 Verstoringen op wijkniveau 38
4.4 Bebouwing en verstoring 39
4.5 Conclusie verstoringen stedelijk gebied 43

**5 Informatie over onderzoek naar verstoringen** 45
5.1 Inleiding 45
5.2 Bureauonderzoek 45
5.2.1 Bureauonderzoek verstoringen gemeentelijke archeologiekaarten 45
5.2.2 Een zoektocht naar de beste methode van bureauonderzoek 45
5.2.3 Het project Verstoorde percelen: een bureauonderzoek achteraf 47
5.3 Veldonderzoek, methoden en strategieën 47
5.3.1 Algemeen 47
5.3.2 Veldwerkmethoden: ervaringen met boren en profielkuilen 49
5.3.3 Ervaringen met de waarnemingsdichtheid, praktijk en theorie 51
5.4 Conclusies onderzoek naar verstoringen 53

**6 Conclusies en aanbevelingen** 55
6.1 Grondbewerkingen en grondverzet 55
6.2 Onderzoek 55

**Begrippenlijst** 57

**Referenties** 59
Publicaties project Verstoringen in Kaart 59
Geciteerde websites 59
Literatuur 60

# Samenvatting



Dit rapport dient als naslagwerk voor archeologen die onderzoek willen doen naar verstoringen door agrarische bodembewerking en niet-agrarisch grondverzet. Daarbij ligt het zwaartepunt op het agrarisch buitengebied hoewel ook kort wordt ingegaan op de te verwachten verstoring onder bebouwing. Tevens bevat het informatie over hoe je de mate van verstoring op een terrein het beste kunt onderzoeken. Het gaat om een literatuurstudie waarin onder meer gebruik wordt gemaakt van de verschillende (deel)studies die afgelopen jaren zijn verschenen in het kader van het project *Verstoringen in kaart* van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Dit rapport en de verslagen van de (deel)studies zijn terug te vinden op de website van de Rijksdienst.

Agrarische grondbewerkingen en ander grondverzet kunnen een breed spectrum aan verstoringssporen veroorzaken. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om verstoringen die een heel perceel kunnen innemen of juist een klein deel ervan, om regelmatige patronen uit lijnvormige ploegsporen of juist onregelmatige patronen zoals die ontstaan na egalisatie. Van belang is dat de variatie in het voorkomen van grondbewerkingen en de frequentie ervan enorm kunnen verschillen per regio, per grondsoort maar ook per uitvoerder. Hierdoor is vaak geen sprake van een enkel verstoringspoor of een enkelvoudig patroon met bewerkingssporen maar van een complexe combinatie van meerdere verstoringssporen en patronen. Onderscheidend is ook het diepteverloop. Zo is op landbouwgronden over het algemeen sprake van een intensief bewerkte geheel gehomogeniseerde bouwvoor met direct daaronder vaak nog enkele decimeters grond die eveneens regelmatig bewerkt wordt, zij het minder intensief. Belangrijk is dat zelfs als bekend is dat op een perceel diepere grondbewerkingen hebben plaatsgevonden, dit niet automatisch betekent dat het gehele perceel diep verstoord is. Dit omdat de verkaveling is veranderd of omdat bij die bewerking niet is uitgegaan van de perceelsgrenzen maar van lokale verschillen in ondergrond.

Voor wat betreft onderzoek naar verstoringen is duidelijk dat het slechts in uitzonderlijke gevallen mogelijk is om alleen op basis van bureauonderzoek een representatief beeld te geven van de verstoringssituatie op een perceel. Vaak is naast bureauonderzoek een veldtoets nodig voordat met enige zekerheid uitspraken kunnen worden gedaan over de verstoring ter plaatse. Uit de gegevens die in de loop van het project zijn verzameld, blijkt dat een onderzoek naar de verstoringsituatie op een perceel idealiter zou moeten bestaan uit een bureaudeel waarin aandacht is besteed aan veranderingen van het (micro)reliëf, veranderingen van het kavelpatroon, het gebruik van het perceel, en uit een veldtoets door middel van boringen en proefputjes. Op basis van deze kennis kan dan de juiste dichtheid en locatie van de waarnemingen voor de steekproef in het veld worden bepaald. Hierbij kan afhankelijk van de doelstelling van het onderzoek gekozen worden voor een meer generieke of een meer specifieke steekproefmethode. Deze keuze moet dan uiteraard wel goed (statistisch) worden onderbouwd.

# Summary

This report is a reference work for archaeologists wishing to research disturbances resulting from agricultural soil cultivation and non-agricultural earth-moving operations. It focuses on rural areas and provides information regarding how best to investigate the degree of disturbance on a site. The report comprises a literature study of various documents, including the various studies and substudies that have appeared in recent years in the context of the Cultural Heritage Agency of the Netherlands' project *Verstoringen in kaart* (Analysis of disturbances). It, and the reports of the aforementioned studies and substudies, can be found on the Agency's website.

Agricultural soil cultivation and other soil-moving activities can cause a wide range of traces of disturbance. Such disturbances may occupy an entire plot or a tiny part of one and comprise regular patterns from linear plough tracks or irregular patterns such as those caused by ground levelling. The fact that the occurrence and frequency of cultivation can vary enormously from region to region depending on the type of soil and the party responsible is important. This means that there is rarely a single trace of disturbance or a simple pattern of traces of cultivation but rather a complex combination of multiple traces of disturbance and patterns. The variation in depth of cultivation is also a differentiating factor. Agricultural lands, for example, generally feature an intensively cultivated, fully homogenized tillage layer, often with several decimetres of soil immediately under it which are also regularly cultivated, though somewhat less intensively. A key point is that even if a plot is known to have been cultivated to a considerable depth, this does not automatically mean that the entire plot has been disturbed to this depth. This could be because the land division has changed or because the cultivation was not based on the plot boundaries but on local differences in subsoil.

When it comes to studies of disturbances, it is clear that a representative picture of the disturbance situation on a plot can only be obtained solely on the basis of desk research under exceptional circumstances. In addition to desk research, a field test is often necessary before conclusions regarding disturbance on a site can be drawn with any certainty. The data that have been collected in the course of the project show that a study of the disturbance situation on a plot should ideally consist of desk research that focuses on the use of the plot and changes in the relief, micro-relief and land division patterns, as well as a field test comprising drilling and test pits. The correct density and locations for sampling in the field can then be determined on the basis of this knowledge. Depending on the objective of the research, a more generic or a more specific sampling method can be opted for. This choice must, of course, be properly substantiated by means of statistics.

# 1 Inleiding



## 1.1 Algemeen

Voor u ligt het afsluitend rapport van het project *Verstoringen in Kaart* van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Het gaat bij dit rapport om een literatuurstudie die dient als naslagwerk voor archeologen die onderzoek willen doen naar sporen van bodembewerking en grondverzet. Kennis over locaties waar de bodem vergraven of afgegraven is zorgt voor een betere afweging van de archeologische belangen binnen de ruimtelijke ordening. Door beter rekening te houden met de aanwezigheid van verstoorde bodems kan worden voorkomen dat onnodig archeologisch onderzoek plaatsvindt. Hieronder komt eerst aan de orde wat in dit rapport bedoeld wordt met een verstoring (paragraaf 1.2). Vervolgens is kort beschreven waarom kennis over verstoringen zo relevant is voor archeologen (paragraaf 1.3). Daarna wordt ingegaan op de aanleiding voor het rapport, het doel ervan en de onderzoeksvragen (paragraaf 1.4). Een beschrijving van de projectcontext staat in paragraaf 1.5. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een verantwoording, dankwoord (paragraaf 1.6) en leeswijzer.

## 1.2 Wat is een verstoring?

Wat voor een archeoloog een verstoring is van het bodemarchief is, kan voor een agrariër het optimaliseren van het grondgebruik zijn. Het is dan ook belangrijk om duidelijk te zijn over wat vanuit archeologische perspectief een verstoring is.
De grond en de daarin aanwezige archeologische informatie (vondsten, constructies, grondsporen, botanische resten, etc.) kunnen om verschillende redenen verstoord zijn. Op hoofdlijnen zijn de verstoringen als volgt onder te verdelen:

1 de grond en de eventueel daarin aanwezige archeologische informatie zijn verwijderd, bijvoorbeeld omdat de bodem afgegraven is. In dit geval is het bodemarchief geheel verwijderd tot op de diepte van de ontgraving;

2 de grond en de eventueel daarin aanwezige archeologische informatie zijn niet verwijderd maar omgewoeld omdat de bodem bijvoorbeeld vergraven, verploegd of door ander menselijk handelen geroerd is;

3 de grond en de eventueel daarin aanwezige archeologische informatie is niet verplaatst of verwijderd maar kwetsbare (organische) resten zijn verdwenen omdat deze door schimmels en dergelijke zijn aangetast na verlaging van het grondwaterpeil.

Dit rapport handelt uitsluitend over de eerste twee categorieën verstoring. De vaak meer geleidelijke verstoring door grondwaterpeilverlaging wordt hier buiten beschouwing gelaten tenzij dit het directe gevolg is van een fysieke ingreep.

Hoewel in dit rapport gebruik gemaakt is van het woord verstoring is het in de praktijk vaak beter om te spreken van *de kans op verstoring*. Dit omdat het over het algemeen zonder waarnemingen in het veld niet duidelijk is in hoeverre een bodemingreep daadwerkelijk een verstorend effect heeft gehad op bodemopbouw en eventuele archeologische resten. Het is dan wel van belang te beseffen dat het gebruik van het woord *kans* volgens sommigen een grotere statistische significantie suggereert dan reëel is. Dit geldt vooral als deze wordt uitgedrukt in een percentage dat feitelijk gebaseerd is op expert judgement en niet zozeer op waarnemingen. Uiteraard zijn er ook situaties waarin het evident is dat sprake is van een sterk verstoorde of zelfs geheel verstoorde bodem. Dit is bijvoorbeeld het geval bij grindplassen en zandgroeven.

## 1.3 Verstoringen en archeologische resten: een nadere uitleg

Archeologische vindplaatsen bestaan in essentie uit vondsten en grondsporen. Soms is ook sprake van zichtbare objecten zoals grafheuvels, terpen en hunebedden. In dit rapport gaat het vooral om de nog niet onderzochte onzichtbare archeologische vindplaatsen in de bodem. Deze dragen de informatie over vroegere samenlevingen en landschappen. Voor de kwaliteit van deze informatie is de exacte locatie van de

archeologische resten van groot belang. Dit geldt zowel de ruimtelijke samenhang tussen de archeologische vondsten en sporen binnen een vindplaats als de locatie van die resten in het landschap. De locatie van de resten kan informatie geven over de wijze waarop de resten in de bodem zijn terechtgekomen (taphonomie). Is sprake geweest van bewuste depositie, of van natuurlijke processen die hebben plaatsgevonden na verlating van een vindplaats (zoals een overstroming gevolgd door sedimentaire afdekking). Wanneer de archeologische resten ernstig verrommeld zijn en niet meer op de oorspronkelijke plek liggen, levert de vindplaats gewoonlijk minder informatie op dan een vindplaats waar vondsten en sporen nog in samenhang te onderzoeken zijn. Niettemin geldt ook voor deze verstoorde vindplaatsen dat de archeologische waarde ervan niet alleen bepaald wordt door de kwaliteit van bedoelde context. De archeologische waarde van een vindplaats is namelijk afhankelijk van meer dan alleen de fysieke kwaliteit. Een verstoorde vindplaats met zeldzame archeologische resten kan archeologisch gezien relevanter zijn dan een onverstoorde vindplaats met archeologische resten van een veel voorkomend type.
Van belang is verder dat zowel archeologische resten in de bodem als verstoringssporen een verschillende spreiding in de diepte kennen. Alleen ingrepen of processen die dieper gaan dan de diepst liggende archeologische resten kunnen een vindplaats volledig verstoren. Als de resten (deels) dieper voorkomen dan de verstoringsdiepte, zal dus een deel van de archeologie bewaard zijn gebleven. Daarbij moet wel bedacht worden dat juist ondiepe grondsporen als wandgreppels en erfafscheidingen veel informatie geven over de constructie van de verdwenen bovengrondse structuren. Deze zijn dus het meest kwetsbaar. Verder kan ook bij een ondiepe verstoring het microreliëf worden aangetast waardoor contextinformatie verloren gaat.
Tenslotte is het goed om te beseffen dat verstoringen uit het verleden de archeologie van vandaag kunnen vormen. Wat ooit als verstoring werd gezien – zoals sporen uit de tweede wereldoorlog – kan tegenwoordig onderwerp zijn van archeologisch onderzoek. Sturend bij de waardering hiervan zijn zowel regionale en nationale onderzoekagenda's als het gemeentelijk archeologiebeleid.

## 1.4 Aanleiding, doel en onderzoeksvragen

Ondanks het feit dat bewerkingen van de grond van grote invloed kunnen zijn op de kwaliteit van het bodemarchief is de kennis over verstoringen en hoe je deze het beste zou kunnen opsporen beperkt. Bestaande overzichten met informatie over verstoringen van de bodem zijn niet zonder meer geschikt voor gebruik in de archeologie omdat ze niet met dat doel gemaakt zijn.[1] Verder wordt welliswaar bij vrijwel ieder archeologisch onderzoek rekening gehouden met de mate van verstoring maar studies speciaal naar bodemverstoringen zijn schaars. Bovendien blijkt uit deze studies dat er nauwelijks consensus bestaat voor wat betreft de keuze van methoden en de te volgen strategie. Om in deze situatie verbetering aan te brengen, vindt bij de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed het project *Verstoringen in Kaart* plaats. In het kader van dit project zijn inmiddels verschillende (deel)studies uitgevoerd (zie lijst achterin dit rapport).
In deze deelstudies stond telkens een van de volgende twee onderzoeksvragen centraal:

- welke potentieel verstorende bodembewerkingen kunnen worden onderscheiden en wat de effecten zijn van deze bewerkingen op de bodem in termen van vorm, oppervlak en diepte van het verstoringsspoor;
- hoe kan de mate van verstoring het beste worden bepaald?

Deze onderzoeksvragen worden in dit rapport zo goed mogelijk beantwoord. Hiertoe zijn de resultaten van genoemde (deel)onderzoeken samengevat en waar nodig aangevuld met informatie afkomstig uit literatuurstudie. Tevens gaan we in op methoden en methodieken voor het traceren en interpreteren van sporen van bodembewerking en grondverzet op lokaal niveau. Zowel dit rapport als de resultaten van (deel)studies zijn gepubliceerd op de website van de Rijksdienst.
Een derde relevante onderzoeksvraag komt in dit rapport slechts zijdelings aan de orde maar moet hier wel genoemd worden vanwege het belang voor onderzoek naar verstoringen, namelijk:

[1] Zoals het enkele jaren terug verschenen 'Vergraven Gronden' (Brouwer & Van der Werff 2012). Omdat aan de naar thema's geaggregeerde verstoringen bronnen van sterk wisselende kwaliteit ten grondslag liggen, is dit overzicht niet erg geschikt voor gebruik in de archeologie.

- welke bronnen zijn beschikbaar voor onderzoek naar verstoringen en wat is de kwaliteit van die bronnen voor gebruik in de archeologie?

Deze bronnen komen in dit rapport kort aan de orde bij de beschrijving van de ervaringen die zijn opgedaan met bureauonderzoek (paragraaf 5.2) maar voor veel uitvoeriger informatie over bronnen wordt verwezen naar de uitleg en de achtergronddocumenten bij de *RCE-Verstoringsbronnenkaart*. Deze is eveneens te vinden op de website van de Rijksdienst.

## 1.5 Projectcontext

*Verstoringen in Kaart* maakt deel uit van een aantal projecten van de Rijksdienst, geïnitieerd in het programma *Kenniskaart Archeologie*, die bij moeten dragen aan een meer efficiënte archeologie.[2] Bij de overige projecten gaat het om *Verwachtingen in Lagen*: een archeologische verwachtingskaart die ook rekening houdt met dieper in de grond liggend archeologisch resten, *Waardenkaarten in Veelvoud* met een analyse van de gemeentelijke archeologiekaarten; *Best Practices Prospectie* met informatie over welke set van prospectiemethoden het best geschikt is voor specifieke situaties; een *update van de Nationale Onderzoeksagenda Archeologie (NOaA)* en als laatste *Oogst voor Malta* een set van publicaties waarin vanuit verschillende thema's de kenniswinst van de afgelopen tien jaar aan archeologisch onderzoek wordt samengevat. Het programma *Kenniskaart Archeologie* is afgesloten in 2017 maar verschillende projectactiviteiten in het verlengde daarvan, zoals updates, aanvullingen en verbeteringen, worden voortgezet in het actuele programma *Kennis voor Archeologie* (2018-2021).

## 1.6 Verantwoording en dankwoord

Dit rapport had in deze vorm nooit tot stand kunnen komen zonder de medewerking van tal van mensen van buiten de Rijksdienst. Een groot aantal professionals op het vlak van archeologie en landbouw droeg bij aan een van de deelprojecten of namen deel aan de discussies voor en tijdens de presentaties van de resultaten daarvan. Onze dank gaat speciaal uit naar Jan Breimer (A=M), Fokko Kortlang (ArchAeO advies), Gilbert Maas (Wageningen Environmental Research), Huib-Jan van Oort (namens het CGA), Arno Peekel (ZLTO), Hans Simons (Den Haag), Carla Soonius (West-Friesland), Chris Sueur (Buro de Brug), Boudewijn Voormolen (Katwijk), Folkert de Vries (Wageningen Environmental Research) en Nico Willemse (RAAP) voor hun bijdragen en discussie tijdens een op 26 februari 2016 gehouden bijeenkomst over verschillende methoden en methodieken om van achter het bureau verstoringssporen in kaart te brengen. Dank aan Ria Berkvens (Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant) die voor ons aan de leden van het Convent van Gemeentelijke Archeologen (CGA) de vraag heeft voorgelegd of en hoe verstoringen zijn meegenomen op de archeologische verwachtings- of beleidskaarten. Verschillende medewerkers van de Rijksdienst hebben aan het rapport meegeschreven, meegediscussieerd tijdens interne en externe bijeenkomsten of hebben in de loop van het project gegevens verzameld die verweven zijn in de teksten. Speciaal te noemen zijn de leden van het projectteam namelijk: Bertil van Os, Guido Mauro, Fred Brounen en Menno van der Heiden. Jeroen Bouwmeester, Jaap-Evert Abrahamse en Anita Blom leverden de broodnodige inhoud voor wat betreft de te verwachten verstoringssporen onder bebouwd gebied. Tenzij anders vermeld, zijn de teksten in het rapport afkomstig van Michel Lascaris die ook verantwoordelijk was voor de projectleiding. De redactie van het rapport was in handen van Michel Lascaris, Roel Lauwerier en Bertil van Os.

## 1.7 Leeswijzer

In de hoofdstukken 2 tot en met 4 wordt antwoord gegeven op de vraag welke potentieel verstorende grondbewerkingen kunnen worden onderscheiden en wat de effecten daarvan zijn op de bodem in termen van vorm, oppervlak en diepte.
In hoofdstuk 2 komen de effecten van agrarisch grondgebruik aan de orde. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen reguliere vaak herhaalde teelthandelingen zoals ploegen en eggen, en incidentele grondbewerkingen zoals diep-

[2] Lauwerier *et al.* (eds.) 2017. Meer informatie hierover is te vinden op de website van de Rijksdienst.

ploegen en de aanleg van drainage. Een andere categorie potentieel verstorende activiteiten in het landelijk gebied vormen de niet-agrarische activiteiten zoals de aanleg van recreatie-terreinen, de bouw van windmolens en de aanleg van nieuwe natuur. De eventuele effecten hiervan worden behandeld in hoofdstuk 3.
Ondanks dat de nadruk in dit rapport ligt op het landelijk gebied kan in een in toenemende mate verstedelijkende samenleving als de Nederlandse niet voorbij gegaan worden aan bebouwd gebied. In hoofdstuk 4 wordt dan ook kort ingegaan op de verstoringen die te verwachten zijn in stedelijk gebied.
In hoofdstuk 5 ligt de focus op de beantwoording van de vraag welke ervaringen inmiddels zijn opgedaan bij het opsporen van verstoringen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen bureauonderzoek vanachter de PC en ervaringen die opgedaan zijn met veldonderzoek.
Afgesloten wordt een conclusie met enkele aanbevelingen.

# 2 Effecten van agrarische grondbewerking op archeologie

*B.J.H. van Os & M.A. Lascaris*

## 2.1 Inleiding

Het areaal dat ingenomen wordt door landbouwgrond is in Nederland nog steeds aanzienlijk. Dit ondanks dat al vele jaren sprake is van een geleidelijke afname. In 2012 ging het om 54 procent van het landoppervlak.[3] Een groot deel van het archeologisch bodemarchief ligt dus op landbouwgrond. In dit hoofdstuk wordt dan ook ingegaan op de agrarische grondbewerkingen die van invloed kunnen zijn op bodemopbouw en eventueel in de grond aanwezige archeologische resten.
Voor wat betreft agrarische grondbewerkingen kan grofweg onderscheid worden gemaakt in jaarlijks terugkerende bewerkingen die beperkt blijven tot de bouwvoor zoals eggen en ploegen en incidentele diepere grondbewerkingen. Voorbeelden van handelingen die tot de tweede categorie behoren zijn diepploegen en de aanleg van drainage. Al in 1995 verscheen een overzicht van de landbouwkundige bodemtechnische ingrepen en de effecten daarvan op de archeologie in de grond.[4] Hierin werd onder meer geconstateerd dat vooral incidentele grondverbeterende bewerkingen effect kunnen hebben op het bodemarchief. Grondsporen kunnen worden uitgewist en artefacten worden vermengd, gefragmenteerd en verplaatst. De diepte en het oppervlak van deze bewerkingen verschillen sterk naar gelang de plaatselijke omstandigheden. Ook werd geconstateerd dat de inzet van steeds zwaardere machines, een duidelijk toenemende bedreiging zouden gaan vormen voor de archeologie in de bodem. Twee jaar na publicatie van dit rapport verscheen een studie die duidelijk maakte dat ook jaarlijks terugkerende bewerkingen als ploegen en eggen op den duur effect hebben op het reliëf en daarmee op archeologie en landschap. Uit deze studie kwam naar voren dat vanaf de jaren vijftig tot aan 1990 maar liefst 25 procent van het reliëf in Nederland verdwenen is.[5] Niet alleen de incidentele diepgaande bodembewerkingen kunnen dus gevolgen hebben voor de archeologie in de bodem maar ook het jaarlijkse ploegen en eggen.
Inmiddels zijn sommige constateringen uit deze twee studies minder actueel vanwege veranderde landbouwkundige inzichten. Zo is sprake van een groeiende groep boeren die streeft naar een minder intensieve bewerking en behoud van organische stof in de bouwvoor. Bredere luchtbanden onder de landbouwvoertuigen moeten bodemverdichting tegengaan zodat de grond minder vaak gewoeld of geploegd dient te worden. Daarnaast is diepploegen, woelen of keren duurder geworden vanwege het brandstofverbruik (landbouwdiesel is afgeschaft) en machinehuur van zwaardere apparatuur. Anderzijds lijkt het afvlakken van de akkers voor verbetering van afwatering en bodemstructuur de laatste jaren eerder toe dan af te nemen. De actuele stand van zaken op het vlak van bodemverstoring bij agrarische grondbewerking, is door Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) in opdracht van de Rijksdienst samengevat.[6] Hieronder staat een op dit onderzoek gebaseerde beschrijving van de gevolgen van diverse veel voorkomende vormen van agrarische grondbewerking.
In de komende alineas wordt eerst het effect van reguliere bodembewerking beschreven (paragraaf 2.2). Met reguliere grondbewerking worden hier de telkens herhaalde standaardbewerkingen bedoeld die gewoonlijk niet dieper gaan dan de bouwvoor maar ook de diepere periodieke maatregelen om verdichting tegen te gaan. Vervolgens gaan we in op eenmalige of hooguit incidentele agrarische bodembewerkingen zoals het aanleggen van drainage, diepploegen, het dempen van sloten en egalisatie en ontginningen (paragraaf 2.3). Afgesloten wordt met een conclusie waarin een kort resumé wordt gegeven van de effecten van het agrarisch grondgebruik op de bodem (paragraaf 2.4).

## 2.2 Reguliere grondbewerking

### 2.2.1 Algemeen

Reguliere grondbewerkingen dienen om het rendement van het zaaigoed te verhogen door de bodemstructuur te verbeteren, ongewenste planten te verwijderen en de voedingsstoffen beter te verdelen. Deze bewerkingen gaan gewoonlijk niet dieper dan de bouwvoor met uitzondering van de periodieke jaarlijkse of meerjaarlijkse grondverbeteringen die tot doel hebben om telkens weer de verdichte grond aan de onderzijde ervan los te maken. De meest voorkomende reguliere grondbewerkingen

3 Centraal Bureau voor Statistiek (CBS), bodemgebruik in Nederland 2012.
4 Heunks 1995.
5 Dijkstra *et al.* 1997.
6 Reuler *et al.* 2014. Deze studie is te downloaden op https://cultureelerfgoed.nl



Afb. 2.1 Reguliere grondbewerking met de keerploeg (bron: Pixabay).



Afb. 2.2 Tril- of veertandcultivator (bron: Pixabay).




Afb. 2.3 Vaak worden in een arbeidsgang verschillende bodembewerkingen gecombineerd zoals hier een combinatie van een voorzetwoeler, rotorkopeg, drukrol en verkruimelrol (bron: Reuler *et al*. 2014, foto 17).

vinden plaats met een kerende ploeg, een woeler of een (triltand)cultivator. Zoals de naam al suggereert, wordt door een kerende ploeg de bovenste grond naar onderen gebracht en vice versa. Afhankelijk van de breedte van de ploegschaar wordt de schralere, diepere grond gemengd met de organisch rijkere bovenlaag. Bij het woelen met een woeler of (triltand) cultivator blijft de bodemopbouw min of meer intact en verandert vooral de structuur van de bodem.[7] Kenmerkend voor het regulier bewerkte deel van de bodem is gewoonlijk de vergaande homogenisatie.

### 2.2.2 Effect op ondiepe vondsten

Door ploegen en woelen wordt de geklonterde aarde verkleind en gemengd. Eventueel aanwezige archeologische resten ondergaan dezelfde processen. Kwetsbare anorganische artefacten zoals (pre)historisch aardewerk en bouwkeramiek kunnen hierdoor verkruimelen. Bij meer robuuste vondsten als vuurstenen artefacten en hard gebakken keramiek als steengoed, treedt verkleining minder snel op. Door kerend ploegen wordt de grond vooral verplaatst in verticale zin maar is ook sprake van transport in horizontale zin. Inmiddels is bekend dat de grond bij keerploegen na drie jaar gewoonlijk tussen de nul en 90 cm verplaatst is met uitschieters tot wel 10 meter.[8] Ook bij niet-kerende grondbewerkingen zoals woelen kan materiaal over enkele meters worden verplaatst.[9] Door verplaatsing wordt de oorspronkelijke relatie tussen de vondsten en grondsporen als cultuurlagen en kuilen verstoord. Niettemin kan het nog steeds zinvol zijn om deze verplaatste archeologische resten te onderzoeken.[10] Voor de informatiewaarde is immers niet alleen de mate van verstoring van belang maar ook de aard van de vindplaats. Verder komt dankzij de reguliere bodembewerking een deel van de vondsten aan de oppervlakte te liggen wat de herkenbaarheid van nog onontdekte vindplaatsen ten goede komt. Wel zal de verdeling tussen kleine en grote voorwerpen van deze oppervlaktevondsten uiteraard anders zijn dan bij een opgraving.[11] Kanttekening hierbij is dat vandaag de dag nog maar weinig veldkarteringen plaats vinden zodat de kans dat een nog onontdekte vindplaats op deze wijze aan het ligt komt gering is.
Een aparte vondstcategorie vormen de metalen artefacten. Als deze door ploegen binnen bereik

7 Spandl *et al*.2009.
8 Van Muysen, Van Oost & Govers 2006.
9 Spandl *et al*. 2009.
10 Diez-Martín 2010.
11 Dunnell & Simek 1995.

van metaaldetectoren komen te liggen, kunnen deze meegenomen worden door metaaldetectie-amateurs. Dit kan helpen bij de opsporing van vindplaatsen mits de vondsten geregistreerd worden. Koper, koperverbindingen zoals brons en messing en andere non-ferro artefacten blijven ook in de bouwvoor redelijk bewaard omdat deze vaak al zijn voorzien van een corrosiebestendig patina.[12] IJzeren voorwerpen echter zullen in de bouwvoor snel gaan roesten waardoor deze al vrij snel vorm verliezen en uiteenvallen.

### 2.2.3 Effect op het (micro)reliëf

Zowel ploegen als woelen en eggen zorgen op den duur voor het verminderen van hoogteverschillen maar bij ploegen verloopt dit proces aanzienlijk sneller.[13] Door de herverdeling van grond vlakt de bodem af zodat het aanwezige (micro)reliëf geleidelijk verdwijnt. De mate waarin dat gebeurt, hangt onder meer af van de werkrichting.[14] Als op hellingen evenwijdig aan de hoogtelijnen (contouren) wordt geploegd of zowel helling op als helling af, gaat de afvlakking minder snel dan als alleen van boven aan de helling naar omlaag wordt geploegd.[15] De verandering van het reliëf kan aanzienlijk zijn. Zo is aangetoond dat na slechts 30 ploegbewerkingen een reliëfverschil van meerdere meters verdwenen kan zijn.[16] Hierdoor ontstaan verschillen in de dikte van de bouwvoor. Verder heeft dit uiteraard consequenties voor het bovengrondse deel van archeologische en cultuurhistorische objecten zoals terpen, motteheuvels, dijken, bolle akkers en grafheuvels.

12 Van Os *et al.* 2014.
13 Van Os *et al.* 2014.
14 Meuwissen 2012.
15 De Alba 2004.
16 Heckrath *et al.* 2006.



Afb. 2.4 Sporen van woelers of frezen in het vlak van een opgraving bij Graetheide (Limburg). Omdat bij deze bewerking de bodem alleen losgemaakt en niet gekeerd wordt zijn deze verstoringssporen niet altijd zo duidelijk herkenbaar als hier op de foto.

Binnen één generatie kunnen deze door ploegen veel van hun herkenbaarheid verliezen of zelfs geheel verdwijnen.

### 2.2.4 Effect van verdichting en periodieke structuurverbetering

Landbouwmachines zijn de afgelopen dertig jaar steeds groter en zwaarder geworden. De tractoren die in de jaren zestig werden gebruikt wogen ongeveer twee ton. Tegenwoordig weegt een tractor al snel tussen de zes en 14 ton. Een bietenoogstmachine in combinatie met een bunkerwagen weegt zelfs meer dan 40 ton.[17] Het hogere gewicht van de voertuigen gaat samen met grotere wielen en bredere banden maar niettemin is de druk op de grond sterk toegenomen. Bij een asdruk van meer dan 10 ton kan – afhankelijk van het bodemvochtgehalte en de grootte van het contactvlak tussen banden en grond – een compactie van de bodem optreden tot een diepte van wel 50 cm. De toegevoegde druk op 25 cm onder het maaiveld kan bij een moderne trekker makkelijk de 250 kPa te boven gaan. Uit proeven blijkt dat dan al het grotere aardewerk breekt.[18] Omdat het bedrijfseconomisch gunstiger is om gewassen zoals mais, suikerbieten en aardappelen zo laat mogelijk te oogsten, vindt de oogst vaak in natte perioden in het najaar plaats. Hierdoor wordt het effect van verdichting door berijden nog groter evenals de kans op insporing.[19] Door de grondcompressie treedt een irreversibele verandering in de porositeit op wat voor een afnemende gewasopbrengst zorgt.[20] De verdichte bodemlaag wordt door veel boeren regelmatig weer losgemaakt.[21] Dit gebeurt doorgaans met ondergronders aan de ploeg (35-40 cm diep), met een spitfrees (ca. 40 cm diep) of met een diepwoeler (40-60 cm diep). Ondanks dat deze bewerkingen lang niet altijd helpen om de vruchtbaarheid te verbeteren en soms de verdichting zelfs verergeren, worden ze veelvuldig toegepast.[22] De variatie in voorkomen en uitvoeringsfrequentie van deze wat diepere grondbewerkingen is erg groot en wisselt per bodemsoort, per regio en per teler. Dit betekent dat ook de variatie in het effect op het bodemarchief groot is.
In ieder geval is duidelijk dat bij het periodiek bewerken van de bodem om de verdichting te verminderen de dicht onder de bouwvoor aanwezige grondsporen en artefacten verstoord kunnen worden. Het periodiek dieper bewerken met een spitfrees veroorzaakt een vlakdekkende roering van de bodem. Ondergronders en diepwoelers veroorzaken een patroon van evenwijdig verlopende lijnvormige verstoringen. Bij diepwoelen vindt vaak een tweede woelbewerking plaats loodrecht op de eerste wat een aanzienlijke toename van de hoeveelheid geroerde grond betekent.[23] Na veelvuldige herhaling verdwijnen de lijnvormige patronen en raakt ook de grond onder de gebruikelijke ploegdiepte geheel gehomogeniseerd. Naast het regelmatig opheffen van verdichtingen aan de onderzijde van de bouwvoor is soms sprake van (in principe) als eenmalig bedoelde diepere grondbewerkingen tot meer dan 1,5 meter diepte die eveneens tot doel kunnen hebben om storende lagen te breken. Deze komen aan de orde in paragraaf 2.3.1.

### 2.2.5 Effecten van de afvoer van gewasgebonden grond

Tijdens de oogst wordt met ieder product ook wat aanhangende grond (tarra) afgevoerd. Als geen compenserende maatregelen worden genomen, zorgt dit uiteindelijk voor een verlaging van het perceel.De tarra kan variëren van 0,1 mm per jaar voor pootaardappelen tot 0,9 mm per jaar voor waspeen.[24] In het geval van suikerbieten bestaat maar liefst 10 procent van de oogst uit tarra. Bij graszodenteelt maakt de grond onderdeel uit van het product en wordt per oogst wel tot 4 mm grond afgevoerd dat kan oplopen tot enkele centimeters per jaar. Zonder aanvulling leidt deze vlakdekkende verlaging van het maaiveldniveau tot een geringere diepteligging van de onverstoorde bodem met als consequentie een jaarlijkse aftopping van de onverstoorde bodem en de daarin eventueel aanwezige vindplaatsen.

De tarra bij (laan)bomenteelt is veel groter dan bij reguliere akkerbouw met ongeveer 6,75 mm per jaar (uitgaande van 4500 bomen per ha, een kluit van 50 cm diameter en een vierjarige cyclus).[25] Aanvankelijk blijft op het perceel na bomenteelt een regelmatig patroon in de vorm van de parallelle rijen met ronde of hoekige plantgaten achter. Ter voorbereiding van de

17 Staps *et al.* 2015.
18 Dain-Owens *et al.* 2013. Kanttekening is dat de proeven zijn uitgevoerd met complete aardewerken potten, zonder hard gebakken varianten zoals steengoed. Verder was het betreffende aardewerk ook na het breken nog 'archeologisch compleet'.
19 Staps *et al.* 2015.
20 Håkansson & Reeder 1994.
21 Reuler *et al.* 2014.
22 Batey 2009; Staps *et al.* 2015.
23 Spandl *et al.* 2009.
24 Reuler *et al.* 2014.
25 Reuler *et al.* 2014



Afb. 2.5 Grondtarra aan een zojuist gelichte suikerbiet (bron: Reuler *et al.* 2014 foto 20).

volgende teelt worden de gaten dichtgeschoven en het perceel geëgaliseerd wat een min of meer vlakdekkende maaivelddaling veroorzaakt. Bij langdurige bomenteelt op hetzelfde perceel raakt de bodem op den duur geheel gehomogeniseert tot op de diepte van de plantgaten. Daarnaast zorgen bomen voor een meer doorluchte drogere bodem en het beschikbaar komen van voedingsstoffen (bladafval) wat gunstige condities schept voor een rijk bodemleven (micro-organismen, insecten, kleine zoogdieren) en daarmee voor een homogenisatie van de bodem (bioturbatie). Hierdoor worden grenzen tussen en binnen grondsporen en structuren steeds minder goed herkenbaar. Het onttrekken van water aan de bodem zorgt lokaal voor grondwaterpeilverlaging wat consequenties kan hebben voor eventueel aanwezige kwetsbare organische archeologische resten (zie 2.3.5 drainage).[26]

### 2.2.6 Effecten van bemesting met dierlijke mest

In de huidige landbouwpraktijk worden grote hoeveelheden dierlijke mest op grasland en maisakkers gebracht om het mestoverschot van de veeteelt kwijt te raken. Bemesten vindt op dit moment meestal plaats door zodenbemesting. Daarbij wordt tot een diepte van 5 cm en met een onderlinge afstand van ongeveer 20 cm mest in de bodem geïnjecteerd. Een andere vorm van mestinjectie, waarbij tot een diepte van 20 cm werd geïnjecteerd met een ganzenvoetschoffel, wordt inmiddels niet meer toegepast.[27]
Al in de achttiende eeuw werd geschreven over de mogelijk schadelijke invloeden van mest door corrosie van metalen artefacten in de bouwvoor.[28] Moderne bemestingsmethoden injecteren de mest niet dieper dan 5 cm en hebben nauwelijks invloed op de bodemstructuur.[29] Bijna alle organische stof wordt gemineraliseerd en ammoniak wordt omgevormd tot nitraat en opgenomen door de plant. Ammoniakhoudende mest heeft over het algemeen een hoge pH.[30] Bij een pH > 10 kan ammonium koper oplossen; deze zuurgraad wordt echter nooit gehaald. Koperen voorwerpen lossen vooral op in zure gronden.[31]
De bewering dat bemesting zorgt voor een versnelde achteruitgang van de kwaliteit van metaalvondsten klopt waarschijnlijk niet.[32] De waargenomen achteruitgang van metalen artefacten blijkt niet zozeer het gevolg van de mest zelf maar van meerdere maatregelen samen die tot doel hebben om de opbrengst van de akker te verhogen. Deze intensivering van de grondbewerking heeft tot gevolg dat de metalen voorwerpen uit hun beschermende omgeving in de bouwvoor terechtkomen.[33]

## 2.3 Incidentele bodembewerkingen en grondverzet

### 2.3.1 Effecten van diepe kerende of mengende bewerkingen

Diepe bewerkingen zijn grofweg te verdelen in kerende maatregelen zoals diepploegen en omzetten met een kraan, en in mengende bewerkingen als mengploegen, mengwoelen, mengroteren en machinaal diepspitten. Daarnaast kan sprake zijn van bezanden of opspuiten met zand dat ter plaatse van grotere diepte wordt gewonnen of dat van elders is aangevoerd. Oorspronkelijk waren deze diepe

26 Cox *et al.* 2001.
27 Haan *et al.* 2009.
28 Tymann 1996.
29 Haan *et al.* 2009.
30 Eghball 2002.
31 Nord, Mattsson & Tronner 2005.
32 Ward, Smith & Lawley 2009.
33 Spandl *et al.* 2009.

**Tabel 2.1 Advies voor verschillende diepe bewerkingen in de Veenkoloniën (bron:Van Balen, Bernaerts & Van Iperen 2008, tabel 1).**

| Diepte waarop zand begint (in cm) | Werktuig | Maximale diepte (in meter) |
|---|---|---|
| <60 cm | mengploeg | 2,0 meter |
| 60-120 cm | diepspitmachine | 1,2 meter |
| 60-120 cm | diepploeg | 1,80 meter |
| 120-250 cm | bezandingsmachine | 4,5 meter |
| 250-350 cm | kraan | ca. 4 meter |
| 350-700 cm | opspuiten | ca. 7 meter |



Afb. 2.6. Diepploegen tot enkele decimeters onder de bouwvoor met behulp van gekoppelde tractoren in de Flevopolder in 2004 (bron: Agrifoto). Bij zwaardere bodems en dieper ploegen worden soms ook rupsvoertuigen ingezet.

grondbewerkingen bedoeld als eenmalige maatregel bij ontginningen (zie ook paragraaf 2.3.8). Sinds het begin van dit millennium vinden deze diepe bewerkingen echter steeds vaker plaats op land dat al eerder tot op grote diepte bewerkt is. Doel is dan om de na tientallen jaren akkerbouw afgenomen bodemkwaliteit te herstellen door diepliggende storende lagen te breken en de structuur van de bodem te verbeteren waardoor een groter aantal teelten mogelijk wordt.[34]
De methode van diepe bewerking verschilt en hangt bijvoorbeeld af van de diepte, omvang en aard van de storende lagen en van de diepte waarop zand ligt waarmee de kwaliteit van de bouwvoor verbeterd kan worden (tabel 2.1).
De meest toegepaste diepe bodembewerkingen zijn diepploegen en mengwoelen. Zo wordt bijvoorbeeld in Flevoland momenteel jaarlijks ca. 150 ha gediepploegd.[35] Diepploegen en mengwoelen zijn omstreden omdat ze weliswaar op korte periode zorgen voor een verbetering van de bodemvruchtbaarheid en structuur maar op langere termijn de bodem uitputten. Van belang is dat diepploegen niet alleen plaats vindt om de bodemstructuur te verbeteren of om storende lagen te breken. Het wordt ook gedaan om de bouwvoor (met de

[34] Staps *et al.* 2015.
[35] Staps *et al.* 2015.

vruchtbare humus) onder te ploegen waarna de naar boven gekomen grond gebruikt wordt om te egaliseren (paragraaf 2.3.2) of om bijvoorbeeld sloten mee te dempen (paragraaf2.3.3).
Een voor de archeologie mogelijk zorgwekkende ontwikkeling is dat diepploegen wordt genoemd als een geschikte methode om aan het oppervlak gevormde koolstof dieper in de bodem vast te leggen en zodoende bij te dragen aan het halen van de klimaatdoelstellingen.[36]
Zowel bij diepploegen als bij mengwoelen worden de bodemlagen verticaal vermengd. Het mag duidelijk zijn dat het tot wel 2 m diepte omkeren van de grond door middel van diepploegen en diepwoelen, het homogeniseren van de bodem tot op 80 cm diepte met de mengrotor en het diep omzetten van de bodem met een graafmachine desastreus kunnen zijn voor eventueel aanwezige archeologische vindplaatsen. Daarbij komt dat deze maatregelen gewoonlijk samengaan met de aanleg of vernieuwing van de drainage. Verlagen van de grondwaterspiegel door drainage zorgt voor een sterk verminderde conservering van eventueel aanwezige archeologische vondsten van organisch materiaal.
Door een kerende bewerking als diepploegen ontstaat een vlakvormige verstoring die niet altijd direct als zodanig herkenbaar is. Voor grondverbetering in de veenkoloniën wordt bijvoorbeeld aangeraden dicht aan de oppervlakte liggende storende veen- of bodemlagen om te ploegen en één op één te vermengen met het onderliggende zand. Bij het ploegen wordt het bodemprofiel dan in stroken gekeerd met als resultaat een patroon van verticale banen afwisselend bestaande uit geel zand en de voormalige bovengrond.[37]
Van bijzonder belang voor de archeologie is het feit dat de sporen van dergelijke diepe bodembewerkingen niet per definitie het gehele perceel beslaan. Dit is te verklaren doordat bijvoorbeeld het kavelpatroon veranderd kan zijn (paragraaf 2.3.8). Ook kan sprake geweest zijn van het doelbewust tijdens de ontginning omwerken van plaatselijk aanwezige bodemlagen die zich niet over het hele perceel uitstrekten (paragraaf 2.3.9). Verder ondergaat ook tegenwoordig niet altijd het hele perceel precies dezelfde bewerking omdat agrariërs zich doorgaans zeer bewust zijn van de bodemvariatie binnen een perceel die erg groot kan zijn.[38]
Zo worden soms zeer lokaal storende lagen omgegraven op plekken waar voorheen telkens water op het land bleef staan.

### 2.3.2 Effecten van egalisatie

Al in 1997 werd vastgesteld dat in Nederland sinds de jaren vijftig in maar liefst 25 procent van Nederland het reliëf verdwenen is.[39] Duidelijk is deze vervlakking zich tot op heden heeft voortgezet. Een korte zoektocht op internet leert dat tegenwoordig het (micro)reliëf op landbouwgronden waarschijnlijk zelfs sneller en grootschaliger uitgevlakt wordt dan in 1997. Op tal van websites, voornamelijk van loonwerkbedrijven, wordt egaliseren en kilveren van akkers gepropageerd. Dit doet vermoeden dat het glad en vlak maken van akkers intussen een grote vlucht genomen heeft.
Door egalisatie verdwijnen natuurlijke hoogteverschillen maar ook het (micro)reliëf dat samenhangt met eeuwenlang grondgebruik. Egalisatie is dan ook een bijzonder ingrijpende vorm van niet-teeltgebonden agrarische grondbewerking. Doel is het opheffen van de bodemvariatie door een gelijkmatige verdeling van de grond over het perceel waardoor de vochtbalans beter onder controle is, erosie wordt verminderd en de teelteigenschappen op het perceel min of meer gelijk zijn. De landbouwkundig waardevolle teellaag wordt voorafgaand aan de egalisatie gewoonlijk tijdelijk aan de kant geschoven met een bulldozer of het voorblad van een kilverdozer. Na afschuiven van de bouwvoor worden de hogere delen van de akker afgegraven, afgeschoven of gediepploegd waarbij het vrijkomende gele zand gebruikt wordt om de lagere delen van de akker mee op te vullen. De machines zijn voorzien van moderne laser- en GPS techniek waarmee een voor de afwatering van het perceel gunstig verloop van het oppervlak wordt verkregen. Vervolgens wordt de bouwvoor teruggezet en gelijkmatig over het perceel verdeeld. De afwerking vindt gewoonlijk plaats met een lasergestuurd kilverbord.
De aard en omvang van het grondverzet dat gepaard gaat met egalisatie heeft uiteraard gevolgen voor de bodem en de eventueel daarin aanwezige archeologische vondsten en grondsporen. Bij het tijdelijk verwijderen van de teellaag gaat de relatie tussen archeologisch materiaal in de bouwvoor en onderliggende archeologische fenomenen compleet verloren. Tijdens het vlak maken van de onderliggende bodem kunnen eventuele vindplaatsen, sporen

[36] Schneider *et al.* 2017; Alcántara *et al.* 2016.
[37] Innovatiecentrum voor de veenkoloniale landbouw. Praktijknetwerk Opheffen Bodemverdichting en Kwantificeren Bodemkwaliteit, verslag bijeenkomst 12 juni 2014; Booij & Van Essen 2015.
[38] Balen, Bernaerts & van Iperen 2008; Booij & Kamp 2015; Reuler *et al.* 2014.
[39] Dijkstra *et al.* 1997.

en artefacten worden afgetopt en beschadigd. Doorgaans is bij egalisering sprake van een onregelmatige verstoring. De aftopping van de hogere delen van de terreinen gaat gepaard met afdekking van de lagere delen. Afhankelijk van het aanwezige reliëf worden vooral de hogere delen afgeschoven. Dit zijn vaak locaties waar zich resten van prehistorische bewoning kunnen bevinden.[40] Bij prospectie kan dit leiden tot een verkeerde inschatting over de gaafheid van een archeologische vindplaats. Ook betekent egalisatie dat de vaak aanwezige subtiele hoogteverschillen (microreliëf) niet meer traceerbaar zijn via hoogtemodellen zoals het AHN.[41] Verder is egalisatie, op plaatsen waar de ondergrond uit veen of klei bestaat, meestal geen eenmalige gebeurtenis maar moet deze herhaald worden omdat het reliëf wordt veroorzaakt door lithologische verschillen in de ondergrond. Als deze bestaat uit veen of klei zullen de reliëfverschillen na egalisatie na verloop van tijd weer tot expressie komen. Door de herhaalde egalisatie worden archeologische resten nog verder aangetast.

### 2.3.3 Effecten van het dempen van sloten met van het perceel afkomstig materiaal

Op de huidige percelen wordt zoveel mogelijk gestreefd naar een gesloten grondbalans, dat wil zeggen zonder grond aan- of afvoer van elders. Dit betekent dat bij het dempen van sloten vaak gebruik gemaakt zal zijn van grond afkomstig van het naast de greppel liggende perceel. Aftopping van vindplaatsen is hier dan ook een risico. Daarnaast kan dichtschuiven van sloten met perceeleigen materiaal gevolgen hebben voor deels bovengronds cultuurhistorisch erfgoed zoals wallen, grafheuvels en dijken.

### 2.3.4 Effecten van het (uit)graven van sloten

Bij het opschonen van sloten wordt naast het op de bodem verzamelde slib, vaak ook een kleinere of grotere hoeveelheid ongeroerde grond meegenomen. Daarbij kunnen al eerder bij de aanleg van de sloot verstoorde archeologische resten verder verstoord worden. Het graven of uitdiepen van sloten heeft echter ook een positief effect omdat hierdoor nog onbekende en moeilijk traceerbare vindplaatsen aan het licht kunnen komen. Dit geldt vooral voor permanent grasland. De grond uit de sloot wordt gewoonlijk over het perceel verspreid waardoor eventuele vondsten zichtbaar aan de oppervlakte komen te liggen. Verder zorgt de ophoging met baggerspecie voor een beschermende laag die aanwezige archeologische resten beter beschermd. Anderszins kan de aanleg van een sloot een lagere grondwaterstand op het perceel tot gevolg hebben waardoor veen kan verdwijnen (oxideren) en wormen, mollen, aaltjes en schimmels zich tot op een dieper niveau kunnen handhaven.[42] Dit leidt tot verdwijnen of vervagen van bodemsporen en -grenzen en aantasting van archeologisch materiaal zoals bot- en houtresten.[43]

### 2.3.5 Effecten van de aanleg van verschillende vormen van drainage

Drainage wordt gewoonlijk aangelegd om overtollig grondwater af te voeren, vooral in het vroege groeiseizoen, en om te kunnen oogsten in het natte najaar. Ook kan in droge perioden water worden toegevoerd. Drainage vindt meestal plaats door poreuze buizen of slangen op 60 cm onder het maaiveld of dieper aan te leggen, met een onderlinge afstand van tussen de 2 en 6 m afhankelijk van het type grond.[44] Drainage is het meest effectief bij goed doorlatende gronden en rendeert bijvoorbeeld minder bij zware kleigronden. Op zware gronden moeten de drains ook veel dieper worden aangelegd (tot 1,5 m).[45] Van belang voor een begrip van de omvang van deze bodemingreep is dat tussen 2003 en 2010 het areaal landbouwgrond met drainage in Nederland toegenomen is van 14 tot 33 procent.[46] Opvallend is dat deze toename vooral plaatsvond in gebieden met zware zeeklei, ondanks het genoemde lagere rendement.
Van belang voor de mate van verstoring is de wijze waarop de drains worden aangelegd.
In het geval van het aanleggen van drains in gegraven sleuven blijft de directe (fysieke) verstoring van archeologische resten hoofdzakelijk beperkt tot de sleuven zelf. Daarnaast kan bij

40 Wadsworth *et al.* 2003.
41 Koomen & Exaltus 2003.
42 Stein 1983.
43 Holden *et al.* 2006.
44 Van Wijk *et al.* 1988.
45 Wesseling & Feddes 2006.
46 *Drains en bodembeheer tegen wateroverlast* (De Boerderij 15-1-2016).

het graven kwetsbaar vondstmateriaal zoals aardewerk beschadigen onder het gewicht van de wel 20 ton zware machines. De drains worden gewoonlijk aangesloten op een hoofdafvoer. Meestal is dit een bestaande sloot maar soms moet deze nog gegraven worden wat een extra verstoring van de bodem veroorzaakt.
Bij sleufloze aanleg wordt de drainagepijp als het ware in de grond geploegd met behulp van een speciale V-vormige bodemfrees (afb. 2.7). Daarbij ontstaan twee smalle freessporen en wordt de grond daartussen ongeveer 10-20 cm opgelicht terwijl de drain wordt gelegd. De sleufloze aanleg lijkt relatief weinig schade te veroorzaken maar niettemin ontstaan daarbij scheuren en verandert de structuur van de bodem.[47] Verder vinden gewoonlijk graafwerkzaamheden plaats bij het plaatsen van de niveauregeling, aanleg van de putten en aansluiting van de drainagebuizen op het hoofdkanaal. Het directe effect van de sleufloze aanleg op ondergrondse archeologische resten is nog niet helder maar vermoedelijk is dit vergelijkbaar het eerder beschreven woelen (2.3.1). De mate van doorwoeling hangt uiteraard samen met de afstand tussen de drains. Van belang is dat de gevolgen van sleufloze aanleg vaak al na enkele jaren niet of nauwelijks meer zichtbaar zijn in het bodemprofiel door de voortgaande bodemvorming en bioturbatie. Een dergelijk profiel kan dus onterecht worden geïnterpreteerd als niet verstoord.

**Direct en indirect effect van de aanleg van drainage in veen en zeekleigebieden**
Aanleg van drainage in polders en gebieden met een hoge grondwaterstand heeft als gevolg dat het grondwater niet boven het drainniveau stijgt. Hierdoor wordt in natte perioden voorkomen dat het hele bodemprofiel waterverzadigd raakt. Vooral in klei zal de bodem nog wel vochtig blijven omdat de doorlatendheid van deze gronden zeer laag is. Een gevolg van drainage is dat bodemleven zoals wormen en schimmels zich tot op grotere diepte kan handhaven wat een sterkere homogenisatie van de bodem tot gevolg heeft. Kwetsbaar organisch vondstmateriaal dat zich voorheen bevond onder permanent waterverzadigde condities zal door deze biologische activiteit kunnen vergaan.[48] Niettemin zal door de combinatie van klei en organische stof ook boven de drains vaak



Afb. 2.7 Sleufloze aanleg van drainage te Ospel, provincie Limburg (bron: Stuyt 2013, fig. 68).

47 Emonds 2011.
48 Björdal & Nilsson 2002.

langere perioden sprake zijn van anaërobe condities wat de genoemde biologische afbraak van organische resten zal afremmen.[49]
Een indirect effect van de aanleg van drainage in veen- en zeekleigebieden is klink wat vooral te danken is aan het hoge gehalte aan organische stof dat boven het drainageniveau ligt. Archeologische resten kunnen daardoor binnen bereik van de ploeg komen te liggen. In het geval van een gevarieerde ondergrond, bijvoorbeeld bestaande uit een afwisseling van kreek-, geul- en oeverwalafzettingen, zullen bij ontwatering door drainage voornamelijk de organisch rijke kreekvullingen inklinken. Dit fenomeen is bijvoorbeeld waargenomen in Zeeland[50] en Noord-Holland.[51] De in de (pre)historie voor bewoning aantrekkelijke kreekruggen en oeverwallen zullen hierdoor boven het landschap gaan uitsteken, zoals goed te zien is op AHN-beelden. Ploegen en/of egalisatie zullen er uiteindelijk toe leiden dat materiaal van de hoge delen wordt verplaatst naar de lage delen in het landschap.[52]

De problemen die ontstaan na aanleg van drainage in veen- en zeekleigebieden kunnen deels worden voorkomen door te werken met onderwaterdrains. Deze kunnen het water zowel af- als aanvoeren en zorgen ervoor dat de grond minder uitdroogt. In combinatie met een dynamisch peilbeheer zou het een geschikte techniek kunnen zijn om de maaivelddaling op veengronden significant te verminderen.[53] Inmiddels is niet iedereen meer overtuigt van de voordelen van onderwaterdrainage.[54] Het is dan ook nog moeilijk in te schatten in welke mate deze techniek de komende jaren door de Nederlandse agrariërs zal worden toegepast.

### 2.3.6 Effecten van het omzetten van akkerland in grasland

Omdat akkers regelmatig worden geploegd, er vaker wordt gedraineerd, tarra wordt afgevoerd en er soms ingrijpende activiteiten als diepploegen, woelen, egalisatie en ontgronding plaatsvinden, lijkt het omzetten van akkerland in grasland op het eerste gezicht gunstig voor aanwezige archeologische resten. Dat dit enige nuance verdient, blijkt onder meer uit onderzoek van Meuwissen.[55] Zo blijkt dat onder grasland, bio-irrigatie door wormen en de bioturbatie toeneemt door het hogere organische stof gehalte en de betere beluchting van de bodem.



Afb. 2.8 Omzetten van grasland met een overtopfrees.

49 Huisman *et al.* 2009.
50 Vos & Van Heeringen 1997.
51 Brandt, Van der Leeuw & Van Wijngaarden-Bakker 1984.
52 Heckrath *et al.* 2006.
53 Hoving, Vereijken, Van Houwelingen & Pleijter 2013, 25.
54 Couwenberg 2018.
55 Meuwissen 2012.

De toenemende wormenactiviteit heeft op verschillende manieren gevolgen voor de eventueel aanwezige archeologische resten. Artefacten worden verplaatst evenals modern materiaal (stenen en zaden) en daarmee vermengd, begraven horizonten en archeologische sporen vervagen en worden omgezet. Ook ontstaan steenhopen en worden holten opgevuld met moeilijk van archeologisch botmateriaal te onderscheiden aggregaten uit calciumcarbonaat.[56] Verder ontstaat door de toegenomen wormenactiviteit een bodemsituatie waarin het voor schimmels makkelijker is om zich tot op grotere diepte te handhaven waardoor kwetsbaar organisch materiaal kan worden gemineraliseerd.

### 2.3.7 Effecten van omzetten van grasland in akkerland

Ook bij het omzetten van grasland in akker is sprake van aantasting van eventueel aanwezige archeologische vondsten en grondsporen door de daarmee verbonden bewerkingen als frezen, ploegen, woelen en kilveren. Daarnaast gaat een omzetting naar akkerland vaak gepaard met een verlaging van het grondwaterpeil. De verandering van een anaërobe naar een aërobe omgeving kan gevolgen hebben voor de kwaliteit van in de bodem verborgen archeologische sporen en vondsten.
Aan de andere kant kunnen op akkers door vruchtbaarheidsverschillen in de ondergrond ter hoogte van verborgen archeologische resten 'cropmarks' ontstaan die goed herkenbaar zijn op luchtfoto's en satellietbeelden.[57]

### 2.3.8 Effecten van ruilverkaveling en landinrichting

Maar liefst driekwart van het Nederlandse landoppervlak heeft inmiddels één of meerdere landinrichtingsprojecten ondergaan.[58] Van belang is dat hierbij vaak incidenteel grondverzet en bodembewerkingen plaats vinden zoals het dichtschuiven van sloten, egaliseren en diepploegen. Vanaf het einde van de negentiende eeuw werd de grote mate van versnippering van landbouwgronden in Nederland steeds meer als een probleem gezien voor de modernisering van het boerenbedrijf. De verspreide ligging van percelen van één eigenaar had verschillende oorzaken waaronder erfdeling en de opdeling van voorheen gemeenschappelijk beheerde gronden.[59] De eerste kavelruilen verliepen geheel vrijwillig en kwamen al vanaf 1905 tot stand. Vanaf 1924 werd wettelijk geregeld dat de grondeigenaren door middel van een meerderheid bij stemming over konden gaan tot ruilverkaveling.[60] Geholpen door de nieuwe wetgeving vonden al voor de Tweede Wereldoorlog tientallen ruilverkavelingen plaats. Het ging daarbij echter nog maar een zeer klein deel van Nederland en bovendien betrof het gewoonlijk administratieve herindelingen zonder grote veranderingen in het landschap. In de jaren vijftig werd echter het wettelijk instrumentarium aangepast om de agrarische productiestructuur van een gebied veel sterker te kunnen verbeteren. Sindsdien werd het steeds meer gebruikelijk om de kavelruil te koppelen aan cultuurtechnische maatregelen die onder meer de grond beter geschikt moesten maken voor modern agrarisch gebruik. Vooral tussen 1950 en 1975 vonden grootschalige ruilverkavelingsprojecten plaats waarbij het landschap integraal op de schop werd genomen. Een voorbeeld van een dergelijk ruilverkavelingsproject is de ruilverkaveling Vriezenveen (ca. 1954-1970).[61] Vriezenveen had vóór de ruilverkaveling een verkavelings- en dorpsstructuur die grofweg leek op de strokenverkaveling in het westen van het land maar dan met duidelijk smallere kavels van soms maar 7 m breed. Door de versnippering en door slechte waterafvoer was de agrarische productie er bijzonder laag. Om het gebied geschikt te maken voor moderne landbouw werden tal van maatregelen genomen zoals het samenvoegen van percelen, het verwijderen van sloten, de aanleg van nieuwe ontsluitingswegen en de bouw van nieuwe boerderijen op ruime huiskavels. Ook de bodem werd hierbij flink aangepakt om onder meer de afwatering te verbeteren. Door te diepploegen werden de stagnerende veenlagen gescheurd en verticaal gezet (afb. 2.9). Vervolgens werd het land geëgaliseerd met bulldozers en de bovenste decimeters verkruimeld met een spitmachine (afb. 2.10).

56 Canti 2003; Armour-Chelu & Andrews 1994.
57 Sharp 2004.
58 Niemeijer & Prins 2011; zie ook de kaartlaag *Landrinrichting* op de verstoringsbronnenkaart van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.
59 Van den Bergh 2004, 38-40.
60 Hendrikx 1998, 140.
61 Vriezenveen is vanwege deze ruilverkaveling door het Rijk geselecteerd als een van de naoorlogse gebieden van bijzonder cultuurhistorisch belang (Blom *et al.* 2013).



Afb. 2.9 Vriezenveen. Diepploegen voor de ruilverkaveling 1959 (bron: Nationaal Archief).



Afb. 2.10 Vriezenveen. Nabewerking met de spitmachine 1959. Op de voorgrond is het omgezette bodemprofiel te zien (bron: Nationaal Archief).

### 2.3.9 Effecten die teruggaan op de ontginning

**Jonge heideontginningen**

In het midden van de negentiende eeuw werden de Nederlandse zandgronden nog gekenmerkt door uitgestrekte, extensief gebruikte heidevelden met plaatselijk zandverstuivingen. Om deze 'woeste gronden' productiever te maken is een groot deel ervan nog voor de Tweede Wereldoorlog omgezet in bos en landbouwgrond. Daarbij vonden diverse cultuurtechnische maatregelen plaats die de weinig vruchtbare heidegronden geschikt moesten maken voor gebruik als bos, akker of weiland. Aan de heideontginningen kwam een einde in de eerste helft van de jaren zestig nadat in de troonrede van 1961 was aangekondigd dat geen toestemming meer zou worden gegeven voor ontginning van de heidevelden.[62]

De ontginning van de heide begon doorgaans met het graven van ontwateringsgreppels. Vervolgens werd er geploegd. Dit gebeurde in eerste instantie vooral met ossen of paarden tot op een diepte van 35-40 cm.[63] Vanaf 1906 zijn incidenteel ook stoomploegen ingezet (afb. 2.11 en 2.12). Dit heideploegen met stoomkracht werd voornamelijk uitbesteed aan de firma Ottomeyer uit Westfalen. Met de stoomploeg kon aanmerkelijk sneller en dieper worden geploegd dan met de ossenploeg. In principe kon op stoom met een enscharige ploeg de bodem tot meer dan 90 cm diep worden omgezet maar gewoonlijk is niet dieper geploegd dan 45 cm (met een tweescharige ploeg) of nog minder diep met een vijfscharige ploeg.[64]

De stoomploeg bestond uit twee locomobielen van elk 20 ton waartussen de ploeg aan kabels heen en weer getrokken werd. De machines lieten zich maar moeizaam verplaatsen wat het gebruik ervan vooral rendabel maakte bij de ontginning van grotere oppervlakten ineens. Als niet te diep geploegd werd, kon een stoomploeg in dezelfde tijd het zes- tot tienvoudige van een ossenspan bewerkstelligen.[65] Ossenploeg en stoomploeg zijn naast elkaar gebruikt waarbij de inzet van de dure stoomploeg gereserveerd zal zijn geweest voor bijzondere situaties.

Vanaf 1912 verschenen de eerste tractoren. Deze waren veel flexibeler inzetbaar dan de stoomploeg en hadden een duidelijk hoger rendement dan de ossenspannen. Bij de Heidemij, speciaal opgericht om de woeste gronden te ontginnen, zijn de laatste ossenspannen in 1922 vervangen door trekkers.

62 Purmer 2018, 368.
63 Thissen 1993, 177; Cockx 1981, 99.
64 Thissen 1993, 135.
65 Vera 2011, 93.

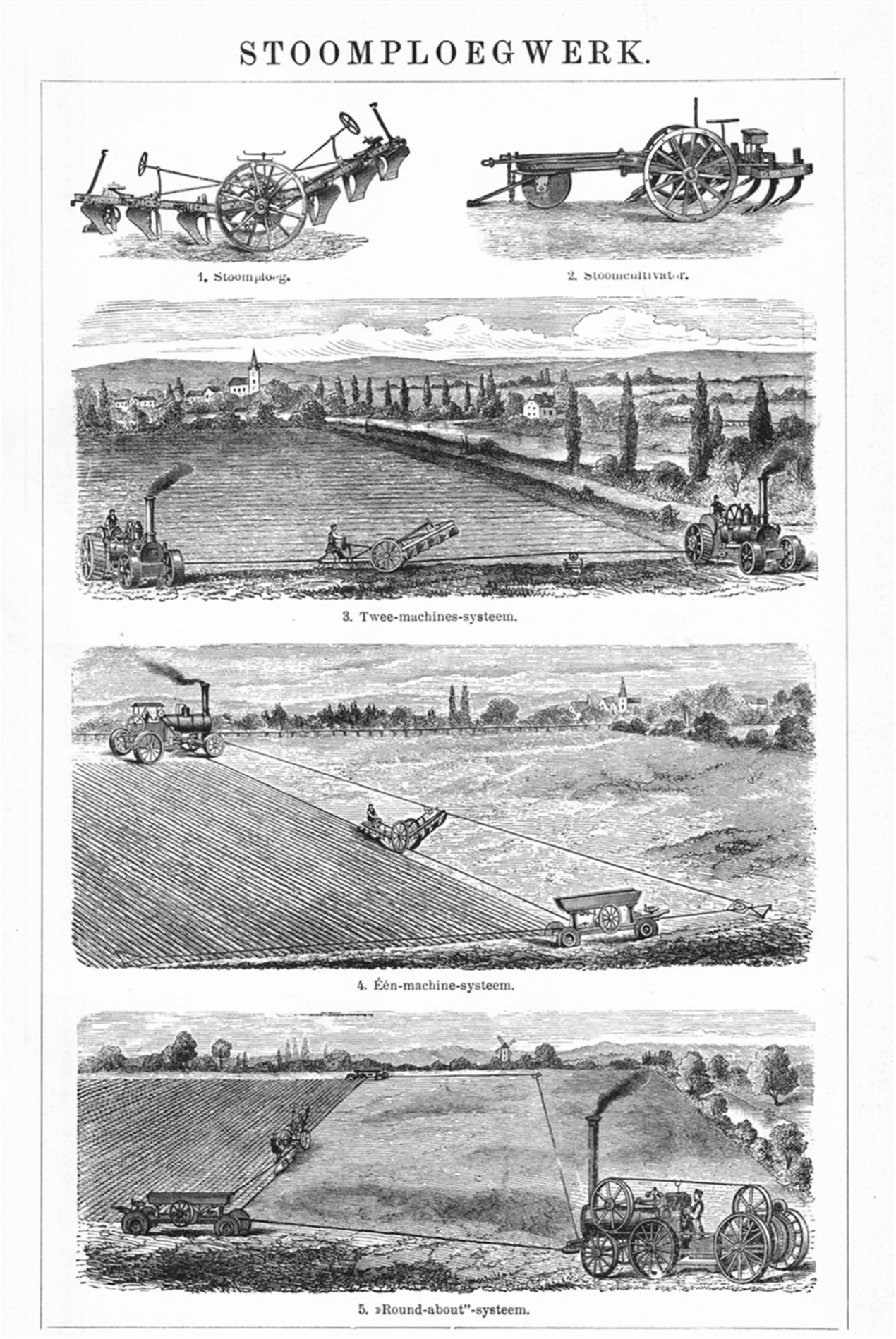


Afb. 2.11 Foto van de met behulp van kabels getrokken stoomploeg (bron: Nationaal Archief).

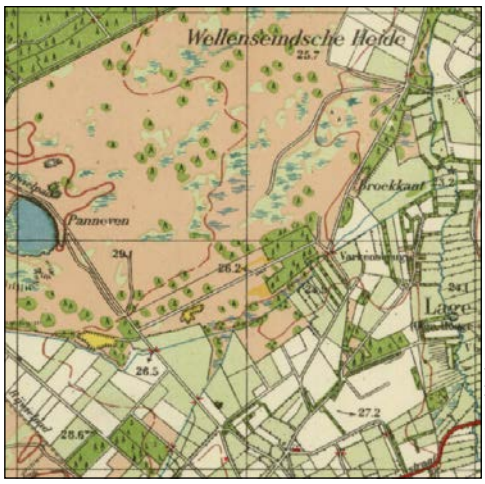
Daarbij moet dan wel vermeld worden dat de Heidemij duidelijk voorop liep in de mechanisatie. Op de meeste boerenbedrijven verschenen de eerste trekkers pas na de Tweede Wereldoorlog. Naast dierlijke trekkracht en de inzet van machines moet ook de verstoring door handarbeid niet worden onderschat. In de jaren dertig kwam het grootste deel van de ontginningen onder de werkverschaffing waarbij het spitten het ploegen verving. De overvloed aan menselijke arbeid zorgde er ook voor dat terreinen werden omgespit waar eerder tijdens de ontginning nauwelijks grondverbeteringsmaatregelen hadden plaatsgevonden.[66]

De vraag is nu in hoeverre het bodemarchief bij de ontginning van de heide verstoord is. Van belang is dat in ieder geval geen sprake is geweest van standaardmatig, vlakdekkend omploegen of omspitten tot op grotere diepte. Vaak zal de verstoringsdiepte van de ontginning dan ook niet dieper gaan dan de moderne bouwvoor. Niettemin kan plaatselijk het profiel tot meer dan een meter diep onder het maaiveld verstoord zijn, bijvoorbeeld op plaatsen waar een stagnerende oerbank werd gebroken door omspitten of omploegen. Over de exacte diepte en locatie van ontginningswerkzaamheden is gewoonlijk maar weinig bekend maar omdat het om een relatief jonge ontginning gaat, is het echter vrij eenvoudig om met behulp van topografische kaarten vast te stellen waar en wanneer de heide is omgezet in bos, gras of bouwland (afb. 2.13).

[66] Thissen 1993, 239.




Afb. 2.12 Ploegen met de stoomploeg met verschillende machinecombinaties (bron: Winkler Prins Geïllustreerde Encyclopaedie, Amsterdam 1905).




Afb. 2.13 Jonge heideontginning. Welleneindse Heide Lage Mierde op topografische kaarten, links 1952 en rechts 2014.

**Ontginning IJsselmeerpolders**

Na de droogleging van de IJsselmeerpolders en de Wieringermeerpolder moesten deze geschikt worden gemaakt voor de landbouw (tabel 2.2). Van de Noordoostpolder is bekend dat de uit kanalen opgebaggerde klei met speciale schepen is vervoerd naar delen van de polder waar veel zand aan de oppervlakte lag. Een andere maatregel die werden genomen was diepploegen tot soms wel 2 m diepte. Daarbij werd kalkrijke klei of zavel uit de ondergrond naar boven gebracht en de onvruchtbare bovengrond – grof zand, veen en soms ook zure katteklei – naar beneden gewerkt (afb. 2.14). Belangrijk voor wat betreft de mate van verstoring is dat bij dit diepploegen uiterst efficiënt en selectief te werk werd gegaan. Dit betekent dat vaak niet het gehele perceel diep bewerkt werd maar slechts delen daarvan. Als tot op grotere diepte zand lag of als de bodem al dicht onder het oppervlak een gunstig zavelgehalte had, werd diepploegen achterwege gelaten. Van sommige percelen is tot in detail bekend waar gediepploegd is. Zo is op kavel R11 (880 x 275 m) in de Noordoostpolder in oktober 1950 het deel tussen de 360 en 560 m vanaf de toegangsweg gediepploegd tot 120 cm onder het maaiveld. In november van datzelfde jaar is ook de laatste 320 m geploegd, dit keer tot 110 cm diepte. Voor de kavels in de Noordoostpolder zijn omstreeks 1950 gedetailleerde kaarten gemaakt met drainageplan, bodemopbouw en soms ook te diepploegen terreindelen.[67] Naast werktuigen waarmee gediepploegd werd, is gebruik gemaakt van mengwoelers waarmee storende lagen schelpen en grof zand werden losgemaakt en dunne kleilagen en zand werden vermengd.

## 2.4 Conclusie effecten agrarische grondbewerking: een verstoring in lagen

Als we de in dit hoofdstuk beschreven effecten van agrarische bodembewerkingen samenvatten, valt op dat deze bodembewerkingen (van boven gezien) kunnen resulteren in grotere vlakvormige verstoringen en in lijnvormige of dambordachtige patronen van kleinere verstoringen. De aard en intensiteit van deze verstoringen verschillen gewoonlijk met de diepte. Op iedere terrein dat gebruikt is of wordt voor landbouw zal dan ook sprake zijn van verschillende verstoringspatronen op verschillende niveaus in de bodem. Naar aard en frequentie van de in dit hoofdstuk beschreven effecten, kunnen op (voormalige) akkers grofweg de volgende niveaus onderscheiden worden.[68]

*I Gehomogeniseerde toplaag (tot 25-30 cm -mv).*
Deze bestaat uit de meerdere keren per jaar bewerkte teeltlaag (tot 5-10 cm -mv) en de met een iets lagere frequentie van één à twee maal per jaar bewerkte ploeglaag. Deze vormen samen een vlakdekkend geheel gehomogeniseerd verstoringsspoor.

67 De Boer 2013, 20.
68 Zie ook Willemse 2019, 33-34.

**Tabel 2.2 Oppervlakten grondverbeteringsprojecten in de IJsselmeerpolders (bron: Boelens & Koning 1999, tabel 4).**

| Verbeteringstechniek | Wieringermeer | Noordoostpolder | Oostelijk Flevoland | Zuidelijk Flevoland |
|---|---|---|---|---|
| Diepspitten | 1074 | 9 | | |
| Diepploegen | 2954 | 4321 | 3704 | 1523 |
| Ondergrondploegen of woelen | | 7039 | 1945 | 20 |
| Ondergrondmengen | | 13.049 | 3841 | 77 |
| Mengwoelen of woelploegen | 8 | 1782 | 4915 | 364 |
| Mengploegen | 13 | | | |
| Diepfrezen | 3 | | | |
| totaal | 4036 | 28.296 | 14.976 | 1984 |



Afb. 2.14 Diepploegen in de Noordoostpolder in 1956 (bron: Nationaal Archief).

*II Tweede bewerkingslaag (van ca. 25 cm tot 50 cm -mv).*
Dit is het niveau waar verdichting optreedt die periodiek moet worden losgemaakt (decompactie) en waar zich bijvoorbeeld de plantgaten van bomenteelt bevinden. Bij de decompactie ontstaan lijnvormige (soms kruiselingse) verstoringspatronen, door de bomenteelt in rijen gerangschikte kuilen. Na veelvuldige herhaling raakt ook deze laag op den duur volledig gehomogeniseerd. Daarbij is het uiteraard niet zo dat bij iedere herhaling van een bewerking het verstoorde oppervlak zich verdubbeld. Verder is de variatie in voorkomen en uitvoeringsfrequentie van deze periodieke grondbewerkingen erg groot en wisselt deze per bodemsoort, per regio en per teler.

*III Grondverbeteringslaag (tot meer dan 1,5 m -mv).*
Dit is het niveau waar zich bewerkingsporen kunnen bevinden die gevolg zijn van eenmalige of incidentele grondbewerkingen zoals diepploegen, diepspitten, ontgrondingen en de aanleg van drainage. Ook hiervoor geldt dat sprake is van een grote variatie in voorkomen en uitvoeringsfrequentie. Verder kan er niet van worden uitgegaan dat deze diepere grondbewerkingen zich uitstrekken over het gehele perceel. Dit omdat de verkaveling is veranderd of omdat bij die bewerking niet is uitgegaan van de perceelsgrenzen maar van locale verschillen in ondergrond.

# 3 Bodemveranderingen door andere activiteiten in het landelijk gebied

## 3.1 Inleiding

Naast de in het vorige hoofdstuk beschreven agrarische bodembewerkingen vinden in landelijk gebied andere activiteiten plaats die de bodem kunnen verstoren. Hieronder wordt eerst ingegaan op de effecten van bouw en sloop van gebouwen met een agrarische functie. Vervolgens komen de effecten van niet-agrarische bebouwing, recreatieterreinen, windturbines, zonneparken, leidingen, ontgrondingen, natuurontwikkeling en beekherstel aan de orde. Afgesloten wordt met een conclusie.

## 3.2 Effecten van agrarische bebouwing

Al decennia lang is sprake van een toenemende grootte van de agrarische bedrijven. Als gevolg van deze voortgaande schaalvergroting is tussen 2000 en 2015 de agrarische bebouwing in het landelijk gebied toegenomen met ca. 2,2 miljoen $m^2$.[69] Het gaat daarbij om nieuwbouw van objecten als schuren, stallen, kassen en mestkelders. Tegelijkertijd zijn door de schaalvergroting in deze periode juist enorm veel kleinere agrarische bedrijfsgebouwen vrijgekomen. Alleen in Noord-Brabant gaat het daarbij om ca. 3,7 miljoen $m^2$.[70] De verwachting is dat ook de komende jaren veel agrarische gebouwen hun functie gaan verliezen. Volgens een ruwe schatting zal tot 2030 nog 24 miljoen $m^2$ agrarische bedrijfsruimte leeg komen te staan.[71] Van belang voor de te verwachten mate van bodemverstoring is dat de nieuwe gebouwen over het algemeen duidelijk groter zijn en niet ter hoogte van de vrijkomende agrarische bedrijfsbebouwing worden neergezet maar ergens anders. De oude bebouwing wordt om verschillende redenen niet gesloopt en zal naar verwachting nog vele jaren leegstaan. Voor veel van de nieuwe gebouwen geldt dat de omvang van de fundering beperkt is in verhouding tot de gebruiksoppervlakte. Wel kan bijvoorbeeld bij ligboxstallen sprake zijn van grote en diepe mestkelders.

## 3.3 Effect van de toename van niet agrarische-bebouwing en semi-bebouwde terreinen

Al decennia lang neemt het oppervlak dat ingenomen wordt door bebouwing, verkeer (wegen, spoor, vliegvelden) en semi-bebouwde terreinen toe. Semi-bebouwd terrein is voorzien van een zekere mate van verharding dat niet in gebruik is als verkeersterrein of als bebouwd terrein. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om stortplaatsen, autosloperijen en begraafplaatsen (tabel 3.1). Deze nieuwbouw vindt plaats ten koste van het voor landbouw gebruikt gebied. Aan de toename in de bebouwde oppervlakte is te zien dat de nieuwbouw die rond bestaande kernen wordt gerealiseerd gewoonlijk nog steeds plaatsvindt op landbouwgrond en niet binnen bestaande bebouwingsgrenzen. Vanwege de nabijheid van oude dorps- of stadskernen gaat het hierbij vaak om terreinen waarvoor een hoge archeologische verwachting geldt. De mate van verstoring door bebouwing is sterk afhankelijk van de bouwwijze. De effecten van woningbouw komen uitvoeriger aan de orde in hoofdstuk 4.
De totale lengte van de verkeerswegen in Nederland bedraagt meer dan 141.000 km. De omvang van de verstoring door de wegen kan

**Tabel 3.1 Percentage oppervlakte gebruikt voor verkeer, bebouwing en recreatie in Nederland 1996-2012 (bron: CBS 2016, Mutatiereeks Bodemgebruik 1996-2012).**

| % oppervlakte toe- of afname | 1996 | 2000 | 2003 | 2006 | 2008 | 2010 | 2012 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Verkeersterrein | 100 | 100,5 | 101,6 | 103,1 | 104,1 | 104,5 | 103,2 |
| Bebouwd terrein | 100 | 104,4 | 107,9 | 110,9 | 113,1 | 114,9 | 116,8 |
| Semi-bebouwd terrein | 100 | 128,6 | 134 | 139,9 | 136 | 135,5 | 135 |
| Recreatieterrein | 100 | 103,1 | 108,7 | 111,8 | 113,3 | 114,7 | 119 |
| Agrarisch terrein | 100 | 98,5 | 97,6 | 96,8 | 96,4 | 95,9 | 95,4 |

69 Centraal Bureau voor Statistiek 2016 (bouwvergunningen Landbouw 2000-2015).
70 Gies, Nieuwenhuizen & Smidt 2014, 26.
71 Gies *et al.* 2014, 17.

sterk verschillen maar is vooral bij autosnelwegen aanzienlijk. Om files te bestrijden zal de overheid ook de komende jaren rijstroken en nieuwe wegen aanleggen.[72] Tot 2028 trekt de overheid ongeveer 25 miljard euro uit voor de aanleg en uitbreiding van wegen.

## 3.4 Effect van de aanleg van recreatieterreinen

Ook het areaal dat gebruikt wordt voor verschillende vormen van recreatie neemt al jaren toe (tabel 3.1). Het gaat daarbij om de aanleg van parken en plantsoenen, golfterreinen, sportterreinen en terreinen voor dag- en verblijfsrecreatie. Alleen het oppervlak dat ingenomen wordt door volkstuinen neemt af. Meestal krijgen deze vaak langs de stadsranden aangelegde volkstuincomplexen een bouwbestemming. Recreatieterreinen worden over het algemeen niet gekenmerkt door vlakdekkende diepgaande fundamenten. Wel is vaak sprake van de aanleg van drainagesystemen, egalisering en ontgronding (bijvoorbeeld voor vijvers). Vooral bij de aanleg van golfterreinen kan de verstoring aanzienlijk zijn. Door het aanbrengen van het kunstmatig reliëf vindt zowel ophoging als afgraving plaats. Volkstuinen kunnen na jarenlang gebruik plaatselijk tot enkele decimeters diepte gehomogeniseerd zijn.

## 3.5 Effect van de bouw van windturbines

Het rijk heeft de ambitie om samen met de provincies tenminste 6000 MW aan opgesteld vermogen windenergie in 2020 te realiseren.[73] Dat betekent dat er tot dan bijna 4000 MW bijgebouwd moet worden. Hoewel inmiddels duidelijk is dat dit plan niet door alle betrokkenen is omarmd en soms zelfs hardnekkige weerstand oproept, zullen de komende jaren veel nieuwe windmolens worden gebouwd.[74] Als fundering voor de windturbine wordt gewoonlijk een ronde betonnen sokkel aangelegd. De grootte ervan varieert met de hoogte van de turbine maar meestal meet de sokkel niet meer dan 20-30 m in diameter.[75] Vanwege de enorme krachten die op de fundamentsokkel kunnen staan, is deze zwaar uitgevoerd en meerdere meters dik en diep



Afb. 3.1 Aanleg fundament windturbine Windpark Gent (juni 2016).

72 *https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/wegen* (14-01-2019).

73 Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische zaken 2013.

74 http://www.energieoverheid.nl/2016/03/10/kopzorgen-kamp-kamer.

75 In het Windpark Noordoostpolder bedraagt de diameter van de sokkels bijvoorbeeld 26 m (COBOUW Nieuws 21 feb 2014).

(afb. 3.1). De sokkel rust meestal op betonnen heipalen. Gezien de constructie van de fundering zal de bodem onder turbines minstens tot aan de onderzijde van de fundamentsokkel geheel verstoord zijn.

## 3.6 Effect van de aanleg van zonneparken

Naast windkracht moet ook de zon worden ingezet om de klimaatdoelstellingen voor hernieuwbare energie te kunnen halen. Met alleen zonnepanelen op daken gaat het nog niet hard genoeg zodat de vraag naar landbouwgrond voor de aanleg van zonneparken sterk is toegenomen (afb. 3.2).[76]
De zonnepanelen worden aangebracht op metalen frames met als fundering betonnen poeren of stelconplaten. De verstoring hiervan reikt doorgaans niet dieper dan de gemiddelde bouwvoor. Een andere methode is dat de verticale staanders van de constructie worden geheid (afb. 3.3) of dat gebruik wordt gemaakt van een schroeffundering waarbij funderingspalen door middel van een schroefbeweging in de grond worden gedraaid . Hierbij vindt in theorie nauwelijks grondverzet plaats. Wel worden op het terrein eenmalig smalle sleuven gegraven voor de elektriciteitskabels. Verder is voor de archeologie van belang dat op akkers met zonneparken gedurende vele jaren geen agrarische grondbewerkingen meer plaatsvinden. Dit tegen de achtergrond dat voor de meeste zonnepanelen wordt uitgegaan van een technische levensduur van meer dan 25 jaar. Niettemin is nog weinig bekend over de schade die ontstaat aan het bodemarchief door de aanleg van zonneparken. In het Verenigd Koninkrijk en Ierland worden deze terreinen daarom van te voren archeologisch onderzocht.[77]



Afb. 3.2 Energiepark Farmsum in 2019.

[76] Tussen de € 600.000 en € 1 miljoen per hectare. Website vakblad Groente en Fruit, 24 november 2018 (https://www.gfactueel.nl/).

[77] Informatie hierover is te vinden op een groot aantal Engelstalige websites.



Afb. 3.3 Aanleg zonnepark met geheide funderingsconstructie bij Hoofddorp (foto: SolarEnergyWorks 2017).



Afb. 3.4 Aanleg van een gasleiding met een diameter van 120 cm.

## 3.7 Effect van de aanleg van leidingen

Nederland ken een bijzonder uitgestrekt netwerk van leidingen in de ondergrond en een belangrijk deel daarvan ligt in landelijk gebied. Vaak verlopen deze langs de wegen maar soms ook dwars over het land. De afmetingen van de leidingen en dus ook van de leidingssleuven kunnen enorm verschillen. Van de smalle sleuven met elektriciteitleidingen op zonneparken tot de enkele meters brede sleuven met daarin gasleidingen, olieleidingen of bijvoor-

beeld persriolen. De verstoring kan nog aanzienlijk breder zijn dan de sleuf zelf.[78] Bij grotere diameters is buiten de bebouwde kom gewoonlijk sprake van een tot wel twintig meter brede verstoring die niet veel dieper gaat dan de bouwvoor met daarin ergens in het midden de enkele meters diepe ontgraving van de sleuf waar de leiding in ligt. Dit vanwege het verwijderen van de bouwvoor om ruimte te creëren voor de bouwstraat en het stort. Door de berijding met zeer zware graaf- en pijptransportmachines wordt ter hoogte van de bouwstraat de grond onder de bouwvoor vaak tot meerdere decimeters diep verstoord (afb. 3.4).

## 3.8 Ontgrondingen

Anders dan vaak gedacht wordt, gaat het bij ontgronden om een veel breder begrip dan het afgraven van enkele meters geel zand onder akkers. Delfstoffenwinning is lang niet altijd de belangrijkste reden om een ontgronding uit te voeren. Feitelijk is ontgronden niets anders dan de bodem tijdelijk of blijvend verlagen. Ontgrondingen bestaan niet alleen uit het afgraven van oppervlaktedelfstoffen zoals zand, klei of grind (afb. 3.5). Ook het graven van vijvers, kuilen of sloteen en het afgraven van dijken en terpen zijn ontgrondingen. In de landbouw worden grote ontgrondingen uitgevoerd om daarna nieuwe grond aan te brengen met gunstige eigenschappen voor de te verbouwen gewassen. Vaak dit soort ontgrondingen samen met egalisatie, maaiveldverlaging of diepploegen. Daarnaast vinden soms grootschalige ontgrondingen plaats bij de aanleg van recreatieterreinen, natuurontwikkeling en waterbergingen.



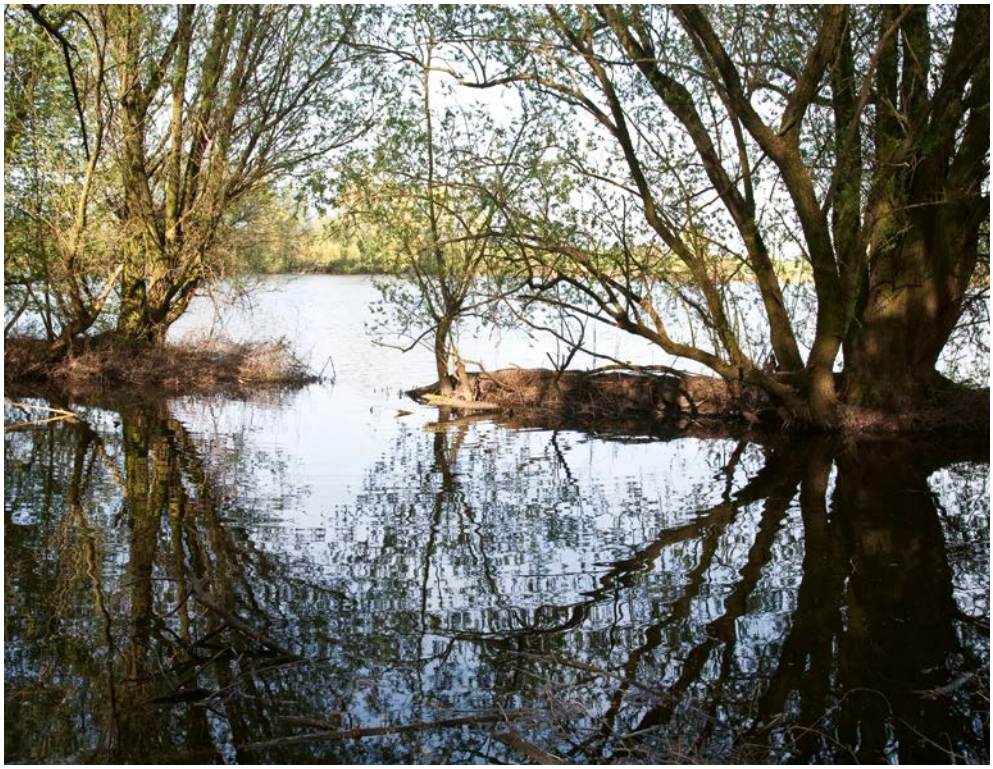

Afb. 3.5 Ontgronding zonder maaiveldverlaging ten behoeve van de glastuinbouw bij Someren 2004. Profielfoto van de rand van de ontgronding (bron: Lascaris, Hakvoort & Kerckhaert 2005, foto 2).

Volgens de *Ontgrondingenwet* van 1965 is het wettelijk verboden om te ontgronden zonder vergunning.[79] In de *ontgrondingenwet* is opgenomen dat de provincie via een verordening vrijstellingen mag verlenen. De provincie is vergunningverlener. Alleen voor afgravingen onder water is Rijkswaterstaat dat. Ieder provincie heeft een eigen beleid op het vlak van ontgrondingen. Zo heeft Noord-Brabant opgenomen dat een ontgrondingsvergunning nodig is bij ontgrondingen vanaf 2000 $m^3$ en dieper dan 3 m terwijl bijvoorbeeld in de provincie Noord-Holland geen vergunning nodig is maar wel een meldingsplicht bestaat voor de aanleg van bouwputten of waterpartijen van meer dan 10.000 $m^3$.[80]
Kenmerkend voor ontgrondingen is de relatief grote omvang en vaak ook de grote diepte van de verstoring. Vooral bij de winning van oppervlaktedelfstoffen gaat het doorgaans om omvangrijke verstoringen van meerdere meters diepte. Het effect op de archeologie is daarbij uiteraard afhankelijk van de diepteligging van de archeologische resten. Op de zandgronden wordt soms de teellaag inclusief eventueel daarin aanwezige archeologische vondsten afgegraven of weggeschoven om deze later weer terug te kunnen zetten. Het gaat dan om verplaatste contextloze vondsten die dan gewoonlijk – voor wat betreft hun archeologische informatiewaarde – ernstig aan belang hebben ingeboet. Ontgrondingen waarbij de grond niet wordt verwijderd maar wel tot diep onder de bouwvoor wordt omgezet met een kraan, veroorzaken een diep vlakvormig verstoringspoor dat niet altijd direct aan het oppervlak herkenbaar is (Afb. 3.6).

## 3.9 Natuurontwikkeling en beekherstel

Natuurbouw of natuurontwikkeling vindt zowel plaats op voormalige landbouwgrond als in bestaande natuurterreinen. Het gaat daarbij om het inrichten van gebieden waarbinnen gewenste ecosystemen zich kunnen ontwikkelen met een minimum aan menselijk ingrijpen. Van belang is dat bij het creëren van de voor de natuurdoelen gunstige uitgangssituaties vaak sprake is van (grootschalig) grondverzet. Niet

78 Hiddink & de Boer 2003.
79 http://wetten.overheid.nl/BWBR0002505/2016-07-01.
80 http://www.brabant.nl; https://www.noord-holland.nl



Afb. 3.6 Natuurontwikkeling na een ontgronding voor de baksteenindustrie in de Lobberdense Waard.

zelden zijn ook daarna nog verstorende maatregelen nodig omdat de natuur zich lang niet altijd als vanzelf in de gewenste richting blijkt te ontwikkelen.

Natuurontwikkeling heeft vanaf de jaren tachtig van de vorige eeuw een grote vlucht genomen. Voor die tijd was natuurbescherming vooral gericht op behoud van wat er nog aan natuur was. Inmiddels is natuurontwikkeling volkomen ingeburgerd en het palet dat bestreken wordt, is zeer breed. Het kan gaan om zeer kleinschalige projecten zoals de aanleg van poelen met natuurvriendelijke oevers door particuliere grondeigenaren maar ook om grootschalige herinrichtingen zoals van het Mantingerveld (plan Goudplevier) door Natuurmonumenten.[81]

Een voorbeeld van een maatregel met veel grondverzet is hermeandering om het water bovenstrooms langer vast te kunnen houden, gewoonlijk gecombineerd met natuurontwikkeling. Daarbij worden met de graafmachine meanders aangelegd in eertijds rechtgetrokken beken vaak op plekken waar deze niet eerder gestroomd hebben (afb. 3.7). Soms worden dichtgegooide meanders weer open gegraven maar meestal is dat niet mogelijk. Op veel plekken is dit 'beekherstel' al gerealiseerd.

Ook de komende jaren worden in 300 km gekanaliseerde beek meanders gegraven waarbij in totaal meer dan 700 ha grond op de schop gaat.[82] Behalve door het graven van de meanders zal daarna ook de 'natuurlijke' ontwikkeling van de beek verstorend kunnen werken op eventueel aanwezige archeologische resten.[83] Afhankelijk van de breedte van het stroomgebied ten opzichte van de breedte en diepte van de stroom wordt namelijk tussen de 10 en 45 procent van het ongestoorde sediment opgeruimd door het verleggen ervan.[84]

Een andere vaak bij natuurontwikkeling toegepaste ingreep is het verlagen van het fosfaatgehalte in de bodem. Op voormalige landbouwgronden wordt daarvoor de bouwvoor afgegraven, soms in combinatie met 'grondtransplantatie' van elders.[85] In de oude natuurterreinen op de pleistocene zandgronden wordt de bovengrond daartoe mechanisch afgeplagd wat kan leiden tot een vlakdekkend verlies aan artefacten in de bovenste 10-20 cm.[86] Archeologische resten in deze gebieden liggen meestal dicht aan het oppervlak. Hierdoor is het informatieverlies aanzienlijk.

81 Purmer 2018.
82 Verdonschot, Van der Wal, & Van Weeren 2011.
83 Rensink, Gerritsen & Roymans 2007.
84 Clevis *et al.* 2006.
85 Wubs *et al.* 2016.
86 Smit *et al.* 2007.



Afb 3.7 Nieuwe meanders voor de Kleine Beerze bij Vessem, april 2009.

Archeologievriendelijkere alternatieven waarbij er geen materiaal wordt afgevoerd of verplaatst zoals het uitmijnen van fosfaat[87] worden nog niet veel toegepast.

Hoewel natuurontwikkeling gewoonlijk als doel heeft zelfregulerende natuur te creëren, vinden ook na de eerste inrichtingsmaatregelen ingrepen plaats die potentieel bodemverstorend zijn. De uiteindelijke situatie in het natuurgebied ontwikkelt zich namelijk lang niet altijd in de richting van het gewenst natuurdoeltype.[88] Hiervoor zal onderhoud moeten plaatsvinden waarbij gedacht moet worden aan het rooien van bomen[89] (insporing; bodemverdichting), aanleggen of verwijderen van drainage, het aanleggen van geulen,[90] of herhaaldelijk afplaggen om stuifzand in beweging te houden en vergrassing van heide tegen te gaan.[91]

## 3.10 Conclusie bodemveranderingen door niet-agrarische activiteiten

Op landbouwgrond worden veel activiteiten ontplooid die niet direct te maken hebben met de teelt van gewassen maar wel gepaard gaan met grondverzet. Deze activiteiten kunnen een breed spectrum van sporen achterlaten in de bodem. De meest omvangrijke verstoringssporen zijn te verwachten onder nieuwbouwwijken en nieuwe infrastructuur. Ook de aanleg van recreatieterreinen, natuurontwikkeling en beekherstel kan grondverzet met omvangrijke (meerdere hectaren) en diepe verstoringssporen tot gevolg hebben. Geheel anders is de situatie bij de bouw en sloop van schuren, de aanleg van mestkuilen, de aanleg van windturbines en het graven van smalle leidingsleuven. De vlakvormige of lijnvormige verstoringssporen die hierdoor ontstaan nemen gewoonlijk hooguit een klein deel van een perceel in beslag. Bij leidingssleuven van grotere diameter kan de verstoring echter aanzienlijk zijn. Voor wat betreft de mogelijke verstoring door de aanleg van zonneparken weten we eigenlijk nog niet veel. Op het eerste gezicht lijken de verstoringen hiervan niet dieper te gaan dan de bouwvoor.

87 Timmermans, Eekeren, & Bos 2010.
88 Smit *et al.* 2007.
89 Johnson 1998.
90 Website 'Voortgang Natuurspeelterrein Tiengemeten'.
91 Website Natuurmonumenten, projectbeschrijving 'Wuthering Heaths'.

# 4 Verstoringen in stedelijk gebied

*H.M.P. Bouwmeester, J.E. Abrahamse en A.M. Blom*

## 4.1 Inleiding

Een groot deel van Nederland wordt ingenomen door bebouwing. Zowel de aard van het archeologisch bodemarchief in bebouwd gebied als de aard van de te verwachten verstoringen wijken gewoonlijk af van de archeologie en verstoringssporen in het buitengebied. In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van een onderzoek naar verstoringen in bebouwd gebied waarbij het zwaartepunt ligt op de uitbreidingswijken van na 1875.[92] Eerst wordt kort ingegaan op hoe deze wijken tot stand zijn gekomen. Uitgaande van de veronderstelling dat een grotere bebouwingsdichtheid een grotere kans op verstoring van de bodem impliceert, vindt vervolgens een analyse plaats van de samenhang tussen bebouwingsdichtheid en het type wijk. Vervolgens wordt ingezoomd op de verstoringen die onder de bebouwing te verwachten zijn.

## 4.2 Ontwikkeling van woonwijken 1850-2016

**Ontwikkeling tot 1850**

Voor een goed begrip van de verstoring van de bodem die plaatsvindt tijdens bouw en gebruik van woonwijken, is het van belang om kort in te gaan op de wijze waarop die woonwijken tot stand zijn gekomen. De meeste steden in Nederland zijn ontstaan tussen 1100 en 1400, maar namen sindsdien lange tijd niet of nauwelijks toe in omvang. In de periode 1400-1700 breidde een klein aantal grote steden uit, vooral in West-Nederland. Na 1700 viel ook in het westen de stadsontwikkeling voor lange tijd stil. De meeste steden kenden dus een zeer lange periode van stagnatie, vanaf de late middeleeuwen tot ver in de negentiende eeuw. Alleen in de grote steden in de provincies Noord- en Zuid-Holland en Groningen duurde deze periode korter, van de zeventiende tot de negentiende eeuw.[93]

**1850-1900**

Na 1850 begonnen de steden weer te groeien, onder invloed van nieuwe infrastructurele, technische en economische ontwikkelingen die voortkwamen uit de industrialisatie van Nederland. Aangepast aan de structuur van het bestaande landschap en de doelgroep verschenen tussen 1850 en 1900 zeer uiteenlopende wijken. De arbeiders- en middenstandswijken uit deze periode kenmerken zich door een hoge bebouwingsdichtheid (afb. 4.1). Daarnaast ontstonden verspreid over het land ruim opgezette villawijken, zowel rond de grote steden als in goed per trein bereikbare en landschappelijk aantrekkelijke gebieden als het Gooi en de duingebieden. Tegen 1900 kwamen de stedenbouwkundige ontwerpen steeds meer los te staan van het onderliggende landschap, bijvoorbeeld door uit te gaan van een stervormige hoofdopzet.



Afb. 4.1 De Oude Pijp in Amsterdam: een voorbeeld van een urbane arbeiderswijk.

**1900-1945**

In het begin van de twintigste eeuw begon een periode waarin het stedenbouwkundige en architectonisch ontwerp steeds vaker onder één opdrachtgever kwam, waardoor meer grootschalige ontwerpen werden gemaakt en uitgevoerd. Onder invloed van de tuinstadgedachte werden groene, betrekkelijk ruim opgezette arbeiderswijken ontworpen, aan de rand van steden of op locaties buiten de stad (afb. 4.2). Deze kenmerken zich door een sterke, ontworpen samenhang en een geometrisch opgezette structuur die losstaat van het landschap. Voor een wat meer vermogend publiek werden dergelijke wijken ook ontworpen, maar dan met (veel) ruimere woningen.

[92] Dit hoofdstuk is een bewerking van Bouwmeester, Abrahamse & Blom 2017.

[93] Voor een overzicht van de ontwikkeling van het stedenpatroon in Nederland en de gebouwde vorm van de stad zie Rutte & Abrahamse 2016.



Afb. 4.2 Tuindorp 't Lansink – Hengelo: een voorbeeld van een op de tuinstad geïnspireerde suburbane gemengde wijk.

**Na 1945**
Na de Tweede Wereldoorlog veranderde de stedenbouwkundige praktijk zeer drastisch onder invloed van modernistische ideeën die voor de oorlog al opgang maakten. Om licht, lucht en ruimte te creëren werd het modernistische ideaal van het bouwen in de open, groene ruimte algemeen ingevoerd, in combinatie met de wijkgedachte. De hoeveelheid openbare ruimte nam sterk toe, vooral na 1965 wat leidde tot een flinke vermindering van het bebouwde oppervlak. De introductie van de auto als massavervoermiddel met zeer ruim opgezette verkeersruimtes en hoogbouw droegen verder bij aan de afname van de dichtheid van het bebouwde oppervlak in de wijken.
Vanaf de vroege jaren zeventig – er kwam steeds meer verzet tegen grootschalige modernistische standaardwijken – werden in zeer snelle opeenvolging nieuwe typen woonwijken ontwikkeld. De bloemkoolwijken met woonerven en architectuur waarin onregelmatigheid en kleinschaligheid het belangrijkste streven was, werden eind jaren tachtig, de tijd van de VINEX (Vierde Nota Ruimtelijke Ordening Extra), opgevolgd door wijken die weer een grotere schaal kregen en waarop het onderliggende landschap een stempel drukte (afb. 4.3). In die tijd werd archeologisch vooronderzoek ook een norm bij de inrichting van de wijken. De hoofdlijn is echter nooit veranderd: wijken worden nog altijd opgezet volgens de in de jaren veertig ontwikkelde wijkgedachte, vergelijkbare woningtypes (vooral eengezinswoningen en appartementen) en in vergelijking met de historische stad in zeer lage dichtheden van het bebouwde oppervlak.



Afb. 4.3 Kattenbroek – Amersfoort: voorbeeld van een suburbane VINEX-wijk.

## 4.3 Verstoringen op wijkniveau

**Dynamiek van de wijken 1850-heden**
Zowel bij aanleg als bij aanpassing en sloop van de hierboven beschreven wijken kunnen archeologische resten verstoord raken. Bij de bouw gaat het vooral om het bouwrijp maken en leggen van funderingen (zie verderop), maar ook om de aanleg van bijvoorbeeld nutsvoorzieningen en wegen. Verder grondverzet vindt plaats bij renovaties en sloop.
Op hoofdlijnen kenmerken de in de periode 1850-1940 gebouwde villawijken zich door weinig verandering. Niettemin zijn bijvoorbeeld de grotere villa's en herenhuizen intussen vaak opgesplitst en worden ze gebruikt voor kantoren, zorginstellingen en appartementen. Daarnaast is op veel villaterreinen sprake van nieuwe bijgebouwen en parkeerplaatsen. Ook middenstands- en arbeiderswijken (1870-1940) kenmerken zich op hoofdlijnen door een lage dynamiek. Veel van deze woningen zijn vervangen en/of gerenoveerd in het kader van de periode van stadsvernieuwing in de periode 1975-2000. De oudere stadsvernieuwingsprojecten zijn inmiddels weer aan renovatie toe. Voor wat betreft de naoorlogse wijken (1945-1970) is vooral in wijken met sociale achterstanden de dynamiek zeer hoog. In deze wijken bestaat het woningbestand voor 50-80 procent uit sociale huurwoningen wat veelal door gemeentebesturen en eigenaren onwenselijk wordt geacht. Inmiddels is een deel van deze

woningen vervangen door koopwoningen. Dit proces zal worden voortgezet nu de economie aantrekt, vooral in het westen van het land en in de grote steden. In krimpgebieden neemt de bebouwing af door sloop. Net als bij de oudere middenstands- en arbeiderswijken bestaat ook in de laat-naoorlogse wijken (1975-2008) een fors deel van de bebouwing (50-60 procent) uit sociale huurwoningen maar vanwege de geringe ouderdom is de dynamiek er betrekkelijk laag. Een voorbeeld van een wijk met een hoge dynamiek is de Zanden- en Riffenbuurt in Delfzijl die al jaren te kampen heeft met bevolkingsteruggang. Sinds 2000 zijn delen van de wijk gesloopt. Een ander voorbeeld van een naoorlogse wijk met relatief hoge dynamiek is de wijk Westelijke Tuinsteden in Amsterdam. Hier vindt grootschalige vervanging en renovatie plaats vanwege de slechte toestand van de woningen.[94]

**Bebouwingsdichtheid**

Een grove indicatie voor de te verwachten verstoring op wijkniveau is de verhouding tussen de bebouwde en onbebouwde oppervlakte. Zoals uit de voorgaande alinea's naar voren komt, is de bebouwingsdichtheid per wijk afhankelijk van bouwperiode, bouwwijze, ontwerp en de sociaaleconomische achtergrond van de oorspronkelijke bewoners. Iedere wijk heeft een eigen stedenbouwkundige structuur maar op hoofdlijn kan onderscheid gemaakt worden tussen de arbeiderswijken, middenstandswijken, villawijken, hoogbouwwijken en gemengde wijken. Binnen deze wijken kan nog onderscheid worden gemaakt tussen urbane, suburbane en niet-urbane ligging, wijken met (overwegend) sociale huurwoningen en wijken waar dat niet het geval is. Hierbij gaat het uiteraard meer om kenmerken dan om een scherp afgebakende typologie waarbij het een het ander uitsluit. Op basis van genoemde kenmerken zijn twintig wijken geselecteerd die gebouwd zijn na 1874 (tabel 4.1). Deze selectie is statistisch niet representatief maar geeft een indicatie voor de te verwachten bebouwingsdichtheid in vergelijkbare wijken. Ook zijn verschillen in de frequentie van de vervanging van de woningen buiten beschouwing gelaten. De bebouwingsdichtheid is weergegeven als het huidige percentage bebouwd oppervlak ten opzichte van de totale oppervlakte per wijk.

De bebouwingsdichtheid wordt vooral bepaald door de ligging en in tweede instantie door de wijktypologie en de periode. De hoogste dichtheid heeft de Oude Pijp in Amsterdam (arbeidersbuurt/urbaan) met 57 procent, gevolgd door Den Haag – Archipelbuurt (gemengd/urbaan) met een dichtheid van 34 procent en Utrecht – Zuilen-Elinkwijk (arbeidersbuurt/urbaan) met een bebouwingsdichtheid van 28 procent. Dat de ligging meer gewicht in de schaal legt dan de aard van de destijds voorziene bewonersgroep blijkt bijvoorbeeld uit de urbane villawijk als Groningen-Zuiderpark. Hiervan is de bebouwingsdichtheid aanzienlijk hoger (18 procent) dan van het voor arbeiders ontworpen dorp Budel-Dorplein (2 procent) en de suburbane arbeiderswijken in Brunssum (9 procent) en Emmen (9 procent). Overigens zegt de bebouwingsoppervlakte niets over het aantal woningen. Het aantal woningen per oppervlakte ligt in een wijk met enkel sociale huurwoningen beduidend hoger dan in een villawijk.

## 4.4 Bebouwing en verstoring

**Verstoring tijdens het bouwrijp maken**

Tijdens het bouwrijp maken van een terrein kan de grond opgehoogd of vervangen worden. Het effect van ophogen kan voor de onderliggende archeologische resten zowel een positief als negatief effect hebben. Het grondpakket bovenop de archeologische resten kan fungeren als een conserverende deken. Anderzijds, alhoewel moeilijk te onderzoeken omdat dit het opgraven van gesloopte bebouwing inhoud, kan het ophogen archeologische resten in de bodem verdrukken en vervormen en kan het effect hebben op de grondwaterspiegel waardoor de conserverende eigenschappen van de bodem teruglopen.[95] De kans op beschadiging van eventueel aanwezige archeologische resten is aanzienlijk groter bij grondvervanging. De niet voor bebouwing geschikte grond wordt hierbij gedeeltelijk of volledig weggegraven.
Van belang is de omvang van het bouwrijp te maken terrein. Bij het bouwrijp maken van grotere gebieden wordt het reliëf vaak geëgaliseerd, wat plaatselijk een grootschalige verstoring van de bodem tot gevolg kan hebben. Daarnaast is de terreininrichting van belang.

[94] Nio, Reijndorp & Veldhuis 2008; Nio *et al.* 2016.
[95] Huisman 2009, 23-28, 30-32.

**Tabel 4.1 Wijkkenmerken en bebouwingsdichtheid voor twintig Nederlandse woonwijken.**

| Naam | Bouw per. | Wijktype | Ligging | Bouwwijze | Huur/ koop (ten tijde van realisatie) | Opp. (ha) | Bebouwings-dichtheid % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amsterdam – Oude Pijp | 1875-1900 | arbeiders-wijk | urbaan | middelhoog | sociale huur | 62,3 | 57 |
| Amsterdam – Westelijke Tuinsteden | 1950-1965 | arbeiders-wijk | urbaan | middelhoog en laagbouw-wijk | overwegend sociale huur | 379,4 | 12 |
| Brunssum – div. Mijnkoloniën | 1900-1940 | arbeiders-wijk | suburb | laagbouw | overwegend sociale huur | 187,5 | 9 |
| Budel-Dorplein | 1875-1930 | arbeiders-wijk | dorp | laagbouw | huur | 221,7 | 2 |
| Emmen – Emmermeer, Angelslo, Emmerhout | 1955-1960 | arbeiders-wijk | suburb | overwegend laagbouwwijk | overwegend sociale huur | 844,1 | 9 |
| Heerlen – Vrieheide | 1959-1970 | arbeiders-wijk | suburb | laagbouw-wijk | sociale huur | 33,4 | 15 |
| Utrecht – Zuilen-Elinkwijk | 1890-1920 | arbeiders-wijk | urbaan | overwegend laagbouw | sociale huur | 15,2 | 28 |
| Amersfoort – Kattenbroek | 1985-1995 | vinexwijk | suburb | gemengd | overwegend koop | 147,8 | 20 |
| Arnhem – Geitenkamp | 1920-1930 | gemengd | suburb | laagbouw | huur | 51,6 | 21 |
| Hengelo – Tuindorp 't Lansink | 1910-1930 | gemengd | suburb | laagbouw | huur | 42,5 | 14 |
| Hilversum – Plan Oost | 1920-1940 1945-1965 | gemengd | urbaan | laagbouw | overwegend huur | 104,2 | 20 |
| Hoorn – Grote Waal, Buurt 13 07 | 1966-1984 | bloemkool-wijk | suburb | laagbouw | sociale huur | 36,9 | 13 |
| Rotterdam – Ommoord | 1960-1970 | hoogbouwwijk | urbaan | hoogbouw | huur en koop | 120,2 | 13 |
| 's-Gravenhage – Archipelbuurt | 1870-1900 | gemengd | urbaan | middelhoog- en laagbouw | huur en koop | 30,9 | 34 |
| 's-Gravenhage – Ypenburg | 1985-2000 | vinexwijk | suburb | gemengd | overwegend koop | 445,3 | 12 |
| Delft – Agnetapark | 1875-1900 | gemengd (vooral arbeiders) | suburb | laagbouw | huur | 2,8 | 17 |
| Groningen – Korrewegwijk | 1910-1940 | gemengd (zuid: midden-standswijk, noord: arbeiders-buurt) | urbaan | middelhoog en laagbouw | huur | 55 | 27 |
| Amersfoort – Bergkwartier | 1900-1940 | villawijk | urbaan | laagbouw | koop | 19,5 | 9 |
| Apeldoorn – De Parken | 1875-1940 | villawijk | suburb | laagbouw | koop | 107,5 | 13 |
| Groningen – Zuiderpark | 1880-1900 | villawijk | urbaan | laagbouw | koop | 39,5 | 18 |

Hiertoe behoren bijvoorbeeld de aanleg van wegen en ondergrondse infrastructuur in de vorm van kabels en leidingen. Verder worden tijdens de inrichting vaak groenzones en waterpartijen aangelegd. Dit alles kan leiden tot bodemverstoring.[96]

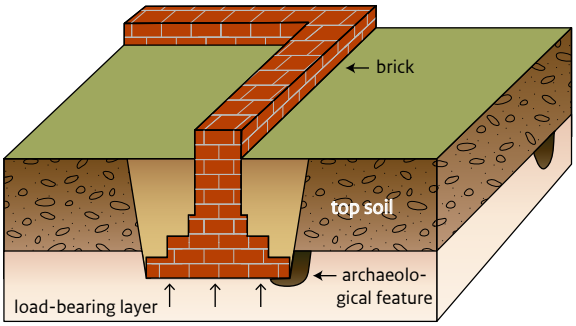
**Verstoring door de aanleg van funderingen**

Als voorbereiding op de bouw worden fundamentsleuven of een bouwput aangelegd. Bij de aanleg van een bouwput wordt de bodem tot op de draagkrachtige onderlaag ontgraven. In het geval van onderkeldering of de aanleg van souterrains kan plaatselijk nog meters dieper ontgraven zijn. Na de voorbereidingen worden de fundamenten aangelegd. Er bestaat een directe relatie tussen de aard van de fundering, de aard van de ondergrond en de bouwmassa.[97]

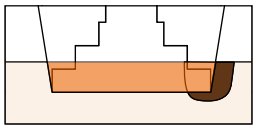
Zand- en grindgronden, klei- en leemgronden, veengronden en gemengde gronden hebben alle een verschillend draagvermogen. Zo vormt zand over het algemeen een relatief goede ondergrond voor bouwwerken, terwijl veen ongeschikt is om direct op te bouwen. Op hoofdlijnen kunnen de gangbare typen funderingen onderverdeeld worden in twee categorieën, namelijk de funderingen op staal en de funderingen op palen van beton of hout. Bij funderen op staal ligt de funderingsconstructie direct op de draagkrachtige ondergrond. Binnen deze groep funderingen kan verder onderscheid worden gemaakt naar sleuf- of strokenfundering (onder de dragende muren), fundering op poeren of pijlers en plaatfundering.
Bij een sleuf- of strookfundering kan de ontgraving beperkt zijn tot de sleuven waarin de

96 Huisman 2009, 23-28, 30-32; Roorda & Stöver, 2016, 5-6, 15-17.
97 Heijm 1982, 114.

## Strip foundation

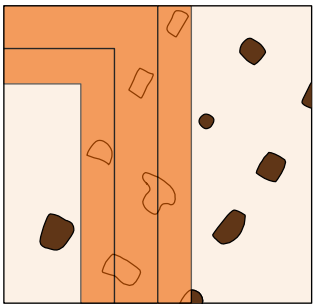



side view

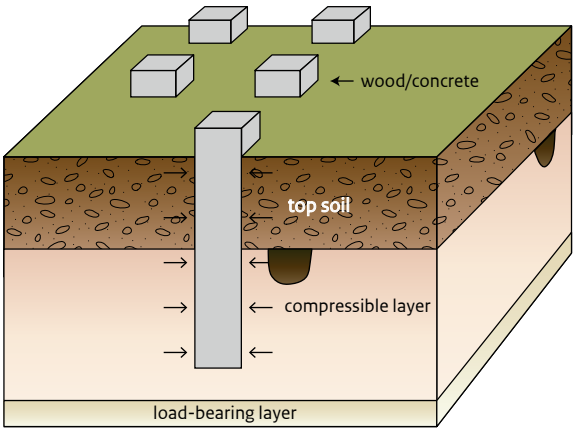


Disturbed
Archaeological feature
Layer containing archaeological remains

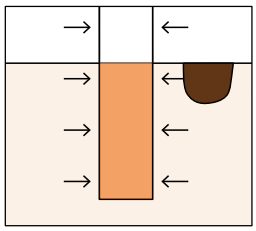
top view



## Friction pile

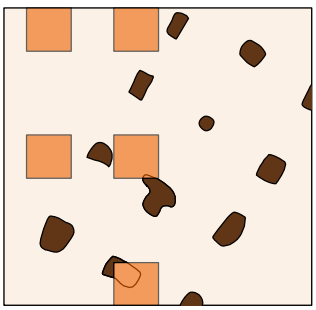



side view

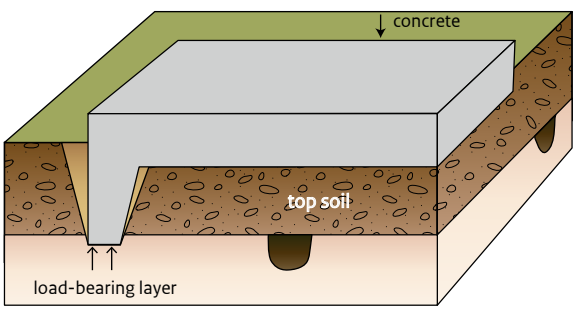


Disturbance
Archaeological feature
Soil containing archaeology

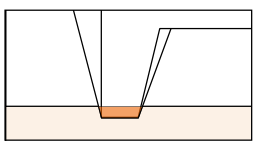
top view



## Slab foundation

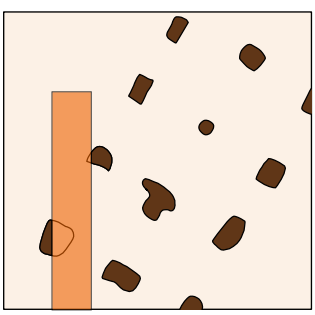


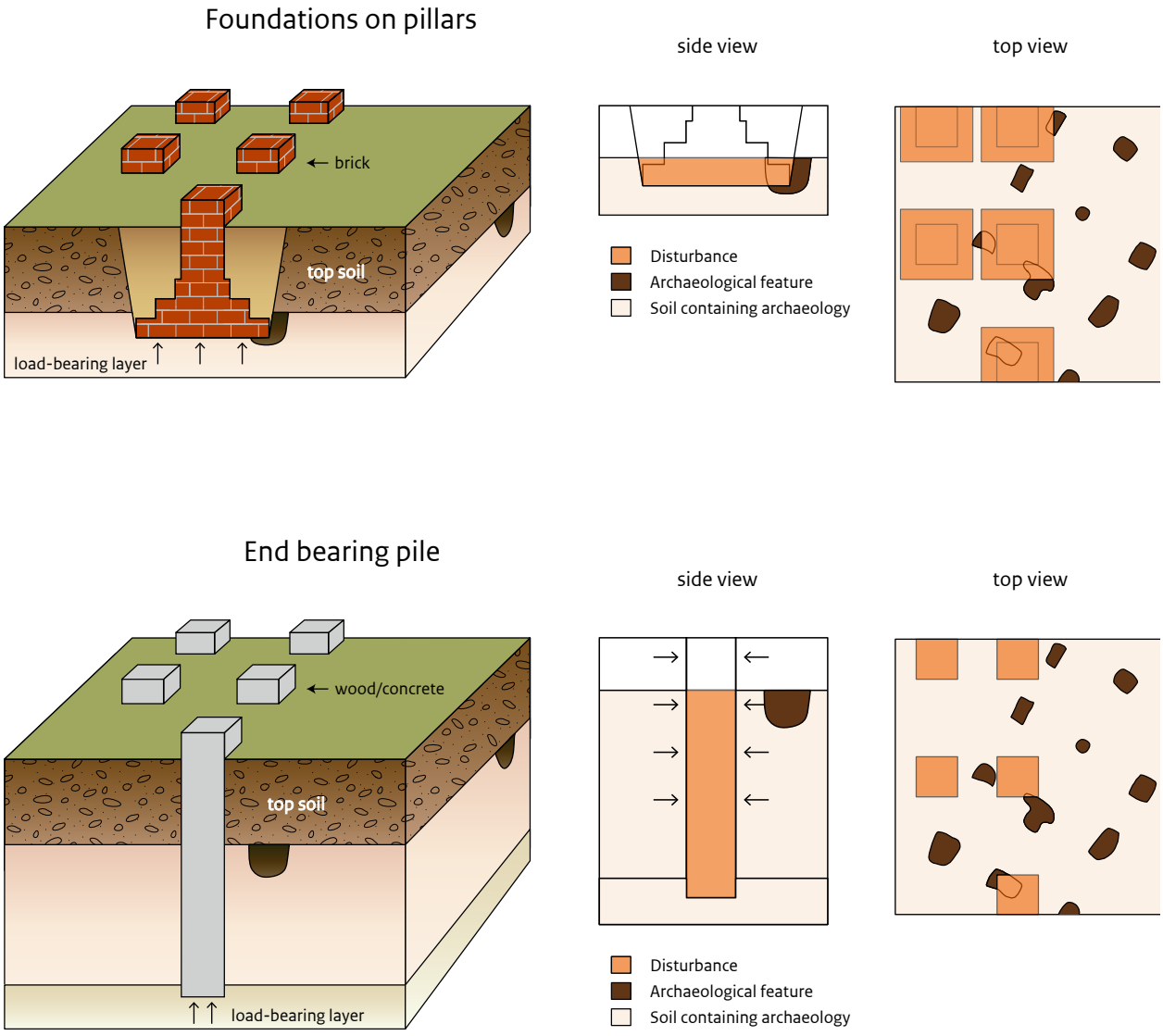

side view



Disturbance
Archaeological feature
Soil containing archaeology

top view






Afb. 4.4 De meest voorkomende typen funderingen die onder gebouwen aangetroffen kunnen worden (bron: Bouwmeester, Abrahamse & Blom 2017).

funderingen moeten komen. Als de draagkrachtige laag te diep ligt voor een fundering op staal wordt op palen gefundeerd. Gewoonlijk liggen deze funderingspalen alleen ter hoogte van de dragende muren. Daarvoor hoeft dus niet de hele bouwput uitgegraven te worden. In ieder geval is op de plaats van de palen de bodem diep verstoord. De grond in een zone direct rond de paal kan verdrukt raken. Hoe omvangrijk de verstoring is, hangt vooral af van de hoeveelheid ingeslagen palen en de dikte ervan.[98]

**Verstoringen tijdens gebruik**

Ook na het in gebruik nemen van de woningen vinden grondroerende activiteiten plaats omdat de bewoners het huis en erf gedurende de tijd aanpassen. Het kan hierbij gaan om onder meer het slopen, verplaatsen of uitbreiden van schuurtjes, het plaatsen van aanbouwen aan het huis of het ontgraven van vijvers. Daarnaast veranderen in de loop van de tijd ook de voorzieningen rond het huis, zoals de aansluiting van gas en elektra. Locatie en omvang van deze verstoringen laten zich moeilijk voorspellen.

**Verstoring door sloop**

Bij sloop van gebouwen kan ervoor gekozen worden te slopen tot op de funderingen of de funderingen zelf ook te verwijderen met eventueel ook er tussen gelegen zones zonder

[98] Huisman *et al.* 2011, 18-19, 39-40; Roorda & Stöver, 2016, 23-27, 51.

funderingen. Hoe er gesloopt wordt, is onder meer afhankelijk van het toekomstig gebruik van het terrein. Funderingspalen kunnen eruit worden getrokken of worden afgeknepen. Het laatste zal minder verstorend zijn. Het verwijderen van funderingen kan omliggende en onderliggende archeologische resten beschadigen; zeker als bij de sloop met groot materieel te werk wordt gegaan kan deze meer verstoren dan de bouw. Muren en poeren worden machinaal uitgetrokken of uitgegraven.

**Verstoring door versnippering**
Behalve directe fysieke verstoring is bij woonwijken ook sprake van indirecte verstoring door versnippering. Versnippering door de verspreide verstoringen als gevolg van de aanleg van leidingen, fundamenten en kelders is te vergelijken met een bladzijde uit een boek waarin allemaal gaatjes zijn geperforeerd (afb. 4.5). Afhankelijk van de hoeveelheid en de plaats van de perforaties is de tekst al dan niet leesbaar. Daarnaast bestaat ook nog de verstoring als gevolg van splitsing in eigendom. Wat voor nieuwbouw één groot kavel was met één eigenaar bestaat nu uit verschillende percelen met verschillende eigenaren. Dit heeft tot gevolg dat het onwaarschijnlijk wordt dat het oorspronkelijke grote kavel in zijn geheel onderzocht kan worden terwijl dit vanuit archeologisch oogpunt te prefereren is boven het onderzoeken van delen van het perceel.

## 4.5 Conclusie verstoringen stedelijk gebied

Het effect van een verstoring hangt sterk af van de aard, omvang en informatiewaarde van een vindplaats. Niettemin kan kennis over de mate van verstoring een goede eerste indruk geven van de te verwachten conservering van een vindplaats.
In deze studie is onder meer gekeken naar verschillen in bebouwingsdichtheid als indicatie voor de mate van verstoring. Daarbij werd de hoogste bebouwingsdichtheid waargenomen in de Amsterdamse Pijp (56 procent). Gewoonlijk neemt de bebouwing echter een aanzienlijk kleiner oppervlak in (30 procent of minder) wat in theorie op een geringere verstoring zou kunnen duiden.
Duidelijk is echter dat een algemeen kenmerk als bebouwingsdichtheid slechts een zeer grove indruk geeft van de te verwachten verstoring. Kennis over de verstoringen zelf blijft essentieel. Eigenlijk kan alleen bij volledige ontgraving van



Afb. 4.5 De door moderne heipalen slechts in geringe mate verstoorde fundamenten van het middeleeuwse Geertruidengasthuis te Kampen.

diepe bouwputten en diepgaande constructies als kelders met enige zekerheid gezegd worden dat de bodem ter plaatse verstoord is. Bij minder rigoureuze graafactiviteiten – tijdens en na de bouw – kunnen nog volop behoudenswaardige resten in situ bewaard gebleven zijn. Dit geldt ook bij hogere bouwdichtheden. Een tot dusver wnauwelijks geattendeerd probleem is het gevolg van versnippering van eigendom wat de mogelijkheid voor het doen van goed archeologisch onderzoek op het terrein sterk vermindert. Daarnaast is er nog het probleem van de verstoring die optreedt bij de sloop van gebouwen. Bij de sloop wordt doorgaans geen enkele rekening gehouden met het eventueel aanwezig archeologisch bodemarchief.

Aanbevolen wordt dan ook om bij nieuwbouw of sloop in bebouwd gebied van te voren een goede inschatting te maken van de te verwachten archeologie maar ook van de te verwachten verstoringen. Dit kan bijvoorbeeld door eerst uit te zoeken hoe oud de wijk is, of en hoe vaak de bebouwing vervangen is, hoe het bouwrijp maken verliep en vervolgens te bestuderen hoe gefundeerd is en of sprake is van kelders en andere diepgaande constructies.

# 5 Informatie over onderzoek naar verstoringen

## 5.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken is ingegaan op de oorzaken van verstoringen en de effecten daarvan in de bodem. Duidelijk is dat sprake is van een breed scala aan verstoringssporen veroorzaakt door verschillende activiteiten die zich kenmerken door een grote variatie in voorkomen en uitvoeringsfrequentie. In de komende paragrafen staan methoden en strategiëen voor onderzoek naar deze verstoringen centraal. Zoals gebruikelijk in de archeologie wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen bureauonderzoek en veldonderzoek.

## 5.2 Bureauonderzoek

### 5.2.1 Bureauonderzoek verstoringen gemeentelijke archeologiekaarten

In verschillende gemeenten worden bodemverstoringen meegenomen bij het maken van archeologische verwachtings- en beleidskaarten. In het kader van *Verstoringen in Kaart* heeft de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed het Convent van Gemeentelijke Archeologen (CGA) gevraagd om informatie aan te leveren. Op deze oproep is gereageerd door de gemeenten Lingewaard, Ede, Dordrecht, Heerlen, de Walcherse Archeologische Dienst en de Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant.[99] Daarnaast is informatie over verstoringsonderzoek op gemeenteniveau beschikbaar via het RCE-project *Waardenkaart in Veelvoud* dat – net als *Verstoringen in Kaart* – deel uitmaakt van het programma *Kennis voor Archeologie*. In *Waardenkaart in Veelvoud* wordt aan de hand van enkele door het land verspreidliggende voorbeeldregio's gekeken naar hoe gemeentelijke waardenkaarten overeenkomen dan wel verschillen.[100] Daarbij is ook bestudeerd hoe in de kaarten is omgegaan met het aspect van de bodemverstoringen. In tabel 5.1 is dit weergegeven voor 34 verschillende (op verzoek geanonimiseerde) gemeenten uit genoemde pilotgebieden.[101]

In tabel 5 is te zien dat in slechts zes van de 34 bekeken gemeenten niet nader is toegelicht of en hoe verstoringen zijn meegenomen bij het bepalen van de archeologische verwachting. Uit de omvraag bij het Convent van Gemeentelijke Archeologen kwam naar voren dat vrijwel iedere gemeente op een andere wijze met verstoringen omgaat. Zo zijn er gemeenten die buiten de historische stads- of dorpskern ruime diepte-vrijstellingsgrenzen hanteren wat bijvoorbeeld te maken heeft met de aanwezigheid van een beschermend zand- en kleipakket. Op de betreffende verwachtingskaarten staan dan ook geen of bijna geen verstoringen. In de gemeenten waar een dergelijk afdekkend pakket ontbreekt, zijn de verstoringen meestal wel in kaart gebracht. Gewoonlijk zijn de verstoorde arealen dan geïntegreerd in de archeologische verwachtingskaart maar het komt ook voor dat afzonderlijke verstoringskaarten zijn gemaakt.[102]
Als naar de bronnen wordt gekeken, valt op dat in de dorps- en stadkernen vaak gebruik gemaakt wordt van informatie over de onderkeldering van de huidige gebouwen. Deze is meestal terug te vinden in de vorm van tekeningen in het gemeentelijk bouwarchief wat uiteraard veel preciezer is dan bijvoorbeeld de signatuur 'vergraven' op de *Bodemkaart van Nederland*.[103]
Voor het buitengebied ontbreken dergelijk nauwkeurige bronnen gewoonlijk.[104] Door de mindere kwaliteit van de bronnen is het dan ook riskant om alleen op basis daarvan uitspraken te doen over verstoringen in het agrarische buitengebied. Gelukkig zijn de gemeentelijke archeologische diensten zich over het algemeen zeer bewust van de beperkingen van bureauonderzoek. Zo relativeerde een van de bij het Convent van Gemeentelijke Archeologen aangesloten archeologen de eigen kaart als volgt: 'alleen door een meer gedetailleerd bureauonderzoek en/of verkennend booronderzoek is de mate van verstoring tot op perceelsniveau te specificeren. De inventarisatie van bodemverstoringen heeft zich daarom beperkt tot de bekende en meest ingrijpende vormen'.

### 5.2.2 Een zoektocht naar de beste methode van bureauonderzoek

In een eerder stadium van het project 'Verstoringen in Kaart' heeft de Rijksdienst aan

99 Vriendelijke mededeling R. Berkvens namens het CGA 9-4-2015.
100 Meer informatie hierover vindt u op www.cultureelerfgoed.nl onder *archeologie*.
101 Niet alle gemeenten hebben hun gegevens voor publicatie beschikbaar gesteld.
102 Separate verstoringskaarten zijn bijvoorbeeld gemaakt in Zuidoost-Brabant (Berkvens *et al.* 2011).
103 Zie Lascaris 2019 voor een kritische beschouwing van deze bron.
104 Een uitzondering hierop vormen bijvoorbeeld de keurvergunningen voor het diep omwerken van grond voor de bloembollenteelt. In deze door het hoogheemraadschap van Rijnland verstrekte vergunningen is soms gedetailleerde informatie te vinden over de exacte locatie en diepte van deze verstoringen. Vriendelijke mededeling C.R. Brandenburgh 25 maart 2019.

## Tabel 5.1 Ontgrondingen/verstoringen op gemeentelijke kaarten.

| Gemeente | Toegelicht in rapport | Overgenomen van de bodemkaart | Overgenomen van gemeentelijke en/of provinciale vergunningen | Overige bronnen | Toets d.m.v. AHN | Veldtoets (controle boringen) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ja | ja | ja | ja | nee | nee |
| 2 | ja | ja | ja | ja | ja | ja |
| 3 | nee | | | | | |
| 4 | ja | ja | ja | ja | ja | ja |
| 5 | ja | nee | ja | nee | ja | ja |
| 6 | ja | nee | ja | ja | ja | nee |
| 7 | ja | nee | ja | nee | ja | ja |
| 8 | ja | nee | ja | ja | ja | ja |
| 9 | ja | nee | ja | ja | ja | nee |
| 10 | ja | nee | ja | nee | ja | ja |
| 11 | ja | ja | nee | nee | ja | nee |
| 12 | ja | ja | ja | nee | ja | nee |
| 13 | ja | nee | ja | nee | nee | nee |
| 14 | ja | nee | nee | ja | nee | nee |
| 15 | ja | nee | nee | ja | nee | nee |
| 16 | nee | nee | nee | ja | nee | nee |
| 17 | ja | ja | nee | nee | nee | nee |
| 18 | ja | nee | nee | ja | nee | nee |
| 19 | ja | ja | nee | nee | nee | nee |
| 20 | nvt | | | | | |
| 21 | ja | ja | nee | nee | nee | nee |
| 22 | ja | ja | nee | nee | nee | nee |
| 23 | ja | ja | nee | nee | nee | nee |
| 24 | nee | | | | | |
| 25 | nee | | | | | |
| 26 | nee | | | | | |
| 27 | ja | ja | nee | nee | ja | nee |
| 28 | ja | ja | nee | nee | ja | nee |
| 29 | ja | ja | nee | nee | ja | nee |
| 30 | ja | nee | ja | nee | onduidelijk | nee |
| 31 | ja | nee | ja | Ja | nee | nee |
| 32 | ja | ja | nee | Ja | ja | nee |
| 33 | ja | ja | nee | Ja | ja | nee |
| 34 | nee | | | | | |

drie organisaties opdracht verleend om onafhankelijk van elkaar een methode te bedenken voor het in kaart brengen van verstoringssporen met als randvoorwaarde dat daarbij onder meer gebruik moest worden gemaakt van de in de webtoepassing Verstoringen in Kaart genoemde bronnen.[105] De resultaten van deze onderzoeken en de evaluatie ervan komen uitvoerig aan de orde in het dossier 'Verstoringen door landbouw' onder *archeologie* op www.cultureelerfgoed.nl. Daar zijn ook de onderzoeksrapporten en een evaluatie te downloaden. In deze paragraaf worden alleen de belangrijkste resultaten samengevat.
De met medewerking van verschillende interne en externe experts beoordeelde studies leverden geen nieuwe standaardmethodiek op. Ieder van de drie uitgewerkte methodieken heeft voor- en nadelen en is in de huidige vorm nog niet voldoende geschikt voor de praktijk. Duidelijk is dat het erg moeilijk is om alleen op basis van bureauonderzoek een goed beeld te krijgen van de op een terrein te verwachten verstoring. Niettemin zijn bij het onderzoek ervaringen opgedaan die relevant kunnen zijn voor archeologen en andere professionals die bureauonderzoek naar verstoringen doen. Zo benadrukken de onderzoekers dat het belangrijk is om de lokale agrarische sector bij het project te betrekken. In eerste instantie uiteraard de grondgebruikers of eigenaren maar – afhankelijk van de omvang van het gebied – eventueel ook mensen van de plaatselijke belangenorganisaties zoals regionale afdelingen van de Land en Tuinbouw Organisatie (LTO). Van betekenis is ook de factor tijdsdiepte. Om enig idee te krijgen van de mogelijke verstoring ter plaatse is het uiterst zinvol om gebruik te maken van informatie over het grondgebruik in het verleden en veranderingen in het kavelpatroon.[106] Verder moet het belang van reconstructie van veranderingen in de maaiveldhoogte op basis van het Actueel Hoogtebestand Nederland onderstreept worden. Door de combinatie van kennis over maaiveldhoogtemutaties met kennis over veranderingen in de percelering bij Pingjum (Friesland) werd bijvoorbeeld goed zichtbaar dat sloten gedempt waren met grond van hetzelfde perceel.[107]

### 5.2.3 Het project Verstoorde percelen: een bureauonderzoek achteraf

In de winter van 2016/2017 heeft de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed met medewerking van de grondeigenaren, de Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant en de gemeente Súdwest-Fryslân een onderzoek gedaan op enkele akkers bij Lage Mierde en Pingjum. Het betrof een vergelijkend methodeonderzoek ter bepaling van de meest efficiënte methode en strategie van veldwerk bij het opsporen van verstoringen.[108] Ondanks dat de nadruk op veldwerk lag, vond hierbij tevens een beperkt bureauonderzoek plaats. Anders dan gebruikelijk in de archeologie gebeurde dit achteraf en niet voorafgaand aan het veldwerk. Dit om de interpretaties tijdens het stapsgewijze methodeonderzoek in het veld zo zuiver mogelijk te houden. Na het bureauonderzoek bleek onder meer dat een van de percelen in zijn geheel ontgrond had moeten zijn, terwijl de veldwaarnemingen lieten zien dat dit slechts op een deel van het perceel het geval was. Op een ander perceel lag volgens het Actueel Hoogtebestand Nederland een dichtgeschoven sloot die niet was waargenomen tijdens het veldwerk. De gedeeltelijke verstoring en verdwenen sloot onderstrepen nog eens de conclusie van de vorige paragraaf, namelijk dat het belangrijk is om bij bureauonderzoek data over ontgrondingen te combineren met gegevens over veranderingen in het kavelpatroon en het reliëf.

## 5.3 Veldonderzoek, methoden en strategieën

### 5.3.1 Algemeen

Verstoringen zijn van invloed op de archeologische verwachting maar ook op de fysieke en inhoudelijke kwaliteit van archeologische vindplaatsen. Tijdens regulier archeologisch veldonderzoek wordt dan ook altijd gekeken naar de mate van verstoring. Veldwerk speciaal om een op basis van bureauonderzoek of informatie van de gebruikers veronderstelde verstoring te toetsen, is veel minder algemeen. Zoals eerder

[105] Zuidelijke Land- en Tuinbouw Organisatie (Peekel, Van der Schoot, Beekmans & van Hout 2016); RAAP (Willemse *et al.* 2016) en Wageningen University Research (De Vries, Brouwer, Heidema & Maas 2016).
[106] Zie hiervoor bijvoorbeeld de RCE-Verstoringsbronnenkaart.
[107] Lascaris 2019; Willemse *et al.* 2016.
[108] Lascaris & De Kort 2017.

aan de orde kwam (paragraaf 5.2.1), is informatie over verstoringen op gemeentelijke archeologie-kaarten gewoonlijk alleen afkomstig van bureauonderzoek, zonder veldtoets. Als een veldtoets wel deel uitmaakt van het kaartproject (tabel 5.1), zijn gewoonlijk alleen die percelen getoetst waarvoor gerede twijfels bestaan en gebeurde dit met slechts enkele controleboringen.[109] Sinds 2012 is onderzoek uitgevoerd naar verstoringen waarbij intensiever veldwerk is verricht.[110] Doel van dit onderzoek is meestal om op basis van de aangetoonde verstoring de bestaande vrijstellingsgrenzen te verruimen zodat diepe bodembewerkingen mogelijk zijn zonder archeologische onderzoeksplicht. De werkwijze verschilt van project tot project maar gewoonlijk wordt gekozen voor booronderzoek, voor profielputten of voor een combinatie van beide methoden (tabel 5.2). Ook het aantal waarnemingen en de positionering van de waarnemingen is bij ieder project anders.

In twee van de bovenstaande veldonderzoeken is geëxperimenteerd met methode, waarnemingsdichtheid en waarnemingsgrid. Bij het onderzoek in de Bollenstreek is bij wijze van

[109] Berkvens *et al*. 2011.
[110] Breimer & Brijker 2017; Breimer & Sueur 2014a; Ten Broeke 2012; Kroes & Kloosterman 2013; Wink & Sprangers 2014; Lascaris & De Kort 2017.

**Tabel 5.2. Vergelijking methoden en waarnemingsdichtheden veldonderzoek naar verstoringen.**

| Onderzoek | Methode | Aantal waarnemingen | Waarnemingsdichtheid |
|---|---|---|---|
| 2012 Verstoringsdiepteonderzoek Gemeente Peel en Maas (Ten Broeke 2012) | zandguts | afgebroken wegens onbevredigend resultaat | |
| | Edelmanboor 7 cm diameter | 939 | 5 per ha in een verspringend boorgrid van 40 bij 50 m |
| | profielkuilen ca. 50 x 50 cm (tot maximaal 100 x100 cm); machinaal aangelegd | 537 | minimaal 3 per ha |
| 2013<br>Onderzoek naar agrarische verstoringsdiepten en vrijstellingen gemeente Woudenberg (Kroes & Kloosterman 2013) | guts 3 cm diameter | 18 op vier percelen | geen opgave |
| | profielkuilen 50 x 50 cm; handmatig aangelegd | 2 | 1 per perceel |
| 2014<br>LTO-onderzoek 'Mag het een onsje minder zijn' in de gemeenten Eersel, Teylingen, Midden-Drenthe en Neder-Betuwe (Breimer & Sueur 2014a, 2014b. Voor de gemeente Peel en Maas werd gebruik gemaakt van velddata van Ten Broeke 2012) | Edelmanboor en/of zuigboor 7 cm diam. | alleen in de gemeente Teylingen 36 boringen waarvan 12 in de profielkuilen | verschillend: ter aanvulling of vervanging van de profielkuilen |
| | profielkuilen 100 x 100 cm; machinaal aangelegd | 320 | 4 per perceel |
| 2014<br>Aanvullend veldonderzoek archeologische verwachtingskaart Gemeenten Katwijk, Noordwijk, Noordwijkerhout, Lisse,<br>Teylingen en Hillegom (Wink & Sprangers 2014) | Edelmanboor 7 cm en steekguts 3 cm diameter | 10 | locatie 1 (Loosterweg Zuid, Lisse);<br>10 boringen per ha; twee elkaar kruisende boorraaien; |
| | Edelmanboor 7 cm en steekguts 3 cm diameter | 20 | locatie 2 (Zilkerduinweg Noordwijkerhout); 10 boringen per ha; twee parallel verlopende boorraaien in een verspringend grid |
| | Edelmanboor 7 cm en steekguts 3 cm diameter | 8 | locatie 3 (Offem Zuid, Noordwijk) stap 1; verspringend 40 x 50 m boorgrid |
| | Edelmanboor 10 cm diameter | 9 | locatie 3, stap 2; verdichten tot 20x25 m boorgrid (noordoostdeel perceel) |
| | Edelmanboor 10 cm diameter | 13 | locatie 3, stap 3; verdichten tot 10x12,5 m grid (noordoostdeel perceel) |
| | Envita mechanische steekguts 25 cm diameter | 10 | locatie 3, 2 raaien, 5 m afstand tussen boringen |
| 2017<br>Bodemverstoringsonderzoek gemeente Veendam (Breimer & Brijker 2017) | profielkuilen max. 200 x 100 cm, machinaal aangelegd | 75 | maximaal 2 per perceel |
| 2017<br>'Verstoorde percelen' methodeonderzoek Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed in de gemeenten Reusel De Mierden en Súdwest-Fryslân (Lascaris & De Kort 2017) | Edelmanboor 7 cm diameter | 16 | stap 1; 4 per ha |
| | Edelmanboor 7 cm diameter | 39 | stap 2; verdicht tot 13 per ha |
| | profielkuilen 100 x 100 cm, handmatig | 16 | stap 3; 4 per ha |

steekproef booronderzoek naar verstoringen gedaan op drie representatieve locaties waarvoor de beschikbare informatie niet toereikend was om tot een onderbouwde vrijstellingsgrens te komen.[111] Op een van die percelen is geëxperimenteerd met het plaatselijk stapsgewijs verdichten van het boorgrid om te zien of dit tot betere resultaten en een betrouwbaarder beeld leidt. Als kanttekening moet daarbij vermeld worden dat het experiment niet zozeer bedoeld was om de kwaliteit van verstoringenonderzoek te verbeteren maar om in meer algemene zin de informatiewaarde van karterend booronderzoek in het strandwallen- en duinlandschap te toetsen. Het tweede project waarbij geëxperimenteerd is met onderzoeksmethoden en waarnemingsdichtheden werd uitgevoerd door de velddienst van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed in de winter van 2016/2017.[112]

### 5.3.2 Veldwerkmethoden: ervaringen met boren en profielkuilen

Boren is een in de archeologie algemeen geaccepteerde methode voor het opsporen en karteren van archeologische vindplaatsen en het bepalen van de lokale geologische en bodemkundige situatie. Boren gaat snel zodat het mogelijk is om in betrekkelijk korte tijd een fors aantal waarnemingen te doen. Meestal wordt daarbij gebruik gemaakt van een steekguts of Edelman-handboor met een diameter van 3 tot 7 cm. In de gemeente Noordwijk is geëxperimenteerd met een mechanische steekguts met een diameter van 25 cm maar dit bleek voor het opsporen van verstoringen geen meerwaarde op te leveren ten opzichte van de boringen met een handboor.[113]

Vanwege de mogelijkheid om in korte tijd verspreid over een terrein verschillende waarnemingen te doen, kan met grondboringen snel een eerste indruk verkregen worden van de mate van verstoring ter plaatse. Aan de andere kant is de kwaliteit van de waarnemingen bij boren in zekere zin beperkt vanwege de geringe omvang van de ontsluiting. Het gaat om 'speldenprikken' met een diameter van slechts enkele centimeters. Belangrijk is dan ook dat het aantal boringen voldoende groot is. Een lage waarnemingsdichtheid met maximaal een tot drie controleboringen op een perceel waarvan vermoed wordt dat het verstoord is, kan tot gevolg hebben dat een deels verstoord perceel ten onrechte aangemerkt



Afb. 5.1 Boorkop met verstoring Lage Mierde 1, boring 3 (bron: Lascaris & De Kort 2017).

[111] Wink & Sprangers (2014)
[112] Lascaris & De Kort 2017.
[113] Wink & Sprangers 2014.



Afb. 5.2 Vlakfoto Lage Mierde 1, profielput 2. Vlak op 35 cm –mv, onderzijde bouwvoor (bron: Lascaris & De Kort 2017).

wordt als niet verstoord of juist als geheel verstoord.[114] Uiteraard is dit sterk afhankelijk van de aard van de verstoring (vlakdekkend of niet) maar dat is vaak een constatering achteraf. Tot dusver blijkt keer op keer dat als in een dichter grid wordt geboord, verstoringen minder homogeen zijn dan vaak op basis van bureauonderzoek wordt verondersteld.[115] Daarnaast wordt de keuze van een efficiënt waarnemingsgrid bemoeilijkt doordat verstoringen niet zelden gekenmerkt worden door abrupte grenzen en of repeterende patronen met veel (op het oog) onverstoorde bodem. Hierdoor kan er gemakkelijk naast een verstoring worden geboord met als gevolg dat een niet representatief beeld ontstaat van de mate van verstoring ter plaatse. Zowel tijdens het experimenteel onderzoek van de Rijksdienst in de gemeenten Reusel De Mierden en Súdwest-Fryslân als bij het booronderzoek op de locatie Offem Zuid, gemeente Noordwijk werd aangetoond dat deze beperking deels kan worden opgelost door het boorgrid te verdichten.[116]

Een andere methode om de beperkingen van booronderzoek op te vangen is door het booronderzoek te combineren met de aanleg van enkele profielputten. Een proefput of profielkuil graven neemt beduidend meer tijd in beslag dan boren met een handboor maar er kunnen ook vlakken worden aangelegd zodat de aard van de verstoring beter kan worden onderzocht dan met de boor (afb.5.2). Dit is bijvoorbeeld van belang bij het opsporen van zich repeterende lijnvormige verstoringssporen met daartussen ongestoorde bodem. Daarnaast zijn in de profielen van een proefput sporen van bodembewerking herkenbaar die in de boor niet zichtbaar zijn. Ook de samenstelling van een verstoring (homogeniteit, grootte en compositie van bodembrokken, aanwezigheid van dateerbaar materiaal) is in de profielputten beter vast te stellen dan in de boringen. Hetzelfde geldt voor de beoordeling van laaggrenzen (scherp/diffuus; recht/kartelig/onregelmatig) en de diepte onder het maaiveld die ook binnen een perceel vaak varieert.[117] Als booronderzoek wordt gecombineerd met profielkuilen, blijkt dan ook dat de informatie uit de kuilen in belangrijke mate bijdraagt aan een goede interpretatie van de boorgegevens en dus aan een betere inschatting van de mate van verstoring op het perceel.[118]

Een ander belangrijk voordeel van profielputten is dat de waarnemingen en interpretaties op een

[114] Zoals waargenomen bij onderzoek op locatie 2 Lage Mierde. Lascaris & De Kort 2017.
[115] Zie bijvoorbeeld locatie 1 en 2 in Wink & Sprangers 2014.
[116] Lascaris & De Kort 2017; Wink & Sprangers 2014.
[117] Lascaris & De Kort 2017; Wink & Sprangers 2014.
[118] Lascaris & De Kort 2017; Ten Broeke 2012.



Afb. 5.3 Profielfoto Lage Mierde 1. Zuidwestprofiel profielput 2. In rood de waargenomen grenzen van bouwvoor en verstoring (bron: Lascaris & De Kort 2017).

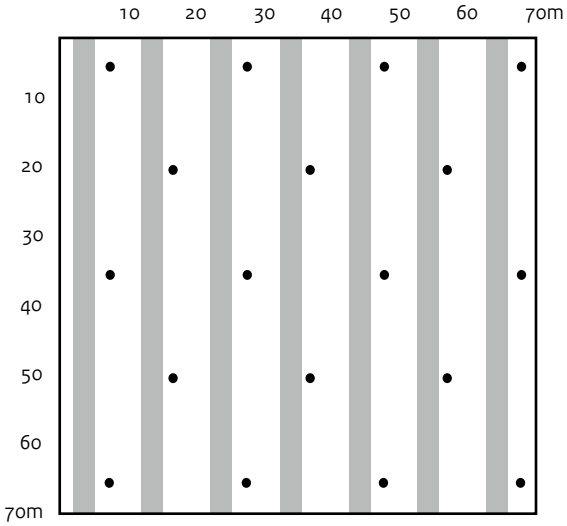
transparantere en begrijpelijke manier kunnen worden gepubliceerd wat de falsificeerbaarheid sterk ten goede komt. Zo kunnen bijvoorbeeld in het rapport profielwandfoto's worden opgenomen waarbij het betreffende profiel eenmaal met en eenmaal zonder interpretatie wordt weergegeven (afb 5.3).[119]

### 5.3.3 Ervaringen met de waarnemingsdichtheid, praktijk en theorie

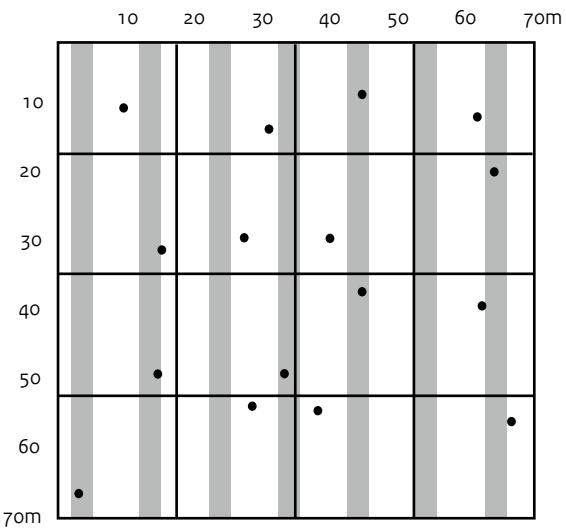
Op basis van de hierboven beschreven onderzoeken is duidelijk dat het aantal waarnemingen per perceel dat nodig is om de mate van verstoring vast te stellen, goed moet worden onderbouwd. Tevens is helder dat er nog geen consensus bestaat over welk aantal waarnemingen nodig is om een representatief beeld te kunnen schetsen van de op een perceel te verwachten sporen van bodembewerkingen. Hetzelfde geldt voor de inrichting van het beste waarnemingsgrid. Waarnemingsdichtheid en waarnemingsgrid berusten in bovenstaande onderzoeken voornamelijk op expert judgement waarbij deels ook gekeken is naar de leidraad inventariserend booronderzoek van de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie.[120] Van belang is echter dat de uiterlijke kenmerken van bodembewerkingsporen gewoonlijk afwijken van de (prospectie)kenmerken van archeologische vindplaatsen. Een specifiek voor het opsporen van verstoringssporen geschikte en geostatistisch onderbouwde methodiek ontbreekt tot dusver. Om hieraan tegemoet te komen heeft de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed een theoretische verkenning laten uitvoeren naar optimale strategieën voor veldtoetsing van bodembewerkingsdiepten op agrarische percelen uitgaande van de in de archeologie gangbare waarnemingsmethoden (boringen en proefputjes).[121]

Uit deze verkenning kwam nog eens naar voren hoe belangrijk voorkennis over de gebruiksgeschiedenis van een terrein is. Zonder voorkennis over de aard van de grondbewerkingen die op een terrein hebben plaatsgevonden en de frequentie daarvan wordt het erg moeilijk om van te voren te bepalen wat het meest efficiënte waarnemingsgrid is. Voor elk verstoringspatroon (vlak, lijn, strook, dambord etc.) dat het resultaat is van een bodembewerking of een groep van bodembewerkingen is eigenlijk een eigen specifieke steekproefmethode vereist. Zo ligt het niet voor de hand om een regelmatig patroon met verstoringen van bodembewerkingen op te sporen met een eveneens regelmatig patroon van waarnemingen zoals het in de archeologie gebruikelijke gelijkzijdige of gelijkbenige driehoeksgrid omdat dan de kans dat de waarnemingen een verkeerd beeld geven van de mate van verstoring erg groot is (afb. 5.4).[122] Gewoonlijk is jammer genoeg niet goed bekend welke bodembewerkingen er allemaal op een perceel hebben plaatsgevonden. De meeste terreinen in Nederland worden nu eenmaal gekenmerkt door een lange gebruiksgeschiedenis. Op een terrein is doorgaans dan ook geen sprake van een enkel verstoringspoor of een enkelvoudig patroon uit bewerkingsporen maar van een complexe combinatie van meerdere sporen van bodembewerking en grondverzet. Door herhaling van bewerkingen ontstaan – ook

[119] Het afbeelden van een profielfoto van ieder profielputje is overigens een kwaliteitseis volgens KNA protocol 4003 VS08.
[120] Tol, Verhagen & Verbruggen 2012.
[121] Willemse 2019. Het rapport is te downloaden op www.cultureelerfgoed.nl onder 'archeologie'.
[122] Over het driehoeksgrid zie Tol, Verhagen & Verbruggen 2012.




Afb. 5.4 Bovenaanzicht van een denkbeeldig onderzoeksgebied. Bij gebruik van een systematisch steekproefraster (zwart) bestaat er een kans dat patronen met verstoringsporen (grijs) consequent 'gemist' worden (naar: Willemse 2019, fig. 23a).



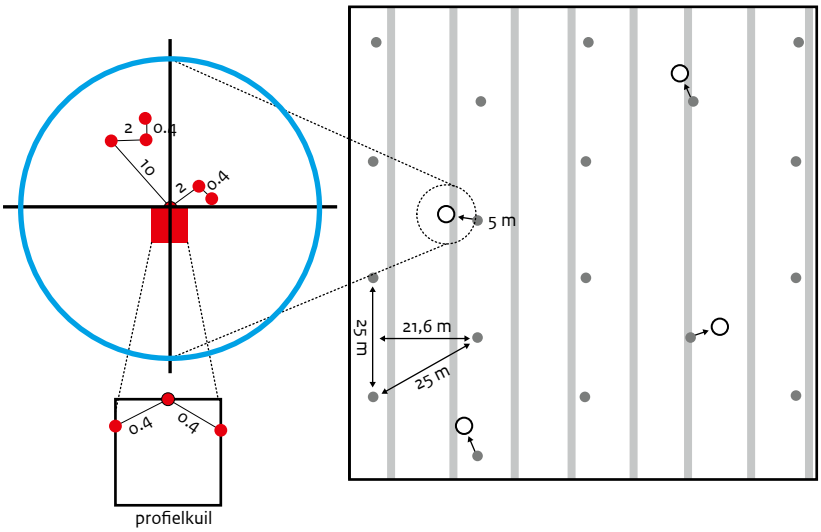

Afb. 5.5 Plattegrond van een denkbeeldig onderzoeksgebied met een voorbeeld van de uitwerking van een gestratificeerd aselecte steekproef (naar: Willemse 2019, fig. 36 en 41).

als deze een regelmatig verstoringspatroon achterlaten – gecompliceerdere patronen die elkaar overlappen en/of kruisen. Iedere bijkomende bewerking verstoord daarbij naar verhouding meer van het deel van de bodem dat al verstoord is en dus minder van het onverstoorde deel. Afhankelijk van aard en intensiteit van de bodembewerkingen wordt de bodem uiteindelijk geheel gehomogeniseerd tot op de bewerkingsdiepte.

Niettemin kan uitgaande van minimale voorkennis over diepten en patronen van landbouwbewerkingen beredeneerd worden wat voor ieder terrein de meest effectieve steekproefmethode is. Daarbij is het uiteraard van belang om de strategie af te stemmen op de doelstelling. Gaat het om een kartering van de algehele verstoringssituatie op het perceel of wordt bijvoorbeeld getoetst of sprake is van een specifiek verstoringspatroon op basis van een verklaring van de grondgebruiker.

Een voorbeeld van een goed werkende praktisch uitvoerbare steekproefmethode die geschikt is om de algemene verstoringsituatie op een perceel te toetsen, is de gestratificeerde aselecte steekproef. Hierbij wordt een terrein onderverdeeld in rastercellen van gelijke grootte (stratificatie van de dataset in homogene subgroepen) waarna in iedere cel random (aselect) een waarnemingspunt wordt geselecteerd (afb. 5.5). Voordeel is dat hiermee een vrij goed en nauwkeurig beeld wordt verkregen van de variatie (wel/niet verstoord, verstoringsdiepte) binnen het perceel.[123] Daarnaast geeft deze benadering een beduidend hogere raakkans voor repeterende patronen dan een systematisch waarnemingsraster (afb. 5.4).
Een ander voorbeeld van een steekproefmethode met een breed toepassingsbereik, bruikbaar voor onderzoek van patronen met verschillende dichtheden en de variatie in bewerkingsdiepten, is de (fijnere of grovere) gestratificeerde clustersteekproef (afb. 5.6). Deze methode is zowel geschikt om patronen op te sporen als om de monsterdichtheid te verbeteren omdat de locatie van de waarnemingspunten kan worden aangepast aan de verwachte ruimtelijke patronen en de dominante richtingen daarin.
Met een beperkte gestratificeerde clustersteekproef kan dan de theoretisch beste bemonsteringsafstand worden berekend en komen patronen aan het licht. Vervolgens kan – rekeninghoudend met de waargenomen variabiliteit van de bewerkingsdiepte – beredeneerd worden waar op het perceel verdere waarnemingen plaats vinden in een gestratificeerd aselect grid.[124] Dit betekent dan wel dat een deel van de statistische analyse in het veld zal moeten

[123] Zie Willemse 2019 voor een uitvoeriger beschrijving van de verschillende steekproeven.
[124] Willemse 2019, 52-53.
[125] Willemse 2019, 38-48.




Afb. 5.6 Voorbeeld uitwerking van een gestratificeerde clustersteekproef (met vier clusters) uitgaande van een systematisch steekproefraster met vaste afstand tussen waarnemingspunten en driehoeksgrid (bron: Willemse 2019, fig. 41).

gebeuren alvorens dit grid kan worden uitgezet. Naast de twee hierboven kort beschreven meer generieke steekproefmethoden kan als sprake is van voorkennis over een bepaalde grondbewerking (ook) teruggegrepen worden op daarop beter toegespitste steekproefmethodieken zoals een transectengrid of een 'sweepsearch'.[125] Welke strategie het best passend is moet per project bekeken worden.
Als duidelijk is dat in kleinere ontsluitingen slecht herkenbare verstoringssporen te verwachten zijn zal het soms beter zijn om bijvoorbeeld te kiezen voor een beperkt proefsleuvenonderzoek omdat daarin zowel het vlak als lange profielen kunnen worden bestudeerd.

## 5.4 Conclusies onderzoek naar verstoringen

Uit de hier beschreven studies komt naar voren dat de mogelijkheden om alleen op basis van bureauonderzoek een representatief beeld te geven van de verstoringssituatie op een perceel beperkt zijn. Aan de andere kant levert een bureaustudie kennis op die essentieel is om de mate van verstoring van een terrein ter plaatse te kunnen toetsen. Op basis van de veldstudies lijkt een methodiek uitgaande van een combinatie van boringen met proefputjes de beste resultaten op te leveren. De vragen naar het ideale aantal waarnemingen per hectare en de beste locatie van die waarnemingen is minder eenvoudig te beantwoorden. Op een perceel is niet zelden sprake van een lange gebruiksgeschiedenis die geresulteerd kan hebben in een complexe combinatie van meerdere verstoringssporen en patronen. Niettemin kan als enige kennis beschikbaar is over de bewerkingen die hebben plaatsgevonden op een terrein een grid met veldwaarnemingen (boringen/proefputjes) worden toegepast die gebaseerd is op een passende steekproef (of een combinatie van steekproeven). Omdat niet al de bewerkingssporen in deze kleine ontsluitingen even goed herkenbaar zijn is het soms beter om toch te kiezen voor een beperkt proefsleuvenonderzoek waarin zowel vlak als lange profielen kunnen worden bestudeerd. Een universeel toepasbare methodiek is er niet. Het blijft maatwerk.

# 6 Conclusies en aanbevelingen



In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de effecten op de bodem van agrarische bodembewerkingen en andere graafactiviteiten op basis van literatuur en de resultaten van eerdere studies die deel uitmaken van het project *Verstoringen in kaart.* Daarnaast is bestudeerd welke ervaringen tot dusver zijn opgedaan met onderzoek dat speciaal gericht is op het vaststellen van de mate van verstoring. Uit dit onderzoek komen de volgende conclusies en aanbevelingen naar voren.

## 6.1 Grondbewerkingen en grondverzet

Voor wat betreft de effecten van agrarische grondbewerkingen en niet-agrarisch grondverzet is duidelijk dat sprake is van een enorm breed scala aan potentieel verstorende handelingen. De verstoringen die hieruit voort kunnen komen, zijn op hoofdlijnen onder te verdelen naar vorm, patroon en diepteverloop. Gewoonlijk is op een terrein echter geen sprake van een enkel verstoringspoor of een enkelvoudig patroon uit bewerkingsporen maar van een complexe combinatie van meerdere verstoringssporen. Een tweede keer dieper ploegen heeft niet tot gevolg dat het verstoorde oppervlak verdubbelt. Een ander aspect waar rekening mee moet worden gehouden is dat zelfs als bekend is dat op een perceel diepere grondbewerkingen hebben plaatsgevonden, dit niet automatisch betekent dat het gehele perceel diep bewerkt is. Dit omdat de verkaveling is veranderd of omdat bij die bewerking niet is uitgegaan van de perceelsgrenzen maar van locale verschillen in ondergrond.
Een probleem dat vooral bij de nieuwbouw van woningen optreedt is dat van de versnippering van het bodemarchief. Door de opdeling in kleinere kavels met ieder een andere eigenaar raakt ook het bodemarchief gefragmenteerd zodat het waarschijnlijk nooit meer in zijn geheel kan worden onderzocht. Het kan dan ook raadzaam zijn om hier in het geval van nieuwbouwplannen rekening mee te houden.

## 6.2 Onderzoek

In hoofdstuk 5 zijn de ervaringen beschreven die inmiddels zijn opgedaan met onderzoek dat zich specifiek richt op verstoringen. Een van de conclusies die hieruit kan worden getrokken is dat de mogelijkheden om alleen op basis van bureauonderzoek een representatief beeld te krijgen van de verstoringssituatie op een perceel zeer beperkt zijn. Eigenlijk kan dit alleen als ter plaatse goed waarneembare zeer ingrijpende vormen van grondverzet hebben plaatsgevonden (zoals in het geval van zandgroeven, grindplassen). Voor de minder ingrijpend verstoorde terreinen met niet waarneembare verstoringen geldt vrijwel altijd dat een veldtoets nodig is voordat met enige zekerheid uitspraken kunnen worden gedaan over de mate van verstoring. Niettemin is duidelijk dat deze veldtoets gepaard moet gaan met een gedegen bureauonderzoek waarin zowel aandacht is besteed aan eventuele veranderingen van het reliëf en het kavelpatroon als aan het gebruik van het perceel. Om een goede veldtoets te kunnen uitvoeren, met een juiste dichtheid en locatie van de waarnemingen, is namelijk voorkennis over de morfologie van de te verwachten verstoringssporen van belang en deze voorkennis berust in belangrijke mate op kennis over de gebruiksgeschiedenis. Voor wat betreft de methoden van veldwerk blijkt vooral een combinatie van boringen en proefputjes een bevredigend resultaat op te leveren. Probleem is dan nog het aantal waarnemingen dat nodig is en de locatie van die waarnemingen. De in de archeologie gebruikelijke waarnemingsgrids voor het opsporen van archeologische vindplaatsen zijn namelijk niet zonder meer geschikt voor het traceren en karteren van bewerkingsporen. Deze methodieken zijn immers gestoeld op waarnemingen en geostatistische overwegingen die betrekking hebben op de morfologie van archeologische vindplaatsen en niet op die van verstoringssporen. Probleem is uiteraard dat vaak niet precies bekend is welke bodembewer-

kingen er allemaal op een perceel hebben plaatsgevonden. Toch kan uitgaande van minimale voorkennis over diepten en patronen van bodembewerkingen beredeneerd worden wat voor een specifiek terrein een efficiënte steekproefmethode of combinatie van steekproefmethoden is. Daarbij is het van belang om de strategie af te stemmen op de doelstelling van het onderzoek. Als het gaat om een kartering van de algemene verstoringssituatie op het perceel moet uiteraard een steekproef met een breed toepassingsbereik worden gekozen. Als getoetst wordt of sprake is van een specifiek verstoringspatroon (bijvoorbeeld op basis van een verklaring van de grondgebruiker) kan gekozen worden voor een daarop afgestemde steekproef. Het blijft maatwerk.

# Begrippenlijst



**Aanaarden**
Met een aanaarder of geulentrekker wordt de grond tussen de plantrijen naar de plantrijen verplaatst. De planten komen hierdoor op ruggen te staan. Door aanaarden van bijvoorbeeld aardappels wordt het rooien wordt vergemakkelijkt. (Commissie Benamingen Land- Tuin- en bosbouwtechniek 1988; Reuler *et al.* 2014). Deze bewerking gaat gewoonlijk niet dieper dan de bouwvoor.

**Bodemvariatie**
Ruimtelijke variatie van bodemeigenschappen zoals korrelgrootteverdeling, humusgehalte, vochtgehalte en bodembiologie.

**Bio-irrigatie**
Het door planten en dieren verplaatsen van water door de poriën en gangen in de grond.

**Cultivator**
Niet kerend grondbewerkingswerktuig met tanden voor het losmaken van grond (Commissie Benamingen Land- Tuin- en bosbouwtechniek 1988; Reuler *et al.* 2014). De werkingsdiepte verschilt. Voor de oppervlakkig werkende cultivatoren zie onder triltandcultivator. Dieper werkende vaste-tand cultivatoren (ook woeler, diepwoeler, ondergronder of decompactor genoemd) worden gebruikt om verdichte lagen in de bodem los te maken. Als het bij deze verdichte laag om de ploegzool (zie daar) gaat, blijft de maximale bewerkingsdiepte gewoonlijk beperkt tot een diepte van 20 tot 40 cm.

**Diepploeg**
Zwaar uitgevoerde kerende ploeg voor een bewerking dieper dan de bouwvoor. De ploegdiepte wordt aangepast aan lokale omstandigheden (wens van de grondgebruiker, diepte storende lagen e.d.) en bedraagt (in uitzonderlijke gevallen) wel twee meter.

**Diepspitten**
Handmatig diep omspitten. Dit gebeurde ondermeer als werkverschaffing in de jaren dertig van de vorige eeuw tijdens de heideontginningen maar ook op de Brabantse akkers was diepspitten lange tijd een gangbare manier om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden.

**Diepwoeler (decompactor)**
Zie onder cultivator.

**Dozer**
Vakterm voor bulldozer.

**Eg**
Een eg bestaat uit een houten (vroeger) of stalen raamwerk met korte ca. 7 cm lange tanden die ondiepe voren trekken in de grond. Met een eg wordt de akker klaar gemaakt om in te zaaien. Deze bodembewerking gaat gewoonlijk niet dieper dan de bouwvoor.

**Frees**
Een frees wordt gebruikt voor het bewerken van de grond. In tegenstelling tot ploegen vindt er geen kerende grondbewerking plaats, maar wel wordt de grond door elkaar geroerd.

**Katteklei**
Naam voor kleiige afzettingen met veel zwavelzuur die slecht geschikt zijn voor landbouw.

**Kilveren**
Met een kilverbak of egalisatiebord in dunne lagen afschaven en opbrengen van de grond om deze vlak te maken. De kilverbak is vaak voorzien van elektronische hulpmiddelen voor een tot op centimeterniveau nauwkeurige hoogtebewerking. Kilveren kan tot gevolg hebben dat het (historisch ontstane) microreliëf van een akker geheel verloren gaat.

**Kluitenbak**
Grijpmechanisme aan graafmachine waarmee een boom in zijn geheel met kluit en al uitgegraven kan worden.

**Mengrotor**
Machines met een roterend schoepenrad waarmee de grond tot op een diepte van 80-125 cm grof wordt vermengd. Gewoonlijk ontstaat na deze behandeling een gebrokte structuur waarin de oorspronkelijke bodemlagen nog herkenbaar zijn. Deze machines zijn in het verleden vooral gebruikt bij de ontginning van de IJsselmeerpolders en veenkoloniën. Tegenwoordig worden ze soms nog ingezet bij het opheffen van bodemverdichting.

**Mengploegen**
Bij mengploegen werkt men met een keerblad of rister die grondlagen kan mengen. Het bodemprofiel wordt in z'n geheel op z'n kant gezet.

**Mengwoeler**
werktuig met een of meer zware, brede tanden voor het tot relatief grote diepte losmaken en mengen van ondergrond en bouwvoor.

**Niet kerende bodembewerkingen (NKB)**
Bij niet-kerende bodembewerking wordt de grond niet geploegd, maar enkel losgewerkt waardoor minder verdichte lagen ontstaan, erosie wordt tegengegaan en de bodem onder de bouwvoor niet verder verstoord wordt (als alles goed gaat). Het toepassen van NBK is in Nederland een relatief recente ontwikkeling.

**Ondergronder**
Pennen onder een ploeg voor het breken van de ploegzool aan de onderzijde van de bouwvoor. Daarnaast worden ook diepwoelers met slechts één ploegelement wel ondergronder genoemd. Deze hebben een aanmerkelijk groter dieptebereik dan de ondergronders onder en ploeg.

**Ploegzool**
Dat is de verdichting onder in de bouwvoor die kan ontstaan door het telkens op dezelfde diepte ploegen. Een verdichte ploegzool is nadelig voor de gewassen. Vaak wordt deze laag ieder paar jaar gebroken met een cultivator, diepwoeler of decompactor.

**Spitmachine**
Twee typen (Reubens *et al.* 2010)
1. krukasspitmachine. Kerende en mengende incidentele bodembewerking als alternatief voor ploegen. Gaat gewoonlijk niet dieper dan de bouwvoor (25-30 cm). Door middel van een spittende beweging wordt de grond opengebroken.
2. roterende spitmachine of roterende spitfrees. Mengende en deels kerende incidentele bodembewerking met draaiende spitbladen zonder spittende beweging. Als alternatief voor ploegen. Gewoonlijk niet dieper dan de bouwvoor.

**Rotorkopeg**
Eg waarbij de (korte) tanden op een draaiende rol zitten. Deze bodembewerking gaat gewoonlijk niet dieper dan de teeltlaag.

**Tandeg**
Een eg met lange tanden voor diepere grondbewerking dan met de gewone eg.

**Teeltlaag**
Bovenste 10-15 cm van de bouwvoor waarin de meeste gewassen wortelen. Gewoonlijk intensief bewerkt en geheel gehomogeniseerd.

**Toolbarploeg**
In de jaren vijftig van de vorige eeuw gebruikte diepploeg die speciaal was ontwikkeld voor het diepploegen van maximaal 160 cm diepte in de koloniale veengebieden.

**Triltandcultivator**
Cultivator met verende kromme tanden. Deze bodembewerking gaat gewoonlijk niet dieper dan de teeltlaag.

**Woeler**
werktuig met een of meer werkende delen waarmee de grond onder de bouwvoor wordt losgemaakt vaak bestaande uit lange tanden aan een balk die door de grond getrokken worden.

# Referenties



## Publicaties project Verstoringen in Kaart

Aan dit rapport liggen verschillende deelonderzoeken ten grondslag. De rapporten van deze onderzoeken en de kaartproducten zijn te bekijken en te downloaden op de website van de Rijksdienst.

**Inventarisatie agrarische bodembewerkingen**
**Reuler, H. van, G.D. Vermeulen, J. Spruijt, D.J.M. van Balen, M.P.M. Derkx, G. Heijerman, A.H.M.C. Baltissen & J.J. de Haan** 2014: *Inventarisatie van reguliere teelthandelingen in de landbouw in Nederland, de invloed ervan op de bodem in verband met de consequenties voor de archeologische resten*, Wageningen.

**Publicaties over bronnen**
**Maas, G.J., F. de Vries, F. Brouwer & N. Heidema** 2016: *Inventarisatie GIS-bestanden met informatie over bodemverstoring*, Wageningen (Wageningen Environmental Research Rapport 2751). De informatie uit dit rapport is door de Rijksdienst verder verwerkt tot de *RCE-Verstoringsbronnenkaart* die te raadplegen is op de website van de Rijksdienst.

**Lascaris, M.A.,** 2019: *Verstoringsbronnenkaart, meer over bronnen. Aanvullende informatie over bronnen met gegevens over bodembewerkingen*, Webpublicatie Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed met een actualisatie van de informatie over bronbestanden.

**Publicaties over methodenonderzoek (bureauonderzoek)**
Drie studies en een evaluatie daarvan op basis van de bediscussiëring van de resultaten tijdens een expertmeeting bij de Rijksdienst op 26 februari 2016.

Studie 1. **Willemse, N.W., L.J. Keunen, S. van der Veen, E.H. Boshoven & H.W. Veenstra** 2016: *Naar een verwachtingsmodel voor agrarische bodemverstoringen: Een methode-onderzoek binnen de pilotgemeente Súdwest-Fryslân*, Weesp (RAAP-rapport 3082).

Studie 2. **Peekel, A., M van der Schoot, D. Beekmans & P. van Hout** 2016: *Methodeonderzoek voor het opstellen van een verwachtingsmodel ten aanzien van bodemverstoringen door agrarische grondroerende activiteiten*, 's-Hertogenbosch.

Studie 3. **Vries, F. de, F. Brouwer, A.H. Heidema & G. Maas** 2016: *Kans op bodemverstoring in beeld, Methode voor het bepalen van de kans op verstoring in drie pilotgebieden in de gemeente Ede*, Wageningen (Alterra-rapport 2710).

**Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed** 2016: *Evaluatie van drie methodieken om bodemverstoringen in kaart te brengen*, Amersfoort.

**Publicaties over methodenonderzoek (veldonderzoek)**
**Lascaris, M.A. & J.W. de Kort** 2017: *Verstoorde percelen. Een analyse van de doelmatigheid van boringen en profielputten voor het bepalen van de mate van verstoring in het landelijk gebied*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 244).

**Willemse, N.W.,** 2019: *Optimale strategieën voor de veldtoetsing van bodembewerkingsdiepten op agrarische percelen. Een theoretische en praktische verkenning*, Weesp (RAAP-rapport 3705). In opdracht van de Rijksdienst uitgevoerd onderzoek naar de beste steekproef voor het bepalen van de dichtheid en locatie van veldwaarnemingen in de vorm van boringen en proefputjes.

## Geciteerde websites


Beslisboom opheffen bodemverdichting veenkoloniën. https://www.innovatieveenkolonien.nl/projecten/praktijknetwerk-opheffen-bodemverdichting--praktijknetwerk-kwantificeren-effecten-bodemverdichting Geraadpleegd 12 februari 2019

Drains en bodembeheer tegen wateroverlast. De Boerderij 15-1-2016. Boerderij. http://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Foto-Video/2015/3/Drains-en-bodembeheer-tegen-wateroverlast-1734624W/ Geraadpleegd 12 februari 2019

Natuurmonumenten, Projectbeschrijving Wuthering Heaths. https://www.natuurmonumenten.nl/projecten/natuurherstel-hulshorsterzand/projectbeschrijving. Geraadpleegd 12 februari 2019

Soil compaction – Causes, effects and control : Tillage : Agriculture : University of Minnesota Extension. https://extension.umn.edu/soil-management-and-health/soil-compaction. Geraadpleegd 12 februari 2019

Vergraven Gronden. Wageningen University & Research. https://www.wur.nl/nl/project/Vergraven-gronden-1.htm http://maps.bodemdata.nl/bodemdatanl/index.jsp Geraadpleegd 12 februari 2019

Voortgang natuurbouw Tiengemeten. Natuurmonumenten. https://www.natuurmonumenten.nl/projecten/natuurherstel-tiengemeten Geraadpleegd 12 februari 2019

## Literatuur


**Alcántara, V., A. Don, R. Well & R. Nieder** 2016: Deep ploughing increases agricultural soil organic matter stocks, *Global Change Biology* 22, 2939-2956.

**Armour-Chelu, M. & P. Andrews** 1994: Some effects of bioturbation by earthworms (Oligochaeta) on archaeological sites, *Journal of Archaeological Science* 21, 433-443.

**Balen, D.J.M. van, S. Bernaerts & C. van Iperen** 2008: *Bouwvoorverbetering door middel van diepe grondbewerking*, Wageningen (Biokennis bericht februari 2008 nr. 14 Akkerbouw & vollegrondsgroente).

**Batey, T.,** 2009: Soil compaction and soil management, a review, *Soil Use Management* 25, 335-345.

**Bergh, S. van den,** 2004: *Verdeeld land: De geschiedenis van de ruilverkaveling in Nederland vanuit een lokaal perspectief, 1890-1985,* Wageningen (Historia Agriculturae 35).

**Berkvens, R., K.A.H.W. Leenders, J. Bosman, M.D. Wagemans, E. Wijnen, V. Mes, M. van Moolenbroek, E. Drenth, H. van de Laarschot & J. Schotten** 2011: *Kempisch Erfgoed in Beeld. Een regionale erfgoedkaart voor de Kempen- en A2 gemeenten: Bergeijk, Bladel, Eersel, Oirschot, Reusel-De Mierden, Waalre, Valkenswaard, Cranendonck en Heeze-Leende*, Eindhoven.

**Björdal, C.G. & T. Nilsson** 2002: Waterlogged archaeological wood, a substrate for white rot fungi during drainage of wetlands, *International Biodeterioration & Biodegradation* 50, 17–23.

**Boelens, J.J. & E. Koning** 1999: *Grondverbetering in de IJsselmeerpolders,* Lelystad (Flevobericht nr. 267).

**Bloemker, J.D. & C.B. Oakley** 1999: The firebreak plow and subsurface site discovery, *Journal of Field Archaeology* 26, 75–82.

**Boer, E. de,** 2013: Geschiedenis van kavel R11 vanaf november 1941 tot en met 1953. *Rond om Schokland* 53-1, 19-26.

**Booij, J.A. & E. van Essen** 2015: *Beslisboom opheffen bodemverdichting veenkoloniën,* Lelystad.

**Booij, J.A. & J. Kamp** 2015: *Samenwerking bij innovatie: bodemsensing storende lagen veenkoloniën*, Wageningen.

**Bouwmeester, H.M.P., J-E. Abrahamse & A. Blom** 2017: Mapping Disturbances. Potential disturbance of archaeological remains in built-up areas, in: R.C.G.M. Lauwerier, M.C. Eerden, B.J. Groenewoudt, M.A. Lascaris, E. Rensink, B.I. Smit, B.P. Speleers & J. van Doesburg (red.) *Knowledge for Informed Choices*, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 55), 143-154.

**Brandt, R.W., S.E. van der Leeuw & L.H. van Wijngaarden-Bakker** 1984: Transformations in a Dutch estuary. Research in a wet landscape, *World Archaeology* 16, 1–17.

**Breimer, J.N.W. & J.M. Brijker** 2017: *Bodemverstoringsonderzoek door middel van 77 bodemprofielputten, gemeente Veendam (provincie Groningen)*, Leusden/Voorburg.

**Breimer, J.N.W. & C. Sueur** 2014a: *Mag het een onsje minder zijn? Rapportage bodemverstoringsonderzoek in de gemeenten Eersel, Midden-Drenthe, Neder-Betuwe, Peel & Maas en Teylingen,* Voorburg (A=M Publicaties 2014-06).

**Breimer, J.N.W. & C. Sueur** 2014b: *LTO-pilot agrarische bodemverstoringen; second opinion op het bodemverstoringsonderzoek uitgevoerd in de gemeente Peel en Maas,* Amsterdam (Buro de Brug Rapport 138E).

**Broeke, E.M. ten,** 2012: *Verstoringsdiepteonderzoek gemeente Peel en Maas,* Doetinchem (Econsultancy rapport 12021140).

**Brouwer, F. & M.M. van der Werff** 2012: *Vergraven gronden: Inventarisatie van diepe grondbewerkingen, ophogingen en afgravingen,* Wageningen (Alterra-rapport 2336).

**Canti, M.G.,** 2003: Earthworm activity and archaeological stratigraphy: A review of products and processes, *Journal of Archaeological Science* 30, 135-48.

**CBS** 2016: *Mutatiereeks Bodemgebruik 1996-2012*.

**CBS** 2008: *Bestand Bodemgebruik, productomschrijving*.

**Clevis, Q., G. Tucker, G. Lock, S. Lancaster, N. Gasparini, A. Desitter & R. Bras** 2006: Geoarchaeological simulation of meandering river deposits and settlement distributions: A three-dimensional approach, *Geoarchaeology* 21, 843-874.

**Couwenberg, J.,** 2018: *Some facts on submerged drains in Dutch peat pastures, International Mire Conservation Group (IMCG) Bulletin*, June/July 2018, 9-21.

**Cockx, A.,** 1981: Ontginningen in de voormalige gemeente Oerle, *Campinia: driemaandelijks blad van het Streekarchivariaat Noord-Kempenland* 11, 95-100.

**Cox, M., C. Earwood, E.B.G. Jones, J. Jones, V. Straker, M. Robinson, M. Tibbett & S. West** 2001: An assessment of the impact of trees upon archaeology within a relict wetland, *Journal of Archaeological Science* 28, 1069-1084.

**Dain-Owens, A.,. M. Kibblewhite, M. Hann & R. Godwin** 2013: The risk of harm to archaeological artefacts in soil from dynamic subsurface pressures generated by agricultural operations: experimental studies, *Archaeometry* 55-6, 1175-1186.

**De Alba, S., M. Lindstrom, T.E. Schumacher & D.D. Malo** 2004: Soil landscape evolution due to soil redistribution by tillage. A new conceptual model of soil catena evolution in agricultural landscapes, *CATENA* 58, 77-100.

**DeJong-Hughes, J., J. Moncrief, W. Voorhees & J. Swan** 2001: *Soil compaction: causes, effects and control,* St. Paul (Minnesota).

**Diez-Martín, F.,** 2010: Evaluating the effect of plowing on the archaeological record: The early middle palaeolithic in the river Duero basin plateaus (north-central Spain), *Quaternary International* 214, 30-43.

**Dijkstra, H., J.F. Coeterier & M.A. van der Haar** 1997: *Veranderend cultuurlandscha. Signalering van landschapsveranderingen van 1900 tot 1990 voor de Natuurverkenning 1997*, Wageningen (SC-DLO rapport 554).

**Doesburg, J. van, O. Brinkkemper, F.T.S. Brounen, I.M.M. van der Jagt, B.J.M. Jansen, M.A. Lascaris, E. Romeijn, M. Snoek & B.P. Speleers** 2017: Mapping the past for the future. Local authority predictive maps and archaeological heritage management, in: R.C.G.M. Lauwerier, M.C. Eerden, B.J. Groenewoudt, M.A, Lascaris, E. Rensink, B.I. Smit, B.P. Speleers & J. van Doesburg (red.), *Knowledge for Informed Choices*, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 55), 155-164.

**Dunnell, R.C. & J.F. Simek** 1995: Artefact size and plowzone processes, *Journal of Field Archaeology* 22, 305-319.

**Eghball, B.,** 2002: Soil properties as influenced by phosphorus-and nitrogen-based manure and compost applications, *Agronomy Journal* 94, 128-135.

**Emonds, J.,** 2011: *Emonds peilgestuurd drainagesysteem*, Boekel.

**Gies, T.J.A., W. Nieuwenhuizen & R.A. Smidt** 2014: *Vrijkomende agrarische bebouwing in het landelijk gebied* (Innovatie-Netwerk Ministerie van EZ Rapportnr. 14.2.325), Utrecht.

**Gies, T.J.A., W. Nieuwenhuizen, H.S.D. Naeff & R.A.F. van Och** 2014: *Leegstand agrarisch vastgoed Noord-Brabant,* Wageningen (Alterra-rapport 2713).

**Gurney, D., S. Bryant & E. Algao** 2003: *Standards for field archaeology in the East of England*.

**Haan, B.J. de, J.D. van Dam, W.J. Willems, M.W. van Schijndel, S.M. Sluis, G.J. van Born & J.J.M. van Grinsven** 2009: *Emissiearm bemesten geëvalueerd* (Planbureau voor de leefomgeving 64).

**Håkansson, I. & R.C. Reeder** 1994: Subsoil compaction by high axle load traffic subsoil compaction by vehicles with high axle load. Extent, persistence and crop response, *Soil and Tillage Research* 29, 277-304.

**Heckrath, G., U. Halekoh, J. Djurhuus & G. Govers** 2006: The effect of tillage direction on soil redistribution by mouldboard ploughing on

complex slopes, *Soil and Tillage Research 88*, 225-41.

**Heijm, J.H.,** 1982(-1986): Funderingen, in: A. van Tol (red.) *Hogere Bouwkunde Jellema. Bouwkunde voor het hoger technisch onderwijs* 2, Delft, 114-174.

**Hendrikx, J.A.,** 1998: *De ontginning van Nederland. Het ontstaan van de agrarische cultuurlandschappen in Nederland*, Utrecht.

**Heunks, E.,** 1995: *Bedreigingen van het bodemarchief door landbouwkundige bodemtechnische ingrepen: een oriëntatie*, Amsterdam (RAAP-Rapport 100).

**Hiddink, H.A. & E. de Boer** 2003: *Archeologische opgravingen tussen Schinnen en Bocholtz in het tracé van de 36 inch gastransportleiding van NV Nederlandse Gasunie*, Amsterdam (Zuidnederlandse Archeologische Rapporten 10).

**Holden, J., L. Jared West, J. A.J. Howard, E. Maxfield, I. Panter & J. Oxley** 2006: Hydrological controls of in situ preservation of waterlogged archaeological deposits, *Earth-Science Reviews 78*, 59-83.

**Hoving, I.E., P. Vereijken, K. van Houwelingen & M. Pleijter** 2013: *Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains bij dynamisch slootpeilbeheer op veengrond*, Wageningen (Wageningen UR Livestock Research, rapport 719).

**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 & R. Stoevelaar** 2011: *De invloed van bouwwerkzaamheden op archeologische vindplaatsen,* Amersfoort.

**Huisman, D.J., (red.)** 2009: *Degradation of archaeological remains*, Den Haag.

Innovatiecentrum voor de veenkoloniale landbouw, Praktijknetwerk Opheffen Bodemverdichting en Kwantificeren Bodemkwaliteit 2014: *verslag bijeenkomst 12 juni 2014*, Valthermond.

**Johnson, G.,** 1998: *Archaeology and forestry in Ireland,* Kilkenny.

**Kennis Centrum Aanpak Funderingsproblematiek** 2012: *De fundering onder uw woning,* Nieuwegein.

**Koomen, A.J.M. & R.P. Exaltus** 2003: *De vervlakking van Nederland*, Wageningen (Alterra-Rapport 740) .

**Kroes, R.A.C. & P. Kloosterman** 2013: *Aanlegvergunningstelsel archeologie Gemeente Woudenberg, Een onderzoek naar agrarische verstoringsdiepten en vrijstellingen,* Weesp (RAAP-rapport 2666).

**Lascaris, M.A.,** 2019: *Verstoringsbronnenkaart, meer over bronnen. Aanvullende informatie over bronnen met gegevens over bodembewerkingen,* Webpublicatie Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.

**Lascaris, M.A. & J.W. de Kort** 2017: *Verstoorde percelen. Een analyse van de doelmatigheid van boringen en profielputten voor het bepalen van de mate van verstoring in het landelijk gebied*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 244).

**Lascaris, M.A., S. Hakvoort & K.J.R. Kerckhaert** 2005: *Verslag van een archeologisch onderzoek in de vorm van een bureau- en booronderzoek op de geplande glastuinbouwlocatie Vlasakkers, gemeente Someren*, Amsterdam (Zuidnederlandse Archelogische Notities 22).

**Lauwerier, R.C.G.M., M.C. Eerden, B.J. roenewoudt, M.A. Lascaris, E. Rensink, B.I. Smit, B.P. Speleers & J. van Doesburg (eds.)** 2017: *Knowledge for Informed Choices*, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 55).

**Maas, G.J., F. de Vries, F. Brouwer & N. Heidema** 2016: *Inventarisatie GIS-bestanden met informatie over bodemverstoring,* Wageningen (Wageningen Environmental Research Rapport 2751).

**Ministerie van Infrastructuur & Milieu en Ministerie van Economische zaken** 2013: *Ontwerp-structuurvisie Windenergie op land,* Rijswijk.

**Meuwissen, M.,** 2012: *Aardappels of archeologie? Effecten van landgebruik op verstoring van gestratificeerde bodemlagen*, Wageningen.

**Muysen, W. van, K. van Oost & G. Govers** 2006: Soil translocation resulting from multiple passes of tillage under normal field operating conditions, *Soil Tillage Research* 87, 218–30.

**Niemeijer, A.F.J. & L. Prins** 2011: *Ruilverkaveling*, Amersfoort (RCE gids cultuurhistorie 18).

**Nio, I., A. Reijndorp & W. Veldhuis** 2008: *Atlas Westelijke Tuinsteden Amsterdam*, Amsterdam.

**Nio, I., A. Reijndorp, W. Veldhuis, A. Blom & H. Coumou** 2016: *Nieuw-West: Parkstad of Stadswijk. De vernieuwing van de Westelijke Tuinsteden Amsterdam*, Amsterdam.

**Nord, A.G., E. Mattsson & K. Tronner** 2005: Factors influencing the long-term corrosion of bronze artefacts in soil, *Protection of Metals* 41, 309-316.

**Os, B.J.H. van, T. de Groot, M. van der Heiden, J.W. de Kort, N.D. Kerkhoven & J. Schreurs** 2014: *Romeins brons bedreigd? Een eerste onderzoek naar degradatie van het bodemarchief van het Romeinse castellum Fectio*, Amersfoort (Rapporten Archeologische Monumentenzorg 219).

**Peekel, A., M van der Schoot, D. Beekmans & P. van Hout** 2016: *Methodeonderzoek voor het opstellen van een verwachtingsmodel ten aanzien van bodemverstoringen door agrarische grondroerende activiteiten*, 's-Hertogenbosch.

**Purmer, M.**, 2018: *Het landschap bewaard, Natuur en erfgoed bij Natuurmonumenten*, Hilversum (Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam).

**Rensink, E., F. Gerritsen & J. Roymans** 2007: Archeological heritage management, nature development and water management in the brook valleys of the Southern Netherlands, in:R.M. van Heeringen & R.C.G.M. Lauwerier (red.), *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek 46*, 383-399.

**RCE** 2016: *Evaluatie van drie methodieken om bodemverstoringen in kaart te brengen*, Verslag expertmeeting Rijksdienst voor het cultureel erfgoed, 7 augustus 2016, Amersfoort.

**Reuler, H. van, G.D. Vermeulen, J. Spruijt, D.J.M. van Balen, M.P.M. Derkx, G. Heijerman, A.H.M.C. Baltissen & J.J. de Haan** 2014: *Inventarisatie van reguliere teelthandelingen in de landbouw in Nederland, de invloed ervan op de bodem in verband met de consequenties voor de archeologische resten*, Wageningen.

**Roorda, I. & J. Stöver,** 2016: *Handreiking Archeologievriendelijk bouwen*, Webpublicatie Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.

**Rutte, R. & J.E. Abrahamse** 2016: *Atlas of the Dutch urban landscape. A millennium of spatial development*, Bussum.

**Schneider, F., A. Don, I. Hennings, O. Schmittmann & S.J. Seidel** 2017: The effect of deep tillage on crop yield. What do we really know?, *Soil and Tillage Research* 174, 193-204.

**Sharp, L.,** 2004: *Geophysical, geochemical and arable crop responses to archaeological sites in the Upper Clyde Valley, Scotland*, Glasgow.

**Smit, A., I.M. Lubbers, K.B. Zwart & D. Brunt** 2007: *Duurzaamheidsanalyse van bodemgebruik in natuurgebieden*, Wageningen (Alterra-report 1626).

**Spandl, K., C. Champness, M. L. Dresser, M. J. Hann & R. J. Godwi** 2009: *Trials to identify soil cultivation practices to minimise the impact on archaeological sites; Appendix 3. Studying the effects of different cultivation systems on flat archaeological sites and ways to monitor depths of disturbance*, Oxford (Oxford archaeology 148).

**Staps, J.J.M., C. ter Berg, A. van Vilsteren, E.T. Lammerts van Bueren & T.H. Jetten** 2015: *Van bodemdilemma's naar integrale verduurzaming. Casus: Vruchtbaar Flevoland, van bodemdegradatie en diepploegen naar integrale duurzame productie in Flevoland*, Bunnik.

**Stuyt, L.C.P.M.,** 2013: *Regelbare drainage als schakel in toekomstig waterbeheer. Bundeling van resultaten van onderzoek, ervaringen en indrukken, opgedaan in binnen- en buitenland*, Wageningen (Alterra-rapport 2370).

**Stein, J.K.,** 1983: Earthworm activity: A source of potential disturbance of archaeological sediments, *American Antiquity 48*, 277.

**Thissen, P.H.M.,** 1993: *Heideontginning en modernisering*, Utrecht (Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen).

**Timmermans, B.G.H., N. van Eekeren & M. Bos** 2010: *Fosfaat uitmijnen op natuurpercelen met gras/klaver en kalibemesting. Handreiking voor de praktijk*, Driebergen.

**Tol, A.J., J.W.H.P. Verhagen & M. Verbruggen** 2012: *Leidraad inventariserend veldonderzoek. Deel: karterend booronderzoek*, versie 2.0, Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer, Gouda.

**Tymann, I.D.,** 1996: *Romeinse munten uit Vechten*, Oudheidkundige Mededelingen Rijksmuseum van Oudheden Leiden 76, 139-152.

**Vera, H.L.M.,** 2011: *.... dat men het goed van den ongeboornen niet mag verkoopen, Gemene gronden in de Meierij van Den Bosch tussen hertog en hertgang 1000-2000*, Oisterwijk.

**Verdonschot, P., B. van der Wal & B.-J. van Weeren** 2011: *Beekdalbreed hermeanderen: maximaal ecologisch rendement*, Amersfoort (STOWA brochure).

**Vonk, S.,** 2014: *Inventarisatie uitvoering van erfgoedtaken door omgevingsdiensten*, Amersfoort.

**Vos, P.C. & R.M. Van Heeringen** 1997: Holocene geology and occupation history of the Province of Zeeland, in: M.M. Fischer (red.) *Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands)*, Haarlem (Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO 59), 5-109.

**Vries, F. de, F. Brouwer, A.H. Heidema & G. Maas** 2016: *Kans op bodemverstoring in beeld. Methode voor het bepalen van de kans op verstoring in drie pilotgebieden in de gemeente Ede*, Wageningen (Alterra-rapport 2710).

**Ward, I., B. Smith & R. Lawley** 2009: Mapping the archaeological soil archive of sand and gravel mineral reserves in Britain, *Geoarchaeology* 24, 1-21.

**Wesseling, J.G. & R.A. Feddes** 2006: Assessing crop water productivity from field to regional scale, *Agriculture Water Management* 86, 30-39.

**Wijk, A.L.M. van, R.A. Feddes & J.G. Wesseling** 1988: *Effecten van grondsoort en ontwatering op de opbrengst van akkerbouwgewassen: een evaluatie over 30 jaren van de opbrengst van aardappelen en zomergraan op acht bodemprofielen bij vijftien combinaties van ontwateringsdiepte en -intensiteit*, Wageningen (Rapport Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding 31).

**Willemse, N.W.,** 2015: *Archeologie in de gemeente Geldermalsen, Actualisatie archeologische kaarten*, Weesp (RAAP-rapport 3049).

**Willemse, N.W.,** 2019: *Optimale strategieën voor de veldtoetsing van bodembewerkingsdiepten op agrarische percelen. Een theoretische en praktische verkenning*, Weesp (RAAP-rapport 3705).

**Willemse, N.W., L.J. Keunen, S. van der Veen, E.H. Boshoven & H.W. Veenstra** 2016: *Naar een verwachtingsmodel voor agrarische bodemverstoringen. Een methodeonderzoek binnen de pilotgemeente Súdwest-Fryslân*, Weesp (RAAP-rapport 3082).

**Wink, K. & J. Sprangers** 2014: *Toelichting op de archeologische verwachtings (waarden) kaart en beleidskaart: gemeenten Katwijk, Noordwijk, Noordwijkerhout, Lisse, Teylingen en Hillegom*, Weesp (RAAP-rapport 2852).

**Winkler Prins** 1905: *Geïllustreerde Encyclopaedie*, Amsterdam.

**Wubs, E.R.J., W.H. van der Putten, M. Bosch & T.M. Bezemer** 2016: Natuurherstel door grondtransplantatie, *Landschap. Tijdschrift voor Landschapsecologie en Milieukunde* 33, 11-14.



Dit rapport maakt deel uit van het project Verstoringen in Kaart en dient als naslagwerk voor archeologen die onderzoek willen doen naar verstoringen door bodembewerking en grondverzet. Het bevat informatie over verschillende vormen van bodembewerking zoals diepploegen en egaliseren inclusief de morfologie van de bijbehorende bewerkingsporen. Daarnaast wordt ingegaan op methoden die ingezet kunnen worden bij het traceren en interpreteren van sporen van bodembewerking en grondverzet op lokaal niveau.

Dit wetenschappelijke rapport is bestemd voor archeologen, andere professionals en liefhebbers die zich bezighouden met archeologie.

Met kennis en advies geeft de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed de toekomst een verleden.