Kans op bodemverstoring in beeld

Methode voor het bepalen van de kans op verstoring in drie pilotgebieden in de gemeente Ede

Folkert de Vries, Fokke Brouwer, Nanny Heidema en Gilbert Maas

ALTERRA
WAGENINGEN UR

Kans op bodemverstoring in beeld

Methode voor het bepalen van de kans op verstoring in drie pilotgebieden in de gemeente Ede

Folkert de Vries, Fokke Brouwer, Nanny Heidema en Gilbert Maas

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed.

Alterra Wageningen UR
Wageningen, maart 2016

Alterra-rapport 2710
ISSN 1566-7197

Vries, F. de, F. Brouwer, N. Heidema en 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 Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2710. 32 blz.; 16 fig.; 8 tab.; 5 ref.

In de bodem zit een schat aan sporen van activiteiten uit het verleden. In ons dichtbevolkte land en door het intensieve gebruik van bodem en landschap is de kans dat deze waardevolle archeologische resten verstoord zijn echter groot, doordat de bodem is vergraven of omgewoeld. In dit rapport wordt een methode beschreven die door Alterra is ontwikkeld voor het bepalen van de kans op verstoring van de bodem in landbouwgebieden.

Trefwoorden: archeologie, bodemverstoring

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten' in de grijze balk onderaan). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

2016 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2710 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Alterra Wageningen UR, Willy de Groot. Bodemprofiel waarbij de laag onder de donker grijze bouwvoor door grondbewerking is verstoord.

Inhoud

Woord vooraf **5**

Samenvatting **7**

1 Inleiding **9**

1.1 Probleemstelling 9
1.2 Achtergrondinformatie 9
1.3 Projectdoelstelling 10
1.4 Projectresultaat 10
1.5 Afbakening 10

2 De methode **11**

2.1 De methode in een notendop 11
2.2 Verstoringen door agrarisch gebruik 12
2.3 Verstoring bij meerjarige teelten 13
2.4 Verstoringen door cultuurtechnische ingrepen 15
2.5 Verstoringen door ontgravingen en inrichting depots 16
2.6 Verstoringen door milieutechnische ingrepen 17
2.7 Verstoringen door ontginningen in de twintigste eeuw 18
2.8 Verstoringen door de aanleg van transportleidingen 19
2.9 Totale kans op bodemverstoring 20

3 Resultaten voor drie pilotgebieden **21**

3.1 Pilotgebied Westen Eng 21
3.2 Pilotgebied De Driesprong 23
3.3 Pilotgebied De Kraats 25

4 Conclusies en aanbevelingen **28**

4.1 Conclusies 28
4.2 Aanbevelingen 29

Literatuur **30**

Woord vooraf

Het project *Kenniskaart Archeologie* van De Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) ontwikkelt een digitaal portaal voor bruikbare kennis, onderzoeksmethodieken en kaarten over de archeologie in Nederland. Deze Kenniskaart bevordert een betere afweging van de archeologische belangen binnen de ruimtelijke ordening. *Verstoringen in Kaart* is een deelproject van de Kenniskaart en is gericht op het in kaart brengen van de plekken in ons land waar geen kans meer is op archeologische resten in de bodem, doordat bodem is vergraven of omgewoeld. Wat er niet meer is, kunnen we ook niet meer onderzoeken. Kennis over deze locaties voorkomt onnodig archeologisch onderzoek.

Als onderdeel van *Verstoringen in Kaart* heeft Alterra in opdracht van RCE eerst een overzicht gemaakt van de GIS-bestanden die mogelijk informatie kunnen verschaffen over verstoring in de bodem als gevolg van recente menselijke activiteiten. Daarna volgde de huidige opdracht voor het ontwikkelen van een methode voor het bepalen van de kans op bodemverstoring in agrarische gebieden. Dit rapport beschrijft de methode die hiervoor door Alterra is ontwikkeld.

Namens de opdrachtgever trad de heer M. Lascaris op als contactpersoon. Bij Alterra is het project uitgevoerd door Nanny Heidema, Fokke Brouwer, Gilbert Maas en Folkert de Vries. We bedanken collega dr. Joop, P. Okx voor het uitvoeren van een interne review van dit rapport.

Samenvatting

In onze bodem ligt een schat aan archeologische monumenten, artefacten en sporen van activiteiten uit het verleden. Ze vormen de enige bron van informatie voor een groot deel van de geschiedenis; daarom moet worden voorkomen dat ze ongezien en ongedocumenteerd verdwijnen. In ons dichtbevolkte land en door het intensieve gebruik van bodem en landschap is de kans op verstoring echter groot. Naast allerlei bouwprojecten en infrastructurele werken treden ook verstoringen op door agrarisch grondgebruik. Verstoringen van de bodem in agrarische gebieden zijn nog nauwelijks in kaart gebracht. Er is sprake van bodemverstoring wanneer de bodemlagen onder de bouwvoor vanaf ca. 30 cm -mv. door bewerkingen zijn geroerd of omgewoeld.

Dit project heeft tot doel een methode te ontwikkelen waarmee de kans op bodemverstoring door agrarische activiteiten per landbouwperceel kan worden ingeschat. Dit komt overeen met schaal 1 : 10 000, een schaalniveau dat hanteerbaar is door de grondgebruiker. De resultaten worden in GIS vastgelegd en gedemonstreerd voor drie pilotgebieden in de gemeente Ede.

We hebben een methode ontwikkeld waarbij de bodemverstoring per landbouwperceel wordt vastgesteld. De kans op bodemverstoring wordt in procenten uitgedrukt voor drie verschillende dieptetrajecten: ondiep (30–40 cm -mv.), matig diep (40–60 cm -mv.) en diep (>60 cm -mv.). Voor het bepalen van de bodemverstoringen zijn verschillende bronnen geraadpleegd. De methode houdt rekening met de volgende invloeden:

1. Ingrepen door agrarische activiteiten gekoppeld aan de teelt van gewassen;
2. Cultuurtechnische ingrepen, zoals diepploegen, egalisatie en drainage;
3. Ingrepen door winning van delfstoffen en inrichting van depots;
4. Milieutechnische ingrepen, zoals bodemsaneringen;
5. Ingrepen tijdens de ontginning van natuur naar landbouw in de twintigste eeuw;
6. Vergravingen ten behoeve van transportleidingen voor gas.

De methode is toegepast voor drie pilotgebieden in de gemeente Ede. Door de keuze van de pilotgebieden was het mogelijk om het effect van diverse verstoringsbronnen te waarderen. Het pilotgebied Westen Eng is een typisch agrarisch gebied met grasland, maisteelt een akkerbouw. In deze pilot heeft een aantal percelen in het verleden een diepe grondbewerking ondergaan. In De Driesprong spelen ontginningen uit de twintigste eeuw een rol en er is een diversiteit aan teelten. In het pilotgebied De Kraats is ook enige diversiteit in bodemgebruik, inclusief kwekerijen, en daarnaast komen er percelen voor met drainage en gastransportleidingen.

De gegevens in de tabel tonen aan dat de verschillen in gebiedskenmerken ook resulteren in verschillen in verstoringsdieptes met een kans van meer dan 50%. Pilotgebied De Kraats vertoont met in totaal 29% van het areaal de minste verstoring. In Westen Eng komt zowel ondiepe als matig diepe verstoring voor. De Driesprong scoort met in totaal 83% verstoring tot 40 cm -mv. het hoogst. De kans op diepe verstoringen (>60 cm -mv.) komt alleen voor bij percelen met buisdrainage en gastransportleidingen.

Oppervlakte verdeling per pilotgebied voor de verschillende verstoringsdieptes met een kans van meer dan 50%.

Pilotgebied	Areaal (ha) per verstoringsdiepte met een kans van meer dan 50%			
	Regulier (0–30 cm -mv.)	Ondiep (30–40 cm -mv.)	Matig diep (tot 60 cm -mv.)	Diep (> 60 cm -mv.)
Westen Eng	166 (42%)	173 (44%)	56 (14%)	0
De Driesprong	49 (17%)	238 (83%)	0	0
De Kraats	241 (71%)	99 (29%)	0	0

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

In onze bodem ligt een schat aan archeologische monumenten, artefacten en sporen van activiteiten uit het verleden. Ze vormen de enige bron van informatie voor een groot deel van de geschiedenis, waardoor voorkomen moet worden dat ze ongezien en ongedocumenteerd verdwijnen. In ons dichtbevolkte land en door het intensieve gebruik van bodem en landschap is de kans op verstoring echter groot. Naast allerlei bouwprojecten en infrastructurele werken treden ook verstoringen op door agrarisch grondgebruik. De verstoringen van de bodem in agrarische gebieden zijn nog nauwelijks in kaart gebracht.

1.2 Achtergrondinformatie

Binnen het RCE-programma *Kenniskaart Archeologie* wordt een digitaal portaal ontwikkeld met kennis, onderzoeksmethoden en kaarten over de archeologie in Nederland. Hiermee kan beschikbare archeologische kennis beter worden benut. De Kenniskaart bevordert een betere afweging van de archeologische belangen binnen de ruimtelijke ordening. Het programma *Kenniskaart* bestaat uit vijf deelprojecten. Eén deelproject heeft betrekking op bodemverstoringen. Dit deelproject is gericht op het in kaart brengen van gebieden in ons land waar de bodem mogelijk verstoord of vergraven is en daarmee ook de eventueel voorkomende archeologische sporen. Wat er niet meer is, kan ook niet meer worden onderzocht. Met kennis over deze locaties kan een betere, onderbouwde afweging worden gemaakt over eventueel archeologisch onderzoek.

Van verstoringen door ontgrondingen en grootschalige zand-, grind- en kleiwinning kunnen we al een landsdekkend overzicht maken. Echter, niet alleen op plaatsen waar de bodem ooit is afgegraven, is het bodemarchief aangetast. Ook daar waar de grond is omgewoeld, door bijvoorbeeld de aspergeteelt, kan de archeologie tot een zekere diepte verstoord zijn. De *Kenniskaart Archeologie* beoogt ook deze verstoringen in beeld te brengen.

Voor het telen van akkerbouwgewassen wordt de grond regelmatig bewerkt. Hierbij is onderscheid te maken tussen reguliere grondbewerking en incidentele diepe bewerkingen. De reguliere grondbewerking wordt meestal jaarlijks uitgevoerd en bestaat uit een hoofdgrondbewerking, ondiepe zaai- en pootbedbereiding en allerlei ondiepe verzorgende bewerkingen. De reguliere grondbewerkingen gaan meestal niet dieper dan 30 cm -mv. In het zuidelijk zandgebied wordt de bodem bij een derde deel van het areaal regulier tot een diepte van 35 cm bewerkt (Reuler e.a., 2014). Incidentele diepe bewerkingen worden uitgevoerd om storende lagen in het bodemprofiel en verdichtingen die in de loop van de tijd onder de bouwvoor ontstaan, te breken. Deze bewerkingen gaan dieper dan de reguliere bewerkingen. Bepaalde gewassen, bijvoorbeeld asperges, vragen om een diep bewortelbare bodem. Voor de aanplant van deze gewassen wordt de grond tot (ver) onder de bouwvoor losgemaakt. Ook bij boomteelt en fruitteelt gaat de beïnvloeding van de bodem dieper dan de bouwvoor.

Door de reguliere bewerkingen is de bodem van landbouwgronden tot ca. 30 cm beïnvloed, eventueel aanwezige sporen van archeologie zijn uitgewist. In dit project spreken we van bodemverstoring wanneer de bodemlagen onder deze bouwvoor, vanaf 30 cm diepte, door bewerkingen zijn geroerd of omgewoeld. De aanwezige archeologie in deze lagen kan dan eveneens zijn aangetast.

In opdracht van RCE heeft Alterra in de afgelopen maanden een inventarisatie uitgevoerd van de GIS-kaarten die informatie kunnen verschaffen over de kans op verstoring van het bodemprofiel. Dit onderzoek leverde een ‘aanklikbare’ verstoringsbronnenkaart op, die de meta-informatie ontsluit van

relevante bestanden die informatie kunnen verschaffen over bodemverstoring (Maas, e.a. 2015 i.v.). Zo worden op landelijke en provinciale schaal GIS-bestanden geïdentificeerd met vergunningen voor ontgrondingen, de ligging van gronddepots, transportleidingen etc. Bodemkaarten onderscheiden gebieden met vergraven gronden. Er is een bestand dat gebieden met buisdrainage weergeeft. En verder zijn er GIS-bestanden met informatie over het (agrarisch) grondgebruik over een reeks van jaren, zoals de jaarlijkse versies van de basisregistratie percelen (BRP) en de verschillende versies van het Landelijk Grondgebruiksbestand (LGN van Alterra). De BRP-bestanden zijn beschikbaar vanaf 2001. Van LGN zijn zeven versies beschikbaar, de eerste versie dateert van 1987 en de laatste van 2014. Het instituut Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO) heeft een inventarisatie uitgevoerd van reguliere teelthandelingen in de landbouw en de invloed ervan op de bodem in verband met consequenties voor archeologische resten (Reuler e.a., 2014). Door de informatie over de teeltbehandeling te koppelen aan GIS-bestanden met het agrarisch bodemgebruik kunnen kansen op verstoring worden ingeschat.

1.3 Projectdoelstelling

Dit project heeft tot doel een methode te ontwikkelen waarmee de kans op bodemverstoring door agrarische activiteiten per landbouwpeerceel kan worden ingeschat. Dit komt overeen met schaal 1 : 10 000, een schaalniveau dat goed hanteerbaar is door de grondgebruiker. De resultaten worden in GIS vastgelegd en gedemonstreerd voor drie pilotgebieden in de gemeente Ede.

1.4 Projectresultaat

Het projectresultaat bestaat uit:

- Een methode voor het bepalen van de kans op verstoringen in de bodem in agrarische gebieden, resulterend in een verstoringskansenkaart in GIS voor drie pilotgebieden in de gemeente Ede. De informatie wordt op perceelniveau vastgelegd. Dit is gebruikelijk bij toepassingsschaal 1 : 10 000.
- Een GIS-module in ArcGIS om de gegevens van de verstoringskansenkaart op een heldere en informatieve manier te presenteren (inclusief mxd-file en layer-files).
- Een rapport met een beschrijving van de methode voor het vervaardigen van de verstoringkansenkaart in agrarische gebieden en een bespreking van de resultaten.

1.5 Afbakening

De methode voor het bepalen van de kans op bodemverstoring heeft alleen betrekking op de agrarische percelen in de gemeente Ede. Natuurterreinen en agrarische percelen die zijn omgezet in ‘nieuwe natuur’ vallen buiten het doelgebied. Er wordt hoofdzakelijk uitgegaan van beschikbare bronnen in digitale vorm, eventueel aangevuld door analoge informatie. Er wordt in deze fase nog geen validatie uitgevoerd om na te gaan of er binnen de percelen met een hoge kans ook daadwerkelijk sprake is van een verstoorde bodem.

2 De methode

In dit hoofdstuk wordt de methode besproken die door Alterra is ontwikkeld om de kans op bodemverstoring in agrarische percelen te berekenen.

2.1 De methode in een notendop

De kans op bodemverstoring wordt per landbouwperceel vastgesteld en uitgedrukt in procenten. Voor de perceelindeling gaan we uit van de Basisregistratie Gewaspercelen (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2014). Met een onderbreking van enkele jaren zijn jaarlijkse versies beschikbaar, vanaf 2001. Voor de afbakening van het agrarisch gebied binnen de gemeente Ede gaan we uit van de percelen uit het jaar 2014, omdat de versie van 2015 nog niet definitief is. Elke jaargang bevat de begrenzing van de percelen met daaraan gekoppeld het geteelde gewas. Aan de hand van deze gewassen kunnen de grondbewerkingsactiviteiten en daarmee de kans op bodemverstoring worden ingeschat voor drie verschillende dieptes: ondiep (30–40 cm- mv.), matig diep (40–60 cm -mv.) en diep (>60 cm -mv). Naast de invloed van agrarische activiteiten houdt de methode rekening met een aantal activiteiten die in het verleden hebben plaatsgevonden.

In het kort houdt de methode rekening met de volgende invloeden:
1. Ingrepen door agrarische activiteiten gekoppeld aan de teelt van gewassen;
2. Cultuurtechnische ingrepen, zoals diepploegen, egalisatie en drainage;
3. Ingrepen door winning van delfstoffen en inrichting van depots;
4. Milieutechnische ingrepen, zoals bodemsaneringen;
5. Ingrepen tijdens de ontginning van natuur naar landbouw in de twintigste eeuw;
6. Vergravingen ten behoeve van transportleidingen voor gas.

Van elke grondbewerking is een inschatting gemaakt van de mate van bodemverstoring. De mate van verstoring wordt uitgedrukt in procenten. De verstoringen kunnen variëren van hier en daar een plek binnen een perceel tot zeer ingrijpend en aaneengesloten. Drainage is een voorbeeld van plaatselijke verstoring, waarbij afhankelijk van de drainafstand om de 5 à 25 m een smalle geul voor de drains wordt gegraven. Bij deze ingreep wordt de kans op bodemverstoring voor de drie diepteklassen ingeschat op 5% van het perceeloppervlak. Dat wil zeggen dat op een bepaalde plek binnen het perceel de kans op verstoring tot dieper dan 60 cm -mv. 5% bedraagt. Bij een cultuurtechnische ingreep als diepploegen tot een diepte van 60 cm -mv. ontstaat tot die diepte 100% verstoring.

De ingrepen zijn naar de frequentie waarmee ze worden uitgevoerd in te delen in:
- Eenmalige bewerking: dit zijn ingrepen die over het algemeen één keer worden uitgevoerd, zoals de aanleg van drainage of diepploegen.
- Reguliere ingreep of bewerking: dit is de jaarlijks terugkerende grondbewerking gekoppeld aan de teelt van het gewas, zoals het jaarlijks ploegen. In dit project beperken de reguliere bewerkingen zich tot de bouwvoor, ondieper dan 30 cm -mv.
- Periodieke bewerking: dit is een grondbewerking die, gekoppeld aan de teelt van een gewas, met tussenpozen van een aantal jaren wordt herhaald. Een voorbeeld hiervan is dat bij de teelt van akkerbouwgewassen de ploegzool en verdichte laag onder de bouwvoor één keer per 20 jaar wordt losgemaakt. Bij deze bewerking wordt de laag tussen 30 en 40 cm -mv. voor 60% geroerd. Wanneer het betreffende gewas 20 jaar is geteeld, is de bewerking uitgevoerd. Het effect van deze bewerking geven we per jaar aan. In het eerste jaar is de kans op verstoring 3%, na twee jaar is de kans op verstoring 6% en na vijf jaar 15% etc.

De totale kans op verstoring binnen een perceel wordt berekend uit de kans ten gevolge van de eenmalige bewerking en de kans op verstoring door periodieke bewerkingen:

P40cm_totaal = P40_eenmalig + (1 – (P40_eenmalig/100) x P40_Periodiek)
Waarbij:
- P40cm_totaal: totale kans op bodemverstoring tussen 30 en 40 cm -mv.
- P40_eenmalig: kans op bodemverstoring tussen 30 en 40 cm -mv. door eenmalige ingreep.
- P40_periodiek: de gesommeerde kans op bodemverstoring tussen 30 en 40 cm -mv. door periodieke bewerking gedurende een bepaalde periode.

Voor het gedraineerde perceel met vijf jaar akkerbouw is de kans op ondiepe (30–40 cm -mv.) bodemverstoring te berekenen als 5% + (1 - (5 / 100) x 15%) = 5% + 14% = 19%.

De kans op matig diepe (40–60 cm -mv.) en diepe (>60 cm -mv.) bodemverstoring is
5% + (1 - (5 / 100) x 0%) = 5% + 0% = 5%.

In de volgende paragrafen worden per ingreep de effecten beschreven en welke bronnen gebruikt zijn om de ingrepen te lokaliseren.

2.2 Verstoringen door agrarisch gebruik

Voor het vaststellen van de verstoringen door agrarisch gebruik gaan wij uit van de gewasinformatie verkregen uit de Basisregistratie Gewas Percelen (BRP)-jaargangen 2001–2015. Er is een uitgebreide onderverdeling in allerlei teelten. Zo wordt bijvoorbeeld onderscheid gemaakt in korrelmais, energiemais, snijmais en suikermais. Voor onze toepassing is deze onderverdeling niet relevant, daarom zijn de teelten gebundeld in een aantal hoofdcategorieën en daarna geclusterd naar grondbewerkingsdieptes. Bij teelten waarvoor jaarlijks opnieuw moet worden ingezaaid, gepoot of geplant vinden er jaarlijks grondbewerkingen plaats. Per teelt kan de bewerkingsdiepte verschillen. Voor veruit de meeste gewassen bedraagt de ploegdiepte maximaal 30 cm (Reuler, 2014). Voor mais is de informatie over de bewerkingsdiepte in het rapport van Reuler minder concreet. Wel is uit de informatie op te maken dat bij mais de grondbewerking nog weleens dieper gaat dan 30 cm -mv. Dit wordt bevestigd door waarnemingen in maispercelen door veldbodemkundigen van Alterra. Aan de hand van deze gegevens nemen we aan dat maisland eens per vijf jaar tot 40 cm -mv. wordt bewerkt met als gevolg volledige verstoring. Dit gebeurt door ondergronders aan de ploegscharen te monteren (Figuur 1). Deze roeren tijdens het ploegen de zone onder de bouwvoor.

Figuur 1 *Verschillende typen ondergronders gemonteerd aan het ploeglichaam (foto Reuver 2014).*

Bij intensief gebruik van de landbouwgronden, met name door het gebruik van zware landbouwmachines, bestaat een risico op bodemverdichting. Hierbij raakt de laag onder de bouwvoor verdicht. Door bodemverdichting kunnen de gewassen minder diep wortelen, waardoor eerder vochttekorten kunnen ontstaan met groeireductie als gevolg. Ook kan door bodemverdichting de

waterdoorlatendheid van de bodem verminderen, met als gevolg een grotere kans op wateroverlast bij veel neerslag. Uit recent onderzoek van Van den Akker (2014) blijkt dat bij de zandgronden zoals die in de gemeente Ede voorkomen, bij 35–45% van de oppervlakte reeds sprake is van bodemverdichting. Om deze verdichting onder de bouwvoor op te heffen, vinden er met een woeler of een vastetandcultivator bewerkingen plaats in de lagen onder de bouwvoor. Bij reguliere akkerbouw beperkt deze bewerking zich meestal tot 40 cm. Bij een volledige bewerking wordt ca. 60% van de ondergrond geroerd. We schatten dat deze bewerking bij akkerbouw eenmaal per twintig jaar wordt uitgevoerd. Deze bewerkingen om verstoringen op te heffen, gelden voor de oostelijke zandgronden. Bij andere grondsoorten zijn door Van den Akker (2014) andere oppervlaktepercentages van verdichte bodems vastgesteld. Bij andere grondsoorten zijn daardoor mogelijk ook andere maatregelen nodig.

In Tabel 1 wordt per gewascategorie een omschrijving gegeven van de grondbewerkingen, met per dieptetraject de kans dat in het jaar dat het gewas geteeld wordt, verstoring optreedt.

Tabel 1
De kans op bodemverstoring door agrarisch grondgebruik.

Gewascategorie	Grondbewerking	Kans op verstoring per jaar per diepteklasse		
		40 cm	40–60 cm	>60 cm
Gras	• Alleen grondbewerking bij herinzaai van grasland (<30 cm -mv.)			
Tuinbouw	• Regulier jaarlijks ploegen of spitten, zaaibedbereiding, schoffelen (<30 cm -mv.) • Periodiek (1 keer per 20 jaar) 60% van de ploegzool en bodemverdichting breken tot 40 cm -mv. (o.a. woelen)	3%		
Sierteelt	• Regulier jaarlijks ploegen of spitten, zaaibedbereiding, schoffelen (<30 cm -mv.) • Periodiek (1 keer per 20 jaar) 60% van de ploegzool en bodemverdichting breken tot 40 cm -mv. (o.a. woelen)	3%		
Akkerbouw (granen, bieten, aardappelen) op zandgronden	• Regulier jaarlijks ploegen of spitten, zaaibedbereiding, aanaarden, schoffelen (<30 cm -mv.) en eventueel grondbewerking na de oogst (o.a. stoppelploegen)			
	• Periodiek (1 keer per 20 jaar) 60% van de ploegzool en bodemverdichting breken tot 40 cm -mv. (o.a. door woelen).	3%		
Akkerbouw (mais) op zandgronden	• Regulier jaarlijks ploegen en zaaibedbereiding en eventueel grondbewerking na de oogst (< 30 cm -mv.). • Bij het ploegen wordt 1 x per 5 jaar de ploegzool tot 40 cm -mv. gebroken (o.a. met ondergronder aan de ploeg).	20%		
Bloembollen in oostelijk zandgebied	• Regulier jaarlijks ploegen en pootbedbereiding (<30 cm). • Periodiek (1 x per 20 jaar) ploegzool breken tot 40 cm -mv. (o.a. door woelen)	3%		

2.3 Verstoring bij meerjarige teelten

Bij meerjarige teelten, zoals bij fruitteelt, asperges, miscanthus en bij boomkwekerijen, zijn er verschillende activiteiten waarbij bodemverstoring optreedt:

- Aanleg. Bij deze teelten vergt de aanleg een hoge investering. Voor een goed resultaat moeten de bodemcondities daarom optimaal zijn. Er worden eisen gesteld aan de ontwatering, de bodem moet goed (water)doorlatend en goed doorwortelbaar zijn. Om dit te bevorderen, wordt bij de aanleg van een boomgaard, kwekerij of aspergeveld de bodemlaag onder de bouwvoor veelal losgemaakt. Bij asperges bedraagt de grondbewerking bij aanleg tenminste 50 cm (Reuler e.a., 2014). Bij het planten worden de ca. 40 cm hoge aspergebedden gevormd. Bij fruitteelt en kwekerijen gaat de bewerking bij aanleg veelal tot 40 cm. De plantgaten beperken zich tot een diepte van minder dan 40 cm. Het aantal bomen per ha varieert. In een moderne laagstamboomgaard staan 1000 à 2000 bomen per ha (rijafstand 3 m en tussenafstand in de rij 1,5 à 2 m). Op een kwekerij met

laanbomen staan 1500 tot 2500 bomen per ha. Vaak worden er palen geplaatst om de bomen te ondersteunen.

- Reguliere grondbewerking. Eventuele reguliere jaarlijkse grondbewerkingen, zoals mechanisch wieden en aanaarden aspergebedden, beperken zich bij deze teelten tot 10 à 20 cm diepte. Jaarlijks worden de asperges geoogst door deze ondergronds los te steken. Dit is een bewerking in het verhoogde aspergebed.
- Rooien. Asperges zijn afhankelijk van de bewortelingsmogelijkheden na aanplant 10 tot 14 jaar in productie. Laagstam fruitbomen zijn na 12–15 jaar versleten, waarna ze worden gerooid. Bij dit rooien is het belangrijk dat de oude boomwortels worden verwijderd, omdat achtergebleven wortels een toxine afscheiden die een vlotte hergroei van nieuwe aanplant verhinderen (http://www.fruitpluktuin.nl/fruit/Verzorging/fruitbomen-rooien). Laanbomen worden na 5 tot 8 jaar gerooid, waarbij de kluit – afhankelijk van de grootte – tot 40 à 60 cm wordt uitgegraven. Met de kluit wordt er grond van het perceel afgevoerd. De ontstane gaten worden daarna weer dicht geschoven. Dit resulteert in een dunnere bouwvoor. Reuler e.a. (2014) zien dit als een risico, omdat de kans groot is dat vervolgens tijdens de voorbereidende grondbewerkingen voor de nieuwe aanplant de ondergrond tot grotere diepte zal worden geroerd.

Figuur 2 *Gerooide laanbomen met kluit (links) en aspergeteelt (rechts).*

In Tabel 2 worden de kansen op bodemverstoring bij meerjarige teelten gekwantificeerd. De grondbewerking voor de aanplant gaat bij alle meerjarige teelten tot ten minste 40 cm -mv. (kans = 100%) en bij asperges wordt de laag tot 60 cm -mv. eveneens geroerd. De oogst van laanbomen en het rooien van een boomgaard heeft lokaal invloed op de laag tussen 40 en 60 cm. Samen met de daarop volgende werkzaamheden om het perceel weer gebruiksklaar te maken voor een volgende teelt, stellen we de kans op verstoring van de laag tussen 40 en 60 cm -mv. op 20%. Boomkwekerijen hebben een cyclus van 5 à 8 jaar. Bij opnieuw aanplanten en een tweede oogst is de invloed op de laag van 40–60 cm -mv. verdubbeld (40%). Bij fruitteelt houden we een cyclus aan van 12 tot 15 jaar.

Tabel 2
De kans op bodemverstoring bij meerjarige teelten.

Gewascategorie	Grondbewerking	Kans op verstoring per diepteklasse		
		40 cm	40–60 cm	>60 cm
Kwekerij Coniferen en struiken	• Eenmalige aanleg kwekerij. Grondbewerking tot 40 cm -mv. • Regulier onderhoud, onkruid vrij houden terrein door jaarlijks schoffelen (<30 cm -mv.). • Periodiek rooien. Eén keer per 3 à 5 jaar rooien met kluit (<40 cm -mv.).	100%		
Laanbomen	• Eenmalige aanleg kwekerij (1500 – 2500 bomen per ha). Grondbewerking tot 40 cm -mv. • Regulier onderhoud, onkruid vrij houden terrein door jaarlijks schoffelen (<30 cm -mv.).	100%		
	• Periodiek rooien. Eén keer per 5 à 8 jaar rooien met kluit (>40 cm -mv.) en daarna grondbewerking en egalisatie om gaten op te vullen.	100%	20%	
Boomgaard	• Eenmalige aanleg laagstam boomgaard (1000–2000 bomen per ha). Grondbewerking tot 40 cm -mv.	100%		
	• Periodiek rooien. Na 12 à 15 jaar rooien wegens veroudering. Wortelstelsel zo goed mogelijk verwijderen (grondbewerking per rij tot dieper dan 40 cm -mv.).	100%	20%	
Asperges	• Eenmalige aanleg aspergeveld. Grondbewerking tot dieper dan 40 cm-mv., planten en opploegen aspergebedden.	100%	80%	
	• Reguliere jaarlijkse verzorging, o.a. bedden opploegen en onkruid vrijhouden (<30 cm -mv). Jaarlijks oogsten door het steken van de asperges (<30 cm -mv.). • Na 10 tot 14 jaar zijn de planten uitgeput. Planten worden verwijderd en het terrein wordt geëgaliseerd. Grondbewerking < 40 cm -mv. Geen herplant.	100%		
Miscanthus (olifantengras)	• Eenmalige aanleg. Grondbewerking tot 40 cm -mv. om ploegzool en verdichting te breken. • Reguliere jaarlijkse verzorging (<30 cm -mv.).	100%		
	• Na 15 tot 20 jaar beëindigen. Voor het verwijderen van de wortelstokken is een grondbewerking tot 40 cm -mv. nodig.	100%		

2.4 Verstoringen door cultuurtechnische ingrepen

Diepe grondbewerking en egaliseren
Ter verbetering van de productiemogelijkheden van landbouwgronden worden soms cultuurtechnische ingrepen uitgevoerd. Voorbeelden hiervan zijn kavelverbeteringswerken met een diepe grondbewerking, egalisatie en drainage. In het verleden zijn deze ingrepen vaak in ruilverkavelingsverband uitgevoerd. Op bodemkaarten wordt onderscheid gemaakt in gebieden die zijn vergraven of geëgaliseerd. Binnen de gemeente Ede zijn van twee kleine gebiedjes gedetailleerde bodemkaarten beschikbaar. Binnen deze gebiedjes komen volgens die kaarten geen vergraven gronden voor. De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, geeft binnen de gemeente Ede wel gebieden aan met vergravingen en egalisatie. De bewerkingsdiepte is hierbij meestal meer dan 40 cm. De indicatie voor vergraving wordt op de bodemkaart schaal 1 : 50 000 aangegeven wanneer het merendeel van de percelen binnen een kaartvlak vergraven is. We schatten het effect van de ingreep daarom op 65% in plaats van 100%. De bodemkaart geeft wat ingrepen betreft een momentopname. In het noordelijke deel van de gemeente Ede dateert de bodemkaart van 1993 en van het zuidelijke deel van 1964. Waarschijnlijk zijn er na de opname voor de bodemkaart meer percelen gediepploegd en geëgaliseerd.

Figuur 3 *Diepploegen (links) en de aanleg van buisdrainage (rechts).*

Drainage
Een andere ingreep waarbij verstoring optreedt, is de aanleg van buisdrainage ter verbetering van de ontwatering van een perceel. Daar waar de drains liggen, is de bodem verwerkt. Het oppervlaktepercentage aan verwerkte bodem van een perceel met drainage is afhankelijk van de onderlinge afstand tussen de drains én de methode van aanleg. Naast machines die sleuven graven (Figuur 3), zijn er machines die drains leggen zonder het graven van een sleuf. In het kader van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) is een landelijk GIS-bestand aangemaakt met informatie over gebieden waar buisdrainage aanwezig is (Massop e.a., 2013). Uit dat bestand valt niet op te maken op welke onderlinge afstand de buizen liggen en welke methode van aanleg gehanteerd is. Drainage ligt minimaal op 80 cm diepte. We gaan voor alle diepteklassen uit van een kans op verstoring van 5%. In Tabel 3 zijn de verstoringskansen van diepe grondbewerkingen en drainage weergegeven voor de drie onderscheiden diepteklassen.

Tabel 3
Kans op bodemverstoring door diepe grondbewerking en drainage.

Bron	Ingreep	Kans op verstoring per diepteklasse		
		40 cm	40–60 cm	>60 cm
Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000	Eenmalige vergraving en egalisatie. Grondbewerking (bijvoorbeeld diepploegen) waarbij lagen worden gemengd, met als doel stagnerende lagen in het bodemprofiel op te heffen. De grondbewerking wordt veelal gecombineerd met egalisatiewerkzaamheden.	65%	65%	
Detail bodemkaarten	Idem.	100%	100%	
Drainagekaart NHI	Eenmalige aanleg buisdrainage op onderlinge afstand van 5 à 25 m en op een diepte van 80 à 140 cm -mv. Voor de aanleg zijn verschillende machines in gebruik. De sleufloze machines richten minder verstoring aan dan de machines die een sleuf graven van ca. 25 cm breed.	5%	5%	5%

2.5 Verstoringen door ontgravingen en inrichting depots

Rigoureuze verstoringen treden op bij de winning van delfstoffen, waarbij groeves ontstaan doordat er ettelijke meters zijn afgegraven. Bij de aanleg van grond- of slibdepots kan ook ernstige verstoring optreden. Er zijn verschillende bestanden beschikbaar met informatie over gebieden met deze ingrepen:

- Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (de onderscheidingen sterk afgegraven en sterk opgehoogd);

- Gemeentelijk bestand met verstoringen;
- Provinciaal bestand met afgravingen en depots.

Bij afgraven is er 100% verstoring tot ten minste 60 cm diepte. Bij gronddepots zal de verstoring vanaf het oorspronkelijke maaiveld minder diep gaan, maar aangenomen wordt dat er wel verstoring is, doordat er grond gebruikt wordt om aarden wallen rond het depot aan te leggen en het gewicht van de ophoging zakking en vervorming van slappe lagen in de ondergrond kan veroorzaken. In Tabel 4 staan de kansen op verstoring aangegeven. Volgens de bij ons bekende en hierboven genoemde bestanden zijn binnen de gemeente Ede geen landbouwpercelen waar dergelijke verstoringen hebben plaatsgevonden.

Tabel 4
Kans op bodemverstoring door de winning van delfstoffen en de aanleg van gronddepots.

Bron	Ingreep	Kans op verstoring per diepteklasse		
		40 cm	40–60 cm	>60 cm
Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, Gemeentelijke en provinciale bestanden	• Eenmalige afgravingen ten behoeve van de winning van delfstoffen. Bodemlagen worden ontgraven en afgevoerd. De verstoringsdiepte is afhankelijk van de diepte van de ontgraving. Soms ontstaan er zelfs waterpartijen.	100%	100%	100%
	• Eenmalige aanleg gronddepots. Bij bagger en slibdepots wordt bij de aanleg grond ontgraven voor het opwerpen van een aarden wal rond het terrein. Bij slappe ondergronden (veen) zal de ondergrond door de druk van de ophoging worden samengeperst en vervormd.	100%	50%	

2.6 Verstoringen door milieutechnische ingrepen

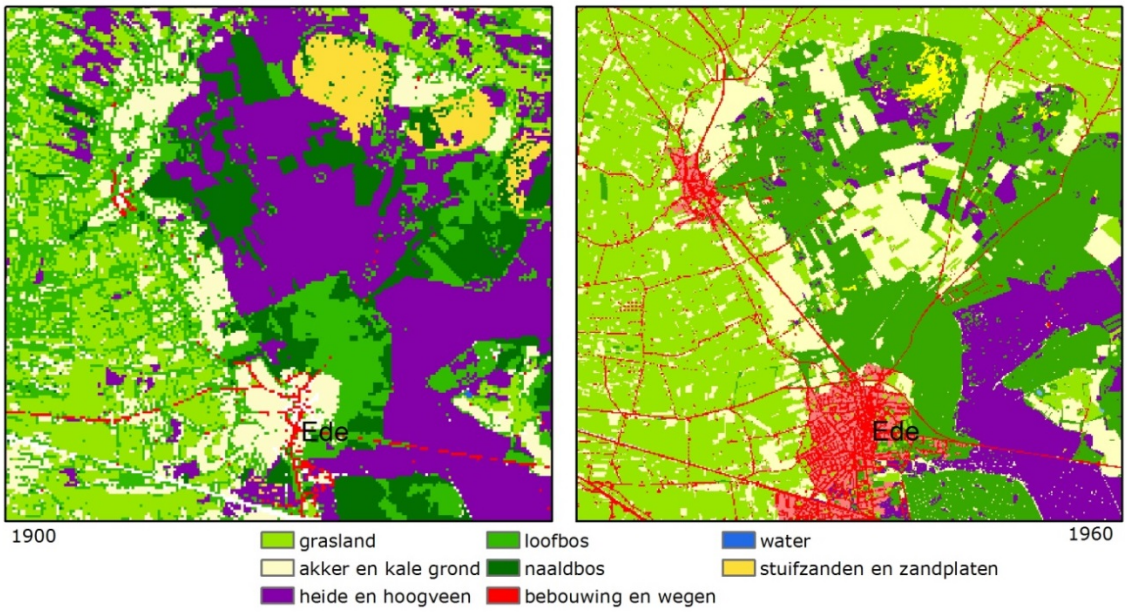
Bij verontreiniging van de bodem worden maatregelen getroffen om de bodem te saneren. Deze saneringen gaan vaak gepaard met verstoring van de bodemopbouw. Bij in-situsanering vindt geen grondverzet plaats en is de verstoring minder dan bij on-sitesanering, waarbij de verontreinigde grond wordt afgegraven, ter plaatse gereinigd en daarna weer teruggestort. Bij ex-situsanering wordt de verontreinigde grond afgevoerd. De ingreep zal bijna altijd tot dieper dan 60 cm plaatsvinden. Het gemeentelijk bestand www.milieu-info.nl/oddv/ biedt een uitgebreid overzicht met terreinen en objecten waar milieutechnisch onderzoek en bodemsaneringen zijn uitgevoerd. De locaties zijn vooral geconcentreerd in bebouwde gebieden en op boerenerven. Informatie uit deze bron is niet gebruikt voor het samenstellen van de verstoringskansenkaart, omdat de sites niet in landbouwpercelen liggen. In Tabel 5 worden per ingreep wel de verstoringskansen gegeven voor de verschillende onderscheiden diepteklassen.

Tabel 5
Kans op verstoring van de bodem door sanering van verontreinigde bodems.

Bron	Ingreep	Kans op verstoring per diepteklasse		
		40 cm	40–60 cm	>60 cm
www.milieu-info/oddv/ of gemeentelijke of provinciale bestanden	• Verontreiniging isoleren: de verontreiniging wordt rondom geïsoleerd, bijvoorbeeld door middel van damwanden.	50%	50%	50%
	• Saneren in situ: de verontreiniging wordt verwijderd door de bodem te spoelen, of door verontreinigd grondwater weg te pompen of door biologische afbraak.	50%	50%	50%
	• Saneren on site: de verontreinigde bodem wordt ontgraven, gereinigd en daarna weer terug gestort. De verstoringsdiepte is afhankelijk van de ontgravingsdiepte.	100%	100%	100%
	• Saneren ex situ: de verontreinigde bodem wordt ontgraven en afgevoerd. De verstoringsdiepte is afhankelijk van de ontgravingsdiepte.	100%	100%	100%

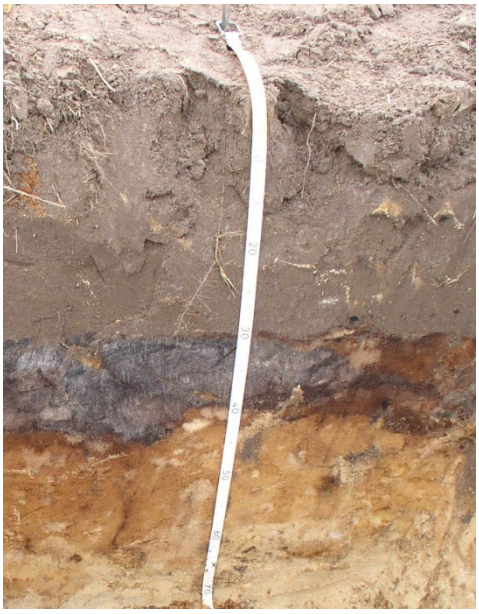
2.7 Verstoringen door ontginningen in de twintigste eeuw

Vanaf het begin van de twintigste eeuw zijn cultuurtechnische werken uitgevoerd voor landaanwinning, ontginning en schaalvergroting van landbouwbedrijven. Bij de ontginning van heidevelden naar landbouwgrond werden vanaf het begin van de vorige eeuw grote ploegen ingezet om storende lagen te breken en om grondlagen te mengen (Figuur 3, links). De werkdiepte ging tot minimaal 50 cm -mv. Uit historische kaarten is af te leiden dat ook in de gemeente Ede in de twintigste eeuw heidevelden zijn ontgonnen (Kadaster, 2015). Bij Alterra zijn GIS-bestanden beschikbaar van historische topografische kaarten (HGN) van rond 1900, 1960, 1970, 1980 en 1990 (Knol e.a. 2004). Figuur 4 toont voor het noordelijke deel van de gemeente Ede het grondgebruik rond 1900 en 1960. Na 1900 is een flink areaal heide ontgonnen. Voor dit project zijn deze ontginningen aan de hand van topografische kaarten (handmatig) opgesplitst in ontginningen voor 1950 en ontginningen na 1950. We hebben geen informatie kunnen vinden op welke wijze en met inzet van welke machines de werkzaamheden zijn uitgevoerd. Daarom schatten we de kans op bodemverstoring door ontginning niet op 100%. In Tabel 6 is aangenomen dat bij de ontginningen voor 1950 de bodem minder intensief is verstoord dan bij de ontginningen na 1950.



Figuur 4 *Het landgebruik in 1900 en 1960 (bron: HGN, Knol e.a. 2004).*

Figuur 5 toont een typische heideontginningsgrond met een verstoorde laag. Deze ca. 10 cm dikke laag zit onder de 30 cm dikke bouwvoor en bestaat uit zwartgrijs 'loodzand' en bruin 'podzolzand'. Bij een ongestoord podzolprofiel ligt de loodzandlaag boven de podzollaag. Bij de ontginning zijn waarschijnlijk ook egalisatiewerkzaamheden uitgevoerd, waarbij grond van de hogere terreindelen verplaatst is naar de lagere terreindelen.



Figuur 5 *Ondiepe bodemverstoring bij een heideontginningsgrond. Onder de 30 cm dikke bouwvoor komt een 10 cm heterogene laag met zwartgrijs loodzand (links) en bruin podzolzand (rechts) voor als gevolg van een bewerking tijdens de ontginning. Bij een ongestoord bodemprofiel zit de zwartgrijze loodzandlaag boven de bruine podzollaag.*

Tabel 6
Kans op bodemverstoring door grondbewerking tijdens de ontginning.

Bron	Ingreep	Kans op verstoring per diepteklasse		
		40 cm	40–60 cm	>60 cm
HGN 1900 – 1960, aangevuld met informatie uit topografische kaarten	• Eenmalige ontginning 1900–1950. Gedeeltelijk met mankracht omgespit (werkverschaffing) of gediepploegd en geëgaliseerd.	35%	25%	
	• Eenmalige ontginning 1950–1960. Gedeeltelijk gediepploegd en geëgaliseerd.	50%	35%	

Soms zijn de in de vorige eeuw ontgonnen gebieden op de bodemkaart ook als vergraven aangegeven. Voor deze gebieden wordt uitgegaan van de informatie op de bodemkaart en rekenen we niet met de kans op verstoring door ontginning (zie paragraaf 2.4, verstoringen door cultuurtechnische ingrepen).

2.8 Verstoringen door de aanleg van transportleidingen

De Gasunie heeft verspreid door Nederland transportleidingen voor aardgas aangelegd. Er loopt ook een transportleiding door de gemeente Ede. Bij de aanleg worden sleuven gegraven met een diepte van 2 à 3 m. De totale werkstrook heeft een breedte van 25 à 50 m. De werkstrook bevat ruimte voor een rijpad, ruimte voor graafmachines, ruimte om bovengronds de buisdelen aan elkaar te lassen en ruimte voor de opslag van de grond uit de sleuven.

Figuur 6 *De aanleg van een gastransportleiding.*

De Gasunie verwacht van de aannemer dat de grond na de aanleg in goede staat wordt opgeleverd. Bij landbouwgronden dienen de potenties voor de teelt van gewassen na oplevering overeen te komen met die van voor de aanleg. De verstoring die optreedt door de aanleg van de leidingen hebben we niet verdisconteerd in de kans op verstoring van het gehele perceel. Het tracé van de leidingen wordt als lijnsymbool op de verstoringskansenkaarten weergegeven. En in het GIS-bestand hebben de percelen die door een transportleiding worden doorsneden een extra label gekregen.

Tabel 7
Kans op bodemverstoring door de aanleg van gastransportleidingen.

Bron	Ingreep	Kans op verstoring per diepteklasse		
		40 cm	40–60 cm	>60 cm
GIS-bestand transportleidingen (Gasunie)	• Aanleg gastransportleiding. Graven sleuf van 2 à 3 m diep, met een werkstrook van 25 à 50 m breed. Bij gronden met weinig draagkracht wordt er een rijpad aangelegd. Na aanleg dient de bodem in goede staat opgeleverd te worden. Hierbij wordt over de gehele werkstrook een grondbewerking tot ca. 40 cm -mv. uitgevoerd.	100%	100%	100%

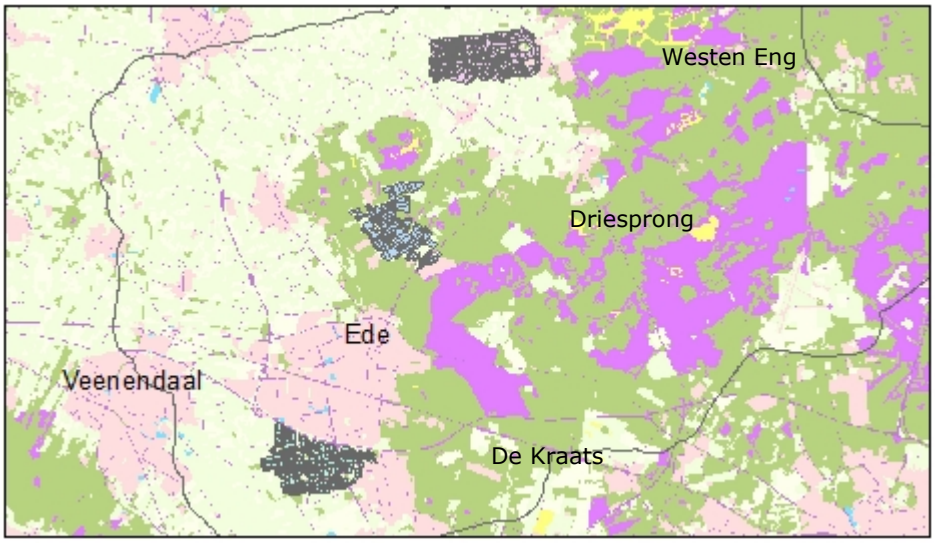
2.9 Totale kans op bodemverstoring

In het GIS-bestand met de BRP-percelen van 2014 hebben we alle informatie per perceel verzameld:
- Het grondgebruik per jaar tussen 2001 en 2015;
- Het aantal jaren grasland, akkerbouw, maisteelt, sierteelt, boomkwekerij, boomgaard etc.;
- Vergravingen volgens de bodemkaart;
- Aanwezigheid van drainage;
- De aanwezigheid van groeves en gronddepots;
- Aanwezigheid van gastransportleiding;
- Periode van ontginning.

Vervolgens is voor elk dieptetraject (30–40, 40–60 en >60 cm -mv.) het verstoringspercentage door eenmalige en door periodieke bewerkingen toegekend, waarna de totale kans op bodemverstoring per perceel en diepteklasse is berekend volgens de formule in paragraaf 2.1.

3 Resultaten voor drie pilotgebieden

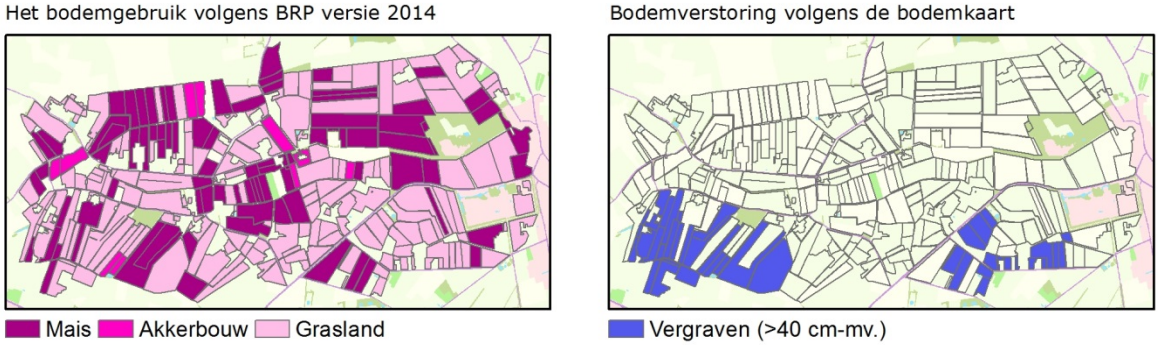
In overleg met RCE en de gemeente Ede zijn drie pilotgebieden gekozen om de methode toe te passen (Figuur 7). Het gebied Westen Eng, ten westen van Harskamp, De Driesprong en De Kraats bij Bennekom. Elk gebied heeft zijn eigen kenmerken. In de volgende paragrafen worden de resultaten per pilotgebied toegelicht.



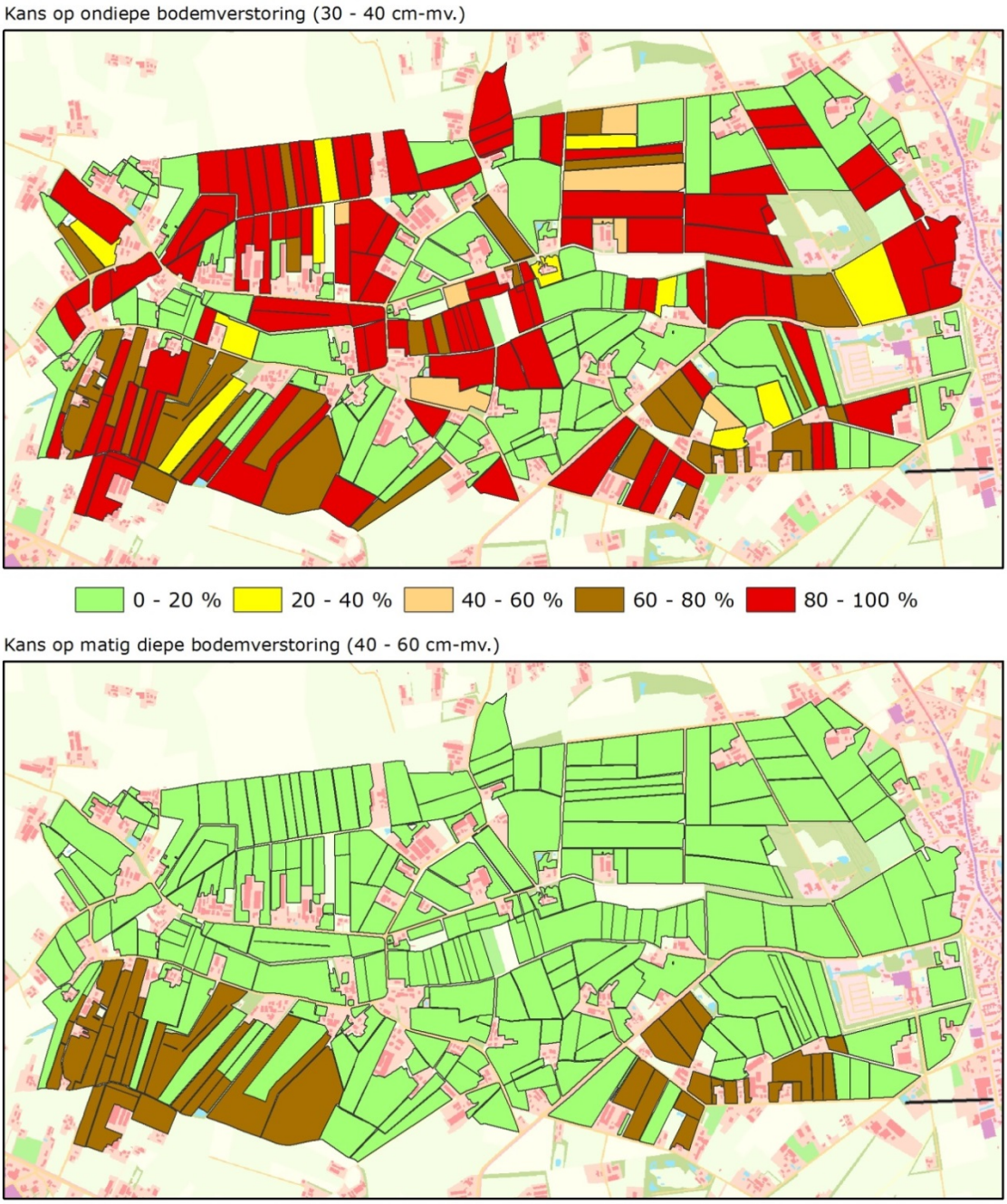
Figuur 7 *Ligging van de drie pilotgebieden.*

3.1 Pilotgebied Westen Eng

Het gebied Westen Eng heeft een traditioneel agrarisch grondgebruik met een afwisseling van grasland en mais en enkele percelen met akkerbouw. De meeste mais- en graslandpercelen hebben al jarenlang hetzelfde gebruik. Volgens de bodemkaart heeft een aantal percelen langs de zuidelijke rand van het pilotgebied een verwerkte bodem (Figuur 8). Deze bewerking geeft met een kans van 65% een verstoring tot ca. 60 cm. Uit de gebruikte bestanden is niet gebleken dat er ingrepen met een kans op verstoringen dieper dan 60 cm in dit gebied hebben plaatsgevonden. Figuur 9 toont de kansen voor ondiepe en matig diepe bodemverstoring.

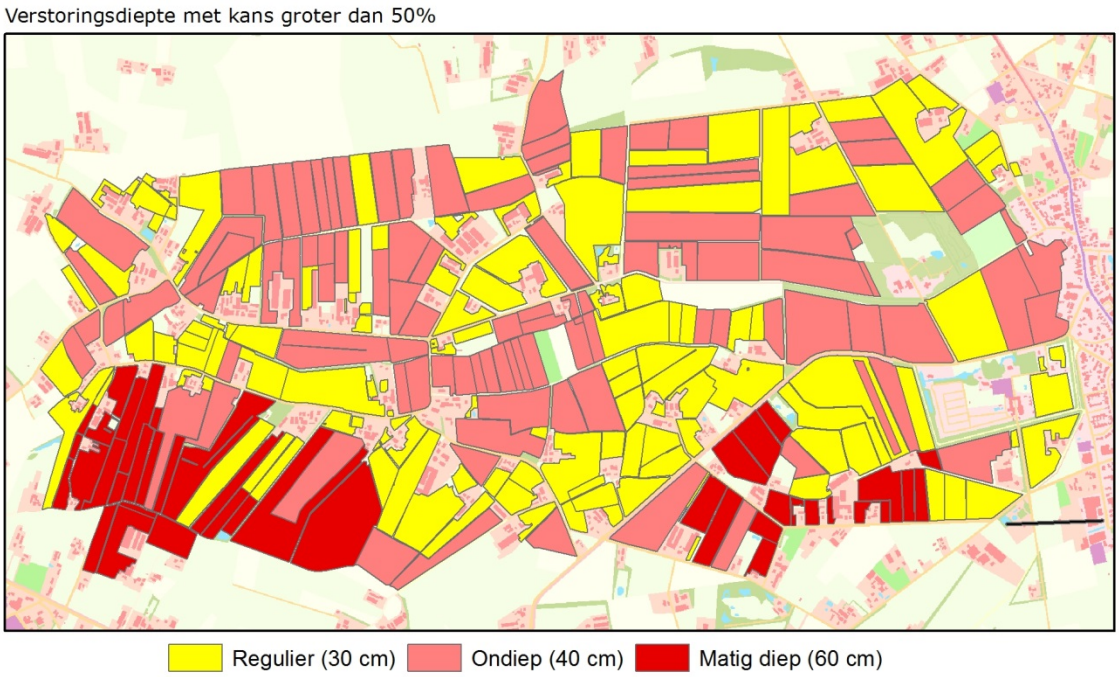


Figuur 8 *Pilotgebied Westen Eng. Het bodemgebruik volgens BRP in 2014 en vergravingen volgens de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.*



Figuur 9 *Pilotgebied Westen Eng. Kans op bodemverstoring tot 40 en 60 cm diepte. Bodemverstoring dieper dan 60 cm -mv. komt niet voor.*

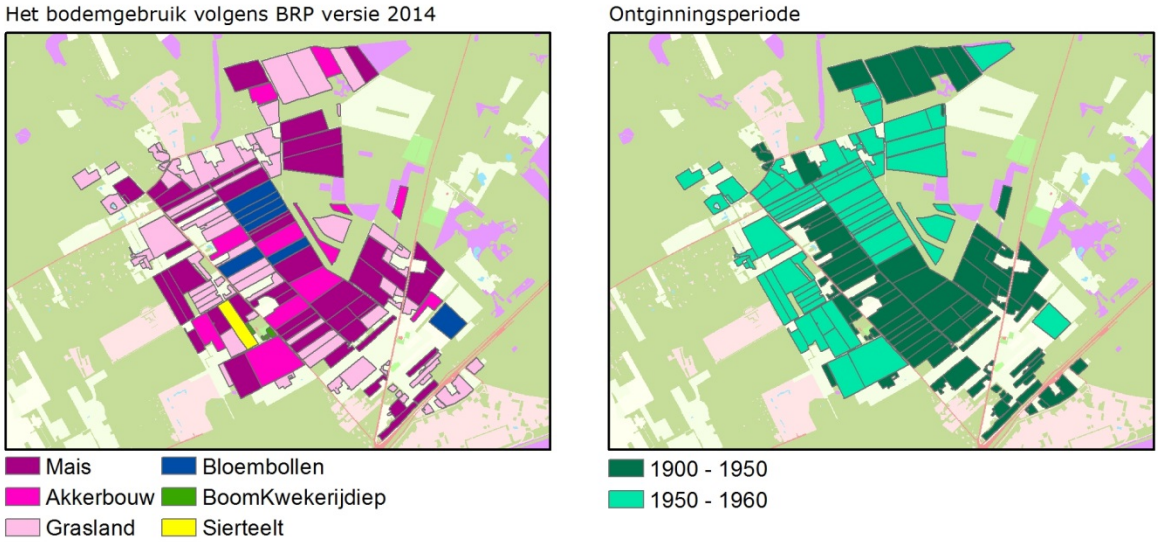
Zoals op Figuur 9 is te zien, hebben de meeste maispercelen een zeer hoge kans dat de bodem inmiddels tot 40 cm -mv. verstoord is. Matig diepe verstoringen komen voor bij de vergraven percelen langs de zuidrand van dit pilotgebied. Figuur 10 toont de verstoringsdiepte met een kans van meer dan 50%. Bodemverstoringen dieper dan 60 cm -mv. en gastransportleidingen komen in dit pilotgebied niet voor.



Figuur 10 *Pilotgebied Westen Eng. Verstoringsdiepte met kans groter dan 50%.*

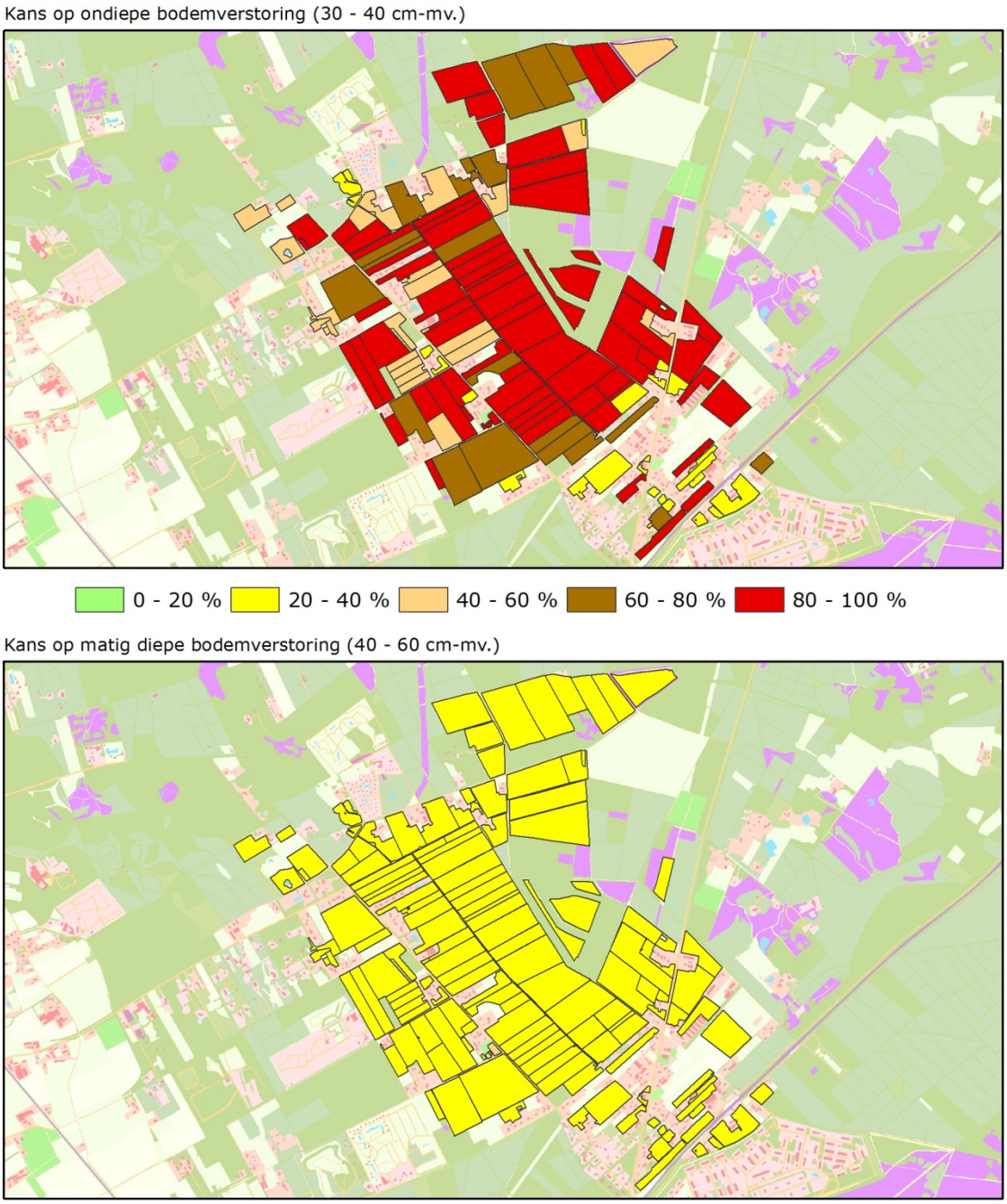
3.2 Pilotgebied De Driesprong

De landbouwpercelen in pilotgebied De Driesprong zijn pas na 1900 ontgonnen en een deel zelfs pas na 1950. Hierbij is zeer waarschijnlijk een bodembewerking uitgevoerd, enerzijds om verkitte lagen te breken en anderzijds om door egalisatie een gelijkmatig reliëf te creëren. Bij het bepalen van de kans op bodemverstoring speelt deze ontginning een belangrijke rol. We nemen aan dat er bij de ontginning na 1950 meer verstoring is opgetreden dan bij de ontginning voor 1950 (Tabel 6). In dit deelgebied komt een grote variatie aan bodemgebruik voor. Er zijn zowel gras-, mais- als akkerbouwpercelen en verder zijn er percelen met bloembollen, sierteelt en boomkwekerijen (Figuur 11).



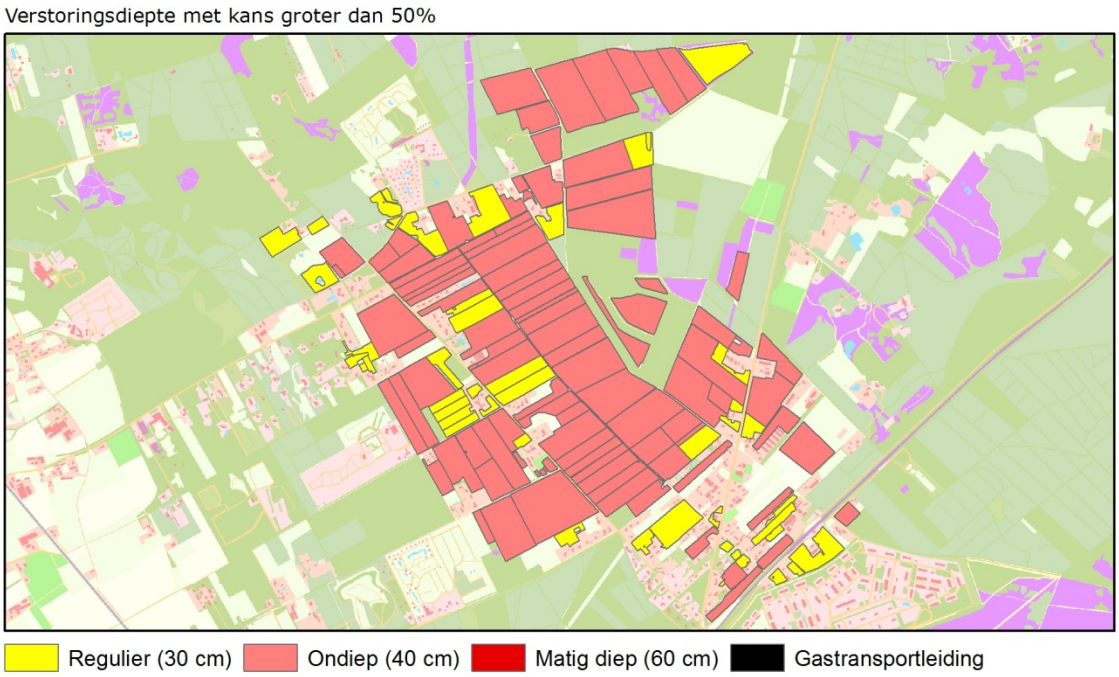
Figuur 11 *Pilotgebied De Driesprong. Het bodemgebruik volgens BRP in 2014 en de periode van ontginning.*

Figuur 12 toont de kans op ondiepe en matig diepe bodemverstoring. Bij bijna alle percelen is de kans op ondiepe bodemverstoring groot, met name door de invloed van de ontginning (bij ontginningen voor 1950 is dat 35% en na 1950 50%, zie ook Tabel 6). Bij de verstoring tot 60 cm is invloed van de ontginning beperkter.



Figuur 12 *Pilotgebied De Driesprong. Kans op bodemverstoring tot 40 en 60 cm diepte. Bodemverstoring dieper dan 60 cm -mv. komt niet voor.*

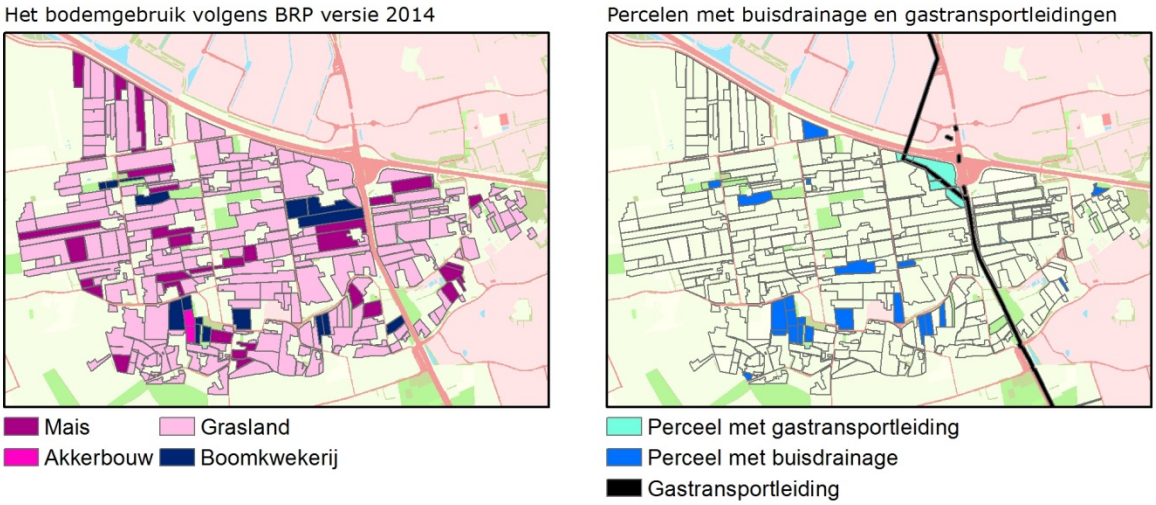
In Figuur 13 is te zien dat bij nagenoeg alle percelen de kans op enige verstoring meer dan 50% bedraagt. Verstoring dieper dan 60 cm -mv. en gastransportleidingen komen in dit pilotgebied niet voor.



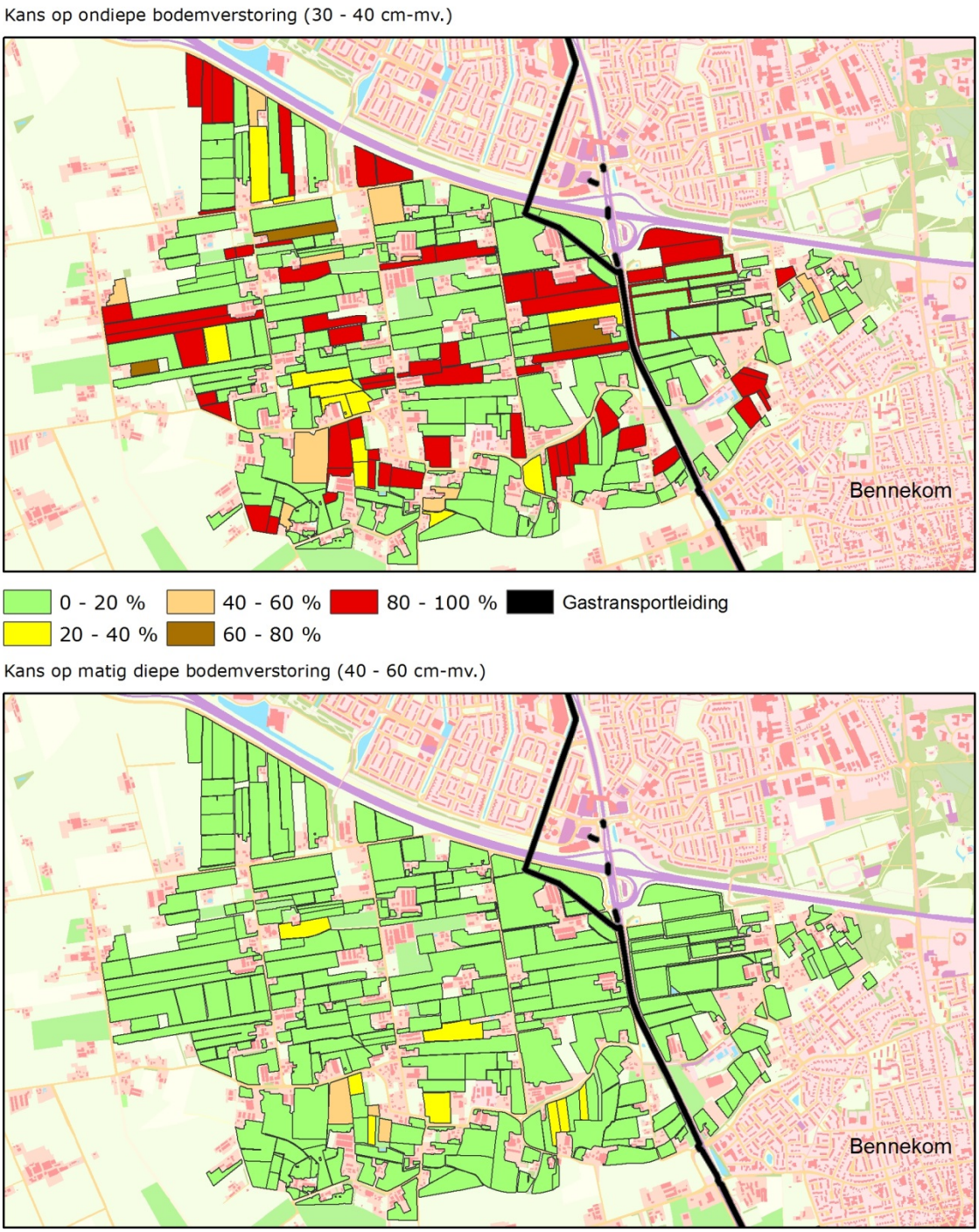
Figuur 13 *Pilotgebied De Driesprong. Verstoringsdiepte met kans groter dan 50%.*

3.3 Pilotgebied De Kraats

In pilotgebied De Kraats komt naast veel grasland ook mais voor en verspreid over het gebied zijn percelen met boomteelt aanwezig, waarvan een aantal nog maar één of twee jaar dit gebruik heeft. Een bijzonderheid van dit pilotgebied t.o.v. de andere twee pilotgebieden is dat er tegen de bebouwing van Ede, bij de aansluiting op de A12, enkele percelen worden doorsneden door een gastransportleiding. Ook is een aantal percelen voorzien van buisdrainage (Figuur 14).

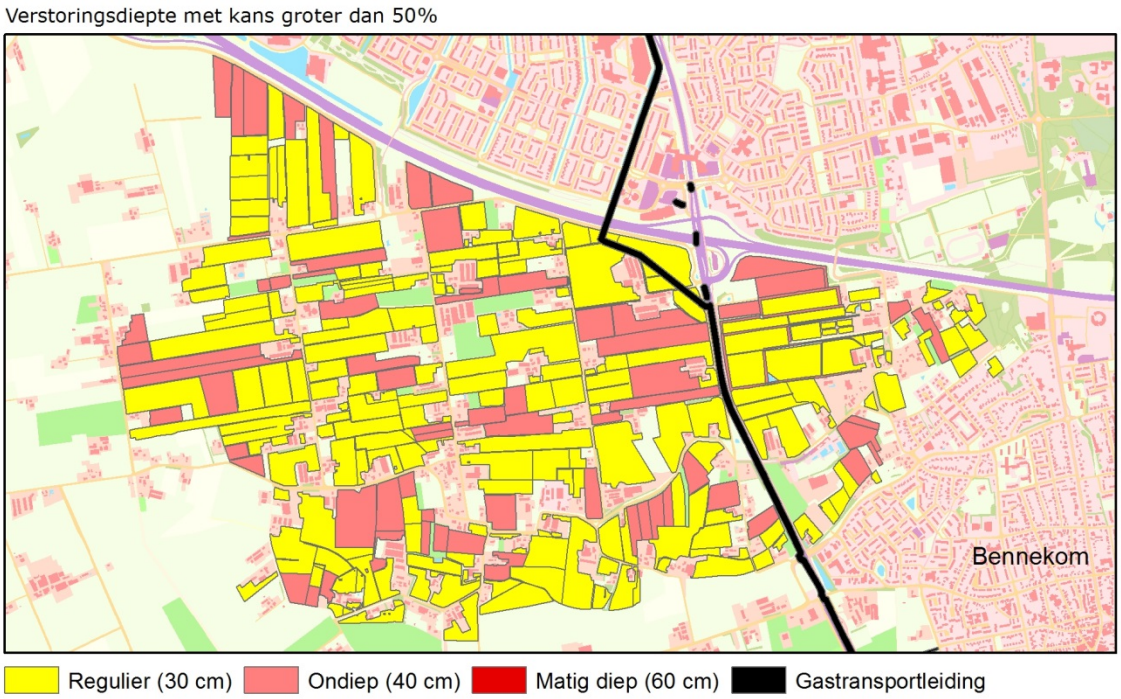


Figuur 14 *Pilotgebied De Kraats. Het bodemgebruik volgens BRP in 2014 en percelen met buisdrainage en gastransportleiding.*



Figuur 15 *Pilotgebied De Kraats. Kans op bodemverstoring tot 40 en 60 cm diepte. Bodemverstoring dieper dan 60 cm -mv. komt niet voor.*

In Figuur 15 is te zien dat in dit gebied maar een beperkt aantal percelen een hoge indicatie voor verstoring heeft. Hoge kansen op verstoring komen met name bij de percelen met boomteelt voor. Enkele oudere kwekerijen resulteren ook in een kans op enige verstoringen dieper dan 40 cm -mv. De invloed van de drainage is met 5% zeer beperkt. Het tracé van de gastransportleiding is op de kaartjes aangegeven. Ter plekke van de gasleiding is de verstoring zeer groot en ook diep. Deze verstoring is niet in de berekening voor het perceel betrokken. De percelen die worden doorsneden door het tracé van de leiding zijn in het GIS-bestand voorzien van een label. Figuur 16 toont per perceel de verstoringsdiepte met een kans groter dan 50%. Een medewerker van de gemeente maakte ons erop attent dat tijdens de Tweede Wereldoorlog in dit gebied een uitgebreid stelsel loopgraven aanwezig was. Bij de gemeente is een GIS-bestand beschikbaar met informatie over de ligging van deze loopgraven. Helaas konden wij voor dit project niet over die informatie beschikken.



Figuur 16 *Pilotgebied De Kraats. Verstoringsdiepte met kans groter dan 50%.*

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

De methode voor het inschatten van bodemverstoring houdt rekening met:
1. Ingrepen door agrarische activiteiten gekoppeld aan de teelt van gewassen;
2. Cultuurtechnische ingrepen ter bevordering van de landbouwkundige geschiktheid, zoals diepploegen, egalisatie en aanleg drainage;
3. Ingrepen door winning van delfstoffen en de inrichting van depots;
4. Milieutechnische ingrepen, zoals bodemsaneringen;
5. Ingrepen tijdens de ontginning van natuur naar landbouw in de twintigste eeuw;
6. Vergravingen ten behoeve van transportleidingen voor gas.

De verstorende invloed van deze ingrepen op de bodemopbouw binnen een perceel wordt uitgedrukt in procenten. Dit is de kans dat op een bepaalde locatie binnen het perceel de bodem verstoord is. Bij rigoureuze ingrepen die daadwerkelijk zijn vastgesteld, zoals afgravingen of in-situbodemsaneringen, is de verstoring 100%. Dit soort ingrepen is vaak ook vlakdekkend voor het gehele perceel. Bij een aantal andere ingrepen is aan de hand van literatuurstudie nagegaan wat het effect is. Dit geldt bijvoorbeeld voor de grondbewerkingen gekoppeld aan de teelt van gewassen. Hiervoor hebben we de beschrijvingen uit het rapport van Reuver (2014) met kwalitatieve informatie over de teeltmaatregelen vertaald naar percentages. De invloed van de werkzaamheden bij de ontginningen uit de vorige eeuw is ook ingeschat. Dat hebben we gedaan op basis van de ontginningsperiode. Bij de heideontginningen voor 1950 is de invloed beperkter dan bij de ontginningen na 1950. We hebben geen literatuur kunnen vinden met een beschrijving van de ontginningen in De Driesprong. Wanneer deze informatie er wel is, kunnen de percentages met de kans op bodemverstoring als gevolg van ontginning worden bijgesteld.

Door de keuze van de pilotgebieden was het mogelijk om het effect van diverse verstoringsbronnen te waarderen. Westen Eng is een typisch agrarisch gebied met grasland, maisteelt en akkerbouw. In De Driesprong speelt de ontginning een rol en er is een grote diversiteit aan teelten. In het pilotgebied De Kraats is ook enige diversiteit in bodemgebruik, inclusief kwekerijen, en daarnaast komen er percelen voor met drainage en gastransportleidingen.

De gegevens in Tabel 8 tonen aan dat de verschillen in gebiedskenmerken ook resulteren in verschillen in verstoringsdieptes met een kans van meer dan 50%. In De Kraats is de verstoring gering, matig diepe verstoringen komen niet voor. De Driesprong heeft de hoogste score voor verstoring; mede door de invloed van de werkzaamheden bij de ontginning, komt bij meer dan 80% van het areaal bodemverstoring voor. In pilotgebied Westen Eng komt matig diepe bodemverstoring voor als gevolg van cultuurtechnische ingrepen. Percelen met een kans van meer dan 50% op een diepe verstoringen (>60 cm -mv.) hebben we niet gesignaleerd.

Tabel 8
Oppervlakte verdeling per pilotgebied voor de verschillende verstoringsdieptes met een kans van meer dan 50% (met tussen haakjes de relatieve oppervlakte binnen het deelgebied).

Pilotgebied	Areaal (ha) per verstoringsdiepte met een kans van meer dan 50%			
	Regulier (0–30 cm -mv.)	Ondiep (30–40 cm -mv.)	Matig diep (tot 60 cm -mv.)	Diep (> 60 cm -mv.)
Westen Eng	166 (42%)	173 (44%)	56 (14%)	0
De Driesprong	49 (17%)	238 (83%)	0	0
De Kraats	241 (71%)	99 (29%)	0	0

Uit de resultaten blijkt dat de ondiepe bodemverstoring (tot 40 cm -mv.) sterk beïnvloed wordt door het landbouwkundig gebruik. Meerdere jaren maisteelt resulteren in ondiepe verstoring. Bij de aanleg van percelen met meerjarige teelten, zoals boomgaarden en boomkwekerijen, wordt de bodem eveneens tot 40 cm geroerd. Bij dit grondgebruik ontstaat na een aantal jaren bij het rooien ook matig diepe verstoring (40–60 cm -mv.). Voor het vaststellen van bodemverstoring door landbouwkundig gebruik hebben we gebruikgemaakt van de teeltgegevens uit het BRP vanaf 2001. Er is geen informatie gebruikt over de teelten in de periode daarvoor, omdat er geen geschikte GIS-bestanden zijn met jaarlijkse informatie uit deze periode. Het is evident dat het grondgebruik in de periode voor 2001 gepaard is gegaan met ondiepe bodemverstoring.

In de landbouw is al een aantal decennia het proces van schaalvergroting en efficiëntieverbetering gaande. Hierbij worden kleine percelen samengevoegd. Landinrichtingsprojecten hebben hier ook aan bijgedragen. Het is onduidelijk welke verstorende invloed schaalvergroting op de bodem heeft. Wel is bekend dat er in het verleden bij landinrichtingsprojecten kavelverbeteringswerken werden uitgevoerd, waarbij vaak ook een eenmalige diepe grondbewerking plaatsvond.

4.2 Aanbevelingen

1. Validatie van de methode
De verschillen in gebiedskenmerken bieden een mooi palet voor de validatie van de methode. We adviseren om bij de validatie van de methode te stratificeren op de verschillende verstoringsbronnen. Om de vastgestelde verstoringskansen in het veld te checken op werkelijke verstoring, kan het beste een steekproef worden uitgevoerd, waarbij op de steekproeflocatie een kleine kuil wordt gegraven.

2. Er is meer informatie nodig om de invloed van de ontginningsmethode te bepalen
Wij hebben in het pilotgebied De Driesprong aan de hand van de ontginningsperiode een inschatting gemaakt van de mogelijke bodemverstoring. De wijze van ontginnen, kan van gebied tot gebied verschillen. Literatuurgegevens die de wijze van ontginning beschrijven, zouden de inschatting kunnen verbeteren.

3. Informatie over schaalvergroting en kavelverbeteringswerken kan de methode verbeteren
In veel gebieden in Nederland is in de afgelopen decennia een ruilverkaveling of landinrichtingsproject uitgevoerd. Dit ging vaak gepaard met kavelverbeteringswerken, waarbij percelen werden samengevoegd en een (diepe) grondbewerking plaatsvond. Ook de recente schaalvergroting in de landbouw resulteert in steeds grotere percelen. Informatie over deze ontwikkelingen zou een aspect kunnen zijn om de methode te verbeteren.

4. Let op gebiedspecifieke factoren of bronnen van bodemverstoring
Per gebied kunnen soms specifieke verstoringsbronnen gelden. In pilotgebied De Kraats is in de Tweede Wereldoorlog een zone met loopgraven aangelegd. Vanwege het ontbreken van een GIS-bestand met ruimtelijke informatie over deze verstoringsbron, hebben we informatie over de ligging van de loopgraven niet kunnen raadplegen. We adviseren om voor het pilotgebied De Kraats deze bron alsnog te gebruiken voor het inschatten van de kansen op bodemverstoring. Ter plekke zullen de verstoringskansen dan toenemen. Elders in Nederland kunnen andere gebiedspecifieke factoren aanwezig zijn. Daarom adviseren wij om voor nieuwe studiegebieden navraag te doen bij de lokale overheid en eventueel bij lokale instanties, zoals waterschappen.

Literatuur

Akker, J.H. van den Akker, 2014. Inventarisatie ondergrondverdichting in Nederland. Managementsamenvatting. Alterra Wageningen UR.

Knol, W.C., H. Kramer en H.A. Gijsbertse, 2004. Historisch grondgebruik Nederland: een landelijke reconstructie van het grondgebruik rond 1900. Alterra, Alterra-rapport 573.

Massop, H.Th.L., C. Schuiling en A.A. Veldhuizen, 2013. Buisdrainagekaart 2012. Update landelijke buisdrainagekaarten voor het NHI op basis van de landbouwmeitellingen 2010. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2381.

Maas, G., F. Brouwer, N. Heidema en F. de Vries, 2016 (Rapport in voorbereiding). Inventarisatie GIS-bestanden met informatie over bodemverstoring. Alterra Wageningen UR. Rapport 2712.

Reuler H. van, G.D. Vermeulen, J. Spruijt, D.J.M. van Balen, M.P.M. Derkx, G. Heijerman, A.H.M.C. Baltissen en 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, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Internet

Kadaster, 2015. http://topotijdreis.nl/

Rijksdienst Ondernemend Nederland, 2014. *https://data.overheid.nl/data/dataset/brp-gewaspercelen*

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2710
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore the potential of nature to improve the quality of life

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2710
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.