

# Bodem- verdichting in de Pioenrozen teelt

Pioendag Breda

3 juni 2026

Kees Westerdijk



Ministries

Provincie Noord-Brabant



Medegefinancierd door  
de Europese Unie

Uitvoering door



Team Bontebek  
en Waterplanten



Voor groene veranderaars  
[aereshogeschool.nl](http://aereshogeschool.nl)

# Wat is bodemverdichting?

Wat is bodemverdichting?

Gevolgen van bodemverdichting

Wanneer ontstaat het (oorzaak)?

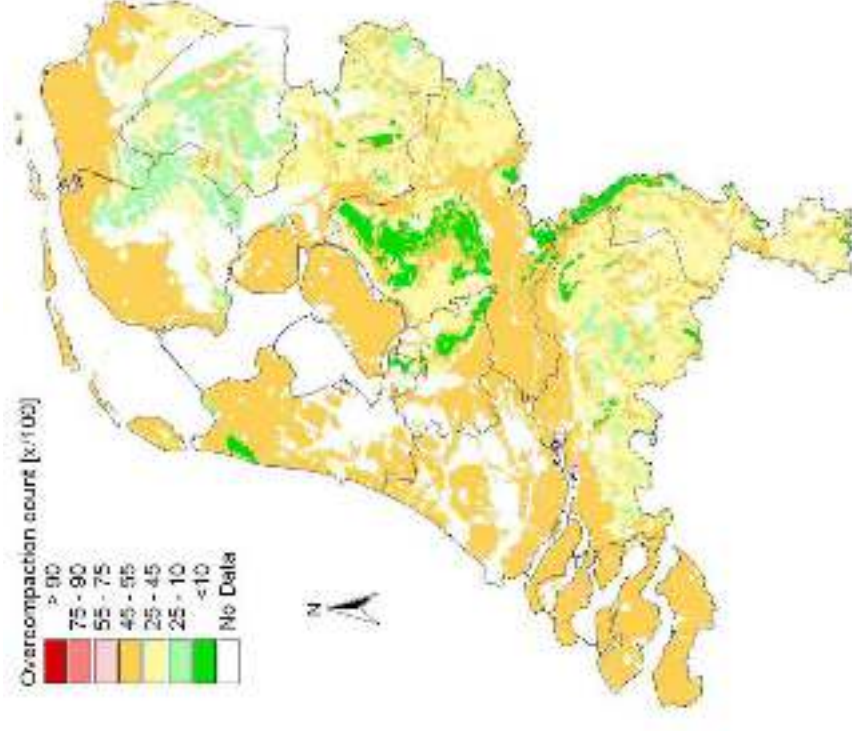
Hoe ontstaat het?

Wat kun je er zoal tegen doen (preventie)?

Maar... hoe kun je het (het beste) waarnemen?

1. Destructief

2. Doorlopend



Figuur 2. Oververdrichting ondergrond in 2010 gebaseerd op richtlijnen uit het landbouwkundig Informatie Systeem (BIS) van 1960 - 2010. De term oververdrichting in de figuur geeft aan dat de grond zo sterk is verdricht dat ernstige problemen met de indringingsweerstand, de luchtwisseling of doorlatendheid optreden. Het aantal 'counts' geeft aan in hoeveel locaties de ondergrond oververdricht is indien 100 locaties worden bemonsterd (Van den Akker en Hooijland, 2011).

Financiers



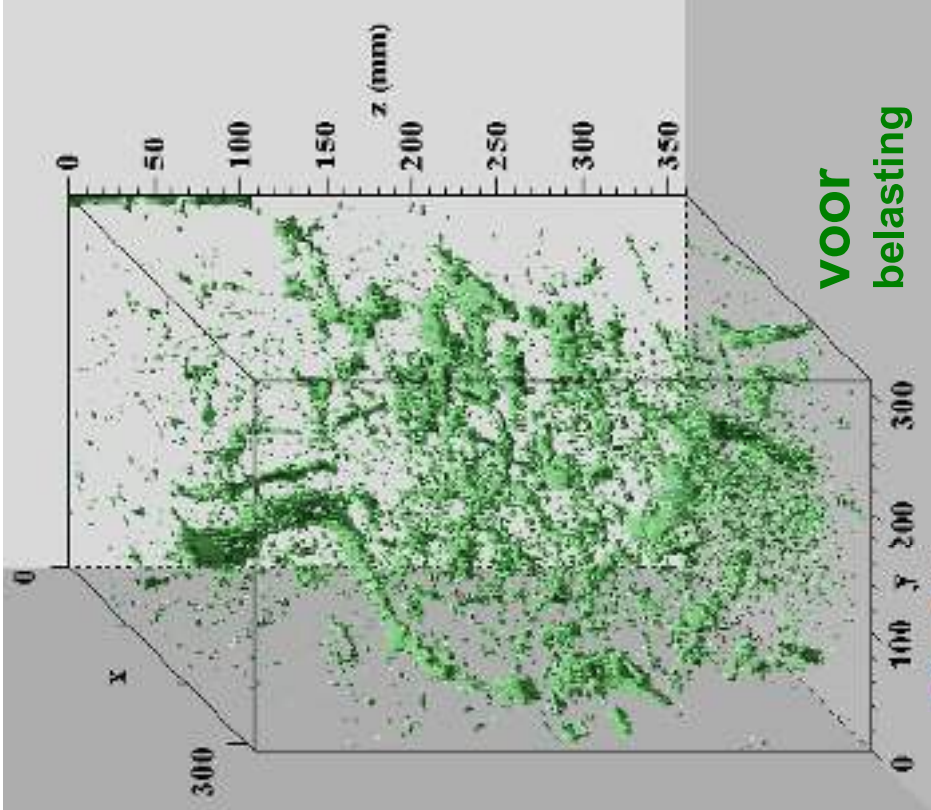
Med  
de Europese Unie

Provincie Noord-Brabant

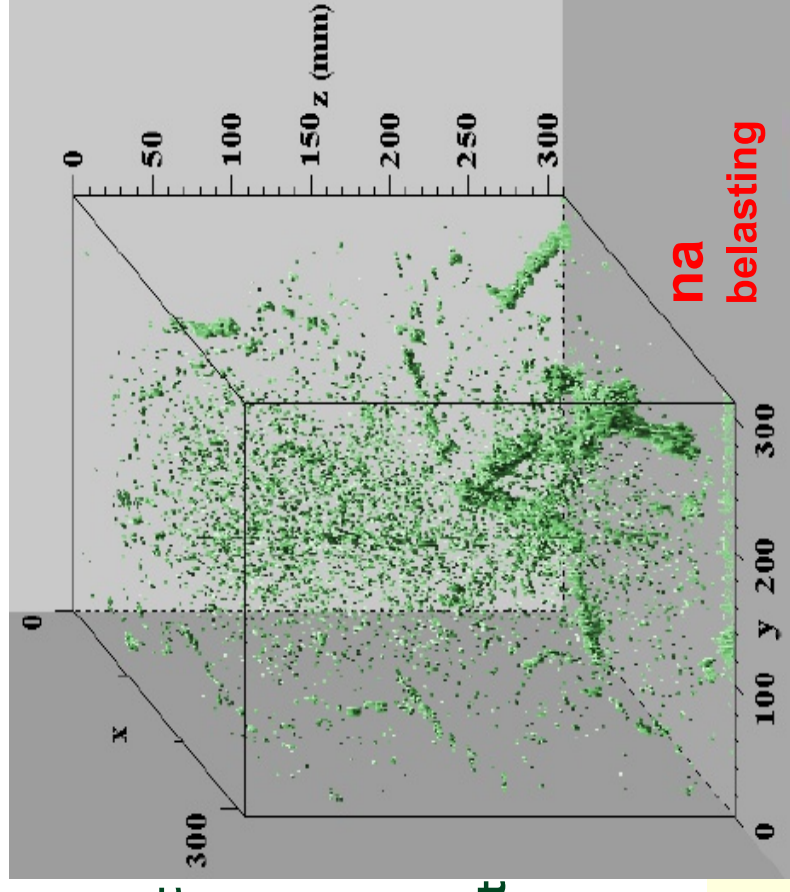
WUPITY  
WATER-UIT-DE-PROvincie



# Wat is bodemverdichting?



Bodemverdichting is het samendrukken en vervormen van de bodem door externe krachten, zoals van zware landbouwmachines. Dat gebeurt als er een grotere druk op de bodem wordt uitgeoefend dan deze kan weerstaan. Door het samendrukken van de bodemdeeltjes wordt het volume van poriën kleiner. Poriën in de grond zijn belangrijk voor het doorlaten van water, lucht en plantenwortels.



# Wat is bodemverdichting?

Door verdichting ontstaan in de bodem lagen met een verschillende structuur:

- Bovengrond: meer organische stof, meer bodemleven en meer beworteling. De structuur is losser in landbouwgrond die jaarlijks wordt geploegd of losgemaakt.
  - Ploegzool: laag verdicht door tractorbanden die tijdens het ploegen over de ondergrond rijden en door wiellasten van landbouwvoertuigen. De ploegzool is vaak slechter doordringbaar voor wortels, water en zuurstof dan de daaronder gelegen grond: de ondergrond.
  - Ondergrond: belangrijk om in droge perioden water te leveren aan planten en om regenwater naar het grondwater te leiden, wordt niet jaarlijks losgemaakt omdat de kosten hoog zijn en de grond snel opnieuw verdicht raakt.
- Ondergrondverdichting is daarom een doorlopend proces, dat uiteindelijk leidt tot een homogeen verdichte ondergrond.



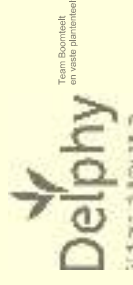
Financiers

Provincie Noord-Brabant



Medegefinancierd door  
de Europese Unie

Uitvoering door



Taan Beschik  
en voor plantenziekten



# Gevolgen van bodemverdichting

- De verdichte ondergrond leidt tot natschade en grotere gevoeligheid voor schimmelmziekten. Daardoor zijn extra gewasbeschermingsmiddelen nodig.
- Slechtere rooibaarheid doordat de gewassen hoger boven de grond groeien.
- Slechts 1 cm dieper insporen betekent al 10% meer brandstofverbruik. Een harde band spoort gemakkelijk 3 cm dieper in en kost dus circa 30% extra aan brandstof.
- Een verdichte ondergrond kost gemiddeld €100 per hectare per jaar aan opbrengstderving. Bij een hoog salderend gewas als aardappel loopt dit op naar €200 euro per hectare per jaar (bij pioenroenteelt waarschijnlijk veel hoger).



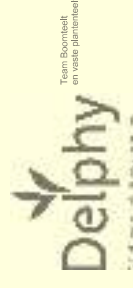
Financiers

Uitvoering door



Medegefinancierd door  
de Europese Unie

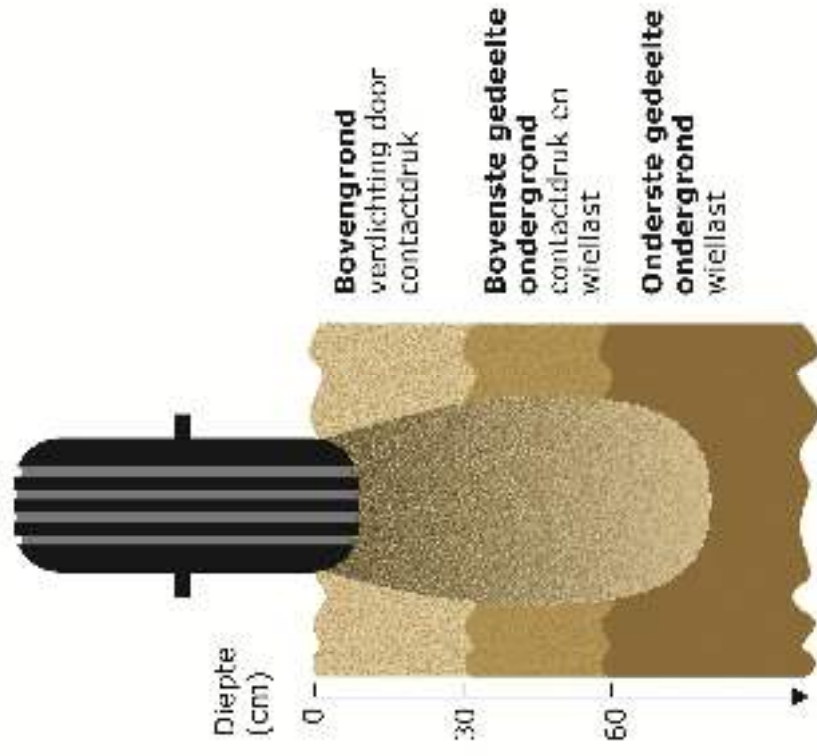
Provincie Noord-Brabant



# Oorzaak

**Bovengrondverdichting wordt veroorzaakt door contactdruk.**

**Ondergrondverdichting wordt veroorzaakt door wiellast.**

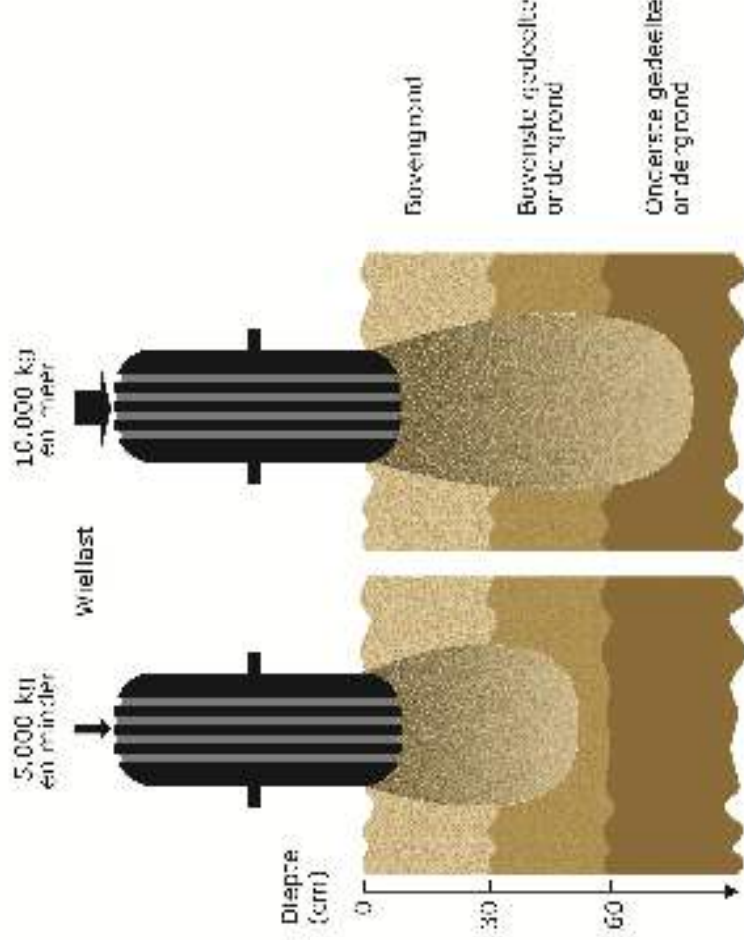
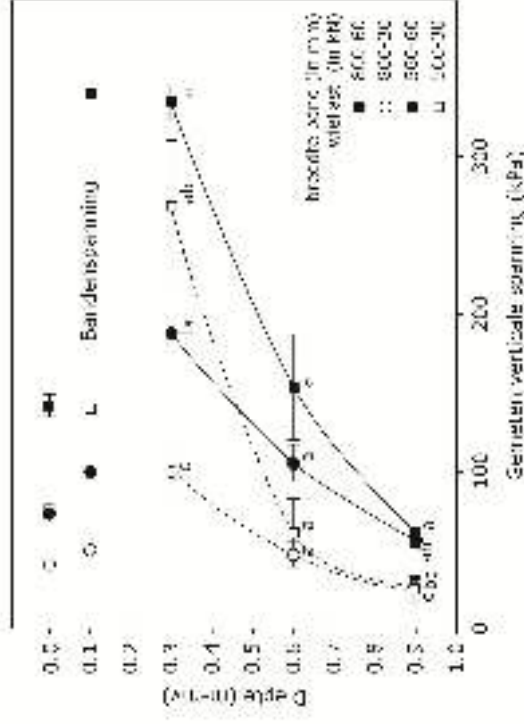


Financiers

Uitvoering door

# De invloed van wiellast op ondergrondverdichting

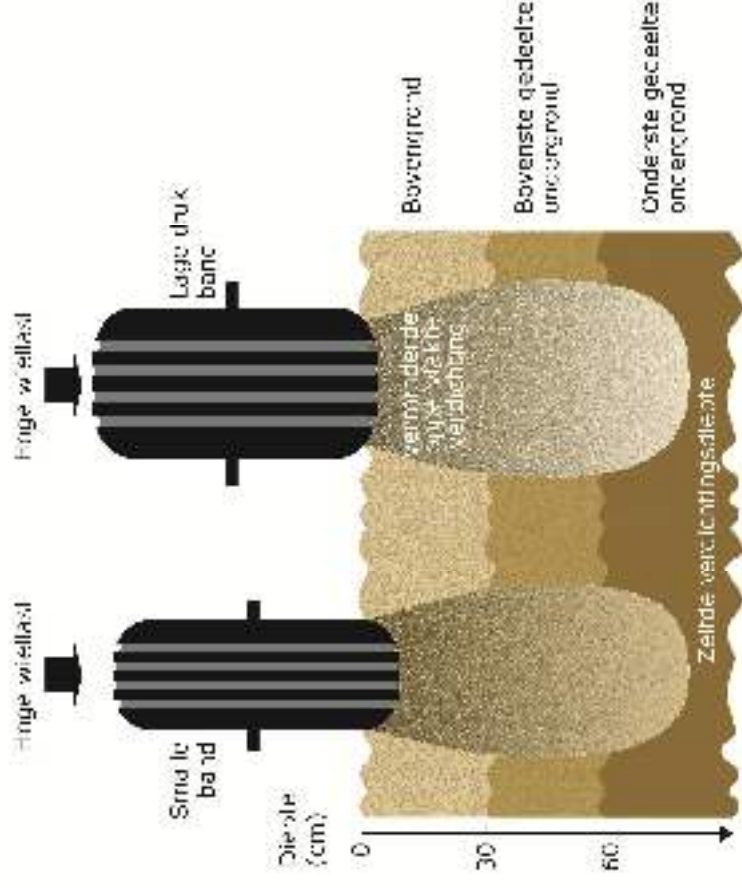
Hoe hoger de wiellast hoe dieper de bodemverdichting doorwerkt in de bodem



# Beperkte invloed van brede banden op verdichting van de diepere ondergrond

Sterke vermindering van verdichting bovenlaag met bredere banden (dus meer draagkracht).

Ondergrondverdichting neemt aanzienlijk minder sterk af, ondanks het verschil in bandenbreedte.

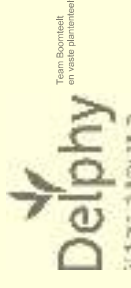


Financiers

Uitvoering door



Medefinancierd door  
de Europese Unie



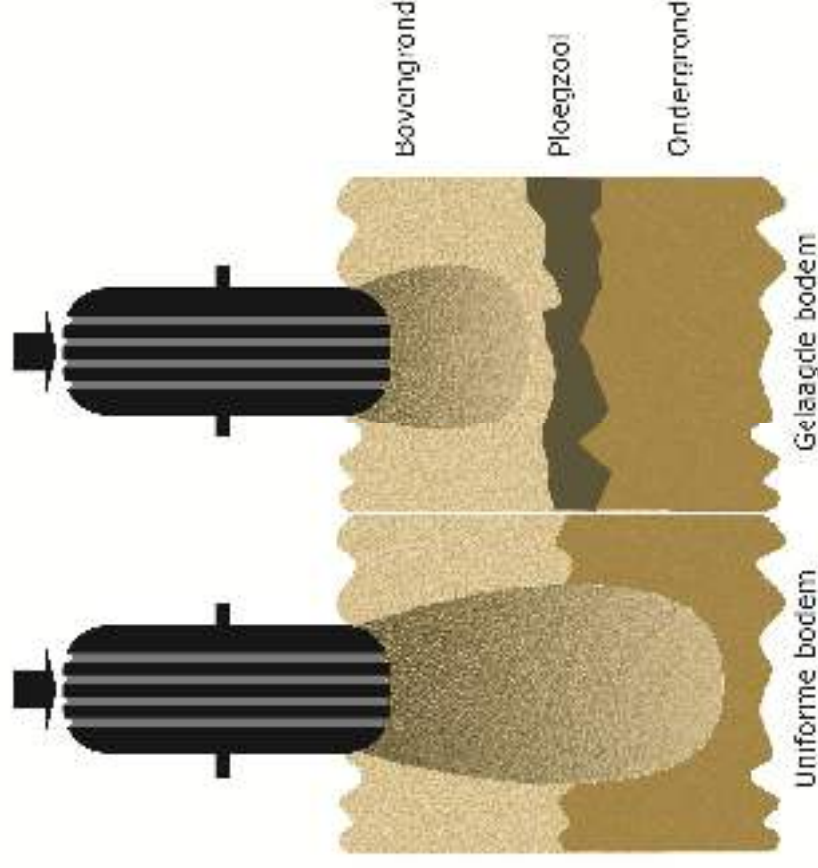
Ten Brabant  
in volle plantegroei



# Een verdichte bodem maakt de bodem sterker!

Een (verdichte=) sterkere bodem kan meer gewicht dragen.

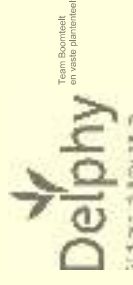
Maar dat mogelijk extra gewicht leidt ook weer tot een verdere verdichting (vergelijk dit met het creëren van een zandbaan voor wegen).



Financiers

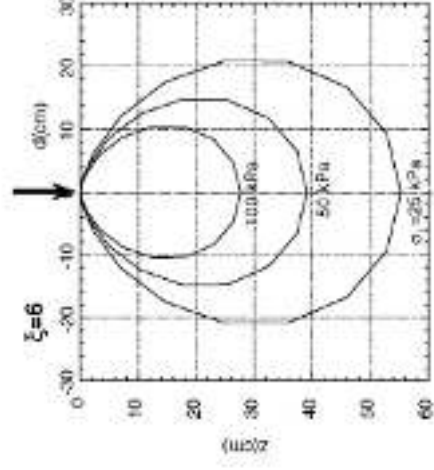
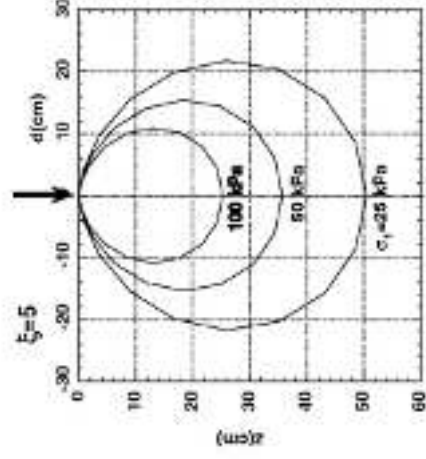
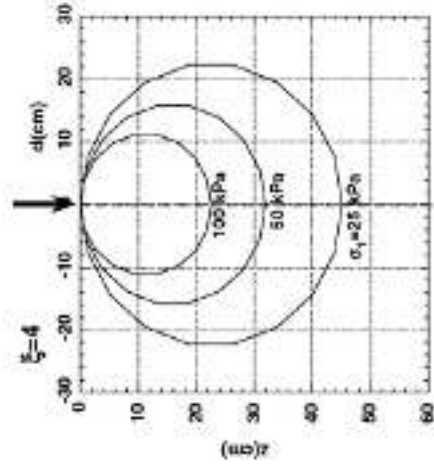


Medegefinancierd door  
de Europese Unie



# Grondspanning, verdeling in de bodem bij puntbelasting

Verdeling druk (puntbelasting) bij verschillende vochtgehaltes (4= droog, 6 = nat)



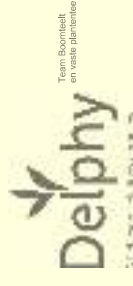
Financiers



Uitvoering door



Medegefinancierd door  
de Europese Unie



# Verdichtingsgevoeligheid zandgronden

**Er is weinig extra belasting voor nodig om zandgronden extra te verdichten (van nature is er al een hoge dichtheid).**

**Zandgronden met veel fijn zand en lutum (zavels) zijn zeer verdichtingsgevoelig omdat grove poriën makkelijk opgevuld kunnen worden (betonstructuur).**

**Zandgronden hebben weinig cohesie (samenhang) waardoor verdichting sneller leidt tot vervorming (afschuiving).**

**Geen natuurlijk herstel vermogen.**

**Mechanisch herstel maakt ze nog gevoeliger voor verdichting.**

# Verdichtingsgevoeligheid kleigronden

**Sterke samenhang (cohesie) wanneer klei uitdroogt, daardoor veel sterker dan zandgronden.**

**Onder natte condities erg plastisch; daardoor beperkte mogelijkheid voor bewerking.**

**Door uitdroging en vorst (zwellen en krimpen) kan dichtheid weer verminderen.**

**Maar reikt dit proces ook tot de diepere ondergrond?**

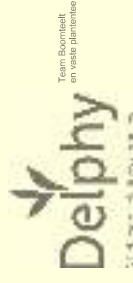


Financiers



Medegefinancierd door  
de Europese Unie

Provincie Noord-Brabant



12



# Hoe ontstaat het?

- Bodem heeft een bepaalde sterkte (draagkracht) afhankelijk van grondsoort en vochttoestand
- Bodembelasting groter dan draagkracht:



Vervorming en verdichting



# Samenvattend

- De preventie van bodemverdichting moet met name gericht zijn op de ondergrond (beneden 30 cm) omdat deze zeer moeilijk te herstellen is.
- De belangrijkste maatregel om ondergrondverdichting te voorkomen is het verlagen van de aslast (het gewicht moet er af).
- Het gebruik van lage drukbanden kan ondergrondverdichting ook verminderen mits ze niet worden misbruikt om nog zwaardere aslast te vervoeren.
- Natte gronden zijn minder sterk dan droge gronden. Het is belangrijk om bewerking en oogsten onder natte omstandigheden te voorkomen.



Financiers



Beleidend  
Bodem in Bloei  
Brabant



Medegefinancierd door  
de Europese Unie

Centraal Bureau  
voor de Milieumonitoring

Delphy



14

# Preventie, hoe dan?

**Voorkomen van permanente samendrukking.**

**Droge grond:**

**Goede ontwatering/drainage**

**Niet te vroeg of te laat op het land.**

**Bovenover ploegen.**

**Gereduceerde grondbewerking.**

**Lage bandspanningen**

**(feitelijk <80 kPa/0,8 bar).**

**Beperking aslast tot 10 ton.**

**Gebruik van drukwisselsysteem.**

**Rupsbanden.**

**Sleepslangensysteem.**

**Rijbanenteelt.**



Financiers



Medegefinancierd door  
de Europese Unie

Provincie Noord-Brabant

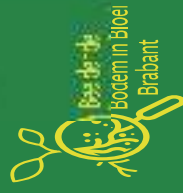
Traject Brabant  
en waterplanning.nl

Delphy



# Hoe kun je het (het beste) waarnemen

Destructief  
Doorlopend



Financiers

Provincie Noord-Brabant



Medegefinancierd door  
de Europese Unie

Uitvoering door



Team Bioveel  
en Waterplanten



Voor groene veranderaars  
[aereshogeschool.nl](http://aereshogeschool.nl)

# Detectiemethoden van bodemverdichting in het veld

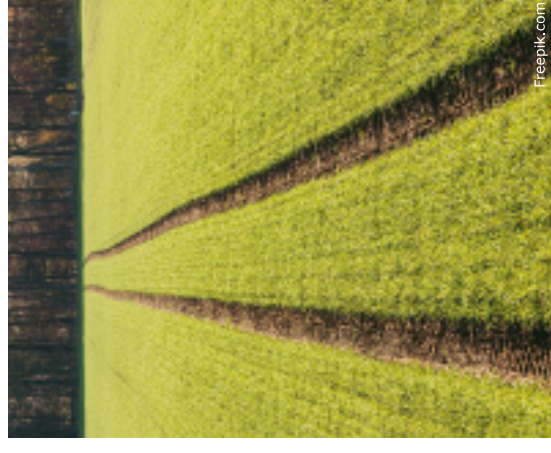
Hoe kunnen we bodemverdichting detecteren in het veld?

We willen verdichting in het veld beoordelen omdat:

- We willen weten **of** een perceel verdicht is
- We willen weten **waar** een perceel verdicht is
- We willen weten **hoeveel** een perceel verdicht is

...want:

- Willen bepalen of we die verdichting kunnen **verhelpen**
- We er in het **bouwplan** rekening mee willen houden
- We er bij **irrigatie/bemesting** rekening mee willen houden
- ...

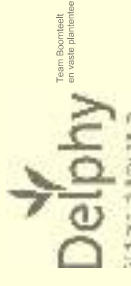


Maar hoe zien we of er verdichting voorkomt op een perceel?

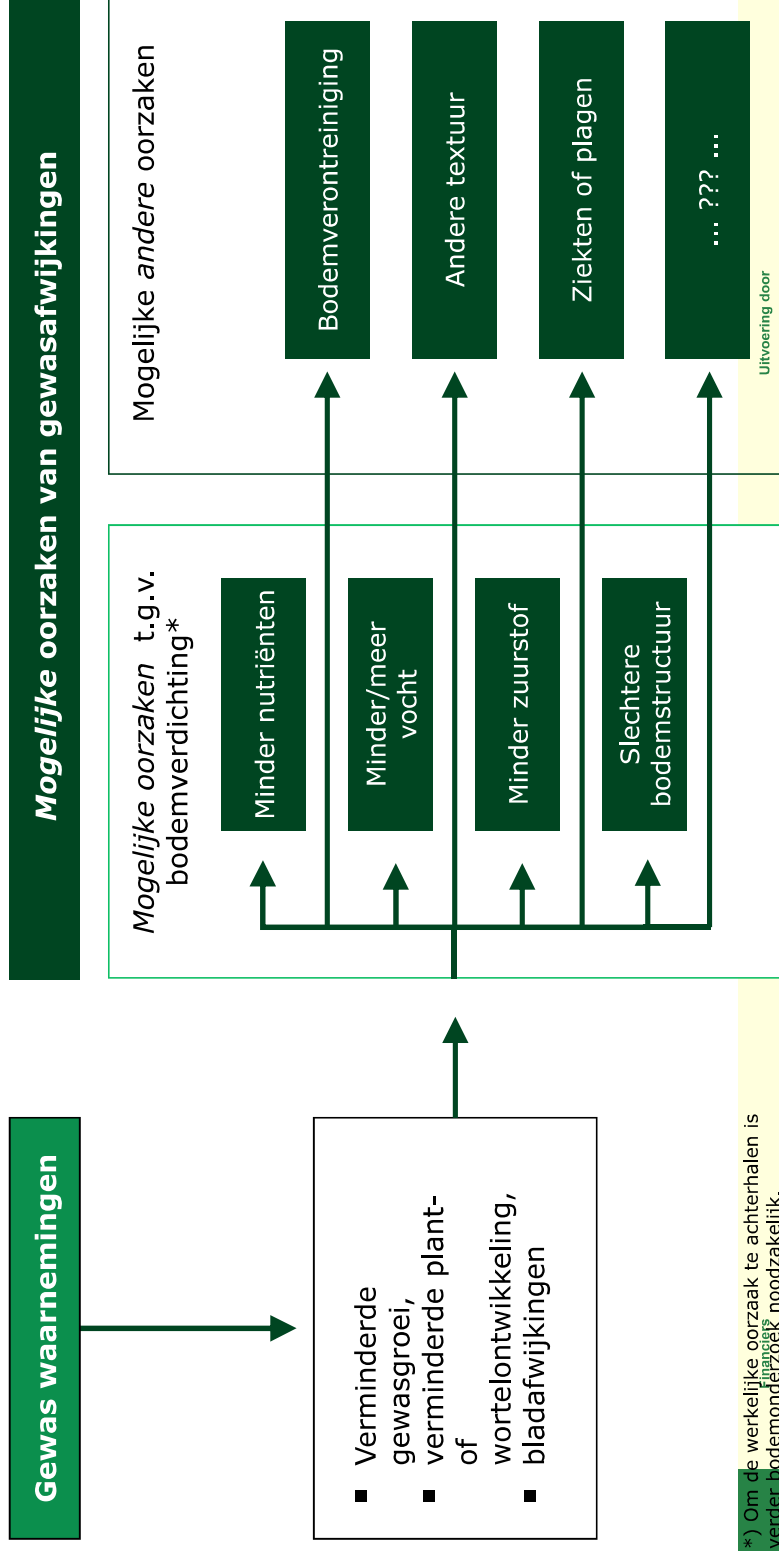
Provincie Noord-Brabant



Medegefinancierd door  
de Europese Unie



# Visueel detecteren van bodemverdichting in het veld aan de hand van gewassenmerken



\*) Om de werkelijke oorzaak te achterhalen is verder bodemonderzoek noodzakelijk.

# Van oppervlakkig waarnemen naar “kijken” in de bodem



Structuur



Kleur

Waterhuishouding



Bodemleven



# Detectie van bodemverdichting op puntschaal

Methoden om bodemverdichting op puntschaal te detecteren op basis van:

- a. Indringingsweerstand: meten met een penetrologger.
- b. Bulkdichtheid: Grondmonsters nemen (100cc Kopecky ringen) en in het laboratorium de dichtheid bepalen (hangt af van grondsoort)
- c. Bulkdichtheid: VISNIR (Visual Near InfraRed sensor) kan worden gebruikt om de dichtheid te schatten
- d. Bulkdichtheid: MS-RhoC dichtheidssensor op basis van gammastraling

# Penetrologer - indringingsweerstand

**Werking:** registreren van de mechanische weerstand van een conus die met constante snelheid de bodem in wordt gedruwd

**De weerstand is een indicatie voor verdichting (Indringingsweerstand: grenzen: bij > 2 Mpa ondervindt de plantenwortel hinder, bij > 3 Mpa is wortelgroei onmogelijk).**

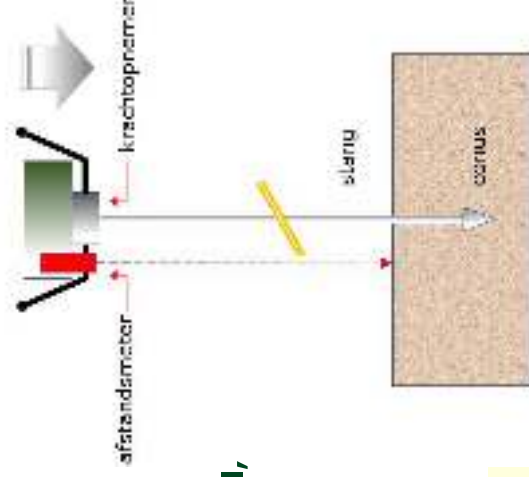
**Meting wordt beïnvloed door: bodemvochtgehalte, textuur, bodemopbouw, bediening (dus beperkte nauwkeurigheid)**

**Lopend / in situ, puntmeting, kleine schaal**

**Toepassing: inventarisatie van verdichting in het bodemprofiel, lokaal**

**Voordelen: snel, relatief goedkoop**

**Nadelen: beperkte nauwkeurigheid, meet geen dichtheid, indicatief, toepasbaar op kleine schaal**



# Gebruik van Penetrologger in de praktijk

**In een droge grond is met een penetrologger geen goed beeld te krijgen van verdichting (de weerstand is zowieso hoog bij droge grond)**

**Moet je bij de eerste 30-40 centimeter al hard duwen om de pen in de grond te krijgen, kies dan een andere methode of wacht tot het profiel nat is ('veldvochtig' =  $pF 2 = h = -100 \text{ cm}$ )**

**Bij een droge grond kun je op een perceel alleen een indicatie krijgen van de ruimtelijke verdeling van verdichting (een relatieve meting)**

**Bij gunstig bodemvochtgehalte ('veldvochtig') kun je wel meten, maar als je percelen gaat vergelijken let dan op verschillen in textuur, profielopbouw en bediening**

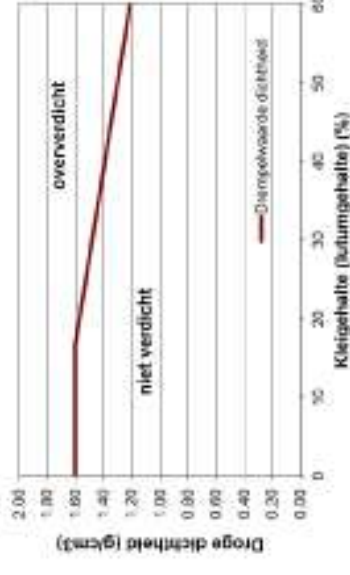
# Bulkdichtheid: Grondmonsters

Door middel van het nemen van grondmonsters kan de dichtheid het nauwkeurigst worden bepaald: dit is nuttig voor een nauwkeurige bepaling op kleine schaal (puntschaal). Vaak worden daar RVS 100cc ringen voor gebruikt. De ringen worden gewogen, gedroogd en gewogen waarbij het (veld)vochtgehalte en de dichtheid [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] kan worden bepaald.

Bij een droge bulkdichtheid van  $> 1,6 \text{ kg}/\text{m}^3$  wordt vaak gesproken van bodemverdichting. Dit is een arbitraire grens omdat het sterk afhangt van het gewas of de plant hier last van heeft. Zie onderstaande grafiek voor de afhankelijkheid van kleigehalte voor deze grens.

Toepassing: op kleine schaal, geschikt voor diepteprofiel  
Voordelen: nauwkeurig, eenvoudig, apparaatuur is goedkoop

Nadelen: alleen toepasbaar op kleine schaal, arbeidsintensief (en daardoor weer duur).



Financiers

Uitvoering

# Bulkdichtheid: Guts

**Guts wordt in de bodem gedrukt/geslagen, op gewenste diepte afgesneden, in zak gedaan, in het lab gewogen, gedroogd, gewogen.**

**Gemiddelde (droge) bulkdichtheid over de gestoken diepte wordt berekend (guts heeft vaste inhoud, en dus volume).**

**0-30 cm, 30-80 cm of andere verdeling mogelijk.**

**Gebruikt in de [Nederlandse studie naar bodemkoolstofvoorraad](#)**

**Toepassing: op kleine schaal, diepteprofiel**

**Voordelen: eenvoudig, apparatuur is goedkoop meet het hele profiel**

**Nadelen: arbeidsintensief (dus duur), beperkte nauwkeurigheid, kleine schaal.**



Financiers

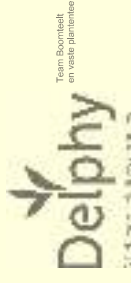
bering door



Provincie Noord-Brabant



Medegefinancierd door  
de Europese Unie



# Bulkdichtheid: VISual Near InfraRed (VISNIR)

**VISNIR bepaalt chemische samenstelling en fysische eigenschappen**

**Kan via deze metingen ok rechtstreeks Bulk Density bepalen**  
**Door meerdere metingen te combineren kan een 2D kaart worden geconstrueerd**

**Interessant in combinatie met andere sensoren (b.v. hiernaast: penetrologger + VISNIR)**

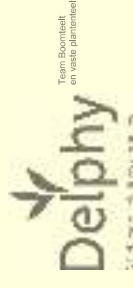


Financiers

Uitvoering door



Medegefinancierd door  
de Europese Unie



# VISual Near InfraRed (VISNIR)

## Werking:

Infrarood module: de reflectie van een infrarood signaal wordt via een ijklijn omgezet in een dichtheid

Krachtopnemer: werkt als penetrometer

**Toepassing: veldschaal, groot aantal metingen in korte tijd, veldinventarisatie**

**Voordelen: dubbele meting (NIR + indringingsweerstand), snel, nauwkeurig, grotere schaal**

**Nadelen: dure apparatuur, interpretatie metingen lastiger, onder minder ideale omstandigheden is de nauwkeurigheid veel lager**



Infrarood module met venster voor NIR deel

Krachtopnemer voor penetrometer deel

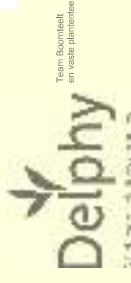
Financiers

Uitvoering door



Medegefinancierd door  
de Europese Unie

Provincie Noord-Brabant



Tuinen, Buitenland  
en water plantenteelt



# Bulkdichtheid: MS-RhoC sensor

**Sensor wordt in voorgestoken gutschgat gezet, start kalibratiemeting (3-5 minuten), houdt sensor op gewenste diepte, start meting (1-2 minuten), ga door naar de volgende diepte**

**Omgevingsvolume wordt niet-lineair gemeten**

**Veldvochtige bulkdichtheid per 5 cm tot 100 cm diepte**

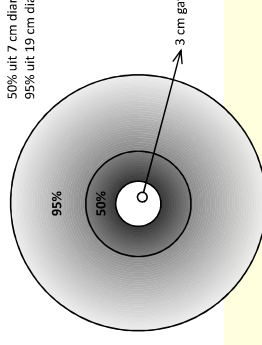
**Apparaat met vochtmeting in ontwikkeling**

**(nog) Beperkt gevalideerd**

**Voorbeeld: Medusa MS-Rho-C**



Bijdrage signaal:  
50% uit 7 cm diameter  
95% uit 19 cm diameter



Financiers



Medegefinancierd door  
de Europese Unie

Provincie Noord-Brabant



Tussen Beeldende  
en veldplanteelt

Delphy  
D.E. N. V. - B. V.

# Detectie van bodemverdichting op veldschaal

**Methode om bodemverdichting op veldschaal te detecteren:**

**EMI Elektromagnetische Inductie**

**EC Elektrische weerstand (EC = Electrical Conductivity)  
Gronddar (GPR, Ground Penetrating Radar)**

**Gammastralen (Gamma-ray sensors)**



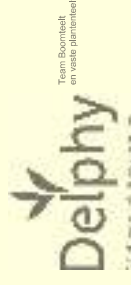
Financiers

**Provincie Noord-Brabant**



**Medegefinancierd door  
de Europese Unie**

Uitvoering door



# EMI - Electromagnetische Inductie

EMI Meet *schijnbare* elektrische geleidbaarheid

De meting is een combinatie van vocht, textuur, zout en porositeit

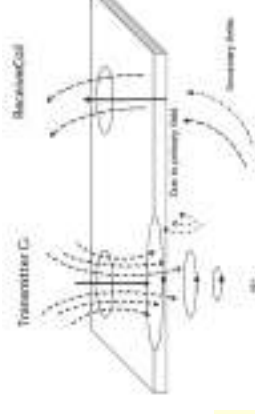
Meetdiepte afhankelijk van spoelafstand (0,5 - 6 m)

Kalibratie en omrekening nodig, zones mogelijk

Constructie van 2D beeld mogelijk

Lopend of getrokken

Gevoelig voor artefacten



# EC – Elektrische Geleidbaarheid (Electric Conductivity)

EC Meet elektrische geleidbaarheid

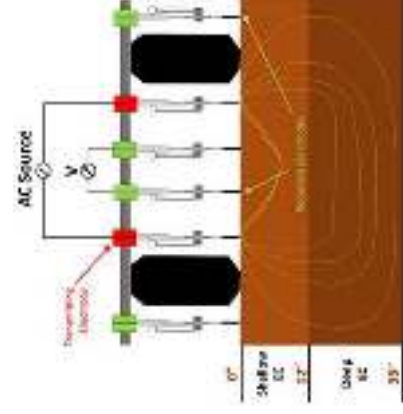
De meting is een combinatie van vocht, textuur, zout en dichtheid

Meetdiepte afhankelijk van sensorafstand

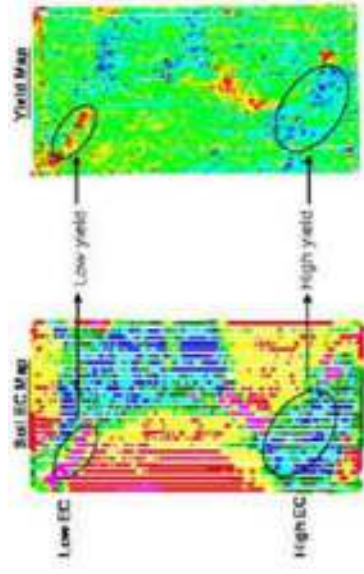
Kalibratie en omrekening nodig, zones mogelijk

Constructie van 2D beeld mogelijk

Lopend of getrokken



Contact EC sensor die op  
Financiers twee diepten meet



Vergelijking tussen Bodem EC kaart  
u en de opbrengst kaart

# Grondradar (GPR, Ground Penetrating Radar)

**Verticale radar: geluidssignaal reflecteert op scherpe laagovergangen in textuur, vocht, materiaal, dichtheid**

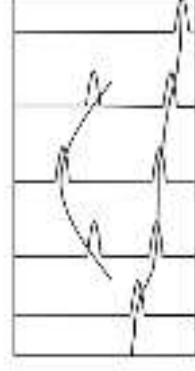
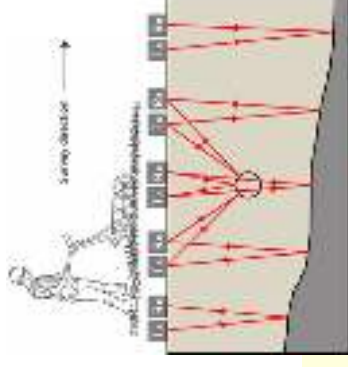
**Meting van bodemprofielopbouw en objecten**

**Detectie van plekken met hogere dichtheid dan andere plekken, bepalen van absolute dichtheid niet mogelijk**

**Constructie van 2D beeld mogelijk**

**Kalibreren met boringen nodig, zones mogelijk**

**Lopend, rijdend**

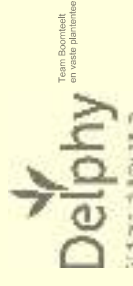


Financiers



Provincie Noord-Brabant

Medegefinancierd door  
de Europese Unie



# Gamma stralen sensoren (gamma-ray sensor)

Sensors worden op een slede gemonteerd of op de voorkant of achterkant van een quad of aan een drone

Tijdens het rijden of vliegen worden de bodemeigenschappen (dichtheden) gemeten in de laag van 0-30cm

Constructie van 2D kaarten mogelijk  
Combinatie van RhoC en GPR-sensoren mogelijk

Voorbeeld: Medusa MS-RhoC  
<https://medusa-online.com/>



# Keuze detectiemethode afhankelijk diverse factoren

**Wat is het (eind)doel?**

**Welke schaal?**

**Hoe onnauwkeurig mag het zijn?**

**Hoeveel meetpunten?**

**Wat kun je zelf?**

**Hoog of laag-technologisch?**

**Wat mag het kosten?**



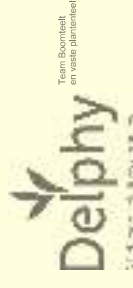
Financiers

**Provincie Noord-Brabant**



**Medegefinancierd door  
de Europese Unie**

Uitvoering door



# Detectiemethoden en doelen

**Veldobservaties: goed beeld van de gevolgen van bodemverdichting op het gewas en op de lokale bodemstructuur. Geen directe maat voor de mate van bodemverdichting**

**Puntmetingen: objectiveren van de mate van bodemverdichting op puntschaal. Vertalen naar veldschaal mogelijk maar vereist veel puntmetingen**

**Veldmetingen: opsporen van gebieden met mogelijke bodemverdichting. Geen directe maat voor de mate van bodemverdichting**

**Veldmetingen en puntmetingen ook valideren met veldobservaties om te weten of metingen ook visueel waarneembaar zijn**

# Detectiemethoden in de praktijk

## Hoe pak je dat nou aan?

1. **Onderstaand lijstje geeft een richtlijn van hoe je te werk kunt gaan als je een vermoeden hebt dat een perceel last heeft van bodemverdichting;**
2. **VISUELE CONTROLE bovengronds**  
Ga het veld in en kijk of je tekenen kunt vinden van verdichting: plasvorming na regen, verminderde gewasontwikkeling, verkleurd blad, etc. (slide 12, 13)
3. **VISUELE CONTROLE ondergronds**  
Graaf een kuil tot ongeveer 60-70cm diep op een plek waar je verdichting vermoed, zoek naar aanwijzingen (slide 14-25)
4. **EERSTE PUNTMETINGEN**  
Op de plekken waar je verdichting vermoedt, doe metingen met 100cc ringen of penetrologger. Het is het goedkoopst deze metingen te laten doen door iemand die deze spullen al heeft of door apparatuur te lenen.
5. **VELDINVENTARISATIE**  
Is bodemverdichting op een of enkele plekken bewezen en wil je een inventarisatie van het hele perceel doen, ga dan te werk met apparatuur beschreven op slide 47-50. Laat dit doen door een gespecialiseerd bedrijf.

# Verres

Voor groene veranderaars

# Dank voor uw aandacht