

***Vervolgonderzoek
verhoogde nikkelgehalten in
grondwater in de provincie
Flevoland***



Jan Bokhorst & Sjef Staps

LOUIS BOLK
I N S T I T U U T

© 2010 Louis Bolk Instituut

Vervolgonderzoek verhoogde nikkelgehalten in
grondwater in de provincie Flevoland 2009.

Auteurs: Jan Bokhorst en Sjef Staps

Dankwoord

Op zoek naar de oorzaak van hoge nikkelgehalten in grondwater. Na een voorstudie, met daarbij hulp van deskundigen zoals Cees Sonneveld en Esther Lucassen met expertise op zeer uiteenlopende gebieden zijn we aan de slag gegaan met experimenten om meer helderheid te krijgen. Het gaat om een gevoelig onderwerp. De betrokkenen hebben of hadden gehalten aan nikkel in de grond die boven de interventiewaarde zitten. Toch waren de medewerkers van de drie kasteeltbedrijven en van het bedrijf Excelsum buitengewoon bereidwillig om mee te werken. Daarvoor dank. Ook dank aan Riekje Bruinenberg die op het laboratorium de bouw van de ingewikkelde proefopstelling en de uitvoering van de experimenten verzorgde.

Inhoud

Dankwoord	3
Inhoud	6
Samenvatting	7
1. Inleiding	9
2. Werkwijze	11
3. Resultaten	15
4. Bespreking resultaten	17
5. Conclusies	19
6. Aanbevelingen	21
7. Literatuur	23
Bijlage 1-4	

Samenvatting

Op meerdere plaatsen in Nederland en ook in Flevoland worden al langere tijd in het ondiepe grondwater nikkelgehalten aangetroffen die boven de streefwaarde (15 µg per l) en interventiewaarde (75 µg per l) liggen. Waarden tot boven de 400 µg per l komen voor. Vaak wordt gedacht aan een natuurlijke oorsprong. Een deskstudie die door het Louis Bolk Instituut is verricht gaf aanwijzingen dat bedrijfsactiviteiten toch ook een rol kunnen spelen. In voorliggend rapport worden drie hypothesen geformuleerd. Daarnaast doet dit rapport verslag van uitgevoerde experimenten die meer licht op deze hypothesen kunnen werpen. De hypothesen zijn:

1. Chelaten, EDTA en DTPA uit meststoffen of industriële activiteiten houden nikkel in oplossing.
2. Sulfaten uit meststoffen in combinatie met een afwisseling van zuurstofarme en zuurstofrijke omstandigheden stimuleren het in oplossing gaan of blijven van nikkel.
3. Nikkel zit onbedoeld vrij veel in meststoffen en wanneer die bij meststofbereidingsinstallaties in kassen worden gemorst kan nikkel in het grondwater terecht komen en verhoogde nikkelgehalten veroorzaken.

Het onderzoek naar chelaten toont aan dat deze in zodanige gehalten aanwezig zijn dat deze potentieel tot verhoogde nikkelgehalten in het grondwater kunnen leiden.

Een laboratoriumproef gaf duidelijke aanwijzingen dat sulfaat in combinatie met een afwisseling van zuurstofarme en zuurstofrijke omstandigheden tot hogere nikkelgehalten leidt.

De in drie kassen gebruikte meststoffen bevatten nikkel en wanneer de meststoffen in geconcentreerde vorm in het grondwater komt veroorzaakt dit mogelijk voor een deel het probleem. De gehalten in deze meststoffen zijn overeenkomstig die in het grondwater van kassen met relatief hoge nikkelgehalten.

Daarmee kunnen alle drie de hypothesen nog geldig zijn. Mogelijk is ook sprake van naast elkaar optredende processen.

Er worden, gezien de omvang van het probleem, aanbevelingen gedaan om rond chelaten, sulfaat en meststoffen meer onderzoek te gaan doen:

- bij EDTA: onderzoek naar het gehalte in meststoffen en naar de mate waarin chelaten als EDTA en DTPA van betekenis zijn;
- bij sulfaat: meer fundamenteel onderzoek dichterbij de praktijksituatie;

- bij meststoffen: meer onderzoek naar gehalten in meststoffen om de werkelijke bron te vinden.

1. Inleiding

Op meerdere plaatsen in Nederland, en ook in Flevoland, zijn in het grondwater verhoogde nikkelgehalten aangetroffen. Vooral onder meststofbereidingsplaatsen in kassen was dit het geval. Een duidelijke oorzaak kon ondanks uitvoerig onderzoek niet worden aangegeven.

Een natuurlijke bron wordt meestal verondersteld, onder meer recent door Walraven en Meihuizen (2010). Regelmatig zijn de aangetroffen gehalten aanzienlijk hoger dan de interventiewaarde. Belangrijk is of de verontreiniging het gevolg is van menselijk handelen. In dat geval is de Wet bodembescherming (Wbb) van toepassing.

In dit kader is door het Louis Bolk instituut een onderzoek uitgevoerd, waarvan in voorliggend rapport verslag wordt gedaan. Het doel van dit onderzoek is middels experimenten de oorzaak van de verhoogde nikkelgehalten vast te stellen.

Voorafgaand aan dit onderzoek is in opdracht van de provincie Flevoland een studie uitgevoerd (Bokhorst en Staps, 2010). Deze studie gaf aanleiding om een aantal hypothesen experimenteel te gaan testen.

Projectopzet

Getoetst worden 3 hypothesen:

1. Chelaten voorkomen dat nikkel in de grond in onoplosbare verbindingen overgaat;
2. Sulfaat uit meststoffen in combinatie met afwisseling van aerobie en anaerobie leiden tot vrijkomen van nikkel;
3. Nikkel zit in de toegediende meststoffen.

Als eerste stap om de rol van chelaten te achterhalen is op 4 locaties onderzocht of er chelaten in het grondwater aanwezig zijn.

De rol van sulfaat is onderzocht middels een laboratoriumexperiment.

De eventuele rol van nikkel in meststoffen is onderzocht door bij drie kasteeltbedrijven het nikkelgehalte van de toegediende meststoffen te meten.

Nadere omschrijving van de hypothesen

Hypothese 1: chelaten voorkomen het overgaan van nikkel in slecht oplosbare verbindingen.

Op plaatsen waar verhoogde nikkelgehalten zijn aangetroffen zijn ook chelaten gebruikt. In kassen wordt als meststof Fe-DTPA gebruikt gebruik gemaakt en bij het bedrijf Exelsum in Almere is in het verleden EDTA gebruikt om metalen te reinigen. Chelaten voorkomen dat metalen vastgelegd worden aan bijvoorbeeld sulfiden in de grond. Interessant is dat het chelaat EDTA al in een lage concentratie (80 µg nikkel/l) het oplosbaar nikkelgehalte kan

verhogen. Dit is aangetoond bij onderzoek waarbij chelaathoudend rivierwater in contact met duinzand kwam (Hrubec e.a. 1994).

Hypothese 2: sulfaten in combinatie met reductie en oxidatie leiden tot verhoogde gehalten.

Zwavel is een voedingselement en de voedingsoplossing van kassen bevat altijd sulfaat. Komt uitgespoelde sulfaat in anaerobe omstandigheden in een organische stofhoudende bodem dan wordt het sulfaat gereduceerd en ontstaat pyriet (FeS_2) waar nikkel in ingevangen kan worden en nikkelsulfiden kunnen ontstaan. Is er een periode met meer zuurstof dan komt nikkel vrij (Lucassen, 2001). Het onderzoek van Lucassen vond plaats in een relatief zure omgeving. Ook in een kalkrijke grond kan plaatselijk verzuring ontstaan en is het goed mogelijk dat dit proces zich daar ook afspeelt (E. Lucassen, mond. mededeling).

Hypothese 3: nikkel zit in de toegediende meststoffen.

In het verleden, toen verontreiniging met zware metalen nog weinig aandacht had, zijn meststoffen gebruikt die veel nikkel bevatten. Te denken valt aan ledermeel en stadsvuilcompost. Niet alleen deze meststoffen zijn verdacht. Bij de in het verleden gebruikte minerale meststoffen is ook weinig aandacht voor zware metalen en zeker voor nikkel geweest (mond. mededeling C. Sonneveld, voormalig hoofd bemesting Proefstation Naaldwijk). Verdacht zijn de fosfaatmeststoffen, maar ook andere kunnen nikkel bevatten. Enkel- en dubbelsuperfosfaat zijn zeer verdacht, maar deze zijn nooit in een kas gebruikt. Bij een inventarisatie van 196 fosfaatmeststoffen in 12 Europese landen was het gemiddelde nikkelgehalte 14,8 mg/kg (Nziguheba, 2007).

2. Werkwijze

1. Werkwijze onderzoek chelaten

Het gehalte aan EDTA en DTPA is geanalyseerd in het grondwater van 3 kassen in de Provincie Flevoland die in het verleden verhoogde gehalten lieten zien en bij Excelsum waar in het verleden met EDTA metaal is gereinigd.

De bedrijven zijn:

1. D.J. Wieten, Baarlosedwarsweg 6, Marknesse, bloementeelt
2. Flevoflora, Oosterringweg 1, Marknesse, bloementeelt
3. Kwekerij Wouters, Enserweg 3, Ens, bloementeelt en groentezaden
4. Exelsum, Dukdalfweg 57, Almere, voorheen metaalreiniging, nu hoofdkantoor

2. Werkwijze onderzoek sulfaten in combinatie met reductie en oxidatie

Bij aanwezigheid van sulfaat kan onder anaerobe omstandigheden nikkel worden vastgelegd en wanneer daarna weer lucht toetreedt kan nikkel versterkt worden vrijgemaakt. De hypothese is dat herhaalde afwisseling van anaerobe en aerobe omstandigheden een toename van het gehalte oplosbaar nikkel geeft. In een laboratoriumexperiment wordt de veldsituatie nagebootst.

Op een locatie waar in het verleden verhoogde gehalten aan nikkel zijn aangetroffen is grond bemonsterd. Na respectievelijk wel en niet toedienen van sulfaat en na periodiek anaerobe en anaerobe omstandigheden is het opgeloste nikkelgehalte gemeten.

De grond is bemonsterd bij het bedrijf Flevoflora te Marknesse is tussen 80 en 100 cm -mv. Het is een organische stofarme lichte zavelgrond. Op deze diepte was de grond deels geoxideerd en deels gereduceerd.

Deze grond is in grove brokken met een diameter van ca 3 cm verdeeld. De grond bleef dus enigszins in dezelfde structuur als oorspronkelijk op locatie. De grond is in cilinders gebracht die gemaakt zijn van pvc buizen met een diameter van 110 mm en een hoogte van 20 cm. De onderkant was een microfilter waardoor wel water, maar geen grond kon passeren. Hierin is 1,8 kg veldvochtige grond gebracht. Met behulp van cilinders die even breder waren dan de met grond gevulde cilinders kon de grond onder water worden gezet zodat een anaerobe situatie kon ontstaan (afbeelding 1). Na 3 weken werden de met grond gevulde containers omhooggetild zodat ze konden uitlekken. Het water werd opgevangen en na 24 uur uitlekken werd de grond in bakken overgebracht zodat ze in contact met lucht konden komen (afbeelding 2). De visuele beoordeling wijst er op dat de grond inderdaad afwisselend bijna volledig anaeroob resp. aeroob werd (afbeelding 3). De volgende procedure werd gevolgd:

- 3 weken onder water zetten
- 3 weken draineren

-3 weken onder water zetten

-3 weken draineren

Het onderzoek werd bij 20°C uitgevoerd.

Variante 1: geen toevoeging van sulfaat in de vorm van kaliumsulfaat en variante 2 wel toevoeging. De concentratie van de sulfaat is gelijk aan die van de sulfaatconcentratie in een voedingsoplossing met een relatief hoog sulfaatgehalte (10 mmol SO₄/l). Hierna (na 12 weken) werden de nikkelgehalten in de vloeistof gemeten. Dit werd gedaan door de sterk ingedroogde grond met de uitgangsvloeistof weer onder water te zetten en na 4 uur te draineren.

De proef is in 6 herhalingen ingezet (totaal 12 kolommen).

Om duidelijk veranderingen te kunnen constateren wordt in de uitgangsvloeistof door toevoeging van nikkelsulfaat een nikkelconcentratie van 69 µg per l aangebracht. Het gehalte van 69 µg per l ligt rond de interventiewaarde van nikkel in grondwater.

3. Werkwijze onderzoek nikkel zit in de toegediende meststoffen.

Op drie bedrijven met in het verleden verhoogde nikkelgehalten is het nikkelgehalte in de voedingsoplossing gemeten. Dit zijn de kasbedrijven waar ook het gehalte aan chelaten in het grondwater werd bepaald:

1. D.J. Wieten, Baarlosedsweg 6, Marknesse
2. Flevoflora, Oosterringweg 1, Marknesse
3. Kwekerij Wouters, Enserweg 3, Ens

Het is gebruikelijk om de voedingsoplossingen in geconcentreerde vorm te bereiden. Dit moet in twee delen omdat anders neerslagen kunnen ontstaan. Deze A-bak en B-bak zijn afzonderlijk bemonsterd. Voor gebruik worden de geconcentreerde vloeistoffen 1:100 verdund.

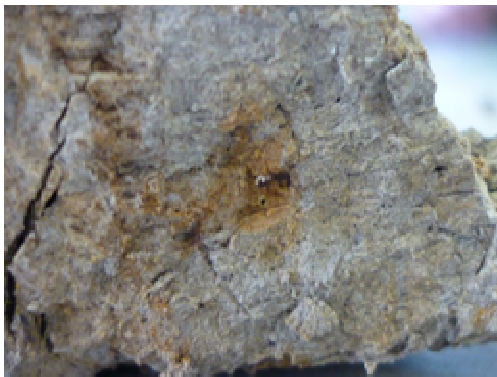


Experiment rol sulfaat

Aan het eind van de eerste fase van 3 weken. In de binnencilinder zit de grond. De binnencilinder is 3 weken onder water in de buitencilinder geweest en wordt er nu uitgehaald. Na uitlekken kan de grond uit de cilinder worden gehaald.



Vervolgens wordt de grond in bakjes overgebracht en kan dan 3 weken met lucht in contact komen.



Gedurende de drie weken onder water verdwijnen de roestvlekken en kan nikkel aan sulfiden worden gebonden. Na drie weken met de lucht in contact te zijn geweest verschijnen de roestvlekken (foto). Tijdens dit laatste proces kan nikkel in oplosbare vorm vrijkomen.

3. Resultaten

1. Onderzoek chelaten

De resultaten naar het onderzoek van het gehalte aan EDTA en DTPA zijn weergegeven in tabel 1. Naast het gehalte aan beide chelaten is ook het nikkelgehalte bepaald. Omdat standaard bij een EDTA/DTPA analyse ook de chelaten NTA en 1,3-PDPA worden geanalyseerd zijn de gemeten waarden hiervan ook weergegeven.

Bij de drie kaslocaties is het nikkelgehalte nu steeds boven de streefwaarde (15 µg/l), en viermaal boven de middenwaarde (45 µg/l).

Bij een kas is de waarde 240 en duidelijk boven de interventiewaarde (75 µg/l).

Bij het metaalreinigingsbedrijf Exelsum werden eerder zeer hoge waarden aangetroffen (tot 480 µg/l in 2008). De nu aangetroffen waarde is eenmaal nog vrij hoog en eenmaal zeer laag.

Voor EDTA is er geen streefwaarde, wel een advies voor een streefwaarde van 22 µg EDTA per l (van Herwijnen en Fleuren, 2009). Alle kassen zitten hier ver boven. Bij Exelsum is nauwelijks EDTA aangetroffen. DTPA werd alleen aangetroffen bij het bedrijf aan de Oosterringweg in Marknesse. Voor DTPA is er geen (concept)streefwaarden vastgesteld. NTA werd driemaal bij kassen met waarden boven de detectiegrens aangetroffen. Bij 1,3-PDPA werden geen waarden boven de detectiegrens aangetroffen.

Tabel 1. Nikkelgehalten van chelaten op 4 locaties.

Locatie	Filterdiepte (m)	nikkel µg/l	EDTA µg/l	DTPA µg/l	NTA	1,3-PDPA
1. Enserweg 3 Ens	2-3	27	180	<1	3,0	<1,0
2. Oosterringweg 1 A1 Marknesse	0,8-2,8	47	410	100	9,6	<1,0
2. Oosterringweg 1 B1 Marknesse	0,8-2,8	69	230	70	4,0	<1,0
3. Baarlosedwarsweg 6 Marknesse	2-3	240	200	<1	<0,50	<1,0
4. Dukdalfweg 57 nr 27 Almere	-	250	14	<1	<0,50	<1,0
4. Dukdalfweg 57 nr 100 Almere	-	5,6)	15	<1	<0,50	<1,0

2. Laboratoriumonderzoek sulfaten in combinatie met reductie en oxidatie

Na 2 anaerobe periodes van 3 weken en 2 aerobe periodes van 3 weken is het nikkelgehalte in de vloeistof gemeten. In tabel 2 zijn nikkelgehalten in de vloeistof vermeld (uitgangsgehalte van 69 µg nikkel/l).

Tabel 2. Veranderingen in nikkelgehalten na afwisseling van anaerobe en aerobe periodes gedurende 12 weken.

Herhaling	Nikkelgehalte in µg/l zonder toevoeging sulfaat	Nikkelgehalte in µg/l bij toevoeging sulfaat
-----------	---	--

1	64	81
2	79	74
3	66	73
4	70	71
5	69	72
6	65	68
gemiddeld	69	73

Het blijkt dat het gemiddelde gehalte hoger is bij toevoeging van sulfaat, maar dit verschil is niet significant (t-toets). Omdat de waarden bij toevoeging van sulfaat vaak hoger zijn dan bij geen toevoeging van sulfaat geeft een rangcorrelatietoets (Wilcoxon) wel een significant verschil. In een dergelijke situatie zijn meer herhalingen nodig om te kunnen concluderen hoe groot het effect is.

3. Onderzoek nikkel in meststoffen

De gehalten aan nikkel in de onderzochte meststoffen zijn weergegeven in tabel 3. In grondwater is de streefwaarde voor nikkel 15 µg/l en de interventiewaarde 75 µg/l. De gevonden waarden zijn deels hoger dan de interventiewaarde voor grondwater.

Tabel 3. Nikkelgehalten in µg/l in A-bak en B-bak op drie bedrijven

Bedrijf	A-bak	B-bak
Baarlosedwarsweg 6 Marknesse	70	68
Oosterringweg 1 Marknesse	283	231
Enserweg 3 Ens	127	438

De meststoffen uit A-bak en B-bak worden 100 maal verdund voor gebruik en het gehalte komt dan duidelijk onder de 15 µg/l. Wanneer bij de meststoffenaanmaakinstallatie de meststoffen onverdund in de grond terecht komen kunnen wel hogere nikkelgehalten in het grondwater ontstaan.

4. Bespreking resultaten

Het onderzoek van Hrubec e.a. 1994 geeft aan dat een EDTA-gehalte van 80 µg/l verhoogde nikkelgehalten kan veroorzaken. De nu gevonden waarden bij de kassen liggen bij 200 tot 410 µg EDTA per l. De hypothese dat EDTA een rol speelt bij het optreden van verhoogde gehalten kan dus niet verworpen worden.

Ook DTPA kan waarschijnlijk een rol spelen omdat bij een kas respectievelijk 70 en 100 µg DTPA per l is aangetroffen.

De vraag is waar de EDTA vandaan komt. EDTA wordt al lang nauwelijks of niet in de kasteelt gebruikt. Mogelijk wordt het gebruikt bij de fabricage van meststoffen. Of het hierin aanwezig is kan onderzocht worden.

In de metaalindustrie werd EDTA in het verleden gebruikt voor het ontvetten van metaal.

DTPA werd alleen aan de Oosterringweg aangetroffen. Hier wordt nu ook nog FE-DTPA gebruikt en morsen van meststof is waarschijnlijk de oorzaak.

Bij Excelsium is in het verleden EDTA gebruikt bij het ontvetten van metaal. Het EDTA-gehalte in het grondwater is nu zeer laag. Het nikkelgehalte is in een van de peilbuizen nog hoog. In deze peilbuis werd in 2008 de hoge waarde van 480 µg nikkel per l aangetroffen. Nu was het 250 µg/l. EDTA kan hier nu geen invloed hebben. De peilbuis staat in een betonnen plaat. Mogelijk blijft het nikkelgehalte hoog omdat nikkel door het ontbreken van regenwater niet uit kan spoelen.

Het laboratoriumonderzoek naar de invloed van sulfaat bevestigt de hypothese dat sulfaat in combinatie met een afwisseling van anaerobe en aerobe situaties hogere gehalten aan mobiel nikkel in het grondwater kan geven. De grootte van het gevonden effect kan door nader onderzoek duidelijk worden. Hierbij valt te denken aan combinatie van laboratoriumonderzoek en veldonderzoek. Onder veldomstandigheden kan het sulfaatgehalte hoger of lager zijn dan het in het laboratoriumonderzoek gekozen gehalte. Hoger wanneer een onverdunde voedingsoplossing wordt gemorst. Hoger ook omdat tijdens de teelt het sulfaatgehalte van de voedingsoplossing hoger wordt omdat de meststoffen meer sulfaat bevatten dan de gewassen opnemen. Deze voedingsoplossing kan in de grond komen (voorheen spoelde 1/3 deel van de voedingsoplossing uit, nu spoelt er ook nog wel vloeistof uit, maar duidelijk minder). Het kan ook zijn dat het sulfaatgehalte in de praktijk lager is dan bij het experiment door omzetting van sulfaat in sulfiden. Nader onderzoek kan aantonen of nog andere processen een rol spelen, bijvoorbeeld de rol van zout op

verdringing van nikkel van het adsorptiecomplex. Walraven e.a. (2010) zien dit proces als een mogelijkheid om de hoge nikkelgehalten bij kassen in de Leidsche Rijn te verklaren.

Hoewel gewassen niet met nikkel worden bemest was de hypothese dat nikkel toch in **meststoffen** voorkomt. Dit bleek op drie locaties ook het geval te zijn en de hypothese werd daarmee bevestigd.

Opvallend is dat de gevonden gehalten in de meststoffen van dezelfde orde van grootte zijn als veel gehalten in het grondwater. Het is niet juist om nu de meststoffen als belangrijkste oorzaak van de verhoogde gehalten aan te wijzen. Bij morsen van de voedingsoplossing zal een deel van het vocht verdampen, er treedt verdunning op met van elders aangevoerd grondwater en nikkel kan in de grond worden vastgelegd, bijvoorbeeld aan sulfiden. Ook hier kan nader onderzoek meer duidelijkheid geven. Toch moet er ernstig rekening mee worden gehouden dat de nikkel in de meststoffen een rol speelt bij de verklaring van het voorkomen van verhoogde nikkelgehalten.

5. Conclusies

1. EDTA/DTPA

Hypothese: chelaten houden nikkel in oplossing en voorkomen vastlegging in de bodem voorkomen.

De gehalten aan EDTA in het grondwater bij drie kassen zijn zodanig hoog dat dit ook het geval kan zijn. Bij een kas speelt mogelijk ook DTPA een rol.

De hypothese wordt gehandhaafd.

2. Rol van sulfaat

Hypothese: sulfaten leiden in combinatie met reductie en oxidatie tot verhoogde nikkelgehalten.

Door toevoeging van sulfaat aan grond en deze afwisselend onder anaerobe en aerobe omstandigheden te brengen neemt het nikkelgehalte toe. Voor een vaststelling van precieze mate waarin dit gebeurt zijn meer herhalingen zijn nodig.

De hypothese wordt bevestigd.

3. Meststoffen

Hypothese: meststoffen zijn een belangrijke bron van nikkel en kunnen tot verhoogde nikkelgehalten van grondwater leiden.

Meststoffen die nu gebruikt worden in de bloementeelt bevatten in onverdunde vorm nikkel in gehalten die ver boven de interventiewaarde voor nikkel in grondwater uitkomt. Wanneer deze bij de meststoffenaanmaakinstallaties gemorst wordt kan hierdoor bij meststoffenaanmaakinstallaties een verhoogd nikkelgehalte ontstaan.

De hypothese wordt bevestigd.

6. Aanbevelingen

Verhoogde nikkelgehalten in grondwater bij de glastuinbouw met waarden boven de interventiewaarde worden al vele jaren aangetroffen. Omdat er tot nog toe geen oorzaak was aan te wijzen, of een natuurlijke oorzaak werd verondersteld en er bovendien geen direct risico van de hoge gehalten in het grondwater uitging is er tot dusver nooit actie ondernomen om intensief onderzoek te starten.

De hier uitgevoerde deskstudie wijst erop dat de oorzaak bij de bedrijfsactiviteiten gezocht moet worden.

Het nu uitgevoerde onderzoek naar de invloed van chelaten, nikkel in meststoffen en naar de rol van sulfaat uit meststoffen bevestigt dit vermoeden. Wanneer dit werkelijk zo is kunnen maatregelen het probleem opheffen. Verder speelt ook een rol dat Wet bodembescherming (Wbb) dan van toepassing wordt. Nader onderzoek krijgt hierdoor extra belang.

Chelaten werden in betekenisvolle concentratie aangetroffen bij de onderzochte kassen. De herkomst van EDTA is onzeker en een onderzoek naar EDTA in meststoffen kan een eerste stap zijn om de herkomst te achterhalen. Wat het werkelijke belang is van de chelaten in relatie tot nikkel vergt uitvoeriger laboratorium- en veldonderzoek.

Wat betreft meststoffen kunnen meerdere analyses van gebruikte meststoffen en ook analyses van de afzonderlijke meststoffen meer duidelijkheid geven.

Meer metingen van het grondwater kunnen aangeven dat het werkelijk de meststoffen zijn die een rol spelen.

Voor meer duidelijkheid over de rol van sulfaat is een combinatie van uitvoeriger laboratorium- en veldonderzoek nodig.

7. Literatuur

Bokhorst, J.G. en J.J.M. Staps, 2010. Verhoogde nikkelgehalten in grondwater in de provincie Flevoland. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

Herwijnen, R. van en R.H.L.J. Fleuren, 2009. Environmental risk limits for EDTA. RIVM Rapport 6017822028.

Hrubec, J., A.C. de Groot, W. Kroot en R.P.M. van Veen, 1994. Gedrag van EDTA tijdens infiltratie van rivierwater: resultaten van een proefinstallatie.

Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders en J.G.M. Roelofs, 2001. Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilization of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental Pollution* 120, pp. 635-646.

Nziguheba, N. and E. Smolders, 2008. Inputs of trace elements in agricultural soils vis phosphate fertilizers in European countries. *Science of the Total Environment* Vol. 300 p 53-57.

Walraven, N. en M. Meihuizen, 2010. Nikkel in grondwater onder glastuinbouwbedrijven. *Bodem*, 4, augustus 2010.

Bijlagen

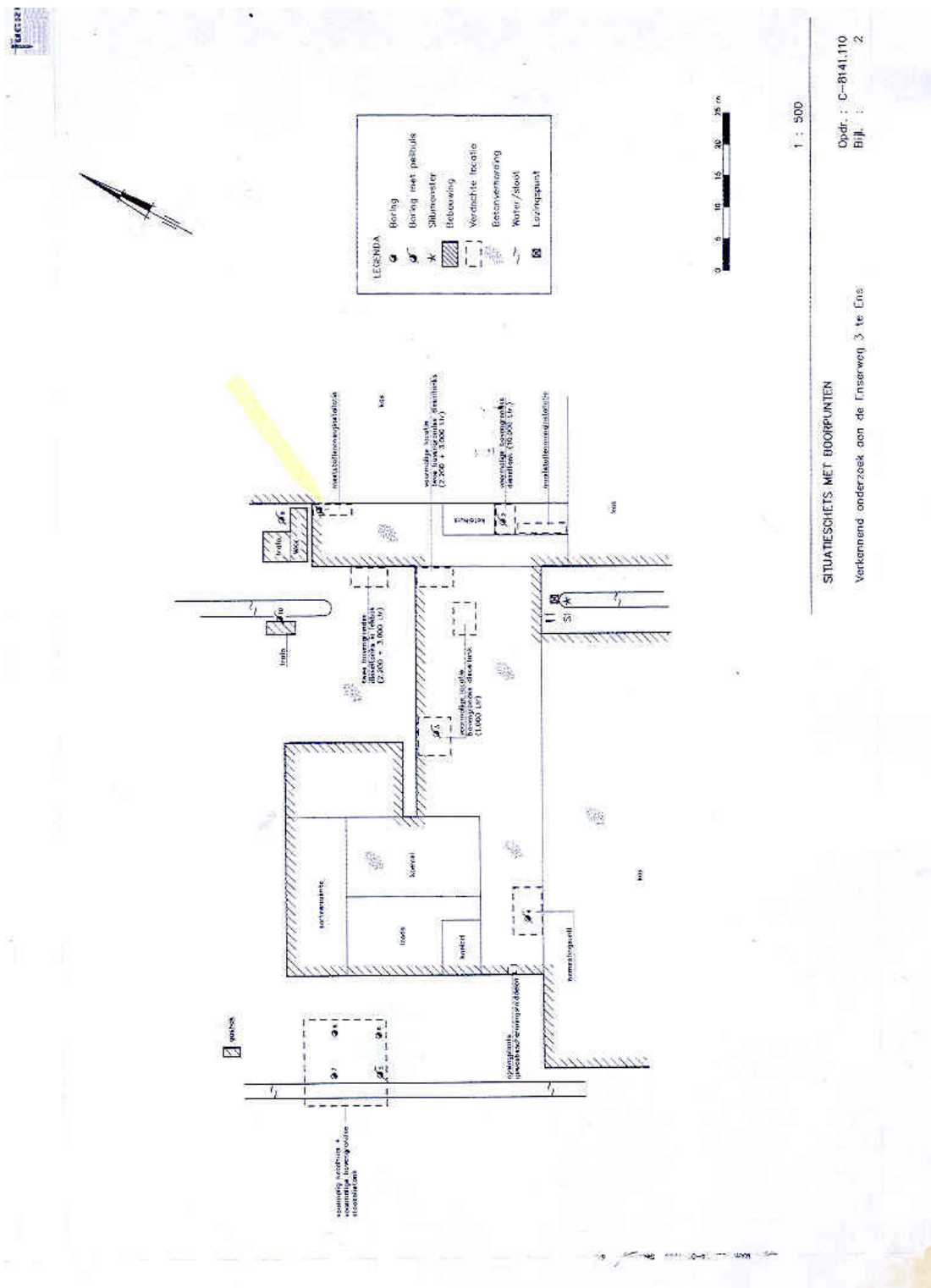
Plattegronden:

- 1 Kwekerij Wouters, Enserweg 3, Marknesse, bloementeelt en groentezaden
2. Flevoflora, Oosterringweg 1, Marknesse, bloementeelt
- 3 D.J. Wieten, Baarlosedwarsweg 6, Marknesse, bloementeelt
4. Excelsum, Dukdalfweg 57, Almere, voorheen metaalreiniging, nu hoofdkantoor

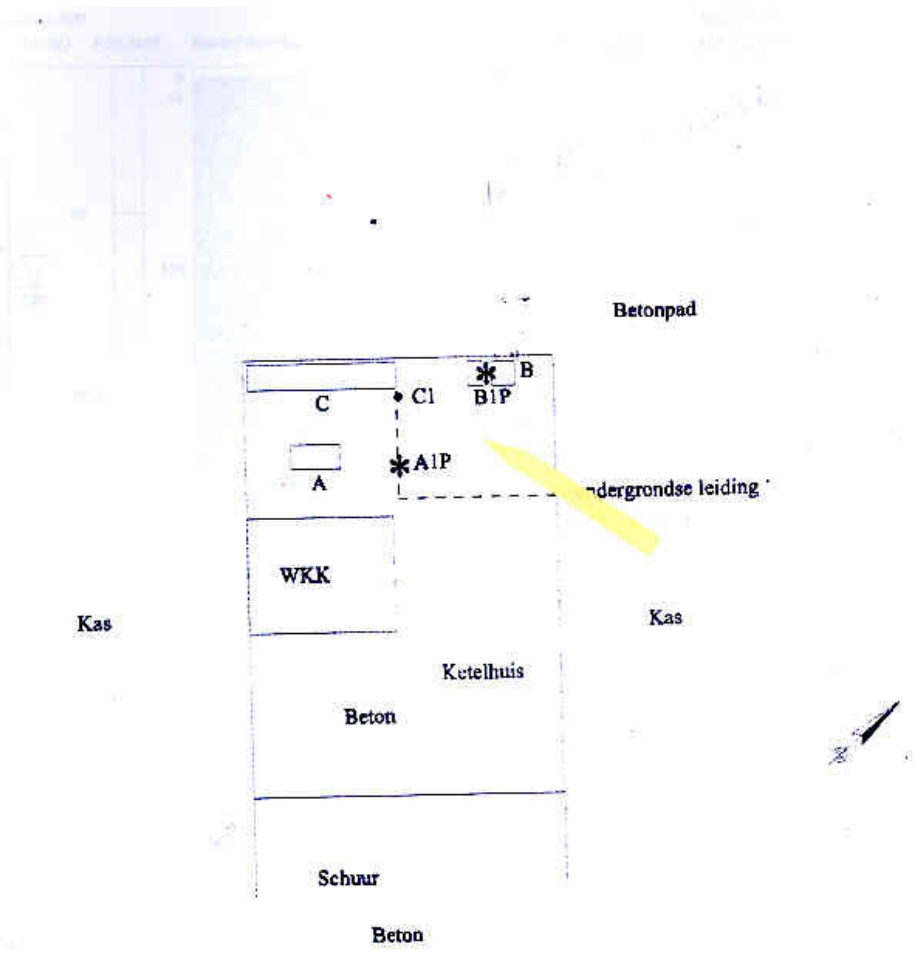
Overzicht peilbuizen (tot 3,0 m –mv)

Locatie	Nr peilbuis	Grondwaterstand (cm)
1. Kwekerij Wouters	1	82
2. Flevoflora	A1P	132
	B1P	127
3. D.J. Wieten	703	131
4. Excelsum	27	200
	100	145

Bijlage 1. Plattegrond Kwekerij Wouters



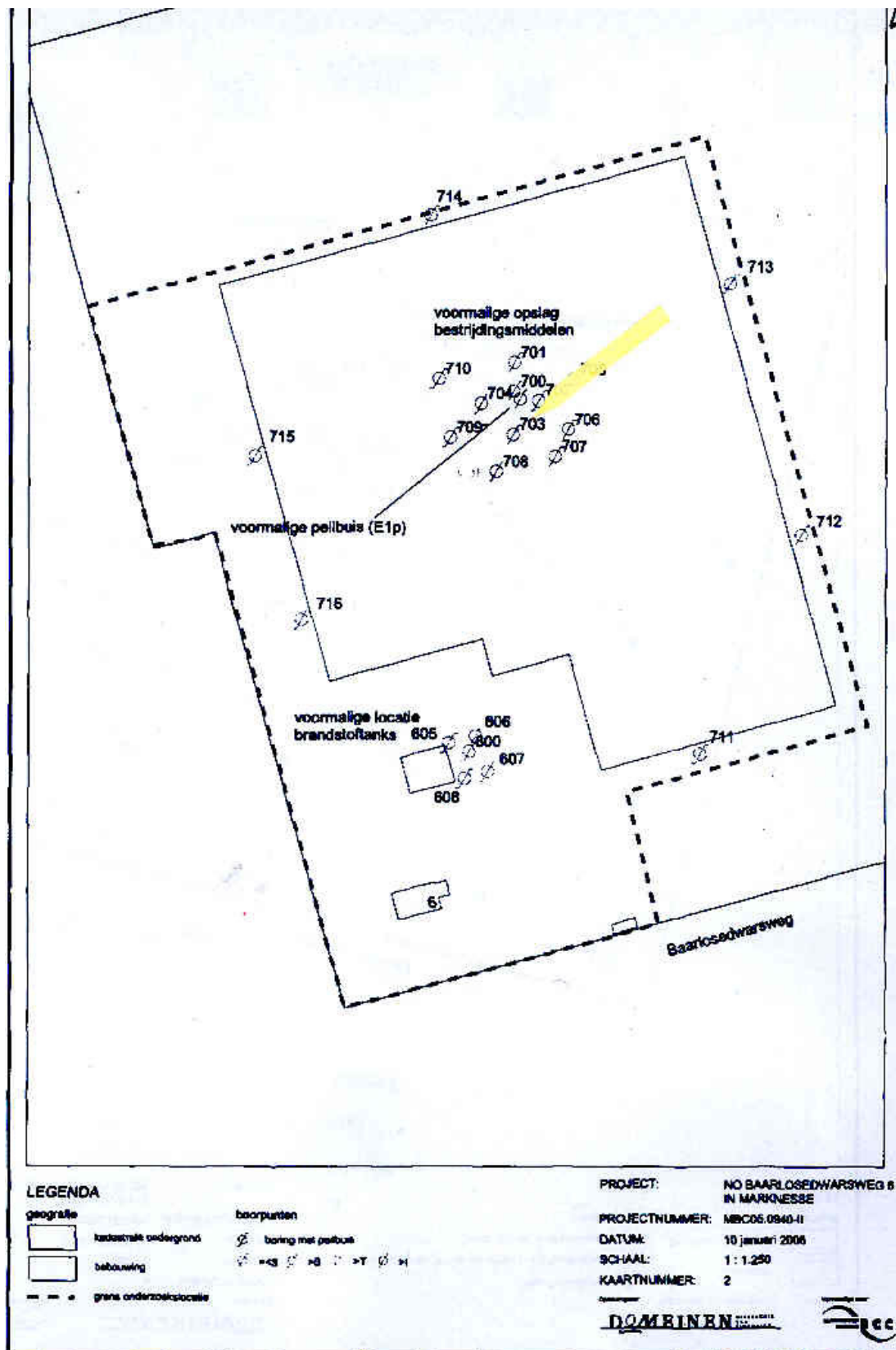
Bijlage 2. Plattegrond Flevoflora



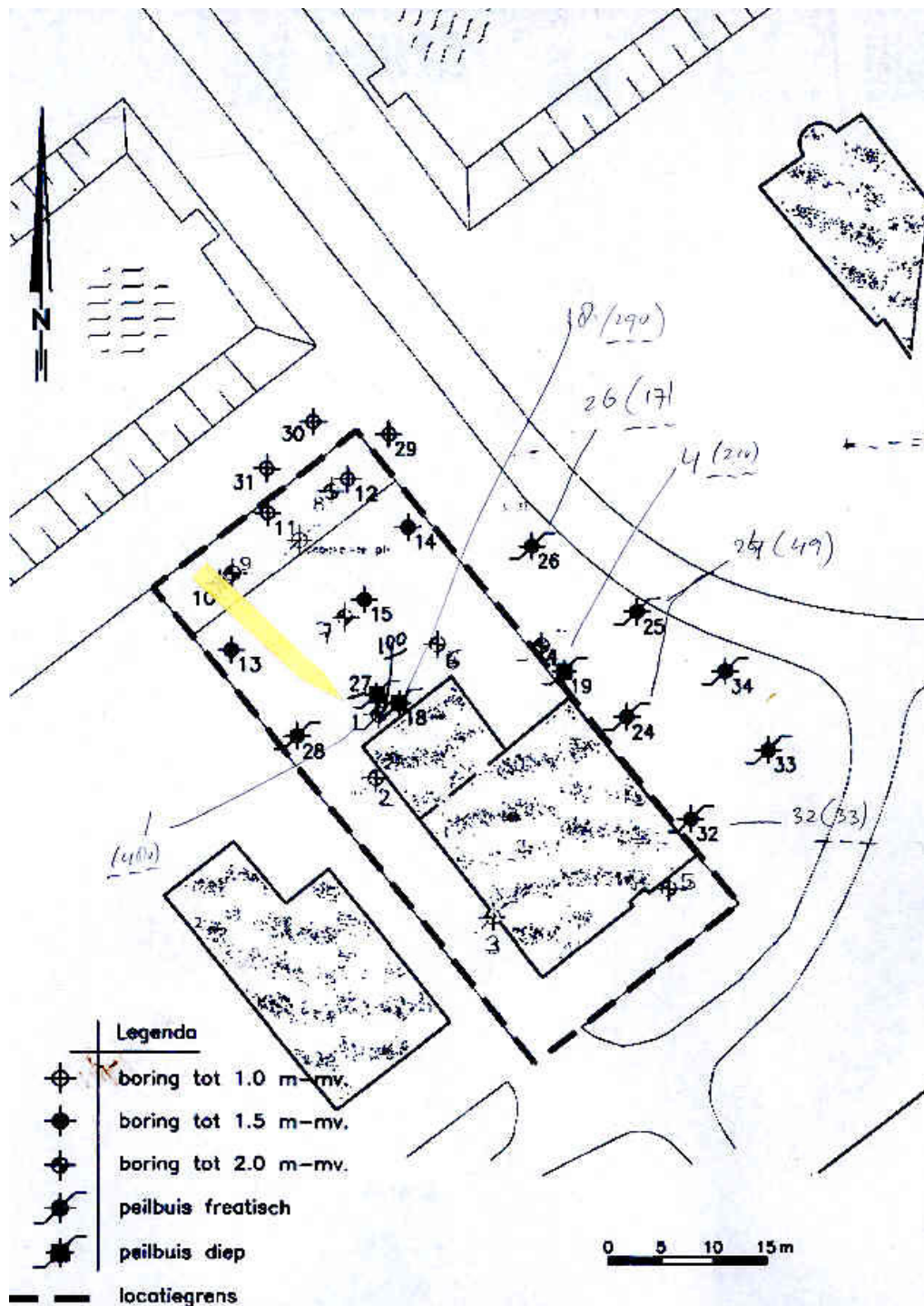
-  - Diepbaring
-  - Putbuis
-  - Boring 0 - 50 cm
-  - Bestaande bebouwing

Schaal: ca 1 : 250

Bijlage 3. Plattegrond D.J. Wieten



Bijlage 4. Plattegrond Excelsum



Witveen
 Bos
 an Twickelstraat 2
 postbus 233
 400 AZ DEVENTER
 telefoon 0570 69 79 11
 telefax 0570 69 73 44

water
 infrastructuur
 milieu
 bouw

Lokale situatie met monsterpunten

opdrachtgever Excelsum Industriel & Marine Services B.V.
 projectnaam N.O. Dukkalfweg 57 te Almere
 projectcode ALR358-2

Get. : R. Helman
 Gez. J.J. Stolte
 Dat. 20-08-2008
 ALR3581.DWG