



# Iedere generatie zijn eigen oerbank?

## *Gebruik en gedrag van ijzer in de Nederlandse ondergrond*

REIN VAN ENK  
PIET HEINLAAN 5  
3941VE DOORN  
REINVANENK@OUTLOOK.COM

In 2004 sloot de DRU te Ulft haar deuren. Hiermee kwam een eind aan een bijzonder, zo niet uniek stukje staalindustrie in Nederland. De fabrieken van de DRU waren namelijk gevestigd op de fundamenteën van een voormalige hoogoven uit de 18-de eeuw die gebruik maakte van erts 'van eigen bodem': het ijzeroer uit de Nederlandse kwelgebieden.



Reeds ten tijde van de Romeinse overheersing werd deze grondstof gebruikt voor de productie van gereedschap en wapens. De vroeg-historische ijzerproductie in Nederland speelde zich voornamelijk af op de Veluwe, in het stroomgebied van de Vecht en langs de Oude IJssel. Als grondstof werden zowel klapperstenen als moerasijzererts gebruikt (Van Duivenvoorde, 2005, Laban *et al.*, 1988). In de 18de eeuw concentreerde de industrie zich steeds meer in de Achterhoek, waar veel oerbanken voorkwamen en waar aan het begin van het industriële tijdperk zelfs een bloeiende staalindustrie ontstond die erts uit de hele regio betrok. Met de komst van de moderne hoogoven en de schaalvergroting in de industrie ging het echter langzaam bergaf. Nog steeds zijn er ijzergieterijen in deze streek maar het ruwijzer wordt al lang niet meer lokaal geproduceerd maar wordt van elders aangevoerd. De oerbanken kunnen ongeremd doorgroeien, een proces dat zich, geologisch gezien, vrij snel voltrekt. Tijdens een onderzoek in Doetinchem, waarbij de schrijver dezes betrokken was, werd van een lokale medewerker de uitspraak opgetekend: "iedere generatie zijn eigen ijzeroer".

De winning en verwerking van deze Nederlandse grondstof zijn uitvoerig beschreven in de interessante afstudeerscriptie van Peter Paul Kuiper: *Ijzerhard oer, oerdegelijk ijzer* (Kuiper, 2006). Dit artikel richt zich meer op het ontstaan van de oerbanken en de bodemchemie die hieraan ten grondslag ligt. Ook zullen we de uitspraak betreffende de groei van het oer cijfermatig toetsen.

### Ijzeroer en de ijzerindustrie in de Achterhoek

De eerste hoogoven of ijzerhut in dal van de Oude IJssel werd in 1698 in Gaanderen gebouwd en ruim een eeuw later verplaatst naar Laag-Keppel. Intussen was in 1754 een tweede hoogoven opgericht te Ulft. Hieruit ontstond de DRU (Diepenbrock en Reigers Ulft). In 1821 werd op de grens van Terborg en Gaanderen nog eens een derde oven in gebruik genomen. Ook aan de Duitse zijde van de grens werden een 2-tal hoogovenbedrijven gevestigd. In het laatste kwart van de 19de eeuw werden de ovens echter gesloten en gingen de bedrijven verder als gieterijen met van elders aangevoerd ruwijzer. Dat deze industrie ook zonder lokale grondstoffen levensvatbaar was, bewijst wel het feit dat rond het eind van de 19de eeuw nog een 3-tal gieterijen geopend werden. Een aantal van deze zijn nog steeds actief.

Tot op zekere hoogte was de oven te Ulft een milieuvriendelijk gebeuren. De blaasbalgen voor de luchtstroom in de oven werden namelijk aangedreven door waterkracht (Afbeeldingen 1 en 2). De productie vond plaats in een continu

Locatie	Gew % Fe
Ruurlo/Vorden	60
Hees (Didam)	60
Vorden	58-75
Hengelo	50
Dinxperlo/Zelhem/ Anholterbroek	30-35
Zelhem	30-35
Bathmen1	20
Bathmen2	60-70

TABEL 1. | *Het ijzerpercentage van een aantal monsters van ijzeroer uit de Achterhoek (verzameld uit verschillende bronnen door P.P. Kuiper, 2006).*

proces waarbij de oven steeds van boven werd geladen met oer en houtskool. Vanwege slijtage en scheuren van de ovenwand was men echter genoodzaakt het proces regelmatig stil te leggen voor reparatie en onderhoud. Dit gebeurde meestal gedurende de zomermaanden. Het aangevoerde erts werd dan zolang opgeslagen.

Erts werd niet alleen betrokken uit het dal van de Oude IJssel maar werd ook van elders aangevoerd zoals de kwelgebieden van Salland en verderop uit de Achterhoek. Zoals uit Tabel 1 blijkt was dit erts van redelijke kwaliteit, althans wat ijzergehalte betreft. Wel was er een aanzienlijke variatie in het ijzer- en SiO<sub>2</sub>-percentage van het aangevoerde materiaal, hetgeen in een moderne hoogoven tot aanzienlijke problemen zou leiden in de



AFBEELDING 2. | *Digitale reconstructie van de ijzerhut te Ulft, zuidoost-aanzicht. Een fysiek model bevindt zich in het Nederlands IJzermuseum te Ulft. Foto: Nederlands IJzermuseum.*



continuïteit van het proces. Voor de kleinschalige productie van een ijzerhut was deze variatie echter een minder cruciale factor. Ter vergelijking: de bedrijven in de Achterhoek produceerden naar schatting zo'n 250 tot 400 ruwijzer per oven per jaar. Een moderne hoogoven produceert zo'n 10.000 ton per dag op basis van erts met een ijzergehalte van ca. 60%.

Het ijzeroer werd op kleine schaal gewonnen, soms door de eigenaar van het land waarin het voorkwam maar veelal door kleine mijnbouwmaatschappijtjes. Aangezien de ijzerconcreties in de oerbanken het bodemsediment verdringen, waren de dikkere oerbanken in het terrein vaak als een verhoging herkenbaar, een niet onbelangrijk exploratiegegeven. Na het sluiten van de ovens in de Achterhoek werd het Nederlandse oer niet meer gebruikt voor de productie van gietijzer; toch ging de winning van deze grondstof nog geruime tijd door. Het Rijks- en Provinciale Havenbedrijf van Delfzijl registreerde bij voorbeeld in 1954 nog 25.573 ton oer, waarvan 12.635 ton afkomstig uit Delfzijl. Dit was voornamelijk moerasijzer, waarschijnlijk een bijproduct van de veenwinning, dat werd toegepast als kleurmiddel in de rubberproductie en voor de zuivering van stadsgas (website: IJzeroer in Drenthe). Naast de voornoemde toepassingen werden de harde gedeelten van oerbanken ook gebruikt voor wegverharding en soms als bouwsteen.

### Het gedrag van ijzer in de ondergrond: chemie van het oervormende proces

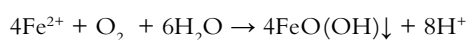
Het in Nederland gangbare ijzeroer ontstaat voornamelijk in gebieden met sterke grondwaterkwel. Zuurstof speelt hierbij een hoofdrol. Samen met het in het grondwater opgeloste ijzer vormt dit het onoplosbare ijzer-(oxi)hydroxide, of platweg gezegd roest. Het zuurstofgehalte van de bodem neemt af met toenemende diepte. Vaak daalt de concentratie vrij snel aan de grondwaterspiegel. Deze overgang noemen we het redoxvlak. We gaan hier vrij abrupt van oxiderende naar reducerende omstandigheden, d.w.z. van een overmaat naar een tekort aan zuurstof. Reducerende omstandigheden worden veelal gekenmerkt door grijze en grijsgroene kleuren in de bodem, oxiderende



AFBEELDING 3. | De gieterij te Ulft omstreeks 1904. Ruwijzer werd toen al van elders aangevoerd. Foto: Oudheidkundige Vereniging Gemeente Gendringen.

omstandigheden door de roodbruine kleur van roest. In de regel fluctueert het redoxvlak met de het grondwaterpeil zodat de omstandigheden op hetzelfde niveau in de bodem kunnen omslaan van reducerend naar oxiderend en omgekeerd. Ijzer wordt hierbij afwisselend neergeslagen en (weer) opgelost. In het laboratorium is aangetoond dat de omslag binnen enkele dagen tot enkele weken kan plaatsvinden (Knibbe, 1969). Hoewel de proefomstandigheden niet geheel met de natuur overeenstemmen, mogen we toch aannemen dat de redoxomstandigheden en dus ook het lot van ijzer in de bodem daardoor van seizoen tot seizoen kunnen veranderen.

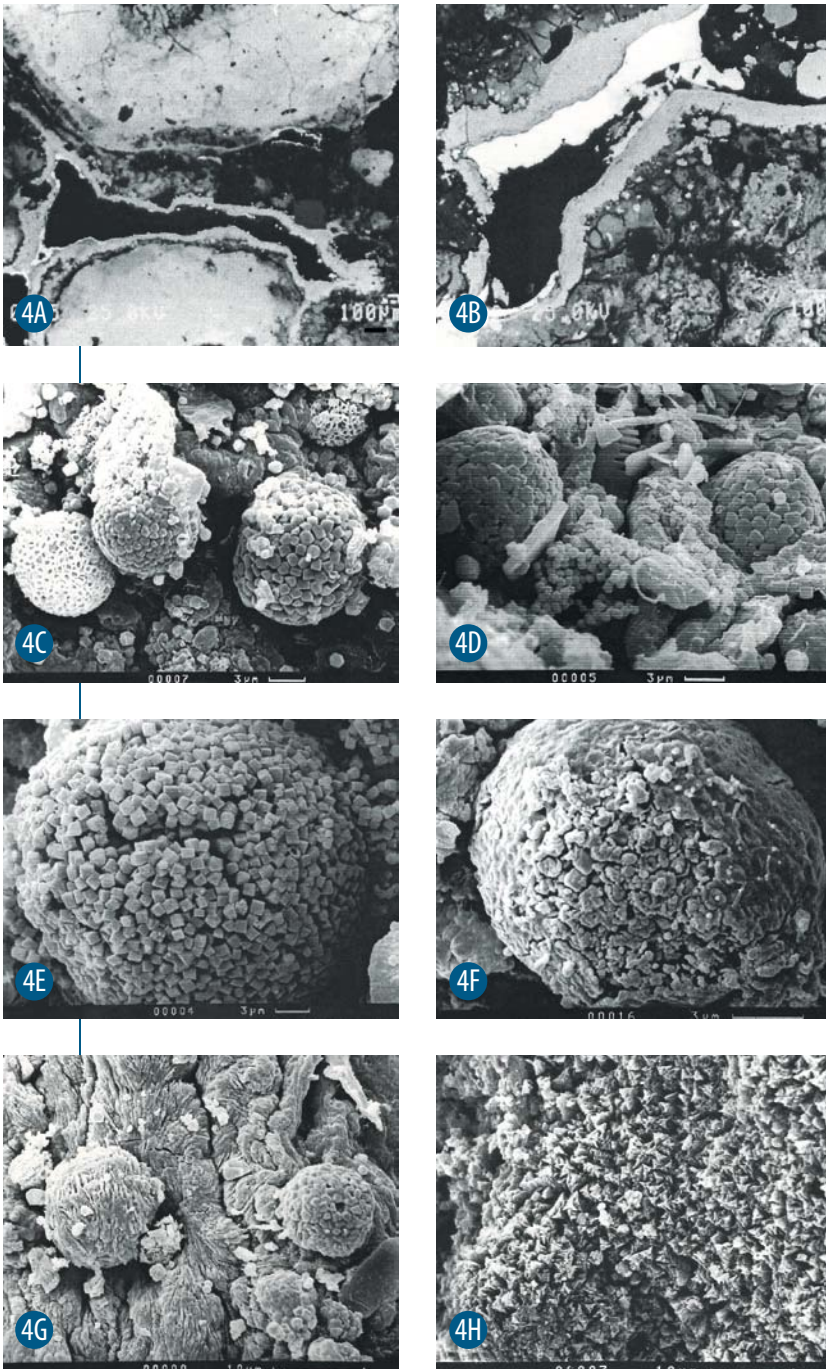
Het ijzergehalte in het diepere grondwater bedraagt in der regel enkele milligrammen per liter (mg/l) maar kan oplopen tot enkele tientallen mg/l. In het ondiepe grondwater kan dit zelfs oplopen tot 200 mg/l. Dit ijzer verkeert in gereduceerde toestand, d.w.z. het komt voor in de vorm van het 2-waardige ferro-ion ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Het proces dat leidt tot de vorming van ijzeroer in de bodem berust nu op het principe van oxidatie van het 2-waardige ferro-ion naar het 3-waardige ferri-ion ( $\text{Fe}^{3+}$ ) onder invloed van zuurstof. We kunnen deze reactie als volgt schrijven:



zodat de neerslag van ijzer per saldo dus waterstofionen produceert. Indien geen neutraliserende componenten aanwezig zijn kan de pH van het water dalen tot ongeveer 3 waarna evenwicht optreedt. Met andere woorden de neerslag van ijzer werkt verzurend op de bodem. Het gevormde ijzeroxihydroxide is zeer onoplosbaar en sterk adsorberend voor andere metaalcomplexen. Het is amorf en instabiel maar gaat onder oppervlakteomstandigheden uiteindelijk over in het meer stabiele goethiet, het mineraal dat we veelal terugvinden in de ijzeroerconcreties. Hoofdelementen die veel voorkomen in ijzeroer zijn mangaan en fosfor. Ook barium kan zich binden aan het oer. Mangaan wordt evenals ijzer geoxideerd maar slaat in de regel iets later neer en zorgt voor een zwarte verkleuring van het oer, met barium kan het reageren onder vorming van psilomelaan.

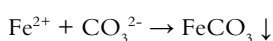
We zouden het hier qua chemie bij kunnen laten maar er zijn een aantal processen rond de neerslag van ijzer uit grondwater die te interessant zijn om links te laten liggen. Behalve zuurstof kunnen andere factoren zoals de aanwezigheid van organische stof en bacteriën namelijk een sterke invloed op het redoxproces uitoefenen. De oxidatie van organische stof is een sterk reducerende factor en



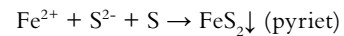


AFBEELDING 4. | Verschillende verschijningsvormen van ijzer in de Nederlandse bodem: A en B: ijzeroxide-concreties in een oerbank te Doetinchem, het witte materiaal in foto b is psilomelaan; C en D: verschillende vormen van framboïden samengesteld uit ijzersulfiden; E: framboïde van kubische pyrietkristalletjes; F: gedeeltelijk geoxideerde framboïde; G: gedeeltelijk geoxideerde framboïden en organisch materiaal bedekt met gipskristalletjes, midden links een framboïde omgezet naar gips; H: agglomeraat van siderietkristalletjes in een veenbodembodem te Baarlo. Afb.4 C t/m G uit een veenbodembodem te Overveen bij Haarlem.  
Bron: Ontleend aan onderzoeksrapporten van Geochem 1990 en 1992.

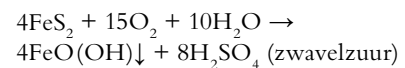
kan zodoende de oxidatie van het 2-waardige ijzer remmen of geprecipiteerd ijzer zelfs 'terugreduceren', zodat dit weer in oplossing gaat. Bovendien zorgt het voor een verhoging van de CO<sub>2</sub>-druk in de bodem en daardoor van het gehalte aan bi-carbonaat en carbonaat. Dit laatste reageert dan met het 2-waardige ijzer onder vorming van sideriet:



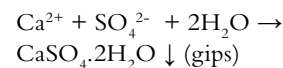
Zoals veel carbonaten is sideriet zeer onoplosbaar en slaat neer. In Drenthe stond dit bekend als witte *klien*. Ook kunnen andere componenten in het grondwater met het opgeloste ijzer reageren. Sulfaat of zwavelverbindingen uit rottende organische stof kunnen worden gereduceerd tot sulfide. Dit gebeurt veelal in samenspel met reducerende bacteriën. Met 2-waardig ijzer slaat nu pyriet neer:



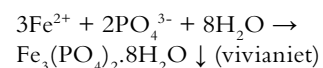
Minuscule kristalletjes groeien hierbij samen tot bolvormige agglomeraten zgn. *framboïden*. Als bijvoorbeeld door tijdelijke daling van de grondwaterspiegel de omstandigheden weer naar oxiderend omslaan, wordt pyriet weer afgebroken en krijgen we:



Soms slaat het gevormde ijzeroxyhydroxide direct neer en vormt daarbij een korstje op het pyriet. Het zwavelzuur zorgt voor een lokale verzuring. Is de bodem of het grondwater kalkrijk dan wordt dit echter geneutraliseerd onder vorming van gips:



Fosfaat reageert met 2-waardig ijzer onder vorming van het welbekende vivianiet:



In tegenstelling tot sideriet oxideert vivianiet vrij gemakkelijk, waarbij (een gedeelte van) het 2-waardig ijzer omgezet wordt naar 3-waardig en de kleur van wit overgaat naar blauw. Dit is een kenmerkende reactie, temeer omdat de verkleuring inzet zodra het mineraal aan de lucht wordt blootgesteld en toeneemt bij voortschrijdende oxidatie.

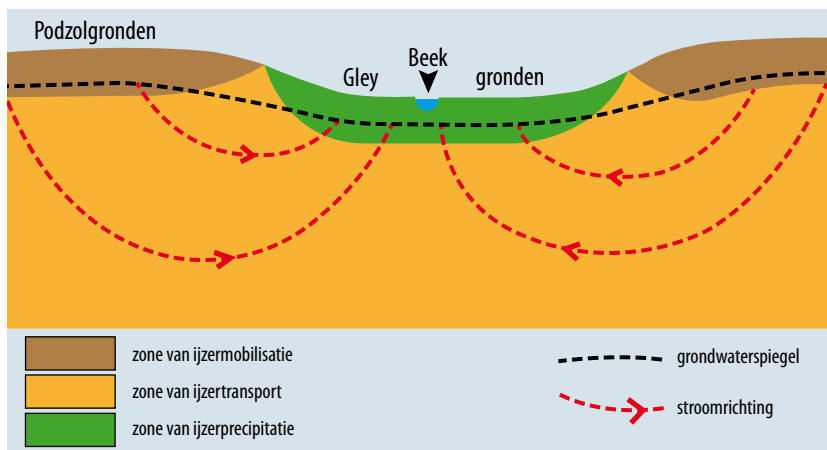
Al deze reacties treden vaak zeer lokaal en direct op waarbij minuscule kristallen gevormd worden, die met het blote oog niet of nauwelijks waarneembaar zijn. Onder de microscoop openbaren zich echter fascinerende kristallandschappen. Afbeelding 4 geeft een indruk de vorming van de hierboven genoemde mineralen in



oerbanken in de buurt van Doetinchem en in veenbodems te Overveen bij Haarlem en langs de Maas bij Baarlo. Afbeeldingen 4A en B tonen normaal ijzerroer zoals aangetroffen in het dal van de Oude IJssel te Doetinchem. Het oer bestaat uit kleine, min of meer bolvormige concreties van enkele mms tot pakweg een cm groot met daartussen holtes die gedeeltelijk met klei zijn opgevuld. Ook zet zich hier mangaan af met daaraan geïsoleerde mineralen zoals psilomelaan  $[\text{Ba} \cdot (\text{H}_2\text{O})\text{Mn}_3\text{O}_{10}]$ . In Afbeeldingen 4C, D en E zien we het resultaat van ijzernerslag in de gereduceerde omgeving van een veenbodem te Overveen. Uiterst kleine pyrietkristalletjes, in de orde van  $1 \mu\text{m}$  ( $0,001\text{mm}$ ), groeien tot bolvormige agglomeraten, om duidelijke redenen framboïden genoemd. De framboïde in Afbeelding 4F is gedeeltelijk geoxideerd en met een laagje ijzeroxide bedekt. Analyse met de electronmicroprobe bevestigt de samenstelling van zowel het kristallijne gedeelte als van het korstachtige laagje. Reactie van het door oxidatie ontstane zwavelzuur met kalk uit het grondwater zorgt voor een neerslag van fijne, plaatvormige gipskristallen die hier en daar een laagje vormen op het plantenmateriaal (Afb. 4G). Het kleine bolletje links op de foto is een pseudomorf van gips naar een pyrietframboïde, terwijl we rechts een framboïde zien die, naar het schijnt, met een dun laagje ijzeroxide is bedekt. Afbeelding 4H, tenslotte, laat een aggregaat van fijne siderietkristalletjes zien in een gedeeltelijk veearde veenbodem bij Baarlo.

### Grondwaterstroming: de motor van het proces

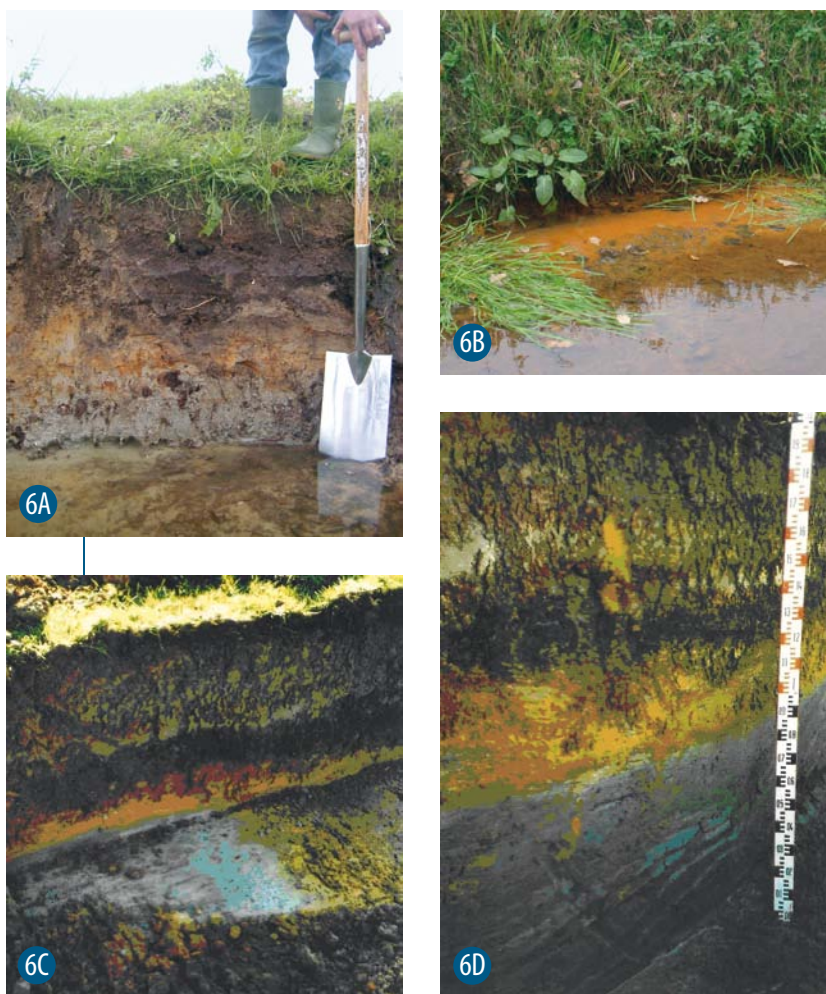
Zoals in de inleiding gezegd komt ijzerroer in Nederland vooral in kwelgebieden voor. Grondwaterkwel moet dan ook beschouwd worden als de motor van het oervormende proces. Afbeelding 5 toont een model van grondwaterstroming op lokaal niveau. Neerslag infiltreert op de hogere gronden. Door de reducerende omstandigheden in de ondergrond gaat ijzer in oplossing en wordt met het infiltratiewater naar lager gelegen beekdalen getransporteerd waar het in kwelzones neerslaat. De bruine roestvlekken die hierbij gevormd worden (en die naar gelang van de redoxomstandigheden weer kunnen omslaan naar grijs), noemen we gleyverschijn-



AFBEELDING 5. | Lokaal grondwaterstromingsmodel.  
Bron: Ontleend aan Knibbe, 1969.

selen. Dit is te zien in Afbeelding 6A. Het grondwaterniveau en ook het redoxvlak in deze afbeelding liggen zo'n 10-20 cm boven het waterpeil van de sloot.

Bij voortdoring van het proces ontstaan oerbanken. Soms is de voormalige beek nog te herkennen in het bodemprofiel. Dit wordt prachtig geïllustreerd in Afbeelding 6C&D, waar het dalletje is opgevuld met een zeer vette, grijsblauwe rivierklei.



AFBEELDING 6. | Bodemprofielen te Doetinchem en Waalre; A: Profiel met gleyverschijnselen langs een sloot te Waalre; B: IJzerprecipitatie uit kwel op dezelfde locatie. C en D: Sleufprofiel over een begraven beekdal langs de Oude IJssel bij Doetinchem.



Station	Jaar	1870	1871	1872	1873	1874
Dedemsvaart *		198	1930	1000	910	150
Almelo		6423	4278	5057	3471	816
Hengelo		2469	1169	712	1270	120
Oldenzaal		560	58	320	510	
Enschede		1513	2849	2950	2410	200
Delden		617	90	120	70	
Zwolle			7250	7010	3560	7460
Wijhe		278	879	10	50	10
Olst		2304	2535	1440	1140	1430
Deventer			3731	4421	4930	4680
Gorssel			820	7105	6460	2040
Laren			880	1720	1990	4590
Lochem				400		
<b>Totaal</b>		<b>14.362</b>	<b>25.580</b>	<b>31.025</b>	<b>26.901</b>	<b>18.896</b>

TABEL 2. | *Vervoer van ijzeroer vanaf verschillende treinstations in Overijssel (ontleend aan Staring, 1877).*

Waar het kwelwater in een sloot of kreek uitstroomt, treedt direct oxidatie op en ontstaat een oranjebruine neerslag in het water zoals op Afbeelding 6b is te zien. Door veroudering wordt de neerslag grijsbruin, terwijl zich aan het oppervlak vaak een olieachtige film vormt. Stagneert het water, dan hoopt het ijzerhydroxide zich soms op tot een schuimachtige bruinigrijze emulsie.

## Aangroei van de oerbanken

Uitgaande van een ijzergehalte in het grondwater van 10 mg/l en een grondwatertransport van 300 mm/jaar, hebben Knibbe en Schelling (1976) berekend dat voor de accumulatie van 20% ijzer in een 10 cm dikke laag, een periode van 3000 jaar nodig is. Voor de Luttenberg, een gebied van ca. 5000 ha in Overijssel, heeft Knibbe (1969) vervolgens becijferd dat op basis van het lokale model hierboven beschreven, een uitspoeling van 0,2% ijzer uit 40 cm van de hogere podzolgronden overeenkomt met een aanrijking van 2,5% in een 10 cm dikke laag, gelegen in een lagere gleygrond. Het totale oppervlak aan podzolgrond, verhoudt zich tot het totale oppervlak aan gleygrond als 3:1. Uit deze verhouding kunnen we berekenen dat in de loop van de tijd in de Luttenberg ruim 75.000 ton ijzer door het grondwater van hogere naar lager gelegen gebieden is getransporteerd. Knibbe (1969) komt nu tot de conclusie dat een lokale of ondiepe bron, de totale hoeveelheid ijzer langs rivieren zoals de Overijsselse Vecht niet voldoende kan verklaren en evenmin het ijzer in de oerbanken van de Achterhoek. Dit wordt ook duidelijk als we de gegevens uit Tabel 2 bekijken.

Het oer vervoerd vanaf de stations Olst en Wijhe (en zeker een gedeelte via Zwolle) had betrekking op kwelgebieden met grondwater afkomstig van de Luttenberg. Als we aannemen dat 20% van het Zwolse oer afkomstig was van de Luttenberg, komen we tot een jaargemiddelde van ruim 3000 ton oer voor de periode 1870 t/m 1874. Dit betreft alleen oer verscheept met de spoorwegen. Veel erts werd ook per schip via de IJssel vervoerd. Over een periode van pakweg 150 jaar dat verschillende ijzerindustrieën op basis van Nederlands oer actief waren in de regio, komen we dan tot een totaal van minimaal 450.000 ton oer of ruwweg 225.000 ton ijzer, een veelvoud van de door Knibbe (1969) berekende 75.000 ton uit de ondiepe ondergrond. En groot gedeelte van het oer moet dus uit diepere bron afkomstig zijn.

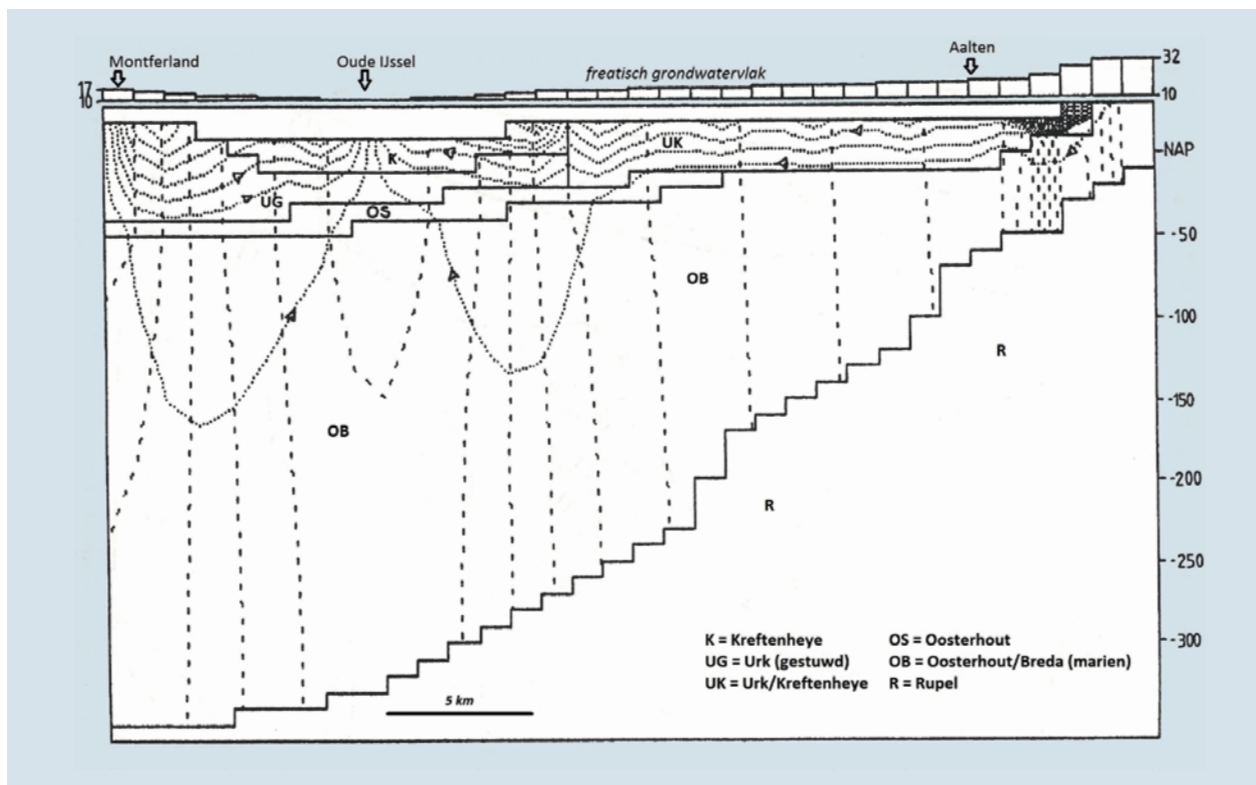
Het stroomlijnmodel in Afbeelding 7, berekend in het kader van een bodemonderzoek door Geochem te Doetinchem, laat zien dat dit voor het oer langs de Oude IJssel inderdaad het geval is (Geochem, 1990). Een gedeelte van het infiltratiewater uit de omgeving van Aalten en Lichtenvoorde en uit het Montferland

bereikt de kwelgebieden van de Oude IJssel via de diepe ondergrond. Dit water doorstroomt de Formaties van Oosterhout en Breda, mariene afzettingen waarin het ijzerhoudende mineraal glauconiet voorkomt en verhoogt zodoende het ijzerpotentieel van het brongebied aanzienlijk.

Hoe zit het nu met de aangroeisnelheid van de oerbanken? De locatie te Doetinchem is onderzocht door middel van een 100 m lange sleuf (Afb. 6C en 6D). Het ijzergehalte in de sleuf over een diepte van 120 cm varieert van 0,6 tot 53,7 gew%  $Fe_2O_3$  op droge stof basis met een gemiddelde van 11,4% waarvan 1,2% klei-gebonden is. Dit komt erop neer dat over een oppervlakte van 1 ha, 2448 ton ijzer vanuit de ondergrond is aangevoerd. Om de aangroeisnelheid te berekenen is uitgegaan van de mogelijke grootte van de kwel in het gebied. Deze kan geschat worden aan de hand van de formule:  $kwel = k \times grad$ , waarin 'k' de verticale doorlaatbaarheid is van het sediment direct onder de ijzerhoudende laag (in dit geval de formatie van Kreftenheye) en 'grad' de verticale gradiënt. Voor de onderzoekslocatie wordt de eerste grootte geschat op 1-10 m/dag en de tweede op 0,0125-0,25  $m^3/dag/m^2$ . De aanvoertijd van de totale hoeveelheid ijzer (2448 ton) komt zo uit tussen de 54.000 en 2500 jaar bij een ijzergehalte van het kwelwater van 2g/l.

Wat betekent dit nu voor de uitspraak opgetekend tijdens het onderzoek te Doetinchem: *"gedere generatie zijn eigen oerbank"*? Als we met gemiddelden werken zien we dat deze stelling zelfs bij benadering geen stand houdt, maar als we het ijzergehalte van het grondwater verhogen tot een aanvaardbare 10 mg/l Fe dan daalt de minimale aanvoertijd naar ca. 500 jaar. Nu kan het ijzergehalte van grondwater waarden bereiken van 50 mg/l. Roeschmann (1960), geciteerd door Knibbe (1969) in zijn studie betreffende de gleygronden van Salland, vindt zelfs waarden van 30-200 mg/l in oppervlakkig grondwater in het dal van de Eems. Betrekken we deze, zij het extreme, gegevens in onze berekening dan zou het mogelijk zijn om de bovengenoemde 2448 ton ijzer in 25 jaar neer te slaan. Dit is voldoende voor het vormen van een oerbank van een halve meter dik over een oppervlak





AFBEELDING 7. | Grondwaterstromingsmodel voor de Achterhoek tussen Aalten en het Montferland (Geochem 1990).

van een halve hectare welke de vijf ijzerhutten in de omgeving pakweg een jaar van erts zou kunnen voorzien.

We moeten hierbij echter wel twee kanttekeningen plaatsen. Enerzijds zijn de hoge ijzergehalten in het ondiepe grondwater voornamelijk afkomstig van lokale processen. Zij spelen dus eerder een rol bij de reconcentratie van het oer via lokale ondiepe stromingen. De potentie van hun bijdrage aan de groei van oerbanken blijft daarom beperkt. Anderzijds hebben we geen rekening gehouden met de concentratie van de kwel in bepaalde zones, waardoor nog eens extra aanrijking van ijzer kan plaatsvinden.

Al met al lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat de vorming van een (in vroeger tijden) exploitabele ijzeroerbank gedurende één generatie niet onmogelijk is, maar wel uitzonderlijk. Eerder voltrekt zich zo'n proces over een tijdsverloop van enkele eeuwen zo niet millennia, zeker als het gaat om oervorming vanuit de diepere bodemlagen waar zich tenslotte het grootste potentieel voor deze 'hernieuwbare' grondstof bevindt. Geologisch gezien is dit natuurlijk nog steeds een kort ogenblik.

## Dankwoord

De schrijver bedankt het Nederlands IJzermuseum (ICER) te Ulft en het Archief van de Oudheidkundige Vereniging van de Gemeente Gendringen voor het beschikbaar stellen van de gegevens betreffende de ijzerhut van de DRU. De Gemeenten Doetinchem en Haarlem worden bedankt voor hun toestemming tot het publiceren van de gebruikte gegevens uit de respectieve onderzoeksrapporten van Geochem Research.

## LITERATUUR

- Geochem Research: Onderzoeksrapport voor de Gemeente Doetinchem, 1990 (niet gepubliceerd).*
- Geochem Research: Verhoogde arseengehalten in de bodem van het CIOS-terrein, Haarlem: aard en verbreiding, 1992 (niet gepubliceerd).*
- Knibbe, M., 1969. *Gleygronden in het dekzandgebied van Salland; Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen.*
  - Knibbe, M. & J. Schelling 1976. *De ijzerverplaatsing naar gleygronden. In: G.G.L. Steur et.al., Bodemkartering, Een kwarteeuw onderzoek met boor en spade, Stichting voor Bodemkartering. Wageningen: Stiboka.*
  - Kuiper, Peter Paul, 2006. *Ijzerhard oer, oerdegelijk ijzer: Afstudeerscriptie St.nr: 820510-486-120 Wageningen Universiteit.*
  - Laban, C., H. Kars & A. Heidinga, 1988. *Ijzererts uit eigen bodem, Grondboor & Hamer, jrg. 42, no.1, pp.1-11.*
  - Roeschmann, G., 1960. *Die Grundwasserböden de Emstales zwischen Rheine und Papenburg und ihre Beziehung zur Geschichte des Emslaufes; Geol. Jahrb. 77, pp. 741-780.*
- Historische locatie. Nederlands ijzermuseum te Ulft: [www.nederlandsijzermuseum.nl](http://www.nederlandsijzermuseum.nl)*
- Ijzeroer in Drenthe: <http://oud-schoonebeek.nl/index.php/drenthe/2-ijzeroer-in-drenthe>*

