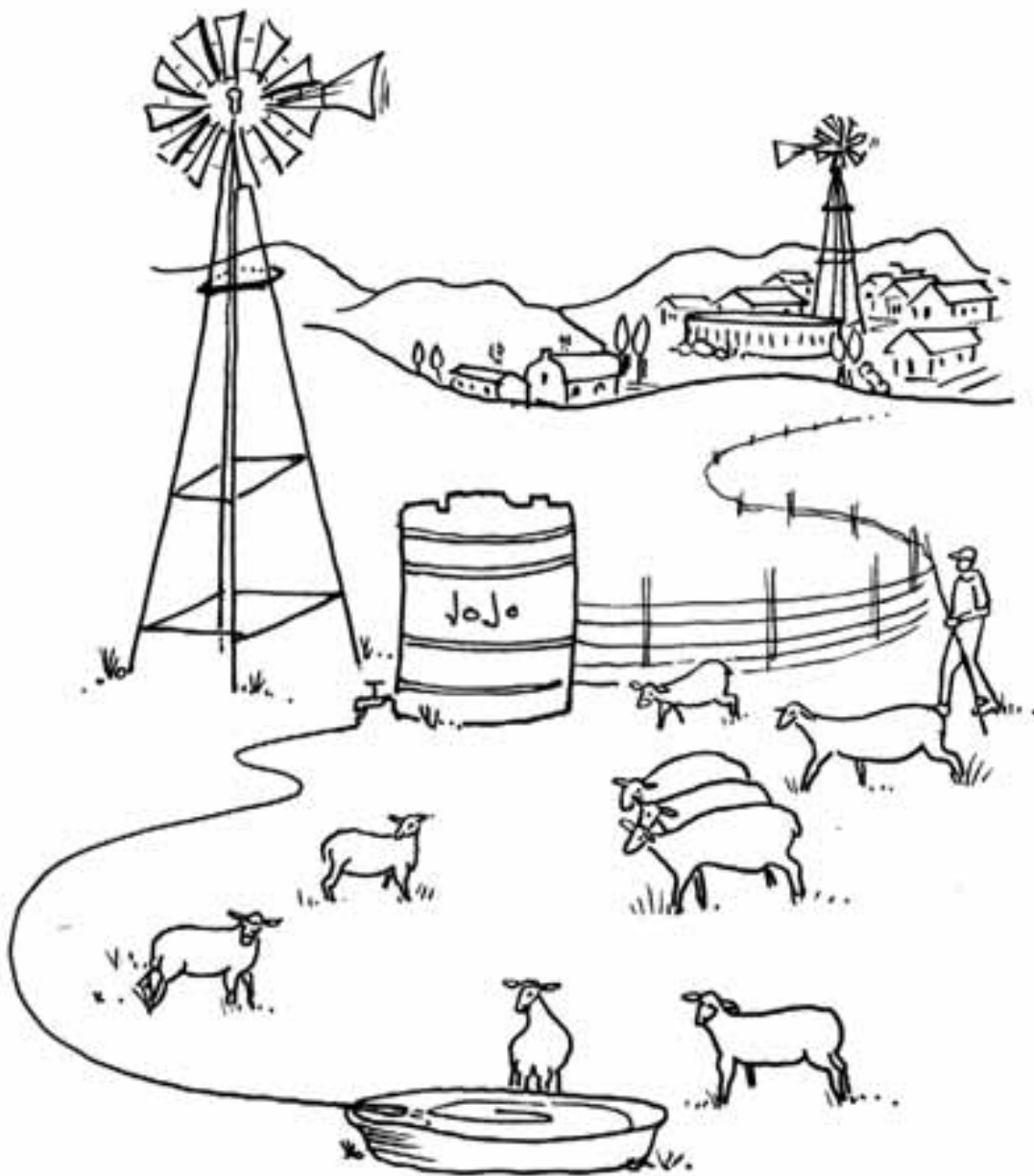


SORG VIR

# Grondwater

WAAROM EN HOE?





### **Voorwoord en Dank**

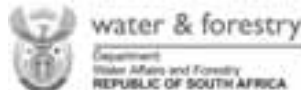
Die boekie vorm deel van 'n reeks wat 'n kapasiteitsbou-inisiatief vir Watergebruikersverenigings en Opvanggebiedforums in die Olifants-Doorn-waterbestuursgebied (WBG) ondersteun. Die inisiatief is 'n loodsprojek vir moontlike verdere toepassing in die res van Suid Afrika. Die boekie is dus geskryf om regdeur die land toepaslik te wees.

Dit dien egter 'n bepaalde en beperkte doel. Dit is 'n basiese, praktiese inleiding tot grondwaterbronne, wat daarop gemik is om watergebruikers aan te moedig om betrokke te raak in aktiwiteite wat sal lei tot 'n beter begrip en bestuur van waterbronne.

Die boekie is dus nie alomvattend nie. Dit span 'n brug na meer tegniese en streekspesifieke materiaal wat elders beskikbaar is.

WWF-SA het die projek geïnisieer en die materiaal ontwikkel met steun van FETwater en ander vennote. Die Wes-Kaapstreek van die Departement van Waterwese en Bosbou (DWB) pas die kapasiteitsbouprogram in die Olifants-Doorn WBG toe, met die hulp van Danida. Vir meer inligting oor die inhoud en die kapasiteitsbou-inisiatief, skakel die bestuurder van die Olifants-Doorn WBG in die Wes-Kaapse streekkantoor van die DWB.

Illustrasies: Tammy Griffin



# INHOUD

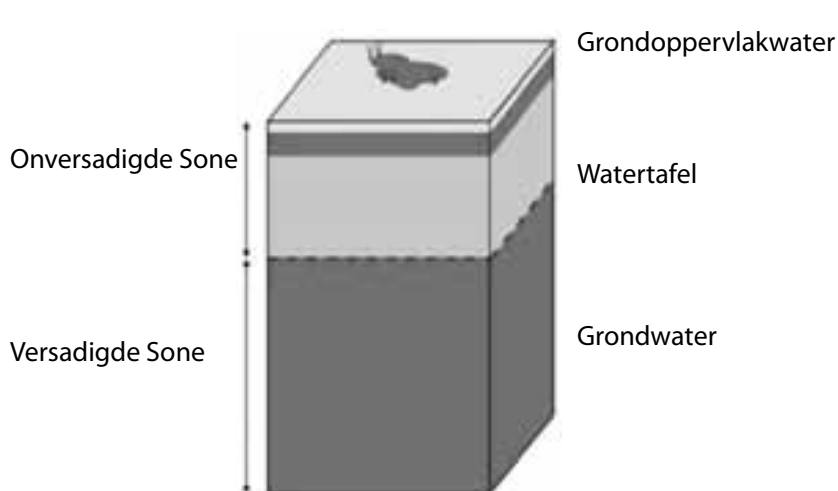
<b>1.</b>	<b>Wat is Grondwater?</b>	<b>4</b>
	Waterdraers	5
	Grondwatergehalte	6
<b>2.</b>	<b>Waarom Sorg?</b>	<b>7</b>
	Belangrikheid vir mensebestaan en ontwikkeling	7
	Ekologiese Waarde	8
<b>3.</b>	<b>Hoe Werk Grondwaterstelsels?</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>Wat Kan Verkeerd Loop?</b>	<b>14</b>
	Ooronttrekking	14
	Besoedeling	17
<b>5.</b>	<b>Hoe Sorg Ons Beter?</b>	<b>19</b>
	Die Voorsorgbeginsel en die Voorkomingsbeginsel	19
	Grondwaterhervullingsones	20
	Rolspelers	20
	Tipes Grondwatergebruikers	21
	Direkte en Indirekte Stappe	22
	Doeltreffende Watergebruik	24
	Verbetering van Grondwaterhulpbronne	27
	Monitering van Grondwater	30
	Die Grondwaterkoördineerder	36
	Betrokke Agentskappe	38
<b>6.</b>	<b>Vir Meer Oor Grondwater</b>	<b>39</b>

# Wat is Grondwater?

Grondwater kom voor onder die grondoppervlakte, in grond-porie spasies en in die breuke van geologiese formasies. Ondergrondse water word normaalweg deur middel van die ontwikkeling van **boorgate** na die oppervlakte gebring, hoewel dit ook by natuurlike **fonteine, syplinge en vleilande** uit die grond kan kom. Na beraming is ongeveer 13% van alle water wat ons in Suid-Afrika gebruik, grondwater.

Grondwater kom vanaf reën, sneeu, ysreën en hael wat in die grond intrek. Die water sak in die grond weg vanweë swaartekrag en insypling tussen gronddeeltjies, sand, gruis, of rots, totdat 'n diepte bereik word waar die grond met water gevul word, of versadig raak. Die proses staan bekend as hervulling van die grondwater.

Die gebied wat gevul word, word die **versadigde sone** genoem, en die boonste gedeelte van hierdie sone is die **watertafel**. Die gedeelte bo die watertafel is die onversadigde sone. Die watertafel kan baie naby die oppervlakte wees, of honderde meters diep.



Daar word beraam dat die volume grondwater 30.1% van alle varswaterbronne op aarde beslaan, vergeleke met net 0.3% varswater op die oppervlak. Die gletsers en yskappe by die pole is, met 68.7%, die enigste groter bronne van varswater op aarde.

**Figuur 1: Die Watertafel**

(Aangepas uit 'Guidelines for the management of groundwater to maintain wetland ecological character', Ramsar-konvensie oor Vleilande, 2005)

## Waterdraers

'n **Waterdraer** is 'n geologiese laag van deurdringbare materiaal (soos sand, gruis of gesplete rotsbodem) wat in staat is om bruikbare hoeveelhede water aan 'n boorgat te lewer. Hierdie waterdraers kan klein wees, slegs 'n paar hektaar in omtrek, of baie groot, en duisende vierkante kilometer van die aarde se oppervlakte beslaan.

### Primêre Waterdraers

Ongeveer 10% van die grondwater in Suid-Afrika kom in '**primêre waterdraers**' voor. Primêre waterdraers kom in poreuse sedimente voor, waar grondwater in die spasies tussen die gronddeeltjies gehou word. Primêre waterdraers is te vinde in rivier- (alluviale) sedimente, in kussandafsettings, en in die Kalahari-afsettings, en kom meestal in die kusgebiede van KwaZulu-Natal en die Wes-Kaap en Noord-Kaapprovinsies voor.

### Sekondêre Waterdraers

Oor sowat 90% van Suid-Afrika se oppervlakte kom grondwater in harde rots voor. In hierdie rotse lê grondwater in krake en in dolomiet en sandsteen, in opgeloste openinge wat 'splete' genoem word. Hierdie harde rotswaterdraers staan bekend as **sekondêre waterdraers** omdat die grondwater in openinge voorkom wat gevorm is nadat die rots gevorm het.

### Karstiese Waterdraers

In Suid-Afrika kry ons ook betekenisvolle areas dolomiete en kalksteen bekend as karst-afsettings. Groot hoeveelhede grondwater kan in opgeloste openinge in die dolomiete en kalksteen voorkom.

## Grondwatergehalte

Aangesien grondwater in talle verskillende situasies voorkom, saam met verskillende rots- en grondtipes en minerale, **wissel die gehalte van grondwater aansienlik**. Oplosbare dele van die omringende materiale los in die water op en gee aan elke waterdraer 'n unieke gehalte. In waterdraers van die Tafelberg-groep is die grondwater besonder suiwer. Die Tafelberggroep bestaan uit 'n baie suiwer tipe kwartsiet, wat nie die chemiese samestelling van die grondwaterhervulling noemenswaardig verander nie.

In sommige diep waterdraers, soos in die Kalahari en die Wes- en Noord-Kaapse kusgebiede, is daar egter 'n aansienlike hoeveelheid sout (*natriumchloried*). Water uit hierdie waterdraers kan **uiters sout** of 'brak' wees. Waar dit min reën is daar ook selde 'n kans om die ondergrondse water met goeie gehalte varswater aan te vul. Daar is 'n storie oor twee Kalahari San wat vir die eerste keer by die Atlantiese Oseaan kom. Hulle skep die water met hulle hande, drink dit en roep uit hoe wonderlik vars dit is! Dit is miskien nie 'n ware verhaal nie, maar bewys dat die Kalahari-waterdraers inderdaad 'n hoë soutinhoud het. Mens en dier het daarby aangepas. In ander gebiede is die situasie nie so erg nie, maar talle gemeenskappe, soos in Loeriesfontein in die Noord-Kaap, het gewoon geraak aan water wat vir baie ander mense té sout sal wees.

In sommige sekondêre waterdraers, veral in sandsteen en kwartsietrots, soos in die Oos-Kaap, los die water 'n aantal minerale soute op, veral ystersoute. Wanneer die water na die oppervlakte gebring word en met suurstof in die lug in aanraking kom, oksideer die yster en vorm oranje neerslae wat stadig afsak. Totdat hierdie afsakking gebeur, is die water veilig om te drink, maar nie helder nie – beslis nie geskik om wit klere in te was nie! Dit smaak, selfs nadat die water verhelder het, altyd effens bitter.

Buiten die veranderings in die water wat veroorsaak word deur die verskillende soute wat daarin kan oplos, is grondwater **in die natuurlike toestand** gewoonlik **veilig** om deur mens en dier gedrink te word. 'n Ontleding van water uit 'n waterdraer in die Oos-Kaap het getoon dat buiten die ystersout daarin, dit gesonder was wat betref pH, verhouding van ander opgeloste soute, en afwesigheid van potensieel gevaarlike bakterieë, as die plaaslike munisipale water.

# Waarom Sorg?

## Belangrikheid vir mensebestaan en ontwikkeling

Ondanks die relatief klein bydrae tot grootmaat-watervoorziening (13%), verteenwoordig grondwater 'n **belangrike en strategiese waterhulpbron** in Suid-Afrika. Vanweë die gebrek aan standhoudende strome in die halfwoestyn- tot woestyngede, is twee derdes van Suid-Afrika se oppervlakgebied grootliks van grondwater afhanklik. In hierdie waterskaarsgebiede, is grondwater meer werd as goud.

Die Departement van Waterwese en Bosbou het onlangs getoon dat feitlik **60 uit elke 100 landelike gemeenskappe afhanklik is van grondwater** vir huishoudelike behoeftes en om hulle gewasse en diere van water te voorsien. Sowat 320 dorpe en nedersettings is van grondwater afhanklik.

In die woestyn- en halfwoestyngebiede van die land is landbou, ver van riviere soos die Oranje en Groot-Vis wat deur hierdie gebiede loop, feitlik heeltemal van grondwater afhanklik.

Hoewel besproeiing die grootste gebruiker van grondwater is, is die voorsiening aan meer as 300 dorpe en kleiner nedersettings ook uiters belangrik. Selfs in die natter dele van die land het grondwater ook 'n strategiese bron geword, omdat dit **'n meer kostedoeltreffende manier is om water te voorsien** aan klein en wyd verspreide gemeenskappe.

Sowat **15 miljoen Suid-Afrikaners** steun tot 'n mate op grondwater, veral in die droër westelike deel van die land. As deel van die Heropbou- en Ontwikkelingsprogram, **is daar die afgelope 6 jaar deur middel van grondwatervoorziening aan die basiese waterbehoefte van sowat 4 miljoen Suid-Afrikaners voldoen.**

Grondwater kan in die toekoms selfs belangriker word namate die vraag na water toeneem. Hoewel hidrogeoloë (grondwaterwetenskaplikes) nie heeltemal met mekaar saamstem oor presies hoeveel grondwater daar in Suid-Afrika is nie, word daar geraam dat **minder as 20% van Suid-Afrika se beskikbare grondwaterhulpbronne tans gebruik word.** Dit beteken dat daar nog aansienlike ruimte is om hierdie hulpbronne verder te ontgin,



**Figuur 2: Grondwater Gee Lewe**

---

Dit is duidelik dat die funksionering en ekologie van hele opvanggebiede in 'n groot mate van die behoorlike funksionering van die grondwaterstelsels afhanklik kan wees.

---

sonder dat die Ekologiese Reserwe (sien later) beïnvloed word. Aangesien dit onwaarskynlik is dat die beskikbaarheid van oppervlakwater sal verhoog (trouens, gegewe klimaatsverandering, kan dit verminder), **is dit waarskynlik dat grondwater uiters belangrik vir die toekoms van die land gaan word.**

Een raming beweer dat die maksimum hoeveelheid grondwater wat ekonomies ontwikkel kan word, ongeveer 6 000 miljoen kubieke meter per jaar is. Tans word ongeveer 2 000 miljoen kubieke meter per jaar uit grondwater onttrek.

## Ekologiese Waarde

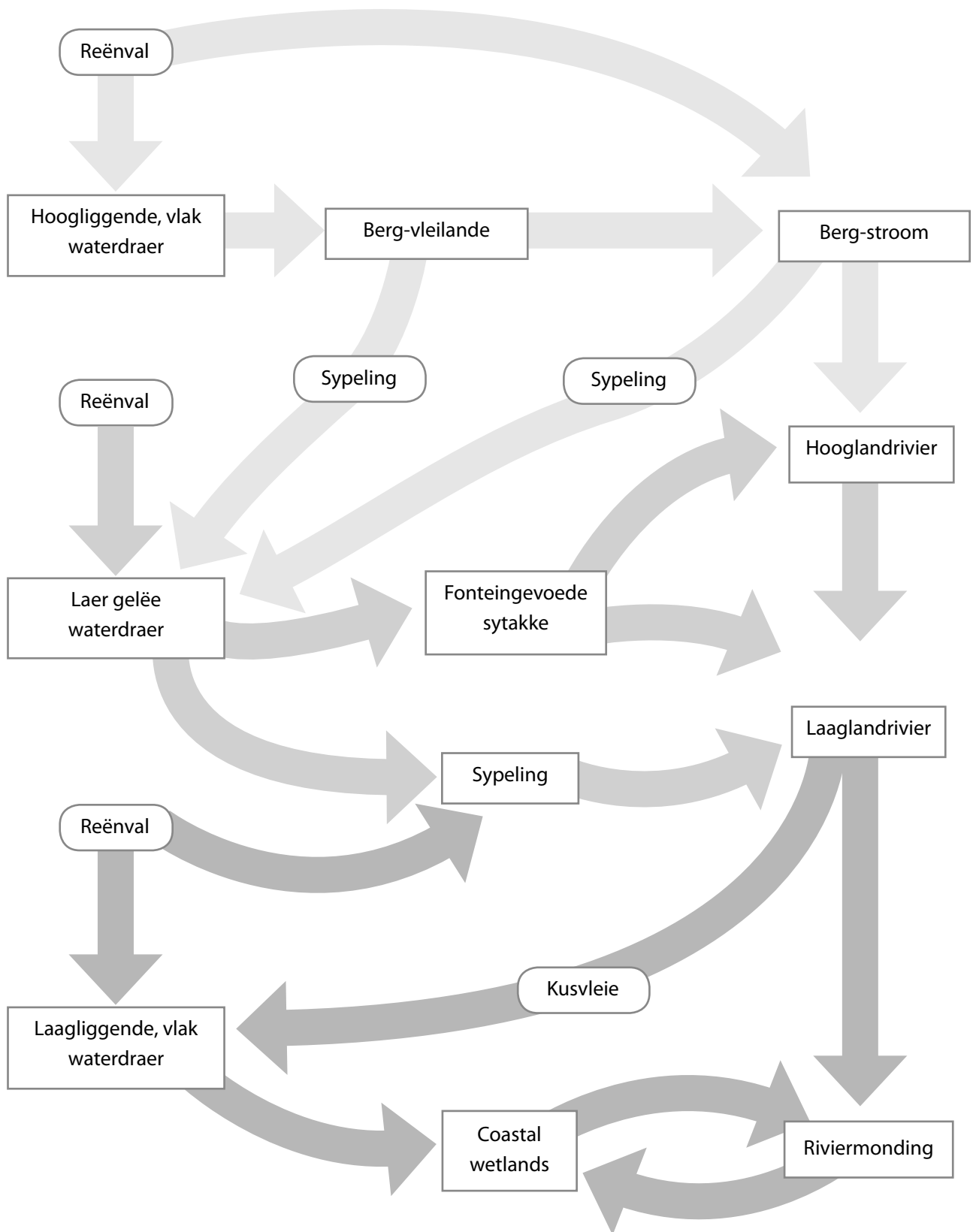
### Hoeveelheid water

Hoewel grondwater dikwels as afsonderlik van oppervlakwaterstelsels gesien word, is die stelsels onafskeidbaar verbind. Die **bronne van die meeste riviere is natuurlike fonteine**. Hulle ontspring uit **vlak**

**waterdraers** hoog in die opvanggebied, dikwels in berge en heuwels. In baie gevalle is daar regdeur die opvanggebied sytakke wat ook deur ondergrondse fonteine gevoed word.

Die meeste **vleilande word ook gevoed deur sulke fonteine wat uit grondwaterwaterdraers** ontspring. Hulle kan enige plek in die opvanggebied geleë wees, selfs in laagliggende kusgebiede, soos die vleie langs die Wes- en Noord-Kaapse kus. Vir die korrekte funksionering van hierdie stelsels moet daar genoeg water uit afwisselende reënval en sypling uit riviere wees om die watertafel in die waterdraer hoog genoeg te hou, sodat die vleilande van tyd tot tyd kan oorstrom.

Daar kan ook 'n uitruiling van water wees tussen nabygelëe **kus-vleilande en riviermondings**. Wanneer riviermondings vol is na óf hoë varswaterinvoei (tydens vloede) óf hoë getye (met soutwater), kan hulle oorspoel na vleie en die waterdraers wat hulle voed. Wanneer die water laag is, kan vleilande en hulle waterdraers in die riviermondings insypel.



**Figuur 3: Tipiese patroon van wateruitruiling/-oordrag tussen opvanggebiedkomponente**

Eweneens word grondwaterstelsels self dikwels deur riviere en vleilande gevoed en dus kan die **natuurlike 'heraanvulling'** van waterdraers afhanklik wees van voldoende water vanaf grondwaterstelsels.

Opvanggebiedstelsels word dus gekenmerk deur patrone van **wateruitruiling of oordrag** tussen die verskillende komponente van 'n opvanggebied. 'n Moontlike patroon van wateruitruiling/-oordrag word in Figuur 3 voorgestel.

## Watergehalte

Grondwater speel nie net 'n kritieke rol in die hoeveelheid water wat vir die ekologiese funksionering van die opvanggebied beskikbaar is nie, maar beïnvloed ook die besondere gehalte van die water in verskillende komponente. Die watergehalte kan weer die biologiese gemeenskappe in hierdie komponente beïnvloed. Dit is veral die geval met vleilande wat van grondwater afhanklik is.

Namate water deur 'n waterdraer vloei, los dit minerale soos kalsium, natrium, bikarbonaat en chloried in die rots op, en die temperatuur van die water word dan dieselfde as dié van die rotse. Die gevolg is dat die chemiese en termiese eienskappe van grondwater dikwels taamlik verskil van dié van oppervlakwater. Die plant- en dieregemeenskappe in vleilande wat deur grondwater gevoed word, verskil dus dikwels van dié in vleilande wat net deur oppervlakwater gevoed word. Trouens, die teenwoordigheid of afwesigheid van bepaalde spesies wat daarvoor bekend is dat hulle van grondwater afhanklik is, dan in sommige gevalle 'n aanduiding wees of 'n vleiland van grondwater afhanklik is, of nie.

Grondwater in waterdraers onderhou sommige baie gespesialiseerde organismes, en hulle word deur navorsers bestudeer. Onderstaande is aangepas uit *The Water Wheel*, Januarie/Februarie 2005:

## Daar's lewe in grondwater

Moderne tegnologie het wetenskaplikes in staat gestel om florerende gemeenskappe van klein lewende organismes in grondwater onder die oppervlak van die aarde te ontdek, ook in waterdraers in dele van suidelike Afrika. En omdat ondergrondse karst-vleilande as grondwaterafhanklike stelsels omskryf word (Ramsar-konvensie, Iran 1971), moet hierdie ekosisteme beskerm word.

Dr Heather MacKay, navorsingsbestuurder by die Waternavorsingskommissie (WNK), sê wetenskaplikes stel belang in die klein fauna (mikro-organismes en ongewerwelde diertjies) wat in waterdraers leef. Soms kom hierdie organismes voor in klein barsies in rotslae of in die tussenruimtes in vlak, ongekonsolideerde rots, net onder die stroombedding.

Amfipodes (tweepotiges) word soms gevind wanneer 'n boorgat gesink word. Hulle kom op wisselende dieptes voor – daar is gewoonlik meer van hulle op die bodem van die boorgat.

Boorders beskou dit dikwels as 'n aardigheid om klein diertjies te vind in die water wat uit die boorgat kom. Maar, omdat hulle lewende organismes is, is hulle nie bloot net 'n "aardigheid" nie, selfs al word hulle verwantskap met en belangrikheid vir ander water en land-ekosisteme nog nie goed begryp nie.

Volgens dr MacKay is baie van hierdie ondergrondse akwatiese habitate hoogs sensitief vir invloede soos besoedeling wat uit die grondoppervlak insypel as gevolg van byvoorbeeld landbou, stedelike ontwikkeling of ooronttrekking van grondwater.

Sayomi Tasaki, 'n dierkundige navorsingswetenskaplike van varswaterongewerweldes by die Universiteit van Johannesburg (voorheen die RAU) en ook werksaam by die WNK en die Departement van Waterwese en Bosbou, het verskeie grondwaterverwante ongewerweldes in die die Kromdraaibewaringstreek (die gebied rondom die Wieg van die Mensdom) gevind.

Die ongewerwelde diertjies (stygoxen, stygophyle en stygobite) sluit die blinde Sternophysinx-amfipodegroep in. Die Sternophysinx calceola het nie oë nie, en voel beweging deur klankgolwe via fonoreseptor-aanhangsels op die voelhorings. Dit het sodoende ontwikkel om te oorleef in grondwaterhabitate waar geen lig is nie.

Volgens Tasaki kan hierdie ooglose skaaldiartjies in Suid-Afrika in water tot 170m ondergronds gevind word. Sy verduidelik dat hierdie stygobites akwatiese diere is wat heeltemal aangepas het om deur hulle hele lewensiklus in absolute donkerte ondergronds te bly. Vanweë die verfynde aard van hulle evolusionêre ontwikkeling, is hulle in besondere harmonie met hulle omgewing en 'n soort natuurlike aanwyser van stelselintegriteit.

Die studie van hierdie baie gespesialiseerde diere kan heel moontlik aan ons 'n waardevolle moniteringsinstrument gee, waarmee die gehalte van grondwater getoets kan word.

# Hoe Werk Grondwaterstelsels?

Soos beskryf en geïllustreer in Figuur 3, werk grondwater op die volgende maniere:

- **Neerslag** (reën, sneeu, hael) vul grondwater aan deur van bo af in te perkoleer en van die kante of in te sypel. Grondwater word ook aangevul deur sypeling van vleilande, strome en riviere.
- **Waterdraers** berg dan dié water, óf in splete (krake en gate) in ondeurdringbare rots (sekondêre waterdraers), óf tussen sandkorrels of slik (primêre waterdraers).
- Van die grondwater vloei dan horisontaal deur die omringende materiaal om as **fonteine te ontspring en só ander opvanggebiedkomponente, soos vleilande of riviere, te voed**. Dit gebeur veral wanneer daar na reëns surpluswater in die waterdraer is, maar in stelsels wat goed funksioneer, vloei sulke fonteine op 'n byna konstante, gereguleerde basis.
- Van die grondwateraanvulling water **vloei deur ondergrondse kanale om dieper waterdraers te voed**, weereens meestal wanneer daar surpluswater is.
- Wanneer voldoende reënval of sypeling die watertafel laat styg, kom van die grondwater na bo **om vleilande te oorspoel**.
- Baie van die grondwater bly baie lank in waterdraers – selfs vir duisende jare. Hierdie water word net vrygestel deur dramatiese veranderinge in die struktuur van die omringende materiaal, soos deur aardbewings of verskuiwings in tektoniese plate, of deur menslike ingryping deur middel van putte of boorgate.
- Grondwater vloei gewoonlik teen 'n baie stadige tempo, anders as oppervlakwater.

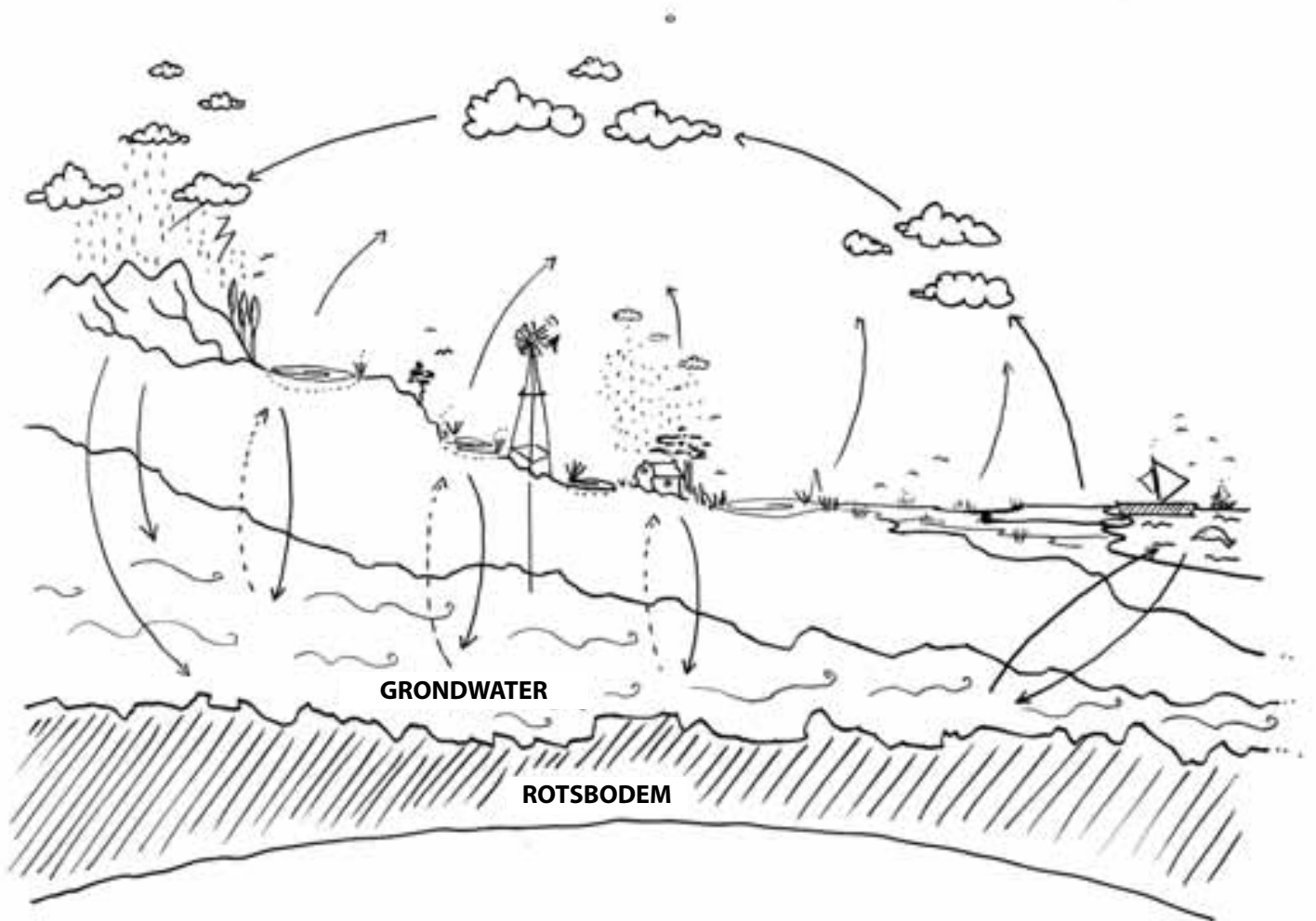
---

Waterdraers kan gesien word as natuurlike, permanente en (relatief) gewaarborgde wateropgaarfasiliteite, en grondwater as die fondament van ons waterhulpbronbasis.

---

## Fossielgrondwater

Water wat baie lank in waterdraers was, staan bekend as 'fossielgrondwater'. Dit is dikwels in waterdraers wat lank gelede gevul is, maar toe natuurlik verseël is en uiters stadig aanvul. Water wat uit hierdie waterdraers geneem word, is dus nie vervangbaar nie.



**Figuur 4: Enkele Moontlike Grondwater Interaksies**

# Wat Kan Verkeerd Loop?

---

Wanneer besoedelende stowwe 'uitgespoel' word, beteken dit nie dat hulle verdwyn nie. Hulle gaan inderwaarheid rivieraf na riviermondings en die see, waar hulle groot skade kan aanrig.

---

Net soos ander waterhulpbronne, is grondwater kwesbaar vir twee sleutelinvloede:

- *Ooronttrekking* – dit beïnvloed die **hoeveelheid** water wat vir beide ekologiese prosesse en menslike vereistes beskikbaar is. Selfs as onttrekking in die algemeen op 'n aanvaarbare vlak is, kan daar tydens 'n **lang droogte** te min water vir toereikende **aanvulling** beskikbaar wees en die beskikbare water raak dus minder.
- *Besoedeling* – dit beïnvloed die **gehalte** van die water en kan dit ongeskik maak vir beide ekologiese prosesse, én vir menslike gebruik. As 'n waterdraer eers besoedel is, is dit bitter moeilik en baie duur om die water te suiwer. Anders as riviere waar die water aanhoudend verander en waarin besoedelende stowwe deur swaar reën uitgespoel word, behou grondwater besoedelende stowwe vir baie lank.

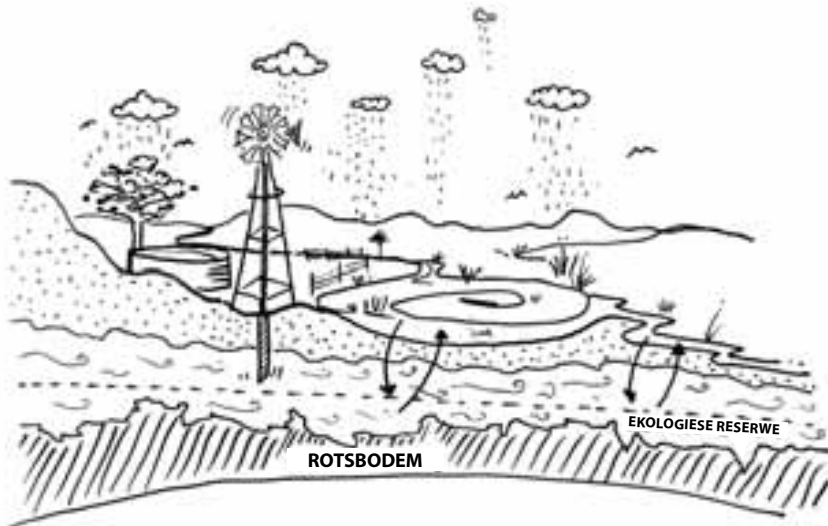
## Ooronttrekking

Een van die grootste uitdagings in die bestuur van grondwater is om te besluit hoeveel water veilig uit 'n waterdraer onttrek kan word. Hierdie besluit moet berus op 'n goeie begrip van:

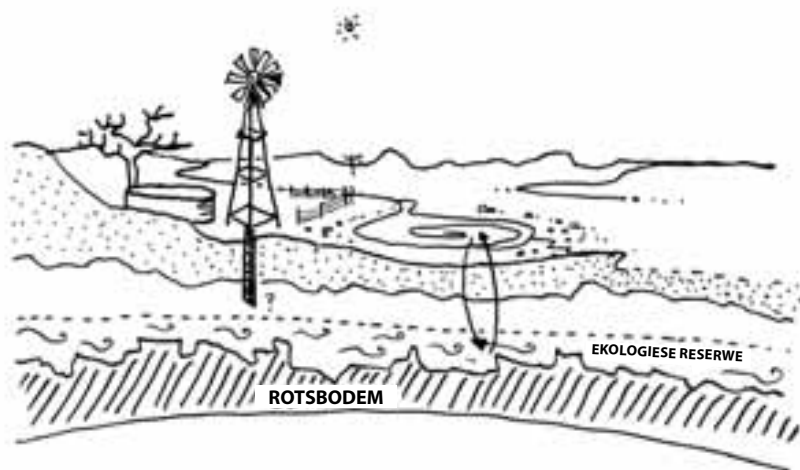
- Hoe 'groot' die waterdraer is – hoeveel water dit kan hou.
- Hoeveel van hierdie water noodsaaklik is om ekologiese prosesse in stand te hou – die 'Ekologiese Reserwe' (sien die boekie *Opvangebiede, Volhoubaarheid en die Ekologiese Reserwe*).
- Hoe vinnig die water vervang word – die aanvullingstempo.
- Wanneer onttrekking en aanvulling plaasvind.

Die ideaal is dat water nie vinniger uit 'n waterdraer verwyder moet word as wat dit vervang kan word nie, sodat die **onttrekkingstempo** in pas is met is die **aanvullingstempo**, en die waterdraer die hele tyd relatief vol gehou word. Aanvulling vind egter gewoonlik net op bepaalde tye plaas (in die reënseisoen) en onttrekking vind gewoonlik voltyds plaas, intendeel dikwels meer tydens droë tydperke. Om die tempos te balanseer is dus nie maklik nie. Dit gevolg is dat watervlakke in die waterdraer in tye van hoë

onttrekking en lae aanvulling – droë toestand – daal. In 'n goedbestuurde grondwaterstelsel vergoed die nat seisoene hiervoor wanneer onttrekking daal en aanvulling toeneem om die watervlakke weer te laat styg.



**Figuur 5a: Nat Seisoen – akwifereer word aangevul**



**Figuur 5b: Droë Seisoen – akwifereer watervlakke daal**

Daar is twee kritieke oorwegings:

- Selfs wanneer onttrekking op sy hoogste en aanvulling op sy laagste is, moet die Ekologiese Reserwe nie in gevaar gestel word nie
- Aan die einde van elke aanvullingseisoen moet die waterdraer vol wees – daar moet dus nie in 'n jaar meer onttrek word as wat die verwagte aanvulling kan vervang nie.

Die eerste punt hierbo beteken dat as die ekwivalent van die hoelheid heraanvulling uit boorgate onttrek word, daar nie genoeg grondwater oorbly om eko-funksionering in stand te hou nie. Oor presies hoeveel grondwater onttrek kan word, is daar meningsverskille. Waar grondwater 'n sleutelrol speel in die voorsiening van basiese behoeftes of ekonomiese ontwikkeling, kan die ekwivalent van 50% van die grondwaterheraanvulling onttrek word. Kundiges glo dat dit egter goeie praktyk is om slegs 25% van die grondwaterheraanvulling te onttrek. Sommige ekoloë glo selfs dat die toelaatbare hoeveelheid grondwater wat onttrek kan word, bereken moet word as 'n persentasie van die grondwaterafvloe! Die afvloe vanaf grondwater is minder as die invloei of heraanvulling, en so 'n uitgangspunt sal dus groter beskerming gee aan ekosisteme wat afhanklik is van grondwater, insluitende the basale vloei na riviere, invloei in vleilande, syferings en grondwater-afhanklike plantegroei.

Regdeur die land is baie plaasboorgate drooggepomp en moes boere al dieper en dieper boor vir water. 'n Mens sien dit veral by klein, geïsoleerde waterdraers met 'n baie stadige tempo van natuurlike aanvulling. Wanneer 'n waterdraer uitgeput is, val die watertafel so laag dat grondwaterheraanvulling nie die versadigingsone bereik nie, en die waterdraer herstel nooit weer nie.

So 'n situasie was moontlik onder die vorige Waterwet waar grondeienaars 'n reg op die gebruik van al die water onder hulle grond gehad het. Volgens die nuwe Nasionale Waterwet moet alle watergebruikers aansoek doen vir lisensies om water uit boorgate te onttrek (behalwe vir Skedule 1-gebruik), en dit behoort te verseker dat waterdraers nie op hierdie wyse oorbenut en onherstelbaar geskaad word nie.

Ooronttrekking kan onder sekere omstandighede tot verdere probleme lei:

- *Grondversakking* – as gevolg van ooronttrekking wat die watertafel laat sak en die ruimte wat vir die berging van grondwater beskikbaar is, permanent verklein. Dit kan ook as gevolg van mynbedrywighede gebeur.
- *Soutindringing van die waterdraer* – as gevolg van verlaagde watertafels naby die kus, of waar sout waterdraers onder 'n beter gehalte waterdraer voorkom.

Ten einde 'n besluit te neem oor die vlakke van onttrekking uit 'n grondwaterstelsel, word ingewikkelde berekeninge en 'n hoogs tegniese proses benodig. Dit kan slegs deur ervare hidrogeoloë gedoen word. Een

---

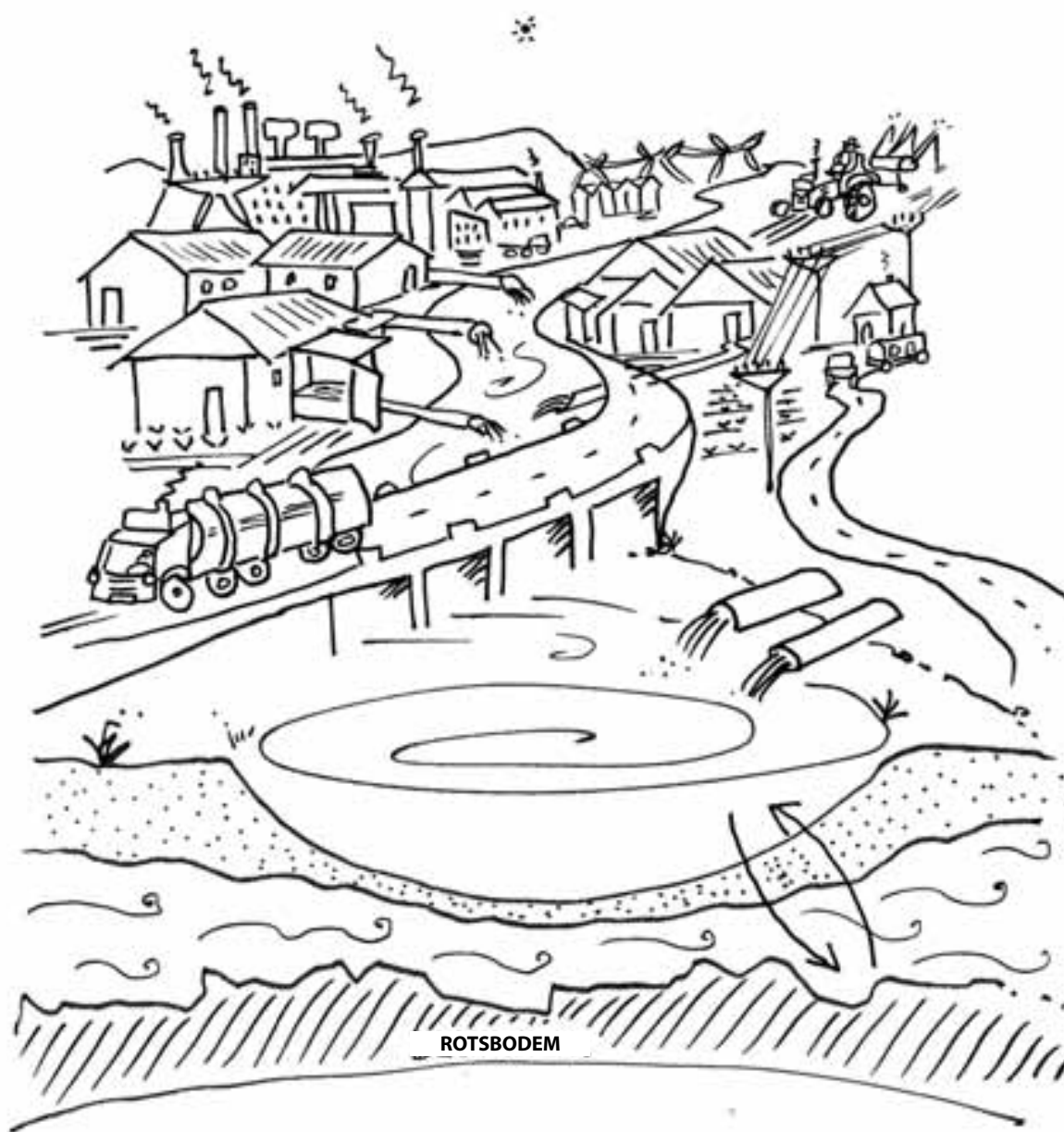
Die onttrekking van grondwater moet slegs gedoen word op die basis van goeie kennis van die waterdraer en die stelsel, en van die mate waartoe essensiële funksionering behou kan word, en heraanvulling kan geskied.

---

van die take van die Grondwaterkoördineerder (sien hieronder) is om so 'n spesialis in te roep om saam met Opvanggebiedbestuursagentskappe en Watergebruikersverenigings onttrekkingsplanne vir elke grondwaterstelsel te ontwikkel.

## Besoedeling

'n Besoedelde grondwaterstelsel is 'n gevaar vir die ekologie, die mense en die diere van 'n gebied, en 'n gevaar wat baie lank kan duur. As



**Figuur 6: Besoedlingsrisiko's vir Grondwater**

besoedelede stowwe eers in 'n grondwaterstelsel beland, bly hulle daar tot hulle vergaan, en dit kan lank neem.

Grondwaterstelsels is besonder vatbaar vir besoedeling omdat hulle op verskillende maniere water uit verskillende bronne kry, dikwels uit baie groot opvanggebiede:

- Reënval/oppervlakaafloop kan uit enorme gebiede kom, dikwels duisende hektaar
- Sypeling uit riviere en vleilande is kleiner in omvang, maar hulle word gevoed deur oppervlakaafloop uit gebiede wat groter is as wat hulle dek

Enige besoedeling in die gebied waaruit 'n waterdraer gevoed word, kan in die grondwater beland.

Daar is baie tipes besoedeling wat grondwaterstelsels kan beïnvloed:

- **Landboubesoedelingstowwe** soos plaagdoders (onkruidodders, insekdoders, swamdoders) – talle hiervan is hoogs toksies; misstowwe (organies en anorganies) – wat die voedingsvlakke in die water verhoog en die groei van alge en ander plante aanmoedig. (Aangesien grondwater tot 'n mate gefiltreer word namate dit deur die grondlae beweeg, word slikaafsetting nie as 'n groot probleem in waterdraers beskou nie.)
- **Nywerheids- of kommersiële besoedelingstowwe:** chemikalieë – 'n wye verskeidenheid chemikalieë waarvan die invloed verskil; swaarmetale (lood, kwik, kadmium, chroom, wolfram en talle ander) – baie hiervan kan toksies vir die natuurlewe en die mens wees; olies (brandstof en smeermiddels) – kan hele ekosisteme omverwerp en is toksies vir alle vorme van lewe.
- **Huishoudelike besoedelede stowwe:** in veral rioolwater – kan gevaarlike patogene (nadelige organismes) bevat soos kolivormige bakterieë en ander bronne van siektes

---

Wanneer grondwater besoedel is, is dit nie meer 'n noodsaaklike ondersteuner van lewe nie, en dit kan 'n ernstige bedreiging vir lewe word.

---

# Hoe Sorg Ons Beter?

## Die Voorsorgbeginsel en die Voorkomingsbeginsel

Net soos riviere, kan grondwaterstelsels nie 'n oneindige hoeveelheid water voorsien nie. Hoewel dit moontlik is om waterdraers kunsmatig aan te vul met water uit ander komponente van die opvanggebied of uit ander opvanggebiede (sien onder), is dit beter om die vraag na water binne die beperkings van die grondwaterstelsels te bestuur. Indien te veel water onttrek word, kan die stelsels onherstelbaar beskadig word. Dit is ook duidelik dat as water in waterdraers eers besoedel is, dit byna onmoontlik is om dit te suiwer.

Ten einde behoorlik vir ons grondwaterstelsels te sorg, **moet** ons die **voorsorgbeginsel** toepas.

Die beginsel sê dat ons in al ons handeling **omsigtig moet optree**, asof enige optrede moontlike skadelike gevolge kan hê.

Wat onttrekking uit waterdraers betref, beteken dit dat daar eintlik **geen onttrekking** moet wees **totdat die omvang en kapasiteit van die waterdraer vasgestel is** nie. Meer **prakties** beteken dit dat daar **geen verdere onttrekking** moet wees totdat die omvang en kapasiteit vasgestel is nie.

Wat betref besoedeling, beteken die voorsorgbeginsel dat ons **alle moontlike voorsorgmaatreëls** moet tref om te verhoed dat afvalstowwe enige waterhulpbron, en veral grondwaterstelsels, binnedring. Nog 'n implikasie van hierdie beginsel is dat die hele hervullingsone van die waterdraer as 'n potensiële bron van besoedeling beskou moet word en daarvolgens bestuur moet word.

Die **voorkomingsbeginsel** is 'n verlenging hiervan. In stelsels soos grondwaterstelsels waar dit byna **onmoontlik is om skade te herstel**, is dit noodsaaklik om alles moontlik te doen om **skade**, hetsy deur ooronttrekking of deur besoedeling, **te voorkom**.

Sorg vir grondwaterstelsels berus dus op hierdie twee beginsels.

'n Grondwaterbestuursdokument (DWAF-DANCED, 2002) stel die volgende as sleutelemente vir 'n **grondwaterbeskermingstrategie** voor:

- Verbeter openbare bewussyn en betrokkenheid ten einde teen die agteruitgang van grondwaterhulpbronne te waak. Stel die publiek in staat om grondwaterkwessies te verstaan en die waarde van die hulpbron te waardeer.
- Beskerm waterhulpbronne deur maatstawwe soos grondgebruiksonering, klassifikasie van waterdraers, omgewingsbestuursplanne en -impakstudies
- Betrek grondwaterinstellings en –spesialiste in die gesprek en besluitnemingsprosesse oor Suid-Afrika se hulpbronne en omgewing.

## Grondwaterhervullingsones

Omdat bestuur van grondwater nie 'in' die waterdraer gedoen kan word nie, moet dit gedoen word regdeur die oppervlakgebied vanwaar die waterdraer sy heraanvullingswater kry. In hierdie gebiede sal daar opsigtelike hervullingsbronne soos riviere en vleilande wees wat in die waterdraers insypel, maar die meeste grondwater kom dikwels van afloop en kan dus van bykans oral kom. Die grondwater kan dus deur enige grondgebruikpraktyke in hierdie wye gebied beïnvloed word, insluitend landbou- en nywerheidsgebruik, behuising, afval- en rioolwegdoening. Voorts kan ondergrondse mynbedrywighede deur besoedeling van die water, dreinerings van tonnels, insakking, en onttrekking van groot volumes water 'n ernstige invloed op die integriteit van grondwaterstelsels hê.

Ten einde beskerming vir die grondwaterhulpbron te voorsien, is dit noodsaaklik om die omvang van die hervullingsone wat die waterdraer voed, goed te verstaan. Weereens sal die kundigheid van 'n hidrogeoloog ingeroep moet word om 'n kaart van hierdie gebied te teken.

## Rolspelers

Omdat die grondwaterhulpbron, soos bo gesien, oor groot gebiede heen beskerm moet word, sal baie mense betrokke moet wees. Alle grondgebruike – insluitend landbou, nywerheid, toerisme en behuising – kan moontlik 'n negatiewe invloed op die waterhulpbron hê en almal wat hierby betrokke is, het dus 'n verantwoordelikheid vir die beskerming van die hulpbron. Sleutelrolspelers sluit munisipaliteite, nasionale en provinsiale regeringsdepartemente en landbou- en nywerheidsinstellings in.

Die instellings met die grootste verantwoordelikhede vir die beskerming van waterhulpbronne is die Opvanggebiedbestuursagentskappe (OBA's)

en die Watergebruikersverenigings (WGV's), maar hulle kan dit nie alleen doen nie en moet met die ander rolspelers saamwerk. Ideaalgesproke sal die onderskeie belangegroepes op beide die OBA's en die WGV's in hulle gebiede verteenwoordig wees.

Een sleutelrolspeler is die Grondwaterkoördineerder wat deur die OBA aangestel moet word om alle grondwaterbestuur en –beskerming in die Waterbestuursgebiede koördineer. (Sien hieronder.)

## Tipes Grondwatergebruikers

Alle grondwatergebruikers is verantwoordelik vir die bestuur en monitering van hulle hulpbron. Die groterskaal-gebruikers het egter meer formele verantwoordelikhede.

Die verskillende tipes gebruikers is:

Tipe gebruiker	Beperkings	Tipes	Moniteringsvereistes
Ongeregistreer	Skedule 1-gebruik, of minder as 10 kiloliter per eiendom op 'n gegewe dag.	Privaat boorgat gebruik vir huishoudelike en huishoudelike tuingebruik.	Geen. Goeie praktyk, maar nie 'n regsvereiste nie.
Geregistreer	Meer as 10 kiloliter per eiendom op 'n gegewe dag. Gebruik binne algemene magtiging.	Die meeste munisipale produksieboorgate, en plaasboorgate wat water vir besproeiing voorsien, moet geregistreer word.	*Onttrekking op die laaste dag van elke maand. Watervlakke en chemie. Goeie praktyk, maar nie 'n regsvereiste nie.
Gelisensieer	Gebruik oorskry algemene magtiging.	Hoëopbrengs-produksieboorgate.	*Onttrekking op die laaste dag van elke maand. Monitering volgens lisensievoorwaardes sluit tipies chemie en watervlakke in.

**Tabel 1: Grondwatergebruikers (aangepas uit DWAF, 2004)**

\* Totale volumes wat elke maand onttrek word, moet aangeteken en by die Opvanggebiedbestuursagentskap ingedien word (sien Monitering hieronder).

## Direkte en Indirekte Stappe

Daar is 'n aantal direkte en indirekte stappe wat rolspelers kan volg om die beste sorg vir die grondwaterstelsels in hulle gebied te verseker.

Bedreiging	Direkte Stappe	Indirekte Stappe
<b>Besoedeling:</b>		
Nywerheid/ kommersiële, insluitend brandstofvulstasies (chemikalieë/olies ens.) en myne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volgehoue monitoring van alle nywerheidsafvoer (insluitend via strome en stormwaterslote) in grondwaterhervullingsone</li> <li>• Onmiddellike rapportering van insidente of kommer aan die toepaslike owerhede</li> <li>• Opvolging om te verseker dat toepaslike stappe gedoen word</li> <li>• <b>Indien eienaar of bestuurder van nywerheids- of kommersiële onderneming</b>, die versekering dat alle besoedelingsbeheermaatreëls op hulle plek is en gereeld nagegaan word</li> <li>• Volle nakoming van vereistes van die WNOB (Wet op Nasionale Omgewingsbestuur) en ander wetgewing.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stig 'n Grondwaterforum, Watergebruikersvereniging (WGV) of iets soortgelyk</li> <li>• Betrek eienaars en bestuurders van nywerheids- en landbou-ondernemings by Grondwaterforum of WGV</li> <li>• Werk saam met Grondwaterkoördineerder en hidrogeoloë om grondwateronttrekkingsplan of grondwaterbestuursplan te ontwikkel</li> <li>• Integreer grondwateronttrekkings-/bestuursplan met Geïntegreerde Waterhulpbronbestuurstrategie</li> <li>• Betrek munisipaliteit en gemeenskapsverteenwoordigers by grondwaterforum of WGV</li> </ul>
Landbou (misstowwe/ plaagdoders/olies)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Onmiddellike rapportering van insidente of kommer aan die toepaslike owerhede</li> <li>• Opvolging om te verseker dat toepaslike stappe gedoen word</li> <li>• <b>Indien 'n boer</b>, vermy oortoediening van misstowwe en plaagdoders in grondwateropvangsgebied (of enige plek)</li> <li>• Moenie aanbevole toedieningsdosisse op enige plek oorskry nie</li> <li>• Doen weg met houers by toepaslik geregistreerde terreine</li> <li>• Volle nakoming van vereistes van die WNOB en ander wetgewing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werk saam met munisipaliteit om slegs toepaslike nywerheids- en kommersiële ontwikkeling in ROP (Ruimtelike Ontwikkelingsplan) en GOP (Geïntegreerde Ontwikkelingsplan) in grondwaterhervullingsone te verseker</li> <li>• Werk saam met munisipaliteit om slegs toepaslike behuising en infrastruktuurontwikkeling in ROP en GOP in grondwaterhervullingsone te verseker</li> <li>• Werk met munisipaliteit saam om toepaslike ligging en ontwerp van afvalstortingsfasiliteite, insluitend stortterreine, te verseker</li> </ul>
Huishoudelik (riool, afvalwegdoening ens.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volgehoue monitoring van alle afvoer uit watersuiweringswerke en ander sanitêre infrastruktuur (insluitend via strome en stormwaterslote)</li> <li>• Volgehoue monitoring van afvalwegdoenterreine, insluitend stortterreine, vir sypeling, veral na swaar reën</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werk met munisipaliteit saam om volgehoue monitoring van alle afvoer uit sanitêre en ander waterdienste-infrastruktuur te vestig</li> </ul>

<b>Besoedeling:</b>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werk saam met die Departement van Landbou en die Departement van Waterwese en Bosbou om monitoring van plaasafloop en grondwaterstelsels in die algemeen te vestig</li> <li>• Verseker dat grondwaterforum en/of WGV bydra tot Opvanggebiedbestuurstrategie wat deur die OBA ontwikkel word</li> <li>• Werk saam met die Departement van Waterwese en Bosbou en waternavorsingsinstellings om watermoniteringsprogramme te ontwikkel</li> <li>• Betrek watergebruikers by moniteringsprogramme</li> <li>• Werk saam met munisipaliteit en ander belanghebbers om rampbestuursplanne te ontwikkel.</li> </ul>
Insakking	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermy ooronttrekking</li> <li>• Vermy mynbou in gebiede naby groot grondwaterstelsels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soos hierbo, en ook:</li> <li>• Werk saam met die Departement van Minerale en Energie om te verseker dat die uitreiking van mynlisensies nie die integriteit van grondwaterstelsels bedreig nie</li> </ul>
Ooronttrekking	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almal behalwe Skedule 1-watergebruikers moet hulle watergebruik registreer en waar algemene magtigings oorskry word, lisensies bekom</li> <li>• Voorwaardes van die lisensie moet ten volle nagekom word</li> <li>• Volgehoue monitoring/polisiëring van watergebruik deur geregistreerde (en ander) gebruikers</li> <li>• Verseker dat die volle onttrekkingsinfrastruktuur (boorgatbostrukture, pompe, opgaartenks, ens.) doeltreffend en effektief werk en voortdurend onderhou word om verlies deur lekkasie of stukkende toerusting te vermy</li> <li>• Verseker dat alle gebruikers water doeltreffend gebruik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stig 'n grondwaterforum, WGV (of iets soortgelyk)</li> <li>• Betrek watergebruikers, boere, nywerheids- en mineraalondernemings en munisipaliteite by die forum/WGV</li> <li>• Verseker dat grondwaterforum en/of WGV bydra tot Opvanggebiedbestuurstrategie wat deur die OBA ontwikkel is</li> <li>• Werk saam met die Departement van Waterwese en Bosbou en waternavorsingsinstelling om watermoniteringsprogramme te ontwikkel</li> </ul>

**Tabel 2: Direkte en Indirekte Stappe Om Beter Te Sorg**

Die totale natuurlike afloop in Suid-Afrika word op 55 miljard m<sup>3</sup> per jaar geraam, waarvan slegs 33 miljard m<sup>3</sup> benut kan word. Na raming sal watergebruik van 'n vlak van 18 miljard m<sup>3</sup> per jaar (1996-raming) tot 30 miljard m<sup>3</sup> per jaar in 2030 toeneem. Dit is dus duidelik dat 'n aksieplan dringend nodig is om verstandige voorsiening en gebruik van water te verseker. Die eerste stap in so 'n proses is om doeltreffender en produktiewer gebruik van die huidige watervoorraad te verseker. Die Departement van Waterwese en Bosbou (DWB) het 'n proses begin om sektorale aksieplanne vir die verbetering van doeltreffender en produktiewer watergebruik te ontwikkel. Hierdie planne staan algemeen bekend as Waterbewarings- & Vraagbestuur- (WBVB-) strategieë (DWB, 2002).

## Doeltreffende Watergebruik

Een van die belangrikste benaderings tot die vermindering van druk op ons waterhulpbronne, is dié van doeltreffende gebruik. Dit is uiters belangrik veral in gebiede met baie min water, soos dié wat van grondwater afhanklik is.

WBVB-strategieë word in alle watergebruikskontekste as noodsaaklik beskou.

Leiding oor doeltreffende watergebruik is vir verskillende sektore beskikbaar, ook vir die optimalisering van doeltreffende waterlewerings- en bergingstoerusting en infrastruktuur. Die volgende riglyne is vanaf DWB, 2002.

### Oor Lewering en Bergingsinfrastruktuur

#### Is daar waarneembare lekkasies by die boorgat wat tot langtermynverliese lei?

Die boorgat se bo-struktuur se ontwerp kan ontoereikend vir die werktoestande wees (waterchemie wat korrosie veroorsaak, hoë druk, hoë temperature, groot onttrekkingsvolumes). Indien daar waarneembare lekkasies is, tipeer die werktoestande en herstel die boorgat se bo-struktuur tot die nodige standaard. Vloeimeting by die onttrekkingspunt asook by die punt van lewering kan help om lekkasieverliese in die stelsel te bepaal.

#### Werk die pomp optimaal, of word die grondwater soms gepomp sodat daar vermorsing of oorloping is?

Gebruik toepaslike tegnologie om die tydsberekening van pompure te bepaal, en/of lei pompwerkers (oor) op, om onttrekking versigtiger en volgens ware vereistes te skeduleer.

#### Lei oppervlakberging van grondwater in 'n dam tot onnodige verdampingsverliese of verswakking van watergehalte as gevolg van kontaminasie?

Studies het getoon hoe grondwater tydens bogrondse berging, retikulasie en by die gebruikspunt gekontamineer word (Mackintosh en Colvin, 2000). Punte waar verliese plaasvind kan gevind word deur soveel moontlik van die stelsel te inspekteer en 'n ouditbalans te doen van die verskil tussen onttrekkingsvolumes en verbruikte volumes. Oor groot dele van Suid-Afrika oorskry potensiële verdamping die neerslag en die potensiaal vir waterverliese uit oop watermassas is hoog. Verliese deur verdamping uit damme is algemeen en kan verlaag word deur die dam met 'n dak of skadunet te bedek, of selfs met drywende bottels op die oppervlak van die dam. Onvermydelike verliese by gemeenskaplike krane kan na tuine of bome herlei word.

## Oor Landbou

**Landbou** is die grootste verbruiker van grondwater in Suid-Afrika. In baie gebiede kan waterdoeltreffendheid verbeter word deur:

- Seleksie van waterdoeltreffende gewasse
- Gebruik van meer waterdoeltreffende besproeiingstechnologie
- Optimale of minimale besproeiingskedulering.

Daar is baie inligting oor die vasstelling van gewaskoëffisiënte en die implementering van WBWAB (Waterbewaring en Wateraanvraagbestuur) vir landbou beskikbaar in die DWB se riglyne oor die ontwikkeling van waterbestuursplanne vir besproeiing. Sleutelrolspelers in die implementering van hierdie planne is die voormalige Besproeiingsrade wat in Watergebruikersverenigings omskep is.

Indien 'n boer meer water vir besproeiing nodig het as die algemene magtigings vir die bepaalde grondwateronttrekkingsone, kan dit byvoorbeeld 'n voorwaarde van die lisensie wees dat die water vir besproeiing slegs gebruik mag word op landerye waar optimale oeste per kubieke meter verkry word.

## Oor Nywerheid

Daar kan ook van **nywerhede** wat lisensies vir grondwatergebruik benodig, verwag word om die doeltreffendheid van watergebruik in hulle nywerheidsprosesse te demonstree. Omgewingsoudits en wateroudits van groot nywerheidswatergebruikers moet deel vorm van die lisensiëringsvoorwaardes vir 'n individuele of verpligte toewysing. Die doeltreffendheid van watergebruik moet ook deel vorm van die **Omgewingsbestuurstelsels** wat deur talle Suid-Afrikaanse nywerhede aanvaar word ten einde internasionaal erkende omgewingsakkreditasie te verwerf, ingevolge die SABS ISO 14001-praktykkode (SABS, 1996).

### Oor Huise en Tuine

Openbare opvoeding is die beste manier om doeltreffende gebruik in **huishoudings** te verseker. Baie van die groot waterrade en munisipaliteite in Suid-Afrika is aktief betrokke by openbare opvoedingsveldtogte om waterbesparingsmaatreëls in die huis te bevorder, veral wanneer daar watertekorte is. Watergebruik-bewusmakingsveldtogte word deur die gedrukte media en skoolprojekte gevoer, veral tydens Nasionale Waterweek in Maart elke jaar.

Waterdiensteverskaffers (WDV's) kan meer doen en aandrang op ordonnansies om waterdoeltreffende bouregulasies af te dwing, byvoorbeeld die installering van tweeledige spoeltoilette. Hulle kan ook glytariëwe instel as 'n bykomende aansporing om waterverbruik te verminder.

In gebiede waar vlakke grondwater voorkom, soos in die Kaapse Metropool, kan huishoudings met hoofwaterleiding ook grondwater uit tuinboorgate tap. Hierdie grondwater word hoofsaaklik vir tuinbesproeiing gebruik. In hierdie geval kan groter begrip van **waterslim-tuinmaak** (soos deur die Departement bekendgestel) help om ondoeltreffende gebruik te verminder, en openbare opvoeding oor optimale besproeiingskedulering en vermindering van lekkasies kan verliese verminder. Rand Water, Umgeni Water en die Suid-Afrikaanse Nasionale Biodiversiteitsinstituut (SANBI) verskaf almal opvoedkundige materiaal vir waterbesparingsmaatreëls in stedelike tuine.

## Verbetering van Grondwaterhulpbronne

'n Verdere benadering tot die optimale benutting van grondwaterhulpbronne, is aktiewe bestuur om die beskikbaarheid van water te verhoog. Dit kan op 'n paar maniere gedoen word, soos volg (DWB, 2002):

- **Grondversorgingsprogramme** wat tipies daarop gemik is om die negatiewe invloed van ontwikkeling en landbou te verminder, kan insluit grondbewaring, bebossing en die verwydering van uitheemse plantegroei.
- **Saamlopende gebruik** is die gelyktydige gebruik van beide oppervlak- en grondwaterhulpbronne, om die beste opbrengs in terme van area en tyd te verseker. Dit sluit inisiatiewe en skemas in soos die oordrag van water tussen oppervlak- en grondwaterhulpbronne, die oordrag van water tussen nat en droë tydperke, en kunsmatige grondwateraanvulling ten einde water te berg (sien hieronder).
- **Kunsmatige aanvulling** deur oppervlakwater na waterdraers oor te plaas. Ongebruikte bergingskapasiteit van waterdraers kan meestal heelwat goedkoper as oppervlakbergingsfasiliteite soos damme ontwikkel word, en sonder die omgewings- en maatskaplike probleme wat dikwels daarmee gepaard kan gaan.
- **Watersensitiewe stedelike ontwerp** is daarop gemik om afloopverlies in stedelike gebiede te verminder en die gebruik van water as 'n hulpbron, eerder as 'n afvalprodukt, te bevorder.

Meer besonderhede hieroor verskyn in hoofstuk 3 van die DWB-DANCED grondwaterbestuursdokument (DWB, 2002).

### Grondversorging in Opvanggebiede

Grondversorgingsprogramme (Landcare) in opvanggebiede is tipies daarop gemik om die negatiewe invloed van ontwikkeling en landbou te verminder. Dit kan insluit:

- grondbewaring deur die aanlê van terrasse, kontoerbewerking, grondbedekkings, ens.,
- bebossing (stabilisering van die grond, en verhoging van benutbare wateropbrengste in opvanggebiede), en
- verwydering van uitheemse plantegroei (verbetering van biodiversiteit en verhoging van aanvulling na grond- en oppervlakwater).

In Suid-Afrika is die Werk-vir-Water-program 'n goedgevestigde voorbeeld van 'n grondversorgingsinisiatief wat geslaag het met werkskepping en verwydering van uitheemse plantegroei. Die program is gemik op die verhoging van afloop en beter grondwateraanvulling en basisvloei na strome, en die opheffing van plaaslike gemeenskappe.

## Saamlopende Gebruik

Saamlopendegebruiksbestuur bied baie moontlikhede om die volume en beveiliging van die watervoorraad te verbeter, en om die waterhulpbron doeltreffend te bestuur.

Kombinasies van kunsmatige aanvulling, uitruilings en oordragte van oppervlak- en grondwatervoorrade, asook oordragte of uitruilings van water tussen nat en droë tydperke met ander instansies bied talle alternatiewe ontwerpe vir saamlopende bestuur van 'n opvanggebied se waterstelsels.

Die oorhoofse idee van al hierdie skemas is om oppervlakwater optimaal te benut in nat jare wanneer dit beskikbaar is, en om grondwatergebruik so goed moontlik te bewaar vir droë tye en droogtes.

Skemas wat berus op 'n bestuurstelsel van saamlopende gebruik, kan die ontwikkeling van meer grondwatergebaseerde stedelike watervoorraad, insakking, agteruitgang van grondwatergehalte en ander ooronttrekkingsverwante probleme aanspreek, en help om voldoende watervoorrade in stand te hou tydens langdurige droogtes wanneer daar ernstige oppervlakwatertekorte is.

Die gekoördineerde en geïntegreerde bestuur van oppervlak- en grondwaterhulpbronne, ingevolge 'n bestuursprogram van saamlopende gebruik, sal daarop gemik wees om die gesamentlike gebruik van alle waterhulpbronne in die land te optimaliseer.

In die algemeen kan groter voordele uit die saamlopende bestuur van alle watervoorrade bereik word as met die geïsoleerde bestuur van elke individuele voorraadstelsel.

Moontlikhede sluit in:

- kunsmatige verbetering van grondwateraanvulling deur die gebruik van oortollige oppervlakwater,
- aanpassing van die meng en pas van voorsiening en vraag deur die uitruiling, herverspreiding of hertoewysing van watervoorrade,
- die ontwerp van wateroordragte tussen opvanggebiede om 'n positiewe bydrae volgens die bestuursbenadering van saamlopende gebruik te maak, of
- die gebruik van substandaard-waterhulpbronne deur dit met ander hulpbronne te meng.

## **Kunsmatige Aanvulling**

Oortollige oppervlakwater kan gebruik word, volgens saamlopendegebruiksbestuur, om grondwaterkomme aan te vul om berging na 'n tydperk van swaar grondwatergebruik te herstel of om plaaslike ooronttrekkingsprobleme te verlig.

Kunsmatige aanvullingskemas kan oorweeg word in gebiede waar daar:

- sekere tye van die jaar surplus-oppervlakwaterhulpbronne is, en
- beskikbare onversadigde berging met voldoende deurlatendheid vir injeksie/herstel is.

Voorts moet geleenthede vir kunsmatige aanvulling oorweeg word in gebiede waar verdampingsverliese uit oop watermassas hoog is.

Die eerste stap in die ontwikkeling van kunsmatige aanvullingskemas is om die moontlike bronne van water en die beskikbaarheid daarvan te identifiseer.

### **Oortollige oppervlakwater**

Reënseisoenafloop is teoreties vir kunsmatige aanvulling beskikbaar.

Deur van hierdie onbestuurde water toe te wys, kan kunsmatige aanvullingskemas ontwikkel word deur oortollige water te gebruik.

### **Behandelde stedelike afvalwater**

Behandelde afvalwater in stede is 'n potensiële waterhulpbron wat in 'n saamlopendegebruiksprogram oorweeg kan word.

### **Oppervlakwater uit 'n afgeleë bron**

Ander bronne van oppervlakwater vir aanvullingsaktiwiteite is die groot damme in die meeste dele van Suid-Afrika. Bogemiddelde neerslag tydens die reënseisoen kan gebruik word.

## **Watersensitiewe Stedelike Ontwerp**

Verstedeliking van opvangsgebiede lei dikwels tot 'n afname in infiltrasie in waterdraers te wyte aan meer geplaveide oppervlaktes en doeltreffende dreineringsstelsels wat stormwater uit die aanvullingsgebied verwyder.

Watersensitiewe stedelike ontwerp (WSSO) beoog om hierdie verliese te verminder deur meer beplante oppervlaktes en wegsypelingstelsels te inkorporeer om grondwateraanvulling in stand te hou. WSSO inkorporeer waterbestuurstelsels in geboue, stedelike vervoerroetes en openbare oop ruimtes. Die belangrikste is dat water as 'n hulpbron eerder as 'n afvalproduk hanteer word. Terselfdertyd word daar klem gelê op die oplossing van besoedelingsprobleme by die bron eerder as deur duur ingenieursoplossings.

## Monitering van Grondwater

Monitering is een van die mees kritieke stappe tot die beskerming van ons grondwaterhulpbronne hou. Die voorstel (DWB, 2002) is dat monitering op drie vlakke gedoen word:

### Voorgestelde Drie Vlakke vir Monitering van Grondwater in Suid-Afrika

#### Nasionale monitering (Vlak 1)

Dit behels die nasionale insameling en ontleding van grondwaterdata. Die moniteringspunte word gekies op grond van konseptuele modelle van groot waterdraers, wat verteenwoordigend is van omringende grondwatertoestande, en nie beïnvloed word deur korttermynskommelings veroorsaak deur menslike aktiwiteite nie. Nasionale monitering meet die natuurlike reaksie van waterdraers op atmosferiese toestande oor die langtermyn. Die data word gebruik vir hulpbronbeplannings- en bestuursdoeleindes.

#### Opvangsgebiedmonitering (Vlak 2)

Dit behels die monitering van grondwatervlakke en watergehalte, volgens opvanggebied. Toepaslike data word ingesamel vir die doeltreffende bestuur van grondwaterbestuurseenhede en om aan Hulpbrongehalte Doelstellings te voldoen. Opvangsgebiedmonitering kan insluit:

- **gehaltemonitering**
- impakmonitering van nie-punt bronne van besoedeling in die opvanggebied
- **hoeveelheidsmonitering**
- impakmonitering van onttrekking in 'n gebied
- kwantifisering van interaksie tussen grondwater en oppervlakwater
- karakterisering van aanvulling en uitvloeï.

#### Plaaslike monitering (Vlak 3)

Projekspesifieke en terreinspesifieke monitering van moontlike mense-impak op grondwater in die omtrek van onttrekkingspunte, of moontlike bronne van kontaminasie.

Voorbeelde van plaaslike grondwatermonitering sluit in:

- **gehaltemonitering** by puntbronne van besoedeling
- impakmonitering
- opsporingsmonitering
- **doeltreffendheid van versagtingsmaatreëls**
- monitering van nakoming
- monitering van remediëring
- **doeltreffendheid van skoonmaak**
- monitering van boorgate se bo-struktuursones
- **voorsorgmaatreëls** (die voorsorgbeginsel)
- **hoeveelheidsmonitering** by individuele produksieboorgate of boorgatvelde
- verpligte optekening van onttrekkingsvolumes
- impakmonitering van watervlaksakking
- nakomingsmonitering waar dit 'n voorwaarde van die onttrekkingslisensie is.

Die dokument oor grondwaterbestuur (DWB, 2002) stel die volgende voor: *“Dit is die DWB se verantwoordelikheid om nasionale moniteringstelsels in te stel, en om meganismes en prosedures vir die koördinerings van waterhulpbronne te ontwikkel. Die verantwoordelikheid vir die **werklike insameling van watermonsters en data en die vaslegging van data** sal waarskynlik na streek- en plaaslike vlak afgewentel word. Die nasionale moniteringstelsel sal dus inligting insluit wat ingesamel is deur:*

- watergebruikers
- waterbestuursinstellings - Waterrade, Watergebruikersverenigings (WGV's), Waterdienste-owerhede
- Opvangsgebiedbestuursagentskappe (OBA's)
- DWB (streekkantore)
- DWB (nasionale kantoor) en
- ander regeringsorganisasies.”

Dit is dus duidelik dat **watergebruikers, WGV's en OBA's** 'n sentrale rol moet speel in die insameling van moniteringsdata of inligting wat in die moniteringstelsels ingevoer moet word, veral op plaaslike en opvanggebiedvlakke. **Regeringsagentskappe, veral die DWB**, die grondwaterkoördineerder en ander toepaslike spesialiste, **moet hulle van die nodige opleiding en leiding voorsien.**

**Spesifieke verantwoordelikhede van OBA's sal waarskynlik insluit:**

- hulp aan die DWB (nasionaal) met die insameling van data vir nasionale monitering
- die opstel van moniteringsnetwerke en die uitvoer van al die aktiwiteite wat met opvanggebiedmonitering verband hou
- toesig oor en beoordeling van inligting wat deur watergebruikers vir plaaslike monitering ingesamel is; en
- die voorsiening van die nodige inligting wat op alle of enige van hierdie vlakke ingesamel is, vir doeleindes van die nasionale moniteringstelsels.

**Voorts sal die OBA verantwoordelik wees vir:**

- die ontwerp, installering, werking, instandhouding en opdatering van moniteringstelsels
- data-insameling-, datavaslegging- en berging
- die beoordeling en vertolking van die moniteringsdata; en
- die verspreiding van moniteringsinligting aan belanghebbers en die breë publiek.

**Bepaalde verantwoordelikhede van OBA's sal waarskynlik insluit:**

**Ten einde hierdie verpligtinge na te kom, het die OBA:**

- Die gesag om te vereis dat 'n watergebruiker -
  - 'n noterings- of moniteringstoestel installeer om opgaring, onttrekking of gebruik van water te monitor
  - skakel met 'n monitering- of bestuurstelsel om die opgaring, onttrekking of gebruik van water te monitor, en

- rekords hou van die opgaring, onttrekking en gebruik van water en dié rekords by die OBA indien.
- Die mag om die installering of daarstelling van die nodige skakelings namens enige watergebruiker te onderneem, indien die gebruiker versuim om aan 'n skriftelike versoek van die OBA te voldoen.
- Die mag om enige redelike koste vir so 'n installering van die watergebruiker te verhaal.

**Watergebruikers wat meer as 10 m<sup>3</sup> water per dag onttrek, moet hulle gebruik by die DWB registreer en só 'n 'geregistreeerde watergebruiker' word.** Hulle moet dan:

- die hoeveelheid wat onttrek word en die totale onttrekking soos op die laaste dag van elke maand aanteken, of
- volumes water wat vir besproeiing gebruik word met 'n goedgekeurde metode meet, in gevalle waar 'n meter of peilstok nie gebruik word nie.

Die OBA, as Verantwoordelike Gesag, moet ook skriftelik versoek dat 'n geregistreeerde watergebruiker:

- verseker dat bykomende moniteringsprogramme ingestel word, en
- 'n bevoegde persoon aanstel om watergebruikmetings te beoordeel en die bevindings by die OBA in te dien.

Skriftelike rekords van grondwateronttrekking moet vir 'n tydperk van minstens vyf jaar gehou word, en die geregistreeerde watergebruiker moet dit op skriftelike versoek aan die OBA beskikbaar stel.

**Dit kan waarskynlik van Watergebruikersverenigings verwag word om individuele watergebruikers te help om hulle moniteringsverpligtinge na te kom.**

### *Hoeveelheid Water*

Monitering van die hoeveelheid grondwater, en die tempo's van onttrekking en aanvulling, is vanselfsprekend noodsaaklik vir die doeltreffende bestuur van die hulpbron. Die meeste van die inligting wat deur watergebruikers verskaf word, sal handel oor hoeveel water onttrek word, maar dit sal ook nodig wees om die impak van onttrekking op die hulpbron self te moniteer. Monitering van watervlakke en heraanvulling is dus noodsaaklik.

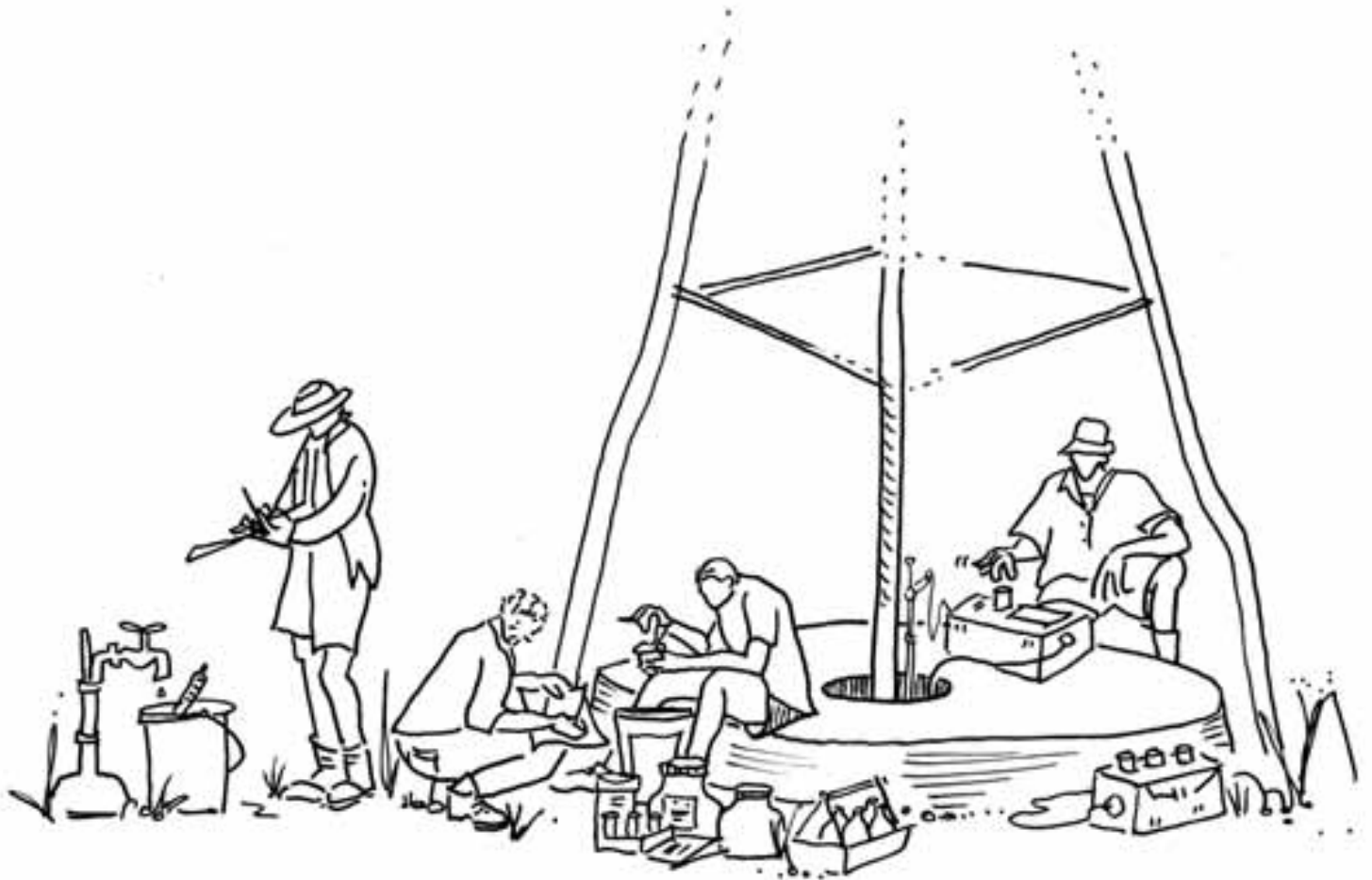
Monitering van **onttrekkingstempo's** word gewoonlik met vloeimeters by boorgate of ander gerieflike punte in die leweringstelsel gedoen. Dit moniteer die vloei deurlopend, maar hoef gewoonlik net maandeliks geles te word wanneer die aangetekende volumes aan die OBA gestuur moet word.

Monitering van **watervlakke** in die waterdraers word gedoen deur óf 'n dipmeter te gebruik, of outomatiese 'dataregistreerders' wat maandeliks geles kan word, maar 'n deurlopende rekord verskaf. Albei moniteer die diepte van die wateroppervlak onder die grond.

Hoe gereeld optekeninge gedoen moet word, hang af van die aard van die waterdraer, hoe dikwels heraanvulling plaasvind en hoe groot die onttrekkingsdruk op die waterdraer is. 'n Beperking is die bergingskapasiteit van die registreerders. Die raad is egter as volg: *“Om 'n funksionele deel van enige moniteringsnetwerk te wees, moet **watervlakke** in boorgate minstens **twee keer per jaar** gemeet word, verkieslik sodat dit saamval met jaarlikse pieke en trôe (hoogte- en laagtepunte) volgens seisoensveranderinge (Van Wyk, in voorbereiding).”*

### Watergehalte

Omdat grondwater so besonder vatbaar kan wees vir besoedeling, is dit ook noodsaaklik dat monitering 'n toets van die watergehalte insluit. Sulke waarnemings kan egter ingewikkeld wees omdat daar 'n wye verskeidenheid afvalstowwe is wat waterdraers kan kontamineer. Die eenvoudigste watergehaltemonitering sluit gewoonlik 'n ontleding in van:



**Figuur 7: Monitering van grondwater: hoeveelheid en -gehalte**

- **pH (suur- of basisvlakke)** – om te verseker dat die perke van suurgehalte of alkaliniteit van toepassing op verskillende gebruike, nie oorskry word nie. Dit is gekoppel aan die ‘hardheid’ van water, aangesien suurder water (dikwels in granietwaterdraers in berggebiede) ‘sag’ is, en alkaliese water (in kalksteenwaterdraers) ‘hard’ is. ‘Harde’ water veroorsaak makliker probleme met beide korrosie en afskilfering.
- **Elektriese geleivermoë (EG)** – om die hoeveelhede opgeloste soute in die water te meet, en om te verseker dat dit nie die wettige perke vir spesifieke gebruike oorskry nie.
- **Mikrobiologie (veral virusse en bakterieë)** – om te toets vir die teenwoordigheid van potensieel skadelike patogene, insluitend parasiete.
- **Nutriënte** – beoordeling van die vlakke van plantnutriënte om te verseker dat aanvaarbare perke nie oorskry word nie.

Hierbenewens kan ‘n wye verskeidenheid spesifieke metale, chemikalieë en ander kontaminante gemoniteer word volgens die plaaslike konteks (landbou, nywerheid, stedelik, ens.) en volgens die aard van die beoogde watergebruik.

Die DWB se grondwaterbestuursdokument (2002) verskaf die volgende inligting:

“Die Suid-Afrikaanse Riglyne oor Drinkwatergehalte (DWB, 1996) verskaf gedetailleerde inligting oor die veranderlikes wat die gehalte van water vir ‘n verskeidenheid eindgebruike beïnvloed. Riglyne is beskikbaar vir:

*Volume 1: Huishoudelike gebruik*

*Volume 2: Ontspanningsgebruik*

*Volume 3: Nywerheidsgebruik*

*Volume 4: Landbougebruik: besproeiing*

*Volume 5: Landbougebruik: lewendehawe-suiiping*

*Volume 6: Landbougebruik: akwakultuur*

*Volume 7: Akwatiese ekosisteme.”*

Hoewel van die watergehaltemonitoring slegs deur spesialiste met esofistikeerde toerusting uitgevoer kan word, kan watergebruikers self die eenvoudiger monitoring met redelik eenvoudige watertoetsstelle doen. Sulke toetsstelle is vir al bogenoemde aspekte beskikbaar. Die grondwaterbestuursdokument gee ook die volgende raad oor die aanbevole **gereeldheid van die monitoring van grondwater:**

## Voorgestelde Gereeldheid van Grondwatermonitering

Grondwater beweeg stadig en dramatiese veranderinge in die grondwatergehalte word normaalweg nie binne ure of dae teëgekoms soos in die geval van oppervlakwater nie. Die gereeldheid waarmee grondwatermonsters vir gehalte-ontleding geneem word, sal afhang van die doel van die monsterneming en die gedrag van die waterdraer.

Watergehaltemonitering word gewoonlik minder gereeld as watervlak- (hoeveelheids-) monitering gedoen, hoofsaaklik vanweë die tyd en koste verbonde aan monsterinsameling en ontleding.

Vir **nasionale of opvanggebiedmonitering** van hulpbrongehalte weg van potensiële bronne van besoedeling, behoort monsters **twee keer per jaar** geneem te word. Vir 'n waterdraer wat op seisoenale reënvalpatrone reageer, behoort dit ooreen te kom met die pieke en trêe van die watervlakmetings.

Die intervalle van **plaaslike monitering** behoort meer gereeld te wees, gewoonlik **maandeliks of kwartaalliks**, afhangend van die tipe impak wat verwag word en die tempo van waarteen afvalstowwe beweeg of verval.

Die dokument *Minimum vereistes vir watermonitering by afvalbestuursfasiliteite* (DWB, 1998) gee die volgende raad ten opsigte van die gereeldheid van grondwatermonsterneming, wat as geldig vir plaaslike monitering by ander potensiële besoedelingsbronne beskou word.

*“Aanvanklike monsterneming behoort gereeld genoeg gedoen te word om statisties geldige agtergrondinligting te verkry. Vir enige langtermynmoniteringsfasiliteit, word drie aanvanklike monsternemings, almal binne 90 dae, maar nie minder nie as 14 dae uitmekaar, voorgestel. Afhangend van die variasie tussen hierdie waardes, kan toekomstige monsterneming beplan word. 'n Driemaandelikse monsternemingsfrekwensie sal in die meeste gevalle voldoende wees.”*

Monsters uit boorgate wat vir **openbare drinkwater** gebruik word, moet, indien moontlik, **weekliks** of selfs **daaglik** geneem word.

## Die Grondwaterkoördineerder

Gegewe die uitdagings in die bestuur van grondwaterhulpbronne, maak die Nasionale Waterwet voorsiening dat OBA's grondwaterkoördineerders (of –bestuurders) in elke waterbestuursgebied mag aanstel.

Die DWB se grondwaterbestuursdokument (2002) sê die rol van die koördineerder is om *“n sleutelskakel in die ketting te vorm deur nie net met ander waterhulpbronbestuurders te skakel nie, maar ook met grondgebruik- en ontwikkelingsbeplanners en gebruikersgroepe. Ten einde doeltreffend te werk, sal grondwaterkoördineerders kennis moet hê van hulle plaaslike grondwaterstelsels en die plaaslike instansies wat met die hulpbron in wisselwerking is.”*

Meer gedetailleerde leiding oor die voorgestelde funksies van die koördineerder word gegee:

‘n Verdere rol van die grondwaterkoördineerder hou verband met die Nasionale Waterhulpbronstrategie (NWHS). Die DWB (2002) grondwaterbestuursdokument stel die volgende voor:

*“In die veronderstelling dat die NWHS reeds in die Staatskoerant gepubliseer sal wees teen die tyd dat talle OBA's aangestel word, sal die belangrikste rol van die grondwaterkoördineerder wees om relevante inligting vir beoordeling deur die NWHS te verskaf . . . Buiten die spesifieke afdelings van die NWHS, is dit belangrik dat grondwaterkoördineerders die oorkoepelende oogmerke van die NWHS en die Nasionale Waterwet in gedagte hou . . .”*

Nog ‘n belangrike rol hou met monitering verband waar die volgende voorgestel word: *“Die grondwaterkoördineerder in die OBA het beide ‘n raadgevende rol en ‘n polisiëringsrol in die implementering van plaaslike grondwatermonitering deur watergebruikers.”*

Dit is duidelik dat daar van grondwaterkoördineerders verwag sal word om besonder sentrale rolle in die bestuur van grondwaterhulpbronne in elke OBA te speel, en dat hulle baie nou met beide die OBA's (hul werkgewers) en die WGV's sal saamwerk. Dit is die grondwaterkoördineerders wat verantwoordelik sal wees vir die inwerkingstelling van die tegniese kundigheid wat die OBA's en die WGV's nodig het om oor toewysings en bewaringsmaatreëls van grondwater te besluit. Hulle sal ook, in samewerking met die WGV's, verantwoordelik wees vir die koördinering van die monitering van die grondwaterhulpbronne.

## Grondwaterkoördineerder Se Rolle

### OBS-ontwikkeling

Die OBA moet 'n OBS (Opvangsgebiedbestuurstrategie) ontwikkel vir die gebruik, beskerming, ontwikkeling, bewaring, bestuur en beheer van die waterhulpbronne in sy waterbestuursgebied. Ten einde so 'n OBS te ontwikkel, is 'n volledige begrip van die grondwaterhulpbronne noodsaaklik. Om so 'n begrip te verkry, sal grondwaterspesialiste deel van die strategie-ontwikkelingspan moet wees om die toepaslike afdelings van die strategie te ontwikkel.

**Die implementering van die bestuurstrategieë wat as deel van die OBS ontwikkel word, sal grotendeels die verantwoordelikheid van die grondwaterkoördineerder en die OBA se geotegnici wees.**

### OBK se insette

Dit is noodsaaklik dat die OBK (Opvangsgebiedbestuurskomitee) 'n grondwaterspesialis insluit om tegniese insette oor grondwaterbestuurskwessies te lewer. Hierdie verteenwoordiging kan deur deelname van die **grondwaterkoördineerder** en/of 'n aangestelde grondwaterspesialis wees. Ten einde wyer grondwaterspesialisinsette te verkry, kan die OBK 'n subkomitee vir grondwaterbestuur aan stel. Die **grondwaterkoördineerder moet 'n sentrale rol in die koördinerings van die funksies van hierdie komitee speel.**

### Verhouding met die WGV's

Die WGV's dien as 'n forum waardeur plaaslike gemeenskappe insette oor die beplanningsproses rakende waterhulpbronne kan lewer.

**'n Nuwe werksverhouding word dus tussen die WGV's en die OBA se grondwaterkoördineerder beoog.** Die interaksie van die grondwaterkoördineerder met die WGV's sal beide opvoedkundig en raadplegend wees. Dit is op plaaslike vlak waar 'n gemeenskaplike visie en doelwitte vir waterhulpbronbestuur bes moontlik ontwikkel kan word.

### Waterdienste-instansies

Instansies wat waterdienste verskaf sal 'n mate van leiding oor die ontwikkeling van waterhulpbronne benodig. Daar word nie voorsien dat óf die waterdienste-owerhede óf die waterdiensverskaffers grondwaterspesialiste in diens sal neem nie. Na verwagting sal hulle eerder funksies soos die identifikasie, ontwikkeling en monitering van hulpbronne aan spesialiskonsultante uitkontraakteer. **'n Mate van interaksie en raadpleging met die OBA se grondwaterkoördineerder sal egter steeds nodig wees.**

Die uitruil van inligting oor die verspreiding van die grondwaterhulpbronne, die gehalte daarvan, die tempo's en volumes van onttrekking en ander inligting wat vir die doeltreffende bestuur van die hulpbron vereis word, sal besonder belangrik wees.

## Betrokke Agentskappe

Die hoofagentskappe wat by die beskerming van die grondwaterhulpbronne betrokke is, is die nasionale regeringsdepartemente, veral die volgende:

- **Nasionale Departement van Waterwese en Bosbou (DWB)** – wat die primêre verantwoordelikheid vir die bestuur van alle waterhulpbronne in die land het. Hierdie departement het nou saamgewerk met die Deense Ministerie van Buitelandse Sake en die DSOO (voorheen Danced, tans Danida) met die ontwikkeling van omvattende riglyne vir grondwaterbestuur, en vir insluiting van grondwater in die Nasionale Waterhulpbronstrategie (NWHS). Voorts was die DWB verantwoordelik vir die inwerkingstelling van die Werk-vir-Water-program wat veral gefokus het op die verwydering van waterhonger uitheemse indringer plantegroei uit opvanggebiede.
- **Departement van Landbou (NDL)** – die nasionale grondversorgingsprogram wat deur die NDL geadministreer word (LandCare), fokus met rehabilitasie- en grondbewaringsprojekte op die beheer van gronderosie in opvanggebiede. Die NDL is ook verantwoordelik vir die bevordering van doeltreffende landbou, veral deur die aanvaarding van toepaslike en waterdoeltreffende besproeiingstelsels.
- **Departement van Omgewingsake en Toerisme (DO&T)** – hoewel nie direk by grondwater betrokke nie, is hierdie departement verantwoordelik vir die monitering en beheer van besoedeling in alle vorme deur die toepassing van die Wet op Nasionale Omgewingsbestuur.
- **Plaaslike en Distriksmunisipaliteite** – is verantwoordelik vir ontwikkelingsbeplanning wat vir beide die gebruik en die beskikbaarheid van water sensitief is en vir die noodsaaklikheid om alle waterhulpbronne te beskerm.

# Vir Meer Oor Grondwater

## Verwysings en Verdere Leesstof

Hierdie boekie is meestal saamgestel uit die volgende dokumente:

DWD (Departement van Waterwese en Bosbou). 2001. **Groundwater Strategy for National Water Resource Strategy**, DWAF-DANCED.

DWD (Departement van Waterwese en Bosbou). 2002. **Guidelines for Groundwater Management in Water Management Areas**, South Africa. DWAF-Danida.

DWD (Departement van Waterwese en Bosbou). 2004. **Implementing a Rural Groundwater Management System: A step-by-step guide**. (dit is deel van 'n omvattende stel dokumente wat bestaan uit die 'Toolkit for Water Services', soos in 2002 - 2004 deur die WNNR vir die DWB ontwikkel, met befondsing van NORAD.)

**Groundwater – More Valuable than Gold**, Waternavorsingskommissie. [www.wrc.org.za](http://www.wrc.org.za)

**Guidelines for the management of groundwater to maintain wetland ecological character**. Ramsar-konvensie oor vleilande, 2005 (Webbladsy) [www.ramsar.org/res/key\\_res\\_ix\\_01\\_annexcii\\_e.htm](http://www.ramsar.org/res/key_res_ix_01_annexcii_e.htm)

**The Water Wheel**, Januarie/Februarie 2005

*Al bogenoemde dokumente is ingesluit op die CD wat die opleidingskursus vergesel.*

Weaver, JMC, Cavé, L and Talma, AS, 2007. **Groundwater sampling – A comprehensive guide for sampling methods** (Second Edition). Prepared for the Water Research Commission by Groundwater Sciences, CSIR, South Africa. WRC Report No TT 303/07.

