

### 3. Hydrologie van Nederland

#### 3.1. Geologie

In Nederland liggen voornamelijk de geologische lagen van het Kwartair aan de oppervlakte. De oudere lagen uit het Tertiair liggen op grotere diepte; alleen in het zuiden en oosten komen ze op sommige plaatsen aan de oppervlakte. De mariene kleilagen uit het Tertiair liggen ongeveer op 400 m diepte en vormen de ondoorlatende basis van de watervoerende lagen. Het Kwartair bestaat uit het Pleistoceen, dat tussen de twee en drie miljoen jaar duurde, en het Holoceen, dat pas 10.000 jaar geleden begon.

##### **Pleistoceen**

In de eerste honderdduizenden jaren van het Pleistoceen was Nederland nog zee; er werden grote hoeveelheden mariene sedimenten afgezet. Vervolgens konden grote rivieren uit het zuiden (Rijn, Maas, Schelde) en later verdwenen rivieren uit het oosten sedimenten afzetten op het nieuwe land. Zand had het grootste aandeel in deze continentale afzettingen. Deze zandlagen hebben een hoge porositeit en zijn goed doorlatend, ze worden daarom *watervoerende pakketten* genoemd. Deze watervoerende pakketten worden onder andere gescheiden door beperkt doorlatende zandpakketten die door de Rijn zijn afgezet en door ondoorlatende potklei die tijdens verschillende ijstijden door het ijs uit Scandinavië is meegevoerd.

De voorlaatste ijstijd heeft de grootste invloed op de geologie van Nederland gehad. De ijskap vormde tongen die de bodem wegdrukten en zogenaamde tongbekkens creëerden, die omgeven waren door opgestuwd land, de stuwwallen. De hoogste stuwwal, op de oostelijke Veluwe, heeft een hoogte van 100 m +NAP. Door het ijs werd ook veel keileem afgezet, keileem spoelt lastig weg en wordt sinds de aanleg van de Afsluitdijk gebruikt om dijken te bouwen. Waar het keileem is opgestuwd, zoals op Texel en Wieringen, vormt het een natuurlijke verdediging tegen het zeewater.

Tijdens de laatste ijstijd bereikte het ijs Nederland niet, maar de ondergrond was wel permanent bevroren. Tijdens deze ijstijd was het land schaars begroeid en door de wind werden grote hoeveelheden zand verplaatst. Het zand bedekte de oude afzettingen en wordt daarom dekzand genoemd. Bijna het gehele oosten en zuiden raakten met dit zand bedekt. In het Zuid-Limburgse heuvelland werd een fijner stofachtig materiaal afgezet door de wind: dit staat bekend als löss. Het Pleistoceen is alleen in het oosten en het zuiden nog aan de oppervlakte te vinden. In het westen en noorden zijn hier afzettingen uit het Holoceen overheen gekomen.

##### **Holoceen**

Na de laatste ijstijd brak ongeveer 10.000 jaar geleden een warmere periode aan: het Holoceen. In het holoceen is er veel veen gevormd aangezien in Nederland de omstandigheden hiervoor ideaal waren. In natte en vochtige milieus met een gematigde temperatuur wordt de afbraak van dode planten geremd. Bij een opeenhoping van deze onverteerde plantenresten ontstaat er veen. Een hoge grondwaterstand zorgt er vervolgens voor dat het veen snel aangroeit. Veen dat ontstaat uit plantenresten die contact hebben met het grondwater wordt laagveen genoemd. Laagveen kan bijvoorbeeld ontstaan in plassen die door de ophoping van veen 'verlanden'. Hoogveen wordt gevormd uit planten die geheel van regenwater afhankelijk zijn voor hun groei en dus geen contact maken met het grondwater. Er ontstaat dan een voedselarm veen dat vele meters boven de omgeving kan uitgroeien. Hoogveen komt zowel op de pleistocene gronden in het oosten en zuiden voor, als in de kustvlakte.

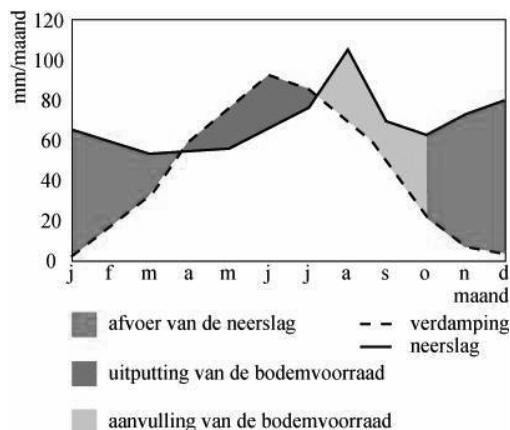
Tijdens het Holoceen heeft de kustvlakte een sterke ontwikkeling doorgemaakt. Door het smelten van de ijskap tijdens het Holoceen begon de zeespiegel te stijgen, waardoor ook de grondwaterspiegel in de kustgebieden steeg. Hierdoor ontstonden er uitgestrekte moerassen, waaruit een brede strook laagveenlagen werd gevormd. De zee rukte steeds meer naar het oosten op, zodat veenvorming ook steeds oostelijker plaatsvond. Langs de kust werden de veenlagen bedekt met zeeafzettingen, waardoor zogenaamde kustwallen ontstonden waarachter klei werd gesedimenteerd. Tot 4000 jaar geleden verplaatste de kustlijn zich met zijn afzettingen steeds verder landinwaarts. Hierna nam de zeespiegelstijging af, maar de oude kustwallen (de *Oude Duinen*) bleven achter.

Vanaf ongeveer het jaar 1000 veranderde de zeebodem langs de kust sterk. Aanvankelijk liep de zeebodem voor de kust geleidelijk af, maar doordat er kustafslag optrad werd het bodemprofiel uitgediept en steiler. Het zand dat hierdoor beschikbaar kwam, vormde verstuivingsvlakten langs de kust. Deze duinen worden de *Jonge Duinen* genoemd. Waar de oude duinen gespaard waren gebleven voor de kustafslag liggen de jonge duinen er overheen, op de plaatsen waar dit niet het geval was liggen de jonge duinen direct op de klei en het veen van de kustvlakte.

De rivieren hebben het meeste materiaal afgezet in een periode waarin overstromingen regelmatig voorkwamen dan nu het geval is (er waren nog geen dijken). Langs de oevers van de rivier werd eerst het grove materiaal afgezet (zand) en verder van de rivier het fijne materiaal (klei). Zo ontstonden er natuurlijke *oeverwallen* en lagergelegen komgronden. Het natuurlijk sedimentatieproces heeft tot gevolg dat een rivierarm zich na enige tijd verlegt. Als een rivier zijn bedding verlaten heeft blijven de oeverwallen zichtbaar in het landschap.

### 3.2. Neerslag en verdamping

Doordat Nederland een vlak land is, zijn de ruimtelijke verschillen in de gemiddelde neerslag gering. De natste gebieden zijn de heuvelachtige gebieden in het oosten en uiterste zuiden waar zogenaamde stijgingsregens voorkomen. In een zeer droog jaar komt de neerslaghoeveelheid niet boven de 400 mm/jaar uit en in een zeer nat jaar kan meer dan 1100 mm/jaar aan neerslag vallen. De gemiddelde neerslag bedraagt 750 mm/jaar en de gemiddelde verdamping 475 mm/jaar. Het neerslagoverschot is dus gemiddeld 275 mm/jaar. Aangezien de gemiddelde verdamping vrij constant is, hangt het jaarlijkse neerslagoverschot dus vooral af van de hoeveelheid neerslag. In de zomer is er door beperkte regenval en veel verdamping vaak sprake van een neerslagtekort. Dit tekort wisselt sterk van jaar tot jaar en soms kan er zelfs een neerslagoverschot ontstaan in een erg natte zomer.

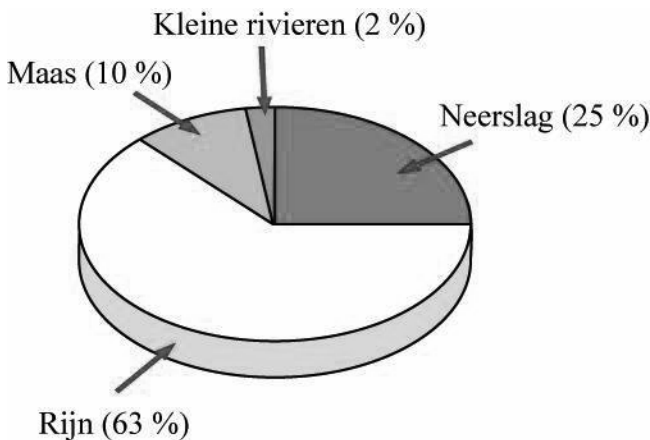


Figuur 3.1 - Verloop neerslag en verdamping

### 3.3. Oppervlaktewater

Nederland heeft hydrologische condities die typisch zijn voor een kustgebied in de gematigde zone. Oppervlaktewater speelt hierin een belangrijke rol, een rol die niet overal in Nederland hetzelfde is. In de lage poldergebieden komen vooral hoge, kunstmatig gecontroleerde waterstanden voor. In de hogere gebieden echter zijn de waterstanden lager en vindt de waterafvoer door de zwaartekracht plaats. Een deel van de waterlopen kan hier 's zomers zelfs droog komen te staan.

Een klein gedeelte van de neerslag stroomt over het landoppervlak direct naar de waterlopen. Het grootste gedeelte infiltreert echter en voegt zich bij het grondwater. Een deel van het grondwater stroomt snel naar het afwateringsstelsel, terwijl de rest in de diepere watervoerende lagen terecht komt en pas na een periode van maanden of jaren de rivieren kan bereiken.



Figuur 3.2 - Bijdragen aan oppervlaktewater in Nederland

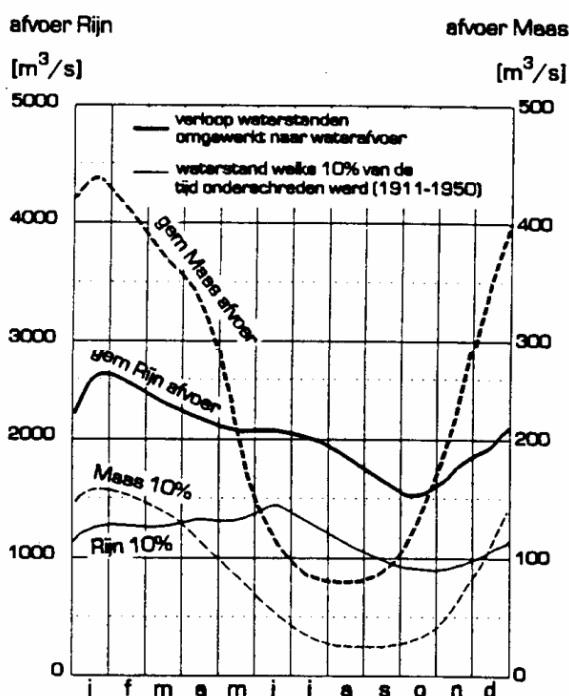
#### Rijn en Maas

Deze twee rivieren zijn voor de waterhuishouding van Nederland van groot belang, omdat het grootste deel van het oppervlaktewater zich hierin bevindt. De Rijn en de Maas vertonen onderling nogal wat verschillen.

De Rijn heeft over een periode van 50 jaar gerekend een gemiddelde afvoer bij Lobith van 2200 m<sup>3</sup>/s. De variatie van de waterafvoer door het jaar heen is echter veel belangrijker (zie fig. 3.3). In januari/februari vertoont de rivier een gemiddelde maximale afvoer van 2800 m<sup>3</sup>/s en een gemiddeld minimum in oktober van 1600 m<sup>3</sup>/s. Doordat in de zomer de Rijn veel smeltwater heeft, is de Rijn belangrijk voor de watervoorziening van Nederland in de 'droge' zomerperiode. De Rijn is zowel een regen- als smeltwaterrievier. De hoeveelheid smeltwater heeft een maximum in juni als het neerslagoverschot juist laag is, hierdoor is de afvoer vrij regelmatig. In december is de situatie andersom en wordt de rivier vooral gevoed door het neerslagoverschot in het stroomgebied beneden Basel.

De Maas is een typische regenrivier waarvan de gemiddelde afvoer bij Maastricht ongeveer 250 m<sup>3</sup>/s bedraagt. In de zomer is de gemiddelde afvoer slechts 100 m<sup>3</sup>/s. In het verleden heeft de rivier 's zomers hierdoor vaak bijna droog gestaan, zodat scheepvaart niet meer mogelijk was. Ook kunnen plotseling hoge waterstanden ontstaan, de zogenaamde Maasvloeden: de waterstand kan dan in enkele dagen tijd wel 4 m stijgen. De oorzaak hiervan is dat het stroomgebied van de Maas in België en verder stroomopwaarts uit slecht doorlatende rotsachtige bodem bestaat. Het

water stroomt daardoor snel naar de rivier. Daarnaast heeft de Maas tot Venlo een groot verval, waardoor het water snel stroomt. Ondanks deze effecten heeft de Maas toch veel minder overstromingen veroorzaakt dan de Rijn en de Waal, omdat haar afvoeren veel kleiner zijn.



Figuur 3.3 - Afvoerloop Rijn en Maas

### 3.4. Grondwater

Bijna overal in Nederland wordt enkele meters onder het maaiveld grondwater aangetroffen. In de lagere gedeelten van Nederland is grondwater vaak zelfs binnen een meter diepte te vinden. De losse sedimenten waardoor het grondwater zich beweegt zijn tijdens het Pleistoceen als rivierafzetting ontstaan, deze watervoerende lagen worden onderbroken door slecht doorlatende lagen. In het oosten van Nederland ontbreken de watervoerende lagen uit het Pleistoceen: hier bevindt zich grondwater in de matig watervoerende pakketten van het laat Tertiair.

De hoeveelheid grondwater vanaf de grondwaterspiegel tot de slecht doorlatende lagen is enorm: naar schatting 3000 miljard  $m^3$ . Niet al dit water is zoet: de grens tussen zoet en zout grondwater is gedefinieerd als het vlak waar het chloridengehalte  $150 \text{ g}/m^3$  bedraagt. In de lagere gedeelten van het land ligt dit vlak dicht aan de oppervlakte. In bepaalde gebieden rond het IJsselmeer, zoals de Flevopolder, is sprake van inversie: er bestaat hier een zone van brak grondwater boven zoet grondwater. Aanvulling van zoet grondwater vindt in de hogere gebieden plaats door infiltratie van neerslag in de bodem. Deze aanvulling wordt gecompenseerd door afvoer via oppervlaktewateren of doordat water of direct vanuit de bodem of via planten verdampt. In de lagere gedeelten van Nederland vindt naast infiltratie de aanvulling van het grondwater voornamelijk plaats door toestroming vanuit aangrenzende hogere gebieden. In de poldergebieden is deze grondwaterstroming bijna geheel kunstmatig. Door variatie van de peilen in verschillende polders kan de grondwaterstroming worden gecontroleerd.

### **3.5. De Noordzee en stormvloeden**

De Noordzee is een ondiepe randzee van de Atlantische Oceaan en heeft een gemiddelde diepte van ongeveer 100 m. De getijdenbeweging zorgt ervoor dat door erosie en sedimentatie een grillig patroon van geulen, platen en schorren ontstaat. De invloed van het astronomische getij is voor Nederland vanwege de lage ligging en de lange kustlijn erg belangrijk. De tijdstippen van hoog en laag water en de verschillen tussen hoog en laag water verschillen plaatselijk. In het zuiden is het getijverschil groter dan in het noorden, wat te maken heeft met de vorm van de Noordzee.

Een stormvloed is een abnormaal hoge waterstand op zee, die ver boven het hoogwaterniveau van het astronomische getij uitkomt. Hij wordt opgewekt door landinwaarts gerichte stormen die het water tegen de kust opzetten. Noordwesterstormen zijn wat dit betreft het meest berucht; ten noorden van Schotland blijft door de grote diepte van de Atlantische Oceaan het zeeniveau vrij constant. De Noordzee is ondiep en in het zuiden is de doorgang naar de Atlantische Oceaan erg smal, zodat weinig water in die richting kan wegstromen. Door deze factoren kan de opwaaiing langs de zuidelijke kusten van de Noordzee meer dan 4 m. bedragen. De hoogste peilen treden op als de maximale opwaaiing van het zeewater samenvalt met het springtij van het astronomische getij.

