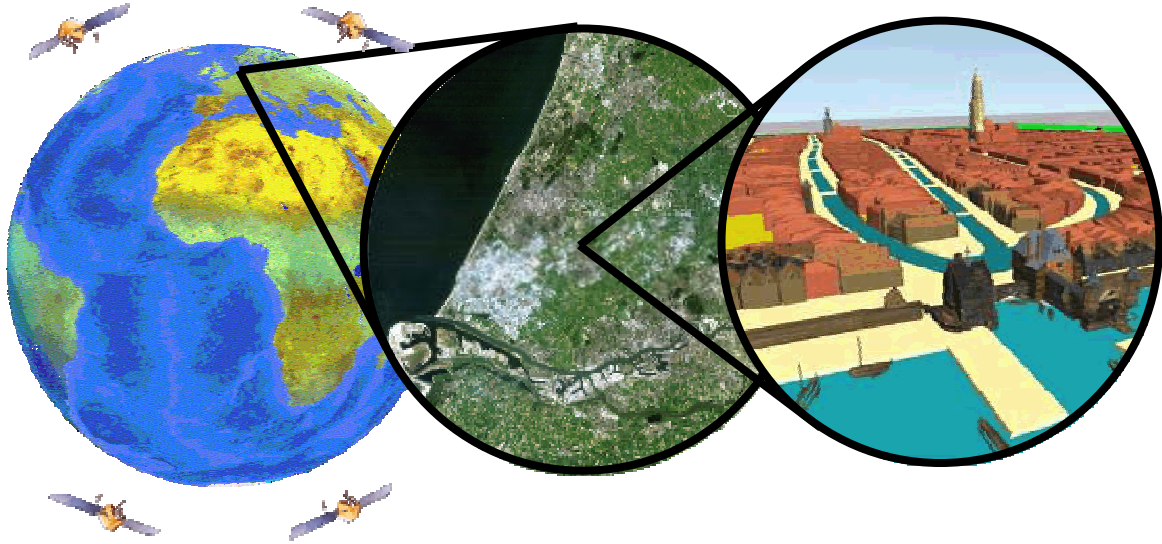


NEDERLAND IN BEWEGING

- Aardobservatie, NAP, bodemdaling -

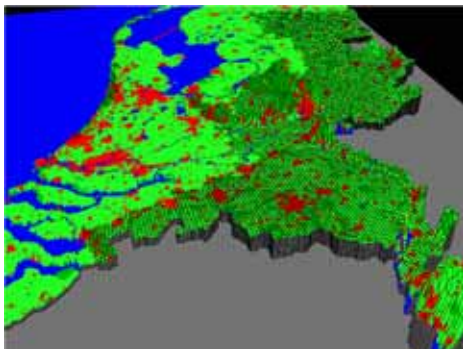
Prof.dr.ir. P.J.G. Teunissen
DEOS TU Delft en NCG-KNAW



Nederland-Waterland

Nederland is beroemd om zijn strijd tegen het water. Het ontstaan van Nederland kent dan ook een rijke geschiedenis waarbij waterbouwkundige ontwikkelingen een belangrijke rol spelen. Als er geen duinen, dijken of deltawerken waren die het land tegen water beschermen en als er geen uitgebreid netwerk van sloten, kanalen en pompen waren, dan zou een groot deel van Nederland onder water staan (zie figuur 1). Belangrijk bij al deze ontwikkelingen is te weten hoe hoog of hoe laag men zich ten opzichte van het zeeniveau bevindt. Hiervoor hebben we in Nederland het NAP (Normaal Amsterdams Peil), een over het land verspreid netwerk van peilmerken en ondergrondse merken waarvan de hoogten ten opzichte van het zeeniveau zijn bepaald.

Het NAP vormt de ruggegraat van de Waterstaat. Het is van belang voor het waterbeheer (water stroomt naar het punt met de laagste NAP hoogte) en het vormt onder andere de basis voor de aanleg en het beheer van onze nationale infrastructuur. Zonder het NAP is geen verantwoorde inrichting van ons land mogelijk. Het beheer en de instandhouding van het NAP is dan ook terecht een publieke taak (Adviesdienst Geo-informatie en ICT van Rijkswaterstaat - AGI-RWS).



Figuur 1: De Nederlandse kustlijn volgens NAP. Zonder verdedigingswerken staat West-Nederland onder water.

NAP en bodembeweging

Uit analyses van de laatste nationale Nauwkeurigheidswaterpassing (5^e NWP uitgevoerd in de periode 1995-1999) is gebleken dat er significante verschillen optreden tussen de gepubliceerde hoogtes van ondergrondse merken en

de berekende hoogtes uit de recente waterpassingen. De ongeveer 250 stabiel veronderstelde ondergrondse merken zijn minder stabiel als werd gedacht. Dit heeft er toe geleid dat op basis van een nationale herberekening, alle NAP-hoogtes van de 35.000 peilmerken per 1 januari 2005 zijn aangepast. Hiermee is een voor de praktische gebruiker adequate update van de peilmerkhoogten verkregen.

De doorgevoerde NAP-correctie is een gevolg van het feit dat de bodem van Nederland in beweging is (veelal een bodemdaling). De bodembeweging in ons land bestaat uit een zeer gevarieerd en complex palet van bodembewegingstypen en vindt op verschillende ruimtelijke schalen en op verschillende tijdschalen plaats. De oorzaken ervan zijn zowel natuurlijk van aard (isostasie, tektoniek, compactie) als antropogeen van aard (bijvoorbeeld gaswinning, mijnbouw, ontwatering, bodembelasting). De antropogene bodemdaling is vaak ordes groter dan de natuurlijke bodemdaling. Bodemdaling heeft belangrijke effecten op de waterhuishouding, zeker in combinatie met de klimaatsverandering (zeespiegelstijging, grotere extremen in neerslag, en toename in waterafvoer van de grote rivieren). Precies en betrouwbaar monitoren van de Nederlandse bodembeweging is daarom van nationaal belang en de verantwoordelijkheid hiervoor zou, net zoals met het NAP, een publieke taak moeten zijn.

Op de toekomst voorbereid?

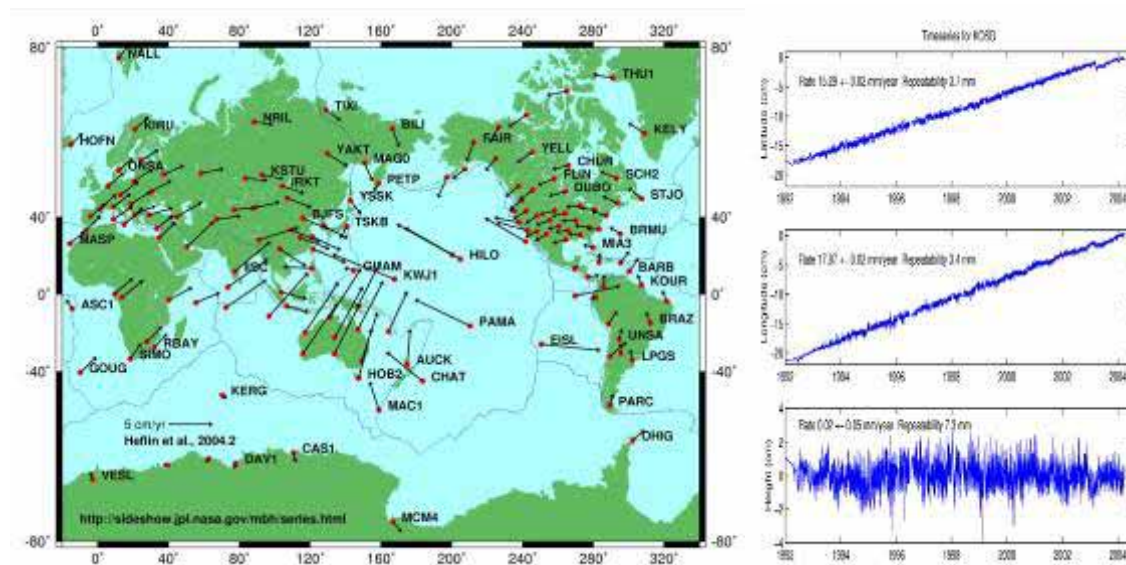
Gezien het belang dat gehecht moet worden aan het hebben en kunnen bijhouden van accurate bodembewegingskennis is de vraag gerechtvaardigd of we hiervoor in Nederland goed op de toekomst zijn voorbereid. Naar het oordeel van de spreker is dit niet gewaarborgd. Hoewel het monitoren van de nationale bodembeweging een publieke taak zou moeten zijn, is de verantwoordelijkheid hiervoor niet belegd. Er is geen overheidsorgaan dat hiervoor verantwoordelijkheid draagt of dat belast is met de waarheidsvinding ervan. Consequenties hiervan zijn onder anderen dat er van een nationale aanpak geen sprake is, dat er geen gekwalificeerde monitoringstrategie bestaat, en dat de benodigde en een op moderne leest geschoeide meetkundige infrastructuur ontbreekt.

Welke aardobservatiemethoden zouden tenminste onderdeel uit moeten maken van de benodigde meetkundige infrastructuur? Het NAP, gebaseerd op terrestrische waterpassingen met een gedetailleerde referentiegeoïde als niveauvlak, zal hierbij – in aangepaste vorm - uiteraard zijn rol blijven spelen. Maar we kunnen ons niet beperken tot uitsluitend het NAP. Het NAP is niet ontworpen voor het monitoren van bodembeweging en de kostbare en tijdrovende bemonstering en bijhouding ervan vindt niet plaats met kennisvergaring over bodembeweging als oogmerk. In aanvulling op en gekoppeld aan het NAP zouden naar het oordeel van de spreker tenminste de permanente satellietplaatsbepaling (GPS/Galileo) en de satelliet radar remote sensing (InSAR) structureel door de overheid voor de bodembewegingsproblematiek moeten worden ingezet.

Satelliet plaatsbepaling en bodembeweging

Sinds 1994 is het door de Amerikaanse overheid ontwikkelde mondiale satellietplaatsbepalingssysteem GPS (Global Positioning System) operationeel. Met geodetische GPS ontvangers en geavanceerde gegevensverwerkingsmethoden zijn inmiddels zeer hoge nauwkeurigheden (orde van mm's) in de positiebepaling te behalen (zie figuur 2). Met de komst van het in 2008 operationele Europese satellietplaatsbepalingssysteem Galileo zal deze nauwkeurigheid bij integratie met GPS nog eens significant verbeteren (figuur 3). De eerste Galileo satelliet wordt eind december van dit jaar gelanceerd. De extra nauwkeurigheidswinst bij het gecombineerd gebruik van GPS en Galileo is toe te rekenen aan de verdubbeling van het aantal satellieten waarna gemeten kan worden, de toename van het

aantal satellietfrequenties waarop gemeten kan worden en de moderne technologie waar Galileo gebruik van maakt.



Figuur 2: Met GPS bepaalde snelheidsvectoren van de mondiale platentektoniek (links); Nauwkeurige verplaatsingshistorie van het permanente DEOS GPS meetstation te Kootwijk op de Veluwe (rechts).

Aanvullend op en gekoppeld aan het NAP zou ten behoeve van het monitoren van de Nederlandse bodembeweging een permanent opererend netwerk van GPS/Galileo meetstations gerealiseerd dienen te worden. Met een dergelijk door reken- en analysecentrum ondersteund netwerk (figuur 4) worden essentiële mogelijkheden gecreëerd die niet met het NAP te realiseren zijn. Enkele voorbeelden zijn: het continu kunnen monitoren van de bodembeweging, het versterken en op onafhankelijke wijze kunnen controleren van het NAP (onder andere van belang daar het detectievermogen van waterpassingen over grotere afstanden zwak is), het in een wereldwijd referentiesysteem kunnen beschrijven van de bodembeweging (waarmee scheiding van bodembewegingsregimes op verschillende schalen beter mogelijk wordt), en het geïntegreerd vergaren van vierdimensionale bodembewegingsinformatie, dit in tegenstelling tot het NAP waarmee uitsluitend eendimensionale informatie op discrete tijdstippen wordt vergaard.

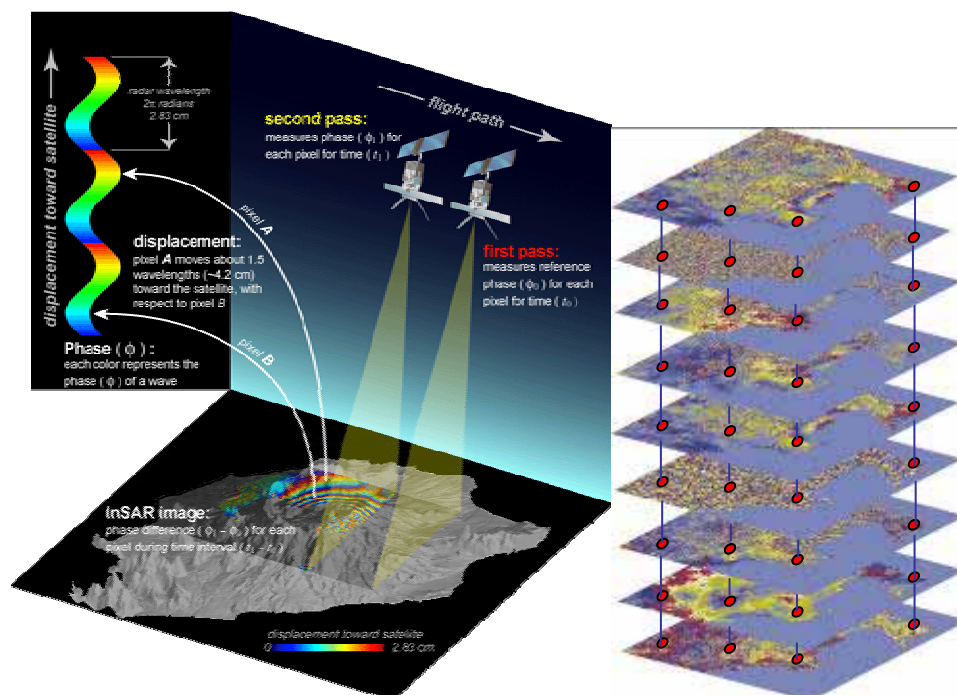


Figuur 3 (links): Geïntegreerd gebruik van GPS + Galileo zal de hoge nauwkeurigheid van GPS nog eens significant verbeteren. Figuur 4 (rechts): Voorstelling van een permanent

netwerk van GPS/Galileo meetstations, inclusief reken- en analysecentrum, voor het nauwkeurig monitoren van de Nederlandse bodembeweging.

Satelliet radar remote sensing en bodembeweging

Om tot een verdere ruimtelijke verdichting van het hierboven voorgestelde NAP/GPS/Galileo systeem te komen, zou gebruik gemaakt moeten worden van InSAR. Met de interferometrische techniek van de moderne beeldvormende satelliet radar remote sensing (InSAR) is het mogelijk deformaties van het aardoppervlak met subcentimeter nauwkeurigheid en een hoge ruimtelijke resolutie in kaart te brengen. Figuur 5 geeft een schets van het principe van deze aardobservatiemethode. Door middel van (fractionele) fasemetingen aan het beeldvormende satelliet signaal kan uit een tijdserie van radarbeelden (bijvoorbeeld 30 of meer beelden met een tijdsinterval van ongeveer 30 dagen) het bewegingsgedrag van coherente radar verstrooiers (de zogenaamde persistent scatterers) worden gedetecteerd. Daarmee beschikken we met deze techniek over een, in zijn toepassing relatief goedkope, aardobservatiemethode die ruimtelijk en temporeel complementair is aan de techniek van de NAP/waterpassing en aan de techniek van GPS/Galileo. Om een goede koppeling en integratie met het hierboven voorgestelde NAP/GPS/Galileo systeem te kunnen realiseren, zouden de basispunten van dit systeem eenvoudig met geijkte persistent scatterers kunnen worden uitgerust (bijvoorbeeld corner reflectors).



Figuur 5: Een schets van het satelliet radar principe voor bodembewegingsdetectie tussen twee opnamen (links); Gebruik van tijdseries van radarbeelden voor de identificatie en bewegingsdetectie van coherente radar verstrooiers (rechts).

Rol KNAW?

De KNAW heeft aan de wieg gestaan van de opbouw van het verticale referentienetwerk (NAP netwerk) en van het horizontale referentienetwerk (Rijksdriehoeksnetwerk) van ons land. In 1878 adviseerde de Akademie de Minister van Binnenlandse Zaken, onder wiens verantwoordelijkheid deze geodetische activiteiten toen vielen, om - ten behoeve van de accurate opmeting en kartering van ons land - de Rijkscommissie voor Graadmeting en

Waterpassing (de voorloper van de huidige Nederlandse Commissie voor Geodesie van de KNAW) in te stellen. De bij Koninklijk Besluit in 1879 opgerichte Rijkscommissie kreeg daarmee de leiding over deze nationale projecten met daarbij tevens de taak om de kwaliteit van de van rijkswege ondernomen metingen te bewaken. Ook in de vorige eeuw heeft de Akademie belangrijke initiatieven genomen met betrekking tot de geodetische karteringsactiviteiten in ons land. In lijn hiermee ligt het in de rede dat de Akademie ook de huidige en hierboven geschetste bodembewegingsproblematiek ter harte neemt.