

EPOS

De pan-Europese onderzoeksinfrastructuur voor Aardwetenschappen

Dominique Jacques, Carine Bruyninx, Koen Van Noten, Martin Zeckra, Fikri Bamahry, Andras Fabian, Juliette Legrand, Anna Miglio, Eric Pottiaux, Dominique Mesmaker, Ann Moyaert, Giovanni Rapagnani, Thomas Lecocq en Bert Frederick.

Verschillende Belgische onderzoeksinstituten dragen bij aan EPOS (European Plate Observing System): een multidisciplinaire onderzoeksinfrastructuur die data, diensten en onderzoeksfaciliteiten voor Aardwetenschappen integreert op Europese schaal.

Wat is EPOS?

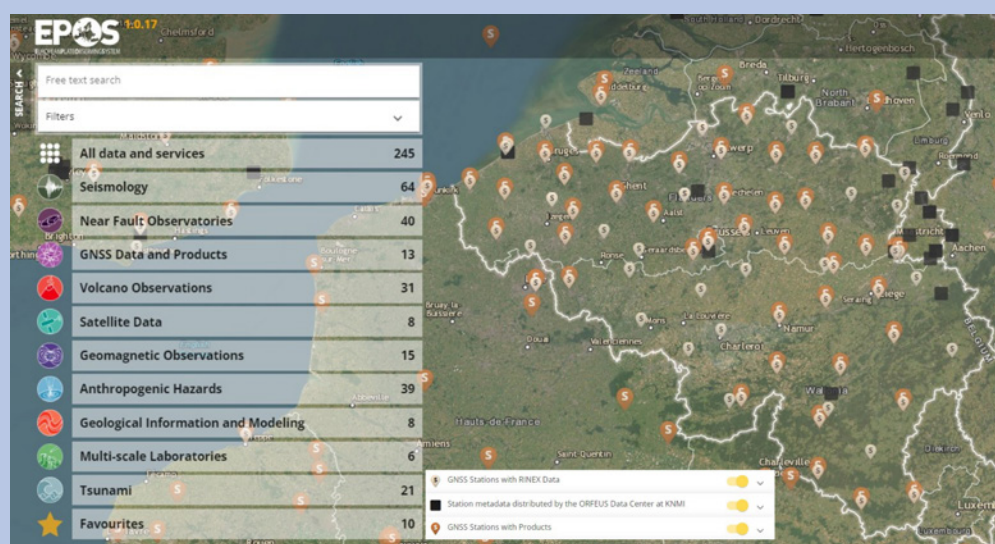
EPOS¹ is de eerste en enige pan-Europese onderzoeksinfrastructuur voor Aardwetenschappen die data, diensten en onderzoeksfaciliteiten uit verschillende wetenschappelijke disciplines integreert. Via het centrale EPOS-dataportaal² wordt toegang gegeven tot multidisciplinaire wetenschappelijke gegevens en producten die vrij toegankelijk, geharmoniseerd en op kwaliteit gecontroleerd zijn.

De vrije toegang tot multidisciplinaire wetenschappelijke gegevens en producten bevordert de vooruitgang van open wetenschappelijk onderzoek om de dynamische processen van het Systeem Aarde (bijv. processen die actief zijn bij aardbevingen, vulkaanuitbarstingen) beter te begrijpen. Het EPOS-dataportaal

laat toe om deze gegevens te visualiseren, te analyseren en te modelleren om nieuwe signalen op te sporen in complexe data-sets uit verschillende wetenschappelijke disciplines. EPOS stimuleert onderzoek en innovatie om zo nationale overheden te helpen bij de bestrijding van natuurrampen, het duurzame beheer van geologische bronnen (grondstoffen, water en energie), enz.

De levenscyclus van EPOS begon meer dan 20 jaar geleden en heeft verschillende stadia van ontwerp, voorbereiding en implementatie doorgemaakt. Sinds 2008 maakt EPOS deel uit van de ESFRI-roadmap³ (European Strategy Forum on Research Infrastructures) die onderzoeksinfrastructuren met bijzonder strategisch belang voor de Europese Unie belicht. In 2018 kreeg EPOS de legale status van ERIC (European Research Infrastructure Consortium), met België als een van de stichtende leden. Het EPOS-dataportaal werd officieel gelanceerd op de EGU 2023-bijeenkomst (General Assembly of the European Geosciences Union, april 2023).

Op dit moment worden data van ongeveer 150 nationale onderzoeksinstellingen uit 25 Europese landen beschikbaar gesteld via het EPOS-dataportaal. Deze data worden verzameld en gestan-



De grafische gebruik-ers-sters-omgeving van het EPOS-dataportaal.

daardiseerd in 10 afzonderlijke thematische disciplines (TCS of Thematic Core Services): 'Seismology', 'Near-Fault Observatories', 'GNSS Data & Products', 'Volcano Observations', 'Satellite Data', 'Geomagnetic Observations', 'Anthropogenic Hazards', 'Geological Information & Modeling', 'Multi-scale Laboratories' en 'Tsunami' (kandidaat-TCS). De diensten en gegevens worden vanuit deze TCS dan geïntegreerd in het EPOS-dataportaal (deel van de Integrated Core Services - ICS) dat toegankelijk is voor alle gebruikers.

Momenteel bestaat de Belgische dienst- en gegevensvoorziening aan EPOS (vanaf nu vermeld onder de verzamelnaam EPOS-BE⁴) uit bijdragen van 3 onderzoeksinstituten en 2 regionale overheden in 5 thematische disciplines. De Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) verleent gegevens aan de thematische discipline 'Seismology' en levert zowel kerndiensten als gegevens, waaronder die van de Vlaamse en Waalse overheden, aan de thematische discipline 'GNSS Data & Products'. Daarnaast is het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) actief in de thematische disciplines 'Geomagnetic Observations' en 'Multi-scale Laboratories'. Meer specifiek voorziet het KMI de geomagnetische gegevens van zijn twee Belgische stations te Dourbes en Manhay aan EPOS, en geeft het toegang tot de experimentele faciliteiten van het Centrum voor Geofysica te Dourbes. Ten slotte is het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) verantwoordelijk voor het beheer van de Global IOC Sealevel Station Monitoring Facility als kerndienst in de (kandidaat-) TCS 'Tsunami'.

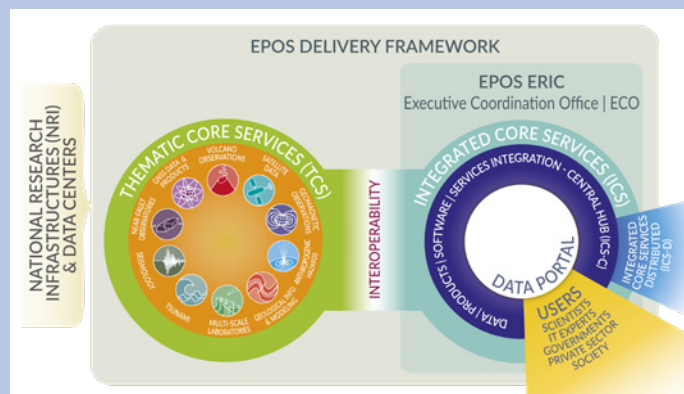
Hierna lichten we de bijdragen van de KSB aan EPOS verder toe.



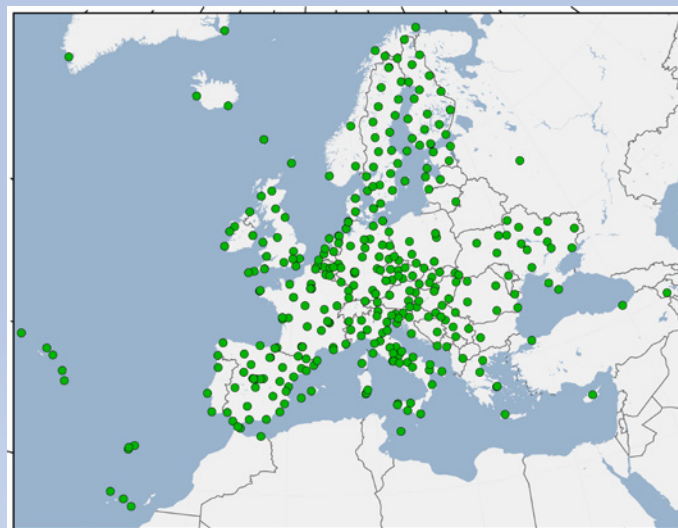
EPOS-BE: historische invloed van de KSB

Het plan om een pan-Europese infrastructuur te bouwen voor het delen van aardwetenschappelijke gegevens en producten dateert van meer dan 20 jaar geleden. België was initieel betrokken bij EPOS via de wetenschappelijke expertise van de KSB. In de voorbereidende fase van EPOS (Preparatory Phase; 2010-2014), was de KSB actief in de werkgroepen die zich richtten op seismologie en GNSS-data (Global Navigation Satellite Systems).

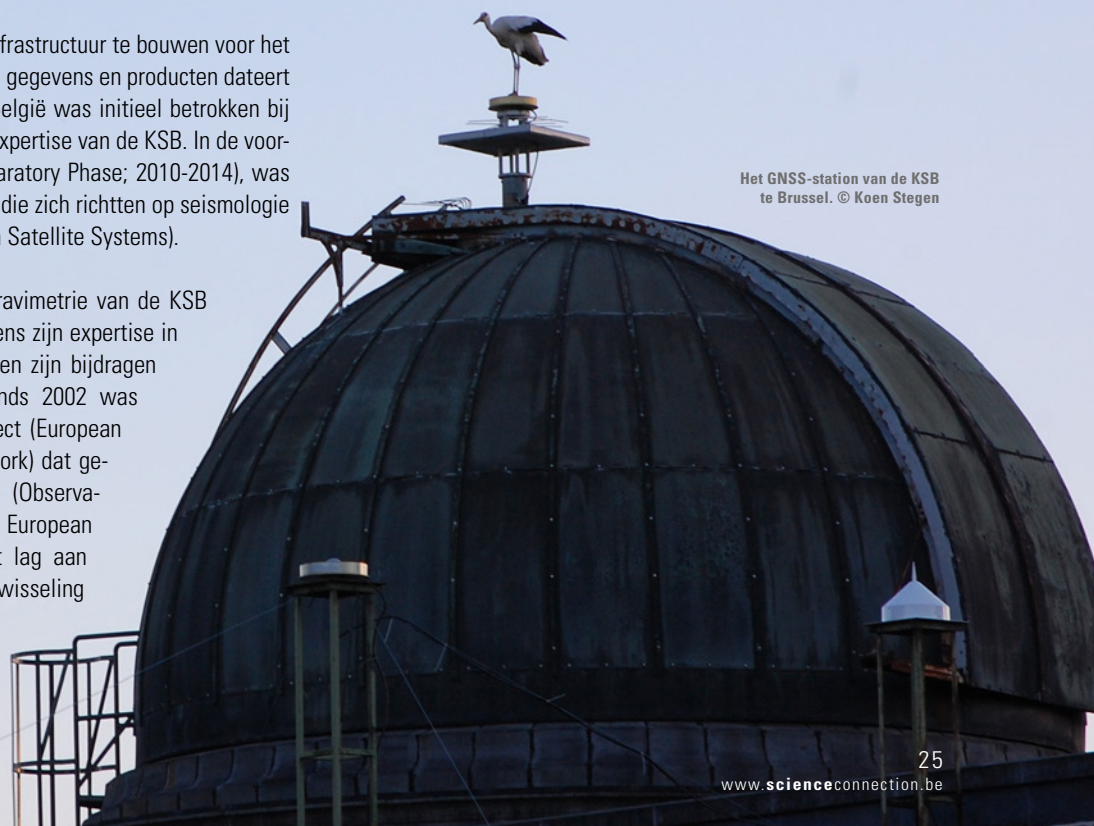
Het departement Seismologie-Gravimetrie van de KSB was betrokken als adviseur wegens zijn expertise in het opvolgen van aardbevingen en zijn bijdragen in seismologisch onderzoek. Sinds 2002 was de KSB lid van het VEBSN-project (European Virtual Broadband Seismic Network) dat gecoördineerd werd door ORFEUS (Observatories & Research Facilities for European Seismology). Het VEBSN-project lag aan de basis van de pan-Europese uitwisseling van breedband seismologische data van hoge kwaliteit tussen



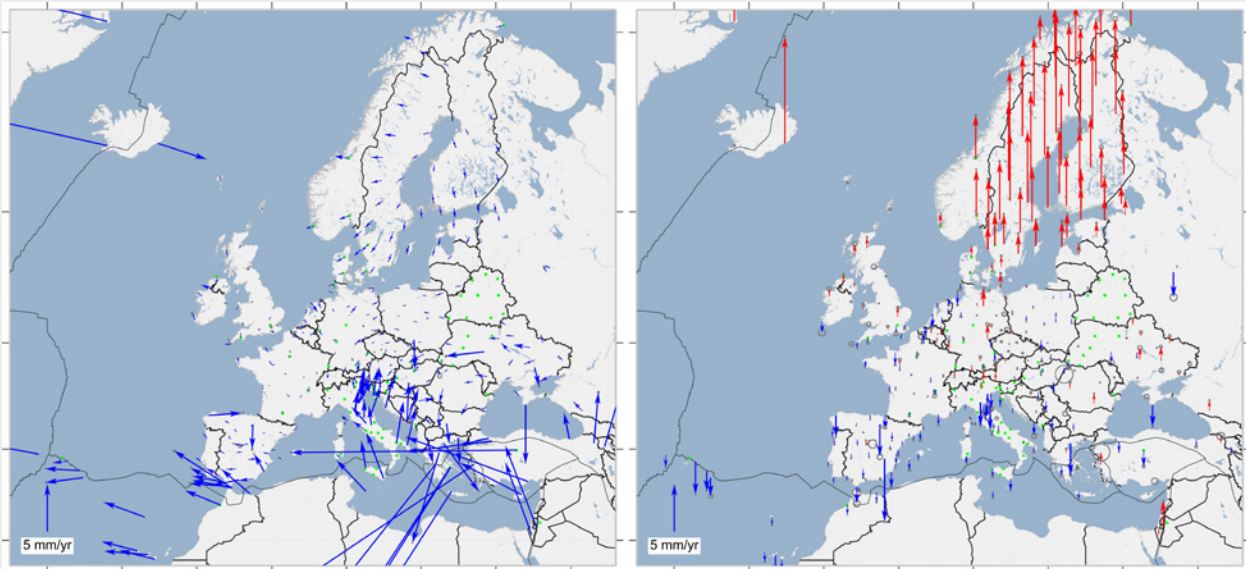
De hoofdelementen van de EPOS-architectuur, bestaande uit de nationale onderzoeksinstituten (NRI), thematische disciplines (TCS) en het centrale dataportaal (ICS). De integratie van gegevens en kerndiensten wordt gesuperviseerd door de EPOS ERIC.



De GNSS-stations van het EUREF Permanent GNSS Network (EPN) die data leveren aan EPOS.



Het GNSS-station van de KSB te Brussel. © Koen Stegen



Horizontale (links) en verticale (rechts) snelheden van de EPN-stations, uitgedrukt in het ETRS89-referentiesysteem.

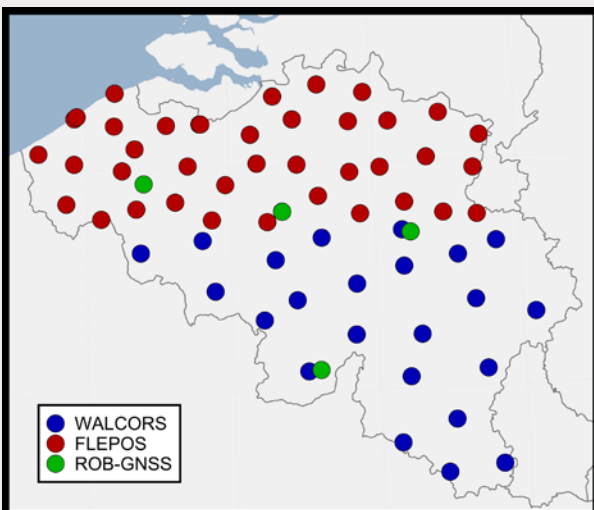
nationale onderzoeksinstituten en ORFEUS. ORFEUS, met de KSB als stichtend lid en gegevensverstrekker, lag op zijn beurt samen met het EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre) en EFEHR (European Facilities for Earthquake Hazard and Risk) ten grondslag van EPOS.

De thematische discipline 'GNSS Data & Products' binnen EPOS is gebouwd op het EUREF Permanent GNSS Network (EPN)⁶ dat bestaat uit meer dan 400 GNSS-stations die het Europese referentiesysteem ETRS89 voor precieze positiebepaling in stand houden. Aangezien de KSB het Centrale EPN-bureau beheert, en dit sinds de creatie van EPN in 1996, was ze belangrijk als medevoorzitster van de GNSS-werkgroep. Deze bijdrage leidde tot

de deelname van het KSB-GNSS-team aan de Europese projecten EPOS-IP (Implementation Phase) en EPOS-SP (Sustainability Phase) die de eerste EPOS-diensten respectievelijk implementeerden en verankerden. Het KSB-GNSS-team was daarnaast verantwoordelijk voor het opzetten van het legale, bestuurlijke en financiële kader van de TCS 'GNSS Data & Products'.

Het Belgisch Federaal Wetenschapsbeleid (Belspo) moedigt de bijdrage van federale wetenschappelijke instellingen aan pan-Europese ESFRI-onderzoeksinfrastructuren zoals EPOS sterk aan. Door middel van de projecten EPOS-BE (2018-2023) en SERVE ESFRI-FED (2021-2024) kan de KSB o.a. haar internationale dienstverlening optimaliseren naar de noden van EPOS, nieuwe kerntaken binnen EPOS ontwikkelen, de GNSS- en seismometerstations opwaarderen naar moderne standaarden, enz. Dankzij de stimulans geboden door deze Belspo-projecten kon de KSB zichzelf naar voren schuiven als leverancier van EPOS-kerndiensten en een sleutelpositie binnen EPOS innemen.

Belgisch GNSS-knooppunt dat data levert aan EPOS. Het knooppunt omvat de GNSS-stations van het KSB-ROB, van Digitaal Vlaanderen (FLEPOS) en de Service Publique de Wallonie (WALCORS).



GNSS

De TCS 'GNSS Data & Products' heeft als doel toegang te verlenen tot GNSS-gegevens, metadata en producten afkomstig van meer dan 3000 (momenteel 1700) GNSS-stations, en aldus precieze metingen van vervormingen aan het aardoppervlak (bijv. bij vulkaanuitbarstingen, aardbevingen) mogelijk te maken. De bijdrage van de KSB aan EPOS-GNSS is drieledig: ze is betrokken bij (1) het bestuur en de coördinatie van de EPOS ERIC en het GNSS-consortium, (2) het verzorgen van verschillende pan-Europese GNSS-diensten en (3) de datavoorziening van de Belgische GNSS-stations.

De pan-Europese diensten die de KSB levert aan EPOS-GNSS zijn gebaseerd op een gelijkaardige dienstverlening aan EUREF. Deze diensten werden de laatste jaren, met de ondersteuning van

Belspo, geüpgraded om te voldoen aan de EPOS-workflows en bestaan uit:

- Een pan-Europees dataknooppunt dat de gegevensverzameling van het EPN (meer dan 2 miljoen databestanden), geleverd door ca. 100 Europese agentschappen, toegankelijk maakt voor EPOS.
- Een analysecentrum dat de tijdsevolutie van de coördinaten van de EPN GNSS-stations berekent. Aan de hand van deze informatie kan de vervorming van de aardkorst berekend worden, zowel op regionale als lokale schaal.
- Een systeem dat de metadata beheert van de GNSS-stations geïntegreerd in EPOS (Metadata Management and Distribution System for Multiple GNSS Networks - M³G)⁶. Dit systeem verzamelt en valideert van alle GNSS-stations gedetailleerde beschrijvingen over de hardware en fysieke opstelling van de stations, alsook informatie over de eigendom van de gegevens en de voorwaarden voor gegevenstoegang.
- Een systeem dat de dagelijkse gegevenskwaliteit en beschikbaarheid van de EPOS-GNSS-stations controleert (Data Quality Monitoring Service – DQMS)⁷. Het bewaken van de kwaliteit van de waarnemingen die door de GNSS-stations van EPOS worden verzameld, is van cruciaal belang voor de geofysische interpretatie van de berekende stationsposities en hun evolutie in de tijd.

Naast bovenstaande dienstverlening, verstrekt de KSB ook Belgische GNSS-gegevens aan EPOS. België beschikt over een van de meest dichte GNSS-netwerken ter wereld, wat een enorm potentieel biedt voor wetenschappelijk onderzoek. Met de steun van Belspo heeft de KSB een nieuw nationaal knooppunt opgericht dat EPOS toegang geeft tot de gegevens van 73 Belgische GNSS-sta-

tions die de ruwe waarnemingen van onder andere de GPS-, GLONASS- en Galileo-satellieten ontvangen. Enerzijds omvat het knooppunt de GNSS-stations die de KSB zelf beheert en die in 2021 gemoderniseerd werden met hulp van het EPOS-BE-project. Anderzijds verzamelt het ook de gegevens van de GNSS-stations die eigendom zijn van Digitaal Vlaanderen (FLEPOS) en de Service Publique de Wallonie (WALCORS).

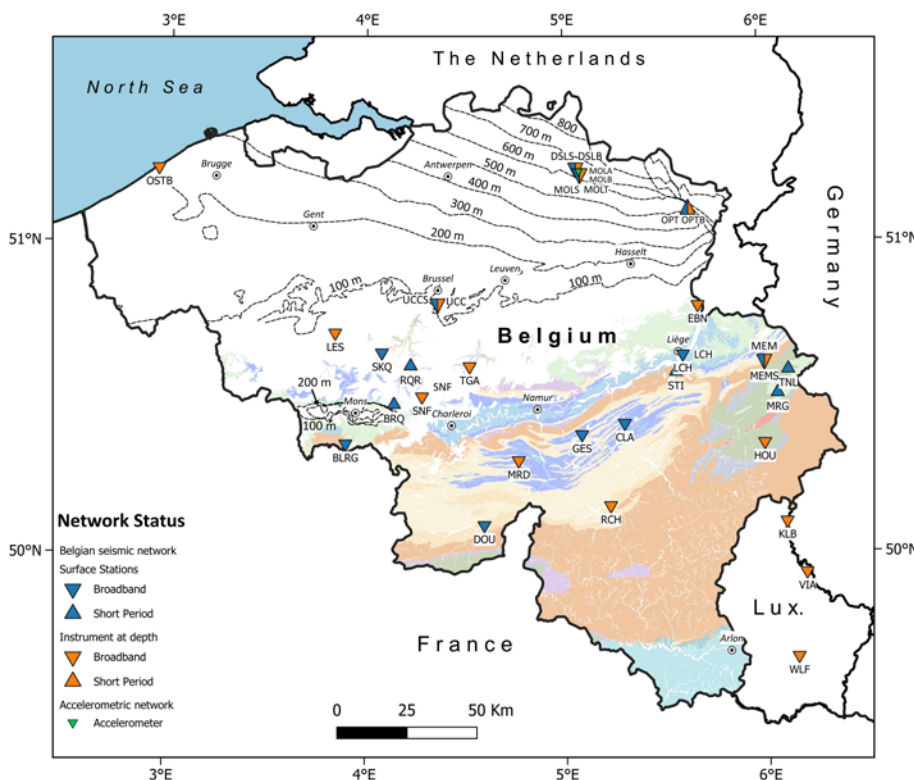
Seismologie

De TCS 'Seismology' biedt toegang tot diverse seismologische en aardbevingsgerelateerde informatie (bijv. golfgegevens, aardbevingscatalogi en -parameters, grondbewegingsdata omtrent aardbevingsrisico's). Deze gegevensvoorziening is gebaseerd op de dienstverlening van drie onafhankelijke Europese instellingen die de seismologische datadiensten coördineren en exploiteren: ORFEUS, EMSC en EFEHR.

De afdeling Seismologie-Gravimetrie⁸ van de KSB levert via bovenstaande Europese instellingen verscheidene types van gegevens aan EPOS:

- Seismische golfgegevens van het Belgische seismische netwerk worden gedeeld met het ORFEUS Data Center (ODC)⁹ dat deel uitmaakt van het EIDA (European Integrated Data Archive). Het seismisch netwerk in België bestaat momenteel uit twee componenten: het seismometer- en het accelerometernetwerk. De seismometers maken continue registraties van grondtrillingen met een gevoeligheid die is afgesteld om zelfs de lichtste trillingen te kunnen detecteren die nauwelijks boven het ruisniveau uitstijgen. Op die manier registreren ze seismische golven van lokale en wereldwijde aardbevingen. De accelerometers

>>

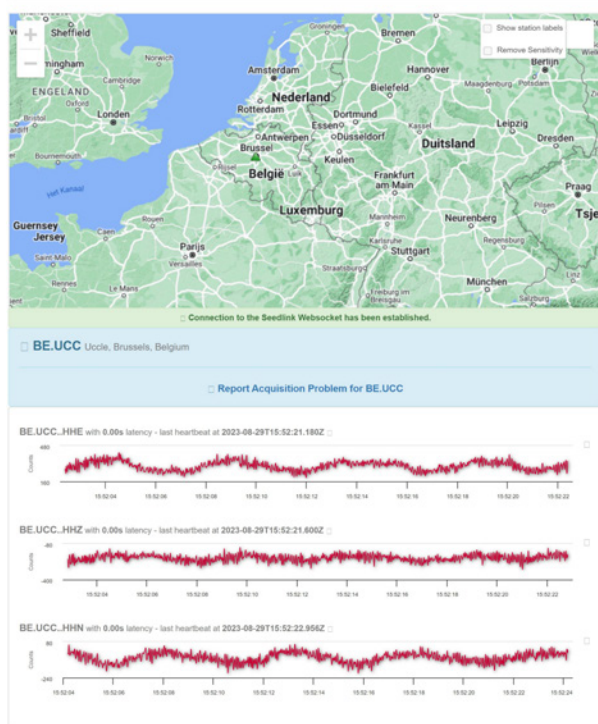


Overzicht van het huidige Belgisch seismisch en accelerometrisch netwerk na het opwaarderen van enkele belangrijke seismische stations in EPOS-BE. De achtergrond toont de lokale geologie (Wallonië) en diepte tot het vaste gesteente (Vlaanderen).

Live Waveform

Seedlink Websocket

This map shows stations archived by the ORFEUS Data Center and realtime data from Seedlink that is being archived. Select a station to subscribe to and receive data for its highest available sampling rate. It may take some moments for the first record to arrive. Stale connections are timed out after 60 seconds.



Het ORFEUS-portal om seismische data in realtime te bekijken (met voorbeeld van de Ukkel seismometer).

zijn gericht op het meten van sterke grondbewegingen nabij epicentra. Aan ORFEUS (en dus EPOS) worden momenteel enkel seismische golfgegevens van de permanente seismometers met breedbandsensor geleverd, maar vanaf eind 2023 zullen de data van het volledige Belgische seismisch netwerk beschikbaar zijn.

- B. Compilatie van macroseismische informatie over historische (pre-instrumentele) gevoelde aardbevingen op Belgisch en Europees grondgebied. Deze data worden voorzien aan de AHEAD-databank (European Archive of Historical Earthquake Data)¹⁰ die historische (1000-1899) gegevens over de aardbevingsgeschiedenis van Europa inventariseert en verspreidt. Deze gegevens zijn nodig om de impact van aardbevingen in te schatten.
- C. Geologische en paleoseismologische kennis over de belangrijkste seismische breuken in België opgeslagen in de EDSF-databank (European Database of Seismogenic Faults)¹¹ en beheerd door EFEHR. EDSF verzamelt gepubliceerde informatie over seismisch actieve breuken in Europa als input voor seismische risicoanalyses en geeft ze door aan EPOS.

Tijdens het EPOS-BE-project werden essentiële updates aan de stations van het Belgische seismisch netwerk verricht om moderne datakwaliteit van hoge resolutie te voorzien. In eerste instantie werden de seismometers van 6 permanente stations vervangen met breedbandsensoren om lage frequenties te kunnen meten en



Seismologisch veldonderzoek naast de permanente seismische stations met behulp van *minions* (mobiele seismische sensoren).

brongegevens te kunnen bestuderen. Het accelometrische netwerk werd eveneens geüpdatet zodat nu continue monitoring mogelijk is. In tweede instantie werden de belangrijkste seismische stations onderworpen aan een geofysische analyse van de ondergrond door middel van netwerkmetingen met behulp van 21 nieuwe, mobiele seismometers (Smartsolo 3-componenten seismische sensoren, ook wel *minions* genoemd). De resulterende modellen van de schuifnelheid van seismische golven laten toe te begrijpen hoe de lokale ondergrond het aardbevingssignaal beïnvloedt, door de impact aan de oppervlakte te versterken of verzwakken.

Toekomstmuziek

Het succes van de EPOS-onderzoeksinfrastructuur hangt grotendeels af van de hoeveelheid data die beschikbaar gemaakt worden. Hoe meer gegevens worden gedeeld, hoe interessanter EPOS wordt voor wetenschap-pers-sters en andere belanghebbenden. Een van de doelstellingen van het SERVE ESFRI-FED-project (Belspo) is om EPOS op Belgisch niveau beter bekend te maken. Er wordt gezocht naar bijkomende Belgische onderzoekinstellingen die hun diensten en/of wetenschappelijke data voor EPOS beschikbaar willen maken. Daarnaast zal actieve communicatie en verspreiding ervoor zorgen dat potentiële gebruikers het belang van EPOS inzien.

Noten

- (1) www.epos-eu.org
- (2) www.ics-c.epos-eu.org
- (3) www.esfri.eu
- (4) www.epos-be.eu
- (5) epncb.oma.be
- (6) gnss-metadata.eu
- (7) gnssquality-epos.oma.be
- (8) www.seismologie.be/nl
- (9) www.orfeus-eu.org
- (10) www.emidius.eu/AHEAD
- (11) www.seismofaults.eu