

Bijlage 4: Onderzoek naar bruikbare technologieën voorafgaand aan de startnota

1.1 Onderzoek voorafgaand aan de ontwikkeling van de verbinding.

Voorafgaand aan de ontwikkeling van de startnota voor het GRUP Lus van Henegouwen werden twee analyses gemaakt van de mogelijke technologieën voor de te realiseren hoogspanningsverbinding.

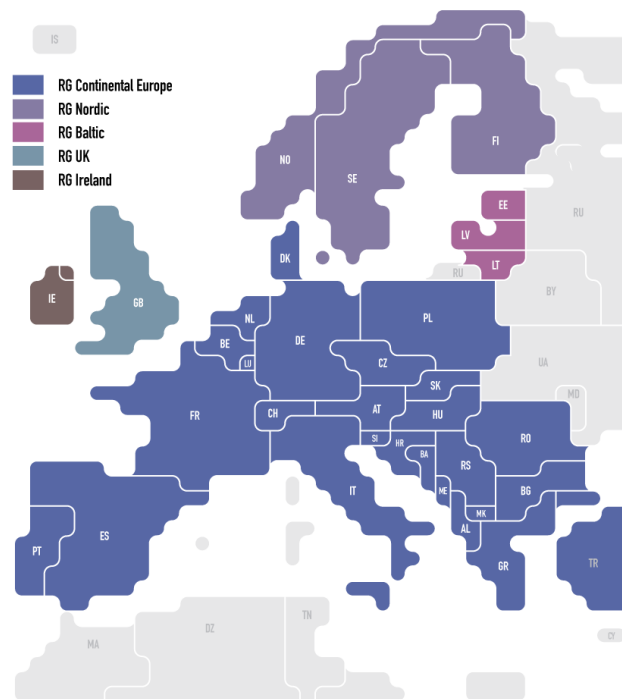
1. Deze studies liepen parallel en hadden hetzelfde doel: het **beoordelen van de verschillende technologieën** (bestaand en in ontwikkeling) op hun relevantie voor de toekomstige elektriciteitsverbinding. Dankzij deze twee studies zijn de visies van een groot deel van de wereldwijde experts over de technologiekeuze gekend. Een **“Technologiestudie”** werd opgesteld door Elia. Dit gebeurde op basis van informatie van ENTSO-E (de Europese vereniging van transmissienetbeheerders), Cigré (de wereldwijde sectororganisatie voor elektrische systemen) en een aantal producenten van elektrische infrastructuur. Deze studie werd besproken met een groep van Belgische academici¹ die in hun advies de resultaten van de technologiestudie onderschrijven.
2. Een studie **“Elia Future Grid 2030 - Stevin-Avelgem and Avelgem-Center Power Corridor”** werd door de Britse consultants Mott MacDonald opgesteld. Deze studie bestond uit twee onderdelen:
 - De **“Technology Review and Benchmarking Study”** werd afgerond in december 2018. Deze deelstudie bevat een uitgebreide, algemene toelichting over de verschillende mogelijke technologieën voor het transport van grote vermogens over lange afstanden en een vooruitblik naar de toekomst. Voor elk van de technologieën werd gezocht naar representatieve projecten, voornamelijk in Europa en waar nodig wereldwijd. Daarnaast werd in de deelstudie een samenvatting met de projectlengte, transportcapaciteit en gebruikte technologie opgenomen.
 - De **“Comparison of Technology Options”** werd afgerond in januari 2019. Deze deelstudie bevat een beschrijving van de mogelijke technologieën, toegepast op de vereisten van Boucle du Hainaut en een vergelijking van de voor- en nadelen voor deze situatie.

Het belangrijkste doel voor de uitgevoerde studies was een oplossing vinden voor ontwikkeling van een hoogspanningsverbinding die kan voldoen aan de volgende uitgangspunten:

1. In totaal 6 GW-transportcapaciteit in normale omstandigheden (N)
2. Minstens 3 GW-transportcapaciteit bij onderhoud of incident (N-1)
3. Traject is nog niet gekend, maar rekening houdend met lengte van 80 à 90 km per corridor
4. Mogelijkheden voor integratie met het lokale transportnet voor ondersteuning van de regio
5. Zeer stabiele werking binnen het vermaasde ruggengraat netwerk (380kV)

Voornamelijk het **laatste uitgangspunt is van cruciaal belang**. Het Belgische transmissienet op 380 kV maakt namelijk deel uit van het Europese Continentale synchrone netwerk. Dit is een synchroon netwerk verbonden door wisselstroomverbindingen waarin de frequentie constant gehouden wordt door het evenwicht tussen verbruik (inclusief netverliezen) en productie van elektriciteit. Binnen een synchroon net is de frequentie constant.

¹ Academici betrokken bij de Technologiestudie waren: Ronnie Belmans en Dirk Van Hertem (KU Leuven & Energyville), Jan Desmet (Universiteit Gent), Emmanuel De Jaeger (Université Catholique de Louvain), Pierre Henneaux (Université Libre de Bruxelles) en Francois Vallee (Université de Mons).



Figuur 143: Synchrone zones in Europa

Hoewel in Europa alle elektriciteitsnetten werken met een **frequentie van 50 Hz** vormen ze geen volledig synchroon systeem. Er bestaan verschillende asynchrone netten zoals in Figuur 10 vereenvoudigd wordt weergegeven. In elk van deze netten moet **afzonderlijk het evenwicht tussen verbruik en productie bewaard worden**.

Als netbeheerder is **Elia verantwoordelijk voor dit evenwicht** in haar regelzone en dient regels te respecteren zoals ook de andere netbeheerders in het Europese net, om de stabiliteit van het gehele synchrone net te garanderen. Is dit niet het geval, dan wijkt de frequentie te veel af wat kan leiden tot **gedeeltelijke of volledige instorting** van het synchrone net.

Indien het elektrisch verbruik groter is dan het toegevoerde vermogen, dan zal de frequentie dalen. De frequentie kan hersteld worden door het toegevoerde vermogen te doen stijgen. Binnen één synchrone zone worden er dan ook op elk moment reserves voorzien om de frequentie **binnen de afgesproken grenzen²** te houden, met een **maximale afwijking van slechts 0,8 Hz**.

De **frequentiebegrenzingsreserve³** die ingeschakeld kunnen worden in geval van een incident bedragen ongeveer 3 GW. Dit betekent dat bij een incident, waarbij er plots meer dan 3.000 MW aan productie of verbruik van het net afgeschakeld wordt, het **volledige elektrisch systeem** binnen continentaal Europa **in gedrang** komt. De afwijking van de frequentie zal in dat geval immers te groot zijn, waardoor een Europees cascade-effect kan optreden.

Gezien de grootteorde van het toekomstige vermogen in de kustregio en de verhouding met de reserves die ingezet kunnen worden bij een incident, dient het ontwerp omzichtig te gebeuren. Dit is nodig om te garanderen dat de **limieten voor het beheer van de frequentie** steeds gerespecteerd blijven.

² De bepalingen waaraan de frequentie moet voldoen zijn vastgelegd in Artikel 127 van de EU Network Code on System Operation.

³ "Frequency Containment Reserves" of FCR genoemd.

Nieuwe technologieën kunnen uitsluitend in aanmerking komen indien er **voldoende garanties** zijn dat op geen enkel moment een verlies van meer dan 3.000 MW aan productie⁴ of import kan optreden. Want dit heeft gegarandeerd een **impact op Europese schaal**.

De vergelijkingen en analyses van de technologieën focusten zich in eerste instantie op de **technische randvoorwaarden**. De onderzochte technologieën moeten op een veilige en betrouwbare wijze bruikbaar zijn voor een hoofdtransportverbinding en een stabiele werking garanderen. De maturiteit van de verschillende technologieën werd eveneens geëvalueerd. Daarbij werd bijvoorbeeld gezocht naar gelijkaardige projecten op vlak van afstand en vermogen die reeds zijn gerealiseerd.

In grote lijnen werden **twee variabelen**, met diverse **combinaties** beschouwd:

1. **Wisselstroom** of *Alternating Current* (AC) versus **gelijkstroom** of *Direct Current* (DC).
2. **Bovengrondse** infrastructuur versus **ondergrondse** infrastructuur.

Een **AC-luchtlijn** werd door beide studies **als de referentietechnologie naar voren geschoven**. Die technologie is het meest rijp en zeer betrouwbaar. Bovendien bestaat meer dan 98 % van het West-Europese 380 kV-net uit AC-luchtlijnen.

Een eerste **ondergronds alternatief** voor AC-luchtlijnen zijn **AC-kabels**. Beide studies geven aan dat ondergrondse kabels uitgebaat op wisselstroom zich elektrisch anders gedragen dan bovengrondse luchtlijnen. Het wegwerken van de negatieve effecten hiervan vraagt het toevoegen van een groot aantal bijkomende toestellen (o.a. shunt reactoren) in het elektriciteitsnet. Dat zorgt voor een **grotere complexiteit en meer risico's** in het netbeheer. Hoe langer het ondergrondse tracé, hoe groter de risico's.

De **GIL en supergeleiders** worden beoordeeld als **te prematuur**. De GIL bestaat nog niet over langere afstand en de supergeleiders bevinden zich nog in een experimenteel stadium en werden uitsluitend toegepast bij projecten van veel kleinschaliger niveau.

De technologie die met **gelijkstroom** (DC) werkt, werd grondig bekeken voor wat betreft de **ondergrondse variant**, dit vanuit ervaring binnen diverse projecten. Elia heeft onder andere ervaring opgedaan bij Nemo Link, een onderzeese verbinding tussen België en het Verenigd Koninkrijk en ALEGRO, de ondergrondse verbinding tussen België en Duitsland. Via haar participatie in 50 Hertz heeft Elia Group ervaring met de SuedOstLink die een punt-tot-puntverbinding maakt tussen het noorden en het zuiden van Duitsland. Op basis van karakteristieken zoals vermogen, afstand, functionaliteiten, aftakkingen etc. zijn deze projecten echter **niet te vergelijken met de vereisten voor Boucle du Hainaut**.

Voor de **inpassing van de DC-technologie in het vermaasde AC-hoofdtransportnet** en de specifieke casus van Boucle du Hainaut beoordeelden Elia en de betrokken Belgische academici dit als een niet-redelijke technologie. De grootste handicap van gelijkstroom is dat het voor het specifieke geval van Boucle du Hainaut **onaanvaardbare risico's** met zich meebrengt als het ingebouwd wordt in het vermaasde AC-netwerk. De betrouwbare uitbating van het net zou niet meer gegarandeerd zijn. Er werden ook verhoogde risico's voor de algemene netstabiliteit en hoge faalkansen van de DC-apparatuur vermeld. Deze technologie past bijgevolg niet binnen de plandoelstellingen en is derhalve **niet geschikt voor Boucle du Hainaut** als platform voor het duurzame elektriciteitssysteem.

1.2 Bijkomende onderzoek in het kader van het project “Boucle du Hainaut”

In het kader van het volledige project Boucle du Hainaut werden daarnaast ook nog twee bijkomende externe studies uitgevoerd die geïnitieerd werden door de Waalse minister van Energie Willy Borsus.

⁴ In feite gaat de voorkeur bij productie zelfs naar niet meer dan 1.000 MW.

1. Een studie uitgevoerd door de deskundige Jing Dai, professor aan de Ecole Supérieure d'Électricité - Supelec - in Frankrijk (regio Haut de France). De met de studie belaste deskundige werd gevraagd zich uit te spreken over de noodzaak van een dergelijke nieuwe hoogspanningsverbinding tussen Avelgem en Courcelles. Na deze analyse spitste het advies zich toe op de vragen met betrekking tot de technologiekeuze van bovenvermelde studies. Hierbij werd een tegenanalyse gevraagd, en werden de volgende alternatieven onderzocht: de mogelijke haalbaarheid van een verbinding met een spanningsniveau lager dan 380 kV, een gelijkstroomverbinding en de aanleg van een ondergrondse wisselstroomverbinding, geheel of gedeeltelijk. De studie vroeg ook om een onderzoek naar technologische alternatieven voor de aanleg van een bovengrondse elektriciteitsverbinding.

De studie bevestigt de noodzaak om een nieuwe verbinding tussen Avelgem en Courcelles aan te leggen met een spanningsniveau van 380kV en een transmissiecapaciteit van 6GW. Zij bevestigt ook dat uit technisch en economisch oogpunt het voorstel van Elia (een bovengrondse wisselstroomverbinding) wat betreft kosten en technische vereisten het best aan deze behoefte voldoet.

2. Ter bevestiging van deze eerste studie werd een tweede studie uitgevoerd door de experte Bekolo die werkt bij Hydro-Québec (Canada). De volgende onderdelen worden in deze studie onderzocht:
 - a) Een analyse van de noodzaak van een nieuwe elektrische verbinding met een spanningsniveau van 380 kV die de onderstations van Avelgem en Courcelles verbindt;
 - b) Een evaluatie van de verschillende door Elia voorgestelde technologische scenario's;
 - c) Een complementaire analyse van de Jing DAI EIRL-studie;
 - d) Een kritische analyse van de technische studies van Elia.

Deze studie bevestigt de conclusies van de analyses van Elia en de bovenstaande studie van Jing Dai mbt de noodzaak van de nieuwe 380kV verbinding en de keuze om deze uit te voeren als een wisselstroomverbinding waarbij wordt aangegeven dat het ondergronds gedeelte hiervan beperkt is.

1.3 Ondergrondse aanleg van een wisselstroomverbinding

Elia heeft de mogelijkheden onderzocht van een ondergrondse aanleg van een wisselstroomverbinding zonder de leveringszekerheid in gedrang te brengen. Daarbij is een methode van de TU Delft en TenneT gebruikt en omvat volgende analyses:

- Analyse van het **effect** van een ondergrondse kabel in normale condities ('steady state analyse');
- Analyse om het **risico** op ongewenste netfenomenen zoals resonanties te bepalen ('harmonische analyse');
- Analyse van **gedrag** elektriciteitsnet bij specifieke gebeurtenissen ('dynamisch en transiënt gedrag').

Deze analyse werd door externe experts onderzocht waarbij de conclusie was dat deze met de juiste systematische aanpak werden onderzocht en dat de conclusies voortgekomen uit deze analyses kunnen worden gedeeld.

De experts bevestigen dat de afstand die in wisselstroom ondergronds kan worden gebracht, niet bepaald wordt door één specifieke parameter. Deze afweging is onderhevig aan een **complex samenspel** tussen technische aspecten, zoals: spanningslimieten, compensaties, beveiligingen en resonanties.

Vanuit risico-oogpunt kan geconcludeerd worden dat een **kabellengte van 8 km op een voldoende betrouwbare manier ondergronds** kan gebracht worden met 3 kabels per verbinding. **Indien de samenstelling van de ondergrond het toelaat**, kan met 2 kabels per verbinding gewerkt worden, dit met een **kabellengte van maximaal 12 kilometer** tot gevolg. Elke extra kilometer ondergrondse kabel verhoogt de risico's aanzienlijk op het optreden van resonanties, spanningssprongen en uitbatingsrisico's waardoor de betrouwbaarheid niet meer gegarandeerd kan worden. Dit laatste zou onverantwoord zijn gelet op de significante gevolgen, niet alleen in België maar ook daarbuiten.

De experts wijzen er ook op dat het **vermogen van 6 GW niet uniek** is. Het ganse Belgische hoofdtransportnet wordt momenteel op 6 GW gebracht. In het buitenland zijn er vele voorbeelden van lijnen die zwaardere vermogens transporteren (zie voorbeelden in het rapport van de experts).

Voor vergelijkbare vermogens (6 GW) komt men in het buitenland niet tot langere afstanden ondergronds. Integendeel. Het doet het Belgische netbeheer behoren tot de selecte kring van netbeheerders die wel **degelijk bereid zijn om de limieten op te zoeken** van wat technisch haalbaar is, zonder evenwel onverantwoorde risico's te nemen.

1.4 Toepassing conclusies in het verdere planningsproces

Op basis van alle studies en adviezen wordt voor deze hoofdtransportverbinding met een transportcapaciteit van 6 GW een luchtlijn met wisselstroom beschouwd als de referentietechnologie. Technisch kan deze verbinding plaatselijk ondergronds gebracht worden, tot maximaal 12 kilometer. De uiteindelijke keuze zal pas na het geïntegreerd onderzoek kunnen gemaakt worden.