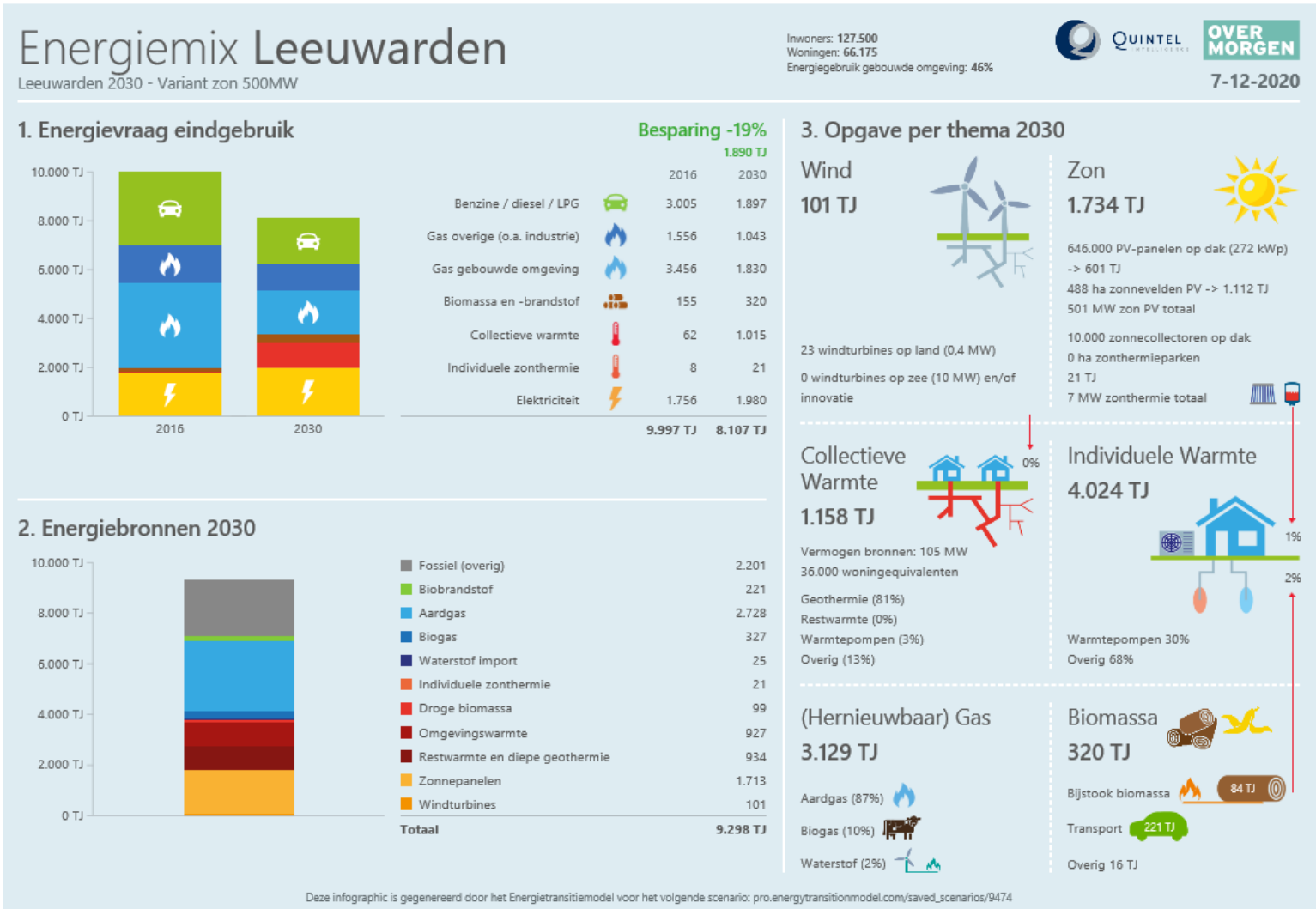
BIJLAGEN

1. ETM MODEL
2. VERTALING 2030-2024
3. Concept bod RES deel Leeuwarden
4. CO_2 Emissie 1990, 2020 en 2030

1) ETM model



Toelichting – Energiemix

De Energiemix geeft inzicht in de mogelijke energievraag in 2050 en het benodigde aanbod aan hernieuwbare energiebronnen om deze vraag op te vangen. In navolging van huidige (inter)nationale klimaatafspraken is het uitgangspunt dat het gebruik van fossiele brandstoffen zoals aardgas, benzine, diesel en kolen volledig wordt uitgefaseerd. Deze Energiemix toont een met gemeenten afgestemd scenario van de totale opgave die voor ons ligt en de urgentie om stappen te zetten. Het is geen keuzemenu, maar een combinatie van veranderingen in de huidige energiesystemen die gezamenlijk nodig zijn voor een klimaatneutrale samenleving.

De berekeningen zijn gemaakt met behulp van het EnergieTransitieModel van bureau Quintel. Door adviesbureau Over Morgen is in samenspraak met gemeenten en de provincie voor elke gemeente een scenario opgesteld. Alle uitgangspunten en instellingen van het scenario zijn terug te vinden en te wijzigen via de link onderaan de Energiemix. De berekeningen zijn gebaseerd op bewezen technieken van dit moment met de kanttekening dat er nog veel innovaties en financieringsconstructies nodig zijn voordat al deze technieken grootschalig kunnen worden toegepast. Daarnaast verwachten we komende jaren de opkomst van nieuwe technieken die op de langere termijn een deel van de opgave kunnen invullen.

Energietransitie betekent dat we naar een energiesysteem toegaan met minimale CO_2 uitstoot. Om dit te bereiken worden de energievraag, infrastructuur en energiebronnen aangepast. Dit betekent concreet dat bijvoorbeeld de aardgaskraan dichtgaat voor woningen, kantoren en bedrijven. Als alternatief gaan we collectieve warmtenetten gebruiken of individueel verwarmen (denk aan groen gas, pellets of warmtepomp). Dit vraagt om de aanleg van warmtenetten, verzwaarde elektriciteitsnetten en het deels verwijderen van gasnetten. Motorvoertuigen rijden niet langer op fossiele brandstoffen maar elektrisch, op waterstof en/of op biobrandstof. De elektriciteit die we voor verwarming en mobiliteit nodig hebben, naast licht en elektronica, wekken we duurzaam op met bijvoorbeeld zonnepanelen en windturbines.

1. Energievraag eindgebruik

Dit onderdeel van de Energiemix toont de huidige finale vraag van alle energie die binnen de gemeente, regio of provincie wordt gebruikt, oftewel gebouwde omgeving, mobiliteit, industrie en landbouw. We noemen dit ook wel 'de vraag aan de meter'. De energievraag van dit moment is gebaseerd op de laatste complete set gegevens uit de Klimaatmonitor van Rijkswaterstaat (peiljaar 2016). Energiegebruik van internationaal vracht- en vliegverkeer en grootschalige opwekking van energie zit hier niet in. De energievraag bestaat uit:

- Benzine, diesel en LPG voor mobiliteit inclusief binnenvaart en snelwegen;
- Gasgebruik in de industrie, agrarische sector, bouwnijverheid en winning van delfstoffen;
- Gasverbruik voor verwarmen gebouwde omgeving (woningen en bedrijven/instellingen);
- Biomassa en biobrandstof voor mobiliteit en verwarmen van de gebouwde omgeving;
- Collectief warmtegebruik voor verwarmen van de gebouwde omgeving;
- Individuele zonthermie in de vorm van zonnecollectoren op daken;
- Alle elektriciteitsgebruik.

Het verschil tussen de energievraag van dit moment en in de toekomst wordt bepaald door de mogelijke besparing. Dit getal is opgebouwd uit een deel actieve besparing door isolatie en gedragsverandering en een deel efficiëntie afhankelijk van de gekozen technieken in de Energiemix.

Een groot aantal veranderingen ligt ten grondslag aan de energietransitie en de geschetste situatie in 2050:

- Energiebesparing door het isoleren van gebouwen, energiemanagement, zuinige apparaten en efficiënt gebruik van voer- en vaartuigen. Daarnaast een efficiëntieverbetering van duurzame technieken ten opzichte van fossiele technieken. Een elektrische auto is bijvoorbeeld vele malen efficiënter dan een benzinemotor;
- Voertuigen en schepen zullen elektriciteit, hernieuwbaar gas (zoals waterstof) en biobrandstof gebruiken in plaats van fossiele brandstoffen;
- De gebouwde omgeving wordt niet meer verwarmd met aardgas, maar collectief met warmtenetten, individueel met elektriciteit, zonnecollectoren en/of biomassa;
- De industrie en landbouw gebruiken nu bijna volledig aardgas voor gebouwverwarming. Daarnaast zijn voor sommige processen hoge tot zeer hoge temperaturen nodig. Ultradiepe geothermie kan de benodigde temperaturen deels leveren. Er blijft een deel hernieuwbaar gas nodig, zoals waterstofgas, synthetisch gas, ammoniak en biogas.

2. Energiebronnen toekomst

Om voldoende finale energie te kunnen leveren is een mix aan hernieuwbare energiebronnen nodig. De hoeveelheid benodigde bronnen bij onderdeel 2 is groter dan de finale energie die aan de meter geleverd wordt bij onderdeel 1. Dat heeft te maken met omzettingsverliezen zoals bij elektriciteit naar waterstofgas (40%). Ook wordt bijvoorbeeld bij elektrisch verwarmen elektriciteit aan de meter geleverd die bij onderdeel 1 wordt meegerekend, terwijl ook veel omgevingswarmte wordt gebruikt die niet als finale vraag bij onderdeel 1 wordt gerekend, maar wel als benodigde bron bij onderdeel 2. Daarom valt de hoeveelheid hernieuwbare energiebronnen altijd hoger uit dan de finale energievraag in de toekomst.

3. Opgave per thema

Om de veranderende energievraag in te vullen zal er voldoende hernieuwbare elektriciteit, gas, warmte en biomassa gerealiseerd en gebruikt moeten worden om de CO_2 en energiedoelstellingen te halen.

Wind en zon (hernieuwbare elektriciteit)

In verhouding zal de vraag naar elektriciteit in de toekomst stijgen. Dat komt door elektrisch verwarmen, elektrisch rijden, het gebruik van waterstof waar biogas onvoldoende aanwezig is en steeds meer elektrische apparaten. Deze stijgende elektriciteitsvraag kan naar huidige inzichten hernieuwbaar worden opgewekt met:

- Zonnepanelen op alle geschikte daken (o.b.v. data Zonatlas 100% benutten);
- Zonnevelden (o.b.v. input gemeente en benodigd voor waterstofproductie);
- Windturbines op land (o.b.v. wat nodig is om voldoende elektriciteit op te wekken);
- Windturbines op zee, worden niet toegekend aan individuele regio's.

Collectieve warmte



Meerdere woningen en gebouwen worden met elkaar verbonden door een warmtenet. Om gebouwen te kunnen verwarmen is minimaal 40°C nodig. Echter moet hiervoor het gebouw op nieuwbouw niveau geïsoleerd zijn. Dit is voor veel bestaande gebouwen vaak economisch of technisch niet haalbaar. Daarom zijn temperaturen van ongeveer 70°C nodig voor de bestaande bouw. Diepe en ultradiepe geothermie van 3 tot 7 kilometer diepte kan deze temperatuur leveren. Een andere optie is restwarmte voor zover deze in de toekomst nog beschikbaar is.

Ook kunnen laag temperatuur bronnen worden benut, zoals bijvoorbeeld oppervlaktewater gecombineerd met een Warmte-Koude-Opslag systeem. Daarvoor is wel een industriële warmtepomp nodig om de temperatuur van het water naar 70°C te brengen. Bij de ontwikkeling van warmtenetten kan ook een biomassacentrale als transitiebron worden ingezet. Als het warmtenet voldoende groot is kan dan later worden overgestapt op bijvoorbeeld geothermie.

Individuele warmte



Individuele verwarming kan met bijvoorbeeld elektrische warmtepompen, met hout in gesloten pelletkachels/ketels en door oplossingen zoals zonnecollectoren in combinatie met warmteopslag. Warmtepompen bij woningen maken meestal gebruik van bodemenergie of buitenlucht. Hout is schaars en zal daarom in de toekomst maar beperkt kunnen worden ingezet voor het verwarmen van gebouwen en woningen.

Hernieuwbaar gas



Alternatieve gasvormen zijn biogas en waterstofgas. We benutten de potentie biogas afkomstig uit de DANK dataset van Alterra.
Deze is gebaseerd op mono-vergisting, dat wil zeggen biogas uit mest halen zonder bijproducten te gebruiken. De resterende vraag naar gas kan ingevuld worden met waterstofgas, die in het model gekoppeld is aan lokale productie bij zonnevelden. Hierdoor wordt de benodigde elektriciteit voor de productie van waterstofgas volledig toegekend aan de regio, er is zodoende geen import van waterstofgas nodig.

Biomassa



We gebruiken maximaal de lokaal beschikbare houtsoortige biomassa volgens de DANK dataset van Alterra. Biomassa wordt in de Energiemix ingezet voor de verwarming van gebouwen met pelletkachels en -ketels. Komende jaren is biomassa ook geschikt als transitiebrandstof voor warmtenetten. Naast het benutten van biomassa voor energie kan het ook benut worden voor het maken van nieuwe producten in een circulaire economie. De inzet van biomassa voor het opwekken van energie zal daarom op lange termijn beperkt zijn en uitgaan van cascadering.

Opslag van energie



Bij de opwek van hernieuwbare elektriciteit en warmte ontstaat een groot onbalans tussen het moment waarop energie beschikbaar is en wanneer we het gebruiken. De zon levert bijvoorbeeld de meeste stroom en warmte in de zomer en midden op de dag, maar veel minder in de winter en 's avonds. In de toekomst zal deze onbalans opgelost moeten worden door middel van opslag van energie en het slim sturen van de energievraag door middel van een smart grid en slimme apparatuur. Daarvoor is veel technische innovatie nodig. Mogelijkheden voor opslag van elektriciteit en warmte naar huidige inzichten zijn:

- Korte termijn opslag batterijen (dagopslag), bijvoorbeeld auto's;
- Middellange termijnopslag in gas (power to gas), of beheer van waterstanden;
- Lange termijn opslag (seizoensopslag) van warmte in warmtebatterijen (power to heat), boilervaten met zouthydraten of hoog temperatuur opslag in de bodem (500 m. diepte) en grote ondergrondse boilervaten.

Deze infographic is automatisch gegenereerd met het Energietransitiemodel op basis van een scenario dat niet is gevalideerd door een expert. Quintel of Over Morgen zijn dan ook niet verantwoordelijk of aansprakelijk voor de inhoud of uitkomsten van deze infographic.

2) Energiemix 2030 Leeuwarden en verklaring vertaling naar 2024

Getallen ETM model.

De volgende tabellen gaan in op de thema's uit het ETM model waar vanuit de LEA de regie op wordt genomen, de besparing in de gebouwde omgeving en duurzame energie. voor de overige thema's is de landelijke trend gevolgd.

Thema	**2020**	**2024**	**2030**	**2050**
Aandeel duurzame opwek: hernieuwbare elektriciteit & warmte	14 % Elektriciteit **(467 TJ)** en Warmte **(200 TJ)**	38% Elektriciteit (**1006 TJ**) en Warmte **(668 TJ)**	85% Elektriciteit **(1814 TJ)** en Warmte **(1369 TJ)**	***Onafhankelijk van fossiele brandstoffen***
Energiebesparing	Energiebesparing in de woningbouw van 0,33 PJ (20%)	9% Gebouwde omgeving. (**441TJ**)	23% Gebouwde omgeving. **(1100 TJ)**	
Totaal energieverbruik gebouwde omgeving	4840 TJ	4400 TJ	3740 TJ	

Energiemix Leeuwarden				
1. Energievraag eindgebruik		2016	2030	Uitleg
	Benzine / Diesel / LPG	3005 TJ	1897 TJ	Grootste besparing zit hier in passagiersvoertuigen, er gaat meer op elektriciteit gereden worden, waterstof en groengas.
	Gas overige (o.a. industrie)	1556 TJ	1043TJ	Gasgebruik in de industrie, agrarische sector, bouwnijverheid en winning van delfstoffen. Grootste verbruik zit in de voedselindustrie, dit neemt af omdat vraag verschuift naar elektriciteit, biomassa en een warmtenet.
	Gas gebouwde omgeving	3456	1830	Dit betreft het gasverbruik voor verwarmen gebouwde omgeving

				(woningen en bedrijven/instellingen). De afname hierin zit in isolatie en algemene energiebesparing en alternatieve energiebronnen.
	Biomassa en brandstof	155	320	Biomassa en biobrandstof voor verwarmen van de gebouwde omgeving. De toename hiervan zit hem in de vraag vanuit de industrie en de landbouw. Daarnaast wordt er doormiddel van biomassa gas geproduceerd voor de mobiliteit.
	Collectieve warmte	62	1015	Collectief warmtegebruik voor verwarmen van de gebouwde omgeving. Dit neemt toe door het gebruik van geothermie, restwarmte en voor een klein deel collectieve warmtepompen.
	Individuele warmte	8	21	Individuele zonthermie in de vorm van zonnecollectoren op daken. De huidige trend zet door.
	Elektriciteit	1756	1980	Alle elektriciteitsgebruik. Dit neemt toe door een verschuiving van fossiel naar elektriciteit.
Totaal		9.997	8.221	Besparing van 1776 TJ. **1100 TJ daarvan is in de gebouwde omgeving**

Verschil in de energievraag eindgebruik en de bronnen/opgave zit in de opslag, omzetting en transportverliezen.

Energiemix Leeuwarden			
2. Energiebronnen 2030		2030	Uitleg
	Fossiel	2201 TJ	Overgebleven deel aan fossiele brandstoffen zoals olie en kolen. (exclusief aardgas)
	Biobrandstof	221 TJ	Dit is LPG & CNG, komt voort uit biomassa.
	Aardgas	2728 TJ	Dit betreft het overgebleven deel aardgas.
	Biogas	327TJ	Dit is natte biomassa en wordt groengas. Dit komt ten goede aan industrie, huishoudens en een klein deel transport.
	Waterstof import	25 TJ	Grootste gedeelte wordt zelf geproduceerd door elektriciteitsoverschotten om te zetten, echter is de vraag groter. Vandaar het importeren.
	Individuele zonthermie	21 TJ	Dit is de landelijke trend m.b.t. de toename van zonthermie.
	Droge biomassa	99 TJ	Grootste gedeelte gaat als biomassa naar de industrie.
	Omgevingswarmte	927 TJ	Samenvoeging van individuele warmtepompen, collectieve warmtepompen en WKO's op verschillende bronnen zoals buitenlucht en water.
	Restwarmte en diepe geothermie	934 TJ	Dit komt voort uit industriële processen en de boring naar geothermie
	Zonnepanelen	1713 TJ	601 TJ op dak 1112 TJ op veld
	Windturbines	101 TJ	De huidige opwek aan wind (23 turbines). Geen toename mogelijk.

Energiemix Leeuwarden				
1. Opgave per thema 2030		2030	Uitleg	Doel LEA 2030
	Wind	101 TJ	Momenteel staan er 23 windturbines die samen 101 TJ opwekken	Geen doelen voor extra windturbines opgenomen.
	Zon	1734 TJ	601 TJ zon op dak en 1112 TJ zon op veld vormt samen de doelstelling voor 2030, 1713 TJ aan zonne-energie. Daarnaast ligt er voor 21 TJ aan zonthermie. Samen zijn deze 3 vormen goed voor de 1734 TJ aan zonopwek.	**Doel is het opwekken van 1814 TJ aan duurzame elektriciteit.** 601 TJ op dak, 1112 TJ op veld en 101 TJ bestaand windturbines: 1814 TJ 1713 TJ aan zonne-energie is 500MW (350 MW daarvan is zeer kansrijk voor zon, de overige 150MW wordt of met zon of met wind ingevuld, om de mix sluitend te krijgen is er voor nu gekozen voor zon)
	Collectieve warmte	1158 TJ	Het vermogen van de bronnen is 105 MW. 1158 TJ is het totaal hier gaat nog opslag en transportverlies vanaf.	De doelen voor 2030 gaan in op de gebouwde omgeving. Van de 1158 TJ gaat een deel naar industrie. Een groot deel van deze collectieve warmte is onderdeel van de doelstelling: **1369 TJ totaal aan duurzame warmte in 2030**
	Individuele warmte	4024 TJ	30 % warmtepompen 68 % overig	Een groot gedeelte van de individuele warmtepompen komt ten goede aan het doel om in 2030: **1369 TJ totaal aan duurzame warmte** opwekken.
	(Hernieuwbaar) Gas	3129 TJ	Dit betreft het aardgasverbruik verdeeld over de verschillende sectoren. Mobiliteit, landbouw, gebouwen en industrie. 11% biogas is de 327 TJ uit onderdeel 2.	Dit is onderdeel van het doel om 199 TJ aan groengas in de gebouwde omgeving te gebruiken wat weer ten goede komt aan de **1369 TJ aan duurzame warmte.**
	Biomassa	320 TJ	84 TJ bijstook biomassa, dit zijn WKK's die op biomassa werken. 221 TJ voor transport betreft biobrandstof als LPG & CNG. 16 TJ overige biomassa.	Samen draagt het gebruik van biomassa bij aan

3) **Opwektabel met concept bod RES**

Overzicht opwek zon en wind grootschalig Leeuwarden onderdeel concept Bod RES Fryslân		
	Opbrengst MWh	**Opbrengst TWh**
Zon op veld bestaand	**8.313**	**0,008**
Zon op dak bestaand	**14.636**	**0,015**
Subtotaal	**22.949**	**0,023**
Zon op veld pijplijn	**44.629**	**0,045**
Zon op dak pijplijn	**29.572**	**0,030**
Subtotaal	**74.201**	**0,074**
Zon totaal veld en dak	**97.150**	**0,097**
Wind bestaand *	**18.975**	**0,019**
Wind pijplijn	**0**	**0**
Wind totaal	**18.975**	**0,019**
Totaal zon en wind	**116.093**	**0,116***

Dit is de tabel zoals die in april is vastgesteld door de gemeenteraad van Leeuwarden.

* 0,116 Twh komt overeen met het aandeel van de gemeente Leeuwarden in de concept RES 1. In april vastgesteld door de gemeenteraad van Leeuwarden. Daarnaast wekt de gemeente Leeuwarden 0,04 Twh aan kleinschalig op, zie tabel hieronder. Totaal is 0,156 Twh.

De doelstelling van Leeuwarden om in 2030 voor 1814 TJ aan duurzame elektriciteit op te wekken. Dit komt overeen met 0,50388 Twh. Dit betekent een extra opwek verhoging van 0,347 Twh ten opzichte van de 0,156 Twh. De verhoging van 0,347 Twh wordt bereikt door zowel kleinschalig als grootschalige opwek, de exacte verdeling is afhankelijk van de ontwikkeling in beleidsruimte.

Dit betekent een verhoging van de bijdrage van Leeuwarden in het RES-bod van maximaal 0,50388 Twh. In de praktijk zal een deel hiervan plaatsvinden als kleinschalig op dak.

Kleinschalig zon op dak wordt niet meegenomen in het concept bod van de RES (conform definitie Klimaatakkoord). Echter draagt dit wel bij aan het totaal aan opwek. Onderstaande tabel geeft de huidige stand van zaken weer wat betreft kleinschalig opwek, en het totaal.

Kleinschalig zon op daken	**40.000**	**0,04**
Totaal zon en wind grootschalig en kleinschalig	**156.093**	**0,156**

4) CO_2 emissie 1990, 2020 en 2030

