

Smart dHYstrict:

Waterstof in lokale energiesystemen



Deliverable 1, WP 6:

Overzicht projecten gebouwde omgeving

Auteur: Stijn Meel
WaterstofNet
31 maart 2025



Interreg
Vlaanderen-Nederland



Gefinancierd door
de Europese Unie

Smart dHYstrict

www.interregvlandeu

Inhoud

1	Lijst van figuren	2
2	Introductie	3
3	Samenvatting	5
4	Bestaande projecten	6
4.1	Ameland & Borkum	6
4.2	Rozenburg	7
4.3	Waterstofwijk Lochem	7
4.4	Waterstofwijk Wagenborgen	8
4.5	Waterstofwijk Hoogeveen	9
4.6	Waterstofwijk Stad aan 't Haringvliet	10
4.6.1	Waterstofhuis Goeree-Overflakkee	10
4.7	H2@Home in The Green Village	11
4.8	H21 Leeds	12
4.9	H100 Fife	12
4.10	Neue Weststadt Esslingen	14
5	Conclusies & aanbevelingen	15
6	Appendix	16
6.1	Overzichtstabellen projecten	16
7	Bibliografie	19

1 Lijst van figuren

Figuur 1: Een waterstof cv-ketel (links) en een gewone cv-ketel (rechts). [1]	4
Figuur 2: Opstelling van de brandstofcel in het laboratorium [7].....	7
Figuur 3: Het waterstof huis van Kiwa en Alliander. Dit waterstofhuis wordt gebruikt als opleidingscentrum voor installateurs, maar ook als “ <i>experiencecenter</i> ”. [13].....	8
Figuur 4: Inrichting van het waterstofplein of invoedstation in Wagenborg. [15]	9
Figuur 5: Doorsnede van het waterstofhuis in Goeree-Overflakkee [20]	11
Figuur 6: Flowchart van de risicoanalyse uitgevoerd voor het H2@Home project. [22]	12
Figuur 7 Onderverdeling van de verschillende delen van de wijken in Fife, die per fase werden aangesloten. [24]	13
Figuur 8: Schematisch overzicht van de waterstofinstallatie in Fife. [27]	13
Figuur 9: Schematische voorstelling van het verwarmingsproces in de nieuwe Weststadt. [28]	14

2 Introductie

Het Smart dHYstrict project is een initiatief dat gericht is op de integratie van waterstof als energiebron in stedelijke gebieden en kleine industrie. Het project onderzoekt grondig hoe waterstof kan dienen als een flexibele en duurzame oplossing voor zowel residentiële als commerciële energiebehoeften. Door de toepassing van slimme netwerken en geavanceerde opslagtechnologieën, streeft Smart dHYstrict naar een efficiënte energievoorziening die een cruciale rol kan spelen in de energietransitie van Nederland en België.

De hoofddoelen van Smart dHYstrict zijn:

- Verduurzaming van stedelijke energievoorziening: Het project richt zich op het verminderen van de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen door de implementatie van waterstoftechnologieën die gebruik maken van hernieuwbare energiebronnen.
- Verbetering van energieflexibiliteit: Door waterstof te integreren in slimme netwerksystemen, kan energie efficiënter worden opgeslagen en gedistribueerd, afhankelijk van de vraag en aanbod.
- Innovatieve technologieën: Het project ontwikkelt en test nieuwe technologieën zoals geavanceerde elektrolyse en brandstofcellen om de productie en het gebruik van waterstof te optimaliseren.

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van voorafgaande projecten waarbij waterstof gebruikt werd in de gebouwde omgeving. Deze projecten zijn vaak demonstratieprojecten waarbij gedurende enkele weken tot verschillende jaren waterstof wordt of werd gebruikt om de gebouwen te verwarmen en/of van warm water te voorzien. Hierbij wordt dan de huidige cv-ketel op aardgas vervangen door een cv-ketel op waterstof (soms spreekt men ook wel van hybride cv-ketel waarbij waterstof wordt gemengd met aardgas, zie ook [Figuur 1](#)). Andere mogelijkheden zijn het gebruik van een brandstofcel waarbij waterstof wordt omgezet in elektriciteit.

In de eerste plaats zal waterstof telkens extern geproduceerd worden en geleverd worden tot aan de projecten door middel van tubetrailers. In latere fases kijk men dan naar eigen productie van waterstof door middel van een elektrolyser, die wordt aangedreven met groene energie of gecentraliseerde productie van waterstof die beleverd wordt via een pijpleiding netwerk voor waterstof.



Figuur 1: Een waterstof cv-ketel (links) en een gewone cv-ketel (rechts). [1]

Uit de conclusies van deze projecten kan het Smart dHYstrict consortium lessen trekken en zich beter voorbereiden op het eigen project. Veel van deze projecten beschrijven de gemaakte fouten en zaken waar in het vervolg op gelet moet worden. Deze informatie kan zeer nuttig zijn zodat het consortium niet dezelfde fouten maakt.

3 Samenvatting

In dit rapport werd een overzicht gemaakt van enkele noemenswaardige projecten waarbij waterstof gebruikt werd als energiebron in de gebouwde omgeving. Twee eilanden uit de Wadeneilanden groep, Ameland en Borkum, namen deel aan het H2Watt project, dat streefde naar onafhankelijkheid van aardgas door waterstofproductie met zonne-, wind- en getijdenenergie. Onder hetzelfde proefproject van Power2Gas werd er in Rozenburg een gelijkaardig project gedaan als in Ameland, waarbij waterstof werd gebruikt om aardgas in het bestaande gasnet te vervangen.

In Nederland vonden verschillende projecten onder de naam “waterstofwijk” plaats. Het waterstofwijk project in Lochem startte eind 2022 en sloot 12 monumentale woningen aan op een waterstofdistributienet, waarbij gebruik werd gemaakt van het bestaande aardgasnetwerk. De waterstofwijk in Wagenborgen ging van start in juni 2023 en sloot 33 huizen uit de jaren '70 aan op een waterstofdistributienet, waarbij waterstof via tubetrailers werd geleverd. In de gemeente Hoogeveen werden vanaf 2024 een 100-tal bestaande woningen in de wijk Erflanden overgeschakeld op waterstof door gebruik te maken van het bestaande aardgasnetwerk. Stad aan 't Haringvliet omvat zowel nieuwbouwwoningen als appartementen, met een totaal van 637 huizen en appartementen, waarbij de volledige gemeente zal overschakelen op waterstof. Voordat Stad aan't Haringvliet deelnam aan de waterstofwijk, stond er hier al het eerste waterstofhuis in 2019, een eengezinswoning die volledig onafhankelijk is van het elektriciteitsnet. Tot slot werd ook The Green Village, een “openlucht-laboratorium”, gebouwd op de campus van de TU Delft, waar eind 2021 een huis werd verwarmd door middel van waterstof.

Ook in het Verenigd Koninkrijk werd er al geëxperimenteerd met waterstof in de gebouwde omgeving. Het H21 project in Leeds is een studieproject uit 2016 waarbij men de technische en economische haalbaarheid van een waterstofnetwerk in de gebouwde omgeving wilde onderzoeken. Een tweede project dat in het Verenigd Koninkrijk plaatsvindt is het H100 project, waarbij men 300 huizen in de streek Fife in Schotland gaat verwarmen met 100% groene waterstof.

In Duitsland zijn ook verschillende projecten aan de gang waarbij het project Neue Weststadt in Esslingen werd opgenomen in deze lijst. Daar werd een nieuw district gebouwd waarbij in de eerste plaats zonnepanelen de energievraag moeten voldoen en waterstof als energieopslag gebruikt wordt en met CHP-systemen gebruikt zal worden om warmte en elektriciteit te genereren.

Deze projecten tonen aan dat waterstof een haalbare en duurzame energiebron is voor zowel residentiële als commerciële toepassingen. Ze bieden waardevolle inzichten en lessen voor toekomstige initiatieven en benadrukken de potentie van waterstof als een cruciale component in de energietransitie.

4 Bestaande projecten

In dit deel worden verschillende projecten waarbij waterstof werd gebruikt in de gebouwde omgeving besproken. Er zullen telkens enkele vaste parameters benoemd en besproken worden waaronder de gebruikte technologie, het aantal en type huizen, de gebruikte productie en distributie methodes van waterstof en de conclusies. In Appendix 6 worden overzichtstabellen gegeven.

Voor deze studie werd vertrokken van de Bathybuild studie die WaterstofNet, samen met de onderzoeksgroep COK-KAT van de KU Leuven en Fluvius, uitvoerde. [2] Verder is ook de kaart van de European Heating Industry (EHI) gebruikt geweest. Op deze kaart zijn verschillende projecten getoond waarbij waterstof gebruikt worden in de gebouwde omgeving. [3]

Per project zullen er ook telkens bronnen gegeven worden naar rapportages waarbij elke bevinding en leerpunt besproken wordt. In dit rapport zullen de punten eerder samengevat worden, maar het is dus zeker aan te raden ook de volledige rapporten te lezen.

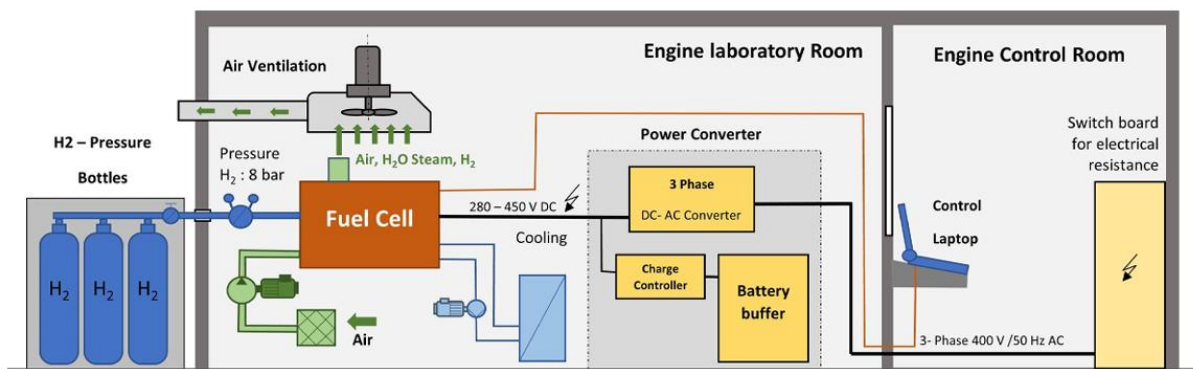
4.1 Ameland & Borkum

Twee eilanden uit de Wadeneilanden groep namen samen deel aan het H2Watt project waarbij men als doel heeft om de eilanden onafhankelijk te maken van aardgas en hun eigen energie kunnen voorzien.

In de periode 2007 tot 2011 werd er al een proefproject (Power2Gas) gehouden waarbij waterstof lokaal geproduceerd werd met behulp van zonne- en windenergie, maar ook door de energie van de getijden. [4] In 2008 testten GasTerra, Stedin en Eneco al of waterstof bijmengen bij aardgas mogelijk was. Zij kwamen toen tot de conclusie dat bijmengen tot 20% geen enkel probleem was. [5]

Vanaf 7 december 2022 stond er dan onder H2Watt gedurende zes weken een brandstofcel, die waterstof omzette in elektriciteit. De zonne- en windenergie wordt gedurende de dag omgezet in waterstof wanneer er een overschot aan energie is en 's avonds kan de waterstof door deze brandstofcel terug worden omgezet in elektriciteit. [6]

Uit het project bleek dat de kennis en expertise rond brandstofcellen nog sterk moest worden uitgebreid. Ook dient er meer onderzoek gedaan te worden rond de verschillende belasting van de brandstofcel (op sommige momenten is er een grote vraag aan elektriciteit waardoor de brandstofcel harder moet werken en dit moet meer worden onderzocht). Aangezien de brandstofcel in de eerste plaats voor maritieme toepassingen, werd er naar typische belasting gekeken in deze context, wat niet altijd overeenkomt met de belasting van het energieverbruik van gezinswoningen. In [Figuur 2](#) is de opstelling te zien van de brandstofcel in het laboratorium. [7]



Figuur 2: Opstelling van de brandstofcel in het laboratorium [7]

4.2 Rozenburg

Onder hetzelfde proefproject van Power2Gas werd er in Rozenburg een gelijkaardig project gedaan als in Ameland. In Rozenburg wordt waterstof gebruikt om aardgas in het bestaande gasnet te vervangen. Het project richt zich op zowel residentieel als industrieel gebruik, met speciale aandacht voor een mengsel van waterstof en aardgas. In de eerste fase van het project tussen 2013 en 2018 werd de nadruk gelegd op het produceren van syngas door dus waterstof met aardgas te mengen. Dit syngas werd dan gebruikt om een appartementencomplex te verwarmen. In de tweede fase van het project tussen 2018 en 2023 werd er gebruik gemaakt van 100% waterstofgas in een H₂ cv-ketel. Waterstof werd lokaal geproduceerd door middel van groene stroom. [8]

Dit project biedt inzicht in de mogelijkheden en uitdagingen van het integreren van waterstof in bestaande infrastructuren.

4.3 Waterstofwijk Lochem

Het waterstofwijk project in Lochem startte eind 2022. Het is het eerste van de 4 waterstofwijken van het Programma Aardgasvrije Wijken (PAW), die in verschillende wijken in Nederland woningen wil voorzien van waterstof als bron voor warmte binnenin de woningen om uiteindelijk ervaringen op te doen en te tonen dat waterstof een alternatief kan zijn voor aardgas. [9]

Men heeft hier 12¹ monumentale woningen aangesloten aan een waterstofdistributienet waarbij men gebruik maakte van het bestaande aardgasnetwerk om de waterstof binnen de wijk te verdelen. In deze woningen werd telkens een nieuwe hybride waterstof cv-ketel geplaatst om de huizen te verwarmen en te voorzien van warm water.

Het project zou zo'n 3 tot 5 jaar duren waarbij men gedurende het project waterstof zal leveren via tubetrailers zodat men sneller van start kan gaan dan eigen productie te voorzien. Eigen productie zal hier waarschijnlijk niet gebeuren. [9] [10] [11] Helaas werd er na de eerste drie jaren beslist niet verder te gaan met het project aangezien er geen subsidies meer beschikbaar waren voor dit project.

¹ Men is gestart met 12, maar in maart 2023 schakelde een van de deelnemers terug over naar aardgas. Eind 2023 nam een nieuw deelnemer deel. [12]

Zoals eerder al vermeld, zijn de waterstofwijken pilootprojecten waarbij men in eerste instantie op kleinere schaal wil leren hoe men waterstof efficiënt kan gebruiken als energiebron voor warmte in woningen. Uit het project in Lochem heeft men tot nu toe kunnen leren dat het vaststellen van minimale technische specificaties en key performance indicators (KPI's) voor woningen in de demo-omgeving van cruciaal belang was voor een snelle en succesvolle omschakeling van aardgas naar waterstof. Het project toonde ook al aan dat een dubbelnet systeem, waarbij zowel een aardgas- als een waterstofleiding aanwezig zijn, niet wenselijk is voor grootschalige omschakelingen vanwege de kosten. Ten slotte bleek ook dat er een gebrek was aan technisch personeel dat voldoende opgeleid was. Hiervoor bouwde Alliander samen met Kiwa het waterstofhuis in Apeldoorn. Dit waterstofhuis is eigenlijk een groot tuinhuis, wat ervoor zorgt dat de opleidingslocatie er veel realistischer uit ziet dan wanneer je een opleiding geeft in een container of laboratorium omgeving. [10] [12] WaterstofNet is zelf ook een kijkje gaan nemen. Ondanks dat wij niet de volledige opleiding volgde, werd het ons al snel duidelijk dat er aan waterstof in een cv-ketel niet veel nieuws is in vergelijking met een normaal cv-ketel voor aardgas. Pijpleidingen in en rondom het huis voor aardgas kunnen gewoon gebruikt worden voor waterstof. Het belangrijkste nieuwigheidje is het toevoegen van THT zodat waterstof ruikbaar wordt in geval van een gaslek, wat bij aardgas niet nodig is.



Figuur 3: Het waterstof huis van Kiwa en Alliander. Dit waterstofhuis wordt gebruikt als opleidingscentrum voor installateurs, maar ook als “experiencecenter”. [13]

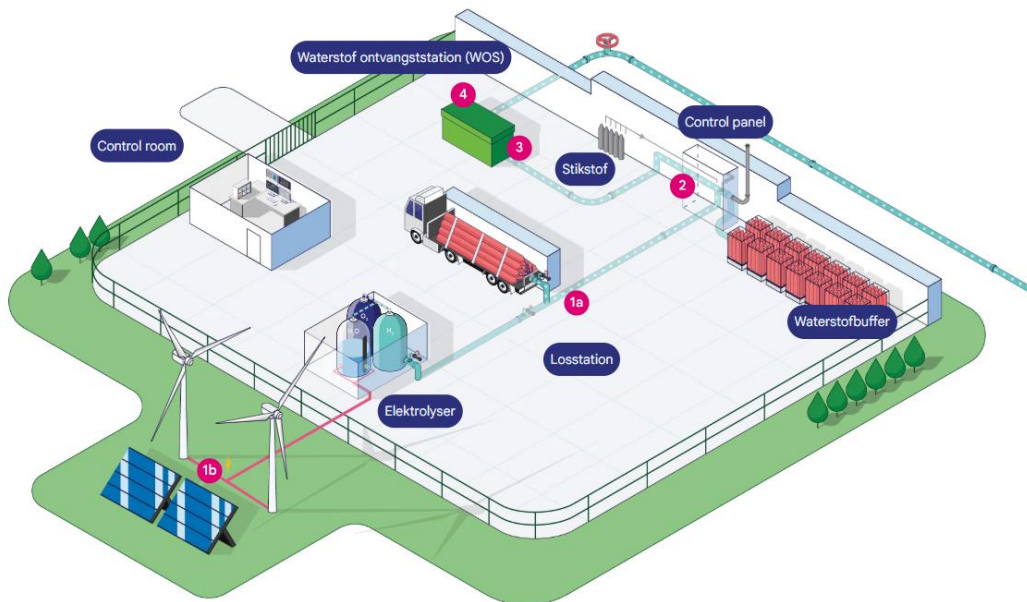
4.4 Waterstofwijk Wagenborgen

De waterstofwijk in Wagenborgen ging van start in juni 2023 en is de tweede waterstofwijk van het PAW, waarbij de looptijd 10 jaar zal zijn. Net als de wijk in Lochem, dient deze wijk om ervaringen op te doen rond waterstof om later een groter aantal huizen te kunnen omschakelen. [9]

In Wagenborgen werden 33 huizen uit de jaren '70 aangesloten op waterstofdistributienet. Ook hier vertrok men van het bestaande aardgasnet dat men gebruikt voor waterstof. Voor de huizen die toch nog via aardgas van energie voorzien wilde blijven, legde men een nieuw aardgasnetwerk aan. Waterstof wordt via tubetrailers geleverd, maar in tegenstelling tot Lochem is het in Wagenborgen wel de bedoeling dat er in een tweede fase plaatselijk waterstof gemaakt zal worden door middel van elektrolyse en groene elektriciteit. De huidige waterstof zal naar alle waarschijnlijkheid een mix zijn van groen, blauwe en grijze waterstof. Essent belooft echter groene waterstof te leveren. [14] [15]

In het invoedstation is zowel een buffer gemaakt voor de opslag van overschot aan waterstof dat door middel van elektrolyse te veel werd gemaakt, als een aansluiting voor tubetrailers indien er onvoldoende waterstof wordt geproduceerd (weergegeven in [Figuur 4](#)). Net als bij de wijk in Lochem kwam hier snel boven dat er een gebrek is aan technische kennis. [15] [16]

Uit de bewonersenquête blijkt dat het water trager opwarmt dan voorheen (toen aardgas gebruikt werd), maar dat er verder zelden klachten zijn over het project. De steekproef was echter klein (8/33). [16]



Figuur 4: Inrichting van het waterstofplein of invoedstation in Wagenborg. [15]

4.5 Waterstofwijk Hoogeveen

De Waterstofwijk in Hoogeveen is het derde waterstofwijk project van het PAW. In de gemeente Hoogeveen werden in 2024 een 100-tal bestaande woningen in de wijk Erflanden overgeschakeld op waterstof door opnieuw gebruik te maken van het bestaande aardgasnetwerk. Dit netwerk kan tegelijk gebruikt worden voor aardgas en waterstof waardoor er dus geen nieuw netwerk gebouwd moet worden. In de nabije toekomst zullen nog een 100-tal nieuwe woningen in de wijk Nijstad-Oost overschakelen op waterstof. Hier ligt geen aardgasnetwerk, waardoor een nieuw netwerk gelegd zal worden, dat dan enkel gebruikt zal worden voor waterstof te verdelen. Er zal opnieuw een waterstof cv-ketel geïnstalleerd worden waardoor de huizen verwarmd kunnen worden met waterstof. [9]

In de eerste fase van het project wordt de waterstof opnieuw geleverd via tubetrailers naar een invoedstation waarna de waterstof verdeeld wordt via pijpleidingen. In de tweede fase zal waterstof lokaal geproduceerd worden door middel van een elektrolyser aangedreven door wind- en zonne-energie. Deze wijk heeft ook nog een derde fase waarbij de wijken aangesloten worden op het waterstofpijpleiding netwerk dat Gasunie zal bouwen in heel Nederland. [9] [17]

4.6 Waterstofwijk Stad aan 't Haringvliet

De laatste waterstofpilot is deze in Stad aan 't Haringvliet. Dit project omvat zowel nieuwbouwwoningen als appartementen, met een totaal van 637 huizen en appartementen. Hier zal de volledige gemeente overschakelen op waterstof (of dit is toch de bedoeling, wat niet alle inwoners hebben hun akkoord hiervoor gegeven). Het project startte eind 2024 en zal ook zo'n 15 jaar duren. [9]

In Stad aan't Haringvliet zal waterstof geproduceerd worden door middel van groene stroom en elektrolyse waarna het gas verspreid zal worden door middel van de bestaande pijpleidingen die momenteel voor aardgas gebruikt worden. [9]

Om de bewoners te overtuigen van de overstap, werden er verschillende beloftes gemaakt waaraan altijd voldaan moest worden. Ten eerste moest het technisch mogelijk zijn en altijd werken. Verder moest waterstof veilig en betaalbaar zijn, altijd beschikbaar zijn, groen zijn en voldoende draagvlak hebben. Daarnaast moest het toegestaan zijn van de overheid zodat men niet moest terug veranderen. Ten slotte moest het concept vertaalbaar zijn zodat alle inwoners begrijpen wat er verandert. Momenteel zijn aan 5 van de 8 belofte al voldaan. Enkel de zekerheid voor beschikbaarheid en betaalbaarheid en de toestemming van de overheid is er nog niet voor de volle 100%.

Dit geeft opnieuw aan dat veel bewoners wel bereid zijn om over te stappen, maar dat de onzekerheid hieromtrent mensen doet twijfelen. [18]

4.6.1 Waterstofhuis Goeree-Overflakkee

Voordat Stad aan't Haringvliet deelnam aan de waterstofwijk, stond er hier al het eerste waterstofhuis in 2019 ("Innovathuis" genoemd). Dit is een eengezinswoning die volledig onafhankelijk is van het elektriciteitsnet en dus volledig zelfvoorzienend is. Het huis wekt met zonnepanelen groene stroom op en zet deze om in groene waterstof, die ter plaatse kan worden opgeslagen. Met deze waterstof wordt dan weer elektriciteit of warmte geproduceerd door de Solenco Powerbox. De waterstof zelf wordt opgeslagen in cilindervormige tanks die in de tuin geplaatst werden. In 2019 was de druk in de tanks nog slechts 15 bar, maar de tanks zelf zijn gekeurd tot 300 bar. Een doorsnede van het huis is weergegeven in [Figuur 5](#). [19]



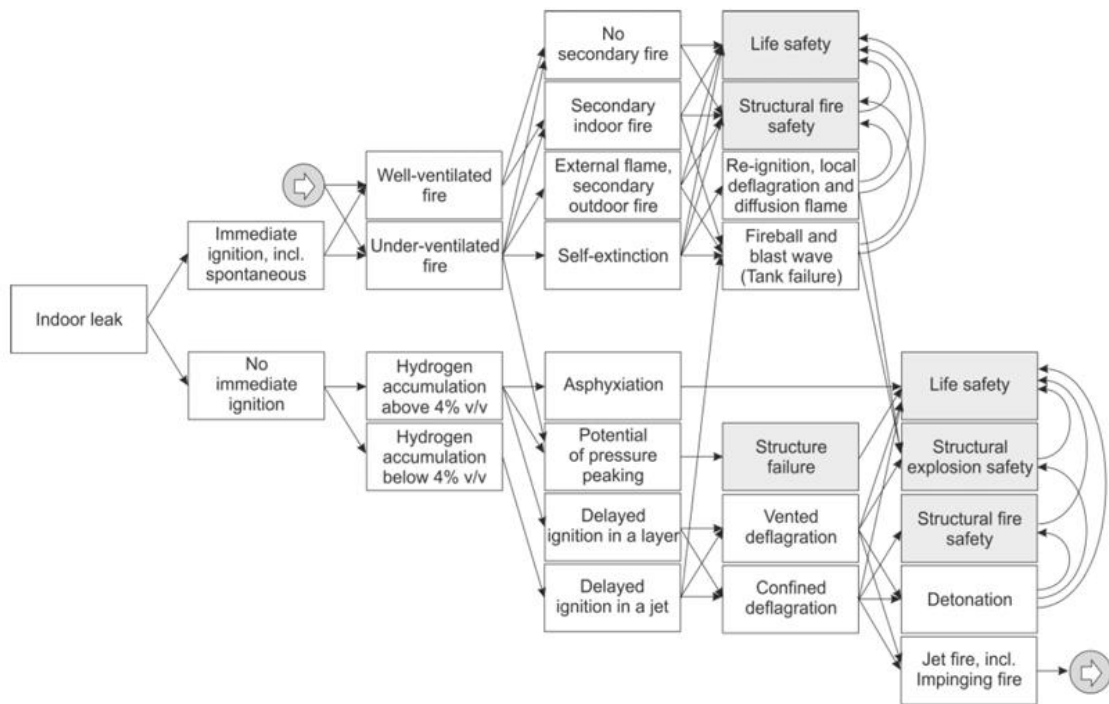
Figuur 5: Doorsnede van het waterstofhuis in Goeree-Overflakkee [20]

4.7 H2@Home in The Green Village

The Green Village is een “openlucht-laboratorium” gebouwd op de campus van de TU Delft met de bedoeling te leren uit toepassingen ontwikkeld voor een groene wijk. Onder de naam H2@Home werd eind 2021 een huis verwarmd door middel van waterstof in plaats van aardgas of elektriciteit. Er werd opnieuw gebruik gemaakt van een waterstof cv-ketel [21]

In tegenstelling tot de waterstofwijken waar men wilde onderzoeken of het praktisch mogelijk was om meerdere huizen aan te sluiten, wilde men hier onderzoeken wat er binnenin het huis allemaal gebeurde. Eind 2021 ging het project in werking tot half 2022. Tijdens het project waren er enkel kleine technische moeilijkheden, die telkens snel opgelost waren. Wat men wel aanhaalde als een grote moeilijkheid, was het verkrijgen van de juiste vergunning. Als belangrijkste les haalde men aan dat het belangrijk was te bewijzen dat waterstof wel degelijk gebruikt kan worden als energiebron voor het verwarmen van huizen. [22]

In het kader van dit project werd ook een risicoanalyse gemaakt in de vorm van een flowchart, weergegeven in [Figuur 6](#). Deze vertrekt van de situatie waarbij een gaslek gedetecteerd wordt door de waterstofdetectoren en wat te doen in welke situatie.



Figuur 6: Flowchart van de risicoanalyse uitgevoerd voor het H2@Home project. [22]

4.8 H21 Leeds

Het H21 project in Leeds is een studieproject uit 2016 waarbij men de technische en economische haalbaarheid van een waterstofnetwerk in de gebouwde omgeving wilde onderzoeken. Een van de belangrijkste resultaten uit het project was het feit dat het gasnet de juiste capaciteit had om een omschakeling van aardgas naar waterstof te doen. Ook kon deze omschakeling stap voor stap gebeuren zonder de huidige toevoer van aardgas af te moeten sluiten (buiten het moment van overstap natuurlijk). De aanpassingen aan de infrastructuur en technologieën zijn ook beperkt.

In de studie werd onder andere uitgebreid onderzocht hoe de huidige vraag aan energie in de vorm van aardgas, kon gewaarborgd worden door de productie van grijze (of blauwe) waterstof in SMR-eenheden. Ook de opslag werd mee in rekening genomen aangezien in de omgeving van Leeds, waterstof kan worden opgeslagen in zoutmijnen voor piekmomenten wanneer de vraag zeer groot is.

Er werd in de studie ook onderzocht of het huidige gasnetwerk kon gebruikt worden en voldoende capaciteit had. Ten slotte onderzochten ze ook vanaf wanneer het mogelijk zou zijn om wijken in het Verenigd Koninkrijk te laten overschakelen op waterstof. Zij schatte in dat dit van 2025 het geval zou zijn wat ook bevestigd wordt door het volgende project in deze lijst. [23]

4.9 H100 Fife

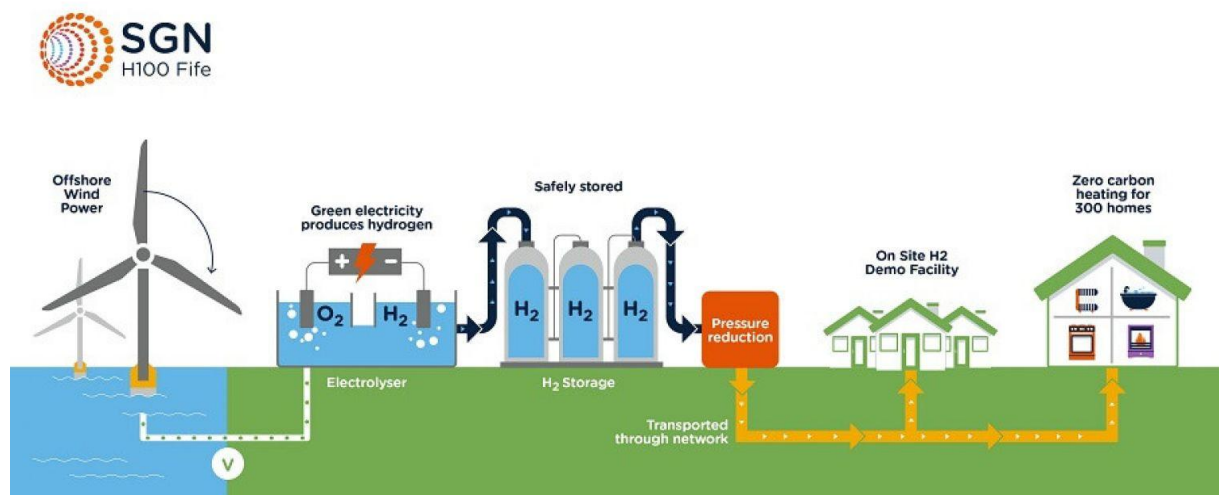
Een tweede project dat in het Verenigd Koninkrijk plaatsvindt is het H100 project, waarbij men 300 huizen in de streek Fife (meer bepaald het gebied Levenmouth) in Schotland gaat verwarmen met 100% groene waterstof. Het project startte in mei 2023 en bestaat uit 5 fases

waarbij in elke fase een nieuw deel van de wijk werd toegevoegd aan het netwerk (zie [Figuur 7](#)). In totaal zou het project 2 jaar duren. [24] [25]

Voor het project werd een nieuw distributienetwerk gebouwd van 8.2km lang. Dit zal later gekoppeld worden aan een electrolyser die lokaal met offshore windenergie waterstof zal produceren. In de eerste fases van het project zal de waterstof met tubetrailers geleverd worden waar men opnieuw een invoedstation heeft voorzien. Men verwacht dat in de zomer van 2025 de eerste huizen kunnen worden bevoorrad met waterstof. [26]



[Figuur 7](#) Onderverdeling van de verschillende delen van de wijken in Fife, die per fase werden aangesloten. [24]



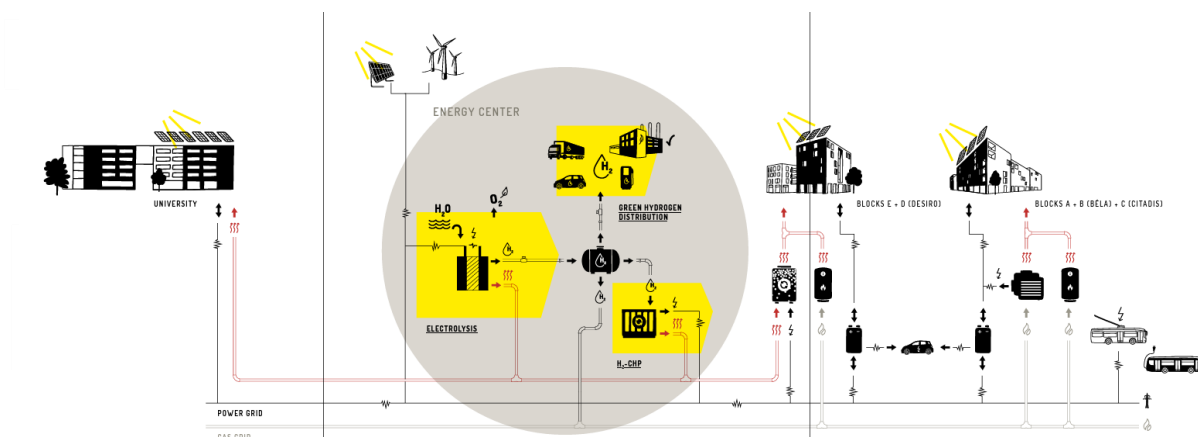
[Figuur 8](#): Schematisch overzicht van de waterstofinstallatie in Fife. [27]

4.10 Neue Weststadt Esslingen

In de stad Esslingen am Neckar in Duitsland werd een nieuw onderzoek district gebouwd waarbij in totaal 450 appartementen, kantoren en publieke ruimtes verwarmd zullen worden met waterstof. Het project begon in 2015 al met een haalbaarheidsstudie en opende in 2021 het eerste deel van het district. [28] In de loop van 2025 tot 2027 zullen de laatste delen van de nieuwe Weststadt gebouwd worden. [29]

In de stad zal lokaal groene waterstof gemaakt worden met zonne-energie. In het nieuwe district werden grote hoeveelheden zonnepanelen aangelegd, maar men heeft er ook toegang tot elektriciteitsnet wanneer er een tekort zou zijn. Daarnaast werd ook een pijpleiding netwerk aangelegd voor de distributie van waterstof. Ook de restwarmte van de electrolyser zal gebruikt kunnen worden om de nabijgelegen gebouwen te verwarmen.

In het project zal men waterstof in de eerste plaats opslaan, maar ook in een pijpleiding netwerk steken. Deze waterstof kan dan voor verschillende toepassingen gebruikt worden waaronder in een CHP-systeem (Combined heat & power of een WKK). Hiermee kan dan zowel warmte als elektriciteit geproduceerd worden. Waterstof wordt hier telkens gezien als back-up wanneer zonnepanelen onvoldoende energie produceren. [28]



Figuur 9: Schematische voorstelling van het verwarmingsproces in de nieuwe Weststadt. [28]

5 Conclusies & aanbevelingen

Over de verschillende projecten heen komen vaak dezelfde punten terug. In elke (eind)verslag wordt benadrukt dat er met dit project werd aangetoond dat het perfect mogelijk is om waterstof te gebruiken als bron van energie. In de meeste projecten wordt waterstof gebruikt als vervanging voor aardgas. De aanpassingen aan de cv-ketel en het bestaande distributienet zijn vaak beperkt, hoewel er voor de leidingen vaak gekozen werd nieuwe aan te leggen omdat de oude ofwel aan vervanging toe waren ofwel zodat de leidingen nog gebruikt konden worden om aardgas te leveren aan niet deelnemende woningen. Met de projecten kon men ook aantonen dat het verschil tussen het gebruik van aardgas en waterstof beperkt is, maar dat er ook wel een gebrek aan goed opgeleid technisch personeel was.

Een ander punt dat vaak terugkomt is de enorme complexiteit rond het verkrijgen van de juiste vergunningen. Vaak is dit gerelateerd aan het ontbreken van de juiste wetgeving. Aangezien de eigenschappen van waterstof deels verschillen van aardgas, kan men deze niet zomaar overnemen. Regelmatig werd aangegeven dat een project vertraging oploopt enkel en alleen doordat het verkrijgen van de vergunning soms maanden in beslag kon nemen. Er wordt dan ook gehamerd om het feit dat hier duidelijke wetgeving voor moet komen, maar dat deze er nog niet is op Europees niveau.

Uit de evaluaties blijkt dat waterstofprojecten minstens zo veilig zijn als aardgas. Dit is een belangrijke bevinding, aangezien veiligheid een cruciale factor is bij de acceptatie van nieuwe energiebronnen door het publiek. Bij werken aan de waterstofleidingen dient telkens gespoeld te worden met stikstof om te voorkomen dat waterstof zal binden met zuurstof. [16]

Wat het publiek ook belangrijk vindt, zijn de kosten voor de overstap. Dit werd ook in enkele projecten onderzocht en bleek dat voor de overstap zelf voor de kosten voor de gebruikers niet groot waren, maar dat waterstof gebruiken wel duurder was dan aardgas. Dit heeft bijvoorbeeld in de waterstofwijk van Lochem ervoor gezorgd dat het project stopte nadat de subsidies er stopte. Ook hier is het dus belangrijk dat waterstof aan een betaalbare prijs verbruikt kan worden. Deze hogere prijzen zijn ook te danken aan de lagere productiecapaciteit en lagere beschikbaarheid van waterstof waardoor leveringszekerheid een nieuwe moeilijkheid wordt. Net dat is in de gaswet vastgesteld dat elke gasleverancier leveringszekerheid van zijn gas moet kunnen bieden. In de proefopstelling ging het vaak over een kleinere hoeveelheid huizen of appartementen waardoor dit gegarandeerd kon worden, maar in de waterstofwijken van Hoogeveen en Stad aan't Haringvliet zal dit mogelijks voor extra uitdagingen zorgen.

Over het algemeen is het sterk aangeraden de juiste vergunningen ruim op voorhand aan te vragen aangezien dit nog niet geregulariseerd is en dus veel tijd in beslag neemt. Daarnaast is het belangrijk om bewoners, zowel zij die deelnemen als omwonende, goed op voorhand te informeren. Velen staan hiervoor open, maar zijn niet of slecht geïnformeerd over de gevaren of net de veiligheid van het gebruik van waterstof. De waterstofwijken hebben aangetoond dat goed geïnformeerde bewoners een project een stuk vlotter laten verlopen.

6 Appendix

6.1 Overzichtstabellen projecten

Naam lijst	Ameland (NL)	Rozenburg (NL)	Waterstofwijk Lochem (NL)
(Start) jaar	2007, 2022	2013	2022
Project name	Power to Gas, H2Watt	Power to Gas	Waterstofwijk Lochem
Type project	POC	POC	POC
Type gebouw	Gezinswoning	Appartement	Monumentale woningen
Locatie	Ameland	Rozenburg	Lochem
Duur	4 jaar, 6 weken	10 jaar	3-5 jaar
# huizen	50	/	12
Technologie	brandstofcell, die ook als electrolyser kan gebruikt worden	fase 1: Waterstof mengen met CO2 voor methaanvorming; fase 2: waterstof CV ketel	waterstof cv ketel
Kleur H2	groen	groen	Grijs
Productie	lokaal; wind, zon en getijden	lokaal; wind en zon	/
Distributie	/	/	via tubetrailers

Tabel 1: Overzicht projecten deel 1

Naam lijst	Waterstofwijk Wagenborgen (NL)	Waterstofwijk Hoogeveen (NL)	Stad aan 't Haringvliet (NL)
(Start) jaar	2023	2024	2024
Project name	Waterstofwijk Wagenborgen	Waterstofwijk Hoogeveen	Waterstofwijk Stad aan't Haringvliet
Type project	Permanent	POC	Permanent
Type gebouw	huurwoningen uit jaren 70	Gezinswoning (nieuwbouw en bestaande)	nieuwbouw; appartementen en gezinswoningen
Locatie	Wagenborgen	Nijstad-Oost; Erflanden	Stad aan't Haaringvliet
Duur	10 jaar	15 jaar	15 jaar
# huizen	33	± 100	637
Technologie	hybride warmtepomp + waterstof cv ketel	waterstof cv ketel	waterstof cv ketel
Kleur H2	Fase 1 Mix, fase 2 groen	groen	groen
Productie	fase 2 electrolyse	fase 1 extern; fase 2 lokaal zon	lokaal; zon
Distributie	Fase 1, via tubetrailers, fase 2 plaatselijke elektrolyse	fase 1 via tubetrailers, fase 2 plaatselijke elektrolyse, fase 3 backbone	Lokaal netwerk

Tabel 2: Overzicht projecten deel 2

Naam lijst	Green Village	Leeds	Fife (VK)
(Start) jaar	2021	2016	2023
Project name	H2@Home	H21	H100
Type project	POC	Studie	Permanent
Type gebouw	jaren 70 woning	/	Gezinswoningen
Locatie	Delft	Leeds	Fife
Duur	6 maanden	/	2 jaar
# huizen	1	/	300
Technologie	waterstof cv ketel	/	waterstof cv ketel
Kleur H2	groen	blauw	groen
Productie	/	SMR	fase 1 extern; fase 2 lokaal offshore wind
Distributie	/	/	fase 1 via tubetrailers, fase 2 via pijpleiding

Tabel 3: Overzicht projecten deel 3

Naam lijst	Esslingen (DE)
(Start) jaar	2021
Project name	Neue Weststadt
Type project	Permanent
Type gebouw	appartementen, kantoren en publieke ruimten
Locatie	Esslingen am Neckar
Duur	/
# huizen	450
Technologie	H2-CHP
Kleur H2	groen
Productie	Lokaal; zon
Distributie	Pijpleiding

Tabel 4: Overzicht projecten deel 4

7 Bibliografie

- [1] L. Brummelkamp, E. Huijzer en H. Rienks, „Leerresultaten waterstofproject Lochem Deel 1: Van de start tot de inbedrijfsstelling,” Alliander, Lochem, 2024.
- [2] J. Rongé en I. François, „Use of hydrogen in buildings,” WaterstofNet, België, 2021.
- [3] European Heating Industry, „HYDROGEN IN HEATING – INTERACTIVE MAP,” EHI, 2024. [Online]. Available: <https://ehi.eu/h2-building-projects/>. [Geopend 21 01 2025].
- [4] Stedin, „Waterstof in Rozenburg met Power2Gas,” Stedin, [Online]. Available: <https://www.stedin.net/over-stedin/duurzaamheid-en-innovaties/een-nieuw-energiesysteem/power2gas>. [Geopend 07 02 2025].
- [5] Gemeente Ameland, GasTerra, Stedin, Eneco, „Waterstof in aardgasnet,” Duurzaam Ameland, 2008. [Online]. Available: <https://www.duurzaamameland.nl/projects/waterstof-in-aardgasnet/>. [Geopend 06 02 2025].
- [6] Gemeente Ameland, „Test met brandstofcel op waterstofgas,” Duurzaam Ameland, 2022. [Online]. Available: <https://www.duurzaamameland.nl/projects/test-met-brandstofcel-op-waterstofgas/>. [Geopend 06 02 2025].
- [7] F. Meyer, „GEBRUIKSCONCEPT VAN EEN BRANDSTOFCEL,” University of Applied Sciences Hochschule Emden - Leer, EMDEN - LEER.
- [8] A. Vandermolen, „FACTSHEET POWER-2-GAS ROZENBURG 2018-2023,” 25 06 2019. [Online]. Available: <https://www.stedin.net/-/media/project/online/files/projecten/factsheet-power2gas.pdf>. [Geopend 10 02 2025].
- [9] H. Bouwmeester, „Pilotprojecten waterstof in de gebouwde omgeving,” Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Nederland, 2024.
- [10] Alliander, „Lochem gaat op waterstof,” Alliander, 06 2024. [Online]. Available: <https://www.alliander.com/nl/energietransitie/pilots-met-waterstof/lochem/>. [Geopend 17 01 2025].
- [11] F. Bruil en A. Van Sprang, „Rapportage Waterstofpilot Lochem 2022-2023,” Alliander, Lochem, 2023.
- [12] P. Verstegen, H. Rienks en A. Van Sprang, „Leerresultaten waterstofproject Lochem Deel 2: Eerste jaar van de beheerfase,” Alliander, Lochem, 2024.
- [13] Kiwa, „Waarom Kiwa en Alliander het Hydrogen Experience Center hebben opgezet,” Kiwa, [Online]. Available: <https://www.kiwa.com/nl/nl/themas/energietransitie/waterstofrevolutie/waterstofhuis/waarom-kiwa-en-alliander-het-hydrogen-experience-center-hebben-opgezet/>. [Geopend 25 03 2025].
- [14] „Waterstofwijk Wagenborgen,” Waterstofwijk Wagenborgen, [Online]. Available: <https://waterstofwijkwagenborgen.nl/>. [Geopend 22 01 2025].
- [15] S. bij de Leij, „Rapportage Pilot WaterstofWijk Wagenborgen 2023-2024,” Enexis Netbeheer, Wagenborgen, 2024.
- [16] R. Busscher en S. bij de Leij, „Return On Learning Pilot WaterstofWijk Wagenborgen Evaluatie van de initiatief- en startfase,” Enexis netbeheer, Groningen, 2024.
- [17] J. Hooghiem en H. Botter, Interviewees, *Planning landelijk waterstofnetwerk geactualiseerd*. [Interview]. 10 12 2024.
- [18] Stad Aardgasvrij, „Stand van zaken,” Stad Aardgasvrij, 10 2024. [Online]. Available: <https://stadaardgasvrij.nl/nieuws/stand-van-zaken/>. [Geopend 06 02 2025].

- [19] Alles over Waterstof, „Waterstofwoning ‘Innovathuis’ officieel geopend,” Alles over Waterstof, 12 09 2019. [Online]. Available: <https://allesoverwaterstof.nl/waterstofwoning-innovathuis-officieel-geopend/>. [Geopend 17 03 2025].
- [20] Waterstof Magazine, „Eerste waterstofwoning van Nederland geopend,” Waterstof Magazine, 11 09 2019. [Online]. Available: <https://www.waterstofmagazine.nl/internationaal-actueel/12-interviews/398-eerste-waterstofwoning-van-nederland-geopend>. [Geopend 21 03 2025].
- [21] J. Daal, „H2@Home: wonen in Europa’s eerste (Dream)huis op waterstof,” The Green Village, 20 01 2023. [Online]. Available: <https://www.thegreenvillage.org/h2home-wonen-in-europas-eerste-dreamhuis-op-waterstof/>. [Geopend 06 02 2025].
- [22] H2@Home, „H2@Home Openbaar eindrapport ontwerp, installatie en monitoring van een functionele waterstof-binnenhuisinstallatie met aansluiting op netwerk in een bewoond jaren 70-huis,” The Green Village, Delft, 2023.
- [23] D. Sadler, A. Cargill, M. Crowther, A. Rennie, J. Watt, S. Burton en M. Haines, „H21,” Leeds City Gate, Leeds, 206.
- [24] H100 Fife, „Levenmouth, H100 Fife hydrogen network,” SGN, 17 03 2023. [Online]. Available: <https://www.h100fife.co.uk/levenmouth-h100-fife-hydrogen-network/>. [Geopend 25 03 2025].
- [25] H100 Fife, „FAQs,” SGN, [Online]. Available: <https://www.h100fife.co.uk/faqs/>. [Geopend 25 03 2025].
- [26] H100 Fife, „H100 Fife: Construction update,” SGN, 18 04 2024. [Online]. Available: <https://www.h100fife.co.uk/h100-fife-construction-update-april/>. [Geopend 25 03 2025].
- [27] Fife Council, „New green project set to heat Fife homes,” Fife Council, [Online]. Available: <https://www.fife.gov.uk/kb/docs/articles/environment2/climate-change,-carbon-and-energy/h100-fife-hydrogen-heating-network>. [Geopend 25 03 2025].
- [28] K. Walther, „CLIMATE-NEUTRAL URBAN DISTRICT,” [Online]. Available: https://neue-weststadt.de/wp-content/uploads/2021/11/P2G2P_NW_Broschuere_A5_engl_211111.pdf. [Geopend 27 03 2025].
- [29] Stadt Esslingen am Neckar, „Neue Weststadt: Das klimaneutrale Stadtquartier,” Stadt Esslingen am Neckar, 2024. [Online]. Available: <https://www.esslingen.de/wohnen-und-bauen/stadtentwicklung/neue-weststadt>. [Geopend 27 03 2025].