university of groningen

Learning Community

De Oosterpoort CO_2 Neutraal

In dit onderzoek hebben we drie verschillende scenario's voor vergroening van het energiegebruik in de Oosterpoortwijk uitgewerkt. Met de drie verschillende scenario's proberen we meer duidelijkheid te bieden in de mogelijkheden en de eventuele voor- en nadelen voor de Oosterpoortwijk.

Jeroen Grasmeijer
Hedwig Rinsma
Vivian Veelenturf
Arjen Veenstra
Hester de Vries
Peter de Zee

Peter Perey
18 december 2019

Inhoudsopgave

	Pagina's
Introductie	4
Huidige Situatie	5 - 6
Scenario 1: Elektrificatie	6 - 17
Scenario 2: Warmtenet	18 - 21
Scenario 3: Gasnetwerk	21 - 23
Conclusie en Aanbevelingen	24 - 26
Bijlage	27
Bronvermelding	28 - 31

Introductie

Dit rapport is het resultaat van de Learning Community `Groningen Energy Neutral' van de faculteit 'Economie en Bedrijfskunde', Rijksuniversiteit Groningen.

De gemeente Groningen heeft als doel om in 2035 een CO_2-neutrale gemeente te zijn. In dit rapport wordt er gekeken naar de Oosterpoortwijk, een wijk in de gemeente Groningen. De wijk is actief bezig met verduurzaming en op zoek naar meer informatie over de verschillende opties om CO_2-neutraal te worden dan wel zelfvoorzienend te worden met betrekking tot haar energieverbruik. Er is voor gekozen om (in plaats van de hele gemeente) de Oosterpoortwijk te bestuderen, omdat er in de gemeente erg grote verschillen zijn. Het resultaat van de Oosterpoortwijk kan wel worden gebruikt voor andere wijken.

De centrale vraag van dit rapport:

> Op welke manieren kan de Oosterpoortwijk stappen zetten richting een CO_2-neutrale wijk?

Het rapport heeft een informerend doel. Er zijn verschillende duurzame opties onderzocht waarbij voor elke optie de voor- en nadelen zijn bekeken. Daarnaast is er gekeken hoe de opties kunnen worden toegepast in de Oosterpoortwijk.

De learning community bestond uit verschillende fases. Allereerst is er gekeken naar de huidige situatie van de wijk. Er is gekeken naar de demografische kenmerken, de opbouw van de wijk en de huidige status op het gebied van duurzaamheid. Na deze verkenning zijn doelen en deadlines opgesteld.

De focus van dit verslag ligt bij de huishoudens. Doordat het project zich op wijkniveau afspeelt, is het belangrijk de bewoners van de wijk te betrekken. Door te kijken naar de verduurzaming van particuliere huizen worden de bewoners van de wijk sneller bij het project betrokken. Daarnaast lijkt een focus op particulieren ook het best te passen bij de opdrachtgever, namelijk de bewonersgroep.

Op dit moment zijn (bijna) alle woningen aangesloten op een centraal gasnetwerk. Een woning die aangesloten is op het gasnetwerk gebruikt gas voor verschillende doeleinden. Ruim 75% procent van het gas wordt gebruikt voor het verwarmen van de woning, 20% voor warm water en 5% voor koken. De apparaten die gebruikt worden voor het verwarmen van water en voor koken zijn relatief makkelijk te vervangen; er bestaan elektrische boilers (warm water) en elektrische inductieplaten (koken). Het verwarmen van het huis is daarentegen wat lastiger. Daarom is er tijdens de learning community gekeken naar de verschillende opties om een huis CO_2-neutraal te verwarmen.

Verschillende opties zijn bekeken en met elkaar vergeleken, waarbij er uiteindelijk drie scenario's naar voren zijn gekomen:

1. Elektrificatie
2. Warmtenet
3. Aanpassing van het huidige netwerk

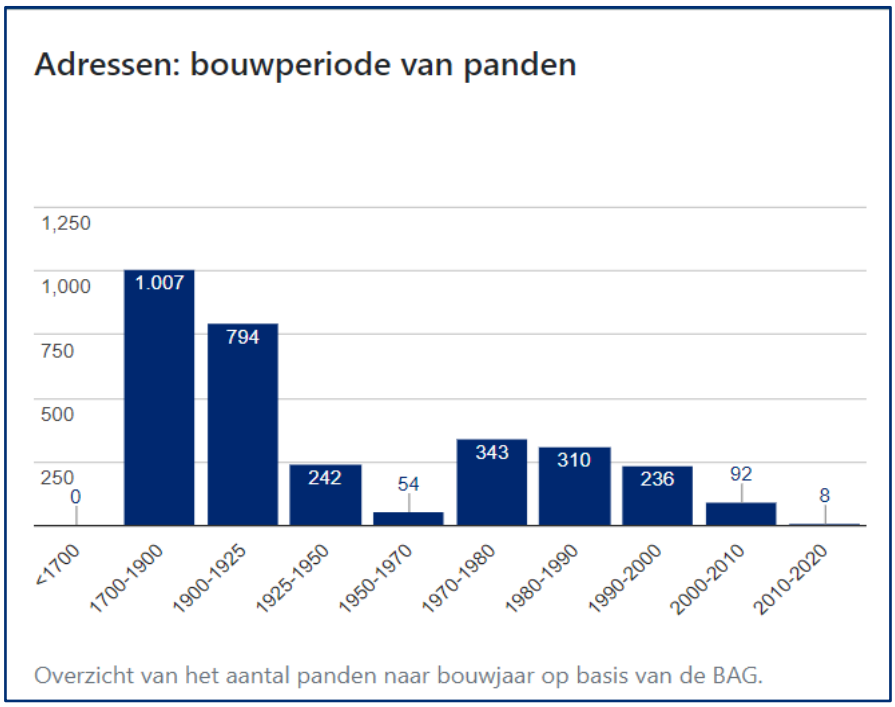
Deze drie scenario's zijn uitgewerkt, waarbij is gekeken naar de voordelen, de nadelen en de (eventuele) toepassing. Hier is uiteindelijk een informerende conclusie uit ontstaan.

Huidige situatie
De huidige situatie van de Oosterpoortwijk was het eerste wat is onderzocht. Voordat er kan worden gekeken naar eventuele oplossingen, is het belangrijk om te weten wat voor wijk de Oosterpoort wijk is. Voor het onderzoek zijn de volgende punten van belang:

Algemene kenmerken
De oosterpoortwijk heeft een totale oppervlakte van 42 hectare (40 hectare land en 2 hectare water). Per vierkante kilometer zijn er gemiddeld 2.976 adressen. Over heel Nederland bedraagt dit aantal 232. Het is dus een erg dichtbevolkt gebied. Er zijn 3740 huishoudens in de Oosterpoortwijk.

Demografische kenmerken
In vergelijking met andere wijken (in Nederland), heeft de Oosterpoortwijk relatief veel studenten/jongeren. 33% van de inwoners is dan ook tussen de 15 en 25 jaar oud. Daarnaast zijn er in de wijk veel huurwoningen t.o.v. koopwoningen. Ook kenmerkt de wijk zich door een groot aandeel eengezinswoningen en zijn er veel oude huizen met een bouwjaar van voor 1940 (zie figuur 1). Het gemiddelde inkomen is in deze wijk dan ook lager dan het landelijk gemiddelde. Dit heeft te maken met het feit dat er veel studenten wonen.

Figuur 1 Bouwperiode panden Oosterpoortwijk

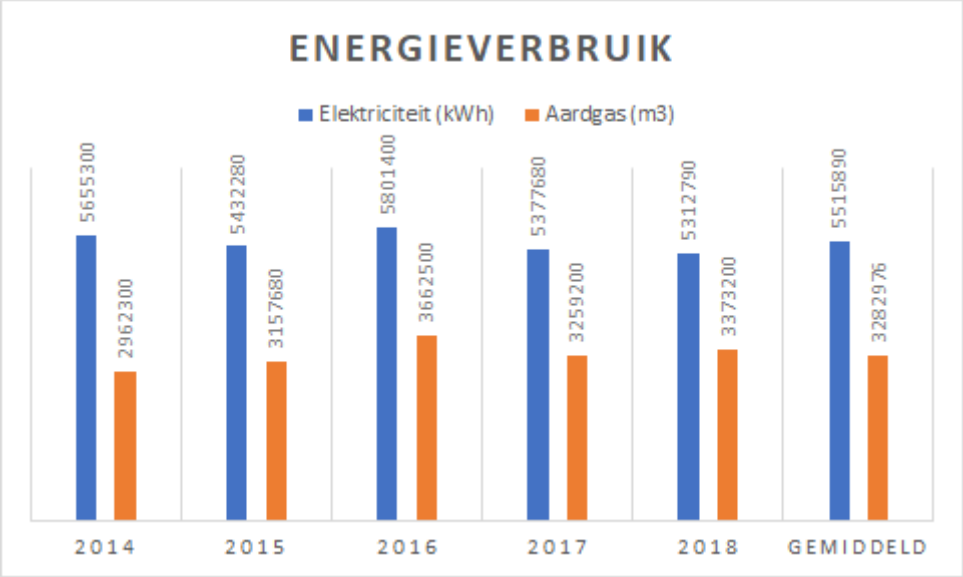


Energieverbruik
Tabel 1 en Figuur 2 geven het energieverbruik van de Oosterpoortwijk in de afgelopen jaren weer.

Tabel 1: Energieverbruik Oosterpoortwijk (2014-2018)

	2014	2015	2016	2017	2018	Gemiddeld
Elektriciteit (KwH per jaar)	5.655.300	5.432.280	5.801.400	5.377.680	5.312.790	5.515.890
Aardgas (m3 per jaar)	2.962.300	3.157.680	3.662.500	3.259.200	3.373.200	3.282.976

Figuur 2:



Brongegevens: CBS Statline

Maatregelen en acties met betrekking tot verduurzaming die al in de wijk zijn gedaan
Er is weinig bekend over de status van de wijk op het gebied van duurzaamheid. Veel data is verouderd. In de afgelopen jaren hebben er verscheidene acties m.b.t. duurzaamheid plaatsgevonden:

- Er zijn zonnepanelen geplaatst. In ieder geval 91 installaties met een vermogen van 206 KW, dit getal zou hoger kunnen zijn.
- Er is een duurzame pubquiz georganiseerd.
- Een aantal inwoners heeft zelf actie ondernomen, hier is weinig over bekend.

De wijkgroep (één van de betrokken partijen in dit onderzoek) is in het algemeen betrokken bij het verduurzamen van de wijk.
Voordat er verder naar verduurzaming van de wijk kan worden gekeken, is het belangrijk dat er duidelijk is wat de huidige situatie is. Een mogelijkheid zou zijn om dit via een enquête o.i.d. nader te onderzoeken.

1. Electrificatie

De eerste optie die wordt bekeken is elektrificatie. Door de apparaten die gas gebruiken te vervangen door elektrische apparaten kan de Oosterpoortwijk van het gasnetwerk worden afgesloten. Een belangrijk punt is hierbij wel dat de elektriciteit CO_2-neutraal wordt opgewekt, zie sectie 1.3.

Als genoemd, wordt op dit moment gas gebruikt voor het verwarmen van huizen. Een warmtepomp kan dit gas (deels) vervangen, door op een slimme manier warmte uit de omgeving te halen.

1.1 Warmtepompen

Middels het implementeren van een warmtepomp in een huis kan een huishouden (gedeeltelijk) elektrisch worden verwarmd. Enerzijds zal dit erin resulteren dat er bespaard kan worden op het verbruik van aardgas, anderzijds levert dit een stijging op in het verbruik van elektriciteit in de wijk. Zonder de nodige passende maatregelen zal dit dus slechts een verschuiving van het probleem opleveren van aardgas- naar elektriciteitsverbruik en zullen de voordelen ten aanzien van het milieu gering zijn. Vandaar dat wij in dit hoofdstuk niet alleen pogen te beschrijven of en hoe de warmtepomp geïmplementeerd kan worden binnen de wijk Oosterpoort, maar ook wat de effecten zijn op het elektriciteitsverbruik en wat de implicaties zullen zijn voor de wijk.

Werking van warmtepomp

Een warmtepomp werkt op dezelfde manier als een koelkast. Warmtepompen nemen warmte op bij een lage temperatuur en geven deze warmte op bij een hoge temperatuur. Voor dit principe is een verhoging en verlaging van druk nodig, dit kan worden gedaan met een (elektrische) compressor (drukverhoging) en/of drukventiel (drukverlaging).

1.1.1 Soorten warmtepompen

Er zijn verschillende soorten warmtepompen. De verschillen tussen deze warmtepompen zitten in de omgeving waar de warmtepomp zijn warmte vandaan haalt, wat er wordt verwarmd (lucht of water), de mate van `gas onafhankelijkheid' (volledig elektrisch of hybride), de gasbesparing, de investering, het elektriciteitsverbruik en de toepasbaarheid.

Tabel 2 geeft een overzicht van de eigenschappen van de meest voorkomende warmtepompen.

Tabel 2: Overzicht warmtepompen

	Ventilatie	Lucht - Water (hybride)	Lucht- Water (all-electric)	Bodem - Water	Water- Water
Bron	Buitenlucht	Buitenlucht	Buitenlucht	Grond	Grondwater
Verwarmd	Lucht	Water	Water	Water	Water
Gasbesparing	20%-40%	30%-50%	100%	100%	100%
Investering (€)	1.100-2.600	2.500-4.500	6.000-10.000	13.500-16.500	20.000 +
COP*	4.0-4.5	4.0-4.5	3.5-4.5	4.5-5.0	5.0-6.0

(Milieucentraal, 2018)

*De Coefficient of Performance (COP) geeft aan hoe efficiënt een warmtepomp werkt. Het geeft de verhouding weer tussen de energie die nodig is om warmte op te pompen uit een bron ten opzichte van de warmte die het systeem produceert. Bijvoorbeeld: als er 1 kW aan elektriciteit nodig is om 4,5 kW warmte te krijgen is de COP van de warmtepomp gelijk aan 4,5. Voor alle warmtepompen die verkocht worden in Nederland wordt de coëfficiënt berekend. Dit onderzoek wordt gedaan door TNO, een onafhankelijk onderzoeksbureau.

De COP* weergeven in tabel 2 is een gemiddelde over het jaar. Afhankelijk van de buitentemperatuur schommelt de COP tussen de 2,0 (-15 graden C.) en de 7 (20 graden C.).

1.2 Isolatie

Het gebruik van warmtepompen in de wijk kan niet los gezien worden van de staat van isolatie van de huizen. Degelijke isolatie geldt namelijk als primair vereiste voor de effectiviteit en functionaliteit van de implementatie van een warmtepomp en besparingen op de energierekening in zijn algemeenheid. Een aantal redenen liggen hieraan ten grondslag.

Ten eerste zorgt isolatie ervoor dat er minder energie nodig is om de woning te verwarmen doordat de warmte minder gemakkelijk het huis verlaat. Er zal dus minder energie nodig te zijn om de gewenste comfortabele temperatuur in huis te krijgen. Ten tweede is het wenselijk om een warmtepomp aan te schaffen die, qua vermogen, goed aansluit bij de woning. Dit omdat de investering voor een warmtepomp substantieel zal zijn voor het gemiddelde huishouden in de wijk Oosterpoort. Een warmtepomp met een groter vermogen dan de woning nodig heeft levert een onnodig hoge investering op. Door middel van isolatie van de woning kan de woningeigenaar dus de investering in de warmtepomp beperken door de aanschaf van een kleinere warmtepomp met een lagere aanschafprijs. Bovendien kan een warmtepomp met kleiner vermogen vaak bij een standaard elektriciteitsaansluiting (3x 25A) worden toegepast, zonder dat hiervoor de aansluiting uitgebreid moet worden, wat ook weer een kostenbesparing met zich meebrengt.

Een derde reden voor het belang van isolatie ligt besloten in het feit dat warmtepompen met een lagere verwarmingstemperatuur van 45 tot 55 graden werken. Dit in vergelijking met de verwarming van een cv-ketel die warmte van wel 60 tot 80 graden levert. Oudere huizen met slechtere isolatie lopen dus het risico onvoldoende verwarmd te kunnen worden door de warmtepomp.

Voor een warmtepomp in huizen gebouwd voor 1975 zal in het algemeen van belang zijn dat het beschikt over een volledige geïsoleerde spouwmuur. Daarnaast is het ook bevorderlijk om het dak, de vloer, de ramen en kruipruimtes te isoleren. Hierbij geldt, hoe meer isolatie, hoe hoger de efficiëntie van de warmtepomp aangezien de woning minder warmte verliest. In het algemeen geldt dat woningen gebouwd voor 1975 zonder na-isolatie niet zonder aanpassingen geschikt zijn voor een warmtepomp, in de meeste gevallen doordat de spouwmuur niet volledig geïsoleerd is of doordat de huidige radiatoren niet in staat zijn om het huis te verwarmen met de verlaagde watertemperatuur (Engie, 2019). Voor woningen gebouwd tussen 1975 en 1992 is er vaak spouwmuurisolatie aanwezig maar of dit voldoende is dient gecontroleerd te worden. Woningen gebouwd na 1992 zijn over het algemeen geschikt voor een hybride warmtepomp. Woningen gebouwd na 2000 kunnen vaak met meerdere soorten warmtepompen verwarmd worden. Tabel 2 geeft een indicatie van de toepasbaarheid van de verschillende warmtepompen voor verschillende huizen. Als er na het bouwen nog (grondig) is geïsoleerd, kan het jaar van isolatie worden gebruikt als referentiejaar.

Tabel 3 Soort warmtepomp en bouwjaar

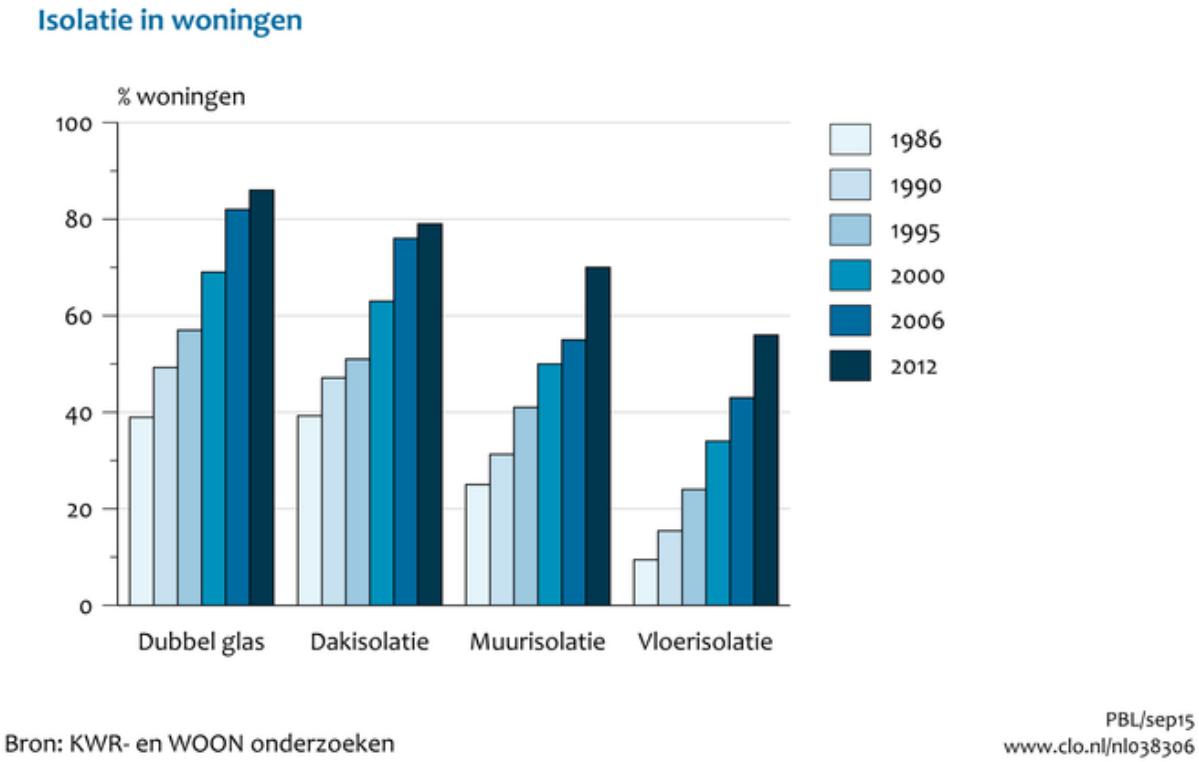
Bouwjaar	Ventilatie	Lucht-water (Hybride)	Lucht-water (Standalone)	Bodem-water	Grond - water
<1930	X	X	X	X	X
1930-1979	X	X	X	X	X
1979-1992	✓	X	X	X	X
1992-2000	✓	✓	X	X	X
2000-nu	X	✓	✓	✓	✓

Om te testen of een huis compatibel is met een warmtepomp wordt door Sabine Jansen, onderzoekster aan de TU Delft, aangeraden om de bestaande hr-ketel af te stellen op 55 graden om te kijken of het huis hiermee reeds voldoende verwarmd kan worden (Volkskrant, 2018). Dit omdat een waterpomp die water opwarmt tot 55 graden reeds duurzamer is dan een gasgestookte ketel.

1.3 Isolatie in de Oosterpoort

Wanneer we kijken naar de gegevens van de Oosterpoort valt ons direct op dat het percentage woningen gebouwd voor 2000 erg laag is, namelijk 96% (zie figuur 1). In de wijk Oosterpoort zullen dus relatief weinig woningen bij de bouw voldoende geïsoleerd zijn om zonder nadere aanpassingen geschikt te zijn voor meerdere soorten warmtepompen. Het overgrote deel van de woningen, namelijk meer dan 67%, is gebouwd voor 1970 en zal dus afhankelijk zijn van na-isolatie. Exacte cijfers omtrent na-isolatie in de Oosterpoort zijn helaas niet bekend maar landelijke cijfers met betrekking tot isolatie in huizen wel.

Figuur 3 Isolatie woningen in Nederland



Uit dit figuur valt op te maken dat muurisolatie in 2012 in veel van de Nederlandse woningen wel aanwezig was. Hierbij dient wel kritisch vermeld te worden dat het gemiddelde bouwjaar in Nederland recenter is en dat dus verwacht wordt dat het percentage van huizen beschikkend over muurisolatie lager is dan het landelijke gemiddelde in de Oosterpoort (Rijksoverheid, 2016).

De overige maatregelen met betrekking tot dubbel glas, dakisolatie en vloerisolatie zullen bevorderlijk zijn voor de efficiëntie van de warmtepomp maar vormen in mindere mate een primair vereiste dan de spouwmuurisolatie. Zoals gebleken zal de effectiviteit van het installeren van een warmtepomp in sterke mate afhangen van verschillende factoren zoals de genoemde isolatie mechanismen maar ook de capaciteit van radiatoren -welke overigens uitgebreid kan worden door het toevoegen van een ventilatoren ter bevordering van de verspreiding van warmte-, de eventuele combinatie met vloerverwarming en de oppervlakte van de vertrekken die verwarmd dienen te worden.

Gezien het bouwjaar van de gemiddelde huizen in de Oosterpoort is het dus aangeraden om parallel aan de installatie van warmtepompen in een deel van de (nieuwere) woningen ook te focussen op verbetering van isolatie in een deel van de (oudere) huizenvoorraad in de wijk. Gezien de hoogte van de investering en gelet op het beneden gemiddelde inkomen van de inwoner van de Oosterpoort lijkt het onwaarschijnlijk dat eigenaren van de oudere huizen in de Oosterpoort zullen investeren in de isolatie en warmtepomp op hetzelfde moment. De (tussen)investering in isolatie voor een deel van de woningen brengt ook het voordeel van tijd met zich mee, waarin de ontwikkelingen rondom de warmtepomp in de gaten gehouden kunnen worden.

1.4 Besparing door warmtepompen in de Oosterpoortwijk

1.4.1 Warmtepomp effect energieverbruik op woningniveau

Voor het schetsen van een situatie met warmtepompen in de Oosterpoortwijk en het berekenen van de besparing van gasgebruik en toename van elektriciteit gebruik is de Engie-warmtepompcheck uitgevoerd. Hiervoor is een gemiddelde rijtjeswoning in de Oosterpoortwijk genomen met een verbruik van 1800 KWH en 1200 M3 gas. Deze check geeft een overzicht van de nieuwe situatie wat betreft stroom- en gasverbruik. Hierbij is gekozen voor de installatie van een hybride warmtepomp, omdat dit in de Oosterpoortwijk de meest geschikte optie is als we kijken naar de woningen en de isolatie. Hieronder in een tabel een overzicht van drie situaties met de huidige stroom- en gasprijzen.

Tabel 4

Isolatie aanwezig:	**Besparing gas M3**	**Extra stroomverbruik KWH**	**Besparing €pj**
Geen	475	1725	-47
Muurisolatie	420	1300	-6
Muurisolatie Dubbele beglazing Dakisolatie	379	959	54.32

Resultaten van deze check laten ook zien dat zonder goede isolatie de woningen niet geschikt zijn voor een warmtepomp en de kosten per jaar zullen toenemen. Hierbij is nog niet eens rekening gehouden met de hoge kosten van installatie van een warmtepomp. Ook Milieucentraal adviseert om dan geld te investeren in isolatie in plaats van de installatie van een warmtepomp (Milieucentraal, 2019). De besparing op gas gebruik valt voor een geïsoleerde woning lager uit omdat deze door de isolatie ook minder gas zal verbruiken.

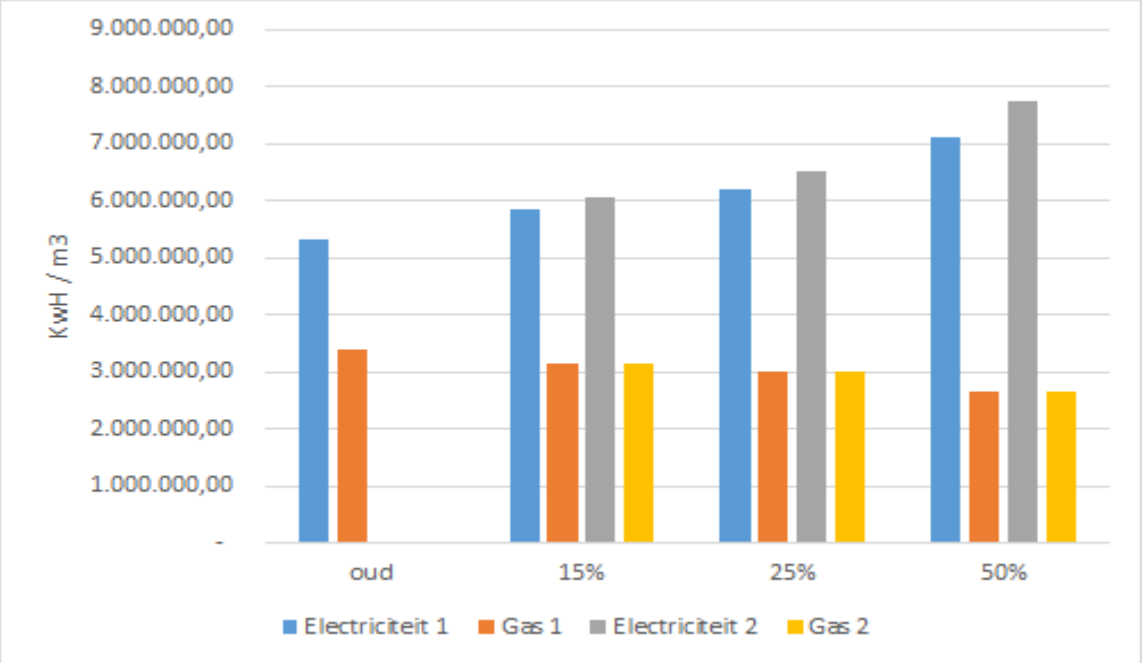
1.4.2 Warmtepomp effect energieverbruik op wijkniveau

Hieronder in een tabel een overzicht van een situatie met warmtepompen op wijkniveau. Hierbij zijn de kosten voor isolatie en installatie van de warmtepomp meegenomen. Er zijn scenario's gemaakt voor 15%, 25%, en 50% om een totaalbeeld te krijgen over de energievraag. De verschillende percentages zijn gekozen aangezien het nog de vraag is hoeveel inwoners bereid zullen zijn de hoge kosten van isolatie en installatie van de warmtepomp te voldoen. Er zullen ook woningen in de wijk zijn die al geïsoleerd zijn en deze extra kosten nu niet hebben. Echter is het onduidelijk om hoeveel woningen dit precies gaat. In de tabel zijn de kosten voor isolatie wel weergegeven, maar voor 15% van de woningen zal het grootste deel al voldoende geïsoleerd zijn. Voor muurisolatie wordt gerekend met gemiddelde kosten van €800 per woning (Takkenkamp, 2019). Voor dubbele beglazing wordt gerekend met gemiddelde kosten van €2500 per woning (dubbelglas-weetjes.nl, 2019). Dakisolatie door isoleren van de binnenkant van een schuin dak wordt geschat op €2300 per woning (slimster.nl, 2019). Samen met besparing op gas en het extra stroomverbruik wordt bekeken hoe de totale energievraag van de wijk verandert.

Tabel 5 Effect warmtepomp op wijkniveau met muur-, glas- en dakisolatie. (zonder berekeningen)

Percentage woningen met warmtepomp in de wijk	**Isolatie (muur, glas, dak) kosten + installatie kosten**	**Extra stroomverbruik (KwH)**	**Besparing gasverbruik (m3)**	**Totaal energieverbruik wijk** Oud = 5.312.790 KwH per jaar 3.373.200 m3 per jaar
15%	1. Isolatie = € 5600 per woning. 2. installatie = €2995 per woning = €7595	537.999	212.619	nieuw= 5.850.789 KwH per jaar 3.160.581 m3 per jaar
25%	1. Isolatie = € 5600 per woning. 2. installatie = €2995 per woning = €7595	896.676	354.365	nieuw= 6.209.466 KwH per jaar 3.018.835 m3 per jaar
50%	1. Isolatie = € 5600 per woning. 2. installatie = €2995 per woning = €7595	1.793.330	708.730	nieuw= 7.106.120 KwH per jaar 2.664.470 m3 per jaar

Figuur: Mutaties energieverbruik
In deze figuur 4 is een overzicht te zien van de het energieverbruik in verschillende situaties. De getallen 1 en 2 achter elektriciteit en gas geven de verschillende situaties voor isolatie aan. 1 Staat hier voor muur-, glas- en dakisolatie terwijl 2 staat voor alleen muurisolatie. In de figuur is goed te zien dat alleen muurisolatie de elektriciteitsvraag enorm doet stijgen.



1.5 Opwekking elektriciteit
Het idee om alle apparaten die werken op gas te vervangen voor elektrische apparaten is in principe een optie om (meer) CO_2-neutraal te worden. Een belangrijk punt waar rekening mee moet worden gehouden: de opwekking van de elektriciteit. Bij de opwekking van elektriciteit, waarbij het grootste deel van kolencentrales afkomstig is (27%), komt CO_2 vrij (CBS-Statline, 2018). In 2018 stootten de kolencentrales in Nederland 23,8 megaton CO_2 uit, dit was ongeveer 12% of de totale uitstoot van CO_2 in Nederland (WISE, 2019). Als deze stroom wordt gebruikt is het inderdaad waar dat de wijk zelf (meer) CO_2 neutraal is; bij het gebruik van de elektrische apparaten komt geen CO_2 vrij, maar de CO_2 wordt nog steeds uitgestoten bij de elektriciteitscentrale. Op deze manier wordt het probleem verschoven, dit is niet het idee van een CO_2 neutrale Oosterpoortwijk.
Er zijn verschillende manieren om aan duurzame energie te komen.

1.5.1 `Groene stroom' kopen
Uit elk stopcontact in Nederland komt dezelfde 230 volt. Er zitten wel verschillen in de manieren waarop deze elektriciteit wordt opgewekt. Duurzame energiebronnen (waterkracht, windenergie, zonne-energie, biomassa) zijn een stuk `groener' dan de conventionele bronnen van stroom: kolen-, en gascentrales. Om elektriciteit als groene stroom te mogen verkopen moet een energieleverancier er GvOs (Garantie van Oorsprong) voor hebben. Één garantie staat gelijk aan duizend kWh die ergens in Europa duurzaam is opgewekt. In Nederland is er meer vraag naar groene stroom dan productie. Veel groene stroom op de Nederlandse markt heeft daardoor een goedkope buitenlandse GvO; vooral van Scandinavische waterkrachtcentrales. Doordat deze centrales al bestaan, zorgt het kopen van deze

stroom niet voor nieuwe investeringen in duurzame energiebronnen. Als een Nederlander wil dat zijn geld wordt gebruikt voor meer duurzame energieopwekking, kan er het best worden gekozen voor Nederlandse wind- of zonne-energie, of voor groene stroom van een bedrijf dat veel investeert in groene energiebronnen. (Milieucentraal, 2019)

Er is door consumentenbond, in samenwerking met Greenpeace, Natuur & Milieu en WISE gekeken naar de `groenste' energieleverancier. Uit hun onderzoek komen de volgende energieleveranciers als groenste naar voren: EasyEnergy, Energie VanOns, Om|nieuwe energie, Pure Energie en Vrijopnaam. (Voor Energie VanOns lijkt interessant: Grunneger Power, een onderdeel van Energie VanOns produceert groene energie in de omgeving van Groningen.)

Mocht de Oosterpoortwijk overgaan op elektrificatie, dan zou één van deze energieleveranciers als stroombron kunnen worden gebruikt. Belangrijk voor de consument: groene stroom is (bijna) altijd even duur als grijze stroom. De productie van groene stroom is wel duurder dan de productie van grijze stroom, maar de overheid geeft op dit moment geld aan bedrijven die groene stroom maken. (Grunneger Power, 2019) Bovendien houden energieleveranciers hun prijzen laag wegens concurrentie, ze willen zoveel mogelijk klanten krijgen en houden.

1.5.2 Zelf hernieuwbare stroom opwekken.
Momenteel wordt ongeveer 15% van het elektriciteitsverbruik elektrisch opgewekt (NU.nl, 2019). Zelf hernieuwbare stroom opwekken kan op verschillende manieren, zoals zonnepanelen, warmtepompen en windenergie. In het voorgaande deel is er informatie over de warmtepompen verstrekt, in dit deel zullen we meer informatie verstrekken over zonnepanelen en windenergie.

1.5.3 Zonnepanelen
Het vermogen van een zonnepaneel wordt uitgedrukt in Wattpiek (Wp). Dit is het vermogen van een zonnepaneel wanneer deze getest wordt onder ideale omstandigheden in de fabriek.
De opbrengst van een zonnepaneel wordt uitgedrukt in kWh, bij de berekening van de verwachte opbrengst wordt rekening gehouden met het feit dat de ideale omstandigheden zich niet altijd voordoen.

In de ideale omstandigheden wordt in het algemeen aangenomen dat een zonnepaneel 250 Wp per uur produceert. Dit is ongeveer gelijk aan 0,25 kWh. Bij de berekening van de verwachte opbrengst wordt een correctiefactor van 0,9 gebruikt. Dit levert een verwachte opbrengst van 0,25 x 0,9 = 0,225 kWh per zonnepaneel op. Zonnepanelen kunnen echter verschillen in efficiëntie en dit is een standaard aanname. De efficiëntie hangt onder andere af van de grootte en de plaatsing van de zonnepanelen. Gemiddeld levert een enkel zonnepaneel 225 kWh per jaar op. (Energieleveranciers, 2019)

Zonnepanelen hebben gemiddeld een levensduur van 25 jaar. De terugverdienperiode van zonnepanelen ligt o.a. aan de huidige elektriciteitsprijs: als deze hoger is, is de terugverdienperiode korter, maar ook aan de aanvankelijke prijs en de kosten van installatie van de zonnepanelen. Om de terugverdienperiode uit te rekenen zijn er verschillende websites online die ook de ligging van het dak in beschouwing nemen, zoals voltasolar.nl. U kunt het ook zelf uitrekenen door te kijken naar de aanvankelijk aanschaffingskosten, de gemiddelde opbrengst van de zonnepanelen in kWh per jaar en de actuele elektriciteitsprijs. Door de actuele elektriciteitsprijs te vermenigvuldigen met de opbrengst van de zonnepanelen weet u hoeveel u dat jaar heeft bespaard met de aanschaf van de zonnepanelen. Door de aanvankelijke investering te delen door de jaarlijkse besparing kunt u de terugverdienperiode berekenen. (Consumentenbond, 2019)

In het geval dat er meer energie wordt opgewekt door de zonnepanelen dan dat er gebruikt wordt door de zonnepaneelhouder dan wordt het overschot aan energie teruggeleverd aan het net. Er bestaat een salderingsregeling die inhoudt dat de energieleverancier verplicht is om de stroom die door de consument is afgenomen met de energie die door de consument is teruggeleverd te verrekenen. De consument betaald alleen over zijn netto verbruik (afgenomen - teruggeleverde stroom) verbruikskosten, energiebelasting en btw. Deze salderingsregeling zal in 2023 veranderen, maar over de precieze veranderingen is in 2019 nog niet veel bekend. Een mogelijk gevolg zou kunnen zijn dat het niet meer mogelijk is om oneindig terug te leveren aan het net.

Het is onduidelijk hoeveel zonnepanelen op dit moment in de Oosterpoortwijk liggen, echter is het mogelijk om zowel als huurder en als particulier in de Oosterpoortwijk zonnepanelen aan te leggen. Als huurder van woningcorporatie Nijestee is het mogelijk om zonnepanelen aan te vragen. De corporatie zal samen met Grunneger Power onderzoeken of het dak van de desbetreffende woning geschikt is. Daarnaast zullen zij de bewoners assisteren in het proces van de installatie van de zonnepanelen. Ook kunnen leden van de Vereniging van Eigenaren individueel of samen met buurtleden, met behulp van Grunneger Power, een zonneproject realiseren. De organisatie Grunneger Power biedt de buurtbewoners hulp op het gebied van techniek, financiën en recht. (Grunneger Power, 2019)

1.5.3.1 Zonnepanelen Oosterpoortwijk

Als de Oosterpoortwijk zijn elektriciteit zelf wil opwekken met zonnepanelen, zijn er veel zonnepanelen nodig. Tabel 6 geeft een overzicht van de verschillende situaties. Er is uitgegaan van een (standaard) zonnepaneel met een oppervlakte van 1,65 m2, een vermogen van 225 kWh waarbij de installatie 300 euro per paneel kost. Het lijkt dus onwaarschijnlijk om de huidige elektriciteitsvraag volledig op te vangen met de aanleg van zonnepanelen aangezien de 3740 huishoudens dan ieder minstens 6 zonnepanelen zullen moeten implementeren. Indien een gedeelte van de wijk zal overgaan op elektrische warmtepompen, zal dit alleen nog maar lastiger worden.

Tabel 6 overzicht zonnepanelen

	Elektriciteitsverbruik (kWh per jaar)	Aantal zonnepanelen	Zonnepanelen (m2)	Kosten (euro)
Huidige situatie	5.312.790	23.613	14.311	4.293.300*
50 % warmtepompen	7.106.120	31.823	19.286	5.785.800*

*De kosten kunnen lager uitvallen als er grote groepen zonnepanelen worden aangelegd

Mocht de salderingsregeling eindigen is het waarschijnlijk dat de investering nog hoger wordt. Omdat de productie van de elektriciteit niet gelijkloopt aan de vraag (denk bijvoorbeeld aan dag en nacht), zal de elektriciteit moeten worden opgeslagen. Dit brengt ook weer kosten met zich mee. Deze kosten kunnen voorkomen worden door slimmer om te gaan met het energieverbruik. Zo kan de opgewekte stroom worden gebruikt om overdag de wasmachine te gebruiken of de auto op te laden.

1.6 Windmolens

In de Oosterpoort is er onvoldoende ruimte om een windturbine te kunnen plaatsen, daarnaast zou dit veiligheidsrisico's met zich meebrengen en mogelijk geluidsoverlast. Een alternatief zou een kleine windmolen kunnen zijn, we zullen hier bespreken wat dat inhoudt en wat het op kan leveren. Kleine

windmolens kunnen net als zonnepanelen groene stroom opwekken. Het milieuvoordeel van een windmolen hangt sterk af van de positie van de windmolen. Daarnaast geeft een windmolen pas milieuwinst als het meer uitstoot voorkomt dan er bij de bouw is veroorzaakt en ook aan afval is ontstaan.

Er moet met veel dingen rekeningen worden gehouden bij de aanschaf en bouw van een kleine windturbine. Bij de voorbereiding moet worden gekeken naar de optimale plaats waar de windturbine zoveel mogelijk wind kan vangen, welk turbine model het beste past, een vergunningaanvraag bij de gemeente en aansluiting op het net. De kosten van een windturbine kunnen erg uiteenlopen. Voor particulieren zijn er op dit moment niet veel subsidies beschikbaar voor de aanschaf van kleine windmolens. Ook bij de Gemeente Groningen lijken de meeste subsidies die het vergroenen van de energie stimuleren voor ondernemers te zijn.

Om voldoende wind te vangen is in een stad het plaatsen van een kleine windturbine alleen geschikt op een gebouw van minstens 20 meter of een gebouw die twee keer zo hoog is als de omliggende gebouwen en bomen. De verwachte energieopbrengst van een windturbine hangt sterk af van de windsterkte in de omgeving en als voorbereiding zullen er windmetingen moeten worden uitgevoerd. In bebouwde gebieden wordt vaak gekozen voor een verticale-as turbine gekozen, deze presteren vaak beter met de variërende windrichtingen en harde windvlagen.
Stroom dat wordt opgewekt door een kleine windturbine kost gemiddeld tussen de 25 en 35 cent per kWh. Ter vergelijking, stroom dat is opgewekt door een grote windmolen kost gemiddeld 8,8 cent per kWh, dit komt omdat door de grotere diameter van de rotor meer energie wordt opgewekt. (Milieucentraal, 2019)

Een mogelijke leverancier van een kleine windturbine is E.A.Z. Wind, een Gronings bedrijf die kleine windturbines produceert voornamelijk voor het platteland. Recent zijn ze echter ook begonnen met het plaatsen van kleine windturbines in de buurt van dorpen. Op het platteland is er vaak wind en kan er meer energie worden opgewekt met de windmolen. De windturbine wordt gebruiksklaar geleverd en voor de consument is er dus minimale voorbereiding nodig. Het huidige model is ongeveer 15 meter hoog, heeft een rotordiameter van 12 meter, een levensduur van meer dan 20 jaar en een vermogen van 15 kW. De gemiddelde energieopbrengst bij een windsnelheid van 5 m/s is 33.000 kWh per jaar. Op hun website: eazwind.com kan een offerte worden aangevraagd. (EAZ Wind, 2019)

Mogelijke alternatieven op zelf een kleine windturbine aanschaffen zijn naar een energieleverancier overstappen die (Nederlandse) windenergie gebruikt. Dit stimuleert de toekomstige bouw van meer grote windmolens. Of aandelen kopen in windturbines, zo genaamde Winddelen, dit kan bij de Windcentrale. De consument “koopt” hierbij een deel van een windmolen, een enkel Winddeel levert 16 jaar lang ongeveer 500 kWh per jaar en de stroom die wordt opgewekt door je Winddelen kan van je jaarnota worden afgetrokken. De consument mag echter maximaal 85% van zijn jaarlijkse netto energiebehoefte met de Winddelen dekken. Om Winddelen te kunnen kopen is het noodzakelijk om over te stappen naar het energiebedrijf: Greenchoice. Particulieren kunnen ook investeren in een windmolenproject, zoals bij beleggingsfonds Meewind. Bij Meewind krijgen particulieren de mogelijkheid om te beleggen in een windmolenproject op zee. De beleggers worden dan mede-eigenaar van het windpark. Het verwachte rendement bedraagt ongeveer 7 tot 10 procent en de minimale inleg bedraagt 1000 euro (Milieucentraal, 2019).

1.7 Elektrificatie en woningcorporaties

Om inzicht te krijgen in de verduurzaming van woningen bij woningcorporaties, is er contact opgenomen met Nijestee. Dit is met 13.500 woningen de grootste woningcorporatie in de stad Groningen. Nijestee verhuurt in de Oosterpoortbuurt voornamelijk woningen die in de jaren '80 gebouwd zijn. (Nijestee 2019) Dit is echter slechts 10% van de woningen in de wijk. Het merendeel van de woningen is gebouwd tussen 1700 en 1900. (BAG 2018)

1.7.1 Isolatie

Goede isolatie is essentieel voor een energie efficiënte woning. Volgens Nijestee voldoen alle woningen aan de vereiste isolatiewaarde bij nieuwbouw. Daarnaast zijn veel oudere woningen na-geïsoleerd, zodat ook deze voldoen aan het maximaal haalbare niveau. Dit is overigens een algemene afspraak tussen woningcorporaties en de gemeente Groningen. Alle woningen dienen op maximaal haalbaar niveau geïsoleerd te worden, kostentechnisch en uitvoeringstechnisch gezien, maar ook rekening houdend met de huidige isolatieschil. Bovendien zijn er ook monumenten en beeldbepalende panden, waaraan wettig niets veranderd mag worden. Overigens, zegt Arjen Luchies, projectmanager van Nijestee dat er zal worden overgegaan op sloop en nieuwbouw daar waar investeren in isolatie en renovatie niet loont.

1.7.2 Zonne-energie

Bij Nijestee zijn er drie stromen van woningen die beschikken over zonnepanelen. Allereerst, zonnepanelen op bestelling van de huurders, dit aantal bedraagt ca. 400 woningen. Daarnaast zijn er ca. 900 woningen in energetische verbeterprojecten die worden voorzien van PV-panelen. Laatst, door de EPC-regelgeving, worden nieuwbouwprojecten vereist gedeeltelijk te worden voorzien van zonnepanelen. Het aandeel woningen van Nijestee wat is voorzien van zonnepanelen ligt rond de 15%. De zonnepanelen voorzien echter niet de gehele energiebehoefte. Nijestee continueert desalniettemin met de implementatie van zonnepanelen bij zowel oude als nieuwe woningen. Echter, zonne-energie wordt voor de huurder relatief minder voordelig wanneer de salderingsregeling wegvalt. Volgens Luchies, is dit een van de belangrijkste uitgangspunten voor het wel of niet toepassen van zonnepanelen. Daarnaast geldt straks met de BENG-regelgeving dat er bij nieuwbouw wel zonnepanelen toegepast moeten worden. (Rijksdienst Ondernemend Nederland 2019)

1.7.3 Gasloze woningen

Nijestee is ervan overtuigd dat er niet slechts één oplossing is zoals aardgas ooit was. Daarom zullen de woningen voornamelijk overgaan op de volgende alternatieven: groen gas, biogas en waterstof. Er zijn meerdere technieken nodig om heel Nederland van warmte te blijven voorzien. Daarnaast zullen technieken gebruikt worden als warmtepompen, een warmtenet of WKO-installaties. Dit hangt echter van de schaalgrootte van de projecten af. (Luchies 2019)

In 2018 werden 2930 adressen gebruikt als woningfunctie en woonden er op 1 januari 5190 inwoners in de buurt. Kijkend naar figuur 1 en tabel 2 en de staat van de woningen in de Oosterpoortwijk, kunnen we concluderen dat veel panden (58.4%)[1] (nog) niet geschikt zijn voor een warmtepomp. Het merendeel van de woningen is namelijk gebouwd tussen 1700 en 1900. De woningen zijn een combinatie van vooroorlogse arbeidershuizen, visserswoningen en nieuwbouw van rond de jaren 80. Er zal eerst geïsoleerd moeten worden, alvorens warmtepompen geïnstalleerd kunnen worden.

2. Warmtenet

2.1 Algemene Informatie over het Warmtenet

Een warmtenet is een netwerk van ondergrondse leidingen en een centrale warmtebron in de buurt die woningen en gebouwen verwarmen door middel van warm water. Een dergelijk warmtenet met een duurzame bron zou naar schatting 50 tot 70 procent minder CO_2 uitstoten dan een hr ketel op gas (Milieu Centraal, 2019). Een warmtenet kan op buurt-, stad- en regioniveau en is ook mogelijk voor individuele gebouwen. Een warmtenet maakt gebruikt van een soort centrale “ketel” in de buurt, de warmtebron. Water wordt in de warmtebron verwarmd en stroomt dan door de leidingen naar de woningen. Wanneer het water weer is afgekoeld wordt het terug gevoerd naar de warmtebron, hier kan het dan opnieuw opgewarmd worden. Hieronder vind je een visualisatie van het proces omtrent het warmtenet.

Figuur 4 Warmtenet

Bron: Milieu Centraal, 2019

Wanneer bestaande infrastructuren, zoals ondergrondse leidingen, aanwezig zijn, kost de aanleg van een warmtenet meer inspanningen. Het warmtenet moet onder de grond, vaak onder wegen worden aangelegd. Hiervoor moeten wegen opgebroken worden en graafwerkzaamheden uitgevoerd worden. Dit kan voor overlast zorgen. Daarnaast bestaat er dan meer concurrentie met het bestaande gasnet en andere voorzieningen.

Een warmtenet kan verwarmd worden met verschillende warmtebronnen. De duurzame opties zijn: restwarmte van de industrie en afvalverbranding, biomassa, geothermie en bodemwarmte. De mate van duurzaamheid van een warmtenet is afhankelijk van de warmtebronnen die gebruikt worden, maar ook van hoe groen de stroom is die wordt gebruikt voor de elektrische pompen en de temperatuur van het water. Over het algemeen is de schatting dat met een warmtenet de gemiddelde $CO_{2\text{-uitstoot}}$ met 50 tot 70 procent wordt verlaagd, in vergelijking met het gebruik van traditionele gasketels (Milieucentraal, 2019). Voor een warmtenet worden vaak een hoofd-warmtebron en een hulp-warmtebron ingezet om de afhankelijkheid te verminderen en te verzekeren van voldoende warmte op een extra koude dag. Als voorbeeld de Paddepoel wijk te Groningen. Hier worden drie verschillende

warmtebronnen gebruikt, namelijk de warmtepomp waarbij elektriciteit is opgewekt door zonnepanelen, het warmtenet van WarmteStad en van Buurtwarmte (Middel, 2019).

Korte toelichting van de verschillende warmtebronnen:

- Restwarmte van industrie, etc.: restwarmte is energie die overblijft na het productieproces.
    - Voordeel: duurzaam om het te hergebruiken en voorkomt verspilling van restwarmte
    - Nadeel: de industrie gebruikt vaak nog fossiele brandstoffen om de energie op te wekken en de bron van de restwarmte is daarom niet CO_2 neutraal.
    - Mogelijke oplossing: gebruik maken van de restwarmte tot de industrie energiezuiniger is en dan overstappen op aardwarmte.
- Geothermie of aardwarmte: warmte uit de waterhoudende aardlaag op ongeveer 1 tot 3 kilometer diepte, de temperatuur is hier doorgaans rond de 120 graden.
- Biomassa: energie uit biomassa wordt opgewekt door de verbranding van organische materialen, zoals houtsnippers en gft-afval.
- Bodemwarmte samen met een warmtepomp: dit is een systeem die gebruikt maakt van een warmte-koude opslag (WKO). Met behulp van een grote, gezamenlijke elektrische warmtepomp kan warmte in de bodem, op een diepte van tussen de 100 en 300 meter, een bron voor een warmtenet zijn. Het WKO is een systeem die zorgt voor verwarming in de winter en verkoeling in de zomer. Er zijn 2 putten geboord op een diepte van tussen de 100-300 meter. De ene put levert in de winter warmte af door de warmtepomp en de andere put levert in de zomer het afgekoelde grondwater gebruikt voor het verkoelen van de woning of het gebouw. In dit geval is het een combinatie van een warmtenet en een koudenet.

Bij de aansluiting van een woning/gebouw op een warmtenet wordt er een klein kastje geïnstalleerd, dit is de warmtewisselaar. De radiatoren en vloerverwarming hoeft niet aangepast te worden en de temperatuur kan geregeld worden met een standaard thermostaat.

Zoals genoemd is de temperatuur van het geleverde water ook een factor in de duurzaamheid van het warmtenet. Warmtenetten kunnen namelijk verschillen in de temperatuur die ze leveren, hoe lager de temperatuur hoe duurzamer het net is. Een voorwaarde voor een warmtenet met een lage temperatuur is dat de woningen *goed geïsoleerd* moeten zijn.

- 90 graden: ieder huis is geschikt, ook heel slecht geïsoleerde woningen. Er is veel energie nodig om te verwarmen, relatief veel warmte gaat verloren tijdens het transport. Minst duurzame temperatuur optie.
- 70 graden: matig geïsoleerde woningen kunnen ook goed verwarmd worden. In oudere wijken kan het verbeteren van de isolatie soms lastig te realiseren zijn en dan kan deze temperatuur een uitkomst bieden.
- 50-55 graden: geschikt mits woningen goed geïsoleerd zijn, volgens Milieu Centraal, is het benodigde isolatieniveau haalbaar voor de meeste bestaande wijken.
- 40 graden: vaak van toepassing in nieuwbouwwijken en wijken waar grondige renovaties worden toegepast.

2.2 Voordelen van een warmtenet

Een warmtenet heeft verscheidene voordelen (Milieucentraal, 2019; Klimaatexpert, 2018). Het eerste voordeel dat opspeelt bij een warmtenet dat verwarmt met een hoge temperatuur zijn er weinig aanpassingen in huis nodig. Dit scheelt aanzienlijk in de kosten. Daarnaast zou een warmtenet op lage temperatuur zorgen voor een comfortabele en constante temperatuur in huis. Een algemeen voordeel

is dat een warmtenet veiliger is in gebruik dan aardgas. Tot slot is de bron van de warmte bekend. Hierdoor is makkelijk te bepalen hoe duurzaam de warmte daadwerkelijk is.

2.3 Nadelen van een warmtenet

Een warmtenet heeft ook verschillende nadelen die meespelen in de overweging (Milieucentraal, 2019; Klimaatexpert, 2018). Warmtenetten zijn vaak in eigendom van het bedrijf dat ook de warmte levert. Je hebt als woningeigenaar dan dus geen keuze voor een leverancier. Dit zou nog kunnen veranderen in de toekomst. Het tweede nadeel is de prijs. Het is nu vaak nog duurder dan aardgas. In de toekomst zal aardgas duurder worden en is een warmtenet juist een goed betaalbare vorm van verwarmen. Tot slot, bij een warmtenet op lage temperatuur is het wennen dat je de temperatuur niet snel kan bijstellen zoals bij een cv-ketel wel het geval is.

2.4 Warmtenet in Groningen / Oosterpoortwijk

In Groningen is de organisatie WarmteStad in 2014 opgericht door Gemeente Groningen en Waterbedrijf Groningen om bij te dragen aan het doel om als gemeente in 2035 CO_2 Neutraal te zijn. In het Noordwesten van Groningen, in de buurten Zernike, Paddepoel en Selwerd is WarmteStad al in een ver stadium om dit gebied te voorzien met duurzame warmte via een warmtenet. In Zernike en Paddenpoel gebeurd dit al. Selwerd is in 2020 aan de beurt. Ook in Grunobuurt en Europapark zijn ze bezig om dit warmtenet te realiseren. Vele gebieden in Groningen gaan dus op de schop voor een warmtenet (WarmteStad, 2019).

Gezien de expertise van deze organisatie op gebied van warmtenet en specifiek in de gemeente Groningen, hebben we Warmtestad gecontacteerd. Vooralsnog, heeft WarmteStad nog geen plannen om een warmtenet te realiseren in de Oosterpoortwijk. Zij geven aan dat de wijk een relatief lage bouwdichtheid kent. Dit houdt in dat er zeer weinig gestapelde gebouwen, flats of portieketagewoningen zijn. Het kost namelijk veel geld en tijd om alle particuliere huizen individueel te voorzien met een aansluiting (Middel, 2019). Voor flats is dit eenvoudiger, omdat hier de verwarming centraal geregeld is. Een enkele aansluiting op het warmtenet is voldoende voor een geheel flatgebouw. Daarnaast maak je met een corporatie, die gaat over dit flatgebouw, veel eenvoudiger afspraken dan met alle particuliere individuele bewoners. Dit gegeven, maakt de aanleg van een warmtenet minder interessant.
Daarnaast kwam uit ons onderzoek naar de buurt naar voren dat huizen veelal niet goed geïsoleerd zijn. Dit probleem zal dus allereerst opgelost moeten worden. Het warmtenet is namelijk veel duurzamer bij een lagere temperatuur, maar de voorwaarde hiervoor is goede isolatie van de huizen.

2.5 Kosten en baten

Verscheidene bronnen geven aan dat de aanleg en het onderhoud van een dergelijk warmtenet erg kostbaar zijn (Homan, 2018). Ter vergelijking: de kosten van de aanleg voor het warmtenet in de Paddepoel en Selwerd wijken die uiteindelijk 10.000 huishoudens met warmte kan voorzien bedroeg 70 miljoen euro (Middel, 2019). De kosten buiten de aanleg en onderhoud om, bij een nieuw warmtenet die voor rekening zou komen voor de huiseigenaren met een bestaande woning zou uitkomen tussen de 10.000 en 20.000 euro (Homan, 2018). Hierbij zijn nog geen eventuele subsidie voordelen in overweging genomen. Daarnaast gaven we al eerder aan dat een van de nadelen van het warmtenet de prijs beslaat. Aardgas is momenteel nog goedkoper dan de prijs gerekend voor de warmte opgewekt en geleverd door het warmtenet (Milieucentraal, 2019). De kosten die momenteel bij de aanleg en het gebruik van het warmtenet komen kijken, worden (nog) niet als voordelig beschouwd. Aangezien bleek uit ons onderzoek naar de wijk dat de inwoners van Oosterpoort een relatief laag inkomen hebben, lijkt een dergelijk warmtenet minder geschikt. Er zou nagedacht moeten

worden, wie deze kosten zouden moeten dragen en of er überhaupt draagvlak gecreëerd kan worden voor deze oplossing.

3 Gasnetwerk

Het derde en laatste scenario voor de Oosterpoortwijk in dit rapport is die van het gebruiken van het bestaande gasnetwerk, maar dan met duurzame opties. Dit kan gedaan worden met groen gas of met waterstof. In dit deel van het rapport zullen de voor en nadelen van deze optie uiteengezet worden.

3.1 Groen gas

Groen gas is de duurzame variant van aardgas; groen gas is CO_2-neutraal. Groen gas heeft dezelfde eigenschappen als normaal gas, er zijn geen aanpassingen nodig in het gasnetwerk.

3.1.1 Biogas en Groen gas

Bij de vergisting van `natuurlijke stoffen' (denk aan slib, tuinafval, groente - en fruitresten, dierlijke restproducten) ontstaat biogas. Dit biogas wordt gezuiverd en opgewaardeerd tot groen gas. Het groene gas kan op dezelfde manier gebruikt worden als aardgas.
Bij de verbranding van groen gas komt nog steeds CO_2 vrij. Het verschil in duurzaamheid met aardgas kan worden gevonden in het moment waarop deze CO_2 is vastgelegd. Bij het verbranden van fossiele brandstoffen komt CO_2 vrij dat duizenden jaren (of langer) onder de grond heeft gezeten. Deze CO_2 wordt als extra toegevoegd aan de lucht. Groen gas wordt daarentegen gemaakt van het vergisten van natuurlijke stoffen, die de CO_2 (relatief) kortgeleden uit de lucht hebben gehaald. Op deze manier wordt er geen extra CO_2 toegevoegd aan de lucht, groen gas is beter voor het klimaat. (Groengas Nederland, 2019)

3.1.2 Implementatie Groen gas

Doordat groen gas dezelfde eigenschappen heeft als normaal gas, zijn er geen aanpassingen nodig voor het netwerk. Aardgas en groen gas gaan door dezelfde leiding, ze worden gemengd en worden als mengsel naar de huizen geleid. Voor elk geproduceerde hoeveelheid groen gas wordt een wettelijk certificaat vrijgegeven. In Nederland gebeurt dit door Vertogas. Door middel van een certificatensysteem faciliteert Vertogas de handel in groen gas. Vertogas garandeert de herkomst van het groene gas en verkoopt de certificaten aan de consument. De consument blijft bij de huidige leverancier en krijgt hetzelfde gas. Het gekochte certificaat garandeert dat er een hoeveelheid X aan groen gas wordt geproduceerd (Vertogas, 2019).
Mocht de Oosterpoortwijk alleen nog maar groen gas kopen, dan betekent dit niet dat de wijk vanaf dan alleen maar groen gas verbrandt. Het percentage groen gas in de gasmix zal wel toenemen; er zal minder CO_2 worden uitgestoten. Het totale gasnetwerk zal meer groen gas gebruiken. Groen gas is iets duurder dan normaal gas, op dit moment zo'n 2 cent per m3. Dit betekent voor een gemiddeld huishouden zo'n 3 euro per maand extra. Als we uitgaan van de huidige situatie (3.373.200 m3 aardgas per jaar, 3740 huishoudens) zou er per jaar in totaal 67,464 euro extra moeten worden besteed, wat neerkomt op ruim 18 euro extra per jaar per huishouden (vergroenjegas.nl, 2019).
Wel is het belangrijk om te vermelden dat de hoeveelheid biogas die opgewekt kan worden slechts beperkt is. Hierdoor zal het niet de volledige aardgas behoefte op kunnen vangen (Moraga, Mulder & Perey, 2019). Moraga, Mulder & Perey (2019) tonen in hun onderzoek aan dat Nederland slechts een potentieel heeft voor de productie van iets meer dan 5 miljard m^3 per jaar. Het totale aardgasverbruik van Nederland in 2017 was 41 miljard m^3 (CBS Statline, 2018), en dus wordt al gauw duidelijk dat dit niet een toereikende bron is. Bewoners van de Oosterpoort kunnen er dus wel voor kiezen om biogas in te kopen maar dienen hierbij rekening te houden met stijgende prijzen als de vraag toeneemt naar dit gas gezien de schaarste.

3.2 Waterstof

3.2.1 Introductie Waterstof

Eén van de energiedragers die in de toekomst mogelijk een rol gaat spelen is waterstof. Waterstof is een gasvormige energiedrager net als aardgas. Verbranding van deze energiedrager levert in tegenstelling tot aardgas geen CO_2-emissie op. Mits deze waterstof groen opgewekt is. Daardoor is groene waterstof één van de energiedragers, die bijdraagt aan de overheidsdoelstelling om in de bebouwde omgeving CO_2-emissies te elimineren. Mogelijke productiemethoden zijn de omzetting van (duurzaam opgewekte) elektriciteit door middel van een elektrolyser of de productie uit methaan, waarbij het geproduceerde CO_2 wordt afgevangen (Carbon Capture and Storage, ofwel CCS). Waterstof kan worden gebruikt als brandstof in gasbranders. De verbrandingssnelheid van waterstof is echter hoger dan die van methaan met mogelijk vlaminslag en beschadiging van de brander als gevolg. Dit betekent dat bestaande gasverbruikstoestellen niet eenvoudig geschikt gemaakt kunnen worden voor waterstof.

3.2.2 Implementatie Waterstof

Volgens een onderzoek van Kiwa (2018) kunnen netbeheerders hun gasnetten geschikt maken voor distributie van waterstof. Waterstof kan een alternatief zijn voor aardgas met name in wijken waar warmtepompen geen oplossing zijn. Uit het onderzoek blijkt dat het bestaande gasnetwerk gebruikt kan worden mits de juiste maatregelen genomen worden. Één van deze aanpassingen is de ontwikkeling en installatie van CV-ketels die geschikt zijn voor waterstof. De huidige CV-ketels in de woningen zijn namelijk niet geschikt om op waterstof te werken. Een andere maatregel is het toevoegen van een geur aan het geurloze waterstof om de veiligheid te waarborgen. De belangrijkste conclusie uit dit onderzoek is, dat het bestaande gasnetwerk met de juiste maatregelen prima ingezet kan worden om duurzame gassen zoals (100%) waterstof en biomethaan te distribueren. Op plekken waar distributie van duurzame gassen gewenst is, kan het gasnet van de toekomst in grote mate gelijk blijven aan het huidige aardgasnetwerk

3.2.3 Haalbaarheid waterstofeconomie

Om groene waterstof te maken moet de stroomprijs laag zijn, anders is het simpelweg te duur. Wanneer je namelijk elektriciteit gebruikt voor de elektrolyse van waterstof gaat 25% van de elektriciteit verloren (Voordewereldvanmorgen.nl, 2019). Er is dus maar een rendement van 75%. Om de stroom te produceren die nodig is om groene waterstof te maken, moet er dus flink in wind- en zonne-energie geïnvesteerd worden. Volgens Mulder (RUG-hoogleraar Regulering Energiemarkten) zelfs zoveel dat voor rendabele groene waterstof in 2050 ruim 80 GigaWatt (GW) aan geïnstalleerd vermogen van zonne- en windparken nodig zijn. Ter vergelijking: op dit moment is dat 6 GW is. Er zullen dus veel wind- en zonneparken bij moeten komen. Maar dat gebeurt alleen wanneer de stroomprijs hoog is, anders wordt de investering niet terugverdiend. Exploitanten gaan natuurlijk nooit een wind- of zonnepark aanleggen met het idee om een overschot aan stroom te produceren die ze vervolgens voor een dumpprijs moeten wegdoen, aldus M. Mulder (RUG). In een studie van Machiel Mulder, Peter Perey en Jose Moraga aan de RUG is berekend hoe laag de stroomprijs gemiddeld moet zijn om elektrolyse rendabel te maken. Dat is ongeveer 20 euro per megawattuur. De stroomprijs is nu rond de 50 euro per megawattuur. Om op 20 euro of minder uit te komen heb je heel veel momenten van overschot nodig. En die overschotten zijn er niet vaak. Ook omdat de stroomvraag enorm toeneemt door bijvoorbeeld elektrische auto's. Het is niet realistisch dat er in de woonwijk lokaal waterstof opgewekt zal worden met de opwekking van eigen zonnepanelen. Hiervoor is een waterstof station dat werkt op elektrolyse vereist. Daarnaast lijkt het niet realistisch dat er één wijk in Groningen geschikt gemaakt kan worden voor waterstof terwijl de rest nog aardgas verbruikt. Al zijn er al wel pilotprojecten gestart zoals in Hoogeveen waar de woonwijk Nijstad-Oost wordt aangesloten

op een waterstofnetwerk (Hoogeveen.nl, 2019) Verwacht wordt daarom dat de waterstofeconomie pas gerealiseerd kan worden als grote gebieden tegelijk van het aardgas af gaan en de productie van hernieuwbare energie is toegenomen (Duurzaamnieuws, 2016). De bestaande voorziening aanpassen naar waterstof is ook niet een stap die makkelijk genomen kan worden. Hoogstwaarschijnlijk zullen mensen hun huis uit moeten als de wijk geschikt gemaakt wordt.

Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport zijn de drie belangrijkste scenario's uitgewerkt als onderdeel van de wens van bewoners van de Oosterpoort om energieneutraal te worden. Het doel van het schetsen van de verschillende scenario's is om de bewonersgroep van meer informatie te voorzien om uiteindelijk tot een rationele afweging te komen op weg naar een reductie in uitstoot van de Oosterpoort. In dit onderdeel zullen de verschillende alternatieven afgewogen worden en zullen voorzichtig enkele aanbevelingen worden gedaan.

Het eerste scenario met betrekking tot elektrificatie ziet met name op het 'vergroenen' van de vraag. Hierbij is in eerste instantie gekeken naar een van de belangrijkste bronnen van de uitstoot: de verwarming van huizen. Voor een energieneutraal dan wel een autarkische Oosterpoort is het van belang dat er geen aardgas meer geconsumeerd zal worden en dat de huizen zo veel mogelijk verwarmd zullen worden door middel van (elektrische) warmtepompen. In ons onderzoek is daarbij uitgebreid ingegaan op de essentiële rol die de isolatie van de woningen in de Oosterpoort hierin zal vervullen.
Het tegengaan van het gebruik van aardgas zal leiden tot een verhoogd verbruik in elektriciteit. Volgens onze schattingen zal het energieverbruik toenemen met 537.999 KwH (bij overstappen van 15% van de huizenvoorraad) tot 1.793.330 (bij 50%). Gezien deze ontwikkelingen en het feit dat de Oosterpoort haar uitstoot wil reduceren is ook ingegaan op een ander belangrijk onderdeel van de elektrificatie; de opwekking van elektriciteit en groene stroom. Hierbij is het mogelijk om een deel van de stroom groen in te kopen bij de juiste energieleveranciers genoemd in ons onderzoek.
Een ander belangrijk alternatief is het zelf opwekken van groene stroom door middel van zonnepanelen of windturbines. Hierbij is gebleken dat het niet haalbaar lijkt om de volledige elektriciteitsverbruik, zowel voor als na doorrekening van warmtepompen in de wijk, op te vangen met zonne-energie. Windenergie zou daarnaast als toevoeging kunnen dienen, maar zoals uit het onderzoek gebleken is het erg lastig om deze windenergie zelf in de wijk op te wekken. Het nadeel van het aanschaffen van windturbines is ook de kostendeling onder de bewoners van de wijk. Er zullen genoeg bewoners bereid moeten zijn om te investeren. Om de energievraag dus groener te maken door middel van windenergie heeft het onzes inziens dan ook de voorkeur om windenergie in te kopen door middel van certificaten. Zo kan er bijvoorbeeld windenergie worden ingekocht die is opgewekt op de Noordzee. Het inkopen van deze energie brengt wel een meerprijs met zich mee.

Het tweede geschetste scenario is het warmtenet. Een warmtenet kan aangelegd worden om op een meer duurzame manier de woningen in de Oosterpoort te verwarmen. Een warmtenet is in essentie vergelijkbaar met de warmtepomp maar kan meer worden gezien als een collectieve verwarming voor meerdere huishoudens. In ons onderzoek hebben wij gewezen op de hoge aanschafprijs en onderhoudskosten, wat de implementatie van een warmtenet lastig maakt. Daarnaast is het lastiger om als collectief het eens te worden over het in gebruik nemen van een warmtenet, daar iedereen zal mee moeten delen in de kosten. Indien enkele buurtbewoners weigeren mee te werken aan het collectief, kan het plan al niet meer rendabel zijn. De verwachting is dat het eenvoudiger is om een enkel individu te overtuigen van implementatie van een warmtepomp in zijn of haar huis.
Bovendien, zo gaf WarmteStad aan, heeft de wijk een relatief lage woondichtheid met weinig hoogbouw. Dit in combinatie met de door ons beschreven isolatiegraad van de woningen in de Oosterpoort maakt dat de implementatie van een warmtenet onzes inziens niet de absolute prioriteit van de wijk behoeft te verkrijgen.

Het derde scenario bekijkt de toepasbaarheid van het gasnetwerk met duurzame alternatieven zoals groen gas en waterstof. Groen gas wordt gemaakt door het vergisten van natuurlijke stoffen, waardoor er geen extra CO aan de lucht wordt toegevoegd. Hierbij is de mogelijkheid besproken om certificaten te kopen, waardoor de garantie wordt gegeven dat de hoeveelheid gas die de consument verbruikt ook minimaal groen opgewekt wordt. Uit ons onderzoek is gebleken dat een gemiddeld huishouden dit ongeveer 3 euro extra per maand kan kosten. Echter, deze certificaten geven geen garantie dat er ook daadwerkelijk alleen groen gas door de leidingen zal gaan in de Oosterpoort. Hierbij is het aan de bewoners zelf om te bepalen of zij dit een gewenste oplossing vinden. Ons onderzoek heeft echter wel aangetoond dat de hoeveelheid biogas die opgewekt kan worden gelimiteerd is. Inkopen van biogas is dus voor nu wellicht nog een goede optie maar dit zou kunnen veranderen in de toekomst. Indien de vraag naar biogas namelijk toeneemt zal de prijs toenemen gezien de schaarste.
Daarnaast is onderzoek gedaan naar waterstof binnen de wijk. Uit het onderzoek is gebleken dat voor het maken van groene waterstof nog erg veel groene energie opgewekt dient te worden, mede door het lage rendement van waterstof. Ook maakt de lagere verbrandingstemperatuur van waterstof implementatie hiervan lastig. De huidige leidingen en CV-ketels zijn namelijk niet ingericht op waterstof. Hierdoor lijkt waterstof voorlopig nog een stip aan de horizon en dient de primaire focus te liggen op andere aspecten van verduurzaming.

Zoals u wellicht al had opgemerkt, zijn de verschillende scenario's beschreven in dit onderzoek gericht op een reductie van de uitstoot. Vanuit de bewonersgroep bestond de initiële wens om toe te groeien naar een autarkische wijk. Uit ons onderzoek is gebleken dat dit niet een haalbaar streven is op dit moment. Om een autarkische wijk te worden zal de wijk afgesloten moeten worden van het gasnetwerk en zal het alle elektriciteit die de wijk consumeert ook zelf op moeten wekken. Mede gezien de huidige isolatiegraad van de woningen, de demografie van de wijk (gemiddeld laag inkomen) en ook een gebrek aan infrastructuur en ruimte is het op basis van dit onderzoek niet aan te raden om te veel te focussen op het worden van een zelfvoorzienende wijk. Wel heeft ons onderzoek aangetoond dat er mogelijkheden liggen om de randvoorwaarden te verbeteren om zo (stap voor stap) toe te werken naar een duurzamere -en wellicht uiteindelijk in de toekomst zelfvoorzienende- Oosterpoort.
Deze mogelijkheden doen zich voornamelijk voor in het eerste door ons geschetste scenario, eventueel in combinatie met groen gas. Voor de bewonersgroep zal het dus van op de korte termijn van belang zijn om de bewoners in de wijk bewust te maken van de voordelen van isolatie, aangezien veel duurzame oplossingen afhankelijk zijn van een degelijke isolatie. Een vervolgstap (en voor reeds voldoende geïsoleerde woningen een eerste stap) is het aanmoedigen van de installatie van warmtepompen in de Oosterpoort. Dit zal erin resulteren dat de hoeveelheid aardgas stevig terugdringt maar zal ook leiden tot een toename in elektriciteitsverbruik. Parallel aan de tweede stap, zou de derde stap dan kunnen zijn om de opwekking van energie door middel van zonne-energie en windenergie te stimuleren om zo de toename in elektriciteitsverbruik op te vangen. Daarnaast is er voor de bewoners die een warmtepomp niet zo zien zitten ook de mogelijkheid om groen gas in te kopen om zo ook een aanzienlijke reductie van de uitstoot te realiseren.

Bij de geformuleerde stappen is uitgebreid rekening gehouden met de gegevens van de wijk, onder andere de huizenvoorraad, infrastructuur en gemiddelde inkomen. Wij hopen dat ons onderzoek de bewoners van de Oosterpoort en de bewonersgroep in het bijzonder meer informatie geeft om toe te werken naar een stevige reductie in haar uitstoot en hopen dat de conclusies en aanbevelingen hiertoe enkele handvatten bieden.

Tot slot is het belangrijk te vermelden dat er aanvullend onderzoek nodig zal zijn om de uiteindelijke doelen met betrekking tot het worden van een CO□-neutrale wijk te behalen. Omwille van de tijd hebben wij ons onderzoek af moeten kaderen en is ervoor gekozen om de bewonersgroep een totaalbeeld te schetsen door het uitwerken van verscheidene scenario's. Echter, ieder van deze scenario's zou genoeg zijn voor een onderzoek op zich, te meer door het feit dat de technologische ontwikkelingen zich ook snel opvolgen en de situatie kan veranderen. Voor de korte termijn zijn wij van mening dat de bewonersgroep er verstandig aan doet om de bewoners meer te informeren over het belang van isolatie, het gebruik van warmtepompen, de opwekking van zonne- en windenergie en de mogelijkheden om groen gas in te kopen. Daarbij zou een nader punt van onderzoek kunnen zijn of de bewoners welwillend openstaan voor deze methoden en in hoeverre deze methodes nu al gebruikt worden.

Bijlage A

Percentage woningen met warmtepomp in de wijk	**Isolatie (muur, glas, dak) kosten + installatie kosten**	**Extra stroomverbruik (KwH)**	**Besparing gasverbruik (m3)**	**Totaal energieverbruik wijk** oud = 5.312.790 KwH per jaar 3.373.200 m3 per jaar
15%	1. Isolatie = € 5600 per woning. 2. installatie = €2995 per woning = €7595	959*(3740*.15) = 537.999	379*(3740*.15) = 212.619	nieuw= 5.850.789 KwH per jaar 3.160.581 m3 per jaar
25%	1. Isolatie = € 5600 per woning. 2. installatie = €2995 per woning = €7595	959*(3740*.25) = 896.676	379*(3740*.25) = 354.365	nieuw= 6.209.466 KwH per jaar 3.018.835 m3 per jaar
50%	1. Isolatie = € 5600 per woning. 2. installatie = €2995 per woning = €7595	959*(3740*.50) = 1.793.330	379*(3740*.50) = 708.730	nieuw= 7.106.120 KwH per jaar 2.664.470 m3 per jaar

Bronvermelding

BAG. 2018. *Adressen: Bouwperiode van Panden.* 07 01. Accessed 11 21, 2019. https://allecijfers.nl/buurt/oosterpoort-groningen/.

CBS-statline, (2019) percentages duurzame energie. Bekeken 11 december 2019 https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80030ned/table?fromstatweb

Cijfers over wonen en bouwen, 2016 Ministerie van Binnenlandse zaken https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/04/11/cijfers-over-wonen-en-bouwen-2016

Consumentenbond, (2019). terugverdientijd zonnepanelen. Bekeken 14 december 2019 https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/terugverdientijd-zonnepanelen

Consumentenbond, (2019). zonnepanelen kiezen. Bekeken 14 december 2019 https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/kiezen

Dubbelglas-weetjes, (2019). Bekeken 11 december 2019 https://www.dubbelglas-weetjes.nl/dubbel-glas-prijzen/

Duurzaamnieuws, (2016). beleid naar aardgasloze wijken. Bekeken 5 december 2019 https://www.duurzaamnieuws.nl/gas-af-2-beleid-naar-aardgasloze-wijk/

E.A.Z. Wind. Product. Bekeken 14 december 2019. http://www.eazwind.com/nl/product-new-3/

Energiebesparen.nl, stadsverwarmte of een warmtepomp? (2018) Bekeken 14 december 2019 https://www.samenenergiebesparen.nl/nieuws/stadsverwarming-of-een-warmtepomp-alle-kosten-baten-voor-en-nadelen-op-een-rij/

Energieleverlanciers.nl. (2019). Opbrengst zonnepanelen. Bekeken 11 december 2019. https://www.energieleveranciers.nl/zonnepanelen/opbrengst-zonnepanelen

Engie-energie.nl. (2019). Een warmtepomp in een oud huis. Bekeken 26 november 2019. https://www.engie-energie.nl/blog/duurzaam-leven/20190612/warmtepomp-oud-huis

Groengas.nl (2019). Bekeken 14 december 2019 https://groengas.nl/groen-gas/wat-is-groen-gas/

Grunneger Power, (2019). *Oosterpoortwijk.* [Online] Available at: https://grunnegerpower.nl/actieve-buurten/oosterpoort/ [Accessed 12 2019].

Grunneger Power, (2019). *word klant.* [Online] Available at: https://grunnegerpower.nl/word-klant/ [Accessed 12 2019].

Homan, M. (2018). Je huis aansluiten op een warmtenet? Dit zijn de voor- en nadelen. Bekeken 4 december 2019

https://www.rtlz.nl/algemeen/binnenland/artikel/4428626/warmtenet-gas-woning-aansluiting-klimaat-duurzaamheid

Hoogeveen.nl (2019). Waterstofwijk Hoogeveen. Bekeken 17 december 2019 https://www.hoogeveen.nl/waterstof

Jorna, J. (2017). De voor en nadelen van een warmtenet. Hier.nu. Bekeken 31 november 2019. https://www.hier.nu/themas/investeren-in-je-huis/voor-en-nadelen-van-een-warmtenet

Kiwa, (2018). toekomstbestendig gasdistributienetten. Bekeken 4 december 2019 https://www.netbeheernederland.nl/_upload/RadFiles/New/Documents/Kiwa%20-Toekomstbestendige%20gasdistributienetten%20-%20GT170272%20-%202018-07-05%20-D.._.pdf

Klimaatexpert, 2018. Stadsverwarmen of een warmtepomp: Alle kosten, baten, voor- en nadelen op een rijtje. Bekeken 20 november 2019 https://www.samenenergiebesparen.nl/nieuws/stadsverwarming-of-een-warmtepomp-alle-kosten-baten-voor-en-nadelen-op-een-rij/

Luchies, Arjan, interview by Hedwig Rinsma. 2019. *Verduurzamingsplannen Nijestee* (November 21).

Middel, M. (2019). Paddepoel verwarmen wordt best lastig. NRC. Bekeken 17 december 2019 https://www.nrc.nl/nieuws/2019/10/23/paddepoel-verwarmen-wordt-best-lastig-a3977802

Milieucentraal, (2019). Combi en hybride warmtepomp. Bekeken 20 november 2019 https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/warmtepomp-combi-en-hybridewarmtepomp/

Milieucentraal, (2019). Energiezuinig huis volledige warmtepomp.. Bekeken 20 november 2019 https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/volledige-warmtepomp/

Milieucentraal. (2019). Kleine windmolens. Bekeken 13 december 2019. https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/windenergie/kleine-windmolens/

Milieucentraal. (2019). Warmtenet: verwarmen zonder aardgas. Bekeken 30 november 2019. https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/wonen-zonder-aardgas/warmtenet-verwarmen-zonder-aardgas/

Milieucentraal. (2019). Windenergie. Bekeken 14 december 2019. https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/windenergie/#winddelen

Moraga, Mulder & Perey, 2019. Future markets for renewable gases & hydrogen. Bekeken op 5 december 2019. https://www.cerre.eu/sites/cerre/files/cerre_futuremarketsforrenewablegasesandhydrogen.pdf

Nijestee. (2019). *Oosterpoort.* Accessed November 21, 2019. https://www.nijestee.nl/over-nijestee/organisatie-en-verantwoording/organisatie-en-bestuur .

Rijksdienst Ondernemend Nederland. (2019). *Ontwikkelingen BENG.* Accessed 11 21, 2019. https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/ontwikkelingen-beng.

Rijksoverheid. Warmteatlas. Bekeken 30 november 2019
http://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2

Rijksoverheid. Warmtenetten. Verduurzaming warmtevoorziening. Bekeken 30 november 2019. https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/verduurzaming-warmtevoorziening/warmtenetten

Rijksoverheid. Welke regels voor windmolens vlakbij woonwijken. Bekeken 14 december 2019. https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/geluidsoverlast/vraag-en-antwoord/welke-regels-gelden-er-voor-het-plaatsen-van-windmolens-vlakbij-een-woonwijk

Slimster, dakisolatie, (2019). Bekeken 7 december 2019
https://slimster.nl/isolatie/kosten-isoleren/dakisolatie/

Takkenkamp-isolatie.nl, (2019). Kosten spouwmuurisolatie. Bekeken 1 december 2019. https://www.takkenkamp-isolatie.nl/spouwmuurisolatie-kosten/

Van der Wilt, P. Terugverdientijd zonnepanelen. Consumentenbond. Geplaatst op 5 augustus 2019. https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/terugverdientijd-zonnepanelen**.**

Vergroenjegas, (2019) Bekeken 14 december 2019
https://www.vergroenjegas.nl/groen-gas

Vertogas, (2019) Bekeken 17 december 2019
https://www.vertogas.nl/hoofdmenu/wat-doet-vertogas

Volkskrant, (2018) De beste manier om energie te besparen? Bekeken 1 december 2019
https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/de-beste-manier-om-energie-te-besparen-niet-een-warmtepomp-maar-hysterisch-goed-isoleren~beb04ec6/

Voordewereldvanmorgen, (2019). Hoe werkt waterstof? Bekeken op 26 november 2019. https://www.voordewereldvanmorgen.nl/duurzame-blogs/hoe-werkt-waterstof

Warmtepompplein.nl (2017). warmtepomp in een slecht geïsoleerd huis? Bekeken 25 november 2019
https://warmtepompplein.nl/een-warmtepomp-in-een-slecht-geisoleerde-woning-kan-dat/

WarmteStad. Bekeken 30 november 2019. https://warmtestad.nl/duurzame-energie/wko/

WISE, (2019), Stroomdossier : Kolen. Bekeken 14 december 2019. https://wisenederland.nl/groene-stroom/dossier-kolen