EINDRAPPORTAGE

RUIMTELIJKE VERKENNING ENERGIETRANSITIE MRA

In opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Provincie Noord-Holland in samenwerking met Provincie Flevoland en Metropoolregio Amsterdam (MRA)

25 april 2017

marco.broekman
urbanism research architecture

posad
SPATIAL STRATEGIES

ECN
Your energy. Our passion.

Provincie Noord-Holland

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Provincie Flevoland

metropool regioamsterdam

marco.broekman
urbanism research architecture

Studio-adres: Groenhoedenveem 22
1019 BL Amsterdam

Postadres: Veembroederhof 272
1019 HC Amsterdam

Telefoon: +31 20 7372085
+31 6 24802493

Email: info@marcobroekman.com

Website: www.marcobroekman.com

BTW nr: NL162071267B01
KvK nr: 62069608
IBAN: NL11 TRIO 0198 0573 50

posad
SPATIAL STRATEGIES

Binckhorstlaan 36
2516 BE Den Haag

Telefoon: +31 (0)70 322 28 69

mail@posad.nl

Website: www.posad.nl

ECN
Your energy. Our passion.

Radarweg 60
1043 NT Amsterdam

Telefoon: +31 (0)88 5154244

Website: www.ecn.nl

Inhoud

Samenvatting **04**

1 Inleiding **08**
1.1 Aanleiding
1.2 Doel studie
1.3 Methode en proces
1.4 Leeswijzer

2 Analyse **18**
2.1 Uitgangspunten
2.2 Energievraag 2040
2.3 Potentieel per bron
2.4 Initiatieven en ontwikkelingen
2.5 Conclusie analyse

3 Perspectieven **44**
3.1 Inleiding
3.2 Grand design
3.3 Maximaal decentraal
3.4 Energie volgt ruimte
3.5 Conclusie perspectieven

4 Deelstudies **66**
4.1 Energiemilieus
4.2 Stedelijke types
4.3 Landschappelijke types
4.4 Haven en Schiphol

5 Agenda **106**
5.1 Potentieel volgens energiemilieus
5.2 Overall conclusies
5.3 Handelingsperspectieven

Bronnen **124**

Colofon **125**

Bijlage **126**
- Achtergrondberekeningen
- Kaartenatlas
- (energie per potentieel)

Samenvatting

Deze verkenning naar de ruimtelijke effecten van de energietransitie brengt de omvang van deze opgave in de Metropoolregio Amsterdam in beeld. In een dynamisch, groeiend en sterk verstedelijkt gebied heeft de overgang naar een hernieuwbaar energiesysteem grote gevolgen en grote impact op andere ruimtelijke opgaven zoals verstedelijking, mobiliteit, leefbaarheid, landschap en economische ontwikkeling. Om die in beeld te brengen is in opdracht van het Directeurenoverleg Ruimte MRA (DO MRA) en het Bestuurlijk Platform Ruimte MRA (PRO MRA) in de periode oktober 2016 tot en met maart 2017 deze verkenning uitgevoerd naar de mogelijkheden en gevolgen van de energietransitie en de manier waarop die in de MRA gestalte kan krijgen. Uitgangspunt vormde vraag in hoeverre en op welke manier het mogelijk is aan de energievraag in de MRA in 2040 te voorzien middels de inzet van hernieuwbare energie. In deze verkenning is ontwerpend onderzoek gekoppeld aan het mobiliseren en delen van kennis in brede intersectorale ateliers. De conclusies uit dit traject zijn belangrijke aandachtspunten voor zowel toekomstig energie- als RO-beleid in de MRA:

a. De opgave is groot: de grote en diversiteit van de energievraag én de grote druk op beschikbare ruimte, die het hernieuwbaar opwekken daarvan met zich mee brengt, maken dat een ambitie van100% op het grondgebied van de MRA opgewekte hernieuwbare energie in 2040 niet realistisch is.
b. De ruimtelijke effecten van de energietransitie zijn vanwege de benodigde ruimte en de bijbehorende maatregelen voor zowel opwek, besparing, opslag en transport van energie tot 2040 een van de majeure ruimtelijke vraagstukken voor de MRA.
c. Hoewel de invulling van de energievraag met hernieuwbare energie binnen de grenzen van de MRA vooralsnog niet realistisch lijkt, is het schaalniveau van de Metropoolregio wel degelijk relevant voor de energietransitie. Een aanpak van de energietransitie in MRA-verband maakt regionale energie- en besparingsopgaven door schaalvoordelen behapbaar en kan specifieke kansen die de regio biedt, in zicht.
   Met de uitkomsten van deze verkenning kunnen de kernopgaven waar de MRA vanuit het perspectief van de energietransitie komt te staan meer specifiek worden benoemd. Die liggen op het vlak van het versnellen en vergroten van energiebesparing, de inpassing van mogelijkheden voor energieopwekking en de aanpassing en de vernieuwing van de energie-infrastructuur.

d. Alleen door een integrale aanpak in MRA-verband en door het verbinden van de energie-opgave aan een aantal andere grote opgaven zoals verstedelijking, bereikbaarheid, economische ontwikkeling, landschapsverbetering kunnen de grote kansen die de energietransitie voor de MRA kan betekenen worden verzilverd.

Belangrijke randvoorwaarden voor de energietransitie die bij de presentaties van de resultaten steeds in de aansluitende discussie terugkwam, geen onderdeel uitmaakt van dit onderzoek, maar wel als belangrijk worden gezien in het vervolgtraject: innovatie, ruimte voor experimenten en het beschikken over voldoende en deskundig personeel om opgave te realiseren.
In deze rapportage is vastgelegd hoe deze conclusies tijdens het onderzoekstraject en de ateliers tot stand zijn gekomen. Middels ontwerpend onderzoek met de energievraag en de potenties om (een deel daarvan) hernieuwbaar op te wekken als uitgangspunt zijn de ruimtelijke opgaven, kansen en knelpunten van de energietransitie concreet gemaakt. Daarbij is inzichtelijk gemaakt hoe de energietransitie de specifieke kansen die de MRA, zoals zijn compacte woon- en werkmilieus en zijn haven- en logistieke complexen kan benutten en verbindingen kan aangaan met de andere regionale ruimtelijke ambities en opgaven. De dwarsverbanden tussen verschillende opgaven zijn in beeld gebracht in gebiedsuitwerkingen die in het vervolg op deze verkenning kunnen leiden tot concrete voorstellen voor regionale acties door samenwerkende partners in de MRA. Naast aanknopingspunten voor een regionaal energieprogramma wordt zijn er ook specifieke gebiedsopgaven zoals het grondgebied van de luchthaven Schiphol, de logistieke west-as, de Greenport Aalsmeer en de haven- en bedrijvencomplexen in het, Noordzeekanaalgebied inclusief Tata Steel waarvoor een nadere uitwerking van het gedachtengoed van de Verkenning wenselijk is.
Belangrijk in het proces van tot stand komen van deze verkenning waren twee energie-ateliers in de regio waaraan een brede vertegenwoordiging van partijen heeft deelgenomen, zoals gemeenten, netbeheerders, kennisinstellingen, initiatiefnemers van energieprojecten en bedrijfsleven. In deze ateliers is niet alleen kennis opgehaald en gedeeld maar zijn bouwstenen voor het verhaal van de energietransitie in de MRA opgehaald en is een begin gemaakt met het

creëren van benodigd draagvlak bij verschillende partijen het op gang brengen van de noodzakelijke samenwerking.

Vervolg

De voorlopige resultaten van de verkenning zijn in aangepaste vorm in maart 2017 gepresenteerd aan diverse MRA-overleggen zoals het DO Ruimte en de PHO's duurzaamheid en landschap. De conclusies en aanbevelingen zijn in samenspraak met de opdrachtgevers en het projectteam in de vorm van een ambtelijke oplegger op 15 maart 2017 besproken en vastgesteld door het BP Ruimte MRA.

De verkenning biedt een aantal aanknopingspunten om te komen tot een regionale energiestrategie/-programma op het schaalniveau van de MRA. Het vormt daarmee de uitwerking van actiepunt 4.8 uit de MRA Actieagenda. Er is echter nog een stap nodig om de meest kansrijke vondsten uit dit onderzoek te vertalen in regionale ambities, afspraken en projecten voor de korte en middellange termijn. In een komend afsluitend atelier met de deelnemers aan de eerdere bijeenkomsten zal worden gebruikt om de belangrijkste aanbevelingen te concretiseren. De uitkomsten van dit atelier kunnen op hun beurt weer de basis vormen van een regionale energiestrategie voor de MRA op de lange termijn.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Diverse overheden instanties/overheidsorganisaties in Nederland hebben ambities geformuleerd of vastgesteld over de transitie van de energievoorziening naar hernieuwbaar energie. Uit het debat rond bijvoorbeeld de inpassing van wind- en zonne-energie weten we inmiddels dat deze omschakeling/transitie grote ruimtelijke consequenties heeft. Dit geldt niet alleen voor de opwekking van duurzame energie maar ook in toenemende mate voor de realisatie van capaciteit voor energieopslag en -transport. Bovendien zullen er, omdat er sprake is van een transitie, lange tijd twee systemen (energie uit fossiele bronnen en volledig hernieuwbaar) naast elkaar bestaan. De ruimtelijke impact van de (duurzame) energievoorziening zal daarom de komende jaren substantieel toenemen. De Ruimtelijke inpassing van duurzame energie is een omvangrijke, grotendeels nieuwe opgave voor de ruimtelijke ordening. De Metropoolregio Amsterdam (MRA) wil verkennen wat de regionale potentie is voor de energietransitie-doelstellingen van het Rijk en welke mogelijkheden er regionaal zijn om deze doelstellingen binnen het grondgebied van de MRA te behalen

In het PRO (Platform Ruimtelijke Ordening MRA) en HRO (Hoofden Ruimtelijke Ordening MRA) is medio juni 2015 besloten tot het:

1. In beeld brengen van de energietransitie-opgave binnen de MRA.

2. Verkennen van een aantal ambitieniveaus en perspectieven.

3. Verkennen van de mogelijkheden om de energietransitie daadwerkelijk in gang te zetten, inclusief de wijze van organiseren.

Nieuws Cultuur & Leven deVolkskrant
Opinie
Nieuwe regering moet van energietransitie prioriteit maken
Energiebeleid
OPINIE Creëer een minister voor economie, klimaat en energie voor samenhang in het beleid.

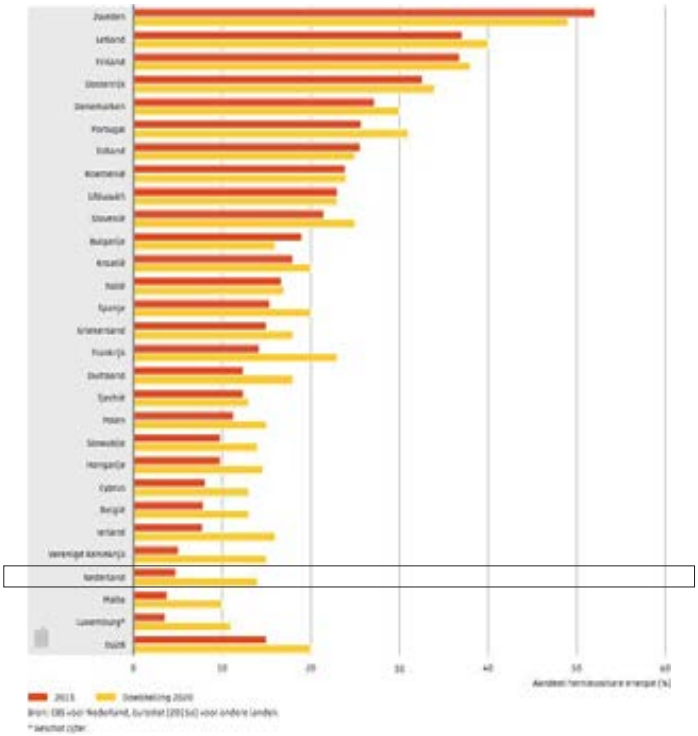
Bron: deVolkskrant, 26 oktober 2016

Nieuws Cultuur & Leven deVolkskrant
Politiek
Steeds meer weerstand tegen windmolens
De laatste twee jaar zijn in Nederland meer dan 135 stichtingen en actiecomités opgericht die strijden tegen de aanleg van windmolenparken in hun omgeving. De omwonenden komen in verzet tegen de geluidsoverlast, horizonvervuiling en de daling van de waarde van hun woning door de bouw van hoge windmolens.

Bron: deVolkskrant, 24 april 2014

Voor het proces van de ‘Verkenning Energietransitie MRA’ is opdracht gegeven door de provincie Noord-Holland en het ministerie van I&M. De formulering van de opdracht, de organisatie en de bestuurlijke terugkoppeling zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de gemeente Amsterdam en de provincie Flevoland. De aanpak is voor een belangrijk deel gebaseerd op de eerdere ervaringen van het ministerie van I&M met regionale Energie en Ruimte ateliers in meerdere regio’s in Nederland. Het ministerie wil de ruimtelijke kant van de energietransitie inzichtelijk maken (kansen en impact) én inzicht geven in de impact van de energietransitie-opgave in relatie tot de rol van het Rijk voor Ruimte (o.a. in NOVI en MIRT). Het Plan van Aanpak Verkenning Energietransitie MRA is op 10 maart 2016 gepresenteerd aan het HRO-MRA. Het HRO-MRA heeft ingestemd met het uitzetten van een opdracht. Met deze opdracht naar de ruimtelijke impact van de Energietransitie in de MRA wordt invulling gegeven aan het verkennen van mogelijkheden om de doelstellingen van het Rijk zoals vastgelegd in onder andere de Energieagenda (2016), het Nationaal Energieakkoord (2013) en de Energiedialoog (2016) te behalen. Omdat dit onderzoek een verkenning betreft is aansluiting gezocht bij de hoofdlijnen van het energiebeleid zoals zijn opgenomen in de Energieagenda. Deze verkenning zal moeten bijdragen aan een nog op te stellen regionale energiestrategie voor de Metropoolregio Amsterdam.

Het consortium van marco.broekman urbanism research architecture, Posad en ECN hebben in opdracht van provincie Noord-Holland en Ministerie van Infrastructuur en Milieu gewerkt aan dit proces ‘Verkenning Energietransitie MRA’.



Aandeel hernieuwbare energie in bruto energetisch eindverbruik
Bron: www.fluxenergie.nl/14529/

1.2 Doel studie

Doelstelling en beoogd resultaat
Vergroten van kennis over de opgave en aard van de energietransitie in de MRA tot en met 2040 op bestuurlijk niveau, door het inventariseren van meerdere ruimtelijk-economische ambitieniveaus voor het gebruik van hernieuwbare energie in elk van de sectoren (huishoudens, gebouwen, industrie, transport en landbouw). Tevens het in beeld brengen van de ruimtelijke consequenties van de transitie naar duurzame energie in de MRA. Het doel is om uiteindelijk te komen tot een gezamenlijke inzet in een regionale energiestrategie voor de MRA.

Te onderzoeken vragen zijn:
- Wat het invullen van de energievraag van de MRA met hernieuwbare energie ruimtelijk betekent. Wat betekent het ruimtelijk om de energievraag van de MRA hernieuwbaar in te vullen?
- Of energie ook een ruimtelijke organiserend principe kan worden.
- Welke kansen er daarbij liggen en welke dilemma's we stuiten.
- Welke mogelijke uitwegen er zijn.
- Wat de energietransitie betekent voor de verschillende betrokken partijen?

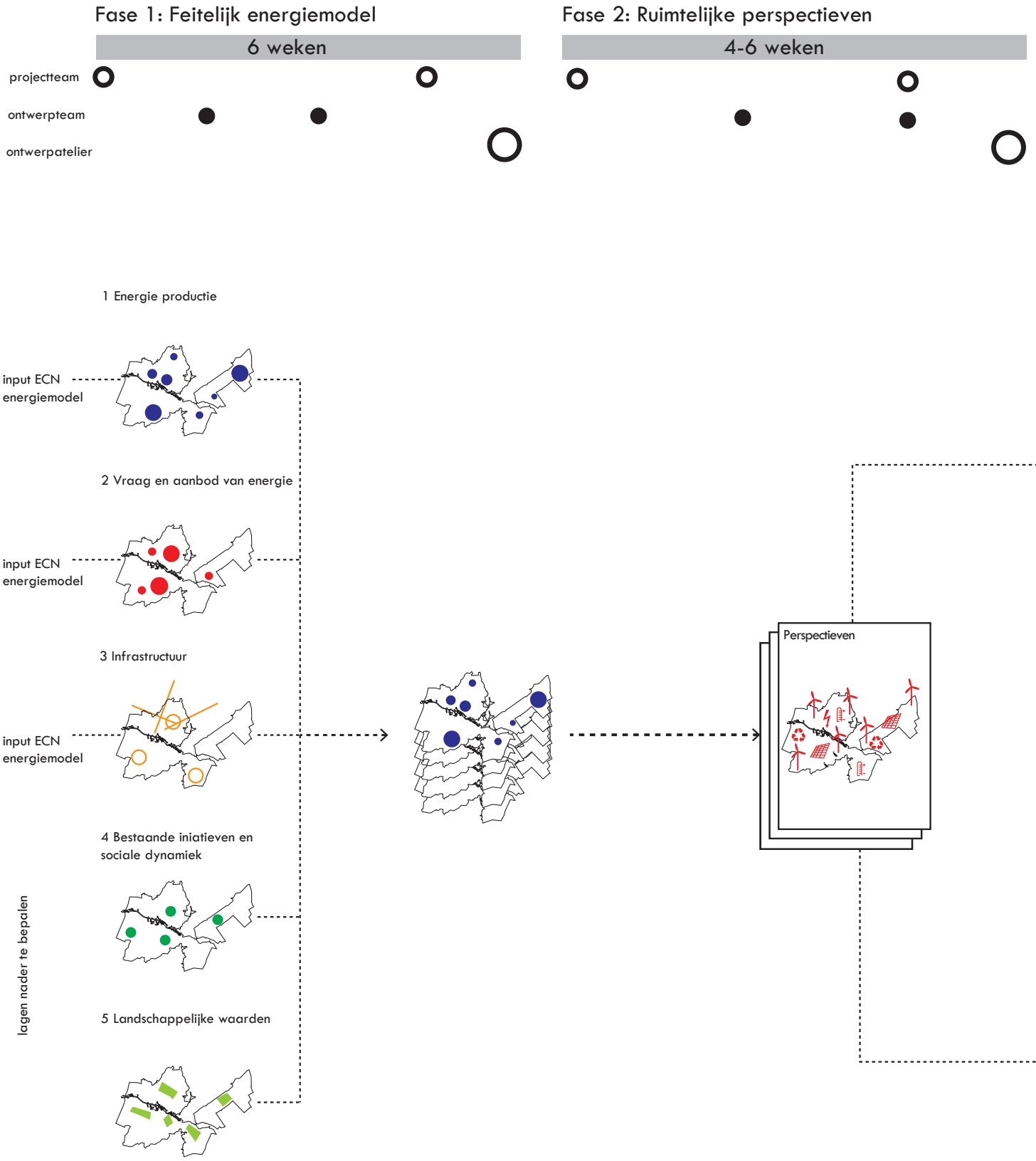
Het doel van deze studie is niet te onderzoeken hoe de regio energieneutraal kan worden op "eigen" MRA-grondgebied. MRA is een relevant schaalniveau om deze studie te doen om diverse redenen (bestuurlijk, samenhangende regio, relatie met andere domeinen), maar niet per se de schaal waarop we netto energieneutraal moeten/kunnen worden. Een uitkomst kan daarom zijn dat een deel van de energie elders vandaan zal moeten komen.

Het eindresultaat van deze verkenning moet aansluiten op/vormt de basis voor actie 4.8 uit de regionale actie-agenda voor de MRA, het opstellen van een regionale energiestrategie. Op basis van de uitkomsten van de studie is het mogelijk om acties te benoemen om te komen tot een uitgewerkte gezamenlijke ambitie en aanpak voor de energietransitie in de MRA. Het eindresultaat wordt ter besluitvorming voorgelegd aan het DO Ruimte en het BP Ruimte van de MRA.

Beoogde resultaten zijn:
- Betoog over de wijze waarop de energietransitie in de MRA gestalte kan krijgen vanuit een onderbouwde en heldere analyse.
- Ruimtelijke verbeelding van de mogelijkheden van de energietransitie.
- Vertaling van ruimte naar mogelijk beleid.
- Verkenning als instrument voor een dialoog met het Rijk en de regio.
- Definitie van specifieke opgaven voor een verdere uitwerking.

Hernieuwbare energie: windenergie

Hernieuwbare energie: zonenergie


Fase 1: Feitelijk energiemodel
6 weken
Fase 2: Ruimtelijke perspectieven
4-6 weken
projectteam
ontwerpteam
ontwerpatelier
1 Energie productie
input ECN energiemodel
2 Vraag en aanbod van energie
input ECN energiemodel
3 Infrastructuur
input ECN energiemodel
4 Bestaande iniatieven en sociale dynamiek
5 Landschappelijke waarden
lagen nader te bepalen
Perspectieven

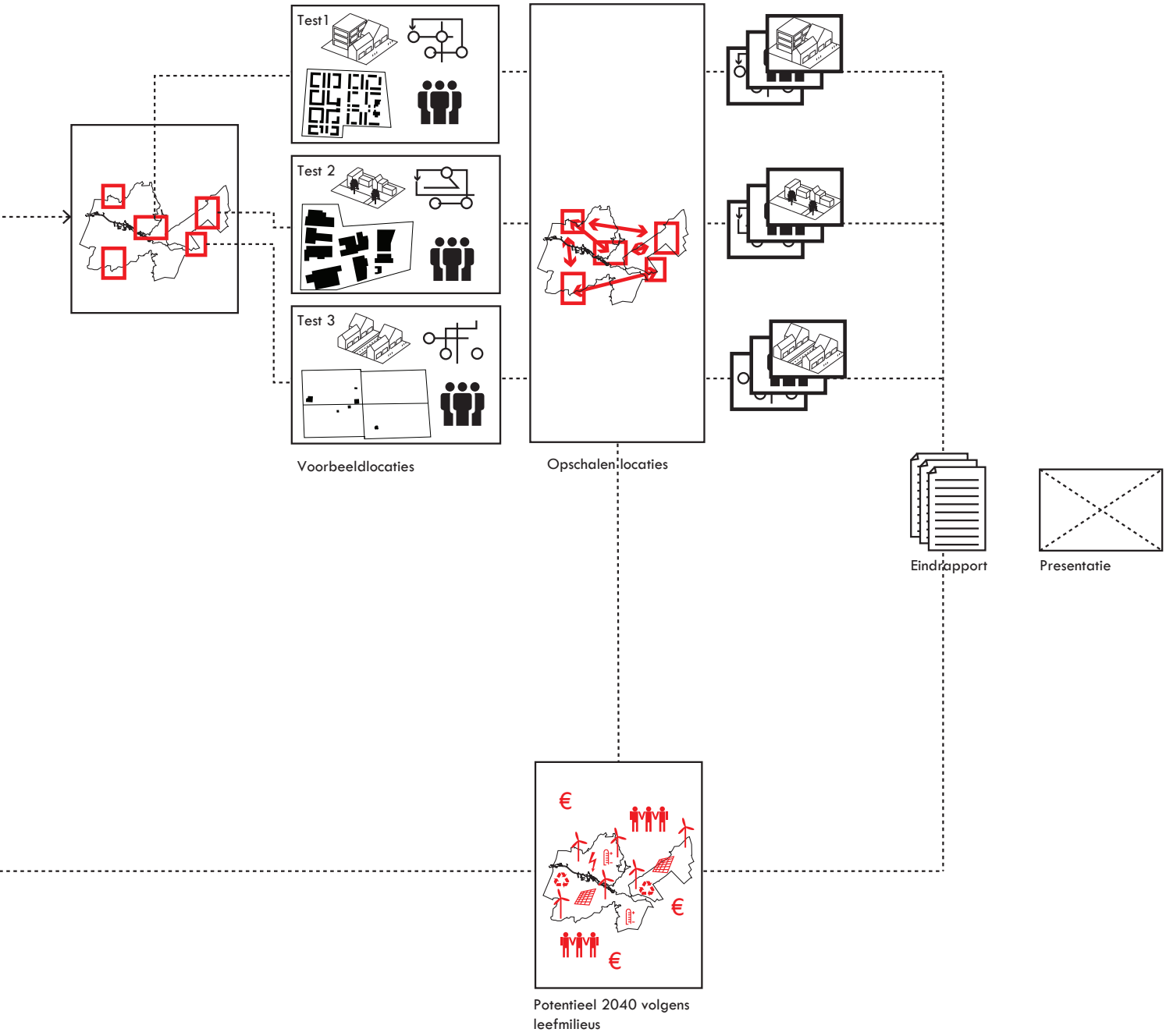
Proces

Fase 3: Bundelen van de verkenning

4-6 weken

Fase 4: Afronding

4 weken



1.3 Methode en proces

In de eerste fase van het proces is door het projectteam onderzoek gedaan om tot een feitelijk energiemodel te komen en de ruimtelijke mogelijkheden te verkennen voor het MRA-gebied. De ontwikkeling van de energievraag tot en met 2040 en de mogelijke besparings- en hernieuwbare energieopties zijn in kaart gebracht. ECN heeft gerekend aan de toekomstige energievraag en POSAD aan het potentieel voor hernieuwbare energie-opwek. Op basis van de uitkomsten en de discussie met aanwezige relevante stakeholders zijn er tijdens het eerste atelier drie kansrijke regionale perspectieven bedacht/tot stand gekomen. Deze perspectieven zijn niet bedoeld als uitgewerkte scenario's voor de energietransitie, maar dienen als leidraad voor het onderzoeken van kansrijke manieren voor de aanpak daarvan/van de energietransitie in de MRA.

Tijdens de tweede fase heeft het projectteam de perspectieven ruimtelijk onderzocht/in kaart gebracht door middel van kaarten, diagrammen en visualisaties. Deze fase resulteerde in het tweede atelier met verschillende betrokken partijen, waar de ruimtelijke perspectieven zijn aangescherpt. De resultaten en overwegingen zijn door het projectteam doorgenomen om zo te komen tot een aantal relevante deeluitwerkingen waarin de specifieke kansen voor energietransitie zijn onderzocht, verbeeld en doorgerekend.

Fase drie stond in het teken van het bundelen van de verkenning en het maken van/komen tot conclusies. De verschillende voorbeeldlocaties (in stedelijk respectievelijk landelijk gebied) zijn door middel van een ontwerpend onderzoek uitgewerkt om de specifieke ruimtelijke kansen inzichtelijk te kunnen maken. Op basis hiervan is een kaart potentieel 2040 ontwikkeld die is gebaseerd op de gezamenlijke onderzochte potentie van de uitwerkingen verschillende leefmilieus.

Uiteindelijk is deze rapportage gemaakt, dat helder weergeeft wat de uitkomsten van de studie zijn en wat de vervolgstappen zijn om te komen tot een gezamenlijke ambitie en aanpak van de energietransitie in de MRA. Uiteindelijk is deze rapportage gemaakt om helder weer te geven wat de uitkomsten van de studie zijn en welke vervolgstappen nodig zijn om te komen tot een gezamenlijke ambitie en aanpak van de energietransitie in de MRA.

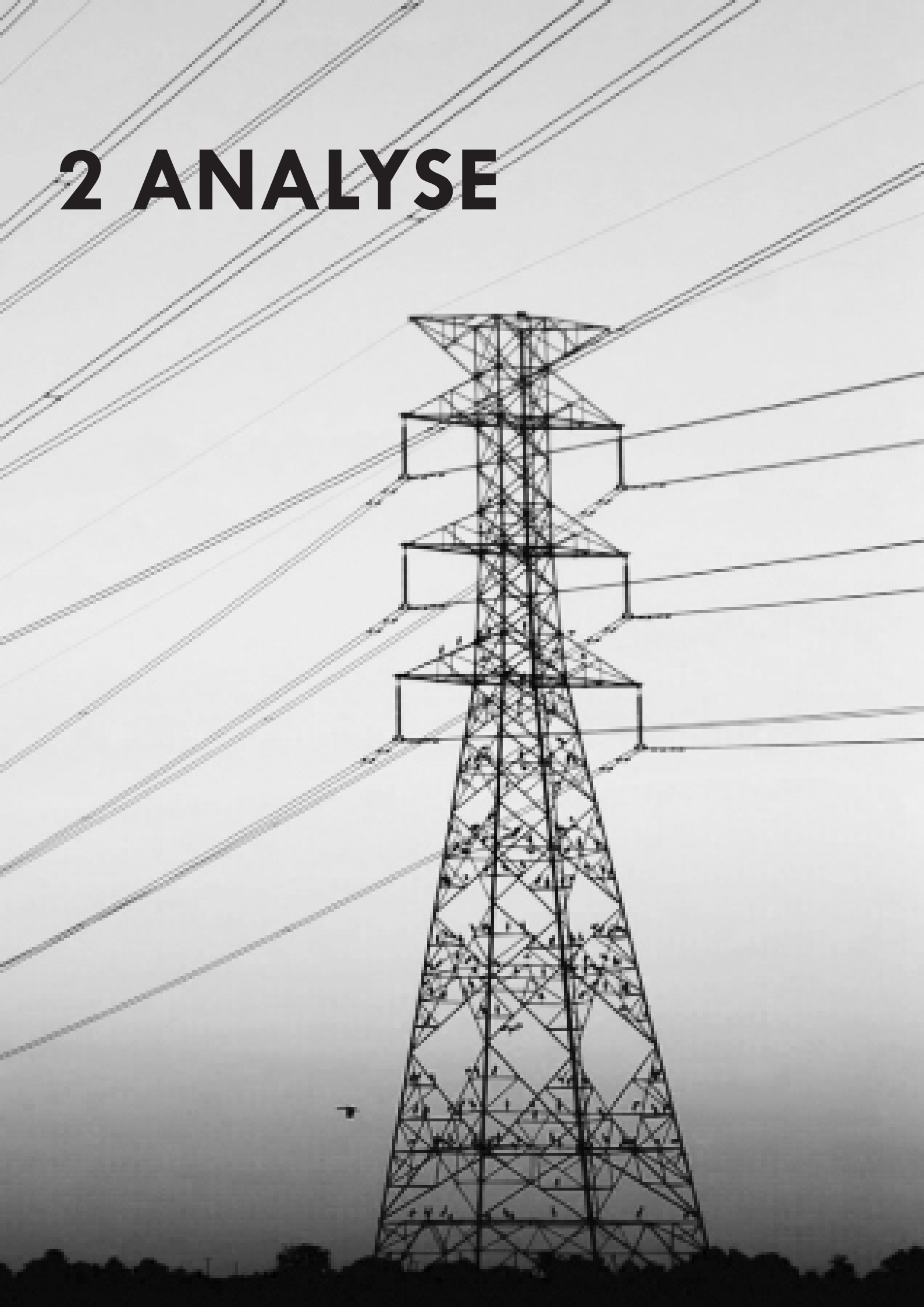
Brainstorm atelier 2

1.4 Leeswijzer

Deze rapportage beschrijft het proces dat voor de verkenning is doorlopen. Hoofdstuk 1 “Inleiding” licht de aanleiding en het doel van de studie toe. Hoofdstuk 2 ‘’Analyse” beschrijft de eerste fase waarin het regionaal energiemodel werd uitgewerkt en de discussie daarover tijdens het eerste atelier. In hoofdstuk 3 “Perspectieven” licht toe welke perspectieven zijn onderzocht en hoe die ruimtelijk zijn verbeeld. Ook worden de conclusies uit de discussie tijdens het tweede atelier toegelicht. Hoofdstuk 4 “Deelstudies” bevat de deeluitwerkingen van een aantal voorbeeld locaties in zogenaamde ‘tegels. En ook bevat het ontwerpend onderzoek naar de kansen van de energietransitie op die plekken/locaties. Hoofdstuk 5 “Agenda” maakt de balans op van het proces en de resultaten en vertaalt die in concrete aanbevelingen en acties voor een vervolgtraject. Dit hoofdstuk kan als opmaat dienen om te komen tot een gezamenlijke ambitie en aanpak van de energietransitie in de MRA. Een groot deel van de berekeningen en verkenningen door ECN en POSAD naar onder andere het regionale energiemodel is tot slot in de bijlagen gevoegd.
In de bijlage zijn tot slot een groot deel van de berekeningen en verkenningen door ECN en POSAD naar onder andere het regionale energiemodel voor de MRA bijgevoegd.

Brainstorm tijdens atelier 1

2 ANALYSE



2.1 Uitgangspunten

In de eerste fase is een analyse gemaakt van het regionale energiemodel. In het energiemodel onderzoeken we enerzijds wat de energievraag zal zijn in 2040 op basis van verschillende ambities ten aanzien van besparing; anderzijds bekijken we welke mogelijkheden er zijn om de toekomstige energievraag met regionaal opgewekte hernieuwbare energie in te vullen.

Om te bepalen wat de ruimtelijke effecten van de energietransitie zullen zijn in 2040 moeten we zowel het toekomstig energiegebruik als het ruimtebeslag en potentieel van hernieuwbare energietechnieken in de toekomst in beeld hebben. De hernieuwbare technieken komen aan bod in deze paragraaf en paragraaf 2.3. In 2.2 gaan we in op de verwachte ontwikkeling van het regionaal energiegebruik. Als startpunt voor het toekomstig energieverbruik in de MRA is het in verschillende energiedragers en sectoren uitgesplitste energiegebruik van Nederland in 2012 gebruikt. Dit is consistent met eerdere berekeningen voor Flevoland[1] en Noord-Holland[2]. Met behulp van regionale gegevens per eindgebruikssector (huishoudens, diensten, transport, industrie en landbouw) is het gezamenlijke verbruik in de 32 gemeenten van MRA vastgesteld. Alleen het zogenaamde finale verbruik is in beeld gebracht; omzettingen van de ene vorm van energie in de andere, zoals bijvoorbeeld elektriciteitsopwekking in centrales, is buiten beschouwing gebleven. Ook het non-energetisch verbruik zoals dat bij de staalproductie voorkomt is niet meegenomen (het energetisch verbruik van de staalindustrie is wel meegenomen). Het toekomstig elektriciteitsverbruik is wel geraamd, maar hoe die wordt opgewekt speelt in de bepaling van het toekomstige finaal verbruik geen rol. Het energetisch verbruik door internationaal scheep- en luchtvaartverkeer is ook niet meegenomen, omdat dit verbruik niet exclusief aan de MRA kan worden toegerekend.

Omdat we uitgaan van de bestaande situatie resulteert deze aanpak in toekomstige hoeveelheden van de energiedragers die nu gebruikt worden. Voor een groot deel zijn dat fossiele brandstoffen. Het streven is dat in 2040 de invulling van de vraag naar energie er veel minder gebruik van fossiele brandstof en zal worden gemaakt. Het helpt daarom de energievraag uit te drukken in warmte van hoge- en van lage-temperatuur (voor respectievelijk de industrie en de gebouwde omgeving), elektriciteit en energie voor transport zoals dat is gedaan door de Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur, in het rapport "Rijk zonder CO_2"[3]. Deze indeling in verschillende energiemodaliteiten is ook overgenomen in de nationale Energieagenda van 2016.

Het toekomstig verbruik is enerzijds gebaseerd op de ontwikkeling van de energie-efficiëntie per toepassing die gelden voor heel Nederland (zoals beschreven in de Nationale Energieverkenning) en anderzijds de specifieke ontwikkelingen binnen de MRA, zoals bijvoorbeeld de groei van het aantal woningen, die afwijken van de nationale trends/zorgen voor afwijkingen van de nationale trends. Als de efficiëntie niet zal toenemen, zal het energiegebruik evenredig toenemen met de energie gebruikende activiteiten, maar omdat er efficiëntieverbeteringen optreden zal het verbruik minder snel groeien of daalt het zelfs. Er zijn twee besparingsvarianten doorgerekend, één met gematigde energiebesparing en één met, bij inzet van beschikbare technologieën, maximaal haalbare energiebesparing, zoals ingeschat door sectorexperts van ECN. Het invullen van het energiegebruik met hernieuwbare energie, wat veel ruimtegebruik tot gevolg heeft, wordt natuurlijk makkelijker als er minder energievraag overblijft. Het is gebruikelijk om in dit soort projecties van energiegebruik te beperken tot beschikbare technieken zodat er geen verbruiksdalingen worden geraamd waarvoor nog niet bestaande technieken moeten worden ingezet. Het is een enigszins conservatieve aanpak, maar de projectie met maximale besparing gaat wel tot het uiterste van

---

[1] *Verkenning Energetisch Potentieel Flevoland 2050, ECN-E--15-024 (2015)*

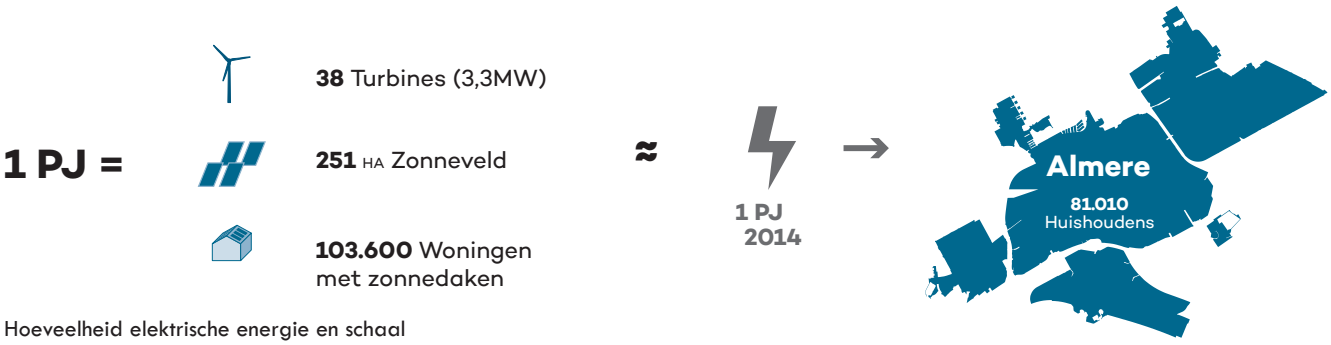
[2] *Perspectieven op een volledig hernieuwbare energievoorziening in Noord-Holland, ECN-E--16-018 (2016)*

[3] *Rijk zonder CO_2: Naar een duurzame energievoorziening in 2050, Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2015*

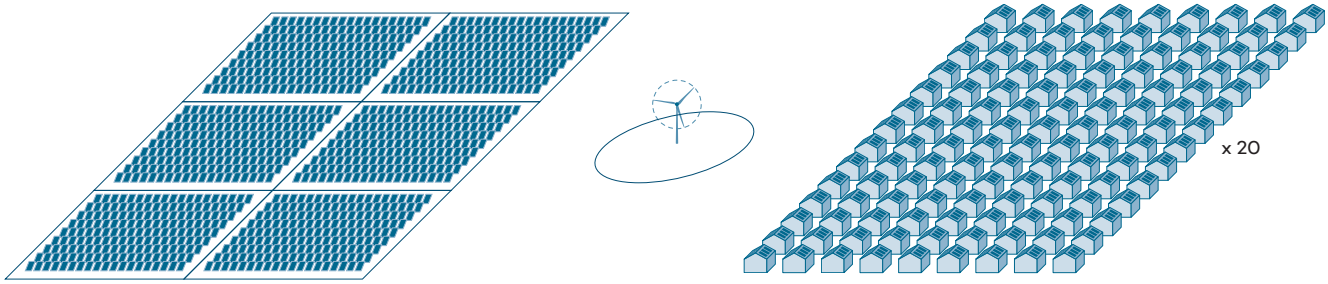
kilo (k)	$*10^3$
mega (M)	$*10^6$
giga (G)	$*10^9$
tera (T)	$*10^{12}$
peta (P)	$*10^{15}$

1 J/sec	Watt (W)
3.600.000 J	kilowattuur (kWh)
31,65MJ/m^3	Aardgasequivalent (a.e.)
MW_{th}	Megawatt **thermisch** vermogen
MW_e	Megawatt **elektrisch** vermogen

Eenheden



Hoeveelheid elektrische energie en schaal



6 ha Zonneveld

1 Turbine
3MW

2500 Woningen met zonnedaken

Bron	Landgebruik	Ha.	TJ
Zonne-akker	enkelvoudig	1	4
Windturbine 2,3 MW	meervoudig	7	4
Biomassa teelt energiegewassen	enkelvoudig	21	4
Zonne-daken gebouwde omgeving	meervoudig	22	4
Biomassa co-vergisting runderenmest (50 koeien)	enkelvoudig	20	4
Biomassa co-vergisting akkerbouw	enkelvoudig	198	

Hoeveelheid elektrische energie en schaal

wat met de huidige techniek mogelijk wordt geacht. Voor vrachtwagens voor de lange afstand wordt bijvoorbeeld elektriciteit nu nog niet als realistische optie gezien, terwijl biobrandstof en waterstof wel haalbaar worden geacht. Vijfentwintig/Drieëntwintig jaar vooruitkijken gaat gepaard met onzekerheden; er zullen ongetwijfeld technieken beschikbaar komen die nu nog onbekend zijn. Het zou dus kunnen dat we verder kunnen komen met het terugdringen van het energieverbruik dan in deze verkenning is geraamd, maar deze verkenning gaat uit van een ambitieus én haalbaar/realistisch scenario.

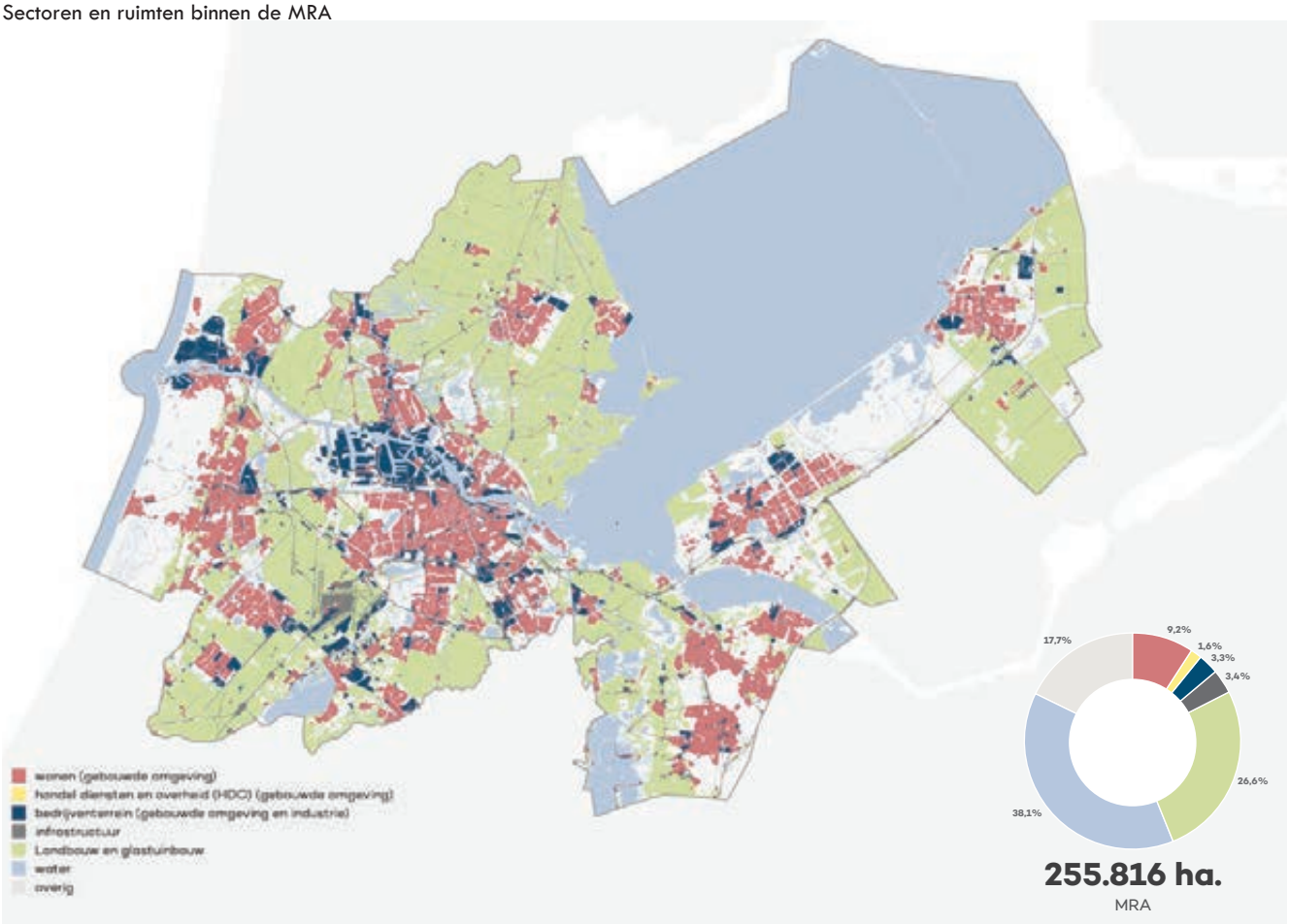
Eenheden

In deze studie wordt in termen van energieverbruik of -opwek gerekend in petajoules (PJ). Om een gevoel te geven voor de maat en schaal van deze energie-eenheid is het goed om te bedenken dat 1 petajoule ongeveer gelijk staat aan de jaarlijkse energieproductie van 38 windturbines van 3,3 MW[4], 251 hectare aan zonnevelden[5] of het elektrisch energiegebruik van 103.600 woningen. Dit laatste is ongeveer hetzelfde als het elektriciteitsverbruik van alle woningen in een stad als Almere in één jaar. Alle energiehoeveelheden worden voor dit onderzoek uitgedrukt in PJ tenzij anders vermeld.

Hernieuwbare energie

Wat is hernieuwbare energie? We spreken van hernieuwbare energie als deze uit niet-fossiele energiebronnen komt die constant worden aangevuld. “Energie uit hernieuwbare niet-fossiele bronnen, namelijk: wind, zon, geothermische, hydrothermische energie en energie uit de oceanen, wa-terkracht, biomassa, stortgas, gas van rioolzuiveringsinstallaties en biogassen.”[6]

Sectoren en ruimten binnen de MRA

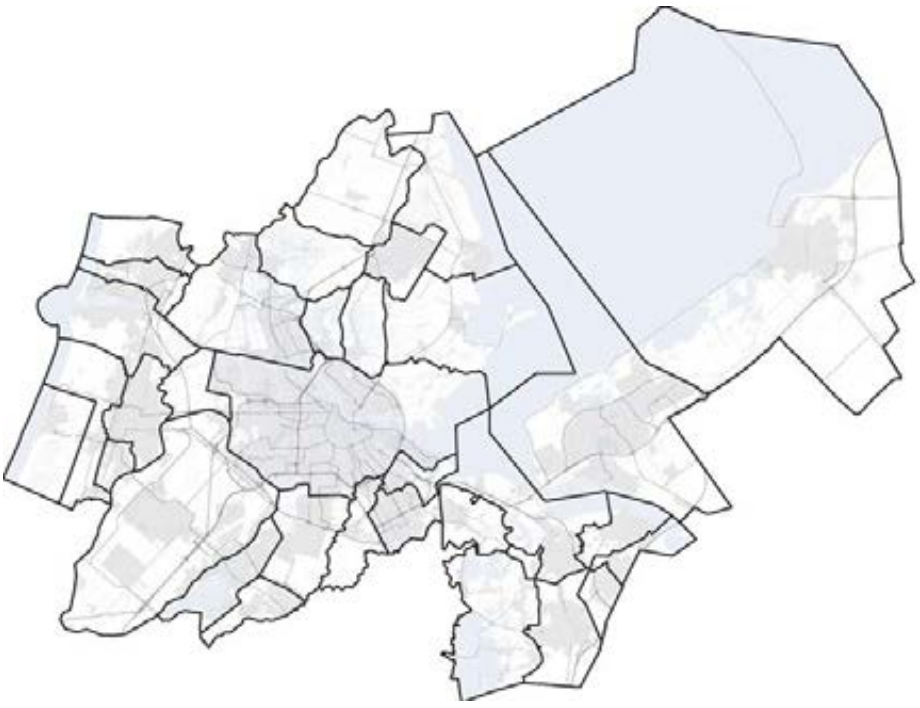


Energieneutraal
Bij energieneutraliteit (in tegenstelling tot klimaatneutraliteit) wordt ervan uit gegaan dat de productie van duurzame energie gelijk staat aan het totale verbruik.

Energieverbruik en opwekking – Finaal gebruik
Voor het ontwikkelen van de scenario's is het van belang om te weten wat het energieverbruik in de regio is. Er bestaan drie verschillende methoden om energieverbruik en -opwekking te meten.

1. Primaire energiemethode/ input methode: hierbij wordt gerekend met de hoeveelheid energie die het systeem ingaat voordat deze wordt omgezet in bruikbare energie. Dit is de energie die direct aan de bron geproduceerd wordt.
2. Bruto eindgebruik/finaal energetisch gebruik: hierbij wordt gerekend met de energie die bij de eindgebruiker terecht komt, inclusief verliezen door omzetting naar bruikbare energie en transportverliezen. Hierin is 'niet-energetisch gebruik' zoals energie die in aardolie zit voor plastics, niet meegenomen. Het bruto eindverbruik is zo'n 40% lager dan de primaire input.
3. Substitutiemethode/vermeden fossiel: bij deze methode wordt de hoeveelheid finale energie omgerekend naar de hoeveelheid energie die nodig zou zijn als de benodigde energie van conventionele fossiele bronnen afkomstig zou zijn. Hierdoor is het makkelijker om verschillende energiedragers en -bronnen met elkaar te vergelijken.

Gemeentegrenzen binnen de MRA



[4] Bij een windsnelheid onder de 7m/s en 2.240 vollasturen
[5] Bij panelen met een piekvermogen van 245 W en 850kWh/kWp. 2 rijen panelen onder een hoek van 15 graden en onderlinge afstand tussen 2 rijen 4,3 meter.
[6] Energie uit hernieuwbare niet-fossiele bronnen zoals beschreven in artikel 1 van de Europese richtlijn Energie (RED) uit Hernieuwbare bronnen (Protocol monitoring hernieuwbare energie, 2015).

In dit onderzoek wordt gerekend met het bruto eindverbruik, methode 2. Deze methode is gekozen omdat deze het beste aansluit bij EU-richtlijnen en de beschikbare informatiebronnen per gemeente. Bovendien is deze voor stakeholders in de regio het meest tastbaar. Indien op onderdelen een andere methode wordt gebruikt, is dit expliciet aangegeven.

2040 – Hoe komen we daar?
De in deze rapportage besproken scenario's zijn ontworpen voor/met als eindpunt 2040. Er is gekozen voor 2040 omdat dit aansluit bij de termijn/ambities van de regionale MRA-actieagenda, waarvoor dit onderzoek als uitwerking dient. Wat betekent dit? Welke op stapel liggende woningbouwprojecten nemen we wel mee en welke niet? Welke andere grote projecten zijn dan waarschijnlijk gerealiseerd? De gehanteerde uitgangspunten zijn:

Clean sheet
Voor alle scenario's geldt dat e hernieuwbare bronnen zijn ingetekend volgens het clean sheet principe tenzij anders vermeld. Dat wil zeggen dat voor bijvoorbeeld windturbines deze allemaal in het jaar 2040 geplaatst worden en dat nu bestaande windturbines allemaal komen te vervallen.

Handelingsperspectief
Vanuit het 2040 'clean sheet' perspectief wordt aangegeven hoe we daar zouden kunnen komen en welke stappen we moeten nemen om de transitie in gang te zetten.

Grens Metropoolregio Amsterdam
Voor alle scenario's geldt dat deze zich volledig binnen de grens van de metropoolregio Amsterdam bevinden. Dit betekent bijvoorbeeld dat alleen biomassastromen binnen deze regio benut kunnen worden. Wel kan de import van biomassastromen worden meegenomen als mogelijk aanvullende maatregel, met een compensatie van import van fossiele brandstoffen/ fossiel import door export van hernieuwbare energie.

Vliegvelden en zeehavens
Bunkerbrandstoffen van de verschillende vliegvelden en zeehavens in de MRA worden niet toegerekend aan de energievraag van de regio.

Scenario's
Voor het energiegebruik met besparing en voor de opwekking van hernieuwbare energie werken we met een aantal scenario's. Bij de opwekking van hernieuwbare energie kijken we naar een business as usual-scenario en een 'theoretisch' maximaal scenario. Voor energiebesparing worden onderstaande scenario's gehanteerd.

1. Scenario 'gematigd intensieve besparing'
Het is onmogelijk om een exacte voorspelling te doen voor lange termijn ontwikkelingen. Scenario's zijn daarom ook geen voorspellingen, maar mogelijke toekomstbeelden die uitgaan van bepaalde vooronderstellingen. Bij het 'gematigd intensieve besparing'-scenario gaan we uit van een beperkte aanscherping van besparingsmaatregelen ten opzichte van het voorgenomen beleid, zoals beschreven in de Nationale Energieverkenning. Dit resulteert in een energiegebruik in 2040 dat door volumegroei, beperkte structuurveranderingen en beperkte energiebesparing lager zal zijn dan in het basisjaar 2012.

- Volumegroei is b.v. de ontwikkeling van het aantal huishoudens of voertuigkilometers.
- Structuurverandering is b.v. een verschuiving in het gebruik van transportmiddelen zoals een toename van het gebruik van fietsen en een afname van het gebruik van auto's/ fietsen en minder autorijden.
- Energiebesparing is b.v. de hoeveelheid benzine die nodig is per autokilometer.

2. Scenario 'maximale besparing'
Voor het scenario 'maximale besparing' wordt een sterke intensivering van de energiebesparing aangenomen. In dat scenario zal het verbruik in 2040 verder dalen dan in het scenario met gematigd intensieve besparing en blijft dus een kleiner verbruik over dat met hernieuwbare energie moet worden ingevuld.

NNN/Natura2000
Er wordt aangenomen dat in 2040 geen nieuwe Natura2000 en NNN (Natuur Netwerk Nederland) gebieden worden aangewezen.

2.2 Energievraag 2040

Er zijn twee verbruiksscenario's opgesteld, één met gematigd intensieve en één met maximale energiebesparing. Voor beide scenario's is dezelfde groei van de energie gebruikende activiteiten verondersteld, zoals het aantal woningen bij huishoudens, het vloeroppervlak van gebouwen in de dienstensector, het afgelegde aantal kilometers door personenauto's en vrachtwagens, de omvang van de productie in de industrie en landbouw. Aangenomen wordt dat alle nieuwe gebouwen vanaf 2020 energieneutraal worden gebouwd.
De aannamen voor de energiebesparing in beide scenario's zijn in de tabel hieronder weergegeven.

Het totale energiegebruik in 2012 en in 2040 bij de twee scenario's is weergegeven in figuur 1 en 2. 2040 froz geeft het fictieve verbruik weer dat zou optreden als er geen efficiëntieverbetering zou zijn en het verbruik meegroeit met het activiteitenniveau. 2040scenario geeft in de scenario's het verbruik weer bij matig intensieve besparing en maximale besparing.

Het finaal verbruik van energiedragers voor warmte, elektriciteit en transport in de verschillende sectoren in 2040 in deze twee scenario's is afgebeeld in figuur 3 en 4.

Energietoepassingen bij de huishoudens
De energievoorziening voor woningen bestaat voornamelijk uit lage-temperatuur warmte voor ruimteverwarming en elektriciteit voor verlichting en elektrische apparaten. De groei van het aantal woningen gaat uit van cijfers uit de Primos-prognose van ABF Research t/m 2040. Dit levert 1,35 miljoen huishoudens in 2040 op. Zonder energiebesparing zou de toename van het aantal huishoudens betekenen dat het energiegebruik van de sector huishoudens zou stijgen, maar door extra besparingsmaatregelen aan te nemen neemt het energieverbruik toch af. Bij de huishoudens is er in het scenario met gematigd intensieve besparing van uitgegaan dat alle woningen energielabel B hebben, bij het scenario met maximale besparing geldt dat alle woningen minstens energielabel A+ hebben. Woningen zullen in de toekomst veel beter geïsoleerd zijn. Door de betere isolatie is er minder behoefte aan energie voor ruimteverwarming. Ook is/wordt er bespaard op het elektriciteitsverbruik door zuiniger apparaten en verlichting. Warmtepompen zijn een aantrekkelijke verwarmingsmethode voorgoed geïsoleerde woningen. Het elektriciteitsverbruik zal dan ook toenemen door meer verwarming door middel van elektrische warmtepompen. Het energiegebruik in 2040 bij gematigd intensieve besparing is afgebeeld in figuur 3; in figuur 4 is het verbruik bij maximale besparing te zien.

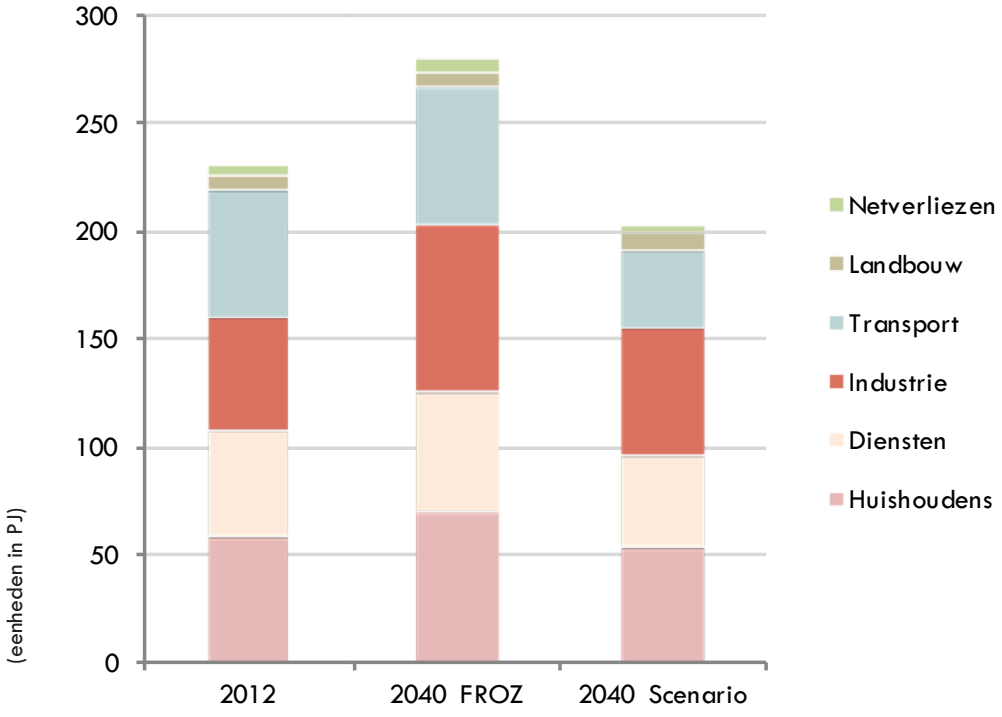
Besparing aannames

	Besparing medium	**Besparing maximaal**
Huishoudens	Alle woningen naar label B	Alle woningen naar label A+
Diensten	Alle maatregelen t/m terugverdientijd 10 jaar	Alle maatregelen t/m terugverdientijd 20 jaar
Industrie	1% besparing/jaar	1,5% besparing/jaar
Transport	80% personenauto's elektrisch	100% personenauto's elektrisch
Land- en tuinbouw	geen verschil, heel klein	geen verschil, heel klein

Aangenomen maatregelen voor energiebesparing in de verschillende sectoren in 2040 voor het scenario met gematigd intensieve besparing en voor het scenario met maximale energiebesparing

Energietoepassingen in de dienstensector
De verbruikstoepassing van de dienstensector lijkt op dat van de huishoudens. Het verbruik van elektriciteit is in verhouding hoger. In de dienstensector is het totaal vloeroppervlak van gebouwen als maat voor het energiegebruik gebruikt. De groei van het vloeroppervlak van diensten volgt de groei in het landelijk beeld dat in de Nationale Energieverkenning uit 2014 is gebruikt, met een extrapolatie tot 2040. Dat leidt tot een groei van het vloeroppervlak van 43 miljoen m^2 in 2012 tot 52 miljoen m^2 in 2040. Zonder energiebesparing zou dit leiden tot een meegroeiend energieverbruik, maar door aan te nemen dat er extra op besparing wordt ingezet komt het verbruik met gemiddeld intensive besparing uit op wat in figuur 3 is te zien, en bij maximale besparing in figuur 4. Bij diensten is in het scenario met gemiddeld intensieve

Energievraag 2040 | Gematigd intensieve besparing
figuur 1



Gematigd intensieve besparing [PJ]	**2012**	**2040 FROZ**	**2040 Scenario**
Huishoudens	58,9	69,2	53,3
Diensten	49,1	55,6	42,4
Industrie	51,8	77,7	58,7
Transport	59,5	64,0	37,2
Landbouw	7,2	7,6	7,3
Netverliezen	4,4	5,2	4,6
TOTAAL	230,8	279,3	203,4

Het energiegebruik kan dalen - Totale energievraag per sector in PJ bij gematigd intensieve energiebesparing. 2040 FROZ geeft het verbruik in 2040 weer in de hypothetische situatie waarin er geen energiebesparing plaatsvindt na 2012, het verbruik stijgt in dit geval evenredig met de activiteiten; 2040 Scenario geeft het verbruik weer bij gematigd intensieve energiebesparing.

besparing aangenomen dat alle energiebesparende maatregelen met een terugverdientijd tot 10 jaar zijn genomen, en in het scenario met maximale besparing alle energiebesparende maatregelen met een terugverdientijd tot 20 jaar. Dat is beduidend meer dan wat nu in het Energieakkoord is afgesproken, want daarbij geldt een grens voor terugverdientijd van 5 jaar. Ook in de dienstensector zal door betere isolatie en inzet van warmtepompen minder energie nodig zijn voor ruimteverwarming. Net als bij huishoudens leidt dit tot minder vraag naar energiedragers voor lage-temperatuurwarmte en tot meer elektriciteitsverbruik. Een deel van de ruimteverwarming zal ook worden ingevuld met een hernieuwbare techniek die goed tot zijn recht komt in de dienstensector: warmte-/koudeopslag en/of ondiepe geothermie.

Energievraag 2040 | Maximale besparing
figuur 2

Maximale besparing [PJ]	**2012**	**2040 FROZ**	**2040 Scenario**
Huishoudens	58,9	69,2	42,8
Diensten	49,1	55,6	40,6
Industrie	51,8	77,7	50,9
Transport	59,5	64,0	30,4
Landbouw	7,2	7,6	7,3
Netverliezen	4,4	5,2	4,1
TOTAAL	230,8	279,3	176,2

Het energiegebruik kan verder dalen - Totale energievraag per sector in PJ bij maximale energiebesparing. 2040 FROZ geeft het verbruik in 2040 weer in de hypothetische situatie waarin er geen energiebesparing plaatsvindt na 2012, het verbruik stijgt in dit geval evenredig met de activiteiten; 2040 Scenario geeft het verbruik weer bij maximale energiebesparing.

Energietoepassingen in de industrie

Het energieverbruik van de industrie bestaat voor het grootste deel uit hoge temperatuur warmtegebruik, bijvoorbeeld voor toepassing in chemische processen of de basismetaalindustrie. De productiegroei in de industrie volgt de toename van de toegevoegde waarde uit de nationale energieverkenning 2014, die voor de periode na 2030 is geëxtrapoleerd. Dit leidt tot een groei van de productie van 45% in 2040 ten opzichte van 2012. Zonder energiebesparingsmaatregelen zou het energieverbruik meegroeien met de omvang van de productie, maar door aan te nemen dat extra wordt bespaard is het verbruik lager dan in 2012 zoals is te zien in figuur 3 en 4. Binnen de industrie wordt een zeer groot aantal verschillende processen toegepast waardoor het niet zinvol is er bepaalde processen uit te lichten. We beschouwen daarom alleen het totaalbeeld. Voor de energiebesparing in de industrie is in het scenario met gematigd intensieve besparing aangenomen dat het energiebesparingstempo zal oplopen naar 1% per jaar, in het scenario met maximale besparing 1,5% per jaar. Dat laatste tempo is zo'n 50% meer dan wat de afgelopen jaren is gerealiseerd. Levering van restwarmte door de industrie telt overigens mee als energiebesparing, niet als hernieuwbare warmte.

Bepaalde vormen van het huidige fossiele energieverbruik zijn moeilijker door hernieuwbare

Gematigd intensieve besparing
figuur 3

Huishoudens	2012	2040
warmte lage temp	47,6	40,0
elektriciteit	11,3	13,3
motorbrandstoffen	0	0
TOTAAL	58,9	53,3

Diensten	2012	2040
warmte lage temp	26,9	17,3
elektriciteit	22,2	25,1
motorbrandstoffen	0	0
TOTAAL	49,1	42,4

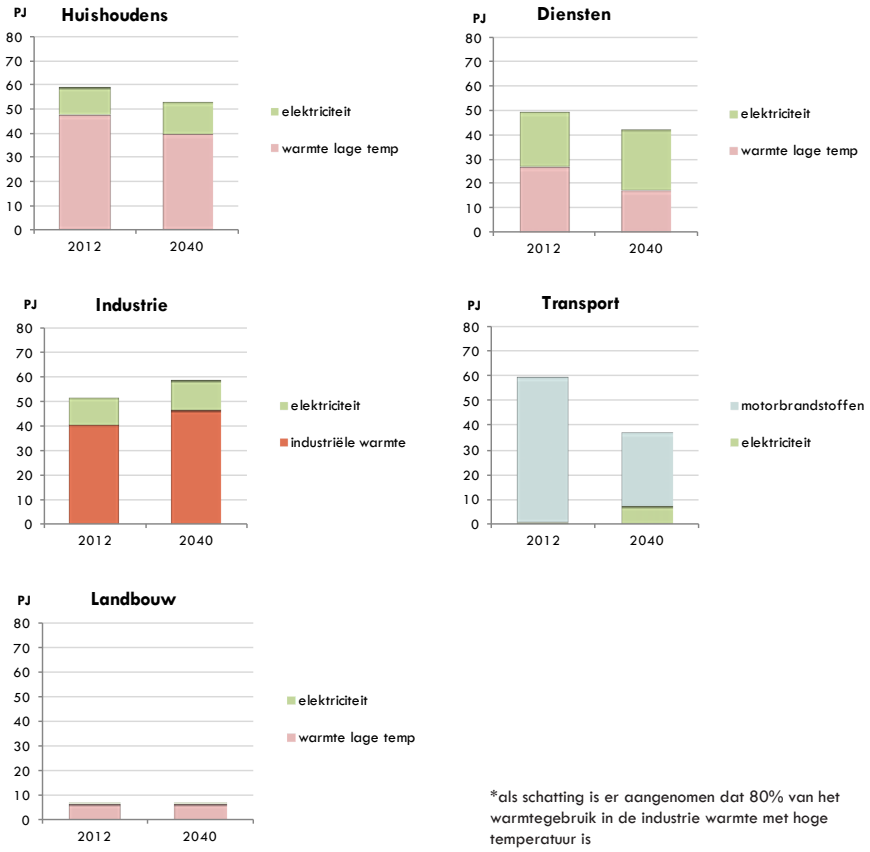
Industrie	2012	2040
industriële warmte	40,4	46,5
elektriciteit	11,4	12,1
motorbrandstoffen	0	0
TOTAAL	51,8	58,6

Transport	2012	2040
warmte	0	0
elektriciteit	0,7	7,5
motorbrandstoffen	58,8	29,7
TOTAAL	59,5	37,2

Landbouw	2012	2040
warmte lage temp	6,5	6,5
elektriciteit	0,7	0,7
motorbrandstoffen	0	0
TOTAAL	7,2	7,2

Energie (netverliezen)	4,4	4,6

TOTAAL	230,9	203,3



*als schatting is er aangenomen dat 80% van het warmtegebruik in de industrie warmte met hoge temperatuur is

Het verbruik kan dalen in drie grote sectoren - Energieverbruik per sector voor de verschillende toepassingen warmte, elektriciteit en motorbrandstoffen bij gematigd intensieve energiebesparing. Het totaal elektriciteitsverbruik en het elektriciteitsverbruik in de vier grootste sectoren stijgt.

alternatieven te vervangen, zoals bijvoorbeeld het kolenverbruik in de staalproductie. Dit beperkt de mogelijkheid om de energievoorziening binnen de grenzen van de MRA volledig te verduurzamen. Het grootste potentieel voor hernieuwbare energie binnen de MRA is namelijk dat voor elektriciteit uit wind en zon. Voor warmte met hoge temperatuur en zwaar wegverkeer is biomassa nodig, en daarvan is onvoldoende beschikbaar binnen de MRA om aan de vraag naar warmte en transportbrandstoffen te kunnen voldoen. Technologische ontwikkelingen kunnen dat beeld veranderen, maar de toepassing van nieuwe technologieën is vooralsnog te onzeker om ze in deze studie mee te nemen.

Energietoepassingen voor transport

Op dit moment bestaat het energieverbruik van de transportsector nagenoeg volledig uit motorbrandstoffen zoals benzine en diesel. Het aandeel elektrische auto's groeit de laatste jaren snel, maar is vooralsnog zeer klein. De groei van transportkilometers is gebaseerd op de groei van personenkilometers uit de Nationale Energieverkenning 2014, met extrapolatie tot 2040. Dit betekent een groei van 19% in 2040 ten opzichte van 2012. Als er niet op het energiegebruik zou worden bespaard zou het verbruik meegroeien met de afgelegde kilometers. Door aan te nemen dat er extra wordt bespaard is het verbruik in 2040 toch lager dan in 2012, zoals in figuur 3 en 4 is te

Maximale besparing
figuur 4

Huishoudens	**2012**	**2040**
warmte lage temp	47,6	27,2
elektriciteit	11,3	15,7
motorbrandstoffen	0	0
TOTAAL	58,9	42,9

Diensten	**2012**	**2040**
warmte lage temp	26,9	15,5
elektriciteit	22,2	25,1
motorbrandstoffen	0	0
TOTAAL	49,1	40,6

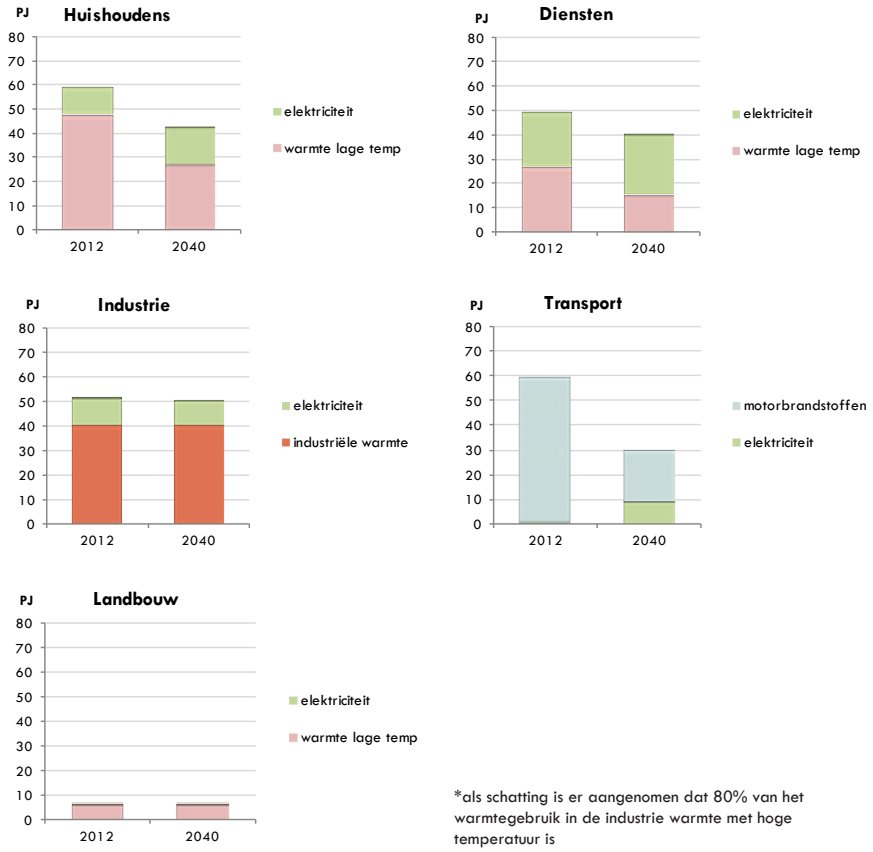
Industrie	**2012**	**2040**
industriële warmte	40,4	40,4
elektriciteit	11,4	10,5
motorbrandstoffen	0	0
TOTAAL	51,8	50,9

Transport	**2012**	**2040**
warmte	0	0
elektriciteit	0,7	9,0
motorbrandstoffen	58,8	21,4
TOTAAL	59,5	30,4

Landbouw	**2012**	**2040**
warmte lage temp	6,5	6,5
elektriciteit	0,7	0,7
motorbrandstoffen	0	0
TOTAAL	7,2	7,2

Energie (netverliezen)	4,4	4,1

TOTAAL	**230,9**	**176,1**



*als schatting is er aangenomen dat 80% van het warmtegebruik in de industrie warmte met hoge temperatuur is

Het verbruik kan dalen in de vier grootste sectoren - Energieverbruik per sector voor de verschillende toepassingen warmte, elektriciteit en motorbrandstoffen bij maximale energiebesparing. Het totaal elektriciteitsverbruik en het elektriciteitsverbruik in drie grote sectoren stijgt.

zien. Bij de transportsector is er in het scenario met gematigd intensieve besparing van uitgegaan dat 80% van alle personenauto's in 2040 elektrisch is, en bij maximale besparing 100%. Hierdoor neemt het verbruik van energie voor transport sterk af. Per kilometer is namelijk veel minder elektriciteit nodig dan motorbrandstof, omdat de verbrandingsmotor veel meer energie verliest in de vorm van warmte dan een elektromotor met accupakket. De overgebleven motorbrandstoffen zijn bestemd voor het vrachtverkeer.

Energietoepassingen in de landbouw
Een groot deel van het energieverbruik in de landbouw vindt plaats in kassen, in de vorm van verlichting en vooral lage-temperatuur warmte voor verwarming en CO_2.Voor de groei van de energie-gerelateerde activiteiten in de land- en tuinbouw is aangenomen dat deze aansluit op de nationale ontwikkelingen van het areaal glastuinbouw zoals die in de Nationale Energieverkenning 2014 is beschreven. In de land- en tuinbouw zijn op nationale schaal geen ingrijpende veranderingen in areaal glastuinbouw voorzien, het gaat om een groei van 5%. De aangenomen besparingsmaatregelen hebben geen groot effect op de vraag naar warmte en elektriciteit. Een in de glastuinbouw goed toepasbare hernieuwbare energievorm is geothermie. Ook restwarmte kan worden ingezet en geldt dan als energiebesparing voor zowel de leverancier als de afnemer.

Maximale energiebesparing vergt grote inspanningen
De energiebesparing in de eindgebruikssectoren zoals die hierboven is beschreven, en die is gebruikt voor het opstellen van de uiteindelijke perspectieven, is geen autonome ontwikkeling. Deze energiebesparing bereiken zal grotere (beleids-)inspanningen vergen dan die van het huidige nationale en Europees beleid. De regionale overheden kunnen bijdragen aan besparing in de industrie en bij bedrijfsgebouwen in de dienstensector door de Wet Milieubeheer streng te handhaven.

Sectoren MRA vs NL

Aandelen	MRA 2015	NL 2015	MRA 2040 BSP	NL 2040 (o.b.v. NEV)
Huishoudens	25%	22%	22%	20%
Diensten	21%	16%	21%	16%
Industrie	25%	30%	27%	32%
Transport	25%	24%	24%	25%
Landbouw	3%	8%	4%	7%
Netverliezen	2%		2%	

In de MRA is er nu relatief (t.o.v. totaal energetisch verbruik) meer verbruik door huishoudens en diensten, en minder in de industrie en landbouw. Transport wijkt nauwelijks af. In 2040 maakt het huishoudelijk verbruik en in mindere mate transport een kleiner deel uit van het totaal dan nu, en industrie en landbouw meer. De verhouding in Nederland in 2040 is afgeleid uit gegevens uit de nationale energieverkenning 2016.

Grotere gebouwde omgeving en kleinere industrie - Aandelen per sector in het energiegebruik ten opzichte van het totaal voor de MRA en voor Nederland als geheel in 2015 en 2040.

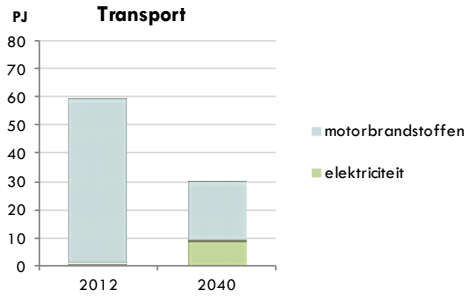
Groei sectoren MRA

	2012	**2040**
Huishoudens: aantal woningen	1.078.139	1.348.218
Diensten: vloeroppervlakte m^2	43.286.313	51.573.972
Industrie: index toegevoegde waarde NL	100	145
Transport: index vervoersprestatie NL	100	119
Landbouw: index glastuinbouw NL	100	105

Groei in alle sectoren - De ontwikkeling van de grootheden die zijn gebruikt voor de groei van de energie gebruikende activiteiten per sector. Doordat er op energie wordt bespaard daalt het energieverbruik in 2040 t.o.v. 2012 in beide verbruiksscenario's ondanks een groei van de energie gebruikende activiteiten in de sectoren.

Grootste potentieel voor besparing in transport bij auto's

verbruik in PJ	**2012**	**2040**
OV	2,5	2,1
auto's (in 2040 alles elek)	36,8	8,4
vrachtverkeer (alles brstof)	17,6	16,9
binnen bebouwde kom	3,0	2,9
buiten bebouwde kom	14,6	14,0
scheepvaart	1,1	1,1
binnenlandse luchtvaart	0,2	0,2
motorfietsen	0,6	0,6
overig	0,7	0,7
TOTAAL	**59,5**	**30,4**



Transport	**2012**	**2040**
warmte	0	0
elektriciteit	0,7	9,0
motorbrandstoffen	58,8	21,4
TOTAAL	59,5	30,4

Modal split van verkeer en vervoer in de MRA, d.w.z. de verdeling van het totale energieverbruik voor verkeer en vervoer over de verschillende vervoerswijzen. De weergegeven hoeveelheden zijn die voor het scenario met maximale energiebesparing. Het verbruik van auto's daalt sterk doordat is aangenomen dat alle auto's in 2040 op elektriciteit rijden.

2.3 Potentieel per bron

De energievraag in 2040 kan behoorlijk worden verlaagd door besparingsmaatregelen te nemen. Echter bestaat er - ook na 'maximaal' besparen - nog steeds een energievraag in 2040. Op welke manieren kunnen we invulling geven aan deze behoefte aan energie? Dat wordt hier beknopt beschreven aan de hand van twee scenario's.
Te weten een business as usual-scenario en een theoretisch maximaal scenario waarin we alles uit de kast halen binnen de grenzen van de MRA. Deze twee scenario's gaan uit van vier hernieuwbare energiebronnen. Windenergie, zonne-energie, geothermische energie en energie uit biomassa. Een nadere onderbouwing van de scenario's is te vinden in de bijlagen.

Windenergie
Windmolens leveren elektrische energie. De potentiele opbrengst van een windturbine is afhankelijk van de gemiddelde windsnelheid die geldt op de plek waar de turbine staat. Bij een hogere windsnelheid is het aantal vollasturen hoger, wat inhoud dat de potentiële opwekking van energie hoger is. De ruimte die overblijft na het aftrekken van alle restricties en condities zoals veiligheid en milieu, is beschikbaar voor windenergie. Er zijn diverse restricties die verschillen in flexibiliteit. Technische- en veiligheidseisen blijven gelden, restricties die voortkomen uit beleid zouden op termijn kunnen veranderen. Een 'theoretisch maximum' kan worden bepaald door deze ruimte volledig te gebruiken voor windturbines. Er wordt dan alleen rekening gehouden met de strikt noodzakelijk ruimtelijke restricties en condities.

In het business as usual scenario is op basis van de huidige verordening ruimte gezocht voor plaatsing van 2,3MW turbines. Hierbij wordt naast de aangewezen transformatiegebieden verder rekening gehouden met de veiligheids- en milieueisen. Dit betekent dat alleen plaatsing mogelijk is binnen de zoekgebieden. In het maximaalscenario wordt alles uit de kast gehaald. Dat wil zeggen dat buiten de beperkingen rond veiligheid en milieu grote windturbines (7,5 MW) op de meren (~ 900) en het beschikbare land (~ 300) zouden worden geplaatst.

Zonne-energie
PV-panelen leveren elektrische energie. De potentiële opbrengst van een paneel of collector is afhankelijk van de plaatsingshoek, de oriëntatie en eventuele obstakels. Bij daken kan de potentie van panelen of collectoren ook worden beïnvloed door een status als monument of een rijk beschermd stads- of dorpsgezicht. Een gangbare aanname is dat 16% van alle daken geschikt is voor zonnepanelen.

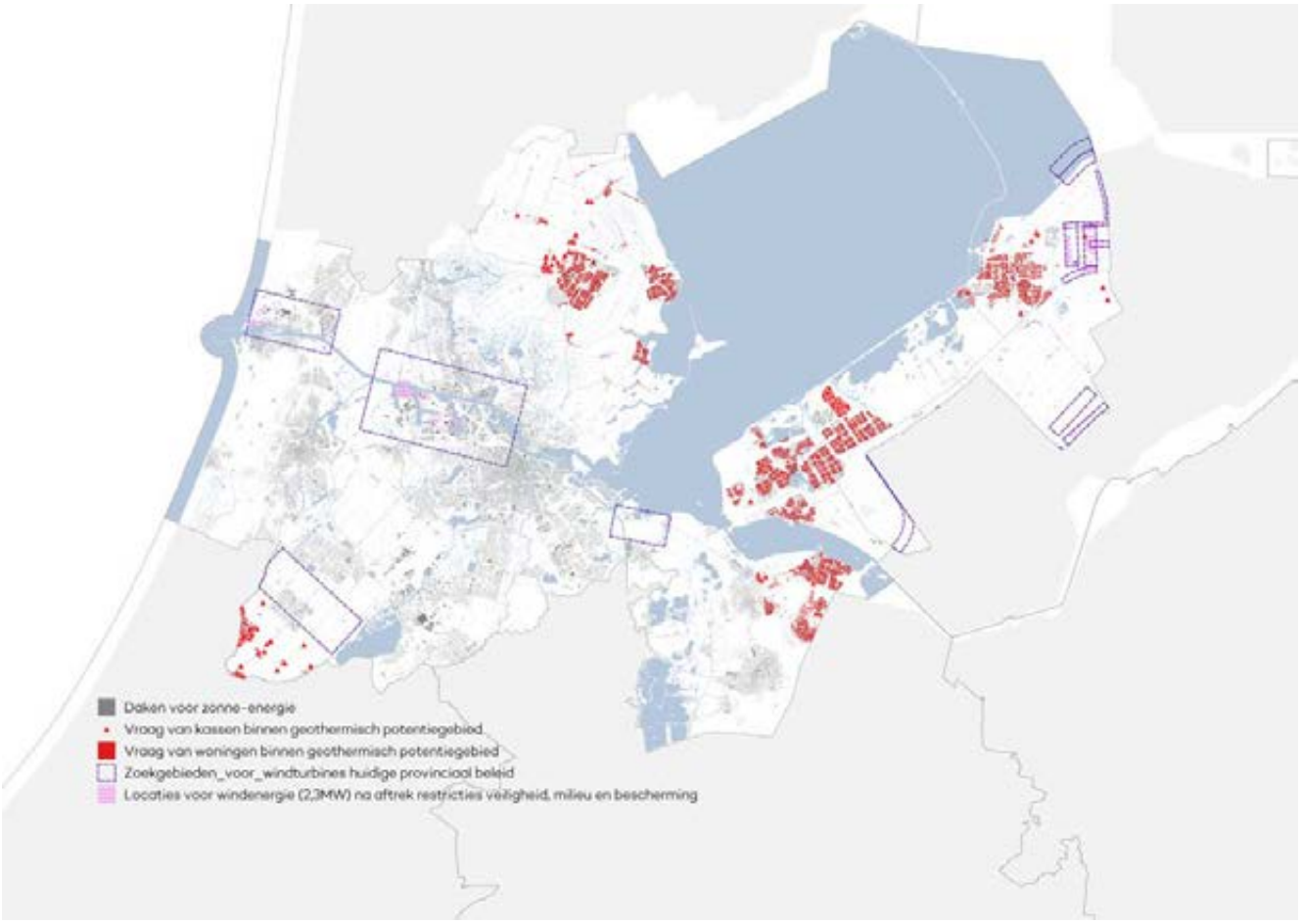
In het business as usual scenario wordt ervan uitgegaan dat het volledige potentieel op bestaande daken wordt ingezet voor zonne-energie. In het maximaalscenario wordt naast alle daken ook 10% van het agrarisch areaal benut als zonne-akker.

Geothermie
Bij geothermie wordt thermische energie geleverd afkomstig van aardwarmte. In deze verkenning is uitgegaan van installaties die een relatief lage productietemperatuur leveren van minimaal 65°C voor woningen en minimaal 45°C voor kassen en waarbij enkel warmte wordt gewonnen en geen omzetting naar elektriciteit plaatsvindt. Een geothermische installatie is het meest zinvol in gebieden waar de warmte in de directe omgeving gebruikt kan worden, zodat bij het transport van warmte zo min mogelijk verliezen optreden.

In het business as usual scenario is gezocht naar potentie voor geothermie vanuit de ondergrond, maar dan wel alleen als bovengronds ook een afnemer binnen redelijke afstand aanwezig is. Dit is voor zowel woningen als kassen inzichtelijk gemaakt. De potentie voor geothermie in de MRA is voor een groot deel nog niet in kaart gebracht. Alleen van Flevoland, het gebied rond Edam-Volendam en het zuidelijk deel van de Haarlemmermeer is een aanzienlijke geothermische verwachting bekend.
In het maximaal scenario is enkel gekeken naar de potentie vanuit de ondergrond. Hierbij wordt aangenomen dat op het moment dat er in directe omgeving geen mogelijke afnemer aanwezig is, dat dan via een andere weg (aan te leggen warmtenet of het plaatsen van warmtevragers in de directe omgeving) deze warmte afgegeven kan worden.

Energievraag 2040 en opwekpotentie ‘Maximaal’ 2040

Opwekpotentie ‘business as usual’ 2040 - 12 PJ



Biomassa
Binnen deze studie is allereerst de potentie berekend voor co-vergisting, waarbij de reststoffen van gras en akkerland worden samengevoegd met rundermest. Voor de resterende potentiële reststromen van rundermest, varkensmest, pluimveemest, gft-afval en slib uit RWZI is de potentie voor biogas berekend aan de hand van mono-vergisting. Er is hierbij geen onderscheid gemaakt tussen business as usual en maximaal.

Overige bronnen
Naast zonne-energie, windenergie, geothermie en biomassa zijn er nog vele andere technieken die voorhanden zijn. Zon thermische opwekking inclusief zonneboilers kunnen bijvoorbeeld een belangrijk deel van de transitie op zich nemen. Alleen kan een dergelijk systeem momenteel niet een totaaloplossing leveren voor de meeste bestaande woningen. Er zal dan extra warmte nodig zijn en dus warmtepompen, hybride systemen, etc. Combinatie met voeding op een warmtenet lijkt wel zinvol als daarmee het warmtenet wel voldoende gevoed kan worden. Andere technieken zoals warmte uit oppervlaktewater in combinatie met warmtepomp, energie uit zoet-zout water, PVT-panelen etc. zijn momenteel niet meegenomen in de studie.

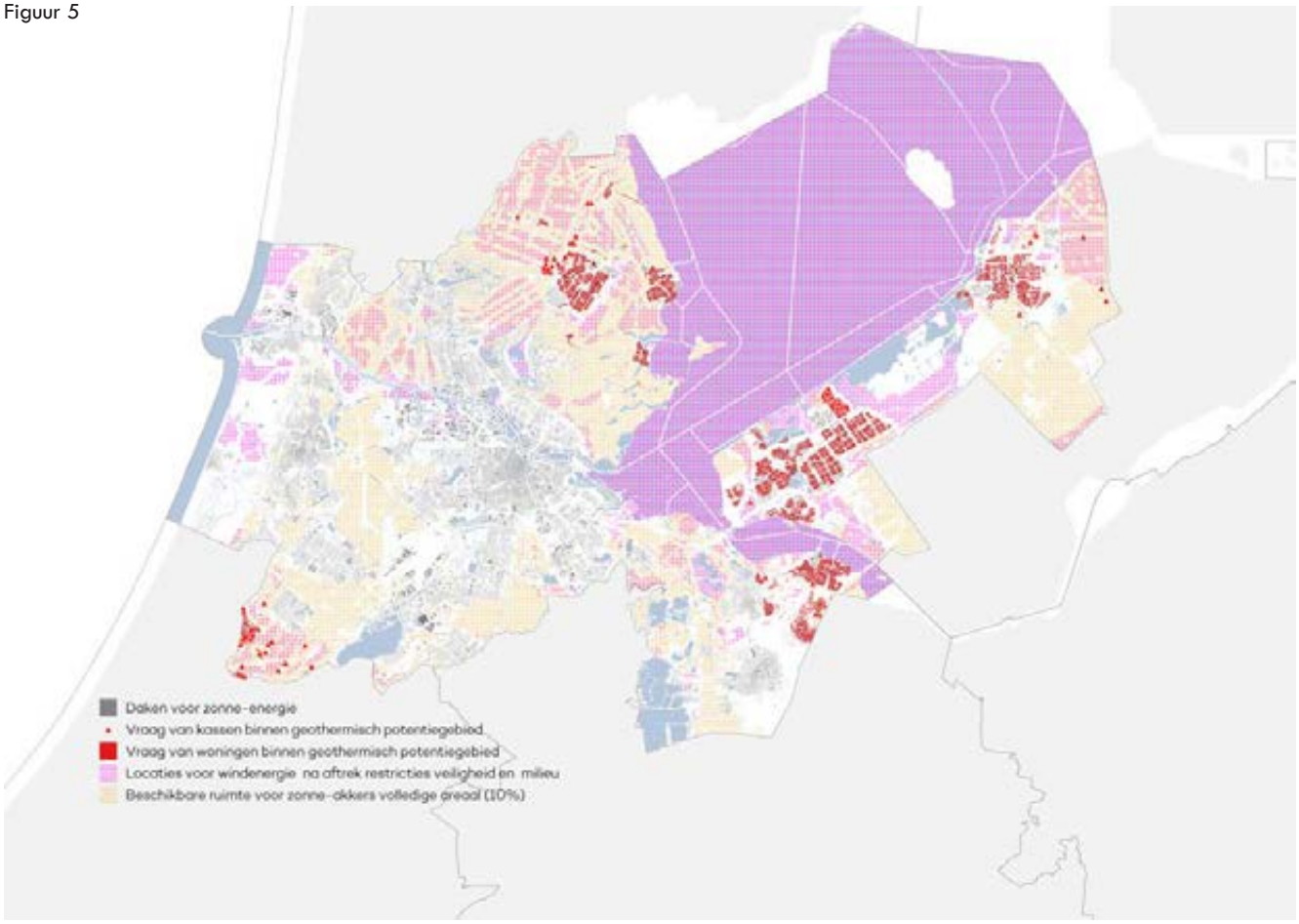
Een uitgebreide onderbouwing van alle bronnen afzonderlijk inclusief de bij de bronnen horende restricties in de MRA is terug te vinden in de bijlage 'Energiepotentieel MRA'.

Wanneer we doorgaan op dezelfde manier als we nu bezig zijn – het business as usual potentieel-scenario – betekent dit dat we in 2040 slechts beperkt meer energie hernieuwbaar op kunnen wekken dan nu het geval is. Dit scenario gaat er dan van uit dat huidig beleid van provincie Noord-Holland voor wind op land nog steeds geldt, en daarmee beperkingen oplegt voor windenergie. De toename van ongeveer 4 PJ is met name toe te schrijven aan een grote toename in zonne-energie op het beschikbaar dakoppervlak.

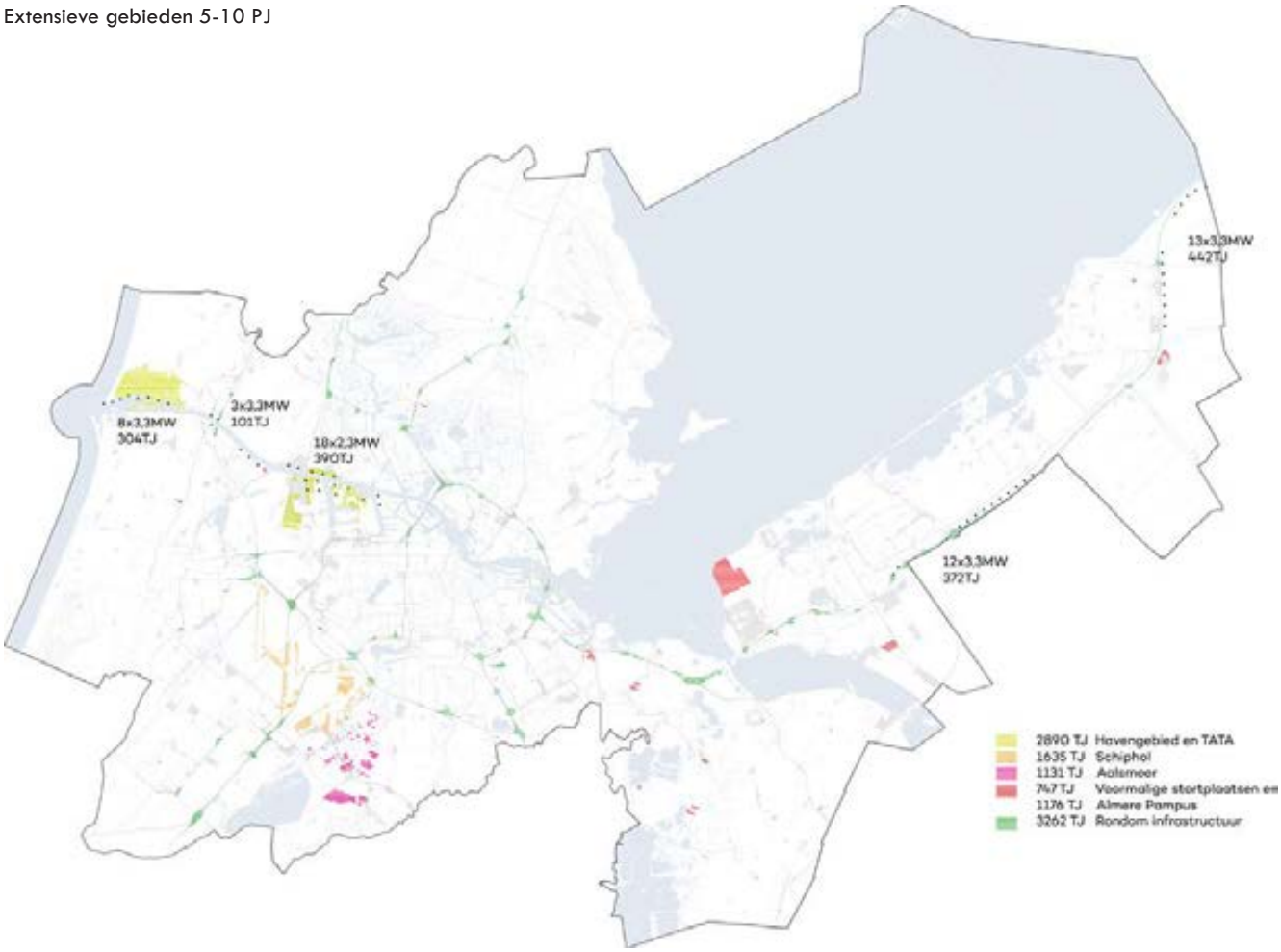
Het andere uiterste – het theoretisch maximaal potentieel scenario – leidt wel tot enorme stijging van het hernieuwbare potentieel. Dit potentieel is overigens niet voldoende om de energievraag in de MRA in 2040 te dekken. Dit scenario houdt tevens in dat energieproductie overal vóór andere belangen gaat en alle landschappen in de metropoolregio enorm zullen veranderen. Het Markermeer wordt in dit geval bijvoorbeeld volledig ingezet als megaproductie windmachine waar ongeveer 900 turbines worden geplaatst die bijna de helft van het totale MRA-potentieel voor hun rekening nemen.
Wat er in de figuur 5 ook direct opvalt is dat hoewel we in 2040 in totaal aantal PJ's een heel eind kunnen komen als we alles op alles zetten er dan nog altijd een mismatch bestaat tussen vraag en aanbod per energiemodaliteit. Zo is er potentieel een overschot aan elektriciteit (dankzij wind en zon) en nog steeds een enorm tekort aan warmte. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het feit dat de vraag naar en het aanbod van energie op een dag of gedurende een seizoen niet op hetzelfde moment beschikbaar zijn. Dit onderstreept de noodzaak naar slimme opslagtechnieken en de enorme uitdaging om de vraag naar warmte te reduceren aangezien de potentie beperkt lijkt te zijn.
Kanttekening hierbij is dat op het gebied van geothermie nog veel onbekend is aangezien niet in de gehele metropoolregio de kansen van de ondergrond inzichtelijk zijn. Maximaal besparen lijkt hiermee ook een stap die in ieder geval genomen moet worden.

In het eerste atelier werd terecht de opmerking gemaakt dat juist in de MRA veel extensief grondgebruik aanwezig is. Hierbij valt te denken aan de braakliggende gronden in het havengebied, TATA, Schiphol, Aalsmeer, voormalige stortplaatsen en zones rondom infrastructuur. Met behulp van een indicatieve studie naar de invulling van deze gronden met hernieuwbare energie (grotendeels zonne-akkers en deels windmolens) hebben deze gebieden gezamenlijk een opbrengstpotentie van 5-10 PJ. Deze potentie is nu niet meegenomen in het maximaal scenario. De indicatieve studie laat zien, dat het loont om verder onderzoek te doen naar deze gebieden, maar laat ook zien dat deze gebieden misschien zelf onder druk staan om ingevuld te worden met ander grondgebruik. De trend bij infrastructuur is namelijk ook dat deze steeds beter wordt ingepast en het extensieve ruimtegebruik rond infrastructuur minder wordt. Vandaar dat we de opbrengstpotentie inschatten op 5-10 PJ. Wat het laat zien, is dat meervoudig grondgebruik en integrale oplossingen kunnen bijdragen aan de energietransitie.

Opwekpotentie ‘maximaal’ 2040 - 142 PJ
Figuur 5



Extensieve gebieden 5-10 PJ



2.4 Initiatieven en ontwikkelingen

In de verschillende gemeentes van de MRA zijn al vele private en publieke initiatieven die bijdragen aan de energietransitie. Deze zijn voor zover mogelijk in kaart gebracht en geven een indicatief beeld van de diverse initiatieven die er op dit moment in de samenleving zijn ontstaan.

Energiebesparing
Energiebesparing kan tot stand komen door het verlies van energie tegen te gaan, door bijvoorbeeld een woning te isoleren waardoor er minder gestookt hoeft te worden, maar ook door afval te hergebruiken. Een voorbeeld is het ReGen Village. Dit is een pilot voor een nieuw zelfvoorzienend dorp in Almere. De energievraag wordt opgewekt door gebruik te maken van windmolens, zonnepanelen en aardwarmte. De huizen zijn daarnaast zeer energiezuinig doordat ze in een broeikas geplaatst worden die de lucht 's winters opwarmt. Het niet-composteerbaar afval wordt naar de bio-gasreactor gebracht en omgezet in energie.

Zonnepanelen (gebouw)
Zonnepanelen op daken zorgen voor schone hernieuwbare energie en voor kostenbesparing. Panelen op grotere dakoppervlakken kunnen een bijdrage leveren aan gemeentelijke doelstellingen of lokale duurzaamheidsinitiatieven. De gemeente Amstelveen heeft zonnepanelen op een groeiend aantal gemeentelijke gebouwen zoals het raadhuis aan de Laan Nieuwer Amstel met 572 zonnepanelen en de Speelboerderij Elsenhove met 56 zonne-panelen. Ook is er een "zonnebloem" te vinden waarmee de zonne-energie zichtbaar wordt.

Zonnepanelen (veld)
Er ontstaan steeds meer initiatieven voor zonnepanelen op de grond. Een voorbeeld van een veld zonnepanelen in de MRA is het Solar Campus Purmerend. Het is op dit moment het grootste stedelijke solarpark in de MRA dat is gerealiseerd met 21.600 zonnepanelen dat 1.400 huishoudens energie zal leveren. Vele andere initiatieven bevinden zich nog in ontwikkelfase.

Zonnecollectoren
Een zonnecollector zet zonlicht om in warmte. Deze warmte kan gebruikt worden voor proceswarmte, het verwarmen van ruimtes of water. Zonnecollectoren kunnen ook gebruikt worden om in de zomer het grondwater onder een huis of gebouw op te warmen en in de winter via een warmtepomp het gebouw te verwarmen. Het zoneiland in Almere is een voorbeeld van een collectieve warmtevoorziening op zonnewarmte. Een gemiddelde zonnecollector levert tussen de 3,5 en 5 GJ per jaar op met een opbrengst van 100 tot 142 m3 aardgas per jaar.

Windmolens
Windmolens zetten bewegingsenergie van lucht om in energie. De grootste concentraties windmolens zijn te vinden in Flevoland, het Noordzeekanaalgebied en de Haarlemmermeer. Voor de kust van de MRA ligt sinds 2015 bij Zandvoort Windpark Luchterduinen dat 43 windmolens telt, met een totaal vermogen van 129 megawatt. Daarmee kunnen rond de 150.000 huishoudens van stroom worden voorzien. Het park, waarmee een totale investering is gemoeid van 450 miljoen euro, is eigendom van het Rotterdamse energiebedrijf Eneco en het Japanse Mitsubishi.

Infrastructuur
Door het coördineren van het aanbod en de vraag naar energie tussen huizen, zal een hele buurt energie-neutraal kunnen zijn. Coördinatie van aanbod en vraag is nodig omdat hernieuwbare energie uit zon en wind een schommelend aanbod heeft. Ook zal de vraag naar elektriciteit veranderen, bijvoorbeeld door een toename in het aantal elektrische voertuigen. Een wijk zal daarom alleen energie-neutraal en zelfvoorzienend kunnen worden door de uitvoering van een smart grid: een intelligent energienet dat de opslag en distributie van energie tussen huishoudens coördineert. Een voorbeeld hiervan is de wijk Schoonschip, een duurzame drijvende wijk in Amsterdam.

Biomassa
Energie uit biomassa wordt opgewekt door verbranding van allerlei organische materialen, zoals hout, gft-afval, maar ook plantaardige olie,

mest en speciaal hiervoor geteelde gewassen. Dit vermindert het gebruik van fossiele brandstoffen en veroorzaakt daarmee minder klimaatbelasting. Purmerend is de eerste gemeente in Nederland die bijna volledig duurzaam wordt verwarmd door een Bio Warmtecentrale. Stadsverwarming Purmerend (SVP) is een lokaal duurzaam energiebedrijf, geheel gericht op de Purmerendse markt.

Geothermische energie
Geothermie ontstaat door warmte-uitstraling uit het binnenste van de aarde, maar is niet overal te winnen. De warmtestroming die ontstaat is ongeveer 100 PJ per jaar in Nederland, wat gelijk staat aan het jaarlijkse warmte- en tapwatergebruik van 4.000.000 energiezuinige woningen. Floricultura in Heemskerk is een producent van uitgangsmateriaal voor orchideeën en maakt gebruik van aardwarmteputten met een diepte van 2.700 tot 2.900 meter.

E-mobiliteit
Elektrische mobiliteit, zoals auto's en bussen, is steeds meer in opkomst. Op steeds meer plekken worden daarom laadpalen gerealiseerd. Binnenkort zal bijvoorbeeld ook de Gemeente Waterland starten met het plaatsen van zes laadpalen voor elektrische auto's.

Innovatie
Er is nog veel innovatie mogelijk op het gebied van de opwek van duurzame energie, waardoor er behoefte is aan testmogelijkheden en testlocaties. The Waste Transformers plaatst en exploiteert kleinschalige afval-naar-energie-systemen en wil het eerste systeem plaatsen op bedrijventerrein Park 2020 in Hoofddorp. Het zorgt voor lokale circulaire oplossingen: afval wordt verwerkt daar waar het wordt geproduceerd en energie wordt opgewekt daar waar het geconsumeerd wordt. De duurzame winst van de innovatieve installatie zit in besparing van CO2-uitstoot door vermeden afvaltransport en vermeden energieopwekking uit fossiele bronnen.

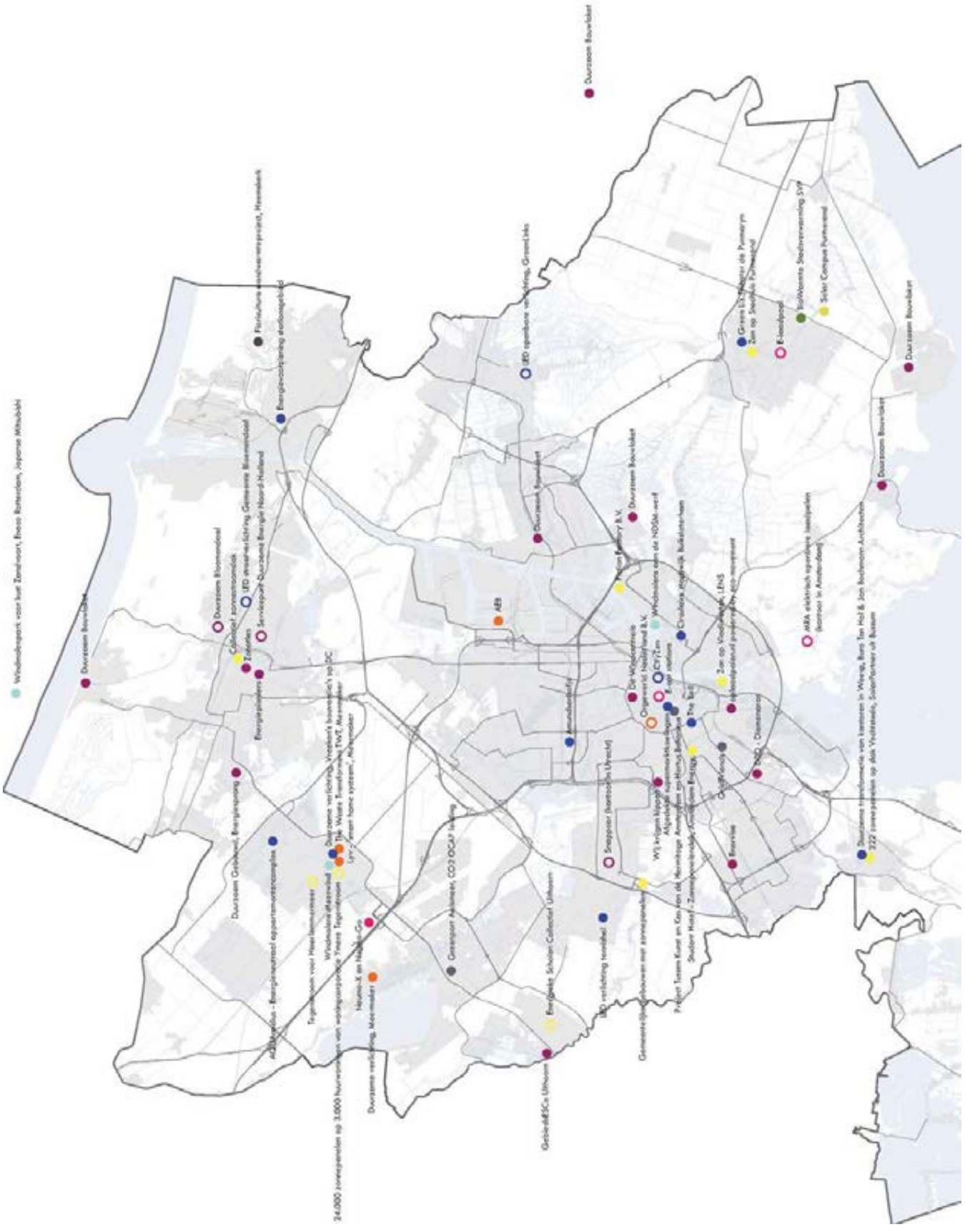
Helpdesk
Een helpdesk is een online platform voor vragen over duurzaam (ver)bouwen, energie-besparen en energie opwekken. Een voorbeeld hiervan is het Duurzaam Bouwloket. Het loket is een regionaal initiatief, dat inwoners in verschillende gemeentes op maat onafhankelijk, professioneel en gratis advies biedt.

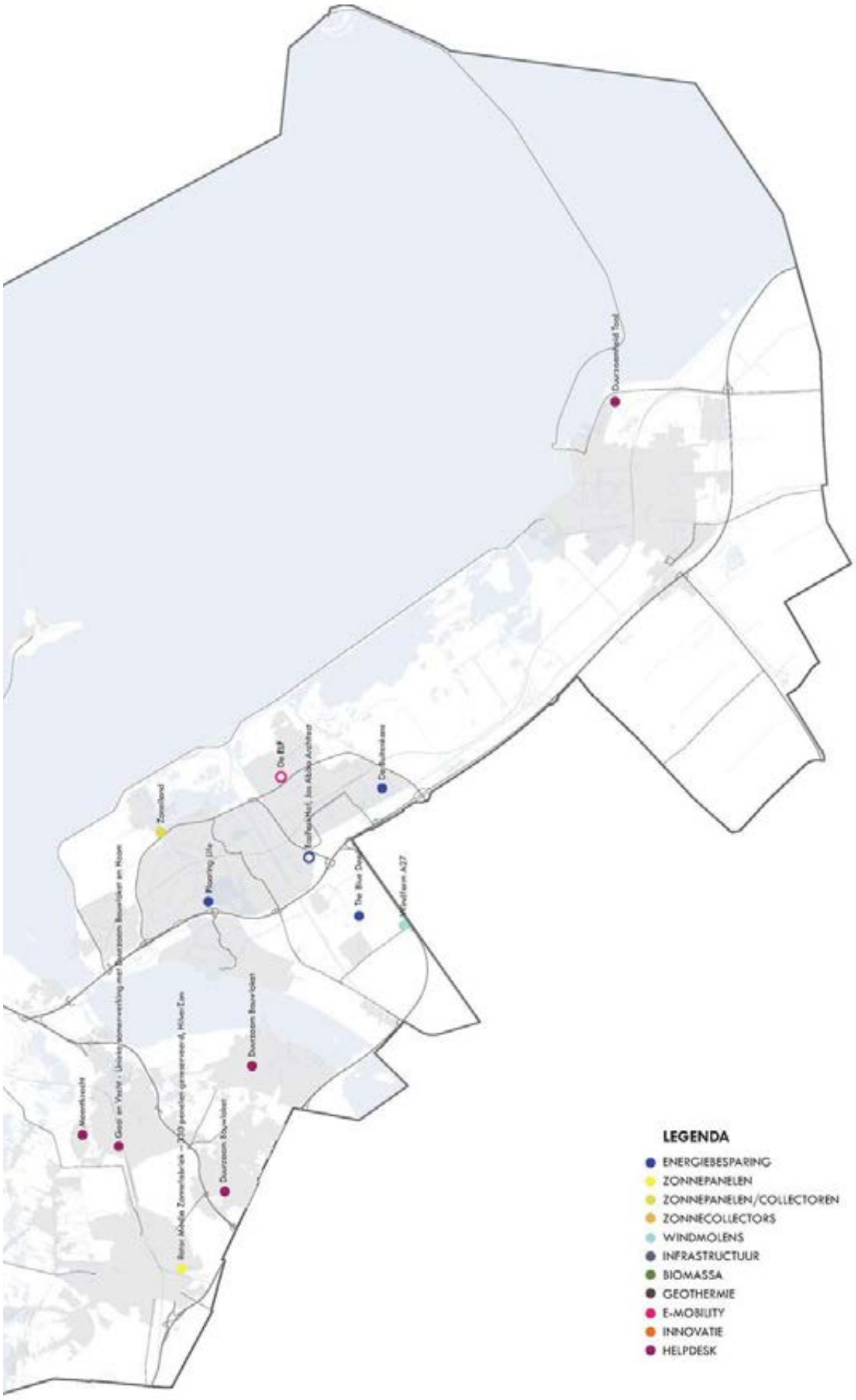
Referentie matrix

Energiebesparing	Tesla ecologisch wonen Almere	Floating Life Almere	LED Amstelveen	Amundsenhofje Amsterdam	Cityzen Amsterdam	Buiksloterham Amsterdam
Zonnepanelen (gebouw)	Zonnepanelen Amstelveen	Fiction Factory Amsterdam	Zon op Vladiwostok Amsterdam	Student Hotel Amsterdam	Collectief zonnestroomdak Haarlem	24.000 zonnepanelen Haarlemmer-meer
Zonnepanelen (veld)	Zoneiland Almere	Solar Campus Purmerend				
Zonnecollectoren						
Windmolens	Windfarm Almere	3 windmills Haarlemmer-meer	Windmolenpark Zandvoort			
Infrastructuur	CO2 OCAP leiding Aalsmeer	Tussen kunst en kas Amsterdam	GridFriends Amsterdam			
Besparing per sector Biomassa	BioWarmteCentrale Purmerend					
Geothermische energie	Floricultura aardwarmteproject Heemskerk					
E-mobiliteit	De ELF Almere	E-car stations Amsterdam	Neumo-X en Neumo-Go Haarlemmer-meer	E-laadpaal Purmerend	MRA elektrisch Waterland	
Innovatie	Orgaworld Amsterdam	AEB Amsterdam	The Waste Transformers Haarlemmer-meer	Lyv - 'smart home systeem' Haarlemmer-meer		
Helpdesk	SnappCar Amstelveen	de Windcentrale Amsterdam	Wij krijgen kippen Amsterdam	Enervisa Amsterdam	Duurzaam Bloemendaal Bloemendaal	DDD - Diemenaren Diemen
	Duurzaamheid-Tool Lelystad	Duurzaam Bouwloket Oostzaan	GebiedsESCo Uithoorn	Duurzaam Bouwloket Waterland	Gooi en Vecht Wijdemeren	Duurzaam Bouwloket Zaanstad

Energievoorziening stationsgebied Beverwijk	LED straatverlichting Bloemendaal	AQUAradius Haarlemmer-meer	Verlichting op gelijkspanning Haarlemmer-meer	Green Liz Theater Purmerend	Duurzame kantoren Weesp	LED Openbare Verlichting Wormerland	
Zonnepanelen Hilversum	Zonnefabriek Hilversum	Zon op Stadhuis Purmerend Purmerend	Energieke Scholen Collectief Uithoorn	Vechtstede College Weesp			
Duurzaam Bouwloket Edam-Volendam	Energiepioniers Haarlem	Zonatlas zonatlas haarlem Haarlem	EnergieSprong Heemstede	Hilversumse Meent Hoom Hilversum	Duurzaam Bouwloket Huizen	Duurzaam Bouwloket Landsmeer	Duurzaam Bouwloket Laren
Oplaadpalen data oplaadpalen.nl Zaanstad	Duurzaam Bouwloket Zandvoort						

Initiatieven in kaart




LEGENDA
ENERGIEBESPARING
ZONNEPANELEN
ZONNEPANELEN/COLLECTOREN
ZONNECOLLECTORS
WINDMOLENS
INFRASTRUCTUUR
BIOMASSA
GEOTHERMIE
E-MOBILITY
INNOVATIE
HELPDESK

2.5 Conclusie analyse

Het regionaal energiemodel laat een aantal belangrijke aandachtspunten zien voor een regionale energieambitie:

1. Er is een mismatch tussen de regionale energievraag en het beschikbare potentiële aanbod van energie in 2040; er is daarbinnen een mismatch in de diverse energie modaliteiten die regionaal nodig zijn en kunnen worden opgewekt; de energie die kan worden opgewekt is niet beschikbaar op de plek en het tijdstip dat deze benodigd is. Innovatie zal het tekort aan energie in hoogstedelijk milieu niet gaan oplossen (innovatie zit meer in besparing en hoe slim omgaan met netwerk in combinatie met opslag).

2. Daaruit volgt: op de schaal van de MRA is een eenzijdige focus op het realiseren van een energieneutraliteit op het op eigen grondgebied niet haalbaar en niet realistisch. Zelfs het maximale scenario waarin grootschalig landschappen en het Markermeer worden ingezet voor energieopwekking, levert niet genoeg PJ om in de energievraag te voorzien. Dit perspectief is niet haalbaar vanwege het ontbreken van potentieel voor de regionaal op te wekken vraag naar hoge temperatuur warmte en de overblijvende vraag naar biobrandstoffen voor mobiliteit. Het is niet realistisch vanwege de grote en groeiende dichtheid aan gebruikers met bijbehorende energievraag en de vele conflicterende ruimteclaims die er liggen voor besparing en opwekking in het stedelijk gebied en het landschap.

3. Energieneutraliteit op de schaal van de MRA is dus geen relevante doelstelling en moet juist gekoppeld worden aan andere urgente opgaves (o.a. verstedelijking, mobiliteit, landschap). De energietransitie in de MRA vraagt vanwege het dynamische en verstedelijkte karakter van het gebied om specifieke ambities die bij dat karakter passen.

4. Dat de energietransitie een forse ruimtelijke impact zal hebben is duidelijk. Door middel van ontwerpend onderzoek kan deze bespreekbaar worden gemaakt. Energie zou als ruimtelijk organiserend principe kunnen worden gebruikt. Hoe kan de extra ruimteclaim die energie legt op de metropoolregio worden ingezet voor het toekomstig ruimtelijk perspectief voor de MRA.

5. Het is daarom relevanter te onderzoeken welke bijdrage energietransitie kan leveren aan andere MRA-vraagstukken en vice versa. De energietransitie heeft relaties

met en kan gekoppeld worden aan andere urgente ruimtelijk opgaven (transformatie en nieuwbouw opgave, mobiliteit, landschap, economie, sociale vraagstukken) en kenmerken van de MRA.

6. De uitkomsten van het regionaal energiemodel vormen een startpunt voor de discussie over het aanscherpen van de eigen ambitie ten aanzien van de energietransitie: hoe ver kan en wil de MRA hierin wel komen en waar liggen de zwaartepunten?

7. Vanuit de analyse en discussie in het eerste atelier met regionale stakeholders, kunnen er voor de MRA drie relevante ruimtelijke benaderingen van energie-opgaven worden onderscheiden. Deze drie zijn in de tweede fase vertaald naar drie perspectieven.
1. *Grand Design*: grootschalig en in lijn met de structuur, capaciteit en geografische ligging van het bestaande energie-netwerk. Het bestaande netwerk van leidingen, knooppunten en verdeelstations van warmte en elektriciteit heeft een bepaalde logica, vergelijkbaar met bijvoorbeeld andere transportsystemen waar op doorgebouwd kan worden. Door met grotere energiepartijen slim te kijken naar het onderhoud, vervanging en uitbreiding van netwerk, en door daar ruimtelijke keuzes op te baseren, kunnen grootschalige ingrepen worden beperkt en publieke investeringen renderen. Dit vraagt een sterkere sturing vanuit de overheid en de grotere energiepartners.
2. *Maximaal Decentraal*: Benutten van maatschappelijke energie in de wijken en van onderop opschalen, decentraal organiseren en opwekken wat kan. In de samenleving ontstaat een humuslaag van energie-initiatieven die kan uitgroeien tot een grotere en gezamenlijke transitie; energie als participatie vehikel. De regie en de mogelijkheid om doelstellingen te realiseren is hier beperkt en afhankelijk van vele partijen. Aan dit perspectief zitten meerdere nadelen waardoor onduidelijk is of doelstellingen van het Rijk op energietransitie worden gehaald.
3. *Energie volgt ruimte*: voortbouwen op de bestaande ruimtelijke ordening van de regio met een sterk contrast tussen stad en land en een diversiteit aan woon- en werkmilieus. De energietransitie als ruimtelijke ordening 2.0 met focus op het verbeteren of in stand houden van de ruimtelijke kwaliteit De diversiteit van de regio benutten voor een maatwerk energiestrategie. Realiseren van een transitie met respect voor de veelheid aan landschappen, stedelijke gebieden met een diversiteit aan ruimtelijke milieus op korte afstand van elkaar en bijzondere entiteiten als de Amsterdamse haven, glastuinbouw, Schiphol en grotere wateroppervlaktes als het Markermeer en de Westeinderplassen.

3 PERSPECTIEVEN

3.1 Inleiding

De drie verschillende ruimtelijke benaderingen uit de eerste fase zijn uitgewerkt in drie regionale perspectieven. Deze perspectieven zijn aan een grote groep regionale relevante partijen gepresenteerd en bediscussieerd tijdens het tweede atelier. De perspectieven zeggen iets over de bestaande ruimtelijke organisatieprincipes in de regio en de manier waarop de energietransitie daarvan gebruik kan maken. Hoe lenen deze principes zich voor een nieuwe ruimtelijke opgave als de transitie naar een duurzame energievoorziening? De drie perspectieven zijn globaal uitgewerkt als interessante denkrichtingen voor organisatie en inpassing. Ze verkennen daarbij nadrukkelijk de extremen en hebben niet als doel om tot een keuze te komen voor één voorkeursperspectief.

Per perspectief is bekeken wat de gevolgen zijn voor verschillende aspecten van de energietransitie zoals bijvoorbeeld ruimtelijke organisatie en impact, governance en sociaaleconomische aspecten. Zo verschilt de schaal en structuur van het energienetwerk afhankelijk van hoe en waar warmte en elektriciteit wordt opgewekt. De ruimtelijke impact wordt beschreven ten aanzien van infrastructuur, bebouwing en programma, knooppunten en landschap). Daarnaast zal de governance per perspectief verschillen met betrekking tot waar de regie ligt, de benodigde mate van sturing en het tijdspad. Op globaal niveau kan er ook het een en ander gezegd worden over de sociaaleconomische consequenties van een perspectief voor bijvoorbeeld bewoners en bedrijven. Door niet alleen naar het energienetwerk zelf te kijken, maar deze te koppelen aan andere thema's brengen we de relevantie in beeld van een meer integrale benadering van de energietransitie.

Perspectieven

Energie	**Warmte (lage temperatuur)**
	Elektriciteit
	Mobiliteit
Ruimte	**Infrastructuur**
	Bebouwing en programma
	Knooppunten
	Landschap
Governance	**Trekkersrol**
	Sturing
	Tijdspad
Sociaal-Economisch	**Investeringen**
	Opbrengst

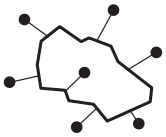
Perspectief 1

Grand design

Grand Design Warmte en Elektra

Zie pagina 48

- Warmteloops (restwarmte incl. geo) rond Amsterdam
- Aalsmeer en deel Gooi op groen gas
- Almere/Lelystad/ Purmerend/ Haarlemmermeer geothermie
- Loops rond Amsterdam, upgrading lijnen naar produktie velden

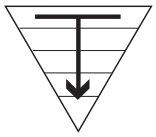


- Elektrisch, grote oplaadstations langs grote infra

- Koppelen aanleg energie infra aan andere infra (bv fietssnelwegen), energieleverende snelwegen?
- Nieuw programma volgt de energieloops voor warmte

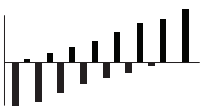
- Nieuw programma op knooppunten van (energie en mobiliteit) modaliteiten
- Energieondergrond vormt het nieuwe metropolitane landschap

- Nuts- en energiebedrijven, provincie, gemeentes
- Sturing door ontwikkelen ondergrondse en bovengrondse 'masterplannen' (die faseerbaar zijn)



- ntb

- Grote investeringen nodig, koppelen publieke en private investeringen
- Nieuwe business modellen rond knooppunten



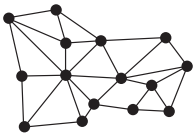
Perspectief 2

Maximaal decentraal

Energie Patchwork / Energy Jungle

Zie pagina 54

- Afstemming vraag-aanbod elektriciteit op buurtniveau, inclusief fluctuaties in tijd; opslag nodig!
- Afstemming vraag-aanbod warmte op buurtniveau, inclusief fluctuaties in tijd; opslag nodig!



- Elektrisch, thuis of in buurt opladen

- Decentrale infrastructuur noodzakelijk tussen buurten met overschot/tekort, wie legt dat aan? Wat kan het bestaande netwerk aan?
- Slimme functiemenging in buurt tbv balans vraag-aanbod;

- Kleine knooppunten op buurtniveau
- Landschap in nabijheid van energievragende buurten is interessant voor energie-produktie, maar ook een gevaar!

- Burgers, VVE, collectieven, parkmanagement bedrijventerreinen
- Regelgeving en incentives ontwikkelen, experimenteergebieden aanwijzen, digitaal platform ontwikkelen, open source, maximale uitwisseling organiseren, lerende stad.

- ntb

- Veel kleine "private" investeringen nodig
- Onverwachte samenwerkingen en business modellen ontstaan tussen collectieven, organisaties en energiebedrijven

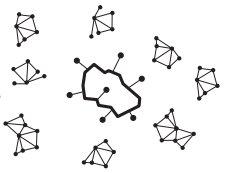
Perspectief 3

Energie volgt ruimte

Compacte stad als kracht

Zie pagina 60

- Amsterdam als warmteleverancier door max. inzet geothermie; plus warmte en koude levering door grachtenstelsel

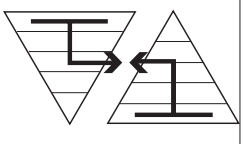


- kleinschalig incl opslag in de stad, daaromheen kleine ring van opweklandschap en daaromheen open landschap. Energienetwerk aan rand stad.
- in Amsterdam alles elektrisch (incl stadslogistiek), daarbuiten een menging van mobiliteitsvormen

- Sterke verdichting Amsterdam incl. intensivering OV&fiets, downgraden wegennet in de stad
- Sterke verdichting Amsterdam, overig deel van MRA meer 'suburbaan', met andere energievraag, specifiek per 'deelgebied'

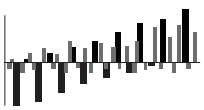
- Knooppunten aan de rand van Amsterdam
- Bescherming directe landschap om Amsterdam; in 2e lijn landschap produktie-landschappen mogelijk

- 'Gemeente Amsterdam, Waternet, overige gemeentes
- 'Binnen Amsterdam sterke sturing en afstemming plannen mobiliteit, ruimte, energie-infra, landschap; daarbuiten per gemeente verschillend



- ntb

- Grote investeringen nodig, koppelen publieke en private investeringen, vooral binnen Amsterdam.
- ntb

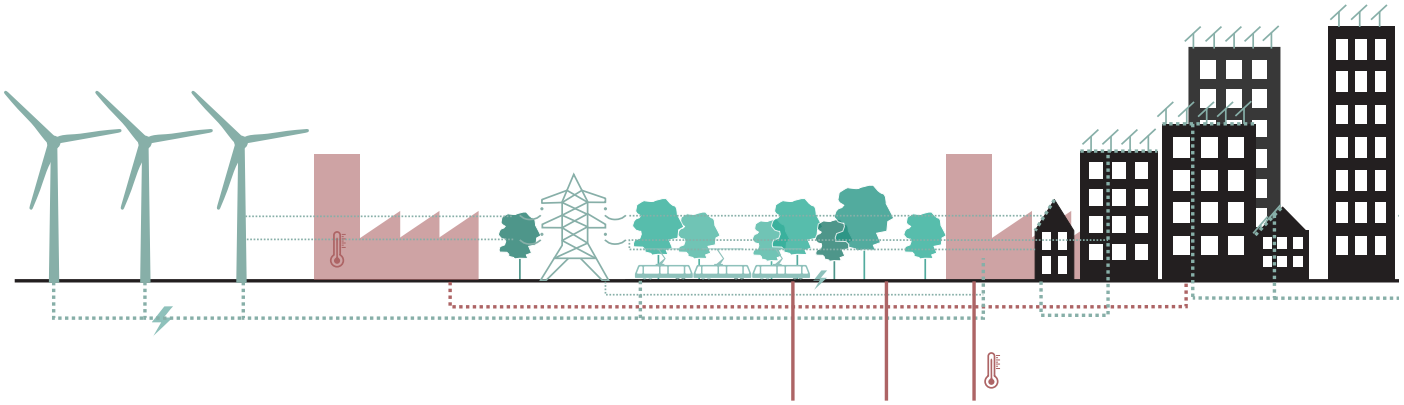


3.2 Grand design

Het ‘Grand design’ perspectief borduurt voort op het de huidige opzet van het energienetwerk en richt zich op verbetering en optimalisatie van dit netwerk. Een concept als “Grand Design Warmte Koude MRA” dat uitgaat van een regionale warmte-koude-netwerk op basis van bestaande restwarmtebronnen en -netten past bijvoorbeeld in dit perspectief. Netten zijn sturend, en aangezien de grote netten zoals het hoogspanningsnet voor elektriciteit bovenregionaal zijn georganiseerd beperkt dit perspectief zich ook niet tot de bestuurlijke grenzen van de MRA. De dichtheid van energienetwerken in de MRA biedt kansen om ook een energieknooppunt te kunnen worden voor omliggende regio’s. Naar analogie van Transit Oriented Design, dat streeft naar optimale benutting van vervoersnetwerken door daar omheen te verdichten is hier de term Energy Oriented Design geïntroduceerd. Rond uitwisselings- en knooppunten van de verschillende energienetwerken als die van Tennet, Alliander en warmtenetten kunnen energie-intensieve interventies worden geconcentreerd. Doordat deze ontwikkelingen zich zoveel mogelijk richten op bestaande grote verbindingen worden investeringen geconcentreerd en de ruimtelijke impact daarvan beperkt.

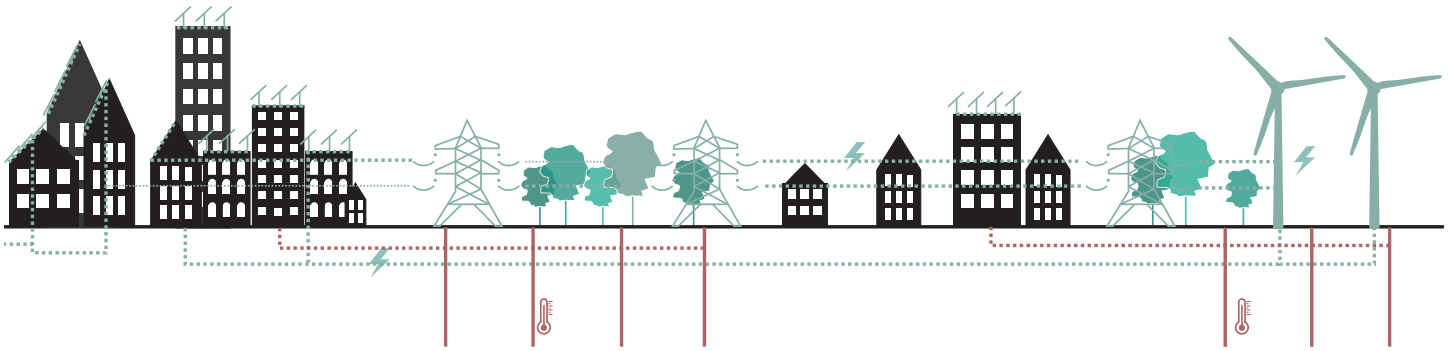
Belangrijk aspect hierbij is wel dat de netwerkbedrijven vooral reactief werken omdat eerst een ontwikkeling moet plaatsvinden. Dit maakt het moeilijker om met de netwerkbedrijven te werken aan concrete acties en projecten. Voor de MRA is elektriciteitsnetwerk ook relevant gezien de plannen van het Rijk voor Wind op Zee en de mogelijke noodzaak daarbij voor opslag.

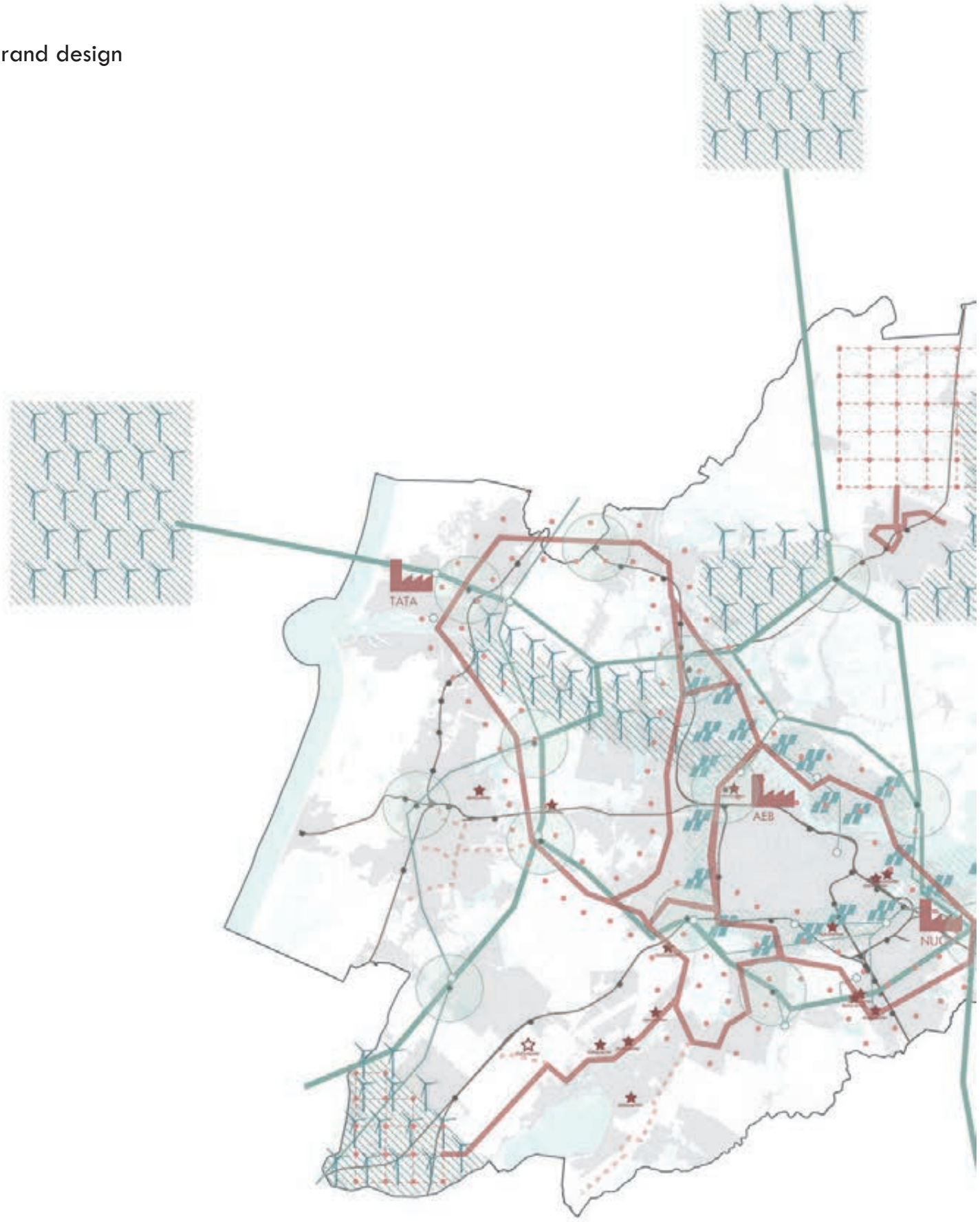
Omdat de focus ligt op bestaande transport-structuren liggen in die gebieden de grootste ruimtelijke kansen voor het ontwerpen van nieuwe landschappen. Sturen op grootschalige mobiliteitsveranderingen, zoals elektrisch, zelfrijdende wagens en grote parkeergarages met opwek en opslagpotentie maakt deze landschappen nieuwe ruimtelijke condensatiepunten. Juist bij een energienetwerk met grootschalige energieopwekking buiten de regio is een robuust regionaal net met grootschalige opslagvoorzieningen aan de rand van de stad noodzakelijk om fluctuaties in vraag en aanbod op te vangen. Het energiesysteem ontwikkelt zich tot een landschapsvormende kracht. Daarnaast stimuleert dit perspectief het grootschalig inzetten op meervoudig ruimtegebruik, door bijvorbeeld energie infrastructuur te combineren met andere infrastructuur (auto, spoor). Met het Grand Design kunnen grote stappen worden gezet, maar de energietransitie kan in dit perspectief alleen plaats vinden door grote investeringen aan het begin van het proces, met name door grote partijen als de overheid en grotere energiebedrijven. Hierdoor blijft er weinig ruimte over voor maatwerk en innovatieve ontwikkelingen in de toekomst. Daarnaast worden in dit perspectief de grote ingrepen weliswaar geconcentreerd maar vormt de maatschappelijke weerstand tegen grote ruimtelijke ingrepen in het landschap een lastig punt.

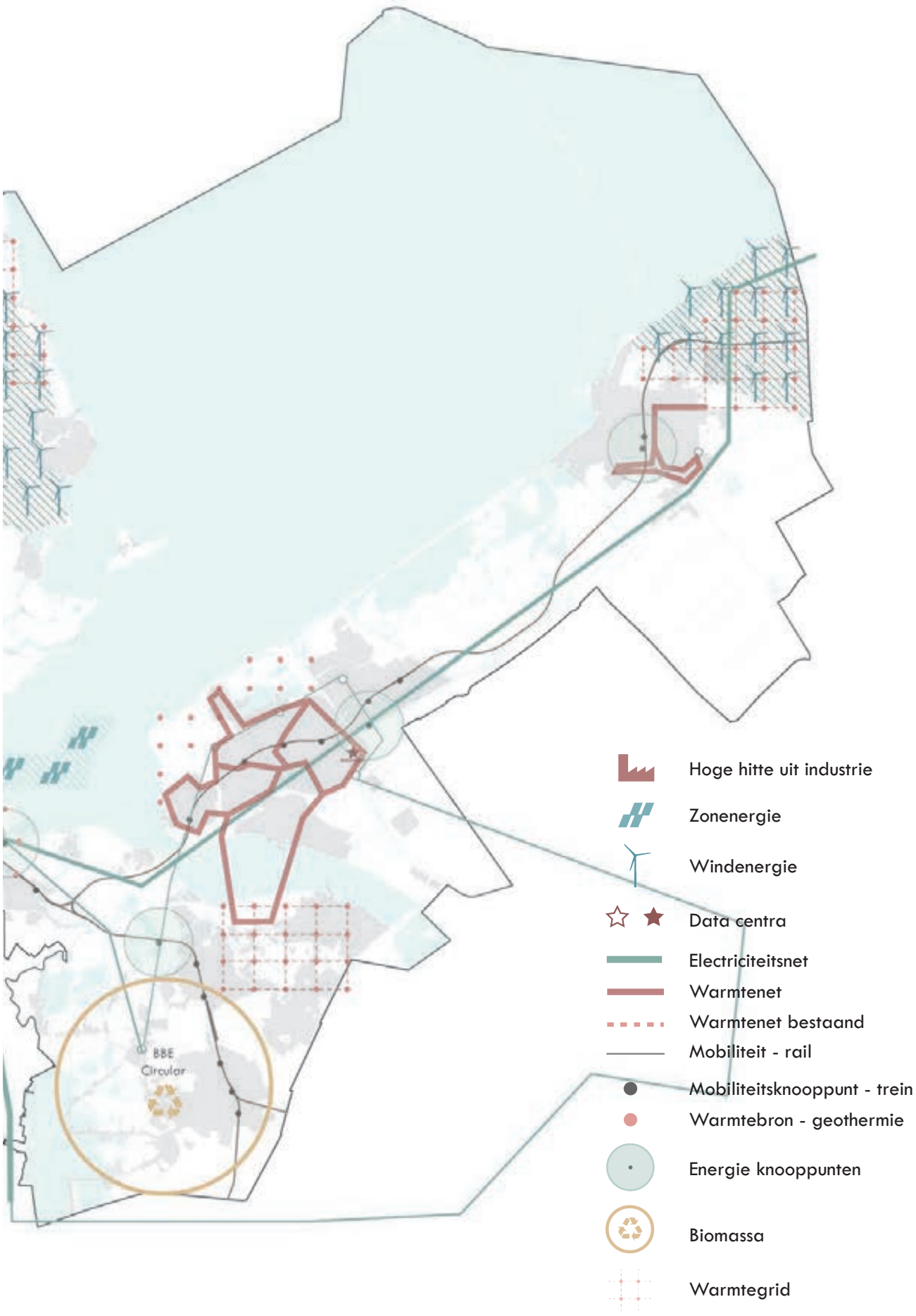


Schematische ruimtelijke doorsnede

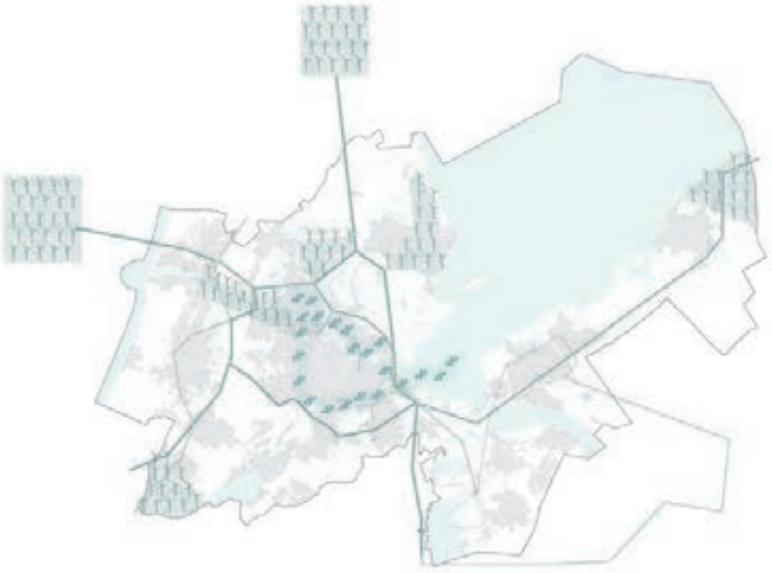
Impressie




TATA
AEB

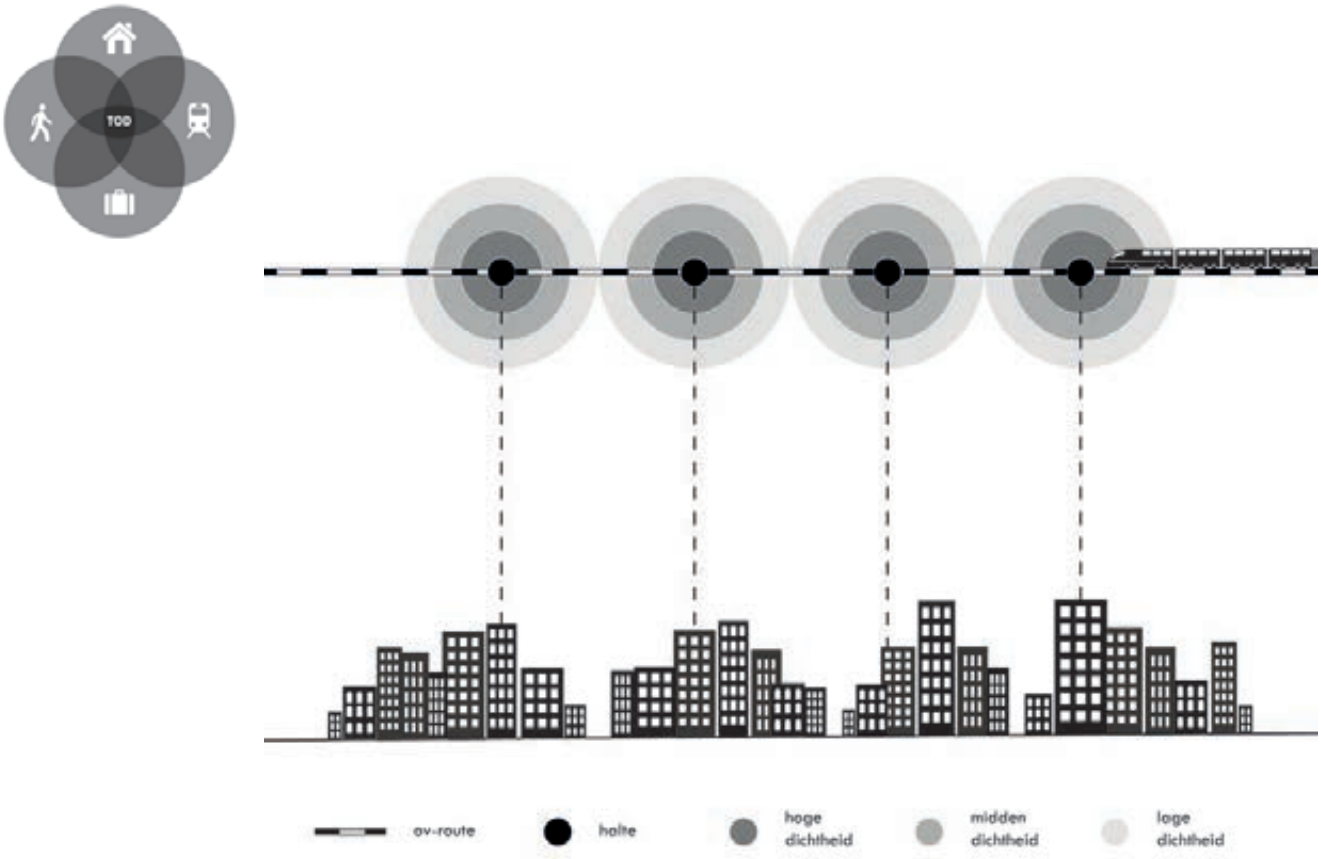

BBE
Circular
Hoge hitte uit industrie
Zonenergie
Windenergie
Data centra
Electriciteitsnet
Warmtenet
Warmtenet bestaand
Mobiliteit - rail
Mobiliteitsknooppunt - trein
Warmtebron - geothermie
Energie knooppunten
Biomassa
Warmtegrid

Warmte

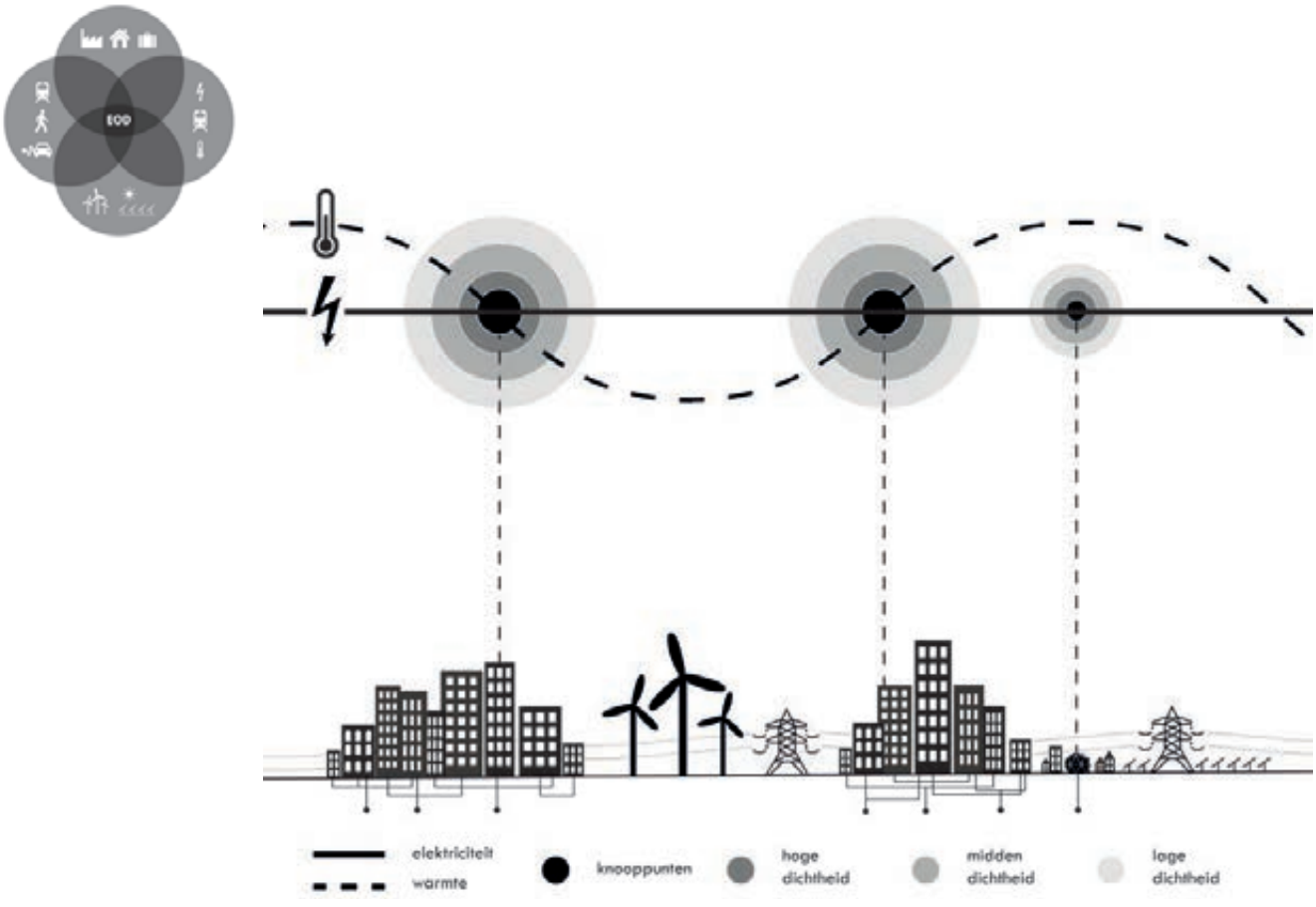


Electra

Mobiliteit



Transit Oriented Design | TOD



Energy Oriented Design | EOD

3.3 Maximaal Decentraal

Het perspectief 'maximaal decentraal' gaat uit van een energietransitie van onderaf, met energievoorzieningen zoveel mogelijk decentraal georganiseerd. Startpunt zijn initiatieven in de buurt en wijk, gebaseerd op lokale participatie en draagvlak. Dit heeft als voordeel dat energie lokaal wordt opgewekt en voor een zo groot mogelijk gedeelte ter plekke gebruikt wordt. Dit maakt het vanuit transportoogpunt een efficiënt systeem, aangezien het elektriciteitsnet wordt ontlast en extra investeringen in de huidige grootschalige netten worden vermeden. Het perspectief sluit aan bij de op veel plekken groeiende behoefte aan zelforganisatie en-participatie. Om toch een balans tussen vraag en aanbod te realiseren moeten er op buurtniveau afstemmingsprincipes worden ontwikkeld en aanzien van elektriciteit en warmte. Idealiter ontstaan er dan op sub-regionale schaal buurten met overschotten of tekorten voor zowel elektra als warmte waardoor transport over langere afstanden met grootschalige systemen wordt voorkomen. Een aandachtspunt is dat er dan op buurtniveau moet voldoende opslag worden geregeld om fluctuaties te kunnen opvangen.

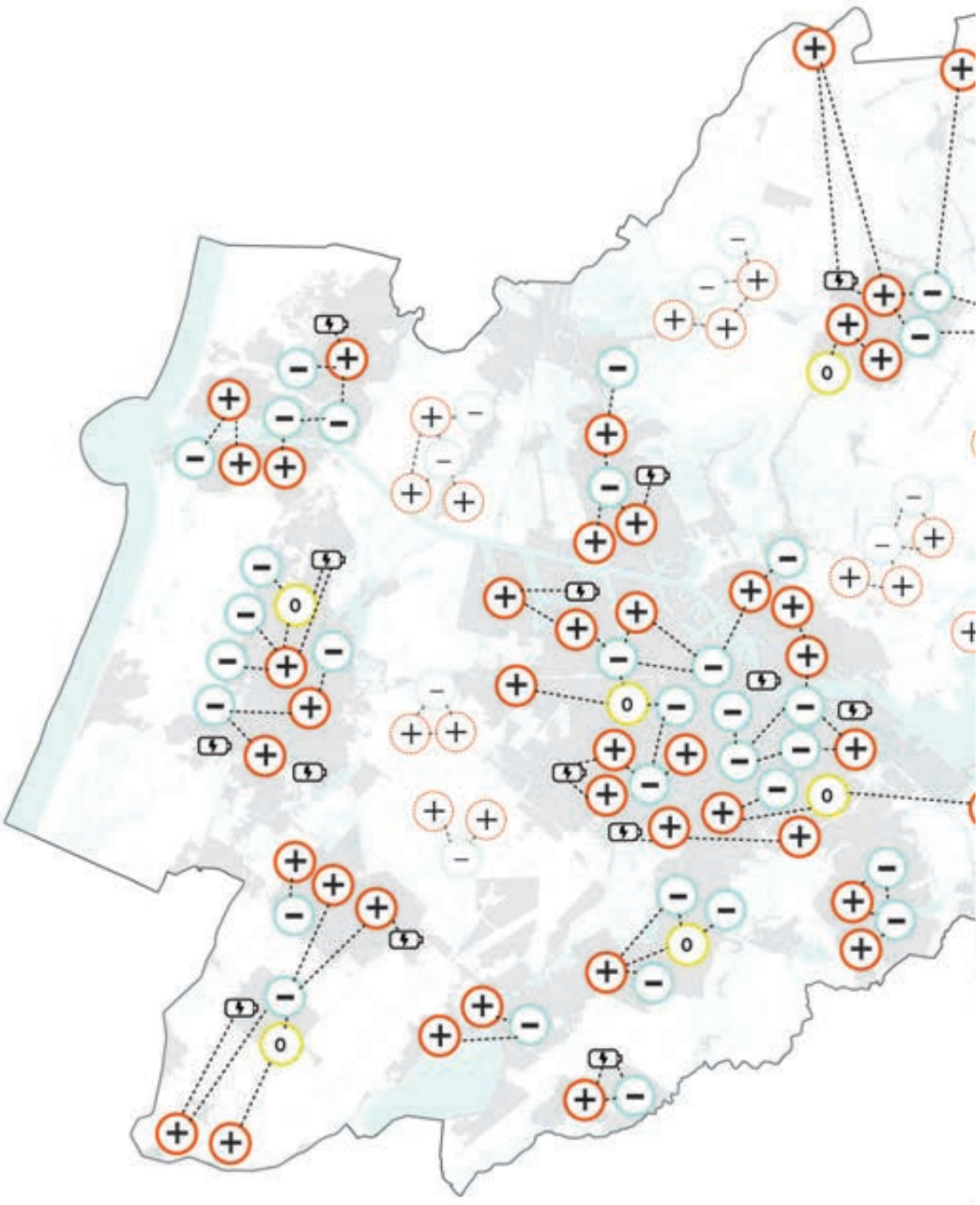
Er is uiteindelijk wel degelijk een organisatieopgave voor infrastructuur waarbij de vraag is wie dat aanlegt en wat het bestaande netwerk al aan kan. Door slimme functiemenging –niet alleen programmatisch maar ook door ruimte te scheppen voor de energieopgave- te stimuleren kan echter ook een deel van de opgave binnen de wijkgrenzen worden opgelost, ten behoeve van een goede balans in vraag en aanbod op verschillende tijdstippen. Kansen voor specifiek programma (sauna, heathub, buurtkas) ontstaan in buurten met warmte overschot. Zodoende ontstaan er kleine knooppunten op buurtniveau. Buurten met tekorten in elektriciteit worden verbonden met naastliggende bedrijventerreinen die weer een relatief grote potentie hebben voor zonne-energie. Ook in verschillende landschapstypen ontstaan overschotten en tekorten. In stadsranden zou bijvoorbeeld ruimte kunnen worden gemaakt om energie op te wekken voor aanliggende buurten met een lokaal energietekort.

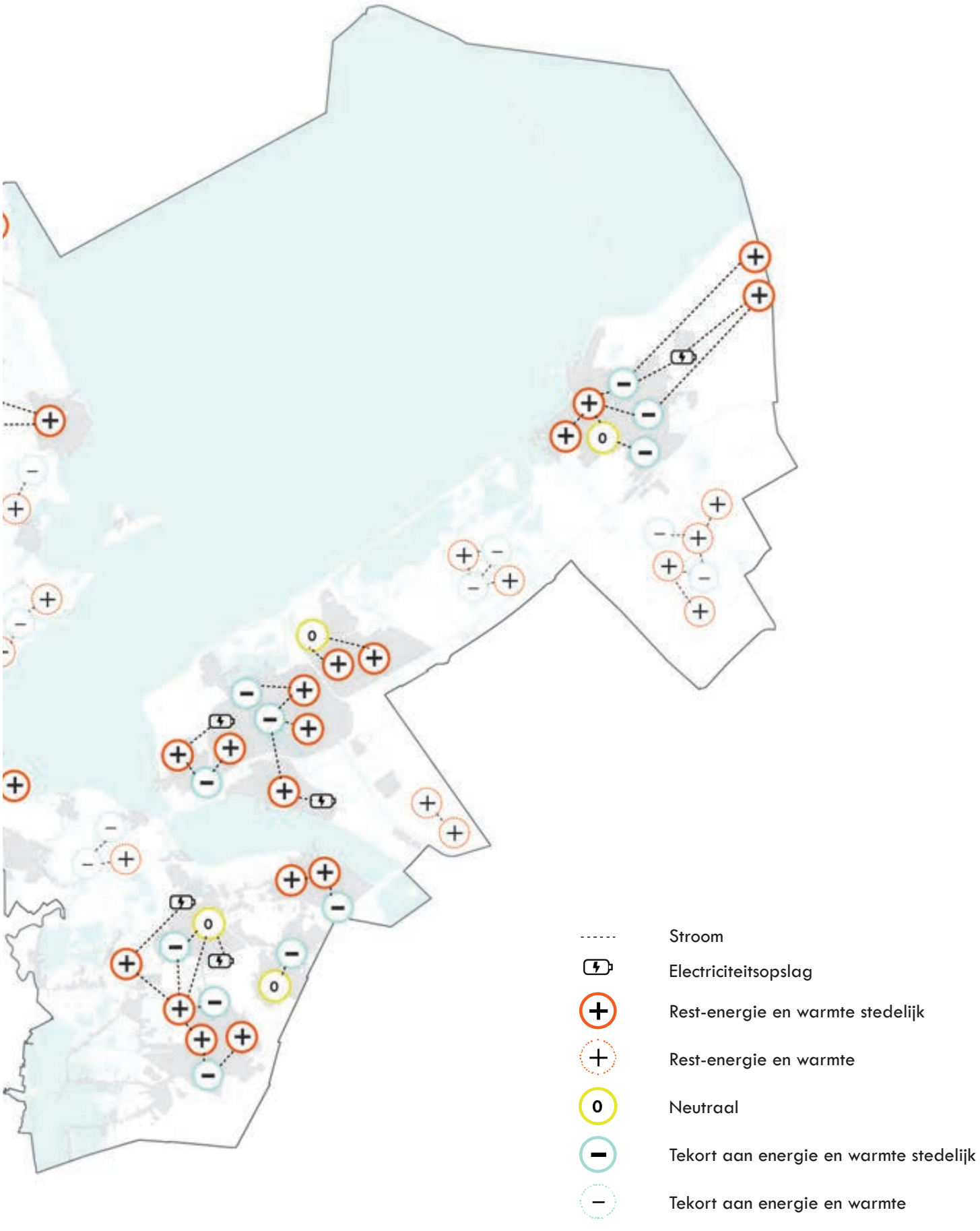
Impressie

Schematische ruimtelijke doorsnede

Dit perspectief wil juist burgers, VVE's, collectieven, innovatieve bedrijven en energieleveranciers stimuleren om samen te werken. Do It Yourself wordt Do It Together. Onverwachte samenwerkingen en bedrijfsmodellen ontstaan, waardoor de MRA een proeftuin wordt voor innovaties op energiegebied. De overheid heeft dan ook een rol om regelgeving en incentives te ontwikkelen, experimenteergebieden aan te wijzen en maximale kennisuitwisseling te organiseren, ten behoeve van een continu lerende stad.

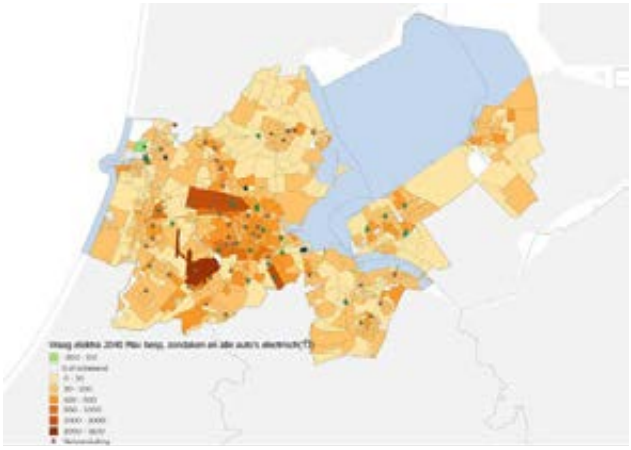
Maximaal Decentraal



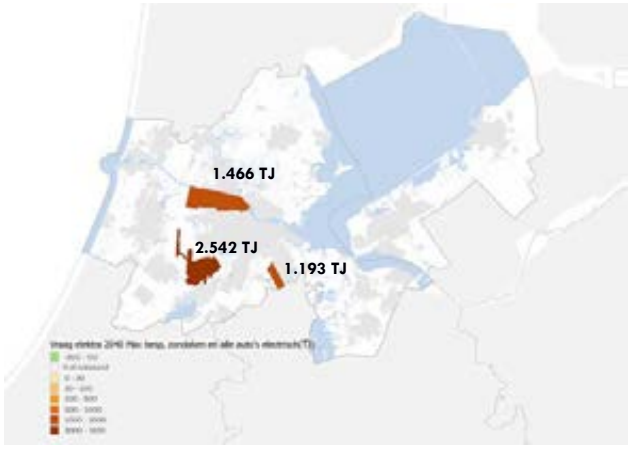

Stroom
Electriciteitsopslag
Rest-energie en warmte stedelijk
Rest-energie en warmte
Neutraal
Tekort aan energie en warmte stedelijk
Tekort aan energie en warmte

Energieneutraal op buurtniveau?
Op buurtniveau is onderzocht of het mogelijk is om als buurt energieneutraal of zelfs energieleverend te worden. Dit is voor zowel elektriciteit als lage temperatuurwarmte (<100 C) inzichtelijk gemaakt. Voor alle buurten in de MRA is eerst het huidig elektriciteitsgebruik van de gebouwde omgeving inzichtelijk gemaakt en doorvertaald naar de situatie in 2040 rekening houdend met flinke besparingsstappen. Vervolgens wordt per buurt het nuttig beschikbaar dakoppervlak voorzien van PV-installaties. Dit levert dan een beeld op per buurt van het elektriciteitsgebruik na besparen en inclusief opwerkpotentie PV op dak. Ook de toename in elektriciteitsgebruik als gevolg van elektrisch rijden kan hierbij worden meegerekend. Wanneer we dit allemaal bezien zijn er in de MRA een aantal buurten die opvallen wat betreft een hoger dan gemiddeld elektriciteitsgebruik. Schiphol, het westelijk havengebied en Amstel III/Bullewijk. Voor Schiphol en het westelijk havengebied is in de potentieel studie al gezocht naar extensief gebruikte ruimtes die ingezet zouden kunnen worden voor het opwekken van hernieuwbare energie. Als we deze potenties voor Schiphol en het westelijk havengebied meenemen dan zien we dat het westelijk havengebied elektriciteit zou kunnen leveren. De elektriciteitsvraag van Schiphol daalt ook fors. Als laatste stap hebben we gezocht naar naastliggende buurten met ‘ruimte’ voor inpassing van duurzame energie. Hierbij is vanwege haalbaarheid ook gezocht naar locaties in de buurt van een netaansluiting. Bijvoorbeeld de buurt Schiphol zou een deel van haar resterende elektriciteitsvraag op kunnen wekken in Rozenburg.

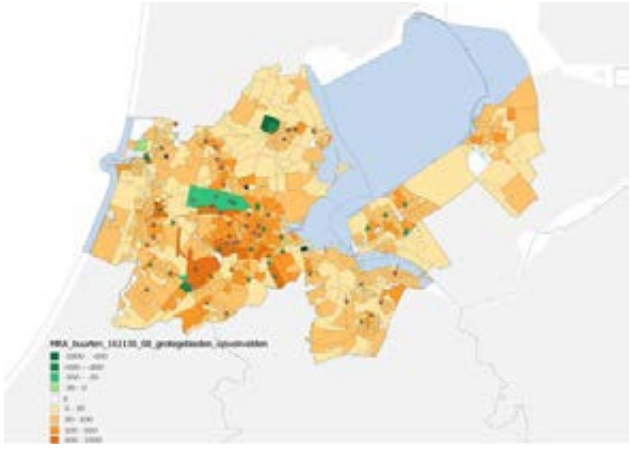
Voor warmte is eenzelfde logica gevolgd. Dus eerst is het warmtegebruik per buurt inzichtelijk gemaakt, vervolgens doorvertaald naar 2050 en zijn ook flinke besparingsopties meegenomen. Voor de resterende vraag is hier nu gezocht naar aanwezige restwarmtebronnen op lage en hoge temperatuur om zo slimme koppelingen te kunnen realiseren.



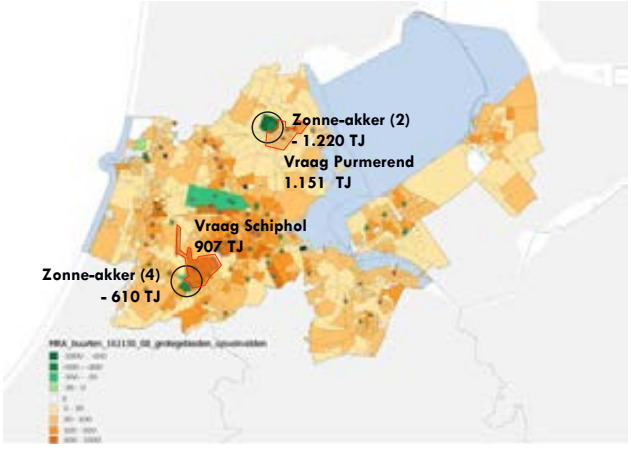
Elektriciteitsvraag per buurt 2040 - Max. besparen + zon + elektrisch rijden



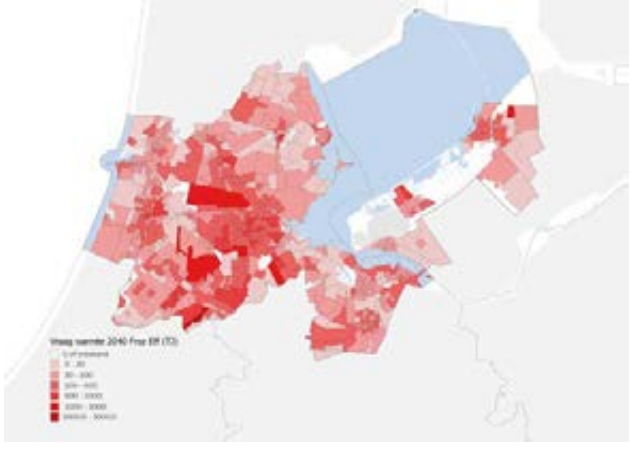
2040 - Grote vraag elektriciteit (na besparen en opwek op dak)



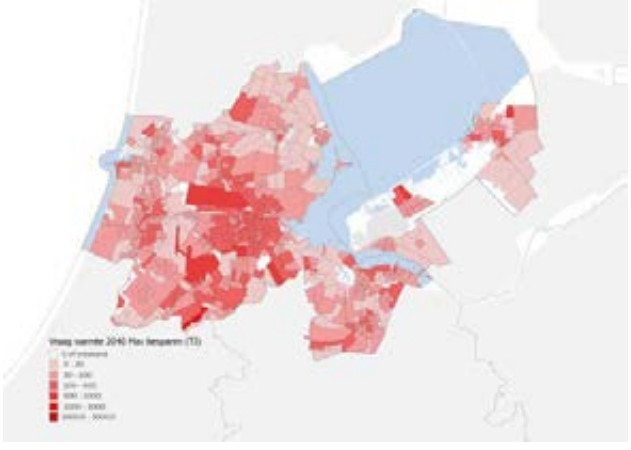
Elektriciteitsvraag per buurt 2040 - Max. besparen + zon + elektrisch rijden + extensieve gebieden + extra opwek



Elektriciteitsvraag per buurt 2040 - Max. besparen + zon + elektrisch rijden + extensieve gebieden + extra opwek



Warmtevraag per buurt 2040



Warmtevraag per buurt 2040 - Maximaal besparen

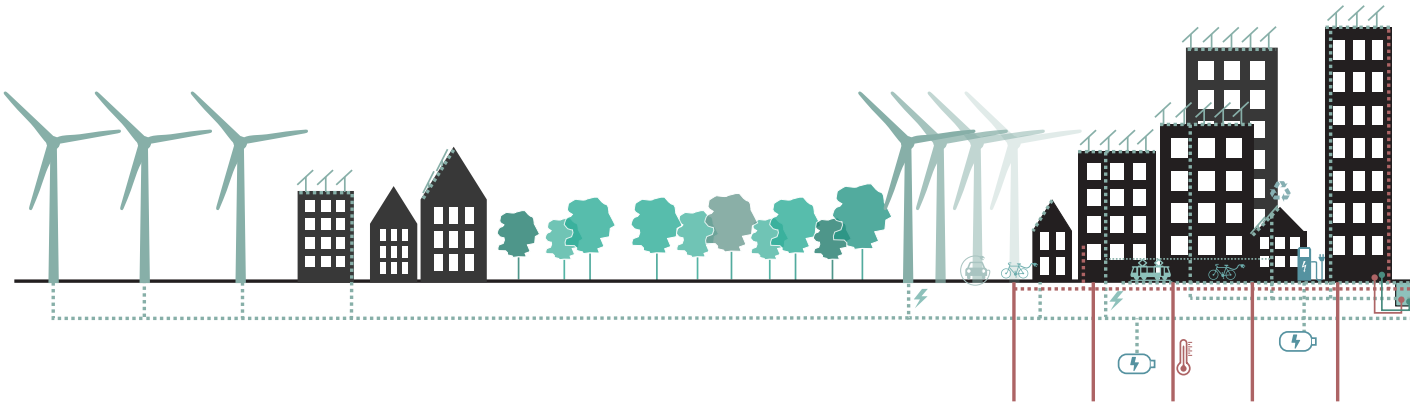
3.4 Energie volgt Ruimte

Dit perspectief bouwt voort op de kenmerkende ruimtelijke opbouw van de MRA met grote contrasten tussen verschillende regio's in de MRA op het gebied van dichtheid, energievraag, landschap, morfologie, bouwjaar. Deze contrasten zijn mede een gevolg van sterke ruimtelijke sturing op de ruimte en verschillen daartussen per gebiedsype. Het gaat uit van de kracht van de veelzijdige metropool met zijn vele leefmilieus, waar geen eendimensionale energiestrategie bij past. Deze wordt aangepast aan de organisatie en de ondergrond van een gebied: de energie-opgave volgt de huidige ruimtelijke kenmerken en maakt daardoor gebruik van bestaande sterktes.

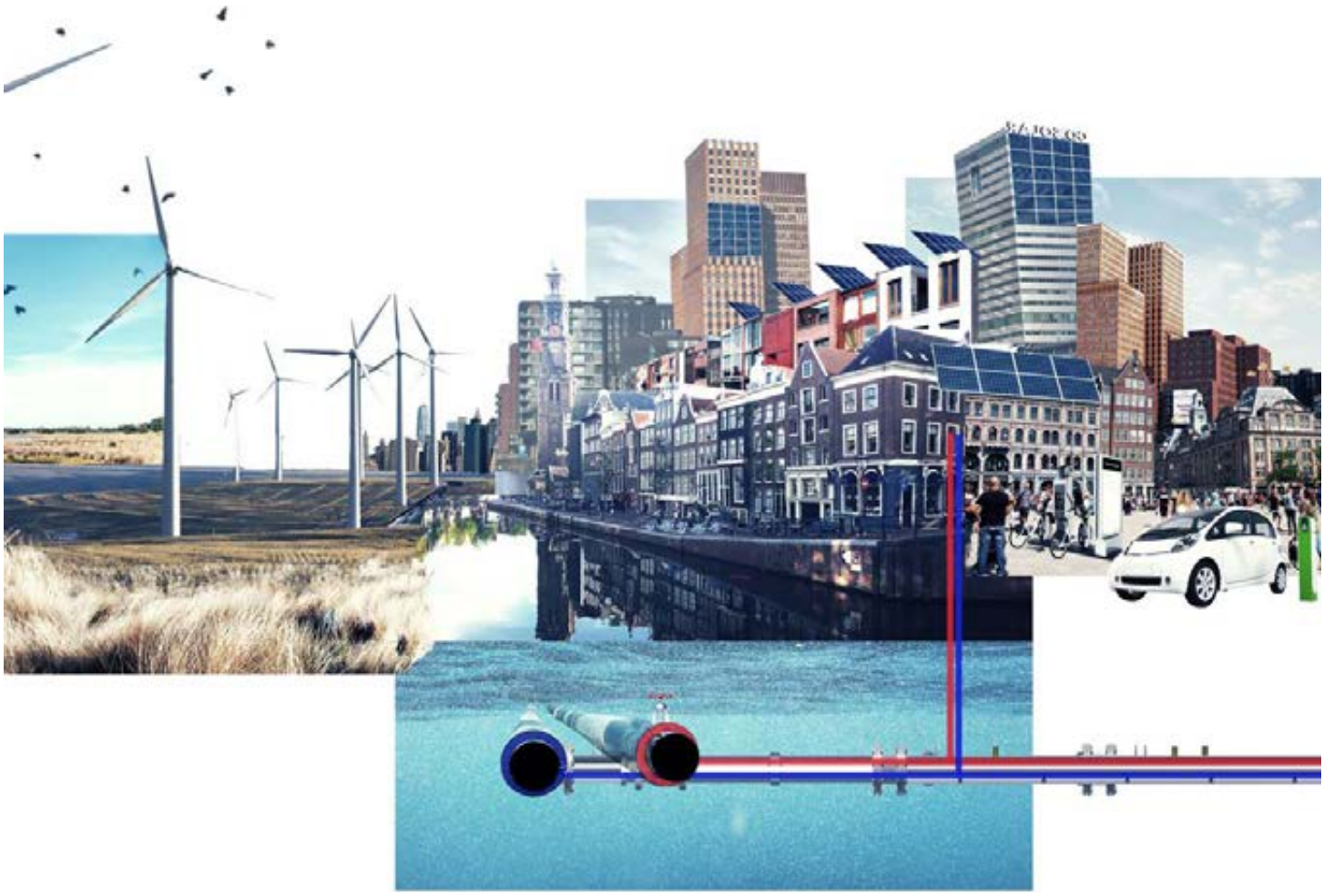
Zo kan in compact stedelijke gebieden als Amsterdam en Haarlem de potentie voor fijnmazige warmtenetten worden benut en is dit op zijn beurt weer een stimulans voor verdere verdichting. In landschappen met sterke milieubeperkingen ligt de kans om de ruimte die daar ligt innovatief te benutten voor bedrijfsmatige ontwikkeling van duurzame energie. De nabijheid van deze diverse milieus maakt uitwisseling van vraag en aanbod mogelijk tussen de verschillende functies. Bestaande knooppunten worden versterkt: mobiliteit richt zich op een schaalsprong in openbaar vervoer, met knooppunten aan de rand van de stad. Sub-urbane gebieden als Almere, Purmerend en Haarlemmermeer zijn meer autogericht, hebben een lagere dichtheid en worden getransformeerd naar All Electric. Met de verdere verdichting van

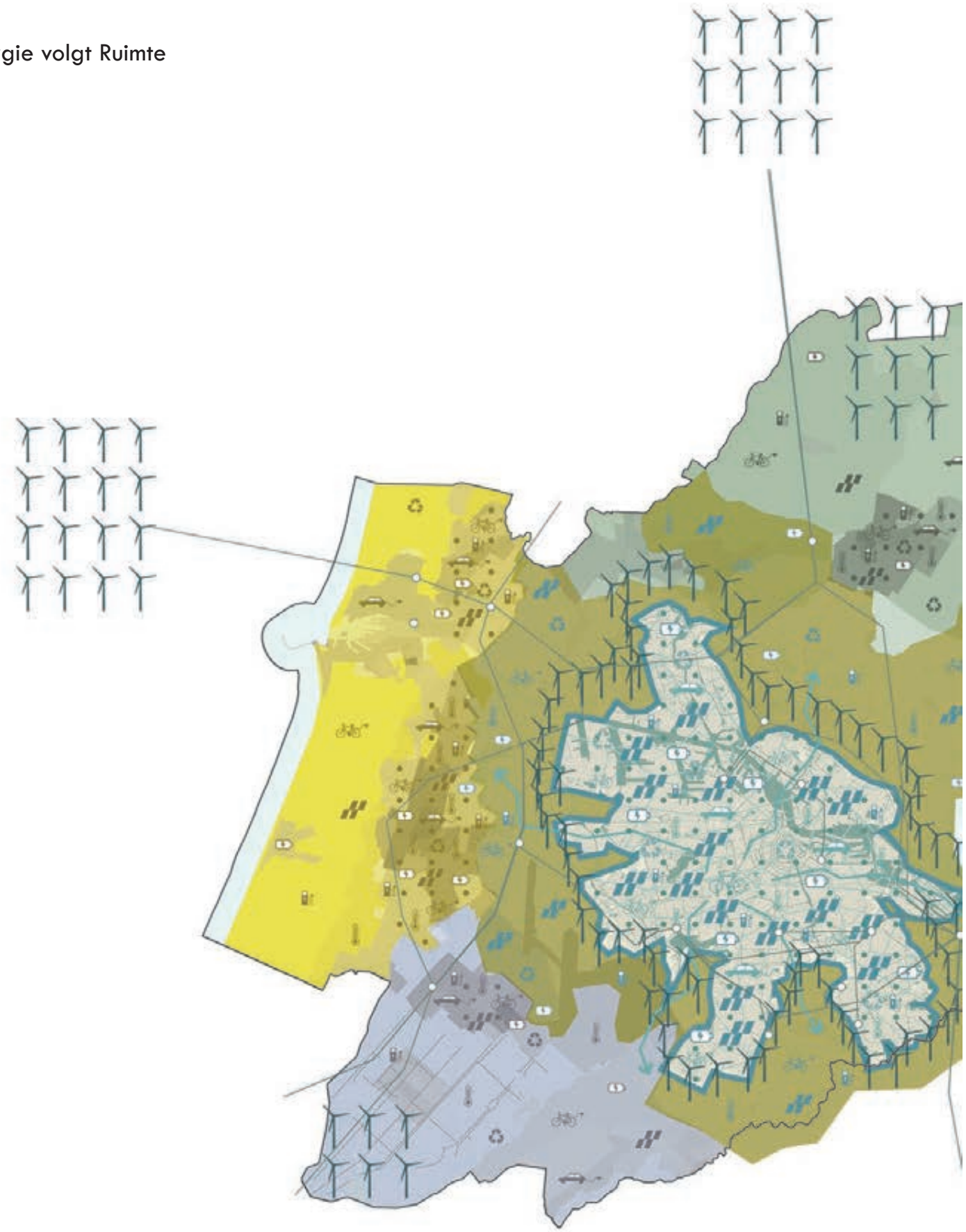
Impressie

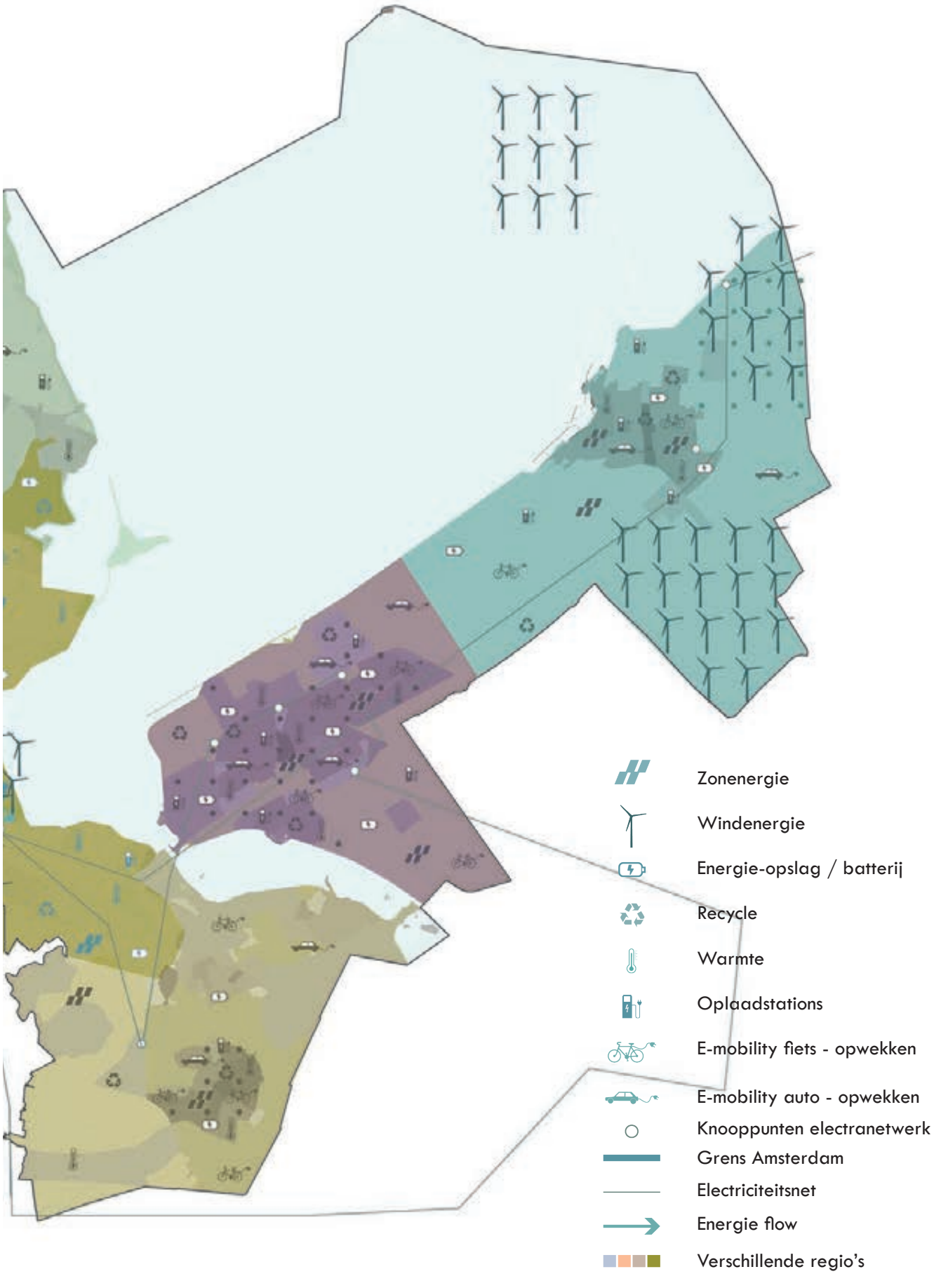
Amsterdam, krijgt het landschap rondom Amsterdam een steeds grotere waarde voor de recreërende stedeling en kan dan ook niet worden benut voor grootschalige energieproductie. Binnen de kleinschalige veenweidelandschappen passen dan ook meer 'symbolische' energieproductie, zoals incidentele windmolens en zonne-akkers, ten behoeve van bewustwording van de energietransitie en noodzaak ervan. In de "2e lijn", ter plaatse van de meer grootschalige droogmakerijen, zijn grotere productie-landschappen mogelijk.



Schematische ruimtelijke doorsnede






Zonenergie
Windenergie
Energie-opslag / batterij
Recycle
Warmte
Oplaadstations
E-mobility fiets - opwekken
E-mobility auto - opwekken
Knooppunten electranetwerk
Grens Amsterdam
Electriciteitsnet
Energie flow
Verschillende regio's

3.5 Conclusie perspectieven

De perspectieven tonen drie totaal verschillende benaderingen van de energie als ruimtelijke opgave. Door op meerdere criteria (onder andere energie, ruimte, governance, sociaal-economisch) de perspectieven te beoordelen worden verschillen per perspectief beter inzichtelijk gemaakt.

Het “Grand design” perspectief laat zien dat optimale benutting van het potentieel voor restwarmte en geothermie alleen mogelijk is als er op termijn een regionaal en uitgebreid netwerk wordt gerealiseerd. Daar is de regio nu ook al mee bezig. Hetzelfde zal gelden voor het niet regionaal op te wekken deel van de energievraag. Met name de elektriciteit zal niet in de regio zelf volledig kunnen worden opgewekt en zal bijvoorbeeld ‘wind op zee’ of wind vanuit andere regio’s moeten komen (kop Noord-Holland). Hierop zal de infrastructuur aangepast moeten worden en zullen er nieuwe netwerkknooppunten ontstaan. Dit biedt kansen voor afstemming met ruimtelijke ontwikkelingen.

”Maximaal decentraal” laat zien dat de lokale initiatieven weliswaar in schaal niet de meters maken die nodig zijn maar dat er vanwege die kleinschaligheid veel ruimte is voor eigen initiatief en dat er zo wellicht ook draagvlak ontstaat voor de grotere ingrepen. Daarnaast kan (sociale) innovatie van onderop ontstaan.

“Energie volgt ruimte” toont het belang van respect voor bestaande ruimtelijke belangen en karakteristieken van de regio’s en buurten van de MRA. De lappendeken aan milieus met grote onderlinge ruimtelijke, energetische en economische verschillen is een eigen ecosysteem van functies die zich tot elkaar verhouden. Het integreren van de energietransitie in dat ecosysteem door de afzonderlijke functies te behouden maar hun onderlinge samenhang te versterken biedt een interessant nieuw perspectief, maar vraagt om meer uitwerking. Daarom wordt in hoofdstuk 4 verder ingegaan op de rol van energievraag- en opwekpotentie tussen verschillende energie milieus.

4 DEELSTUDIES

4.1 Energiemilieus

De MRA wordt gekenmerkt door compactheid met een grote energievraag en hier zit ook de grootste uitdaging en kans. De ruimtelijke gevolgen van de energietransitie moeten zo min mogelijk op andere, minder bevolkte of minder ontwikkelde regio's worden afgewikkeld. In een verstedelijkt gebied als de MRA betekent dit dat elk ruimtelijk onderdeel een eigen bijdrage moet leveren aan de energietransitie. Vanuit een beter en nieuw begrip van ruimtelijke en energetische condities, kan een ambitie worden ontwikkeld die rekening houdt met de specifieke condities van de MRA. Daarbij maken de omvang en het schaalniveau van de metropool 'opschaling' van die gebiedseigen interventies mogelijk en kunnen grootschalige investeringen worden afgestemd met de lokale potentie. Waar in een gemeente een bepaald milieu maar één keer voor komt, is dat in de MRA als geheel misschien wel veel vaker voorkomend milieu.

Op basis van een analyse van postcodegebieden op ruimtelijke én energetische kenmerken onderscheiden we 23 verschillende ruimtelijke energiemilieus. Deze energiemilieus zijn verdeeld in veertien stedelijke typen (bijvoorbeeld woonwijken, bedrijventerreinen)[1] en zes landschappelijke typen (landelijk gebied, natuur, recreatiegebieden). Daarnaast heeft de regio met Schiphol en de haven een aantal speciale programma's in huis die samen een ander type vormen. Gezamenlijk vormen deze milieus op de kaart een divers mozaïek; kenmerkend van de MRA is het voorkomen van compleet andere milieus vlak bij elkaar.
Elk type milieu heeft zijn eigen ruimtelijke verschijningsvorm (dichtheid, functie) en energievraag.
De energievraag is per postcodegebied in beeld gebracht en geaggregeerd naar energiemilieus.
Voor de derde fase zijn een zevental veel voorkomende of opvallende typen uitgelicht en is gekeken naar hoe de energietransitie in zo'n milieu ingestoken zou kunnen worden. Er is daarbij bewust gekozen om geen plaatsgebonden voorbeeld uit te werken maar juist een meer algemene verbeelding van dat milieu, bijvoorbeeld een wederopbouwwijk of een deel van het landelijk gebied met intensief agrarisch gebruik. Dit blijkt een succesvolle aanpak om raakvlakken met andere regionale ruimtelijke opgaven te verkennen en zou voor meer milieus verder kunnen worden uitgediept. Deze opdracht bood geen ruimte om dit uitputtend te doen.

Condities energiemilieus
Hoewel verschillende buurten van een type milieu in verschijningsvorm en energieverbruik grotendeels overeenkomen, kunnen randvoorwaarden voor energietransitie van plek tot plek verschillen. Voorbeelden van zulke randvoorwaarden zijn de aanwezigheid van een warmtebron (potentie geothermie ter plekke of de nabijheid van restwarmte/warmtenet). De verschillen in randvoorwaarden maken dat er per type verschillen kunnen optreden in de uiteindelijke potentie: een wijk die gebruik kan maken van restwarmte kan eenvoudiger energieneutraal worden gemaakt dan de wijk die haar eigen warmte dient op te wekken.

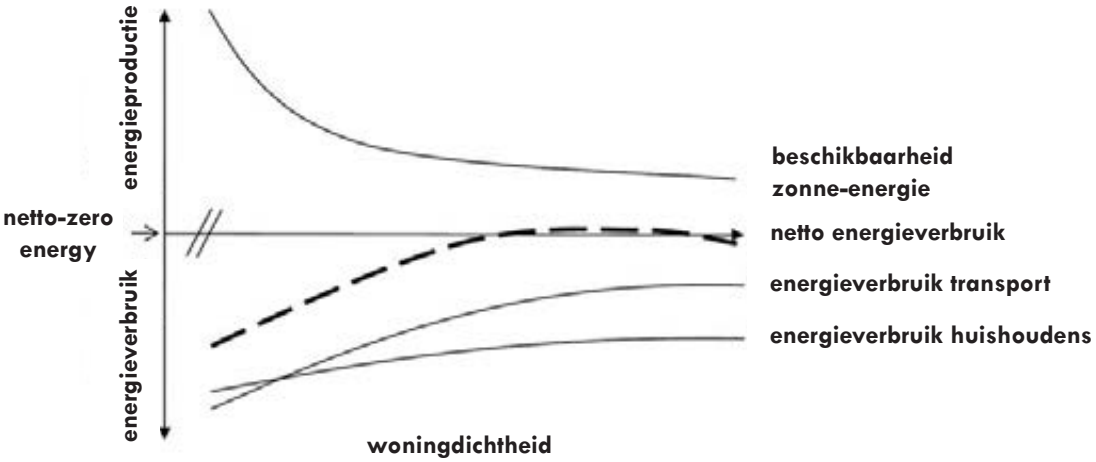
We onderscheiden de volgende randvoorwaarden:
- Aanwezigheid restwarmte in en nabij energiemilieu (lage- en hoge temperatuur)
- Aanwezighied warmtenet binnen energiemilieu
- Aanwezighied potentiele uitbreiding warmtenet (Grand-Design warmte) binnen energiemilieu
- Aanwezighied geothermische potentie vanuit de ondergrond binnen en nabij energiemilieu
- Aanwezighied OV binnen energiemilieu
- Aanwezighied UNESCO-erfgoed binnen energiemilieu
- Aanwezighied onderstation (elektriciteitsnetwerk) nabij energiemilieu

Voor elk type leefmilieu bestaan een aantal generieke en specifieke maatregelen die voor de energietransitie genomen kunnen worden. Een voorbeeld van een generieke maatregel is het volledig gebruiken van het dakoppervlak voor het opwekken van zonne-energie. De specifieke maatregelen zijn afhankelijk van de verschillende condities van een leefmilieu, en verschillen daarmee van buurt tot buurt. De hoeveelheid beschikbaar dakoppervlak voor zonnepanelen verschilt per milieu bijvoorbeeld door de typische ruimtelijke opbouw. Door beide gegevens te combineren kunnen in theorie alle verschillende wijken en buurten in de MRA van een energiewaarde worden voorzien; positief, negatief of neutraal. Voor een aantal van deze energiemilieus is de waarde specifiek gemaakt.

[1] De stedelijke milieus hebben we bepaald door in de buurtmonitor (CBS) de buurten te onderscheiden via stedelijkheidsklassen (CBS; 1 t/m 5) en bouwjaargroepen (<1900, 1900-1945, 1946-1971, 1972-1991, >1992).

Netto energieverbruik vs dichtheid

Bron: William T O'Brien, Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Concordia University



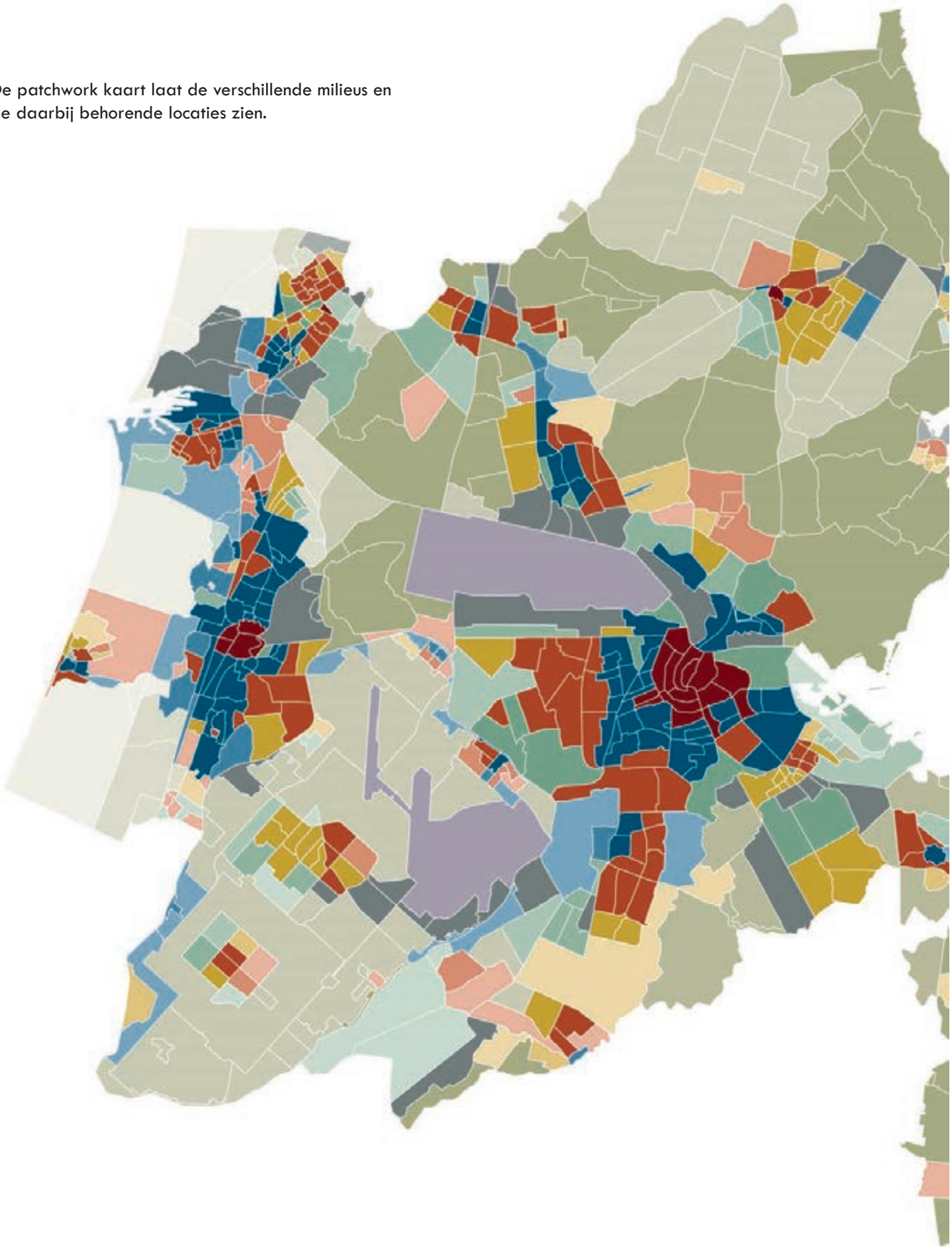
Milieus

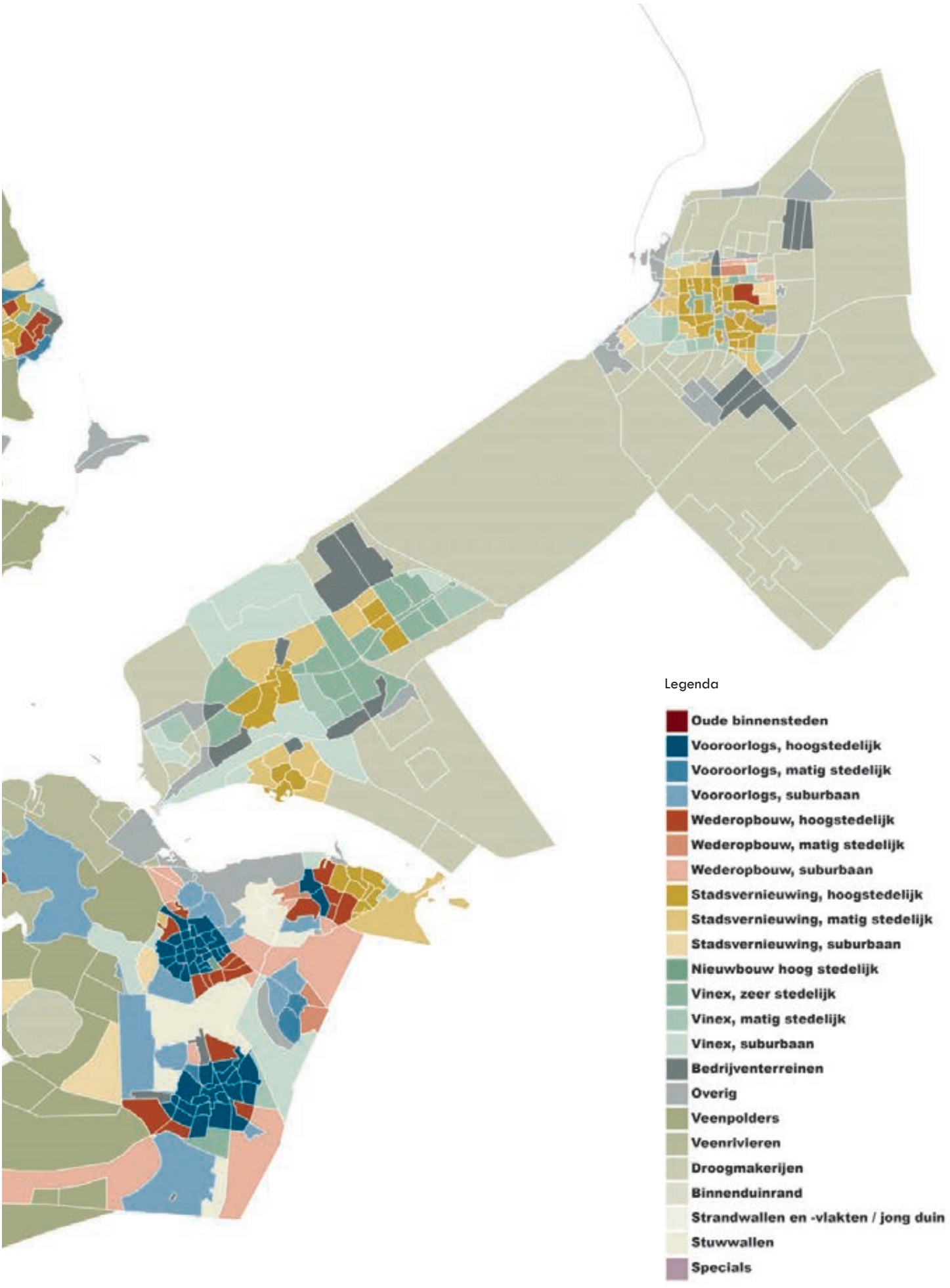
Patchwork van milieus en ruimtelijk-energetische condities

		conditie 1	conditie 2	conditie 3	conditie 4	conditie 5
1	oude binnensteden					
2	vooroorlogs, hoogstedelijk					
3	vooroorlogs, matig stedelijk					
4	vooroorlogs, suburbaan					
5	wederopbouw, hoogstedelijk					
6	wederopbouw, matig stedelijk					
7	wederopbouw, suburbaan					
8	stadsvernieuwing, hoogstedelijk					
9	stadsvernieuwing, matig stedelijk					
10	stadsvernieuwing, suburbaan					
11	nieuwbouw, hoogstedelijk					
12	vinex, zeer stedelijk					
13	vinex, matig stedelijk					
14	vinex, suburbaan					
15	bedrijventerreinen					
16	overig					
17	veenpolders					
18	veenrivieren					
19	droogmakerijen					
20	binnenduinrand					
21	strandwallen en -vlakten / jong duin					
22	stuwwallen					
23	specials					

Patchwork kaart

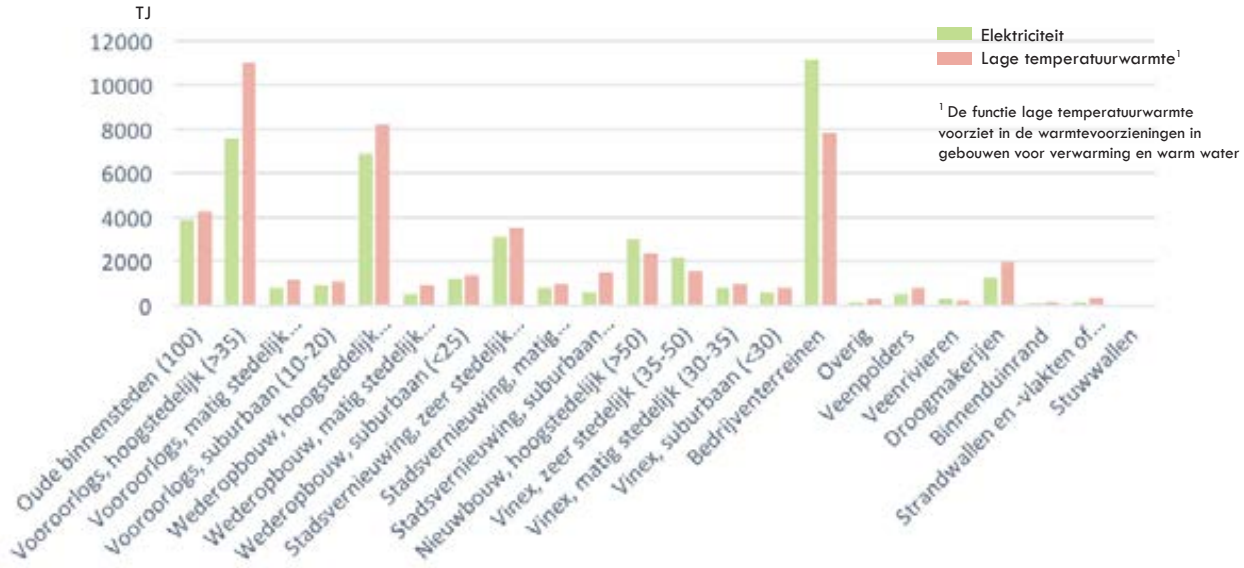
De patchwork kaart laat de verschillende milieus en de daarbij behorende locaties zien.




Legenda
Oude binnensteden
Vooroorlogs, hoogstedelijk
Vooroorlogs, matig stedelijk
Vooroorlogs, suburbaan
Wederopbouw, hoogstedelijk
Wederopbouw, matig stedelijk
Wederopbouw, suburbaan
Stadsvernieuwing, hoogstedelijk
Stadsvernieuwing, matig stedelijk
Stadsvernieuwing, suburbaan
Nieuwbouw hoog stedelijk
Vinex, zeer stedelijk
Vinex, matig stedelijk
Vinex, suburbaan
Bedrijventerreinen
Overig
Veenpolders
Veenrivieren
Droogmakerijen
Binnenduinrand
Strandwallen en -vlakten / jong duin
Stuwwallen
Specials

Energievraag 2040 | maximaal besparen

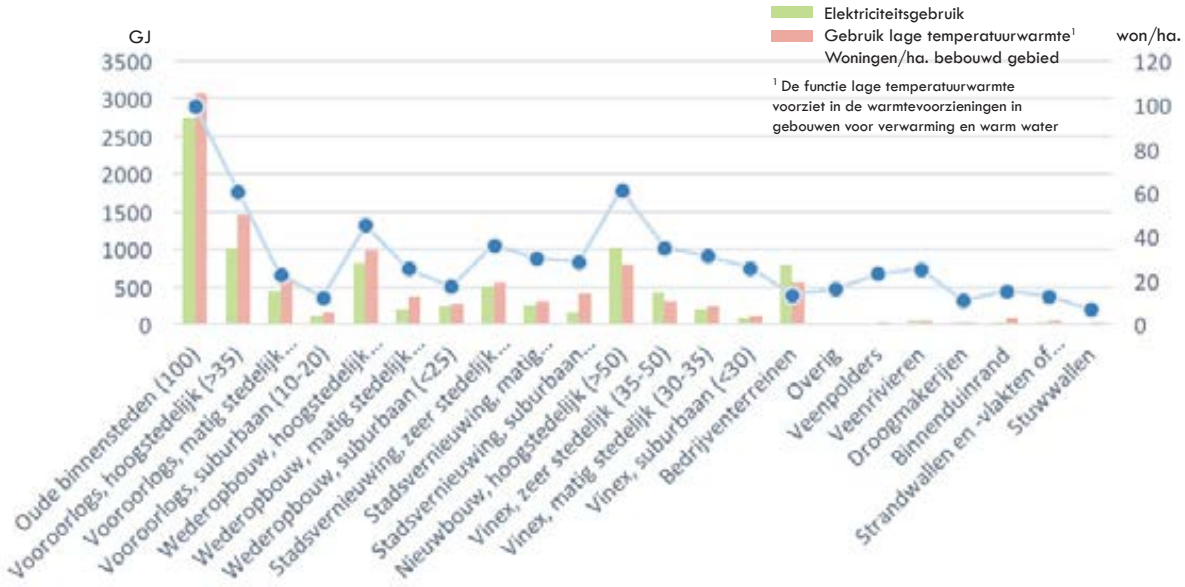
Totaal energiegebruik per milieu in de MRA opgesplitst in lage temperatuurwarmte[1] en elektricteit (TJ).



Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

Energievraag 2040 | maximaal besparen

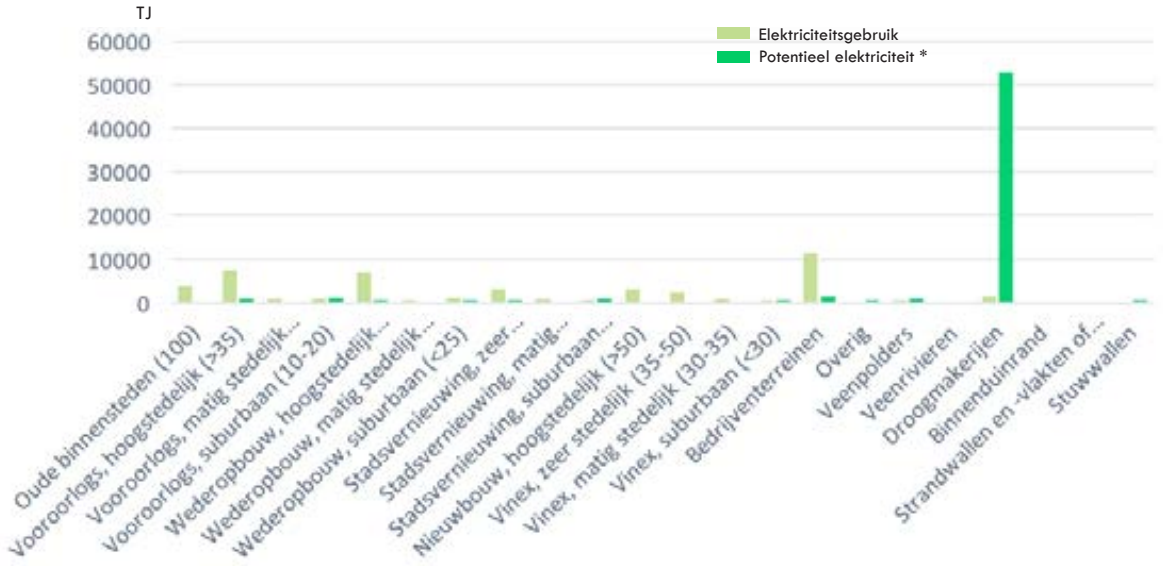
Gemiddelde energievraag per ha. per milieu in de MRA opgesplitst in lage temperatuurwarmte1 en elektriciteit (GJ).



Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

Elektriciteitsbalans 2040 | maximaal besparen

Totaal elektriciteitsgebruik en potentie opwekking elektriciteit per milieu in de MRA (TJ).

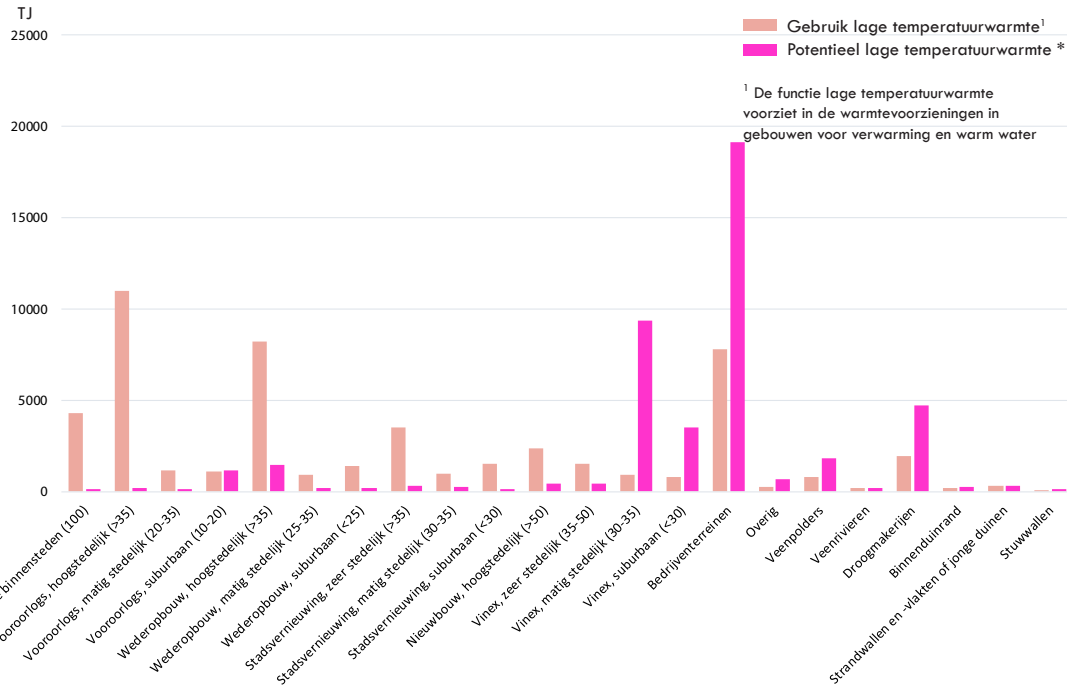


Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

* De potentie opwekking elektriciteit binnen een milieu is berekend a.d.h.v.: zon PV op het geschikte dakoppervlak; zon PV langs infrastructuur; zonne-akkers op agrarisch land (vnl binnen het milieu droogmakerijen); windturbines op agrarisch land en in bos / alleen in droogmakerijen en stuwwallen.

Warmtebalans 2040 | maximaal besparen

Totaal gebruik lage-temperatuurwarmte en potentie opwekking lage temperatuurwarmte1 per milieu in de MRA (TJ).

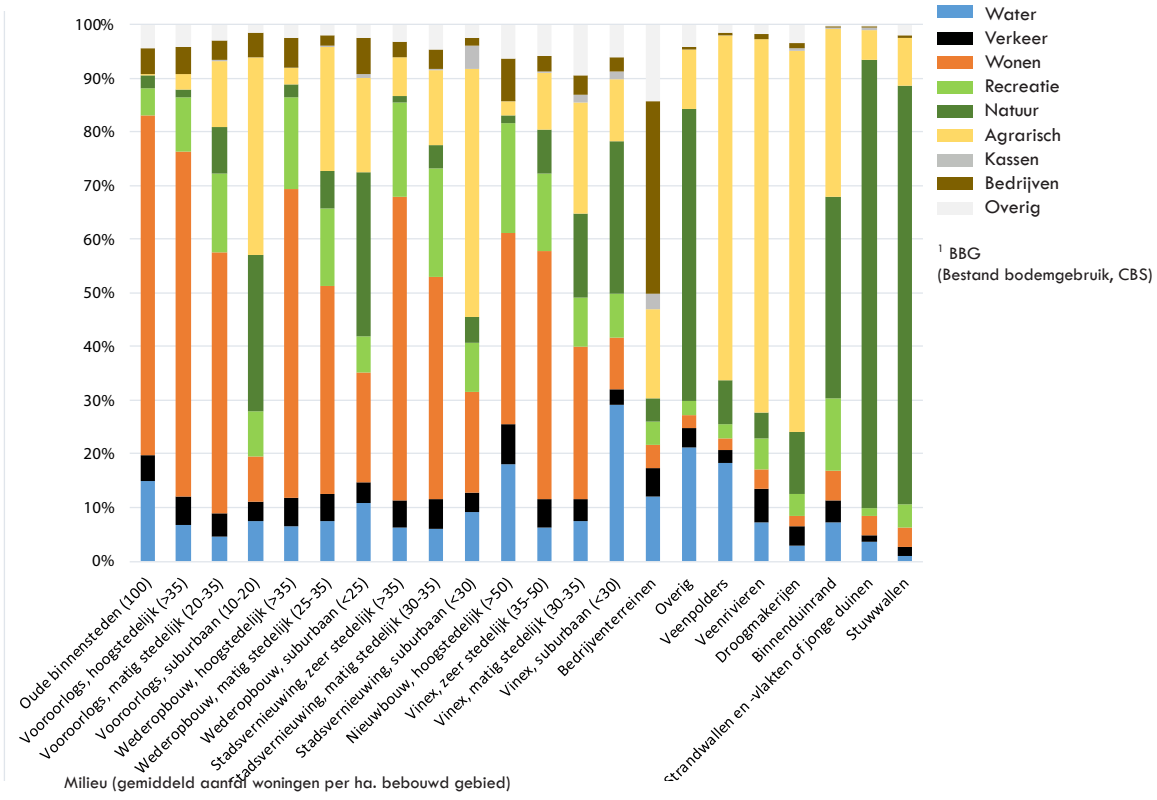


Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

* De potentie opwekking lage temperatuurwarmte binnen een milieu is berekend a.d.h.v. :
- potentie voor geothermie (op basis van ThermoGIS, TNO) / niet aanwezig in alle milieus
- beschikbare restwarmte (industrie, datacentres, etc...; zie ook Grand Design Warmte MRA) / niet aanwezig in alle milieus
- verbranding en vergisting van biomassa op basis van reststromen

Bodemgebruik milieus

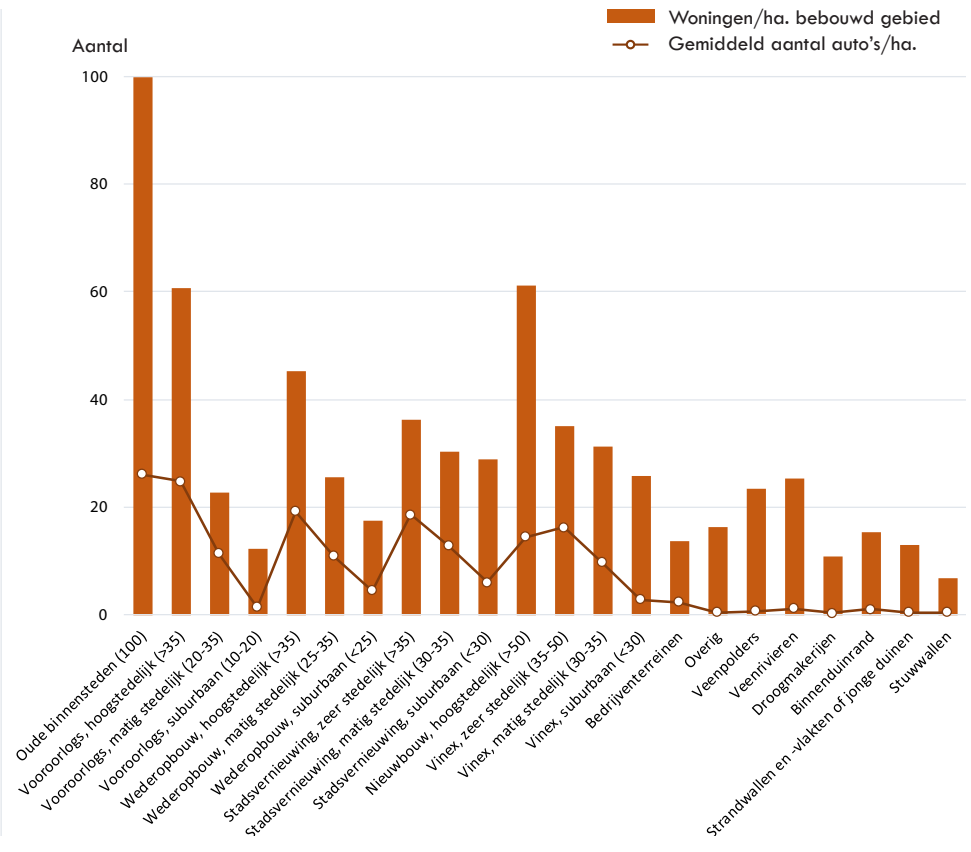
Procentuele verdeling van het bodemgebruik1 per milieu in de MRA



[1] BBG
(Bestand bodemgebruik, CBS)

Woningdichtheid en autobezit

Gemiddeld aantal woningen en personenauto's per ha. per milieu in de MRA



4.2 Stedelijke types

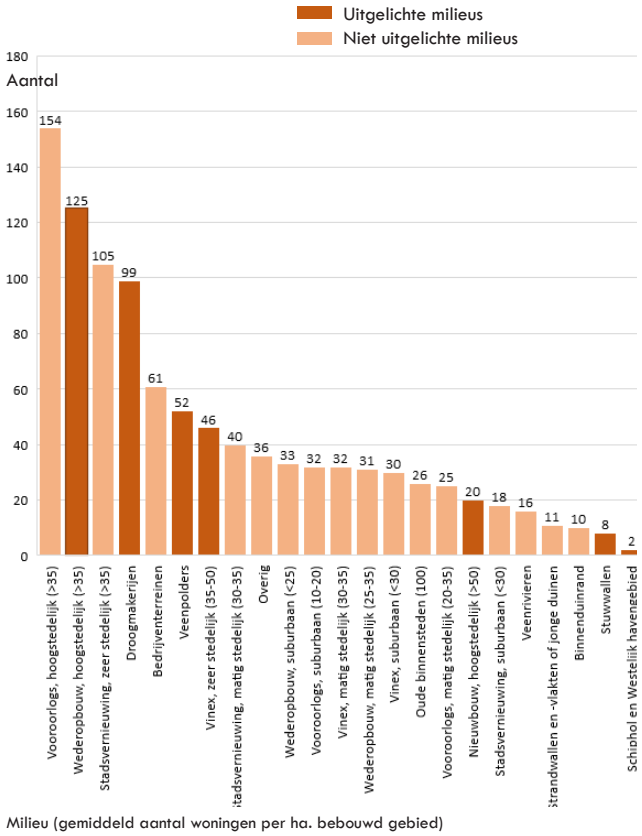
We onderscheiden veertien verschillende stedelijke milieus, variërend van oude binnensteden als die van Amsterdams tot een sub-urbane Vinex-wijken zoals bijvoorbeeld Almere Buiten. Er is gekozen om twee van de meest voorkomende typen in de MRA verder uit te werken, namelijk: de wederopbouwwijken en sub-urbane Vinex-wijken. Daarnaast is een typisch hoog-stedelijk transformatiemilieu (denk aan de Sluisbuurt en de IJ-oevers) uitgewerkt, omdat een groot deel van de woningbouwopgave in dit soort milieus terecht zal komen.

Voor de uitwerking van deze drie stedelijke milieus is er steeds van uitgegaan dat één bepaalde conditie, bijvoorbeeld een warmtebron, aanwezig is. Dit maakt dat de uitwerking een voorbeeld is van zo'n milieu, maar in de precieze uitwerking van dat milieu nog kan verschillen in potentie. Daarnaast is per milieu een aantal relevante parameters in kaart gebracht die voor energieverbruik relevant zijn zoals: dichtheid (laag-hoog), functie (monofunctioneel – multifunctioneel), mobiliteit (collectief of individueel), energielabel (A-G), aanwezigheid warmtebronnen, dakoppervlak (geschikt-ongeschikt), sociale groep (inkomen) en eigendom (verspreid of niet). De mate waarin een of meer van deze variabelen in een milieutype aanpasbaar is bepaald de potentie voor energietransitie in het milieu. Afhankelijk van de typische kenmerken van het type op de kan voor de transformatie vanuit energieperspectief worden ingezet op het verschuiven van een of meerdere variabelen.

Als voorbeeld zijn voor het type wederopbouw twee verschillende uitwerkingen gemaakt, één met lokale warmtebron en één zonder. Deze laten zien wat de consequenties zijn van het al dan niet aanwezig zijn van verschillende randvoorwaarden voor het schuiven met de variabelen.

Voorkomen milieus

Aantal voorkomende milieu's in MRA



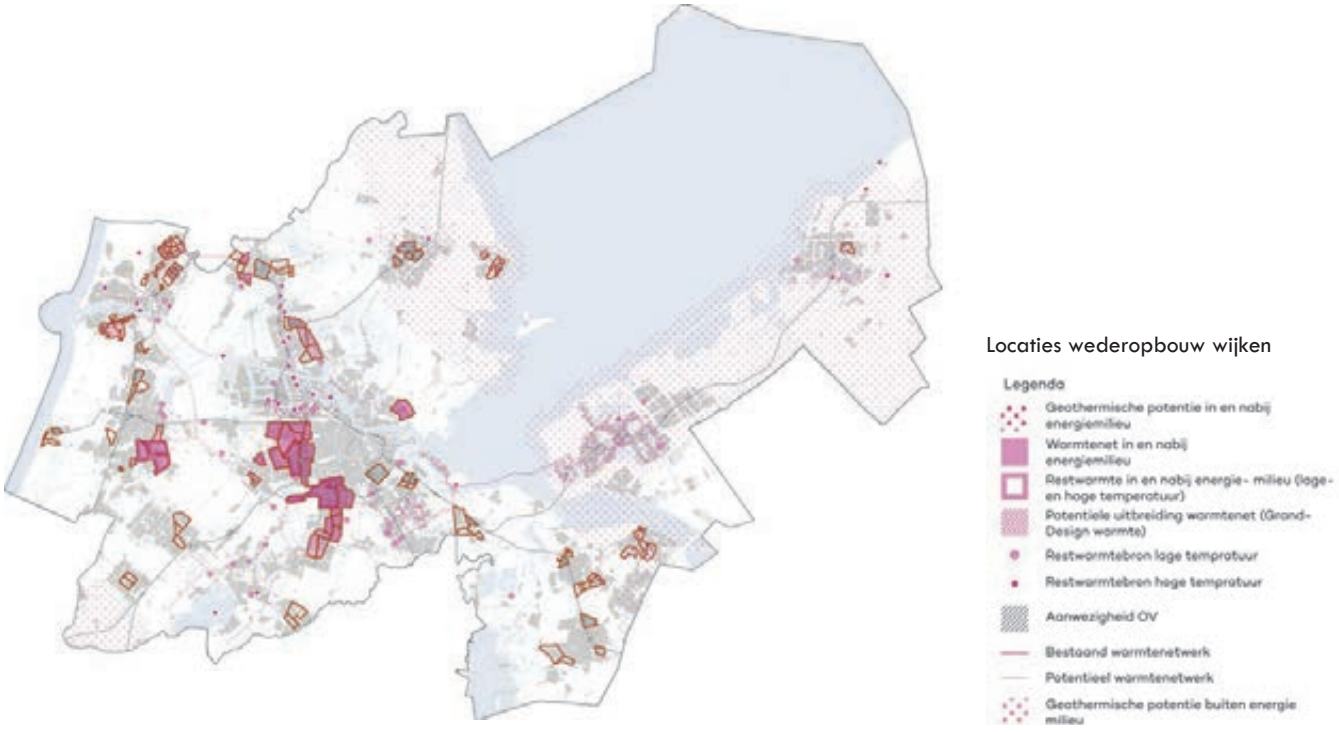
Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

Wederopbouw (renovatie)

Met wederopbouwwijken worden de woongebieden bedoeld die zijn gerealiseerd tussen 1945 en 1965. Met de toenmalige wijkgedachte in het achterhoofd, hebben deze wijken een herkenbare ruimtelijke verschijningsvorm van ‘stempels’ met vooral middelhoge gestapelde bouw afgewisseld met rijwoningen en wat hoogbouw. In deze wijken speelt een grote vernieuwingsopgave. In de MRA bestaan 125 postcodegebieden die als wederopbouwwijk kunnen worden bestempeld. De gemiddelde woningdichtheid bedraagt 45 woningen/ha. In totaal bevinden zich hier ongeveer 215.000 huishoudens, 160.000 auto’s en wonen ongeveer 440.000 inwoners. Ongeveer 10% van de woningen in deze buurten is aangesloten op een warmtenet.
Het totale elektriciteitsgebruik van alle wederopbouwbuurten in de MRA is ongeveer 6,9 PJ in 2040 wanneer tevens bespaard gaat worden. Het warmtegebruik komt uit op 8,2 PJ na besparen. De wederopbouw milieus in de MRA gebruiken dus een significant deel van de totale energievraag in de MRA.

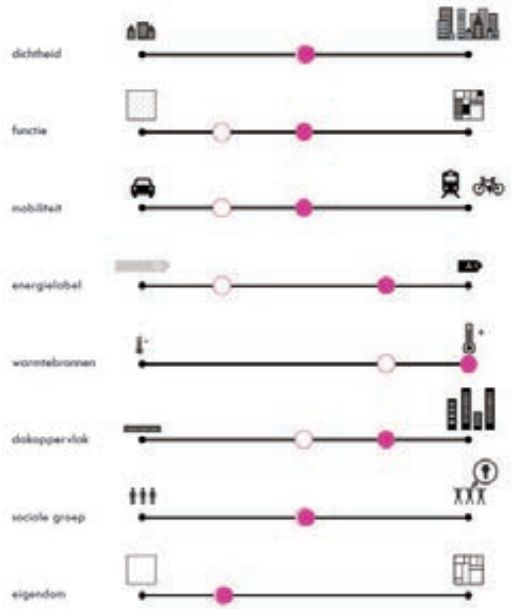
Het gros van de wederopbouwwijken is monofunctioneel van opzet en alleen op specifieke plekken vinden economische activiteiten plaats. Omdat bij een mix van functies uitwisseling mogelijk is, is het wenselijk om mogelijkheden daartoe te onderzoeken. Er is een relatief veel ruimte op daken voor opwekking van zonne-energie. De ruime hoeveelheid van openbaar groen kan slim worden ingezet voor opslag en opwekking van energie. Omdat er bovendien veel complexen in handen zijn van corporaties ligt hier ruimte om het energielabel te optimaliseren door vernieuwing van de gebouwschil gebruik te maken van de laatste technische mogelijkheden (nul-op-de-meter).

Specifieke maatregelen
De aan- of afwezigheid van warmtebronnen is een van de randvoorwaarden waarin de aanpak van specifieke wederopbouwwijken onderling van elkaar kan verschillen. Bij wederopbouw ‘renovatie’ is uitgegaan van een wijk waar een warmtebron aanwezig is. De wederopbouwwijken binnen Amsterdam en Purmerend zijn bijvoorbeeld kansrijk om aan het warmtenet te koppelen. Door in te zetten op deze aanwezige warmte, kan aan de warmtevraag in deze gebieden worden voldaan. De restwarmte kan eventueel worden gebruikt voor het verwarmen van een kas. De elektriciteitsvraag blijft zoals in bijna alle stedelijke milieus fors (of kan zelfs stijgen door elektrificatie van vervoer), waardoor er de beschikbare ruimte binnen de wijk idealiter zo efficiënt mogelijk zou moeten worden benut voor opwekking. Dat betekent dat alle daken voor energieopwekking worden ingezet en dat elektrische auto’s op locatie worden opgeladen.

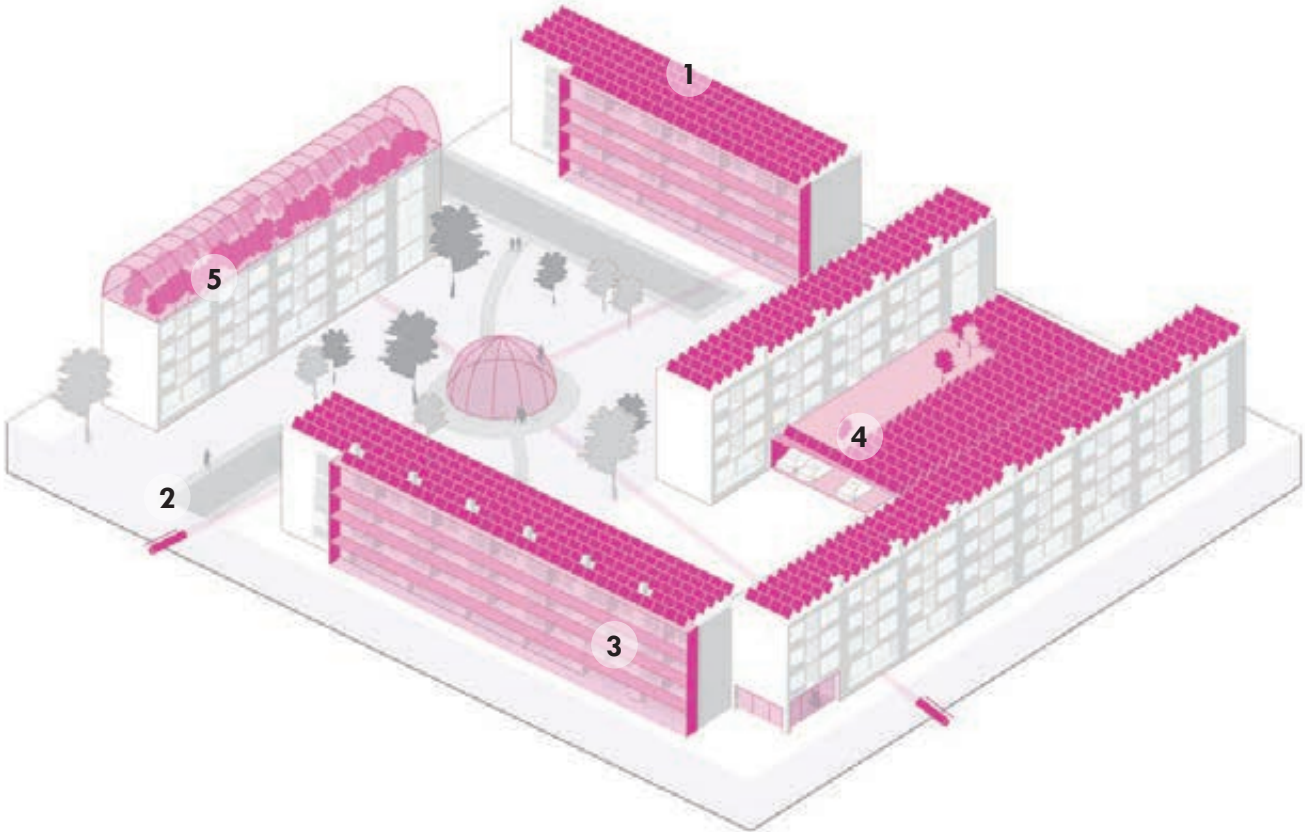


Locaties wederopbouw wijken

Parameters, voor en na de transformatie



Wederopbouw: Bestaand

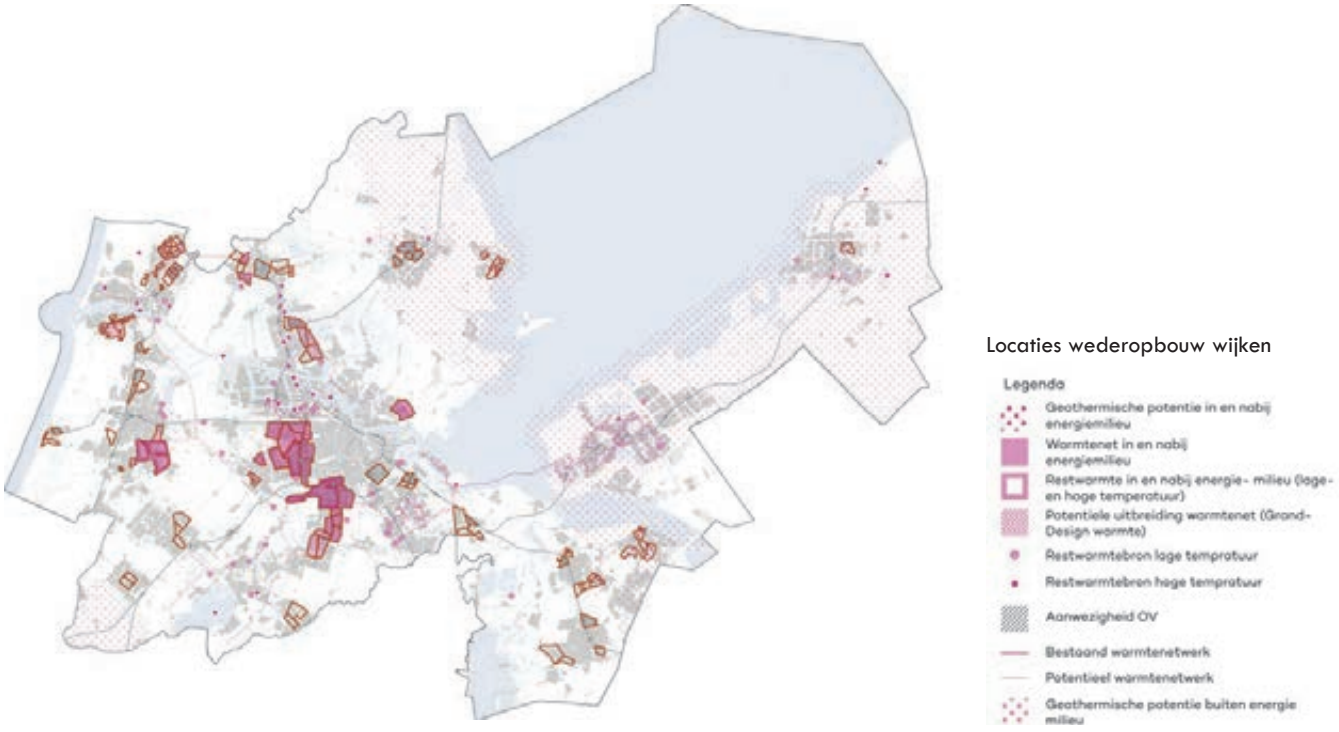


Wederopbouw renovatie

1 Zo veel mogelijk dakoppervlak invullen met PV-installaties. Opbrengst = 74 GJ/ha.
2 Het warmtenet levert de gevraagde warmte uit de aanwezige warmtebronnen zoals restwarmte en geothermie.
3 Om op energie te besparen worden de gevels vervangen en het woongenot vergroot.
4 Centrale parkeervoorzieningen voor de buurt in combinatie met maximaal benutten van het dakoppervlak (178 GJ/ha) voor zon-PV gecombineerd met een batterij maakt lokale opwek mogelijk voor elektrisch rijden (115GJ/ha). Ruimtelijk biedt dit perspectief om de openbare ruimte een impuls te geven.
5 Opslag: overschotten aan warmte kunnen worden opgeslagen en gebruikt in een lokale kas op het dak.

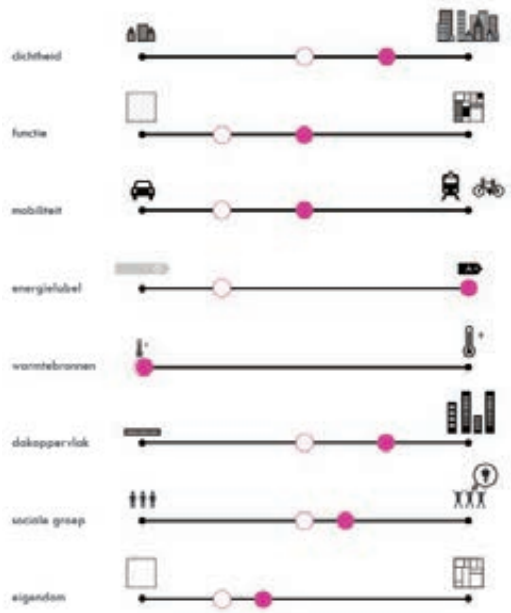
Wederopbouw (vervangende nieuwbouw)

Specifieke maatregelen
Anders dan bij Wederopbouw 'renovatie' is er bij dit perspectief 'vervangende nieuwbouw' niet gerekend met een lokaal beschikbare warmtebron (geothermie en restwarmte) in de directe omgeving. In dit geval zal daarom vol moeten worden ingezet op elektriciteit en bijvoorbeeld warmtepompen. Omdat het energielabel van de woningvoorraad daardoor mogelijk lastig kan worden verbeterd, is onderzoek naar vervanging wenselijk. De noodzaak van vervangen door nieuwbouw om stedelijke energie-ambities te halen biedt dan niet alleen kansen voor energieneutraal (of beter!) bouwen, maar ook de mogelijkheid om verder te verdichten; van 45 naar 55 woningen per hectare. Op schaal van de MRA zijn dat ongeveer 25.000 extra woningen (wanneer ervan uit wordt gegaan dat ongeveer de helft van de wederopbouwbuurten hiervoor in aanmerking komt) en een elekriciteitsvraag die met ongeveer 20 procent zal toenemen ten opzichte van de renovatie variant. De elektriciteitsvraag zal hier echter nog meer toenemen door het gebruik van warmtepompen (tot ongeveer 1258 GJ/ha). Daarnaast ontstaan vanuit vervangende nieuwbouw kansen om bijvoorbeeld functies met elkaar te mengen waarmee warmte- en koude vraag kunnen worden uitgewisseld.
Een dergelijke aanpak vraagt een aantal overwegingen, namelijk: wil je dat mensen wonen op plekken waar geen warmte(net) is? Daarnaast kan een verdichting op de ene locatie gevolgen hebben voor nieuwe hoog stedelijke gebieden elders.

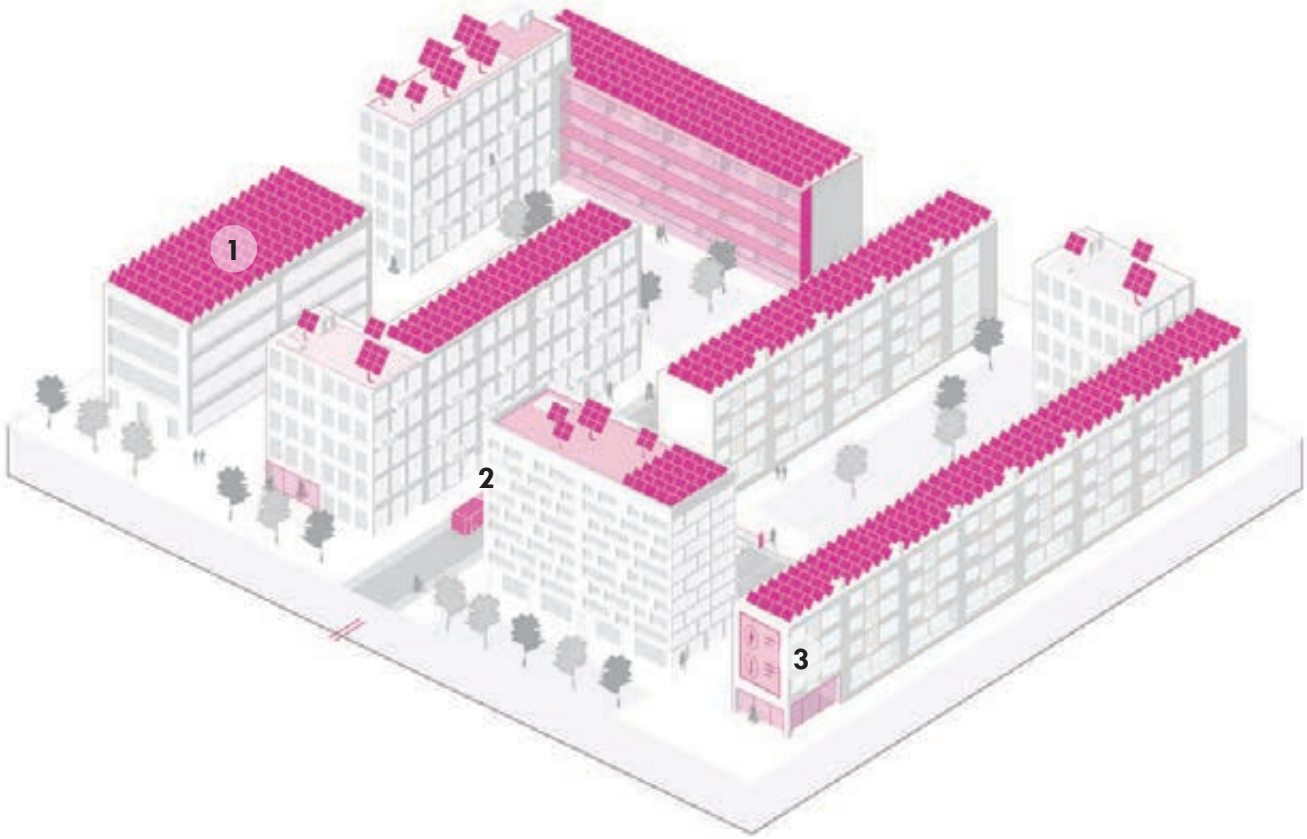


Locaties wederopbouw wijken

Parameters, voor en na de transformatie



Wederopbouw: Bestaand



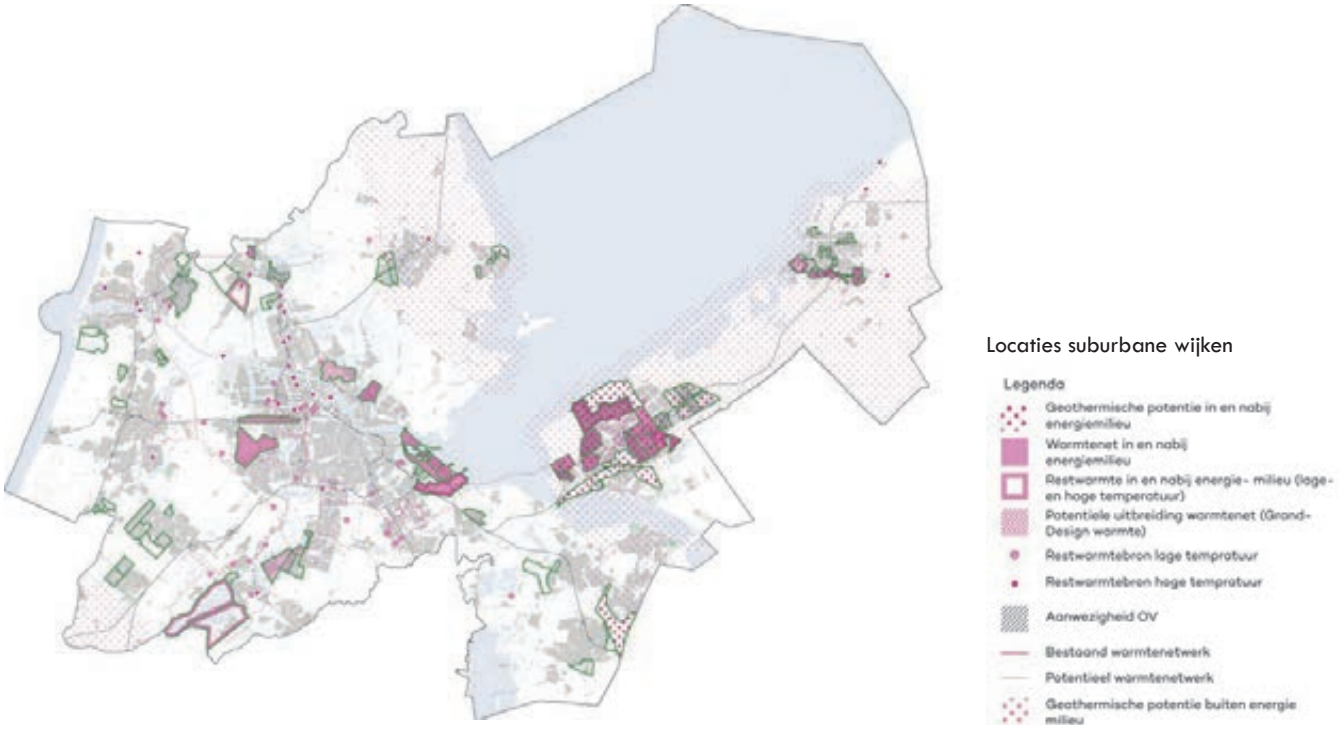
Wederopbouw vervangende nieuwbouw

1 Bij vervangende nieuwbouw ontstaat ongeveer 15% meer dakoppervlak. Als deze zo veel mogelijk worden ingevuld met PV-installaties, kan de opbrengst worden verhoogd naar 85 GJ/ha.
2 Verder inzetten op elektrisch openbaar vervoer.
3 Bewustmaken van energiegebruik.
* Doordat alle woningen gasloos worden en er geen warmtenet/geothermie in de buurt is zal in warmte moeten worden voorzien door warmtepompen in combinatie met isolatie. Deze warmtepompen leiden tot een toename in de elektriciteitsvraag. Dit kan beperkt worden door ze te combineren met WKO of zonnecollectoren met boiler.

Sub-urbaan

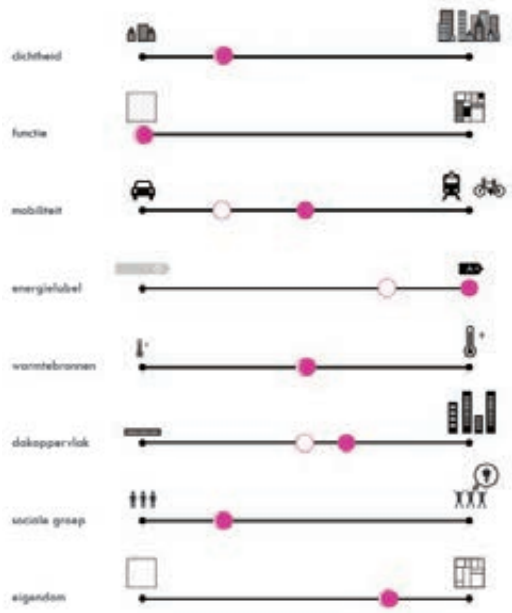
Generieke maatregelen
Sub-urbane leefmilieus hebben zijn sterk monofunctioneel met vooral een woonfunctie. Met het Vinex-programma zijn ook in de MRA vele sub-urbane milieus gecreëerd, zoals Almere Buiten en in de polder van de Haarlemmermeer. Er zijn relatief weinig collectieve voorzieningen (ook openbaar vervoer). De wijken zijn doorgaans relatief versnipperd verkaveld met veel individueel grondbezit naast ruimte voor infrastructuur, groen en water. Ander programma dan wonen is geconcentreerd in een (klein) centrum.

Specifieke maatregelen
In sub-urbane wijken zonder directe warmtebronnen in de nabijheid, ligt de opgave in elektrificatie van de woonomgeving inclusief (auto)mobiliteit. Dit kan door de sociale kenmerken van deze wijken zo relatief ver individueel of in energiecoalities worden opgewekt door bijvoorbeeld het dakoppervlak te gebruiken voor zonne-energie. Het opzetten van een beloningssysteem kan mogelijk partijen en individuelen op een positieve manier uitdagen om in energie te investeren en daarmee de verantwoordelijkheid te delen. Er kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het verlenen van een bouwvergunning als privilege voor woningeigenaren die voor 100 procent elektrisch zijn.

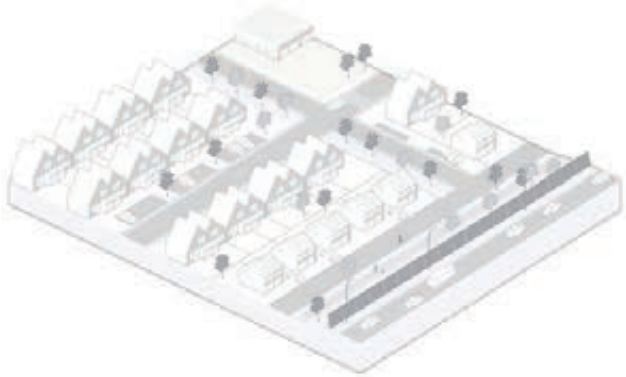


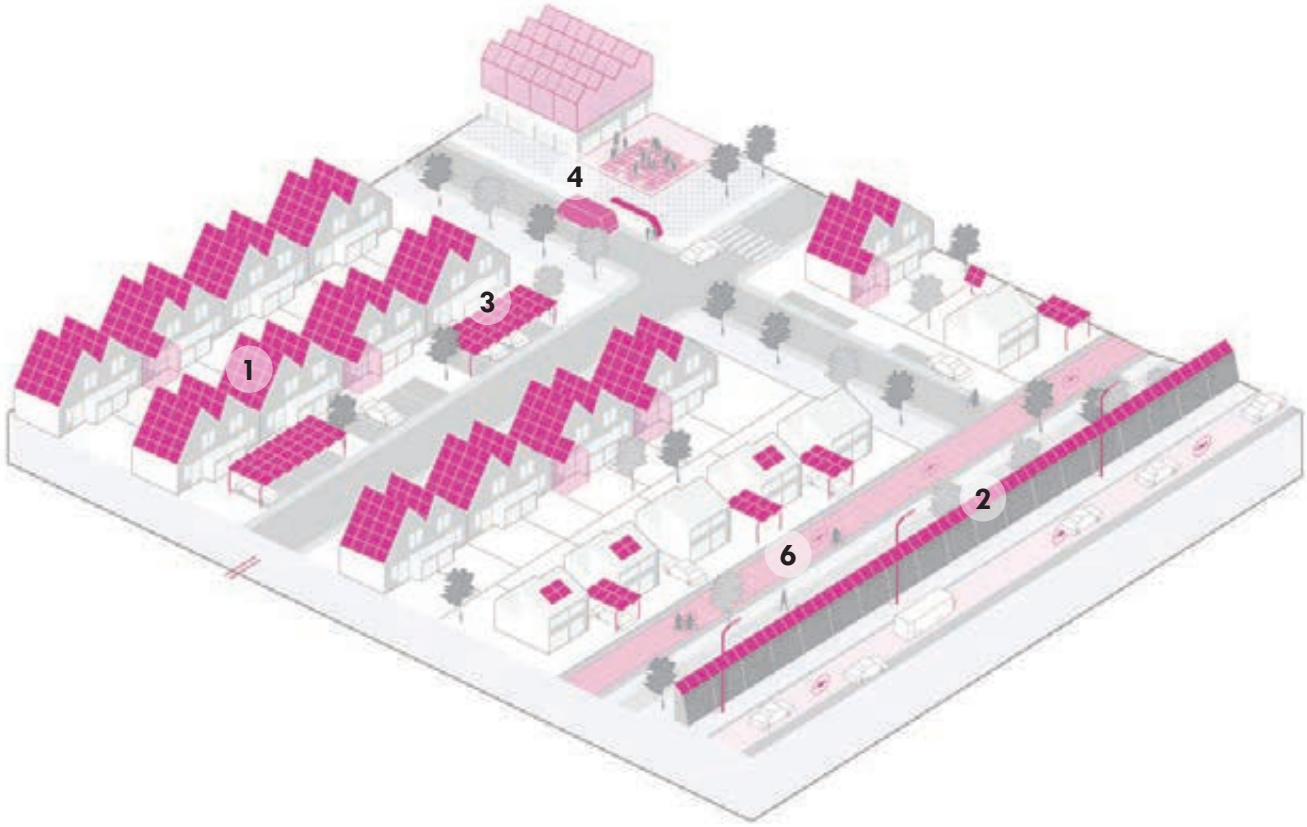
Locaties suburbane wijken

Parameters, voor en na de transformatie



Suburbaan: Bestaand





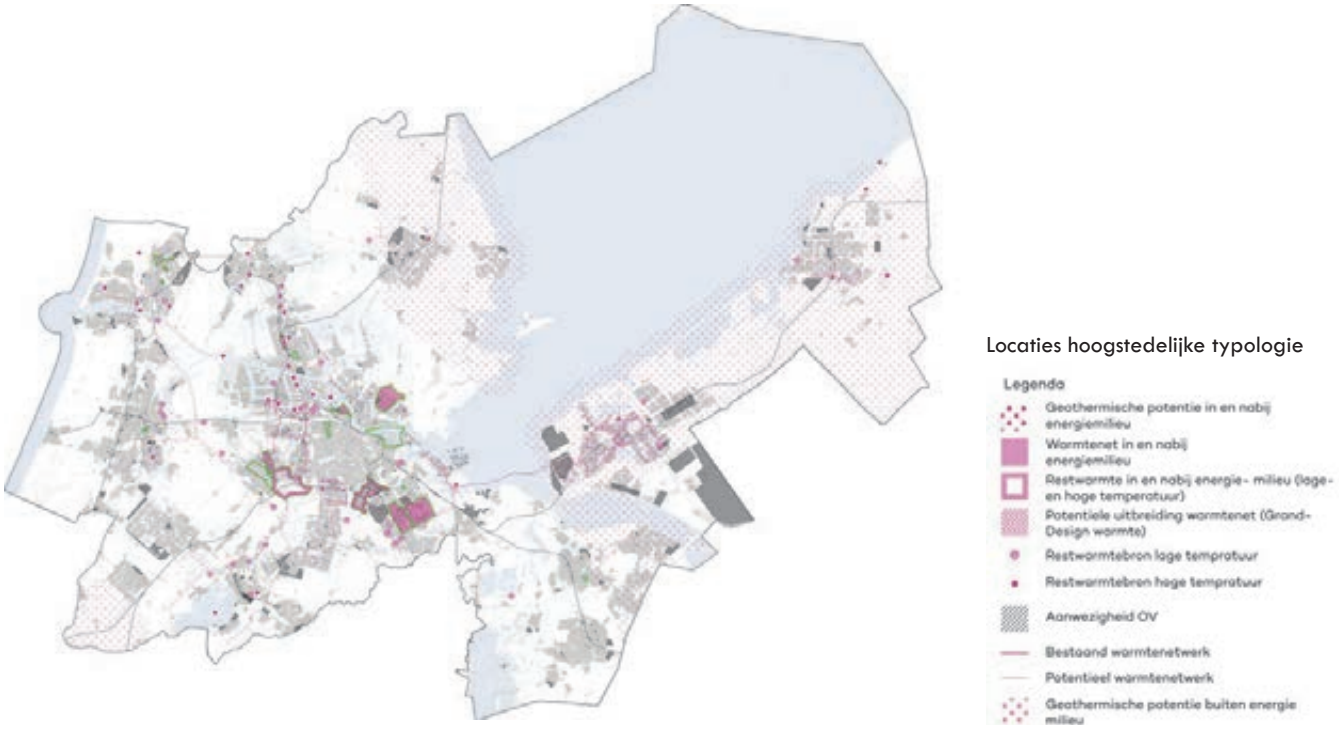
Suburbane transformatie

1 Zon op alle daken levert ongeveer 55 GJ/ha en een totaal van 0,3 PJ.
2 PV langs grote infrastructuur heeft een potentie van ongeveer 1 GJ/ha.
3 Elektrisch rijden (98 GJ/ha) in combinatie met overdekte parkeerplaatsen (PV op dak, opwekking 150 GJ/ha).
4 Verder inzetten op elektrisch openbaar vervoer
5 Energie-opewekking op school
6 Fietssnelweg

Hoogstedelijk

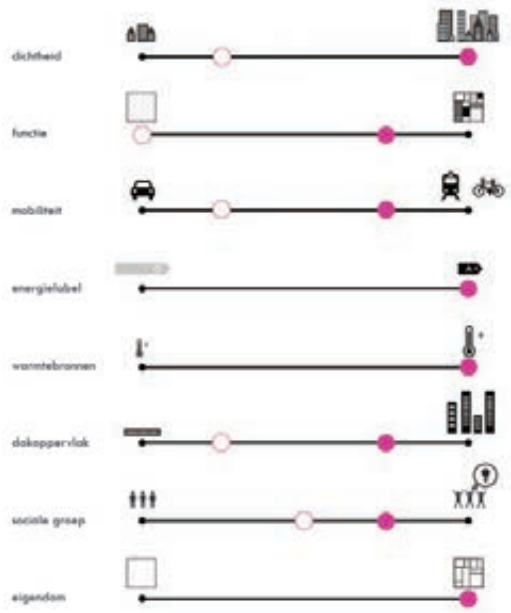
Generieke maatregelen
De vraag naar woningen in de regio Amsterdam is tot 2040 hoog, de woningbouwopgave voor de regio zelfs de grootste van Nederland. Gebieden rondom de ring van Amsterdam transformeren daarbij tot hoog-stedelijke woon- en werkgebieden. Naar verwachting zullen deze gebieden worden gerealiseerd in een heel compact milieu, goed bereikbaar via zowel auto en het openbaar vervoer. Wonen in hoge dichtheden past bij de toenemende ontwikkeling van een specifieke 'urban' leefstijl, inclusief een gezonde houding ten opzichte van mobiliteit en energie, waar in dit type milieu op doorgepakt kan worden.

Specifieke maatregelen
De nieuwe hoog-stedelijke gebieden hebben doorgaans een sterkere mate van functiemenging dan grootschalige uitleglocaties uit het verleden. Ook vanuit energieperspectief is het verstandig om hier bewust op te blijven sturen, want door bijvoorbeeld kleinschalige industrie in de wijken te houden (of van een plek te voorzien), kunnen warmte- en koude vraag en aanbod worden uitgewisseld. Met betrekking tot warmte, liggen veel van de te transformeren gebieden nabij het Amsterdamse havengebied waar al verschillende warmtebronnen en een warmtenet aanwezig zijn. Daarom biedt het concentratie van de hoog-stedelijke verdichtingsmilieus ook vanuit de energietransitie grote kansen.

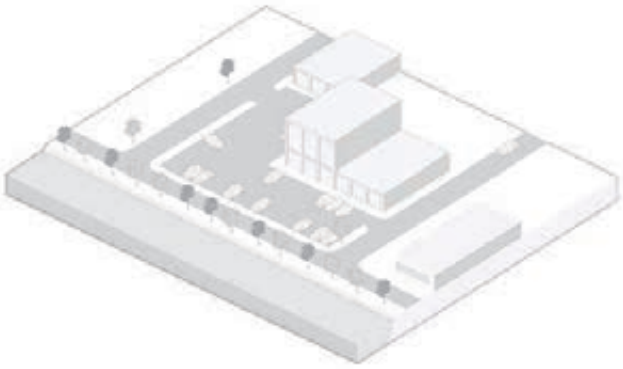


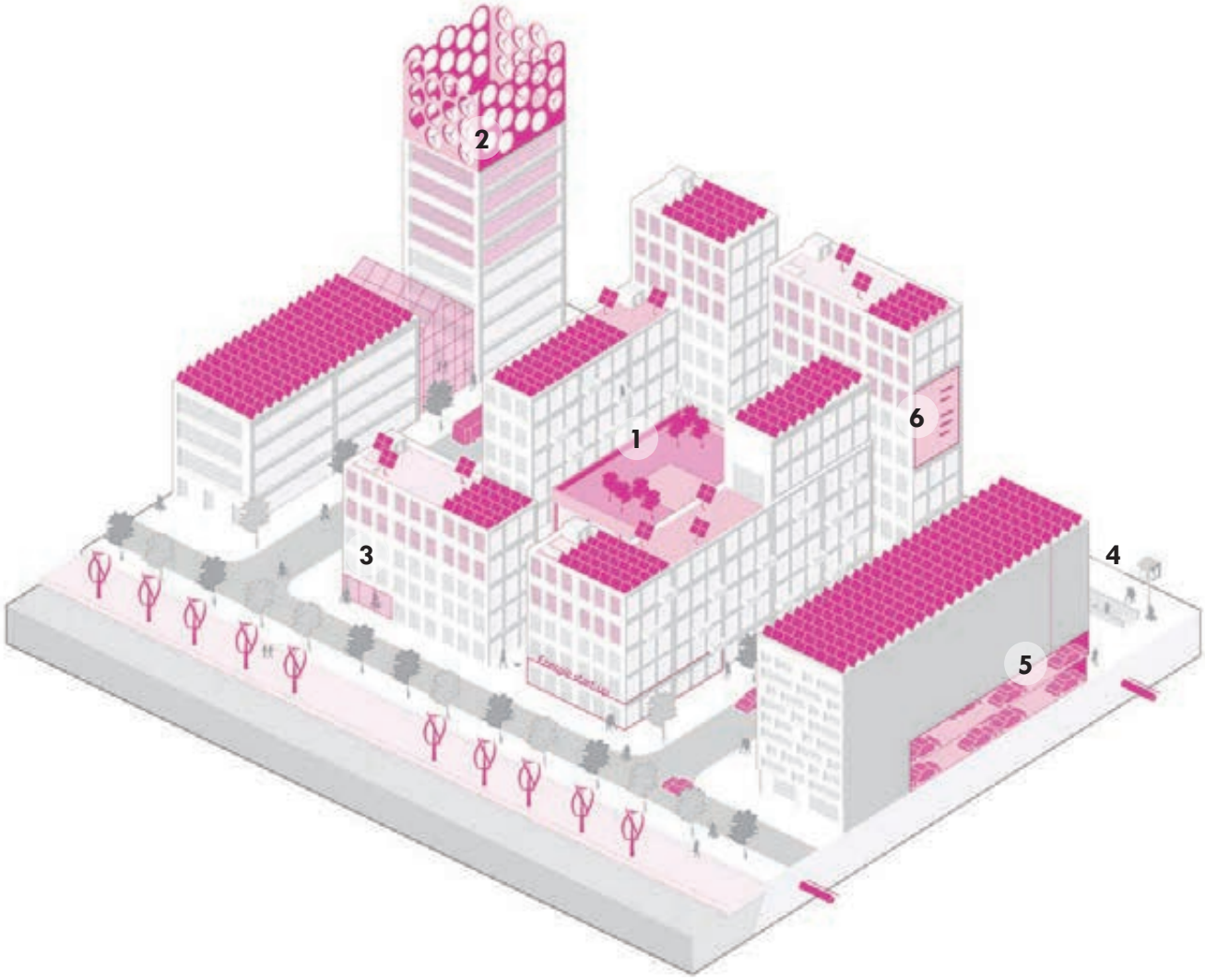
Locaties hoogstedelijke typologie

Parameters, voor en na de transformatie



Hoogstedelijk: Bestaand





Hoogstedelijke transformatie

1 Functiemening in de bouwblokken
2 Windenergie op hoge gebouwen
3 Fietsvoorzieningen
4 Verder inzetten op elektrisch openbaar vervoer
5 Parkeergarage met deelauto's als batterij
6 Bewust maken van het energie verbruik

4.3 Landschappelijke types

Het landschap van de metropoolregio Amsterdam valt te verdelen in een zestal landschappelijke typen. Landschappelijke typen zijn voor een groot deel bepaald door ondergrond en cultuurhistorie, zoals binnenduinrand en de veenweidepolders. Hier worden drie types uitgelicht, namelijk het veen(weide)polder-, droogmakerijen- en het stuwwallenlandschap. De veenweidepolders, waaronder de Amstelscheg, en droogmakerijen zoals de Beemster en de Haarlemmermeer, zijn relatief dominante typen; het stuwwallenlandschap van 't Gooi verkend vanwege de afwijkende structuur en ligging ten opzichte van de rest van de MRA.

Voor de uitwerking van de drie landschappelijke typen is uitgegaan van vergelijkbare randvoorwaarden (zie uitleg 4.2). Bij ingrijpen in het landschap moet rekening gehouden worden met de gelaagde gebruikswaarde voor de MRA van deze gebieden namelijk: de betekenis als recreatiegebied, de betekenis voor energie infrastructuur, mobiliteit, het belang van cultuurhistorie, de economische betekenis waaronder landbouw en het belang van het water. De Stelling van Amsterdam heeft bijvoorbeeld een grote cultuurhistorische en recreatieve waarde, wat de nodige beperkingen legt op wat er in de gebieden die daaronder vallen mogelijk is.

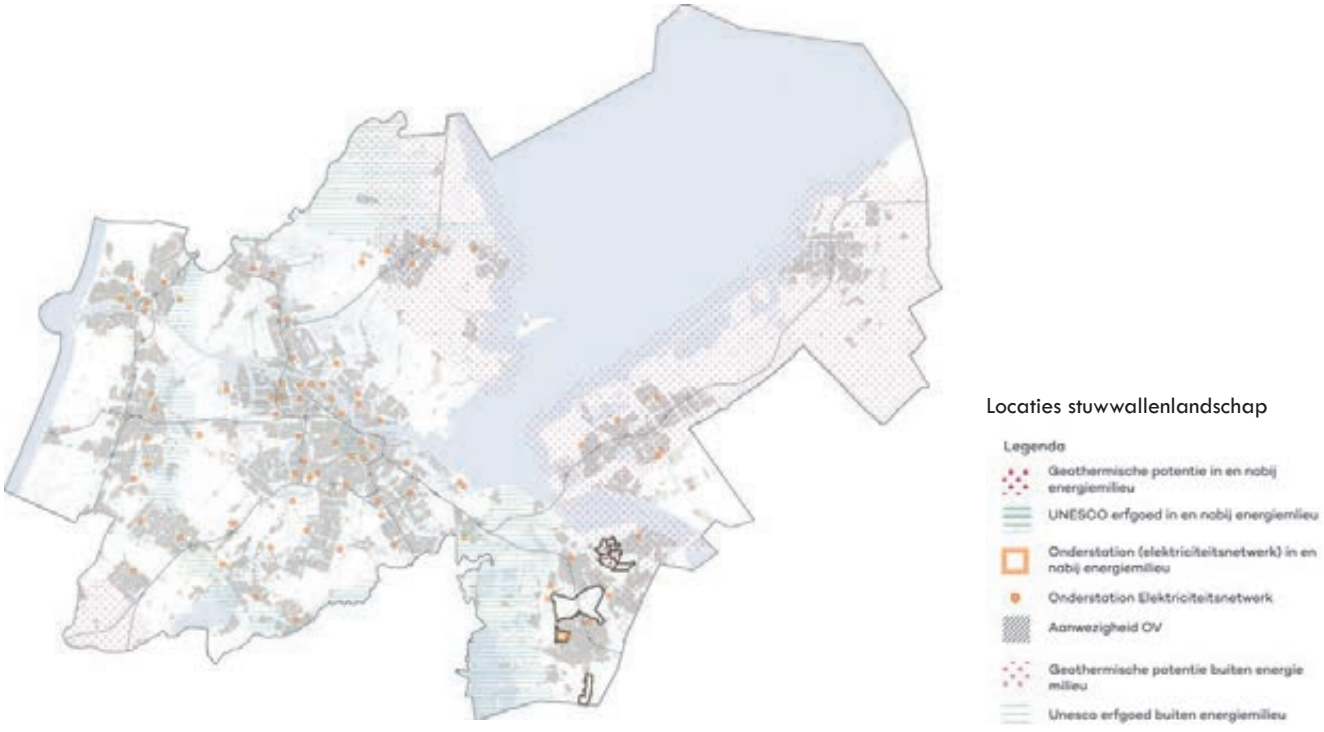
Landschappelijke type - veenlandschap

Landschappelijke type - stuwwallenlandschap

Stuwwallenlandschap

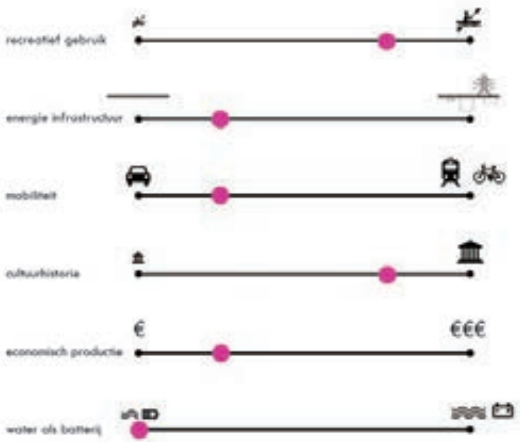
Stuwwallen zijn uitzonderlijk voor de MRA en beperken zich tot Het Gooi. Bijzonder is de aanwezigheid van reliëf. Ontstaan in de ijstijd. Hogere zandgronden met relatief klein contrast tussen bos, heide en op kleine schaal verstuivingen; maar ook landschappelijke woonvormen. Brinkdorpen zijn ontstaan op de overgangszone van hoog naar laag.

Dit landschap wordt als woon- natuur- en recreatiemilieu gewaardeerd dus opwekking van hernieuwbare energie zou in deze gebieden moeten passen bij die bestaande waarden. Tegelijkertijd ontbreekt hier de voor de MRA zo kenmerkende vrije horizon, waardoor het een kans zou kunnen zijn om hier te onderzoeken de maximale energiepotentie te onderzoeken zonder dat deze 'zichtbaar' terug is in dit landschap. Daarom onderzoeken we in deze uitwerking of landschappelijke milieu windenergie zou kunnen worden verstopt in de bosrijke omgeving, zonne-energie verstopt in de open ruimtes tussen de bossen en de 'onzichtbare' geothermische potentie benut kan worden om bij te dragen aan een warmtenet ten behoeve van het stedelijk gebied. Doel is om de energietransitie hier te realiseren als een onzichtbaar kleinschalig energieproductielandschap.

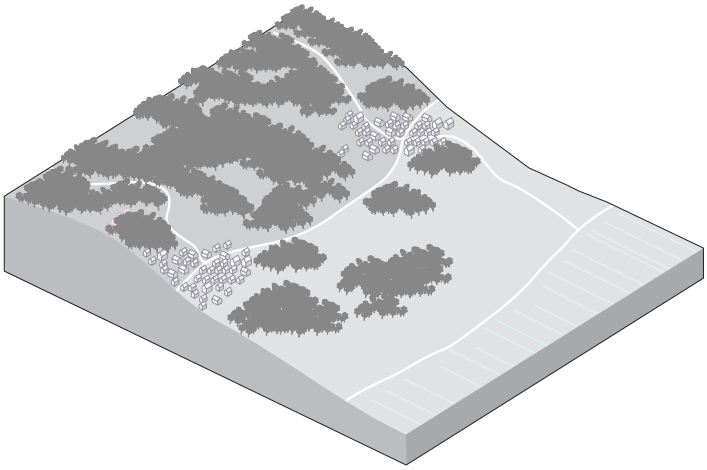


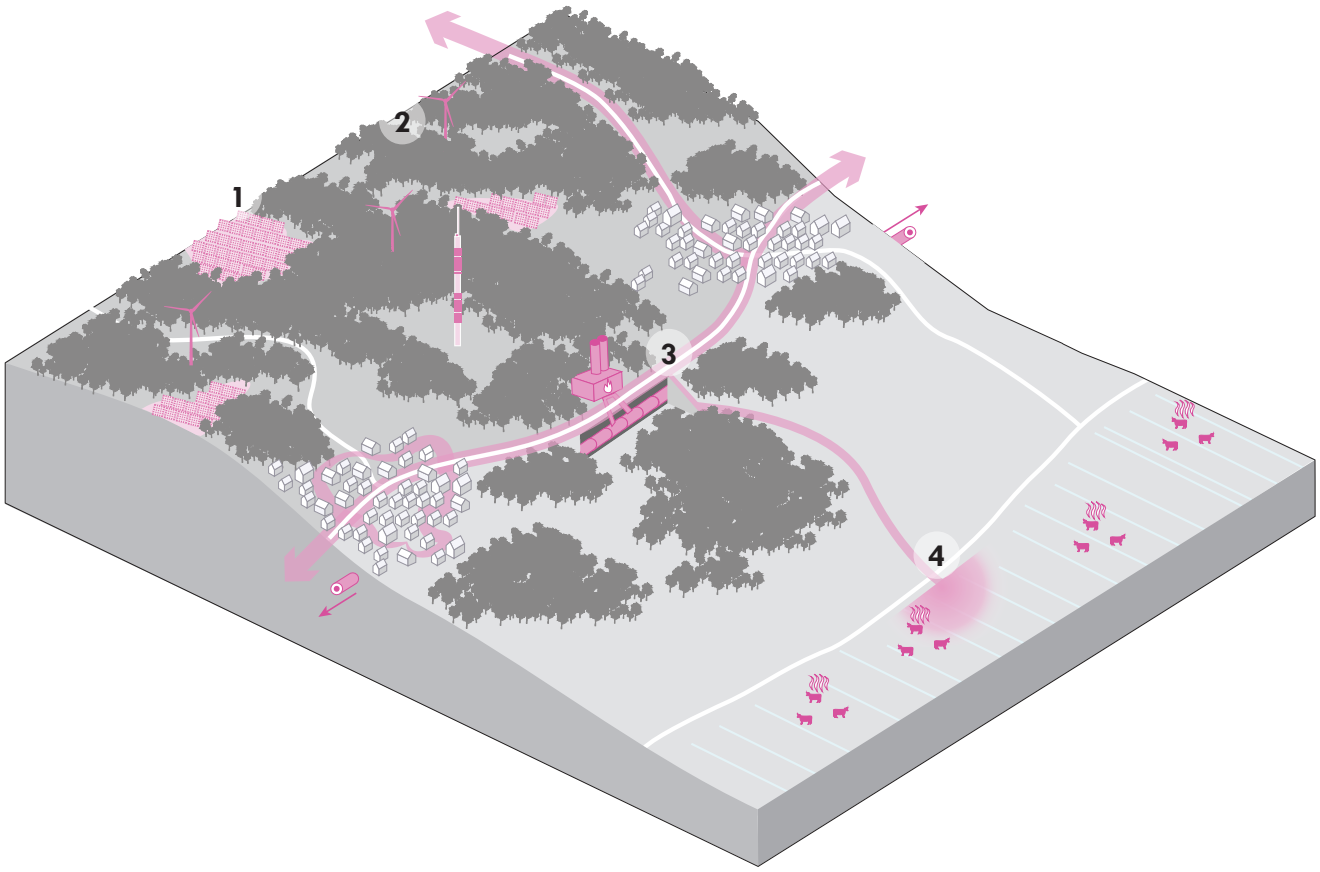
Locaties stuwwallenlandschap

Parameters



Stuwwallenlandschap: Bestaand





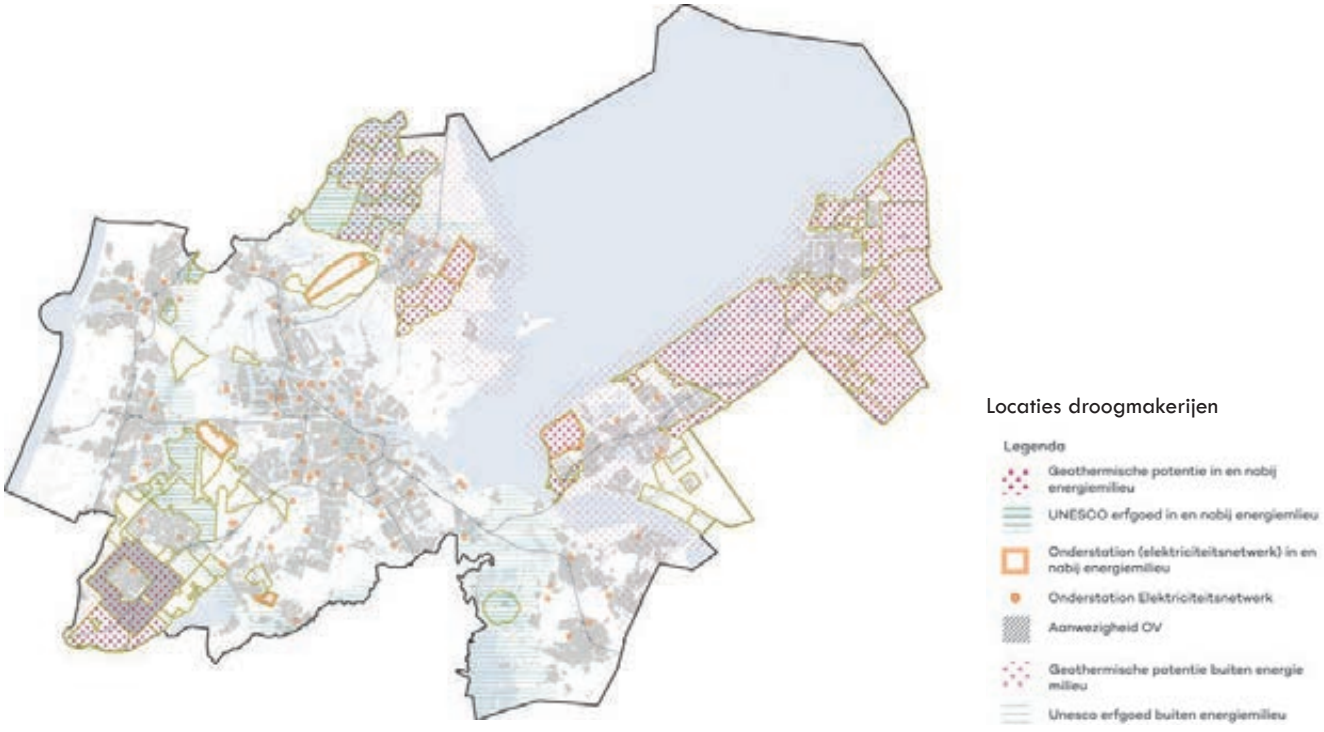
Transformatie stuwwallenlandschap

1 PV in de open ruimtes in het bos leveren ongeveer 346 GJ/ha en een totaal van 0,5 PJ.
2 Windturbines die boven het bos uitsteken hebben een potentie van ongeveer 80 GJ/ha en 0,1 PJ totaal.
3 De geothermie heeft een potentie van 13 GJ/ha en een totaal van 19.020 GJ. Deze kan worden gekoppeld aan een grootschalig warmtenet.
4 De potentie van biomassa Covergisting en monovergisting via intensieve veehouderijen is 68 GJ/ha en 96.300 GJ in totaal.

Droogmakerijen

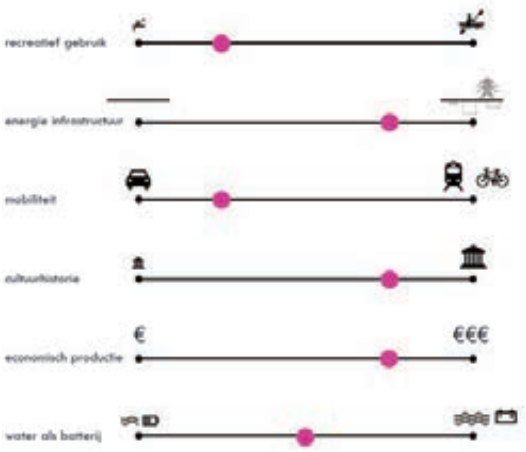
Een samenhangend geometrisch poldersysteem van ringdijken, ringvaarten en waterlopen. De basis ontginningseenheid wordt gevormd door een rechthoekig kavel met een vaste lengte- en breedtemaat, het zogenaamde polderblok. Langs de grillige randen van de droogmakerij wordt afgeweken van de regelmatige basisverkaveling en komen andere kavelvormen voor: polderzoom. Droogmakerijen hebben van oudsher een belangrijke productiefunctie voor de stad: het zijn rationele technische landschappen waar het polder-grid grootschalige ingrepen relatief eenvoudig inpasbaar maakt.

Vanwege het moderne karakter zijn droogmakerijen binnen de MRA het landschapstype dat het meest geschikt is voor de productie van hernieuwbare energie. Buiten de beschermde gebieden en rekening houdend met cultuurhistorische waarden kan hier een energiemix worden opgewekt: wind in combinatie zon en waar mogelijk aardwarmte. Peilverschillen tussen zouden op termijn gebruikt kunnen worden als energiebuffer.

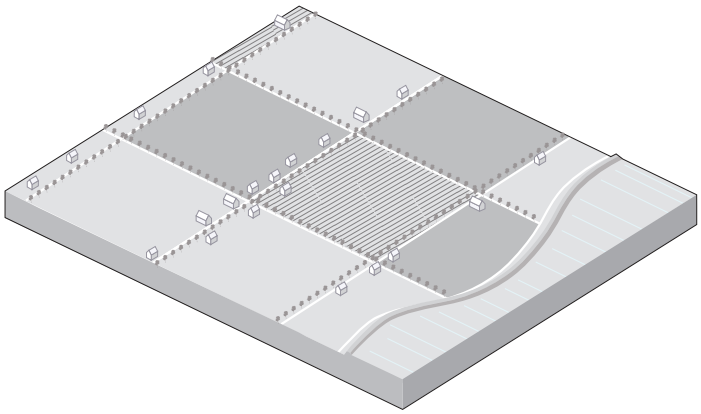


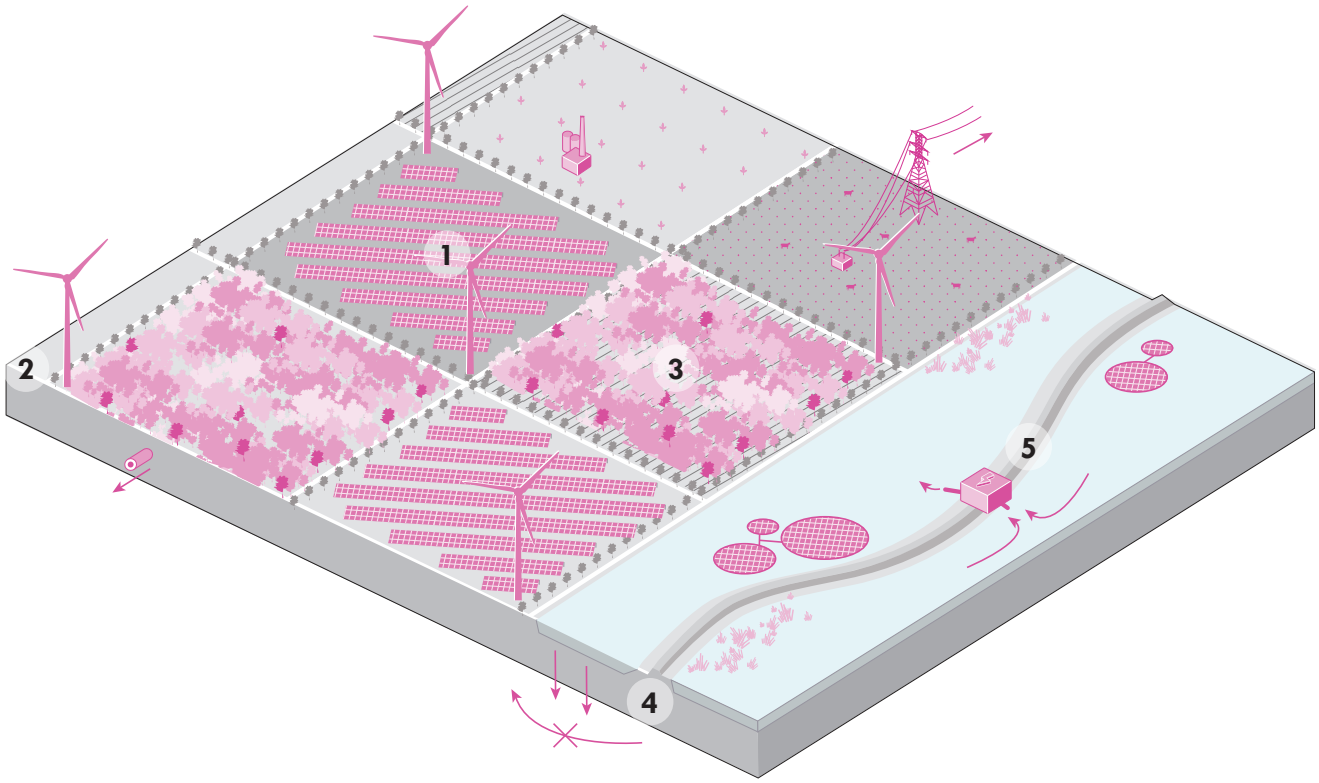
Locaties droogmakerijen

Parameters



Droogmakerijen: Bestaand





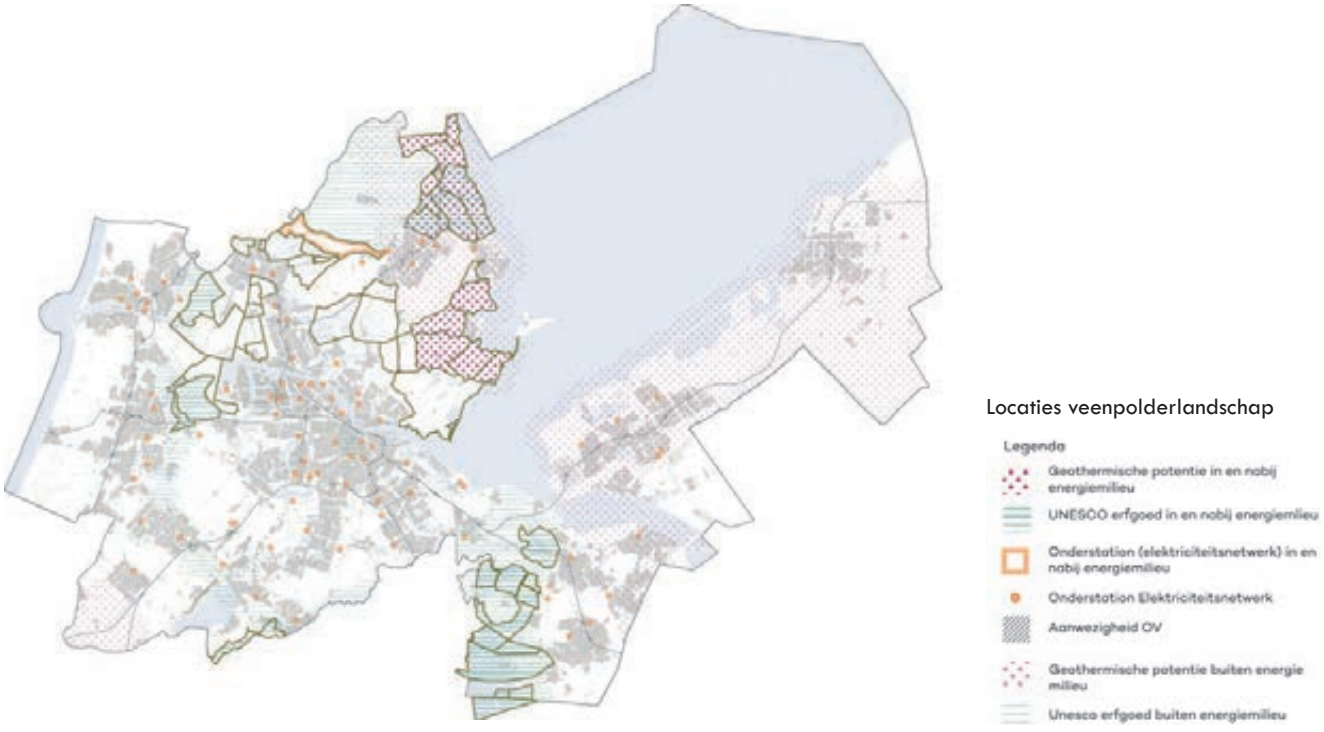
Transformatie droogmakerijen

1 Groostchalige PV opstellingen in de helft van de droogmakerijen hebben een potentie van 1.038 GJ/ha en een totaal van 46,7 PJ.
2 Door vol in te zetten op wind (7,58 MW) kan 130 GJ/ha en in totaal 6 PJ worden gegenereed.
3 Biomassateelt in maximaal de helft van de droogmakerijen leveren 29 GH/ha van de teelt, 5 GJ/ha van reststromen en een totaal van 2,2 PJ.
4 Zoetwaterbuffer tegen zoute kwel.
5 Polderzoom als energie opslag systeem

Veenpolderlandschap

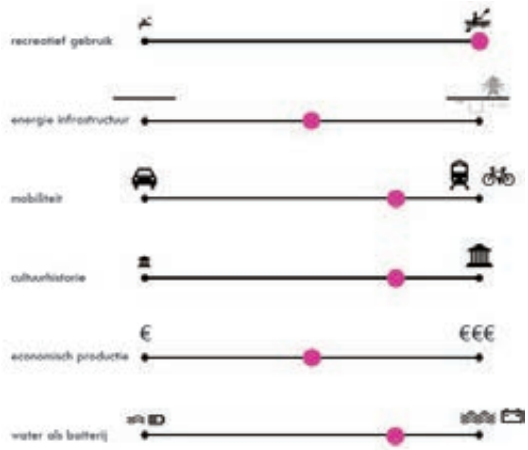
Oud landschapstype ontstaan vanuit ontginningen in de 11e eeuw. De veenweidepolders bestaan uit ondergraven veen. Ontwatering doormiddel van een sloten langs smalle langwerpige percelen, loodrecht op de ontginnings-as; vaak veenrivieren zoals de Amstel. Bewoning concentreert zich langs de ontginnings-as waardoor langgerekte lintbebouwing is ontstaan.

Vanwege de hoge cultuurhistorische en recreatieve waarde en veelal de functie als buffer om de stad is hier energieproductie met grote ruimtelijke impact niet eenvoudig inpasbaar. Als nieuwe laag in een multifunctioneel landschap zou de opwekking of opslag van energie in deze landschap misschien wel bij kunnen dragen aan het verdienmodel van deze kwetsbare gebieden. Als ambitie voor deze landschappen is het relevanter om te stellen dat het veenweidelandschap energieneutraal kan worden gemaakt, in plaats van netto energieleverancier voor de stad.

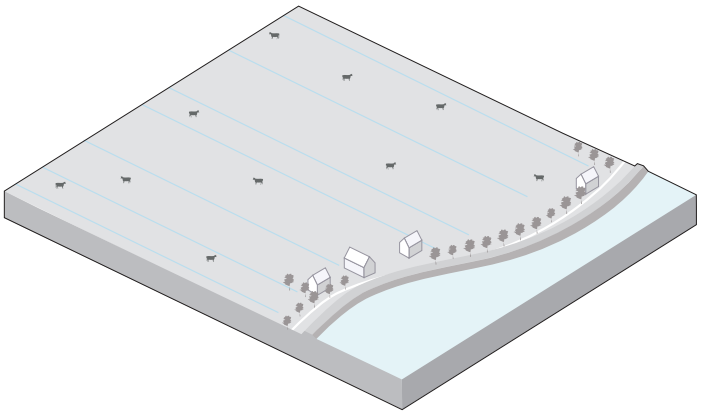


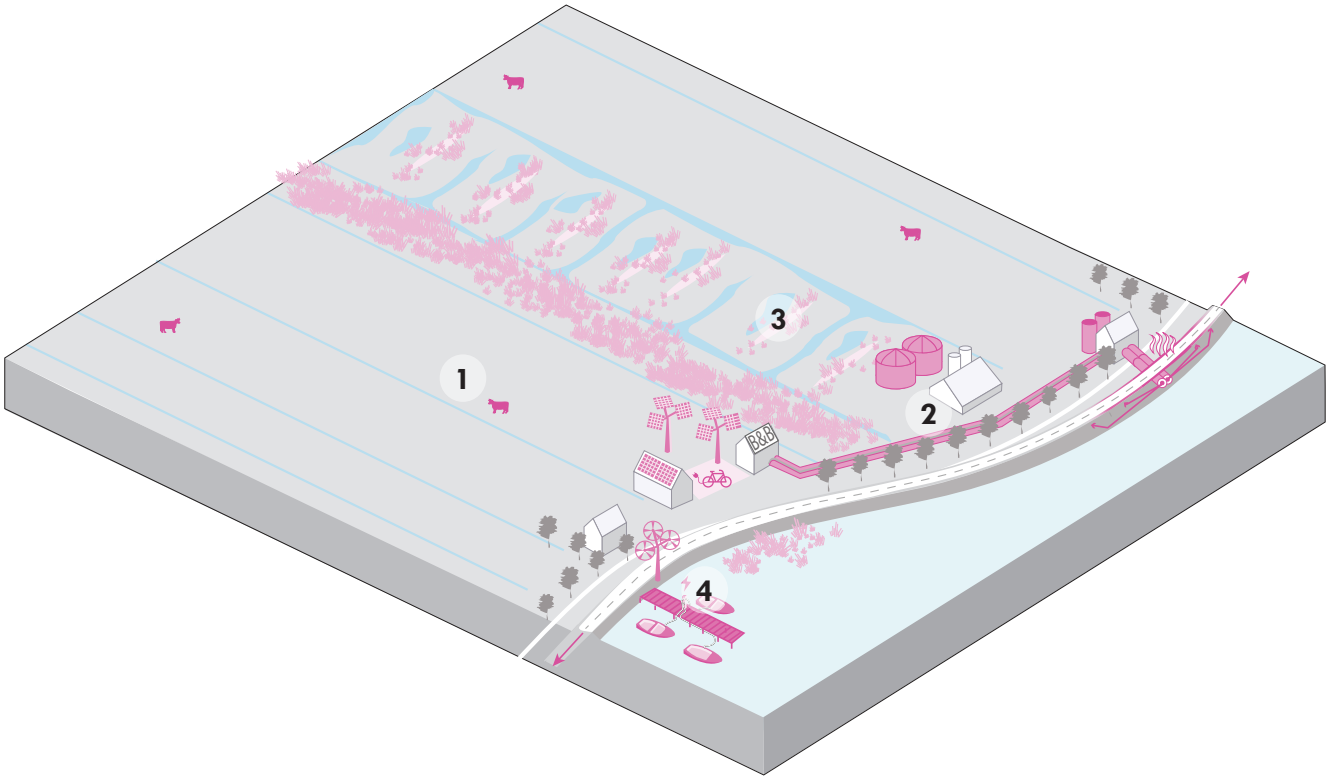
Locaties veenpolderlandschap

Parameters



Veenpolderlandschap: Bestaand



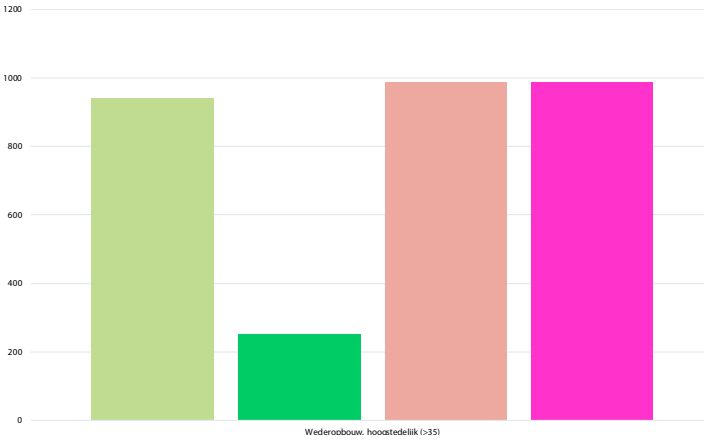


Transformatie veenpolderlandschap

1 Extensieve veeteelt met gebruik van biomassa en vergisting van biomassa hebben een potentie van 34 GJ/ha en een totaal van 0,9 PJ.
2 Zelfvoorzienende gebouwen met onderlinge energie-uitwisseling
3 Opzetten waterpeil gecombineerd met alternatieve teelt.
4 E-toerisme

Energiebalans milieu wederopbouw, hoogstedelijk 2040 | renovatie
Energiebalans (GJ/ha.) voor milieu wederopbouw, hoogstedelijk (>35 won/ha.) in de MRA.

GJ/ha.



Gebruik elektriciteit incl. elektrisch rijden
Potentieel elektriciteit (renovatie) *
Vraag lage temperatuurwarmte[1]
Potentie lage temperatuurwarmte[1] **

[1] De functie lage temperatuurwarmte voorziet in de warmtevoorzieningen in gebouwen voor verwarming en warm water

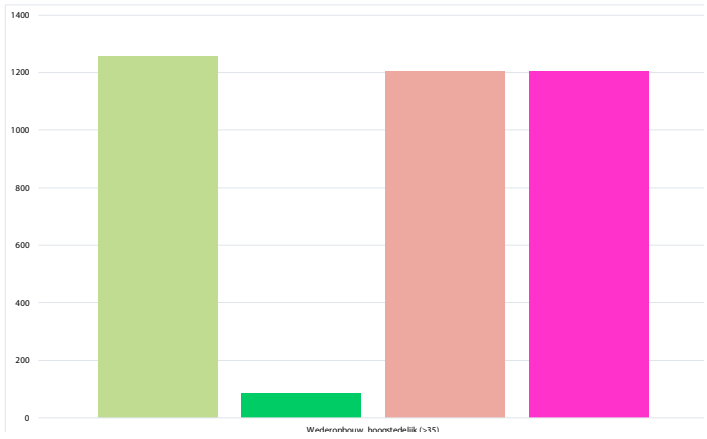
Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

* De potentie opwekking elektriciteit is berekend a.d.h.v. :
- zon PV op het geschikte dakoppervlak
- zon PV langs infrastructuur
- zon PV boven centrale parkeerplaats

** Voor de potentie opwekking lage temperatuurwarmte is aangenomen dat deze de vraag naar warmte kan dienen uitgaande van:
- aanwezigheid geothermische potentie en/of
- aanwezigheid restwarmte en/of
- aanwezigheid warmtenet dat kan worden aangesloten op een restwarmtebron of een geothermiebron

Energiebalans milieu wederopbouw, hoogstedelijk 2040 |vervangende nieuwbouw
Energiebalans (GJ/ha.) voor milieu wederopbouw, hoogstedelijk (>35 won/ha.) in de MRA.

GJ/ha.



Gebruik elektriciteit *
Potentieel electriciteit **
Vraag lage temperatuurwarmte
Potentie lage temperatuurwarmte ***

[1] De functie lage temperatuurwarmte voorziet in de warmtevoorzieningen in gebouwen voor verwarming en warm water

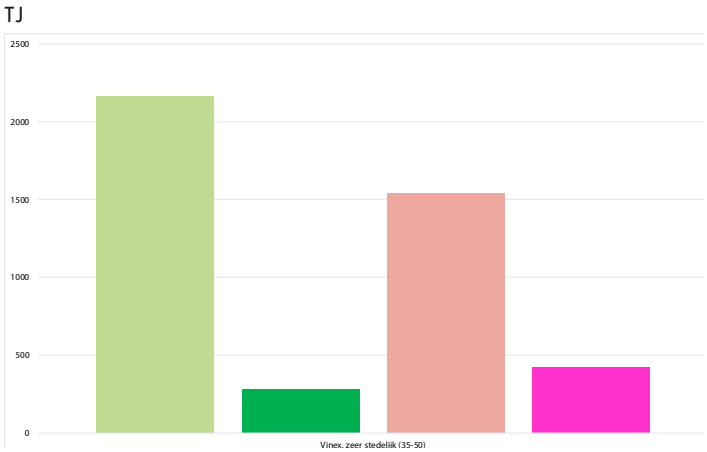
Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

* incl. toename energiegebruik a.g.v. hogere woningdichtheid en effect warmtepompen op elektriciteitsvraag
** De potentie opwekking elektriciteit is berekend a.d.h.v. :
- zon PV op het geschikte dakoppervlak
- zon PV langs infrastructuur

*** Voor de potentie opwekking lage temperatuurwarmte is aangenomen dat deze de vraag naar warmte kan dienen uitgaande van:
- het flink isoleren (label A en beter) van alle gebouwen in combinatie met een verwarmingssyteem met een warmtepomp

Energiebalans milieu Vinex, zeer stedelijk 2040

Energiebalans totalen (TJ) voor milieu Vinex, zeer stedelijk (35-50 won/ha.) in de MRA.



[1] De functie lage temperatuurwarmte voorziet in de warmtevoorzieningen in gebouwen voor verwarming en warm water

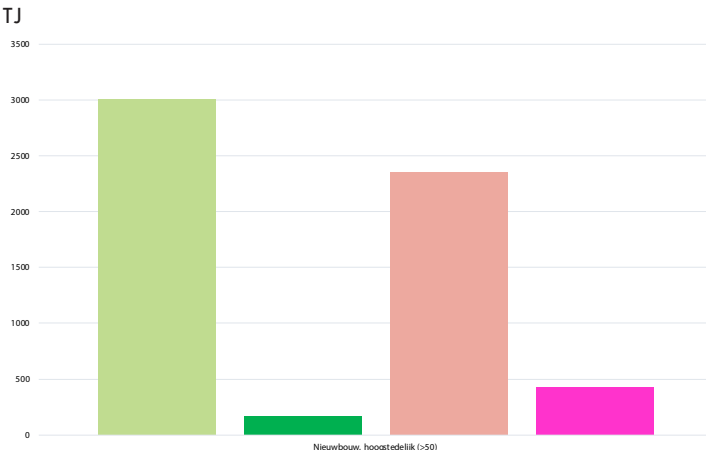
Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

* De potentie opwekking elektriciteit is berekend a.d.h.v. :
- zon PV op het geschikte dakoppervlak
- zon PV langs infrastructuur
- zon PV boven parkeerplaatsen
- zonne-akkers op agrarisch land

** De potentie opwekking lage temperatuurwarmte is berekend a.d.h.v.:
- aanwezigheid geothermische potentie en/of
- aanwezigheid restwarmte en/of
- aanwezigheid warmtenet dat kan worden aangesloten op een restwarmtebron of een geothermiebron

Energiebalans milieu Nieuwbouw, hoogstedelijk 2040

Energiebalans totalen (TJ) voor milieu Nieuwbouw, hoogstedelijk (>50 won/ha.) in de MRA.



[1] De functie lage temperatuurwarmte voorziet in de warmtevoorzieningen in gebouwen voor verwarming en warm water

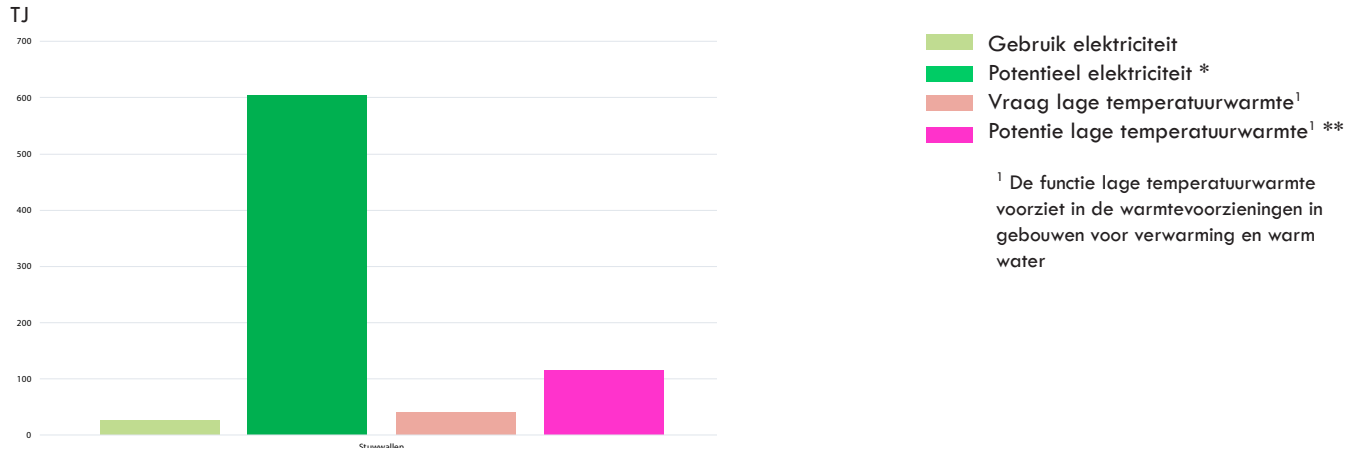
Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

* De potentie opwekking elektriciteit is berekend a.d.h.v. :
- zon PV op het geschikte dakoppervlak
- zon PV langs infrastructuur
- zon PV boven parkeerplaatsen
- zonne-akkers op agrarisch land

** De potentie opwekking lage temperatuurwarmte is berekend a.d.h.v.:
- aanwezigheid geothermische potentie en/of
- aanwezigheid restwarmte en/of
- aanwezigheid warmtenet dat kan worden aangesloten op een restwarmtebron of een geothermiebron

Energiebalans milieu Stuwwallen 2040

Energiebalans totalen (TJ) voor milieu Stuwwallen in de MRA



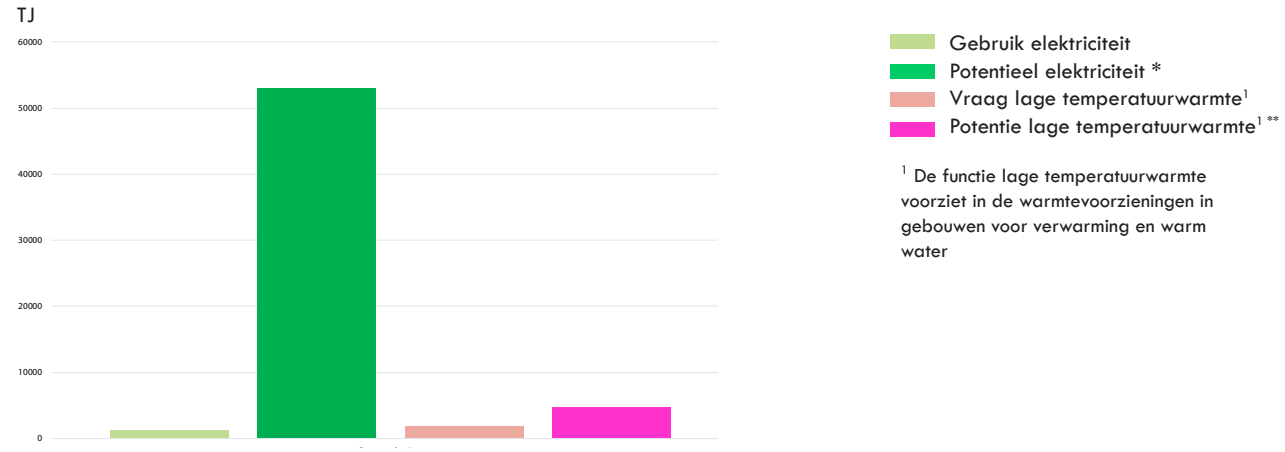
Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

* De potentie opwekking elektriciteit is berekend a.d.h.v. :
- zon PV op het geschikte dakoppervlak
- zon PV langs infrastructuur
- zonne-akkers op agrarisch in coulissen van bosrijk gebied
- wind turbines boven het bos

** De potentie opwekking lage temperatuurwarmte is berekend a.d.h.v.:
- aanwezigheid geothermische potentie en/of
- aanwezigheid restwarmte en/of
- aanwezigheid potentie vergistings installatie biomassa en/of
- aanwezigheid warmtenet dat kan worden aangesloten op een restwarmtebron of een geothermiebron

Energiebalans milieu Droogmakerijen 2040

Energiebalans totalen (TJ) voor milieu Droogmakerijen in de MRA

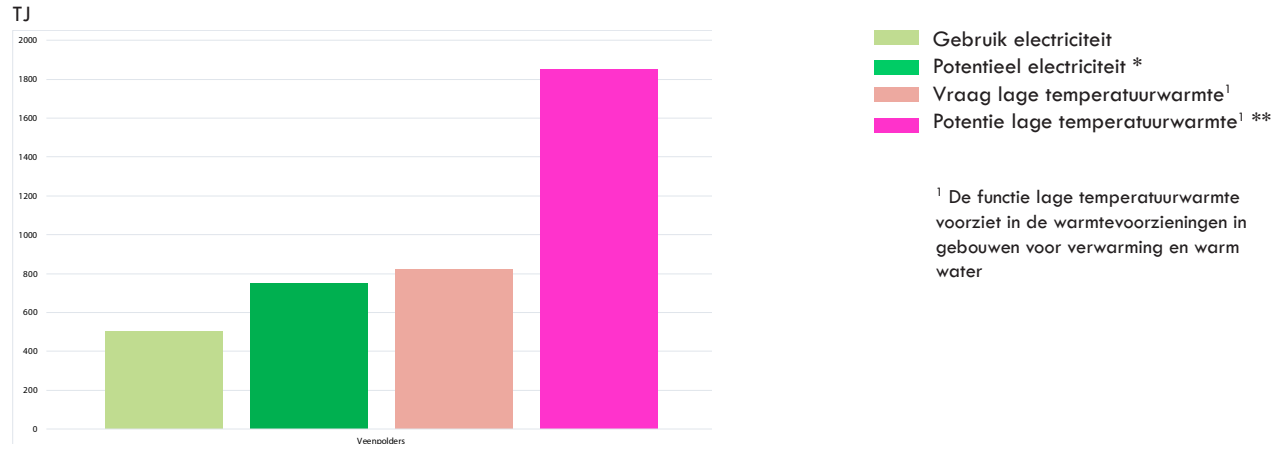


Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

* De potentie opwekking elektriciteit is berekend a.d.h.v. :
- zon PV op het geschikte dakoppervlak
- zon PV langs infrastructuur
- maximale inzet (50%) van zonne-akkers op agrarisch land
- maximale inzet windenergie (buiten UNESCO)

** De potentie opwekking lage temperatuurwarmte is berekend a.d.h.v.:
- aanwezigheid geothermische potentie en/of
- aanwezigheid restwarmte en/of
- aanwezigheid warmtenet dat kan worden aangesloten op een restwarmtebron of een geothermiebron
- en inzet 50% geschikt agrarisch gebied als biomassa teeltgebied

Energiebalans milieu Veenpolders 2040
Energiebalans totalen (TJ) voor milieu Veenpolders in de MRA



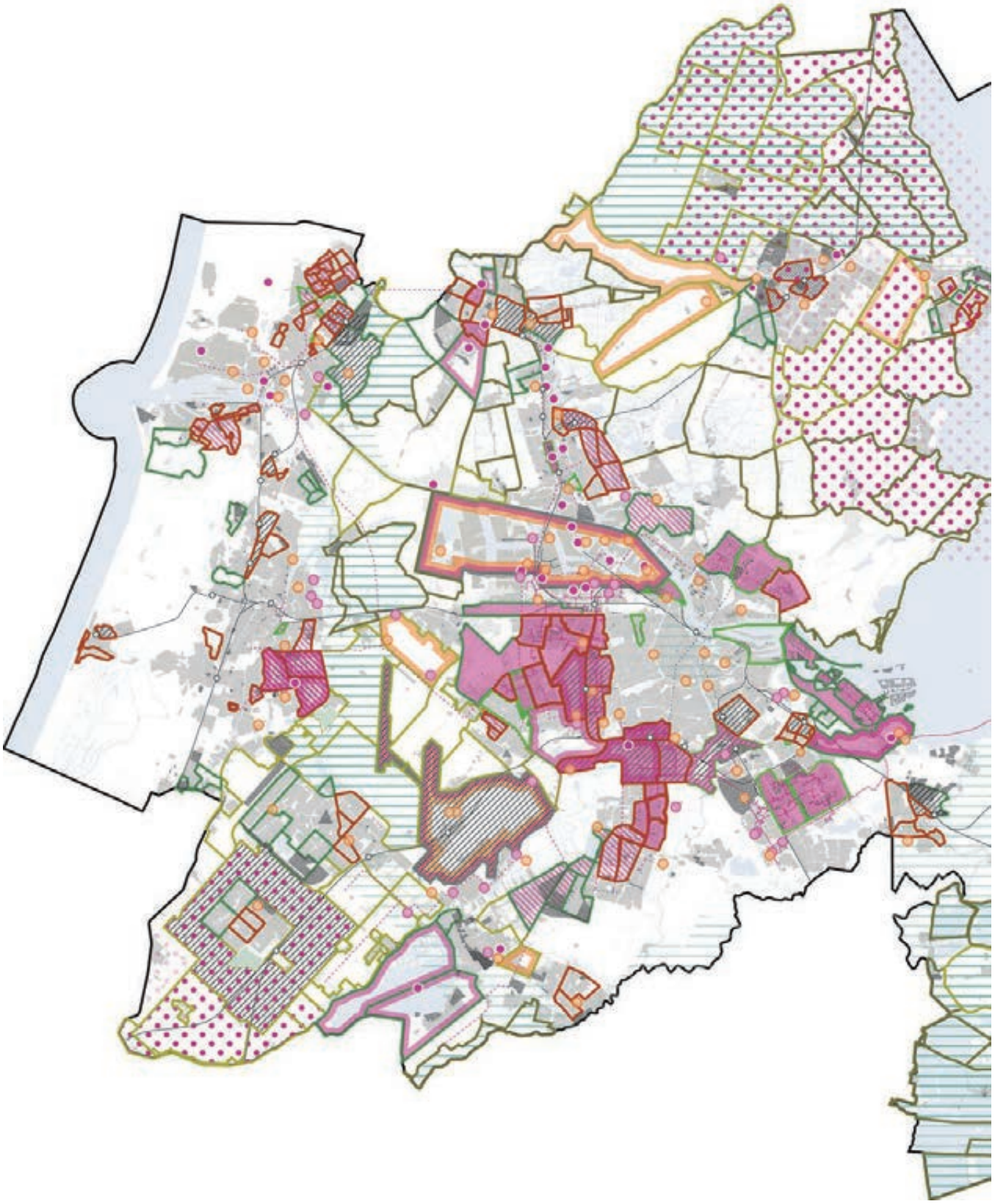
[1] De functie lage temperatuurwarmte voorziet in de warmtevoorzieningen in gebouwen voor verwarming en warm water

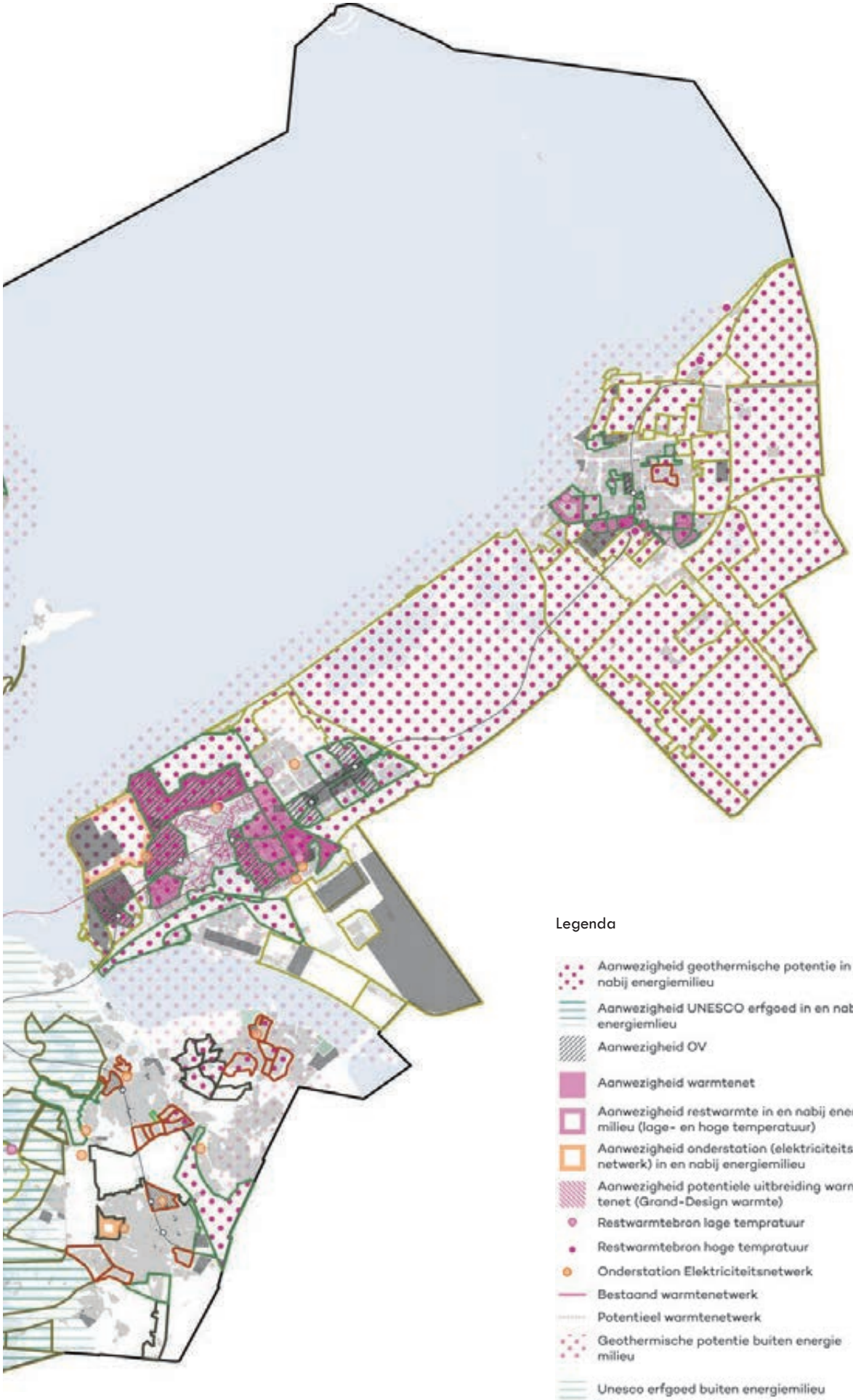
Milieu (gemiddeld aantal woningen per ha. bebouwd gebied)

* De potentie opwekking elektriciteit is berekend a.d.h.v. :
- zon PV op het geschikte dakoppervlak
- zonneakkers in coulissen van het landschap
- (zeer) kleine windturbines

** De potentie opwekking lage temperatuurwarmte is berekend a.d.h.v.:
- aanwezigheid geothermische potentie en/of
- aanwezigheid restwarmte en/of
- aanwezigheid warmtenet dat kan worden aangesloten op een restwarmtebron of een geothermiebron

Locaties Landschappelijke en stedelijke types




Legenda
Aanwezigheid geothermische potentie in en nabij energiemilieu
Aanwezigheid UNESCO erfgoed in en nabij energiemlieu
Aanwezigheid OV
Aanwezigheid warmtenet
Aanwezigheid restwarmte in en nabij energie-milieu (lage- en hoge temperatuur)
Aanwezigheid onderstation (elektriciteits-netwerk) in en nabij energiemilieu
Aanwezigheid potentiele uitbreiding warm-tenet (Grand-Design warmte)
Restwarmtebron lage tempratuur
Restwarmtebron hoge tempratuur
Onderstation Elektriciteitsnetwerk
Bestaand warmtenetwerk
Potentieel warmtenetwerk
Geothermische potentie buiten energie milieu
Unesco erfgoed buiten energiemilieu
Energie milieu's
Wederopbouw
Nieuwbouw
Vinex
Veenpolders
Droogmakerijen
Stuwwallen
Specials

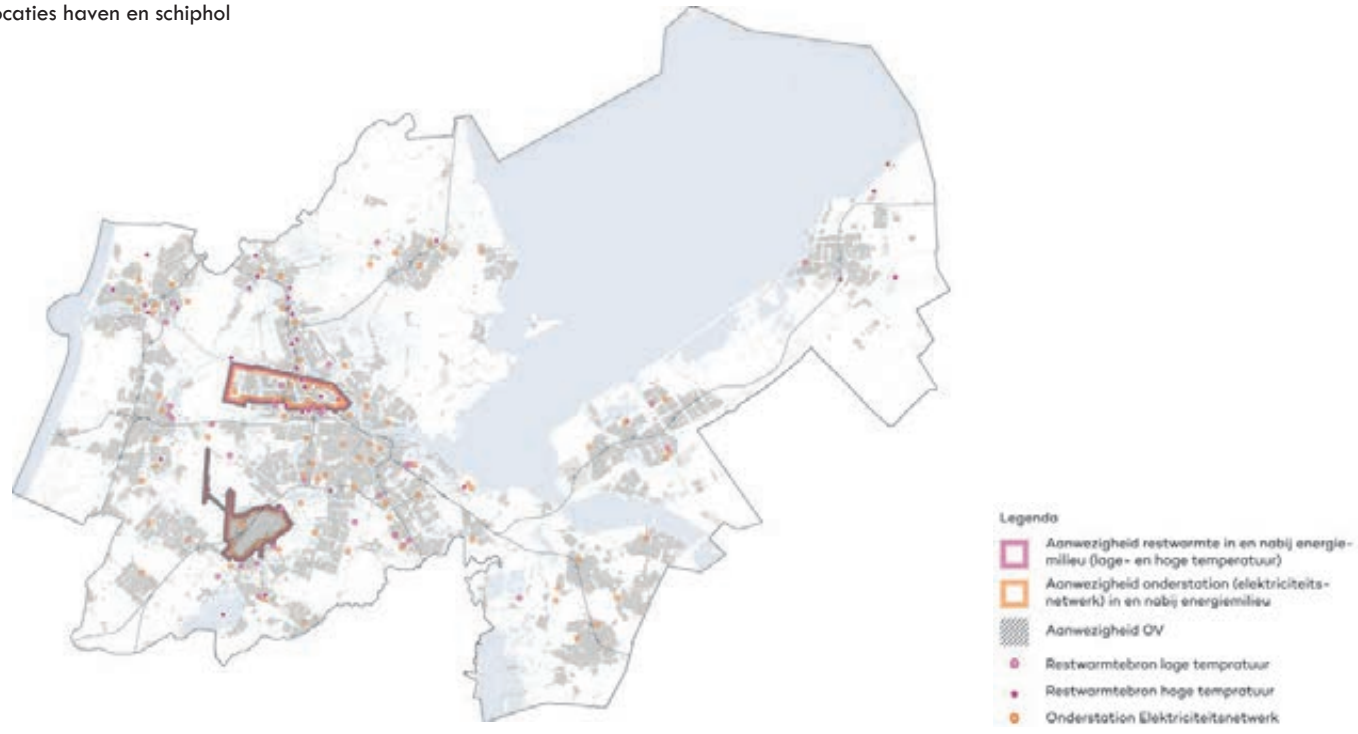
4.4 Haven en Schiphol

Binnen de MRA vormen Schiphol en de Amsterdamse haven bijzondere milieus met een groot economisch belang en staan zij daarmee voor een grote opgave. De haven en Schiphol zijn 'hubs' op de "Westas" van Amsterdam, die loopt van Greenport Aalsmeer, langs Airport Schiphol naar de Haven van Amsterdam. Binnen deze zone komen vele (inter)nationale verbindingen samen, en zijn er grote ambities om stappen te maken in de circulaire economie. (Westas Manifest) Vanuit energetisch opzicht is er in beide gebieden veel verbruik, veel netwerk, veel dynamiek, veel extensief ruimtegebruik en daarmee ook veel koppelkansen.

Haven
Het karakter van de Amsterdamse haven zal met de Energietransitie van kleur verschieten, maar tevens in omvang door 'oprukkende' woningbouw verder onder druk komen te staan. De haven biedt ruimte om de energietransitie te kunnen accommoderen, die moet worden behouden. Op dit moment bestaat de haven nog grotendeels uit "fossiele economie". De verhoudingen zullen de komende jaren moeten wijzigen. In de ambitie om de haven beter te verknopen aan het energienetwerk en de opgaven van de regio, zien wij een drietal pijlers om op door te pakken. Enerzijds de transformatie van het havengebied zelf, de haven als potentieel voor windenergie en de verbindingen tussen haven en Tata.

Er zijn verschillende startpunten om de haven te transformeren, bij voorkeur in een viertal gebieden. Dicht bij de stad, binnen de ring, zal de haven veranderen in een hoog-stedelijke mix van wonen en werken (Havenstad), aansluitend op Sloterdijk. P+R-gebouwen aan de ring vormen energieopslag knooppunten. Net buiten de ring kan het havengebied door middel van betere aansluiting op openbaar vervoer (denk aan doortrekken metro

Locaties haven en schiphol

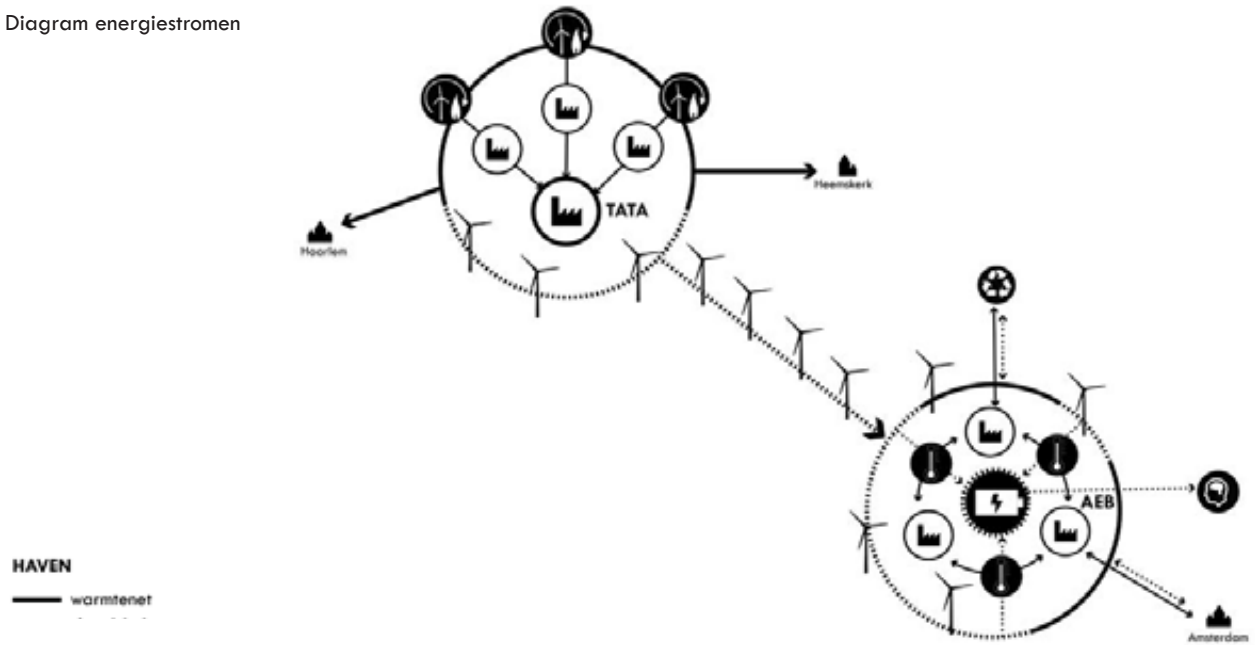


of tram 26) ook interessant worden als gebied voor concentratie van innovatieve bedrijven in de energiesector en de circulaire economie, bij voorkeur op een strategische plek op het raakvlak van stad en grootschalige haven (bv rond de dan getransformeerde Hemweg centrale). Een derde zone, naast de energie campus, richt zich op bedrijven die experimenteren met nieuwe vormen van opwekken en opslaan van energie, grootschalige recycling en power-to-gas installaties. Omdat de ruimte schaars is moeten nieuwe typologieën worden ontwikkeld die stapeling van functies mogelijk maken.

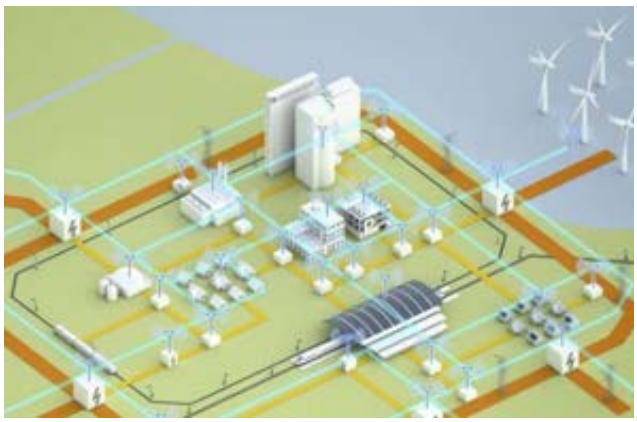
Meer westelijk is meer ruimte aanwezig, en kunnen windparken worden gecombineerd met grootschalige logistieke gebouwen met zonnedaken. (Atlaspark) Juist de combinatie van grootschalige industrie, innovatieve bedrijvigheid en hoog stedelijke woonmilieus levert een kans voor uitwisseling van warmte en elektra.

Zoals weergegeven in Grand Design Warmte liggen rondom Tata Steel grote kansen om het warmte netwerk uit te breiden en deze ook te koppelen met woningbouwgebieden rondom Tata en verder weg (Haarlem, Zaanstad).

Diagram energiestromen



Innovaties



Haven

staal campus
TATA
recycle lab
A22
STELLING
van Amsterdam
A9
zonnepanelen
Harleem

Legenda
Energieproductie per gebied

datacentrum
snelweg
trein en tram
nieuwe metro
productie/logistiek georiënteerd
test/innovatief georiënteerd
nieuwe ontwikkellocaties
productie landschap
energieopgave in een bestaande situatie
nieuwe ruimte voor energie
combinatie

Schiphol

Op de uitgestrekte terreinen van Schiphol komen verbruik, opslag en transport van energie samen, in combinatie met nauwelijks benut dak- en landingsbaanoppervlak voor zon. Het elektrisch verbruik van de luchthaven kan zoveel mogelijk lokaal worden opgewekt. Dat betekent, al het dakoppervlak van grote logistieke gebouwen, de terminal zelf inzetten om zonne-energie mee op te wekken, maar ook op plekken rond de landingsbanen. Warmte kan gegenereerd worden door koppeling aan het warmtenet via bijvoorbeeld de Greenport en de restwarmte van de vele datacenters, die tevens warmte leveren aan de nieuwbouwzone van de kerncorridor (Zuidas-Schiphol). Om richting de toekomst elektrisch vliegen mogelijk te maken, kan mogelijk een van de terminals en landingsbanen als testlocatie worden ingezet. Daarnaast kan in aansluiting op de Westas-ambitie worden onderzocht of de vele (logistiek) stromen in en rondom Schiphol aan energie te verknopen zijn en als energiebron kan worden ingezet. Verder biedt Schiphol kansen voor elektrificatie van mobiliteit. De grootschalige parkeervoorzieningen bieden kansen voor energieopwekking en –opslag. Innovatieve bedrijvigheid die daaraan bijdraagt kan worden gestimuleerd in en om Schiphol (zoals The Circular Valley, Haarlemmermeer).

Locaties haven en schiphol

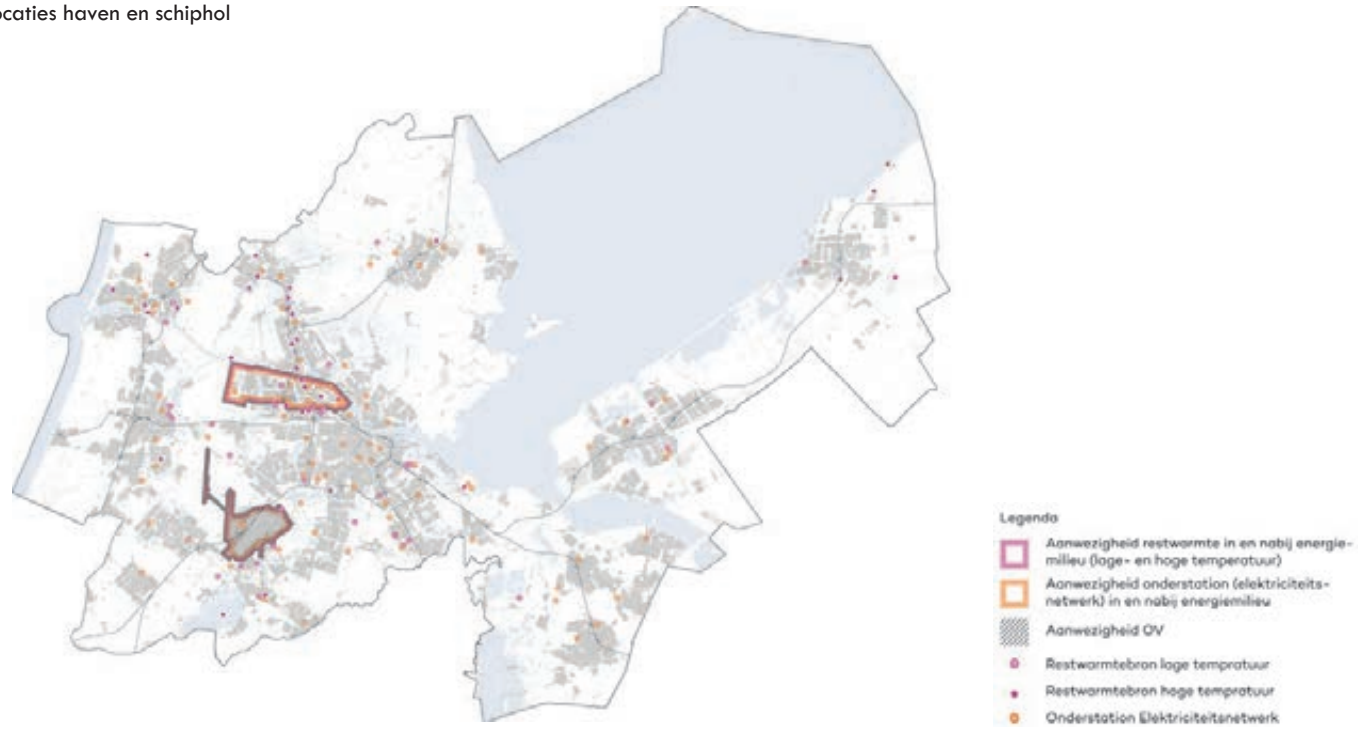
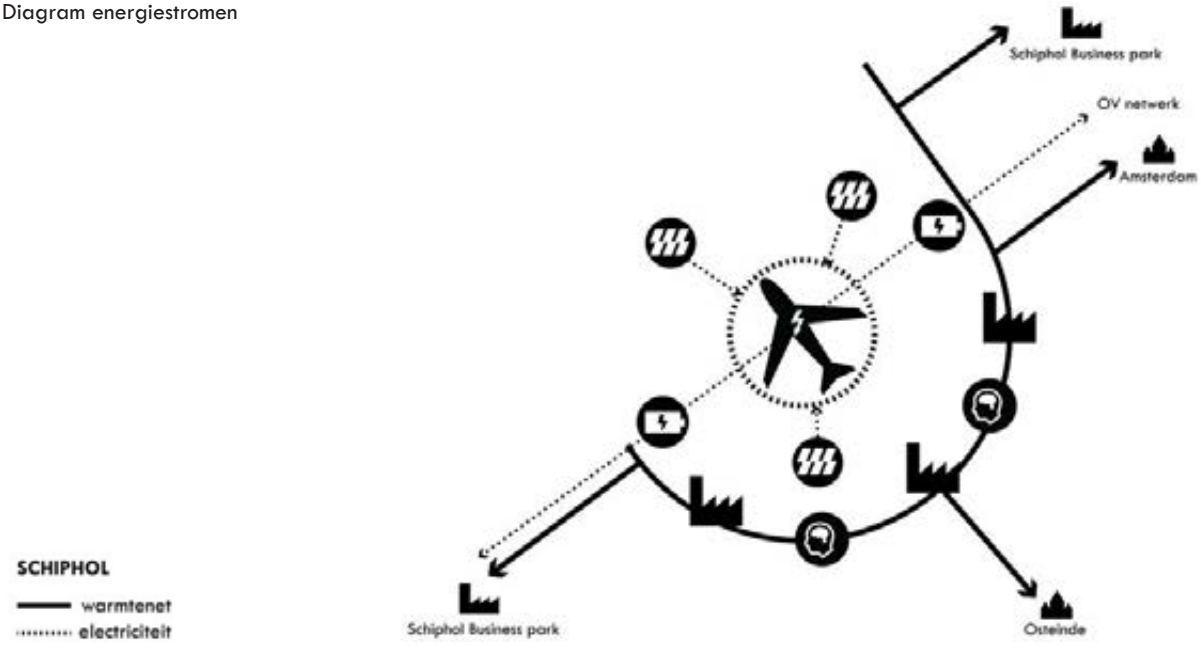
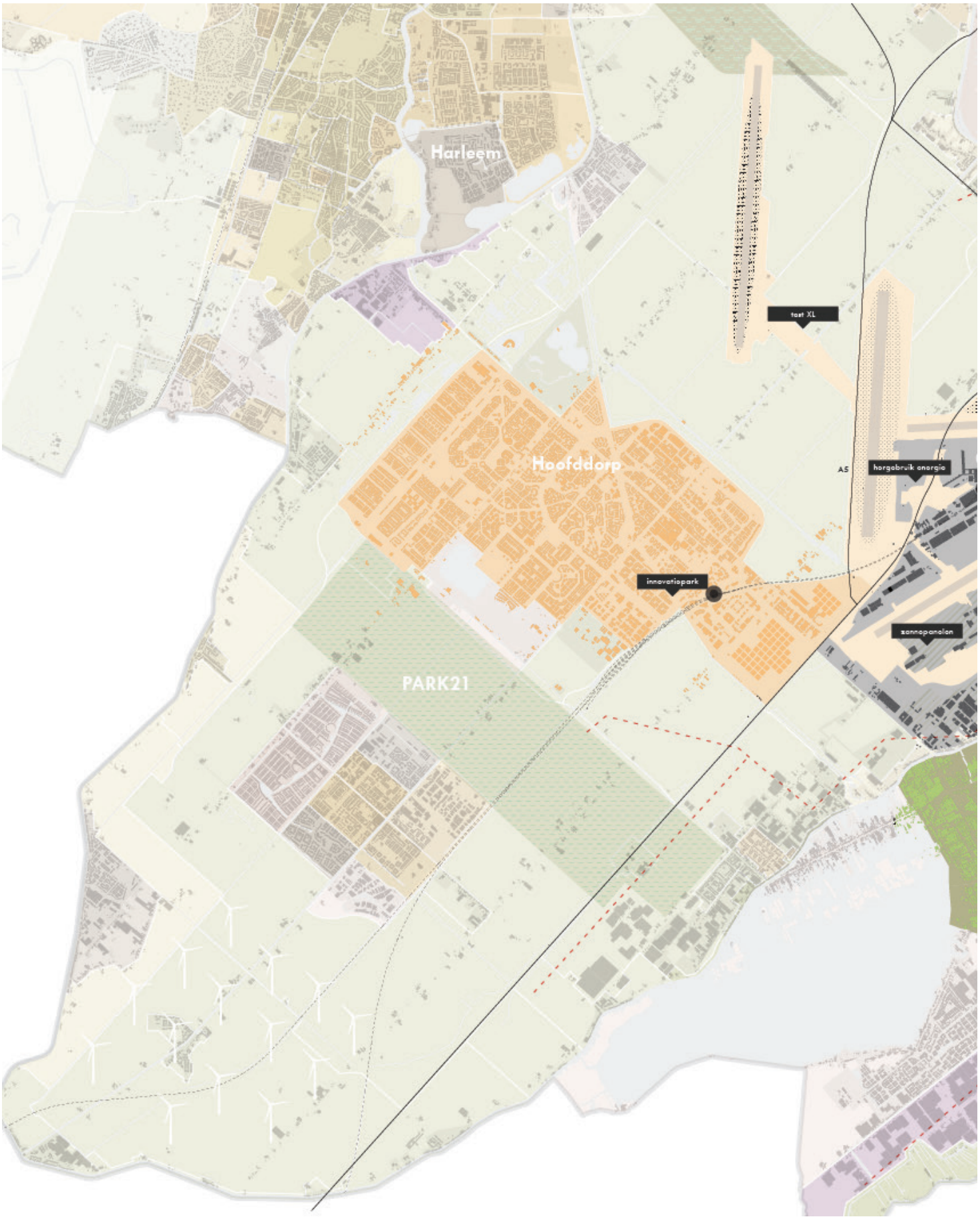


Diagram energiestromen



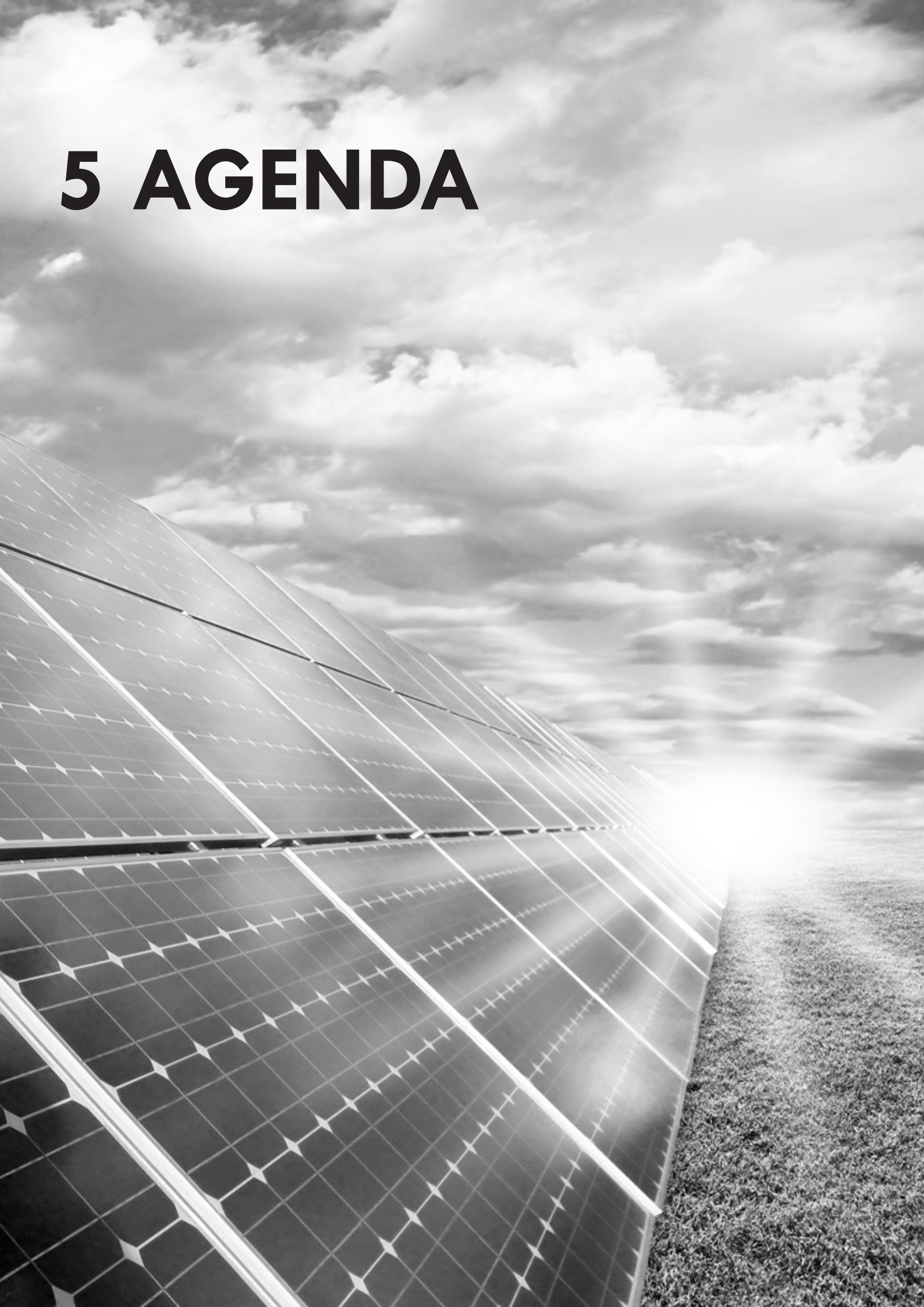
Innovaties

Schiphol


Harleem
Hoofddorp
PARK21
A5
tast XL
hergebruik energie
innovatiepark
zonnepanelen

Legenda
Energieproductie per gebied

5 AGENDA



In dit laatste hoofdstuk worden, naar aanleiding van de analyses en het ontwerpend onderzoek, conclusies getrokken, om tot een agenda voor de (nabije) toekomst te komen. Uit het ontwerpend onderzoek zijn belangrijke lessen te trekken voor het vervolg, waar een regionale energiestrategie kan worden ontwikkeld met alle betrokken partijen. In “5.1 Potentieel volgens energiemilieus” wordt een bandbreedte weergegeven van de opwekpotentie die voortkomt uit de studie naar de energiemilieus en worden belangrijke aspecten toegelicht omtrent wind op zee, besparen, de transformatie opgave van de woningbouw en de relatie met andere urgente thema’s. Bij “5.2 Overall conclusies” worden vijf strategische aanbevelingen gedaan voor de vervolgfase, waarin de ontwikkeling van een regionale strategie centraal staat. Het hoofdstuk sluit af met aanbevelingen voor korte termijn studies en acties, en adviezen voor organisatie en governance.

5.1 Potentieel volgens energiemilieus

Opwekpotentie
Ontwerpend onderzoek is gericht op verkenning van gedeelde kansen en levert geen blauwdruk voor de energietransitie. Maar met behulp van de energiemilieus is er een methode/tool ontwikkeld die uitnodigt om concrete acties op buurtniveau verder te onderzoeken en op de schaal van de MRA uitspraken te doen over kansrijke ruimtelijke keuzes en interventies ten aanzien van besparen, benutting van restwarmte, opwekpotentie, aanleg energie infrastructuur, meekoppelkansen etc. Een eerste berekening gebaseerd op de aannames in de stedelijke en landschappelijke milieus laat een geschatte opwekpotentie van 74-110 PJ. (110 PJ is inclusief restwarmte wat op zich nog fossiel is, 74 PJ is zonder restwarmte). Hierbij is gekozen om op basis van de uitwerkingen daarvoor alleen de windpotentie van droogmakerijen en stuwwallenlandschappen mee te nemen. Daarbij is dit geen volledig beeld, in deze studie zijn slechts 7 van de 23 milieus meer uitgebreid onderzocht. Daarnaast houden we rekening met UNESCO-erfgoed. Voor de opwekking van energie zien we dus voornamelijk kansen voor gecombineerde opwekking in de droogmakerijen en op de stuwwallen voor wind ingepast in bebost landschap.

In deze opwekpotentie wordt vooral elektriciteit opgewekt, en blijft een gat bestaan tussen vraag en aanbod van lage temperatuurwarmte, industriële warmte en energie voor brandstoffen. Daarnaast

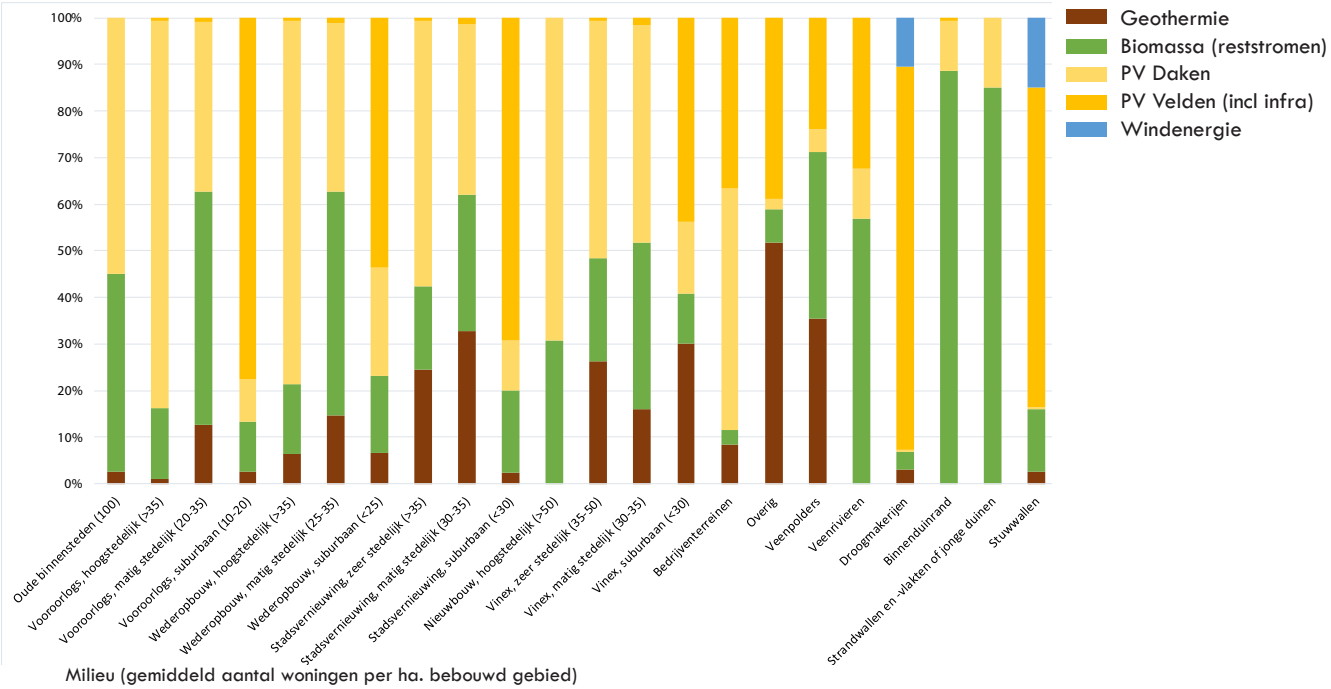
Energievraag 2040 en opwekpotentie landschap en leefmilieus 2040

is een deel van de restwarmte (~36 PJ) die wordt ingezet, niet met hernieuwbare energie opgewekt. Eventuele overschotten aan elektriciteit zouden ingezet kunnen worden om lage temperatuurwarmte mee op te wekken. Op zee wordt in de toekomst het grootste deel van de energie uit wind opgewekt. Op dit moment is dat nog niet aan regio's of sectoren toebedeeld, maar het valt te verdedigen dat dit in verhouding met relatief percentage van nationaal energieverbruik kan worden toegerekend. Voor de MRA zou dat volgens die verdeelsleutel tot zo'n 20 PJ leiden. Binnen de hier genoemde bandbreedte 74-110 PJ is dat potentieel van 20 PJ wind op zee nog niet meegerekend. In het Markermeer/IJmeer is ook een flink potentieel aan windenergie. Op basis van de discussie tijdens het atelier is deze niet meegenomen als kansrijk scenario. Enkele andere opmerkingen bij de berekening:

- In de droogmakerijen (m.u.v. UNESCO) leggen deze studie een groot deel van de potentie voor vnl. zon (49PJ= 50% landbouwareaal)

- De potentie van geothermie is gebaseerd op aanwezige kennis van de ondergrond, die zich beperkt tot klein deel van de MRA. De potentie zou veel hoger kunnen zijn en er is dus dringend meer onderzoek nodig naar de potentie van geothermie in

Energiemix
Procentuele verdeling van het potentieel per bron per milieu in de MRA (zonder restwarmte)



en nabij stedelijke gebieden met veel potentie voor warmte afname en koppeling aan warmtenetten.

- Ook in landschappen waar energieopwekking minder voor hand lijkt te liggen, zoals de stuwwalen, zijn toch ook kansen voor energie. Door slim ontwerp kan energieopwekking hier worden 'verstopt', zoals zonneweides, geothermische installaties en windturbines zouden hier dan voor een groot aandeel hernieuwbare energie zorgen.

- In wijken/buurten waar geen restwarmte of geothermiepotentie aanwezig is zal maximaal moeten worden bespaard en worden ingezet op all electric (warmtepomp, WKO, zonneboiler).

Wind op zee
ECN heeft de bijdrage van wind op zee voor de MRA berekend op een manier die consistent is met de rapportage voor Noord-Holland. Voor Noord-Holland komt dit in 2050 uit op 30,9 PJ. Dat was op basis van een aandeel in het huidige elektriciteitsgebruik van Noord-Holland t.o.v. Nederland van 16,8%. Dat percentage is niet veel lager voor de MRA, namelijk 15,2%. Om de waarde voor 2040 te bepalen is uitgegaan van een lineaire groei van wind op zee tussen 2016 en 2050. Daarmee komt de bijdrage aan het verbruik door de MRA op 20 PJ uit wind op zee in 2040.

Besparen
In hoofdstuk 2.2 is uitgelegd dat de ambities voor "maximaal besparen" fors zijn. Toch is het aan te bevelen in dit dichtbevolkte gebied, binnen alle sectoren (woningen, dienstensector, industrie, mobiliteit, landbouw) maximaal te besparen om een zo groot mogelijk deel van de vraag met hernieuwbare energie te kunnen invullen.

Industrie
Hernieuwbare opties die in de industrie kunnen worden ingezet zijn biobrandstoffen voor hoge temperatuurtoepassingen en in de toekomst mogelijk ook 'Power to X", waarbij de X staat voor G, H of P die weer verwijzen naar Gas, Heat en Products[7].

Deze technologische mogelijkheden voor het omzetten van elektriciteit in warmte, gas of chemische producten wordt uitgebreid beschreven in een recent rapport van PBL[8]. De inpassingsmogelijkheden zijn sterk afhankelijk van de technische specificaties van installaties en de kosten van deze opties. Power to heat is tegen relatief lage kosten in te passen terwijl power to gas relatief duur is. Bij de invulling van de perspectieven zijn 'Power to Gas' en 'Power to Products' buiten beschouwing gelaten. Deze technologieën worden naar verwachting pas bij vergaande reductiedoelstellingen, en dientengevolge hoge CO_2-prijzen, economisch interessant. Naar de huidige verwachtingen komen dergelijke CO_2-prijzen pas tegen 2050 in zicht. 'Power to Heat' wordt wel beschouwd om een overschot aan elektriciteit in lage-temperatuur warmte om te kunnen zetten.

Transport
Het invullen van de energievraag van zwaar vrachtverkeer kan met biobrandstoffen of waterstof worden ingevuld. Vrachtverkeer op korte afstand, wat een klein deel van het geheel uitmaakt, kan ook met elektriciteit, maar dat is niet meegenomen in de inschatting van het toekomstig verbruik.

Renovatie of vervangende nieuwbouw
De MRA staat voor een grote transformatie opgave t.a.v. veel wederopbouw wijken (D-G label), maar ook stadsvernieuwingswijken uit de jaren 80 (gemiddeld D label). Op basis van de energiemilieukaart kan een strategie worden bepaald voor de verduurzaming van deze woningen. Het gaat om flinke aantallen (bv 220.000 woningen "wederopbouw hoog-stedelijk", 120.000 woningen "stadsvernieuwing stedelijk"). In samenwerking met woningbouwcorporaties een visie ontwikkelen op de volgende opties:

1 Indien warmtebronnen en warmte netwerk in de buurt liggen zal renovatie kansrijk zijn (naar bijvoorbeeld label B/A+).
2 Indien warmtebronnen maar geen warmte netwerk in de buurt liggen, kan er voor gekozen worden te investeren in uitbreiding van warmtenetwerk,

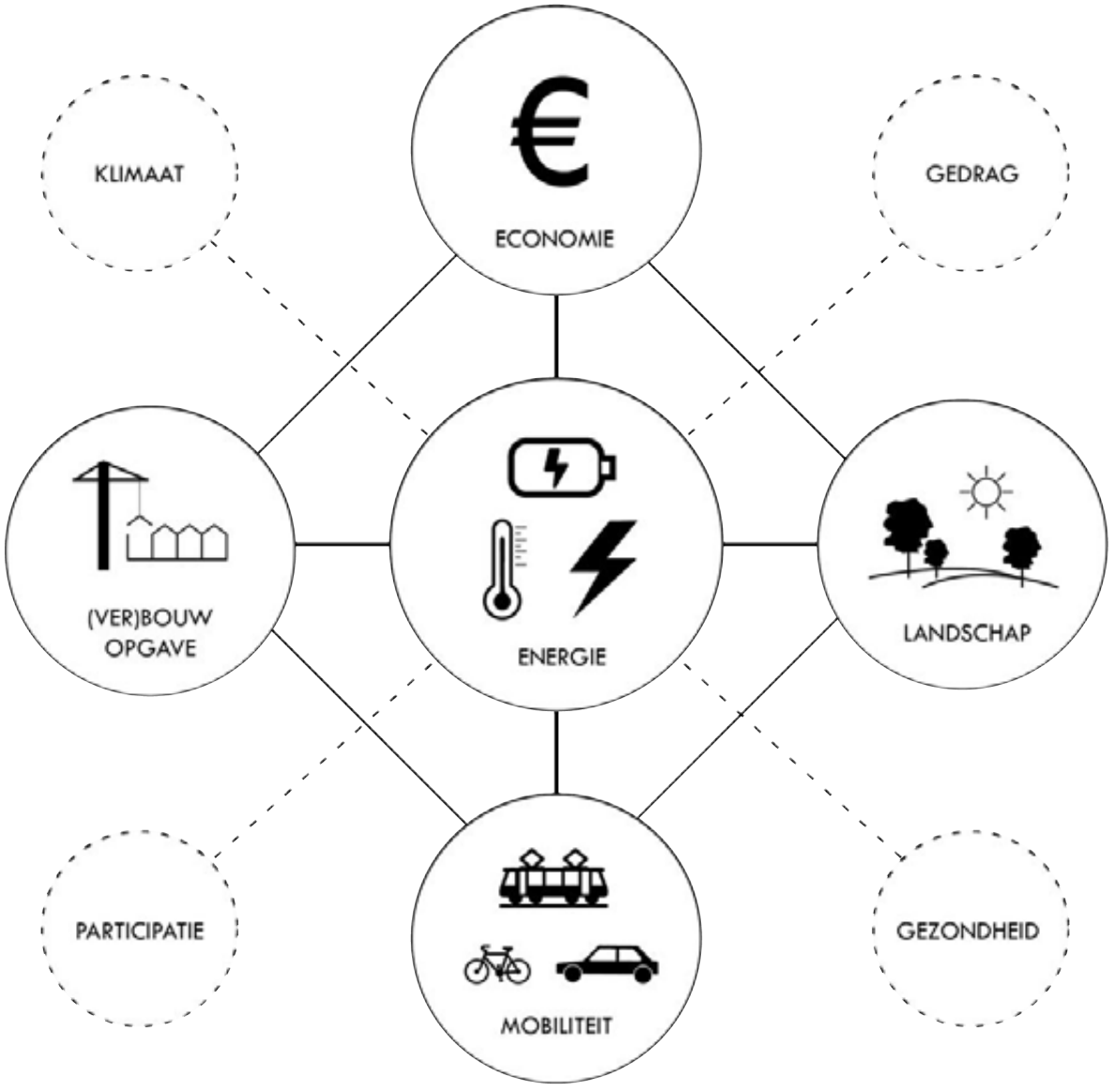
---

[7] PBL-rapport over o.a. power2X: www.pbl.nl/publicaties/vormgeving-van-de-energietransitie
[8] Power to heat wordt in de industrie voor lage temperaturen (< 140˚C) al toegepast, maar omdat de omvang van het gebruik van warmte op verschillende temperatuurniveaus in de industrie in Noord-Holland niet bekend is voorzien we in 80% van de warmtevraag met behulp van biobrandstoffen.

mits de schaalgrootte van aan te pakken woningen groot genoeg is (bij voorkeur veel woningen met warmtebehoefte), in combinatie met renovatie.
3 Indien geen warmtebronnen en geen warmtenetwerk in nabije omgeving zijn, dan wel investeringen te groot zijn, is vervangende nieuwbouw een optie, waarbij wordt ingezet op "All Electric"; Hiermee kan ook een verdichtingsslag worden gemaakt in aantal woningen, zeker indien de buurten nabij ov-knooppunten liggen.

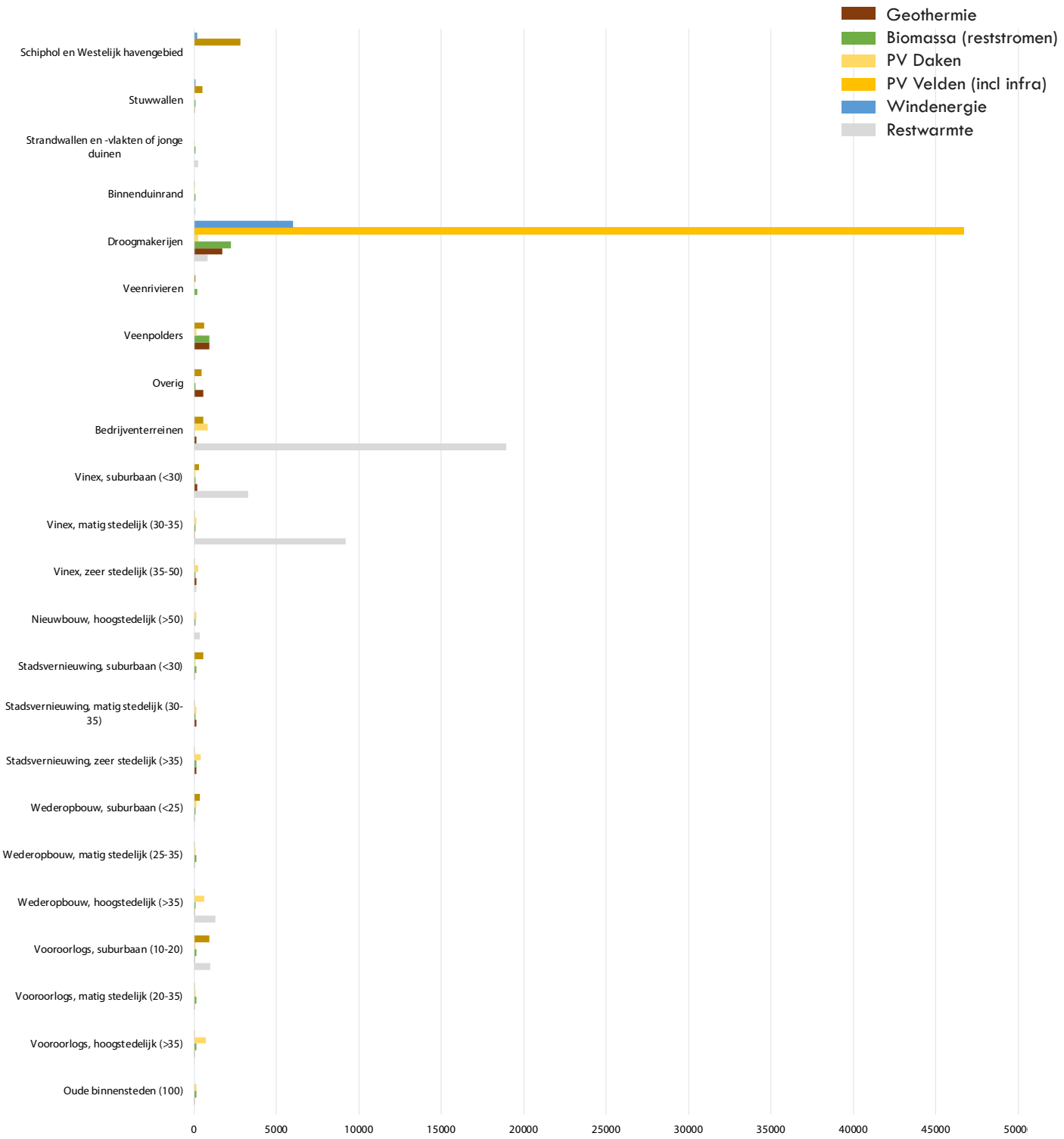
Haalbare deeldoelen
We hebben gezien dat de MRA volledig van hernieuwbare energie van binnen de eigen grenzen voorzien geen reële optie is. Het stellen van wel binnen de MRA haalbare deeldoelen zou stimulerend kunnen werken op die deelgebieden. Mogelijkheden zijn alle beschikbare daken vol leggen met zonnepanelen, een bepaalde sector of sub sector volledig voorzien van hernieuwbare energie van eigen bodem, zorgen dat alle van buiten de MRA geïmporteerde energie hernieuwbaar is. Werk eventueel in landelijk overleg samen met geografische gebieden die een overschot aan hernieuwbaar hebben (in de toekomst b.v. Flevoland) zodat Nederland als geheel wel tot een geheel hernieuwbare energievoorziening kan komen.

Relatie met andere thema's in de MRA
Vanuit de energietransitie zijn sterke verbanden aan te wijzen met andere urgente thema's in de MRA zoals de verstedelijking, de economie, de mobiliteit en het landschap.

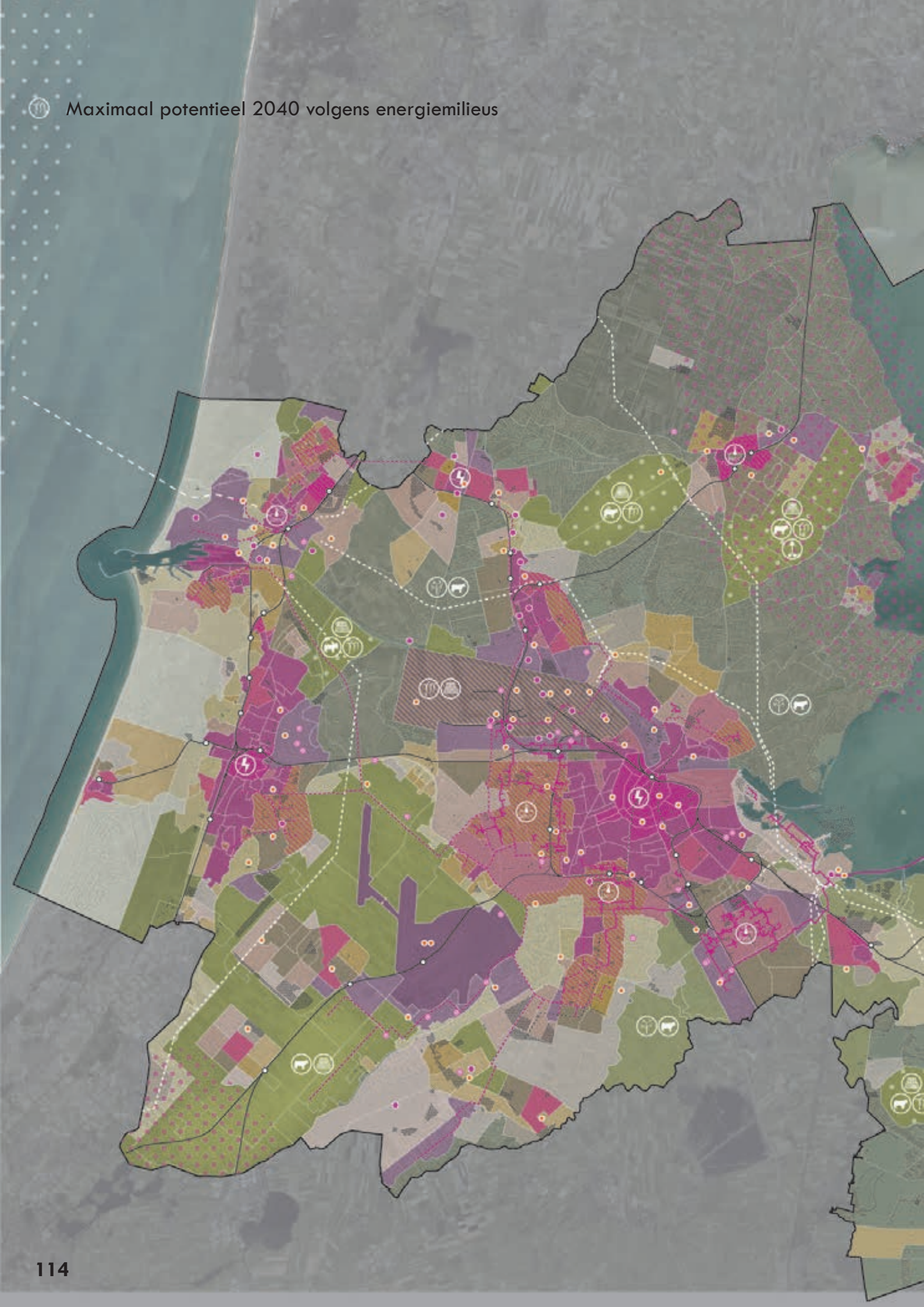


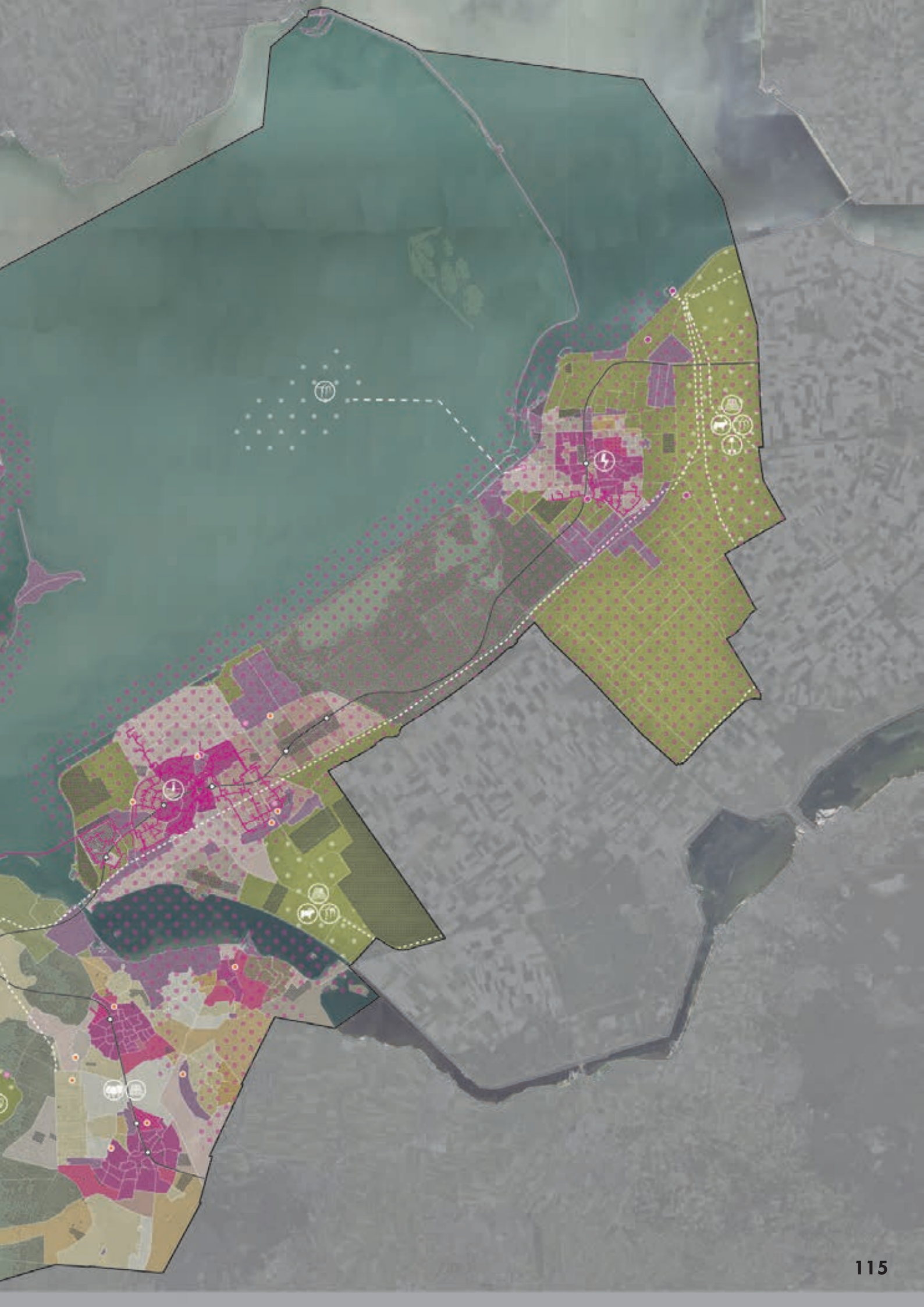
Energiepotentie milieu's

Totale potentie per bron per milieu in de MRA (TJ)



Maximaal potentieel 2040 volgens energiemilieus





5.2 Overall conclusies

Van ontwerpend onderzoek richting regionaal beleid

Tijdens de studie zijn op verschillende momenten uitgangspunten geformuleerd voor een ruimtelijk perspectief op de energietransitie in de MRA. Deze zijn veelal tot stand gekomen op basis van de inbreng en discussie tijdens de twee brede ateliers. Deze uitgangspunten vormen gezamenlijk een eerste gedachtenoefening voor een regionale energiestrategie op de schaal van de MRA. Deze denklijn en conclusies zijn gebaseerd op de ambtelijke notitie die aan de MRA-bestuurders is voorgelegd tijdens de presentatie van de concept-eindresultaten in maart 2017.

1. De opgave is groot: de grote en diversiteit van de energievraag én de grote druk op beschikbare ruimte, die het hernieuwbaar opwekken daarvan met zich mee brengt, maken dat een ambitie van100% op het grondgebied van de MRA opgewekte hernieuwbare energie in 2040 niet realistisch is.

Op basis van de huidige energievraag, de beschikbare ruimte en de verwachte technologische ontwikkeling van duurzame energiebronnen toont de verkenning aan dat het tot in ieder geval 2050 niet mogelijk zal zijn om in eigen energie te voorzien. Het verstedelijkte en dichtbebouwde karakter van het gebied maakt dat de potentie om eigen energie op te wekken in vergelijking met Nederland gemiddeld relatief laag is. Dit maakt ook dat de opgave van de transitie anders is, bijvoorbeeld meer gericht op de inpassing van energieopwekking en besparing binnen bestaand stedelijk gebied.
De energie die wel kan worden opgewekt sluit daarnaast niet goed aan op de energievraag: met name de vraag naar hoge temperatuur warmte voor de industrie (betreft ook bedrijven die vallen onder het Europese emissiehandelssysteem, ETS) en brandstoffen voor gemotoriseerd transport is alleen als biomassa beschikbaar en zo goed als niet binnen de MRA opwekbaar. Een deel van de regionale energievraag zal dus ook in 2050 nog van buiten de regio moeten worden geïmporteerd.
De ambities ten aanzien van de energietransitie in de MRA dienen daarom meer specifiek te worden geformuleerd. Dit vraagt om een andere studie naar de consequenties als de MRA de energievraag niet lokaal kan oplossen en wat er moet gebeuren om de projecten in stad en landschap van de MRA te laten bijdragen aan de noodzakelijke transitie.

2. De ruimtelijke effecten van de energietransitie zijn vanwege de benodigde ruimte en de bijbehorende maatregelen voor zowel opwek, besparing, opslag en transport van energie tot 2040 een van de majeure ruimtelijke vraagstukken voor de MRA.

De ruimte voor grootschalige opwekking van energie is door de bebouwingsdichtheid van de metropoolregio beperkt. De ruimte die beschikbaar is, zoals in de monofunctioneel gebruikte gebieden rond haven en Schiphol moet daarom zo efficiënt mogelijk worden benut. Daarnaast conflicteert de ruimteclaim voor energieopwekking met andere regionale belangen als leefbaarheid en een aantrekkelijk buitengebied. De mate waarin en de wijze waarop opwek een plaats kan krijgen in de regio is een ruimtelijke ontwerpopgave waarbij ook de dwarsverbanden met andere opgaven (verstedelijking, landschap, mobiliteit, economie) in de Ruimtelijk-Economische Actie-Agenda voor de MRA nader inzichtelijk moeten worden gemaakt.
Opwekking van energie binnen stedelijk gebied betekent dat ruimte moet worden ingepast en gereserveerd voor opwekking van bijvoorbeeld zon. Dit raakt aan alle andere ruimtelijke MRA-opgaven zoals benoemd in de Actie-Agenda. Daarbij is het belangrijk dat de locaties voor opwekking zoveel mogelijk worden afgestemd op de vraag dit vanwege de beperkt beschikbare ruimte maar ook om het transport van hernieuwbare energie te beperken (zorgvuldig gebruik van netwerken en infrastructuur).

3. Hoewel de invulling van de energievraag met hernieuwbare energie binnen de grenzen van de MRA vooralsnog niet realistisch lijkt, is het schaalniveau van de Metropoolregio wel degelijk relevant voor de energietransitie. Een aanpak van de energietransitie in MRA-verband maakt regionale energie- en besparingsopgaven door schaalvoordelen behapbaar en kan specifieke kansen die de regio biedt, in zicht.

Veel gemeenten hebben eigen ambities maar onderzoek toont ook aan dat ambities niet afzonderlijk van elkaar kunnen worden gerealiseerd. De mogelijkheden per gemeenten zullen sterk verschillen en leiden tot andere mogelijkheden die niet altijd in overeenstemming zullen zijn met eigen ambities maar wel noodzakelijk vanuit MRA verband. De transitie-opgave voor de MRA is anders dan in de rest van Nederland door de compacte verstedelijking, de economische dynamiek en de variatie in ruimtelijke en economische milieus dicht bij elkaar. De samenhang en samenwerking in de MRA kunnen een schaalvoordeel bieden bij de realisatie van specifieke energie-opgaven in de regio, zoals energie neutrale gebiedsontwikkeling of een regionale warmtetransitie. Tegelijk bevindt de MRA zich door de gemeentelijke samenwerking dicht bij de bevolking, initiatieven en uitvoering. De ruimtelijke perspectieven in deze notitie laten zien dat de samenwerking een combinatie is van centrale regie als een ook een samenhangende strategie met betrekking tot initiatieven van onderop.

4. Kernopgaves voor de MRA liggen in het versnellen en vergroten van energiebesparing, inpassing van diverse mogelijkheden van energie-opwekking en de transitie van de energie-infrastructuur

Doordat de MRA een energie-intensief gebied is zijn de kansen voor besparing groot. Bovendien zorgt maximale besparing ervoor dat er minder hernieuwbare energie hoeft te worden opgewekt. Energie die nodig is voor industrie of verwarming kan relatief eenvoudig worden hergebruikt (cascadering). Anderzijds hoge economische waarde van ruimte in de metropoolregio de kans om energie te integreren in andere ruimtelijke opgaven. De nabijheid en afwisseling van diverse stedelijke functies geeft aanleiding de aanleg van kostbare en ingrijpende nieuwe energie-infrastructuur zo efficiënt mogelijk te realiseren of zelfs te voorkomen.

5. Alleen door een integrale aanpak in MRA-verband en door het verbinden van de energie-opgave aan een aantal andere grote opgaven zoals de verstedelijking, bereikbaarheid, economische ontwikkeling, landschapsverbetering kunnen de grote kansen die de energietransitie voor de MRA kan betekenen worden verzilverd.

De MRA-actie agenda toont de omvang en de ambitie van de regionale samenwerking binnen de MRA aan. Door dwarsverbanden tussen de resultaten van de verkenning en overige acties uit de Actie Agenda in beeld te brengen kunnen scherpere doelstellingen voor de energietransitie worden geformuleerd. Door maatwerk ambities ontstaat een precies beeld van de regionale kansen binnen de energietransitie. De energietransitie opgave ligt niet alleen bij duurzaamheid maar komt bij alle opgaven in de MRA terug. Dit betekent dat andere actielijnen binnen de MRA energieagenda mede-eigenaar moeten worden van de energietransitie-opgave. Ter duiding een paar willekeurige voorbeelden: door woningbouwontwikkeling nog sterker te relateren aan knooppunten, ruimte bieden voor innovatie, door de economische kansen actief te promoten, door in te zetten op nieuwe energie landschappen en hun integratie in de ruimtelijke inrichting.

5.3 Handelingsperspectieven

De overall-conclusies uit de vorige paragraaf geven aanleiding voor een verdieping van regionale ambities ten aanzien van de energietransitie, zoals benoemd in de acties 4.8 tot en met 4.11 in de Ruimtelijk-Economische Actie-Agenda 2016-2020 voor de MRA. Om zoals daarin afgesproken te komen tot een versnelling van de energietransitie in de regio is het essentieel dat de samenwerking op dit gebied slagvaardiger wordt. Om concurrerende regio te kunnen blijven en aan de Nederlandse en internationale doelstellingen te kunnen voldoen zijn concrete afspraken en doelen onontbeerlijk. Intensivering van het bestaande PHO Duurzaamheid vormt de basis om afspraken en doelen binnen alle MRA actielijnen onder te brengen. De propositie Energietransitie voor Proeftuin 'Maak Verschil' biedt een mooi aanknopingspunt, er is bestuurlijke overeenstemming bereikt voor concretisering en versnelling van acties in de MRA, samen met de partners van het Rijk, het maatschappelijk veld en de business community. In dit proces heeft de ruimtelijke verkenning al waarde bewezen door het gevoel van urgentie te versterken en gezamenlijke handelingsperspectieven te laten zien.

Op basis van de resultaten en de uitkomsten van de verschillende bestuurlijke overleggen is gekeken waar in de MRA op korte termijn de meeste meters kunnen worden gemaakt wat betreft de energietransitie. De ruimtelijke verkenning energietransitie maakt dit nog verder concreet tot:

1. Breng de kennis van de ondergrond op orde om potentie geothermie te versterken.
2. Sluit aan op bestaande energienetwerken en stimuleer energieopslag (warmte/elektra).
3. Ondersteun lokale initiatieven voor energie-opwekking en geef ze een strategisch kader en samenhang.
4. Maak energiedoelstellingen leidend bij aanpassing bestaande woningvoorraad en woningbouwopgave MRA.
5. Innoveer in de ruimte en de kansen in de regionale draaischijven voor energie in NZKG, Schiphol en Greenport. Hierbij ook meenemen het nader onderzoeken van de ruimte voor energieopwekking.
6. Onderzoek de financieel –economische effecten van de energietransitie in de MRA en wat dit bijdraagt aan de BV Nederland.

Om daadwerkelijk tot kansrijke vondsten te komen is nog een extra stap nodig. Het nog te organiseren afsluitend atelier, met de deelnemers aan de eerdere bijeenkomsten, wordt gebruikt om handelingsperspectieven te concretiseren naar acties en projecten op de korte termijn en een regionale strategie voor de lange termijn. Daarbij zullen ook de voorstellen uit de propositie Energietransitie voor de Proeftuin 'Maak Verschil' worden meegenomen als ook de reeds lopende acties. De uitkomsten van dit atelier kunnen op hun beurt weer de basis vormen van een regionale energiestrategie voor de MRA. Deze is ook nodig om met het Rijk in overleg te gaan over (inter)nationale ambities.

De economische effecten van de energietransitie zijn belangrijk voor de internationale concurrentiepositie van de MRA, maar deze zijn nog niet onderzocht. Economische ontwikkeling spelen een belangrijke rol bij de ruimtelijke afweging en de mogelijkheden om op het grondgebied van de MRA volledig in hernieuwbare energie te voorzien (bijvoorbeeld de vestiging van datacentra die veel energie vragen). Een onderzoek naar de economische effecten zal bijdragen aan de te maken afwegingen.
Met het Rijk is overleg gestart over de verdeling van rollen en verantwoordelijkheden en wat de energietransitie betekent voor de onderlinge samenwerking en hoe dit het beste kan worden georganiseerd. Dit moet gezien de Provinciale en Nationale Omgevingsvisies wel op redelijke termijn leiden tot meer duidelijkheid zodat ook heldere ambities kunnen worden gesteld en daarmee ook de positie van de MRA.

BRONNEN

Websites
• Steeds meer weerstand tegen windmolens, www.volkskrant.nl, 24 april 2014
• Nieuwe regering moet van energietransitie prioriteit maken, www.volkskrant.nl, 26 oktober 2016
• www.fluxenergie.nl
• www.metropoolregioamsterdam.nl
• www.pbl.nl/publicaties/vormgeving-van-de-energietransitie
• www.cbs.nl
• https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/

Boeken
• Amsterdam Economic Board, Grand Design Warmte Metropoolregio Amsterdam
• Jandirk Hoekstra, Kwaliteitsbeeld en nieuwe opgaven voor het MRA-landschap
• ECN, Factsheet toekomstperspectieven energietransitie
• Rli, Rijk zonder CO2, naar een duurzame energievoorziening in 2050

Documenten
• William T O'Brien, Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Concordia University
• NEV 2016
• Energieagenda 2016 (Ministerie van EZ)
• Nationaal Energieakkoord 2013 (SER)
• Ruimtelijk Economische Actieagenda 2016-2020 van de Metropoolregio Amsterdam (2016)
• Structuurvisie 2040 (provincie Noord-Holland)

COLOFON

Opdrachtgever en samenwerking:

In opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Provincie Noord-Holland in samenwerking met Provincie Flevoland en Metropoolregio Amsterdam (MRA)

Participanten:

Elien Wierenga	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Bart Witteman	Provincie Noord-Holland
Geert Haenen	Provincie Noord-Holland
Jandirk Hoekstra	Provincie Noord-Holland
Matthijs Oosterhout	Provincie Noord-Holland
Sebastiaan Jacobs	Gemeente Amsterdam
Johan van Zoest	Gemeente Amsterdam
Juliane Kurschner	Gemeente Amsterdam
Carina van Dijk	Provincie Flevoland
Dennis Menting	Provincie Flevoland
Jelmer Pijman	Provincie Flevoland

Opdrachtnemer:

marco.broekman
urbanism research architecture

Groenhoedenveem 22
1019 BL Amsterdam
Telefoon: +31 20 7372085
+31 6 24802493
Email: info@marcobroekman.com
Website: www.marcobroekman.com

Marco Broekman
Tea Hadzizulfic
Floris van der Zee
Jordy Stamps
Ginevra Melazzi
Zuzanna Brek

posad
SPATIAL STRATEGIES

Binckhorstlaan 36
2516 BE Den Haag
+31 (0)70 322 28 69
mail@posad.nl
Website: www.posad.nl

Boris Hocks
Taco Kuijers
Jaap Witte
Gintare Norkunaite
Francesca Becchi

ECN
Your energy. Our passion.

Radarweg 60
1043 NT Amsterdam
+31 (0)88 5154244

www.ecn.nl

Joost Gerdes

Disclaimer:

Niets uit deze publicatie mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden zonder naam- en bronvermelding. De grafieken zijn gemaakt door ECN en Posad. Daarbij baseert ECN zich op onder andere de NEV 2016. De kaarten zijn gemaakt door marco.broekman en Posad, en deze zijn gebaseerd op openbare data van onder andere het CBS, Klimaatmonitor, RVO, NEV 2016. Het ontwerpend onderzoek van Posad en marco.broekman moeten worden gezien als indicatief ontwerpend onderzoek, waarbij geen rechten aan kaarten en dergelijke kunnen worden ontleend. Bureau marco.broekman heeft getracht de gebruikte bronnen zorgvuldig te vermelden en auteursrechten te respecteren. Mocht in dit document iets niet juist zijn vermeld, dan kunt u dat ons laten weten, zodat alsnog de juist bronvermelding kan worden opgenomen.

BIJLAGEN

Inhoud

1 SCENARIO'S POTENTIE HERNIEUWBARE ENERGIE 2

1.1 Windenergie 2

1.2 Zonne-energie 5

1.3 Geothermie 8

4.4 Biomassa 10

2 ONDERBBOUWING POTENTIE HERNIEUWBARE ENERGIE 12

2.1 Wind 12

2.2 Zon 21

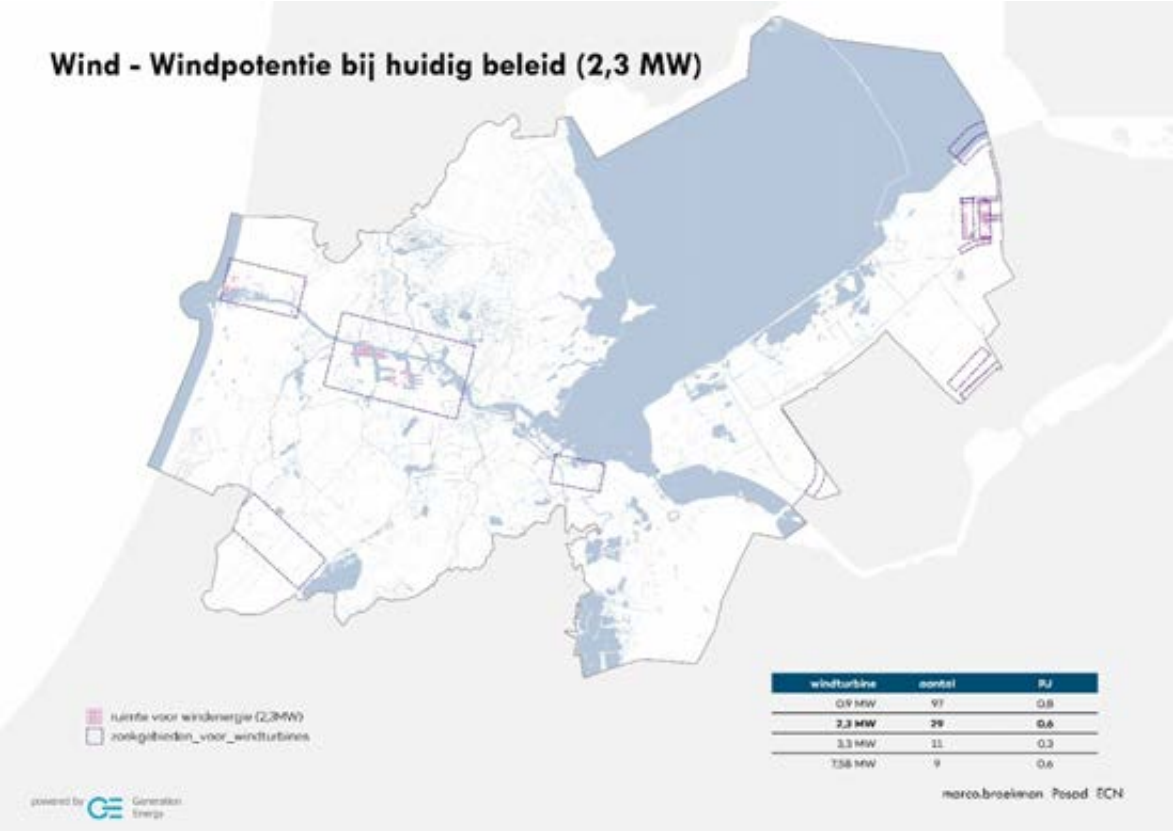
2.3 Geothermie en warmte 24

2.4 Biomassa 28

1 SCENARIO'S POTENTIE HERNIEUWBARE ENERGIE

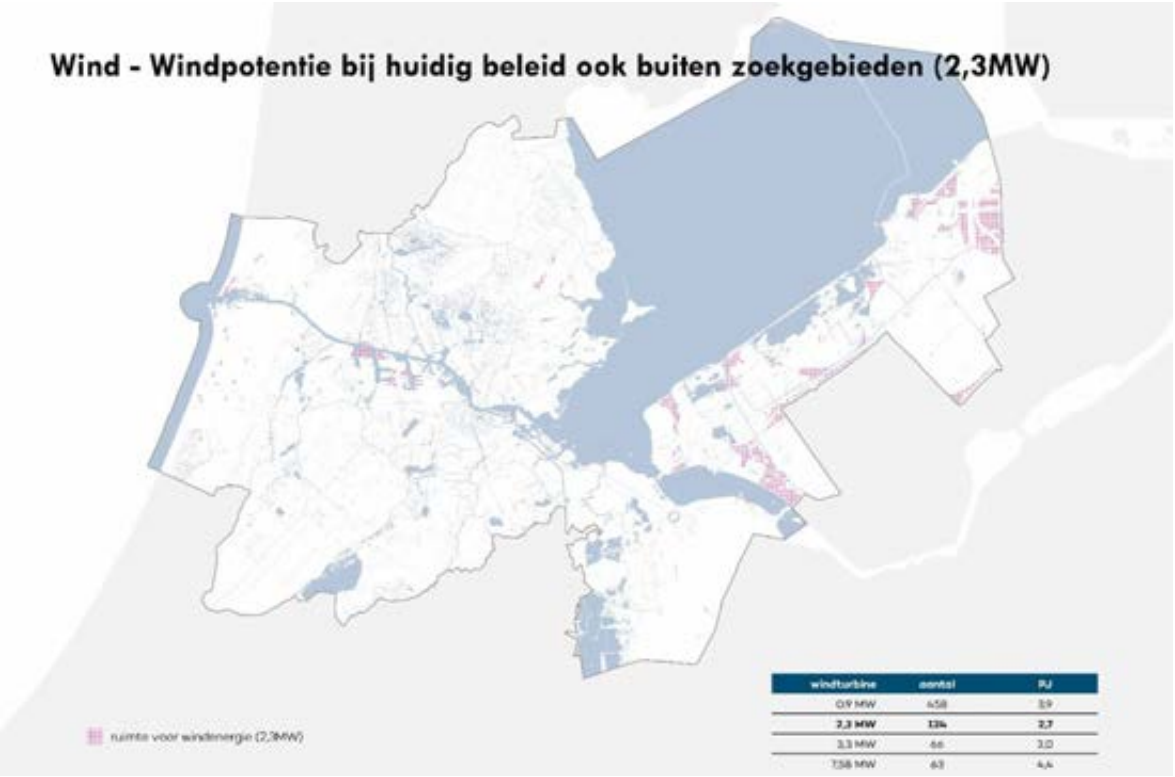
1.1 Windenergie

Optie 1: Business as usual: huidig beleid



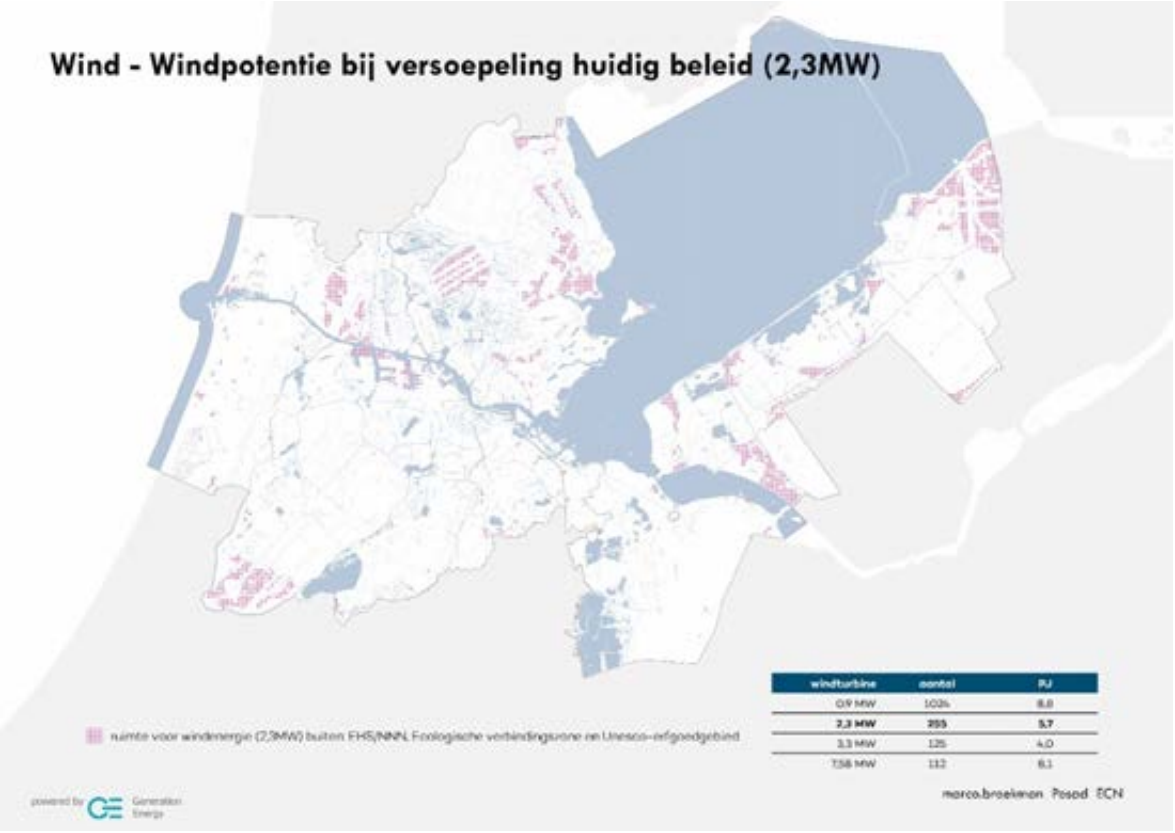
In deze optie is op basis van de huidige verordening ruimte gezocht naar plaatsing van 2,3MW turbines. Hierbij wordt verder rekening gehouden met de veiligheids- en milieueisen. Dit betekent plaatsing binnen de zoekgebieden.

Optie 2: Huidig beleid, maar ook buiten de zoekgebieden



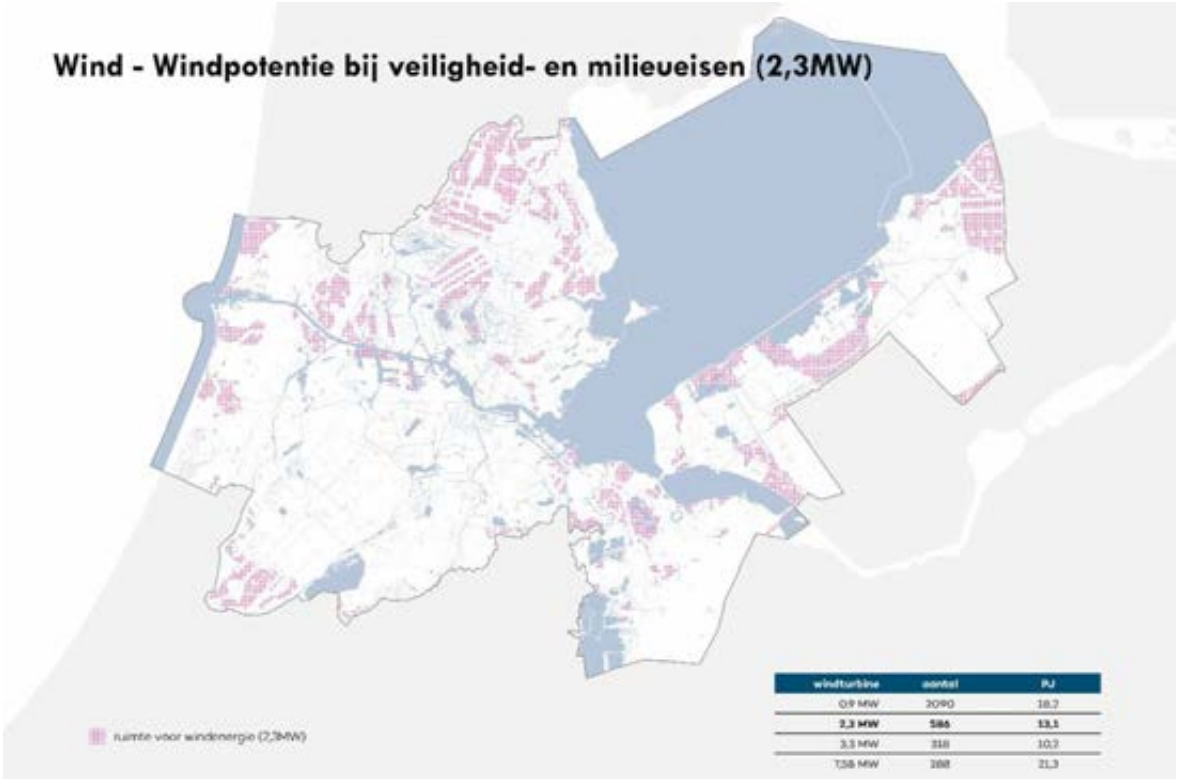
Deze optie onderzoekt maximalisatie van windenergie binnen het huidige beleid maar ook buiten de aangegeven zoekgebieden.

Optie 3: Versoepeling huidig beleid



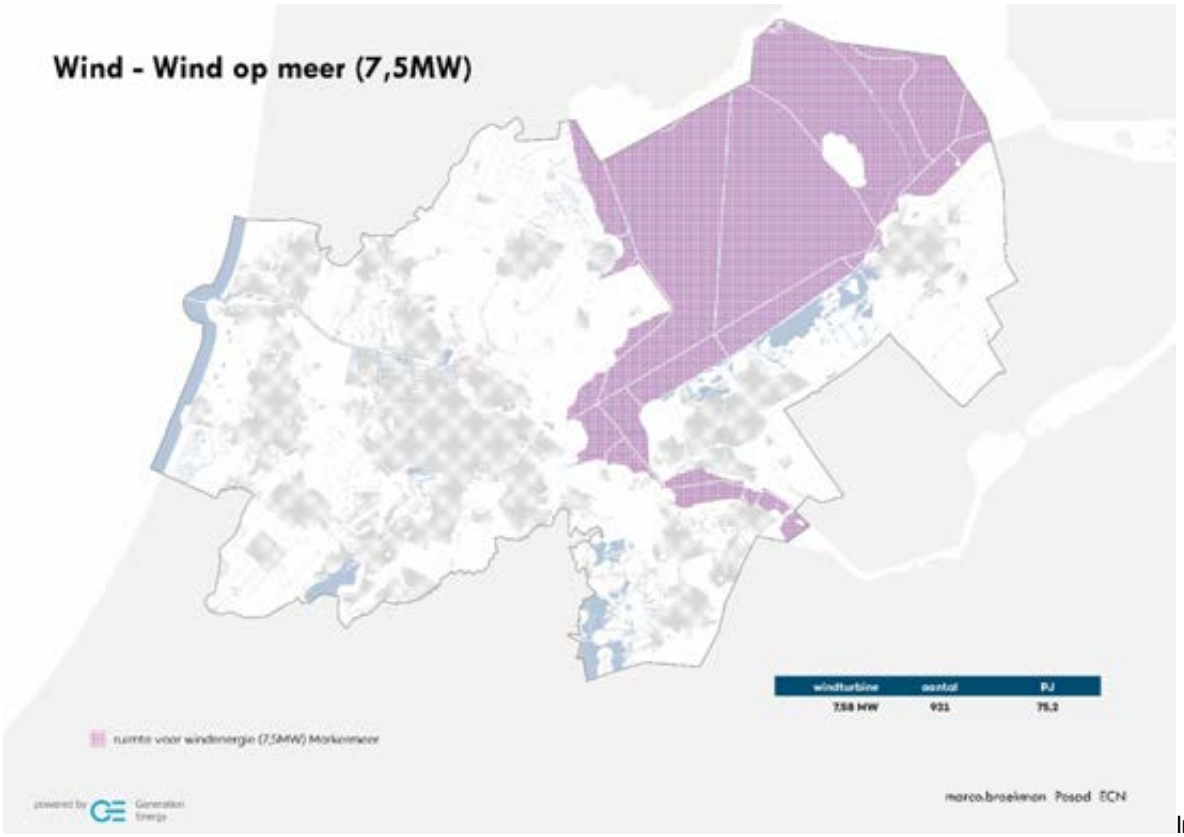
Deze optie onderzoekt maximalisatie van windenergie binnen een versoepeling van het huidige beleid.

Optie 4: Maximaal - Veiligheids- en milieueisen



Deze optie onderzoekt maximalisatie van windenergie binnen de huidige veiligheids- en milieueisen.

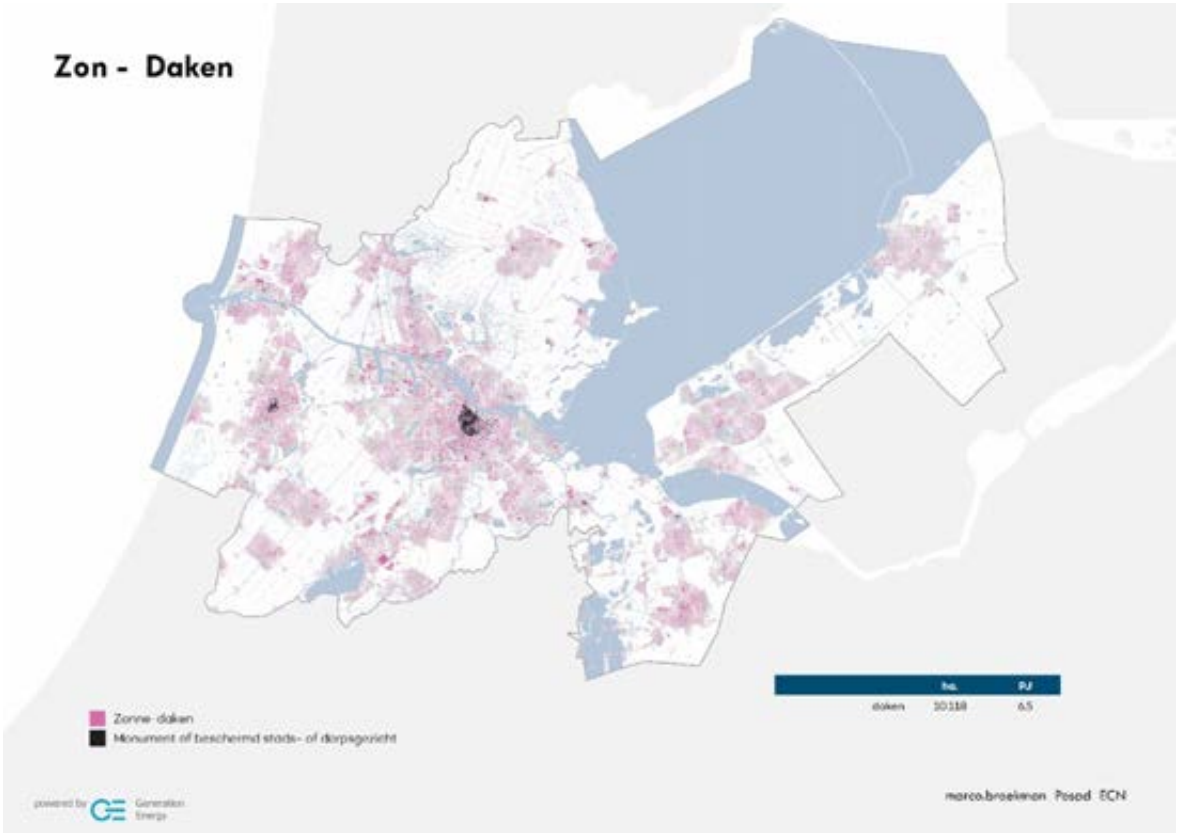
Optie 5: Maximaal – wind op meer



In deze optie is, binnen de huidige veiligheids- en milieueisen, maximaal ingezet op grootschalige inpassing van windenergie op de meren.

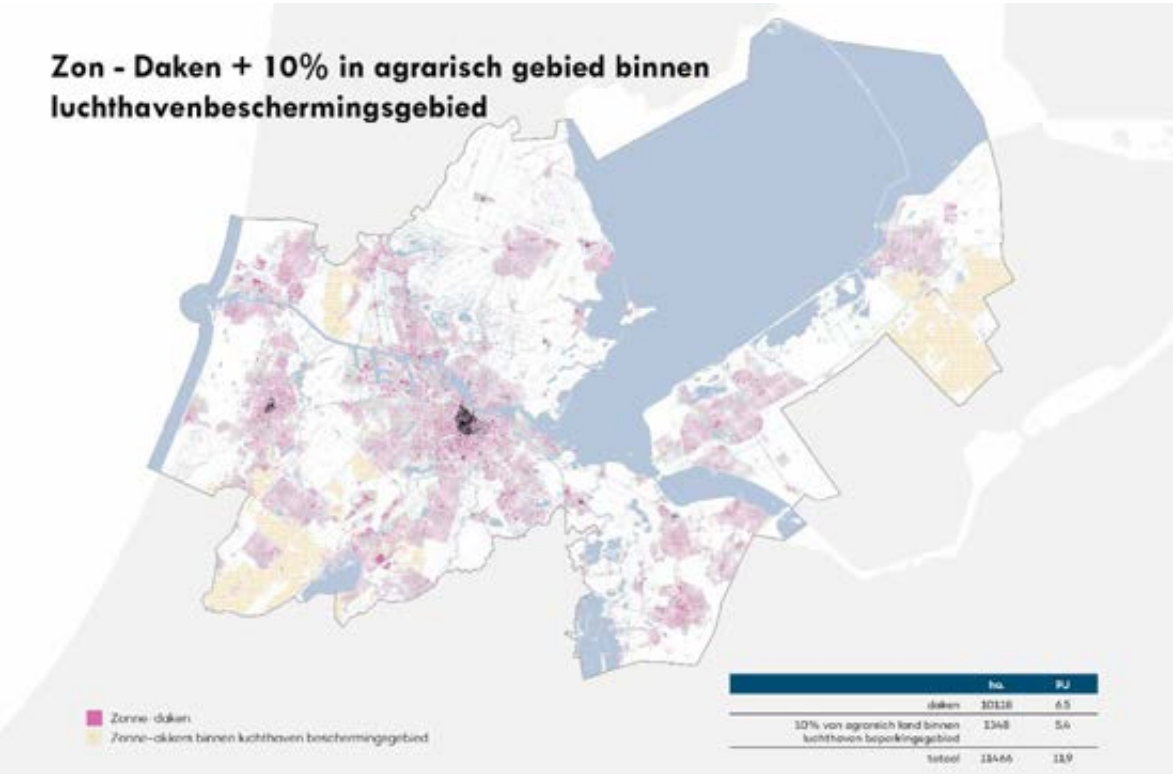
1.2 Zonne-energie

Optie 1: Business as usual: alle geschikte daken



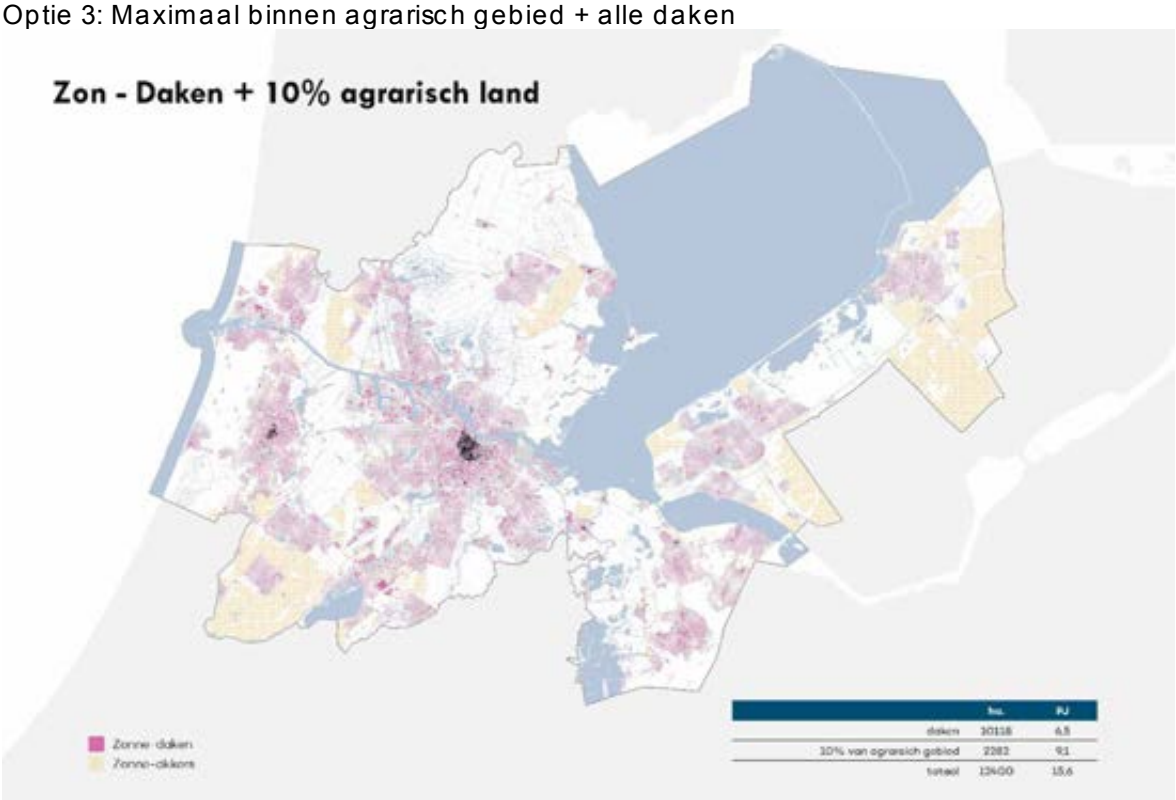
In deze optie worden alle geschikte daken in de MRA maximaal benut voor zonne-energie. Al het binnen de provincie effectief beschikbaar dakoppervlak wordt aangewend om zonne-energie op te wekken. Bij beschermde stadsgezichten en monumenten wordt een correctie doorgevoerd aangezien de potentie daar een stuk lager ligt.

Optie 2: Maximaal binnen luchthavenbeschermingsgebied + alle daken



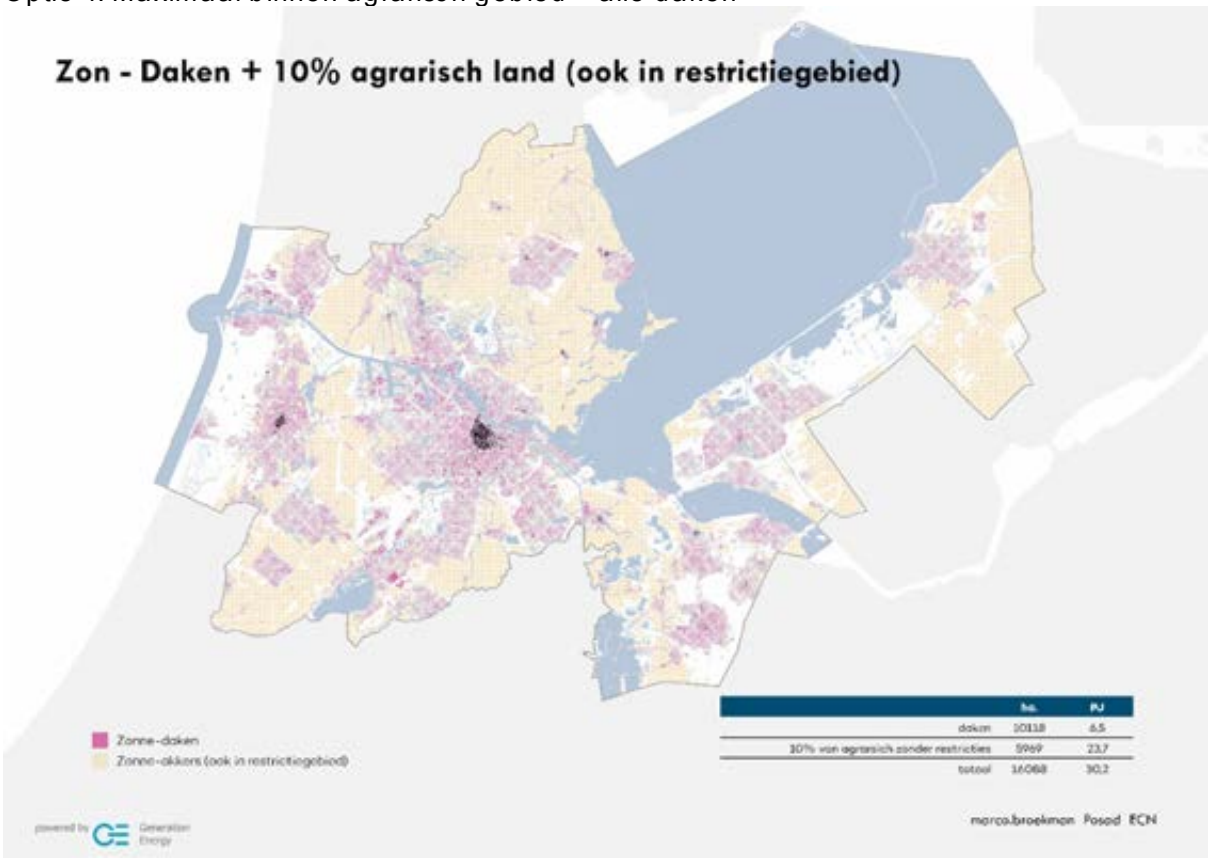
In optie 2 wordt, na alle daken te hebben benut, ook 10% van het agrarisch areaal binnen het luchthavenbeschermingsgebied ingezet met uitzondering van de restrictiegebieden.

Optie 3: Maximaal binnen agrarisch gebied + alle daken



In optie 3 wordt, na alle daken te hebben benut, ook 10% van het totale agrarisch areaal ingezet met uitzondering van de restrictiegebieden.

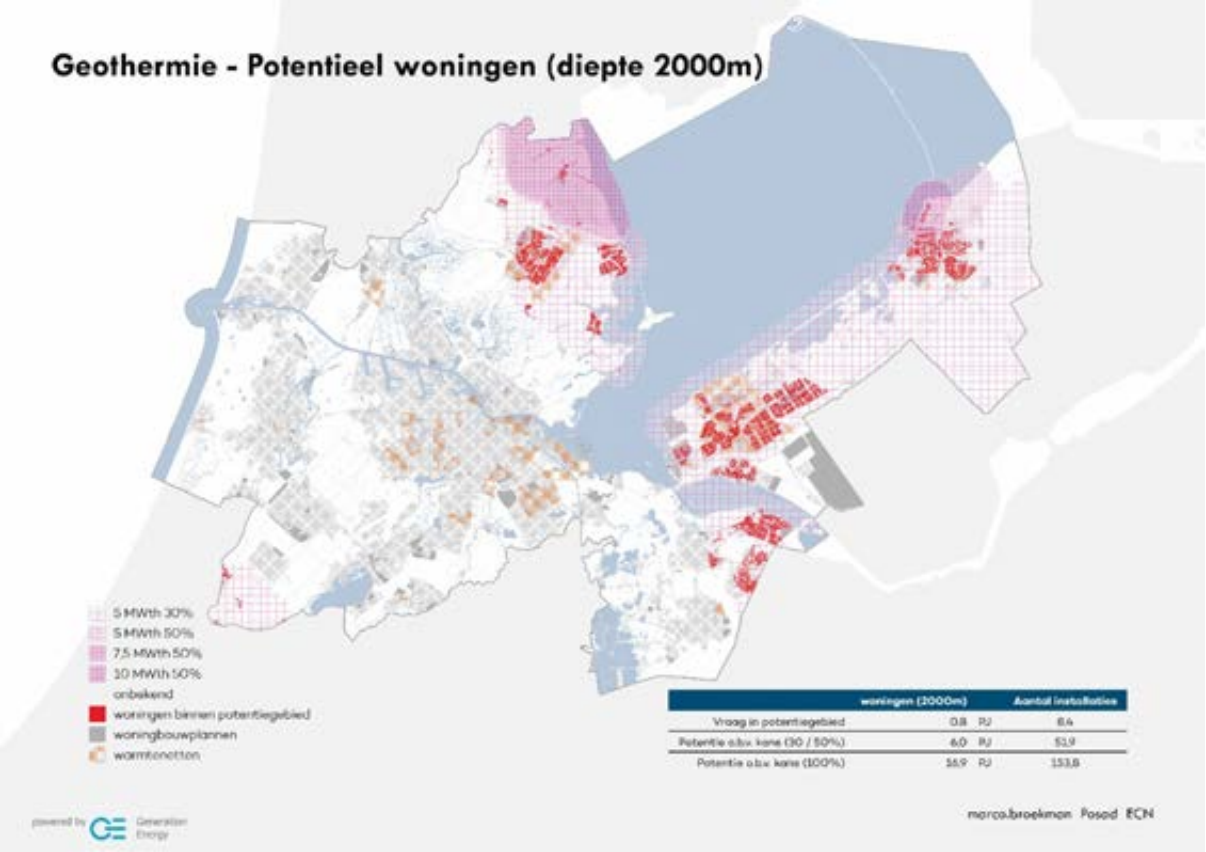
Optie 4: Maximaal binnen agrarisch gebied + alle daken



In optie 4 wordt, na alle daken te hebben benut, ook 10% van het totale agrarisch areaal ingezet, ook binnen de restrictiegebieden.

1.3 Geothermie

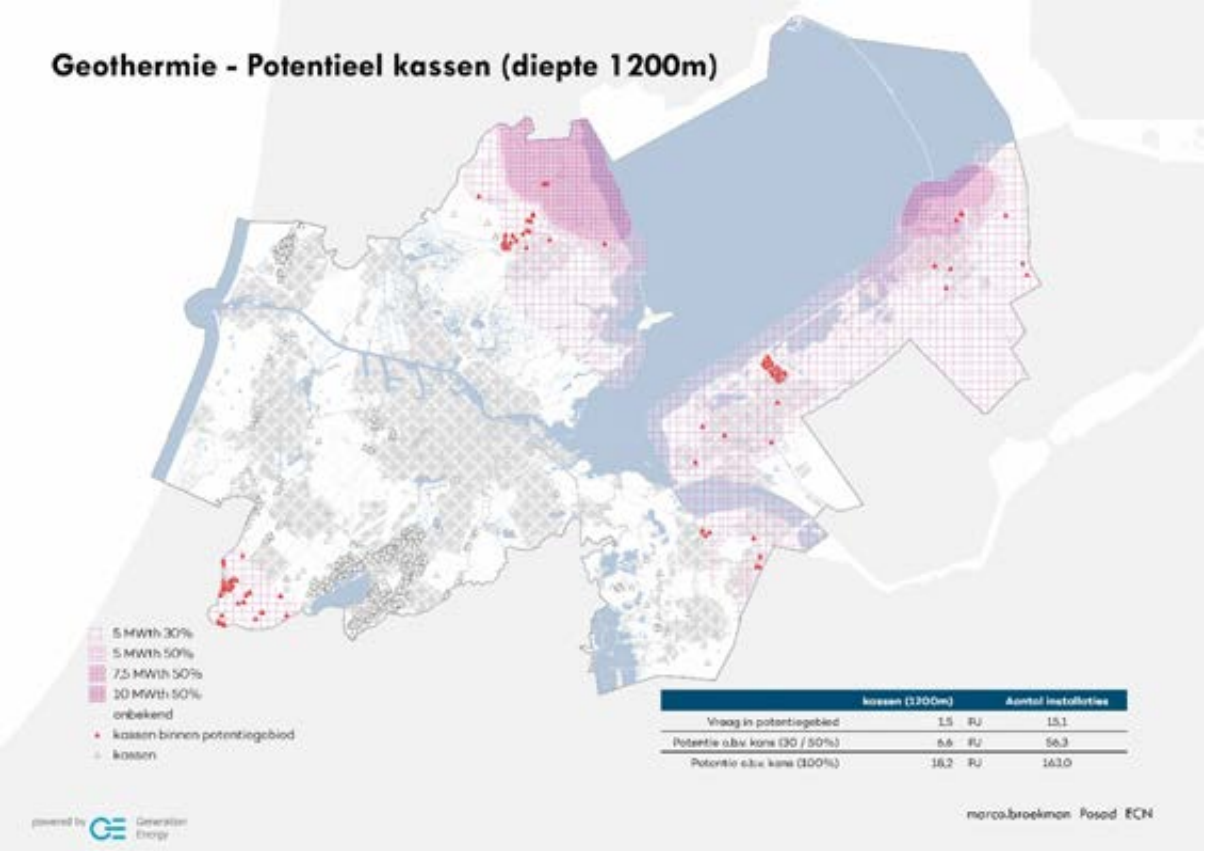
Potentieel Geothermie (woningen)



In deze optie wordt maximaal gezocht naar een combinatie van geschiktheid van de ondergrond en de bovenliggende aanwezigheid van woningbouwlocaties met een voldoende vraag naar warmte. In de figuur hierboven is de potentie inzichtelijk gemaakt op basis van de verwachte warmtevraag van woningbouwlocaties in gebieden geschikt voor geothermie. Soms lijkt de potentie in een gebied echter groter, maar kan daar op dit moment geen afnemer bij worden gevonden binnen 1.500 meter afstand.

In de eerste rij van de tabel is het aantal potentiele installaties weergegeven op basis van de energievraag uit de omgeving (binnen het potentiegebied voor geothermie). In de tweede rij is aangegeven hoeveel installaties op basis van de ondergrondse potentie kunnen worden geplaatst. In de laatste rij is de potentie en het aantal installaties aangegeven wanneer de potentie van de ondergrond als 100% wordt aangeduid in plaats van 30% of 50% zoals in de tweede rij.

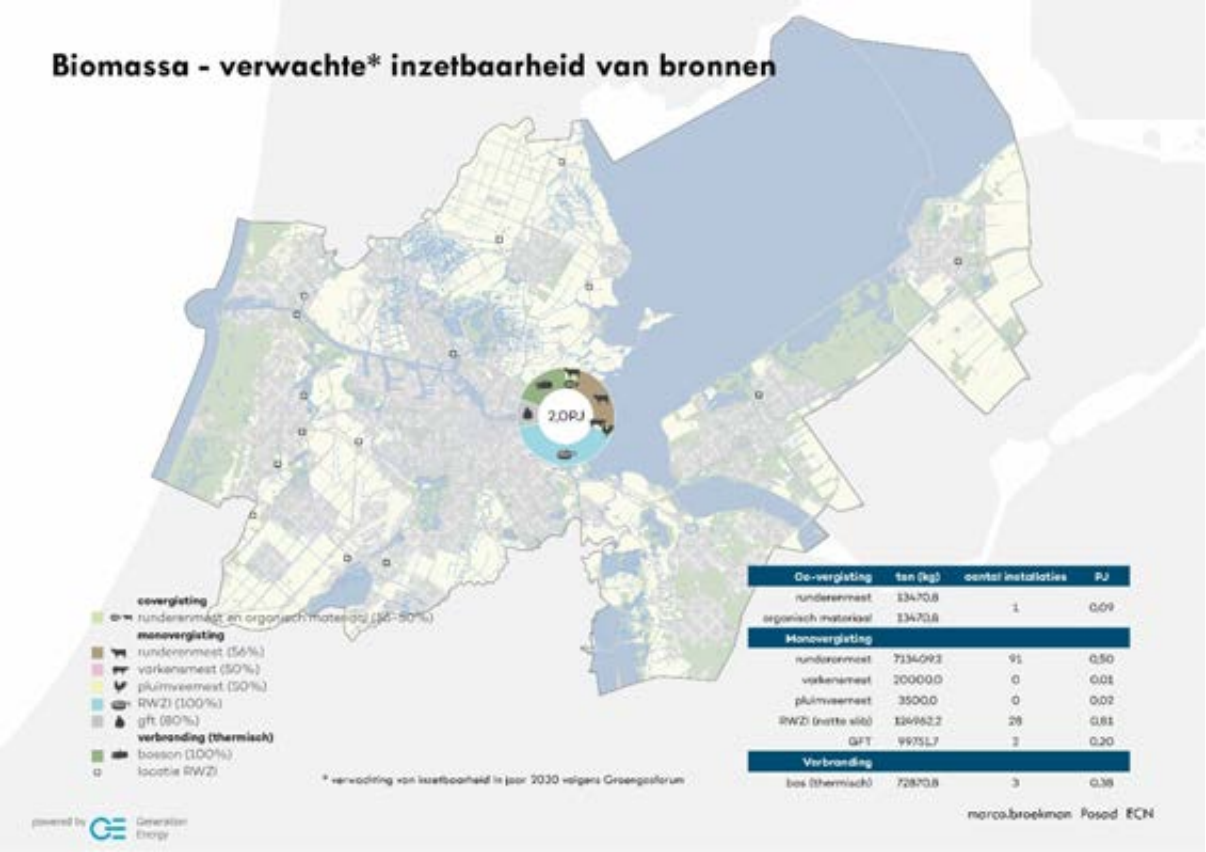
Potentieel Geothermie (kassen)



In dit scenario wordt maximaal gezocht naar een combinatie van geschiktheid van de ondergrond en de bovenliggende kassencomplexen. In de figuur hierboven is de potentie inzichtelijk gemaakt op basis van de verwachte warmtevraag van kassen in gebieden geschikt voor geothermie. Soms lijkt de potentie in een gebied echter groter, maar kan daar op dit moment geen afnemer bij worden gevonden binnen 1.500 meter afstand.

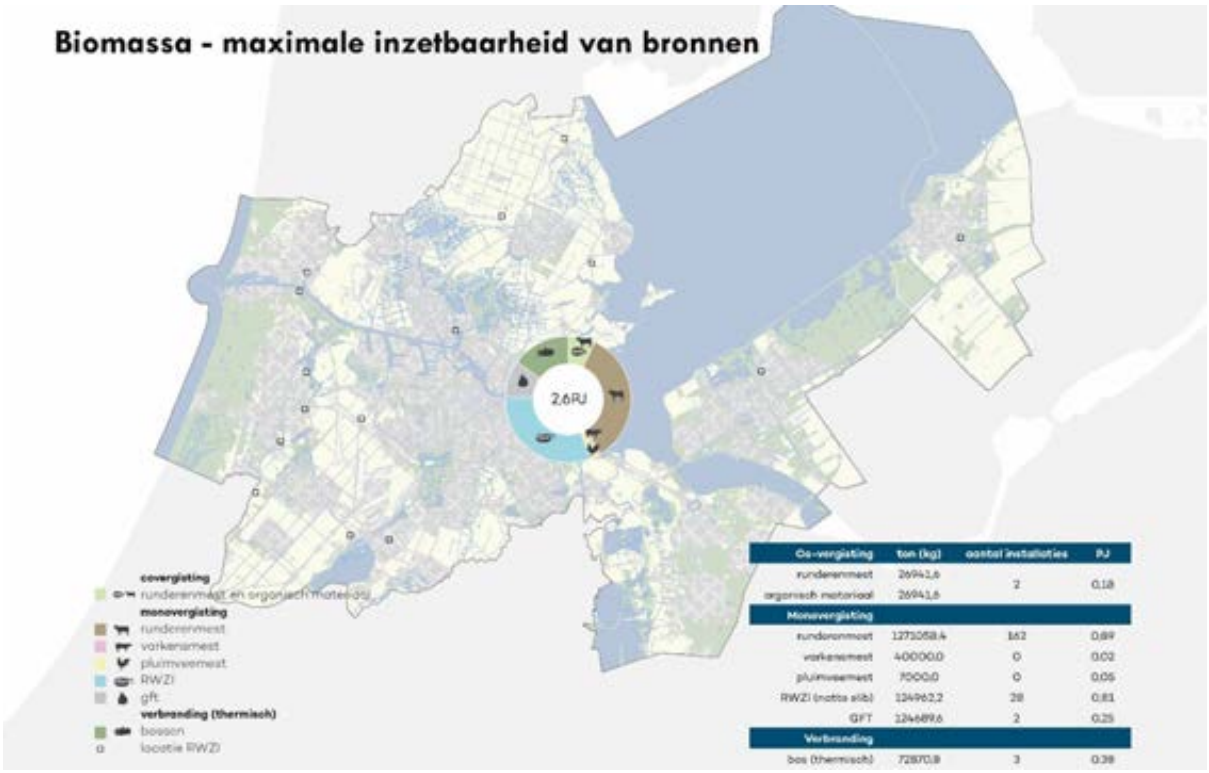
4.4 Biomassa

Minimaal potentieel Biomassa



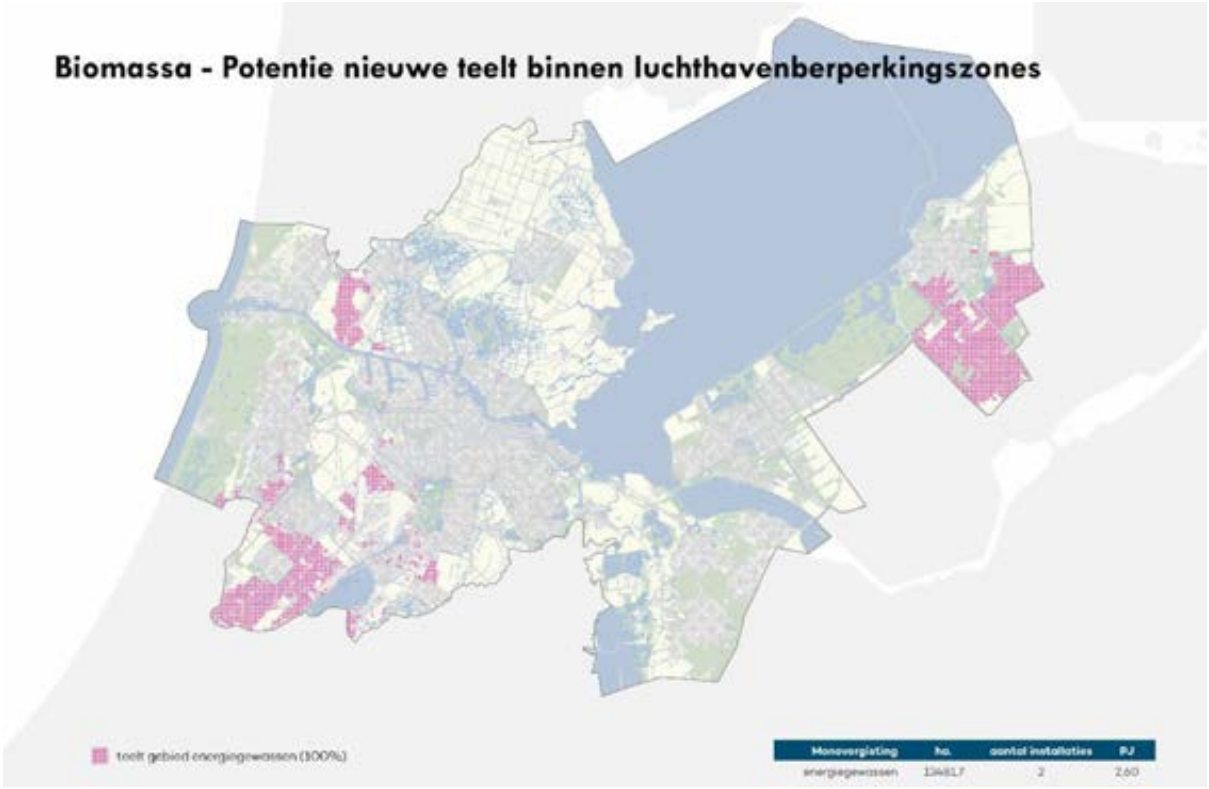
De eerste optie voor biomassa gaat ervan uit dat niet alle biomassa stromen daadwerkelijk gewonnen kunnen worden. Dit omdat enkele van deze stromen al voor andere doeleinden benut worden of in de praktijk lastig te winnen zijn. Dit levert zodoende een lager potentieel op dan de maximale optie voor biomassa.

Maximaal potentieel Biomassa



De tweede optie voor biomassa gaat er wel van uit dat alle biomassa stromen daadwerkelijk gewonnen kunnen worden. Hiermee wordt logischerwijs een hoger potentieel bereikt.

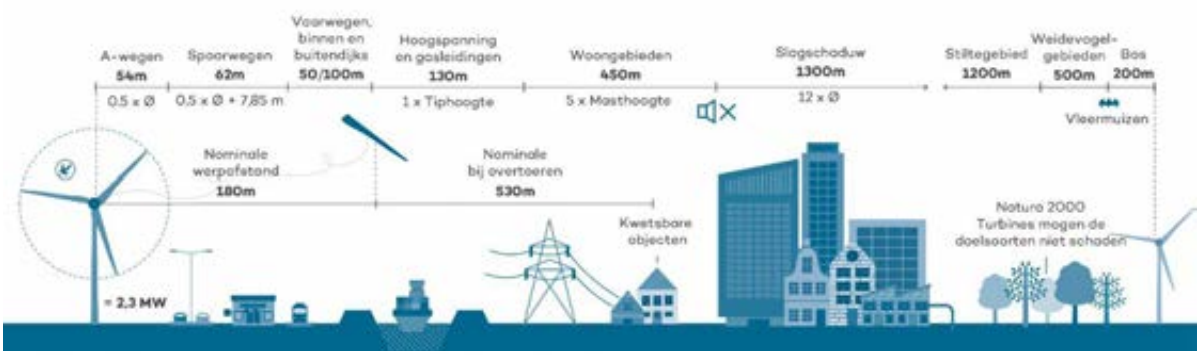
Maximaal potentieel Biomassa

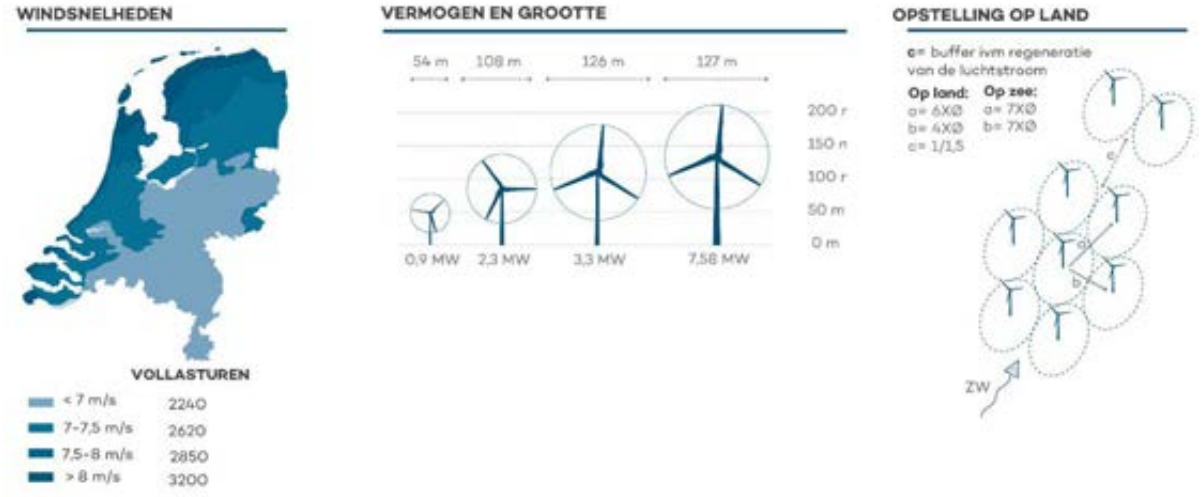


De derde optie voor biomassa bekijkt de potentie wanneer binnen de luchthavenbeperkingszones maximaal wordt ingezet op teelt van biomassa.

2 ONDERBBOUWING POTENTIE HERNIEUWBARE ENERGIE

2.1 Wind





Techniek en plaatsing

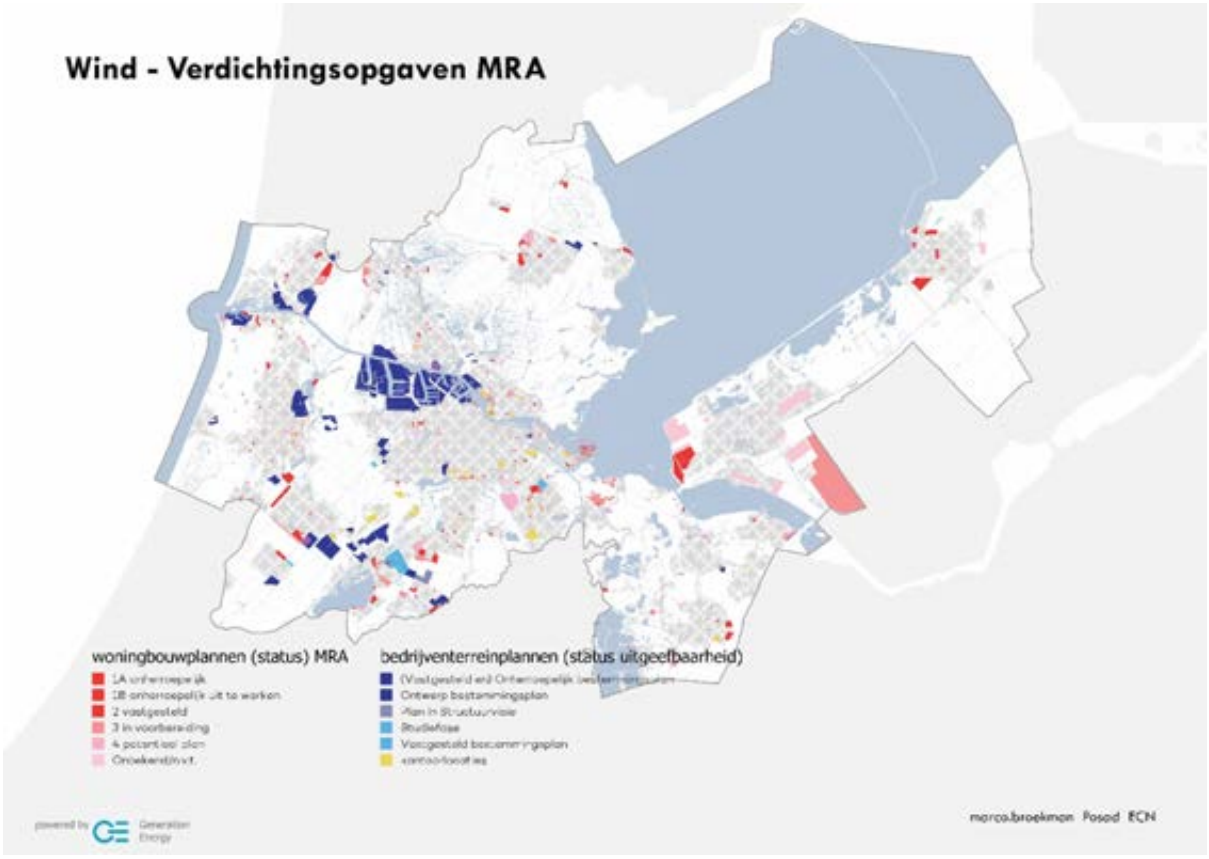
Windenergie is de energie die besloten ligt in een bewegende luchtstroom. Hoe sneller de lucht stroomt, hoe meer energie deze bevat. Waar vroeger de beweging van molenwieken direct omgezet werd in de beweging van een molensteen of waterpomp, drijven moderne molens een turbine aan die elektriciteit opwekt. Hoe hoger de windkracht, hoe groter de capaciteit van een turbine moet zijn om de beschikbare windsnelheid zo goed mogelijk te benutten. De hoeveelheid opgewekte windenergie is afhankelijk van het weer en kent dus pieken en dalen, wat gevolgen heeft voor de opslag en transport van energie.

De gebruikte turbines in deze studie zijn, inclusief de rotorbladen, tussen de 100 en 200 meter hoog. Windturbines halen energie uit de luchtstroom, zijn daarmee van invloed op de kracht van de doorstromende lucht. Dit betekent dat bij achter elkaar geplaatste turbines, de opbrengst afneemt. Voor een maximale opbrengst moeten daarom de volgende regels in acht worden genomen.

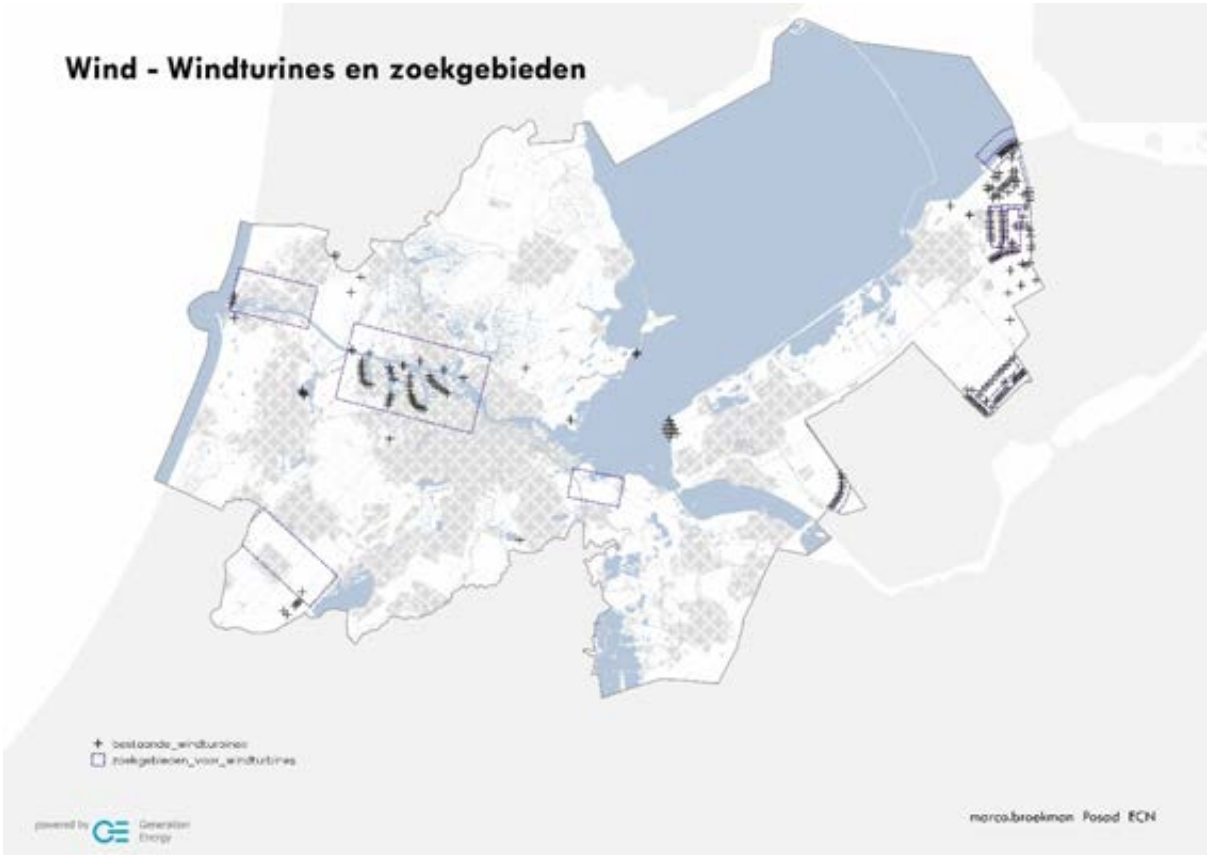
Afstand tot andere windturbines:

- 4 keer de rotordiameter haaks op de overheersende windrichting en 6 keer de rotordiameter in de overheersende windrichting
- Turbines worden in lijnopstellingen geplaatst.
- Maximaal 3 lijnen achter elkaar, daarna minimaal 1,5 km buffer i.v.m. regeneratie van de luchtstroom.

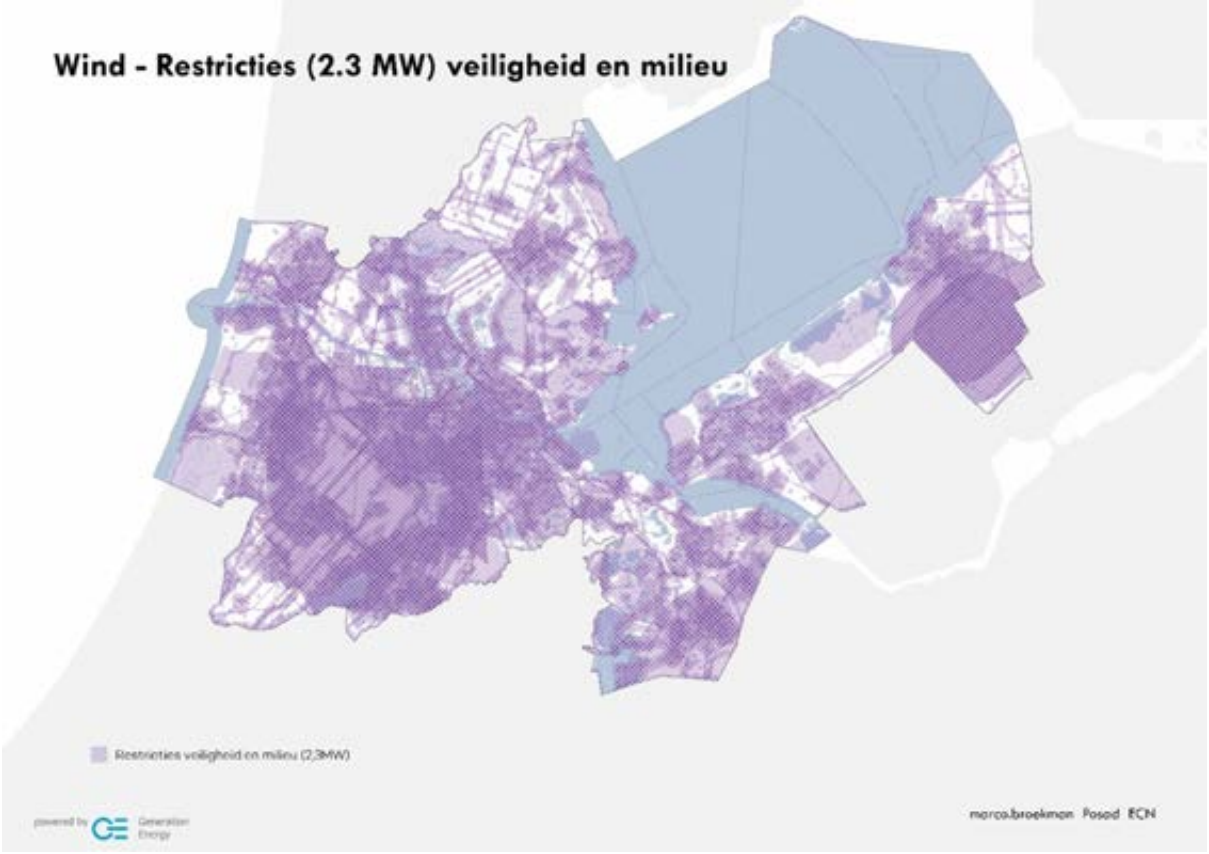
Verdichtingsopgaven MRA



Huidige locaties windenergie en aangewezen zoekgebieden voor windenergie



Harde restricties – veiligheid en milieu



De mogelijkheden voor het plaatsen van windturbines is onderhevig aan wet- en regelgeving die betrekking heeft op de bescherming van milieu of personen. Rondom bebouwing en infrastructuur zijn veiligheidsbuffers vastgesteld en vanuit de milieu- en natuurregelgeving worden beperkingen opgelegd. Deze restricties gelden in dit onderzoek als 'harde' randvoorwaarden. Deze buffers worden vastgesteld aan de hand van de afmetingen van de turbine. Een kleinere turbine heeft meer plaatsingsmogelijkheden dan een grote turbine, maar kan echter weer minder energie produceren.

In deze verkenning zijn de volgende restricties als harde restrictie meegenomen:

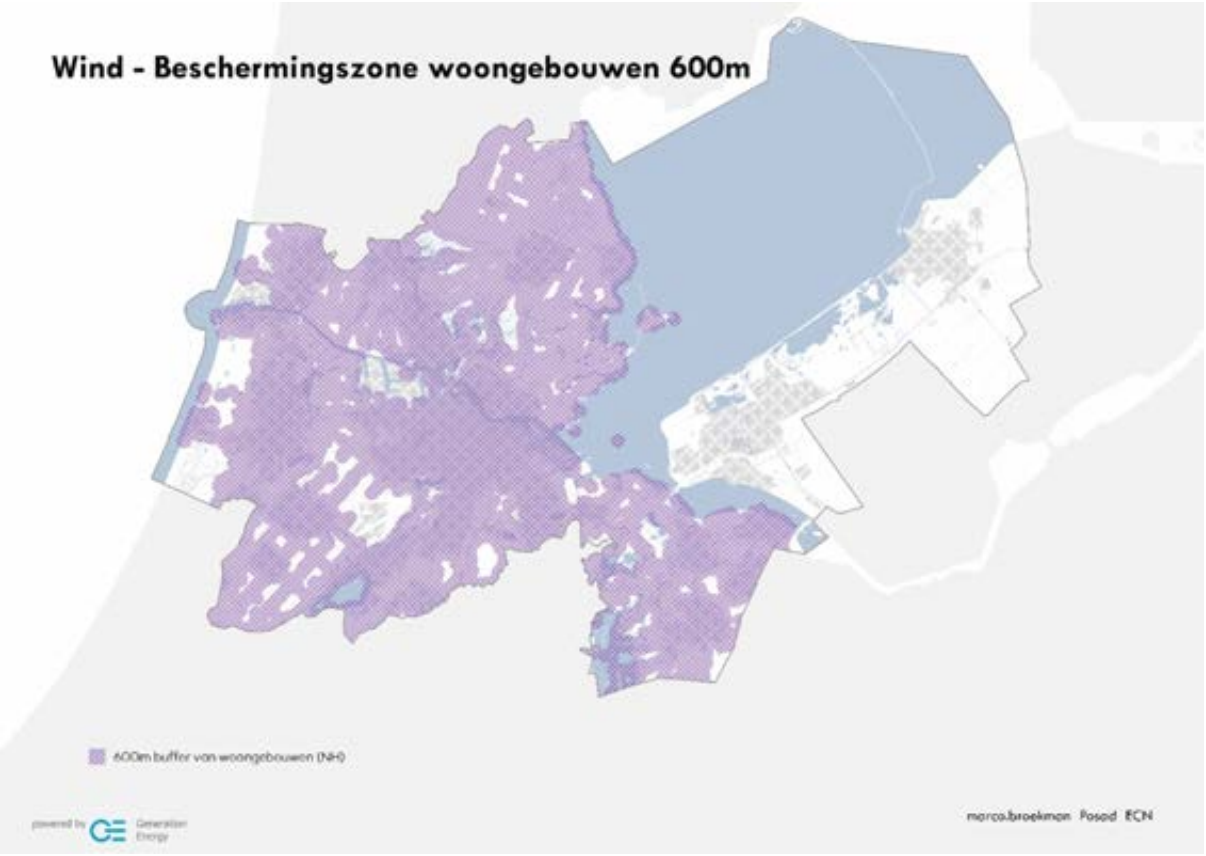
- geluidszones rondom woonkernen
- veiligheidszones rondom kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten
- veiligheidszones rondom A-, N- en S-wegen
- veiligheidszones rondom spoorwegen
- veiligheidszones rondom hoogspannings-, gas- en buisleidingen
- invloedzones rondom vaarroutes
- veiligheidszones of hoogtebeperking rondom luchthavens en laagvlieggebieden
- beschermingszones rondom waterkering
- veiligheidscontour rondom categoriale industrie
- uitsluiting van stiltegebieden
- Invloedzones van bestaande windturbines

Tot slot heeft er een correctie plaatsgevonden bij de berekeningen, waarbij geen turbines kunnen worden geplaatst op bestaande bebouwing, wegen en in waterwegen.

* Slagschaduw die wordt veroorzaakt door het ronddraaien van de wieken is in deze studie niet meegenomen. Voor dit probleem bestaan technische oplossingen als het automatisch tijdelijk stopzetten van de turbine bij een bepaalde stand van de zon.

Provinciale restricties en overige condities

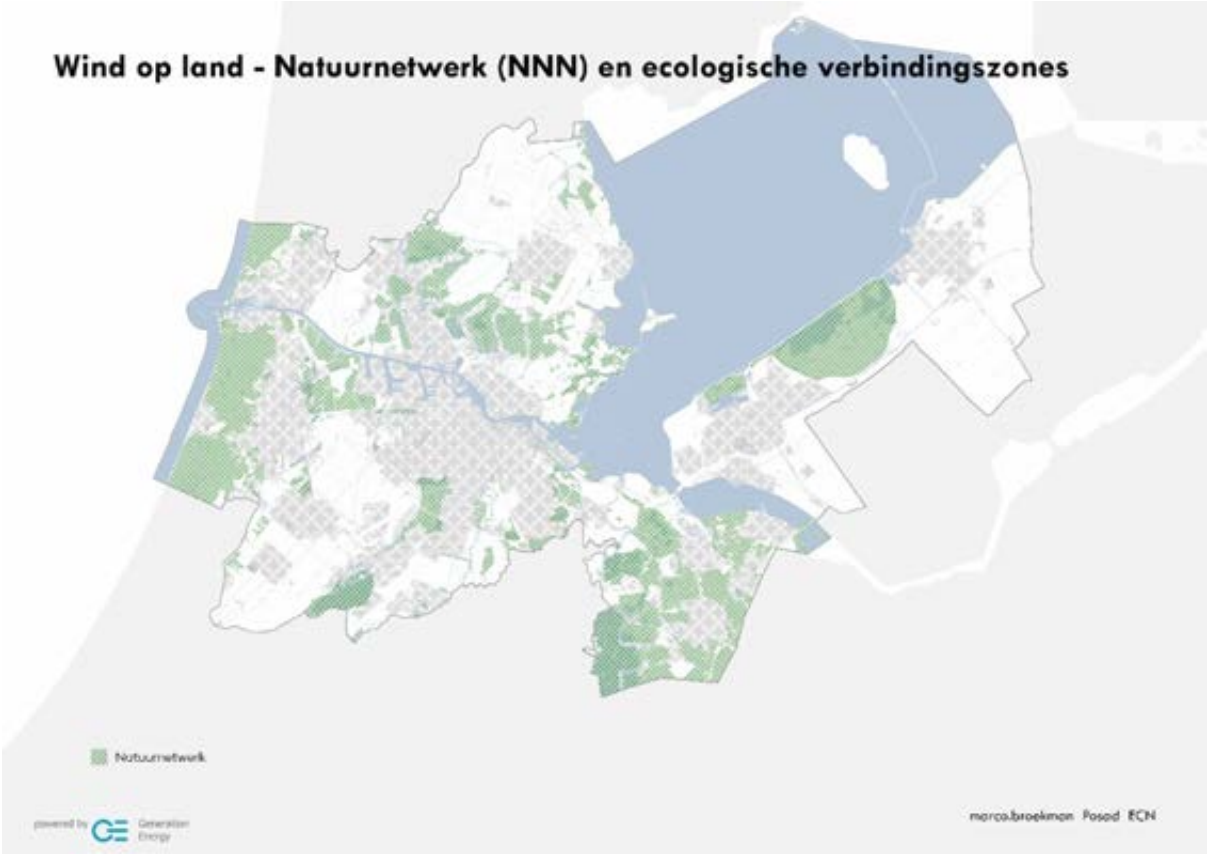
Naast de harde restricties zijn er ook restricties die vanuit de provincie zijn opgelegd, zoals een specifiek aangegeven afstand van een windturbine tot woongebouwen in de provincie Noord-Holland.



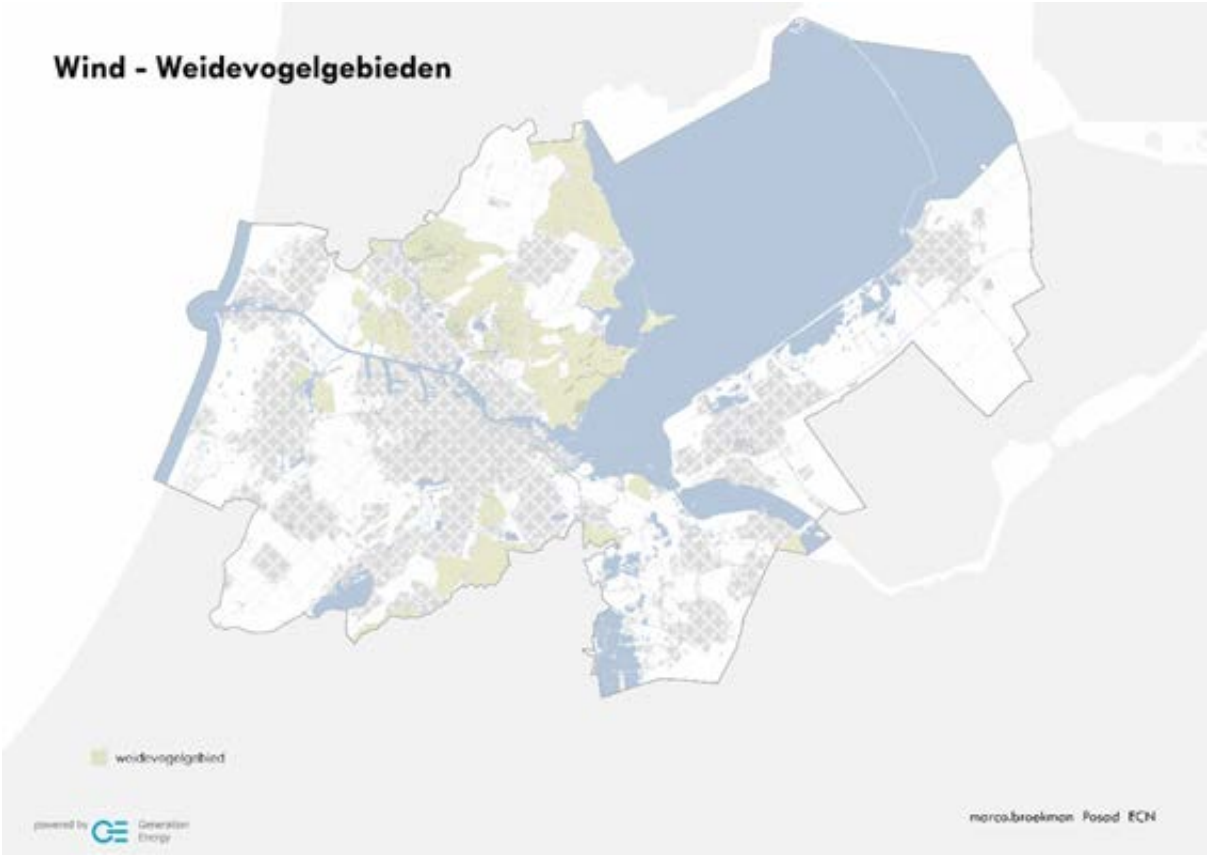
Veelal is er wel een mogelijkheid voor windenergie, mits deze geen schade aanricht aan doelsoorten of condities. In de verschillende opties voor wind is hier rekening mee gehouden.

In de hiernavolgende pagina's een overzicht van de overige restricties.

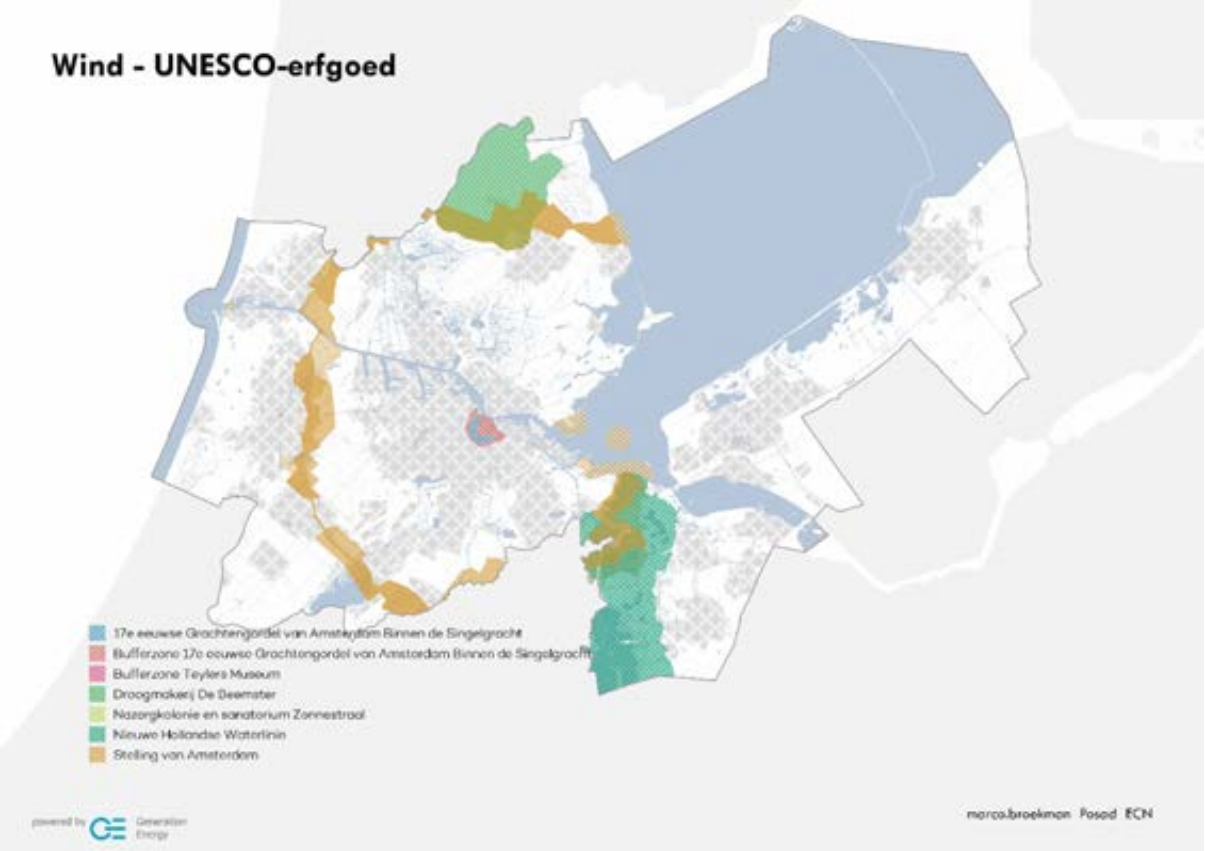
EHS/NNN en ecologische verbindingszones



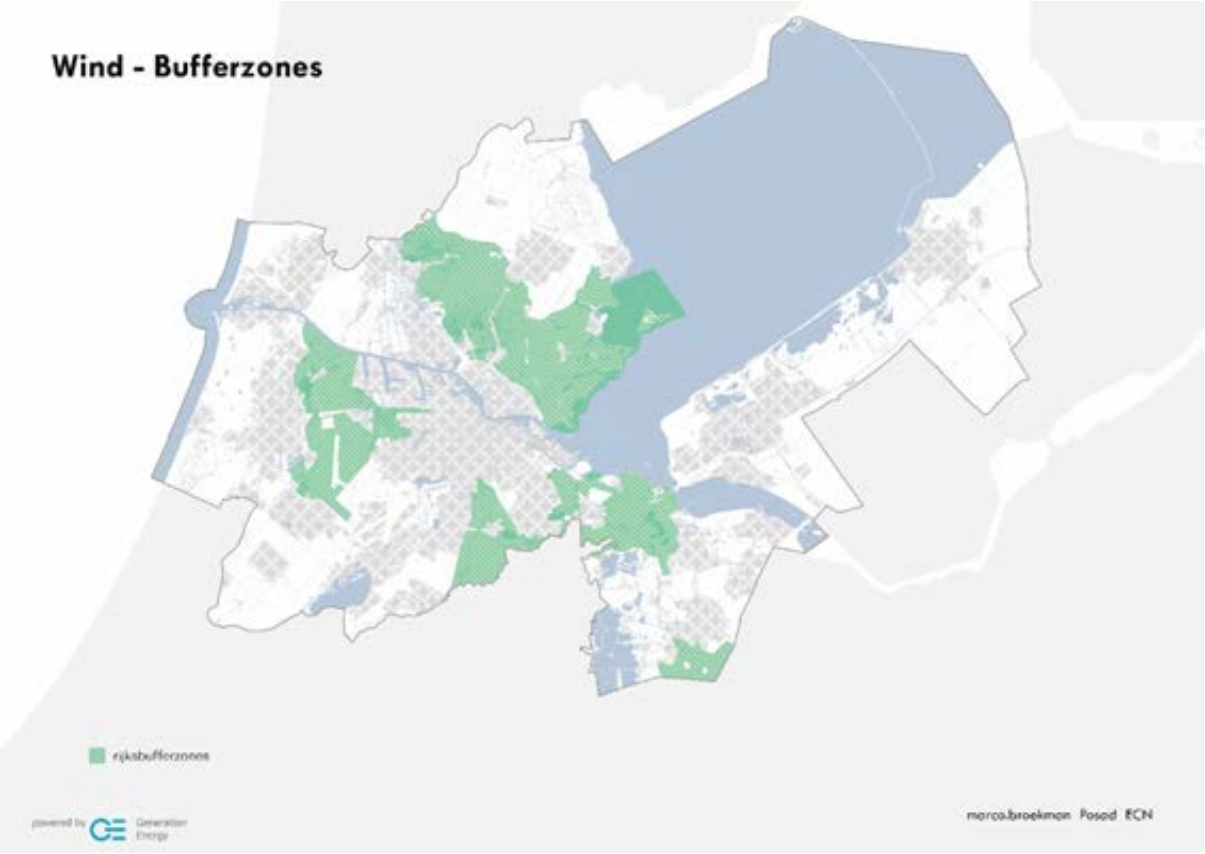
Weidevogelgebieden



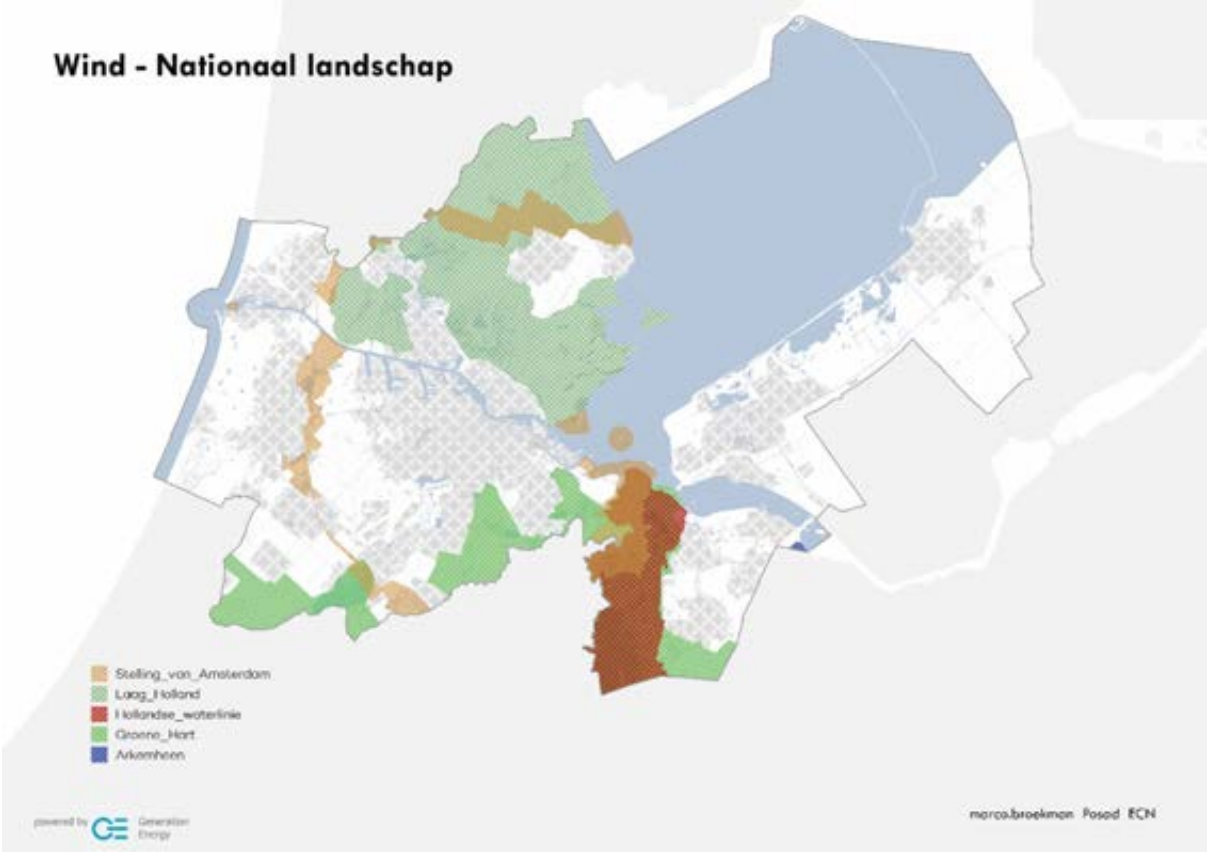
UNESCO



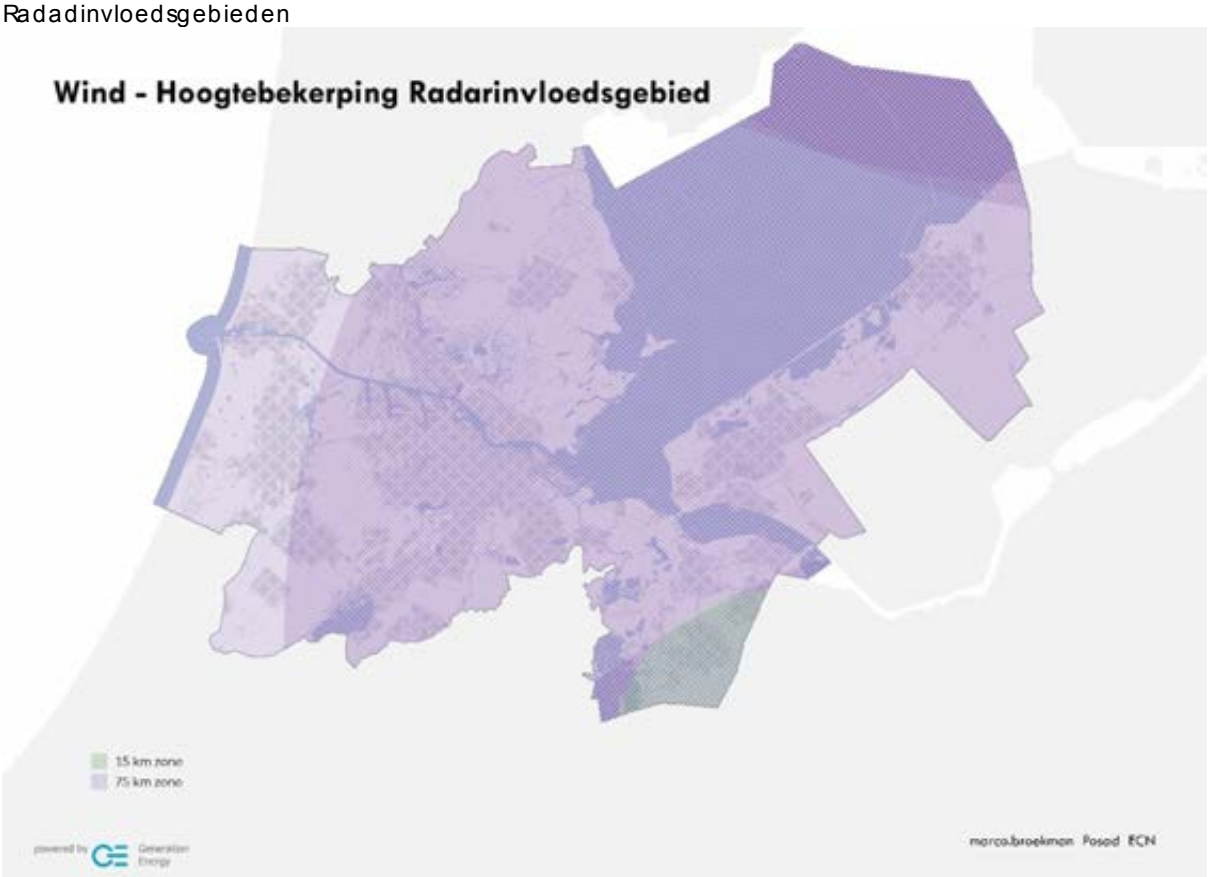
Bufferzones om de stad



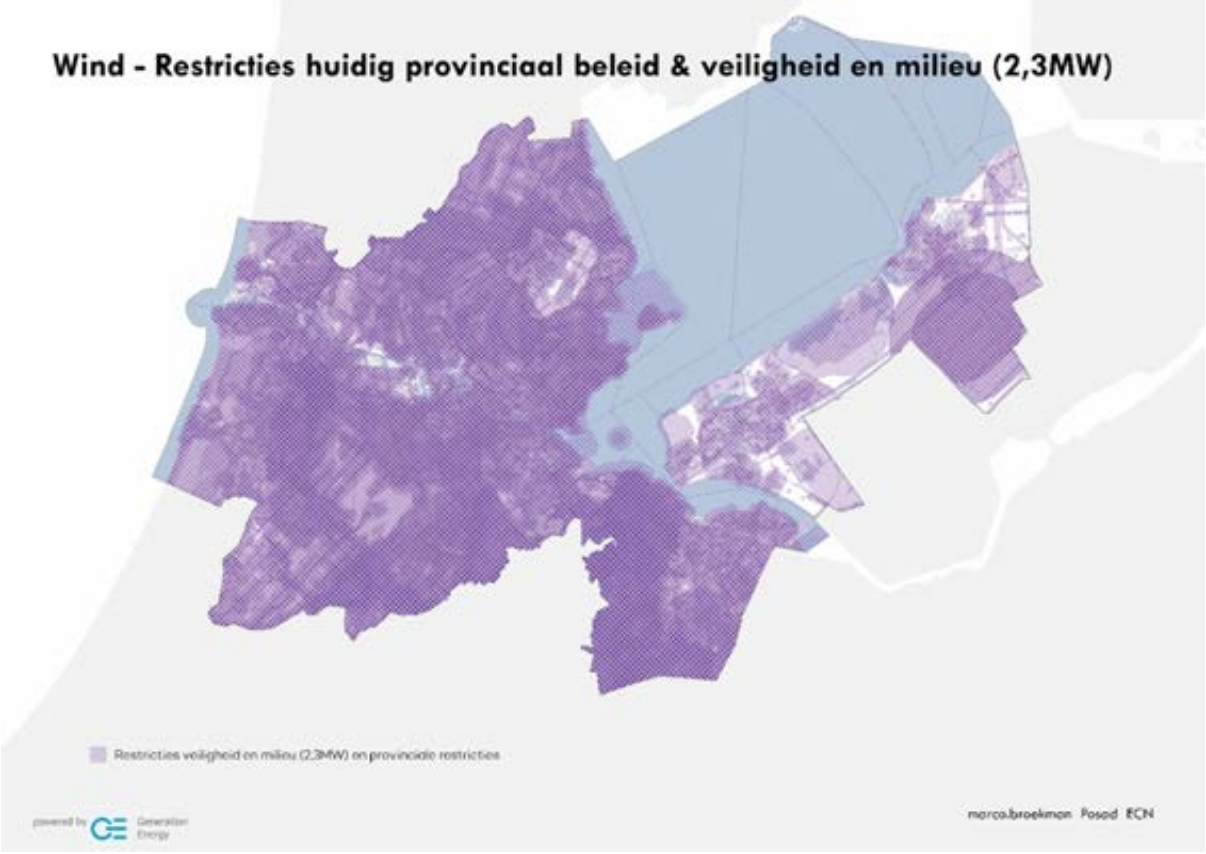
Voormalig nationale landschappen

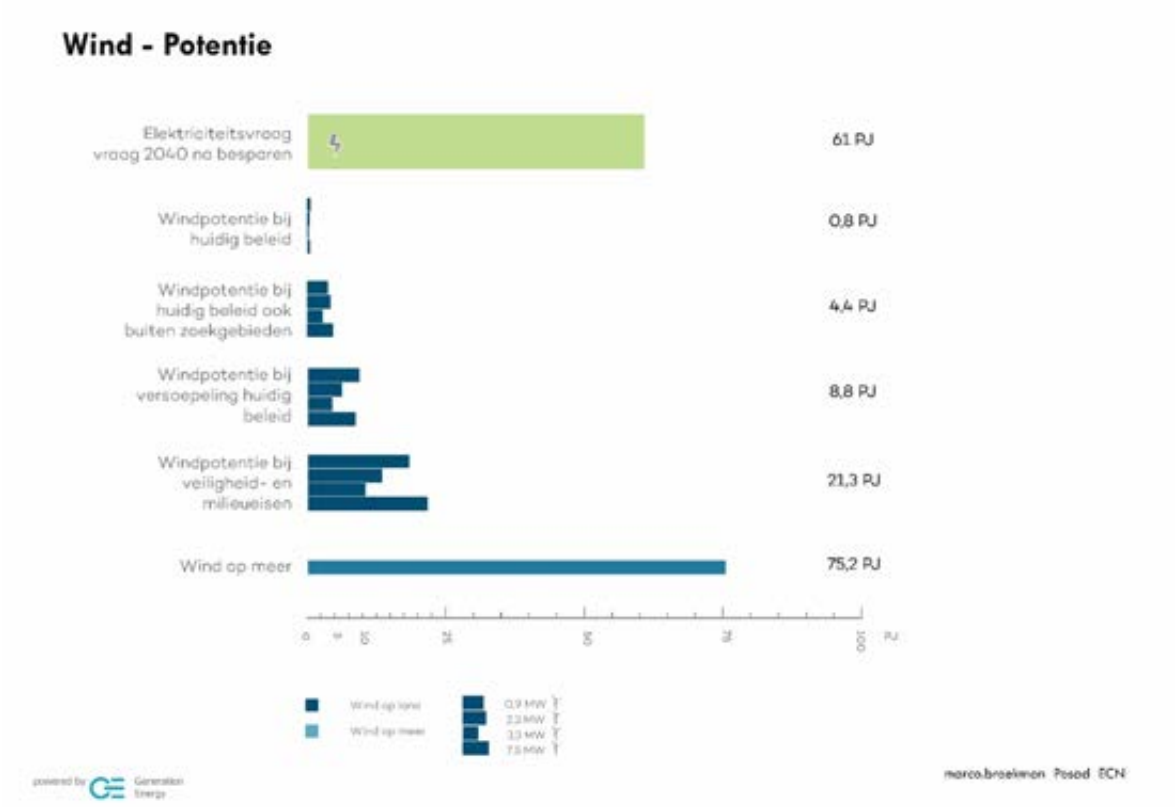


Radadinvloedsgebieden



Alle restricties over elkaar gelegd (voor een 2,3 MW turbine)





Opbrengst

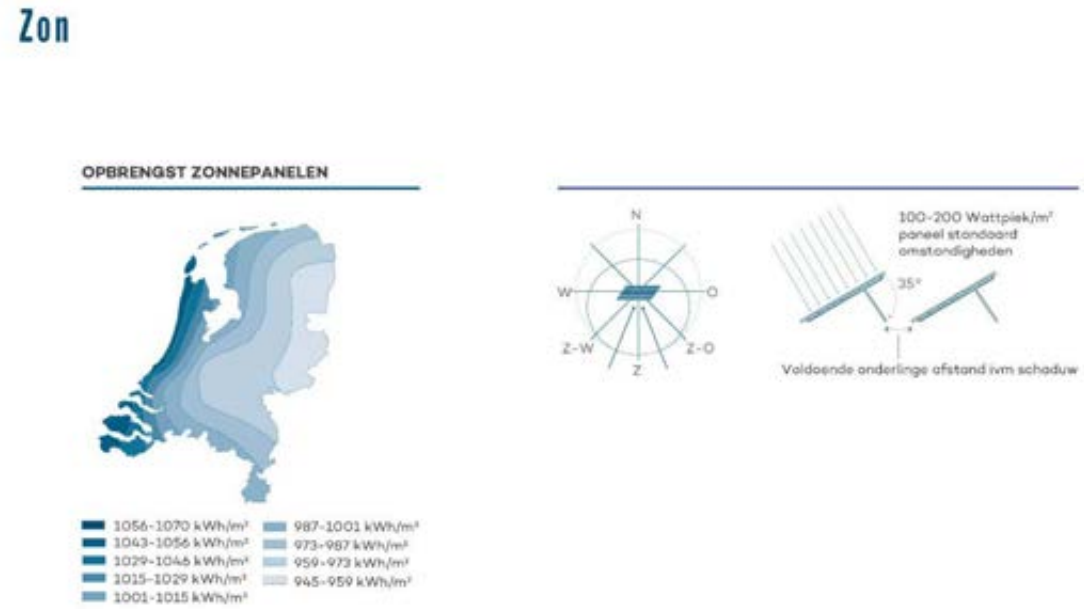
De potentiele opbrengst van een windturbine is afhankelijk van de gemiddelde windsnelheid die geldt op de plek waar de turbine staat. Bij een hogere windsnelheid is het aantal vollasturen[1] hoger, wat inhoud dat de potentiële opwekking van energie hoger is.

De ruimte die overblijft na het aftrekken van alle restricties en condities, is beschikbaar voor windenergie. Een 'theoretisch maximum' kan worden bepaald door deze ruimte volledig te gebruiken voor windturbines, rekening houdend met de ruimtelijke restricties en condities.

	Aantal turbines	Opwekking PJ
1. Huidig beleid	97 (0,9MW)	0,8
2. Huidig beleid + buiten zoekgebieden	63 (7,5MW)	4,4
3. Versoepeling huidig beleid	1024 (0,9MW)	8,8
4. Maximaal (land) - alleen veiligheid en milieu	288 (7,5MW)	21,3
5. Maximaal - Wind op meer	931 (7,5MW)	75,2

[1] Een vollastuur is de hoeveelheid tijd per jaar dat een windturbine draait op vol vermogen

2.2 Zon



In deze verkenning is de potentie van zonne-energie berekend voor de opwekking van elektriciteit. Zonne-energie kan worden opgewekt door zonlicht om te zetten in elektriciteit door middel van fotovoltaïsche cellen (PV-cellen).

Het percentage van de invallende zon die PV-cellen kunnen omzetten naar elektriciteit is nog laag. Er is dan ook een groot oppervlak aan panelen nodig om elektriciteit op te wekken. Voor één huishouden is dat ongeveer 40m². De elektriciteit uit PV-cellen kan lokaal gebruikt worden of teruggeleverd worden aan het stroomnet.

Het vermogen van een PV-paneel wordt aangeduid in Wattpiek (Wp) onder standaardomstandigheden. Hierbij is de sterkte van de invallende zonnestralen 1000W/m² loodrecht op het oppervlak en bij een temperatuur van 25 °C. Het rendement van panelen ligt tussen de 10 en 20%, dus theoretisch heeft een paneel van 1m² een vermogen van 100 tot 200 Wp. Omdat de plaatsings- en weersomstandigheden niet altijd ideaal zijn, wordt dit maximale vermogen vrijwel nooit gehaald. In deze studie is gerekend met het gewogen gemiddelde van de opbrengst van PV-systemen in Nederland in 2011.

Zon op daken

Techniek en plaatsing

De optimale plaatsingshoek in Nederland is 35° met een oriëntatie tussen zuidoost en zuidwest. Panelen kunnen zowel op platte als op schuine daken geplaatst worden. Op basis van de hoogtes van gebouwen kan er voor de MRA een inschatting gemaakt worden welke gebouwen een schuin dak hebben en welke een plat dak. Om de ongunstige oriëntatie uit te sluiten bij schuine daken is uitgegaan van een beschikbaarheid van 50% van het oppervlak. Daarvan is verondersteld dat de helft zuidgeoriënteerd is en de andere helft oostgeoriënteerd. Daarnaast dient er rekening gehouden te worden met obstakels op de daken zelf of in de directe omgeving. Uitgangssituatie voor de berekening is uiteindelijk een effectieve benutting van 18% van het beschikbare dakoppervlak binnen de MRA.

Restricties

Voor rijksmonumenten en panden binnen een rijksbeschermd stads- of dorpsgezicht geldt dat deze te maken hebben met extra randvoorwaarden bij het plaatsen van PV-cellen. Binnen deze verkenning wordt met deze restrictie rekening gehouden door de potentiële opbrengst ten opzichte van een ‘normaal’ dak te halveren.

Opbrengst per m2 opstelling

Voor PV-panelen op woningen is de opbrengst per jaar per vierkante meter dakoppervlak 0,3276 GJ/ m² per jaar (oostgeoriënteerd) tot 0,3744 GJ/ m² per jaar (zuidgeoriënteerd) is. Voor alle schuine daken is hier aangenomen dat de helft oost- en de helft zuidgeoriënteerd is. Daarmee is de opbrengst dus gemiddeld 0.351 GJ/ m² voor schuine daken. Voor PV-panelen op platte daken is de opbrengst per jaar 0,3744 GJ/m².

Zonne-akkers

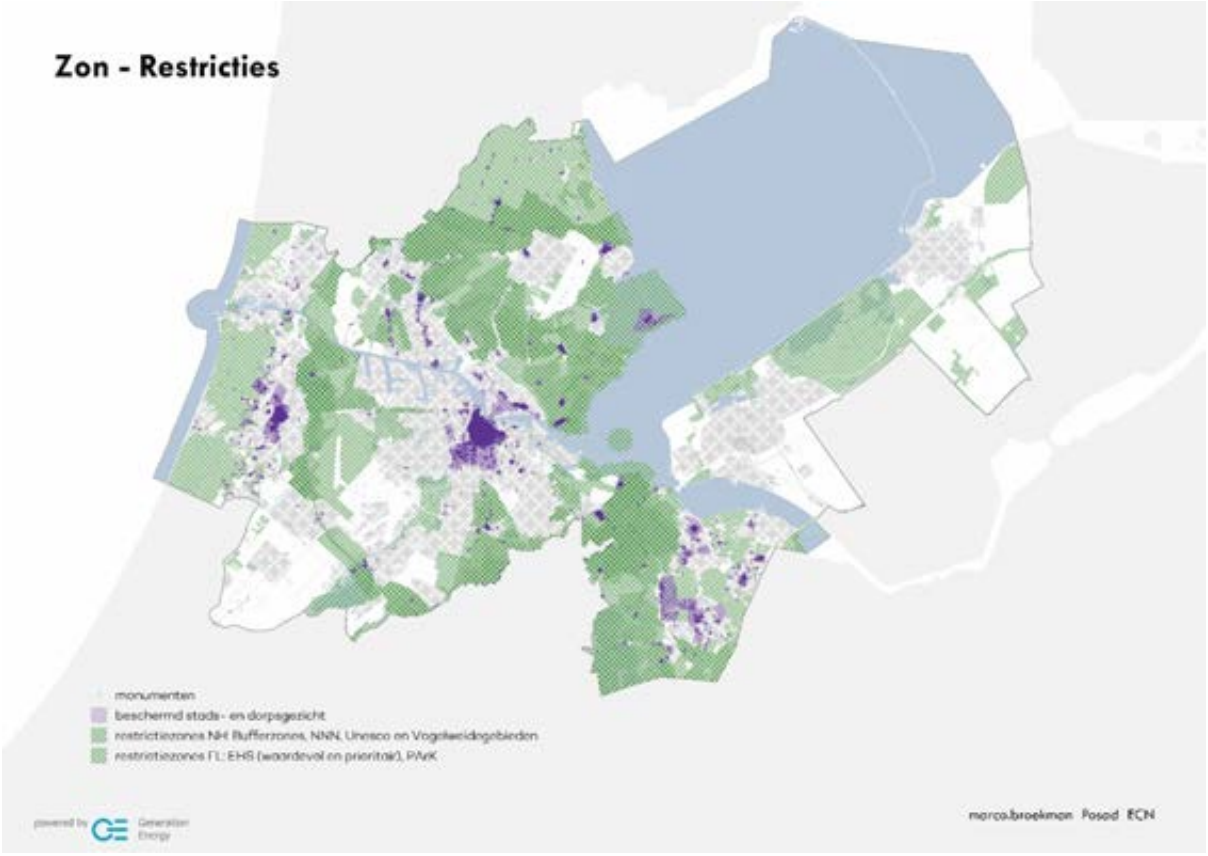
Techniek en plaatsing

De optimale plaatsingshoek in Nederland is 30-34° met een oriëntatie tussen zuidoost en zuidwest. Bij plaatsing op velden worden er vaak meerdere panelen van ca. 1,6 m² boven- en naast elkaar geplaatst op beweegbare stellages waarbij de hoogte tussen de 1,5 tot ca 1,8 m bedraagt en de stellages ver genoeg uit elkaar moeten staan zodat ze elkaar niet beschaduwen. Bij plaatsing in het open veld moet rekening gehouden worden met omringende objecten die schaduw kunnen werpen, zoals bebouwing of bomenrijen. Daarnaast dient enige afstand te bewaard te worden tot infrastructuur of activiteiten die schade kunnen opleveren.

Doordat de panelen op maaiveldniveau geplaatst worden, kunnen relatief lage objecten ze al grotendeels aan het zicht onttrekken. Hierbij kan gedacht worden aan dijkjes, bosschages die vaak langs wegen aangeplant worden, bebouwing of bestaande heggen rond de velden.

In deze verkenning is aangenomen dat zonne-akkers op het beschikbare areaal agrarisch land worden geplaatst.

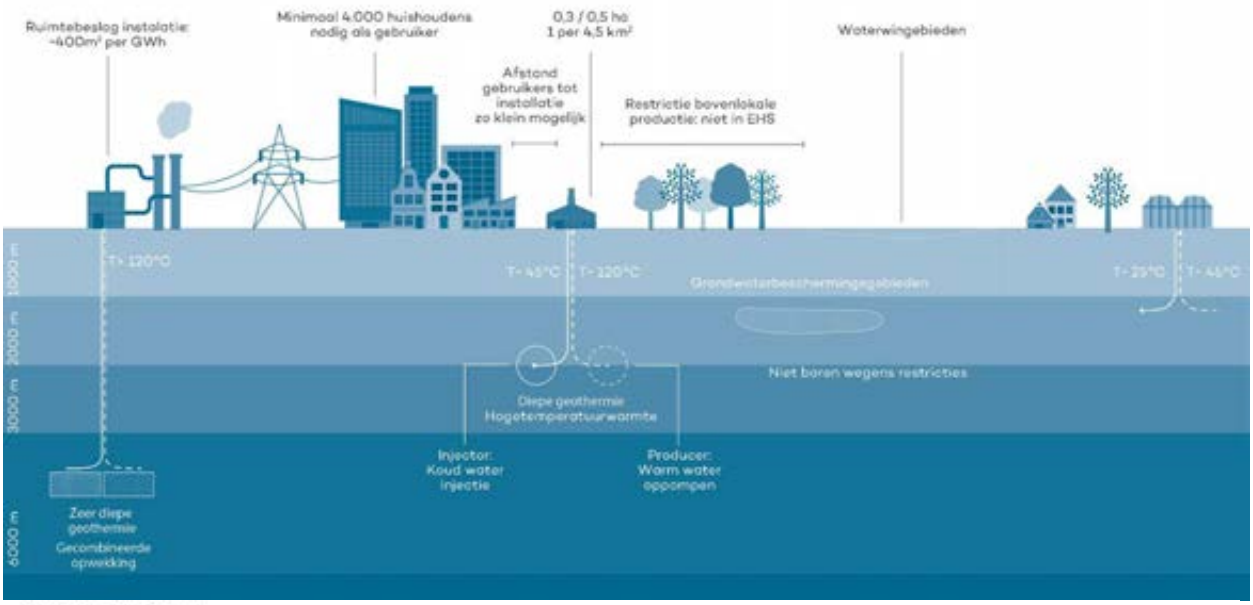
Restricties



Opbrengst per m2 opstelling

Voor commerciële zonne-akkers is de opbrengst per jaar per vierkante meter grondoppervlak 0,3978 GJ.

2.3 Geothermie en warmte



Trias-laag

De potenties zoals die in dit onderzoek naar voren komen, zijn gebaseerd op gegevens van TNO voor heel Nederland, waarbij op 1.200m (voor kassen) en 2.000m (voor woningen) onder maaiveld de temperatuur van het water in de grond is bepaald. Vanaf een bepaalde watertemperatuur is een laag in potentie geschikt voor geothermie. Of de laag ook daadwerkelijk geschikt is, is onder meer afhankelijk van de compactheid/doorlatendheid van deze laag. Dit zal gericht onderzoek desgewenst verder uit moet wijzen.

Techniek en plaatsing

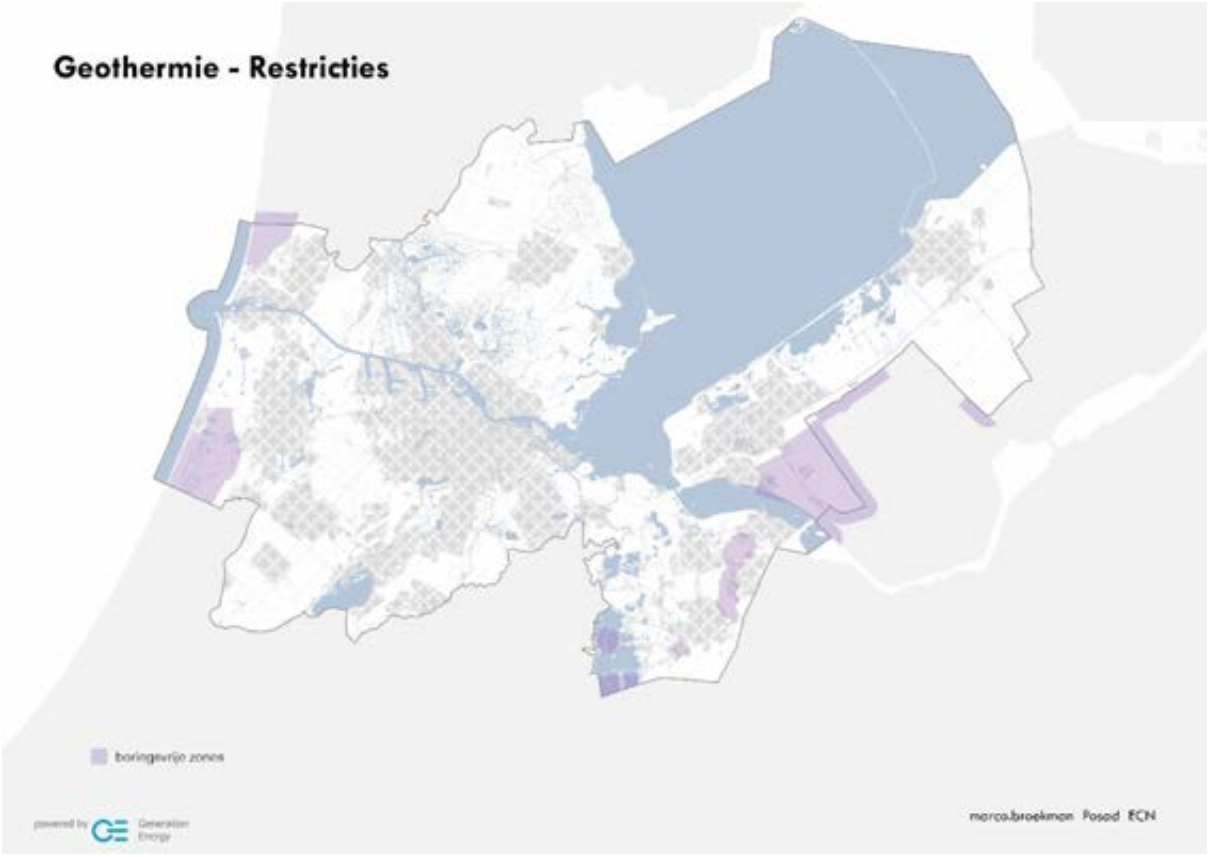
Bij geothermie wordt gebruik gemaakt van aardwarmte. In deze verkenning is uitgegaan van installaties die een relatief lage productietemperatuur leveren van minimaal 65 ºC voor woningen en minimaal 45ºC voor kassen en waarbij enkel warmte wordt gewonnen en geen omzetting naar elektriciteit plaatsvindt. Voor dat laatste is een veel hogere productietemperatuur nodig. De hier gekozen installaties zijn gebaseerd op de referentie-installatie uit de SDE+ 2015 en draaien 5.500 uur per jaar. Een geothermische installatie is het meest zinvol in gebieden waar de warmte in de directe omgeving gebruikt kan worden, zodat bij het transport van warmte zo min mogelijk verliezen optreden. Wij gaan uit van een maximale afstand van 1,5 km. Gebieden met een hoge warmtevraag zijn stedelijk gebied, bedrijventerreinen en glastuinbouwgebieden. Als de installatie afgebouwd is, kan hij goed

worden ingepast in de bebouwde omgeving. Inpassing lijkt daarmee met name in nieuw te ontwikkelen gebied interessant, of in gebieden die getransformeerd gaan worden.

De putten die nodig zijn bij deze installaties gaan minstens 1.200m (voor kassen) en 2.000m (voor woningen) diep om water met een geschikte temperatuur te bereiken. In deze verkenning wordt uitgegaan van bekende data die door TNO openbaar beschikbaar worden gesteld. Deze data geven inzicht in de te verwachten temperatuur van het grondwater op een bepaalde diepte, maar geven geen inzicht in de bruikbaarheid van de betreffende aardlagen op specifieke locaties voor geothermie-doeleinden. Hiervoor zal per locatie of gebied specifiek onderzoek plaats moeten vinden.

Bij een aangenomen ondergrondse afstand van 1,5 km tussen injector (pompt koude naar reservoir) en producer (haalt warmte naar de oppervlakte) is het ruimtebeslag 1,5 km x 3 km = 4,5 km². Uiteraard is dit een vereenvoudiging en kan ook onder een hoek geboord worden zodat de installatie niet exact in het midden van de 4,5 km² hoeft te staan. Tijdens de boring is de benodigde ruimte minimaal 0,06 en maximaal 1 hectare. De bovengrondse ruimte die benodigd is voor de centrale is 0,3 tot 0,5 hectare.

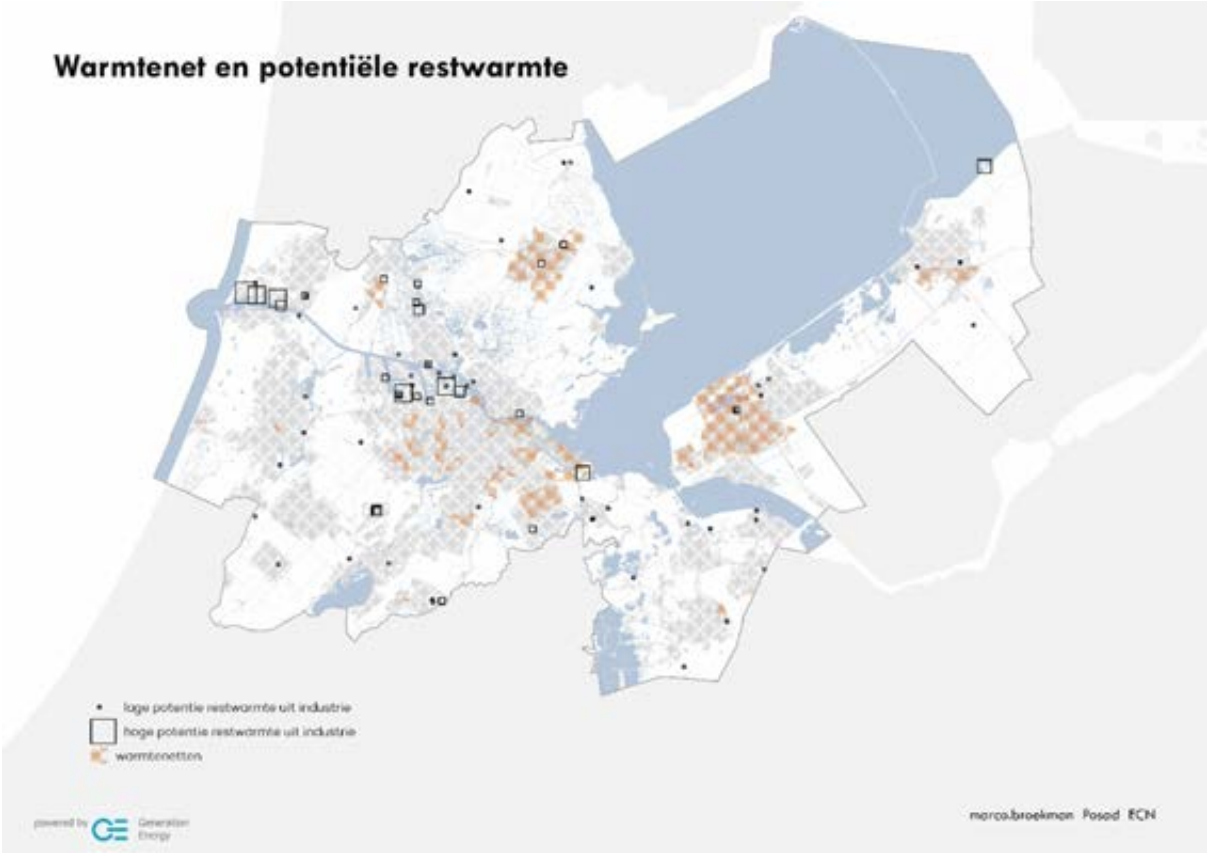
Restricties



Restricties voor het toepassen van geothermie worden bepaald door de gebieden waar beperkingen gelden voor het boren in de ondergrond. In deze verkenning zijn de boringsvrije zones uitgesloten bij de bepaling van de potentie. De waterwingebieden en beschermingszones voor grondwaterwinning worden aangeduid als mogelijke restricties. Afhankelijk van de boortechnieken en randvoorwaarden kunnen deze gebieden later nog worden uitgesloten.

Restwarmte industrie

In dit onderzoek is gekeken naar de mogelijkheid om restwarmte uit de industrie in te zetten voor de verwarming van woningen. Dit onderzoek gaat niet zo ver dat er inzicht gegeven kan worden in hoge temperatuur restwarmte 200°C en lage temperatuur restwarmte 120°C. In de MRA is op een aantal plekken industrie aanwezig die mogelijk beschikken over restwarmte, blijkt uit de data van RVO (emissieregistratie). Het kan interessant zijn deze restwarmte aan te sluiten op het bestaande warmtenet. Daarnaast moet altijd worden bekeken of er direct meegekoppeld kan worden met geothermische installaties om het bereik van deze installaties te vergroten door het ontwikkelen van nieuwe of het uitbreiden van bestaande warmtenetten. Bijvoorbeeld in het Noordzeekanaalgebied en de west-as.



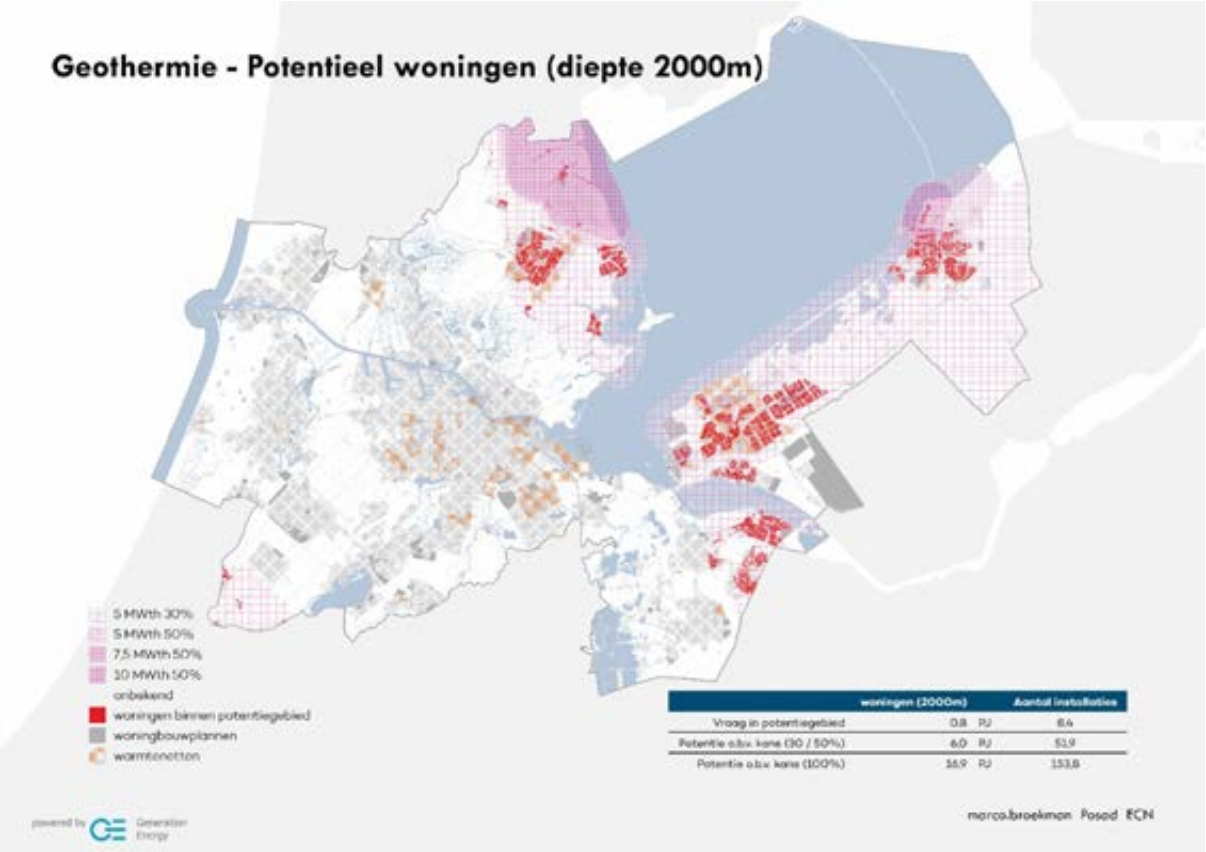
Opbrengst

De opbrengst per installatie is afhankelijk van de potentie van de ondergrond en het gemak waarmee de warmte die in de ondergrond aanwezig is kan worden bereikt. Op de kaarten is te zien welke zones de meeste potentie hebben voor kassen en voor woningbouw. In de berekeningen van de potentie is rekening gehouden met de kans op een succesvolle boring van de bijbehorende installatie.

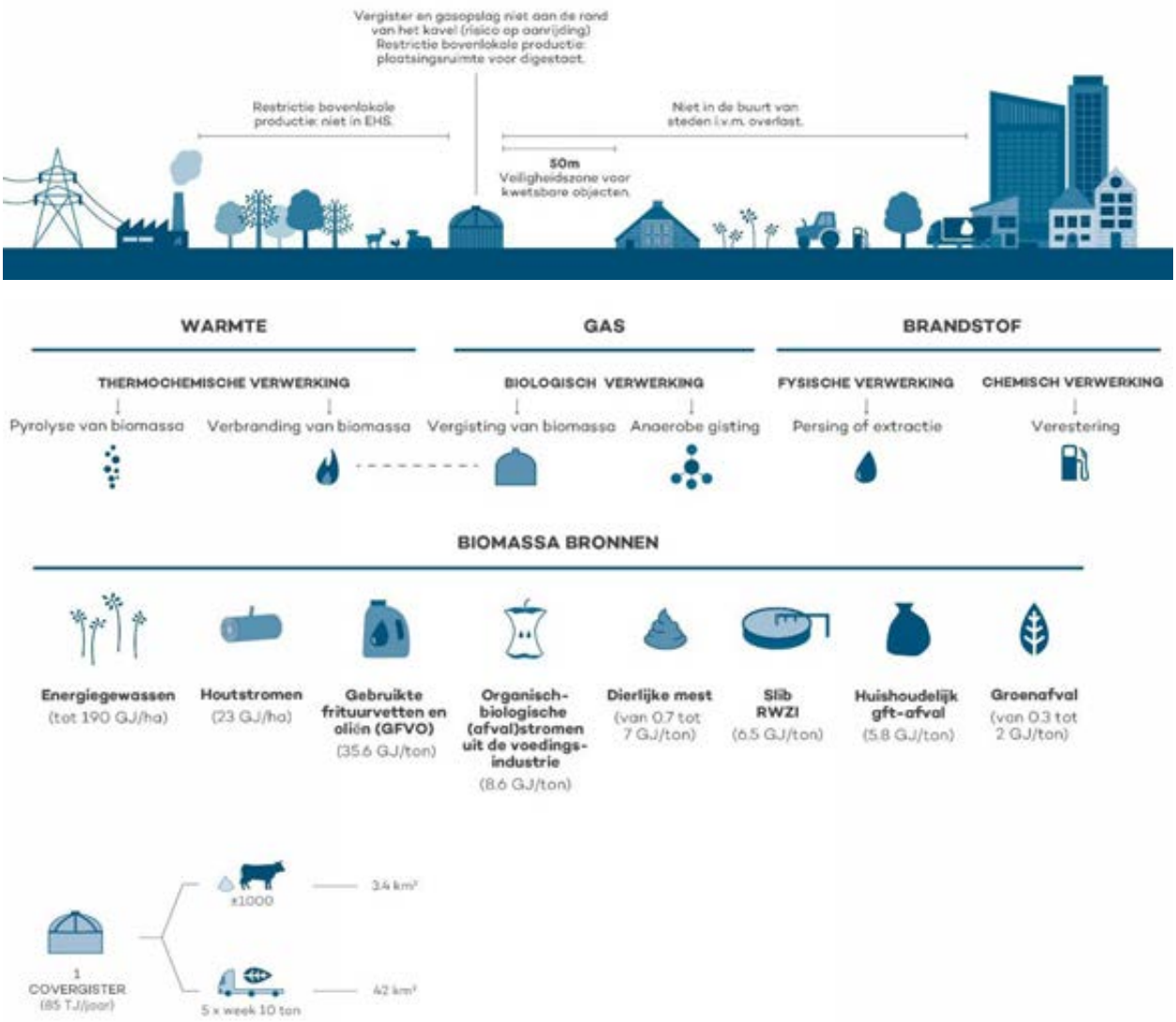
Per installatie is 4,5 km² aan ondergrondse ruimte nodig zoals is te lezen in 'techniek en plaatsing'.

Als minimale grootte van een woonkern als afzetgebied, is een omvang van ca. 4.500 huishoudens genomen.

Door het oppervlak van de verschillende potentiegebieden binnen 1,5 km van de voornaamste afzetgebieden te vermenigvuldigen met de kans dat het genoemde vermogen te bereiken is en te delen door de benodigde ruimte per installatie, kan het aantal installaties per woonkern of kassencomplex berekend worden. Er is altijd sprake van een potentie die aanwezig is in de ondergrond en een potentiële vraag, die wordt bepaald door de aanwezigheid van woningen of van kassen. De laagste waarde is bepalend voor het aantal installaties dat toepasbaar is en bepaald daarmee de potentiële opwekking.



2.4 Biomassa



Techniek en plaatsing

Bij co-vergisting wordt mest samen met ander organisch materiaal (snoeiafval, bermgras etc.) vergist. Het gas dat vrijkomt kan opgewerkt worden tot ruw biogas. Vervolgens kan dit biogas door middel van een warmtekracht koppeling (WKK) in elektriciteit en (rest)warmte worden omgezet, of opgewerkt worden tot groen gas. Het restproduct wordt gezien als mest en kan op het omringende land worden uitgereden. Het rendement van het opwerken naar groen gas is ongeveer 62%. Bij het omzetten van biogas middels een WKK is het elektrisch rendement laag, maar als zowel de vrijkomende mest als de (rest)warmte kan worden gebruikt, is een vergister toch aantrekkelijk. Binnen de MRA grens zijn meerdere bronnen beschikbaar die potentieel ingezet kunnen worden voor het vergisten tot biogas.

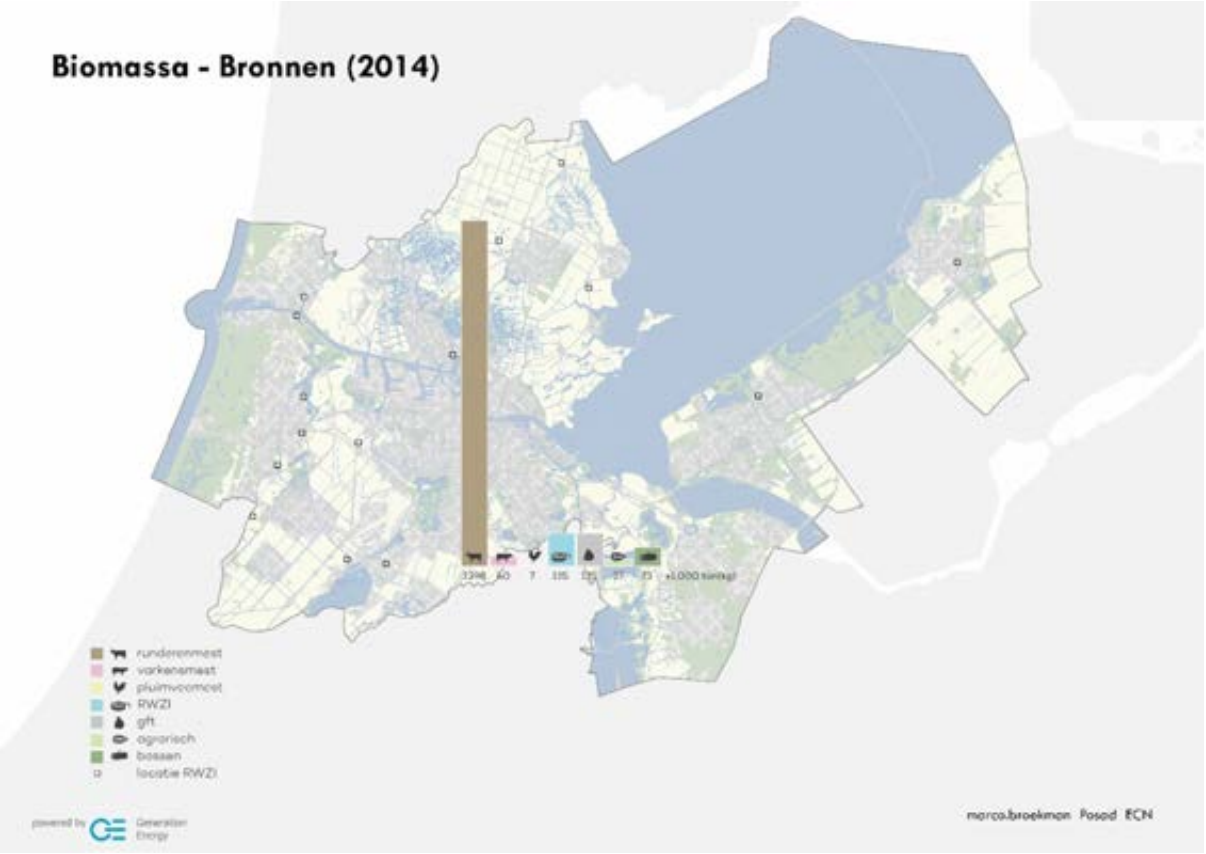
Binnen deze studie is allereerst de potentie berekend voor co-vergisting, waarbij de reststoffen van gras en akkerland worden samengevoegd met rundermest. Voor de resterende potentiële reststromen van rundermest, varkensmest, pluimveemest, gft-afval en slib uit RWZI is de potentie voor biogas berekend aan de hand van monovergisting.

Voor de plaatsing van een installatie geldt:

- Voor de aanvoer van organisch materiaal moet de installatie bereikbaar zijn voor vrachtwagens;
- Er is voldoende ruimte nodig voor de opslag van organisch materiaal, mest, digestaat, en eventueel gas.
- Bij moderne installaties is de geuroverlast minimaal, echter kan er bij onderhoudswerkzaamheden enige overlast ontstaan, waardoor plaatsing nabij grote aantallen woningen niet de voorkeur verdient.

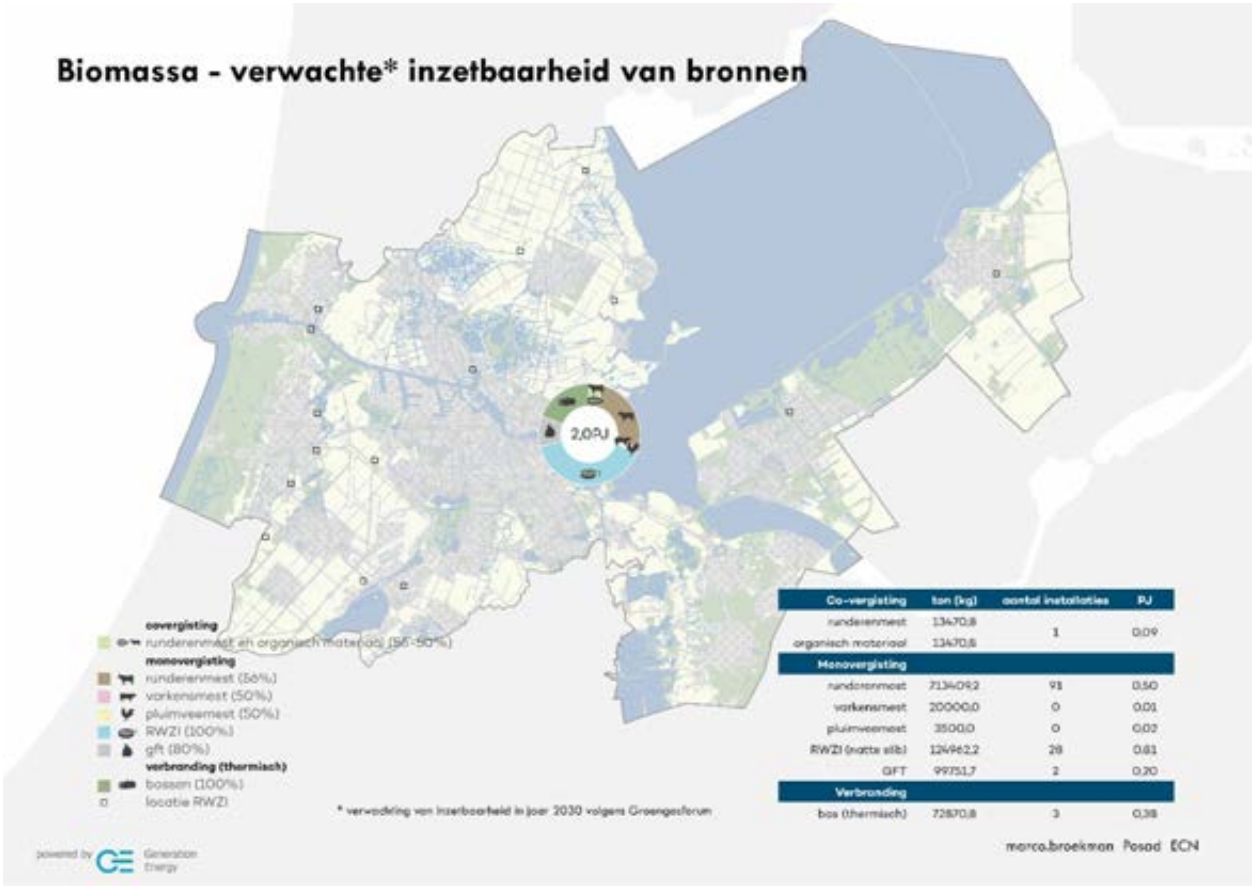
Beschikbaarheid van bronnen

De maximale potentie van biomassavergisting en biomassa co-vergisting is bepaald op basis van beschikbaarheid van alle reststromen. Een beperkende factor is de beschikbaarheid van de reststromen. Veel reststromen hebben al een bestemming en worden gebruikt in andere industrieën. Het minimumscenario is daarom gebaseerd op een verwachte beschikbaarheid van de bronnen voor biogas zoals deze is ingeschat door het Groengas forum (2014).



Opbrengst per installatie

Een co-vergistingsinstallatie is theoretisch simpel op te schalen door vergisters en bijbehorende voorzieningen bij te plaatsen. De schaal van een vergistingsinstallatie wordt voornamelijk bepaald door de beschikbare hoeveelheid mest, droge stof en de plaatsingsruimte voor digestaat. Daarnaast is een installatie die gekoppeld is aan de WKK enkel aantrekkelijk als de restwarmte nuttig kan worden gebruikt in de directe omgeving. In dit voorbeeld wordt gerekend met een standaardtype vergister die 505 Nm3/h ruw biogas produceert (of 315 Nm3/h groen gas). Dit is qua afmetingen te vergelijken met een bio-WKK installatie van 1,1 MWe. Dit is het type installatie dat nog kan worden toegepast onder de MER-grens. Één installatie die 8000 vollasturen draait levert daarmee per jaar 84,84 TJ/jaar.



Voor monovergisting is de verwachting van de potentiele biomassa opbrengst in 2030 van het Groengasforum terug geschaald naar de omvang van de reststromen voor de metropoolregio.

GFT:	0,002 TJ/ton
Rundermest:	0,0007 TJ/ton
Varkensmest:	0,0006 TJ/ton
Kippenmest:	0,0071 TJ/ton
RWZI:	0,0065 TJ/ton
Gras en Akkerland:	0,0023 TJ/ton