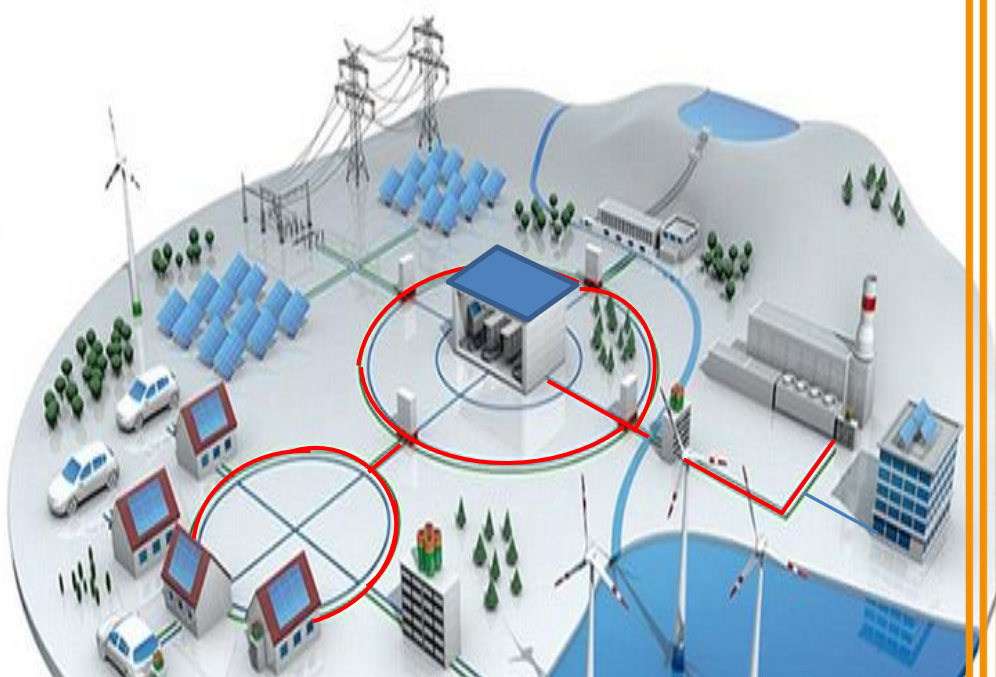


Toekomstbestendige energie-infrastructuur

Samenvatting voor
stakeholders



Toekomstbestendige energie-infrastructuur

Doelgroep:	Nederlandse gemeenten, warmtebedrijven en woningcorporaties
Documentnaam:	180125 samenvatting voor stakeholders
Datum:	25 januari 2018
Contactpersoon Innoforte:	Wim Mans Han Verheul Ed Kerckhoffs
Contactgegevens:	adviesbureau Innoforte Van Heemstraweg 56 d 6651 KH Druten 0487-510227 wim.mans@innoforte.nl han.verheul@innoforte.nl ed.kerckhoffs@innoforte.nl

Adviesbureau Innoforte ondersteunt de ontwikkeling en bedrijfsvoering van duurzame energiesystemen. Wij verlenen onafhankelijke consultancy en auditing services aan overheden, financiers, leveranciers, transporteurs en afnemers. Onze missie is bij te dragen aan transparante, duurzame meerwaarde voor alle betrokkenen.

- planvorming: warmteplannen, transitieplannen en haalbaarheidsstudies
- samenwerking: procesbegeleiding en contractvorming
- businesscases: inrichting control, MKBA en financiering
- wetten en normen: compliance en certificaten
- audits: risk assessment en due diligence

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING EN DOELSTELLING	4
2	REKENMODEL CALDOMUS	5
2.1	DE DOELSTELLING VAN HET REKENMODEL	5
2.2	WERKWIJZE CALDOMUS	7
2.3	UITGANGSPUNTEN CALDOMUS	9
2.4	ENERGIE-INFRASTRUCTUREN	9
3	RESULTATEN	11

1 Inleiding en doelstelling

De doelstelling van diverse gemeenten is om een buurt- of wijkgerichte aanpak te ontwikkelen om de stad CO₂ arm en aardgasvrij te maken. Een belangrijke vraag daarbij is welke energie-infrastructuur de transitie het beste ondersteunt. Populair gezegd: wat komt er na aardgas? De belangrijkste alternatieven zijn all electric en een warmtenet.

Belangrijke criteria bij deze keuze zijn:

- CO₂-uitstoot;
- Kostenbeheersing;
- Toekomstbestendigheid;
- Draagvlak.

Met toekomstbestendigheid wordt bedoeld in hoeverre een te kiezen infrastructuur ook over vele jaren nog steeds de beste keuze zal blijken te zijn. Deze doelstelling is in het licht te zien van de vele, nog onbekende ontwikkelingen die zullen plaatsvinden op het gebied van technologie, economie en maatschappij die zullen gaan plaatsvinden.

In dit rapport is een rekenexercitie beschreven met het programma Caldomus van Innoforte. De doelstelling van een doorrekening met een rekenmodel is om de verschillende betrokken partijen inzicht te geven in de consequenties van de keuzemogelijkheden. Naar de aard van een rekenmodel is hierbij enige bescheidenheid op zijn plaats. Een model biedt binnen de gekozen systeemgrenzen, rekenregels en kengetallen een zo goed mogelijke blik op de toekomst en niet meer dan dat. Transparantie van het rekenmodel stimuleert de mogelijkheid voor de betrokken stakeholders om de resultaten van model te aanvaarden.

2 Rekenmodel Caldomus

2.1 De doelstelling van het rekenmodel

De energietransitie kent twee belangrijke perspectieven. Gemeenten willen de transitie stimuleren door een platform te bieden voor het maken van een wijkgerichte keuze voor een toekomstbestendige en (in potentie) CO₂ arme energie-infrastructuur. Daarnaast willen gemeenten gebouweigenaren stimuleren om ook op gebouwniveau verduurzamingsmaatregelen te treffen.

Gebouweigenaren overwegen de vele maatregelen die zij kunnen nemen ter verduurzaming. Deze maatregelen zijn begrensd door de in de betreffende wijk aangeboden energievormen. Er is dus sprake van een collectief te maken, wijkgebonden keuze (energie-infrastructuur) én van individueel op gebouwniveau te maken keuzen (verduurzaming gebouw). Deze beide keuzeprocessen zijn met elkaar verbonden:

- De keuze voor de infrastructuur moet worden gebaseerd op de aard van de bebouwing: bouwdichtheid, typen gebouwen, ouderdom gebouwen en de te nemen maatregelen op gebouwniveau (vraagreductie, opslag en opwekking van energie)
- De keuze op gebouwniveau is afhankelijk van de aangeboden energievormen, de duurzaamheid van deze energie en de energietarieven naast de mogelijkheden voor reductie van de energievraag en opwekking op gebouwniveau van duurzame energie.

Er is dus sprake van een integraal vraagstuk waarbij de volgende aspecten van belang zijn, gezien de noodzaak tot kostenbeheersing:

- Vraagreductie (bv. na-isolatie van bestaande woningen) en opwekking van duurzame energie (bv. PV-panelen op daken of een geothermie bron) zijn twee te bewandelen paden. Een belangrijke vraag hierbij is: hoe de te investeren euro's te verdelen over deze beide paden voor een zo hoog mogelijk maatschappelijk rendement?
- Gebouw gebonden maatregelen en gebied gebonden maatregelen zijn beiden noodzakelijk in de energietransitie. Dit is een andere doorsnede van het verduurzamingsvraagstuk. Ook hier luidt de vraag hoe de te investeren euro's te verdelen over gebouw en gebied zodat tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten een zo hoog mogelijk resultaat wordt bereikt.

Rekenmodel Caldomus biedt de mogelijkheid om vele combinaties van maatregelen (gebouw en gebied, vraagreductie en opwekking van duurzame energie) per wijk of buurt door te rekenen en inzichtelijk te maken qua kosten en CO₂-reductie.

Door alle kosten van alle maatregelen in de gehele keten (gebied en gebouw) te sommeren, ontstaat inzicht welke combinaties van maatregelen het hoogste maatschappelijke rendement opleveren. Ofwel: waarin moeten we onze euro's investeren voor een zo goedkoop mogelijke energietransitie?

Op basis van de resultaten uit Caldomus kunnen de stakeholders gezamenlijk richting geven aan de energietransitie. Op basis van deze richting kunnen individuele stakeholders een individuele kosten/baten analyse opstellen waarbij de in de keten samenwerkende partijen afspraken maken over de vertaling van de kosten in tarieven of in financieringsmogelijkheden. Uiteraard dienen daarbij de in zwang zijnde regels, belastingen en stimuleringsmaatregelen in ogenschouw te worden genomen.

2.2 Werkwijze Caldomus

Gemeenten kennen vaak duizenden woningen en utiliteitsgebouwen. Deze gebouwen zijn vrijwel allemaal individueel verschillend. Het is ondoenlijk om in een rekenmodel alle gebouwen individueel te onderzoeken op alle mogelijke te nemen maatregelen. Caldomus standaardiseert de gebouwen derhalve naar type en bouwperiode.

Voor wat betreft de woningen kent Caldomus 48 referentiewoningen:

woningtype	bouwperiode						
	vóór 1945	van 1945 t/m 1964	van 1965 t/m 1974	van 1975 t/m 1991	van 1992 t/m 2005	van 2006 t/m 2010	van 2011 t/m 2015
tussenwoning	1	2	3	4	5	6	7
hoekwoning	8	9	10	11	12	13	14
2-onder-1-kap woning	15		16	17	18	19	20
vrijstaande woning	21		22	23	24	25	26
portiekflat woning	27	28	29	30	31	32	33
galerijflat woning	34		35	36	37	38	39
appartement	40		41	42	43	44	45
studentenwoning*	-	-	46	47	-	-	48

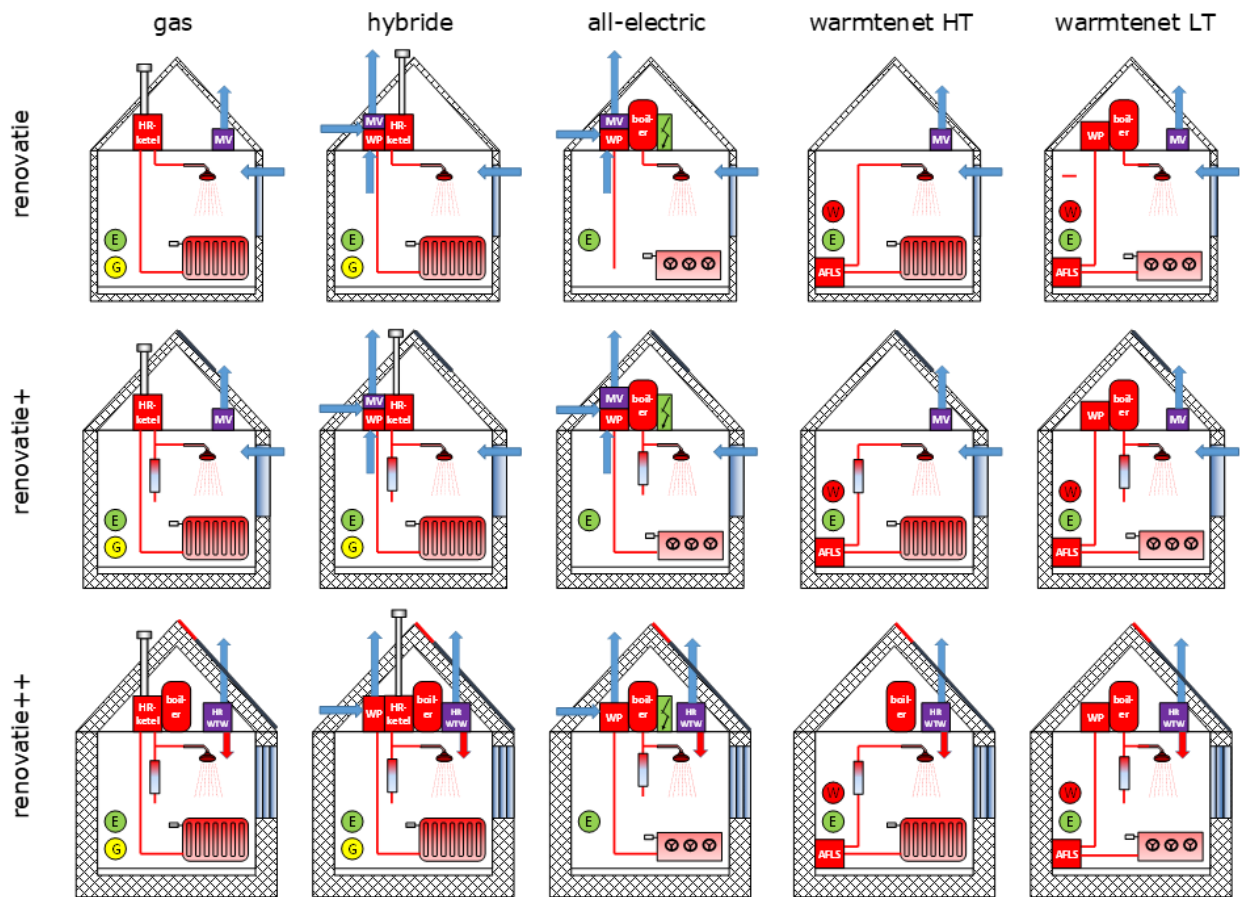
Op basis van onder andere de BAG-gegevens (Basisregistraties Adressen en Gebouwen), WOZ-gegevens en CBS data worden alle woningen ingelezen en verbijzonderd naar één van deze 48 typen. Bij deze verbijzondering wordt gebruik gemaakt van diverse algoritmen die deels ook zijn gebaseerd op interpretatie van kaarten. Deze algoritmen zijn uit kwaliteitsoogpunt volledig gedocumenteerd. Voor utiliteitsgebouwen is er een vergelijkbare indeling.

Van deze referentiewoningen is het huidige energieverbruik in kaart gebracht. Teneinde de ontelbare mogelijkheden voor verduurzaming van deze 48 referentiewoningen reken technisch te kunnen beteugelen, kent Caldomus voor elk van deze 48 referentiewoningen 15 verduurzamingsroutes. Deze zijn opgebouwd uit 3 niveaus van verduurzaming op gebouwniveaus. Deze hebben wij R, R+ en R++ genoemd (R naar renovatie). Dit zijn verduurzamingspakketten bestaande uit bouwkundige en installatietechnische maatregelen, afgestemd op bouwtype en bouwperiode.

Naast deze renovatieniveaus kent Caldomus 5 energie-infrastructuren:

- Aardgas (als referentie) of biogas (toekomst)
- Hybride (aardgas nog als piekvoorziening)
- All electric (individuele warmtepompen per gebouw)
- Warmtenet HT/MT (hoge /midden temperatuur)
- Warmtenet LT (lage temperatuur)

In onderstaand plaatje zijn deze 15 routes gevisualiseerd voor een tussenwoning:



Voor een gedetailleerd beschrijving van deze routes verwijzen wij naar het document "171209 werking Caldomus".

De keuze voor de energie-infrastructuur is een gemeenschappelijke keuze per wijk of buurt en de keuze voor het renovatieniveau is een individuele keuze per gebouw.

Caldomus rekent per buurt of wijk alle mogelijke combinaties uit qua totale koten per woning en qua CO₂-emissies. Diverse gemeenten geven daarbij aan dat de opties aardgas en hybride eventueel nog interessant zijn als referentie, maar buiten beeld zijn als toekomstbestendige oplossingen. De opties biogas, groen gas of synthetisch gas (H₂) zijn ook opgenomen in Caldomus. Dit vindt plaats door per wijk of buurt te berekenen hoe hoog de kostprijs van dit nieuwe gas mag zijn (uitgedrukt in €/aardgas equivalent) om te kunnen concurreren met de voorgestelde infrastructuur. Hieruit is te herleiden welke wijken of buurten zich kwalificeren om eventueel in een later stadium te worden voorzien van duurzaam gas.

2.3 Uitgangspunten Caldomus

In deze paragraaf staan een aantal uitgangspunten die gehanteerd zijn binnen Caldomus. Voor uitgebreidere achtergrond en rekenregels verwijzen wij naar het document "171209 werking Caldomus".

Caldomus hanteert huidige marktprijzen, huidige technologieën, huidige rendementen en huidige CO₂-emissies. Dat is enerzijds transparant en herkenbaar. De warmteverbruiken zijn berekend op basis van de EPG (NEN 7120) en gecorrigeerd op basis van een rapport van TU-Delft waarin is onderzocht hoe theoretisch berekende warmteverbruiken zich verhouden tot praktijkwaarden.

De energietransitie zal zich over vele jaren voltrekken, maar het is wel van belang dat we op korte termijn wijk- of buurtgericht van start gaan. Caldomus presenteert de oplossing naar rato van economische "robuustheid". Met economische robuustheid wordt bedoeld de mate waarin de duidelijkheid voor de keuze voor een infrastructuur per wijk zich aftekent in economische zin. Concreet laat Caldomus zien hoeveel procent de tweede keuze (next best) duurder is dan de eerste keuze. Dit percentage loopt op tot meer dan 75%. Door te starten met de wijken met de meest robuuste oplossingen is de kans op spijt het laagst. Overigens zijn er behoudens de resultaten uit Caldomus nog andere criteria denkbaar op basis waarvan een wijk wordt gekozen om de transitie te starten. Denk daarbij aan renovatieprogramma's, herinvesteringen in bestaande infrastructuur en de buitenruimte of herontwikkelingsprogramma's.

Uiteraard zullen prijzen, rendementen, emissies en technologieën zich ontwikkelen. De rekenexercitie kan daarom over enkele jaren worden ge-update. Op basis van de dan weer meest robuuste oplossingen kan de transitie-agenda worden bijgestuurd.

Het is overigens binnen Caldomus mogelijk om op het gebied van CO₂-emissies een doorkijk naar de toekomst te bieden. Deze doorkijk kan worden gebaseerd op overheidsbeleid (elektriciteit) of plannen voor bijvoorbeeld toekomstige warmtebronnen voor warmtenetten, zoals de regionale energiestrategie die samen wordt opgesteld met andere MRDH gemeenten

2.4 Energie-infrastructuren

Binnen Caldomus wordt gerekend met de benodigde investeringen en kosten voor beheer en onderhoud in zowel elektriciteitsnetten als warmtenetten.

De investeringen in verzwaring van het elektriciteitsnet is een gevolg van:

- Autonome ontwikkelingen: toename PV-panelen, toename elektrische auto's, installatie van batterijen (in buurt of gebouw) de ontwikkeling van SMART grids, etc.
- De aardgastransitie: elektrisch koken en elektrische verwarming

De investeringen als gevolg van de aardgastransitie is afgestemd met Liander. Netbeheerder Stedin onderzoekt momenteel de investeringen.

De investeringen in warmtenetten zijn opgenomen in de businesscase van warmtebedrijven. Via min of meer gestandaardiseerde aansluitbijdragen en door de warmtewet gemaximeerde warmtetarieven (vast recht en prijs per geleverde GJ) ontstaat zo al dan niet een interessant aanbod van een warmtebedrijf. Binnen Caldomus zijn de investeringen in warmtenetten, de investeringen voor aansluiting van bestaande gebouwen, de kosten voor management, beheer en onderhoud van warmtenetten en de kosten voor productie van de warmte begroot. Deze aannamen zijn getoetst door Eneco en Nuon.

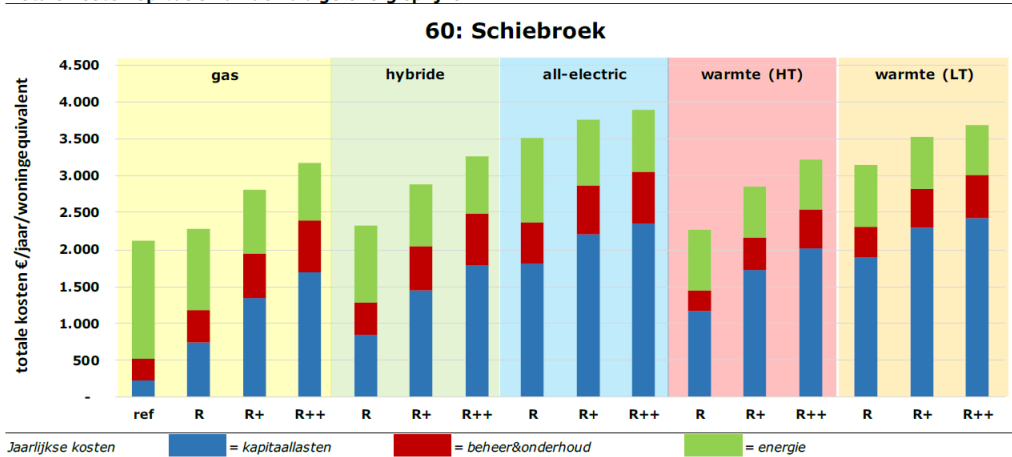
Caldomus gaat ervan uit dat alle bestaande woningen met aardgas worden verwarmd en laat zien welke alternatieve energie-infrastructuur de laagste maatschappelijke kosten kent: elektriciteit of warmte. Indien er echter al wijken of buurten zijn met een warmtenet, kan Caldomus laten zien in hoeverre deze keuze inderdaad, met de bril van nu, de beste keuze was.

3 Resultaten

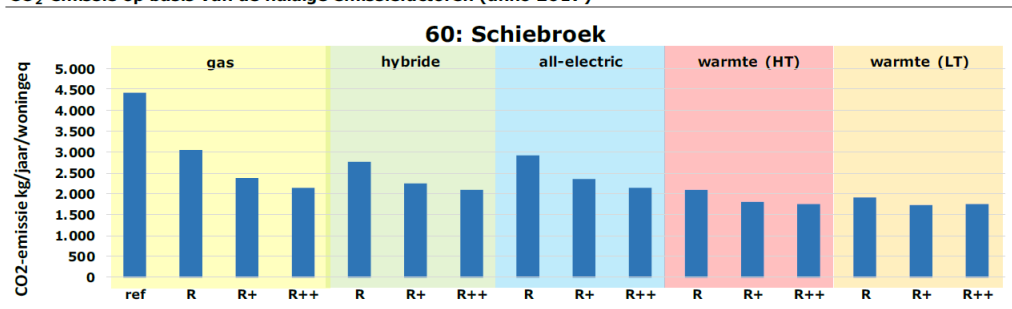
Caldomus toont resultaten per wijk en voor de stad als geheel. De resultaten per wijk worden als volgt gepresenteerd:

Hilligersberg-Schiebroek – Schiebroek

Totale kosten op basis van de huidige energieprijzen



CO₂-emissie op basis van de huidige emissiefactoren (anno 2017)



TCO	2.113	2.275	2.801	3.179	2.327	2.877	3.262	3.518	3.758	3.889	2.270	2.852	3.212	3.143	3.524	3.691	€/j
CO ₂	4.419	3.038	2.376	2.144	2.768	2.243	2.089	2.929	2.337	2.150	2.096	1.812	1.759	1.918	1.738	1.757	kg/j
ΔTCO/ΔCO ₂		-	794	1.011	190	757	1.039	11.431	2.116	1.817	-6	470	732	775	960	1.105	€/ton

TCO-index	R	R+	R++
Aardgas	100	123	140
Hybride	102	126	143
All-Electric	155	165	171
Warmtenet HT	100	125	141
Warmtenet LT	138	155	162

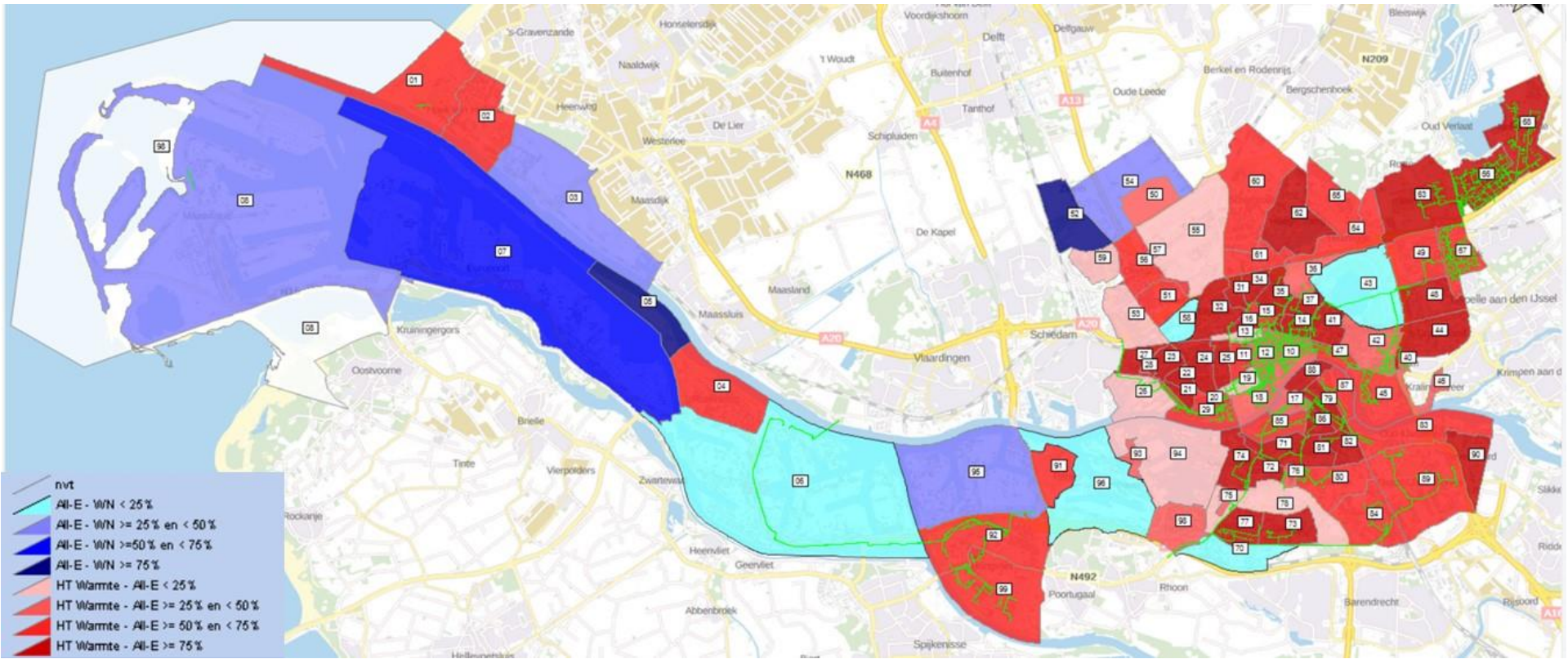
TCO van de referentie (met aardgas, met renovatie R) = 100

Tarief nieuw gas	R	R+	R++
Consument	€/m ³ a.e. 0,55	0,65	0,65
Utiliteit	€/m ³ a.e. 0,41	0,51	0,51

Robuustheid Concept	Laagste TCO	Tweede keuze	Duurder
HT Warmte R	All-Electric R+		+ 66%

Hilligersberg-Schiebroek - Schiebroek	
Grondgebonden woningen (aantallen)	2.762
Niet-grondgebonden woningen (aantallen)	5.658
Utiliteitsgebouwen (aantallen)	759
Utiliteitsgebouwen (m2)	263.978
Totaal aantal woningequivalenten	11.060
Oppervlakte land (ha)	484
Woondichtheid (aantal WE/ha)	23

En voor gehele gemeente zijn deze resultaten vertaald naar de onderstaande kaart. In deze kaart worden de twee meest gangbare alternatieven voor aardgas tegen elkaar gezet, All electric met Renovatie + en HT/MT warmtenet met Renovatie. De kaart geeft weer welke van deze twee alternatieven de laatste collectieve jaarlijkse kosten (TCO) heeft. Dit wordt weergegeven met een rode (warmtenet HT/MT) of een blauwe (all electric) kleur. De intensiteit van de kleur geeft weer hoe groot de afstand tussen beide alternatieven is. Hoe lichter de kleur, hoe kleiner het verschil. Hoe intenser de kleur, hoe groter het verschil en hoe kleiner de kans dat het andere alternatief goedkoper wordt. :



De kaarten en tabellen uit Caldomus kunnen als shapefile in GIS viewers worden weergegeven. Innoforte biedt daarnaast de optie op in een online GIS omgeving de kaarten, tabellen en overzichten van maatregelen per gebouwtype (inclusief investeringen) weer te geven.

