



Datum
31 oktober 2018

Versie
definitief

Business Case Nieuwe Sanitatie en energiesysteem Strandeiland

Otto Reinstra
Harry de Brauw
Sara Giorgi
Twan van der Heijden (T&G)
Stefan Mol
Marina Gaton

Inhoud

Managementsamenvatting	7
1 Introductie	10
2 Varianten	11
3 Uitgangspunten	12
3.1 Systeemgrenzen	12
3.2 TCO model	12
3.3 Inputparameters	13
3.4 BTW	14
3.5 Investerings	14
3.6 Nuon	14
4 De berekeningen van Innoforte en Waternet vergeleken	15
4.1 Financieel	15
4.1.1 Alleen energie	15
4.1.2 Energie en water	15
4.1.3 Conclusie	16
4.2 CO ₂ emissies	16
5 TCO berekeningen sanitatie en energie	18
5.1 Investerings	18
5.2 TCO HT + traditionele sanitatie inclusief koeling	19
5.3 TCO HT + traditionele sanitatie <i>zonder koeling</i>	19
5.4 TCO MT + nieuwe sanitatie	20
5.5 TCO LT + nieuwe sanitatie	20
5.6 TCO vergelijking van de scenario's	21
5.7 TCO per partner	21
5.8 Extra investering: proces- en begeleidingskosten Grond & Ontwikkeling	23
6 TCO berekeningen – alleen energie	24
6.1 Investerings	24
6.2 TCO van een apart HT energiesysteem <i>inclusief koeling</i>	25
6.3 TCO van een apart HT energiesysteem <i>zonder koeling</i>	25
6.4 TCO van een apart MT energiesysteem	26
6.5 TCO van een apart LT energiesysteem	26
6.6 TCO vergelijking van de energievarianten	27
7 TCO berekeningen - alleen sanitatie	28
7.1 Investerings	28
7.2 TCO van een apart traditioneel sanitatiesysteem	28
7.3 TCO van een apart nieuwe sanitatie-systeem	29
7.4 TCO vergelijking van de sanitatiescenario's	29

8	Wel of geen GFE afval afvoeren via het riool?	31
8.1	Disclaimer bij paragrafen 8.2 tot en met 8.5	31
8.2	Nieuwe sanitatie met en zonder GFE afval	31
8.3	TCO van nieuwe sanitatie zonder GFE afval	31
8.4	TCO van nieuwe sanitatie met GFE afval	32
8.5	Prijsverschil: de extra kosten van GFE verwerking via nieuwe sanitatie	33
9	Gevoeligheidsanalyse	34
9.1	Gasindex	34
9.2	Keuze index voor HT vastrecht	35
9.3	Elektriciteitsindex	35
9.4	Gas- en elektriciteitsindex samen	35
9.5	Warmtepomp- en aircoprijzen	36
9.6	Raming voor WKO energiesysteem	36
9.7	Vollooperperiode	37
9.8	Gevoeligheid van CO ₂ emissie	37
10	Optimalisaties	38
11	Risicoanalyses	39
11.1	Strategische risico-inventarisatie Nieuwe Sanitatie	39
11.2	Risicoanalyse technische en organisatorische aspecten van Nieuwe Sanitatie	39
11.3	Risicoanalyse m.b.t. de governance van het energiesysteem	40
12	Conclusies en aanbevelingen	42
12.1	Conclusie	42
12.2	Aanbevelingen en vervolg	42
13	Vragen & antwoorden	43
	Bijlage 1 – kentallen TCO	44
	Bijlage 2 – TCO met verschillende indexeringen	46
	Bijlage 3 – Kwalitatieve opbrengsten van nieuwe sanitatie	47

Versiebeheer

Versie	Datum	Aanvullingen door:
concept	29 mei 2018	Op basis van de Businesscase Centrumeiland
	8 juni 2018	Inhoud
CN.01	15 juni 2018	
CN.02	22 juni 2018	
CN.03	19 juli 2018	
CN.04	16 augustus 2018	Stefan Mol
1.0	5 september 2018	Otto Reinstra
1.1	7 september	Otto Reinstra
1.2	13 september	Otto Reinstra
1.3	3 oktober	Otto Reinstra
definitief	31 oktober 2018	Stefan Mol

Belangrijkste wijzigingen

Versie 1.1	
1	TCO-model zuiver houden door verrekeningen buiten beschouwing te laten.
2	De kosten en baten van het afvoeren van GF&e afval via het riool zijn in deze TCO-versie niet meer meegenomen. Een vergelijkende business case voor GF&e afval kan in een later stadium i.s.m. R&D (Stef LeFevre) toegevoegd worden.
3	We beschouwen 3 systemen los van elkaar en t.o.v. traditioneel: Energiesysteem, Nieuwe Sanitatie en Afval.
4	Voor alle scenario's gaan we er van uit dat er douchewarmtewisselaars geïnstalleerd zijn. We beschouwen de kosten daarvan als woning-gebonden duurzaamheidskosten, vergelijkbaar met de kosten van extra isolatie. De kosten van douchewarmtewisselaars zijn in deze TCO-versie daarom niet meer meegenomen.

Versie 1.2	
1	LT varianten toegevoegd in paragrafen 4.3 en 4.6 Relevante teksten en grafieken uitgebreid met LT variant
2	Uitgangspunten gecorrigeerd: <i>Aflossingsmethode = Lineair</i> <i>Evaluatieperiode = 50 jaar (2021 t/m 2070)</i>
3	De kosten van uitbreiding van de traditionele zuivering zijn naar beneden bijgesteld van in totaal €487 per i.e. naar in totaal €300 per i.e.

Versie 1.3	
1	Extra scenario "TS + HT zonder koeling" toegevoegd (dus zonder airco's).
2	Beter omschreven waarom gekozen is voor technische afschrijvingsduur terwijl economische afschrijvingsduur de gebruikelijke keuze is.
3	Stakeholders gewijzigd / toegevoegd: "Project-ontwikkelaar" heet nu "Ontwikkelaar/bouwer" "Bewoner" heet nu "Gebruiker opstal" Nieuwe stakeholder toegevoegd: "Eigenaar opstal" (dit kan een particulier zijn, maar ook een belegger of een corporatie)

	De kosten die eerder alleen aan de opstalgebruikers waren toegedeeld (investeringen, onderhoud, bedrijfskosten) zijn waar van toepassing toebedeeld aan de ontwikkelaars respectievelijk aan de opstal-eigenaren. NB: het anders toedelen van deze kosten verlaagt de TCO voor alle scenario's aanzienlijk. In het rekenmodel wordt er nl. van uitgegaan dat opstalgebruikers de BTW niet kunnen verrekenen kunnen, terwijl de ontwikkelaars en opstaleigenaren dat wèl kunnen.
4	Toelichting bij de tabellen in paragrafen 5.1.1, 5.1.2 etc. etc. toegevoegd
5	Tekst over grondwaardes toegevoegd aan 5.1.7
6	Risicomatrices toegevoegd
7	Paragraaf 3.4 "BTW" toegevoegd
8	Paragraaf 3.5 "Investeringen" toegevoegd.
9	Paragraaf 5.1.7: tekst m.b.t. G&O toegevoegd door Benjamin Wiggelinkhuizen
10	Paragraaf 5.1.8. "Extra investering: proces- en begeleidingskosten Grond & Ontwikkeling" toegevoegd

Definitief	
1	Laatste tekstuele wijzigingen, aanvullingen en opmaak.

Managementsamenvatting

TCO

Deze business case beschrijft de uitkomsten van een Total Cost of Ownership (TCO) model. De TCO is een gangbaar instrument om verschillende scenario's financieel met elkaar te vergelijken. In de vergelijking worden zowel alle kosten (investeringen, afschrijvingen, herinvesteringen, rente, onderhoudskosten, bedrijfsvoering) alsook de inkomsten beschouwd over een evaluatieperiode van 50 jaar. Het TCO model houdt onder andere rekening met verschillende inflatie-indices, volloopsenario's, BTW, verschillende rekenrentes en verduurzaming. Het TCO model geeft zowel inzicht in de maatschappelijke kosten en baten van verschillende scenario's als in de financiën per partner.

Het TCO model is niet de financiële werkelijkheid, maar een gedegen hulpmiddel om tot een onderbouwde afweging van scenario's te komen. Vanzelfsprekend is het TCO model gevuld met de meest actuele kennis, en volledig transparant, met bronverwijzing voor alle gebruikte getallen en bedragen.

Varianten

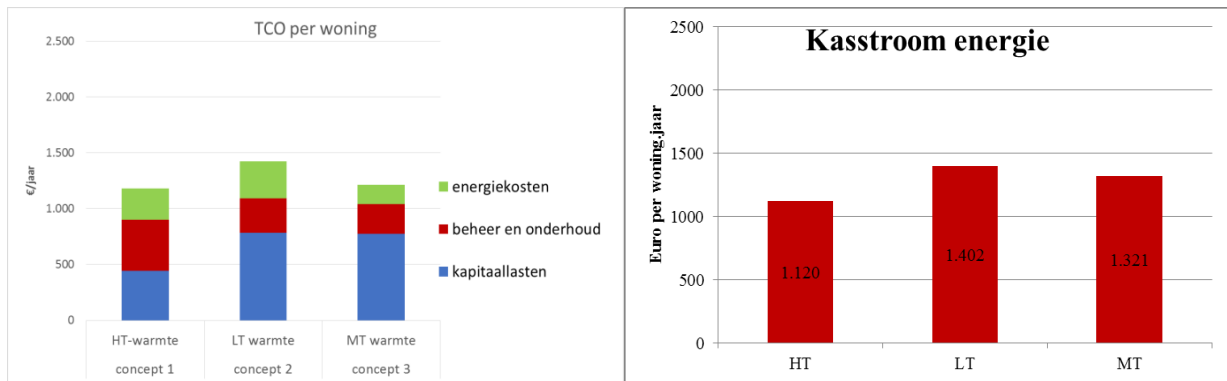
In deze business case zijn vier varianten vergeleken:

1. Traditionele sanitatie (TS) + 70 °C stadswarmte (HT, hoge temperatuur)
Een traditioneel vuilwaterriool voert het afvalwater af, stadswarmte levert 70 °C ruimteverwarming en warm tapwater en airco's leveren koeling.
2. Traditionele sanitatie (TS) + 70 °C stadswarmte (HT, hoge temperatuur) ZONDER KOELING
Een traditioneel vuilwaterriool voert het afvalwater af, stadswarmte levert 70 °C ruimteverwarming en warm tapwater. Er wordt geen koeling geleverd.
3. Nieuwe sanitatie (NS) + WKO en 15 °C warmte- en koudenet (LT, lage temperatuur)
Grijs en zwart water worden gescheiden ingezameld. Grondstoffen, biogas en warmte worden teruggewonnen.
Een lagetemperatuur (LT) warmtenet levert warmte van gemiddeld 15 °C aan woningen en utiliteiten. Individuele elektrische warmtepompen zetten dit om in ruimteverwarming van 40 °C en warm tapwater van 65 °C. Vanuit het warmtenet wordt ook koude geleverd.
4. Nieuwe sanitatie (NS) + WKO en 40 °C warmtenet (MT, midden temperatuur)
Hetzelfde afvalwatersysteem als in variant LT, met het verschil dat de warmte nu wordt ingezet voor een middentemperatuur (MT) warmtenet. Centraal opgestelde warmtepompen leveren warm water van 40 °C voor ruimteverwarming. Elektrische boosterwarmtepompen in de woningen en utiliteiten leveren tapwater van 65 °C. Een parallel koudenet levert koeling.

Financiële vergelijking

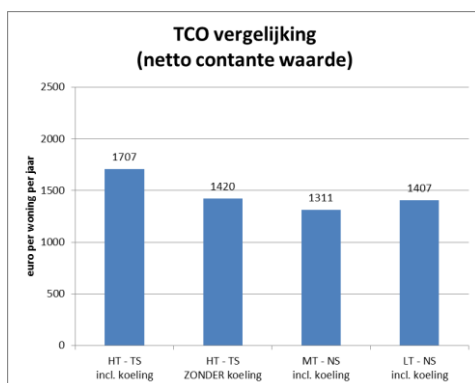
De berekeningen met het nieuwe TCO model zijn vergeleken met de second opinion-analyse van Innoforte. Hiertoe zijn in het TCO model BTW en inflatie-indices op 0% gezet, bij annuïtaire afschrijving. Tevens is alleen naar energie gekeken, en niet naar het integrale water- en energiesysteem (met sanitatie). Om te kunnen vergelijken is bovendien niet gerekend met toekomstige prijsstijgingen, en ook niet met toekomstige verduurzaming van elektriciteit en warmte. De kosten per woning per jaar volgens Innoforte en het TCO model blijken onder deze condities goed vergelijkbaar. Het HT scenario lijkt op basis van deze eenvoudige vergelijking goedkoper te zijn dan het MT en LT scenario.

Hoewel deze eenvoudige benadering het beste aansluit op eerdere rapportages van Innoforte voor andere wijken in Amsterdam, geeft de nieuw ontwikkelde TCO berekening met actuele inflatie-indices, 21% BTW, volloopsenario, verrekening van inkomsten, sanitatie en verduurzaming een reëler en genuanceerder toekomstbeeld. Verdere conclusies zijn daarom gebaseerd op het TCO model met actuele BTW en inflatie-indices en overige parameters.



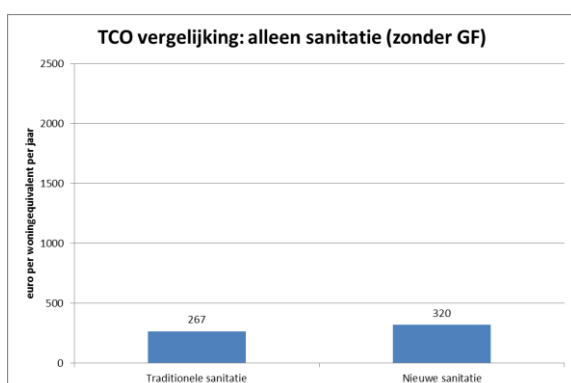
Figuur 1 Vergelijking financiële modellen. Links: Innoforte. Rechts: TCO model versie 20181001 – alleen energie: kasstroom bij annuïtaire afschrijving, BTW en indices voor algemeen, elektriciteit en gas op 0%.

Uit de TCO analyses voor integrale water- en energiesystemen blijkt het MT scenario met nieuwe sanitatie het meest duurzaam en betaalbaar. In zowel het MT als LT scenario zijn bovendien optimalisaties mogelijk.



Figuur 2 Netto Contante Waarde (NCW) van de TCO van het integrale water- en energiesysteem. Kosten in euro per woning per jaar. Bron: 20181001 Grafieken Business Case.

Op basis van een voorlopige splitsing van energie- en waterkosten lijkt 'stand alone' nieuwe sanitatie duurder dan traditionele sanitatie. Deze uitkomst is echter niet in lijn met onderzoeken¹ die door de STOWA (het onderzoeksinstituut van de Unie van Waterschappen) zijn gedaan. Deze onderzoeken geven aan dat nieuwe sanitatie vanaf een schaalgrootte van 2.400 woningen juist goedkoper kan zijn dan traditionele sanitatie.

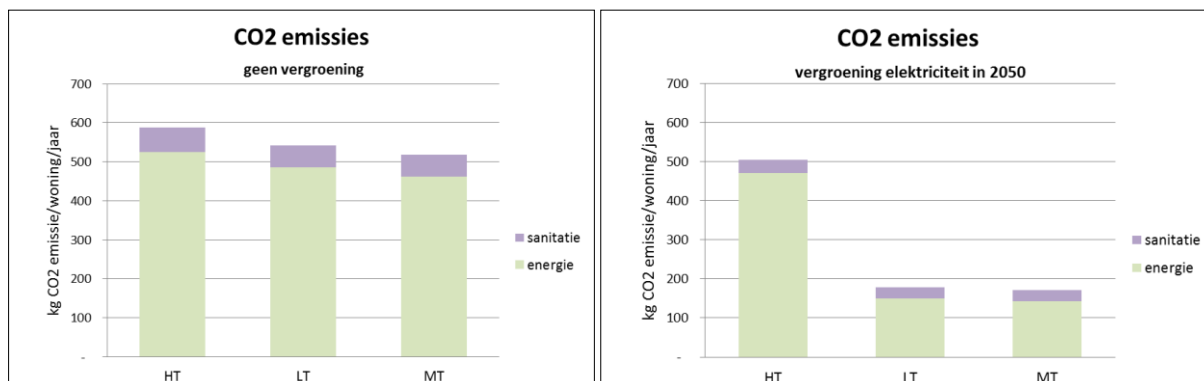


Figuur 3 Vergelijking van traditionele en nieuwe sanitatie. Kosten in euro per woning per jaar. Bron: 20181001 Grafieken Business Case.

¹ STOWA rapport 48, 2014: Nieuwe sanitatie Noorderhoek, Sneek

Duurzaamheidsvergelijking

De CO₂ uitstoot van de verschillende varianten ligt in peiljaar 2018 dicht bij elkaar. Over de gehele evaluatieperiode blijken de LT en MT scenario's echter beduidend duurzamer dan het HT scenario. Dit wordt veroorzaakt door de autonome verduurzaming van Nederlandse elektriciteit, afhankelijk van het succes van het Nederlandse beleid. De verduurzaming van HT stadswarmte is onzeker (bijvoorbeeld geothermie), en voorgenomen maatregelen (zoals de bijstook van Canadese houtsnippers) lijken volgens CE Delft² nauwelijks effect te zullen sorteren.



Figuur 4: CO₂ emissies van de HT, MT en LT scenario's over de gehele evaluatieperiode zonder (links) en met (rechts) verduurzaming van elektriciteit in 2050

Advies

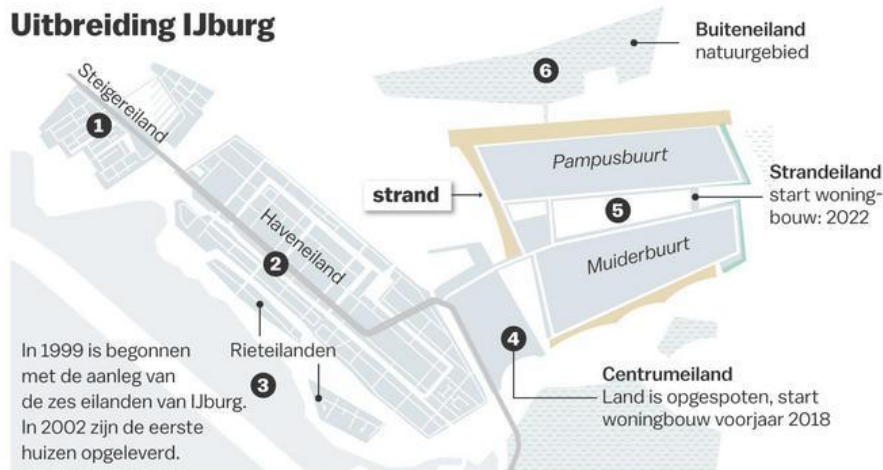
Als energiesysteem is het MT scenario het meest betaalbaar en het meest duurzaam. Reeds geïdentificeerde optimalisaties zullen de betaalbaarheid en duurzaamheid van zowel het LT als het MT scenario nog verbeteren. We adviseren daarom om nu te kiezen voor aquathermie (TEO + TEA + WKO) als basisscenario, en het LT en MT warmtenet voor Strandeiland verder te optimaliseren en door te rekenen.

Nieuwe sanitatie lijkt als 'stand alone' oplossing duurder dan traditionele sanitatie, maar is door synergievoordelen met energie en niet-financiële argumenten (waterkwaliteit, circulaire economie et cetera) toch aantrekkelijk. We adviseren daarom om nieuwe sanitatie in samenhang met het energiesysteem voor Strandeiland verder te ontwikkelen.

² CE Delft 2016: Ketenemissies warmtelevering

1 Introductie

Strandeiland is na Centumeiland het tweede eiland van de 2^e fase van IJburg. Het stedenbouwkundig plan wordt in september 2018 definitief ter inspraak aangeboden. Start woningbouw is in 2022 gepland. Strandeiland wordt een woonwijk met circa 8.000 woningen en ruim 200 utiliteiten (scholen, kantoren, winkels, horeca etc.).



Figuur 5: uitbreiding IJburg

Waternet onderzoekt samen met de gemeente Amsterdam de ambitie om Nieuwe Sanitatie in combinatie met een lokaal, collectief en duurzaam warmtesysteem te realiseren op Strandeiland. Het onderzoek is in drie trajecten gesplitst:

1. Ontwerp, zowel van het Nieuwe Sanitatie-systeem als van het warmte- en koudesysteem.
2. Juridische en organisatorische haalbaarheid van het warmte- en koudesysteem.
3. Economische impact en impact op de duurzaamheid.

Dit document beschrijft de uitkomst van het derde onderzoek: De economische impact en de impact op duurzaamheid. Dit is berekend door Waternet met behulp van een eigen onafhankelijk rekenmodel (TCO-model) dat gebouwd is door Twijnstra Gudde. Dit TCO model is gevalideerd en gevuld door specialisten van Waternet, de Gemeente Amsterdam (G&O, Afval en Grondstoffen, Ruimte en Duurzaamheid), Alliander DGO, TAUW, TU Delft en Installlect.

Aquathermie

In de energiescenario's met lage temperatuur (LT, 15 °C) en midden temperatuur (MT, 40 °C) worden de WKO's thermisch in balans gehouden door duurzame omgevingswarmte (thermische energie) uit afvalwater (TEA) en oppervlaktewater (TEO). TEA en TEO zijn twee vormen van aquathermie, waarbij warmte uit water wordt gewonnen. De potentie van aquathermie in Amsterdam is groot: Geschat wordt dat circa 60% van de warmtebehoefte van Amsterdam via aquathermie ingevuld kan worden. Strandeiland is door zijn ligging in het IJmeer uitermate geschikt om de potentie van aquathermie in praktijk te brengen.

2 Varianten

In deze business case zijn drie varianten vergeleken:

1. **Traditionele sanitatie + 70 °C stadswarmte** (HT scenario, hoge temperatuur)
 - Een traditioneel vuilwaterriool voert het afvalwater af (naar RWZI Amsterdam West).
 - Stadswarmte levert 70 °C ruimteverwarming en warm tapwater en airco's leveren koeling.
2. **Traditionele sanitatie + 70 °C stadswarmte** (HT scenario, hoge temperatuur) zonder koeling.
 - Een traditioneel vuilwaterriool voert het afvalwater af (naar RWZI Amsterdam West)
 - Stadswarmte levert 70 °C ruimteverwarming en warm tapwater. De koelbehoefte van de woningen en utiliteiten wordt in dit scenario dus niet ingevuld.
3. **Nieuwe sanitatie + WKO en 40 °C warmte- en koudenet** (MT scenario, midden temperatuur)
 - Hetzelfde afvalwatersysteem als in variant LT.
 - Warmte uit afvalwater en oppervlaktewater wordt ingezet voor een middentemperatuur (MT) warmte- en koudenet. Centraal opgestelde warmtepompen leveren warm water van 40°C voor ruimteverwarming. Elektrische boosterwarmtepompen in de woningen en utiliteiten leveren tapwater van 65°C.
4. **Nieuwe sanitatie + WKO en 15 °C warmte- en koudenet** (LT scenario, lage temperatuur)
 - Grijs en zwart water worden gescheiden ingezameld. Grondstoffen, biogas en warmte worden teruggewonnen.
 - Warmte uit afvalwater en oppervlaktewater wordt via een lagetemperatuur (LT) warmte- en koudenet van gemiddeld 15 °C aan woningen en utiliteiten geleverd. Individuele elektrische warmtepompen zetten dit om in ruimteverwarming van 40 °C en warm tapwater van 65 °C.

Opmerkingen

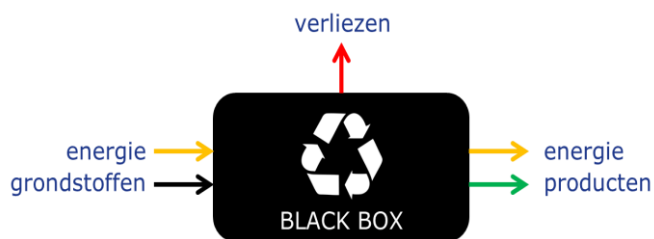
- Scenario 2 is opgenomen om de impact van airco's op de business case in beeld te brengen. In dit scenario wordt niet in koeling voorzien. Het biedt dus minder functionaliteit dan de andere drie scenario's.
- In scenario 2 zijn geen voorzieningen opgenomen om in "zomercomfort" te voorzien. Daarmee voldoet dit scenario niet aan de BENG bouwnorm. In zowel de woningbouw als in de utiliteitsbouw dienen voorzieningen te worden aangebracht voor verwarmen en voor koelen, òf voor zomercomfort als er geen sprake is van actieve koeling. Een temperatuur boven 25°C wordt in het Bouwbesluit aangemerkt als oververhitting.

3 Uitgangspunten

3.1 Systeemgrenzen

De systeemgrens van deze business case valt ruwweg samen met de energie- en afvalwaterstroom. Deze grens ligt grotendeels gelijk met de omtrek van het Strandeiland, maar ook de RWZI West behoort tot de businesscase. Voor de toerekening van de verschillende kosten in de business case geldt:

- Wat van buiten het systeem komt zijn kosten voor de afnemer;
- Wat in het systeem blijft (tussen de partners in deze business case) wordt onderling verrekend in de vorm:
 - o kosten voor de afnemer
 - o opbrengsten voor de producent / leverancier
- Wat het systeem verlaat geeft opbrengsten voor de producent / leverancier.



Figuur 6 Schema met in- en uitgaande stromen van het TCO model

Stromen	Van buiten naar binnen	Binnen de systeemgrens	Van binnen naar buiten
energie	Stadswarmte Oppervlaktewater warmte Elektriciteit	Grijswaterwarmte Warmte Koude Biogas Elektriciteit	Koude naar oppervlaktewater
grondstoffen	Drinkwater		Struviet Zuiveringsslib Effluent

Tabel 1 Overzicht van in, uit- en rondgaande stromen van het TCO model

3.2 TCO model

- Het TCO model berekent de netto contante waarde over een gekozen periode (hier: 50 jaar) voor de gekozen scenario's (hier: HT warmte + traditionele sanitatie, MT warmte + nieuwe sanitatie, LT warmte + nieuwe sanitatie).
- Het model maakt gebruik van een zelf te bepalen BTW-index, kapitaalrente, aflossingsmethodiek, prijsindex, elektriciteitsprijsindex en gasprijsindex (plus de discontovoet om de netto contante waarde te berekenen).
- De prijsontwikkeling kan in beeld worden gebracht vanuit het gezichtspunt van meerdere stakeholders (hier: Waternet drinkwater, Waternet riolering, Waternet AGV, Gemeente G&O, Gemeente afval, Warmtenet-beheerder, Energie-leverancier, Opstalgebruikers en Project-ontwikkelaars).
- Het model kan op schaal van een bepaalde wijk gebracht worden. In dit geval: Strandeiland met 8.000 woningen en 208 utiliteitsgebouwen, in totaal ruim 9.000 woningequivalenten.
- Het model werkt met instelbare standaardprijzen en standaardgegevens voor afzonderlijke componenten (zoals de elektriciteitsprijs, warmtetarieven, de prijs van een rioolwaterzuivering, drinkwaterverbruik per persoon e.d.). Deze gegevens zijn gebaseerd op gepubliceerde literatuurgegevens of op gevalideerde kostenramingen.
- Het TCO model maakt onderscheid tussen investeringskosten, onderhoudskosten, bedrijfsvoeringskosten en inkomsten.

- De uiteindelijke TCO-berekening omvat investeringen, kapitaallasten (CAPEX), operationele kosten (OPEX), eenmalige en structurele inkomsten. Dit wordt omgerekend naar een kasstroom, een TCO eindwaarde (berekend als netto contante waarde), en een gemiddelde TCO per woningequivalent per jaar.

De resultaten per woningequivalent per jaar zijn als volgt berekend:

$$\text{Kosten per variant} = \frac{\sum_{i=1}^{50} TCO_i}{50 \cdot 9000}$$

De jaarlijkse kosten per variant zijn dus genormaliseerd ten opzichte van toekomstige prijsontwikkelingen en het aantal woningequivalenten.

3.3 Inputparameters

<i>Evaluatieperiode</i>	50 jaar (2021 t/m 2070)
<i>Rekenrente</i>	3%
<i>Aflossingsmethode</i>	Lineair
<i>Algemene prijsindex</i>	2%
<i>Index elektriciteitsprijs</i>	3%
<i>Index gasprijs</i>	5%
<i>Afschrijvingstermijn</i>	Technische levensduur
<i>Koudevraag woningen / utiliteiten</i>	Ja
<i>Douchewarmtewisselaars installeren</i>	Ja, Het energie-effect van douchewarmtewisselaars wordt in de berekening meegenomen. De investeringskosten niet.
<i>Grondkosten ruimtebeslag meenemen</i>	Ja, zowel inpandig als openbaar.
<i>Onderhoudskosten</i>	Als percentage van de investering

Deze uitgangspunten gelden voor alle varianten. In Bijlage 1 – kentallen TCO is een totaaloverzicht van de toegepaste kentallen en prijzen gegeven.

Opmerking

Rekenen met de technische levensduur is een afwijking van de algemene standaard: normaal gesproken wordt er gerekend met de economische levensduur. Dat er toch gekozen is voor 'technische levensduur' heeft te maken met een fout in het huidige TCO-algoritme: dit gaat er vanuit dat herinvesteringen plaatsvinden op het moment dat de economische levensduur bereikt is. In de praktijk is dat normaal gesproken niet het geval. Rekenen met de technische levensduur laat weliswaar een afwijkende cashflow zien gedurende de evaluatieperiode, maar laat wel een correcte TCO zien.

3.4 BTW

In het TCO-model wordt het BTW-tarief van 21% toegepast.

In de uitgangspunten is voor elke stakeholder vastgelegd of deze de BTW al dan niet kan verrekenen:

Stakeholder	Kan BTW verrekenen
Waternet drinkwater	Ja
Waternet riolering	Nee
Waternet AGV	Nee
Gemeente G&O	Ja
Gemeente afval	Ja
Warmtenet-beheerder	Ja
Energie-leverancier	Ja
Gebruiker opstal	Nee
Ontwikkelaar/bouwer	Ja
Eigenaar opstal	Ja

Tabel 2 BTW uitgangspunten

Opmerking

Er is nog discussie of de keuze “eigenaar opstal kan BTW verrekenen” terecht is. Een deel van de eigenaren zijn namelijk particulieren die zowel eigenaar als bewoner zijn. Verder is het de vraag in hoeverre woningcorporaties de BTW kunnen verrekenen.

Wijziging van deze keuze naar “eigenaar opstal kan BTW niet verrekenen” zou betekenen dat de jaarlijkse kosten van alle scenario's beperkt zouden stijgen.

3.5 Investeringsen

Als investeringen zijn alle kosten meegenomen die direct kunnen worden toegerekend aan de warmte- en koudevoorziening en aan het sanitatiesysteem.

Dat betekent dat onder andere wél in het TCO-model zijn opgenomen: Specifieke bouwkundige kosten, werktuigbouwkundige kosten, de kosten van elektrotechniek, procesautomatisering, warmtepompen, WKO's, leidingwerk en grondkosten voor zover het voorzieningen en bouwwerken betreft ten behoeve van warmte, koude en sanitatie.

Ook de kosten voor vacuümtoiletten zijn in het TCO-model opgenomen, evenals de kosten voor extra inpandig leidingwerk (vacuümleiding).

De kosten van voedselrestenvermalers zijn alleen in paragraaf 0 meegenomen.

Algemene bouwkosten, bijkomende kosten, aanneemsommen en dergelijke van woonhuizen en utiliteiten zijn niet in het TCO-model opgenomen. Dat geldt ook voor de kosten van voorzieningen die de woningen en utiliteiten energiezuiniger maken, zoals isolatiemateriaal en douchewarmtewisselaars.

3.6 Nuon

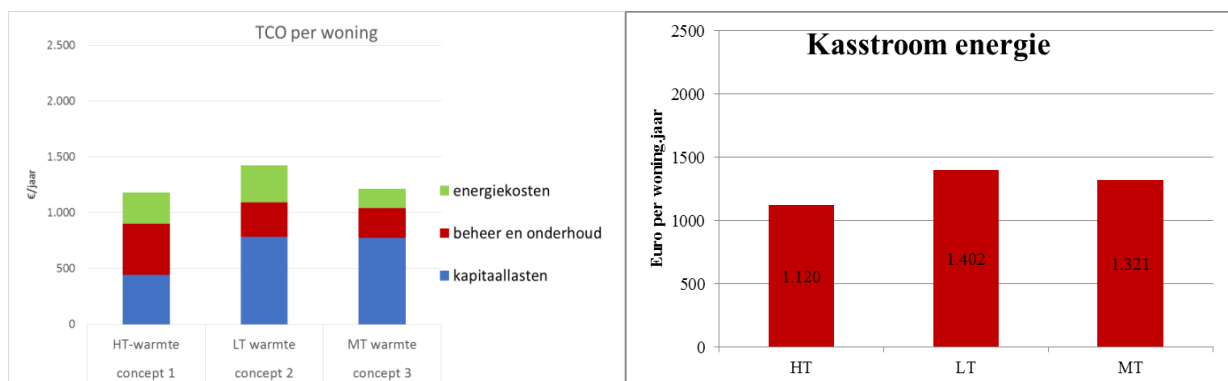
Een berekening van OPEX (operationele kosten) en CAPEX (kapitaallasten voor nieuwe investeringen) voor traditionele HT stadswarmte is niet mogelijk omdat Nuon deze cijfers niet vrijgeeft. De TCO berekening van het HT warmtenet is daarom gebaseerd op de Nuon-tarieven zoals die voor de eindgebruikers gelden. Op basis van de verwachte prijsstijgingen zijn de tarieven van Nuon vervolgens geïndexeerd.

4 De berekeningen van Innoforte en Waternet vergeleken

4.1 Financieel

4.1.1 Alleen energie

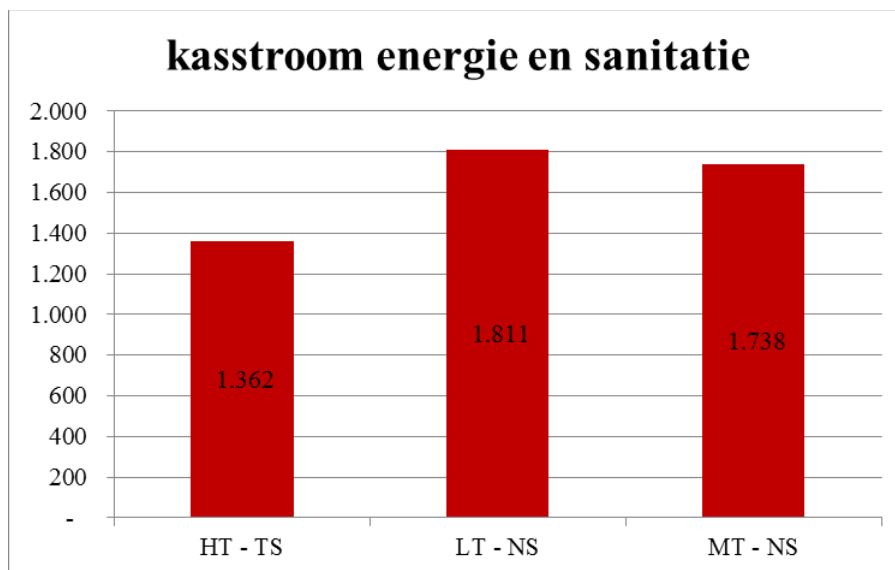
De berekeningen met het nieuwe TCO model zijn vergeleken met de second opinion-analyse van Innoforte. Hiertoe zijn in het TCO model BTW en inflatie-indices op 0% gezet, bij annuïtaire afschrijving. Tevens is alleen naar energie gekeken, en niet naar het integrale water- en energiesysteem (met sanitatie). Om te kunnen vergelijken is bovendien niet gerekend met toekomstige prijsstijgingen, en ook niet met toekomstige verduurzaming van elektriciteit en warmte. De kosten per woning per jaar volgens Innoforte en het TCO model blijken onder deze condities goed vergelijkbaar. Het HT scenario lijkt op basis van deze eenvoudige vergelijking goedkoper te zijn dan het MT en LT scenario.



Figuur 7 Vergelijking financiële modellen. Links: Innoforte. Rechts: TCO model versie 2081001 – alleen energie: kasstroom bij annuïtaire afschrijving, BTW en indices voor algemeen, elektriciteit en gas op 0%.

4.1.2 Energie en water

Vervolgens zijn in het TCO model de berekeningen gemaakt met verschillende indexeringen voor de geïntegreerde scenario's (sanitatie en energie). Om aan te sluiten op het eenvoudige financiële model van Innoforte zijn ook hier in eerste instantie de indexeringen (algemeen, elektriciteit en gas) en BTW op 0% gesteld. We beschouwen vervolgens wederom niet de NCW, maar de kasstroom, met annuïtaire afschrijving, per woningequivalent per jaar. Onder die voorwaarden is het HT scenario met traditionele sanitatie het goedkoopst, zie Figuur 8.



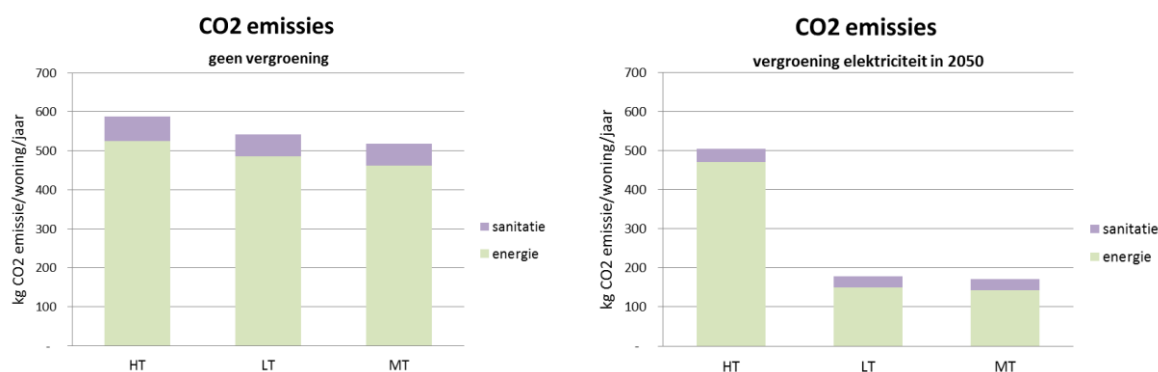
Figuur 8 Eenvoudige vergelijking van energie en sanitatie op basis van kasstroom. TCO model versie 20181001. Indices BTW, gas, elektriciteit en algemeen op 0%. Afschrijving annuïtair.

4.1.3 Conclusie

Hoewel deze eenvoudige kasstroombenadering zonder BTW, prijsstijgingen et cetera het beste aansluit op eerdere rapportages van Innoforte voor andere wijken in Amsterdam, geeft de nieuw ontwikkelde TCO berekening met actuele inflatie-indices, 21% BTW, een reëel volloopsценario, verrekening van inkomsten, sanitatie en verduurzaming een betrouwbaarder toekomstbeeld. Verdere conclusies in deze business case zijn daarom gebaseerd op berekeningen met het TCO model.

4.2 CO₂ emissies

Voor de CO₂ emissies van de scenario's zijn twee berekeningen gemaakt: Eén met de actuele CO₂ emissiefactoren voor energie (elektriciteit en warmte), en één met de autonome verduurzaming van elektriciteit. Aangenomen is een lineaire verlaging van de CO₂ emissiefactor van elektriciteit naar 0 in 2050 (volgens het landelijke beleid). Als eerste stap is de totale CO₂ emissie van de scenario's over de gehele evaluatieperiode berekend. Vervolgens is de totale emissie teruggerekend naar een gemiddelde CO₂ emissie per woningequivalent per jaar. Deze gemiddelde jaarlijkse CO₂ emissie per woning is weergegeven in Figuur 9.



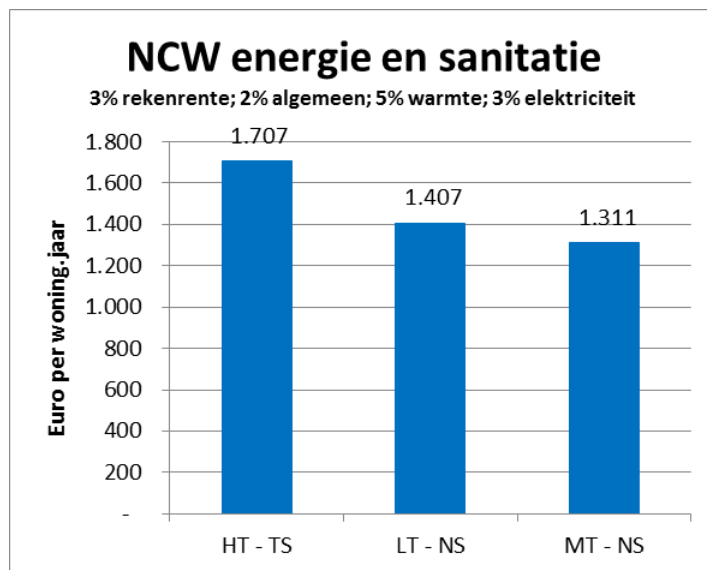
Figuur 9 CO₂ emissies HT, MT en LT scenario's zonder en met vergroening

De berekeningen laten zien dat het LT en MT scenario aanzienlijk minder CO₂ emissie geven dan het HT scenario. In 2050 is de CO₂ emissie van het LT en MT scenario (bij volledige duurzaam opgewekte elektriciteit) zelfs 0.

Het is een grote uitdaging om ook stadswarmte te verduurzamen. Nuon heeft zijn ambities op dit vlak gedeeld, maar heeft geen inzicht gegeven in concrete plannen, haalbaarheid of tempo. In de vakliteratuur is de beschikbaarheid van geothermie en van duurzaam opgewekte waterstof op dit moment onzeker. De verbranding van Canadese of Amerikaanse biomassa (volgens het huidige plan van Nuon voor een biomassacentrale) geeft bijna dezelfde CO₂ emissie als de huidige stadswarmte³. Omdat concrete informatie die de beoogde verduurzaming van stadswarmte ondersteunt ontbreekt, is in de berekeningen geen verduurzaming van stadswarmte opgenomen.

³ CE Delft Stadswarmte ketenemissie rapport.

Het TCO model is ingevuld met de werkelijke historische prijsstijgingen voor algemene kosten (2%), gas (5%) en elektriciteit (3%) volgens het CBS, 21% BTW en lineaire afschrijving (volgens de financiële regels van Waternet). Onder deze condities ontstaat een geheel ander beeld: Het LT en MT scenario (met nieuwe sanitatie) blijken juist goedkoper te zijn dan het HT scenario (met traditionele sanitatie).



Figuur 10 TCO vergelijking van energie en sanitatie scenario's. TCO model versie 20181001. BTW 21%, inflatie gas 5%, elektriciteit 3%, algemeen 0%. Afschrijving annuïtair.

Hoewel de eenvoudige 'basisberekening' (Figuur 8, indices op 0%) het beste aansluit op eerdere rapportages van Innoforte voor andere wijken in Amsterdam, geeft de nieuw ontwikkelde TCO berekening met de actuele indices een reëler en genuanceerder toekomstbeeld. Verdere conclusies in dit rapport zijn daarom op het TCO model gebaseerd, ingevuld met actuele indices.

5 TCO berekeningen sanitatie en energie

Het model voor deze resultaten is versie 20181001.

Opmerking: in de hier volgende vergelijkingen is **geen** GFE-afval meegenomen.

5.1 Investeringsen

In de volgende tabel worden de initiële investeringen voor de vier scenario's vergeleken. De investeringen zijn per stakeholder uitgesplitst. Herinvesteringen die in een later stadium gedaan moeten worden voor technisch afgeschreven componenten zijn in dit overzicht niet meegenomen. Voor de warmtenetbeheerder zijn geen investeringen voor de HT-scenario's (stadswarmte) opgenomen omdat deze door Nuon niet bekend worden gemaakt.

Totale initiële investeringen in sanitatie en energie (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	GEMEENTE AFVAL	WARMTENET-BEHEERDER	ENERGIE-LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL M€
HT + traditionele sanitatie		22	11						27		61
HT + traditionele sanitatie zonder koeling		22	11						5		39
MT + nieuwe sanitatie		30	30			73			65		197
LT + nieuwe sanitatie		30	30			45			80		185

Tabel 3 Initiële investeringen sanitatie en energie per scenario en per partner

In totaal lijkt het scenario "MT + nieuwe sanitatie" om de hoogste totale investeringen te vragen: 197 M€. De totale investeringskosten voor het HT warmtenet zijn echter onbekend, en zijn daarom op 0 gesteld zijn. In het TCO model zijn deze investeringen onderdeel van de jaarlijkse HT tarieven.

De investeringen MT / LT + Nieuwe Sanitatie zijn ook hoger want:

- Riolering: een gescheiden rioleringssysteem is duurder dan een traditioneel leidingenstelsel.
- AGV: een lokale zuivering is duurder dan uitbreiding van zuivering West.
- Opstalgebruikers: investeren in warmtepompen, vacuümtoiletten, en in gescheiden in pandige afvoerleidingen.

De investeringen voor de warmtenetbeheerder zijn lager in het LT scenario (2 leidingen in de straat) dan in het MT scenario (4 leidingen in de straat die bovendien beter geïsoleerd moeten zijn).

De investeringen voor de ontwikkelaars / bouwers zijn in het LT scenario hoger dan in het MT scenario. Ontwikkelaars van gebouwen die op een MT warmtenet zijn aangesloten hoeven alleen booster-warmtepompen aan te schaffen voor hun warme tapwater. Ontwikkelaars van gebouwen die op een LT warmtenet zijn aangesloten moeten duurdere warmtepompen aanschaffen die ruimteverwarming kunnen leveren en warm tapwater.

De investeringen voor de ontwikkelaars / bouwers zijn in het HT scenario met koeling hoger dan in het HT scenario zonder koeling. Het verschil is de aanschaf van airco's.

5.2 TCO HT + traditionele sanitatie inclusief koeling

In de volgende tabel is de total cost of ownership van het scenario “Hoge Temperatuur + traditionele sanitatie” uitgesplitst: Kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. Deze leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde). Per woningequivalent⁴ zal de TCO in totaal naar verwachting € 1.707,- per jaar bedragen.

TCO van HT + traditionele sanitatie incl. koeling (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET- BEHEERDER	ENERGIE- LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten		-40	-37					-34	-117	-228
Totaal operationele kosten		-24	-46				-343	-77	-255	-744
Totaal kosten		-64	-82				-343	-111	-372	-973
Totaal inkomsten	100	67	69	9						245
TCO (Totale kasstroom)	164	29	4	9			-907	-111	-946	-1759
TCO (NCW)	81	12		9			-384	-104	-383	-768
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)	€ 180,-	€ 27,-		€ 20,-			- € 853,-	- € 231,-	- € 851,-	- € 1.707,-

Tabel 4 Uitsplitsing van de TCO voor het HT scenario met traditionele sanitatie

5.3 TCO HT + traditionele sanitatie zonder koeling

In de volgende tabel is de total cost of ownership van het scenario “Hoge Temperatuur + traditionele sanitatie *zonder koeling*” uitgesplitst: kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. Deze leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde). Per woningequivalent zal de TCO in totaal naar verwachting € 1.420,- per jaar bedragen.

TCO van HT + traditionele sanitatie zonder koeling (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET- BEHEERDER	ENERGIE- LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten		-40	-37					-7	-10	-94
Totaal operationele kosten		-24	-46				-329	-77	-190	-665
Totaal kosten		-64	-82				-329	-84	-200	-759
Totaal inkomsten	100	67	69	9						245
TCO (Totale kasstroom)	164	29	4	9			-874	-84	-728	-1481
TCO (NCW)	81	12		9			-369	-82	-292	-639
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)	€ 180,-	€ 27,-		€ 20,-			- € 820,-	- € 182,-	- € 649,-	- € 1.420,-

Tabel 5 Uitsplitsing van de TCO voor het HT scenario met traditionele sanitatie zonder koeling

⁴ Strandeiland zal 9.000 woningequivalenten gaan tellen: 8.000 woningen en naar schatting 1.000 woningequivalenten aan utiliteiten.

5.4 TCO MT + nieuwe sanitatie

In de volgende tabel is de total cost of ownership van het scenario “Middentemperatuur + nieuwe sanitatie” uitgesplitst: Kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. Deze leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde). Per woningequivalent zal de TCO in totaal naar verwachting € 1.311,- per jaar bedragen.

TCO van MT + nieuwe sanitatie (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET- BEHEERDER	ENERGIE- LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten		-60	-93		-202			-83	-279	-716
Totaal operationele kosten		-31	-43		-52	-39	-277	-46	-276	-765
Totaal kosten		-91	-136		-254	-39	-277	-129	-554	-1481
Totaal inkomsten	86	67	89	9	182	49				481
TCO (Totale kasstroom)	140	-4	-18	9	1	6	-493	-129	-749	-1238
TCO (NCW)	70	-4	-11	9	3	3	-226	-111	-323	-590
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)	€ 156,-	- € 9,-	- € 24,-	€ 20,-	€ 7,-	€ 7,-	- € 502,-	- € 247,-	- € 718,-	- € 1.311,-

Tabel 6 Uitsplitsing van de TCO voor het MT scenario met nieuwe sanitatie

5.5 TCO LT + nieuwe sanitatie

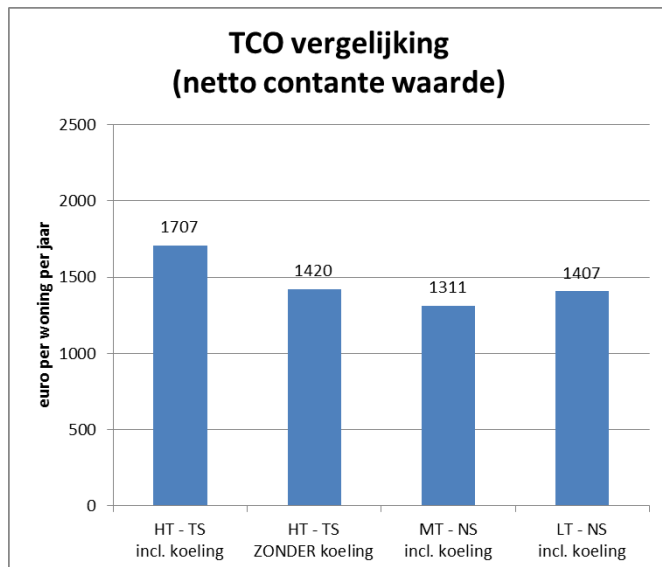
In de volgende tabel is de total cost of ownership van het scenario “Lage temperatuur + nieuwe sanitatie” uitgesplitst: Kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. Deze leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde). Per woningequivalent zal de TCO in totaal naar verwachting € 1.407,- per jaar bedragen.

TCO van LT + nieuwe sanitatie (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET- BEHEERDER	ENERGIE- LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten		-60	-93		-137			-102	-352	-743
Totaal operationele kosten		-31	-39		-34	-18	-299	-46	-302	-769
Totaal kosten		-91	-132		-171	-18	-299	-147	-654	-1512
Totaal inkomsten	86	67	83	9	182	24				450
TCO (Totale kasstroom)	140	-4	-19	9	97	9	-560	-147	-867	-1343
TCO (NCW)	70	-4	-11	9	52	3	-255	-126	-372	-633
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)	€ 156,-	- € 9,-	- € 24,-	€ 20,-	€ 116,-	€ 7,-	- € 567,-	- € 280,-	- € 827,-	- € 1.407,-

Tabel 7 Uitsplitsing van de TCO voor het LT scenario met nieuwe sanitatie

5.6 TCO vergelijking van de scenario's

Onderstaande figuur vergelijkt de TCO's van de verschillende energie- en waterscenario's.



Figuur 11 TCO vergelijking energie + sanitatie per woningequivalent per jaar

5.7 TCO per partner

In deze paragraaf wordt de TCO voor de verschillende scenario's per afzonderlijke partner toegelicht.

Opmerking

Om Strandeiland over de hele periode van 50 jaar een duurzaam betaalbaar project te laten zijn zal het resultaat voor elke afzonderlijke partner in het project uiteindelijk positief moeten zijn. Waarschijnlijk zijn daar onderlinge verrekeningen of overhevelingen voor nodig. Dat soort verrekeningen is in het huidige model niet meegenomen.

TCO (M€)	HT + traditionele sanitatie	MT + nieuwe sanitatie	LT + nieuwe sanitatie	toelichting
Gemeente – drinkwater	81	70	70	In de LT en MT scenario's wordt door nieuwe sanitatie circa 25% water bespaard, en zijn de inkomsten uit drinkwater dus lager.
Gemeente – riolering	12	-4	-4	De LT en MT scenario's met nieuwe sanitatie zijn duurder ten gevolge van de extra vacuümriolering.
Gemeente – G&O	9	9	9	G&O ontvangt baten uit de grondkosten van opstalgebruikers, utiliteit en Waternet. In het traditionele scenario worden huizen, utiliteiten en traditionele energievoorzieningen op Strandeiland gebouwd, en wordt afvalwater op West gezuiverd. In de LT en MT scenario's wordt de afvalwaterzuivering op Strandeiland gebouwd. Er bestaat er een risico dat (een deel van) de hogere stichtingskosten, die nu onder de partij "ontwikkelaar/bouwer" vallen, uiteindelijk ten laste van de grondexploitatie (G&O) komen. G&O geeft gronden uit en ontvangt daarvoor grondopbrengsten. Deze opbrengsten worden residueel bepaald. Op de marktwaarde van de woning worden de stichtingskosten in aftrek gebracht. De resultante is de residuele grondwaarde. Doordat de stichtingskosten bij toepassing van nieuwe sanitatie stijgen, daalt (bij een gelijkblijvende marktwaarde) in theorie de residuele grondwaarde met eenzelfde bedrag. In de grondexploitatie dient hiervoor een risicovoorziening te worden opgenomen.
Gemeente (subtotaal)	102	75	75	

TCO (M€)	HT + traditionele sanitatie	MT + nieuwe sanitatie	LT + nieuwe sanitatie	toelichting
AGV	-	-11	-11	De investering in de zuivering bij nieuwe sanitatie is hoger dan bij traditionele zuivering. De operationele kosten voor nieuwe sanitatie zijn echter lager door efficiëntere zuivering en extra teruggewonnen energie en grondstoffen, en door de inkomsten uit warmte.
Warmtenetbeheerder	-	3	52	De warmtenetbeheerder heeft inkomsten uit vastrecht en aansluitkosten (zie §0). In het LT scenario heeft de warmtenetbeheerder lagere kapitaallasten en lagere onderhoudskosten.
Energieleverancier	-	3	3	De energieleverancier koopt energie in en verkoopt deze aan de opstalgebruikers. Gekozen in- en verkooptarieven (warmte, koude): zie §0
Gebruikers opstal	-384	-226	-126	Opstalgebruikers betalen voor drinkwater, riolering, zuivering, en afgenomen warmte en koude.
Ontwikkelaar / bouwer	-104	-111	-259	In de nieuwe sanitatie scenario's investeren de ontwikkelaars in warmtepompen (in het MT scenario alleen in boosterwarmtepompen voor warm tapwater), in vacuümtoiletten, en in gescheiden in pandige afvoerleidingen.
Eigenaar opstal	-383	-323	-372	Opstal-eigenaren betalen onderhoud en vastrecht, en de vervanging van kapitaalgoederen die technisch afgeschreven zijn.
Totaal	-768	-590	-633	

Warmtenetbeheerder

De warmtenetbeheerder investeert in de WKO, de centrale warmtepompen en het warmtenet.

NB: deze investeringen zouden ook aan andere partners toebedeeld kunnen worden, zonder dat dit effect heeft op de TCO van het totaal. Het is bijvoorbeeld voorstelbaar dat de gemeente Amsterdam via Waternet in WKO's zou willen investeren. De inkomsten voor de warmtenetbeheerder bestaan uit aansluitbijdragen en vastrecht voor warmteaansluitingen. Deze tarieven zijn als volgt gekozen:

	HT		MT / LT	
	woning	utiliteit	woning	utiliteit
aansluitbijdrage	€ 6.500	€ 15.000	€ 3.000	€ 4.000
vastrecht	€ 385	€ 385	€ 385	€ 385

Tabel 8 Overzicht aansluitbijdragen en vastrechten per warmtescenario

De NCW van het HT scenario is niet bekend, omdat Nuon geen inzage geeft in de business case van een HT warmtenet op Strandeiland. Nuon heeft hierbij zowel de rol van warmtenetbeheerder als energieleverancier. Op basis van het gegeven dat Nuon een warmtenet zou willen exploiteren, gaan we er vanuit dat het HT scenario binnen de randvoorwaarden van Nuon (winstmarge) minimaal kostendekkend is (0 M€). Eventuele winst zou niet ten goede komen aan de partners in deze vergelijking, maar aan Nuon.

Energieleverancier

De energieleverancier doet binnen de demarcatie van deze business case geen investeringen: Het warmtenet wordt bekostigd door de warmtenetbeheerder, de energie-opwek en –opslag eveneens door de warmtenetbeheerder of een andere partner, en de aansluitingen en afleversets door de gebruikers. De energieleverancier koopt warmte uit grijs water en oppervlaktewater in, en heeft kosten aan de centrale warmtepompen en de circulatiepompen van het warmtenet. Zijn inkomsten bestaan uit vastrecht en de verkoop van warmte en koude. Deze tarieven zijn als volgt gekozen:

warmte	inkoop	verkoop
warmte uit grijswater	5 €/GJ	
warmte uit oppervlaktewater	5 €/GJ	
LT warmte		8 €/GJ
MT warmte		12 €/GJ

Tabel 9 Overzicht in- en verkooptarieven van LT en MT warmte

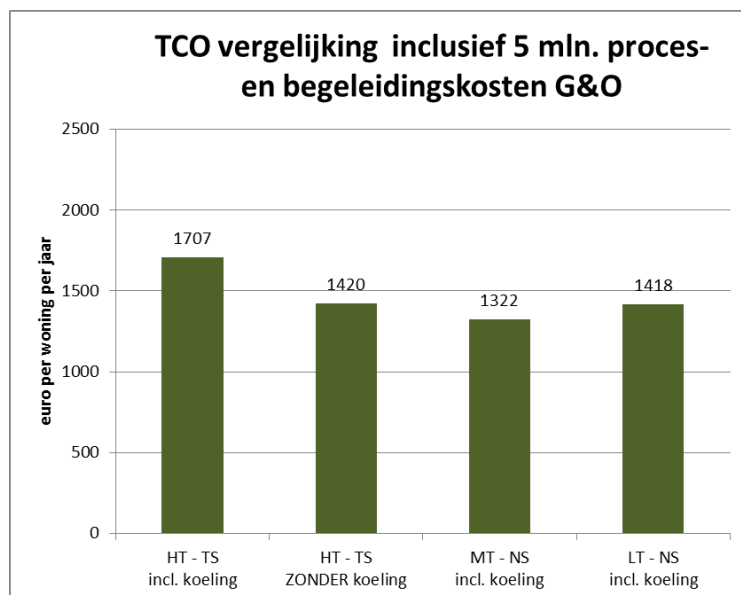
5.8 Extra investering: proces- en begeleidingskosten Grond & Ontwikkeling

Bij toepassing van nieuwe sanitatie en een WKO-gebaseerd energiesysteem geeft G&O aan extra proces- en begeleidingskosten te maken. Deze meerkosten worden geschat op € 5 mln. Deze extra investering kon nog niet worden opgenomen in de nu voorliggende volledige business case. Een eerste analyse laat zien dat deze extra investering globaal de volgende effecten heeft:

Totale initiële investeringskosten sanitatie en energie INCLUSIEF PROCES- EN BEGELEIDINGS-KOSTEN G&O	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	GEMEENTE AFVAL	WARMTENET- BEHEERDER	ENERGIE- LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL M€
HT + traditionele sanitatie		22	11						27		61
HT + traditionele sanitatie <i>zonder koeling</i>		22	11						5		39
MT + nieuwe sanitatie		30	30	5		73			65		202
LT + nieuwe sanitatie		30	30	5		45			80		190

Tabel 10 Totale initiële investeringskosten sanitatie en energie inclusief proces- en begeleidingskosten G&O

De TCO's van de HT-scenario's blijven onveranderd, terwijl de beide LT-scenario's ieder € 11,- oftewel 0,8% per woning per jaar duurder worden.



Figuur 12 TCO sanitatie en energie inclusief proces- en begeleidingskosten G&O

6 TCO berekeningen – alleen energie

Disclaimer

In de hoofdstukken 0 tot en met 8 zijn de kosten van afzonderlijke deelsystemen in beeld gebracht en vergeleken:

- Sanitatiesystemen afzonderlijk
- Energiesystemen afzonderlijk
- Nieuwe sanitatiesysteem met en zonder verwerking van GFE afval

Deze deelsystemen zijn in beeld gebracht door de TCO-berekening voor het totale systeem rekenkundig te splitsen. Deze splitsing is nog niet helemaal volledig. In totaal verschillen de kosten van de deelsystemen daardoor van de kosten van het totale systeem.

De kosten van het totale systeem (hoofdstuk 5) zijn goed gevalideerd. De kosten van de deelsystemen moeten als indicatief beschouwd worden.

De TCO-berekeningen in hoofdstuk 5 zijn gemaakt voor het totale systeem van energie + sanitatie. We gaan er van uit dat een integraal systeem diverse synergievoordelen oplevert. We kunnen de TCO-vergelijking echter ook apart voor de 'kale' energiesystemen maken. De kosten en inkomsten van het afvalwatersysteem worden in deze paragraaf dus buiten beschouwing gelaten. Aangenomen wordt dat 30% van de kosten voor het water- en energiegebouw toe te rekenen zijn aan het energiesysteem.

6.1 Investerings

In de volgende tabel worden de initiële investeringen voor de energiesystemen van de vier scenario's vergeleken, voor zover deze bekend zijn (de investeringen voor HT stadswarmte worden door Nuon niet bekend gemaakt). De investeringen zijn per stakeholder uitgesplitst. Herinvesteringen die in een later stadium gedaan moeten worden voor technisch afgeschreven componenten zijn in dit overzicht niet meegenomen.

De investeringen voor de warmtenetbeheerder zijn lager in het LT scenario (2 leidingen in de straat) dan in het MT scenario (4 leidingen in de straat die bovendien beter geïsoleerd moeten zijn).

De investeringen voor de ontwikkelaars / bouwers zijn in het LT scenario hoger dan in het MT scenario. Ontwikkelaars van gebouwen die op een MT warmtenet zijn aangesloten hoeven alleen booster-warmtepompen te installeren voor warm tapwater. Ontwikkelaars van gebouwen die op een LT warmtenet zijn aangesloten moeten duurdere warmtepompen installeren die ruimteverwarming kunnen leveren én warm tapwater.

Totale initiële investeringen energiesysteem (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	GEMEENTE AFVAL	WARMTENET-BEHEERDER	ENERGIE-LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL M€
HT energiesysteem									26		26
HT energiesysteem zonder koeling									4		4
MT energiesysteem			4			73			57		133
LT energiesysteem			4			45			72		121

Tabel 11 Initiële investeringen energie per scenario en per partner

6.2 TCO van een apart HT energiesysteem *inclusief koeling*

In de volgende tabel is de total cost of ownership van het energiescenario “HT inclusief koeling” uitgesplitst: kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. Deze leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde). Per woningequivalent zal de TCO in totaal naar verwachting € 1.467,- per jaar bedragen.

TCO van HT energiesysteem <i>inclusief koeling</i> (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET- BEHEERDER	ENERGIE- LEVERANCIER	GEbruiker OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten								-33	-115	-148
Totaal operationele kosten							-138	-61	-224	-423
Totaal kosten							-138	-94	-340	-571
Totaal inkomsten				6						6
TCO (Totale kasstroom)				6			-558	-94	-892	-1537
TCO (NCW)				6			-222	-87	-358	-660
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)				€ 13,-			- € 493,-	- € 193,-	- € 796,-	- € 1.467,-

Tabel 12 Uitsplitsing van de TCO voor het HT scenario

6.3 TCO van een apart HT energiesysteem *zonder koeling*

In de volgende tabel is de total cost of ownership van het energiescenario “HT zonder koeling” uitgesplitst: Kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. Deze leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde). Per woningequivalent zal de TCO in totaal naar verwachting € 1.180,- per jaar bedragen.

TCO van HT energiesysteem <i>zonder koeling</i> (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET- BEHEERDER	ENERGIE- LEVERANCIER	GEbruiker OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten								-14		-14
Totaal operationele kosten							-123	-61	-159	-343
Totaal kosten							-123	-76	-159	-358
Totaal inkomsten				6						6
TCO (Totale kasstroom)				6			-524	-76	-665	-1258
TCO (NCW)				6			-207	-68	-263	-531
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)				€ 13,-			- € 460,-	- € 151,-	- € 584,-	- € 1.180,-

Tabel 13 Uitsplitsing van de TCO voor het HT scenario zonder koeling

6.4 TCO van een apart MT energiesysteem

In de volgende tabel is de total cost of ownership van het energiescenario “midentemperatuur” uitgesplitst: Kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. Deze leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde). Per woningequivalent zal de TCO in totaal naar verwachting € 969,- per jaar bedragen.

TCO van MT energiesysteem (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET-BEHEERDER	ENERGIE-LEVERANCIER	GEbruiker OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten			-16		-202			-71	-263	-551
Totaal operationele kosten		-1	-6		-50	-39	-94	-29	-234	-453
Totaal kosten		-1	-22		-252	-39	-94	-100	-497	-1004
Totaal inkomsten			18	6	182	49				254
TCO (Totale kasstroom)		-1	5	6	5	6	-180	-100	-662	-922
TCO (NCW)			2	6	5	3	-81	-86	-284	-436
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)			€ 4,-	€ 13,-	€ 11,-	€ 7,-	- € 180,-	- € 191,-	- € 631,-	- € 969,-

Tabel 14 Uitsplitsing van de TCO voor het MT scenario

6.5 TCO van een apart LT energiesysteem

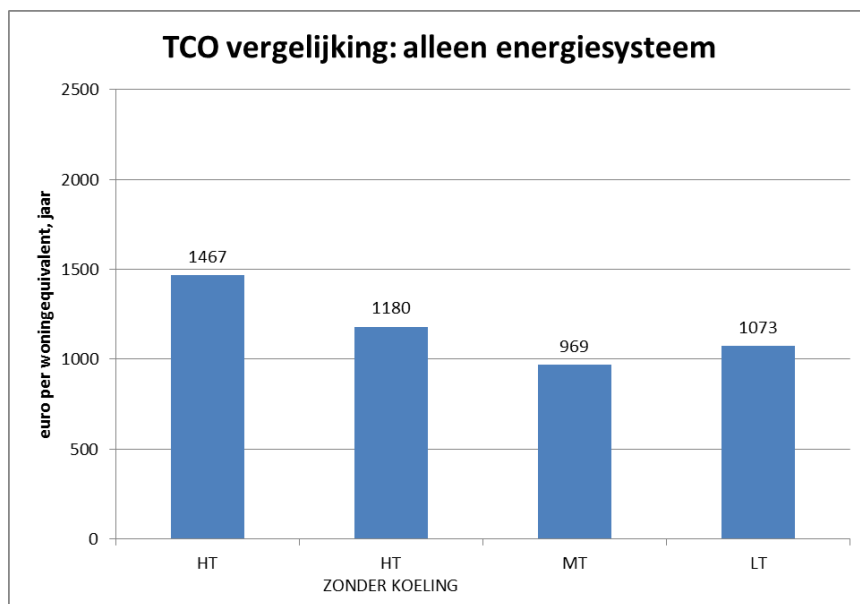
In de volgende tabel is de total cost of ownership van het energiescenario “lage temperatuur” uitgesplitst: kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. Deze leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde). Per woningequivalent zal de TCO in totaal naar verwachting € 1.073,- per jaar bedragen.

TCO van LT energiesysteem (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET-BEHEERDER	ENERGIE-LEVERANCIER	GEbruiker OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten			-16		-137			-90	-335	-578
Totaal operationele kosten		-1	-6		-32	-18	-116	-29	-260	-461
Totaal kosten		-1	-21		-169	-18	-116	-119	-595	-1039
Totaal inkomsten			13	5	182	24				224
TCO (Totale kasstroom)		-1	-4	5	101	9	-247	-119	-779	-1036
TCO (NCW)			-2	5	54	3	-110	-101	-333	-483
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)			- € 4,-	€ 11,-	€ 120,-	€ 7,-	- € 244,-	- € 224,-	- € 740,-	- € 1.073,-

Tabel 15 Uitsplitsing van de TCO voor het LT scenario

6.6 TCO vergelijking van de energievarianten

Onderstaande figuur vergelijkt de TCO's van de verschillende energiescenario's.



Figuur 13: TCO vergelijking energiesysteem per woningequivalent per jaar

7 TCO berekeningen - alleen sanitatie

De TCO-berekeningen in hoofdstuk 5 zijn gemaakt voor het totale systeem van energie + sanitatie. We gaan er van uit dat zo'n systeem diverse synergievoordelen oplevert. We kunnen de TCO-vergelijking echter ook apart voor de sanitatiesystemen maken, dus zonder koppeling met het energiesysteem. Daarbij is de voorlopige aanname gedaan dat 70% van de gezamenlijke kosten (met name de kosten voor het water- en energiegebouw) toe te rekenen zijn aan nieuwe sanitatie.

NB: ook in deze varianten gaat de inzameling en verwerking van GFE-afval **niet** via het riool.

7.1 Investerings

In de volgende tabel worden de initiële investeringen voor de sanitatie-varianten vergeleken.

De investeringen zijn per stakeholder uitgesplitst. Herinvesteringen die in een later stadium gedaan moeten worden voor technisch afgeschreven componenten zijn in dit overzicht niet meegenomen.

Voor een nieuwe sanitatie-systeem zijn de initiële investeringen hoger, want:

- Riolering: een gescheiden rioleringssysteem voor grijs en zwart water, inclusief vacuümriolering en toebehoren is duurder dan een traditioneel leidingstelsel.
- AGV: een lokale zuivering (met gescheiden behandeling van zwart en grijs water, terugwinning van grondstoffen en beheersmaatregelen in verband met biogas, geluid en geur) is duurder dan uitbreiding van zuivering West.
- Ontwikkelaars / bouwers: investeren in warmtepompen, vacuümtoiletten, en in gescheiden in pandige afvoerleidingen.

Totale initiële investeringskosten sanitatiesysteem (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	GEMEENTE AFVAL	WARMTENET-BEHEERDER	ENERGIE-LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL M€
Traditionele sanitatie		22	11						5		39
Nieuwe sanitatie		30	19						13		61

Tabel 16 Initiële investeringen sanitatie per scenario en per partner

7.2 TCO van een apart traditioneel sanitatiesysteem

In de volgende tabel is de total cost of ownership van een traditioneel sanitatiesysteem uitgesplitst: kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. De operationele kosten (onderhouds- en bedrijfsvoeringskosten) van de afvalwaterketen bestaan onder andere uit kosten voor personeel, elektriciteit, chemicaliën en slibverwerking. De kosten en baten leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde).

Per woningequivalent zal de TCO van een traditioneel sanitatiesysteem in totaal naar verwachting € 267- per jaar bedragen.

TCO van traditionele sanitatie (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET-BEHEERDER	ENERGIE-LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten		-40	-37					-7	-10	-94
Totaal operationele kosten		-24	-46				-208	-7	-35	-320
Totaal kosten		-64	-82				-208	-14	-45	-414

TCO van traditionele sanitatie (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET- BEHEERDER	ENERGIE- LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal inkomsten	91	67	69	3						230
TCO (Totale kasstroom)	155	29	4	3			-356	-14	-70	-249
TCO (NCW)	72	12	1	3			-165	-12	-32	-120
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)	€ 160,-	€ 27,-	€ 2,-	€ 7,-			- € 367,-	- € 27,-	- € 71,-	- € 267,-

Tabel 17 Uitsplitsing van de TCO voor traditionele sanitatie

7.3 TCO van een apart nieuwe sanitatie-systeem

In de volgende tabel is de total cost of ownership van een nieuwe-sanitatiesysteem uitgesplitst: Kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. De belangrijkste opbrengsten en besparingen van nieuwe sanitatie zijn de efficiëntie van de zuivering, drinkwaterbesparing, extra biogas, teruggewonnen warmte en extra struviet.

De kosten en baten leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde).

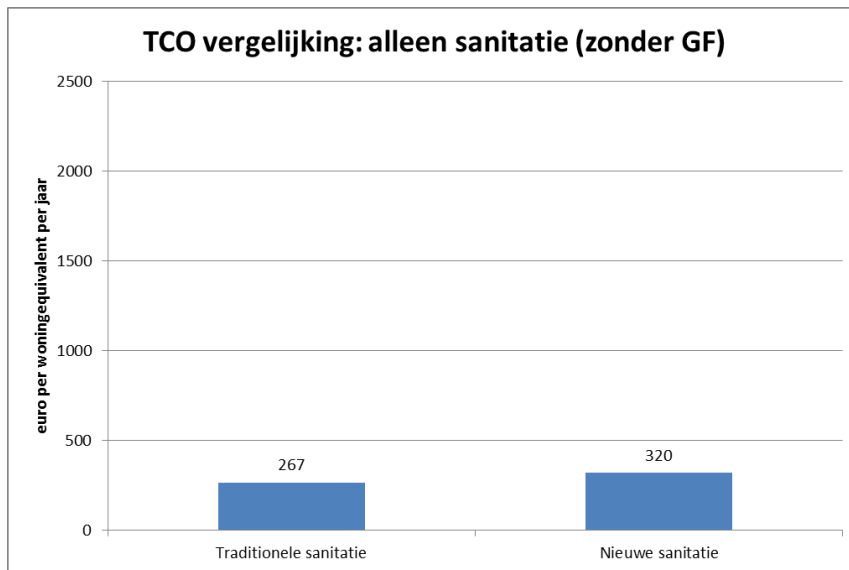
Per woningequivalent zal de TCO van een traditioneel sanitatiesysteem in totaal naar verwachting € 320,- per jaar bedragen. De extra kosten van nieuwe sanitatie bedragen in totaal dus € 53,- per woningequivalent per jaar ten opzichte van traditionele sanitatie.

TCO van nieuwe sanitatie (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	WARMTENET- BEHEERDER	ENERGIE- LEVERANCIER	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten		-60	-59					-18	-25	-161
Totaal operationele kosten		-31	-24				-184	-6	-46	-291
Totaal kosten		-91	-83				-184	-24	-71	-452
Totaal inkomsten	75	67	71	2						215
TCO (Totale kasstroom)	127	-3	20	2			-313	-24	-103	-294
TCO (NCW)	59	-3	8	2			-145	-19	-45	-144
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)	€ 131,-	- € 7,-	€ 18,-	€ 4,-			- € 322,-	- € 42,-	- € 100,-	- € 320,-

Tabel 18 Uitsplitsing van de TCO voor het HT scenario met traditionele sanitatie

7.4 TCO vergelijking van de sanitatiescenario's

Onderstaande figuur vergelijkt de TCO's van de verschillende sanitatiescenario's.



Figuur 14 TCO vergelijking sanitatiescenario's per woningequivalent per jaar

Opmerking

Een deel van de voordelen van nieuwe sanitatie is kwalitatief en kan niet direct in geld worden uitgedrukt. Zie Bijlage 3.

Opmerking

De uitkomst dat nieuwe sanitatie duurder lijkt dan traditionele sanitatie is niet in lijn met onderzoek⁵ dat door de STOWA naar nieuwe sanitatie is gedaan. Dit onderzoek geeft aan dat vanaf een schaalgrootte van 2.400 woningen nieuwe sanitatie goedkoper zou kunnen zijn dan traditionele sanitatie.

Factoren die het negatieve verschil voor Strandeiland kunnen verklaren zijn:

- a) Er zijn conservatieve ramingen gemaakt voor nieuwe sanitatie op Strandeiland;
- b) We vergelijken een eerste nieuwe sanitatie-project op kleine schaal (8.000 woningen) met de rioolwaterzuivering West. Dat is een zeer grote afvalwaterzuivering (>400.000 woningen), die het eindresultaat is van decennialange optimalisaties. De kosten van de rwzi West zijn dus te beschouwen als "optimaal laag".

⁵ STOWA rapport 48, 2014: Nieuwe sanitatie Noorderhoek, Sneek

8 Wel of geen GFE afval afvoeren via het riool?

Bij nieuwe sanitatie is het mogelijk om óók het GFE (groente, fruit en etensresten) afval via het vacuümriool af te voeren. Daarvoor moet het GFE afval eerst met een voedselrestenmaler vermalen worden. Uit het op deze manier ingezamelde GFE afval kunnen extra biogas en grondstoffen teruggewonnen worden. Met voedselrestenvermalers kan het afvalscheidingspercentage in hoogstedelijke omgevingen en in hoogbouw sterk verhoogd worden. Voedselrestenvermalers zorgen ook voor extra wooncomfort. Door GFE via het riool af te voeren dalen de kosten van inzameling en verwerking van het huisafval, en kan het aantal vervoersbewegingen verminderd worden. Nadelen zijn o.a. de hoge kosten van voedselrestenvermalers, en het feit dat GFE via het riool volgens de wet een afvalstatus krijgt, en daarmee veel minder toepassingsmogelijkheden dan bijvoorbeeld compost.

8.1 Disclaimer bij paragrafen 8.2 tot en met 8.5

De volgende paragrafen laten een gedeeltelijke kosten-batenvergelijking zien tussen nieuwe sanitatie met en zonder verwerking van GFE (groente, fruit en etensresten). In deze vergelijking zijn alleen de kosten en opbrengsten van het riolsysteem meegenomen (met name: leidingwerk, voedselrestenvermalers, opbrengsten biogas). De kosten en opbrengsten van het gemeentelijke afvalopphaalsysteem zijn op dit moment nog onvolledig in beeld en maken geen onderdeel uit van deze vergelijking, met name de kosten voor containers, inzamel-, transport- en verwerkingskosten etc. Er is ook geen vergelijking gemaakt voor de CO₂-uitstoot voor deze beide trajecten. Ook de kwalitatieve verschillen (met name comfort voor opstalgebruikers, vermindering van transportbewegingen) zijn niet opgenomen in deze business case.

8.2 Nieuwe sanitatie met en zonder GFE afval

In de volgende tabel worden de initiële investeringen voor nieuwe sanitatie met en zonder verwerking van GFE afval vergeleken. De investeringen zijn per stakeholder uitgesplitst. Herinvesteringen die in een later stadium gedaan moeten worden voor technisch afgeschreven componenten zijn in dit overzicht niet meegenomen. Voor nieuwe sanitatie met GFE verwerking zijn de initiële investeringen hoger in verband met de te installeren voedselrestenvermalers.

Totale investeringskosten Nieuwe sanitatie (in eerste afschrijftermijn) (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	GEMEENTE AFVAL	WARMTENET- BEHEERDER	ENERGIE- LEVERANCIER	GEbruiker OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL M€
Zonder GFE		30	19						13		61
Met GFE		30	19		1				16		66

Tabel 19 Vergelijking initiële investeringen sanitatie met en zonder GFE

8.3 TCO van nieuwe sanitatie zonder GFE afval

In de volgende tabel is de total cost of ownership van nieuwe sanitatie zonder GFE afval uitgesplitst: Kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. De kosten en baten leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde). Per woningequivalent zal de TCO van nieuwe sanitatie zonder GFE afval in totaal naar verwachting € 320,- per jaar bedragen.

TCO van nieuwe sanitatie ZONDER GFE (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	GEMEENTE AFVAL	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten		-60	-59				-18	-25	-161
Totaal operationele kosten		-31	-24			-184	-6	-46	-291
Totaal kosten		-91	-83			-184	-24	-71	-452
Totaal inkomsten	75	67	71	2					215
TCO (Totale kasstroom)	127	-3	20	2		-313	-24	-103	-294
TCO (NCW)	59	-3	8	2		-145	-19	-45	-144
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)	€ 131,-	- € 7,-	€ 18,-	€ 4,-		- € 322,-	- € 42,-	- € 100,-	- € 320,-

Tabel 20 Uitsplitsing van de TCO nieuwe sanitatie zonder GFE

8.4 TCO van nieuwe sanitatie met GFE afval

In de volgende tabel is de total cost of ownership van nieuwe sanitatie inclusief GFE afval uitgesplitst: Kapitaallasten, operationele kosten en inkomsten. De kosten en baten leiden voor elk van de stakeholders in het scenario in de komende 50 jaar tot een totale kasstroom en een totale TCO (berekend als Netto Contante Waarde). Per woningequivalent zal de TCO van nieuwe sanitatie inclusief GFE afval in totaal naar verwachting € 407,- per jaar bedragen.

TCO van nieuwe sanitatie INCLUSIEF GFE (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	GEMEENTE AFVAL	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
Totaal kapitaallasten		-60	-59		-3		-23	-43	-188
Totaal operationele kosten		-31	-28		-1	-184	-6	-51	-302
Totaal kosten		-91	-87		-4	-184	-29	-94	-490
Totaal inkomsten	75	67	73	2					218
TCO (Totale kasstroom)	128	-3	17	2	-5	-314	-29	-131	-335
TCO (NCW)	59	-4	6	2	-2	-146	-23	-56	-163
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)	€ 131,-	- € 9,-	€ 13,-	€ 4,-	- € 4,-	- € 324,-	- € 51,-	- € 124,-	- € 362,-

Tabel 21 Uitsplitsing van de TCO nieuwe sanitatie met GFE

8.5 Prijsverschil: de extra kosten van GFE verwerking via nieuwe sanitatie

De extra kosten voor de verwerking van GFE-afval via nieuwe sanitatie bedragen in totaal € 42,- per woningequivalent per jaar. De baten t.o.v. alternatieve GFE-ophaalvarianten zijn op dit moment nog niet bekend.

PRIJSVERSCHIL Van nieuwe sanitatie met en zonder GFE (M€)	WATERNET DRINKWATER	WATERNET RIOLERING	WATERNET AGV	GEMEENTE G&O	GEMEENTE AFVAL	GEBRUIKER OPSTAL	ONTWIKKELAAR / BOUWER	EIGENAAR OPSTAL	TOTAAL (M€)
TCO (NCW) per woningequivalent per jaar (euro)		€ 1,-	€ 4,-		€ 4,-	€ 2,-	€ 8,-	€ 24,-	€ 42,-

Tabel 22 Uitsplitsing van de meerkosten (TCO) van GFE

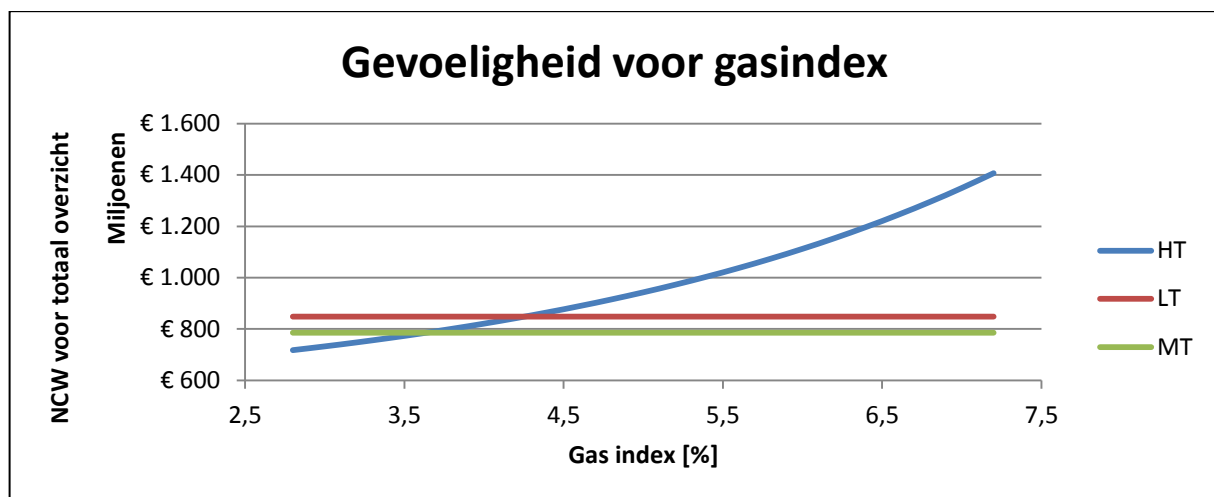
9 Gevoeligheidsanalyse

Een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd om inzicht te krijgen hoe afhankelijk de uitkomsten van sommige parameters zijn. De door literatuurbronnen ondersteunde basiswaarden van enkele belangrijke parameters zijn:

BTW	21%
Aflossingsmethodiek	Lineair
Algemene inflatie	2%
Inflatie elektriciteit	3%
Inflatie gas	5%
Rekenrente	3% voor alle partners
Evaluatieperiode	50 jaar

9.1 Gasindex

De gasindex is een parameter die veel discussies veroorzaakt. De basiswaarde is 5%, gebaseerd op historische data van het CBS. De gasindex is in de analyse gevarieerd tussen 3 en 7%. De resultaten zijn getoond in Figuur 15.



Figuur 15 Gevoeligheid voor de gasindex

Het omslagpunt waarbij het HT scenario goedkoper wordt dan het MT scenario ligt bij een gasindex van 3,6%. Bij een hogere gasindex is het HT scenario duurder.

Redenen om te kiezen voor de historische index als minimum waarde zijn:

- Stijgende gasprijs (de historie zelf)
- Stijgende CO₂ emissieprijs
- Stijgende belastingen op gas⁶
- De verwachte investeringen voor de ombouw van gascentrales naar duurzamere bronnen
- De verwachte kosten van deze duurzamere bronnen (met name geothermie)

Een reden om de historische gasindex niet van toepassing te verklaren op de prijs van warmte zou de overweging kunnen zijn dat stijging van de kostprijs van de bron (gas) niet noodzakelijk tot een percentueel even hoge stijging van de verkoopprijs van warmte en vastrecht leidt. Deze hoeven namelijk slechts de absolute stijging te volgen. In de Warmtewet is de maximale verkoopprijs van warmte en vastrecht overigens wel gekoppeld aan de gasprijs, via het Niet Meer Dan Anders tarief. In de praktijk hebben de warmtetarieven in Nederland globaal het NMDA-tarief gevolgd, en daarmee de gasprijs.

⁶ ['Advies voor Klimaatakkoord: belasting op gas moet met 75 procent stijgen'](#)

9.2 Keuze index voor HT vastrecht

In het TCO model is er voor gekozen om zowel de warmteprijs als het vastrecht van HT te indexeren volgens de gasindex. Redenen hiervoor zijn in paragraaf 9.1 genoemd. Omdat de invloed van de indexering groot is, is separaat gekeken wat het effect is als het vastrecht van het HT scenario wordt geïndexeerd volgens de algemene index (2%). De resultaten staan in Tabel 23.

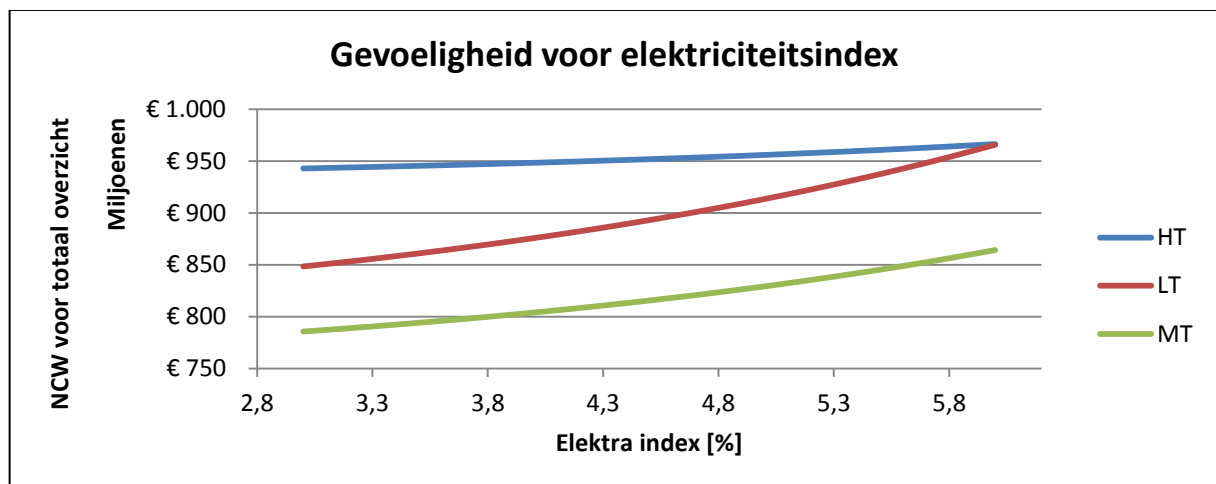
NCW (M€)	HT	LT	MT
Gasindex (5%)	942	849	786
Algemene index (2%)	776	849	786
Verskil	166		

Tabel 23 Gevoeligheid voor index-variatie van HT vastrecht

Uit deze analyse blijkt dat HT en MT vrijwel even duur zijn als voor het HT vastrecht de algemene index wordt toegepast. Bij een hogere index dan 2% op het HT vastrecht is MT goedkoper.

9.3 Elektriciteitsindex

Hoe de kosten van de scenario's variëren met de elektriciteitsindex is getoond in Figuur 16.

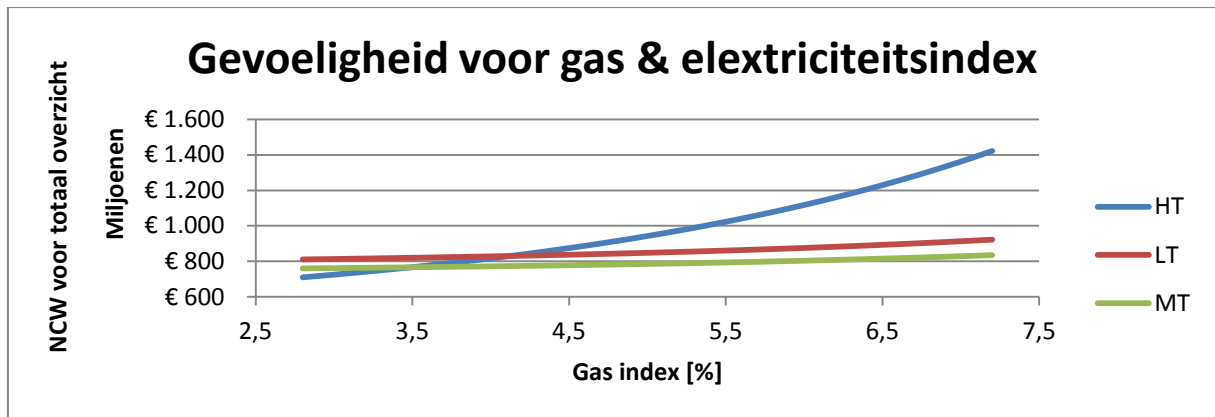


Figuur 16 Gevoeligheid voor elektriciteitsindex

Het omslagpunt waarbij HT goedkoper wordt dan LT ligt bij een elektriciteitsindex van 6%. Het omslagpunt tussen het HT en MT scenario ligt bij een elektriciteitsindex die ruim hoger ligt dan 6%.

9.4 Gas- en elektriciteitsindex samen

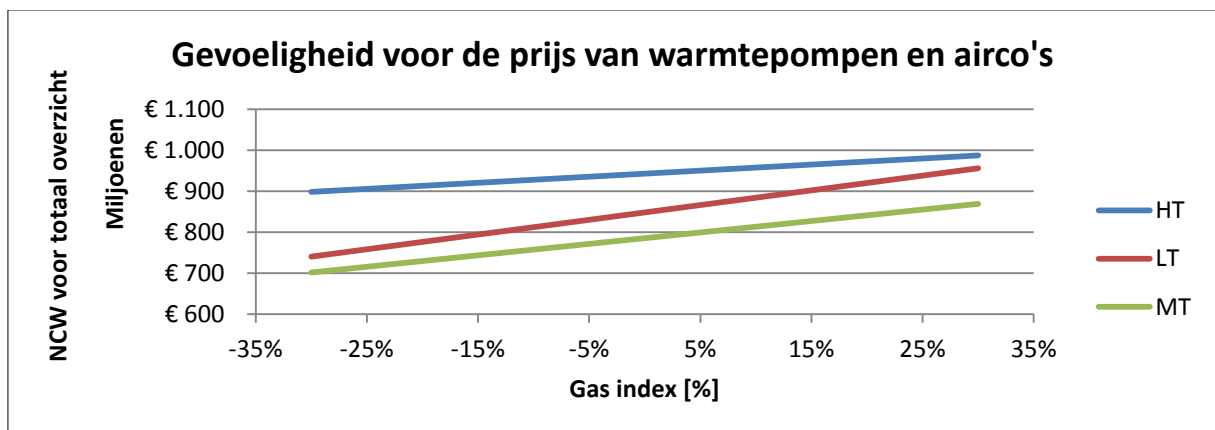
De gas- en elektriciteitsindex zijn ook samen gevarieerd. De resultaten staan in Figuur 17:



Figuur 17 Gevoeligheid voor gas- en elektriciteitsindex

Uit de analyse blijkt dat het HT scenario gevoeliger is voor gasprijsontwikkelingen dan het MT scenario is voor elektriciteitsprijsontwikkelingen. In die zin is het MT scenario robuuster dan het HT scenario. Het omslagpunt waarbij HT goedkoper wordt dan MT daalt bij combinatie van variatie van de gas- en elektriciteitsindex naar een gasindex van 3,5%.

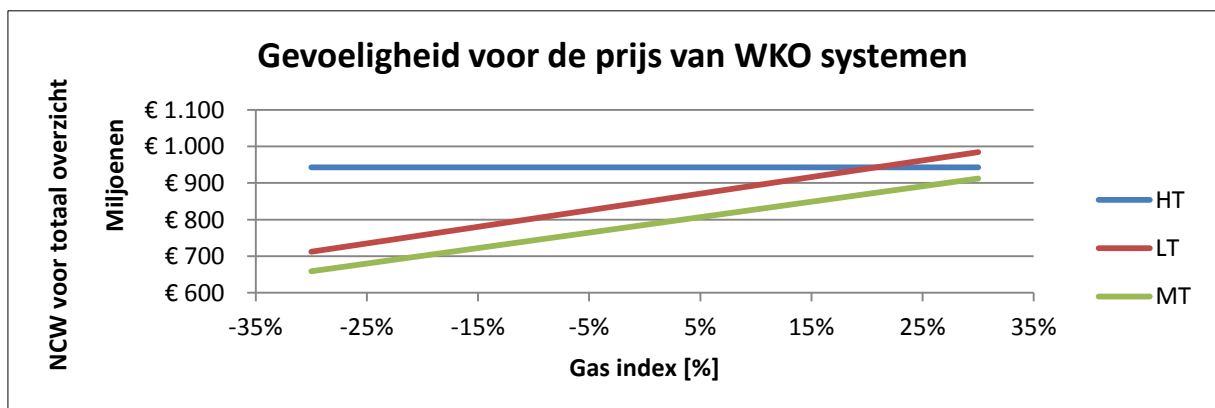
9.5 Warmtepomp- en aircoprijzen



Figuur 18 Gevoeligheid voor prijsstijging van warmtepompen en airco's

De scenario's blijken onderling relatief ongevoelig voor gelijktijdige prijsstijgingen of –dalingen van airco's en warmtepompen. Het is echter de verwachting bij marktpartijen dat er door productontwikkeling bij warmtepompen nog een relevante prijsdaling zal plaatsvinden (MT en LT scenario). Deze verwachting is niet uitgesproken voor airco's (HT scenario).

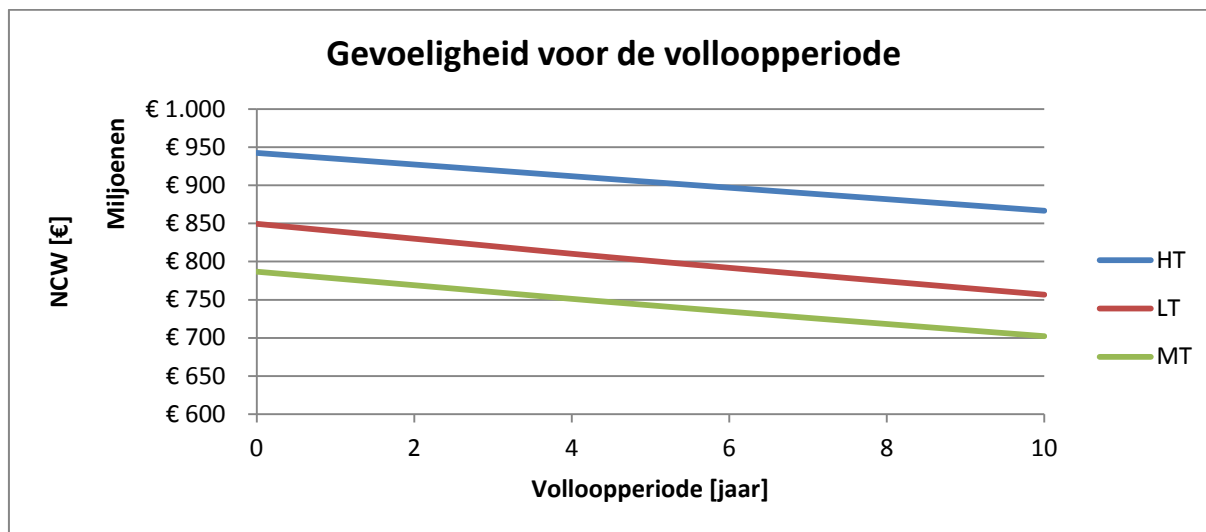
9.6 Raming voor WKO energiesysteem



Figuur 19 Gevoeligheid voor de prijs van WKO systemen

De gevoeligheid voor de prijs van WKO systemen is significant. Bij een onderschatting van de WKO-prijs van meer dan 30% is het HT systeem goedkoper.

9.7 Volloopprijs



Figuur 20 Gevoeligheid voor de volloopprijs

De scenario's blijken onderling relatief ongevoelig voor het vollooptempo.

9.8 Gevoeligheid van CO₂ emissie

De CO₂ emissies van de varianten LT en MT blijken relatief ongevoelig voor variatie in de efficiëntie van de warmtepompen. Dit betekent dat een hoger of een lager energieverbruik van de warmtepomp een relatief kleine verandering van de CO₂ emissie veroorzaakt.

VARIANT 2	INVOERDATA					Verandering CO ₂ uitstoot Nieuwe sanitatie + 15 °C WKO warmtenet			
	-50%	-10%	basis	+10%	+50%	-50%	-10%	+10%	+50%
elektriciteitsverbruik warmtepomp woningen - ruimteverwarming plus warm tapwater (LT)	3.569.850	6.425.730	7.139.700	7.853.670	10.709.550	-30%	-6%	6%	30%

Tabel 24 Gevoeligheid van de CO₂ emissie van LT

VARIANT 3	INVOERDATA					Verandering CO ₂ uitstoot Nieuwe sanitatie + 40 °C WKO warmtenet			
	-50%	-10%	basis	+10%	+50%	-50%	-10%	+10%	+50%
elektriciteitsverbruik warmtepomp woningen - warm tapwater (MT)	1.436.900	2.586.420	2.873.800	3.161.180	4.310.700	-13%	-3%	3%	13%
elektriciteitsverbruik centrale warmtepompen (MT)	2.079.500	3.743.100	4.159.000	4.574.900	6.238.500	-19%	-4%	4%	19%

Tabel 25 Gevoeligheid van de CO₂ emissie van MT

10 Optimalisaties

Voor de varianten LT en MT zijn de investeringen en operationele kosten ontleend aan een voorontwerp. Op verschillende gebieden van dit voorontwerp zijn er nog optimalisaties mogelijk. Tijdens de vergelijking van energiescenario's zijn reeds enkele van deze optimalisaties geïdentificeerd. Deze optimalisaties zijn nog niet in het TCO model opgenomen.

Reeds geïdentificeerde optimalisaties:

- Toepassen van een stooklijn in het MT scenario, om warmteverliezen verder te beperken (lagere TCO);
- Verwerken van de verwachte prijsdaling van warmtepompen (lagere TCO);
- Uitwerken van gelijktijdige levering en koeling van een 2-pijps LT net (kleiner ruimtebeslag);
- Gedeeltelijke isolatie van het grijswaterriool (meer warmteterugwinning);
- Vraaggestuurde toepassing van een LT (2-pijps) of MT (4-pijps) systeem per buurt (lagere TCO, kleiner ruimtebeslag).

Deze lijst met optimalisaties is niet uitputtend. In de volgende fase van het project zullen naar verwachting meer optimalisaties gevonden en uitgewerkt worden.

11 Risicoanalyses

Waternet heeft reeds meerdere risicoanalyses uitgevoerd rond Nieuwe Sanitatie en een lage temperatuur energiesysteem. Deze worden hier samengevat:

11.1 Strategische risico-inventarisatie Nieuwe Sanitatie

In juni 2016 heeft Waternet een mix van deskundigen (vertegenwoordigers van bestuurlijke stakeholders in de stad, inhoudelijk experts op het gebied van Nieuwe Sanitatie vanuit de markt en wetenschap, ervaringsdeskundigen en gebruikers) verzocht om gezamenlijk de strategische en beleidsmatige risico's rondom Nieuwe Sanitatie te onderzoeken. De risicosessie, en de uitwerking daarvan werd verzorgd door Twijnstra Gudde⁷.

Samenvatting van de resultaten:

Geconcludeerd werd dat de belangrijkste risico's op (politiek-)bestuurlijk- en organisatorisch vlak liggen

De belangrijkste strategische- en beleidsmatige risico's ten aanzien van het concept Nieuwe Sanitatie liggen op (politiek-) bestuurlijk- en organisatorisch vlak. Er zijn zeker ook technische risico's, inclusief beheer en onderhoud, maar die werden door deelnemers niet als onoverkomelijk beschouwd. De technische risico's behoeven uiteraard nog wel aandacht in de nadere uitwerking van het programmaplan en bij eventuele pilots, net als de juridische risico's en de risico's voor de opstalgebruikers/gebruikers.

Drie zaken op (politiek-)bestuurlijk- en organisatorisch vlak die primair de aandacht vragen zijn:

- *(Bestuurlijk) draagvlak en het kunnen aantonen van nut en noodzaak van het nieuwe concept.*
Om het concept Nieuwe Sanitatie daadwerkelijk van de grond te krijgen, is bestuurlijk draagvlak een randvoorwaarde. Uit de geïnventariseerde risico's blijkt dat echt draagvlak op bestuurlijk niveau nog beperkt is. Belangrijk onderdeel hierbij is het kunnen aantonen van nut en noodzaak. Deelnemers in de bijeenkomst geven aan dat het kunnen aantonen van de maatschappelijke voordelen van Nieuwe Sanitatie (duurzaamheid) aandacht behoeft, omdat deze noodzakelijk is voor zowel een grootschalig uitrol van Nieuwe Sanitatie alsmede voor mogelijke pilotprojecten.
- *De samenwerking met de diverse (bestuurlijke) stakeholders (op basis van een gezamenlijk doel, overeenstemming over inzet van middelen en het parallel optrekken van planprocessen in het kader van pilots)*
Zowel het grootschalig als in pilots toepassen van Nieuwe Sanitatie kan Waternet niet alleen initiëren, organiseren en realiseren. Samenwerking op bestuurlijk niveau met partners in de stad Amsterdam zijn hierin cruciaal. Er is een goede afstemming nodig van een gezamenlijk doel op het gebied van Nieuwe Sanitatie en een brede overeenstemming over de inzet en verdeling van middelen hiervoor. Het organiseren van een structurele samenwerking die op een breed draagvlak binnen de bestuurlijke partners kan rekenen is cruciaal.
- *Organisatorische slagkracht bij Waternet (duidelijke bestuurlijke en ambtelijke aanspreekpunten en snel in het proces inhaken op ontwikkelingen)*
De organisatie en de organisatorische slagkracht van Waternet moet op orde zijn rond het thema Nieuwe Sanitatie. De interne mandatering, projectorganisatie en financiering moeten helder zijn voor de betrokkenen binnen de gemeente. Ook moet Waternet tijdig, met de juiste kwaliteit en met voldoende capaciteit kunnen aanhaken bij planprocessen van de gemeente.

11.2 Risicoanalyse technische en organisatorische aspecten van Nieuwe Sanitatie

In de jaren 2016, 2017 en 2018 heeft Waternet regelmatig technisch – organisatorische risicoanalyses uitgevoerd rond het lopende Nieuwe sanitatie-pilotproject in de Buiksloterham.

Vertaald naar Strandeiland zijn de belangrijkste risico's uit deze inventarisatie:

⁷ Rapport strategische risico inventarisatie Nieuwe Sanitatie, Twijnstra Gudde, 16 juni 2016

#	risico	weging 1=laag, 5=hoog
1	Vertraging van realisatie lokale zuivering. Oorzaken: - projectmanagement Waternet niet op orde - aannemers / leveranciers veroorzaken vertraging - ontvankelijke bezwaren belanghebbenden. Gevolg: Vertraging ingebruikname lokale zuivering, kostenoverschrijdingen	4,5
2	Protest van opstalgebruikers: ze willen geen Nieuwe Sanitatie / vacuümtoilet. Oorzaak: Opstalgebruikers voorzien overlast, lagere woningprijs of achteruitgang kwaliteit van wonen vrezan. Gevolg: Project loopt vertraging op. Uiteindelijk kan verdere uitrol Nieuwe Sanitatie worden gestopt.	4
3	Vertraging vergunning, bezwaar omgevingsvergunning lokale zuivering. Oorzaak: Belanghebbenden dienen bezwaar/beroep in omdat ze overlast voorzien of achteruitgang kwaliteit van wonen vrezan. Gevolg: Vertraging en kostenoverschrijding.	4
4	(Stank)overlast. Oorzaak: Verkeerd ontwerp en/of realisatie. Opstalgebruikers hebben perceptie van stank of verwachten dat ze dat zullen hebben. Gevolg: Klachten van opstalgebruikers. Kosten oprijvend door nemen van aanvullende maatregelen	4
5	Negatieve berichtgeving in de pers. Oorzaak: Zie overige risico's voor oorzaken. Gevolg: Imago Waternet en project Strandeiland verslechtert. Draagvlak Nieuwe Sanitatie wordt ondermijnd.	4
6	Gedrag bewoner, prutst aan systeem. Oorzaak: bewoner boort gat in leiding of installeert normale wc (vanwege bijv. geluid), foute aanleg toiletten inpandig, aanpassen woning bij verkoop, nieuwe bewoner weet niet van Nieuwe Sanitatie. Gevolg: Vacuümleiding valt (langdurig) uit. Werking systeem verslechtert. Draagvlak systeem wordt ondermijnd.	4
7	Onderhoud brengt hoge kosten met zich mee, falen systeem is verantwoordelijkheid WN. Oorzaak: Verkeerd ontwerp en/of realisatie. Gevolg: Hogere kosten. Draagvlak Nieuwe Sanitatie wordt ondermijnd.	4
8	Gedrag bewoner: frituurvet, vochtige doekjes o.i.d. worden doorgespoeld. Oorzaak: Onwetendheid, onachtzaamheid. Gevolg: Verstopping. Langdurige uitval vacuümriool. Draagvlak systeem neemt af. Imago Waternet / project Strandeiland verslechtert. Draagvlak Nieuwe Sanitatie wordt ondermijnd.	4
9	Het vacuümsysteem valt langdurig uit. Oorzaak: Technisch falen. Aanpassingen opstalgebruikers. Sabotage. Vandalisme. Gevolgen: Opstalgebruikers kunnen geen gebruik maken van toiletvoorziening. Klachten. Afnemend vertrouwen in systeem.	4

11.3 Risicoanalyse m.b.t. de governance van het energiesysteem

In juni 2018 heeft een werkgroep Governance Strandeiland de risico's onderzocht ten aanzien van een lage-/ middentemperatuur energiesysteem, en specifiek van het scenario 'Waternet als beheerder van lage temperatuur warmte- en koudnetwerken' dat voor Strandeiland is voorgesteld.

Er zijn twee risicosessies geweest met vertegenwoordigers van Waternet en de Gemeente Amsterdam. In deze sessies zijn de volgende risico's als de belangrijkste geïdentificeerd en geanalyseerd.

risico	kans (1-5)	effect (1-5)	omvang risico
De investering van het netbeheer door de overheid wordt ter discussie gesteld of aangevochten	4	5	20
Er ontstaat een conflict met eindgebruikers over de warmtecapaciteit en/of het functioneren van het netwerk	4	5	20
Gemeente en Waternet worden terecht beschuldigd van staatssteun	4	5	20
Waternet slaagt er niet in om een beheers-entiteit van warmtenetten te starten	3	5	15
De kosten (kapitaalslasten en/of operationele kosten) zijn hoger dan verwacht	3	5	15
De inkomsten zijn lager dan verwacht	3	5	15
Het energiesysteem blijkt in de praktijk minder betaalbaar dan verwacht	3	4	12
Waternet slaagt er niet in om voldoende kennis en capaciteit aan te	3	4	12

risico	kans (1-5)	effect (1-5)	omvang risico
trekken ontwerpen, aanleggen en beheren			
Gemeente (Waternet) kan een essentiële vergunning voor het energiesysteem niet krijgen	2	5	10
Het warmte-/koudesysteem functioneert niet voordat de eerste woningen worden opgeleverd (2023)	2	5	10
Samenwerking tussen de gemeente en AGV faalt.	2	5	10
Toekomstige ontwikkelaars weigeren aansluiting op het energiesysteem	2	4	8
Het energiesysteem blijkt in de praktijk minder open te zijn dan aangekondigd was	3	2	6
De vraag naar warmte en koude keldert	2	3	6
Opstalgebruikers komen in protest tegen het energiesysteem	2	3	6
Warmte uit afvalwater is niet of onvoldoende beschikbaar	2	2	4
Grootschalige wanbetaling door eindgebruikers	1	4	4

Voor de risico's in het geel en rood zijn beheersmaatregelen voorgesteld. Naarmate de risico's groter zijn hebben de beheersmaatregelen uiteraard een hogere prioriteit. Daarbij komt een aantal beheersmaatregelen terug voor verschillende risico's. Een beheersmaatregel die voor meerdere risico's ingezet kan worden heeft ook een hogere prioriteit.

In volgorde van prioriteit zijn de volgende beheersmaatregelen voorgesteld:

prioriteit	beheersmaatregel
1	Second opinion / tegenspraak op ontwerp en/of op toekomstverwachtingen organiseren
1	Voldoende backupvoorzieningen opnemen in het ontwerp
1	Financiële experimenteerimte organiseren
1	Innovatiepartnerschap
1	Gedegen ontwerp van het energiesysteem
1	Verkrijgen van vergunningen goed organiseren
1	Tijdig beginnen met opbouwen en inrichten van beheersorganisatie
2	Gedegen inventarisatie van benodigde vergunningen
2	Governance van netbeheer samen met marktpartij(en) onderzoeken
2	Samenwerken met marktpartijen
2	Systeem ontwerpen op schaalbaarheid / fasering
2	Voldoende financiële ruimte / startkapitaal voor beheerorganisatie
2	Gedegen inventarisatie van vergunningsbenodigdheden
3	Concurrentie en innovatie stimuleren
3	Vooraf een gedegen marktconsultatie uitvoeren
3	Tijdig beginnen met opbouwen en inrichten van beheersorganisatie
3	Inkoopproces goed organiseren
3	Blijvend politiek commitment en betrokkenheid stimuleren door goede communicatie
3	Samenwerkingsovereenkomst sluiten met gemeentelijke partijen

12 Conclusies en aanbevelingen

12.1 Conclusie

- De maatschappelijke kosten (=TCO over 50 jaar) van variant MT + nieuwe sanitatie zijn het laagst. De TCO van variant LT + nieuwe sanitatie is 9% hoger, en de TCO van variant HT + traditionele sanitatie is 26% hoger.
- De kosten en baten van het totale systeem kunnen in theorie nog geoptimaliseerd worden door ze meer evenredig over de verschillende partners te verdelen. De varianten LT en MT + nieuwe sanitatie bieden de mogelijkheid om de kosten voor nieuwe sanitatie te compenseren vanuit het energiesysteem.

12.2 Aanbevelingen en vervolg

Het model laat zien dat de combinatie van nieuwe sanitatie met een lage- of middentemperatuur-warmtenet kansrijk is.

Het TCO-model is ingevuld door een breed team van Waternet en de gemeente Amsterdam, aangevuld met externe adviseurs. Om het model verder te verbeteren en te verfijnen is nadere afstemming tussen de partners nodig over de in het model gebruikte uitgangspunten en kengetallen:

- Het invoeren van de gegevens van de gemeentelijke partners verder afstemmen (met name G&O en Groenafval);
- De verdeling tussen de stakeholders afstemmen (welke kosten gaan naar welke partner);
- Ontwerp warmtesysteem van variant LT verder optimaliseren
- Second opinion van varianten LT en MT afstemmen en meenemen in het TCO model
- Terugvalscenario voor varianten LT en MT afstemmen en meenemen in het TCO model

13 Vragen & antwoorden

Onderwerp	Vraag	Antwoord
Indexering warmteprijs	Is het terecht dat de stijging van de warmteprijs in de business case gekoppeld is aan de stijging van de gasprijs?	In theorie zou de warmteprijs in de toekomst minder sterk kunnen stijgen dan de gasprijs, omdat de kosten van gas slechts een deel van de kosten van warmte uitmaken. De warmtewet ⁸ koppelt de maximumprijs van warmte echter wèl rechtstreeks aan de gasprijs. De historische tarieven van de Nederlandse warmteleveranciers wijken i.h.a. weinig van dit maximumtarief af.
TCO	Waarom is de business case van systemen op basis van WKO's en warmtepompen (met of zonder Nieuwe Sanitatie) gunstiger dan die van een traditioneel systeem?	De belangrijkste reden is dat de prijs van fossiele energie meer zal stijgen dan de prijs van elektriciteit. WKO systemen kunnen snel fossielvrij gemaakt worden, traditionele systemen niet.
Nieuwe Sanitatie	De business case voor lagetemperatuur-systemen is ook zonder Nieuwe Sanitatie positief. Nieuwe Sanitatie maakt het geheel juist duurder. Waarom zouden we dat willen?	De keuze voor Nieuwe Sanitatie staat los van de keuze voor het energiesysteem. Deze keuze is gebaseerd op meerjarig gemeentelijk beleid dat formeel is vastgelegd in het Gemeentelijk Rioleringsplan. Nieuwe Sanitatie heeft een eigen business case die een aantal niet-materiele waarden dient zoals schoner oppervlaktewater, terugwinning schaarse grondstoffen (zie Bijlage 3). Het combineren van Nieuwe Sanitatie met een lagetemperatuur energiesysteem maakt de gezamenlijke business case extra sterk.

⁸ Artikel 5, tweede lid: De maximumprijs (voor de levering van warmte) is gebaseerd op de integrale kosten die een verbruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron.

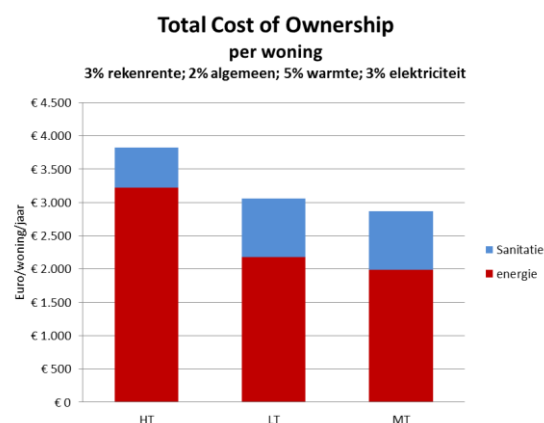
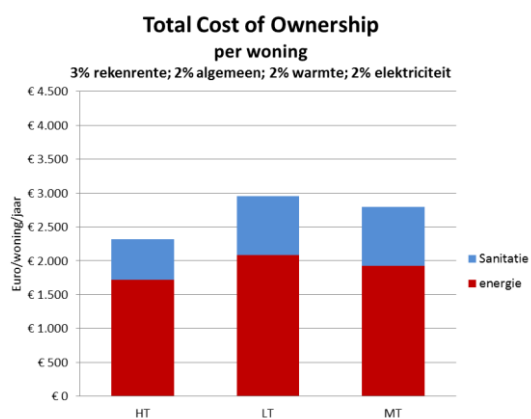
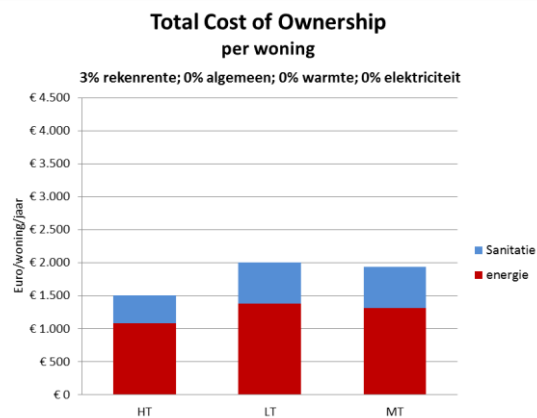
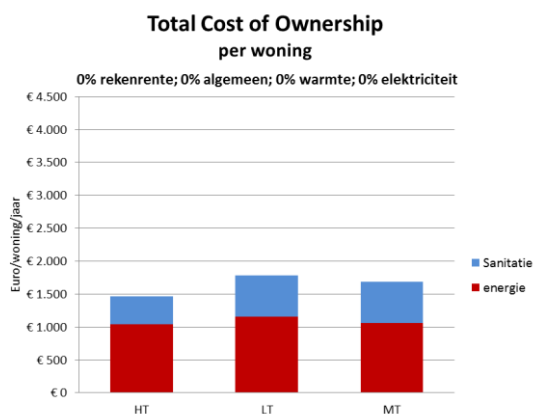
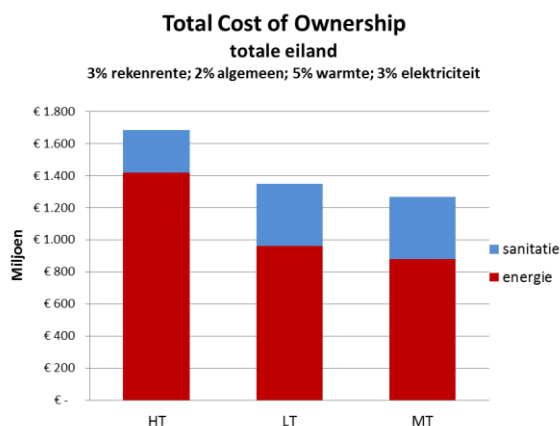
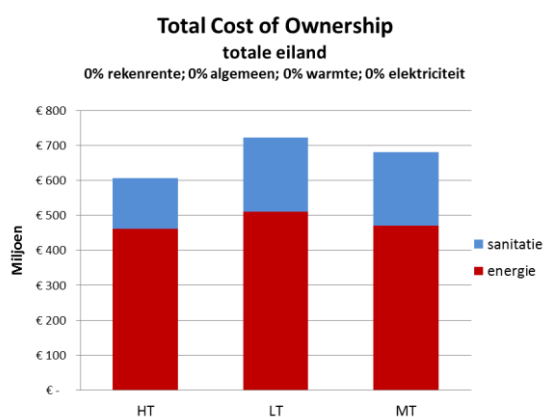
Bijlage 1 – kentallen TCO

[illegible]

Warmte	productie warmte door individuele warmtepompen TW (MT)	Is niet nodig in TCO?	nvt			GJ/jaar
Warmte	totale warmteproductie		nvt	50907,4	165070,6	GJ/jaar
Warmte	warmtetarief		18,96	8	12	€/GJ
Warmte	koeltarief	10 graden	nvt	-1	-1	€/GJ
Warmte	aansluitbijdrage warmtenet woningen	incl. koudelevering bij LT en MT	6500	3000	3000	€/huis
Warmte	aansluitbijdrage warmtenet utiliteit	incl. koudelevering bij LT en MT	15000	4000	4000	€/utiliteit
Warmte	vastrecht warmtenet	incl. koudelevering bij LT en MT	385	390	390	€/huis-jaar
Warmte	onbalans	verwachte onbalans WKO (warmtetekort)	nvt	27968,4	46321,2	GJ/jaar
Warmte	totaal warmte inkoop woningen		88695	48681	65693	GJ/jaar
Warmte	totaal warmte inkoop utiliteit		20940	13811	18549	GJ/jaar
Warmte	totaal warmte inkoop		109635	62492	84242	GJ/jaar
Koude	totaal koudeverbruik woningen		12649	12649	12649	GJ/jaar
Koude	totaal koudeverbruik utiliteit		5986	5986	5986	GJ/jaar
Koude	totaal koudeverbruik	moet gelijk zijn aan 'koude uit WKO'	18635	18635	18635	GJ/jaar
CO2	CO2 tarief	prijspeil 2020	72	72	72	€/ton CO2

Hoofdposten	Onderdeel	Detailering	Getalswaarde (excl. btw)			Eenheid
Afvalwaterzuivering	Grijs water - wonen	Afvalwatervracht uit grijs water - wonen	7.664			IE
Afvalwaterzuivering	Grijs water - utiliteit	Afvalwatervracht uit grijs water - utiliteit	1.714			IE
Afvalwaterzuivering	Zwart water - wonen	Afvalwatervracht uit zwart water - wonen	13.349			IE
Afvalwaterzuivering	Zwart water - utiliteit	Afvalwatervracht uit zwart water - utiliteit	6.386			IE
Afvalwaterzuivering	GF-afval - wonen	Afvalwatervracht uit GF-afval - wonen	9.390			IE
Afvalwaterzuivering	GF-afval - utiliteit	Afvalwatervracht uit GF-afval - utiliteit	-			IE
Afvalwaterzuivering	Afvalwatervracht	Afvalwatervracht totaal - traditioneel	29.113			IE
Afvalwaterzuivering	Afvalwatervracht	Afvalwatervracht totaal - nieuwe sanitatie	38.503			IE
Afvalwaterzuivering	Stikstofvracht Olandreactor	Stikstofvracht Olandreactor - nieuwe sanitatie	115.705			kgN/jaar
Afvalwaterzuivering	Fosfaatvracht struvietreactor	Fosfaatvracht struvietreactor - nieuwe sanitatie	13.870			kgP/jaar
Afvalwaterzuivering	Grijs waterdebit	influentdebit grijs water - nieuwe sanitatie	784.750			m³/jaar
Afvalwaterzuivering	Zwart waterdebit, incl GF	influentdebit zwart water - nieuwe sanitatie	70.445			m³/jaar
Afvalwaterzuivering	Zwartwaterdebit zonder GF	influentdebit zwart water - nieuwe sanitatie	62.414			m³/jaar
Afvalwaterzuivering	Struvietreactor	Elektriciteitsverbruik struvietreactor				kWh/kgP
Afvalwaterzuivering	Oland	Elektriciteitsverbruik Olandreactor				kWh/kgN
Afvalwaterzuivering	Struvietreactor	Productie struviet	24	79		ton/jaar
Afvalwaterzuivering	Marktprijs struviet		100			Euro/ton
Afvalwaterzuivering	IE rwzi West		999.371			IE
Afvalwaterzuivering	kapitaalkosten rwzi West		17.904.030			Euro
Afvalwaterzuivering	beheerkosten rwzi West		7.348.324			Euro
Afvalwaterzuivering	onderhoudskosten rwzi West		2.853.631			Euro
Afvalwaterzuivering	overige kosten rzwi West		5.862.464			Euro
Afvalwaterzuivering	totale kosten rwzi West incl kapitaal		33.968.449			Euro
Afvalwaterzuivering	totale kosten rwzi West excl kapitaal		16.064.419			Euro
Afvalwaterzuivering	totale kosten rwzi West incl kapitaal per IE		34			Euro/IE
Afvalwaterzuivering	totale kosten rwzi West excl kapitaal per IE		16			Euro/IE
Afvalwaterzuivering	elektriciteitsverbruik rwzi West		19.939.000	19.939.000	19.939.000	kWh
Afvalwaterzuivering	elektriciteitsverbruik rwzi West per IE		20			kWh/lejaar
Afvalwaterzuivering	slibproductie rwzi West		83.240	83.240	83.240	ton/jaar
Afvalwaterzuivering	slibproductie rwzi West per IE		83			kg/IE
Afvalwaterzuivering	Uitgestit slibproductie zwartwaterzuivering - nieuwe sanitatie	t.b.v. transport		556		kg ds/dag
Afvalwaterzuivering	spuislibproductie grijswaterzuivering - nieuwe sanitatie	t.b.v. transport		729		kg ds/dag
Afvalwaterzuivering	slibproductie totaal - nieuwe sanitatie	wat naar eindverwerking gaat		1.103		kg ds/dag
Afvalwaterzuivering	slibproductie totaal - nieuwe sanitatie lokaal	7% ds, gravitair ingedikt slib (transport)	-	6.700		ton/jaar
Afvalwaterzuivering	slibproductie NS zwart + GF	22% ds, ontwaterd slib	-	1.830		ton/jaar
Afvalwaterzuivering	zlibproductie NS zwart	geen GF		915		
Afvalwaterzuivering	slibproductie totaal - traditioneel	rekening gehouden met voorbezinking op A-West	905	-	-	kg ds/dag
Afvalwaterzuivering	slibproductie - traditioneel	22% ds, ontwaterd slib	1.501	-	-	ton/jaar
Afvalwaterzuivering	verwerkingskosten slib - traditioneel		68,11			Euro/ton
Afvalwaterzuivering	afvoer- en verwerkingskosten slib - nieuwe sanitatie	vooralnog gelijkgesteld aan traditioneel		68,11		Euro/ton
Afvalwaterzuivering	elektriciteitsverbruik grijs water zuivering - nieuwe sanitatie		-	287.013		kWh/jaar
Afvalwaterzuivering	elektriciteitsverbruik zwart water zuivering - met GF		-	209.720		kWh/jaar
Afvalwaterzuivering	elektriciteitsverbruik zwart water zuivering - zonder GF			185.812		kWh/jaar
Afvalwaterzuivering	zuiveringsheffing		€ 53,18			Euro/VE
Afvalwaterzuivering	gemiddeld aantal VE's per woning		2,5	2,5	2,5	
Riolering	Rioolaansluiting	niet onder bestrating	577,52	577,52	577,52	Euro
Riolering	Rioolaansluiting	rioolheffing (gemeente)	125,83	125,83	125,83	Euro/jaar
Riolering	Elektriciteitsverbruik vacuümriolering		0	5,1	5,1	kWh/m³
Riolering	Elektriciteitsverbruik transport AW		11,4			kWh/IE
Grondkosten	Ruimtebeslag afvalwaterzuivering	Strandeiland / West	4.900	3.500	3.500	m²
Grondkosten	Ruimtebeslag energie in wijk, buurt en blok (geen tracés)	bvo	500	1.680	2.000	m²
Grondkosten	ruimtebeslag energie + water in pandig woningen	bvo	7.600	5.200	5.200	m²
Grondkosten	ruimtebeslag energie + water in pandig utiliteit	bvo	83	56	56	m²
Grondkosten	Grondkosten West rwzi	bvo	185	0	0	Euro/m² bvo
Grondkosten	Grondkosten West utiliteit	bvo	500	0	0	Euro/m² bvo
Grondkosten	Grondkosten Makerskade rwzi	bvo	0	185	185	Euro/m² bvo
Grondkosten	Grondkosten Makerskade utiliteit	bvo	0	500	500	Euro/m² bvo
Grondkosten	Grondkosten Makerskade woningen	bvo	0	785	785	Euro/m² bvo

Bijlage 2 – TCO met verschillende indexeringen



Bijlage 3 – Kwalitatieve opbrengsten van nieuwe sanitatie

Onderwerp	Specificatie	Effect	Score t.o.v. traditioneel systeem	Belang voor gemeente Amsterdam
Energiesysteem	Warmte	Terugwinning warmte uit grijs afvalwater: minimaal 1,5 GJ per persoon per jaar (400 kWh) Deze warmte is bruikbaar voor lage-temperatuurverwarming, bijvoorbeeld in combinatie met een warmtepomp / WKO – systeem.	+++	Hoog Bijdrage aan energietransitie
Grondstoffen	Fosfaat	3 keer zo veel als op traditionele zuivering: 1,25 kg struviet / i.e. / jaar	++	Hoog Wens gemeenteraad: effectievere grondstoffenterugwinning
Grondstoffen	Betere terugwinmogelijkheden overige grondstoffen (nitraat, kalium)		++	Hoog Wens gemeenteraad: effectievere grondstoffenterugwinning
Grondstoffen	Extra fosfaat uit keukenafval	1,25 kg struviet / i.e. / jaar	++	N.v.t. (biedt geen meerwaarde t.o.v. gescheiden GFE-inzameling)
Techniek	Vacuümriolering	Meer draaiende onderdelen dan traditioneel systeem	--	N.v.t.
Techniek	Minder foutaansluitingen	Bij traditionele riolering worden vuilwaterriolen soms foutief op het regenriool aangesloten. Bij Nieuwe Sanitatie is dat onmogelijk voor het zwartwaterriool.	++	Laag Voorkomt vervuiling van het oppervlaktewater, en voorkomt hoge herstelkosten die vrijwel altijd voor rekening van de gemeente zijn.
Water	Oppervlaktewater	Minder emissies naar het watersysteem en minder microverontreinigingen (o.a. van medicijnresten) NB: het zuiveringsrendement van Nieuwe	+ / o	Laag NB: krijgt relatief veel aandacht in de media

Onderwerp	Specificatie	Effect	Score t.o.v. traditioneel systeem	Belang voor gemeente Amsterdam
		Sanitatie is nog onzeker: efficiënter door geconcentreerdere stromen, minder efficiënt door kleinschaligere installaties		
Water	Drinkwater	30% besparing: 12,5 m³ drinkwater / i.e. / jaar	++	Laag
Energie	Biogas	2 à 3 keer zo veel als op traditionele zuivering: 150 kWh / i.e. / jaar	++	Laag Levert beperkte hoeveelheden gas op
Energie	Transport	Minder pompenergie door lokale verwerking	+	N.v.t.
Energie	Vacuümsysteem	Vacuümsysteem vraagt pompenergie	-	N.v.t.
Energie	Zuivering	Eenvoudige, efficiënte en energieneutrale decentrale zuiveringen	o	Negatief I.v.m. ruimtebeslag is één centrale zuivering buiten de stad aantrekkelijker
Gebruik	Voedselrestenvermaler	Tamelijk duur: circa € 1.250,- Extra comfort: gemakkelijk en hygiënisch (geen organisch afval meer in huis) Besparing op inzamelkosten keukenafval	-- + +	Hoog Mogelijk alternatief voor gescheiden GFE inzameling
Gebruik	Gescheiden leidingensysteem	Alleen toepasbaar in nieuwbouw Kleine meerprijs (schatting: €250 per woning)	- -	Licht negatief Hogere kosten voor woningeigenaren
Gebruik	Vacuümtoilet	Ander geluid dan traditioneel toilet (maar niet luider) Meerprijs t.o.v. traditioneel: plm. €500 per stuk Flexibel te plaatsen	- - +	Negatief Hogere kosten voor woningeigenaren