

Rapport E.2012.1094.00.R001

Verslaglegging kostenoptimaliteit voor EU

Kostenoptimaliteit energieprestatie eisen Nederland

Status: DEFINITIEF

Van Pallandtstraat 9-11
Postbus 153
6800 AD Arnhem
T +31 (0)26 351 21 41

Casuariestraat 5
Postbus 370
2501 CJ Den Haag
T +31 (0)70 350 39 99

Lavendelheide 2
Postbus 671
9200 AR Drachten
T +31 (0)512 52 23 24

Geerweg 11
Postbus 640
6130 AP Sittard
T +31 (0)46 411 39 30

info@dgmr.nl
www.dgmr.nl

Inhoudsopgave	Pagina
1. INLEIDING.....	5
2. BOUWREGELGEVING EN AANPAK.....	6
2.1 Bouwregelgeving	6
2.2 Berekening kostenoptimaliteit.....	9
2.3 Gebruik van gegevens uit eerdere studies	10
2.4 Weergave kostenoptimaliteit.....	11
3. UITGANGSPUNTEN KOSTENOPTIMALITEIT	13
3.1 Gehanteerde referentiegebouwen	13
3.2 Discontovoet en inflatie.....	16
3.3 Energiebesparing	16
3.4 Energieprijzen	17
3.5 Belastingen	18
3.6 CO ₂	18
3.7 Investeringskosten en restwaarde.....	19
3.8 Onderhoud	19
4. BEOORDEELDE ENERGIEBESPARENDE MAATREGELEN.....	20
4.1 Nieuwbouw	20
4.2 Bestaande bouw	24
5. KOSTENOPTIMALITEIT FINANCIËEL.....	26
5.1 Nieuwbouw woningen	26
5.2 Nieuwbouw utiliteit	30
5.3 Bestaande bouw bouwkundig	36
5.4 Bestaande bouw installaties.....	38
6. KOSTENOPTIMALITEIT MACRO-ECONOMISCH.....	40
6.1 Nieuwbouw woningen	40
6.2 Nieuwbouw utiliteit	43
6.3 Bestaande bouw bouwkundig	48
6.4 Bestaande bouw installaties.....	49
7. EVALUATIE CALCULATIE EN ENERGIEBESPARINGSBELEID	52
7.1 Financiële of macro-economische calculatie	52
7.2 Kostenoptimaal.....	52
7.3 Kostenoptimaal beleid	54

1. Inleiding

In mei 2010 is de EPBD Recast (2010/31/EU) verschenen. Hierin is aangekondigd dat alle lidstaten van de EU op enig moment verantwoordingsrapportages moeten opstellen over het gevoerde energiezuinigheidsbeleid voor gebouwen. In januari 2012 is de Europese Verordening (244/2012) verschenen waarin uitgelegd wordt aan welke eisen de verantwoordingsrapportage moet voldoen en op welke wijze de kostenoptimaliteitsberekeningen uitgevoerd moeten worden. In maart 2013 moeten alle lidstaten van de EU voor de eerste keer een dergelijke rapportage aanleveren.

In Nederland worden al sinds 1995 kostenoptimaliteitsberekeningen uitgevoerd ter onderbouwing van het overheidsbeleid ten aanzien van energiebesparing. De methodiek(en) die in Nederland voor deze berekeningen gebruikt zijn voor de verschillende categorieën gebouwen, zijn echter in meer of mindere mate afwijkend van de nieuwe EU-methodiek.

Om te voldoen aan de rapportageverplichting van de EU Verordening zijn de meest recente Nederlandse kostenoptimaliteitsberekeningen daarom omgezet naar het formaat van de EU.

In deze rapportage treft u de gehanteerde uitgangspunten en de resultaten van de berekeningen op basis van de Europese methodiek aan. De resultaten van de berekeningen zijn afgezet tegen het vereiste kostenoptimale niveau voor energiezuinige gebouwen dat volgt uit de Europese methodiek.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft meer in detail de relevante bouwregelgeving op het gebied van energiezuinigheid in Nederland en de aanpak van het onderzoek. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de gehanteerde referentiegebouwen en uitgangspunten en hoofdstuk 4 van de onderzochte energiebesparende maatregelen. In hoofdstuk 5 en 6 worden de resultaten van de berekeningen ten aanzien van kostenoptimaliteit gepresenteerd. In hoofdstuk 7 worden de resultaten geëvalueerd.

Tabel 1
EPC-eis volgens het Bouwbesluit per gebruiksfunctie

Gebbruiksfunctie	EPC-eis
Woonfunctie	
• Woonwagen	1.3
• andere woonfunctie	0.6
bijeenkomstfunctie (met alcohol en overig)	2.0
Celfunctie	1.8
gezondheidszorgfunctie met bedgebied	2.6
gezondheidszorgfunctie anders	1.0
Kantoorfunctie	1.1
logiesfunctie in een logiesgebouw	1.8
logiesfunctie – anders (vakantiewoning)	1.4
Onderwijsfunctie	1.3
sportfunctie (matig verwarmd en overig)	1.8
Winkelfunctie	2.6

Voor utiliteitsgebouwen gelden per gebruiksfunctie verschillende EPC-eisen. Wanneer in een gebouw sprake is van meerdere typen gebruiksfuncties (met verschillende EPC-eisen), dan wordt in de Nederlandse methodiek niet meer gesproken over de hoogte van de EPC, maar over de Q/Q-waarde¹ ($Q_{\text{prestatie}}/Q_{\text{toelaatbaar}}$). Dit is de verhouding tussen het karakteristieke energiegebruik van het gebouw gedeeld door het toelaatbare energiegebruik.

In de Q/Q-waarde zijn de EPC-eisen van de verschillende gebruiksfuncties verwerkt en gecorrigeerd tot één getal. Een gebouw met een Q/Q-waarde van kleiner of gelijk aan 1,0 voldoet aan de Bouwregelgeving. Wanneer de Q/Q-waarde groter is dan 1,0 zullen aanvullende energiebesparende maatregelen getroffen moeten worden, omdat de vereiste energiezuinigheid nog niet behaald is.

De energieprestatie-eisen op basis van een EPC-eis worden reeds gehanteerd sinds de invoering hiervan in 1995. Een overzicht van de ontwikkeling van de energieprestatie-eisen voor verschillende gebouwfuncties is opgenomen in bijlage 14.

Bij de bepaling van de kostenoptimale EPC-eisen per gebruiksfunctie wordt voor de meeste gebruiksfuncties gebruikgemaakt van meerdere referentiegebouwen (zie ook tabel 2). De hoogte van de EPC-eis is afgestemd op basis van het maatgevende referentiegebouw (het referentiegebouw met de hoogste EPC-eis).

Vangnet eisen nieuwbouw

Naast de energieprestatie-eisen in de vorm van de EPC zijn er in het Bouwbesluit nog zogenoemde vangnet-eisen opgenomen. Dit zijn minimale isolatie-eisen voor dichte delen en open delen:

- Minimale warmteweerstand voor dichte delen ($R_c \geq 3.5 \text{ m}^2\text{k/W}$).
- Maximale warmtedoorgangscoefficiënt voor gevelopeningen ($U_{\text{raam}} \leq 2.2 \text{ W/m}^2\text{k}$).

¹ Met ingang van 1 juli 2012 (introductie NEN 7120) is de Q/Q-waarde vervangen door de E/E-waarde (E_{pot}/E_{admin}). Het werkingsprincipe van de E/E-waarde is echter hetzelfde als die van de Q/Q-waarde. In deze rapportage wordt nog gesproken over de Q/Q-waarde.

Bij het geheel of gedeeltelijk vernieuwen of veranderen of het vergroten van een technisch verwarmings-, warmtapwater-, koel- en ventilatiesysteem, waarbij het systeemrendement wordt beïnvloed, zijn de volgende eisen op systeemniveau voorzien:

- Systeemrendement verwarmingssysteem:
 - in geval van een lokaal systeem $\geq 0,63$;
 - voor woonfunctie, niet lokaal $\geq 0,71$;
 - voor overige functies, niet lokaal $\geq 0,65$.
- Systeemrendement warm tapwatersysteem $\geq 0,29$.
- Systeemrendement koelsysteem $\geq 0,75$.
- Ventilatoren $\text{spf} \leq 2,5 \text{ W}/(\text{dm}^3/\text{s})$ voor ventilatiesystemen met een capaciteit $> 5.000 \text{ m}^3/\text{h}$.

De systeemrendementen zijn afgeleid van de haalbare referentietechnieken die toegepast kunnen worden bij renovatie.

De voorziene eisen hebben alleen betrekking op gebouwonderdelen die vervangen of aangepast worden. Op grond van artikel 4 van de Woningwet is het in Nederland niet mogelijk om eisen te stellen aan bouwdelen die niet vervangen of aangepast worden. De mogelijkheden voor de Nederlandse overheid voor het stellen van eisen aan de bestaande bouw zijn hierdoor beperkt.

2.2 Berekening kostenoptimaliteit

De berekeningsmethode voor kostenoptimaliteit is voorgeschreven in bijlage 1 van EU Verordening 244/2012 van 16 januari 2012. Er is sprake van een berekening van de totale netto contante kosten exclusief inflatie gedurende een bepaalde beschouwingsperiode. Alle toekomstige kosten of baten worden met behulp van een discontovoet teruggerekend (verdisconteerd) naar het jaar waarin de calculatie is uitgevoerd.

De standaard calculatieperiode is voor woningen 30 jaar, voor commerciële utiliteitsgebouwen 20 jaar en voor openbare utiliteitsgebouwen 30 jaar. De scheidslijn voor openbare of commerciële gebouwen is gelegd bij gebouwen in eigendom van de overheid en waar in het algemeen overheidsinstanties zijn gevestigd.

Bij de gehanteerde referentiegebouwen voor utiliteit (zie paragraaf 3.1.1 – utiliteitsgebouwen) is alleen het cellengebouw te kenmerken als openbaar gebouw. Binnen de berekeningen is daarom alleen voor dit gebouw rekening gehouden met een calculatieperiode van 30 jaar. Voor alle overige gebouwen is een calculatieperiode gehanteerd van 20 jaar.

Bij de totale kosten van een maatregel wordt rekening gehouden met:

- Investeringskosten.
- Onderhoudskosten.
- Herinvesteringen en eventuele sloopkosten van de oude voorziening.
- Effecten op de energiekosten.
- Eventuele restwaarde.

In bovenstaande onderzoeken is de haalbaarheid van een bepaalde EPC prestatie vaak onderzocht op basis van kostenoptimaliteit. De gehanteerde methodiek voor bepaling van de kostenoptimaliteit verschilt bij de meeste studies echter van de Europese methodiek. Hierdoor kunnen de uitkomsten (en conclusies) op basis van de Europese methodiek afwijken van de oorspronkelijke studies.

Het onderzoek 'Kosteneffectiviteit Rc-aanscherping' is uitgevoerd om te onderzoeken of de vangnet eisen aangescherpt kunnen worden. Dit onderzoek uit 2012 is opgesteld conform de methodiek van de Verordening.

NEN 7120 versus NEN 5128 of NEN 2916

De onderzoeken naar aanscherping van de EPC voor woningbouw, woonwagens en utiliteitsbouw zijn uitgevoerd op basis van de destijds geldende methode voor de bepaling van de energieprestatie van een gebouw: NEN 5128 voor woonfuncties en NEN 2916 voor utiliteitsfuncties.

Recent zijn NEN 5128 en NEN 2916 vervangen door NEN 7120. Voor de onderhavige rapportage is nog gebruikgemaakt van de resultaten van de EPC-berekeningen die met NEN 5128 en NEN 2916 zijn uitgevoerd. Er heeft geen herberekening met NEN 7120 plaatsgevonden.

Een gevolg van een nieuwe rekenmethodiek is dat de uitkomsten van berekeningen kunnen verschillen. Om nu te voorkomen dat bij iedere aanpassing van de norm er nieuwe eisen bepaald zouden moeten worden, hanteert Nederland het systeem van de C_{epc} -factoren. De C_{epc} -factoren zorgen er voor dat gemiddeld gezien de eventuele effecten van de overgang naar de nieuwe methodiek in de EPC weer gecorrigeerd worden. Oftewel: de EPC berekend met NEN 5128 of NEN 2916 komt ongeveer overeen met de EPC berekend met NEN 7120.

De C_{epc} -studie uit 2011 is separaat bijgevoegd als onderliggende rapportage 6.

2.4 Weergave kostenoptimaliteit

De berekende netto contante kosten zijn in de resultaatgrafieken voor nieuwbouw weergegeven ten opzichte van de Q/Q-waarde ($Q_{prestatie}/Q_{toelaatbaar}$). Dit is de verhouding tussen het karakteristieke energiegebruik van het gebouw gedeeld door het toelaatbare energiegebruik zoals dat in Nederland wordt toegepast voor de toetsing van de energieprestatie van een gebouw aan de prestatie-eisen uit de bouwregelgeving (zie paragraaf 2.1).

Het toelaatbare energiegebruik is in belangrijke mate afhankelijk van het gebruiksoppervlak van een gebouw. De huidige energieprestatie-eis in Nederland ligt op een Q/Q-waarde van 1,0. Hierin is de EPC-eis per gebruiksfunctie verwerkt.

Verschillen in energiegebruik per vierkante meter tussen verschillende typen gebouwen worden hierdoor geminimaliseerd.

3. Uitgangspunten kostenoptimaliteit

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten besproken die zijn gehanteerd bij de berekeningen voor de kostenoptimaliteit van de energieprestatie van gebouwen. Allereerst wordt ingegaan op de gehanteerde referentiegebouwen. Vervolgens worden in paragraaf 3.2 tot en met 3.8 de rekenkundige uitgangspunten besproken.

De doorgerekende energiebesparende maatregelen per bouwtype worden besproken in hoofdstuk 4.

3.1 Gehanteerde referentiegebouwen

Voor de nieuwbouwstudies naar woningen, woonwagens en utiliteitsgebouwen is een vaste set referentiegebouwen gehanteerd. Voor bestaande bouw is gekeken naar de bandbreedte van de in de gebouwenvoorraad voorkomende gebouwen qua grootte, gebruiksfunctie en voorkomende bouwkundige constructies en opwekkingstechnieken.

3.1.1 Nieuwbouw

Woningen

Bij woningen is onderscheid gemaakt in de meest voorkomende woningtypes:

- Rijtussenwoning (TW).
- Rijhoekwoning (HW).
- 2-onder-1 kapwoning (2k).
- Vrijstaande woning (V).
- Appartementengebouw (App).
- Galerijflat (Gal).

In onderliggende rapportage 8 is een overzicht gegeven van de bouwkundige kenmerken en het voorkomen van de referentiewoningen in de Nederlandse woningvoorraad.

Woonwagens

Bij woonwagens is voor de referentiegebouwen gebruikgemaakt van drie veel voorkomende typen:

- Enkele breedte, enkellaags (EE).
- Dubbele breedte, enkellaags (DE).
- Dubbele breedte, dubbellaags (DD).

De verschillende typen zijn in detail beschreven achterin onderliggende rapportage 2, het onderzoek naar invoering van de EPC-eis voor woonwagens.

3.1.2 Bestaande bouw

Bij de berekening van de kostenoptimaliteit van de voorgestelde eisen voor bestaande bouw is alleen indirect gebruikgemaakt van referentiegebouwen.

De bestaande gebouwenvoorraad heeft een zeer grote diversiteit. In een eerste fase zijn daarom referentiegebouwen gedefinieerd die als dekkend voor het merendeel van de gebouwen zijn op te vatten. Hierbij is onderscheid gemaakt naar grootte, energiezuinigheid, gebruiksfunctie en technische uitvoering.

Deze referentiegebouwen zijn vervolgens op integrale wijze doorgerekend en op basis daarvan zijn kengetallen (energiebesparingen en kosten) vastgesteld die voldoende dekkend voor de bestaande gebouwenvoorraad zijn. Vervolgens is met referentiecases de stap gemaakt naar het component- en systeemniveau waarvoor eisen zijn voorgesteld.

Bouwkundig

Voor de bouwkundige eisen zijn vanuit de referentiegebouwen besparingskengetallen afgeleid voor een m² schildeel. Hierdoor kunnen renovatiecases (verschillende bouwkundige verbeteropties) beschouwd worden in plaats van gebouwen.

Bij doorrekening van de gebouwen bleek weliswaar dat alle verschillende kenmerken van invloed waren op de absolute energiebesparing door isolatiemaatregelen maar alleen het onderscheid naar gebruiksfunctie maakte dermate uit dat voor zeven categorieën gebouwen (groepen gebruiksfuncties) energiebesparingsgetallen zijn afgeleid. Deze categorieën zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3
Beoordeelde groepen van gebruiksfuncties bij bestaande bouw

categorie	gebruiksfunctie
W1 Woningen	woonfunctie, overig woonfunctie in woonwagen
C Cel	celfunctie
G Gezondheid met bedgebied	gezondheidszorgfunctie met bedgebied
K1 kantoor, sport/bijeenkomst/gezondheid overig	kantoorfunctie sportfunctie, overig bijeenkomstfunctie overig gezondheidszorgfunctie overig
K2 Onderwijs en kinderopvang	onderwijsfunctie bijeenkomstfunctie voor kinderopvang
S Sport matig verwarmd	sportfunctie, matig verwarmd
L Logiesfunctie niet zijnde een logiesgebouw	logiesfunctie niet in een logiesgebouw
W2 Logiesgebouw en winkel	logiesfunctie in logiesgebouw winkel functie

Installaties

Ook voor de installatie-eisen op systeemniveau zijn kengetallen bepaald aan de hand van referentiegebouwen. Hierbij is rekening gehouden met de verschillende kenmerken die van invloed zijn op de grootte van de energievraag. Er is gebruikgemaakt van dezelfde categorieën gebruiksfuncties als bij de bouwkundige maatregelen (zie tabel 3).

Sinds 1 juli 2012 wordt voor het bepalen van de energieprestatie van nieuwbouw gebruikgemaakt van NEN 7120. De vereiste energieprestatie per type gebruiksfunctie is ongewijzigd gebleven. Eventuele verschillen tussen de oude bepalingwijze (NEN 5128/NEN 2916) en de nieuwe methodiek zijn ondervangen door de bepaling van een correctiefactor op de EPC. Hierdoor zijn de berekende resultaten met NEN 5128 en NEN 2916 grosso modo vergelijkbaar met de resultaten met NEN 7120 (zie ook paragraaf 2.3 en onderliggende rapportage 6).

Bij de bepaling van de energiebesparing bij renovatie van de installaties in bestaande bouw is aanvullend op voornoemde rekenmethodiek gebruikgemaakt van vraagprofielen met een lage en hoge energiebesparing.

De energieprestatie wordt uitgedrukt in primair energiegebruik per gebouw. Voor de bepaling van de energiekosten is het primaire energiegebruik omgerekend naar kubieke meter aardgas en kWh elektriciteit. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Aardgas 35,17 MJ primaire energie per m³ aardgas.
- Elektriciteit 9,23 MJ primaire energie per kWh.

3.4 Energieprijzen

Bij de energieprijzen is alleen rekening gehouden met de totale variabele kosten voor energie per eenheid (commodity + variabele tariefcomponenten en afhankelijk van het type calculatie ook energiebelasting en btw (zie paragraaf 3.5)). Er is geen rekening gehouden met vaste kosten.

In een gevoeligheidsanalyse voor de financiële calculatie is rekening gehouden met een energiescenario met een 20% kleinere ontwikkeling ten opzichte van de basisprijs voor 2012 en een energiescenario met een 20% grotere ontwikkeling ten opzichte van de basisprijs voor 2012.

De in de calculatie gehanteerde energieprijsscenario's staan vermeld in bijlage 1.

3.4.1 Woningbouw

Bij de berekening van de energiekosten is voor woningbouw, woonwagens en vakantiewoningen het energieprijsscenario gehanteerd dat is opgesteld door ECN voor de periode 2010-2040 (zie onderliggende rapportage 7).

Omdat de berekening van de kostenoptimaliteit bij een calculatieperiode van 30 jaar wordt uitgevoerd van 2012 tot en met 2041 is voor dat laatste jaar het energieprijsscenario rechtlijnig geëxtrapoleerd. Voor niet genoemde tussenliggende jaren in de ECN rapportage is rechtlijnig geïnterpoleerd. De prijsstijging in het scenario is voor de eerste 10-15 jaar hoger dan voor de daarop volgende periode. Gedurende de periode 2010-2040 is er sprake van een gemiddelde stijging van de elektriciteitsprijs van 1,0% en 1,5% per jaar voor woningen respectievelijk utiliteitsgebouwen en van de gasprijs van respectievelijk 2,0% en 1,8%.

3.7 Investeringskosten en restwaarde

De investeringskosten voor de doorgerekende maatregelen voor nieuwbouw zijn allemaal geactualiseerd naar prijspeil 2012. De installatietechnische investeringen zijn geactualiseerd door Techniplan (zie onderliggende rapportage 9). De bouwkundige investeringen zijn geactualiseerd door Winket (zie onderliggende rapportage 10).

In vrijwel alle gevallen is er gerekend met de meerkosten ten opzichte van een referentiesituatie of een referentie ingreep (bij renovatie). Alleen voor de beoordeling van de kostenoptimaliteit van de Rc-eis voor nieuwbouw is gerekend met absolute kosten.

Bij herinvesteringen is er gerekend met hetzelfde investeringsbedrag als in het startjaar van de calculatie. Er is dus van uitgegaan dat de vervangingskosten gelijk zijn aan de oorspronkelijke investeringskosten.

Wanneer de levensduur van de getroffen maatregelen al dan niet na herinvestering langer is dan de beschouwingsperiode van 20 of 30 jaar is er conform de voorgeschreven berekeningsmethode rekening gehouden met een restwaarde.

3.8 Onderhoud

Voor de jaarlijkse onderhoudskosten van installatietechnische maatregelen is uitgegaan van 5% van het investeringsbedrag. Bij bouwkundige maatregelen is er geen rekening gehouden met onderhoudskosten (0%).

4.1.2 Woonwagens

Per woonwagen zijn twee maatregelpakketten doorgerekend met een combinatie van na-isolatie en een ander type ventilatiesysteem. De maatregelpakketten zijn beschreven in bijlage 3.

Voor de levensduur van bouwkundige maatregelen is net als bij woningen een levensduur van 30 jaar gehanteerd en voor de installatietechnische maatregelen een levensduur van 15 jaar.

4.1.3 Vakantiewoningen

Een vakantiewoning is in de regelgeving een gebouw met een logiesfunctie, niet in een logiesgebouw gelegen. Voor de vakantiewoning zijn vier maatregelpakketten doorgerekend. Er is onderscheid gemaakt in type ventilatiesystemen en mate van isolatie. De maatregelpakketten zijn beschreven in bijlage 3.

Voor de levensduur van bouwkundige maatregelen is net als bij woningen een levensduur van 30 jaar gehanteerd en voor de installatietechnische maatregelen een levensduur van 15 jaar.

4.1.4 Utiliteitsgebouwen

In tabel 4 is met kruisjes aangegeven welke maatregelen doorgerekend zijn voor de verschillende referentiegebouwen. Als er geen kruisje staat, betekent dit dat de maatregel al in de referentiesituatie zit of dat de maatregel niet zinvol is voor dit bouwtype.

Vervolg tabel 4
 Onderzochte energiebesparende maatregelen per referentiegebouw

	Logies				Onderwijs				Sportgebouw				Winkel	
	Hotel	Basisschool	VO school	HBO	Gymzaal	Tennishal	Sportthal	Zwembad	Klein	Super	Warenhuis			
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
<i>Bouwkundig</i>														
isolatie totaal Rc=3													x	
Isolatie gevel Rc=3.5						x							x	
Isolatie gevel Rc=4						x							x	
Isolatie dak Rc=3.5						x							x	
Isolatie dak Rc=4						x							x	
Isolatie vloer Rc=3.5						x							x	
Isolatie vloer Rc=4						x							x	
Isolatie totaal Rc=4						x							x	
Isolatie ramen U=1.8	x	x			x				x					
Glaspercentage 25%														
Glaspercentage 50%	x	x	x	x	x		x		x	x	x			
<i>Installatie</i>														
Energiezuinige verlichting HF+									x					
Reg ventilatoren inlaat/waaijer			x	x				x		x	x			
Reg ventilatoren toerenregeling			x	x				x		x	x			
Reg verlichting veegpuls	x	x												
Reg verlichting daglicht	x	x												
Reg verlichting daglicht+veegpuls	x	x				x								
Aanwezigheidsdetectie		x	x	x	x	x	x	x						
WTW ventilatielucht rend 60%								x						
WTW ventilatielucht rend 65 %														
WTW ventilatielucht rend 70%	x	x		x		x		x		x	x	x		
Verhogen rendement CV		x	x			x				x	x	x		
LTS	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Warmtepomp	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		
Warmte/koudeopslag				x						x	x			
Zonneboiler voor ww						x								
WKK								x						

Voor elk type referentiegebouw is in de oorspronkelijke studie een kostenneutraal maatregelpakket samengesteld. In veel gevallen is hierbij gebruikgemaakt van een elektrische warmtepomp met bronsysteem. Omdat bronsystemen niet op alle locaties toegepast kunnen worden is voor elk type referentiegebouw ook een maatregelpakket samengesteld met een op elke locatie toepasbare warmtepomp op ventilatieretourlucht en/of buitenlucht. De samenstelling van de maatregelpakketten is beschreven in bijlage 4.

Voor de bouwkundige maatregelen is een levensduur van 50 jaar gehanteerd. Bij de installatietechnische maatregelen is voor de meeste maatregelen een levensduur van 15 jaar gehanteerd. Alleen voor energiezuinige verlichting, verlichtingsregelingen, zonneboiler en WKK is 20 jaar aangehouden.

Voor deze referentiesituaties zijn de volgende renovatie-ingrepen doorgerekend:

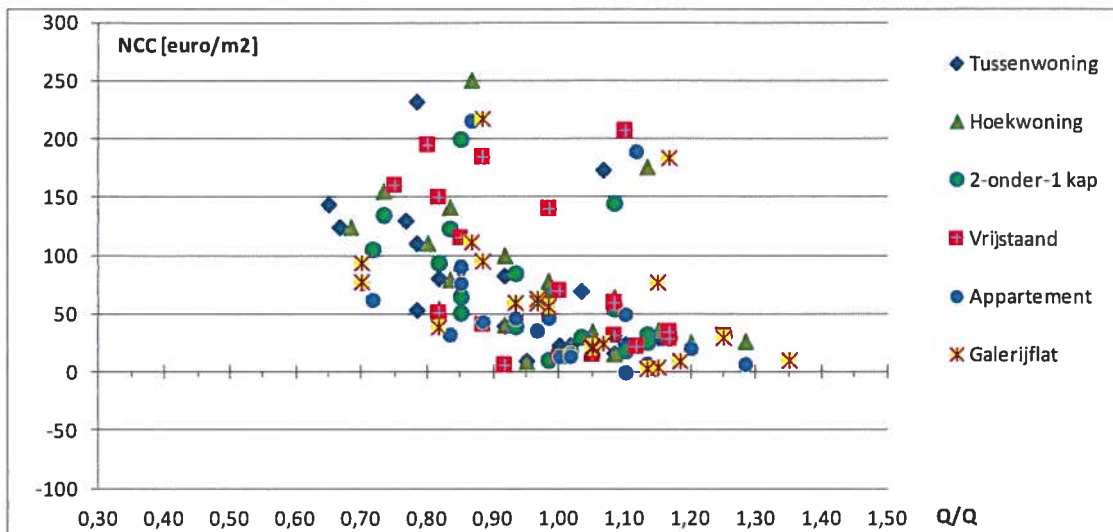
- Verwarming: Warmtepomp op gas/elektrisch/elektrisch op retourlucht, al dan niet in combinatie met een HR-piekketel.
- Koeling: Warmte- en Koude opslag in de bodem (WKO).
- Warm tapwater: zonneboilersysteem.
- Ventilatie: specifiek ventilatorvermogen.

Woningen

In figuur 5.1 is te zien dat het treffen van aanvullende energiebesparende maatregelen voor alle referentiewoningen leidt tot hogere netto contante kosten. Het kostenoptimale punt ligt bij een Q/Q van circa 1,00. De Q/Q van 1,00 komt overeen met de EPC-eis van 0,6 voor woningen uit het Bouwbesluit.

Figuur 5.1

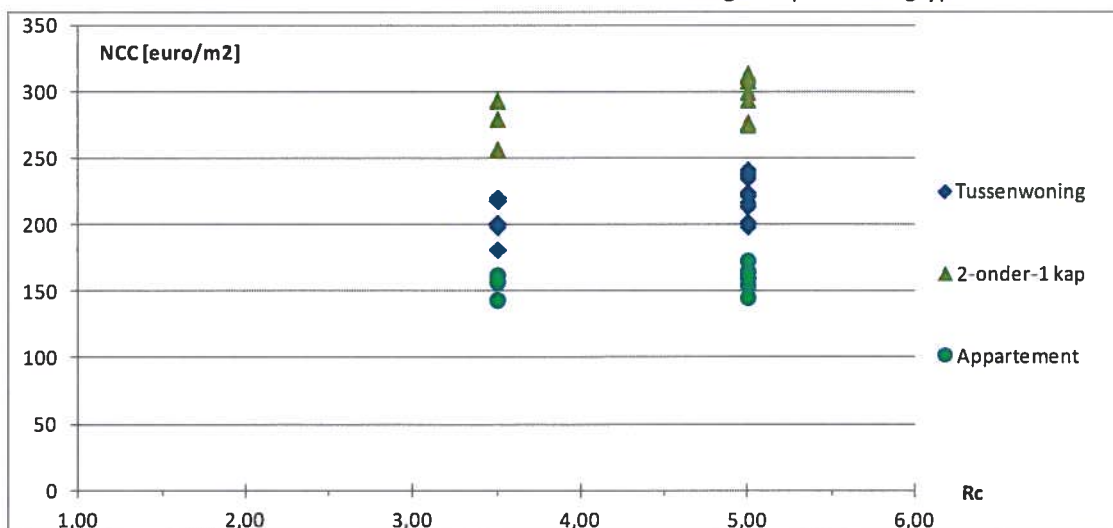
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen per woningtype



Isolatie woningen

Figuur 5.2

Netto contante absolute kosten van isolatiemaatregelen per woningtype



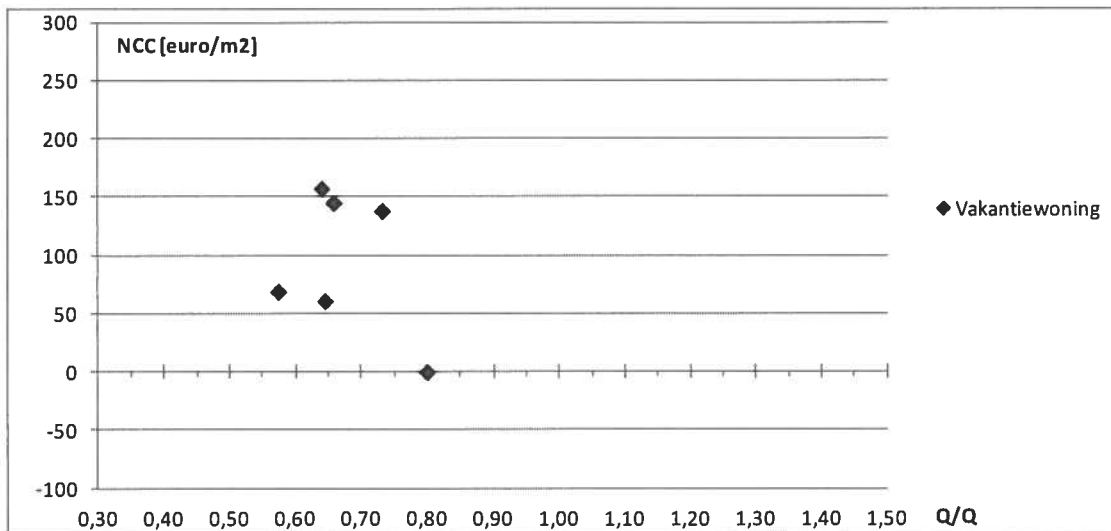
Verhoging van de R_c-waarde leidt bij alle referentiewoningen tot licht hogere netto contante kosten.

Vakantiewoningen

Bij de vakantiewoning (zie figuur 5.4) is er sprake van meerkosten voor alle energiebesparende maatregelen. In de referentiesituatie wordt echter reeds een Q/Q van 0,80 bereikt. Hierbij is nog rekeningen gehouden met een R_c van 2,5 m²K/W. Bij een R_c van 3,5 m²K/W zou de Q/Q nog circa 0,10 lager liggen. Het kostenoptimale punt lijkt daardoor te liggen tussen 0,70 en 0,80. Deze Q/Q waarde hoort echter bij de referentiesituatie.

Figuur 5.4

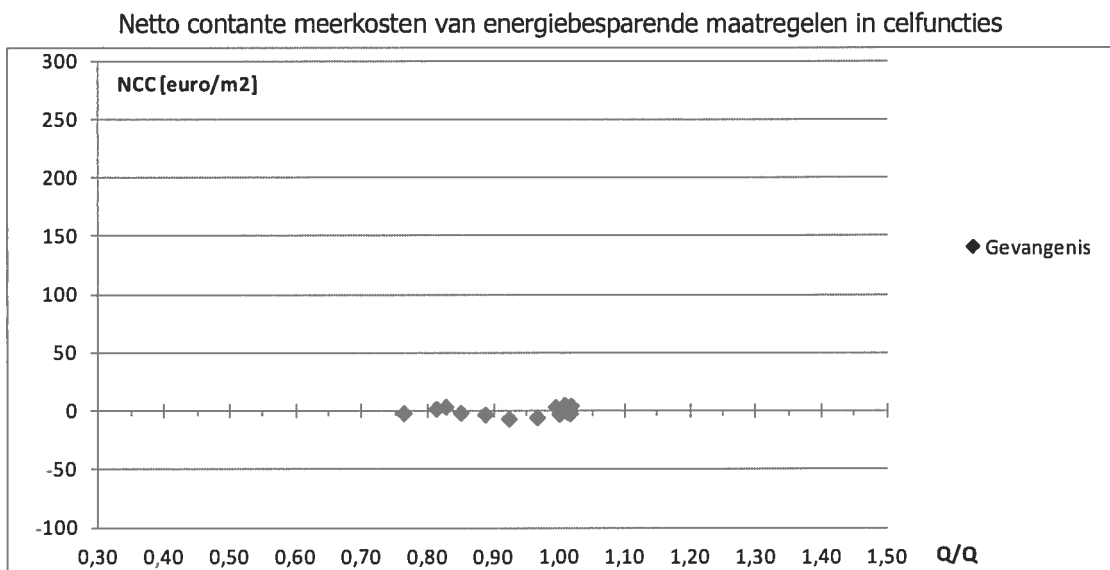
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen bij vakantiewoningen



Bij bijeenkomstfuncties (zie figuur 5.6) zijn verschillende maatregelen te realiseren die leiden tot lagere netto contante kosten. De maatregelen met lagere kosten zijn echter voornamelijk aanwezig bij het museum en het theater. Bij de beoordeling van de energieprestatie-eisen van bijeenkomstfuncties moet ook gelet worden op het café-restaurant en het buurtcentrum. Op grond van deze twee referentiegebouwen ligt het kostenoptimale punt tussen een Q/Q van 0,90 en 1,00.

Cellengebouwen

Figuur 5.7



In het cellengebouw (figuur 5.7) is het kostenoptimale niveau bereikt aangezien de aanvullende maatregelen niet leiden tot lagere netto contante kosten. Het kostenoptimale punt voor het cellengebouw ligt tussen een Q/Q van 0,80 en 1,00.

Gezondheidszorggebouwen

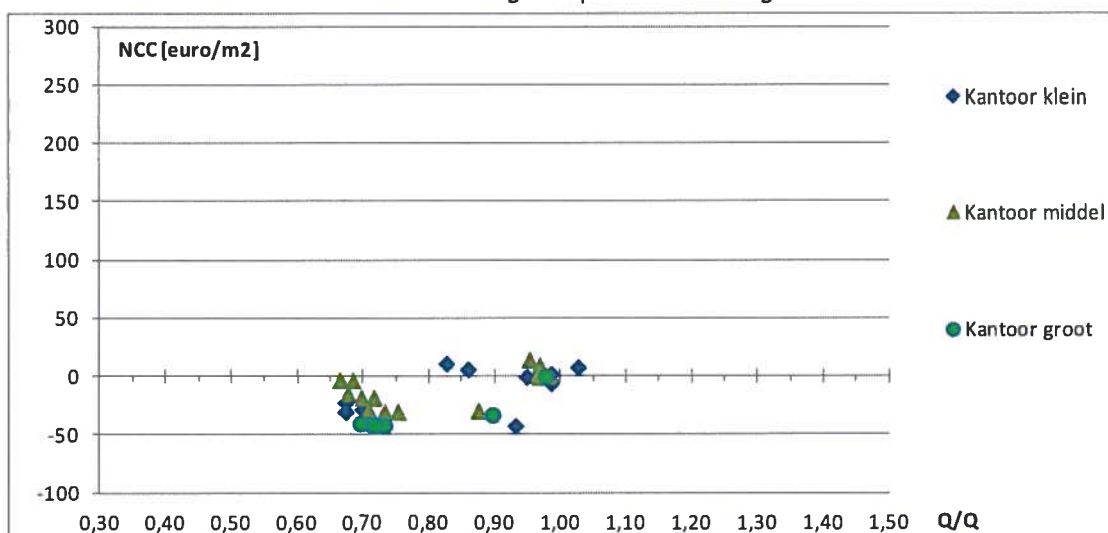
In de groepspraktijk (zie figuur 5.8) en bij de zorgfuncties met bedgebied (zie figuur 5.9) zijn verschillende maatregelen te treffen die leiden tot lagere netto contante kosten. Voor de gezondheidszorgfuncties (met en zonder bedgebied) lijkt het kostenoptimale punt te liggen tussen 0,70 en 0,90, waarbij opgemerkt wordt dat het verpleeghuis maatgevend lijkt te zijn met een waarde tussen 0.80 en 0.90.

Kantoorgebouwen

Ook in kantoorfuncties (zie figuur 5.10) zijn verschillende maatregelen te treffen die leiden tot lagere netto contante kosten. Het kostenoptimale punt lijkt te liggen tussen 0,70 en 0,90.

Figuur 5.10

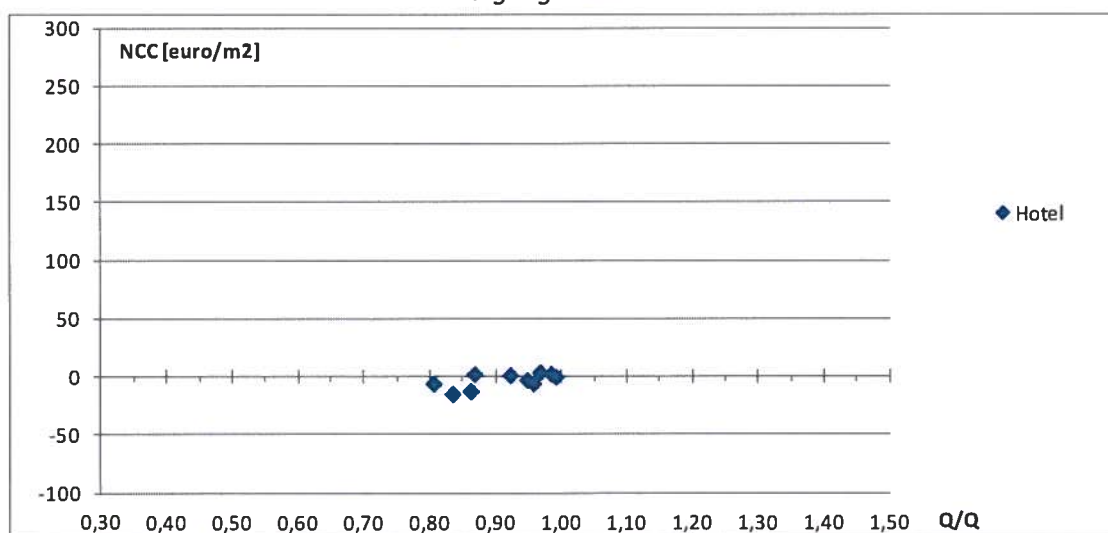
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in kantoorfuncties



Logiesgebouwen

Figuur 5.11

Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in logiesfuncties in logiesgebouwen



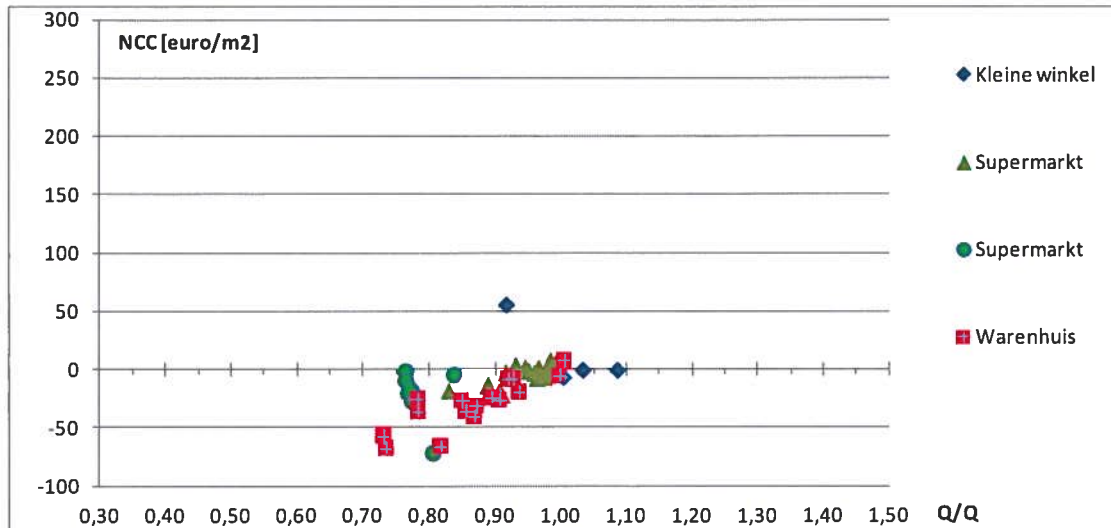
De kostenneutrale maatregelen voor het logiesgebouw leiden niet direct tot een substantieel lagere energieprestatie. Het kostenoptimale niveau lijkt bereikt. Het kostenoptimale punt ligt bij een Q/Q tussen 0,85 en 1,00.

De resultaten van het zwembad hebben echter een veel grotere spreiding dan van de andere gebouwen. Wanneer het zwembad buiten beschouwing gelaten wordt lijkt het kostenoptimale punt te liggen tussen 0,90 en 1,00.

Winkelgebouwen

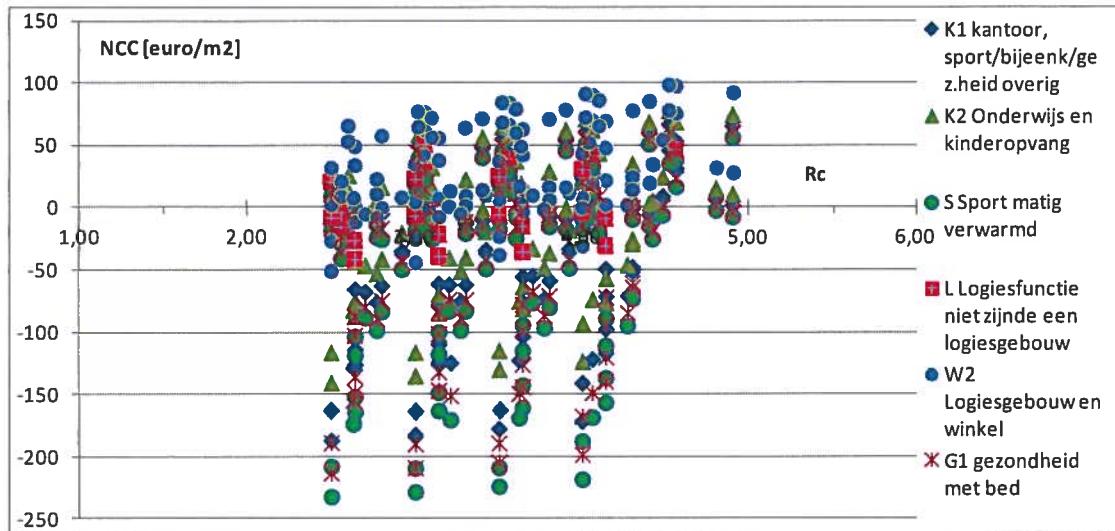
Figuur 5.14

Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in winkelfuncties



Bij winkelgebouwen kunnen verschillende energiebesparende maatregelen getroffen worden waarbij er sprake is van een daling van de netto contante kosten. Het kostenoptimale punt lijkt te liggen tussen 0,80 en 0,90. Voor de kleine winkel is het echter al moeilijk om aan een Q/Q van 1,00 te voldoen.

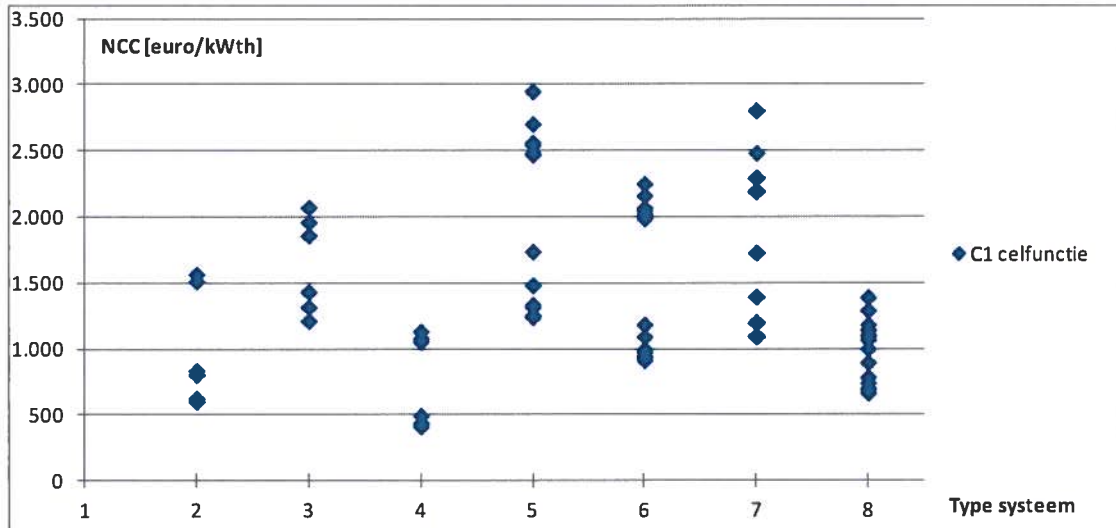
Figuur 5.17
Netto contante meerkosten van isolatiemaatregelen in bestaande utiliteitsgebouwen exclusief
cellengebouwen



Voor alle categorieën van gebruiksfuncties is het mogelijk om kostenneutrale isolatiemaatregelen te nemen bij de verschillende R_c -niveaus. Of de R_c -verhoging kostenneutraal is uit te voeren is echter afhankelijk van het type constructie. Bij een R_c van $4,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ zijn de kosten enigszins hoger ten opzichte van een R_c van $2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Bij nieuwbouw is in Nederland momenteel een R_c -niveau van $3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ vereist.

Figuur 5.19

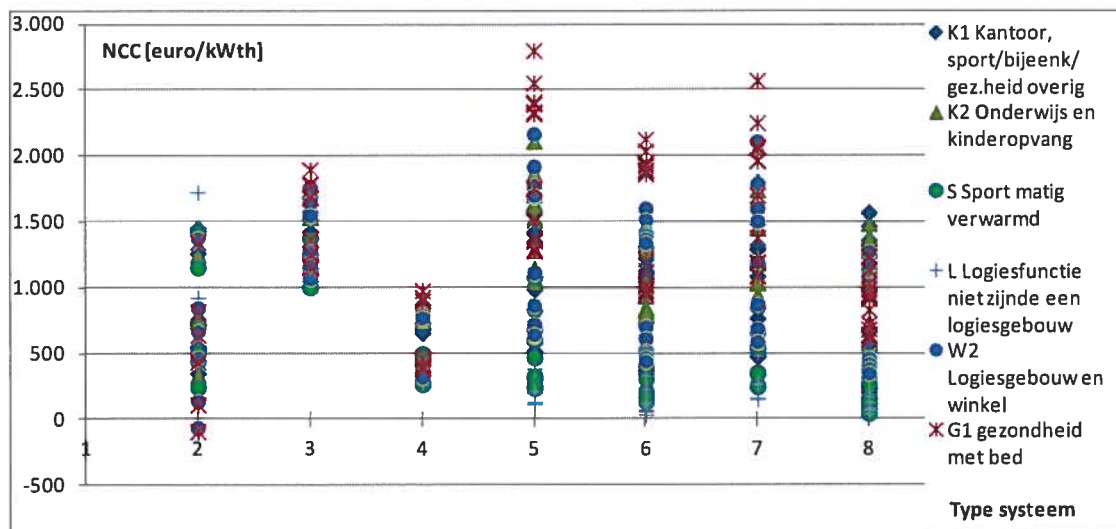
Netto contante meerkosten van koel- of verwarmingssystemen in bestaande cellengebouwen



Zowel bij systeem 2 (warmte- en koudeopslag in plaats van compressiekoeling) als bij systeem 3 tot en met 8 (verschillende typen warmtepompen in plaats van een HR-ketel) zijn de netto contante meerkosten in de meeste situaties substantieel hoger. Per verbeteroptie zijn zowel het minimale als het maximale vraagprofiel doorgerekend voor verschillende vermogenssituaties. Een en ander afhankelijk van de grootte en het type referentiegebouw. De netto contante meerkosten zijn weergegeven per kW thermisch vermogen van de opwekinstallatie.

Figuur 5.20

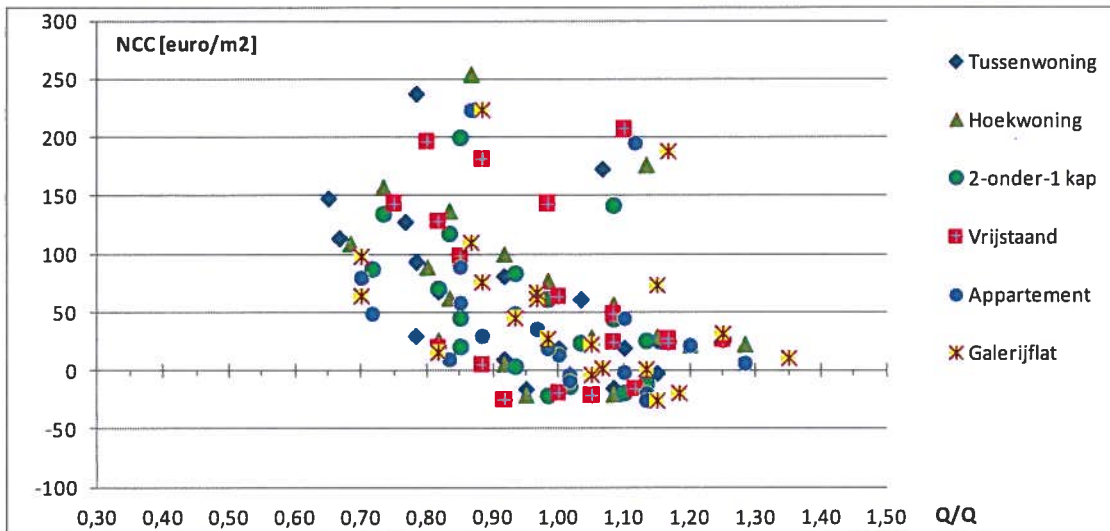
Netto contante meerkosten van koel- of verwarmingssystemen in bestaande utiliteitsgebouwen exclusief cellengebouwen



Woningen

Figuur 6.1

Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen per woningtype

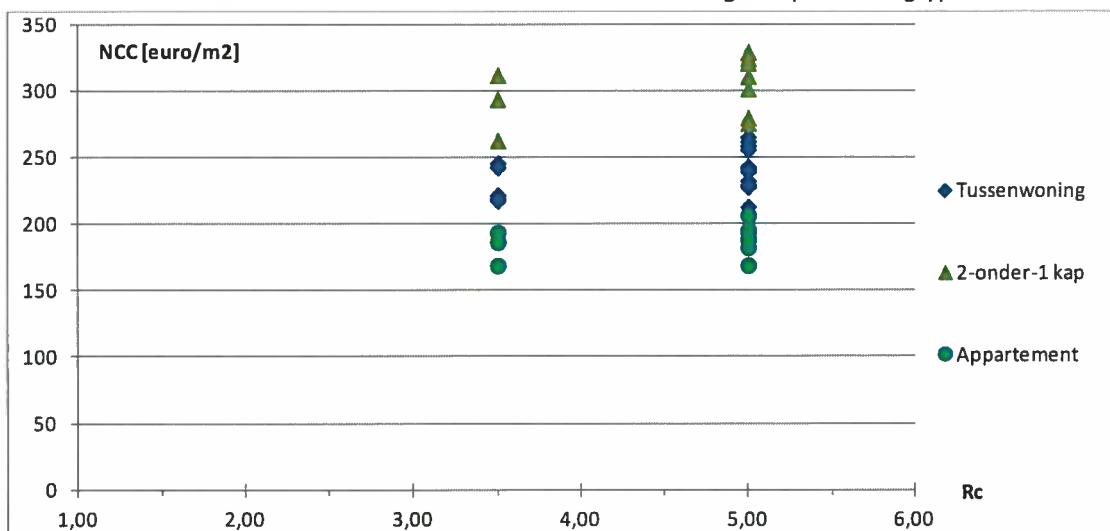


De resultaten van de macro-economische calculatie voor woningen leiden ten opzichte van de financiële calculatie tot lagere netto contante kosten. Er zijn bij dezelfde Q/Q-waarde dus maatregelen die zich terugverdienen. Het kostenoptimale punt ligt echter bij dezelfde Q/Q-waarde van circa 1,00.

Isolatie woningen

Figuur 6.2

Netto contante absolute kosten van isolatiemaatregelen per woningtype



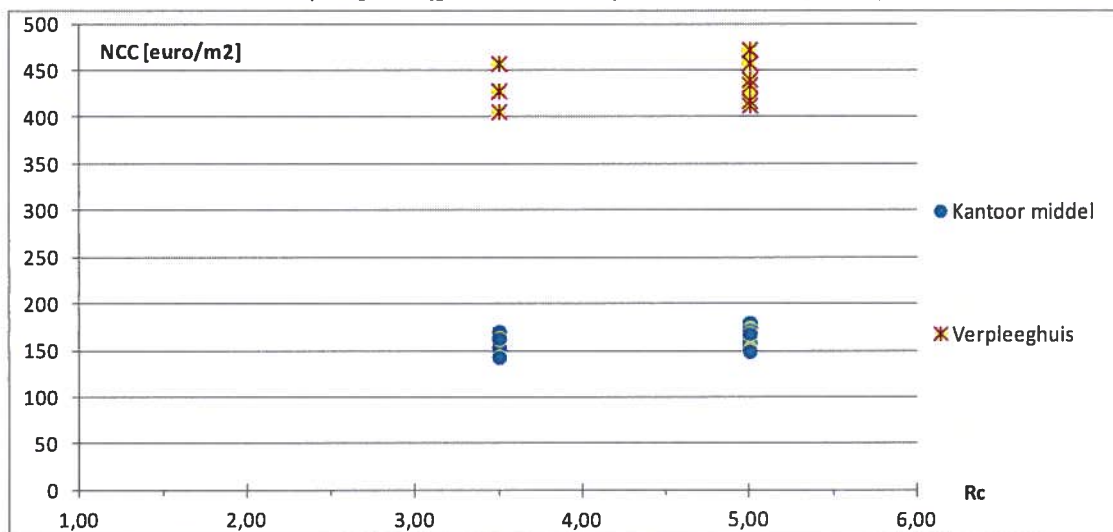
6.2 Nieuwbouw utiliteit

Het effect op de netto contante kosten van de doorgerekende maatregelen is per gebruiksfunctie weergegeven in figuur 6.6 tot en met 6.14. Alleen in figuur 6.5 is voor isolatie van de schil een overzicht gegeven voor de resultaten voor een kantoor en een verpleeghuis.

Isolatie utiliteitsbouw

Figuur 6.5

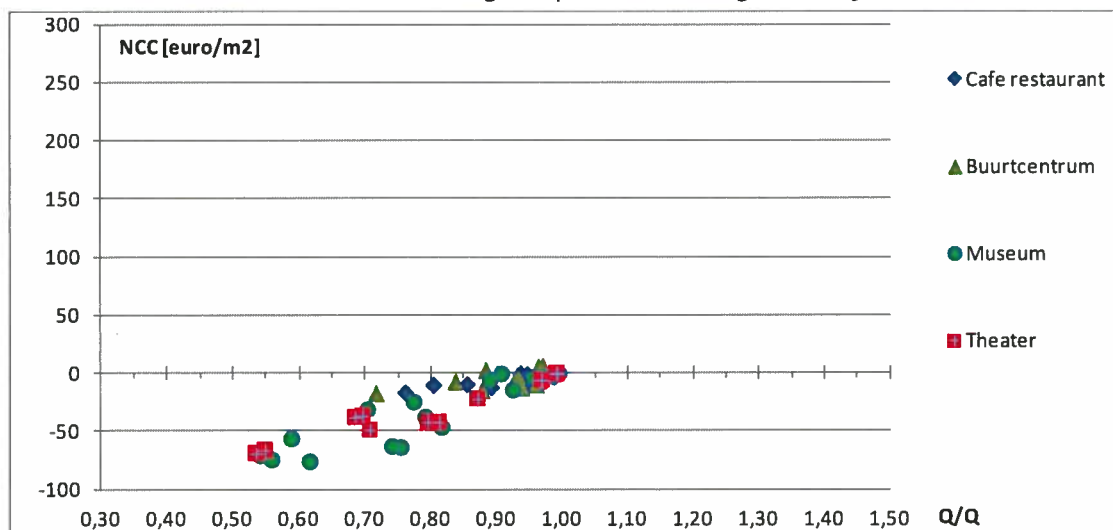
Netto contante absolute kosten van isolatiemaatregelen in middelgroot kantoor (kantoorfunctie) en verpleeghuis (gezondheidszorgfunctie met bedgebied)



Bijeenkomstgebouwen

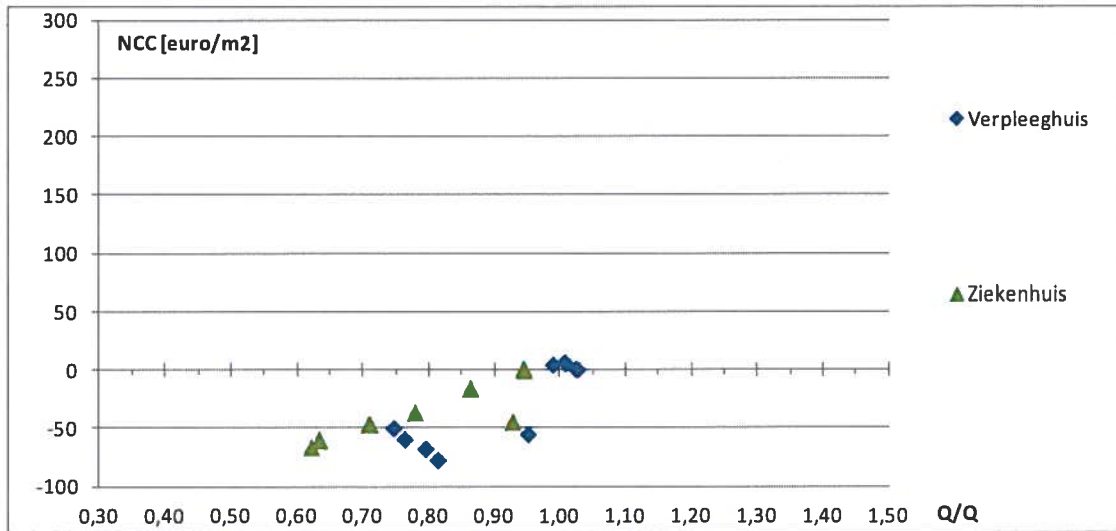
Figuur 6.6

Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in bijeenkomstfuncties



Figuur 6.9

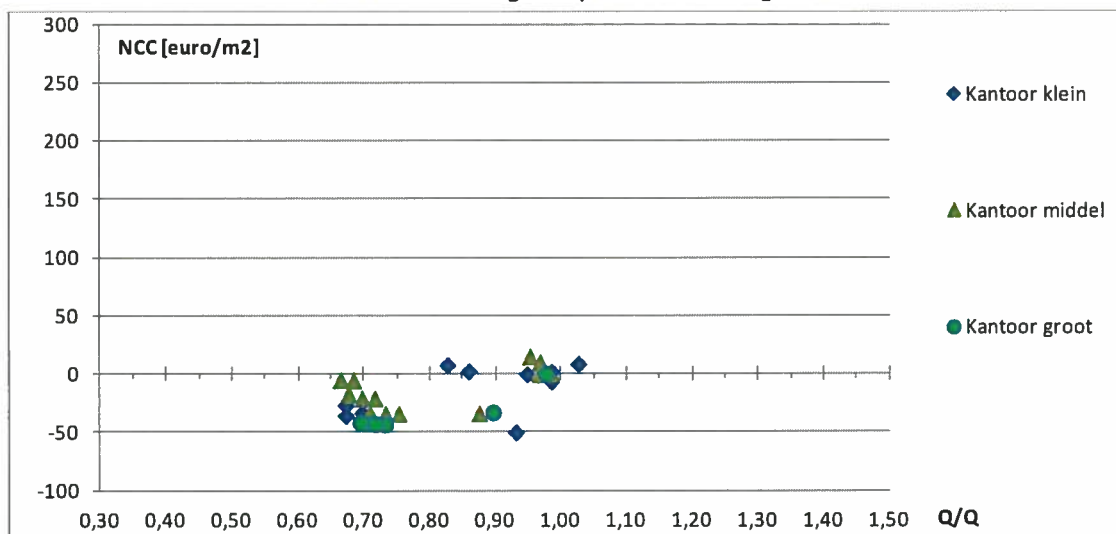
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in gezondheidszorgfuncties met bedgebied



Kantoorgebouwen

Figuur 6.10

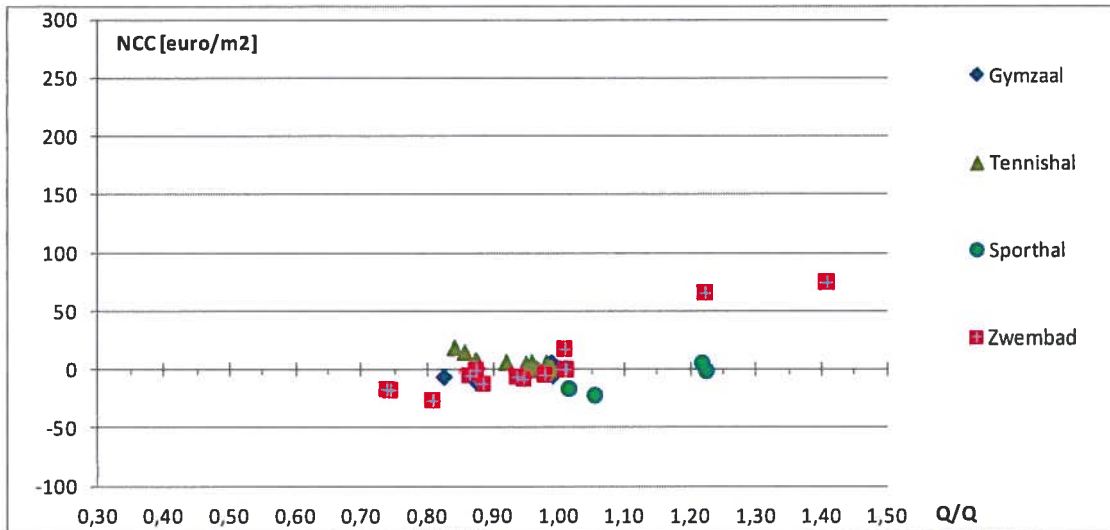
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in kantoorfuncties



Sportgebouwen

Figuur 6.13

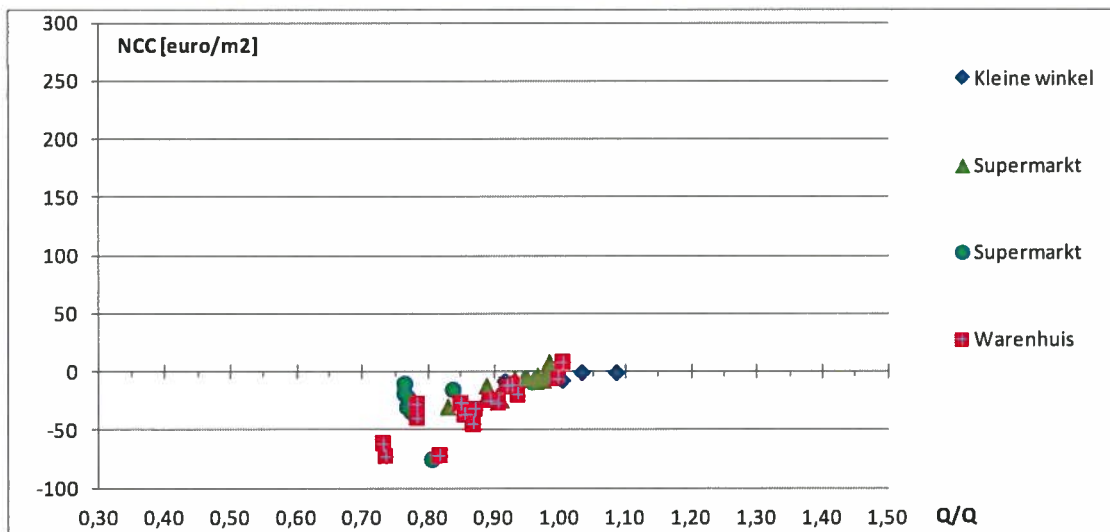
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in sportfuncties



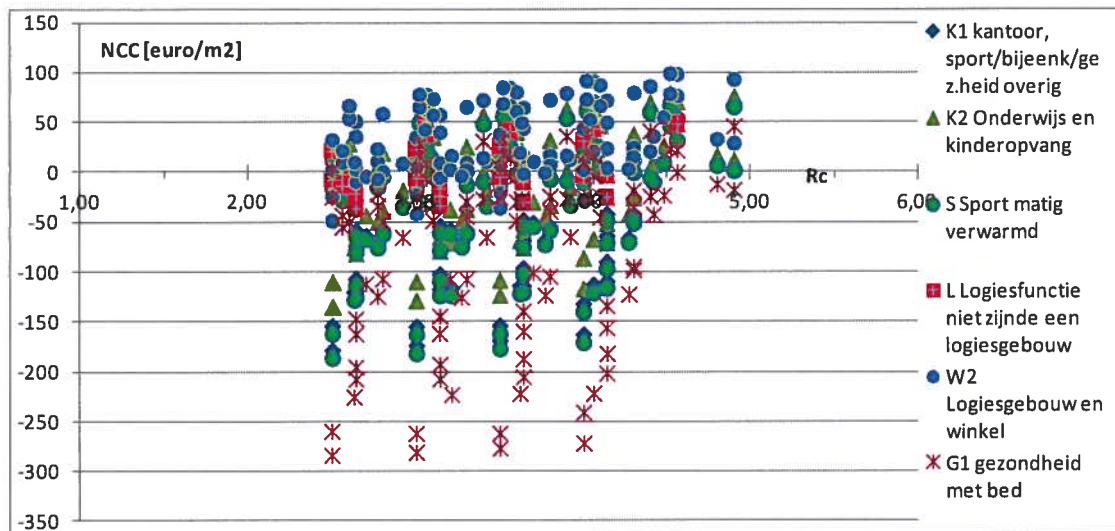
Winkelgebouwen

Figuur 6.14

Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in winkelfuncties



Figuur 6.17
Netto contante meerkosten van isolatiemaatregelen in bestaande utiliteitsgebouwen exclusief
cellengebouwen



6.4 Bestaande bouw installaties

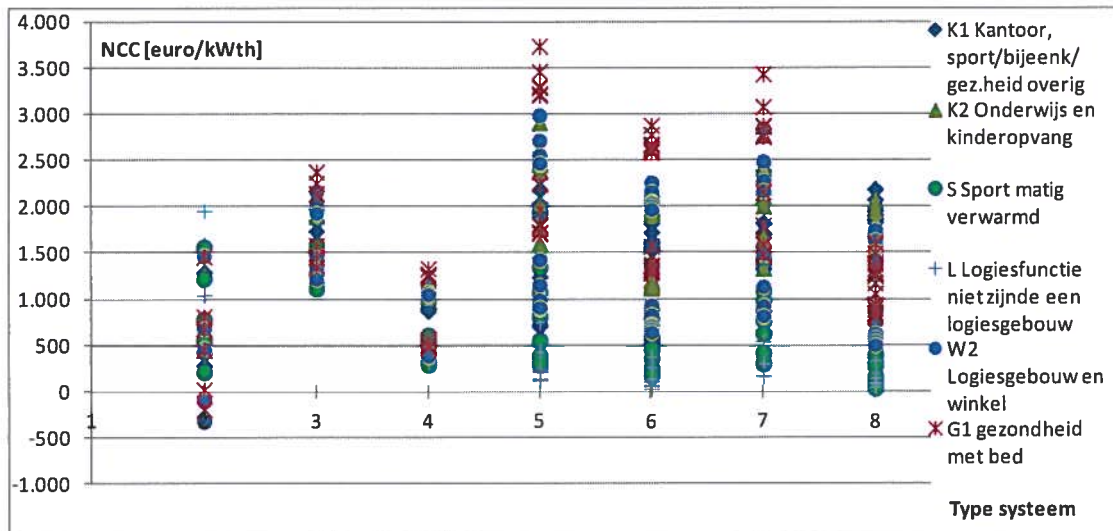
Het effect op de netto contante kosten van de doorgerekende maatregelen is separaat weergegeven voor woonfuncties in figuur 6.18 en voor utiliteitsbouwfuncties in figuur 6.19 en 6.20.

In de figuren is onderscheid gemaakt in de verschillende mogelijke koel- en verwarmingssystemen:

2. Koeling via Warmte- en koudeopslag.
3. Gaswarmtepomp.
4. Gaswarmtepomp met HR107 piekkel.
5. Elektrische warmtepomp.
6. Elektrische warmtepomp met HR107 piekkel.
7. Elektrische warmtepomp op retourlucht.
8. Elektrische warmtepomp op retourlucht met HR107 piekkel.

Figuur 6.20

Netto contante meerkosten van koel- of verwarmingssystemen in bestaande utiliteitsgebouwen, exclusief cellengebouwen



Utiliteitsfuncties nieuwbouw

Bij een aantal gebruiksfuncties liggen de netto contante kosten voor de verschillende doorgerekende maatregelen op een horizontale lijn rondom de totale netto contante kosten van nul. In deze gevallen lijkt het kostenoptimale niveau bereikt. Het kostenoptimale punt van de maatregelen ligt tussen een Q/Q van 0,80 en 1,0. Het gaat om de volgende gebruiksfuncties:

- Celfunctie (in cellingebouw) (0,80-1,00).
- Logiesfunctie (in logiesgebouw) (0,85-1,00).
- Sportfuncties: het kostenoptimale punt lijkt te liggen tussen 0,80 en 1,00. Zonder de resultaten voor het zwembad lijkt het kostenoptimale punt te liggen tussen 0,90 en 1,00.

Voor de overige gebruiksfuncties zit er wel variatie in de netto contante kosten van de verschillende doorgerekende maatregelen. Bij de volgende gebruiksfuncties ligt het kostenoptimale punt tussen een Q/Q van 0,80 en 1,00:

- Bijeenkomstfuncties (0,90-1,00).
- Onderwijsfuncties: het kostenoptimale punt voor onderwijsfuncties lijkt te liggen tussen 0,70 en 0,90. Voor basisscholen ligt het optimale punt echter tussen 0,90 en 1,00. De basisschool is dus maatgevend voor de onderwijsfunctie².
- Winkelfuncties: het kostenoptimale punt lijkt te liggen tussen 0,80 en 0,90. Voor de kleine winkel is het echter al moeilijk om aan een q/q van 1,00 te voldoen. De kleine winkel is dus maatgevend voor de winkelfunctie.

Voor kantoorfuncties en de gezondheidszorgfuncties (met en zonder bedgebied) lijkt het kostenoptimale punt te liggen tussen 0,70 en 0,90. Voor deze gebruiksfuncties ligt het kostenoptimale punt relatief ver af van de huidige energieprestatie-eisen (Q/Q=1,00).

Bestaande bouw

Voor alle categorieën van gebruiksfuncties is het mogelijk om kostenneutrale isolatiemaatregelen te nemen bij de verschillende R_c -niveaus. Of de R_c -verhoging kostenneutraal is uit te voeren is echter afhankelijk van het type constructie dat in de renovatie situatie aanwezig is. Op grond van de bouwregelgeving is het echter niet mogelijk om onderscheid te maken naar type constructie. Bij een R_c van 4,0 m²K/W zijn de kosten enigszins hoger ten opzichte van een R_c van 2,5 m²K/W. Bij nieuwbouw is in Nederland momenteel een R_c -niveau van 3,5 m²K/W vereist

De beoordeelde installatiesystemen waarmee in renovatiesituaties een meer energiezuinig opweksysteem gerealiseerd kan worden, leiden afhankelijk van de energievraag en gebouwcategorie in de meeste gevallen tot significant hogere netto contante kosten. Er is geen sprake van een kostenoptimaal punt.

² Voor utiliteitsgebouwen geldt per gebruiksfunctie een EPC-eis. Indien er voor een gebruiksfunctie meerdere referentiegebouwen beschikbaar zijn, dan wordt de hoogte van de EPC-eis bepaald op basis van het maatgevende referentiegebouw (met de hoogste EPC-eis). Dit om te voorkomen dat de EPC-eis voor bijvoorbeeld een kleine school vrijwel niet te halen is omdat de hoogte van de EPC-eis gebaseerd is op een grote school (die veel makkelijker aan de EPC-eis kan voldoen). Het uitgangspunt is dat de EPC-eisen zo gekozen worden dat energiebesparing gestimuleerd worden én haalbaar is voor alle gebouwen.

Bijlagen

Bijlagen bij hoofdrapport

1. Energieprijsscenario's
2. Uitgangspunten en maatregelpakketten SenterNovem referentiewoningen
3. Maatregelpakketten woonwagens en vakantiewoningen
4. Maatregelpakketten utiliteitsgebouwen
5. Legenda behorend bij tabellen in bijlage 6 t/m 13
6. Resultaten financiële calculatie
7. Gevoeligheidsanalyse financiële calculatie: discontovoet woningen 3,5% utiliteit 6,5%
8. Gevoeligheidsanalyse financiële calculatie: discontovoet woningen 6,5% utiliteit 9,0%
9. Gevoeligheidsanalyse financiële calculatie: 20% kleinere energieprijzontwikkeling
10. Gevoeligheidsanalyse financiële calculatie: 20% grotere energieprijzontwikkeling
11. Resultaten macro-economische calculatie
12. Gevoeligheidsanalyse macro-economische calculatie: discontovoet 2,0%
13. Gevoeligheidsanalyse macro-economische calculatie: discontovoet 4,0%
14. Ontwikkeling van de energieprestatie-eisen

Onderliggende rapportages

1. Aanscherpingsstudie EPC woningbouw 2011 – deelrapport theoretische toets
2. Onderzoek mogelijkheid invoering EPC voor woonwagens
3. Aanscherping EPC-eisen utiliteitsbouw - haalbaarheidsstudie
4. Beperkte update aanscherping energieprestatie utiliteitsbouw
5. Kosteneffectiviteit Rc-aanscherping – Onderzoek naar de levensduurkosten van het verder aanscherpen van de isolatie-eisen uit het bouwbesluit 2012.
6. Ventilatieberekeningen en C_{EPC} – Bepaling C_{EPC} NEN 7120
7. Energieprijzen en disconteringsvoeten voor gebouweisen ten behoeve van de EPBD
8. Referentiewoningen nieuwbouw 2006
9. Techniplan rapportage investeringskosten installatie W+U nieuwbouw
10. Winket rapportage update investeringskosten bouwkundig nieuwbouw

Energieprijsscenario's voor financiële calculatie en macro-economische calculatie

Standaard scenario

	jaar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29				
	jaar	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041				
Industrieel belastingen (financiële calculatie)																																			
Gas (eurocent/m3)																																			
Woningbouw		67,2	69,8	72,4	75,0	77,4	79,8	82,2	84,6	87,0	88,0	89,0	90,0	91,0	92,0	93,0	94,0	95,0	96,0	97,0	97,6	98,2	98,8	99,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	101,2				
Utiliteit, tarief 1 hoog		64,7	66,6	68,5	70,4	72,1	73,7	75,4	77,1	78,7	79,2	79,7	80,2	80,6	81,1	82,1	83,0	84,0	84,9	85,9	86,1	86,4	86,6	86,8	87,1	87,1	87,1	87,1	87,1	87,1	87,1	87,1	87,9		
Utiliteit, tarief 2 midden		62,1	64,0	65,9	67,8	69,5	71,1	72,8	74,5	76,1	76,6	77,1	77,6	78,0	78,5	79,5	80,4	81,4	82,3	83,3	83,5	83,8	84,0	84,2	84,5	84,5	84,5	84,5	84,5	84,5	84,5	85,3			
Utiliteit, tarief 3 laag		35,8	37,7	39,6	41,5	43,2	44,8	46,5	48,2	49,8	50,3	50,8	51,3	51,7	52,2	53,2	54,1	55,1	56,0	57,0	57,2	57,5	57,7	57,9	58,2	58,2	58,2	58,2	58,2	58,2	59,0				
Elektriciteit (eurocent/kWh)																																			
Woningbouw		22,4	22,6	22,8	23,0	23,4	23,8	24,2	24,6	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,2	25,4	25,6	25,8	26,0	26,4	26,8	27,2	27,6	28,0	28,2	28,4	28,6	28,8	29,0	29,2					
Utiliteit, tarief 1 hoog		22,1	22,3	22,6	22,8	23,1	23,3	23,5	23,8	24,0	24,2	24,5	24,7	25,0	25,2	25,4	25,7	25,9	26,1	26,4	26,6	26,9	27,1	27,3	27,6	27,8	28,1	28,3	28,5	28,8	29,0				
Utiliteit, tarief 2 midden		13,5	13,7	14,0	14,2	14,5	14,7	14,9	15,2	15,4	15,6	15,9	16,1	16,4	16,6	16,8	17,1	17,3	17,5	17,8	18,0	18,3	18,5	18,7	19,0	19,2	19,5	19,7	19,9	20,2	20,4				
Utiliteit, tarief 3 laag		9,8	10,0	10,3	10,5	10,8	11,0	11,2	11,5	11,7	11,9	12,2	12,4	12,7	12,9	13,1	13,4	13,6	13,8	14,1	14,3	14,6	14,8	15,0	15,3	15,5	15,8	16,0	16,2	16,5	16,7				
Exclusief belastingen (macro economische calculatie)																																			
	jaar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29				
	jaar	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041				
Gas (eurocent/m3)																																			
Woningbouw		40,5	42,7	44,8	47,0	49,0	51,1	53,1	55,1	57,1	57,9	58,8	59,6	60,5	61,3	62,2	63,0	63,8	64,7	65,5	66,0	66,5	67,0	67,5	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	69,3				
Utiliteit, tarief 1 hoog		37,7	39,3	40,9	42,5	43,9	45,3	46,7	48,1	49,5	49,9	50,3	50,7	51,1	51,5	52,3	53,1	53,9	54,7	55,5	55,7	55,9	56,1	56,3	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	57,4					
Utiliteit, tarief 2 midden		37,8	39,4	41,0	42,6	44,0	45,4	46,8	48,2	49,6	50,0	50,4	50,8	51,2	51,6	52,4	53,2	54,0	54,8	55,6	55,8	56,0	56,2	56,4	56,6	56,6	56,6	56,6	56,6	57,4					
Utiliteit, tarief 3 laag		26,1	27,7	29,3	30,9	32,3	33,7	35,1	36,5	37,9	38,3	38,7	39,1	39,5	39,9	40,7	41,5	42,3	43,1	43,9	44,1	44,3	44,5	44,7	44,9	44,9	44,9	44,9	44,9	45,8					
Elektriciteit (eurocent/kWh)																																			
Woningbouw		7,8	8,0	8,2	8,3	8,7	9,0	9,3	9,7	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,2	10,3	10,5	10,7	10,8	11,2	11,5	11,9	12,2	12,5	12,7	12,9	13,0	13,2	13,4	13,6					
Utiliteit, tarief 1 hoog		7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,0				
Utiliteit, tarief 2 midden		7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,0				
Utiliteit, tarief 3 laag		7,1	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	9,3	9,5	9,7	9,9	10,1	10,3	10,5	10,7	10,9	11,1	11,3	11,5	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,7	13,0				

Uitgangspunten en maatregelpakketten SenterNovem referentiewoningen

2. Uitgangspunten SenterNovem referentiewoningen

In de aanscherpingsstudie EPC woningbouw zijn de SenterNovem referentiewoningen (met een EPC van 0.8) 90°C gedraaid, de zuidgevel is de westgevel geworden. Dit leidt tot hogere EPC's. Om hiervoor te corrigeren zijn de isolatiewaarden in deze studie verhoogd naar (tenminste) 3.5 m².K/W voor de begane grondvloer, 4.0 m².K/W de gevels en 5.0 m².K/W voor het dak. U_{raam} is verlaagd naar (maximaal) 1.7 W/m².K. Bij een deel van de SenterNovem referentiewoningen waren deze maatregelen reeds toegepast voor het bereiken van een EPC van 0.8.

Voor de uitgangssituatie is onderscheid gemaakt in twee typen ventilatiesystemen:

- Gebalanceerde ventilatie met HR-WTW en gelijkstroomventilatoren.
- Zelfregelende ventilatieroosters (forfaitair) met mechanische afzuiging via een gelijkstroomventilator.

Bij de woningen met zelfregelende roosters is alleen gebruikgemaakt van de forfaitaire rekenwaarden uit NEN 5128.

Er zijn geen kwaliteitsverklaringen beschikbaar voor deze maatregel, wel gelijkwaardigheidsverklaringen. Het effect van deze gelijkwaardigheidsverklaringen is echter niet meegenomen bij de samenstelling van de uitgangssituatie of de maatregelpakketten voor EPC 0.6, omdat er veel discussie is over deze gelijkwaardigheidsverklaringen.

In de woningen is verder een HR-combiketel aanwezig. Ten opzichte van de SenterNovem referentiewoningen brochure is het opwekkingsrendement voor warm tapwater voor de meeste referentiewoningen verder verhoogd op basis van beschikbare kwaliteitsverklaringen. Ook is rekening gehouden met een kwaliteitsverklaring voor hulpenergie. Er is steeds uitgegaan van waarden die in de praktijk haalbaar zijn met meerdere producten.

Opwekkingsrendement warm tapwater HR-combiketels

Voor opwekking van warm water is een rendement gehanteerd van 70% voor appartementen en galerijwoningen, 72.5% voor hoek- en tussenwoningen, 75% voor 2-onder-1 kap en vrijstaande woningen. Dit is veelal 2.5% hoger dan de rendementen waarmee in de SenterNovem referentiewoningen reeds rekening is gehouden. Voor een aantal referentiewoningen werd nog gerekend met het forfaitaire opwekkingsrendement.

De bovengenoemde rendementen zijn gebaseerd op zeven kwaliteitsverklaringen voor verschillende CW4 ketels van vijf grote producenten. Vrijwel alle geraadpleegde kwaliteitsverklaringen hebben voor de beschouwde referentiewoningen een gelijk of hoger opwekkingsrendement. In een enkel geval is het opwekkingsrendement volgens de kwaliteitsverklaring lager. Het gaat dan om maximaal 2.5% lager.

In de vrijstaande woningen is een vergrote zonnecollector van 5.6 m² toegepast die ook wordt gebruikt voor ruimteverwarming (zonnegascombi).

Fotovoltaïsche cellen

Voor fotovoltaïsche cellen (PV) is in deze studie uitgegaan van 600 Wp (5 m² van 120 Wp/m²). Bij grondgebonden woningen is het mogelijk een veelvoud hiervan te realiseren.

Verhoging R_c-waarden

Als extra isolatiemaatregel is uitgegaan van een R_c = 5 m².K/W voor de dichte geveldelen en een R_c = 7 m².K/W voor hellende of platte daken.

Verlaging U-waarde ramen en deuren

Als energiebesparende maatregel is gekeken naar verlaging van de U-waarde voor ramen en deuren. Bij de maatregelpakketten is voor deuren reeds standaard uitgegaan van een U-waarde van 2.0 W/m².K (geïsoleerde deur) en voor ramen van 1.7 W/m².K. Deze waarde is forfaitair eenvoudig realiseerbaar bij het toepassen van houten of kunststof kozijn met een forfaitaire U-waarde van 2.4 W/m².K en HR⁺⁺-beglazing met een U-waarde van 1.1 W/m².K.

Als energiebesparende maatregel is gekeken naar de toepassing van drievoudig glas, U-waarde 0.7 W/m².K in een verdiept kozijnprofiel (U_{raam} = 1.3 W/m².K). Voor de deuren is rekening gehouden met een U-waarde van 1.2 W/m².K.

Voor het bereiken van een U_{raam} van 1.3 W/m².K is het overigens niet direct nodig om drievoudig glas toe te passen. Voor kunststof kozijn bijvoorbeeld kan gebruikgemaakt worden van een verklaring waarin een U-waarde van 1.4 W/m².K is vastgelegd (Vereniging Kunststof Gevelementenindustrie, KeurKozijn). In combinatie met HR⁺⁺-beglazing met U_{glas} 1.1 W/m².K kan een U_{raam} van 1.34 W/m².K bereikt worden.

Lage temperatuurverwarming

Er is in de woningen met een HR-ketel bij de maatregel lage temperatuurverwarming steeds uitgegaan van een laag temperatuursysteem (LT) in combinatie met een afgiftesysteem op basis van vloer- en/of wandverwarming. Bij de warmtepomp is altijd uitgegaan van toepassing van lage temperatuurverwarming met vloer- en/of wandverwarming.

Onderstaand zijn de maatregelpakketten weergegeven die zijn doorgerekend voor woonwagens en vakantiewoningen.

Woonwagens

Inhoud van de maatregelpakketten

maatregelen	pakket 1	pakket 2
R _c dak (m ² K/W)	2,0	2,5
R _c gevel (m ² K/W)	2,0	2,5
zelfregelende roosters	X	X
wisselstroom ventilator	X	X

HR107-combiketel, geen kwaliteitsverklaring hulpenergie
 CW-klasse 3
 HR-ww tapwater

Vakantiewoningen

Inhoud van de maatregelpakketten

maatregelen	referentie	bal R _c 2,5	bal R _c 3,5	ZR R _c 2,5	ZR R _c 3,5	ZR dak 5
R _c dak (m ² K/W)	2,5	2,5	3,5	2,5	3,5	5,0
R _c gevel (m ² K/W)	2,5	2,5	3,5	2,5	3,5	3,5
R _c vloer (m ² K/W)	2,5	2,5	3,5	2,5	3,5	3,5
U _{raam} (W/m ² K)	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7
U _{voordeur} (W/m ² K)	3,4	3,4	2,0	3,4	2,0	2,0
natuurlijke ventilatie	X					
zelfregelende roosters				X	X	X
balansventilatie met hoogrendement warmteterugwinning (95%)		X	X			
wisselstroom ventilator	X			X	X	X
gelijkstroom ventilator		X	X			
zonneboiler 2,8 m ²				X	X	X

HR107-combiketel met kwaliteitsverklaring voor hulpenergie (zie bijlage 2)
 CW-klasse 4
 Kwaliteitsverklaring voor opwekkingsrendement warm tapwater 0,725
 Zonneboiler (zie bijlage 2)

Maatregelpakketten utiliteitsgebouwen

Tabel 1
Maatregelcodering

code	maatregel
1	isolatie gevel $R_c=3,5$
2	isolatie dak $R_c=3,5$
3	isolatie dak $R_c=4$
4	isolatie $R_c=4$
5	$U_{raam}=1,8$
6	energiezuinige HF verlichting
7	veegregeling
8	daglichtregeling
9	veeg/daglichtregeling
10	aanwezigheidsdetectie
11	werkelijke ventilatorvermogens met toerenregeling
12	wtw 70%
13	hoger cv rendement
14	wp met hr-ketel
15	wp met hr-ketel en koudeopslag
16	wp met hr-ketel overal toepasbare bron
17	wkk
18	zonneboiler voor tapwater

Legenda bij tabellen in bijlage 6 t/m 13

Resultaten financiële calculatie

In onderstaande tabellen zijn de besparing op het gas- en elektriciteitsverbruik, de investeringskosten en de netto contante kosten per maatregel vermeld voor achtereenvolgens nieuwbouw en bestaande bouw.

Zie bijlage 5 voor een overzicht van de gehanteerde afkortingen en coderingen.

Gevoeligheidsanalyse financiële calculatie, discontovoet 3,5 en 6,5%

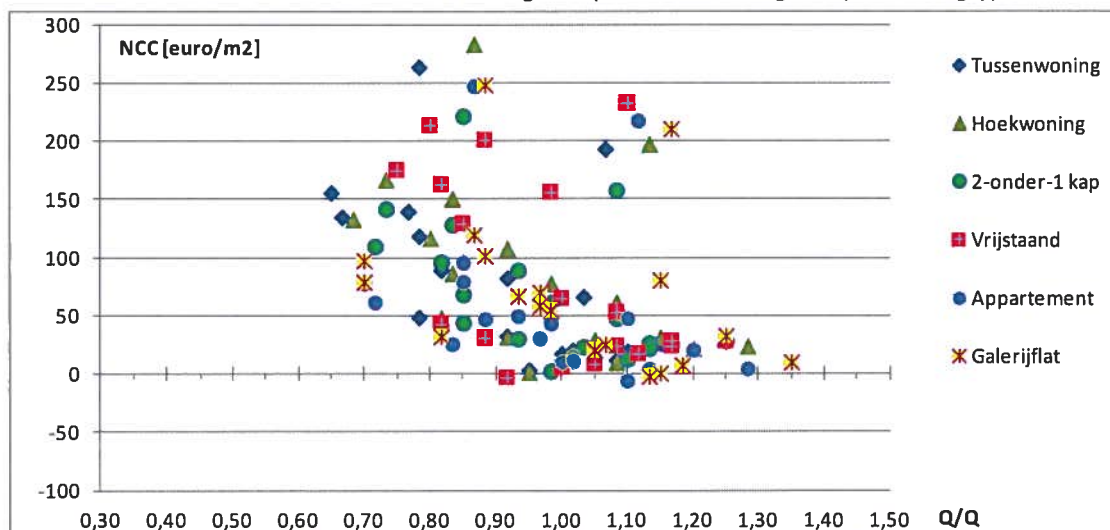
In de financiële calculatie is er gerekend met een discontovoet van 5,5% voor woningbouw en 8,0% voor utiliteitsbouw. In onderstaande gevoeligheidsanalyse is gekeken naar het effect van een aangepaste discontovoet van 3,5% voor woningbouw en 6,5% voor utiliteitsbouw.

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn voor nieuwbouw alleen grafisch weergegeven voor de woonfunctie van woningen en voor de kantoor- en onderwijsfunctie van utiliteitsbouw. Voor bestaande utiliteitsbouw alleen voor een calculatieperiode van 20 jaar. De resultaten voor alle doorgerkende maatregelen zijn weergegeven in de tabel.

Woningen

Figuur 1

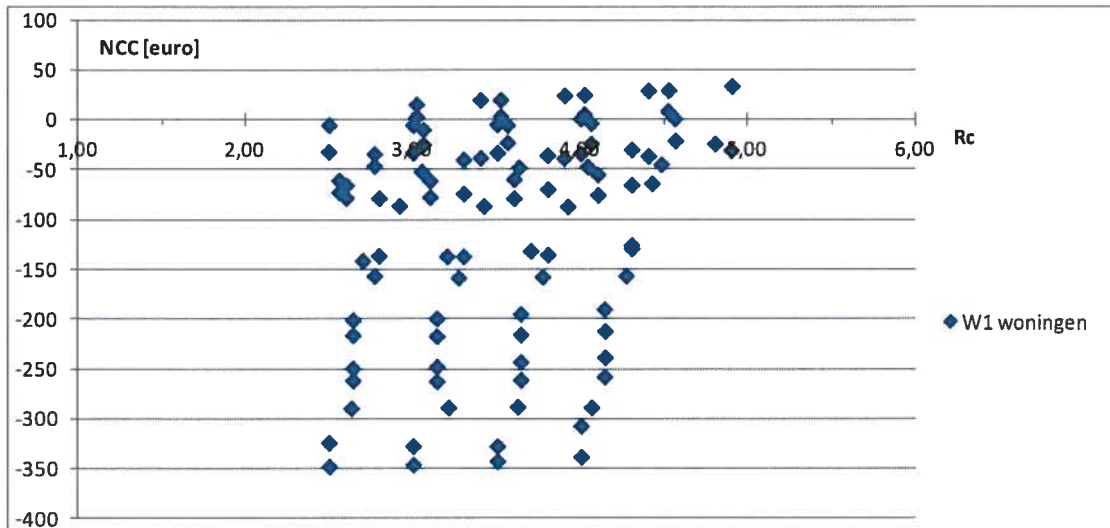
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen per woningtype



Bestaande bouw bouwkundig

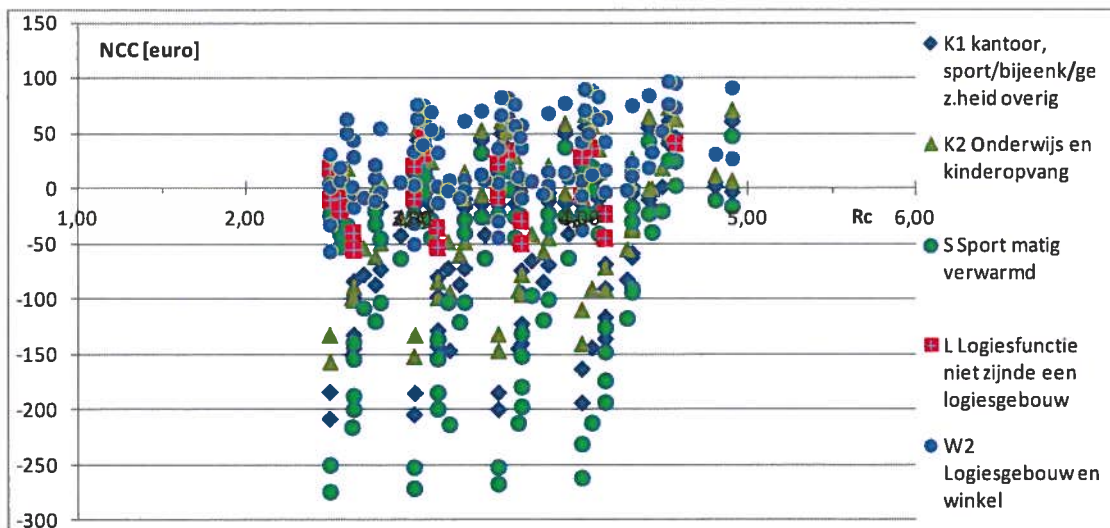
Figuur 4

Netto contante meerkosten van isolatiemaatregelen in bestaande woningen



Figuur 5

Netto contante meerkosten van isolatiemaatregelen in bestaande utiliteitsgebouwen, calculatieperiode=20 jaar

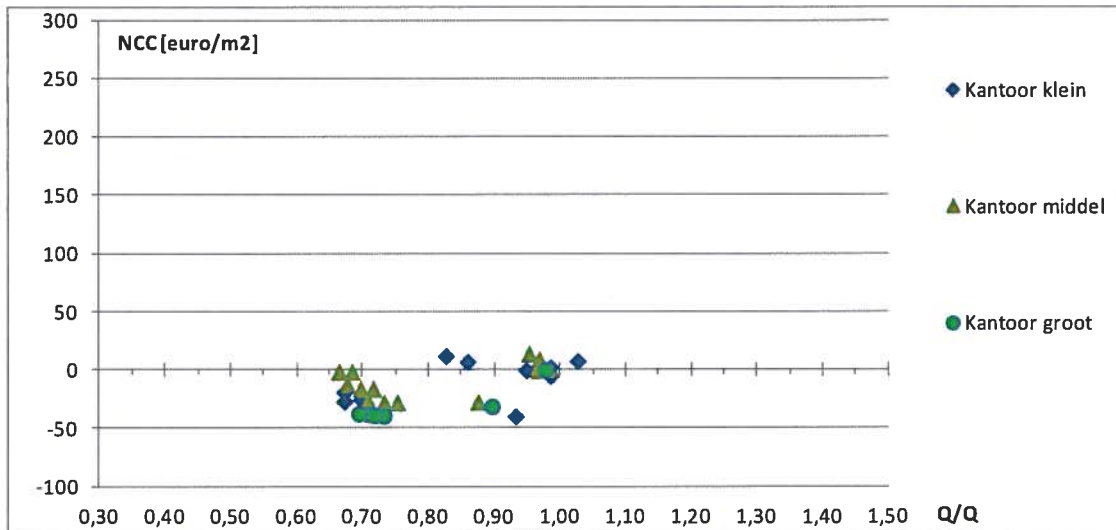


Gevoeligheidsanalyse financiële calculatie: discontovoet woningen 6,5% utiliteit 9%

Kantoren

Figuur 2

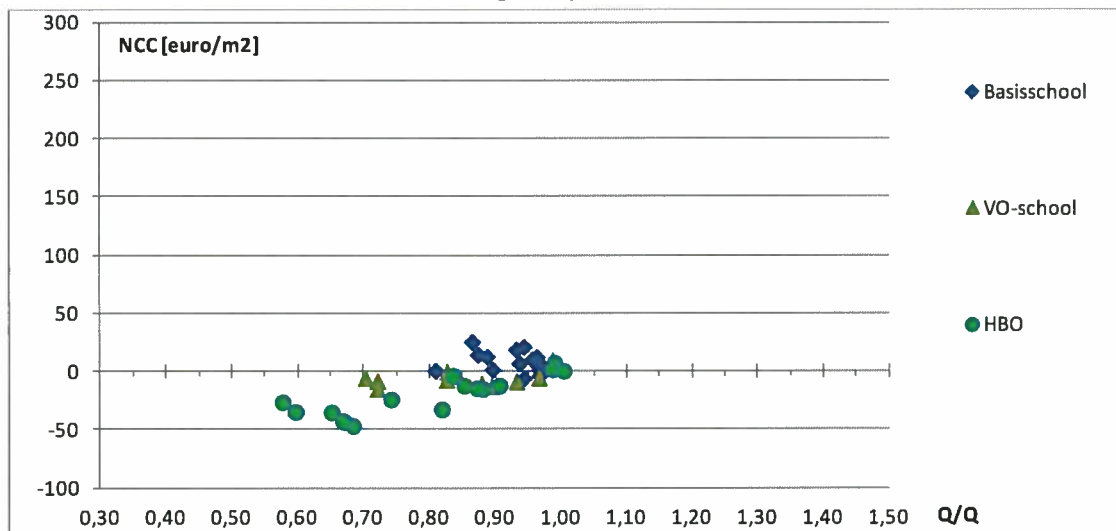
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in kantoorfuncties



Onderwijsgebouwen

Figuur 3

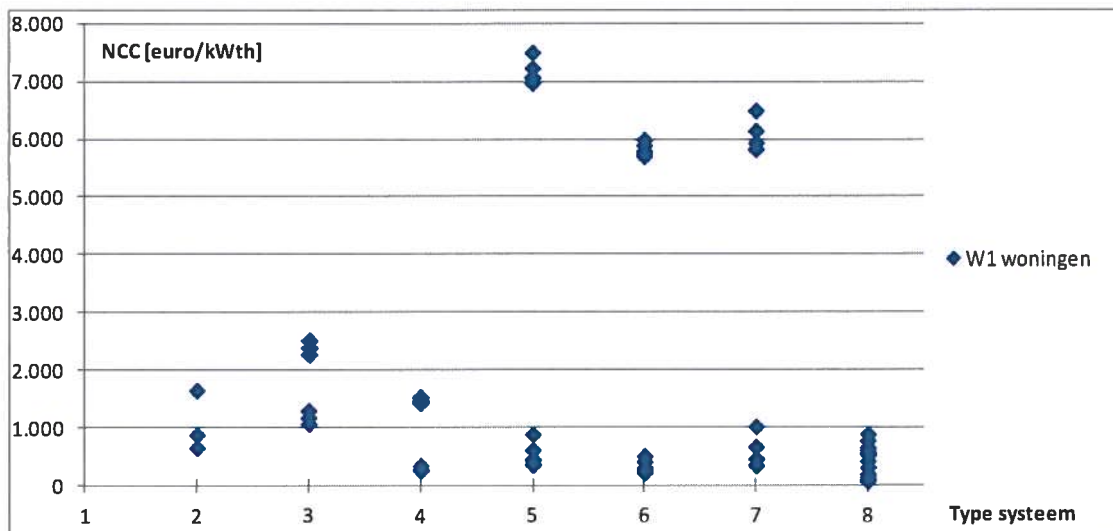
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in onderwijsfuncties



Bestaande bouw installaties

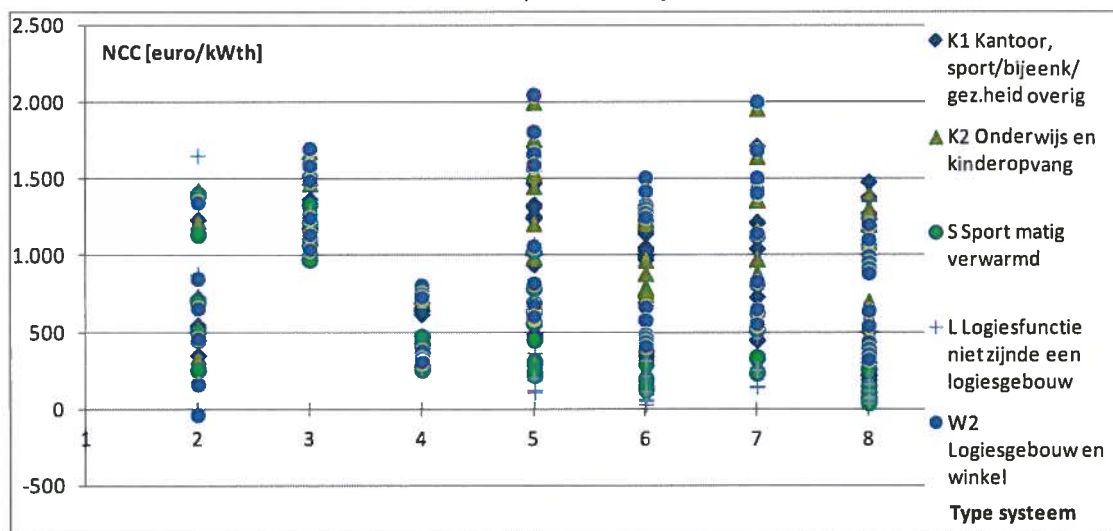
Figuur 6

Netto contante meerkosten van koel- of verwarmingssystemen in bestaande woningen



Figuur 7

Netto contante meerkosten van koel- of verwarmingssystemen in bestaande utiliteitsgebouwen, calculatieperiode=20 jaar



Gegevens per maatregel

In onderstaande tabellen zijn de besparing op het gas- en elektriciteitsverbruik, de investeringskosten en de netto contante kosten per maatregel vermeld voor achtereenvolgens nieuwbouw en bestaande bouw. Zie bijlage 5 voor een overzicht van de gehanteerde afkortingen en coderingen.

Gevoeligheidsanalyse financiële calculatie, energieprijis -20%

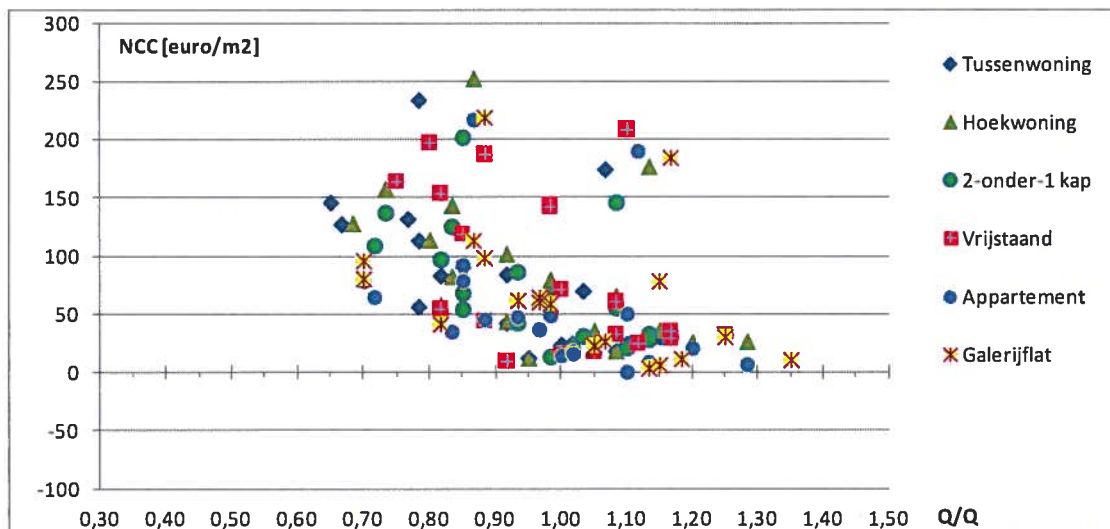
In de financiële calculatie is er gerekend met een discontovoet van 5,5% voor woningbouw en 8,0% voor utiliteitsbouw. In onderstaande gevoeligheidsanalyse is gekeken naar het effect van een 20% lagere ontwikkeling van de energieprijis ten opzichte van het basisjaar.

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn voor nieuwbouw alleen grafisch weergegeven voor de woonfunctie van woningen en voor de kantoor- en onderwijsfunctie van utiliteitsbouw. Voor bestaande utiliteitsbouw alleen voor een calculatieperiode van 20 jaar. De resultaten voor alle doorgerekende maatregelen zijn weergegeven in de tabel.

Woningen

Figuur 1

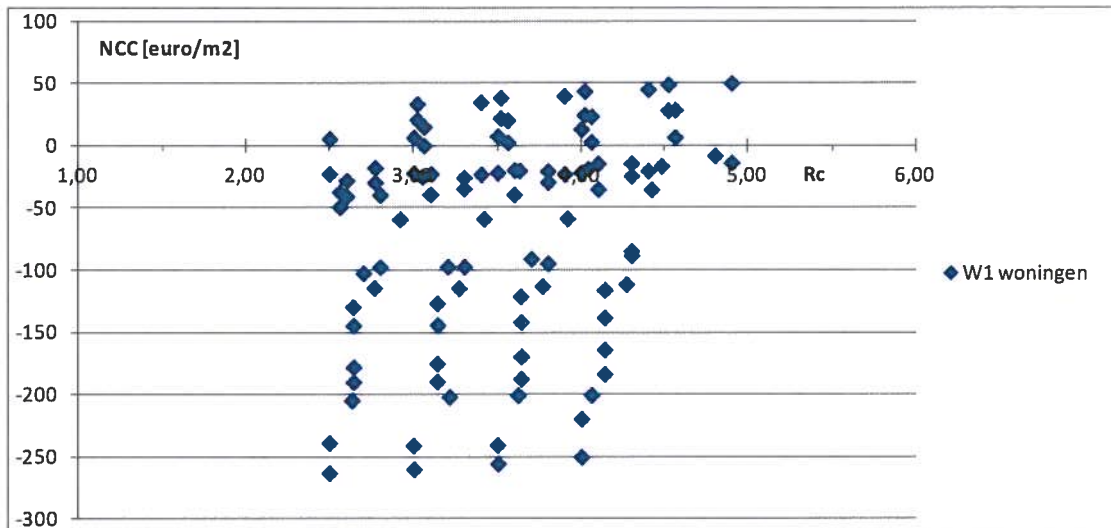
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen per woningtype



Bestaande bouw bouwkundig

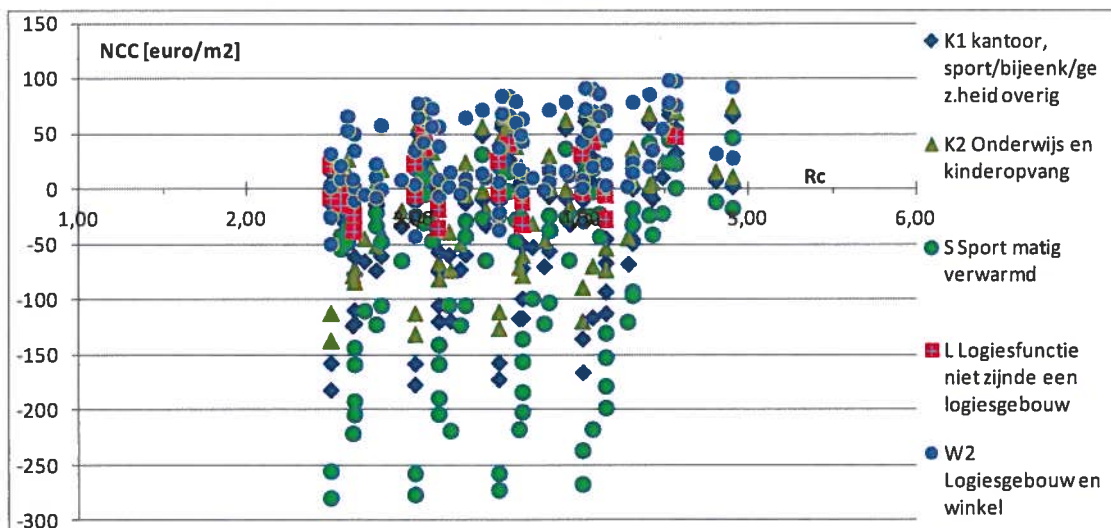
Figuur 4

Netto contante meerkosten van isolatiemaatregelen in bestaande woningen



Figuur 5

Netto contante meerkosten van isolatiemaatregelen in bestaande utiliteitsgebouwen, calculatieperiode=20 jaar

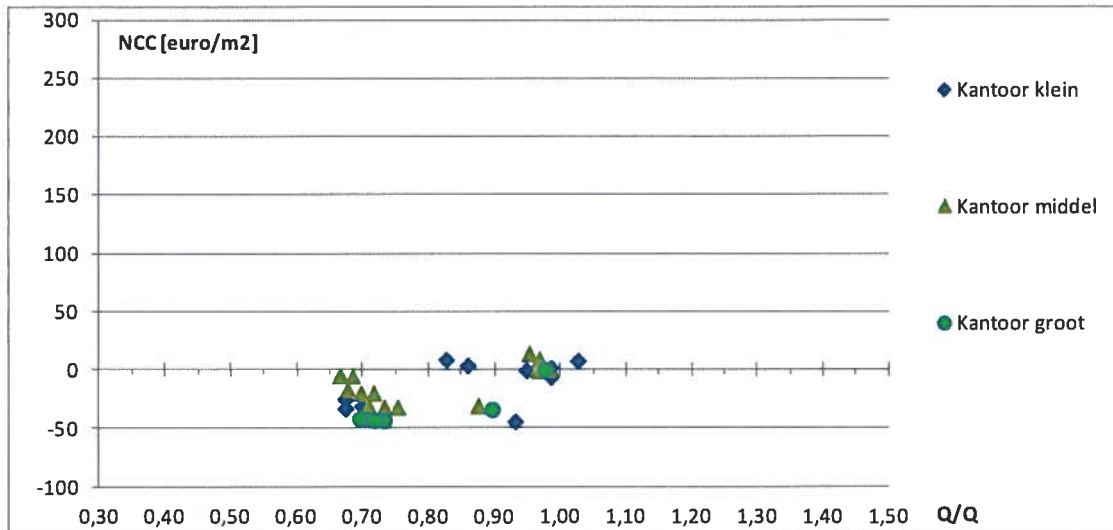


Gevoeligheidsanalyse financiële calculatie: 20% grotere energieprijsontwikkeling

Kantoren

Figuur 2

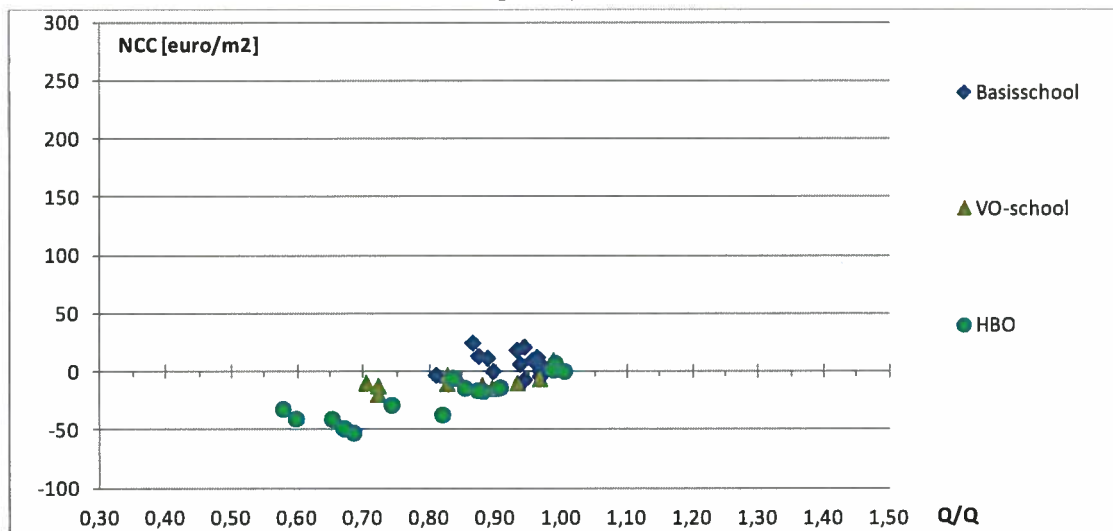
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in kantoorfuncties



Onderwijsgebouwen

Figuur 3

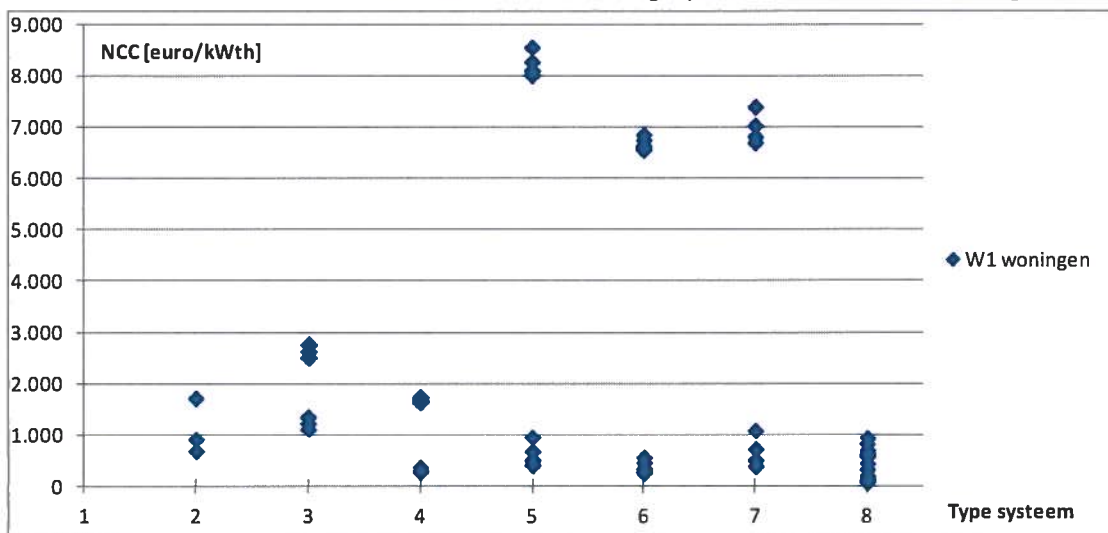
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in onderwijsfuncties



Bestaande bouw installaties

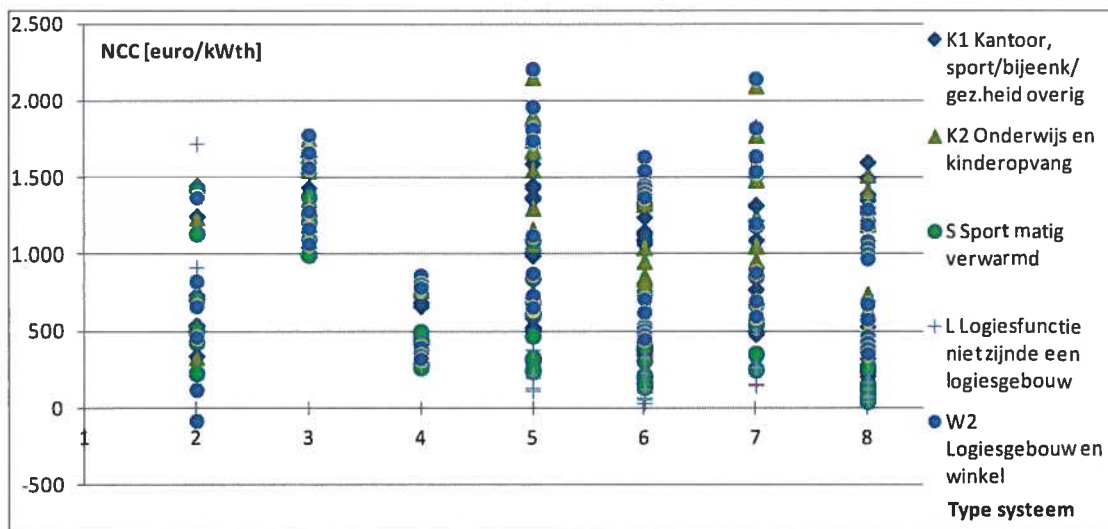
Figuur 6

Netto contante meerkosten van koel- of verwarmingssystemen in bestaande woningen



Figuur 7

Netto contante meerkosten van koel- of verwarmingssystemen in bestaande utiliteitsgebouwen, calculatieperiode=20 jaar



Gegevens per maatregel

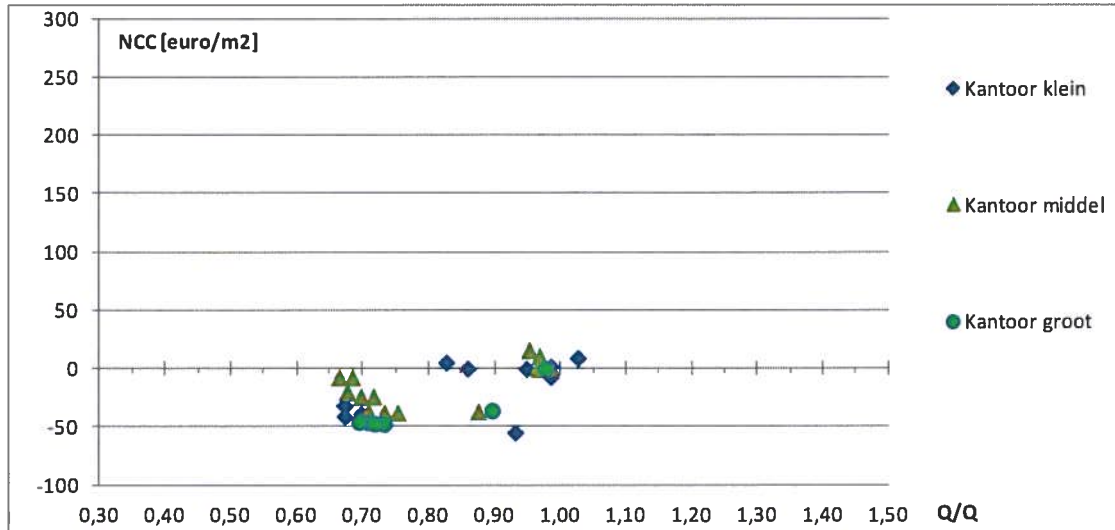
In onderstaande tabellen zijn de besparing op het gas- en elektriciteitsverbruik, de investeringskosten en de netto contante kosten per maatregel vermeld voor achtereenvolgens nieuwbouw en bestaande bouw. Zie bijlage 5 voor een overzicht van de gehanteerde afkortingen en coderingen.

Scenario-analyse macro-economische calculatie: discontovoet 2,0%

Kantoren

Figuur 2

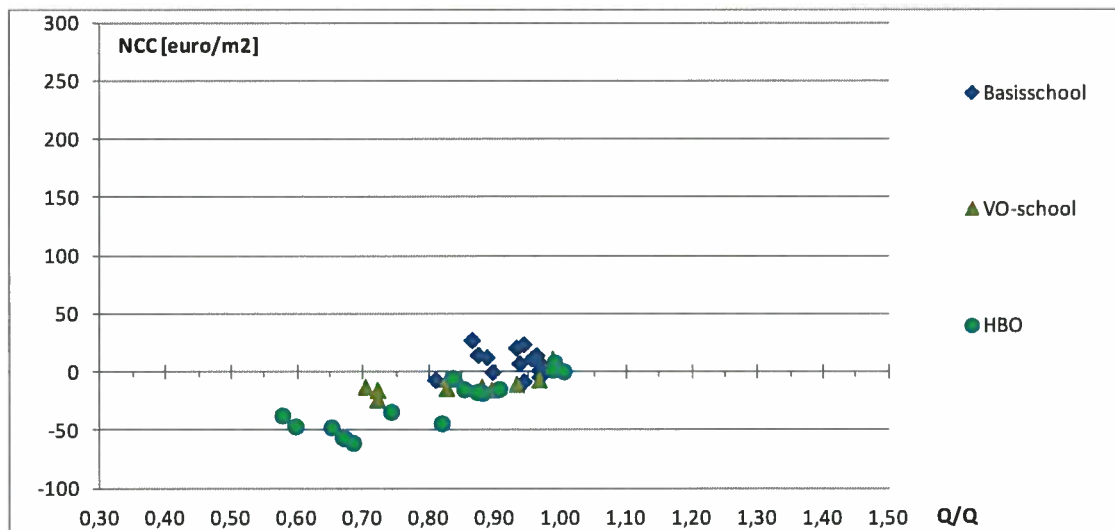
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in kantoorfuncties



Onderwijsgebouwen

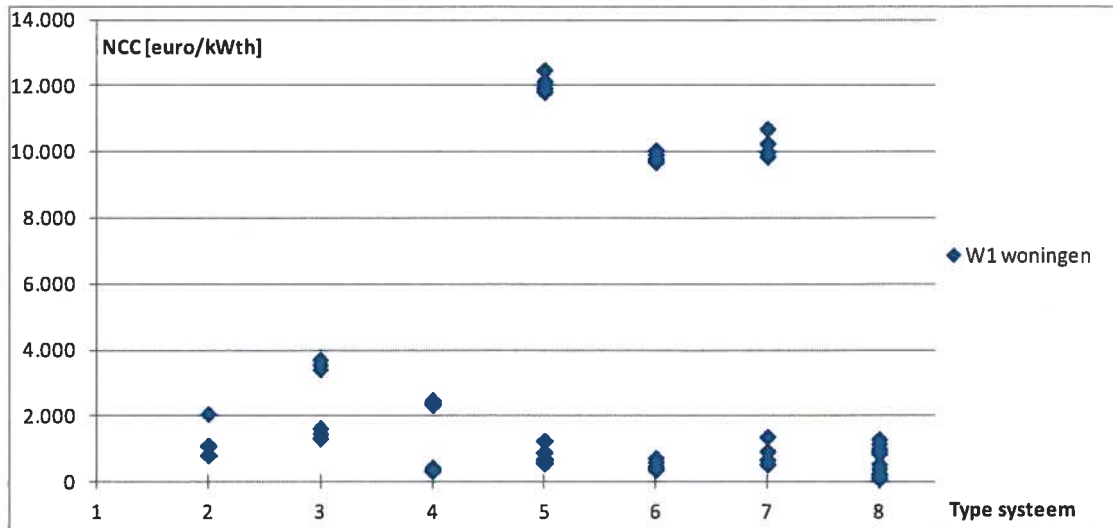
Figuur 3

Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen in onderwijsfuncties

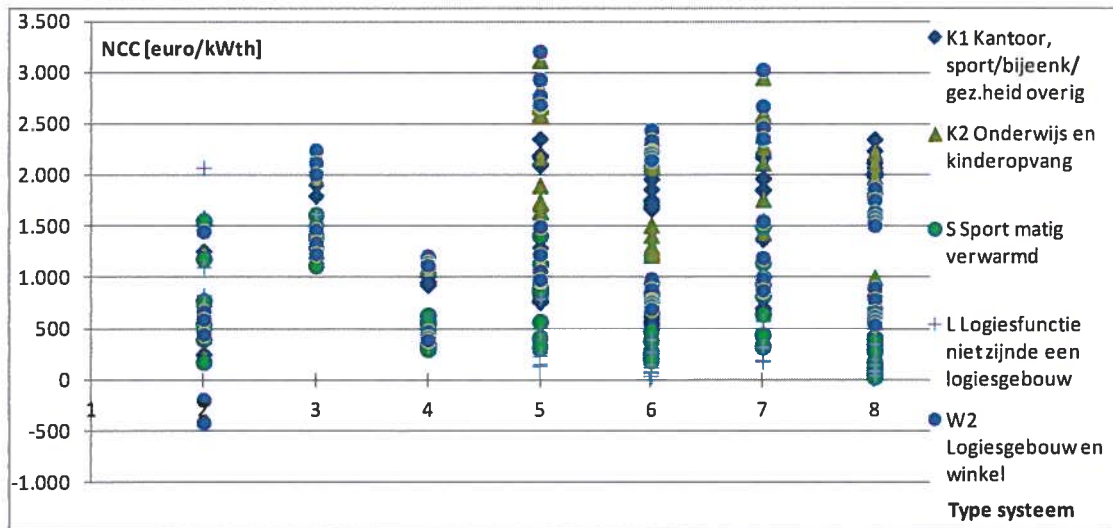


Bestaande bouw installaties

Figuur 6
 Netto contante meerkosten van koel- of verwarmingssystemen in bestaande woningen



Figuur 7
 Netto contante meerkosten van koel- of verwarmingssystemen in bestaande utiliteitsgebouwen, calculatieperiode=20 jaar



Gegevens per maatregel

In onderstaande tabellen zijn de besparing op het gas- en elektriciteitsverbruik, de investeringskosten en de netto contante kosten per maatregel vermeld voor achtereenvolgens nieuwbouw en bestaande bouw. Zie bijlage 5 voor een overzicht van de gehanteerde afkortingen en coderingen.

Gevoeligheidsanalyse macro-economische calculatie, discontovoet 4%

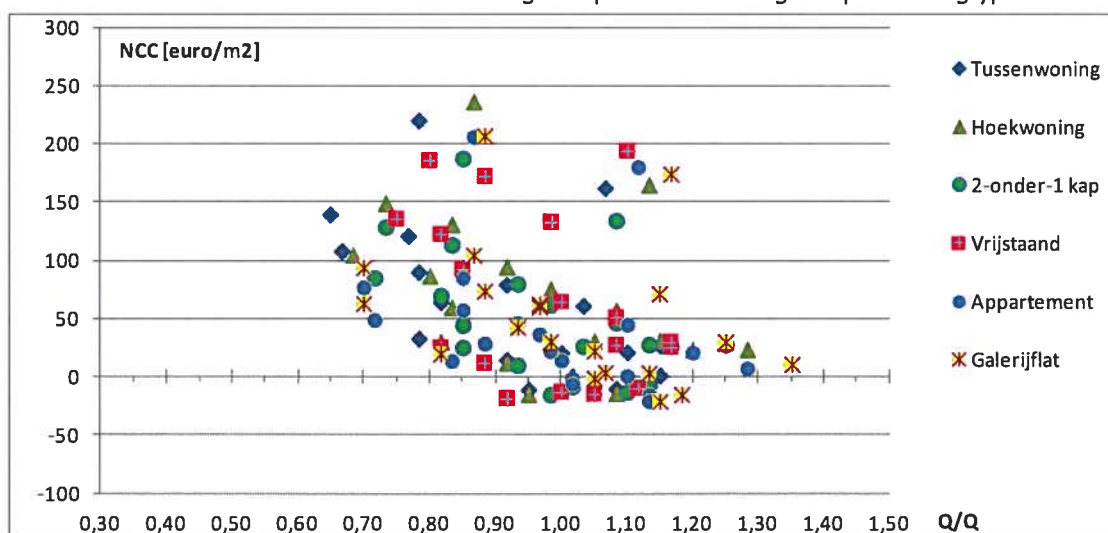
In de macro-economische calculatie is er gerekend met een discontovoet van 3,0% voor zowel woning- als utiliteitsbouw. In onderstaande gevoeligheidsanalyse is gekeken naar het effect van een aangepaste discontovoet van 4,0% voor zowel woning- als utiliteitsbouw.

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn voor nieuwbouw alleen grafisch weergegeven voor de woonfunctie van woningen en voor de kantoor- en onderwijsfunctie van utiliteitsbouw. Voor bestaande utiliteitsbouw alleen voor een calculatieperiode van 20 jaar. De resultaten voor alle doorgerekende maatregelen zijn weergegeven in de tabel.

Woningen

Figuur 1

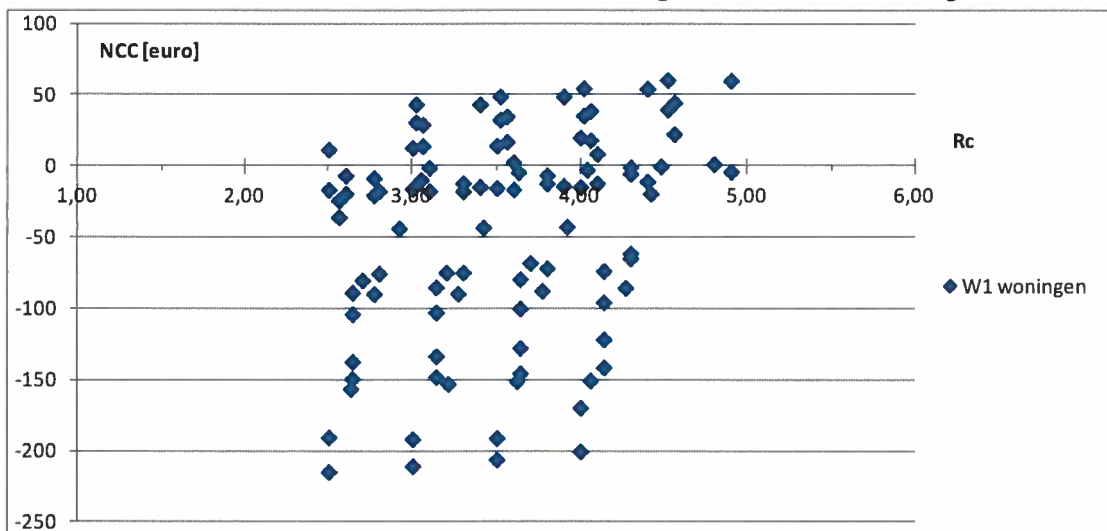
Netto contante meerkosten van energiebesparende maatregelen per woningtype



Bestaande bouw bouwkundig

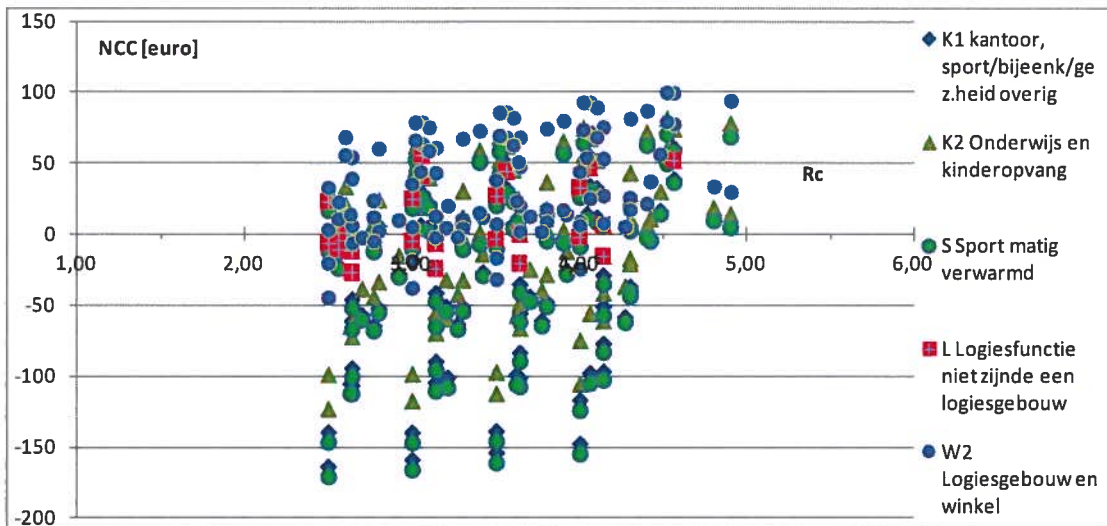
Figuur 4

Netto contante meerkosten van isolatiemaatregelen in bestaande woningen



Figuur 5

Netto contante meerkosten van isolatiemaatregelen in bestaande utiliteitsgebouwen, calculatieperiode=20 jaar



Ontwikkeling van de energieprestatie-eisen

k:\doc\e\2012\109400\2012109400r001-003bijlagenrapport.docx 11-03-2013

Woonwagens

Woonwagens vormen een aparte categorie binnen de woningbouw. Tot 1 januari 2011 werden er voor woonwagens alleen eisen gesteld aan de isolatie van de buitenschil. In 2007 is onderzocht welk EPC-niveau gehanteerd zou kunnen worden voor woonwagens.

Voor het woonwageneronderzoek zijn speciaal referentiwoonwagens opgesteld. De informatie over veel voorkomende typen woonwagens is aangeleverd door de bouwers van woonwagens. Op basis hiervan zijn enkele typen referentiwoonwagens vastgesteld. In het onderzoek zijn gangbare en nieuwere energiebesparende technieken meegenomen, toegespitst op de mogelijkheden die er zijn binnen woonwagens.

Het oorspronkelijke onderzoek uit 2007 is als onderliggende rapportage 2 bijgevoegd.

Utiliteitsgebouwen

Voor utiliteitsgebouwen gelden per functie verschillende EPC-eisen. Om de hoogte van de EPC-eisen per functie te kunnen bepalen zijn er voor alle gebruiksfuncties een of meerdere referentiegebouwen vastgesteld. Deze referentiegebouwen worden bij alle beleidsmatige studies over energieprestatie gebruikt en zijn algemeen voor dat doel geaccepteerd.

Net als voor woningen is ook voor de utiliteitsgebouwen regelmatig een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden tot aanscherping van de eisen. Het laatste onderzoek dateert uit 2005/2007 waarna in 2009 de eisen daadwerkelijk aangescherpt zijn. In deze verantwoordingsrapportage voor de EU is gebruik gemaakt van de berekeningsresultaten uit het onderzoek van 2005/2007.

Voor utiliteitsgebouwen geldt zoals gezegd een EPC-eis per gebruiksfunctie. Indien er voor een gebruiksfunctie meerdere referentiegebouwen beschikbaar zijn (bijvoorbeeld voor kantoren is er een kantoor klein, middel en groot), dan wordt de hoogte van de EPC-eis bepaald op basis van het maatgevende referentiegebouw (met de hoogste EPC). Dit om te voorkomen dat de EPC-eis voor bijvoorbeeld een klein kantoorgebouw vrijwel niet te halen is omdat de hoogte van de EPC-eis gebaseerd is op het grote kantoorgebouw dat veel makkelijker aan de EPC-eis kan voldoen. Het uitgangspunt is dat de EPC-eisen zo gekozen worden dat energiebesparing gestimuleerd wordt en haalbaar is voor alle gebouwen.

De oorspronkelijke rapportages uit 2005, en de actualisatie uit september 2007 zijn bijgevoegd als onderliggende rapportages 3 en 4.