



PV sytemen en renovatie

Een potentieel studie

April 2001

uitgevoerd door:

TNO Bouw Delft

BEAR Architecten Gouda

PV-toepassing bij renovatie in de woningbouw

Studie door:
TNO Bouw Delft
ir. J. Oldengarm en ir. B.J.M. van Kampen

BEAR Architecten 'Gouda
ir. T.H. Reijenga en ir. M. Drok

in opdracht van NOVEM Utrecht
contractnummer: 146.230-153.1

TNO projectnummer 006.06506

maart 2001

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Doel van dit project	4
1.2	Achtergrond	4
1.3	Opzet van de studie	4
2.	Marktpotentieel voor PV in renovatie	6
2.1	Inventarisatie mogelijkheden van bouwkundige integratie van PV bij renovatie	6
2.2	Marktpotentieel voor PV	6
2.3	Cijfers woningvoorraad in Nederland en renovatiemarkt	11
3	Constructies bij renovatie	19
3.1	Inventarisatie kenmerkende constructies bij renovatie	19
3.2	Periode tot 1950	19
3.3	Periode van 1950 - 1975	20
3.4	Periode van 1975 - 1985	22
3.5	Ingrepen bij renovatie	25
4.	Inventarisatie PV integratie technieken geschikt voor renovatie	28
4.1	Inleiding	28
4.2	Overzicht mogelijke PV integratietechnieken bij renovatie	28
4.3	Analyse toepasbaarheid PV integratietechnieken bij renovatie	29
5.	Kansrijke product-markt-combinaties	32
5.1	Inleiding	32
5.2	Belangrijkste Product Markt Combinaties (PMC's)	33
5.3	Selectie kansrijke PMC's	33
5.4	Conclusies en aanbevelingen	35
6.	Literatuurlijst	36
BIJLAGE 1	Overzicht marktpotentieel voor PV toepassing in renovatie	37
BIJLAGE 2	Overzicht constructies die voor PV-renovatie in aanmerking komen per bouwjaar(groep), bouwmethode en woningcategorie	38
BIJLAGE 3	Indeling bouwmethoden	39
BIJLAGE 4	Inventarisatie PV-systemen voor toepassing bij renovatie in de woningbouw	40
BIJLAGE 5	Haalbaarheid getoetst in twee case-studies	45
BIJLAGE 6	Keuzeschema toepassing PV-systeem bij renovatie van platte daken	57

1. Inleiding

1.1 Doel van dit project

Dit project is uitgevoerd in opdracht van Novem B.V. te Utrecht in het kader van het Nationale Onderzoekprogramma Fotovoltaïsche Zonne-energie (NOZ-PV). Het doel van het project is het in kaart brengen van het potentieel aan dakoppervlak dat bij het renoveren van woningen wordt vervangen en het inventariseren van de mogelijkheden hierbij PV- systemen toe te passen.

1.2 Achtergrond

In de komende jaren zullen naar verwachting de woningbouw activiteiten verschuiven van nieuwbouw naar renovatie. Dit betekent dat het potentieel om PV in de nieuwbouw weg te zetten zal stabiliseren en dat er gezocht zal moeten worden naar toepassingsmogelijkheden van PV in renovatieprojecten. Renovatie van daken biedt een groot potentieel aan vierkante meters waar PV geplaatst kan worden. Daarnaast kan ook gevelrenovatie wellicht van belang zijn, vooral in situaties waarbij de toepassing van niet-steenachtige gevelbekledingen wordt overwogen. Een probleem is dat men bij gebouwen die in aanmerking komen voor renovatie een grote verscheidenheid aan bouwkundige constructies zal aantreffen. Dit brengt met zich mee dat men PV- integratietechnieken zal moeten ontwikkelen die op de renovatiebouw zijn toegesneden.

1.3 Opzet van de studie

De studie bestaat uit de volgende onderdelen (met verwijzing naar de relevante paragrafen in dit rapport):

- inventarisatie mogelijkheden van bouwkundige integratie van PV bij woningrenovatie (2.1)
- marktpotentieel voor PV bij renovatie (2.2)
- cijfers bestaande woningvoorraad en potentieel voor renovatie met PV (2.3)
- inventarisatie van typerende constructies bij renovatie (3.1 + overzicht in bijlage)

- overzicht ingrepen bij renovatie (3.2)
- inventarisatie PV integratietechnieken (4.2 + productenoverzicht in bijlage)
- analyse toepasbaarheid PV integratietechnieken (4.3)
- kansrijke product-markt-combinaties en conclusies (5)

2. Marktpotentieel voor PV in renovatie

2.1 Inventarisatie mogelijkheden van bouwkundige integratie van PV bij renovatie

Bestaande woningen bieden volop mogelijkheden voor toepassing van PV-systemen. Voor hellende en platte daken zijn diverse PV-systemen of PV-geïntegreerde bouwproducten verkrijgbaar, waarmee het dak geheel of gedeeltelijk bekleed kan worden. Maar ook meer architectonische oplossingen voor PV-integratie zijn mogelijk, zoals transparante PV geïntegreerd in daklicht of als dakrand. In onderstaand schema zijn de mogelijkheden uiteengezet. Wanneer de keuze is gevallen op het toepassen van een PV-systeem op de woning of het woningcomplex kan een keuze gemaakt worden voor een of meerdere mogelijkheden.

In het marktpotentieel voor de diverse integratiemogelijkheden zijn grote verschillen. Alleen de integratiemogelijkheden met een groot marktpotentieel zijn in het rapport nader uitgewerkt. Door middel van een kruisje is aangegeven welke integratiemogelijkheden het meest kansrijk zijn (zie tabel 2.1).

2.2 Marktpotentieel voor PV

In schema 1 in bijlage 1 is weergegeven welk deel van de bestaande woningvoorraad vooral in aanmerking komt voor de toepassing van PV bij renovatie. Voor sommige toepassingen zijn geen producten beschikbaar.

	Mogelijkheden van bouwkundige PV-integratie bij renovatie	groot markt-potentieel	klein markt-potentieel	optie nader uitgewerkt in producten-overzicht	optie nader uitgewerkt in case-studies
A	Hellend dak				
A1	PV-dakpan		x	x	
A2	PV-daklei/shingle		x	x	
A3	PV-dakpanelement		x	x	
A4	PV-element 'tussen de pannen'		x	x	
A5	PV als waterkering		x	x	
A6	PV-element 'boven de pannen'		x	x	
B	Plat dak				
B1	PV geïntegreerd met dakbedekking	x		x	x
B2	PV geïntegreerd in dak van toegevoegde dakopbouw		x	niet beschikbaar	
B3	PV geïntegreerd in- of toegevoegd aan dakrand		x	niet beschikbaar	
B4	semi-transparante PV geïntegreerd in daklicht		x	niet beschikbaar	x
B5	isolatieplaten met PV	x		x	x
B6	PV op consoles d.m.v ballast los op het dak geplaatst	x		x	x
B7	PV d.m.v. frames op dak bevestigd		x	niet beschikbaar	
C	Gevel				
C1	PV element 'los' voor gevel gehangen (geen waterkering)		x	niet beschikbaar	
C2	PV geïntegreerd in gevel als borstwering (waterkering)		x	niet beschikbaar	
D	Bouwcomponenten				
D1	PV geïntegreerd in gevel verglaasd balkon		x	niet beschikbaar	
D2	PV geïntegreerd in balustrades balkon/galerij	x		niet beschikbaar	
D3	PV luifel bij dakterras		x	niet beschikbaar	
D4	PV als zonwering/luifel		x	niet beschikbaar	

Tabel 2.1: Marktpotentieel van mogelijkheden van bouwkundige PV integratie

2.2.1 Bepalende factoren

Factoren die het marktpotentieel voor PV-toepassing bij renovatie bepalen zijn: bouwjaar woning, plaats van PV integratie en wijze van PV-integratie.

Bouwjaar woning

Op basis van historische ontwikkeling van de bouwconstructies van woningen en de ontwikkelingen in de bouwregelgeving in Nederland is een verdeling in bouwjaargroepen gemaakt:

- monument
- bouwjaar voor 1900,
- bouwjaar tussen 1900 - 1950
- bouwjaar tussen 1950 - 1975
- bouwjaar tussen 1975 - 1985
- bouwjaar na 1985

Plaats van PV integratie

De plaats van het PV-systeem op het gebouw is van grote invloed op het potentieel. PV-systemen geïntegreerd in gevels kennen meer problemen met beschaduwing door de omgeving en zijn gevoeliger voor een goede gebouworientatie op de zon dan dakgeïntegreerde systemen. In de categorie bouwcomponenten betreft het bijna altijd maatwerkoplossingen. Voor grote aantallen identieke woningen kunnen dergelijke maatwerkoplossingen projectmatig toch een groot potentieel opleveren.

Er wordt onderscheid gemaakt in:

- dak (hellend en plat)
- gevel (borstwering, kopgevel)
- bouwcomponenten (balkon, galerij, luifel, zonwering)

Wijze van PV-integratie

De derde factor vormt het wel of niet zichtbaar toepassen van het PV-systeem. Wanneer het PV zichtbaar toegepast wordt, moet het naast bouwkundig ook architectonisch geïntegreerd worden in het gebouw. Dit kan een beperkende factor zijn bij renovatieprojecten.

2.2.2 Toelichting op het schema

In het schema in bijlage 1 wordt er onderscheid gemaakt in de mate waarin het mogelijk is PV bij renovatie toe te passen, namelijk: 'potentieel' voor PV-toepassing, 'beperkt of plaatselijk potentieel' en 'maatwerk'.

Potentieel

De na-oorlogse woningvoorraad vormt het grootste marktpotentieel voor PV toepassing. Het gaat hier om grote aantallen identieke woningen met een duidelijke vraag om renovatie en woningverbetering, zowel van de woningen als van de woonomgeving. Hierbij gaat het niet alleen om PV-integratie op het dak, maar ook aanpassingen in de gevels bieden mogelijkheden voor de toepassing van PV-systemen, waarbij PV-toepassing een impuls kan geven aan een plan voor stedelijke vernieuwing.

Beperkt potentieel

De vooroorlogse woningen bieden een beperkter potentieel voor PV-toepassing. Veel vooroorlogse woningen hebben weliswaar een kap, maar het is de vraag in hoeverre deze geschikt is voor PV-toepassing. Belemmerende factoren hierbij zijn: grote variatie in oriëntatie, grote diversiteit in kapvormen, beperkt oppervlak door beschaduwing door dakkapellen, schoorstenen, e.d. Ook eisen van welstand kunnen een belemmering vormen wanneer PV zichtbaar op het dak wordt toegepast.

De vooroorlogse woningen met plat dak hebben deze belemmeringen niet, maar zijn veelal al gerenoveerd. De verschillen hierin zijn echter groot. In de grote steden zoals onder andere de gemeente Den Haag staat nog wel een groot aantal vooroorlogse woningen met plat dak, die nog gerenoveerd moet worden.

Een derde groep woningen vormen de woningen met bouwjaar eind jaren '70 en begin jaren '80. Hier kan het vervangen van de dakbedekking of het vernieuwen van de installaties wellicht een aanleiding vormen voor PV-toepassing.

Maatwerk

Alle overige groepen in de bestaande woningvoorraad lenen zich vooral voor maatwerkoplossingen als het gaat om PV-toepassing. In principe is PV toepasbaar op elk type

woning wanneer de integratie zorgvuldig gebeurt. Voorbeelden van goede oplossingen van integratie van zonne-energiesystemen in stadsvernieuwings- en renovatieprojecten in o.a. Amsterdam geven aan dat ook monumentale panden zich hiervoor uitstekend kunnen lenen. Het betreft hier echter geen grote aantallen identieke woningen. Daarnaast zijn er bij dergelijke projecten veel belemmerende randvoorwaarden voor PV-toepassing, zodat hier nooit een groot potentieel te vinden is. Ook de zichtbare toepassing van PV-systemen, zoals luifels en gevel-integratie betreft altijd maatwerk-oplossingen.

In het schema is aangegeven bij welk soort renovaties wellicht aan maatwerkoplossingen voor PV-toepassing gedacht kan worden.

Hierbij gaat het ondermeer om:

- gevel- en dakintegratie bij stadsvernieuwingsprojecten (net name nieuwe gevels bij woninguitbreiding)
- de toepassing van luifels en beglaasde galerijen en balkons als architectonische toevoeging aan de na-oorlogse flats
- gevel- en dakintegratie bij dakopbouwen als uitbreiding van kleine (nieuwbouw)woningen
- gevelintegratie bij het vernieuwen van gevelpuien van na-oorlogse woningen

2.3 Cijfers woningvoorraad in Nederland en renovatiemarkt

2.3.1 Woningvoorraad

Begin 1999 bestond de woningvoorraad in Nederland uit circa 6.5 miljoen woningen. Deze kunnen worden onderverdeeld in eengezinswoningen (ieder met een eigen dak) en meergezinswoningen (waarbij meestal sprake is van een gemeenschappelijk dak). Tabel 2.1 laat zien dat de meergezinswoningen zich voornamelijk in de grotere steden bevinden.

Vergelijking met cijfers uit voorgaande jaren laten zien dat de woningvoorraad in de periode 1994-1999 met circa 81.000 woningen per jaar is toegenomen. De prognoses zijn dat na 2001 dit getal jaarlijks af zal gaan nemen.

*Tabel 2.1 Woningvoorraad naar woningtype per 1 januari 1999
[bron: VROM Internet Site; per 1 januari 1999]*

	aantal woningen	Eengezins	Meergezins
Amsterdam	369.300	14 %	86 %
Rotterdam	283.800	26 %	74 %
Den Haag	212.500	21 %	79 %
Utrecht	101.100	44 %	56 %
Nederland	6.520.500	71 %	29 %

2.3.2 Beschikbaar dakoppervlak naar woningtype

Er bestaan geen statistische gegevens over de aard en omvang van daken in relatie met het woningtype. Er kan wel een schatting worden gemaakt op basis van globale eigenschappen voor ieder woningtype. Door de divisie BKR van TNO Bouw is indertijd in het kader van een RIVM studie een dergelijke exercitie uitgevoerd. De uitkomsten hiervan zijn weergegeven in tabel 2.2. Uitgegaan is van een meer gedetailleerde onderverdeling van de woningtypes en gemiddelde gebruiksoppervlakte van elk woningtype. Door de gebruiksoppervlakte met een bepaalde factor (1.2) te vermenigvuldigen krijgen we een getal voor het gemiddelde bruto

vloeroppervlak (bvo). Met het (geschatte) aantal bouwlagen per woning wordt hieruit het bruto buiten(dak)oppervlak (bbo) berekend voor de hellende en platte daken afzonderlijk. Volgens deze berekening is het bruto beschikbare dakoppervlak 97 km² voor platte daken en 161 km² voor hellende daken.

Tabel 2.2 Schatting beschikbaar dakoppervlak bestaande woningvoorraad

	Aantal	gem. gebruiks-oppervl.	Gem. bvo	Bouwlagen	Gem. bbo	totaal bbo	Platte daken	Hellende daken	Platte daken	Hellende daken
	woningen	m ²	m ²	Aantal	m ²	km ²	aandeel	Aandeel	km ²	km ²
Eengezinswoning 1 bouwlaag	94837	63.3	76.0	1.0	76.0	7.2	100%	0%	7.2	0.0
Eengezinswoning 2 bouwlagen	2815821	81.9	98.3	2.0	49.1	138.4	30%	70%	41.5	96.9
Eengezinswoning >2 bouwlagen	1408442	122.4	146.9	3.0	49.0	69.0	30%	70%	20.7	48.3
Portiekwoning	757301	67.7	81.2	4.0	20.3	15.4	70%	30%	10.8	4.6
Galerijwoning	432352	67.7	81.2	5.0	16.2	7.0	90%	10%	6.3	0.7
Maisonette	275425	72.9	87.5	3.0	29.2	8.0	50%	50%	4.0	4.0
Overig Meergezins	401822	67.7	81.2	2.5	32.5	13.1	50%	50%	6.5	6.5
								Totaal	97.0	161.0

2.3.3 Potentieel bij platte daken

Met de getallen uit tabel 2.2 kunnen we een indicatie verkrijgen over het potentieel aan PV vermogen (uitgedrukt in MWpiek) dat per jaar weggezet zou kunnen worden bij renovatie van platte daken in de woningbouw. Voor platte daken wordt over het algemeen een renovatiefrequentie van 30 jaar aangehouden. Dit betekent dat de dakbedekking elke 30 jaar in zijn geheel wordt vervangen, hetgeen een uitstekend moment is de inpassing van een PV systeem op het dak te overwegen.

Met dit gegeven komen uit op 3.2 km² dakbedekking die per jaar vervangen zal worden in de woningsector.

Een correctiefactor voor de oriëntatie van het dak is hier niet nodig omdat elke oriëntatie in principe geschikt is om PV toe te passen.

Wel moet men rekening houden met een reductiefactor als gevolg van beschaduwing door schoorstenen, naburige bebouwing en andere obstakels. We hebben in tabel 2.3 een factor van 0.75 gehanteerd; dit getal is een eerste schatting. Er zijn nog te weinig praktijkgegevens

beschikbaar om dit getal te toetsen. Het getal zou veel kleiner kunnen worden als rekening gehouden moet worden met begaanbaarheid en het niet toepassen in dakzones (met name bij de dakranden) waar de windbelasting een risico vormt.

Met een richtgetal van 100 Wp/m² voor het mogelijk te installeren vermogen komen we op een maximaal PV potentieel van 240 MWp dat per jaar bij het renoveren van daken kan worden weggezet.

Tabel 2.3 Potentiële renovatiemarkt met PV op platte daken

	Correctie Factor	Plat dak In km ²
Aanwezig dakoppervlak (uit tabel 2.2)	1	97 km ²
Renovatiefrequentie	0.033	3.2 km ² /jaar
Oriëntatie	1.0	3.2 km ² /jaar
Beschikbaarheid voor PV (beschaduwning, schoorstenen, ventilatiekappen etc)	0.75	2.4 km ² /jaar
Potentieel bij 100 Wp/m ²		240 MWp/jaar

2.3.4 Marktomvang platte en hellende daken uit andere bronnen

We kunnen ook op een andere manier tot een schatting komen van de marktomvang door de cijfers van het onderzoek "Dakenmarkt 2000"[ref] nader te analyseren. In tabel 2.4 zijn enkele cijfers van dit onderzoek gegeven. Als we de verhouding tussen de m² voorraad en m² onderhoud bepalen, komen we tot een verhouding van 0.033, hetgeen een renovatiefrequentie van 30 jaar betekent. Verder zien we dat 9.3 km² dakbedekking voor onderhoud wordt toegepast voor alle gebouwen. Als we aannemen dat 30 % hiervan bestemd is voor de woningbouw komen we op een getal van 2.8 km² per jaar. Dit getal is kleiner dan die in de vorige paragraaf werd afgeleid, maar het ligt wel in dezelfde ordegrrootte.

Tabel 2.4 Voorraad platte daken en onderhoud [Bron Dakenmarkt 2000]

	1998	1999
Voorraad platte daken [km ²] (woningbouw +U-bouw)	279	284
Nieuw gedekt [km ²]	18.9	19.2
- waarvan onderhoud [km ²]	9.3	9.0
- waarvan nieuwbouw [km ²]	9.6	10.2
Verhouding onderhoud / voorraad (= indicatie voor renovatie frequentie)	0.033	0.032
Onderhoud woningbouw (bij 30 % van totaal) in [km ²]	2.8	2.7

Tabel 2.5 Marktomvang nieuwbouw platte en hellende daken: verwachting 2000 [Bron Dakenmarkt]

	Woningbouw	U-bouw
Hellende daken	4.3 [km ²] (70 %)	1.3 [km ²] (12 %)
Platte daken	1.8 [km ²] (30 %)	9.9 [km ²] (88 %)
Totaal	6.1 [km ²] (100 %)	11.2 [km ²] (100 %)

2.3.5 Potentieel bij hellende daken

Op dezelfde manier als in de vorige paragrafen is tabel 2.6 voor hellende daken opgesteld. Daarbij is uitgegaan van een renovatiefrequentie van eenmaal in de 75 jaar, waarbij aangetekend moet worden dat hierover veel minder duidelijkheid is dan bij platte daken. Vast staat dat pannen een lange levensduur kunnen hebben (200 jaar wordt wel eens genoemd) en dat bij een dakrenovatie de pannen vaak opnieuw gebruikt worden. In sommige gevallen laat men bij een energetische renovatie zelfs het pannendak geheel intact en wordt bijvoorbeeld zolder van binnen uit geïsoleerd, hetzij tegen het dakbeschot of op de (onverwarmde) zoldervloer.

In tabel 2.6 is eerste correctiefactor van 1.3 toegepast omdat de bron uit tabel 2.2 nog geen rekening houdt met de helling van het dak. Verder zijn (globale) correctiefactoren toegepast voor een ongunstige oriëntatie en mogelijke beschaduwning.

Uiteindelijk komen we op een potentieel van te installeren PV vermogen 17 MWp per jaar. Dit is aanzienlijk kleiner dan hetgeen we vonden bij platte daken.

Tabel 2.6 Potentiële renovatiemarkt met PV op hellende daken

	Correctie Factor	Plat dak In km ²
Aanwezig bruto dakoppervlak (uit tabel 2.2)	1	161 km ²
Correctie voor hellend dak	1.3	209 km ²
Renovatiefrequentie	0.0133	2.78 km ² /jaar
Oriëntatie (ZO tot ZW)	0.25	0.70 km ² /jaar
Beschikbaarheid voor PV (beschaduwing door bomen, schoorstenen, ventilatiekappen, dakkapellen), etc	0.25	0.17 km ² /jaar
Potentieel bij 100 Wp/m ²		17 MWp/jaar

2.3.6 Extra potentieel bij galerijflats

Naast een toepassing op het platte dak, kan bij galerijflats ook PV worden toegepast op balkonbalustrades en op kopgevels. De toepassing kan met name overwogen worden bij renovatie van galerijflats als ook een architectonische vernieuwing wenselijk wordt bevonden. Op basis van het aantal beschikbare galerijflats (tabel 2.2) kan een schatting worden gemaakt voor het PV potentieel. Uitgaande van een balustrade oppervlak van 10 m² per woning (voor- en achterzijde) komen we op een totaal potentieel van te installeren PV vermogen 83 MWp. Het potentieel bij de kopgevels is geringer: we komen daar uit op een totaal potentieel van 16 MWp

Tabel 2.7 Extra potentiële (renovatie)markt met PV bij galerijflats

		Correctie Factor	Beschikbaar oppervlak
Aantal galerijflats (uit tabel 2.2)	432352		
Balkon bekleding per woning	10 m ²		4.3 km ²
Oriëntatie (ZO tot ZW)		0.25	1.1 km ²
Beschikbaarheid voor PV (beschaduwing door bomen, etc)		0.75	0.83 km ²
Potentieel bij balkons met 50 Wp/m ²			83 MWp
Aantal woningen met kopgevel (1 op 10)	43235		
Oppervlak per gevel (7x2.9)	20.3		0.87 km ²
Oriëntatie (ZO tot ZW)		0.25	0.22 km ²
Beschikbaarheid voor PV (beschaduwing door bomen, etc)		0.75	0.16 km ²
Potentieel bij kopgevels met 100 Wp/m ²			16 MWp

2.3.7 Indeling naar bouwperiode

Voor het zoeken naar de toepassingen van PV in de renovatiesector is het belang te kijken naar de woningvoorraad in relatie tot de bouwperiode.

Voor de naoorlogse woningbouw (periode 1945-1980) zal de komende jaren waarschijnlijk voor renovatie in aanmerking komen. Uit tabel 2.8 blijkt dat circa 50 % van de huidige woningvoorraad uit die periode stamt. Elders in dit rapport wordt betoogd dat deze bouwperiode juist voor PV toepassingen interessant is, omdat gedurende deze jaren men begonnen is met het seriematig bouwen van woningen, waardoor men voor de bouwkundige inpassing van PV gebruik kan maken van standaard oplossingen.

De tabel laat ook zien dat in de grote steden nog een belangrijke voorraad is aan woningen die voor 1945 zijn gebouwd. In de meeste gevallen zullen deze woningen reeds een renovatie-ingreep achter de rug hebben.

Tabel 2.8 Woningvoorraad naar bouwperiode [Bron Vrom Internet Site]

	Tot 1945	1945-1959	1960-1970	1971-1980	1981-1990	1991 en later
Amsterdam	50 %	10 %	10 %	7 %	13 %	9 %
Rotterdam	36 %	14 %	15 %	7 %	13 %	9 %
Den Haag	48 %	18 %	10 %	6 %	11 %	8 %
Utrecht	43 %	13 %	22 %	5 %	11 %	6 %
Nederland	23 %	12 %	18 %	19 %	17 %	11 %

2.3.8 Indeling naar beheersvorm

Tabel 2.9 laat zien dat meer dan de helft van de woningvoorraad koopwoningen zijn. Dit percentage zal vermoedelijk in de komende jaren verder gaan stijgen. Collectieve renovatie van daken bij koopwoningen vindt over het algemeen alleen plaats als sprake is van daken in gemeenschappelijk eigendom. Hoe groot deze sector is valt niet direct uit de beschikbare cijfers af te leiden.

Circa 36 % van de woningen (= 2.4 miljoen) is in het bezit van woningcorporaties (= sociale huur). Volgens Aedes zal het grootste deel hiervan bestaan uit meergezinswoningen.

Tabel 2.9 Woningvoorraad naar sector [Bron Vrom Internet Site]

	Sociale huur	Particuliere huur	Koop
Amsterdam	56 %	27 %	17 %
Rotterdam	59 %	15 %	26 %
Den Haag	39 %	27 %	34 %
Utrecht	45 %	14 %	42 %
Nederland	36 %	12 %	52 %

De liberalisering van de energiemarkt kan voor woningcorporaties aanleiding om PV centrales op hun woningen te laten installeren. Volgens Aedes zou dit voor woningcorporaties een aantrekkelijk perspectief kunnen zijn om extra inkomsten te genereren of om bepaalde maatschappelijke doelstellingen te realiseren.

Per jaar worden in deze sector meer dan 70.000 woningen gerenoveerd (zie tabel 2.10). Dat is 2.9 % van de bestaande woningvoorraad in deze sector, hetgeen betekent de elke woning gemiddeld 1x per 34 jaar wordt gerenoveerd.

Tabel 2.10 Cijfers woningverbetering bij woningcorporaties [Bron Aedes]

	1997	1998
Aantal woningen	70.000	76.000
Gem. kosten per woning	77.000	72.000
Totale omzet per jaar	f. 5.4 miljard	f.5.5 miljard

3 Constructies bij renovatie

3.1 Inventarisatie kenmerkende constructies bij renovatie

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de constructies die men kan aantreffen bij renovatie van woningen. Bij het beschrijven van de constructies is gekozen voor constructie-onderdelen van woningen met een potentieel of beperkt potentieel voor PV toepassing in renovatie. Dit zijn de met name de daken van de woningen met een bouwjaar tussen 1950 en 1985. Om een volledig beeld te schetsen van historische ontwikkelingen in de bouw is ook de periode tot 1950 toegelicht.

In hoofdstuk 3.5 worden de meest voorkomende ingrepen bij dakrenovaties beschreven.

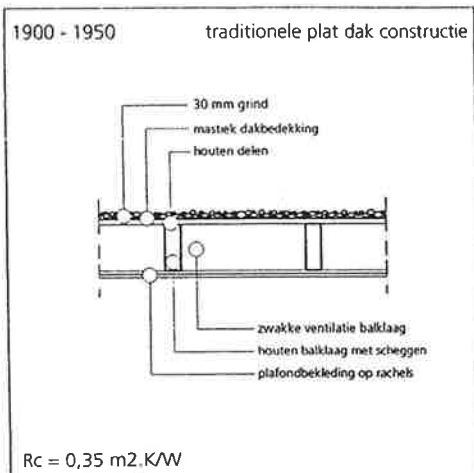
3.2 Periode tot 1950

In vergelijking met de andere technische ontwikkelingen begin 20e eeuw blijft de bouwtechniek in grote lijnen jarenlang vrijwel onveranderd. Tot 1950 worden woningen in Nederland nog traditioneel gebouwd, volgens de traditionele stapelbouwmethode, d.w.z. een vloerconstructie van hout (balklaag en houten delen) en een draagconstructie van gemetselde bakstenen, waarbij alles in het werk wordt vervaardigd. Begin 20e eeuw wordt er wel geëxperimenteerd met metselwerk vervangende constructies (bijvoorbeeld Betondorp Amsterdam dat gerealiseerd is in gietbouw), maar hiervoor worden nog geen gestandaardiseerde bekistingen gebruikt, zodat deze bouwmethode toch als traditioneel kan worden aangemerkt (Priemus 1971).

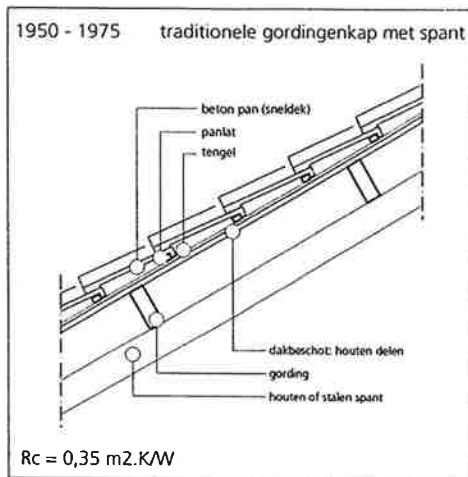
Hoewel er een grote variatie is in architectuur van woningen tot 1950 komen er slechts enkele traditionele dakconstructies voor.

3.2.1 Hellend dak

Afhankelijk van de afmetingen en vorm van de kap kunnen verschillende constructies voorkomen, namelijk een gordingenkap, gordingenkap met sporen of sporenkap. Zo nodig zijn gordingen ondersteund door spanten. Met name de spantconstructies geven een indicatie uit welke tijd de constructie dateert. Op de gordingen of sporen wordt een dakbeschoot aangebracht bestaande uit houten delen, oftewel de beschieting. Bij de toepassing van dakpannen wordt de beschieting i.v.m. de afwatering altijd staand (van nok tot goot) uitgevoerd. Dakpannen worden opgehangen aan panlatten (horizontale latten), die zijn aangebracht op verticale tengels. Omdat een dakbedekking van pannen nooit 100% waterdicht is, zijn de panlatten d.m.v. tengels los gehouden van het dakbeschoot. Tussen tengels is een ruimte voor



ventilatie en waterafvoer. In de loop der tijd zijn er pannen ontwikkeld die beter sluiten. In combinatie met de toepassing van een vochtkerend bouwpapier wordt de constructie ook beter stuifdicht. Naast keramische dakpannen komen in de woningbouw ook keramische leien (leipannen) voor en in mindere mate een metalen dakbedekking (zink of koper) of riet.



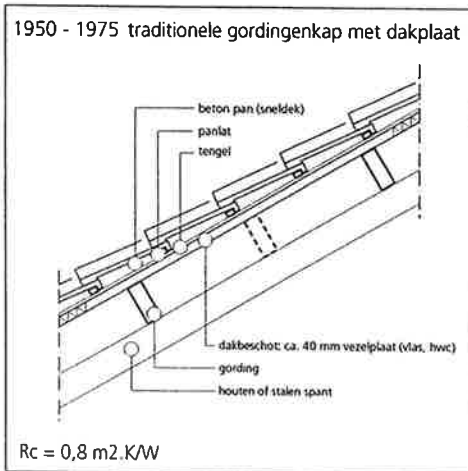
3.2.1 Plat dak

Platte daken komen in de woningbouw vooral voor vanaf het eind van 19e eeuw, sinds de ontwikkeling van zinken, geteerde daken en bitumineuze dakbedekkingen. De traditionele plat dak-constructie bestaat uit een houten balklaag, waarop houten vloerdelen zijn aangebracht. Tussen vloerdelen en balken worden scheggen geplaatst die zorgen dat het dak voldoende afschot heeft (tenminste 10 mm per 1000 mm). De onderzijde van de balklaag wordt afgewerkt met een plafondbetimmering op rachels. Als dakbedekking wordt veelal mastiek toegepast, afgedekt met een ballastlaag van grind. De ruimte tussen de balken wordt zwak geventileerd met buitenlucht om inwendige condensatie in de constructie te voorkomen. De balklaag is berekend op het eigen gewicht van de constructie (inclusief grindlaag) en mogelijke sneeuw- en windbelasting.

3.3 Periode van 1950 - 1975

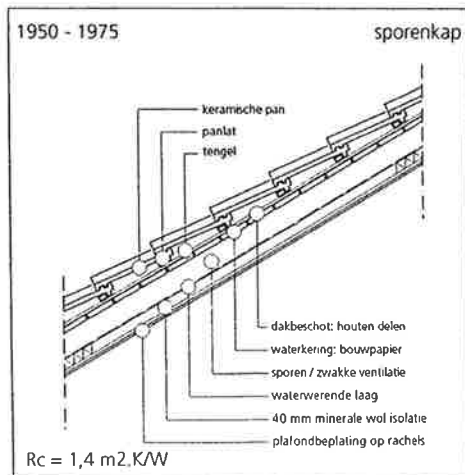
De periode van wederopbouw na de Tweede Wereldoorlog betekende de opkomst van niet-traditionele bouwmethoden in Nederland, mede door stimulerende (financiële) maatregelen van de overheid. De niet-traditionele bouwmethoden werden door de overheid als de oplossing gezien om de heersende kwantitatieve woningnood op te lossen.

Bij de analyse van de meest voorkomende na-oorlogse bouwmethoden (Priemus 1971) blijkt dat de toegepaste dakconstructies bij de verschillende bouwmethoden vaak nauwelijks verschillen. De opbouw van het dakpakket wordt voornamelijk bepaald door de vorm (plat of hellend), het toegepaste materiaal als draagconstructie (in het werk gestort gewapend beton, geprefabriceerd gewapend beton (massieve of holle elementen) of hout), de dakbedekking (dakpannen of bitumineuze dakbedekking) en wel of niet toepassen van isolatie.



3.3.1 Hellend dak

Met name de constructie en bouwwijze van het hellende dak verandert tot ca. 1975 nog nauwelijks. Het grootste deel (ca. 70%) van de bouwproductie wordt tot 1970 nog steeds traditioneel gebouwd (Priemus 1971). Ook de opkomst van niet-traditionele bouwmethoden, zoals gietbouw en montagebouw, hebben weinig invloed op de bouwwijze van het hellende dak. Niet-traditioneel gebouwde woningen met een kap (zowel in de laagbouw als in de



gestapelde bouw) hebben vrijwel altijd nog een traditionele zadeldakconstructie bestaande uit gordingen met veelal ook nog een traditioneel dakbeschot bestaande uit houten delen. Naarmate het isoleren meer in zwang komt, mede gestuurd door isolatie-eisen die op dat moment gesteld worden aan bewoonbare ruimten, worden de houten delen vervangen door een dakbeschot van vlasvezelplaten. Deze eerste generatie prefab dakplaten bestaan uit dikke vlasvezelplaten (ca. 40 mm) of vlasvezel- en vlaspaaanplaten voorzien van enkele centimeters isolatie.

Opvallend voor de constructie van niet-traditioneel gebouwde laagbouwwoningen met een kap is de toepassing van één houten of stalen spant, waarmee de overspanning en dimensionering van de gordingen beperkt konden worden. Met name de minimale dimensies van de gordingen leiden veelal nu al tot problemen, zoals doorzakken van de kap. Toevoeging van extra gewicht (in de vorm van een PV-systeem) aan het dak zal niet in elke situatie zondermeer mogelijk zijn. Als nieuw dakbedekkingsmateriaal wordt de betonnen sneldekpan geïntroduceerd, die groter is dan de keramische pan.

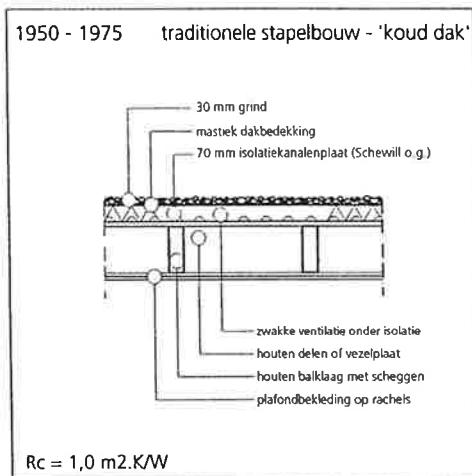
Ook in deze periode ontstaat de lichte montagebouw, de eerste vorm van houtskeletbouw in Nederland, die met name werd toegepast voor de bouw van bungalows (1 laag met kap). De dakelementen werden voorzien van circa 40 mm minerale woldeken ($R_c \geq 1,4$).

3.3.2 Plat dak

De opkomst van nieuwe bouwmethoden hebben wel grote invloed op de constructie van het platte dak. In de woningbouw worden houten balklagen veelal vervangen door een draagconstructie van gewapend beton, variërend van in het werk gestort beton of geheel of gedeeltelijk geprefabriceerde betonelementen.

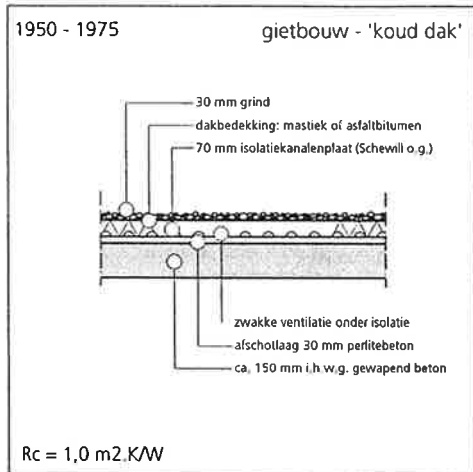
In de niet-traditionele stapelbouw worden als dak veel systeemvloeren toegepast, bestaande uit kleine geprefabriceerde voorgespannen betonnen balkjes met daartussen holle vulelementen van lichtbeton (balkenbroodjesvloer). In de niet-traditionele gietbouw, een opkomend bouwsysteem in die periode, werden logischerwijs vooral in het werk gestorte vloeren als dakvloer toegepast, maar ook geprefabriceerde systeemvloeren kwamen voor. De prefab plaatvloer is echter vooral een toepassing uit de zware montagebouw. Hierbij worden zowel massieve als holle plaatvloeren (o.a. kanaalplaten) toegepast, met een breedte van 2 à 2,5 m tot vertrekbreed. Een mengvorm van beide systemen vormen dunne prefab betonnen platen (dikte 40 à 50 mm) met wapening, die als verloren bekisting worden gebruikt (de eerste breedplaatvloeren).

Met de opkomst van niet-traditionele bouwmethoden worden ook de eerste isolatieplaten geïntroduceerd, in de vorm van 70 mm dikke geventileerde houtwolcement-kanaalplaten (fabrikaat Schewill) of Durisol-Mevriet-isolatieplaten. De isolatie was enerzijds bedoeld als bescherming van het beton tegen te grote temperatuurspanningen, anderszijds om te voldoen aan de toen geldende isolatie-eisen voor bewoonbare ruimten verplicht voor door de overheid gesubsidieerde woningbouw (norm V1068; kwaliteit goed: $R_c \geq 1,3$). In die tijd werd er nog geen dampremmende laag toegepast en de ventilatie onder de kanaalplaten was bedoeld om



inwendige condensatie in de isolatie te voorkomen (geventileerde of 'koud dak'-constructie). Als afschotlaag werd vaak een laag perlite-beton aangebracht.

De toegepaste bitumineuze dakbedekking varieert van traditionele mastiek dakbedekking tot asfaltbitumen in vrijwel alle gevallen voorzien van een ballastlaag van 30 mm grind.



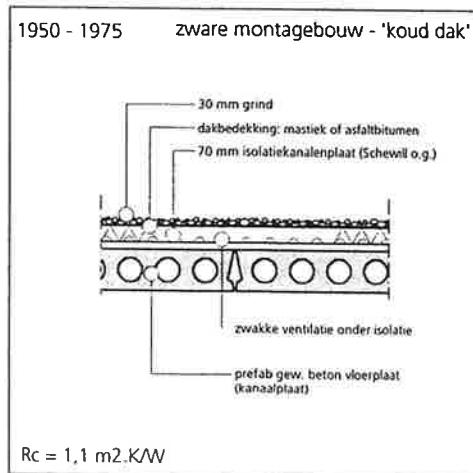
3.4 Periode van 1975 - 1985

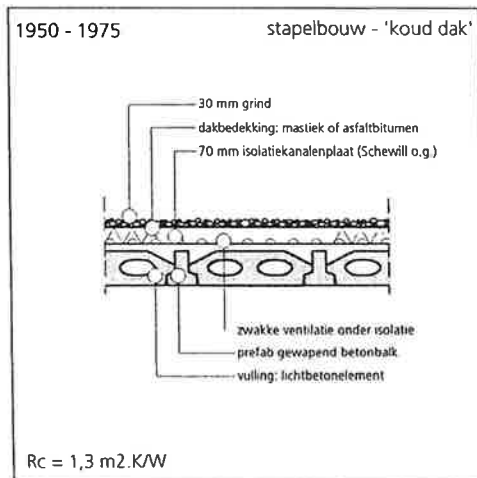
Eind jaren '70 ontstaat een isolatiegolf in de bouw veroorzaakt door de oliecrisis. Tegelijkertijd ontstaat als reactie op de grootschalige na-oorlogse woonwijken, waar de sociale veiligheid soms te wensen overlaat (o.a. Bijlmermeer) een vraag naar kleinschalige oplossingen met meer aandacht voor menselijke maat. De vraag naar kwantiteit verandert in een vraag naar kwaliteit. Dit heeft grote gevolgen voor de niet-traditionele bouwbedrijven en de toeleverende industrie die veelal niet zijn toegesneden op dergelijke maatwerkoplossingen. In combinatie met de crisis in de bouw begin jaren '80 betekent dit het verdwijnen van een groot aantal niet-traditionele bouwmethoden. Dit resulteert tevens in veel mengvormen van bouwmethoden, zoals de toepassing van geprefabriceerde vloer- en dakelementen in de traditionele stapelbouw of gietbouwsystemen, waarin met geprefabriceerde gevelvullende elementen uit de lichte montagebouw worden toegepast.

3.4.1 Hellend dak

Dakplaten, ontstaan tijdens de na-oorlogse ontwikkeling van de niet-traditionele bouwmethoden, worden in deze periode verder ontwikkeld. Vochtproblemen met vlasvezelplaten, veroorzaakt door het ontbreken van dampremmende laag in de constructie, zorgen er voor dat het materiaal uit de gratie raakt en wordt vervangen door spaanplaat. Deze 'tweede generatie' dakplaten zijn gebaseerd op een sporenkapconstructie ondersteund door één of enkele gordingen. De elementen hebben een lengte van ca. 2 m met een breedte van ca. 0,6 m. De sporen en het dakbeschot werden verlijmd tot één geheel, waarmee een materiaalbesparing van de constructie bereikt kon worden. Tussen de houten sporen werd 30 - 50 mm PUR-schuim aangebracht (prefab of in het werk). Door de sporen een centimeter dikker te maken dan de isolatie, konden deze tevens als tengels functioneren. Naast PUR/PIR schuim werden ook minerale wol en PS-schuim toegepast.

Voor na-isolatie aan de binnenzijde waren o.a. minerale woldekens met spijkerflenzen ontwikkeld. Hierbij werd nu ook een dampremmende laag onder de isolatie toegepast. Verdere industrialisatie van de bouw zorgde er voor dat de dakelementen steeds verder geprefabriceerd werden en in afmetingen verder toenamen, mede vanwege de toename van de isolatiedikte. Dakelementen konden in één keer van nok tot goot overspannen. Kleinere kapvormen worden geheel uit dakelementen opgebouwd. Bij grotere kapvormen worden nog steeds gordingen toegepast. Deze hebben nu grotere afmetingen, doordat de toepassing van een spant vrijwel geheel verdwijnt uit woningconstructies (te arbeidsintensief en te duur). Alleen





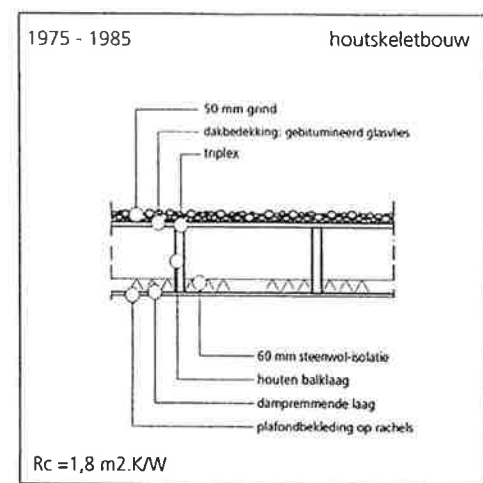
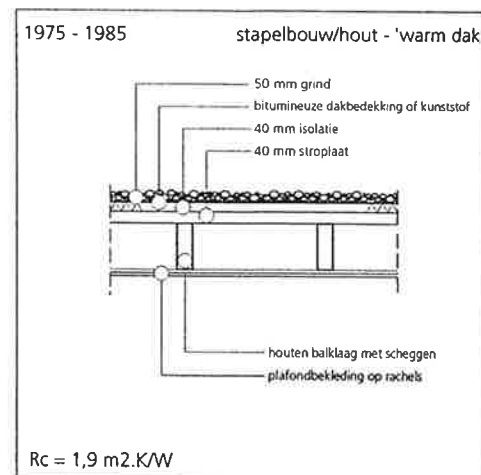
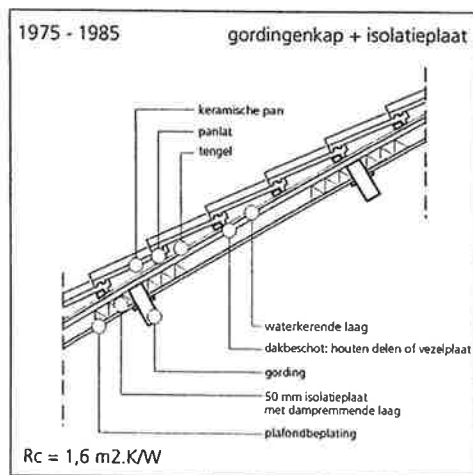
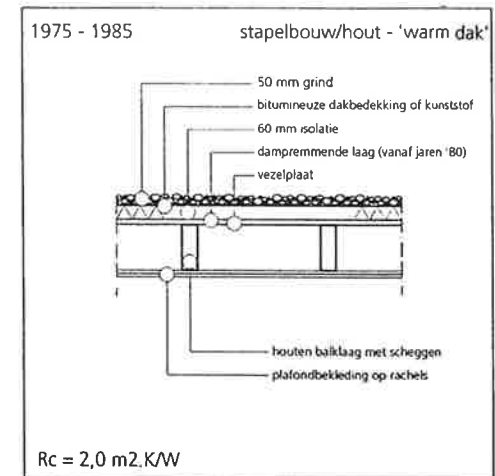
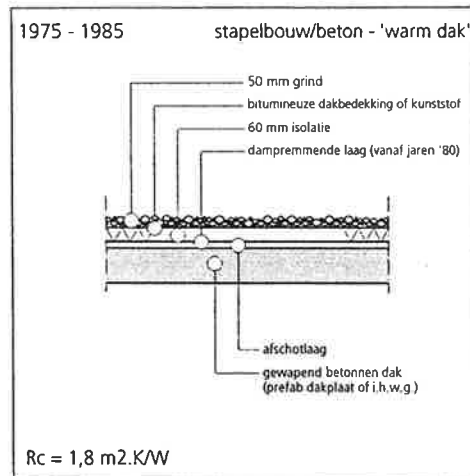
in de houtskeletbouw, een bouwmethode die in deze periode voor het eerst in Nederland geïntroduceerd wordt, worden nog sporensantennen als kapconstructie toegepast. De isolatiegolf in de woningbouw als gevolg van de oliecrisis betekent hogere isolatiewaarden oplopend van $R_c \geq 1,3$ (eind jaren '70) naar $R_c \geq 2,0$ tot $R_c \geq 2,5$ (begin jaren '90). Toch zijn er ook ongeïsoleerde hellende daken uit deze periode aan te treffen. In woningen met onbewoonbare vlieringen werd vaak de zoldervloer geïsoleerd. De variatie in dakbedekkingsmaterialen is door de ontwikkeling in de bouw ook toegenomen; naast dakpannen, zien we nu ook leien, bitumen, bitumen shingles en golfplaat.

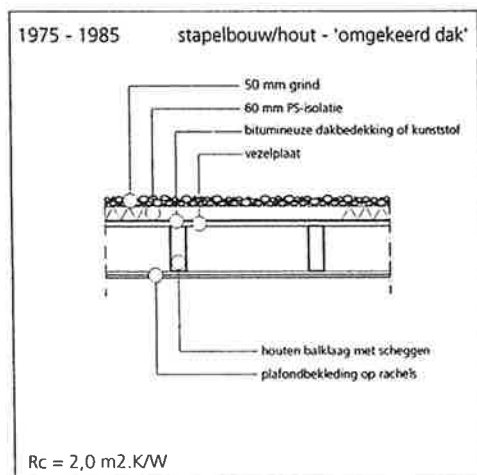
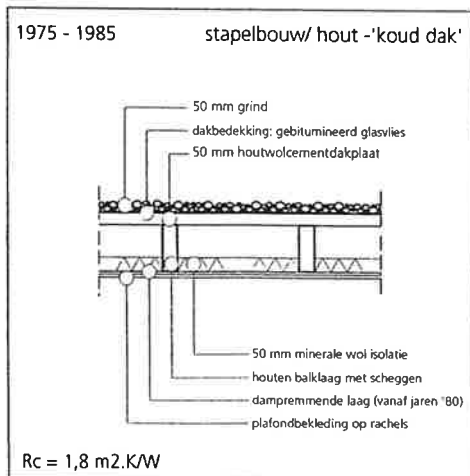
3.4.2 Plat dak

In deze periode treffen we een variatie in dakconstructies aan voor het platte dak. In de woningbouw komen zowel houten als betonnen daken voor. De toegepaste betonnen draagconstructies zijn in het werk gestort beton en geprefabriceerde betonnen dakvloeren. Houten dakvloeren zijn traditionele balklagen met een plaatmateriaal als dakbeschot, zoals houtwolcementplaat en stroplaten.

Opvallend voor deze periode is een verschuiving van de toepassing van een geventileerde of 'koud dak'-constructie naar een 'warm dak'-constructie. Met name slechte ervaringen met 'koud dak'-constructies uit de voorgaande bouwperiode, waarbij onvoldoende ventilatie leidde tot inwendige condensatie in de constructie, zijn hiervan de oorzaak. Er worden nog wel 'koud dak'-constructies toegepast, maar nu met een dampremmende laag onder de isolatie. Een nieuwe ontwikkeling uit deze periode is het 'omgekeerd dak' waarbij de isolatie met ballastlaag op de dakbedekking wordt aangebracht.







Platte daken in de houtskeletbouw hebben een triplex beschieting (of dakbeschot), waarbij de isolatie (minerale wol) tussen de balken is aangebracht. In de HSB wordt wel altijd een dampremmende laag toegepast.

Toegepaste materialen in deze periode zijn: PUR, PIR, EPS, XPS, houtwolcementplaat met kern van PS-schuim, schuimglas, minerale wol, gebitumineerd steenschuim, platen van cementgebonden PS-bolletjes (met ventilatiekanalen) en geëxpandeerde kurk.

Isolatiematerialen voor een warm dak constructie moeten voldoende druksterkte bezitten. Voor een omgekeerd dak worden XPS-platen en platen van cementgebonden XPS-bolletjes gebruikt.

Als dakbedekking worden 3 laags gebitumineerd glasvlies of 3 laags teervilt/mastiek toegepast.

3.5 Ingrepen bij renovatie

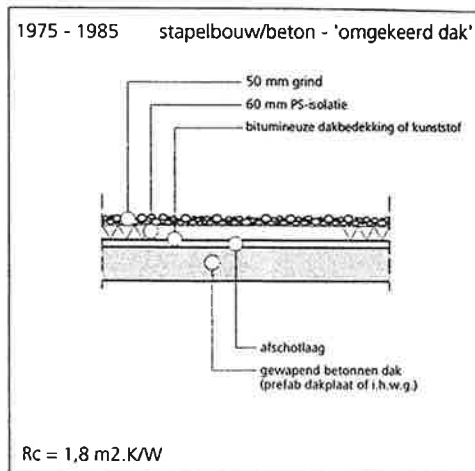
3.5.1 Inleiding

De noodzakelijke ingrepen bij renovatie zijn sterk afhankelijk van de bouwkundige situatie waarin een bouwwerk verkeert en de wijze waarop het in de loop der tijd onderhouden is. In grote lijnen is wel aan te geven wat veel voorkomende maatregelen bij renovatie zijn. De leeftijd van een bouwwerk speelt hierbij een grote rol. Enerzijds doordat onderdelen en materialen vanwege hun bereikte levensduur aan vervanging toe zijn. Anderszijds doordat een nieuwe bouwmethode soms verkeerde constructies tot gevolg had, die destijds niet onderkend zijn en die in de loop der tijd tot grote problemen geleid hebben. Hierna worden de meest voorkomende renovatie-maatregelen voor hellende en platte daken beschreven.

3.5.2 Hellend dak

Bij renovatie van hellende daken zijn de belangrijkste maatregelen: het aanbrengen van (extra) isolatie en het realiseren van een goede kierdichting bij de dakvoet. Het Nationaal Pakket Duurzame Woningbouw Beheer geeft als uitgangspunt voor het dak: $R_c \geq 3,0$. Constructie en dakbeschot blijven zoveel mogelijk gehandhaafd, tenzij door fouten in de constructie de dakplaten (bijvoorbeeld vlasvezelplaten) verrot zijn. Ook worden de bestaande pannen meestal hergebruikt (goedkoopste oplossing), tenzij de kwaliteit slecht is of de verwachte levensduur na renovatie korter is dan ca. twintig jaar.

Om vochtproblemen als gevolg van inwendige condensatie in de constructie te voorkomen, wordt de isolatie zoveel mogelijk aan de buitenzijde aangebracht (warm dak-constructie). Hiervoor zijn speciale renovatiedakplaten in de handel (fabr. Opstalan of Unilin), die op het bestaande dakbeschot worden aangebracht. Dit heeft tot gevolg dat het totale dakpakket dikker wordt, wat tot uiting komt in de dakranden. Wanneer dit om architectonische redenen onacceptabel is, wordt ook wel isolatie aan de binnenzijde aangebracht tussen de constructie. Ook in woningen waarin asbestplaten als dakbeschot zijn toegepast, wordt vaak gekozen voor



na-isoleren aan de binnenzijde. Het asbest hoeft niet verwijderd te worden, maar wordt afgeschermd door de isolatie. Bij na-isoleren aan de binnenzijde heeft het realiseren van een goede damprem extra aandacht nodig bij de uitvoering.

3.5.3 Plat dak

Veel voorkomende problemen die we aantreffen bij platte daken zijn:

- dakbedekking moet vervangen worden
- plassen op de dakbedekking doordat de onderliggende isolatie- of dakplaten verrot zijn en/of doorhangen, vanwege het ontbreken van een damprem en een gebrekkige ventilatie van de constructie
- Bij houten daken kunnen tevens plassen op de dakbedekking ontstaan vanwege onvoldoende afschot in het dak.
- lage isolatiewaarde bij woningen met een bouwjaar voor 1975: $R_c \leq 1,3$

Veel voorkomende problemen bij betonnen daken zijn:

- scheurvorming in de beton door temperatuurspanningen en koudebruggen
- schimmelvorming als gevolg van condensatie op de wanden ter plaatse van de koudebruggen gevormd door de dakranden

Bij plat dak-renovaties vormen na-isoleren en vervangen van de dakbedekking de belangrijkste maatregelen. Hierbij is het van belang zowel de dakbedekking als de onderliggende (isolatie)lagen in beschouwing te nemen.

Nieuwe dakbedekking en isolatie aanbrengen

Wanneer de dakbedekking en onderlaag in redelijke staat zijn, blijft de dakbedekking meestal gehandhaafd (minder afval) en worden extra isolatie en een nieuwe dakbedekking over de bestaande dakhuid aangebracht, waarbij deze als dampremmende laag gaat functioneren. Ook kan het voorkomen dat de dakbedekking in principe niet vervangen hoeft te worden, maar dat deze verwijderd moet worden omdat de onderliggende houtwolcement-isolatieplaten verrot zijn. In een dergelijke situatie worden dakbedekking en isolatie vervangen door nieuwe materialen, waarbij ook een damprem aangebracht wordt. Een voordeel hiervan is dat met dezelfde constructiehoogte een veel betere isolatiewaarde verkregen kan worden. Wanneer de dakbedekking aan vervanging toe is, kan deze worden verwijderd en vervangen door nieuwe isolatie en nieuwe dakbedekking. Ook hierbij bepaalt de kwaliteit van de bestaande isolatie en de kans op inwendige condensatie of deze eveneens vervangen moet worden.

materialen, waarbij ook een damprem aangebracht wordt. Een voordeel hiervan is dat met dezelfde constructiehoogte een veel betere isolatiewaarde verkregen kan worden. Wanneer de dakbedekking aan vervanging toe is, kan deze worden verwijderd en vervangen door nieuwe isolatie en nieuwe dakbedekking. Ook hierbij bepaalt de kwaliteit van de bestaande isolatie en de kans op inwendige condensatie of deze eveneens vervangen moet worden.

Alleen nieuwe isolatie aanbrengen

Een andere mogelijkheid van na-isoleren is het aanbrengen van isolatieplaten op de dakbedekking, een zogenaamd omgekeerd dak. Een voordeel hiervan is, dat de isolatieplaten de dakbedekking duurzaam beschermen, waarmee de levensduur aanzienlijk verlengd wordt. Aandachtspunten bij de uitvoering van een omgekeerd dak zijn: het creëren van voldoende afschot, goed aansluiten van de isolatieplaten en een goede dampdoorlatende ballastlaag. Wanneer er water onder de isolatieplaten blijft staan, vermindert de isolatiewaarde ervan.

Koudebruggen

Inpakken van de dakranden is de beste oplossing voor de koudebruggen ter plaatse van de dakrand. Hiervoor moet de bestaande dakbedekking plaatselijk verwijderd worden en vervangen door nieuwe isolatie en nieuwe dakbedekking.

3.5.4 Installaties

Renovatie van de installaties in de woning heeft meestal extra dakdoorvoeren tot gevolg voor afvoer van mechanische ventilatie en HR-ketel, tenzij bestaande dakdoorvoeren hiervoor benut kunnen worden. Bestaande doorvoeren worden vernieuwd of gesloopt (zoals onderhoudsgevoelige schoorstenen). Zonodig worden hwa's vervangen.

4. Inventarisatie PV integratie technieken geschikt voor renovatie

4.1 Inleiding

Er zijn diverse systemen op de markt voor de toepassing van PV-systemen op gebouwen. Een groot aantal daarvan lijkt geschikt voor toepassing bij renovatie. In hoofdstuk 4.2. wordt een overzicht gegeven van mogelijke standaardproducten. In hoofdstuk 4.3 zijn van een aantal systemen de voor- en nadelen voor toepassing bij renovatie op een rij gezet.

4.2 Overzicht mogelijke PV integratietechnieken bij renovatie

De beschikbare standaardproducten voor bouwkundige PV-integratie op daken kunnen worden onderverdeeld in de volgende groepen:

Hellend dak

- PV-dakpan
- PV-daklei of shingle
- PV-dakpanelement
- PV-element 'tussen de pannen'
- PV als waterkering
- PV-element 'boven de pannen'

Plat dak

- PV op consoles d.m.v. ballast los op het dak geplaatst
- PV d.m.v. frames op het dak bevestigd
- PV-isolatie
- PV-dakbedekking

Bijlage 4 geeft een overzicht van 52 standaardproducten geschikt voor bouwkundige integratie van PV-systemen op daken.

4.3 Analyse toepasbaarheid PV integratietechnieken bij renovatie

4.3.1 PV-dakpan

Het betreft hier uitsluitend buitenlandse, met name Duitse typen dakpannen, die in Nederland nauwelijks toegepast zijn. Het uitwisselen van enkele pannen voor PV- pannen is dus niet mogelijk. Deze producten kunnen alleen toegepast worden als het gehele dak vernieuwd wordt. De levensduur van pannen is echter hoog (75 - 200 jaar).

Een vergelijkbaar product afgestemd op de in Nederland gebruikelijke typen dakpannen zou wel een kansrijk product zijn voor de particuliere markt van renovatie en woningverbetering. PV-dakpannen, maar ook de hierna genoemde PV-dakleien en PV-dakpanelementen zijn vanwege het grote aantal kleine elementen erg flexibel als het gaat om systeemgrootte en inpassing in het dakvlak, wat gunstig is in verband met beschaduwing. Ook zijn dergelijke systemen op termijn eenvoudig uit te breiden.

Een nadeel van het grote aantal kleine elementen is het grote aantal elektrische verbindingen op het dak (duur en onderhoudsgevoelig) en een relatief lage opbrengst per m² dakvlak. Een andere beperking voor de toepassing van PV-dakpannen vormt de oriëntatie van het dakvlak, waardoor niet altijd een optimale opbrengst bereikt kan worden. Met name de na-oorlogse woningen kennen veelal een oost-west-oriëntatie, waardoor de PV-opbrengst ca. 20% lager is.

4.3.2 PV-daklei

Voor de Nederlandse renovatiemarkt zal de groep van PV-dakleien en shingles niet op grote schaal toepasbaar zijn. Het overgrote deel van de woningen met een kap is bedekt met dakpannen. Voor de particuliere markt zijn de producten op kleine schaal wel geschikt.

4.3.3 PV-dakpanelement

De groep dakpanelementen bestaat uit elementen die in het dak gecombineerd kunnen worden met dakpannen. Het betreft hier, net als bij de dakpannen, ook een groot aantal Duitse producten, die niet te combineren zijn met Nederlandse pannen.

Wel direct geschikt voor de Nederlandse markt zijn: 'RBB PV 700', 'PV-different', 'Solrif', 'Suntile'. Als kanttekening dient hierbij gemaakt te worden dat deze systemen met name geschikt voor integratie in pannendaken met betondakpannen. Een betonpan is nog een relatief 'nieuw' bouw materiaal, dat bij renovaties van woningen veelal niet vernieuwd wordt. Wel kunnen

enkele pannen eenvoudig vervangen worden door een PV-systeem, wanneer er de wens is van de opdrachtgever om bij renovatie een PV-systeem toe te passen. Ook lenen deze systemen zich uitstekend voor de particuliere markt van renovatie en woningverbetering, waarbij de toepassing van een PV-systeem bijvoorbeeld gecombineerd zou kunnen worden met het vervangen van de elektrische installatie.

4.3.4 PV-dakelement

De PV dakelementen bestaan uit twee groepen elementen, namelijk elementen die tussen dakpannen geplaatst kunnen worden en elementen die het gehele dak bekleden. De laatste groep is alleen geschikt als alle pannen vervangen worden bij renovatie en zal dus slechts een klein marktaandeel vertegenwoordigen.

De eerste groep betreft producten die aansluiten bij de Nederlandse markt en is wat betreft marktpotentieel vergelijkbaar met de PV-dakpanelementen. PV-dakelementen zijn echter vanwege hun standaardafmetingen minder flexibel in systeemgrootte en architectonische- en bouwkundige integratie dan de PV-dakpannen, leien en dakpanelementen.

4.3.5 PV-element op hellend dak

Onder de groep 'PV element op dak' vallen systemen, bestaande uit PV-panelen die met behulp van metalen dragers boven de dakpannen gemonteerd worden. Er is bij deze systemen geen sprake van architectonische en bouwkundige integratie. Er worden ook geen dakpannen vervangen door PV-elementen, waardoor er geen koppeling van plaatsing van het PV-systeem met (hoog niveau) renovatie is. Wel kan vervanging van de installatie een aanleiding vormen tot het plaatsen van een PV-element.

4.3.6 PV-element op plat dak

Het betreft hier standaard PV-modulen, die met behulp van metalen frames op het dak gemonteerd worden of gemonteerd of gelijmd worden op verzwaarde kunststoffen of steenachtige consoles, die los op de dakbedekking geplaatst kunnen worden. Het PV-systeem staat hierdoor letterlijk los van de bouwkundige ondergrond, waardoor de plaatsing van het systeem onafhankelijk is van de ingrepen bij renovatie. Het plaatsen van deze systemen kan gecombineerd worden met het vernieuwen van de dakbedekking en/of de isolatie, maar plaatsing op bestaande dakbedekking is ook mogelijk. De montage-systemen zijn zeer flexibel ten aanzien van systeemgrootte en situering op het dak en zijn op termijn uitbreidbaar. Ook kunnen de modulen altijd zodanig geplaatst worden dat een optimale opbrengst bereikt kan

worden. Bij plaatsing op platte daken met een houten draagconstructie dient wel rekening gehouden te worden met het extra gewicht van de PV-systemen en (indien nodig) extra ballastgewicht.

4.3.7 PV-isolatie

Het betreft (vooralsnog) slechts één systeem bestaande uit XPS-isolatieplaten, waarop een PV-module bevestigd is. De PV-isolatie wordt volgens het principe van het 'omgekeerd dak' op de (bestaande) dakbedekking geplaatst. Het systeem is vooral geschikt voor renovatie van slecht of ongeïsoleerde daken, waarbij slechts een klein extra gewicht op de bestaande constructie mogelijk is. Het leent zich eveneens goed voor renovaties, waarbij de bestaande dakbedekking nog in goede staat is. Het systeem is flexibel ten aanzien van systeemgrootte en situering van de modulen op het dak. Dakdelen die bijvoorbeeld vanwege beschaduwing ongeschikt zijn voor PV worden niet bedekt. Een derde voordeel van PV-isolatie is dat het systeem vanwege de geringe hellingshoek van het dak oriëntatie-onafhankelijk is.

4.3.8 PV-dakbedekking

Het betreft (vooralsnog) slechts één systeem bestaande uit witte kunststof dakbaan (EVA-PVC), waarop (afhankelijk van de lengte) één of enkele flexibele amorf PV-modulen zijn gelamineerd. De dakbedekking is toepasbaar op ongeballaste, onbetreedbare daken. Het systeem leent zich vooral voor dakrenovaties, waarbij de dakbedekking vervangen moet worden of waarbij extra isolatie en nieuwe dakbedekking over het bestaande dakpakket wordt aangebracht. Vanwege het geringe 'extra' gewicht is het systeem ook zeer geschikt voor toepassing op houten daken. Het systeem is flexibel ten aanzien van systeemgrootte en situering van de modulen op het dak. Dakdelen die bijvoorbeeld vanwege beschaduwing ongeschikt zijn voor PV worden met 'normale' kunststof dakbanen bekleed. Evenals PV-isolatie is de PV-dakbedekking oriëntatie-onafhankelijk.

5. Kansrijke product-markt-combinaties

5.1 Inleiding

Uit het hoofdstuk Marktpotentieel blijkt dat platte daken en galerijflats het grootste potentieel vormen. Schuine daken worden minder gerenoveerd en zijn vaker ongunstig geïoriënteerd. Stedenbouwkundig zijn de straten vaak in de noord-zuid-richting gelegd, zodat er zowel oost- als westtuinen ontstaan. Bij rijtjeswoningen is de kaprichting meestal gelijk aan de straatrichting. Galerijflats zijn feitelijk extra in het voordeel omdat zij een plat dak combineren met lange galerijen en balkons en in het algemeen een forse kopgevel hebben. Galerijen en balkons kunnen worden bekleed als borstwering. Het potentieel van een galerij en/of balkon is ca. 1 m² per m¹ gevel per verdieping. Kopgevels hebben tussen 2,5 en 2,8 m² potentieel per m¹ gevel per verdieping.

Platte daken kunnen vanzelfsprekend voorzien worden van alle denkbare en op de markt aanwezige montagesystemen en/of ondersteuningsconstructies. De invloed van de hellingshoek van een ondersteuningsconstructie is heel groot op het potentieel. Naarmate de hellingshoek groter wordt zal de onderlinge afstand toenemen en het aantal m² toepasbare PV systemen afnemen. De opbrengst per m² neemt hierbij wel toe.

Ondersteuningsconstructies zijn in het algemeen toevoegingen die door niemand worden gewenst behalve de investeerder in PV systemen. Een verder integratie en/of vervanging van bestaande bouwproducten maakt de toepassing van PV systemen voor gebouwbeheerders aantrekkelijker.

Een goed voorbeeld zijn de PV isolatieplaten van Powerlight. Deze platen kunnen op de bestaande dakbedekking worden gelegd en zorgen voor een verhoging van de isolatiewaarde van het dak waarbij de PV modules als ballast voor de isolatie dienst doen (overigens is het aspect van opwaaien hier van groter belang).

De daadwerkelijke penetratiegraad zal mede afhangen van de financieringscategorie en de bereikbaarheid van de doelgroep. Corporaties zijn goed georganiseerd, herkenbaar en eenvoudig te bereiken. Daarentegen is de kosten/baten verhouding bij corporaties een belangrijk gegeven. Een onrendabele investering leidt tot een hogere huurprijs die niet altijd te rechtvaardigen zal zijn.

5.2 Belangrijkste Product Markt Combinaties (PMC's)

De meeste PV bouwproducten verkeren nog in een (pril) ontwikkelingsstadium. Daarom worden de PV producten hier slechts aangeduid met een globale indeling in categorieën.

De belangrijkste Product Markt Combinaties (PMC's) zijn:

PMC 1: collectieve PV systemen op platte daken in de huursector

PMC 2: collectieve PV systemen op platte daken in eigen woning sector

PMC 3: individuele PV systemen op platte daken

PMC 4: collectieve PV systemen aan galerijen/balkons op galerijflats in de huursector

PMC 5: collectieve PV systemen aan galerijen/balkons op galerijflats in de eigen woning sector

PMC 6: individuele PV systemen aan galerijen/balkons op galerijflats

PMC 7: individuele PV systemen op hellende daken

Van de kansrijke product-markt-combinaties zijn er twee nader onderzocht in de cases. Het betreft voorbeelden van PMC 2 'collectieve PV-systemen op platte daken in de eigen woning sector' en PMC 3 'individuele PV systemen op platte daken' (zie bijlage 5). De twee voorbeelden vertegenwoordigen tevens twee karakteristieke constructies die men vaak kan aantreffen bij renovatie, namelijk een houten plat dakconstructie uit de vooroorlogse bouwperiode en een betonnen plat dak uit de na-oorlogse periode.

5.3 Selectie kansrijke PMC's

Om tot een selectie te komen van kansrijke PMC's zijn in tabel 5.1 de mogelijkheden aangegeven van de PMC's voor verschillende keuze criteria. De benoemde keuze criteria zijn het potentieel, de vervangingswaarde, de bouwkundige integratie, de esthetische integratie, de financieringscategorie en de extra investering.

Potentieel:

Het potentieel voor toepassing van PV in renovatie is reeds toegelicht in hoofdstuk 2. Het gaat hierbij vooral om platte daken en galerijen en balkons in de na-oorlogse woningbouw.

Vervangingswaarde:

Hier is een inschatting gemaakt van de omvang van de kosten bij vervanging en/of verbetering. Platte daken worden relatief vaak vervangen of vernieuwd. Schuine daken maar heel weinig.

Bouwkundige integratie:

Bij bouwkundige integratie zijn de mogelijkheden voor bouwkundige integratie van een PV-systeem aangegeven, waarbij het PV-systeem bij renovatie een bouw materiaal vervangt. Met name de beschikbaarheid en toepasbaarheid van PV-integratietechnieken voor de Nederlandse markt (zie paragraaf 4.3) beïnvloedt de mogelijkheden van bouwkundige integratie. Bij PV-integratie in gevels en balkons is hierbij uitgegaan van 'oplossingen op maat'.

Esthetische integratie:

Met de mogelijkheden van esthetische integratie van een PV-systeem wordt enerzijds de esthetische meerwaarde bedoeld, die een goede architectonische integratie van een PV-systeem bij renovatie kan geven, maar anderszijds ook de mogelijkheden om een PV-systeem juist 'onzichtbaar' te integreren in het gebouw. Dit laatste kan bijvoorbeeld het geval zijn bij historiserende architectuur, waarin een high-tech materiaal als PV niet passend is.

Financierings categorie:

Bij financieringscategorie is het verschil in financiële mogelijkheden tussen de huursector met één eigenaar (corporatie) en de particuliere sector met individuele woningeigenaren aangegeven. De financiële randvoorwaarden zijn voor een corporatie gunstiger dan voor een particuliere eigenaar. Investeringskosten voor een bouwkundig geïntegreerd PV-systeem, waarbij bijvoorbeeld de dakbedekking tevens vervangen wordt, kunnen bijvoorbeeld (deels) uit het onderhoudsbudget worden betaald. Daarnaast zijn er betere financierings- en subsidie mogelijkheden voor collectieve bouwkundig geïntegreerde PV-systemen dan voor individuele.

Investering:

Tenslotte is een inschatting gemaakt voor de extra investering die gedaan zou moeten worden voor de integratie van een PV-systeem. Platte daken scoren het gunstigst doordat het hier relatief de goedkoopste PV-systemen betreft, die weinig (extra) bouwkundige aanpassingen vragen voor architectonische integratie. Daarnaast kunnen door enkele plat dak systemen, zoals PV-isolatie of PV-dakbedekking, zelfs bouwmaterialen bespaard worden.

Tabel 5.1 Selectie Product Markt Combinaties

	Potentieel	Vervanging	Bouwkundig	Esthetisch	Fin.Cat.	Investering
PMC 1	++	++	+	++	+	++
PMC 2	+/-	++	+	++	+/-	++
PMC 3	+/-	+/-	+/-	-	+/-	+/-
PMC 4	++	+	++	++	+	+/-
PMC 5	+	+/-	+	++	+/-	+/-
PMC 6	+/-	-	+	-	+/-	-
PMC 7	+	+/-	+/-	-	+/-	+/-

Uit de tabel blijkt dat PMC 1 en PMC 4 te hoogste slaagkansen hebben. Dit is ondermeer gelegen in de aanpak van een project en het feit dat een totaal aanpak eenvoudiger is, wanneer de beslissingsbevoegdheid is gelegen bij één eigenaar. Daarbij moet deze eigenaar goed aanspreekbaar zijn en moet een terzake kundige afweging kunnen maken (corporaties). Tenslotte heeft een corporatie meer mogelijkheden om te komen tot een financieel rendabele investering in een PV-systeem dan een particuliere eigenaar, wanneer de investeringen kunnen worden verminderd door subsidies en wanneer daarmee andere noodzakelijke investeringen vervangen kunnen worden. Gelijktijdig moeten de particuliere initiatieven niet worden verwaarloosd. Onder particulieren is een redelijk potentieel aanwezig. Individuele woningeigenaren zijn moeilijk collectief aan te spreken. Indien ze echter verenigd zijn in een VVE (Vereniging van Eigenaren) is een collectieve aanpak goed mogelijk, omdat renovatie dan veelal extern wordt gecoördineerd, bijvoorbeeld in het kader van een wijkverbeteringsplan. Daarbij kan de huidige Energiepremie-regeling voor particulieren een belangrijke financiële stimulans vormen.

5.4 Conclusies en aanbevelingen

Conclusie is dat plat dak systemen en galerij/balkon systemen een hoog potentieel hebben. Het aantal geëigende producten is echter zeer beperkt. Het verdient aanbeveling deze twee sectoren verder te ontwikkelen en te ondersteunen. Directe doelgroep zijn de corporaties. Deze zijn ook vaak betrokken bij stedelijke vernieuwing waarbij hele wijken worden aangepakt.

6. Literatuurlijst

- Niet-traditionele woningbouwmethoden in Nederland, H. Priemus, R.S.F.J. van Elk, SBR 1971
- Bouwconstructies gezien door een thermo-hygrische bril, Sante e.a., SBR 1978
- Houtskeletbouw, SBR 1977
- Onderhoud, verbetering en herstel van gebouwen, J.J. Bakker, Kosmos 1966
- Duurzaam Renoveren in Amsterdam, M. Weterings, Stedelijke Woningdienst Amsterdam, mei 1998
- E'novatie Thema Vloeren en daken, Woon/Energie e.a., Novem 1993
- E'novatie Projectbrochures, Woon/Energie e.a., Novem 1994
- Naar een naoorlogse integrale aanpak, Woningbeheer, Den Haag, 2000
- Dakenmarkt 2000; Dakenraad 34, feb 2000, p.47
- De PV markt na 2000. Ekomatic, Rotterdam, januari 2000

BIJLAGE 1 Overzicht marktpotentieel voor PV toepassing in renovatie

Bouwjaar	woningcategorie	PV-integratie					
		Niet zichtbaar		Zichtbaar			
		plat dak	overig	plat dak	hellend dak	gevel	overig
monument	laagbouw/gestapelde bouw		maatwerk			maatwerk	maatwerk
voor 1900	laagbouw						
	gestapeld bouw		maatwerk, bijvoorbeeld goed bezonde achtergevels bij woninguitbreiding en behoud voorgevel			maatwerk, benutten gevels bij optoppen in stadsvernieuwing	
1900 - 1945	laagbouw	beperkt potentieel, meeste al gerenoveerd - CASE-STUDY 1 Den Haag Hofjes Cristinalaan		maatwerk, bijv. CASE-STUDY 1 Den Haag Hofjes Cristinalaan	potentieel beperkt door variëteit in oriëntaties, beschaduwings door dakkapellen, schoorstenen, e.d., eisen van welstand	zeer beperkt	
	gestapeld bouw	plaatselijk potentieel, bijv. Haagse Portiekwoningen	maatwerk, bijv. benutten goed bezonde achtergevels of dak bij optoppen in stadsvernieuwing	n.v.t.	potentieel beperkt door variëteit in oriëntaties, beschaduwings door dakkapellen, schoorstenen, e.d., eisen van welstand	maatwerk, bijv. benutten gevels bij optoppen in stadsvernieuwing	
1945 - 1970	laagbouw	potentieel bij dakrenovatie maatwerk bij dakopbouw (zie ook gevel)	n.v.t.	maatwerk	potentieel; hierbij worden dakpannen meestal niet vervangen	maatwerk/potentieel: uitbreiding van kleine 2 laagse woningen met dakopbouw	
	gestapelde bouw galerijflats	potentieel; bij gestapelde bouw minder kans op beschaduwings - CASE-STUDY 2 Den Haag Ambachtsgaarde	n.v.t.	n.v.t.	potentieel; hierbij worden dakpannen meestal niet vervangen	potentieel, bijv. kopgevels, (verglasde) balkons en borstweringen van galerij-flats. maatwerk/potentieel? PV als impuls bij stedelijke vernieuwing, zoals in CASE-STUDY 2 Den Haag, Ambachtsgaarde	maatwerk: o.a. luifels, verglaasde galerijen voor seniorenwoningen, etc. maatwerk: PV als impuls bij stedelijke vernieuwing, zoals in CASE-STUDY 2 Den Haag, Ambachtsgaarde
	gestapelde bouw portieketageflats	potentieel; bij gestapelde bouw minder kans op beschaduwings - CASE-STUDY 2 Den Haag Ambachtsgaarde maatwerk: optoppen (zie ook gevel)	n.v.t.	n.v.t.	potentieel; hierbij worden dakpannen meestal niet vervangen	potentieel, bijv. kopgevels, (verglasde) balkons, puien woningen en portieken van portieketage-flats, puien woningen bij optoppen t.b.v. haalbaarheid lift. Maatwerk: PV als impuls bij stedelijke vernieuwing, zoals in CASE-STUDY 2	maatwerk: o.a. luifels, etc. maatwerk: PV als impuls bij stedelijke vernieuwing, zoals in CASE-STUDY 2 Den Haag, Ambachtsgaarde
1970 - 1985	laagbouw	potentieel, onderhoud vernieuwen dakbedekking; maatwerk: achteraf aanbrengen van PV-systeem o.a. bij vernieuwen installatie			potentieel, hierbij worden dakpannen meestal niet vervangen, wel bitumineuze leien, etc. Beperking door dakkapellen/ woninguitbreiding	maatwerk/potentieel: uitbreiding van kleine 2 laagse woningen met dakopbouw	maatwerk, zoals PV-renovatie Zonnewende Leiden
	gestapelde bouw	potentieel, onderhoud vernieuwen dakbedekking; maatwerk: achteraf aanbrengen van PV-systeem o.a. bij vernieuwen installatie		n.v.t.	beperkt potentieel	maatwerk/potentieel, o.a. bij vernieuwen puien met houten kozijnen, borstweringen van plaatmateriaal	
na 1985	laagbouw	maatwerk/potentieel bij dakopbouw (zie ook gevel)			komt nog niet voor renovatie in aanmerking	maatwerk/potentieel: uitbreiding van kleine 2 laagse woningen met dakopbouw	
	gestapelde bouw	potentieel, onderhoud vernieuwen dakbedekking; maatwerk: achteraf aanbrengen van PV-systeem o.a. bij vernieuwen installatie		n.v.t.	komt nauwelijks voor		

BIJLAGE 2 Overzicht constructies die voor PV-renovatie in aanmerking komen per bouwjaar(groep), bouwmethode en woningcategorie

bouwjaar	bouwmethoden	woningcategorie	plaats bouwkundige integratie PV		
			PLAT DAK	HELLEND DAK	
monument	traditionele stapelbouw	laagbouw/ gestapelde bouw			
voor 1900	traditionele stapelbouw	laagbouw/ gestapelde bouw		draagconstructie: traditionele kapconstructie met spanten, gordingen houten delen dakbeschoot: geen isolatie: geen dakbedekking: keramische pannen	
1900 - 1950	traditionele stapelbouw	laagbouw/ gestapelde bouw	draagconstructie: houten balklaag dakbeschoot: houten delen isolatie: geen afschotlaag: scheggen op balken dakbedekking: bitumineuze dakbedekking (mastiek), zink, leer ballastlaag: grind	draagconstructie: traditionele kapconstructie met spanten, gordingen houten delen dakbeschoot: geen isolatie: geen dakbedekking: keramische pannen, leipannen	
		traditionele grietbouw	laagbouw	idem	
		gestapelde bouw	idem		
	1950 - 1975	traditionele stapelbouw	laagbouw/ gestapelde bouw	draagconstructie: houten balklaag dakbeschoot: houten delen of vlasvezeldakplaat (Linex o.g.) afschotlaag: scheggen op balken isolatie: geen, vlasvezeldakplaat R=0,35 - 0,65; Rc (met isolatie)= 0,8 - 1,0 of ca. 20 mm bitumineus (mastiek) dakbedekking: bitumineus (mastiek)	draagconstructie: traditionele kapconstructie met spanten, gordingen traditionele houten delen of vlasvezel dakplaat (fabr. Unilin, Conex, Linex o.g.) isolatie: geen, vlasvezel- of houtwolcementdakplaat R=0,35 - 0,7; Rc (met isolatie)= 0,8 - 1,0 of extra isolatie ca. 20 mm glaswoldeken of EPS dakbedekking: keramische pannen
	niet-traditionele stapelbouw/ grietbouw en zware montagebouw	laagbouw	draagconstructie: systeemvloer (balkenbroodjesvloer), i.h.w. gest. gew. betonvloer, massieve of holle prefab gewapend betonplaat afschotlaag: 30 mm peritebeton o.g. isolatie: 70 mm Schewill vv geventileerde houtwolcement-kanaalplaten, Dunsol- isolatieplaat o.g. Rc= 0,8 - 1,0 dakbedekking: bitumineuze dakbedekking (mastiek, asfaltbitumen) ballastlaag: 3 cm grind	draagconstructie: zadeldak, in het midden houten spant met gordingen (soms ook stalen spant o.a. HUCO) dakbeschoot: traditionele houten delen of vlasvezel dakplaat (fabr. Unilin, Conex, Linex o.g.) isolatie: geen, vlasvezel- of houtwolcementdakplaat R=0,35 - 0,7; Rc (met isolatie)= 0,8 - 1,0 of extra isolatie ca. 20 - 40 mm glaswoldeken of EPS (Rc=1,4) dakbedekking: keramische of betonpannen (sneldek)	
		gestapelde bouw	draagconstructie: systeemvloer (balkenbroodjesvloer), i.h.w. gest. gew. betonvloer, massieve of holle prefab gewapend betonplaat afschotlaag: 30 mm peritebeton o.g. isolatie: 70 mm Schewill vv geventileerde houtwolcement-kanaalplaten, Dunsol- isolatieplaat o.g. Rc= 0,8 - 1,0 dakbedekking: bitumineuze dakbedekking (mastiek, asfaltbitumen) ballastlaag: 3 cm grind	draagconstructie: zadeldak van sporensparanten dakbeschoot: traditionele houten delen + bouwplaat isolatie: 40 mm minerale wol deken, Rc=1,4 aan de binnenzijde, afgewerkt met zachtboard dakbedekking: keramische of betonpannen (sneldek)	
		gestapelde bouw	draagconstructie: systeemvloer (balkenbroodjesvloer), i.h.w. gest. gew. betonvloer, massieve of holle prefab gewapend betonplaat afschotlaag: 30 mm peritebeton o.g. isolatie: 70 mm Schewill vv geventileerde houtwolcement-kanaalplaten, Dunsol- isolatieplaat o.g. Rc= 0,8 - 1,0 dakbedekking: bitumineuze dakbedekking (mastiek, asfaltbitumen) ballastlaag: 3 cm grind	draagconstructie: traditionele zadeldakconstructie met gordingen dakbeschoot: traditionele houten delen of vlasvezel dakplaat (fabr. Unilin, Conex, o.g.) isolatie: geen, vlasvezel- of houtwolcementdakplaat R=0,35 - 0,7; Rc (met isolatie)= 0,8 - 1,0 of extra isolatie ca. 20 mm glaswoldeken of EPS (Rc=1,4) dakbedekking: keramische of betonpannen (sneldek)	
1975 - 1985	niet-traditionele stapelbouw/ grietbouw/ montagebouw	laagbouw/ gestapelde bouw	draagconstructie: i.h.w. gest. gew. betonvloer, massieve of holle prefab gewapend betonplaat afschotlaag: isolatie: PS-schuim, minerale wol, PUR/PIR, schuimglas, gebitumineerd steenschuim, cementgebonden PS-kanalenplaten, e.a. Rc = 1,3 - 2,5 dakbedekking: bitumineuze dakbedekking, gebitumineerd glasvlies en mastiek	draagconstructie: traditionele zadeldakconstructie met gordingen, dakelementen met sporen (met evt. gordingen) dakbeschoot: vlasvezeldakplaat of spaanplaat (Unilin, o.g.) isolatie: geen (zoldervloer geïsoleerd), PS-schuim, minerale wol, PUR/PIR, schuimglas, e.a. Rc = 1,3 - 2,5 dakbedekking: keramische of betonpannen (sneldek), bitumineuze leien, golfplaat, bitumineuze	
		niet-traditionele stapelbouw	laagbouw/ gestapelde bouw	draagconstructie: houten balklaag dakbeschoot: houtwolcementplaten, stroplaten, vezelplaten afschotlaag: scheggen op balken isolatie: PS-schuim, minerale wol (HSB), PUR/PIR, schuimglas, gebitumineerd steenschuim, cementgebonden PS-kanalenplaten, e.a. Rc = 1,3 - 2,5 dakbedekking: bitumineuze dakbedekking, gebitumineerd glasvlies en mastiek	
		houtskeletbouw	laagbouw/ gestapelde bouw	draagconstructie: houten balklaag dakbeschoot: triplex (HSB) afschotlaag: isolatie: steenwol dakbedekking: bitumineuze dakbedekking, gebitumineerd glasvlies en mastiek	draagconstructie: sporensparanten (HSB) dakbeschoot: triplex (HSB) isolatie: steenwol dakbedekking: keramische of betonpannen (sneldek), golfplaat
		geen marktpotentieel, constructie niet			

geen
marktpotentieel,
constructie niet

BIJLAGE 3 Indeling bouwmethoden

Indeling bouwmethoden volgens Priemus gehanteerd in 'Niet-traditionele woningbouwmethoden in Nederland' SBR, 1971

traditionele stapelbouw	traditionele gietbouw	niet-traditionele stapelbouw	niet-traditionele gietbouw	zware montagebouw	lichte montagebouw
		Muwi Pronto Bakker V.B. Pé-Gé Huco Airey BBB -Z-65	Korrelbeton Bitcon EBO II RBM PBG Lisman Heykamp L Heykamp H EBA-gietbouw Wilma II Breda Sanders ERA	BMB Simplex Rottinghuis Vam Vaneg Coignet-Groep Elementum- Larsen & Nielsen Smit II Schokbeton GBS Bouwvliet	BG

BIJLAGE 4 Inventarisatie PV-systemen voor toepassing bij renovatie in de woningbouw

INVENTARISATIE PV-SYSTEMEN VOOR TOEPASSING BIJ RENOVATIE IN DE WONINGBOUW

nr	produktnaam	omschrijving	vermogen element	aantal module/n kWp	vermogen/m2	type PV	bouwkundige integratie	gewicht	bekabeling/ inverter	leverancier systeem	leverancier PV	info
----	-------------	--------------	------------------	---------------------	-------------	---------	------------------------	---------	----------------------	---------------------	----------------	------

HELLEND DAK

A PV- DAKPAN												
A1.1	Solardakpan Tiefs-XL	keramische dakpan met speciale uitsparingen waarin een kleine PV-module m.b.v. 4 metalen klemmen kan worden vastgeklit. Leverbaar in diverse kleuren pannen	4,55 Watt	220	0,056 kW	monokristallijn	als dakpan door dakdekker. Dakpantype Tiefs (Duits). Mogelijk PV later op pan te monteren		pannen al geprefabriceerd tot strings van nok tot goot. Verbinding tussen de parallelle strings d.m.v. Multi Contact-stekker	Gebr. Laumans GmbH - Brüggem-Bracht Importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	www. laumans.de
A1.2	Solardakpan Tiefs-XL	keramische dakpan met speciale uitsparingen waarin een kleine PV-module m.b.v. 4 metalen klemmen kan worden vastgeklit. Leverbaar in diverse kleuren pannen	3,75 Watt	267	0,045 kW	polykristallijn	als dakpan door dakdekker. Dakpantype Tiefs (Duits). Mogelijk PV later op pan te monteren		pannen al geprefabriceerd tot strings van nok tot goot. Verbinding tussen de parallelle strings d.m.v. Multi Contact-stekker	Gebr. Laumans GmbH - Brüggem-Bracht Importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	www. laumans.de
A2.1	Solardakpan Type Rheinland	keramische dakpan met speciale uitsparingen waarin een kleine PV-module m.b.v. 4 metalen klemmen kan worden vastgeklit. Leverbaar in diverse kleuren pannen (o.a. terracotta, zwart, grijs en blauw geglaazuurd)	4,65 Wp	215	0,0625 kW	monokristallijn	als dakpan door dakdekker. Dakpantype Rheinland (Duits). Mogelijk PV later op pan te monteren		pannen al geprefabriceerd tot strings van nok tot goot. Verbinding tussen de parallelle strings d.m.v. Multi Contact-stekker	Gebr. Laumans GmbH - Brüggem-Bracht Importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	www. laumans.de
A2.2	Solardakpan Type Rheinland	keramische dakpan met speciale uitsparingen waarin een kleine PV-module m.b.v. 4 metalen klemmen kan worden vastgeklit. Leverbaar in diverse kleuren pannen (o.a. terracotta, zwart, grijs en blauw geglaazuurd)	4,03 Wp	248	0,053 kW	polykristallijn	als dakpan door dakdekker. Dakpantype Rheinland (Duits). Mogelijk PV later op pan te monteren		pannen al geprefabriceerd tot strings van nok tot goot. Verbinding tussen de parallelle strings d.m.v. Multi Contact-stekker	Gebr. Laumans GmbH - Brüggem-Bracht Importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	www. laumans.de
A3	bmc - Sunclay + Sunenergy	keramische dakpan met speciale uitsparingen (sunclay) waarin een kleine PV-module (sunenergy) m.b.v. 4 metalen klemmen kan worden vastgeklit. Leverbaar in twee kleuren pannen (terracotta en blauw geglaazuurd)	4,088 Watt	250	0,06 kW	polykristallijn - monokristallijn ook mogelijk, andere opbrengst	als dakpan door dakdekker. Dakpantype Rheinland/Reform (Duits). Mogelijk PV later op pan te monteren. Leverbaar met nok-, hoek- en onderpannen (zonder PV). Zwakke ventilatie onder de dakpannen.		Dakpannen in fabriek verbonden tot strings van 8, 16 of 32 modules/pannen	bmc Solar Industries GmbH, importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	
A4	bmc - Sunconcrete									bmc Solar Industries GmbH, importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	
A5	bmc - Sunflat	kunstharz gebonden betonnen frame waarin PV-folien vastgeklemd wordt. De betonnen frames kunnen dakpansgewijs op het dak aangebracht worden. Leverbaar in twee kleuren (blauw en zwart)	8,59 Wp	120	0,08 kWp	polykristallijn - monokristallijn ook mogelijk, andere opbrengst	als dakpan. Maatvoering komt overeen met 'Tegalit' daktegels van Braas. Tegelt-egel en Sunflat inwisselbaar, waardoor PV-systeem uitbreidbaar is.			bmc Solar Industries GmbH, importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	
A6	Sanyo Amorton Dakpan	amorf silicium cell (film) aangebracht op een dakpan (golvend)	2,7 Watt	370	0,029 kW	amorf	als dakpan door dakdekker. Type pan: traditionele Japanse verglaasde dakpan		waterproof loden bekabeling naar elke cel/pan. gekoppeld aan accu	Sanyo - Osaka Japan / Asahi Glass Co. Ltd.	Sanyo - Osaka Japan	www. laumans.de

B PV- DAKLEI/SHINGLE												
B1.1	Atlantis-Sunslates	Eternit vezelcementplaat met daarop een PV-laminaal van glas-vezelcement en aluminiumfolie	12 Wp	83	0,1 Wp	monokristallijn/ polykristallijn ook mogelijk	als daklei door dakdekker; combinatie met hoek-dummies mogelijk. Ook geschikt als gevelbekleding		Koppeling mini-modulen tot strings op het dak d.m.v. Atlantis-stekker met klemvergrendeling	Atlantis Solar Systeme AG - Bern	Atlantis Solar Systeme AG - Bern	www.atlantisenergy. com
B1.2	Atlantis-Sunslates	Eternit vezelcementplaat met daarop een PV-laminaal van glas-vezelcement en aluminiumfolie	4,5 - 9 Wp	111 - 222	0,037 - 0,074 kWp	amorf	als daklei door dakdekker; combinatie met hoek-dummies mogelijk. Ook geschikt als gevelbekleding		Koppeling mini-modulen tot strings op het dak d.m.v. Atlantis-stekker met klemvergrendeling	Atlantis Solar Systeme AG - Bern	Atlantis Solar Systeme AG - Bern	www.atlantisenergy. com
B2	Magog-Sunslates	daklei (leisteën) met daarop een PV-laminaal	8 Watt	127	0,11 kW	monokristallijn	als daklei		Koppeling mini-modulen tot strings op het dak d.m.v. Atlantis-stekker met klemvergrendeling	Schiefergruben Magog GmbH - Schmallingenberg	Atlantis Solar Systeme AG - Bern	www.magog.de

B3	Solar Shingle SHR 17	bitumen shingle met amorf silicium	17 Watt	59	0,059 kW	amorf	als bitumineuze shingle		Koppeling mini-modulen tot strings op het dak. Aanbrengen bekabeling/verbinden modulen bewerkelijk en gevaarlijker vanwege onbreken slekkers	United Solar Systems Corp. USA. Importeur DE: Eurosun Solartechnik AG - Berlin	United Solar Systems Corp. USA	www.eurosun- solar.de
B4	Isofoton Solar Tile	ruitvormige keramische daklei waarop 9 PV- cellen zijn aangebracht	12 Watt	83	0,083 kW	monokristallijn	als daklei bevestigd op houten regels/panlatten, ruitpatroon			Isofoton - Madrid	Isofoton - Madrid	
B5.1	bmc - Sunslate 60/30	daklei van gehard glas waarin PV-module geïntegreerd is. Glasplaat is leverbaar in twee kleuren (blauw en zwart)				polykristallijn - monokristallijn ook mogelijk, andere opbrengst	als daklei. Kan worden vermaged of geschroefd op houten regels, panlatten. Ook geschikt als gevelbekleding			bmc Solar Industries GmbH, importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	
B5.2	bmc - Sunslate 40/20	daklei van gehard glas waarin PV-module geïntegreerd is. Glasplaat is leverbaar in twee kleuren (blauw en zwart)				polykristallijn - monokristallijn ook mogelijk, andere opbrengst	als daklei. Kan worden vermaged of geschroefd op houten regels, panlatten. Ook geschikt als gevelbekleding			bmc Solar Industries GmbH, importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	
B5.3	bmc - Sunslate 30/20	daklei van gehard glas waarin PV-module geïntegreerd is. Glasplaat is leverbaar in twee kleuren (blauw en zwart)	4,32 Wp	234	0,10 kWp	polykristallijn - monokristallijn ook mogelijk, andere opbrengst	als daklei. Kan worden vermaged of geschroefd op houten regels, panlatten. Ook geschikt als gevelbekleding			bmc Solar Industries GmbH, importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	
B6	bmc - Sunzenge 200	ruitvormige zinken daklei waarop kleine PV- module is aangebracht	2,60 Wp	400	0,082 kWp	polykristallijn - monokristallijn ook mogelijk, andere opbrengst	als daklei. Kan worden vermaged of geschroefd op houten regels, panlatten. Ook geschikt als gevelbekleding. Combinatie mogelijk met o.a. RheinZink model 250			bmc Solar Industries GmbH, importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	
B7	SunZinc	NedZink shingles in geruit een ronde vorm waarop PV is aangebracht					product in ontwikkeling			NedZink GmbH - Essen	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	

C PV- DAKPANELEMENT												
C1	Müritz-Solar	element bestaande uit drie verlijnde Müritzer keramische dakpannen waarop een PV module is aangebracht	30 Watt	33	0,11 kW	polykristallijn	als dakpan in combinatie met Müritzer dakpannen, snelle montage		koppeling modules tot strings op het dak d m v. niet-omkeerbare steekverbindingen (Multi Kontakt-Stecker CH)	Heisterholz Ernst rauch GmbH - Minden	ASE	www.heisterholz.de
C2	Newlec-Solardakpan	kunststof dakpaneel met frame van UV-bestendig acrylglas (PMMA) waarin glas-kunststof PV-laminaat is gemonteerd	36 Watt	28	0,1 kW	polykristallijn	als dakpan door dakdekker. Te combineren met alle typen dakpannen, maatverschillen op te nemen in evt. metalen randafwerking		koppeling modules tot strings op het dak d m v. niet-omkeerbare steekverbindingen (Multi Kontakt-Stecker CH)	PhöniX SonnenStrom AG Sulzemoos DE	Isoteton - ES	www.SonnenStromAG.de
C3	Solarwatt-Modul M30 - 18 GEG K	Element van gerecycled polycarbonaat met afmetingen gelijk aan 6 Duitse 'Beverlaart'-dakpannen waarop PV-module is aangebracht. Leverbaar in diverse kleuren en transparant	30,0 Wp/ 30,4 Wp*	33	0,11 kW	monokristallijn/ polykristallijn*	als dakpan in combinatie met keramische dakleien (afgeronde onderzijde) (=Duitse Biberschwanziegel)		koppeling modules tot strings op het dak d m v. niet-omkeerbare steekverbindingen (Multi Kontakt-Stecker CH)	Solarwatt Solar-Systeme GmbH - Dresden DE	Solarwatt Solar-Systeme GmbH - Dresden DE	www.solarwatt.de
C4	Terra Piatla-Solar	Kunststof element (Luran-S) waarop GSS-Solarmodule is aangebracht met afmetingen gelijk aan 6 Terra Piatla dakpannen	50 Watt	20	0,1 kW	polykristallijn	als dakpan in combinatie met vlakke dakpan Terra Piatla (Pfleiderer)		koppeling modules tot strings op het dak d m v. niet-omkeerbare steekverbindingen (Multi Kontakt-Stecker CH)	Dachziegelwerke Pfeleiderer GmbH - Winnenden	ErSol Solarstrom GmbH & Co KG - Erturt DE	www.pfleiderer-dach.de
C5	RBB PV 700/Braas/Redland	Kunststof cassettes (polycarbonaat) met RVS beugels, waarop zonnepaneel STR 35 is gemonteerd; zonnepaneel leverbaar in 4 kleuren. Zonnepaneel heeft afmetingen van 4 dakpannen	35 watt	30	0,083 kW	polykristallijn	In combinatie met 5 typen dakpannen Stonewold, Cisar, Neroma en snekdek te integreren (fabr. RBB); vlakke pan Braas/Redland-pannen te combineren met 'Duitse' en 'Engelse' pannen		DC bekabeling. Koppeling modules tot strings op het dak d m v. niet-omkeerbare steekverbindingen (Multi Kontakt-Stecker CH)	RBB - Montfoort NL Braas Dachsysteme GmbH - Oberursel DE	Shell Solar	www.rbb.nl www.braas.de
C6	Solar Skient	Kunststof element met afmetingen gelijk aan 16 leien waarop PV-modules zijn aangebracht	55 watt	18	ca. 0,1 kW*	polykristallijn	In combinatie met Rathschek leisteen		koppeling modules tot strings op het dak d m v. niet-omkeerbare steekverbindingen (Multi Kontakt-Stecker CH)	Redland Roofing Systems - Surrey UK Rathschek Schiefer - Mayen		www.rathschek.de
C7	Sesol Solardachstein	Kunststofs gebonden betonnen element met afmetingen gelijk aan 4 dakpannen, waarop een PV module is gemonteerd	42 Watt	24	0,11 kW		In combinatie met 2 typen in Duitsland veel gebruikte Frankfurter Pannen		koppeling modules tot strings op het dak d m v. niet-omkeerbare steekverbindingen (Multi Kontakt-Stecker CH)	Sesol Gesellschaft für solare Systeme mbH - Langewiesen	GSS-module	
C8	PV-Different	Elementen bestaande uit 9 aan elkaar gemonteerde dakpannen van gerecycled kunststof (Euro-dakpan) waarop gebogen amorf silicium zonnecellen zijn aangebracht	64 Watt			amorf	als dakpan in combinatie met betonpannen			Innosolar - Zutphen - NL	uit USA	
C9	Solint	Solar Roof Integration Frame; aluminium extrusieprofielen waarmee PV laminaten dakpangewijs over elkaar gelegd kunnen worden					Aluminium-profielen voor horizontale en verticale aansluiting tussen PV-panelen, zodat panelen dakpangewijs over elkaar gelegd kunnen worden. PV als waterkering. Leverbaar in elke gewenste afmeting tussen 500 - 2000 mm		variabel (afhankelijk van toegepaste PV-systeem)		diverse PV leveranciers mogelijk	
C10	Suntile	Vergelijk met RBB systeem										

* waarde afhankelijk van dakhelling

D PV- DAKELEMENT												
D1 1	Thyssen Solartec, Type H	dakelementen van staalplaat waarop amorf silicium module geïntegreerd is	28 Watt	36	0,05 kW	amorf	staalplaten type H (horizontaal) worden dakpansgewijs over elkaar gelegd, Randafwerking/combinatie met Thyssen dakplaten		koppeling op het dak d.m.v. niet-omkeerbare steekverbindingen (Multi Contact-Stecker CH)	Thyssen Bausysteme GmbH - Dinslaken	United Solar - USA	www.thyssen-solartec.de
D1 2	Thyssen Solartec, Type L en T	dakelementen van staalplaat waarop amorf silicium module geïntegreerd is	32, 64 of 128 Watt	16 (L)	0,045 kW (L)	amorf	staalplaten type L (verticaal) met lengte van nok tot goot met horizontale overlap, Randafwerking/combinatie met Thyssen dakplaten		koppeling op het dak d.m.v. niet-omkeerbare steekverbindingen (Multi Contact-Stecker CH)	Thyssen Bausysteme GmbH - Dinslaken	United Solar - USA	www.thyssen-solartec.de
D2	VELUX dakelement	elementen met PV vastgekleefd op frames die tussen de dakpannen geplaatst kunnen worden								VELUX		
D3	ATAG Blue Sun	element bestaande uit RVS-frame waarin een zonnecollector en 4 PV panelen geplaatst kunnen worden (uitbreidbaar)				polykristallijn	als zonnecollector tussen pannen te plaatsen op dakbeschoot			ATAG - Lichtenvoorde	Siork	www.atagheating.nl
D4	SoloSun	kunststof frame waarop PV-paneel gemonteerd is, inverter geïntegreerd				polykristallijn	element te plaatsen tussen de pannen teruglopende meter, geschikt voor particuliere markt			Ubbink		
D5	Ecolys Hellend Dak Element	recycled chloorvrij kunststof element met geïntegreerd aluminium dragers waarop PV panelen gemonteerd kunnen worden	variabel	variabel	variabel	diverse	als waterdichte dakbedekking te plaatsen door dakdekker (op pannaal) tussen of ipv dakpannen. Combinatie mogelijk met dakpan, collector, PV-paneel vanwege modulaire opbouw element. Licht gewicht. Mogelijkheid PV later (in het bouwproces) aan te brengen		variabel (afhankelijk van toegepaste PV-systeem). Systeem is wel zeer geschikt voor toepassing van AC PV-modules	Ecolys	diverse PV leveranciers mogelijk	

E PV- ELEMENT OP DAK												
E1	Creasol	PV element dat los boven de dakpannen gemonteerd wordt					In combinatie met Creaton dakpannen montage later mogelijk			Creaton - Wertingen	Solon AG	
E2	Solo	PV element dat los boven de dakpannen gemonteerd wordt								Solon AG	Solon AG	
E3	Schlet - Top Montage systeem	PV-modules worden gemonteerd op RVS/aluminium onderconstructie die los boven de dakpannen gemonteerd wordt								Donauer Solartechnik - München	Donauer Solartechnik - München	
E4	RBB PV 1800	PV-paneel SRT 90 dat los boven de dakpannen gemonteerd wordt. De panelen worden door middel van module dragers op metalen dakpannen gemonteerd. PV -laminaat bevat gehard glas	90 Watt	1.1	0,1 kW	polykristallijn?	Per module 2 dakpannen vervangen. Montage verder boven bestaande dakpannen			RBB - Montfoort NL	Shell Solar ?	www.rbb.nl
										Braas Dachsysteme GmbH - Oberursel DE		www.braas.de
										Redland Roofing Systems - Surrey UK		
E5	UniSole	Aluminium profielen op een waterdichte folie waarop PV panelen gemonteerd kunnen worden. UniSole ook prefab leverbaar op Unidek dakdoos.	variabel				Montage tussen dakpannen of andere waterkering of als afdekking gehele dak, variabel in afmetingen			Unidek / Ecolys	diverse PV leveranciers mogelijk	
E6	Isototon	PV paneel(en) met aluminium rand gemonteerd boven dakpannen (op frame?)	5 - 159 Watt	7 - 200	0,117 kW	monokristallijn				Isototon - Madrid	Isototon - Madrid	

PV- ELEMENT OP DAK												
F1	Solbac	Vezelcement console voor standaard module (met frame of frameeloos)	50 - 150 Wp	7 tot 20		variabel	Lichtgewicht element wordt los op de dakbedekking geplaatst. Dakgrind als ballast			Eternit AG, Niederurnen DE, importeur: SOLSTIS, Genève CH		
F2	Solfrel	Betonelementen waarop PV-module kan worden aangebracht	55 - 120 Wp	8 tot 18		variabel	Betonelementen worden los op de dakbedekking geplaatst. Twee elementen per module. Hellingshoeken 20° en 30°	30 - 33 kg/st 60 - 66 kg/module		Hunziker Baustoffe AG, Schmerikon CH; importeur: SOLSTIS, Genève CH		
F3	bmc Sunstone	schuimbetonlement waarop PV-module kan worden aangebracht	50 Wp	20	0,098 kWp	polykristallijn - monokristallijn ook mogelijk, andere opbrengst	lichtgewicht betonlement kan los geplaatst worden op platte dak zonder fixatie en zonder beschadiging aan dakbedekking	25 kg/st excl PV		bmc Solar Industries GmbH, importeur: Jirumar bv - Tegelen NL	bmc Solar Industries GmbH - Wermelskirchen - DE	
F4	ConSole	gerecycled PE ondersteuningselement	100 Wp	10		variabel	ConSole wordt los op de dakbedekking geplaatst. Lichtgewicht element vullen met grind of betonlegels als ballast, hellinghoek 25°	5 kg/st excl ballast		Econergy International bv - Utrecht NL	Shell Solar Energy of Siemens	www.e-conergy.com
F5	AXYS systeem	Element van gevouwen metalen plaat dat twee rijen PV module ondersteunt (element wordt tussen de rijen PV module geplaatst)	variabel			variabel	Element wordt d.m.v. ballast los op het dak geplaatst op geïntegreerde rubberen legeldrager.			TNO, Delft NL		
F6	Schlet Top	Metalen frame voor montage van standaardmodule	variabel			variabel	Hellinghoek waaronder PV-module geplaatst worden op frame is variabel (op aanvraag leverbaar). Geschikt voor elke type module			Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH, München DE		
F7	Sun Classic	Metalen frame voor montage van standaardmodule op betonnen sokkels	variabel			variabel	Sun Classic wordt los geplaatst op het dak op betonnen sokkels, maar metalen frame kan ook direct op (geschikte) ondergrond geschroefd worden			RegEN Energiesysteme GmbH, Dahlewitz DE, importeur: Techneco, Delft NL	variabel	www.techneco.nl
F8	Schüco montage-systeem	Metalen frame voor montage van Schüco S-300 module; frame afgestemd op Schüco zonnecollectoren in zelfde afmetingen (combinatie collectoren en PV mogelijk)	288 Wp	3,5		polykristallijn	Frame wordt los op het dak geplaatst verzaard met beton elementen 1000x250x80 mm. Hellingshoeken standaard: 32° voor PV en 45° voor collector, andere op aanvraag	element: gewicht onbekend; ballast: 48 kg		Schüco International KG, Bielefeld DE	Schüco International KG, Bielefeld DE	www.schueco.de
F9	Solgreen	Metalen frame voor montage van PV panelen op begroeide daken	variabel			variabel	Element wordt los op het dak geplaatst. Het gewicht van de substraatlaag wordt benut als ballast voor het PV-systeem, hellinghoek 20°			SOLSTIS, Genève CH; importeur: Enecolo AG, Moenchaltorf CH	variabel	www.solarstrom.ch
G PV-ISOLATIE												
G1	Powerguard Roof Tiles (plat)	PV isolatie-tegels die op (bestaande) dakbedekking worden gelegd.	130, 650 en 3200 Wp		0,046 kWp - 0,12 kWp	polykristallijn	PV-isolatieplaten worden los op het dak gelegd volgens het principe van het 'omgekeerde dak'. PV vormt ballastlaag voor isolatie. R-waarde isolatieplaten $\geq 1,0$	22 - 32 kg/m ²		Powerlight Corporation, Crosswicks USA	Powerlight Corporation, Crosswicks USA	www.powerlight.com
G2	Powerguard Roof Tiles (hellend)	PV isolatie-tegels die op (bestaande) dakbedekking worden gelegd.	130, 650 en 3200 Wp		0,046 kWp - 0,12 kWp	polykristallijn	PV-isolatieplaten worden los op het dak gelegd, hellinghoek 20°	22 - 32 kg/m ²		Powerlight Corporation, Crosswicks USA	Powerlight Corporation, Crosswicks USA	www.powerlight.com
H PV-DAKBEDEKKING												
H1	EVALON V-Solar	EVALON witte kunststof dakbanen (EVA-PVC) gelamineerd met UNISOLAR amorf PV	128 Wp	8	0,029 kWp of 0,045 kWp* [vermogen/m ² excl. % onbenutbaar dakopp. (= ca 40%)]	amorf	als dakfolie mechanisch bevestigd (niet verlijmd), geschikt voor vlakke en ronde dakvormen. Toepasbaar op ongeballaste, onbetreedbare daken. Licht gewicht, dus geschikt voor lichte draagconstructies (o.a. staaldaken). Dakhelling $\geq 3^\circ$	4 kg/m ²	DC-bekabeling. Strings bestaan uit 4 - 6 module. Bekabeling steekt uit zijkant dakbaan en wordt t.p.v. kopse aansluiting dakbanen afgedekt door aan elkaar lassen/liemen van de dakbanen. Kabeldoorvoerpunten op-/inverter onderzijde dakconstructie	Alwitra GmbH & Co - Trier - DE; importeur: BST-Group, Terheijden NL	Unisolar	www.alwitra.de www.bstgroup.nl

BIJLAGE 5: Haalbaarheid getoetst in twee case-studies

5.1 Inleiding

In de case-studies is onderzocht welke bouwkundige mogelijkheden er zijn om PV toe te passen bij renovatie van het project. Hierbij vormde het reeds gemaakte renovatieplan uitgangspunt voor de bouwkundige mogelijkheden van PV-integratie. Vervolgens is een selectie gemaakt uit de standaardproducten die op de markt zijn (zie Hoofdstuk 4), die passen bij de bouwkundige integratievoorstellen. Oplossingen van PV-integratie waarvoor geen standaardproduct op de markt is, worden kort toegelicht.

5.2 Case studie I: Hofjes Cristinalaan te Den Haag

5.2.1 Projectgegevens

locatie:	Cristinalaan aan de Cantaloupenburg te Den Haag
aantal:	40 woningen
opdrachtgever:	Stichting Cristinalaan, p/a Kamerbeek Nieboer Den Haag
eigenaar:	individuele eigenaren verenigd in Stichting Cristinalaan
renovatieplan:	Alphaplan bv Bouw Adviesburo Alphen a/d Rijn
coördinatie:	Woningbeheer NV, Den Haag
bouwjaar:	1910
woningtype:	laagbouw, 2-laags
type dak:	plat
constructie:	houten balklaag (zwak geventileerd), geen isolatie, mastiek-dakbedekking, 30 mm grind
bijzonderheden:	rug-aan-rug-woningen hofje is monument

5.2.2 Projectbeschrijving

Het project Cristinalaan is een hofje bestaande uit veertig kleine rug-aan-rugwoningen, gelegen in een gesloten bouwblok. Het hofje is gebouwd in 1910 en is een monument. Het hofje is ontsloten via een poort in de bebouwing langs de Cantaloupenburg. De woningen zijn gesitueerd in drie rijen, waarvan twee rijen daadwerkelijk rug-aan-rug gelegen zijn en een rij tegen de bergingen van de bebouwing aan de rand van het gesloten bouwblok aan de Kerkstraat is gebouwd. De woningen zijn twee lagen hoog en hebben een plat dak. De woningen grenzend aan de achterzijde van de bebouwing aan de Kerkstraat hebben aan de achterzijde een verlaagde goot en een hellend dakdeel, aan de voorzijde is de woning twee lagen hoog met een plat dak.

Het dakpakket bestaat uit een houten balklaag (zwak geventileerd) met houten delen, mastiek dakbedekking en 30 mm grind. Het dak is niet geïsoleerd.

De woningen zijn in eigendom van de Stichting Cristinalaan. Uitgangspunt bij de renovatie is dat de huur laag blijft.

tekeningen van woningen invoegen (plattegrond situatie, woningplattegronden, doorsnede, gevels, enkele foto's)

5.2.3 Renovatieplan

In opdracht van de Stichting Cristinalaan is door Bouwadviesburo Alphplan een inventarisatie gemaakt van de bouwkundige gebreken en is een renovatieplan opgesteld. Met betrekking tot het dak en de installaties bevat het renovatieplan de volgende werkzaamheden:

- slopen van oude mastiek dakbedekking van platte daken
- slopen van bitumineuze shingles op schuine daken
- aanbrengen van voldoende isolatie ($R_c \geq 2.5$)
- aanbrengen nieuwe dakbedekking
- vervangen zinken dakrand ivm verhogen dakrand-hoogte
- vervangen boeiboorden in origineel profiel ivm verhogen dakrand-hoogte
- kunststof hemelwaterafvoeren vervangen door zinken hemelwaterafvoeren in origineel uiterlijk
- reinigen van metselwerk, vervangen voegwerk, voetlood en keramische potten gemetselde schoorstenen

- waar nodig vervangen van schoorstenen (ca. 10 stuks)
- reinigen van kanalen en schoorsteenplaten
- verwijderen afvoeren geisers/kachels in voorgevels
- het aanbrengen van HR-combiketels in de woningen
- het aanbrengen van mechanische ventilatie
- het vervangen van de oude bedrading van de elektrische installatie
- het uitbreiden van de groepenkast en aanbrengen van aardlekschakelaars
- het aanbrengen van straatverlichting

5.2.4 Analyse mogelijkheden en belemmeringen PV-toepassing

Hierna worden de mogelijkheden en belemmeringen voor een PV-systeem in het project op een rij gezet.

architectuur

Het hofje is gebouwd in 1910 en is een monument. Behoud en herstel van het oorspronkelijke beeld vormde een belangrijk uitgangspunt bij renovatie-voorstellen door Alphaplan. Een zichtbare integratie van PV in de woningen is niet passend bij de status van monument. De mogelijkheden voor PV-integratie beperken zich in dit project tot het dak.

De woningen zijn rug-aan-rug gebouwd en hebben slechts één gevel met raamopeningen. In de daken zijn kleine daklichten opgenomen om meer daglicht in de woningen te brengen. Deze daklichten zouden vergroot kunnen worden, gecombineerd met semi-transparante PV-modulen. Door ze boven de trap te situeren kan ook de daglichttoetreding op de begane grond vergroot worden.

oriëntatie en beschaduwing

De hoofdrichting van de bouwblokken heeft een oriëntatie op het ZZO, wat gunstig is voor de plaatsing van een PV-systeem evenwijdig aan de hoofdrichting van de bebouwing. Doordat de woningen een plat dak hebben is de oriëntatie van het dak niet van groot belang. De woningen nrs 1 t/m 14 hebben een gedeeltelijk hellend dak. Dit dak is echter gericht op het NNW en hierdoor ongeschikt voor PV-toepassing

De bebouwing van het gesloten bouwblok waarin het hofje is gelegen is 3 tot 4 lagen hoog. De bebouwing langs de Cantaloupenburg zal met name van het najaar tot het voorjaar 's middags een gedeeltelijke beschaduwning op dak van enkele woningen veroorzaken. Een nadere bezonningsstudie zal moeten uitwijzen hoe groot het effect van deze beschaduwning is op de opbrengst.

Op het platte dak is een groot aantal dakdoorvoeren en schoorstenen aanwezig die plaatselijke beschaduwning op het PV-systeem veroorzaken. Met name de schoorstenen steken ca. 1.5 m uit boven het dakvlak. De doorvoeren t.b.v. zwakke ventilatie van de constructie steken ca. 20 cm boven het dakvlak uit. Deze kunnen tijdens de renovatie verwijderd worden. Naast de bestaande dakdoorvoeren zullen er nog nieuwe dakdoorvoeren geplaatst moeten worden voor afvoer van de mechanische ventilatie. Naar schatting zal in verband met beschaduwning slechts 35% van het dakvlak bruikbaar zijn voor PV-toepassing. Wanneer de schoorstenen alsnog gesloopt zouden worden en vervangen door een gecombineerde dakdoorvoer voor de afvoer van CV en mechanische ventilatie, zou het beschikbare dakvlak voor PV toepassing ca. 85% zijn.

draagconstructie

De woningen hebben een houten draagconstructie. Het is niet duidelijk in hoeverre de bestaande balklaag berekend is op een extra gewicht van een PV-systeem. Daarnaast wordt het dak na de renovatie al extra belast door het toevoegen van isolatie.

elektrisch systeem en bekabeling

Doordat het hier laagbouwoningen in rijen betreft is zowel een collectief systeem als meerdere individuele systemen mogelijk. De keuze voor het elektrisch systeem is afhankelijk van de wijze waarop het PV-systeem gefinancierd zal worden. Wanneer er door de bewoners een bijdrage wordt geleverd in de financiering is de keuze voor individuele systemen met teruglopende meters het meest voor de hand liggend. Wanneer het systeem geheel door derden wordt gefinancierd is een collectief systeem een logische keuze.

Bij de renovatie worden alle elektraleidingen vernieuwd en wordt de groepenkast uitgebreid. Het is relatief eenvoudig om hierbij direct het aanbrengen van de bekabeling en inverter en de eventuele uitbreiding van de meterkast voor het PV-systeem mee te nemen in de uitvoering.

bewoners en financiering

Voor zover bekend staan de huidige bewoners positief tegenover de toepassing van PV op de woningen bij renovatie. De financiële bijdrage door de bewoners voor het PV-systeem kan echter slechts gering zijn. Dit betekent dat er een financieringsconstructie gezocht moet worden, waarbij het PV-systeem niet of slechts gedeeltelijk in eigendom is van de bewoners, maar (voornamelijk) in eigendom van een energiebedrijf. De bewoners stellen hun dak ter beschikking aan het energiebedrijf. De bewoners kunnen naar rato van hun aandeel in het PV-systeem meedelen in de opbrengst ervan. Het beheer is in handen van het energiebedrijf.

omgeving

De woningen in het hofje staan dichtbij de woningen aan de rand van het bouwblok. Er zal bij de uitwerking van het PV-systeem aandacht moeten worden geschonken aan mogelijke problemen door schittering van het PV-systeem naar de omgeving.

5.2.5 Mogelijke systemen voor bouwkundige integratie van PV

Uit overzicht in hoofdstuk 4 komen voor platte daken drie soorten PV-systemen naar voren, nl. PV element op plat dak, PV-isolatie en PV-dakbedekking. In het project Cristinalaan zijn al deze oplossingen in principe mogelijk. In onderstaande tabel zijn de voor- en nadelen van de drie oplossingen op een rij gezet.

Tabel 5.1

Voor- en nadelen verschillende plat daksystemen voor PV-integratie in project Cristinalaan

	PV-element op dak	PV-dakbedekking	PV-isolatie
gering extra gewicht	+/- extra gewicht afhankelijk van systeem variërend van ..kg/m2 - ..kg/m2 extra tov ballastlaag 3 cm	++	++ gewicht isolatie: 19,6 kg/m2, gewicht PV: 22 - 32 kg/m2
geschikt als collectief systeem	+	+	+
geschikt als individueel systeem	+	—	+
passend in renovatieplan	+	+	+ PV ipv ballastlaag
kosten	?	?	?
opbrengst per m2 dakvlak			
geschikt in combinatie met schoorstenen	+	+	—

Uit de tabel blijkt dat de mogelijkheid voor het aanbrengen van extra gewicht op de bestaande constructie en de keuze voor een individueel of een collectief systeem bepalend zijn voor de keuze voor het systeem van PV-integratie.

Uit de gesprekken met de betrokken partijen lijkt de keuze voor meerdere individuele systemen het meest voor de hand liggend.

De mogelijke toevoeging van extra gewicht aan de constructie dient nog nader onderzocht te worden. Gezien het bouwjaar van de woningen mag verondersteld worden dat de constructie minimaal gedimensioneerd is.

maatwerk

PV-integratie in de vorm van daklichten op de woningen is ook een mogelijkheid in dit project. Er zijn hiervoor geen standaardproducten verkrijgbaar. Wel zijn er verschillende leveranciers van

glazen daklichten. In plaats van beglazing kunnen laminaten met PV-modulen in dubbel glas aangebracht worden. Een dergelijke oplossing zal duurder zijn dan de toepassing van PV-isolatie of PV-dakbedekking. Ook zijn hier voor aanpassingen aan de constructie noodzakelijk.

5.3 Case studie II: Ambachtsgaarde, Vrederust, Den Haag

5.3.1 Projectgegevens

locatie:	Ambachtsgaarde en Gaarde in de wijk Vrederust te Den Haag
aantal:	103 woningen
opdrachtgever:	gemeente Den Haag
eigenaar:	individuele eigenaren via meerdere Verenigingen van Eigenaren
renovatieplan:	Woningbeheer NV Den Haag
coördinatie:	Woningbeheer NV Den Haag
bouwjaar:	begin jaren '60
woningtype:	gestapelde bouw, portieketage- en galerijflat met voorzieningen in de plint, 3 woonlagen op winkels
type dak:	plat
constructie:	gewapende BIMS-betonplaten op stalen balken afgedekt met traditionele houten delen op een houten regelwerk (zwak geventileerd) en ruberoid dakbedekking met ingewalste leislag.
bijzonderheden:	project in het kader van stedelijke vernieuwing, revitalisering winkelgebied

5.3.2 Projectbeschrijving

Het project bestaat uit twee complexen van meergezinswoningen gelegen aan de Ambachtsgaarde en Gaarde in de wijk Vrederust. Het complex Gaarde omvat 10 winkel- en horecaruimten en 4 garageruimten in de plint. Daarboven bevinden zich 3 woonlagen met in totaal 36 appartementen. Het complex Ambachtsgaarde is gelegen aan een plein omvat 7 winkel- en horecaruimten in de plint met daarboven 3 woonlagen met in totaal 52 appartementen. Op het plein bevinden zich enkele kiosken. Beide complexen hebben een plat dak. De betonnen dakconstructie bestaat uit gewapende BIMS-betonplaten op stalen balken, INP 140. Over de betonplaten is een houten regelwerk aangebracht (zwak geventileerd) met daarop traditionele houten delen en bitumineuze dakbedekking. Het dak is ongeïsoleerd. De beide complexen omvatten tezamen 8 Verenigingen van Eigenaren en 2 percelen met ongesplitst bezit. De VvE's omvatten gemiddeld 12 appartementsrechten. Binnen de VvE's zijn de appartementen voor drievierde gedeelte in handen van eigenaar/bewoners.

tekeningen van woningen invoegen (plattegrond situatie, woningplattegronden, doorsnede, gevels, detail dakconstructie enkele foto's)

5.3.3 Renovatieplan

In opdracht van de gemeente Den Haag is door Woningbeheer een inventarisatie gemaakt van de bouwtechnische staat van woningen. Aanschrijvingswaardige gebreken zijn vastgelegd in een Bouwkundig Onderhoudsrapport (BOR). Daarnaast is in het kader van de stedelijke vernieuwing in de bestaande particuliere naoorlogse woningvoorraad naast een analyse van de technische aspecten een analyse gemaakt van stedenbouwkundige, sociale en financiële aspecten. Deze aspecten zijn uiteengezet in het rapport 'Naar een naoorlogse integrale aanpak'.

Stedelijke vernieuwing

De winkelconcentratie Ambachtsgaarde maakt al sinds enige tijd een negatieve ontwikkeling door. In het kader van revitalisering van de plaatselijke detailhandel zijn door gemeente en detailhandel voorstellen gedaan om deze negatieve ontwikkeling te keren. Voorgesteld zijn ondermeer: een reconstructie van de openbare ruimte, vergroting van het winkeloppervlak, verandering in en verbetering van de brachering van de winkels. Daarnaast is er in het kader

van de integrale gebiedsgerichte aanpak aandacht voor verbetering van de sociale veiligheid van de woonomgeving en een verbetering van de uitstraling van de woningen en de woonomgeving.

Hiervoor worden volgende maatregelen worden voorgesteld:

- verbeteren esthetische uitstraling complexen en creëren eigen identiteit van de woonomgeving (budget ca. f 1.000,-/woning). Collectieve uitvoering vanwege eenduidigheid straatbeeld
- afsluiten portieken ivm sociale veiligheid
- evt. winkels in de plint omzetten naar woningen of koppelingen tussen winkels en bovenliggende woningen aanbrengen om de toezicht op het plein (met name na winkelsluiting) te verbeteren

Technische verbeteringen

De bouwtechnische staat van de huidige dakconstructie en dakbedekking is goed. In het BOR zijn voor het dak geen werkzaamheden genoemd.

In het kader van de integrale gebiedsgerichte aanpak is extra aandacht besteed aan het verbeteren van bouwfysische problemen en energiebesparing. Van alle woningen en op complexniveau is een Energie Prestatie-Advies gemaakt (EPA, zie bijlage). Het EPA omvat het toepassen van energiezuinige installaties, het inpakken van koudebruggen en het verbeteren van de isolatiewaarden, ondermeer het aanbrengen van dakisolatie. Het complex bevat veel koudebruggen ter plaatse van doorgestorte vloerconstructies. De dakrand heeft echter een houten constructie en levert weinig problemen op.

De volgende werkzaamheden met betrekking tot het dak en de installaties zullen worden uitgevoerd:

- handhaven bestaande constructie en dakbedekking
- aanbrengen van dakisolatie (Rc??) op de bestaande dakbedekking (omgekeerd dak)
- het aanbrengen van HR-combiketels in de woningen als vervanging van geisers en moederhaarden
- stimuleren aanschaf zonneboiler door eigenaren
- stimuleren aanschaf HR-glas

analyse mogelijkheden en belemmeringen PV-toepassing

Hierna worden de mogelijkheden en belemmeringen voor een PV-systeem in het project op een rij gezet.

architectuur

In het kader van de stedelijke vernieuwing wordt een verbetering van de esthetische uitstraling van het project als belangrijk aspect genoemd.

Een zichtbare integratie van PV in de woningen of kiosken zou bij kunnen dragen aan een verbetering van de uitstraling en herkenbaarheid van het complex en de openbare ruimte.

oriëntatie en beschaduwing

De hoofdrichting van het bouwblok aan de Ambachtsgaarde heeft een oriëntatie op het ZO, wat gunstig is voor de plaatsing van een PV-systeem in de gevel. Het betreft hier echter de achterzijde van de woningen, waarvan de gevelpuien reeds gerenoveerd zijn. Tevens heeft deze gevel te maken beschaduwing door het bouwblok gelegen aan de Wantsnijdersgaarde (belemmeringshoek < 16.5°). De pleingevel, waar een zichtbare PV-integratie wenselijk is gericht op het NW en derhalve ongeschikt voor PV-toepassing.

Het project Gaarde heeft dezelfde oriëntatie als de Ambachtsgaarde. Hier is de achtergevel nog niet gerenoveerd, zodat PV-integratie in de gevelpuien een optie zou zijn. Het effect op de verbetering van de openbare ruimte is hiervan echter klein. Daarnaast zal de bebouwing aan de Muldergaarde en Schildersgaarde beschaduwing veroorzaken op deze gevel.

Doordat beide complexen een plat dak hebben is de oriëntatie van het dak niet van groot belang. Door de hoogte van de beide complexen treed bij dakintegratie geen beschaduwing door de omgeving (bomen en bebouwing) op.

Op het platte dak van beide complexen is een groot aantal schoorstenen aanwezig die plaatselijke beschaduwing op het PV-systeem kunnen veroorzaken. Naar schatting zal in verband met beschaduwing slechts 50% van het dakvlak bruikbaar zijn voor PV-toepassing.

draagconstructie

De woningen hebben een draagconstructie bestaande uit stalen liggers (INP 140) met dunne BIMS-betonplaten (dikte ca. 50 mm). Hierover is nog een houten constructie aangebracht bestaande uit houten regels van 50 x 70 mm hoh 500 mm en houten delen, waarin ook de dakrand is uitgevoerd. Het is niet duidelijk in hoeverre de constructie berekend is op een extra belasting door een PV-systeem.

elektrisch systeem en bekabeling

De keuze voor het elektrisch systeem is ook hier afhankelijk van de wijze waarop het PV-systeem gefinancierd zal worden.

Een collectief PV-systeem is voor beide complexen in gestapelde bouw een logische keuze. Het grote aantal VvE's maakt de realisatie van één collectief systeem echter lastig, wanneer het PV in eigendom is van de bewoners. Wanneer het systeem geheel door derden wordt gefinancierd is een collectief systeem wel haalbaar.

Wanneer er door de bewoners een bijdrage wordt geleverd in de financiering kan een collectief systeem gerealiseerd worden met een meter voor teruglevering aan het net. De opbrengst van het PV-systeem kan door het energiebedrijf worden verrekend met de verschillende eigenaren.

bewoners en financiering

Voor zover bekend staan de huidige bewoners niet negatief tegenover de toepassing van PV op de woningen bij renovatie. De financiële bijdrage door de bewoners voor het PV-systeem zal echter slechts zeer gering zijn. Dit betekent dat er een financieringsconstructie gezocht moet worden, waarbij het PV-systeem niet of slechts gedeeltelijk in eigendom is van de bewoners, maar (voornamelijk) in eigendom van een energiebedrijf. De bewoners stellen hun dak ter beschikking aan het energiebedrijf. De bewoners kunnen naar rato van hun aandeel in het PV-systeem meedelen in de opbrengst ervan. Het beheer is in handen van het energiebedrijf.

5.3.4 Mogelijke systemen voor bouwkundige integratie van PV

Van de mogelijke systemen voor platte daken uit het overzicht in hoofdstuk 4 komen voor dit project twee systemen in aanmerking, nl. PV element op plat dak en PV-isolatie. In onderstaande tabel zijn de voor- en nadelen van de beide oplossingen op een rij gezet.

Tabel 5.2

*Voor- en nadelen verschillende plat daksystemen voor PV-integratie in projecten
Ambachtsgaarde en Gaarde*

	PV-element op dak	PV-isolatie
gering extra gewicht	+/- extra gewicht afhankelijk van systeem variërend van ..kg/m2 - ..kg/m2	+
geschikt als collectief systeem	+	+
passend in renovatieplan	+	++
kosten	?	?
opbrengst per m2 dakvlak		
geschikt in combinatie met schoorstenen	+	+

Uit de tabel blijkt dat PV-isolatie het best aansluit bij het renovatieplan. Er is ook een kostenbesparing mogelijk, doordat in de projectkosten al rekening was gehouden met de kosten voor het aanbrengen van dakisolatie.

maatwerk

De pleingevel aan de Ambachtsgaarde is een noordwestgevel. Een glazen dakrand met semi-transparante PV-panelen gericht op het ZO maakt toch een 'zichtbare' toepassing van PV-integratie aan de pleinzijde mogelijk. (zie foto woningen BEAR Amersfoort)
Dit zou gecombineerd kunnen worden met aanpassing van de kiosken en het straatmeubilair (overkappingen) op het plein.

PV-toepassing bij renovatie in de woningbouw



