

HET DAK ALS VIJFDE GEVEL



Auke Visser, Noordelijke Hogeschool Leeuwarden
Marian van As, Van Hall Larenstein
Karin Witteveen, Van Hall Larenstein

Februari 2009

HET DAK ALS VIJFDE GEVEL

Deze afstudeeropdracht komt voort uit een convenant dat gesloten is tussen de gemeente Leeuwarden, de hogescholen, de BAM, DHV en E.R.O.P.

Onder begeleiding van:

B.L. Groenewold, Esha

Mr. S. Bottema, Van Hall Larenstein

Drs. T. van Heuvelen, Van Hall Larenstein

Ir. K.R. Iepema, NHL

Ir. H.W. van Daal, NHL

Uitgevoerd door:

Marian van As, VHL

Auke Visser, NHL

Karin Witteveen, VHL

Februari 2009



Voorwoord

Vanuit het convenant dat gesloten is tussen de gemeente Leeuwarden, de hogescholen die verenigd zijn in de kenniscampus Leeuwarden, DHV, de BAM en E.R.O.P. wordt gestreefd naar samenwerking teneinde de Kenniscampus Leeuwarden duurzaam in te richten. Hierbij is afgesproken dat de partijen middelen en tijd zullen inzetten om studenten op een hoogwaardig niveau te faciliteren en ervaring op te laten doen.

Bovenstaande was voor ons aanleiding om onze afstudeeropdracht te richten op de gebouwde omgeving binnen deze kenniscampus. Het credo van E.R.O.P. : “wij geloven dat daken, dijken en bitumen kunnen bijdragen aan klimaatverbetering” gaf ons als studenten motivatie om in een transdisciplinaire groep onderzoek te doen naar de realisatie van dit credo op het onderdeel “daken”.

De inzet van middelen, tijd en vooral aandacht heeft gestalte gekregen in de afstudeerstage die wij bij Esha gelopen hebben. De openheid en bereidheid om ons te ondersteunen van vele medewerkers heeft ons zeer geholpen. Vooral dhr. Groenewold heeft hieraan bijgedragen. Dankzij deze ondersteuning en die van dhr. Rona en zijn medewerkers van de BAM hebben wij een zeer leerzame periode doorgemaakt. Met als resultaat het voorliggende rapport en de bijbehorende adviezen.

Dat deze manier van kenniscirculatie werkt is tijdens het uitvoeren van de opdracht o.a. bewezen vanuit de contacten en acties die er inmiddels ontstaan zijn met de gemeente Leeuwarden op het gebied van groendaken.

Uiteraard mogen we ook de ondersteuning van de docenten van Van Hall Larenstein en de NHL niet ongenoemd laten. Zij hebben ons vele malen op het rechte pad gehouden!

Samenvatting

Vanuit het convenant dat gesloten is tussen de gemeente Leeuwarden, de hogescholen, E.R.O.P. (Earth Recovery Open Platform), DHV en de BAM is een afstudeeropdracht geformuleerd om de daken op het terrein van de kenniscampus Leeuwarden in te zetten voor oplossing van klimaatproblemen. In het streven naar kenniscirculatie tussen de hogescholen en het MKB (de opdracht van het TCNN project “kenniscirculatie Friesland”) dient deze opdracht tevens om bij alle actoren de bewustwording van deze toepassingen in een zo vroeg mogelijk stadium van de bouw te vergroten.

De voor de opdracht noodzakelijke kennis rond daken is vooral opgedaan door de voorbereidende adviezen die geschreven zijn door de afstudeerders op het gebied van na-isolatie van de Bouhof en de vergelijkende studie tussen PV-elementen (plat) en zonnepanelen (staand). De rapporten die hieruit ontstaan zijn worden als aparte adviezen uitgebracht.

De onderliggende probleemstelling bij deze opdracht is dat actoren in de bouw bij de ontwikkeling en uitvoer van projecten zich niet bewust zijn van de inzet van daken (als deel van de verharding van de omgeving) als bijdrage tot de oplossing van klimaatproblemen, die deels ook door deze verharding van de omgeving zijn ontstaan. Voor deze bewustwording is in de eerste plaats kennis nodig over de mogelijkheden die platte daken bieden om een bijdrage te leveren aan de oplossing van klimaatproblemen.

In dit rapport zijn voor platte bitumineuze daken in stedelijk gebied voor nieuwbouw vier toepassingsmogelijkheden beschreven, namelijk zonnedak, zonthermisch dak, groendak en waterdak.

Gekeken is naar de mogelijkheden en beperkingen in relatie tot de fysieke omgeving, de milieukundige problematiek, de constructie-eisen, het plaatselijk beleid en regelgeving, de kosten en baten en de maatschappelijke waarde. Dit onderzoek is gedaan aan de hand van desk research en kennisuitwisseling met ontwerpers, installateurs, fabrikanten en adviesbureaus.

Aan het eind van elke paragraaf is zo een overzicht ontstaan van de mogelijkheden en onmogelijkheden van elke toepassing, de voor- en nadelen en de milieubijdrage die de betreffende toepassing kan leveren. Hierbij worden ook de kenmerken en kosten en baten gegeven.

kosten-baten-analyse daktoepassingen platte daken						
alles uitgedrukt in €/m ²						
meerkosten t.o.v. standaard dak						
	thermisch	zonnedak liggend	zonnedak staand	groendak extensief	groendak intensief	waterdak
investeringskosten						
meerkosten toepassing	305	296	655	30	60	**
geschatte meerkosten constructie					158	158
totale investerings/meerkosten	305	296	655	30	218	158
baten						
verminderde kosten						
verlenging levensduur						
energie	160*	10	20	1	1	
water						0,5
totale baten	160	10	20	1	1	0,5
kosten onderhoud	0,5	0,5	0,5	0,75	2	0,5
saldo kosten baten	160	9	19	0,25	-1	0
* = saldo extra verbruik elektra minus minder verbruik gas						
** = geen prijsopgave verkregen						

tabel 6 - kosten-baten-analyse daktoepassingen

gegevens daktoepassingen op platte daken						
waarden per m ²						
	thermisch	zonnedak liggend	zonnedak staand	groendak extensief	groendak intensief	waterdak
m ² product t.o.v. m ² dak	10-100%	75%	25%	90%	90%	100%
levensduur	normaal	normaal	normaal	2x	2x	normaal
reductie rioolwater	L/m ²			340	595	300
gebruik water	L/m ²					300
minder CO ₂ -uitstoot:						
direct	kg	283-453	28	56		
RWZI	kg			<1	<1	<1
extra CO ₂ -uitstoot:						
betonconstructie	kg				300	300
saldo CO ₂ -uitstoot	kg	283-453	28	56	<1	-300
fijn stof opname	gram			0,5	0,75	
Nox-opname	gram			0,2	0,3	
geluiddemping		0	0	0	+	+++
beleving/esthetisch		0	-	-	+++	+++
ecologie		0	0	0	+++	++++

tabel 7- niet-financiële gegevens m.b.t. daktoepassingen

Om de bewustwording van actoren te vergroten wordt vervolgens een aantal instrumenten gegeven dat ingezet kan worden om in een zo vroeg mogelijk stadium te komen tot een weloverwogen keuze aan de hand van de criteria die in de eerste hoofdstukken benoemd en uitgewerkt zijn.

Allereerst is er een aantal instrumenten dat aangeleverd wordt door Senter Novem. Deze instrumenten kunnen in diverse stadia van het proces gebruikt worden en zijn vooral gericht op duurzaam bouwen in brede zin.

Bij duurzaam bouwen en het maken van afwegingen en vergelijkingen tussen duurzame toepassing zijn echter alleen kennis van zaken en een financiële kosten/baten-afweging niet toereikend.

Naast een financiële kosten-baten-analyse (hard) moeten ook de “zachte” en maatschappelijke aspecten benoemd en in de beslissing meegenomen worden. Hiervoor wordt een methode gebruikt, de maatschappelijke kosten baten analyse (MKBA), die gebaseerd is op de aspectenleer. Deze aspecten worden gekoppeld aan de criteria die uitgewerkt zijn op het gebied van beleid, wetgeving, omgeving, ontwerp en constructie en gebruik. Vervolgens bepalen de actoren zelf de weegfactoren, eventueel aan de hand van beschikbare software. De verkregen kennis op het gebied van de toepassingen levert de benodigde maatstaven (meetbare kosten, baten, opbrengsten).

Tenslotte wordt een eenvoudig overzicht gegeven van de beslisstappen, zodat ook in bestaande situaties, bijvoorbeeld bij renovatie, inzicht gegeven wordt in de mogelijkheden van daktoepassingen.

In het streven naar verduurzaming van de bebouwde omgeving kunnen zo op diverse niveaus in het beslissingsproces door actoren instrumenten ingezet worden.

De algehele conclusie luidt: omdat een groot deel van het oppervlak van Nederland verhard is en hiervan een aanzienlijk deel uit (platte) daken bestaat is het zinvol om deze verharding in te zetten voor oplossing van klimaatproblemen. De technieken om op deze platte daken door middel van het aanbrengen van thermische daken, zonnepanelen, PV-modules, groendaken, waterdaken of combinaties van deze toepassingen zijn voorhanden. Deze mogelijkheden moet wel in een vroegtijdig stadium ingepast worden in het ontwerp van een project of gebouw. Bewustwording, kennis, gedragsverandering bij alle actoren, toepassing met daarbij de vereiste aanpassing van het gedrag leiden tot verduurzaming van de gebouwde omgeving.

Leeswijzer

Na een inleidend hoofdstuk met de probleemstelling en het doel van het onderzoek (H1) volgen enige begrippen uit de dakenbranche (H2). In hoofdstuk 3 komen vervolgens de toepassing zonnedak, thermisch dak, groendak en waterdak aan de orde. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de beschikbare instrumenten waardoor bij ontwerp van project of gebouw de bewustwording bij de actoren vergroot wordt van de mogelijkheden van de diverse toepassingen.

Hoofdstuk 5 geeft vervolgens de conclusies van dit rapport.

Hoofdstukindeling

1	Projectomschrijving	9
1.1	Aanleiding	9
1.2	Inleiding	9
1.3	Probleemstelling	12
1.4	Doelstelling	12
1.5	Hoofdvraag	12
1.5.1	Deelvragen deel 1:	12
1.5.2	Deelvragen deel 2:	13
1.6	Werkwijze	13
2	Begrippen rond daken	14
2.1	Isolatie	14
2.2	Dakbedekkingsmaterialen	16
2.3	Geen standaard dak	17
3	De alternatieve toepassingen op het dak	19
3.1	Zonnedak	19
3.1.1	Wat is een zonnedak?	19
3.1.2	Investerings, kosten en besparingen	21
3.1.3	Fysieke mogelijkheden en beperkingen in de omgeving	22
3.1.4	Milieukundige mogelijkheden en beperkingen	23
3.1.5	Beleidsmatige mogelijkheden en beperkingen	23
3.1.6	Voorwaarden ontwerp	24
3.1.7	Voorwaarden constructie	24
3.1.8	Voorwaarden uitvoering	25
3.1.9	Voorwaarden gebruik	25
3.2	Zonthermisch dak	26
3.2.1	Wat is een zonthermisch dak	26
3.2.2	Investering, kosten en besparingen	27
3.2.3	Fysieke mogelijkheden en beperkingen in de omgeving	28
3.2.4	Milieukundige mogelijkheden en beperkingen	29
3.2.5	Beleidsmatige mogelijkheden en beperkingen	29
3.2.6	Voorwaarden ontwerp	29
3.2.7	Voorwaarden constructie	30
3.2.8	Voorwaarden uitvoering	30
3.2.9	Voorwaarden gebruik	30
3.2.10	Dubbeldak: thermisch dak met zonnepanelen	30
3.3	Groendak	32
3.3.1	Wat is een groendak?	32
3.3.2	Fysieke mogelijkheden en beperkingen	33
3.3.3	Milieukundige mogelijkheden en beperkingen	33
3.3.4	Beleidsmatige mogelijkheden en beperkingen	38
3.3.5	Voorwaarden ontwerp	39
3.3.6	Voorwaarden constructie	39
3.3.7	Voorwaarden uitvoering	39
3.3.7.1	Uitvoering extensief dak	40
3.3.7.2	Uitvoering intensieve daken	41
3.3.8	Investering, kosten en besparing	42
3.3.9	Voorwaarden gebruik	42
3.3.10	Samenvatting	42
3.3.11	Dubbeldak: groen en zon	44
3.4	Waterdak	46
3.4.1	Wat is een waterdak	46

3.4.2	Investing, kosten en baten	47
3.4.3	Fysieke mogelijkheden en beperkingen in de omgeving.....	48
3.4.4	Milieukundige mogelijkheden en beperkingen	48
3.4.5	Beleidsmatige mogelijkheden en beperkingen.....	50
3.4.6	Voorwaarden ontwerp	50
3.4.7	Voorwaarden constructie.....	50
3.4.8	Voorwaarden uitvoering	50
3.4.9	Voorwaarden gebruik	50
3.5	Samenvatting toepassingen.....	51
4	Uitwerking beoordelingssystematiek	55
4.1	Inleiding	55
4.2	Instrumenten.....	55
4.2.1	Instrumentenpalet duurzaam bouwen	55
4.2.2	MKBA.....	55
4.2.3	Eenvoudige beslisstappen in bestaande situaties	61
5	Conclusies en aanbevelingen.....	66

1 Projectomschrijving

1.1 Aanleiding

De Esha group is initiator van het klimaatplatform E.R.O.P. (Earth Recovery Open Platform). Het doel van E.R.O.P. is de verharding van Nederland in te zetten voor de oplossing van het klimaatprobleem. Hiertoe heeft de organisatie een ambitieprogramma dak- en wegtransitie gelanceerd.

Op de Kenniscampus te Leeuwarden is Esha actief. Samen met de BAM, DHV, de gemeente Leeuwarden en de hogescholen (Van Hall Larenstein, NHL) is een convenant gesloten. Dit convenant behelst de samenwerking in de verduurzaming van de gebouwde omgeving. De hogescholen vullen deze samenwerking in door kenniscirculatie: het laten uitvoeren van (deel)projecten door docenten en studenten.

Naar aanleiding van het afgesloten convenant bij de kenniscampus heeft Esha de volgende opdracht geformuleerd: onderzoek de mogelijkheden met bijbehorende factoren en opbrengsten van duurzame daktoepassingen in het algemeen. Dit om de bewustwording bij alle in het proces betrokken actoren in een vroeg stadium van de ontwikkeling en bouw te vergroten.

1.2 Inleiding

In de stedelijke omgeving speelt een aantal milieuproblemen:

- toenemende verharding van het oppervlak: de neerslag kan niet meer op een natuurlijke manier door de bodem worden opgenomen en veroorzaakt problemen op straat of waterkwaliteitsproblemen door riooloverstorten
- luchtkwaliteit: door fijnstof kunnen wegen niet meer vrij aangelegd en woningen niet meer vrij gebouwd worden, de regelgeving wordt steeds strenger
- geluidsoverlast door toename wegen en verkeer
- door steeds verdergaande verstedelijking neemt de hoeveelheid groen af
- de biodiversiteit neemt af
- hittestress: door de massa en het materiaalgebruik is het stedelijk gebied in de zomer 3 à 4 graden warmer, waardoor gezondheidsproblemen kunnen ontstaan
- toenemend energieverbruik door het toenemend volume aan bebouwing, absoluut en per persoon

Deze problemen zijn het gevolg van:

- het al maar stijgende verbruik van fossiele brandstoffen
- de toenemende bebouwing van het aardoppervlak en
- de toename van het gebruik van vervoermiddelen die geluid en fijnstof veroorzaken.

Door gebruik van fossiele brandstoffen wordt in toenemende mate CO₂ uitgestoten. Fossiele brandstoffen worden o.a. gebruikt voor vervoer, voor verwarming en voor het opwekken van elektriciteit. Onder andere ten gevolge van het verbruik van fossiele brandstoffen vindt er een klimaatsverandering plaats. Daardoor moet rekening worden gehouden met een stijging in temperatuur van ca. 1,5 tot 4 graden Celsius tot het jaar 2100 (bron: IPCC), meer neerslag en intensievere regenbuien.

Door de toenemende bebouwing en verharding van het aardoppervlak kan het regenwater niet meer door de bodem opgenomen worden. Na een intensieve regenbui vindt er eerder oppervlakkige afstroming plaats. Dit veroorzaakt wateroverlast op straat en in extreme

gevallen ook in woningen. Tevens veroorzaakt dit overbelasting van de rioolwaterzuiveringen (RWZI) en de afvoerende watergangen en rivieren.

Aan de andere kant ontstaat in hoger gelegen delen uitdroging. De grondwaterspiegel daalt steeds verder.

Het toenemende gebruik van vervoermiddelen levert in de stad geluids- en fijnstofproblemen op. Geluid en fijnstof zijn regelmatig belemmerende factoren bij de aanleg of verbreding van wegen of bij de nieuwbouw van woningen en bedrijven, omdat niet aan de geldende normen van wet- en regelgeving kan worden voldaan.

Bebouwing draagt bij aan de milieuproblematiek van de stedelijke omgeving. Bebouwing kan ook bijdragen aan een vermindering van de stedelijke milieuproblemen als de eenmaal ontstane verharding van het oppervlak als drager gebruikt wordt voor oplossingen.

In dit onderzoek zullen we ons daarom bezig houden met de inzet van de verharding, specifiek met de inzet van daken. In Nederland ligt namelijk 350 miljoen vierkante meter plat dak en 280 miljoen vierkante meter schuin dak, een aanzienlijk deel van het verhard oppervlak.

Het dak heeft tot vandaag de dag veelal alleen de functie van 'regen, weer en wind buiten houden'. De ruimte op het dak kan ook anders benut worden. De Nederlandse daken bieden een enorme oppervlakte waarop toepassingen kunnen worden aangebracht die een bijdrage leveren aan vermindering van CO₂-uitstoot of andere stedelijke milieuproblemen verminderen (*potentieel beschikbaar oppervlak 350 miljoen m²*).

Het dak kan een bijdrage leveren aan een verduurzaming van de omgeving c.q. samenleving. In het vervolg zullen we dan korthedshalve spreken van een 'duurzaam dak'.

Hiermee ontstaat een geheel andere kijk op het dak. Het wordt daarmee de vijfde gevel en verdient ook evenveel aandacht als de andere gevels (veelal vier).

Toepassingen op het dak, zoals zonnepanelen, groene daken etc. dragen bij aan de oplossing van het stedelijke milieuprobleem. Bij het verlenen van opdrachten aan architecten en bouwondernemingen worden veelal geen bijzondere voorwaarden gesteld aan het dak, de vijfde gevel. Op het moment dat achteraf de toepassingen moeten worden aangebracht betekent dit een beperking van de mogelijkheden of grote uitgaven voor aanpassingen. Bijvoorbeeld achteraf de constructie aanpassen om een zwaardere belasting mogelijk te maken, wordt over het algemeen als niet haalbaar gezien.

De technische mogelijkheden zijn er en een aantal hiervan zullen behandeld worden.

Los van de kennis van de technische mogelijkheden speelt het probleem van bewustwording van de inzet van daken bij actoren om zo een bijdrage te leveren aan duurzaamheid van de bebouwde omgeving.

Als de (toekomstige) eigenaar van een gebouw zich bewust is van de mogelijkheden van het dak kan hij zijn wensen vroegtijdig formuleren en laten inpassen in het ontwerp. De kosten zijn dan relatief lager.

Architecten zullen een nuttig gebruik van de vijfde gevel bij het maken van ontwerpen mee moeten nemen. Bij bouw en renovatie zullen de bouwondernemingen zich ervan bewust moeten zijn dat de vijfde gevel al vroegtijdig volledig meegenomen moet worden in de planning om meerkosten van achteraf aanpassen te voorkomen.

Dit bewustzijn is bij andere actoren op dit gebied, zoals overheden, projectontwikkelaars en eigenaren slechts ten dele aanwezig. Daarnaast is kennis van de details van verschillende toepassingen en de uitwerking die dit heeft op het ontwerp en de constructie ook niet altijd aanwezig.

Met stimulans van de overheid in de richting van ontwikkeling van de vijfde gevel zou een deel van de milieuproblematiek die ontstaat door de bebouwde omgeving kunnen worden opgelost.

1.3 Probleemstelling

Het bovenstaande samenvattend komen we tot de volgende probleemstelling:

Architecten, bouwondernemers, projectontwikkelaars, gemeente en eigenaren van gebouwen (actoren) zijn zich niet bewust van de mogelijke bijdrage van toepassingen op het dak aan vermindering van het klimaatprobleem en welke toepassingen al in de ontwerp-, constructie- of uitvoeringsfase moeten worden opgenomen. Hierdoor worden kansen gemist om bij te dragen aan verbetering van het stedelijk klimaat.

1.4 Doelstelling

Om de bewustwording bij de actoren te vergroten willen wij de factoren en de beoordelingscriteria die van invloed zijn op de keuze voor een 'duurzaam dak' in kaart brengen en een systeem ontwikkelen om een beargumenteerde keuze/afweging te kunnen maken.

1.5 Hoofdvraag

Om de doelstelling te bereiken zijn de volgende hoofdvragen geformuleerd.

Welke kennis m.b.t. duurzame daktoepassingen is beschikbaar? Deel 1, uitgewerkt in hoofdstuk 2 en 3.

Hoe moet deze kennis aangeboden worden in een systeem om de bewustwording m.b.t. het duurzaam dak bij de actoren te vergroten? Deel 2, uitgewerkt in hoofdstuk 4.

Bij de uitwerking van de hoofdvraag zijn er twee deelgebieden. Het eerste richt zich op de toepassingen, omgevingsfactoren en technische randvoorwaarden. Het tweede deel richt zich op de uitwerking van beslissingssysteem.

Bij beide delen is een aantal deelvragen geformuleerd.

1.5.1 Deelvragen deel 1:

1.a. Welke toepassingsmogelijkheden zijn er om het dak in te zetten voor een betere omgevingskwaliteit?

Hierbij zal gezocht worden naar toepassingsmogelijkheden die op platte daken kunnen worden toegepast.

1.b. Uitwerking van onderzoek naar toepassingsmogelijkheden m.b.t. omgeving (omgeving = algemeen en lokaal)

- Welke fysieke mogelijkheden en beperkingen zijn er in de omgeving?
Hieronder vallen zaken rond een locatie die van invloed kunnen zijn op de effectiviteit van toepassingsmogelijkheden (hoogbouw, bomen, schaduw, schittering)
- Welke milieukundige problemen lost de toepassing op en welke beperkingen zijn er?
- Welke beleidsmatige mogelijkheden en beperkingen zijn er in de omgeving?

1.c. Uitwerking van onderzoek naar technische randvoorwaarden voor toepassingsmogelijkheden

- Aan welke voorwaarden moet het ontwerp voldoen om geschikt te zijn voor de gekozen toepassing?
Het gaat hierbij om zaken waar de architect rekening mee moet houden bij het maken van een ontwerp.

- Aan welke voorwaarden moet de constructie voldoen om geschikt te zijn voor de gekozen toepassing?
Het betreft de dragende constructie van een gebouw. Hierbij gaat het om de opdracht die een constructieadviesbureau krijgt van een bouwonderneming.
- Aan welke voorwaarden moet de uitvoering van het gebouw/dak voldoen etc.?
Hierbij gaat het om uitvoering van allerlei details in de uitvoering. Daarbij wordt soms ook het woord constructie (bijv. dakconstructie) gebruikt, maar het betreft niet de dragende constructie.

1.d. Wat zijn de kosten/baten van de toepassingen zoals hierboven beschreven?

1.5.2 Deelvragen deel 2:

2. Welke instrumenten zijn beschikbaar om een beoordeling van de bijdrage aan duurzaamheid mogelijk te maken?

2.a. Hoe kunnen deze instrumenten ingezet worden om in de initiële fase van een project/gebouw het dak op duurzame wijze in te zetten?

2.b. Hoe kan ook bij bestaande bouw op gebouwniveau de besluitvorming voor duurzame toepassing afgewogen worden?

1.6 Werkwijze

Voor het beantwoorden van de hierboven genoemde vragen is gebruik gemaakt van:

- literatuuronderzoek
- interviews met actoren
- onderzoek naar praktijkvoorbeelden

De kennis die hieruit gegenereerd is, is vervolgens gebruikt om een eigen systematiek te ontwikkelen die past bij de probleemstelling.

2 Begrippen rond daken

In dit hoofdstuk wordt uitleg gegeven over begrippen rond daken. Niet alle terminologie wordt even breed uitgelegd. Alleen die zaken die van belang zijn voor het begrijpen van de gepresenteerde daktoepassingen.

Voor de vakmensen uit de bouw, constructie en dakbedekkingsbranche zullen deze begrippen veelal bekend zijn. We hopen dat het voor anderen verhelderend werkt bij het lezen van het verdere rapport.

De uitleg vormt een basis voor de aannames die gedaan moet worden voor een referentiedak. Deze aannames zullen verderop in dit hoofdstuk aan de orde komen.

Het standaard dak –plat of hellend- bestaat niet. Op een aantal hoofdpunten verschillen daken zo veel dat er een bonte mengelmoes aan daken bestaat. Afhankelijk van de branche waarin men werkzaam is worden daken benoemd of getypeerd.

Vanuit de architect en bouwondernemer: naar de dragende constructie van hout, staal of beton.

Vanuit de isolatiebranche: koud dak, warm dak of omgekeerd dak.

Vanuit de dakbedekkingsbranche genoemd naar de toegepaste dakbedekking: bitumen, kunststof, dakpannen, staal en riet.

De begrippen over constructie spreken voor zich. Uitleg over isolatie en dakbedekking volgt hieronder.

Nadat daktoepassingen zijn aangebracht zal de aanduiding van het type dak aan de toepassing refereren. De daktoepassingen worden benoemd en uitgelegd in hoofdstuk 3.

2.1 Isolatie

Oudere gebouwen zijn van oudsher niet geïsoleerd. Door de stijgende gasprijzen is het in bepaalde gevallen economisch rendabel om alsnog isolatie aan te brengen. In de nieuwbouw wordt standaard geïsoleerd. De isolatie kan op verschillende manieren worden aangebracht.

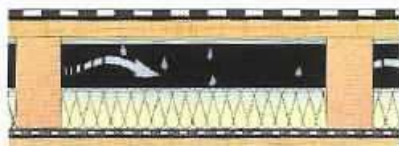
Hierdoor zijn er vier varianten van daken als we de isolatie bekijken:

1. niet geïsoleerd dak (toegepast tot ca. 1980)
2. koud dak
3. warm dak
4. omgekeerd dak

Koud dak

Bij een koud dak is de isolatie aan de binnenzijde van de constructie aangebracht. Onder de isolatie is een dampdichte laag aangebracht om condensatie tussen isolatie en constructie te voorkomen, zodat schimmelvorming en rot geen kans krijgen.

Deze vorm van isolatie wordt niet bij nieuwbouw toegepast, maar is een vorm van na-isolatie.

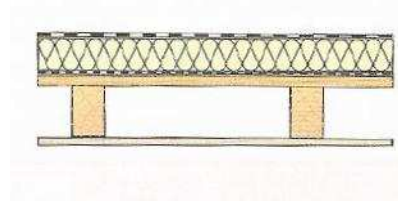


Figuur 1 Koud dak met isolatie aan de onderzijde van de constructie en ventilatie achter de isolatie tegen schimmel en rot (bron www.joostdevree.nl)

Warm dak

Bij een warm dak is de isolatie aan de buitenzijde op de constructie aangebracht. Daar over heen is de waterdichte daklaag aangebracht. Onder de isolatie wordt een dampremmende laag aangebracht om de isolatie vochtvrij te houden, zodat de isolatiewaarde niet wordt aangetast.

Dit is een gebruikelijke isolatiemethode bij nieuwbouw.

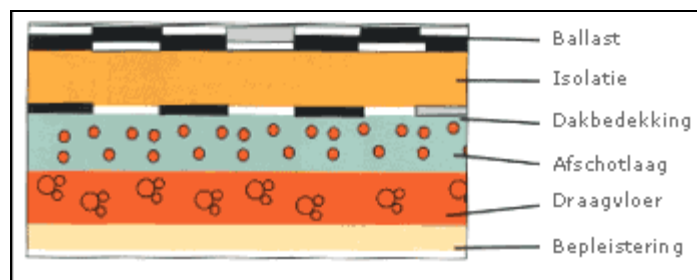


Figuur 2 Warm dak met isolatie aan de bovenzijde van de constructie (bron www.joostdevree.nl)

Omgekeerd dak

Bij een omgekeerd dak ligt de waterkerende laag onder het isolatiemateriaal. Deze constructie dient altijd geballast te worden. Niet alle isolatiematerialen zijn geschikt voor dit soort daken. Het isolatiemateriaal dient zo min mogelijk vocht op te nemen, zodat de isolerende werking behouden blijft. Omgekeerde daken worden toegepast bij dakterrassen of parkeerdaken.

De thermische isolatielaag beschermt de dakvloer en de onderliggende waterkerende laag tegen temperatuurschokken en weersinvloeden. Wel wordt het materiaal blootgesteld aan vocht. Dit kan in combinatie met de temperatuur groei van schadelijke micro-organismen veroorzaken. In een omgekeerd dak is het gebruik van een extra dampscherm overbodig, omdat de waterkerende laag deze taak op zich neemt. Het isolatiemateriaal dient afgedekt te worden met dampopen materiaal (bijv. grind of een groendak) om eventuele waterdamp niet in te sluiten. Bij een groendak moet een wortelwerende laag worden aangebracht. Een omgekeerd dak kan ook worden toegepast als na-isolatie van een ongeïsoleerd dak of een warm dak.



Figuur 3 Opbouw van een omgekeerd dak (bron www.joostdevree.nl)

Er zijn vele soorten isolatiemateriaal:

- XPS (Extruded Poly Styreen), een hard schuim
- EPS (Expanded Poly Styreen), bekende witte piepschuim
- CG (cellulair glas), ook wel foamglas genoemd
- minerale wol, zoals glaswol en steenwol
- isolerende mortel

Zaken die een rol spelen bij de keuze zijn:

- Isolatiewaarde bij gegeven dikte i.v.m. bepalen Rc-waarde (maat voor isolatiewaarde van de schil van een gebouw)

- Gewicht i.v.m. constructie en handling
- Hygroscopische eigenschappen (vochtopname)
- Drukweerstand i.v.m. het betreden van het dak
- Vormvastheid bij temperatuurschommelingen
- Brandklasse (Euro-klasse)
- Prijsklasse
- Akoestische isolatie

De diverse uitvoeringen van isolatie kunnen in combinatie met verschillende constructiematerialen zoals hout, staal of beton worden toegepast.

Afhankelijk van het gebruik van een dak zal een keuze voor isolatiemateriaal worden gemaakt. Zie hoofdstuk 3 voor de daktoepassingen en de daarbij gebruikte of aanbevolen isolatiematerialen.

2.2 Dakbedekkingsmaterialen

Voor de dampremmende en de waterkerende laag zijn vele materialen op de markt, o.a.

- Bitumen
- Kunststof: bijv. EPDM, PVC
- Dakpannen
- Staalprofiel daken

De daktoepassingen uit hoofdstuk 3 worden veelal in combinatie met bitumen en kunststof daken toegepast. Daarom worden deze begrippen toegelicht.

Er zijn wel toepassingen op dakpannen en staalprofiel daken bekend, maar deze worden nog niet algemeen toegepast.

Bitumen is het residu van het distillatieproces van aardolie. Het is een waterdicht product met een groot hechtend vermogen en wordt gebruikt om daken waterdicht te maken. Geblazen bitumen, een verouderd product, is voor duurzame dakbedekking niet geschikt, omdat het UV-licht van de zon de bitumen laag verhardt en verbrokkelt.

Tegenwoordig is er APP-gemodificeerd bitumen. Dit is een plastisch product, dat beter tegen UV-licht bestand is en het leven van een bitumen dak verlengt tot 20 à 30 jaar. SBS-gemodificeerd bitumen, een elastisch product, moet van leislag worden voorzien om UV-bestendig te zijn.

De levensduur van een dakbedekking wordt niet alleen bepaald door de kwaliteit van het product, maar ook door de constructie en het onderhoud.

Ethyleen Propyleen Dieen Monomeer (EPDM) is een synthetisch rubber.

Door de grote elasticiteit en de goede sterkte is EPDM een duurzaam membraan met een levensduur van meer dan 30 jaar. Het heeft een hoge bestendigheid tegen UV-straling, zure regen en extreme weersomstandigheden. Met uitzondering van sommige rietsoorten en bamboe is het bestand tegen worteldoorgroei. Het is zeer geschikt als waterafdichting, bv. bij (platte) daken, groene daken, dakkapellen, dakgoten, waterdichting van funderingen, waterkeringen bij opgaand werk, vijvers enz. Op daken kan EPDM geballast worden toegepast, maar met een speciale contactlijm kan het ook volledig gekleefd worden aangebracht.

Bitumenbalans

Bitumineuze dakbedekking, die geballast of mechanisch bevestigd is, kan gerecycled worden. Door duurzaam ketenbeheer levert deze recycling een bijdrage aan de reductie van CO₂ en energiebesparing in het productieproces. Binnen elke gemeente zou, in vergelijking met de grondbalans, een bitumenbalans opgesteld kunnen worden. Bij renovatie vrijkomend bitumen kan via recycling omgevormd worden tot grondstof voor nieuwe, hoogwaardige

dakbedekking, gemodificeerde bindmiddelen voor wegenbouw en industrie, waterkeringen en andere producten.

Ook verkleefde bitumineuze producten kunnen door middel van een soort fileermethode weer gescheiden worden van andere producten en weer gerecycled worden.

Hiermee wordt tevens toekomstige milieubelasting op de thema's onttrekking, uitputting grondstoffen (aardolie) en afval(verwerking) verminderd.

2.3 Geen standaard dak

Het moge duidelijk zijn dat het standaard dak niet bestaat. Elk dak zal voldoen aan de eisen die de gebruiker stelt voor het gebruik van het pand en het dak. Daarbij zullen voor de constructie, de isolatie en de dakbedekking in elk afzonderlijk geval weer andere keuzes gemaakt worden.

Bij elke keuze is de vraag of daarop daktoepassingen, die we willen vergelijken, eenvoudig of met aanpassingen kunnen worden aangebracht. De keuzes zijn niet eenvoudig onder een noemer te brengen. Een vergelijking in het vervolg van dit rapport wordt vrijwel onmogelijk als er niet een aantal aannames worden gedaan.

Aannames en beperkingen

1. We gaan uit van **platte daken**. Alle toepassingen die we willen vergelijken kunnen op platte daken worden uitgevoerd. Op hellende daken is slechts een deel ervan mogelijk.
2. We gaan uit van **bitumineuze dakbedekking**. Circa 80% van de platte daken is uitgevoerd met bitumen.
3. We gaan uit van **nieuwe daken, die voldoen aan de bouwkundige eisen** die passen bij de functie van het gebouw. Dit houdt o.a. in dat er een hellingshoek is van 1,6° voor de afwatering (NEN 6702) en dat voldaan wordt aan de doorbuigingseis. Tevens gaan we ervan uit dat er dampdichte en dampremmende lagen zijn aangebracht zoals die bij een dak zonder daktoepassing vereist zijn. Ook voldoet het dak aan de eisen voor de permanente belasting van de constructie, de veranderlijke belasting van de neerslag en onderhoud en windbelasting. De toepassing bij oudbouw zal kort separaat worden behandeld.
4. **Nageschakelde systemen** die het water behandelen nadat het van het dak is gekomen, worden niet meegenomen. Afhankelijk van de bodemgesteldheid kan er bijvoorbeeld sprake zijn van afkoppeling. Dit is niet afhankelijk van de daktoepassing en wordt daarom niet meegenomen bij de beoordeling. Directe toepassing van water van een waterdak intern in het gebouw wordt wel behandeld.
5. **Verandering van de waterkwaliteit** van het dak door de toepassing wordt wel meegenomen in de afweging.
6. We gaan ervan uit dat de daken voor onderhoud toegankelijk en **beloopbaar** zijn qua druksterkte van de materialen.
7. We gaan ervan uit dat **dakdoorvoeren, lichtkoepels etc. een optimale vorm en plaats** hebben, zodat de opbrengst van een daktoepassing niet of minimaal beïnvloed wordt.
8. We gaan uit van een **optimale opbrengst** van een dak, zonder rekening te houden met een afwijkende hoek naar de zon of met beperkingen door de omgeving vanwege begroeiing, bewoners of regelgeving. Bij het uitwerken van de varianten en de beslisstappen wordt hier wel nader op ingegaan.
9. Er wordt in het gehele rapport gerekend met de volgende prijzen: (huishoudprijzen)
aardgas € 0,67 per m³
elektriciteit € 0,20 per kWh
water € 1,68 per m³

10. Voor de CO₂-uitstoot wordt gerekend met:
 - 0,566 kg CO₂ per kWh
 - 1,77 kg CO₂ per m³ aardgas
11. Afmetingen dak: waar mogelijk is gewerkt met een **standaard grootte van 500 m²**. Waar informatie (veelal prijzen) niet voor die afmetingen beschikbaar was, is dit in de tekst aangegeven.

Ad 9.

De prijzen van grootverbruikers liggen lager. Daardoor worden de terugverdientijden hoger. Daar staat tegenover dat juist grootverbruikers c.q. bedrijven subsidie kunnen aanvragen. Dit zijn twee tegengestelde effecten, waarvan niet voorspelbaar is hoe zich dit in individuele gevallen uitwerkt. Door uit te gaan van prijzen voor huishoudens wordt niet het meest negatieve scenario geschetst, maar een scenario dat meer in het midden ligt.

Daarnaast wordt bij de informatie over de daktoepassingen ook gerekend met prijzen voor huishoudens.

Bij toepassing van de informatie uit de volgende hoofdstukken door grootverbruikers en bedrijven zal hiermee rekening gehouden moeten worden.

3 De alternatieve toepassingen op het dak

Er zijn vele toepassingen op het dak mogelijk om een bijdrage te leveren aan klimaatsverandering in stedelijk gebied. Elke toepassing heeft zijn eigen plus- en minpunten.

Doordat geen informatie kon worden gevonden voor een mogelijk vergelijking, is de variant NO_x-dak afgefallen. Daarmee is niet gezegd dat dit geen bijdrage levert aan de oplossing van een NO_x-probleem, maar dat er niet voldoende openbare gegevens zijn om een vergelijking mogelijk te maken.

Er zijn diverse uitvoeringen mogelijk van NO_x-afvangende producten. De werkzame laag die titaandioxide bevat wordt op dakbedekking, op dakpannen en zelfs op straatklinkers aangebracht.

In specifieke situaties waar sprake is van een fijnstof probleem kan deze toepassing een waardevolle bijdrage leveren. Te denken valt aan locaties langs snelwegen waar niet meer gebouwd kan worden vanwege fijnstof-problematiek of aan luchthavens die geconfronteerd worden met normeringen rond hun terreinen.

Van diverse andere daken is wel voldoende informatie beschikbaar om een vergelijk mogelijk te maken. Van de zonnepanelen zijn twee varianten bekeken: staande en liggende.

Een ander dak dat ook resulteert in verminderd energieverbruik is het zonthermisch dak.

Daarnaast is gekeken naar twee soorten daken die wateropvang en -retentie realiseren: het groendak en het waterdak.

Er is voor gekozen om daken met toepassingen die gebruik maken van windenergie buiten beschouwing te laten. Grote windmolens (turbines) worden in stedelijk gebied niet toegepast.

Kleine windmolens leveren vaak een minimale bijdrage aan de totale energiebehoefte.

Daarbij komt dat in stedelijk gebied de opbrengst moeilijk van te voren te voorspellen is.

In de volgende paragrafen komen achtereenvolgens aan bod:

- Zonnedak
- Zonthermisch dak
- Groendak
- Waterdak

3.1 Zonnedak

In onderstaande paragraaf wordt de definitie van het zonnedak nader toegelicht.

Er zijn verschillende types zonnepanelen op de markt, liggende, vaak geplakte exemplaren en de schuine varianten, die door middel van een frame onder de juiste hoek op het dak worden bevestigd. Hiervoor genoemde verschillen worden middels voorbeelden toegelicht en omschreven.

3.1.1 Wat is een zonnedak?

Een zonnedak kenmerkt zich aan het produceren van elektrische energie op duurzame wijze. Dit wordt gedaan door in de panelen stralingsenergie om te zetten in elektriciteit.

Door de panelen op een vlak dak te plaatsen wordt er een dak gecreëerd die de naam zonnedak mag dragen. Dit type dak mag niet verward worden met zonnecollectoren of zonneboilersystemen. Deze systemen, berusten op andere principes en halen met andere technieken energie uit de zon, namelijk opwarming door middel van een stromend medium, meestal water.

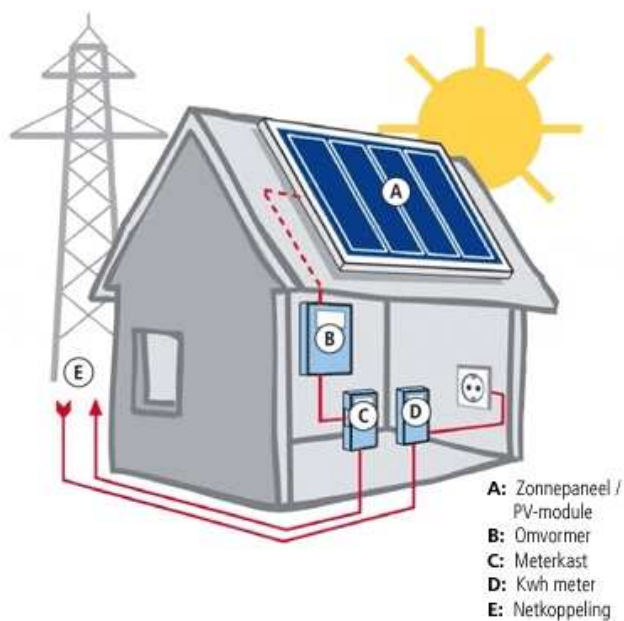


Fig. 3.1.1 Schematische weergave zonnedak

Er zijn twee verschillende soorten zonnepanelen leverbaar: schuine en liggende. Beide hebben een verschillende aanpak van montage en gebruik.

De liggende elementen, die rechtstreeks op het dakvlak worden verkleefd (lijmen), zijn in tegenstelling tot de schuine variant vele malen lichter door het ontbreken van een dragerconstructie. Daardoor kan gerekend worden met een lagere daklast.

In het hoofdstuk zonnedak is gerekend met cijfers vanuit het adviesrapport: Zonnepanelen, nieuwbouw Noordelijke Hogeschool Leeuwarden.

In dit rapport is gerekend met twee typen panelen van twee aanbieders, namelijk: E.R.O.P. met de liggende panelen van Unisolar en Sun-Factory met de schuine panelen van Mastervolt. De prijzen en opbrengsten zijn gebaseerd op een dak van 500 vierkante meter.

Kenmerken liggende variant:

- Daklast, relatief laag, (4 kg/m²)
- Opbrengst (61,8 Wp/m²)
- Prijs € 296,- per m²
- Bevestiging, d.m.v. koud verkleven (lijmen)
- Weinig onderhoud
- Lage investeringskosten
- Esthetisch verantwoord, door integratie in dak



Kenmerken schuine variant:

- Daklast, (100 kg/m²)
- Hogere opbrengst (131 Wp/m²)
- Prijs € 655,- per m²
- Bevestiging, op aluminium frame, gebalast
- Maakt gebruik van duurzame energie zichtbaar
- Bij demontage systeem grotendeels recyclebaar



Zodra esthetische belangen in de desbetreffende gemeente van belang zijn is de keuze voor de liggende variant een goede optie. Door de integratie, meteen op het (bitumineus) dak, is een vrijwel onzichtbaar duurzaam dak voor de omgeving mogelijk.

Een zonnedak maakt gebruik van zonnepanelen, maar wat houdt dat precies in?

Zonnepaneel

Een zonnepaneel is een paneel dat stralingsenergie van de zon omzet in elektriciteit. Hiertoe wordt een groot aantal fotovoltaïsche cellen op een paneel gemonteerd.

Door de cellen onderling aan elkaar te koppelen ontstaat er een elektronenstroom. Deze elektronenstroom kan toegevoerd worden aan bestaand of individueel elektriciteitsnet.

Werking

Zonnepanelen zijn in vele gevallen gemaakt van silicium. Het silicium bestaat uit twee lagen. Door instraling van zonlicht gaat er tussen de twee lagen een elektrische stroom lopen.

Het zonnepaneel, ook wel PV-paneel genaamd, dankt zijn naam aan de woorden photo en voltaïsch. Het rendement van gangbare zonnecellen ligt tussen ca. 5 en 15%.

Zonnepanelen benutten zonlicht of daglicht, waarbij door de absorptie van fotonen in de cellen een spanning ontstaat die wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken. De fotovoltaïsch opgewekte stroom kan aan het lichtnet geleverd worden of in accu's opgeslagen worden.

Koppeling aan het elektriciteitsnet

Sommige zonnepanelen worden via een inverter aan het elektriciteitsnet gekoppeld, andere slaan overtollige energie op in een accu. Voor de tweede mogelijkheid wordt vooral gekozen op plekken waar het elektriciteitsnet ontbreekt of een aansluiting te duur is. Systemen die aan het elektriciteitsnet zijn gekoppeld sluisen de energie die niet wordt gebruikt door naar het energiebedrijf. In dat geval loopt de elektriciteitsmeter terug zolang in pandig minder elektriciteit wordt gebruikt dan het zonnepaneel levert.

Zonnepanelen hebben een langere terugverdientijd. Door subsidieregelingen van het rijk of andere tegemoetkomingen wordt de investering in zonne-energie bevorderd en aantrekkelijker op een korter termijn.

Van de wereldwijde energiebehoefte wordt slechts een zeer klein deel opgewekt met zonnepanelen. In het buitenland staan enkele grote zonnepaneelinstallaties. Door het grote aantal zonuren daar werken deze effectiever.

3.1.2 Investeringskosten, kosten en besparingen

Financiële investering

Bij liggende panelen bedraagt het aantal vierkante meter module t.o.v. van het dakoppervlak ca. 75%. Bij staande panelen is dit ca. 25%. Let wel dit is alleen bij platte daken. Dit wordt veroorzaakt door de schaduwwerking van de staande panelen. (bron: Infoblad 308, SBR)

De investeringskosten verschillen tussen liggende en schuine zonnepanelen. De onderstaande gegevens zijn mede gebaseerd op het Adviesrapport: Zonnepanelen nieuwbouw NHL 2008 (Bron 1).

De investering per vierkante meter zonnepaneel is:

Liggende panelen ≈ 296,- €/m²

Schuine panelen ≈ 655,- €/m²

Financiële besparing, terugverdientijd

De totale jaarlijkse financiële opbrengst en daarmee de terugverdientijd, is gerelateerd aan de energieprijzen.

De te verwachten jaarlijkse procentuele stijging van de energieprijs van ca. 3,5% is hierbij niet meegenomen. Met de jaarlijkse energiestijging van drieëneenhalf procent zou de energieprijs na twintig jaar verdubbeld zijn.

Door de elektrische energie in het gebouw direct optimaal te benutten, ontstaat een grotere financiële besparing dan wanneer het wordt teruggeleverd aan het net voor een lager uitvallende kilowattuur prijs.

Voor een optimale opbrengst zullen de panelen een maal per jaar gereinigd moeten worden. De kosten bedragen € 0,50 per vierkante meter.

Door de investering te koppelen aan de jaarlijkse opbrengst ontstaat er een terugverdientijd. De terugverdientijd geeft het aantal jaren weer, totdat de investering is terugverdiend, door middel van de financiële opbrengst, van een systeem.

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de twee verschillende typen panelen genoteerd evenals de daaruit gekomen terugverdientijden.

In deze vergelijking is gerekend met de aangenomen energieprijzen van 0,20 cent per kWh.

De jaarlijkse opbrengst per vierkante meter is:

Liggende panelen	49,5 kWh / m ²	≈	€ 9,90 / m ²
Schuine panelen	98,7 kWh / m ²	≈	€19,74 / m ²

De terugverdientijden zijn dan:

Liggende panelen	31 jaar
Schuine panelen	34 jaar

3.1.3 Fysieke mogelijkheden en beperkingen in de omgeving

Een zonnepaneel functioneert het efficiëntst als er een juiste invalshoek wordt gekozen en geen tot geringe schaduwwerking optreedt van omgevingsfactoren. Zo kan bijvoorbeeld een hoge dakrand om het dakvlak invloed hebben op de uiteindelijke opbrengst. Bomen en flats die in de omgeving van het gebouw staan kunnen eveneens invloed uitoefenen op de werking en effectiviteit van de panelen. De schoonmaak- en onderhoudskosten zullen met naastgelegen hoge bomen jaarlijks hoger uitvallen. Dit komt omdat bladeren en lovers de schaduwwerking bevorderen en de temperatuur in de panelen doet toenemen waardoor de opbrengst wordt verminderd.

Schuine panelen, inpassing in omgeving

Om het geheel esthetisch gezien mooi te verwerken in de dakgevel worden de panelen in de lengterichting van het gebouw geplaatst. Zo lopen lijnen van het dak mooi door in de zonnepanelen. Dit is niet alleen mooi, maar het is ook eenvoudiger om de rijen aaneengesloten te koppelen.

Liggende panelen, inpassing in omgeving

De panelen in de liggende vorm hebben vele esthetische voordelen voor omgeving en gebouw. De panelen worden op de bestaande dakbanen (dakbedekking) geplakt.

Voor de omgeving worden ze vrijwel niet tot nauwelijks zichtbaar.

Het gebouw verandert esthetisch niet, door het inpassen van dit type zonnepaneel.

Wel dient van te voren rekening gehouden te worden met de richting van de dakbanen (dakbedekking), om een efficiënt zonnepaneelsysteem te realiseren.

3.1.4 Milieukundige mogelijkheden en beperkingen

Milieukundige besparing CO₂/NO_x

Bij duurzame projecten is een van de speerpunten het reduceren van schadelijke broeikasgassen. Bij verbranding van een fossiele brandstof ontstaan afvalproducten. De belangrijkste stoffen die in de atmosfeer terechtkomen zijn: kooldioxide CO₂, stikstof, zwaveloxiden en NO_x. Door het gebruik van duurzame energiebronnen kan de uitstoot hiervan teruggedrongen worden.

Zowel de liggende als de schuine variant wekken door middel van de gebruikte zonnepanelen schone elektrische energie op. Door deze energie direct terug te leveren aan het elektriciteitsnet ontstaat een verlaging van het huidige elektriciteitsverbruik. Een afname in het huidige elektriciteitsgebruik zal resulteren in een lagere productie van elektriciteit door middel van gas-, olie of kolengestookte energiecentrales. De afname heeft tevens tot gevolg dat de uitstoot van de schadelijke stoffen CO₂ en NO_x worden teruggedrongen.

In onderstaande tabel zijn de milieukundige voordelen weergegeven van beide typen panelen. Dit is gebaseerd op een dak van minimaal 500 vierkante meter en het adviesrapport; Zonnepanelen nieuwbouw NHL.

In Tabel 1 is de totale CO₂ reductie per paneel weergegeven.

	Eenheid	Liggende	Schuine
Opbrengst kWh/jaar	kWh	49	99
CO ₂ besparing	kg CO ₂	30	56

Tabel 1 Totale CO₂-besparing voor liggende en schuine panelen

De jaarlijkse CO₂-besparing is bij het zonnepanelensysteem van de aanbieder met schuine panelen het hoogst. Dit is mede te danken aan de gebruikte schuine panelen met een hoger rendement per vierkante meter.

De uitkomsten zijn gerelateerd aan de waarden voor de hoeveelheid kilogrammen CO₂-uitstoot, bij het gebruik van één kWh opgewekt door fossiele brandstof of bij verbranding van 1 m³ aardgas (bron 2)/(bron 3).

3.1.5 Beleidsmatige mogelijkheden en beperkingen

De exacte voorwaarden die gesteld worden aan het plaatsen van zonnepanelen zijn bij iedere gemeente anders, maar er kan in ieder geval rekening gehouden worden met de volgende punten:

- Beschermd stads- en dorpsgezicht: binnenstad, dat geheel binnen het beschermde stadsgezicht valt, moet bij het aanbrengen van panelen altijd een welstandstoets worden gedaan. Dat betekent dat er voorafgaand een vergunningstraject zal worden doorlopen.
- Bij het uiteindelijke (nieuwe) ontwerp van bedrijfspand of gebouw dient in overeenstemming met de architect een juiste dakinvulling worden gevonden, die passend is in de omgeving en architectuur.
- Constructie-eisen die gelden bij plaatsing van dergelijke, duurzame, systemen dienen getoetst te worden op uitvoering en vooraf berekende draagconstructies (bron 5).

Situatie Leeuwarden

De gemeente Leeuwarden stimuleert het in gebruik nemen van duurzame bronnen en systemen, zo ook zonnepanelen (*bron 4*.) Afhankelijk van de situatie is de gemeente Leeuwarden bereid een subsidie te verstrekken. Gezien de schommelende tendens in de subsidieverstrekking moet dit per situatie op het moment van uitvoer bekeken worden. Voor een overzicht van de nu (begin 2009) geldende subsidies wordt verwezen naar bijlage 2.

3.1.6 Voorwaarden ontwerp

Bereikbaarheid van de zonnepanelen moet in het voortraject worden meegenomen, om in een later stadium onderhoud aan de zonnepanelen te kunnen plegen. Uiteraard moeten ze niet te bereikbaar worden voor derden van buitenaf om diefstal te voorkomen. Omvormers in grotere PV-projecten worden in een aparte ruimte geplaatst, al dan niet los van de gebouwen. Ze zijn alleen toegankelijk voor de eigenaar/beheerder van het PV-systeem.

Inpassen in gebouwde omgeving

Bij het ontwerpen van een efficiënt zonnepaneelensysteem op het gebouw dient met vele aspecten in en om het gebouw rekening te worden gehouden. Naast de gevelbekledingen en dakbedekkingen kunnen op verschillende plaatsen in de bebouwing zonnepanelen worden toegepast. Door de specifieke uitstraling is het voor stedenbouwkundigen en architecten een uitdaging om zonnepanelen op een esthetisch verantwoorde manier te integreren in woningen en gebouwen.

Zo moet het gebouw niet worden ontworpen aan de hand van uitstraling maar naar het te plaatsen zonnepaneelensysteem. Is een zonnepaneel bijvoorbeeld tien meter lang dan moet het gebouw een dak bevatten met een lengte van minimaal tien meter en niet korter. Door dit alles in een vroeg stadium van het bouwproces mee te nemen is een efficiënt zonnepaneelensysteem mogelijk. (*bron 5*).

3.1.7 Voorwaarden constructie

Bouwkundige inpassingen

Elk relatief vlak dak van een nieuwbouwcomplex biedt de mogelijkheid tot het plaatsen van PV-panelen. De bevestiging kan mechanisch, als ook koud verkleefd worden uitgevoerd. Dit laatste is de ideale oplossing voor oppervlakten die uitgevoerd zijn met een stalen dragerconstructie in combinatie met liggende panelen. Wel dient de dragerconstructie een minimale daklast te kunnen dragen van 100 kg/m². Deze daklast is tevens de minimale daklast voor schuine panelen bij een gespreide opstelling. Zodra de rijen zonnepanelen dichter bij elkaar worden geplaatst dient er rekening gehouden te worden met een vergrote daklast waardoor een sterkere onderconstructie is vereist (*bron 6*).

Bevestiging en onderconstructie

Bij het ontwerpen van een dergelijk zonnepaneelensysteem is het van belang te bepalen welke maximale daklast mogelijk is en hoe hoog de last is van het systeem. Door deze op de juiste manier op elkaar af te stemmen ontstaat er geen onnodige hoge daklast die de veiligheid van het dak negatief kan beïnvloeden. De maximale daklasten worden in de ontwerpfase vastgesteld, uitgedrukt in maximale kg/m². Bij systemen met schuine panelen dient er ook rekening gehouden te worden met extra daklast door het ballasten van het systeem om windbelasting te ondervangen.

Bij mechanisch bevestigen van schuine zonnepanelen dienen de bevestigingen waterdicht afgesloten te worden om zo een gegarandeerd waterdicht dak te kunnen behouden. Door het lage gewicht van de liggende zonnepanelen zijn er geen ingrijpende constructietechnische ingrepen nodig. De dakbanen worden middels een kleefpasta aan de bestaande bitumen dakbanen gekleefd om vervolgens aan de zijkanten te worden

dichtgeseald met een daarvoor bestemde kitrand.

Bij het koud verkleven (lijmen) van zonnepanelen op het dakvlak dient er een schoon en vlak oppervlak afgeleverd te worden.

3.1.8 Voorwaarden uitvoering

Schuine zonnepanelen

Aangezien gebruik gemaakt wordt van staande panelen hebben ze op het dak een zeer grote windgevoeligheid. Dat is ook de reden dat de panelen in alle gevallen geballast op het dak geplaatst moeten worden. De panelen dienen onder de juiste hoek gezet te worden om zo het maximale rendement eruit te kunnen halen. De panelen werken efficiënt als er wordt gewerkt met een hoek van 36 graden. Hierdoor komt er een te bepalen afstand tussen de rijen panelen. Dit zorgt ervoor dat er een minieme schaduwwerking wordt gegenereerd wat de opbrengst van het paneel in negatieve zin kan beïnvloeden. Tevens zal de windbelasting op deze wijze worden geminimaliseerd.

Liggende zonnepanelen

Aangezien gebruik gemaakt wordt van vlakke panelen is er van een verhoogde windgevoeligheid door erop geplaatste constructies geen sprake. Wel ontstaat een aanzuigende kracht op de zonnepanelen, ook wel windbelasting genoemd. Flexibele panelen dienen daarom goed koud verkleefd (lijmen) te worden, op de bestaande dakbanen. Bij liggende panelen is geen sprake van onderlinge schaduwwerking van de panelen, waardoor het aantal dakbanen per vierkante meter hoger is dan bij de schuine. Wel kan er fysieke schaduwwerking optreden in de nabije omgeving, te denken aan flats en bomen.

3.1.9 Voorwaarden gebruik

Door zonnepanelen op de juiste manier te integreren in het gebouw, kijkend naar de omgevingsfactoren, ontstaat een efficiënt zonnepanelensysteem. Het is dus van belang om onderhoud voor het realiseren van het systeem mee te nemen.

De effectiviteit is alleen te handhaven als er ook daadwerkelijk juist gekeken wordt naar de opbrengstkenmerken. Bij een afname kan geconcludeerd worden dat er ergens in het systeem een factor meespeelt bij het verlagen van de opbrengst. Denk hierbij aan vuilophoping, bladeren of een hoog obstakel dat later is aangebracht op het dak of omgeving. De vuilophoping kan preventief tegen worden gegaan, door het minimaal één keer per jaar schoon te maken.

Bronnen

1. Adviesrapport Zonnepanelen, nieuwbouw NHL 2008
2. Gegevens; Aanbieding Sun-Factory t.b.v. de NHL
3. Gegevens; Aanbieding E.R.O.P. t.b.v. de NHL
4. Gemeente Leeuwarden, afdeling duurzame energie
- 5/6. Documentatie BAM utiliteitsbouw doc. Nieuwbouw NHL
7. Infoblad 308, SBR, publicatiedatum 16 januari 2006

3.2 Zonthermisch dak

3.2.1 Wat is een zonthermisch dak

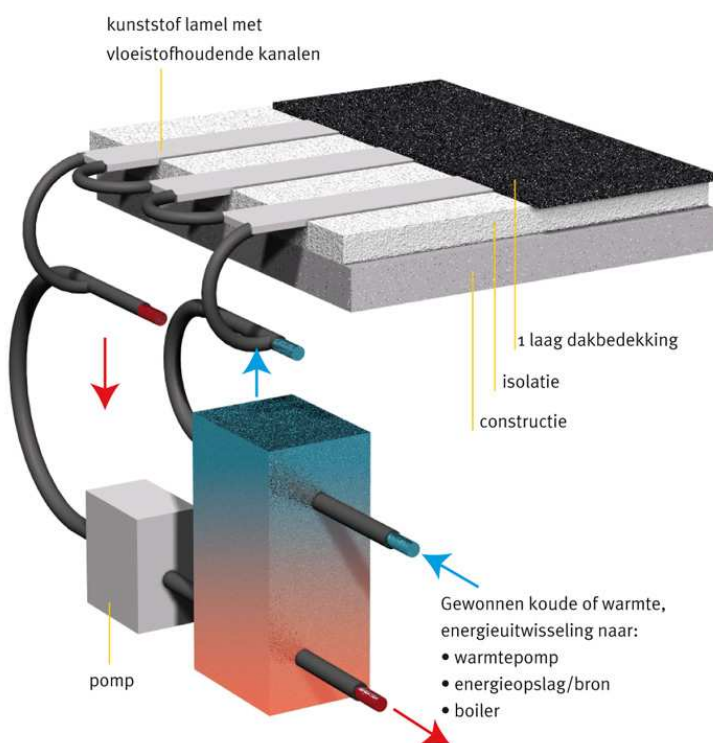
Door een zonthermisch dak wordt koude en warmte via lamellen in of op het dak opgevangen. Een mix van water en glycol wordt gebruikt voor het transport van de warmte. De energie komt door middel van lage-temperatuur-afgiftesystemen vrij en wordt gebruikt voor koeling en verwarming van het gebouw of voor voorverwarming van tapwater. In de zomer wordt de overbodige warmte opgeslagen in de bodem. In koude perioden wordt de bodemwarmte opgepompt en benut voor verwarming.

De lamellen kunnen op het dak in de vorm van een veiligheidshekwerk aangebracht worden. Het kan ook onder de dakbedekking worden aangebracht ingebed in een stevig isolatiemateriaal. De lamellen zijn dan niet zichtbaar en leveren ze dus ook geen esthetisch probleem op. Doordat het onzichtbaar is, is het systeem minder gevoelig voor vandalisme en diefstal. Het systeem is geluidloos.

Zonthermische daken kunnen op platte en hellende daken worden aangebracht. De hoek van plaatsing is niet van grote invloed op de opbrengst. Het systeem werkt meer als warmtewisselaar dan als zonnecollector.

In landen met veel sneeuwval kan een zonthermisch dak gebruikt worden om het dak sneeuwvrij te houden.

Een gevuld zonthermisch dak weegt 6 tot 11 kg/m².



Figuur 4 Werking van een Zonthermisch dak

Voor toepassing van de warmtepomp zullen leidingen moeten worden aangelegd. Voor het verkrijgen van de als aangenaam ervaren stralingswarmte (i.p.v. convectiewarmte) worden leidingen door wanden en vloeren gevoerd.

Het transport vindt plaats door kunststof buizen of slangen. Door het aanbrengen van een aluminium laag in de slang is deze dampdicht. Kunststof buizen zijn niet dampdicht.

De leidingen naar de bodem kunnen op diverse manieren worden uitgevoerd:
 Verticaal: naar dieper gelegen watervoerende lagen (aquifers)
 Horizontaal: via warmtelussen op een diepte van 0,6 tot 1,2 m in de bodem
 In Nederland wordt de eerste methode het meest toegepast. De tweede is vanwege ruimtegebrek minder gebruikelijk. Warmtelussen in de bodem kunnen ook in de heipalen worden geïntegreerd.

3.2.2 Investing, kosten en besparingen

Investeringskosten van een zonthermisch dak worden beïnvloed door meerdere factoren:

- de grootte van het oppervlak
- een- of meezijdig afschot i.v.m. aantal goten
- lange of korte lengtes lamellen
- aantal doorvoeren, sparingen, opstanden, etc.

Dit kan tot een factor twee uitmaken bij het bepalen van een vierkante meterprijs. Om in de energiebehoefte van de gebruiker van een gebouw te voorzien is het niet noodzakelijk om het gehele dak te voorzien van een zonthermisch dak. In het geval van Search in Amsterdam is bijvoorbeeld minder dan 10% van het dakoppervlak voorzien van een zonthermisch dak (55 m² van 600 m²). Dit is een complicerende factor bij het vergelijken met daktoepassingen, die wel een geheel dak beslaan. Bij een zonthermisch dak op 100% van het oppervlak zal dus in de regel een afnemer in de buurt gevonden moeten worden.

Om een goed beeld te krijgen van de terugverdientijd zal gekeken worden naar de extra investering en extra besparingen die een zonthermisch dak veroorzaken ten opzichte van een investering in alleen een bron met warmtepomp.

Bij het Energydak van 55 m² van Search bedragen de extra investeringskosten ca. € 305,- per m². Dit is inclusief kosten voor aansluiting, afvullen en in gebruikstelling.

Het gemiddelde bedrag dat Energiedak Schiedam aan investering opgeeft is € 125,- à € 140,- per m². Het is onbekend voor welke oppervlakte deze laatste prijzen gelden.

Ten opzichte van een regulier dak heeft een zonthermisch dak nagenoeg geen extra onderhoud nodig. Bij extra onderhoud moet gedacht worden aan de circulatiepomp.

Isolatie van gebouwen is zo dik geworden, dat de energiebehoefte voor verwarming tot 70% gereduceerd is. Daar staat tegenover dat de behoefte aan koeling is toegenomen, omdat de gebouwen in de zomer hun "winterjas" nog aan hebben.

Bij toepassing van warmtepompen, kan het leidingsysteem in de zomer gebruikt worden voor koeling. Daardoor kan de vraag aan koelingenergie tot 90% worden gereduceerd.

Er worden verschillende opbrengsten geclaimd.

Opbrengst in GJ per m ² per jaar				
	Energydak *)	Thermisch Energiedak **)		
In combinatie met	Open bron	Open bron	Gesloten systeem	Tapwater
Warmte	1,75	1,3	1,54	1,18
Koude	1,05	0,47	0,28	

Tabel 2 Opbrengst van zonthermische daken in combinatie met verschillende systemen

bron: *) TNO-rapport 2006-D-R0707/B2

**) dhr. E. Hogeveen, Energiedak Schiebroek

Door een zonthermisch dak neemt de behoefte aan thermische energie af. Die wordt geleverd door het dak of door de aardwarmte. De behoefte aan elektrische energie neemt toe.

Als met gas gestookt wordt kan het volgende vergelijk worden gemaakt:

Bij een ketelrendement van 80% levert 1 m³ gas ca. 7,1 kWh thermische energie. Dezelfde energie kan uit aardwarmte verkregen worden. Hiervoor verbruikt een warmtepomp 2 kWh aan elektriciteit. Een elektriciteitscentrale met een rendement van 45% heeft hiervoor 4,4 kWh (= 0,49 m³) aan gas nodig.

Hiermee wordt een besparing van 50% gerealiseerd. Voor de consument is de kostenbesparing in euro's circa 50%: 1 m³ gas kost € 0,67 en 2 kWh kost € 0,40.

Door de besparing op fossiele brandstoffen wordt de CO₂-uitstoot gereduceerd.

Voor de opbrengsten van een zonthermisch dak nemen we het meest efficiënte dak.

De extra besparingen voor verwarming bedragen ca. 500 kWh/m² a € 0,20 = € 100,- per jaar.

Dit komt neer op een terugverdientijd van 3,1 jaar.

De besparingen voor koeling bedragen 300 kWh/m². Dit komt overeen met € 60,-.

Inclusief koeling is de terugverdientijd 1,9 jaar.

Bovenstaande berekening is conservatief. Er kunnen verdere voordelen behaald worden door:

- een deel van het jaar de zonnewarmte direct van het dak in het gebouw te brengen
- het zonthermisch dak te gebruiken voor voorverwarming van het tapwater
- een pomp met een hogere COP (coëfficiënt of performance) in te zetten
- warmtelus heipalen te gebruiken

De grootste besparingen op energiekosten kunnen worden bereikt bij een combinatie van een zonthermisch dak + heipalen met warmtelussen + warmtepomp. Hiermee kan tot 75% worden bespaard op de verwarmingskosten.

Door de combinatie van een zonthermisch dak met een warmtepomp en warmtelusheipalen kan 0,25 punt op de EPC van de woning bespaard worden.

Een Energydak heeft naar aangeven van de leverancier Enicon een terugverdientijd van 4 tot 7 jaar. (Bron: Enicon energiedak)

Het Thermisch Energiedak heeft een terugverdientijd naar opgave van de leverancier van 5 tot 6 jaar. (Bron: dhr. E. Hogeveen)

Verschillen met de berekende terugverdientijd kunnen ontstaan door het gebruik van andere energieprijzen.

3.2.3 Fysieke mogelijkheden en beperkingen in de omgeving

Bij een dak op de zonzijde wordt de meeste opbrengst verkregen.

Enige schaduw van obstakels beïnvloedt de opbrengst, maar levert geen ongewenste opwarmingsproblemen op zoals bijvoorbeeld bij zonnepanelen.

Een groot deel van de opbrengst wordt verkregen uit diffuus licht.

De hoek van het zonthermisch dak is niet van grote invloed op de opbrengst. Daardoor is een zonthermisch dak bij veel gebouwen en in veel situaties toepasbaar.

Een licht hellend dak verdient de voorkeur. Op een hellend dak zal geen water blijven staan.

Opwarming van water kost veel energie. Deze energie zal dan niet door het zonthermisch dak kunnen worden opgenomen.

Situatie Leeuwarden

Schaduw van hoge bomen en gebouwen is van invloed op de opbrengst van het zonthermisch dak. Het hoge flatgebouw aan de Dokkumer Ee levert geen problemen op vanwege haar locatie aan de noordoostzijde.

Op de kenniscampus staan diverse grote bomen (populieren), die veel zonlicht weg kunnen nemen. Deze staan op de nominatie om te worden gekapt. Als geplande gebouwen niet

hoog genoeg zijn om boven de overige bomen uit te komen, zal bij de keuze van de gebouwlocatie met de schaduwwerking van deze bomen rekening moeten worden gehouden. Met name de studentenhuisvesting (oost) kan hinder ondervinden van de bomen die aan de zuidzijde van de huisvesting staan. Voor de bedrijfsgebouwen geldt dat de studentenhuisvesting (west) direct zonlicht in de weg kan staan.

3.2.4 Milieukundige mogelijkheden en beperkingen

Een zonthermisch dak in combinatie met een warmtepomp draagt bij aan een vermindering van het gebruik van fossiele brandstoffen en daarmee aan een verminderde CO₂-uitstoot. Het maakt gebruik van zonne-energie, die in de vorm van warmte opgeslagen wordt in de bodem. Naar behoefte kan deze warmte weer benut worden.

Er wordt bespaard op gasverbruik, het elektriciteitsverbruik daarentegen neemt toe. Per saldo wordt 50% op CO₂-uitstoot bespaard (zie paragraaf 3.2.2).

Met de warmtepomp kan in de zomer het gebouw gekoeld worden. Daarmee worden airconditioners overbodig. Daardoor neemt het elektriciteitsverbruik af.

Een zonthermisch dak draagt bij aan vermindering van CO₂-emissie: 283 tot 453 kg per m² respectievelijk voor verwarming alleen en verwarming plus koeling. Het gaat daarmee klimaatverandering tegen. Dit heeft invloed op de verwachte extra hoeveelheid neerslag en de intensiteit van de regenbuien. De gevolgen van de toenemende verharding zijn dan wat eenvoudiger op te vangen.

De afvoer van de warmte van het dak naar de bodem zou van invloed kunnen zijn op de hittestress in het stedelijk gebied. Onderzoek hierover is niet gevonden.

3.2.5 Beleidsmatige mogelijkheden en beperkingen

Door de gemeentelijke overheden zijn CO₂-doelstellingen geformuleerd. Bij het zoeken naar de beste mogelijkheden op een locatie kan hiervan gebruik worden gemaakt. Aan het geformuleerde beleid zijn ook budgetten en subsidies gekoppeld. Deze zijn divers en veranderen met de tijd. Ze zullen per gemeente moeten worden onderzocht.

Situatie Leeuwarden

De gemeente Leeuwarden voert een gericht klimaatbeleid. Ze stimuleert energiebesparing in woningen utiliteitsbouw én het gebruik van duurzame energiebronnen en alternatieve brandstoffen. Dit gebeurt in het kader van de Kyoto-doelstellingen: de vermindering van CO₂-emissie. Hiervoor zijn veel projecten gestart gericht op woningbouw en bedrijven.

Daarnaast wil Leeuwarden zich graag steeds meer ontwikkelen tot een kennisstad met een duurzame kenniscampus en een wateruniversiteit.

(Bron: Leeuwarden, fier verder! Op weg naar een duurzame stad, 26 mei 2008

Een sprong verder, duurzaamheidsplan 2006-2009)

Hierin zou het stimuleren van een zonthermisch dak goed passen. Dit is een nieuwe toepassing van bestaande technologie, die past op het raakvlak van klimaatbeleid (energiebesparing) en het invulling geven aan kennisstad. Door monitoring van een zonthermisch dak in de praktijk, kan extra kennis worden verworven, die benut kan worden voor verdere ontwikkeling.

3.2.6 Voorwaarden ontwerp

Om een zonthermisch dak zoveel mogelijk tot z'n recht te laten komen, moet het dak zongericht zijn. Dit is geen harde voorwaarde, maar aanbeveling. Een hellingshoek van 33 graden is optimaal.

Wel moet het dak licht hellend zijn, zodat er geen water op blijft staan.

3.2.7 Voorwaarden constructie

Een zonthermisch dak is licht: een gevuld daksysteem weegt 6 tot 11 kg/m². Aanpassingen aan de constructie kunnen veelal achterwege blijven.

Bij een zonthermisch dak kan bitumen, EPDM of PVC als dakbedekking worden toegepast. Hoe dunner de dakbedekking, hoe efficiënter het systeem werkt. Een kunststof dakbedekking kan 1,2 tot 1,5 mm dik zijn.

Bij toepassing van warmtelusheipalen:

Warmtelussen in de heipalen zijn van invloed op de constructie. Van meet af aan moet duidelijk zijn dat er met gemodificeerde heipalen wordt gewerkt. Voordeel van toepassing van dit soort heipalen is dat er geen aparte bronboring nodig is.

De overige verticale en horizontale uitvoeringen kunnen onafhankelijk van de constructie worden gekozen en uitgevoerd.

3.2.8 Voorwaarden uitvoering

De leidingen in het dak worden ingebed in voorgevormde EPS-isolatieplaten. EPS is een product dat wordt gemaakt uit aardolie, maar levert bij toepassing juist een besparing aan fossiele brandstoffen. Dit materiaal kan in de benodigde vorm gemaakt worden.

Bij de uitvoering worden prefab goten gebruikt om de aan- en afvoerleidingen bovendaks weg te werken.

Bij Energydak wordt uitsluitend gebruik gemaakt van Universal dakbedekking van Esha i.p.v. standaard APP. Tevens wordt een bitumeuze dampremmende laag gebruikt i.p.v. PE-folie.

3.2.9 Voorwaarden gebruik

Bij het toepassen van een zonthermisch dak in combinatie met wandverwarming, mogen maar beperkt kasten voor de muren worden geplaatst.

3.2.10 Dubbeldak: thermisch dak met zonnepanelen

Bij de daktoepassing met zonnepanelen kwam naar voren dat deze niet te warm mogen worden, omdat dan de efficiency afneemt. Een mogelijke optie zou kunnen zijn, dat met name liggende panelen gecombineerd worden met een thermisch dak.

Het thermisch dak voert de warmte af, zodat de panelen minder warm worden.

Uit de literatuur en de praktijk is niet te achterhalen of er ook daadwerkelijk synergie-effecten optreden, die een dubbelduurzaam dak opleveren. M.a.w. het is onduidelijk of er voordeel te halen is uit de combinatie van beide daktoepassingen (1+1=3) in vergelijking met de enkelvoudige toepassingen (1+1=2).

Bronnen

Persoonlijke gesprekken en e-mailverkeer

Dhr. Ferry Mahieu, Energydak

Dhr. Emiel Hogeveen (Thermisch Energiedak), Energiedak Schiebroek

Sites

www.energydak.nl, geraadpleegd november 2008

www.milieuennatuurcompendium.nl, geraadpleegd november 2008

Enicon energiedak

Rapporten

TNO-rapport 2006-D-R0707/B2: Bepaling opbrengst R&R Energydak en invloed op bodemsysteem in combinatie met warmtepomp

Gemeente Leeuwarden; Leeuwarden, fier verder! Op weg naar een duurzame stad, 26 mei 2008

Gemeente Leeuwarden; Een sprong verder, duurzaamheidsplan 2006-2009

3.3 Groendak

3.3.1 Wat is een groendak?

Er zijn veel namen in omloop voor een groendak. Zo worden groene daken ook wel vegetatiedaken, natuurdaken, sedumdaken, grasdaken of daktuinen genoemd. In dit rapport hebben we het over groendaken.

Een groendak is een dak waarvan de dakconstructie is afgedekt of geïsoleerd door een pakket van waterbufferende lagen met vegetatie

- ter voorkoming van overlast/overbelasting van het riool en RWZI door regenwater,
- ter zuivering van de buitenlucht en/of
- ter bevordering van broed- en foerageergelegenheid voor dieren.

Het bestaat uit een waterkerende folie, een wortelwerende folie, een teeltlaag en eventueel een drainagelaag. Indien nodig of gewenst kunnen kunstmatige bevoeiing, verankering en nestelvoorzieningen aangebracht worden.

Het regenwater dat bij zeer intensieve buien van een groendak afstroomt, kan op het riool, in een watervoorziening of op het oppervlaktewater geloosd worden.

Er zijn intensieve en extensieve daken, maar hiertussen liggen tal van mogelijkheden.

Extensieve groendaken zijn vooral begroeid met mossen, vetplanten, kruiden en/of grassen. Mos leent zich ervoor om in matten aangelegd te worden. Men kan kiezen voor een mengeling van planten of zich beperken tot één soort. Bij het gebruik van vetplanten spreekt men van een sedumdak, bij de aanplant van grassoorten van een grasdak. Extensieve daken zijn niet bedoeld om te belopen en zijn daar door de aard van de beplanting veelal niet geschikt voor.

Vergelijken we de investering voor een intensief dak met een extensief dak, dan is die voor een extensief dak aanzienlijk minder. Het is eenvoudiger aan te leggen en vergt minimaal onderhoud.

Voor de lichtste varianten van een extensief dak (bijv. mosmatten zonder teeltlaag) zullen doorgaans geen extra eisen aan de constructie worden gesteld. Ze kunnen in bestaande bouw met beperkte dakrandconstructie toegepast worden. Dit is sterk afhankelijk van het gekozen systeem, bufferingscapaciteit, etc.

Daarom is het goed om in alle gevallen constructieberekeningen te laten maken.

Intensieve groendaken worden ook wel daktuinen genoemd. Deze zijn wel beloopbaar. Er kan van alles op groeien: planten, heesters en zelfs bomen tot 15 meter. De mogelijkheden voor inrichting en plantkeuze is veel groter dan bij een extensief dak. De beplantingskeuze wordt begrensd door de bouwkundige en vegetatietechnische mogelijkheden van het gebouw. Voor grotere bomen is het tevens noodzakelijk om wortelruimte te creëren met alle bouwkundige eisen van dien.

Regelmatig onderhoud is noodzakelijk. Door de aard van de begroeiing is een intensief dak niet overal toe te passen, omdat dit nogal wat eisen aan de constructie stelt.

Een intensief dak heeft hogere investerings- en onderhoudskosten dan een extensief dak.

De opbouw van een groen dak bestaat uit de volgende lagen:

- wortelwerende laag
- scheidings- en beschermingslaag
- waterafvoerende laag
- filterlaag
- drainagelaag

- vegetatiedragende substraatlaag
- vegetatielaag

Bij een eenlaagse dakbegroeiingsopbouw wordt de functie van de waterafvoerende laag, de filterlaag en de vegetatiedragende laag overgenomen door een mineraal substraat.

Bij substraatlaag kan gedacht worden aan stortgoed, voorgemengde natuurlijke materialen, minerale korrels, substraatplaten of vegetatiematten.

De toepasbaarheid hangt af van beschikbaarheid, hellingshoek en ontwerp.

De vegetatie dient bestand te zijn tegen wisselende weersomstandigheden. De keuze van de beplanting hangt af van het lokale klimaat (zon, droogte, neerslag, windrichting), schaduw, ligging, helling, windstroming, wintervastheid, windweerstand, verdringsweerstand.

Groende daken schermen het bitumen voor het grootste deel af voor de aantastende werking van de UV-straling uit zonlicht. Daarom kan de dakbedekking twee maal zo lang mee. Onbedekte delen langs dakranden en opstanden blijven wel blootgesteld aan het UV-licht.

3.3.2 Fysieke mogelijkheden en beperkingen

Bij de keuze van begroeiing voor een groendak dient rekening gehouden te worden met de zon- en weersinvloeden op het dak. Een dak dat vrijwel de gehele dag in de zon ligt, zal met zonneminde planten moeten worden ingericht. Schaduwminde planten worden toegepast op daken die voornamelijk in de schaduw liggen. Hetzelfde geldt voor factoren als regen, wind, etc.

Dit betekent dat groendaken in principe overal zijn toe te passen, mits bij de plantkeuze rekening wordt gehouden met de specifieke locatietekenen.

Voor nageschakelde systemen, zoals wel of niet afkoppelen, zijn de water doorlatendheid van de bodem en eventueel de grondwaterstand van belang. De keuze voor dit systeem is echter niet afhankelijk van de daktoepassing en wordt hier dan ook niet behandeld.

Situatie Leeuwarden

Hier zijn geen fysieke beperkingen. Uitvoering zal aangepast moeten worden aan bebouwing op belendende percelen. Er is geen sprake van hoogbouw, die het zonlicht beïnvloed. Wel zijn er hoge bomen in de omgeving die van invloed zijn op zoninval en windbelasting.

3.3.3 Milieukundige mogelijkheden en beperkingen

Voor elke omgeving gelden specifiek milieukundige problemen. In het algemeen worden deze problemen in dit kader aangeduid als milieuproblemen van stedelijk gebied. Een aantal factoren die bijdragen aan de stedelijke problemen kunnen door aanpassing van het verharde oppervlak worden aangepakt. Bij groendaken zijn dit specifiek:

- Opname fijn stof, waaronder NO_x
- beperking gebruik fossiele energie
- waterberging
- vergroting biodiversiteit
- beperking hittestress
- demping geluid
- CO₂-uitstoot beperken (overall thema)

Hierbij dient ook gekeken te worden naar de milieubelasting van de maatregel zelf.

Naast de toepassing in een specifieke situatie zal gekeken moeten worden naar de impact van toepassing op alle platte daken. Er zal rekening moeten worden gehouden met de hoeveelheid en massa groen (rood-groenbalans), de groenstructuur in een stad, de

soort samenstelling en specifieke eigenschappen, de standplaatscondities (groen-blauwbalans) en het groenbeheer.

Fijn stof

Fijn stof is een verzamelnaam voor een complex mengsel van deeltjes van verschillende grootte, samenstelling en herkomst. Over het algemeen verstaan we hieronder deeltjes met een doorsnee tot 10 micromillimeter die dus kunnen worden ingeademd door mensen.

Onderscheid wordt gemaakt tussen bodemstof en zeezout en fijn stof dat veroorzaakt wordt door menselijk handelen. Voorbeelden hiervan zijn: roetdeeltjes, rubber van autobanden, slijpsel, VOS, SO₂, NO_x en ammoniak. Fijn stof heeft gezondheidseffecten op luchtwegen en longen. In Nederland sterven naar schatting 2300 tot 3500 mensen eerder als gevolg van kortdurende blootstelling aan fijn stof. *(bron 11)*

Groen kan fijn stof onderscheppen en vasthouden. Uiteraard verschilt de mate van opname per soort. Hoe groter het bladoppervlak, des te effectiever de vegetatie in de afvang. Ook spelen de ruwte van het bladoppervlak en de vochtigheid een rol. Hierdoor vindt tevens vermindering van stof opdwarring plaats. Verschuiving van regenperiodes en toename van intensiteit van regenbuien als gevolg van de huidige klimaatverandering betekent dat nieuwe modellen ontwikkeld moeten worden om voorspellingen te doen. Op historisch onderzoek gebaseerde waarden zullen getoetst moeten worden in nieuwe, langjarige onderzoeken. Een voorbeeld hiervan is de toepassing van mos: ondanks het kleine oppervlak is mos een eventueel geschikte afvanger door het feit dat ze met vochtig weer goed stof op kan nemen. De zomer, wanneer de grootste stofproductie plaats vindt, was de droogste periode, waarin het mos niet zo efficiënt werkt. Door verschuivingen in regenperiodes en intensiteit van de buien kan dit bezwaar ook ondervangen worden en de efficiëntie van mos als stofafvang worden vergroot.

De planten vangen niet alleen stof af, maar werken tevens als een luchtfilter voor fijnstof, getallen tot 20% filtratie worden genoemd.

Uit onderzoek dat voor de gemeente Rotterdam, die groendaken beleidsmatig tot speerpunt hebben benoemd, door het RIVM is verricht, komen als richtwaarden voor opvang: 500 gram PM10/100 m² extensief, 750 gram/PM10/m² intensief. *(bron: RIVM)*

Binnen de samenstelling van fijn stof is de hoeveelheid NO_x belangrijk, vooral daar waar in dichtbevolkte gebieden door uitstoot van vooral verkeer de NO_x-gehalten hoog zijn.

Richtwaarden gemeente Rotterdam: 200 gram/100 m² voor extensief groendak en 300 gram/100 m² voor intensief dak. Cijfers uit vooral Noord-Amerikaanse steden komen tot hoeveelheden tussen de 85 en 125 g/100 m² voor opname door "groen". *(bron 14)*

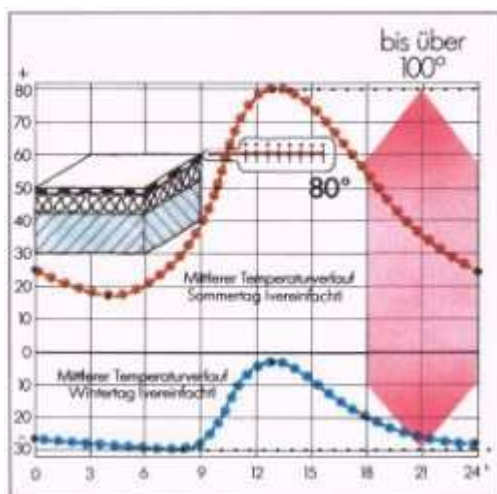
Energiebesparing

Bij een traditionele dakbedekking varieert de temperatuur gedurende een seizoen van -20 tot +70 graden C, terwijl bij dakbegroeiing de temperatuur schommelt tussen de -5 en +25 graden. Door de meer constante temperatuur wordt zowel op verwarming als op koeling bespaard. De volgende effecten worden bereikt:

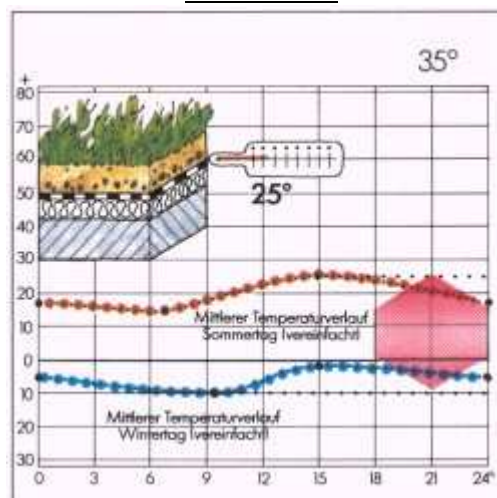
- Vermindering warmteverliezen (convectie) door isolerende werking
- Verkoelende werking bij zonnestraling

Over het algemeen wordt aangenomen dat een vegetatiedak meer doet voor koeling dan voor warmte-isolatie. De vegetatielaag reflecteert ongeveer een kwart van de zonne-energie, zwarte dakbedekking absorbeert het grootste gedeelte. Extra koeling wordt bereikt door de verdamping van het water door de vegetatie, die de energie hiervoor aan de omgeving onttrekt. De binnentemperatuur van een gebouw kan hierdoor minstens 3-4 graden Celsius verlaagd worden.

Traditioneel dak



Groen dak



Figuur 5 Temperatuurschommeling op een plat dak en een groen dak

Bron: Dürr Albert, *Dachbegrünung ein ökologischer Ausgleich, Umweltwirkung – Recht – Förderung*, Bau-verlag, Wiesbaden und Berlin 1994
(bron 34)

Waterretentie

Door de klimaatverandering komen in Nederland steeds meer heftige buien voor. Door de verzegeling van de bodem (aanleg van verharding, nieuwe wegen en gebouwen) neemt de afvoer van het hemelwater toe. De afvoer neemt vandaag de dag al zulke grote hoeveelheden aan, dat bij een stevige regenbui het riool de hoeveelheid soms niet meer kan verwerken en dus overloopt. Naar verwachting zal dit in de toekomst alleen maar vaker voorkomen.

Dakbegroeiing gaat dit verschijnsel tegen, doordat er minder water afgevoerd wordt en doordat de afvoerpiek gespreid wordt. Verminderde waterafvoer wordt veroorzaakt door verdamping. Het sponseffect veroorzaakt de buffering van het piekdebiet van stortbuien. De vermenging van relatief schoon regenwater van daken en verharding met rioolwater leidt bovendien tot inefficiënte zuivering door de rioolwaterzuivering.

Hoewel de waterafvoer op begroeide daken afhankelijk is van de lagenopbouw en de dakhelling is op jaarbasis de afvoer van regenwater aanzienlijk kleiner dan die van platte daken. Uit onderzoek is gebleken, dat bij een jaarlijkse neerslag van 1000 mm er op een standaard platdak zo'n 850 mm afgevoerd moet worden. Op een begroeid dak daarentegen ligt de jaarlijkse afvoer tussen de 150 en 380 mm, afhankelijk dus van de lagenopbouw en dakhelling.

Door het sponseffect zal de waterafvoer tijdens de piek afnemen van 65 mm naar 13 mm en de afvoertijd zal verdubbelen tot ongeveer 5 uur.

De hoeveelheid water die wordt vastgehouden hangt af van de substraat- en vegetatielaagdikte en het toegepaste materiaal (zie tabel 3). Belangrijk voor de kwaliteit van het uiteindelijk afgevoerde water is de bemesting van de vegetatielaag.

Te veel bemesting kan leiden tot eutrofiering van het oppervlakte water waarop geloosd wordt. Bij de keuze van de soort vegetatie moet hier rekening mee gehouden worden.

(bron 5)

Type	Begroeiing	Laagdikte in cm	Opslag %	Afvloeiingsfactor
Extensief	Mos/vetplanten	2-4	40	0,60
	Vetplanten/mos	>4-6	45	0,55
	Vetplanten/kruiden	>6-10	50	0,50
	Vetplanten/kruiden/grassen	>10-15	55	0,45
Intensief	Grassen/kruiden	>15-20	60	0,40
	Gazon/winterharde planten/kleine struiken	15-20	60	0,40
	Gazon/winterharde planten/struiken	>25-50	70	0,30
	Gazon/winterharde planten/struiken/bomen	>50	>90	0,10

Tabel 3 Jaarlijkse opslagmiddelen en afvloeiingsfactoren

Dit is te vergelijken met afvloeiingsfactoren die gehanteerd worden voor verschillende soorten leefomgevingen (=habitat) uit Tabel 4.

Leefomgeving	afvloeiingsfactor
Habitat met hoge dichtheid	0,80
Habitat met gemiddelde dichtheid	0,60
Habitat met geringe dichtheid en grote tuinen	0,25
Sportterreinen	0,20
Parken	0,05

Tabel 4 Afvloeiingsfactoren per leefomgeving

Uit onderzoek bij de KU Leuven blijkt verder dat:

- de hellingshoek van het dak veel invloed heeft op de retentie
- de retentie zeer sterk schommelt door het jaar en o.i.v. de substraatdikte

(bron 16)

Door Van Hall Larenstein wordt sinds 2007 een onderzoek uitgevoerd aan de hand van zgn. tafels. Tien tafels met een verschillende laagdikte, vegetatietype, drainagetype en substraat worden hierbij onderzocht op algemene retentie en retentie tijdens piekbuien.

De eerste conclusies geven aan dat de vertragingstijd van buien >7 mm in het midden van de bui tussen de 40 minuten en ruim 3 uur ligt. Als het minder hard regent kan de vertraging tijdens het laatste deel oplopen. Verder is de vertraging groter bij bakken met filter/noppenmateriaal en een dikker pakket. Buien tot 5 mm worden vrijwel geheel vastgehouden door een extensief dak, dit is 31% van de buien in 2007. In het algemeen geldt tussen de 25 en 75%, voor kleine buien 100% (gemiddeld??). Er zit verschil in het retentiepercentage na droge periodes (>60%) en in verzadigde situaties (ca. 25%). Dit onderzoek is nog niet afgesloten, invloed van verschillende factoren moet nader geanalyseerd worden aan de hand van langjarige gegevens.

(bron: 19)

Biodiversiteit

Variatie leefomstandigheden.

Voor bepaalde diersoorten kunnen vegetatiedaken verloren habitat compenseren. Dit geldt vooral voor soorten die juist in de stad habitat verliezen. Groene daken kunnen geen compensatie bieden voor opoffering van beschermde natuur. Vergroting van (aanvlieg)routes als deel van groene zonering worden wel genoemd als voordeel.

Variatie in de substraathoogte geeft ook variatie in flora/fauna.

Hittestress

In steden is de gemiddelde temperatuur enkele graden hoger dan in buitengebieden. Dit wordt het stedelijk warmte-eilandeffect genoemd. Dit wordt veroorzaakt door de grote hoeveelheid verhard oppervlak die warmte absorbeert en zorgt voor een snelle afvoer van water. Ook de warmte-uitstoot van mens en activiteit zorgt voor een verhoging. De effecten die op gebouwniveau optreden bij de toepassing van vegetatiedaken gelden ook voor de stedelijke omgeving als geheel.

Hittestress veroorzaakt gezondheidsproblemen. Zo worden warmte-uitslag, slaapproblemen en beroertes genoemd (*bron: TNO*). Reductie tot 3 graden Celsius kan bereikt worden door toepassing van groendaken.

Geluid

Groendaken kunnen een bijdrage leveren aan geluidsreductie, vooral als ze uitgevoerd worden met een verende drainagemat (massaveersysteem). Het effect wordt wel verminderd door "lekken" van lichtkoepels, afvoerpijpen e.d. Gemiddeld wordt, afhankelijk van de intensiteit van de substraatlaag en begroeiing, gerekend met 3 (extensief) tot 8 dB reductie.

CO₂-uitstoot

De bij de fotosynthese vrijkomende zuurstof zorgt voor een verlaging van het CO₂-gehalte. De opname van CO₂ door intensieve vegetatiedaken is minimaal, voor extensieve daken verwaarloosbaar.

Voor intensieve daken (en waterdaken) is een zwaardere dragende betonconstructie nodig. Het gebruik van beton gaat gepaard met veel CO₂-emissie. Gedetailleerde aannames en consequenties zijn beschreven in paragraaf 3.4.2 en 3.4.4.

Sociale duurzaamheid/welbevinden

Een op zichzelf moeilijk te waarderen, zeker financieel, doch veel genoemd argument voor groendaken is het welbevinden van bewoners. Een deel van dit welbevinden komt voort uit de fysiek en milieukundig gerealiseerde verbetering van omstandigheden. Zo is een beter binnenklimaat mede afhankelijk van bijvoorbeeld koeling, afname hittestress e.d. De groene uitstraling van een tuindak is vooral ook een zaak van gevoelsmatig welbevinden.

Milieubelasting maatregel

Indien een zwaardere constructie nodig is zullen meer of andere bouwmaterialen gebruikt moeten worden.

Dakbedekkingmateriaal: verschillende materialen geven verschillende belasting. De levensduur van het product speelt hierbij een belangrijke rol, evenals de recyclingsmogelijkheden. Op het ogenblik zijn er diverse fabrikanten die tevens de mogelijkheid bieden tot recycling van het bitumineuze materiaal (Esha en Derbigum).

Voor een goede constructie van een groendak moeten de lagen volledig verkleefd worden om lekkage te voorkomen. Lijmen geeft milieubelasting. Aan het einde van de levensduur zijn verlijmde lagen weer te scheiden met een speciale fileertechniek en is recycling mogelijk.

Situatie Leeuwarden

Fijn stof is geen problematiek die in Leeuwarden speelt. Door middel van vooral ruimtelijke ordening en specifiek verkeerskundige maatregelen kunnen deze ook voor de toekomst voorkomen worden.

Energiebesparing is een onderwerp dat hoog op de agenda staat van de gemeente Leeuwarden, zoals in alle gemeentes. Hierbij richt de gemeente zich vooral op inzet van biobrandstoffen, mobiliteit en zonne-energie.

Voor het thema waterberging wordt verwezen naar paragraaf 3.3.4.

Biodiversiteit en behoud blauw/groen is een thema dat in alle beleidsvorming terug te vinden is. Voor het terrein van de kenniscampus geldt dat dit terrein deel uitmaakt van de groene

long door Leeuwarden. Vogeltrek, vleermuizen, behoud kinderboerderij met groen e.d. bepalen de beeldvorming rond de aanleg van dit specifieke terrein in negatieve zin. Door toepassing van dakbegroening zal een “groen” beeld van het terrein gedeeltelijk behouden blijven, hetgeen het draagvlak voor de ontwikkeling zou kunnen vergroten.

3.3.4 Beleidsmatige mogelijkheden en beperkingen

Alle gemeentes in Nederland zijn gebonden de wet gemeentelijke watertaken uit te voeren. Met een wetswijziging “verankering en bekostiging van gemeentelijke watertaken” (stb. 2007, 278) ook wel de wet gemeentelijke watertaken genoemd, zijn de Gemeentewet, de Wet op de waterhuishouding en de wet milieubeheer op 1 januari 2008 aangepast. Het hemelwaterbeleid wordt met deze wetswijziging verankerd in de regelgeving. (bron: Infomil)

De zorgplicht van een gemeente strekt zich uit tot inzameling en transport van afvalwater, zorg hemelwater en zorg grondwater.

Per gemeente is een Gemeente RioleringsPlan (GRP) opgesteld. Dit is een strategisch beleidsdocument dat aangeeft hoe een gemeente invulling wil geven aan de wettelijke zorgplicht inzake een doelmatige inzameling en transport van afvalwater en bevat de hoofdlijnen van aanpak voor het bereiken van een gewenste situatie.

Gestreefd wordt om met deze twee documenten, samen met de waterparagraaf in een bestemmingsplan, zowel voor reeds bebouwde als nieuw te bebouwen terreinen binnen een gemeente te voldoen aan de wateropgave die de laatste jaren onder invloed van de (te verwachten) klimaatsverandering plaatsvindt.

Vanuit de zorgplicht van de gemeente voor hemelwater en zorg grondwater moet gekeken worden naar de fysieke mogelijkheden die de gemeente heeft. De bodemgesteldheid bepaalt de (on)mogelijkheden tot infiltratie. Hierbij gaat het om zaken als bodemsoort, grondwaterstand en de verhouding verharding/bebouwing versus onbebouwd. De watertoets, die in bestemmingsplannen leidt tot een waterparagraaf, moet zorgen voor een evenwichtige bergingsmogelijkheid binnen elke omgeving. Voor oude stadscentra geldt dat de mogelijkheden vaak beperkt zijn. Hier zullen vernieuwing van het rioolstelsel, grote renovaties en leefbaarheidsprojecten aanleiding kunnen zijn tot aanpak van en beperking afvalwater.

Inbreiding (nieuwbouw of herbouw in stedelijk gebied) gaat veelal gepaard met het verder verharderen van de omgeving: het weinige groen in de stad wordt deels opgeofferd voor nieuwbouw of grachten worden gedempt voor wegen of nieuwbouw. Afkoppelen van de verharde omgeving en regenwatervertraging door groendaken zijn een alternatief voor de investering in aanpassing c.q. vergroting van het rioolstelsel.

Afkoppelen kan niet altijd afgedwongen worden. Vanuit o.a. waterschappen is een stimuleringsregeling opgezet om het afkoppelen financieel aantrekkelijker te maken. De locatie van het gebouw wordt veelal vastgelegd in het bestemmingsplan. Niet altijd geeft dit ruimte om een gebouw zo neer te zetten dat alle duurzame toepassingen ook werkelijk optimaal benut kunnen worden. Zon, schaduw, wind en neerslag bepalen wel gedeeltelijk het effect van de te nemen maatregel.

Conform het besluit Luchtkwaliteit kan een gemeente, onderbouwd met argumenten, groene maatregelen te eisen om de luchtkwaliteit te bevorderen, bijvoorbeeld door toepassing van groene daken.

Situatie Leeuwarden

De gemeente Leeuwarden heeft vanuit eigen visie, duurzaamheidsplan en waterplan water in de volle breedte als onderwerp speerpunt gemaakt. De gemeente is bezig om het bestaande

rioleringsplan dat voor de jaren 2004-2008 is opgesteld, aan te passen op de nieuwe wetgeving. Op een aantal punten is ze hierbij al vooruitgelopen o.a. bij het toepassen van afkoppeling bij nieuwbouwprojecten, verharding bij vernieuwing riolering e.d. Naar de burgers toe voert Leeuwarden een actief beleid. Binnenkort start een uitgebreide campagne m.b.t. klimaatverandering en de eigen verantwoordelijkheden/mogelijkheden voor de inwoners. Een subsidieregeling is op het ogenblik (februari 2009) in voorbereiding evenals een uitgebreid communicatietraject.

Voor de gemeente Leeuwarden telt dat, gezien de bodemgesteldheid, infiltratie geen mogelijkheid is. De klimaatbestendiging van het verharde oppervlak dient te komen uit van de buipieken en vertraging. Vanuit de Blauwe Diamant, het waterplan dat in de afgelopen jaren gezorgd heeft voor een kwaliteitsslag van de binnenwateren, is de noodzaak groot oppervlaktewater van goede kwaliteit te behouden.

Afkoppelen kan ook hier niet altijd afgedwongen worden, de gemeente bezint zich op het ogenblik op een regeling waarbij, indien de meerkosten niet hoger zijn dan € 5/m², afkoppeling verplicht gesteld gaat worden. Voor de aanleg van groendaken, die een belangrijke rol kunnen spelen bij de eerste, vertraging en zuivering, komt een bescheiden subsidieregeling.

(Bron info Leeuwarden: Wobke Bosch, gemeente Leeuwarden, tel. 233 8621).

3.3.5 Voorwaarden ontwerp

Een intensief groendak is gezichtsbepalend. Bij het ontwerp van een gebouw moet de toepassing van een groendak direct meegenomen. Dit geldt veelal ook voor een extensief dak, maar in mindere mate voor een extensief plat dak, waarop vanaf de begane grond het groen veelal niet zichtbaar is.

Voor nieuwbouw is een bouwvergunning nodig. Voor aanpassing van bestaande bouw geldt: een intensief groendak, waarbij het gewicht verzadigd met water groter is dan 200 kg/m² of de dikte van de substraatlaag groter dan 20 cm, is vergunningplichtig. Een extensief dak niet. *(www.groendak.info)*

3.3.6 Voorwaarden constructie

Omdat groendaken variëren van 20 tot meer dan 300 kg / m² inclusief beplanting, dient bij de berekening van de constructie van meet af aan rekening gehouden te worden met de toepassing van een groendak.

Het verdient aanbeveling het benodigde afschot van 1,6° direct in de constructie mee te nemen. Bij een warmdakconstructie kan ook de keuze gemaakt worden om het isolatiemateriaal op afschot te leggen. Bij toepassing op bestaande daken zonder voldoende afschot kan het toepassing van isolatie met afschot oplossing bieden.

Groendaken kunnen toegepast worden op bestaande bouw, als de constructie er geschikt voor is. Schatting is dat circa 50% van de platte daken is uitgevoerd met grind. In de regel kan aanpassing van de constructie achterwege blijven als er grind op het dak ligt, dat vervangen wordt door het groendak. Daarbij dient wel gelet te worden op de wateropnamecapaciteit van het groendak. Vuistregel is dat 10 cm grind ongeveer gelijk is aan de extra last van een licht extensief groendak.

(bron: C. Ravesloot)

3.3.7 Voorwaarden uitvoering

In Nederland bestaat (nog) geen specifieke wet- en regelgeving voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van dakbegroeiingen. De SBR heeft samen met de VBB (vereniging voor bouwwerkbegroeners) en de sector verenigingen van de VHG (vereniging van hoveniers en groenvoorzieners) een handleiding opgesteld. Deze richtlijnen zijn gebaseerd op Duitse regelgeving vanuit de FLL. De richtlijn omvat:

- Wet- en regelgeving die van toepassing is bij dakbegroeiing
- De typen begroeiing en vegetatievormen
- Het bepalen van de standplaatseisen voor de beplanting

- De klimatologische en weersafhankelijke factoren
- Stedenbouwkundige en landinrichtingsfuncties en effecten
- Eisen aan het gebouw en aan de bouwmaterialen
- Dakconstructies en de mogelijkheid tot begroeiing
- De toegestane belasting, afwatering en bevoeiing
- Bouwtechnische vereisten
- Eisen aan de opbouw van vegetatieoppervlakken
- Drainage- en filterlagen
- Eisen aan zaaigoed, planten en vegetatie
- Begroeiingprocedures, erosiebescherming, nazorg en onderhoud

(bron 34,35,36)

Door Stichting Bouwresearch (SBR) is de volgende lijst van systeemeisen opgesteld:

- wortelvast prEN 13948, KOMO
- levensduurverwachting tenminste 20 jaar
- stootbelasting volgens NEN-EN 12691, KOMO
- weerstand tegen stootbelasting volgens NEN-EN 12730, KOMO
- kunststof/bitumen combinatie KOMO
- PVC NEN-ISO 846, KOMO
- bij voorkeur minimaal twee lagen dakbedekking
- brandveiligheid is nog niet opgenomen, maar de invoering brandstoppen wordt aanbevolen (zie Duitse regelgeving)

De reductiefactoren voor vertraging (α) volgens NEN 3215 bedragen:

Toepassing	afvloeiingsfactor
Platte groendaken met een aardlaag >25 cm	0,30
Platte daken met een ballastlaag van grind	0,60
Platte groendaken met een aardlaag van <25 cm	
Overige platte daken	0,75
Schuine groendaken >3° en <45°	
Overige gevallen	1

Bij bestaande daken zal rekening moeten worden gehouden met leidingen en kabels die over de daken lopen.

Als bij de constructie het afschot niet is meegenomen, dient dit bij de uitvoering opgenomen te worden door bijv. isolatie met afschot.

Over het algemeen wordt niet veel aandacht besteed aan een beregeningsinstallatie voor tijden van droogte. Bij een relatief dun dek zoals bij een extensief groendak bestaat de kans op uitdroging van de planten. Bij de plantkeuze kan hierop geanticipeerd worden.

3.3.7.1 Uitvoering extensief dak

De aanleg van een groendak stelt aanvullende eisen. Deze hebben betrekking op de wortelbestendigheid en belastbaarheid.

Isolatie

De geschiktheid van de thermische isolatie dient aangetoond te worden door de fabrikant. Naast drukbelasting gaat het daarbij om vochtopname. Hierin verschillen isolatieproducten, zoals EPS, XPS, PUR en CG.

Aanbevolen wordt te kiezen voor een omgekeerd dak met XPS of warmdak met CG.

In verband met lekkage is verkleving de beste manier van bevestiging.

Bij een omgekeerd dak dient 20% extra isolatie te worden aangebracht i.v.m. de verminderde isolerende werking, doordat het vocht bij de isolatie kan komen.

Dakbedekking

Voor toepassing van een extensief dak wordt aanbevolen het dakbedekkingssysteem te verkleven om beschadiging en lekkage te voorkomen. Deze keuze dient al in bestek te worden opgenomen.

Groendaken zijn uiteraard ook toepasbaar op andere dakbedekkingssystemen. Hiervoor gelden meer randvoorwaarden.

Dakdetails

Volgens de richtlijnen dienen dakopstanden minimaal 120 mm te bedragen. Voor groendaken betekent dit dat deze hoogte gerekend moet worden vanaf de bovenzijde van de groenbedekkingslaag. Langs de begroening dient een begaanbare strook van minstens 300 mm uitgevoerd te worden.

Voor gevelaansluitingen gelden regels die opgenomen zijn in het Bouwbesluit.

Voor brandveiligheid dient de vegetatievrije zone overal een breedte te hebben van 500 mm.

Voor eenlaagse dakbegroeiingsopbouw moet het effectief afschot minimaal 2% zijn. De substraatlaag dient hoofdzakelijk uit mineraal composiet te bestaan en ten minste 3 cm dik te zijn. De brandbaarheid van de vegetatie zelf speelt ook een rol.

Uiteindelijk mag direct na regen slechts 5% maximaal verdeeld over meerdere plassen met een maximale diepte van 5 mm blijven staan.

Windbelasting: zie NEN 6702 en NEN 67007. De belastbaarheid varieert met de hellingshoek. Aanbevolen wordt de begroeiing aan te leggen in de lente en op zo'n manier dat het substraat zo snel mogelijk wordt vastgehouden door de vegetatie. Het aanbrengen van mos- of mos/sedummatten is hiervoor een optie.

Veiligheid

Een dak met extensieve begroeiing zonder gebruiksfunctie heeft slechts voor korte duur en incidenteel betreden te worden voor inspectie en/of onderhoud. Hiertoe volstaan Persoonlijke Bescherm Middelen.

3.3.7.2 Uitvoering intensieve daken

Intensieve daken wordt meestal toegepast in combinatie met begaanbare en/of berijdbare verhardingen.

Intensieve groendaken hebben een bouwhoogte vanaf 210 mm. Voor regelmatig onderhoud zullen de benodigde veiligheidsvoorzieningen moeten worden aangebracht.

Veiligheid

Intensieve daken hebben vaak een gebruiksfunctie (daktuin). Voor deze daken dienen collectieve, permanente beschermingsmaatregelen zoals hekken en leuninggen worden aangebracht. Ook dienen de loopwegen volgens voorschriften te zijn aangelegd.

Brandveiligheid

Hiervoor is in Nederland nog geen regelgeving, voor zover het over de begroeiing gaat. In de praktijk wordt aangesloten bij de "Landesbauordnung – inzake de brandveiligheid van dakbegroeiingen" zoals deze in de wetgeving van de meeste Duitse deelstaten is opgenomen.

3.3.8 Investering, kosten en besparing

De aanleg van een groendak is duurder dan de aanleg van een gewoon dak. De meerkosten hangen af van:

- soort vegetatiedak (intensief of extensief)
- locatie en bereikbaarheid
- aanlegwijze
- soort vegetatie
- onderhoudskosten

Als de investeerder voor een goede kwaliteit dakbedekking kiest, bestaan de meerkosten uit de extra lagen die nodig zijn bij een groendak: de technische laag (niet levende laag) en de substraat/begroeiingslaag.

De extra investeringskosten (meerprijs) bedragen gemiddeld voor een
extensief groendak 30 €/m²
intensief groendak 60 €/m²

De extra investeringskosten voor de constructie bedragen voor een
intensief groendak 315 €/m² (zie paragraaf 3.4.2)

De extra onderhoudskosten bedragen gemiddeld voor een
extensief groendak 0,75 €/m²/jaar
intensief groendak variabel

Kosten versteviging constructie extensief: niet tot nauwelijks
Kosten versteviging constructie intensief: variabel

Subsidies

Voor een groendak geldt onder voorwaarden een milieu investeringsaftrekregeling MIA/VAMIL. Deze is alleen van toepassing voor bedrijven (belastbare winst hebben). Deze regeling geeft onder code F7070 een aftrek van 40% van de investeringskosten op het bedrijfsinkomen.

Bron: http://www.senternovem.nl/mmfiles/Milieulijst%20en%20brochure%202008_tcm24-256760.pdf

3.3.9 Voorwaarden gebruik

Uitgaande van een goed geconstrueerd dak (zie “constructie”) dient bij onderhoud gecontroleerd worden op:

- drainagerwerking
- pH waarde substraat
- bemesting
- wieden
- schoonhouden randen

3.3.10 Samenvatting

Voor het trekken van conclusies is, naast onderstaande parameters, uitgegaan van vermelding bij tenminste 3 bronnen. Gezien de grote variatie van gegevens is daarbij tevens gewerkt met gemiddelde aannames.

De baten die zijn weergegeven zijn gebaseerd op specifieke locaties met grote oppervlaktes: steden als Toronto, Chicago en Ottawa. Hierbij is echter geen schaalgrootte aan te geven. Wel zijn deze steden qua klimaat min of meer vergelijkbaar met steden in Nederland. Bij het referentiedak is uitgegaan van een grootte van 500 m². Cijfers die uitgaan van tenminste een dergelijke grootte zijn in Tabel 5 opgenomen.

Opvallend is dat in alle bronnen (behalve de “reclamefolders” die stellig zijn t.a.v. de voordelen) vermeld wordt dat diverse parameters, zoals bijvoorbeeld NO_x, nog niet uitputtend onderzocht zijn.

Keuzecriteria	Extensief	Intensief
Geschikt voor nieuwbouw	Ja	Ja
Geschikt voor renovatie	Ja	Moeilijker
Daktype	Plat dak of hellend dak (mosmatten meer mogelijkheden)	Plat dak
Dragende constructie	Normaal	Verstevigd
Wortelbestendigheid	ja	Onmisbaar
Dikte	4-17 cm	>25 cm
Hoogte van de begroeiing	5-35 cm	>50 cm
Type begroeiing	Mossen, vetplanten, grassen en winterharde planten (niet begaanbaar)	Dezelfde + gazon, struiken, heesters, bomen
Overbelasting (waterverzadigend)	20-90 kg/m ²	>300 kg/m ²
Brandbescherming pand (vlieg vuur)	Beperkt	Ja
Impact op de watercyclus	++	+++
Impact op de luchtkwaliteit	++	+++
Geluidsisolatie	+	+++
Uitvoering	Eenvoudig	Complex
Meerkosten (incl. versteviging van de dragende structuur)		158 euro/m ² (aannee)
Levensduurverlenging dakbedekking	Verdubbeling van bedekte delen	Verdubbeling van bedekte delen
Onderhoud	0,75 euro/m ²	Variabel, afhankelijk van de begroeiing
Aanpassingen	Nee	Afhankelijk van de begroeiing
Besparing op warmte-isolatie en energie	+	++
Fijn stof opname (richtwaarden Rotterdam)	500 g/100 m ²	750 g/m ² 100 m ²
NO _x opname (richtwaarden Rotterdam)	200 g/100 m ²	300 g/100 m ²
Hittestress	+	++
CO ₂	0	0/+
Recyclebaarheid	-	-
Subsidiemogelijkheden	MIA/VAMIL voor bedrijven Lokaal gemeentelijk beleid	MIA/VAMIL voor bedrijven Lokaal gemeentelijk beleid

Tabel 5 Vergelijk van extensieve en intensieve groendaken

Rekening houdend met hetgeen gesteld is over constructie en uitvoering, zijn extensieve daken toepasbaar op bestaande gebouwen en ondergronden.

3.3.11 Dubbeldak: groen en zon

Uit het hoofdstuk m.b.t. groendaken zijn de voordelen te halen die voor een groendak tellen. Uit het hoofdstuk over zonne-energie zijn de voordelen te halen die tellen voor toepassing van zonnepanelen.

Is het nu zo dat een combinatie van een groendak met zonne-energie dubbelduurzaam is? Is 1 + 1 dan 2, of is 1 + 1 misschien zelfs 3? Omdat het dubbelduurzaam genoemd wordt, hanteren we nu daarom maar de term “dubbeldak”.

Wat zijn de voordelen van een dubbeldak?

Zonnepanelen op groene daken produceren meer stroom dan zonnepanelen op gewone daken (referentiedak met zwarte bitumenbedekking). Deze meeropbrengst komt voort uit het feit dat zonnepanelen beter presteren in een koelere omgeving, of liever gezegd, minder presteren bij elke graad boven 25 graden Celsius. Uit de vorige hoofdstukken is bekend dat de temperatuur op een gewoon dak 's zomers op kan lopen tot wel 80 graden. In deze tijd zou juist de opbrengst van zonnepanelen het hoogst moeten zijn vanwege de lichtintensiteit. Groendaken verlagen de temperatuur aanmerkelijk (wel 40 graden).

Parameters

De omgevingsparameters zoals deze verwoord zijn in de hoofdstukken m.b.t. groendaken en zonne-energie gelden tevens voor de dubbeldaken.

Op het gebied van regelgeving wordt verwezen naar de Duitse FLL-normering.

Constructie

Aan de constructie van een dubbeldak worden een aantal eisen gesteld:

- De draagconstructie dient zwaarder uitgevoerd te worden i.v.m. de vermeerdering van het gewicht van zowel de groenlaag als de zonnepanelen.
- Toepassing van drainage-elementen is noodzakelijk.
- De hoogte van de panelen dient bepaald te worden in samenhang met de begroeiing
- De keuze van het groen wordt beperkt door specifieke eisen m.b.t. intensiteit en hoogte. Sedum-kruidvegetatie is het meest geschikt.

De combinatie is nog niet veel toegepast. Deskundige begeleiding is noodzakelijk.

(bron 32,33)

Bronnen groendak

1. “beton, de beste basis voor een mooi en duurzaam dak”, infofiche via website: www.infobeton.be
2. prijsopgave via www.groendak.nl, september 2009
3. algemene informatie via www.nophadrain.nl
4. algemene informatie via www.btech.be
5. “waterretentie van extensieve groendaken” uitgave vereniging voor openbaar groen (Belgie)
6. “daktuinen”, themanummer van Tuin & Landschap 4a, 2002.
7. Freek.S. Mandema B.Sc., ‘ecologische daken – daknatuur in de binnenstad van Groningen’, 2008
8. algemene informatie groenvoorziener Donker b.v. via brochure en website <http://www.donkergroen.nl/>
9. algemene informatie en on line kostenberekening van Van de Haar Groendaken BV via website <http://www.vdhaargroep.nl/>, september 2009
10. “kleine landschapselementen als invangers van fijn stof en ammoniak”, Alterra rapport 1419, ISSN 1566-7197

11. "fijn stof nader bekeken – de stand van zaken in het dossier fijn stof", MNP 2005.
12. K.Liu, "engineering performance of rooftop gardens through field evaluation", NRCC-46294
13. Kenneth Acks, "a framework for cost-benefit analysis of green roofs: initial estimates", Cost-Benefit Group, LLC
14. Corrie Clark, Peter Adriaens, F. Brian Talbot, "green roof valuation: a probabilistic economic analysis of environmental benefits", university of Michigan
15. "luchtkwaliteit en groen, Amsterdam, eindconcept, 2006, Mapsup en Alterra
16. algemene informatie via <http://www.groenophetdak.nl/indexie1.html>
17. "een groendak aanleggen" infofiche eco-bouwen, Brussels instituut voor milieubeheer, februari 2007
18. algemene informatie via www.igra-world.com
19. Rotterdam, groen van boven, gemeente Rotterdam
20. "daktuinen, waterbuffering en retentie", presentatie gegeven op VHL te Velp op 4 november 2008
21. Leonie Heutinck, Wilmar Vlaskamp "er was eens een stad bedekt met groene daken", praktijkboek groene daken, VHL, , afstudeerproject, juni 2008
22. "handleiding daktuinen", gemeente Amsterdam DRO, mei 2004
23. R. van Scheijndel, "een waterdicht bestek, een basis voor een waterdicht dak", publicatie in Roofs, oktober 2007
24. "ademnood", presentatie gehouden door Huub Keijzers, directeur stadsbeheer Weert in het kader van Seminartour Stedelijk Interieur, 28 september 2006
25. drs. V.H.M. Kuypers & ing. E.A. de Vries, "groen voor lucht", Alterra, i.o.v. LNV
26. "leven op daken", vakblad ter bevordering van meervoudig ruimtegebruik, nr. 6 2007
27. Tom Bade, Fred Tonneijck, Berend van Middendorp, "groen boven alles", Kenniscentrum Triple E in opdracht van de VHG Vakgroep Dak- en Gevelbegroening en Plant Publicity Holland (PPH)
28. G. Smits, "het omgekeerde dak als groendak", artikel in Roofs, november 2007
29. "een rood-groene coalitie zorgt voor rood-groene daken", publicatie PVdA en Groen Links, Amsterdam, februari 2008
30. "nieuwe regels om hemelwateroverlast te beteugelen", publicatie Uneto-VNI n.a.v. NEN 3215
31. "extensieve groendaken", brochure uitgegeven door het agentschap voor natuur en bos, Brussel 2002
32. "dubbelduurzaam: groendak met zonne-energie", <http://www.levenopdaken.nl/leven-op-daken-actueel/LOD7/LOD707.pdf>
33. "Kombinationslosungen – Dachbegrunung – Photovoltaik – Brauchwassernutzung",
34. Publicatie Fachvereinigung Bauwerksbegrunung e.V. (FBB), www.fbb.de
35. algemene informatie "groen op het dak", via website <http://www.groenophetdak.nl/indexnn2.html>
36. "daken in het groen" – aanwijzingen voor het ontwerp van vegetatiedaken en tuindaken. Uitgave van het SBR, januari 2007.
37. "handleiding voor het ontwerp en de aanleg van extensieve dakbegroeiingen" van Nophadrain ®
38. "handleiding voor het ontwerp en de aanleg van intensieve dakbegroeiingen" van Nophadrain ®
39. NEN-normering

3.4 Waterdak

3.4.1 Wat is een waterdak

Een waterdak is een plat dak waarop water kan worden opgeslagen.

Daken zijn altijd gemaakt om het water zo snel mogelijk af te voeren. Opslag van water op het dak is dan ook nog tamelijk nieuw. Als water op het dak kan worden opgeslagen, kan het weer benut worden voor toepassing in het gebouw zelf.

Veelal wordt wateropslag of afvoervertraging gerealiseerd op de begane grond, omdat dit in de regel goedkoper is. In bijzondere situaties in stedelijk gebied is dit niet altijd mogelijk. Een waterdak is dan ook een product voor een specifieke nichemarkt.

Bij hoge grondprijzen kunnen projectontwikkelaars bijvoorbeeld een afweging maken tussen een conventionele oplossing voor hun wateropgave, zoals het aanleggen van sloten en bergingsbassins, en een creatieve oplossing in of op het gebouw zelf.

Tijdelijke opslag

Water kan tijdelijk of permanent worden opgeslagen. Tijdelijke opslag kan tot ongeveer 200 mm neerslag bergen. Boven tijdelijke opslag wordt veelal geen dak of afsluiting aangebracht. Het water blijft dan zichtbaar en geeft een esthetisch effect. Tijdelijk wordt ingezet om de neerslagpieken op te vangen. Zo wordt het rioelstelsel ontzien en kan het watersysteem de klimaatverandering aan.

Bij de afwatering van een tijdelijk waterdak wordt gebruik gemaakt van een Ecopluis-systeem. Bij een lage waterstand wordt een kleine hoeveelheid water afgevoerd. Bij een hogere waterstand wordt steeds meer water afgevoerd. Bij het bereiken van de maximale waterhoeveelheid wordt 100% direct afgevoerd. In noodgevallen zullen noodafvoeren hun werk doen.

Permanente opslag

Bij permanente berging wordt de neerslag veelal in een gesloten constructie opgeslagen. Water kan bijvoorbeeld onder een parkeerdak worden aangebracht. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van kunststof cassettes (Watershell) of kunststof kratten (Permavoid).



Figuur 6 Plaatsen van Watershell cassettes in een betonbak
(Bron: www.waterblock.nl)

Cassettes worden in de verloren bekistingruimtes aangebracht. Deze methode kan alleen bij nieuwbouw toegepast worden.

Met deze methode kan maximaal een berging van 1837 L per m² bereikt worden. Bij grotere bergingshoeveelheden wordt deze overigens veelal op de grond toegepast en niet op daken.

Kratten kunnen onder een toplaag worden aangebracht. Ze hebben een hoogte van 75 tot 150 mm en worden verbonden met conische verbindingspinnen. Permavoid kan in bestaande bouw worden gebruikt, als de constructie het extra gewicht kan dragen. Het totaalpakket met het Permavoid systeem kan 28 cm bedragen, dit is inclusief de deklaag of klinkerverharding. Platte daken kunnen zonder doorvoeren door het dak worden uitgevoerd. Afvoer vindt dan plaats aan de zijanten. Afschot is niet noodzakelijk.

Bij toepassing op parkeerdaken zorgt een lijngoot met ingebouwde olieafscheider voor reiniging.

Bij een gesloten constructie kan het water benut worden als blus- of sprinklerwater, spoelwater en voor koeling van een gebouw.



Figuur 7 Schematische dakopbouw met Permavoidsysteem

(Bron: www.drainproducts.nl)

Permanente opslag komt ook in open vorm voor. Een voorbeeld hiervan is het belastingkantoor in Apeldoorn. Hier kan 400 mm geborgen worden. Het water wordt gebruikt voor spoelwater en in noodgevallen voor bluswater. Bij een tekort wordt dit water aangevuld met grondwater. Op die manier wordt tevens voorkomen dat het dak droog komt te staan.

De opbouw van een waterdak is als volgt:

1. dakconstructie, bij voorkeur beton vanwege sterkte en waterdichtheid
2. dampremmende laag of volledig verkleefde nooddakbedekking
3. isolatiemateriaal, waterdicht en bestand tegen grote druksterkte
4. het dakbedekkingssysteem, bij voorkeur 2 lagen en volledig verkleefd

3.4.2 Investing, kosten en baten

Onderzoek van diverse bronnen leverde geen inzicht op in investering, kosten en baten. Diverse partijen (bouwbedrijven en calculatiebureaus) zijn gevraagd naar de extra kosten en het extra benodigde beton voor de constructie bij daktoepassingen met hogere dakbelastingen. Hogere daklasten ontstaan bij zowel het intensieve groendak (vanaf 300 kg/m²) als het waterdak (tot 750 kg/m²).

Deze gegevens waren niet te verkrijgen. Er werd aangegeven dat deze berekeningen voor een variant met en zonder daktoepassing niet bij de ondervraagden bekend waren. Of ze in het geheel niet gemaakt waren, bleef daarbij onduidelijk. Scheutig met informatie hierover waren de diverse partijen niet.

Via een omweg proberen we toch een inschatting te maken van zowel de bouwkosten als het extra benodigde beton.

Als basis is genomen de WOZ-waardering van parkeergelegenheden van de overheid. (Bron: *Taxatiewijzer en kengetallen – parkeren*). Hierin worden diverse typen parkeergelegenheden beschreven. Gekozen is voor het type bovengrondse parkeergarages met open gevels, die na 1990 zijn gebouwd.

Parkeergarages hebben te maken met belastingen die in dezelfde richting gaan als die voor waterdaken en intensieve groendaken. De open gevels van de parkeergarages komen het dichtst bij de betonnen rand die voor een waterdak nodig is. Bovengrondse garages zijn blootgesteld aan windbelastingen, zoals waterdaken en intensieve groendaken op hoogte.

De vervangingswaarde per vierkante meter voor dit type gebouw is € 416,-. De ruwbouwkosten hiervan bedragen € 316,- per m². Daarmee worden kosten voor vaste inrichting, afbouw en installaties dus buiten beschouwing gelaten. De bandbreedte voor deze bouwkosten bedraagt +/- 25%.

Daarna is er een inschatting van het benodigde beton gedaan.

De dikte van een vloer van een parkeerdek schatten we in op ca. 30 cm. De extra dikte van de ondersteunende constructie en fundering die we uitdrukken per m² vloeroppervlakte van de bovenste bouwlaag is hierbij inbegrepen. Voor het soortelijk gewicht van beton is een waarde van 2000 kg/m³ genomen.

Per vierkante meter dakoppervlakte is dan 600 kg beton nodig.

De helft van de kosten (€158,- per m²) en de helft van het beton (300 kg/m²) zullen aan de daktoepassing worden toegerekend.

Op diverse punten zal deze aanname conservatief zijn, in andere gevallen misschien te ruim. Per bouwobject zal telkens weer een berekening moeten worden gemaakt.

Voor onderhoud is eenzelfde aanname gedaan als bij groendaken.

3.4.3 Fysieke mogelijkheden en beperkingen in de omgeving

Alleen bij een geschikte bodem kan het water in de grond gebracht worden. Bij zandbodem is dat in het algemeen makkelijker dan bij kleiige grondsoorten. Alternatief is vertraagde afvoer naar het oppervlakte water. Hiervoor dient het water wel schoon te zijn. Het dak mag geen materialen uitlogen. In het uiterste geval kan lozing via de riolering naar de waterzuivering.

Qua fysieke omgeving kan een waterdak in het algemeen vrijwel overal worden toegepast.

In Leeuwarden zijn er geen fysieke belemmeringen voor toepassing van een waterdak. Het aansluitend infiltreren in de bodem kan niet omdat de bodem veel klei bevat en de grondwaterstand in het algemeen te hoog is.

Afvoer naar het oppervlaktewater kan op veel plaatsen.

3.4.4 Milieukundige mogelijkheden en beperkingen

Waterdaken leveren een bijdrage bij de bestrijding van de problemen ten gevolge van klimaatverandering. Het betreft vermindering van:

- de wateroverlast op straat door hun vertragende werking in de afvoer van het water naar het riool
- het uitspoelingsrisico's bij de RWZI door piekbelasting.
- de waterhoeveelheid voor de RWZI door verdamping en afkoppeling
- de behoefte aan schoon kraanwater door gebruik van het dakwater voor toiletspoeling, etc.

Wateroverlast

Het Nederlandse rioleringsstelsel is zo aangelegd dat ze een bui die eens in de 2 jaar voorkomt kan verwerken zonder overlast op straat. Dit komt overeen met 19 mm. Onder invloed van de klimaatverandering neemt het aantal buien toe. Juist deze piekbelasting van het rioolnet zorgt voor wateroverlast op straat. Als deze piek (ten dele) opgevangen kan worden op een waterdak wordt het riool en de waterzuivering ontlast.

Uitspoelingrisico's

Na een enorme regenbui neemt de verblijftijd van afvalwater in de RWZI af. Er bestaat kans op uitspoeling van de reinigende bacteriën.

Bij aanhoudende regenbuien over meerdere dagen kan de capaciteit van het dak niet toereikend zijn voor opvang van alle neerslag. Dan bestaat het risico van gedwongen afvoer van regenwater naar het riool. Dit resulteert in een restrisico voor uitspoeling, dat alleen met zeer grote investeringen te ondervangen.

Verdamping

Door het water vast te houden op een waterdak kan door zon en wind meer verdamping optreden. Daardoor kan de hoeveelheid water die naar een rioolwaterzuivering moet met ca. 30% afnemen. Dit betekent dat de RWZI minder snel tegen de grenzen van haar productiecapaciteit aanloopt. Investeringen kunnen worden uitgesteld.

Afkoppeling

Door het water in de bodem te brengen neemt de hoeveelheid afvalwater die de RWZI moet verwerken af. Dit betekent een vermindering van kosten. Als indicatie voor de kosten: Wetterskip Fryslan geeft per kuub afvalwater ca. € 0,47 uit aan transport, reiniging en slibverwerking. Voor reiniging alleen is dat € 0,27 per kuub.

(bron Wetterskip Fryslan, rapport: Beheers- en bedrijfsresultaten Zuiveringstechnische werken, 2007)

Gebruikswater

Per m² dak valt in Nederland ca. 900 mm water per jaar. Als er uitgegaan wordt van 30% verdamping en 30% afvoer vanwege aanhoudende regenbuien blijft er ca. 360 mm over voor spoeling van toilet. Per m² betekent dit een besparing van € 0,60 per jaar bij een prijs van € 1,68 per liter.

Overigens kan meer dakoppervlak worden aangesloten op een waterdak. Hierdoor nemen besparingen toe. Hiervoor dient dan wel een zwaardere dragende constructie aanwezig te zijn.

Consequenties constructie

Op basis van de aannames in paragraaf 3.4.2 is voor de constructie 600 kg beton per m² nodig. 300 kg beton komt overeen met 300 kg CO₂. Bij waterdaken is er geen compensatie van deze CO₂. Bij groendaken kan er door de begroeiing weer CO₂ worden vastgelegd.

Over hun gehele levensduur leggen bomen hoeveelheden CO₂ vast die variëren van ca. 50 tot 2850 kg. Dit verschilt veel per soort en is afhankelijk van plantafstand, etc. Dennen en sparen leggen ca. 50 tot 300 kg vast; beuken, berken en kastanjes 100 tot 150 kg. Populieren en wilgen leggen meer dan 1950 kg vast. (bron: www.milieucentraal.nl (bomencalculator).

Let wel dit zijn gegevens per boom en niet per vierkante meter. Om ze te kunnen vergelijken zullen ze per vierkante meter moeten worden uitgedrukt.

Als de aannames voor het benodigde beton juist zijn kan gesteld worden dat de CO₂ uitstoot die veroorzaakt wordt door de betonconstructie van een intensief groendak, niet gecompenseerd wordt door de binding van CO₂ door de bomen die erop kunnen groeien.

Bij een waterdak vindt totaal geen compensatie plaats.

Waterdaken en intensieve daken zullen dus vooral ingezet moeten worden om de overlast van water op straat, veroorzaakt door intensieve regenbuien, tegen te gaan.

3.4.5 Beleidsmatige mogelijkheden en beperkingen

Het waterdak is in qua functie en werking te vergelijken met een groendak. Voor beleidsmatige mogelijkheden en beperkingen verwijzen we dan ook naar paragraaf 3.3.4. Hetgeen daar over het groendak gezegd wordt, is ook van toepassing op een waterdak.

3.4.6 Voorwaarden ontwerp

Waterdaken worden alleen op platdak constructies uitgevoerd. Bij het ontwerp met rekening worden gehouden met een extra hoogte van 75 cm.

3.4.7 Voorwaarden constructie

Het water op een waterdak heeft een gewicht tot 750 kg/m². De constructie moet hierop berekend zijn. Daarnaast moet de ondergrond vlak, gaaf, droog en schoon zijn.

Het effectief afschot dient tenminste 1% ten zijn.

Vanwege belastingseisen en waterdichtheid wordt beton aanbevolen.

3.4.8 Voorwaarden uitvoering

Voor een waterdak wordt een warmdakconstructie toegepast. Op een betonnen ondergrond is dit waterdicht aan te brengen. Met de nodige voorzorgsmaatregelen zijn ook andere dragende constructies mogelijk. Bij houten daken mogen de plaatdelen niet onderling verticaal kunnen bewegen en kieren mogen niet voorkomen.

Het isolatiemateriaal dient het extra gewicht te kunnen dragen en van zichzelf waterdicht te zijn. Bijvoorbeeld: cellulair glas, XPS of PUR.

Het dakbedekkingssysteem dient volledig verkleefd te worden aangebracht. Volledige verkleving bevordert de stormvastheid, maar nog belangrijker is dat het grotere garantie voor waterdichtheid is. Bij eventuele lekkage is het traceren ervan veel eenvoudiger.

Aan overlappingen moet extra aandacht besteed worden. Ze dienen eventueel tweemaal gelast te worden. De toplaag en gebruikte kleefstoffen moeten wortelvast zijn. De toplaag moet tegen permanente waterbelasting bestand zijn. Hiervoor zijn diverse speciale typen dakbedekking in APP, SBS, POCB, ECB, TPO en PCV uitvoering.

Op de waterlijn dient een volledig gekleefde EPDM-toplaag te worden aangebracht vanwege het wisselend waterniveau.

Het water op het dak mag niet bevriezen. Dit is zeker het geval als het water als gebruikswater wordt ingezet voor toiletspoeling of bluswater. Om algengroei zoveel mogelijk tegen te gaan zal het water moeten blijven stromen. Door circulatie van het water kan bevrozing en algengroei worden voorkomen.

Bij uitvoering op een bestaand dek zijn er de volgende aandachtspunten

1. isolatie: dient droog zijn en de bevestigingsmethode moet kunnen worden toegepast.
2. dakbedekking: dient in goede staat te zijn, dient vlak te zijn. Eventueel nivelleren met bitumen of uitvlakken.
3. dakdoorvoeren, dakopbouw en opstanden: moeten toepassing van een waterdak mogelijk maken.
4. hemelwaterafvoeren: bestaande afvoeren moeten worden gesloopt en verhoogd te worden aangebracht.

3.4.9 Voorwaarden gebruik

Regelmatig zullen afvoeren en roosters moeten worden gecontroleerd op bladeren, etc. Dit is conform een normaal dak zonder daktoepassing.

Bronnen

Sites

www.drainproducts.nl, november 2008
www.betonrestore.nl, november 2008
www.waterdaken.nl, november 2008
www.dakwater.nl, november 2008
www.milieucentraal.nl (bomencalculator), november 2008

Foamglas

Brochure Foamglas Kompaktdaksysteem, Isolatie van daken waar eisen worden gesteld.
Brochure Foamglas-Kompaktdaksystemen op gesloten ondergronden.
Brochure Waterdaken.

Artikelen

Ing. Frank Groot; Water bergen op een plat dak; Dakenraad, April 2007 (77-19).
Suzanne de Werd; Waterbeheer op daken; Waterberging.
Duurzaam waterbeheer; Review nr 4 – 2007.

Rapporten

Beheers- en bedrijfsresultaten Zuiveringstechnische werken 2007, Wetterskip Fryslan, mei 2008
Taxatiewijzer en kengetallen – parkeren (WOZ); Vereniging van Nederlandse Gemeenten; waardepeildatum 1 januari 2007

3.5 Samenvatting toepassingen

In **Tabel 6** en **Tabel 7** zijn de belangrijkste gegevens van de daktoepassingen uit dit hoofdstuk overzichtelijk gerangschikt.

Deze gegevens zijn van toepassing onder de voorwaarden in hoofdstuk 2 genoemd: platte, bitumineuze daken in stedelijk gebied in geval van nieuwbouw in optimale situaties.

In de eerste tabel zijn de kosten en baten van de daktoepassingen voor zowel de private investeerder als voor de maatschappij weergegeven. Het zonthermisch dak is snel terugverdiend. Het zonnedak is interessant als er een langere tijdhorizon wordt genomen. De groendaken en het waterdak lijken economisch minder interessant, maar hier moet wel een kritische kanttekening worden gemaakt. Bij dit soort daken in stedelijk gebied behoort de afweging te worden gemaakt of er geïnvesteerd gaat worden in capaciteitsvergroting van het riool of in alternatieven. De kosten van capaciteitsvergroting van het riool hebben wij niet in kaart kunnen brengen. Ingrijpen in het rioolstelsel in stedelijk gebied gaat echter met grote kosten gepaard. Kosten voor de investering, maar ook gevolgcosten voor alle aanwonenden, die door het opbreken van de wegen gehinderd worden. Dan kan investeren in groen- en waterdaken toch interessant zijn.

In de tweede tabel zijn niet financiële gegevens opgenomen. Het procentuele deel van het dak dat voor de daktoepassing kan worden ingezet verschilt per toepassing. In de praktijk wordt bij het thermisch dak slechts een deel van het dak ingezet voor energiewinning, omdat de vraag van de investeerder anders al snel overtroffen wordt. Het gehele dak kan worden ingezet als er afzet van de thermische energie op korte afstand gerealiseerd kan worden. Bij het zonnedak is het percentage gerelateerd aan de vorm van het product en de schaduwwerking. Bij groendaken is er de vereiste om 30 cm van de dakrand vrij te houden.

Alleen bij groendaken wordt de levensduur van de dakbedekking verdubbeld doordat directe zonnestralen op de dakbedekking vermeden worden.

Thermische daken en zonnedaken leveren een bijdrage aan vermindering van de CO₂-emissie. Het intensieve groendak en het waterdak leveren extra CO₂-emissie op. Opgemerkt moet worden dat de extra CO₂-emissie van de productie van de toepassing (LCA) niet is meegerekend, omdat deze informatie niet voor handen was of niet werd vrijgegeven.

Alleen groendaken leveren een bijdrage aan vermindering van fijnstof, waaronder NO_x. Groendaken zijn bovendien erg gewaardeerd voor hun positieve bijdrage voor de ecologische waarde, de belevingswaarde voor de omwonenden en de geluiddemping.

In de tabellen zijn geen terugverdientijden opgenomen. Duurzame toepassingen worden nog steeds als “extra” gezien en over het algemeen in economische termen slechts haalbaar geacht indien gesubsidieerd. Subsidies zijn afhankelijk van de situatie/locatie, de leverancier en de afnemer. Tot op heden is het (overheids)beleid op het gebied van subsidiering niet consistent. In aansluiting op lokaal beleid zijn er veel mogelijkheden, zo treedt binnenkort een subsidieregeling voor groendaken binnen de gemeente Leeuwarden in werking. E.e.a. betekent echter wel dat terugverdientijden niet algemeen geldend en eenduidig aangegeven kunnen worden.

Voor een overzicht van de per 1 januari 2009 geldende subsidies wordt verwezen naar bijlage 2.

Kosten-baten-analyse daktoepassingen platte daken

alles uitgedrukt in euro's per vierkante meter

alles meerkosten tov standaard dak

	Thermisch dak	Zonnedak		Groendak		Waterdak
		liggend	staand	extensief	intensief	
Investeringskosten						
Meerkosten daktoepassing	305	296	655	30	60	?**
Geschatte meerkosten constructie					158	158
Totale investerings/meerkosten	305	296	655	30	218	158
Baten						
Verminderde kosten ivm verlenging levensduur				1,00	1,00	
Energie	160 *)	10	20			
Water						0,50
Totaal baten	160	10	20	1,00	1,00	0,50
Kosten onderhoud	0,50	0,50	0,50	0,75	2,00	0,50
Saldo kosten/baten	160	9	19	0,25	-1,00	0,00
*) = saldo extra verbruik elektra minus minder verbruik gas						
**) = geen prijsopgave verkrijgbaar						

Tabel 6 Kosten-baten-analyse daktoepassingen

Gegevens daktoepassingen op platte daken

waarden zijn uitgedrukt per vierkante meter

		Thermisch dak	Zonedak		Groendak		Waterdak
			liggend	staand	extensief	intensief	
m ² product t.o.v. m ² dak		10% tot 100%	75%	25%	90%	90%	100%
Levensduur		normaal	normaal	normaal	verdubbeld	verdubbeld	normaal
Reductie hoeveelheid riolwater	L/m ²				340	595	300
Gebruik water	L/m ²						300
Verminderde CO ₂ -uitstoot (direct)	kg	283 tot 453	28	56			
Verminderde CO ₂ -uitstoot (RWZI)	kg				<1	<1	<1
Extra CO ₂ -uitstoot betonconstructie	kg					300	300
Saldo CO ₂ -uitstoot	kg	283 tot 453	28	56	<1	-300	-300
Fijnstof-opname	gram				0,50	0,75	
NO _x -opname	gram				0,20	0,30	
Geluiddemping		0	0	0	+	+++	-
Beleving / Esthetische waarde		0	-	-	+++	+++	++
Ecologie		0	0	0	+++	++++	++

Tabel 7 Niet-financiële gegevens m.b.t. daktoepassingen

4 Uitwerking beoordelingssystematiek

4.1 Inleiding

Uit de voorafgaande hoofdstukken moge duidelijk zijn dat de toepassingsmogelijkheden vanuit het concept “het dak als vijfde gevel” in meerdere of mindere mate de duurzaamheid van de omgeving kunnen beïnvloeden. Hierdoor kan invulling gegeven worden aan het transitieconcept zoals dit E.R.O.P. voor ogen staat.

Een vergelijking maken tussen de verschillende toepassingen is bijna onmogelijk. De gebruikelijke manier van beoordelen op basis van kosten/baten geeft uiteraard de mogelijkheid om de financiële afweging te kunnen maken.

Naast financiële afwegingen hebben we vanuit de aard van het onderzoek, namelijk duurzaamheid, ook andere afwegingen mee te nemen. De inzet van dit onderzoek is de verduurzaming van het dak. Duurzaamheid als item is lastig te kwantificeren en nog moeilijker te monetariseren.

4.2 Instrumenten

4.2.1 Instrumentenpalet duurzaam bouwen

Via Senter Novem is een instrumentenpalet beschikbaar (zie bijlage 1). Het doel van deze instrumenten is het vergroten van bewustwording en kennis rond duurzaam bouwen.

Voor de beoordelingssystematiek van daktoepassingen zijn deze instrumenten doorgenomen, waarbij gebleken is dat:

- een aantal instrumenten afvallen omdat deze zich richten op onderdelen (bijvoorbeeld alleen energiebesparing, verkeersprestatie, planvorming etc.)
- de methodes gericht zijn op bouwkundige en installatietechnische maatregelen
- veel methodes bedoeld zijn om achteraf gebruikt te worden of in de eindfase van de ontwikkeling
- veel instrumenten specifiek zijn voor wijken, integrale planvorming, toetsing achteraf en evaluatie bestaande wijk voor beleidvorming
- sommige instrumenten bestemd zijn voor communicatie en het vaststellen van het ambitieniveau van het beleid
- een aantal instrumenten alleen bestemd zijn om inzicht te krijgen in effecten van beslissingen

In het algemeen kan gesteld worden dat de instrumenten zich vooral bezig houden met de harde kanten: hoe moet je bouwen zodat het gebouw (de schil) zo duurzaam mogelijk is en meewerkt aan de verduurzaming van wijk of streek.

Afhankelijk van het proces, het moment van overleg en voorbereiding, de locatie, integratie in bestaande bouw en andere parameters kunnen voor wat betreft het project of het gebouw als geheel of als deel van een ontwikkelingsplan een of meerdere instrumenten ingezet worden.

4.2.2 MKBA

Een methode die vaak toegepast wordt om toch te kunnen komen tot vergelijking van milieuafwegingen is de zogenaamde Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA)

Cok (2006) definieert de MKBA als volgt:

“Een MKBA maakt maatschappelijke effecten inzichtelijk die verschillende partijen in de samenleving ondervinden in termen van kosten en baten van één of meerdere projecten, maatregelen of ingrepen en weegt deze tegen elkaar af.”

Witteveen en Bos (2005) definieert de MKBA:

“Een MKBA is een integraal afwegingsinstrument waarmee alle huidige en toekomstige maatschappelijke voor- en nadelen, ofwel welvaartseffecten, van een project tegen elkaar afgewogen worden door ze in geld uit te drukken. Wanneer de baten groter zijn dan de kosten is een maatregel maatschappelijk gezien verantwoord.”

Deze definities impliceren ongeveer hetzelfde: het maken van een keuze voor een alternatief dat maatschappelijk verantwoord is. Dit onderscheidt de MKBA van andere afwegingsmethoden. Deze afweging vindt plaats op grond van vergelijkbaarheid van effecten door deze te kwalificeren, kwantificeren en daar waar mogelijk te moneteriseren.

Bij de afwegingen die gemaakt zullen moeten worden bij de beleidsbepaling, de uitvoering, het ontwerp, de constructie en de realisatie van elke toepassing speelt tevens de lokale situatie een hoofdrol. Hoe kan men toch tot gefundeerde afwegingen komen en zo tot besluitvorming?

Parameters

Om te komen tot beoordelingsparameters moet een afweging gemaakt worden welke aspecten wel en niet in aanmerking komen om meegenomen te worden. De aspecten die gebruikt worden bij het opstellen van een MKBA zijn vastgesteld.

Deze aspectenleer is opgesteld door de Nederlandse filosoof Dooyeweerd (1935). In Nederland is deze aspectenreeks algemeen geaccepteerd (bronnen: Tauw, Witteveen & Bos, OIE, Alterra, Haskoning, NIDO, Wetterskip Fryslan e.v.a.)

- Wereldbeschouwing
- Moreel
- Juridisch – wetgeving
- Esthetisch – beleving
- Economisch - financieel
- Sociaal –
- Linguïstisch – symbolisch
- Historisch – ingrijpen in
- Logisch – beredeneerd
- Psychisch – beleving
- Biotisch – levensprocessen
- Fysisch-chemisch - materie
- Ecologisch – biodiversiteit
- Kinetisch - beweging
- Ruimtelijk -
- Arichmetisch – discrete hoeveelheden

De opsomming is tot stand gekomen, omdat bij de vaststelling van de kosten/batenverhouding van projecten die uitgevoerd worden in het kader van oplossing van milieuproblematiek de doorslaggevende factoren gelegen zijn in de noodzaak (milieukundig) van een probleem. Hierbij wegen louter financiële gronden de baten niet op tegen de kosten, terwijl de maatschappelijke noodzaak, en vaak ook de wettelijke noodzaak, dwingend is. Een breed scala aan beleid en projecten variërend van bodemsanering, landschappelijke en

ruimtelijke structurering tot waterwerken is al aan de hand van bovengenoemde thema's aan beoordeling onderworpen.

Toelichting op de aspecten in relatie tot duurzaam bouwen

In het kader van het proces van planning tot realisatie van een project of object worden deze aspecten op de volgende manier uitgelegd.

Wereldbeschouwing

Over het algemeen wordt in alle culturen en vanuit veel religies meer waardering uitgesproken voor groen/blauw t.o.v. rood. Bouwen in een groen gebied wekt altijd veel weerstand op.

Moreel

Opvattingen over goed beheer. Wanneer er gebouwd gaat worden in wat voor omgeving dan ook mag het publiek ervan uitgaan dat ontwerpers en bouwers op een goede manier met de omgeving en alle ingrepen hierop omgaan.

Juridisch

Het spreekt voor zich dat daar waar wet- en regelgeving in het geding is en een toepassing hiertoe een passende oplossing biedt, deze meegenomen wordt in de beoordeling.

Esthetisch/beleving

Naast de wereldbeschouwelijke voorkeur voor groen/blauw speelt hierbij ook een rol de esthetische beleving zoals deze nagestreefd wordt door stedenbouwkundige, architecten, ontwerpers e.d. De manier waarop contact gemaakt wordt met de realiteit in samenhang met de beeldvorming bepaalt de beleving van het publiek.

Economisch/financieel

Die factoren die gemonetariseerd kunnen worden, worden meegenomen in de kosten/baten afweging.

Sociaal

Het kan voor een gemeente, woningbouwvereniging en anderen wenselijk zijn om in het kader van burgerparticipatie en wijkbeleid te kiezen voor bepaalde toepassingen. (voorbeeld: acceptatie op wijkniveau van renovaties, inbreidingen, bestemmingsplan).

Historisch

Behoud van historische locaties/waardes kan toepassingen uitsluiten of juist versterken.

Linguïstisch

Symbolische betekenissen. In taal vastgelegde concepten. Duurzaamheid in beleid bijvoorbeeld is op veel manieren vast te leggen. De vertaalslag naar de maatschappij bepaalt de acceptatie van ideeën en het verkrijgen van een duurzaam imago.

Logisch

In aansluiting op fysieke omstandigheden, dwingend maatschappelijk en wettelijk beleid kan beredeneerd gekozen worden voor een specifieke toepassing. (voorbeeld: uiteindelijk kan de afweging op harde gronden een bepaalde toepassing voorop stellen, in het grote geheel kunnen echter toch dwingende redenen zijn om voor een andere toepassing te kiezen). Analytisch.

Psychisch/welbevinden

Van sommige toepassingen kan gesteld worden dat ze een positieve invloed hebben op het welbevinden van personen in een zodanig ingerichte omgeving. Ook het beleid van de

overheid kan gericht zijn op de geruststelling van de burgers door het toepassen/faciliteren van duurzame toepassingen als oplossingsrichting voor bv klimaatprobleem.
(voorbeeld: groen in de buurt van ziekenhuis bevordert het genezingsproces)

Ecologisch/biotisch

Elk ingrijpen op de omgeving is ingrijpen op de ecologische systemen in een gebied. In huidige ontwikkeltermen wordt vaak gesproken over compensatie, d.w.z. dat voor een verloren habitat een andere (vaak op een andere locatie) gecreëerd dient te worden. In nauwe samenhang hiermee:

Hoe wordt ingegrepen op de levende wezens. Biodiversiteit is een belangrijk item in de wereldwijde beschouwing over klimaatverandering. In bouwkundig opzicht kan hierbij ook gedacht worden aan de effecten die bijvoorbeeld verstedelijking hebben op het leven van mensen.

Arichmetisch

De baten van sommige toepassingen kunnen vertaald worden naar verhoudingsgewijze reductie van een milieuprobleem.
(voorbeeld: fijn stof reductie, geluidsisolatie e.d.)

Fysisch/chemisch

Het materiaalgebruik voor de toepassing heeft zijn eigen waardering (LCA). Duurzaamheid maakt een absolute afweging vaak onmogelijk. Toepassingen voor het gebruik van alternatieve energiebronnen hebben door hun materiaal en uitvoering vaak milieubeslag. Op het ogenblik is cradle to cradle een hot item. Door de aanhangers van deze gedachte wordt de belasting gemeten naar de permanentie van de cyclus waarin het materiaal voorkomt en behouden wordt.

Ruimtelijk

Er zal rekening moeten worden gehouden met de hoeveelheid en massa groen (rood-groenbalans), de groenstructuur in een stad, de soortsaamenstelling en specifieke eigenschappen, de standplaatscondities (groen-blauwbalans) en het groenbeheer. Dit alles uitgaande van de stelling dat blauw/groen meer gewaardeerd wordt dan rood.
(voorbeeld: acceptatie bestemmingsplan)

Uit bovenstaande opsomming blijkt al op het eerste gezicht dat er tevens een verdeling te maken is in "harde" en "zachte" factoren. Harde factoren zijn te monetariseren en/of te kwantificeren. Deze indeling valt meestal samen met de indeling in natuurlijke (natuurwettelijke) en menselijke aspecten.

Vanuit bovengenoemde elementen van de aspectenleer is het noodzakelijk om een vertaalslag te maken naar de onderzochte situatie. Voor elk te beoordelen object/project dienen de waarderingen toegewezen te worden.

Als we het over duurzaamheid van de te bebouwen omgeving hebben zullen niet alle parameters in de beoordeling meegenomen worden. Deze parameters worden gekoppeld aan criteria, waarvoor we de behandelde criteria uit hoofdstuk 3 gebruiken:

- beleid
- wetgeving
- omgeving
- ontwerp en constructie
- gebruik

Door zo te werk te gaan worden uiteindelijk alle factoren meegenomen die, al dan niet financieel, meespelen bij de beslissing welke toepassing het geschiktst is voor de bestemde locatie en het gebruik.

Het doel van een dergelijke analyse zou moeten zijn: het inzichtelijk maken van aspecten die naar voren komen bij de beslissing tot ontwikkeling. Hoewel bijvoorbeeld een multicriteria analyse, zoals een MCA die vanuit wettelijk perspectief al toegepast wordt in het kader van een MER is de methode nog niet gebruikelijk in dit soort situaties (kleinschalige ontwikkeling). De maatschappelijke opgave van de huidige tijd maakt het echter wenselijk om bij ontwikkelingsprojecten in het algemeen duurzaamheid mee te nemen in de beslissingen. Veel gemeentes en hogere overheden hebben in hun beleidsstukken aangegeven dat ze in het kader van klimaatbeleid (of hoe het dan ook genoemd wordt) ontwikkelingen mee willen, soms ook moeten, nemen. De praktijk werkt nog steeds anders. In bestemmingsplannen kunnen gemeentes vooruit lopen op de vernieuwde wet ruimtelijke ordening, waarbij milieuaspecten geïntegreerd worden in het ruimtelijk ontwerp. Een pro-actief beleid wordt echter vaak alleen met de mond (en op papier) beleden.

Weging

Een dergelijke analyse in de praktijk uitvoeren kan aan de hand van computerprogramma's. Er zijn verschillende studies beschikbaar die de verschillende methodes evalueren. Deze programma's geven, behalve de criteria die gebruikt moeten worden, ook wegingsfactoren. De zogenaamde Multi objective decision support systems zijn computerprogramma's die hieraan een bijdrage kunnen leveren. Deze MODSS kunnen helpen bij het nemen van beslissingen. MODSS combineren rangschikking methodes (zoals MCA en Kosten-Baten analyse)

We noemen hier voorbeelden van:

- Bosda 3.0 (www.ivm.faw.vu.nl/research_projects)
- Expert choice 11.5 (www.expertchoice.com/)
- Hiview 3 (www.catalyze.co.uk/products/hiview)
- Logical decisions 6.0 (www.logicaldecisions.com/)
- Web Hipre (www.hipre.hut.fi/)

Deze methodes zijn zogenaamde beslissing ondersteunende systemen die evaluatie mogelijk maken en helpen met het toekennen van wegingsfactoren.

Met behulp van deze programma's is het vaak zelfs al mogelijk om een complete MKBA te maken.

Het prettige van deze programma's is dat ze de vergelijking tussen appels en peren mogelijk maken, oftewel, precies wat we proberen te doen in dit onderzoek.

Het nadeel van deze programma's is dat de gebruiker de wil moet hebben om in elke situatie, of het nu een beleidsprogramma betreft of een ontwerp, een methode te kiezen (en betalen vaak). Aan de hand van demoversies is vaak wel te zien of de methode geschikt is.

Om een goede afweging te kunnen maken dienen bovendien ook weefactoren ingebracht te worden. Een lastige, vrij subjectieve exercitie die ondersteund wordt naar objectiviteit door bovengenoemde software.

De actoren zullen hier bij het volgen van het proces van planning, ontwerp en realisatie zelf de weefactoren in moeten vullen, deze kolom zal dus in de volgende tabel leeg aangegeven worden.

De combinatie van de criteria en parameters levert het volgende overzicht.

Voor cijfermatige invulling van de maatstaven voor de toepassingen zoals behandeld in hoofdstuk 3 wordt verwezen naar tabel 7.

criterium	parameter	Weeg-factor	toelichting	maatstaf
wet- en regelgeving	juridisch		Zorgplicht water	Vertraging in L; reductie in L ?
	ruimtelijk		WRO	% blauw/rood/groen
	financieel		Subsidies	
beleid	moreel		Beheerstaak gemeente, wat behoort	
	esthetisch		De schoonheid van het object/project	Meer/minder +/-
	sociaal		Acceptatie burger, inbedding in wijkstructuur	Ja/nee
	linguïstisch		Hoe communiceert de gemeente	Vertaalbaar, transparantie meer/minder
	historisch		Passend bij de oorspronkelijke bestemming of uitvoering	Ja/nee; meer/minder
	logisch		Beredeneerd, niet in conflict met andere zaken	Meer/minder +/- aantallen
	ruimtelijk		Groen/blauw/rood balans	%
	financieel/economisch		subsidies	€
fysieke omstandigheden	biotisch/ecologisch		Huidige en gewenste toestand biodiversiteit	Meer/minder +/-
milieuomstandigheden	fysisch chemisch		Milieubelasting van de maatregel, LCA	Hoeveelheden stoffen
	ecologisch		Geen schade toebrengen aan	Hoeveelheid schadelijke stoffen (ppm)
ontwerp- en constructie	fysisch chemisch		materiaalkeuze	Meer/minder "cradle to cradle" +/-
	financieel		KBA	€, terugverdientijd
financieel-economisch	arichmetisch		Getalsmatig weer te geven	
maatschappelijke thema's	wereldbeschouwing			
	esthetisch			
	sociaal			
	psychisch		gezondheid	Meer/minder in % en aantallen

Tabel 8 Overzicht Multi-Criteria Analyse met parameters

Een multi criteria analyse is eigenlijk alleen te maken op lokaal niveau. Dit betekent dat de methode landelijk toepasbaar is, maar de uitwerking alleen op lokaal niveau gemaakt kan worden. Per functie van het project/object dient een criteria analyse gemaakt te worden. Verder kan uiteraard een onderverdeling gemaakt worden naar oudbouw-nieuwbouw voor een breder toepassingsterrein. In dit onderzoek hebben we ons beperkt tot nieuwbouw met verschillende functies, afhankelijk van het gebruik van faciliteiten als energie, water e.d. Deze analyse geeft een restrictie op de te onderzoeken toepassingen per locatie.

Minder sterke punten zijn:

- Er zijn, zeker voor bepaalde toepassingen als waterdak, nog weinig wetenschappelijke data beschikbaar.
- De tijd tussen inpassing in de praktijk en effect/opbrengst is vaak lang en niet te overzien.
- Niet alle parameters zijn in een tweedimensionaal systeem onder te brengen.
- Veel parameters zijn niet onder een noemer te brengen.
- Uitgestelde investeringen en subsidies zijn niet constant en/of om te rekenen naar m2 kosten/baten. Ze moeten wel meegenomen worden omdat ze de uiteindelijke resultaten beïnvloeden.

Sterk punten:

Om te komen tot een weloverwogen beslissing dient in een vroeg stadium met alle betrokken actoren vooraf overwogen te worden welke keuzes met het oog op duurzame ontwikkeling van een project/object gemaakt worden. De hierboven beschreven instrumenten geven een stappenplan en een handvat om te komen tot een onderbouwde, breed gedragen keuze om duurzaamheid in een zo vroeg mogelijk stadium mee te nemen in het ontwikkelingsproces.

Bronnen

1. Gigi van Rhee, "kan een maatschappelijke kosten-batenanalyse gebruikt worden voor de beoordeling van innovatieprogramma's?", working paper voor het ministerie van EZ, 2006.
2. ir. P. Lems, dr.ir. G.D. Geldof, "waardering voor water", Tauw BV, januari 2004
3. www.senternovem.nl
4. dr.ir. E.C.M. Ruijgrok, "natuur, water, bodem en landschap in de MKBA", presentatie Witteveen & Bos
5. E.A. Reinshagen, "formalisering van toekenning van gewichten binnen een multi criteria analyse", afstudeerverslag UT
6. Dirk Jan Sluiter, "MKBA, de brug tussen beleid en werkelijkheid?", afstudeerscriptie Windesheim

4.2.3 Eenvoudige beslisstappen in bestaande situaties

In bestaande situaties is het niet eenvoudig om alsnog milieuvriendelijke daktoepassingen aan te brengen. Een beslissing kan niet simpelweg worden genomen op basis van de informatie uit hoofdstuk drie en het eerste deel van hoofdstuk vier. Er is additionele informatie nodig over de extra benodigde aanpassingen. Extra aanpassingen betekenen veelal ook extra kosten en milieubelasting.

Op het moment dat er groot onderhoud op het dak moet plaatsvinden is het de moeite waard om milieuvriendelijke daktoepassingen te overwegen. De extra kosten zullen in verhouding lager zijn, omdat alles in één gang kan worden gedaan.

Voor een aantal toepassingen en in specifieke situaties gaat deze redenering niet op. Dan maakt het bijna geen verschil of een toepassing wel of niet in combinatie met onderhoudswerk wordt uitgevoerd.

Om in een bestaande situatie een goede afweging te maken welke toepassing het beste op het dak kan worden aangebracht, zal men alle informatie over de verschillende toepassingen moeten doornemen. Dit neemt veel tijd in beslag.

Er zijn drie gebieden waarop de investeerder zal moeten beoordelen welke toepassing bij hem past:

1. op welke manier draagt een toepassing bij aan een beter milieu en voorziet een toepassing in een behoefte van de investeerder of zijn omgeving
2. kan de toepassing praktisch worden toegepast of vergt dit veel aanpassingen
3. met welke investering moet rekening worden gehouden en welke terugverdientijd heeft de investering

Tabel 9 geeft informatie over het eerste punt. Er kan een keuze gemaakt worden om te investeren in reductie van CO₂-emmissie of dat men wil voldoen aan de wateropgave. De redenering kan zijn dat investering in CO₂-emmissie de oorzaken van de milieuproblemen in stedelijk gebied bij de bron aanpakt, terwijl het voldoen aan de wateropgave eigenlijk dweilen met de kraan open is.

Deze redenering gaat niet in elke situatie op. Juist in stedelijk gebied waar schaduwwerking een probleem oplevert voor zonnedaken, is een bijdrage aan de wateropgave verantwoord.

Voor een beoordeling van de praktische toepassing kan de investeerder *Tabel 10* doornemen. Sterk bepalend voor het aantal opties is de draagkracht van de constructie. Daarna zijn de uitvoering van het dak en de isolatie bepalend voor het keuzepalet.

Als er los van groot onderhoud een daktoepassing wordt gekozen, zal dit mogelijk tot een andere keuze leiden, dan wanneer er wel sprake is van groot onderhoud.

Bij groot onderhoud kan er sprake zijn van

1. het overdekken van de oude dakbedekking met een nieuwe laag
2. het aanbrengen van totaal nieuwe dakopbouw

Noot: overdekken is niet per definitie milieuvriendelijker, omdat men lagen laat liggen voor de toekomst.

In het laatste geval is het eenvoudiger om te (her)isoleren. In dat geval kan ook gekozen worden voor het volledig verkleven van dakbedekking. Hierdoor komen in het tweede geval meer opties binnen handbereik.

In *Tabel 11* is aangegeven wat de extra kosten per vierkante meter zijn bij nieuwbouw. In het geval van het intensieve groendak en het waterdak is hierbij geen rekening gehouden met de meerkosten van de constructie.

Overigens zal alleen in uitzonderlijke gevallen een constructie berekend zijn op de extra belasting van een waterdak of intensief groendak.

Daktoepassing	Zonnedak liggend	Zonnedak staand	Zonthermisch dak	Extensief groendak	Intensief groendak	Waterdak
Oplossing voor	CO ₂ -emissie	CO ₂ -emissie	CO ₂ -emissie	wateropgave	wateropgave	wateropgave
Levering van c.q. voordeel	Elektrische energie	Elektrische energie	Thermische energie	Minder wateroverlast op straat	Minder wateroverlast op straat	Minder wateroverlast op straat; Gebruikswater (geen drinkwater)
Opbrengst per m ² per jaar (besparing)	49 kWh	99 kWh	800 kWh	340 L/m ² (minder rioolafvoer)	595 L/m ² (minder rioolafvoer)	300 tot 750 L/m ² (minder rioolafvoer)
Beperking CO ₂ -emissie p.jr	30 kg	56 kg	453 kg	verwaarloosbaar	verwaarloosbaar	<1
fijnstof	geen	geen	geen	0,50 g/ m ³	0,75 g/ m ³	geen

Tabel 9 Globaal overzicht van milieuconsequentie van daktoepassingen

Daktoepassing	Zonnedak Liggend	Zonnedak staand	Zonthermisch dak	Extensief groendak	Intensief groendak	Waterdak
Benodigde extra draagkracht van de constructie	4 kg/m ²	15 kg/m ² eigen gewicht; Extra: ballast tegen windbelasting afhankelijk van hoogte en geografische ligging	6 tot 11 kg/m ²	20 tot 90 kg/m ²	> 300 kg/m ²	200 tot 700 kg/m ²
Voorwaarden omgeving	Geen schaduwwerking	Geen schaduwwerking	Liefst zonzijde, enige schaduw mag	Geen	Geen	Geen
Uitvoering dakbedekking	Stroken dakbedekking bij voorkeur in overeenstemming met paneelstroken	Bevestiging: ballasten incl. beschermende draagconstructie of doorboren	Leverancier geeft soms gewenste dakbedekking aan (geen APP)	Wortelwerend; Volledig verkleefd;	Wortelwerend; Volledig verkleefd;	Volledig verkleefd;
Uitvoering isolatiemateriaal			Voorgevormd EPS		Cellulair glas aanbevolen	Cellulair glas aanbevolen

Tabel 10 Globaal overzicht van consequenties voor constructie en uitvoering van daktoepassingen

Daktoepassing	Zonnedak Liggend	Zonnedak staand	Zonthermisch dak	Extensief groendak	Intensief groendak	Waterdak
Investering per m ² (meerkosten), zonder subsidies	€ 296,=	€ 655,=	€ 125,= tot € 305,=	Vanaf € 30,=	Vanaf € 60,=	?
Terugverdientijd privaat	31 jaar	34 jaar	4 tot 7 jaar	geen	Geen	?
Terugverdientijd publiek	29 jaar	31 jaar	4-7 jaar	Geen	Geen	?
Extra onderhoud	0,50 €/m ² /jaar	0,50 €/m ² /jaar	Vrijwel nihil	0,75 €/m ² /jaar	Variabel	
Maatschappelijk baten: Verminderde CO ₂ - emissie *	1 €/m ² /jaar	2 €/m ² /jaar	1 €/m ² /jaar			
Maatschappelijke kosten: Extra CO ₂ -emissie betonconstructie *					18 €/m ² /jaar	9 €/m ² /jaar

*) prijs 30 euro/kg

Tabel 11 Globaal overzicht van financiële consequenties van daktoepassingen

5 Conclusies en aanbevelingen

In de praktijk blijkt steeds vaker dat, om duurzaamheid in de gebouwde omgeving te kunnen realiseren, het essentieel is dat in een zo vroeg mogelijk stadium alle betrokken partijen zich bewust zijn van de mogelijkheden en beperkingen op het terrein van beleid, fysieke en milieukundige omgeving, constructie en financiën. De inrichting van de kenniscampus Leeuwarden, waarbij duurzaamheid vaak tijdens het proces of zelfs achteraf nog ingepast moet worden is hiervan een voorbeeld. Deze rapportage is geschreven vanuit een convenant dat gesloten is tussen actoren in het bouwproces. Hieruit vloeit de doelstelling voort om de bewustwording bij de actoren te vergroten door het aanbieden van kennis en een systematiek om beargumenteerde keuzes en afwegingen in een zo vroeg mogelijk stadium te kunnen maken.

Deze doelstelling is tevens de missie van E.R.O.P. (Earth Recovery Open Platform), dat streeft naar inzet van het verharde oppervlak bij de oplossing van klimaatproblemen. De eerste stap die nodig is voor de inzet bestaat uit de bewustwording van actoren van de mogelijkheden die daken als deel van dit verharde oppervlak bieden.

De in hoofdstuk 3 omschreven toepassingen bieden een goede mogelijkheid om met name platte daken in te zetten, ieder met zijn eigen voor- en nadelen. Elk van deze toepassingen biedt deeloplossingen voor een of meerdere problemen die bijdragen aan het klimaatprobleem. Door combinatie van toepassingen, zoals groendak met zonnepanelen of een thermisch dak met zonnepanelen worden de mogelijkheden nog vergroot.

Elk van de toepassingen kent ook zo zijn eigen beperkingen. De fysieke omgeving is hierbij vaak bepalend. Een goed doordachte keuze in een zo vroeg mogelijk stadium van planning en ontwerp kan deze beperkingen deels opheffen. Rekening houden met de plaatsing van het gebouw en de constructie van het dak vergroten de mogelijkheden.

Voor alles is echter de wil nodig om duurzaamheid op de kaart te zetten bij de planvorming. Op basis van pure kosten/batenanalyse betekenen de toepassingen altijd een meerprijs. Subsidies zijn in Nederland helaas, evenals het overheidsbeleid, aan wijziging onderhevig. Met iets meer inspanning kan echter een grote milieuwinst gehaald worden, zonder al te hoge meerkosten. Worden de maatschappelijke kosten en baten, zeker ook met het oog op de toekomstige verwachtingen rond klimaatverandering, meegenomen, dan is het inzetten van daken een logische stap.

Elk van de behandelde toepassingen heeft zoals gezegd zijn eigen voor- en nadelen. Fysieke beperkingen vormen uiteraard harde criteria op grond waarvan een toepassing niet realiseerbaar is. Dit geldt vooral voor energieopwekkende toepassingen, waarbij de plaatsing van het dak t.o.v. de zon belangrijk is.

Voor groen- en waterdaken zijn weinig fysieke beperkingen.

Er is een breed scala aan milieukundige problemen, die vaak ook bijdragen aan klimaatverandering. Iedere toepassing op zich biedt voor een of meerdere problemen een oplossing. Een van de belangrijkste milieuproblemen die ook mede verantwoordelijk is voor de klimaatverandering is de CO₂-uitstoot. De toepassing die het meest bijdraagt aan oplossing/voorkoming hiervan is het zonnedak.

Water is een belangrijk punt van aandacht in het kader van milieu- en klimaatproblematiek. Een van de door de klimaatproblematiek verwachte problemen is overlast door heviger regenbuien. De meest verouderde en te klein gedimensioneerde riolering zal naar verwachting niet meer voldoen. Door het toepassen van water- en groendaken zal een deel van deze problemen op het dak opgelost kunnen worden. Ook de beperking en binding van fijnstof, waarvoor steeds strengere Europese wetgeving bestaat kan door middel van groendaken gerealiseerd worden.

Bijna alle gemeentes hebben tegenwoordig klimaatbeleid. Ter uitvoering van dit beleid worden vaak een of meer speerpunten gekozen. Toepassingen op het dak worden zo

beleidsmatig ondersteund en vaak door subsidies (tijdelijk) en communicatie breder onder de aandacht gebracht van de lokale bevolking. De combinatie van bitumenbalans en toepassingen op de daken biedt gemeentes een kans een voorbeeldfunctie te vervullen en klimaatdoelstellingen te realiseren.

Elke toepassing heeft zijn eigen constructie-eisen. Bij nieuwbouw dient dus vooraf rekening gehouden te worden met de mogelijkheden die het dak biedt. Voor bestaande bouw zijn er echter ook genoeg mogelijkheden om het dak in te zetten. Voorwaarde is echter wel dat het dak voldoet aan de huidig geldende systeemeisen, zoals deze beschreven zijn in de voorgaande hoofdstukken. Mosmatten, zonnepanelen en PV-elementen zijn vanwege het geringe meergewicht snel toepasbaar. Voor intensievere vormen van groendaken en waterdaken zijn vanwege het gewicht aanvullende eisen gesteld aan de constructie en uitvoering.

Dit betekent wel dat ook rekening gehouden moet worden met extra belasting van het milieu door toepassing van de maatregel zelf.

Bovenstaande levert het volgende overzicht op:

kosten-baten-analyse daktoepassingen platte daken						
alles uitgedrukt in €/m ²						
meerkosten t.o.v. standaard dak						
	thermisch	zonnedak liggend	zonnedak staand	groendak extensief	groendak intensief	waterdak
investeringskosten						
meerkosten toepassing	305	296	655	30	60	**
geschatte meerkosten constructie					158	158
totale investerings/meerkosten	305	296	655	30	218	158
baten						
verminderde kosten verlenging levensduur				1	1	
energie	160*	10	20			
water						0,5
totale baten	160	10	20	1	1	0,5
kosten onderhoud	0,5	0,5	0,5	0,75	2	0,5
saldo kosten baten	160	9	19	0,25	-1	0
* = saldo extra verbruik elektra minus minder verbruik gas						
** = geen prijsopgave verkregen						

tabel 6 - kosten-baten-analyse daktoepassingen

gegevens daktoepassingen op platte daken						
waarden per m ²						
	thermisch	zonnedak liggend	zonnedak staand	groendak extensief	groendak intensief	waterdak
m ² product t.o.v. m ² dak	10-100%	75%	25%	90%	90%	100%
levensduur	normaal	normaal	normaal	2x	2x	normaal
reductie rioolwater	L/m ²			340	595	300
gebruik water	L/m ²					300

minder CO ₂ -uitstoot:							
direct	kg	283-453	28	56			
RWZI	kg				<1	<1	<1
extra CO ₂ -uitstoot:							
betonconstructie	kg					300	300
saldo CO ₂ -uitstoot	kg	283-453	28	56	<1	-300	-300
fijn stof opname	gram				0,5	0,75	
Nox-opname	gram				0,2	0,3	
geluiddemping		0	0	0	+	+++	-
beleving/esthetisch		0	-	-	+++	+++	++
ecologie		0	0	0	+++	++++	++

tabel 7- niet-financiële gegevens m.b.t. daktoepassingen

De uiteindelijke beoordeling met betrekking tot de vraag welke van de behandelde toepassingen nu het meest voldoet aan de duurzaamheidscriteria is lastig. De bewustwording van het principe “het dak als vijfde gevel” is nog niet zo groot dat het dak consequent meegenomen wordt in het beoordelingsinstrumentarium van bijvoorbeeld Senter Novem. Toch is dit instrumentarium een goede manier om zich bij de ontwikkeling van een gebied of gebouw vooraf te laten informeren over duurzaam bouwen.

In een vroeg stadium duurzaamheid betrekken in ontwerp blijkt steeds noodzakelijker. In de eerste plaats omdat het achteraf lastig blijkt (voorbeeld: de duurzame kenniscampus) en in de tweede plaats omdat de bouwwereld mee zal moeten gaan in de noodzakelijke energiebesparing en klimaatbestendigheid. Niet in de laatste plaats omdat steeds strengere Europese regelgeving op deze terreinen vigerend zal worden.

In steeds meer gemeentes wordt al in een vroeg stadium met alle partijen aan de hand van een multicriteria analyse gekeken naar de beste (lees meest duurzame) wijze om een gebied in te richten.

Een beoordelingsmethode die hiervoor geschikt is, is ontworpen aan de hand van de zogenaamde aspectenleer. Combinatie met de criteria aan de hand waarvan de kennis opgebouwd is in hoofdstuk 3 levert het volgende overzicht:

Criterium	Parameter	Weeg-factor	Toelichting	Maatstaf
Wet- en regelgeving	Juridisch Ruimtelijk Financieel		Zorgplicht water WRO Subsidies	Vertraging in L; reductie in L % blauw/rood/groen €
Beleid	Moreel Esthetisch Sociaal Linguïstisch Historisch Logisch Ruimtelijk Financieel/ economisch		Beheerstaak gemeente, wat behoort De schoonheid van het object/project Acceptatie burger, inbedding wijkstructuur Hoe communiceert men Passend bij de oorspronkelijke bestemming of uitvoering Beredeneerd, niet in conflict met andere zaken Groen/blauw/rood balans subsidies	Meer/minder +/- Ja/nee Vertaalbaar, transparantie, meer/minder Ja/nee; meer/minder Meer/minder +/- Aantallen % €
Fysieke Omstandigheden	Biotisch/ecologisch		Huidige en gewenste toestand biodiversiteit	Meer/minder +/-
Milieu-omstandigheden	Fysisch chemisch Ecologisch		Milieubelasting van de maatregel, LCA Geen schade toebrengen	Hoeveelheid stoffen Hoeveelheid schadelijke stoffen (ppm)
Ontwerp en constructie	Fysisch chemisch Financieel		Materiaalkeuze KBA	Meer/minder Cradle to cradle +/- €, TVT
Financieel-economisch	Arichmetisch		Getalsmatig weer te geven	
Maatschappelijke thema's	Wereldbeschouwing Esthetisch Sociaal Psychisch		Gezondheid	Meer/minder in % en aantallen

Ook op gebouwniveau tenslotte, waar de besluitvorming op een ander niveau plaatsvindt, is voor ontwerpers en bouwers een overzicht gemaakt waardoor een snelle beoordeling van de toepassingen gemaakt kan worden. Dit overzicht kan tevens heel goed gebruikt worden om in bestaande situaties, bijvoorbeeld bij renovatie, de mogelijkheden van het dak als vijfde gevel op gebouwniveau in kaart te brengen.

Dak-toepassing	Zonnedak liggend	Zonnedak staand	Zonthermisch dak	Extensief groendak	Intensief groendak	Waterdak
Oplossing voor	CO ₂ -emissie	CO ₂ -emissie	CO ₂ -emissie	Water opgave	wateropgave	wateropgave
Levering van c.q. voordeel	Elektrische energie	Elektrische energie	Thermische energie	Minder water-overlast op straat	Minder wateroverlast op straat	Minder water-overlast op straat; Gebruikswater (geen drinkwater)
Opbrengst per m ² per jaar (besparing)	49 kWh	99 kWh	800 kWh	340 L/m ² (minder rioolafvoer)	595 L/m ² (minder rioolafvoer)	300 tot 750 L/m ² (minder rioolafvoer)
Beperking CO ₂ -emissie p.jr	30 kg	56 kg	453 kg	verwaarloosbaar	verwaarloosbaar	<1
fijnstof	geen	geen	geen	0,50 g/ m ³	0,75 g/ m ³	geen

Tabel 12 Globaal overzicht van milieuconsequentie van daktoepassingen

Dak-toepassing	Zonnedak Liggend	Zonnedak staand	Zonthermisch dak	Extensief groendak	Intensief groendak	Waterdak
Benodigde extra draagkracht van de constructie	4 kg/m ²	15 kg/m ² eigen gewicht; Extra: ballast tegen windbelasting afhankelijk van hoogte en geografische ligging	6 tot 11 kg/m ²	20 tot 90 kg/m ²	> 300 kg/m ²	200 tot 700 kg/m ²
Voorwaarde omgeving	Geen schaduwwerking	Geen schaduwwerking	Liefst zonzijde, enige schaduw mag	Geen	Geen	Geen
Uitvoering dakbedekking	Stroken dakbedekking bij voorkeur in overeenstemming met paneelstroken	Bevestiging: ballasten incl. beschermende draagconstructie of doorboren	Leve-rancier geeft soms gewenste dakbedekking aan (geen APP)	Wortelwerend; Volledig verkleefd;	Wortelwerend; Volledig verkleefd	Volledig verkleefd
Uitvoering isolatiemateriaal			Voor-gevormd EPS		Cellulair glas aanbevolen	Cellulair glas aanbevolen

Tabel 13 Globaal overzicht van consequenties voor constructie en uitvoering van daktoepassingen

Daktoepassing	Zonnedak Liggend	Zonnedak staand	Zonthermisch dak	Extensief groendak	Intensief groendak	Waterdak
Investering per m ² (meerkosten), zonder subsidies	€ 296,=	€ 655,=	€ 125,= tot € 305,=	Vanaf € 30,=	Vanaf € 60,=	?
Terugverdientijd <i>privaat</i>	31 jaar	34 jaar	4 tot 7 jaar	geen	Geen	?
Terugverdientijd <i>publiek</i>	29 jaar	31 jaar	4-7 jaar	Geen	Geen	?
Extra onderhoud	0,50 €/m ² /jaar	0,50 €/m ² /jaar	Vrijwel nihil	0,75 €/m ² /jaar	Variabel	
Maatschappelijk baten: Verminderde CO ₂ -emissie *	1 €/m ² /jaar	2 €/m ² /jaar	1 €/m ² /jaar			
Maatschappelijke kosten: Extra CO ₂ -emissie betonconstructie *					18 €/m ² /jaar	9 €/m ² /jaar

*) prijs 30 euro/kg

Tabel 14 Globaal overzicht van financiële consequenties van daktoepassingen

De algehele conclusie luidt:

1. Omdat een groot deel van het oppervlak van Nederland verhard is en hiervan een aanzienlijk deel uit (platte) daken bestaat is het zinvol om deze verharding in te zetten voor de oplossing van klimaatproblemen. De technieken om deze platte daken door middel van het aanbrengen van thermische daken, zonnepanelen, PV-modules, groendaken, waterdaken of combinaties van deze toepassingen zijn voorhanden.
2. Deze mogelijkheden moeten wel in een vroegtijdig stadium ingepast worden in het ontwerp van een project of gebouw. Bewustwording, kennis, gedragsverandering bij alle actoren, toepassing met daarbij de vereiste aanpassing van het gedrag kunnen leiden tot verduurzaming van de gebouwde omgeving. Hiervoor is inzicht in de financiële, milieutechnische, beleidsmatige, fysieke en bouwkundige voor- en nadelen van de toepassingen nodig. Deze bewustwording en kennis kan verkregen worden door het volgen van een proces aan de hand van beschikbare instrumenten.

Aanbevolen wordt dan ook om in een zo vroeg mogelijk stadium met alle actoren in de voorbereiding van een project/object samen het beschreven proces van bewustwording en verkrijgen/delen van kennis te doorlopen aan de hand van de beschikbare instrumenten.

Bijlage 1: Instrumentenpalet

Instrumentenpalet

nr	Naam instrument	Type instrument	Schaalniveau				Bouwfase					
			detail	gebouw/object	wijk	stad	initiatief	plan/ontwerp	uitvoering	beheer	renovatie	
1	NP Stedebouw: Nationaal Pakket Duurzame Stedebouw	Communicatie- en ambitie-instrument		X	X	X	X	X	X			
2	NP GWW: Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen Grond-, Weg- en Waterbouw	Checklist		X	X			X	X			
3	NP Nieuwbouw: Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen	Checklist	X	X				X	X			
4	NP Beheer: Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen Woningbouw en Utiliteitsbouw - Beheer	Checklist	X	X						X	X	
5	Energievisie	Communicatie- en ambitie-instrument			X	X		X	X	X		
6	EPL: Energieprestatie op Locatie	Prestatie-instrument			X	X		X				
7	EPA: Energie Prestatie Advies	Communicatie- en ambitie-instrument	X	X						X	X	
8	VPL: Verkeersprestatie op Locatie	Prestatie-instrument			X	X		X				
9	Greencal+	Prestatie-instrument	X	X	X			X	X			
10	Eco-Quantum	Prestatie-instrument	X	X				X	X			
11		<i>niet aanwezig</i>										
12		<i>niet aanwezig</i>										
13	DuBes: Duurzaam Beslissen	Communicatie- en ambitie-instrument	X	X	X			X	X			
14	Groene Hypotheek	Checklist	X	X				X	X			X
15	MMM: Mielieu Maximalisatie Methode	Communicatie- en ambitie-instrument			X			X	X			
16		<i>niet aanwezig</i>										
17	Dubo op maat	Prestatie-instrument	X	X				X	X	X		
18	DPL: Duurzaamheidsprofiel op Locatie	Communicatie- en ambitie-instrument			X			X	X	X		
19	Watertoets	Communicatie- en ambitie-instrument			X			X				
20	LOGO: Lokale Geluids- en Omgevingsplannen	Communicatie- en ambitie-instrument			X	X		X	X			
21	MIRUP: Milieu in Ruimtelijke Plannen	Kapstokinstrument			X			X	X			
22	GPR-gebouw: Gemeentelijke Praktijk Richtlijn	Prestatie-instrument	X	X				X	X	X		
23	Milieuplaberum	Communicatie- en ambitie-instrument			X			X	X			
24	Referentiekader duurzame stedelijke ontwikkeling	Kapstokinstrument			X			X	X			

Instrumentenpalet vervolg 1

nr	Naam instrument	Type instrument	Schaalniveau				Bouwfase			
			detail	gebouw/object	wijk	stad	initiatief	plan/ontwerp	uitvoering	beheer
25	Stad & Milieu	Communicatie- en ambitie-instrument			X	X		X		
26	Gebiedstypologie	Communicatie- en ambitie-instrument			X	X		X		
29	Wijkstreefbeelden: Wijkgerichte Milieustreefbeelden	Communicatie- en ambitie-instrument			X			X		
30	URBIS	Prestatie-instrument			X	X		X		
31	Leefomgevingsbalans	Prestatie-instrument			X		X			
32	Leefbaarheidseffectrapportage	Communicatie- en ambitie-instrument			X		X			
33	Lemon: leefbaarheidsmonitor	Prestatie-instrument			X				X	X
34	ROMBO: Ruimtelijke Ordening en Milieu Beleidsontwerp	Communicatie- en ambitie-instrument		X	X		X	X		
35	MILO: Milieukwaliteit in de leefomgeving	Kapstokinstrument		X	X		X	X		
36	Menukaart duurzaam bouwen / Menukaart Klimaatbeleid	Communicatie- en ambitie-instrument			X	X	X	X		
37		<i>niet aanwezig</i>								
38	Milieu in ISV2: handreiking milieu-inbreng in ISV2	Kapstokinstrument			X	X	X			
39	Energiescan GWW	Prestatie-instrument	X	X					X	X
40	Toolkit duurzame woningbouw	Communicatie- en ambitie-instrument	X	X			X	X	X	
41	EPCheck	Checklist		X				X		
42	EP Varianten Utiliteitsgebouwen	Communicatie- en ambitie-instrument		X				X		
43	EPC en kosten	Communicatie- en ambitie-instrument	X	X				X		
44	Mimosa: Milieu Indicatie Model voor Optimalisatie en Samenwerking in de wAterketen	Kapstokinstrument				X	X	X		
45	Dubo Calc	Prestatie-instrument	X	X				X		
46	Toetslijst gezond en veilig wonen	Checklist	X	X					X	
47	Menukaart Milieumanagement	Communicatie- en ambitie-instrument	X	X				X	X	
48	Menukaart Duurzaam Inkopen	Communicatie- en ambitie-instrument	X	X				X	X	

Instrumentenpalet vervolg 2

nr	Naam instrument	Type instrument	Schaalniveau				Bouwfase				
			detail	gebouw/object	wijk	stad	initiatief	plan/ontwerp	uitvoering	beheer	renovatie
49	Leefstijlen en woonbeleving	Communicatie- en ambitie-instrument	X	X	X		X	X			X
50	BBM: Bestuurlijke Bandbreedte Methodiek	Communicatie- en ambitie-instrument			X	X			X		
51	Woonconcepten voor milieubelaste gebieden	Checklist		X			X	X			
52	Installatie Performance Scan	Checklist		X							X
53	GES: Gezondheidseffectscreening	Communicatie- en ambitie-instrument			X	X	X	X			
54	Strategisch voorraadbeleid	Communicatie- en ambitie-instrument		X	X		X				X
55	WoonWijzerWizard	Communicatie- en ambitie-instrument		X							X
56	Energielabel	Prestatie-instrument		X				X			X

Bijlage 2: Subsidies en regelingen – stand van zaken per 1.1.2009

Tussenrapportage subsidies t.b.v. onderzoeksopdracht “dak als vijfde gevel”

Een belangrijk onderdeel van het onderzoek naar de mogelijkheden van het dak als vijfde gevel is de kosten/batenanalyse. Hierbij wordt ook gekeken naar subsidiemogelijkheden. Dit onderwerp is te verdelen in een aantal thema's, te weten:

- onderzoek
- haalbaarheid
- uitvoering

Deze onderverdeling komt niet alleen terug in de opdracht, maar vooral ook in de mogelijkheden die er bestaan voor diverse rechtspersonen om subsidie aan te vragen.

Voor bedrijven: http://www.antwoordvoorbedrijven.nl/zoekresultaat/?branch=* &producttype=4 en http://www.senternovem.nl/eos/subsidies/mkb_loket/index.asp

Voor gemeenten:

<http://www.energieraad.nl>

Zie hierna voor details van

Algemeen

1. EOS
 - a. Nieuw Energie Onderzoek
 - b. Lange Termijn
 - c. Korte Termijn Energieonderzoek
2. Innovatievouchers MKB
3. Milieu & Technogje 2009
4. Financiering Groenprojecten
5. Energie-Investeringsaftrek (EIA)

Voor het noorden

1. InvesteringsPremieRegeling 2008 (IPR 2008)
2. Noordelijke Innovatie Ondersteunings Faciliteit (NIOF 2008)

1a. EOS regelingen

Subsidieregeling Energie Onderzoek Subsidie: Nieuw Energie Onderzoek Status regeling: Haalbaarheidsstudies open, Onderzoeksprojecten open.

Met de subsidieregeling Energie Onderzoek Subsidie: Nieuw Energie Onderzoek (EOS: NEO) wil het ministerie van Economische Zaken energieonderzoek stimuleren dat niet-conventioneel en nieuw is en dat bijdraagt aan een schone, betrouwbare en betaalbare energiehuishouding. Het gaat hier om de hele keten, van bron, via conversie en transport, tot gebruik. Projecten moeten de potentie hebben om uit te groeien tot een nieuw energieonderzoeksgebied of een nieuwe richting binnen een bestaand energieonderzoeksgebied.

1. [Wie kan er subsidie bij EOS: NEO aanvragen?](#)
2. [Welke projecten komen voor subsidie van EOS: NEO in aanmerking?](#)
3. [Aan welke criteria moet uw project voldoen?](#)
4. [Budget en indieningstermijn](#)
5. [De procedure in zes stappen](#)
6. [Formulieren](#)
7. [Publicaties en Staatscourantteksten](#)
8. [Contact](#)

Voor een uitgebreidere omschrijving van bovenstaande informatie en voor extra informatie over de regeling verwijzen wij u de handleiding Energie Onderzoek Subsidie: Nieuw Energie Onderzoek. Deze kunt u downloaden onder Publicaties.

Disclaimer

Aan de tekst op deze site kunnen geen rechten worden ontleend. De tekst uit de Staatscourant is te allen tijde bindend.

Aan welke criteria moet uw project voldoen?

De aanvrager/penvoerder is een ondernemer, voor haalbaarheidsstudies een MKB-er, in samenwerking met andere bedrijven of een kennisinstelling.

Het O&O-project moet gericht zijn op onderzoek naar en ontwikkeling van producten, processen of diensten. Het resultaat is een vermeerdering van de technologische kennis van energie gerelateerde technologie om te komen tot een product, proces of dienst.

Een haalbaarheidsstudie onderzoekt de technische en economische mogelijkheden voorafgaand aan een (mogelijk) O&O-project.

De criteria waarop projecten beoordeeld worden zijn: Technische innovatie, Economisch perspectief, Duurzaamheid, Samenwerking.

Een project duurt maximaal 4 jaar, een haalbaarheidsstudie duurt maximaal 1 jaar.

Samenwerking: voor gezamenlijke rekening en risico (altijd in geval van haalbaarheid), met minimaal één partner, of voor eigen rekening en risico met (minimaal) één Nederlandse derde.

1b. EOS – Lange termijn

Subsidieregeling Energie Onderzoek Subsidie: Lange Termijn Status regeling: geopend

De regeling Energie Onderzoek Subsidie: Lange Termijn (EOS: LT) geeft financiële ruimte aan onderzoekers met veelbelovende plannen die op termijn leiden tot een duurzame energiehuishouding. Het gaat om onderzoek dat de Nederlandse kennispositie versterkt en de weg vrijmaakt voor de introductie van innovatieve energietechnologieën. Onderzoek dat de economie een krachtige en duurzame impuls geeft.

1. [Welke projecten komen voor subsidie van EOS: LT in aanmerking?](#)
2. [Aan welke criteria moet uw project voldoen?](#)
3. [Budget en indieningstermijn](#)
4. [De procedure in zeven stappen](#)
5. [Formulieren](#)
6. [Publicaties en Staatscourantteksten](#)
7. [Contact](#)

Voor een uitgebreidere omschrijving van bovenstaande informatie en voor extra informatie over de regeling verwijzen wij u de handleiding Energie Onderzoek Subsidie: Lange Termijn. Deze kunt u downloaden onder Publicaties.

Disclaimer

Aan de tekst op deze site kunnen geen rechten worden ontleend. De tekst uit de Staatscourant is te allen tijde bindend.

1c. EOS – Korte termijn

Subsidieregeling Energie Onderzoek Subsidie: Korte Termijn Energieonderzoek Status regeling: Haalbaarheidsstudies geopend, Onderzoeksprojecten gesloten

De regeling EOS: Korte Termijn Energieonderzoek heette voorheen EOS: Energie en Samenwerkingsprojecten en was gebaseerd op het Besluit Innovatiesubsidie Samenwerkingsprojecten. Omdat dit besluit ingetrokken wordt, krijgt deze regeling een andere juridische basis. Op hoofdlijnen blijft de regeling ongewijzigd. Nieuw is onder andere dat CV, VOF en maatschap ook als aanvrager kunnen optreden.

In het kort de belangrijkste karakteristieken van de regeling:

- Zowel Onderzoeks- en Ontwikkelingsprojecten (O&O-projecten) als Haalbaarheidsstudies.
- Indiening kan alleen plaatsvinden in vastgestelde periodes.
- Het subsidiepercentage is 25% voor het gedeelte van het O&O-project dat als ontwikkeling wordt gezien en 50% voor het gedeelte dat als onderzoek wordt gezien.
- Een toeslag op het subsidiepercentage is mogelijk bij O&O-projecten: 10% voor de deelnemer die MKB-er is. 10% voor het gehele project als een Nederlandse kennisinstelling deelneemt.
- De subsidie voor haalbaarheidsstudies is 50% van de projectkosten voor MKB-ers en 40% voor niet MKB-ers voorafgaand aan experimentele ontwikkeling. \
- Op zoek naar een samenwerkingspartner voor uw project? Kijk dan op: www.ircnederland.nl waar u in een databank partnerverzoeken kunt vinden van bedrijven die - met u? - willen samenwerken.

1. [Welke projecten komen voor subsidie van EOS: KTO in aanmerking?](#)
2. [Aan welke criteria moet uw project voldoen?](#)
3. [Budget en indieningstermijn](#)
4. [De procedure in zes stappen](#)
5. [Formulieren](#)
6. [Publicaties en Staatscourantteksten](#)
7. [Contact](#)

Voor een uitgebreidere omschrijving van bovenstaande informatie en voor extra informatie over de regeling verwijzen wij u de handleiding Energie Onderzoek Subsidie: Korte Termijn Energie Onderzoek. Deze kunt u downloaden onder Publicaties.

Disclaimer

Aan de tekst op deze site kunnen geen rechten worden ontleend. De tekst uit de Staatscourant is te allen tijde bindend.

MKB-Loket

10% extra subsidie

Het programma Energie Onderzoek Subsidie (EOS) is er ook voor het midden- en kleinbedrijf. Bij vijf EOS-regelingen wordt 10% extra subsidie gegeven aan MKB-ondernemingen die deelnemen in industrieel onderzoek en dus de eigen projectkosten betalen. Dit geldt bij de volgende EOS-regelingen: Nieuw Energie Onderzoek, Lange Termijn, Korte Termijn Energieonderzoek, Demonstratie, Unieke Kansen Programma. Ook wordt in veel gevallen 25% van het subsidiebedrag bij de opstart voorgesloten als een MKB-onderneming deelneemt in het project.

EOS regelingen

De EOS-regelingen beslaan [het traject van onderzoek tot marktintroductie](#). Elk van deze regelingen schenkt speciale aandacht aan het MKB. In de handleidingen voor de

verschillende regelingen kunt u zien of u in aanmerking komt voor een tegemoetkoming in de kosten of een voorschot ten behoeve van de opstartkosten. Ook met onder meer [kennisnetwerken](#) stimuleert EOS de ontwikkeling en toepassing van kennis over energie-efficiency en duurzame energie.

Laat u vrijblijvend adviseren

Heeft u een idee voor energieonderzoek? Het EOS-team kan u van dienst zijn met onafhankelijk advies over de technische en economische haalbaarheid van uw idee en over de subsidiemogelijkheden. Energieonderzoek wordt breed geïnterpreteerd: van een eerste idee tot en met een idee voor een demonstratieproject. Meer informatie vindt u onder [projectadvies](#).

Downloads

[↓Projectidee Formulier 23-03-2007](#)

2. Innovatievouchers MKB

Vanaf 2009 kunnen MKB-ondernemers, zolang de voorraad strekt, bij SenterNovem een aanvraag indienen voor een innovatievoucher. De Subsidieregeling Innovatievouchers heeft als doel MKB-ondernemers in contact te brengen met kennisinstellingen, om de reeds bestaande kennis te benutten in bijvoorbeeld duurzaamheidsprojecten. Daarnaast kan een innovatievoucher ingezet worden voor het aanvragen van een octrooi.

Het is voor de Nederlandse kenniseconomie van belang dat het MKB innoveert en dat liefst op duurzame wijze. Met de regeling wil het ministerie van Economische Zaken een grotere mate van kennisuitwisseling bereiken tussen MKB-ondernemingen en kennisinstellingen om innovatie te stimuleren. Een MKB-ondernemer kan een aanvraag indienen voor een kleine of een grote innovatievoucher. Een kleine innovatievoucher is maximaal 2.500 euro waard. Een grote innovatievoucher is maximaal 7.500 euro waard, waarbij een verplichte eigen bijdrage van 1/3e deel geldt. Bij een grote voucher wordt maximaal 5.000 euro aan subsidie uitbetaald.

Algemeen

http://www.senternovem.nl/senternovem/over_senternovem/milieuregister/milieuregister.asp

alle regelingen op het gebied van milieu.

3. Milieu & Technologie 2009

MKB-bedrijven uit de industrie kunnen van 2 januari tot en met 9 september 2009 weer subsidie aanvragen bij het programma Milieu & Technologie van SenterNovem. De subsidie van in totaal EUR 4,5 miljoen is bedoeld om de ontwikkeling en toepassing van innovatieve, milieuvriendelijke processen, producten of diensten in de industrie te stimuleren. Er is zowel steun voor de technische ontwikkeling (Toep) als voor de voorbereiding van een gerichtere marktintroductie (TeMa) van milieuvriendelijke innovaties.

- ToeP, Toepassen in de Praktijk, is er op gericht om onderzoeksresultaten te vertalen naar de praktijk, op vijf manieren:
 - Industrieel haalbaarheidsproject: een deskstudie die bekijkt of een innovatie te ontwikkelen is, of het maken van een globaal ontwerp of concept.
 - Industrieel onderzoeksproject: (laboratorium)onderzoek om te onderzoeken of processen, producten of diensten werken (proof of principle).
 - Preconcurrentieel haalbaarheidsproject : een deskstudie of partnerzoektocht na een onderzoekstraject om de praktijkwaarde van laboratoriumresultaten te onderzoeken.
 - Preconcurrentieel ontwikkelingsproject (pilot): een test op kleine schaal om de werking in de praktijk te testen.
 - Demonstratieproject: een test op productieschaal om de werking van uw innovatie te demonstreren en waarbij kinderziektes aan het licht komen en opgelost worden.
 - TeMa, Technologie in de Markt, omvat niet-technisch onderzoek om innovaties met een milieuvoordeel beter te laten doorbreken. Denk hierbij aan het onderzoeken van o.a. marktbehoeften, economische haalbaarheid, financieringsmogelijkheden, geschikte partners, kansen en belemmeringen vanuit de wet- en regelgeving of vanuit kennisbescherming.

Meer informatie: www.senternovem.nl/milieutechnologie

Voor meer informatie over deze en andere subsidieregelingen kunt u terecht bij <http://www.antwoordvoorbedrijven.nl> (internetsite van het ministerie van Economische zaken; kijk onder Subsidies). U vindt hier enkele honderden subsidies voor ondernemers.

Ook InfoMil (<http://www.infomil.nl>) heeft veel informatie op haar site over subsidies en fiscale regelingen.

Bron: http://www.antwoordvoorbedrijven.nl/zoekresultaat/?branch=*&producttype=4&theme=92&page=6

4. Financiering Groenprojecten

Beschrijving

Indien u een project wilt uitvoeren dat een bijdrage levert aan de bescherming van het milieu en u hebt voor de uitvoering van dat project financiering nodig, kunt u bij uw bank zogenoemde 'groene financiering' aanvragen. De rente voor een dergelijke lening is lager dan de rente voor gewone leningen. Voor groene financiering komen vier soorten projecten in aanmerking: (1) projecten op het gebied van natuur, bos, landschap, biologische landbouw en agrificatie; (2) projecten op het gebied van duurzame energie; (3) woningbouwprojecten die voldoen aan de eisen van 'duurzaam bouwen'; (4) overige projecten in het belang van het milieu. Voordat u gebruik kunt maken van de goedkopere groene financiering moet eerst een zogeheten groenverklaring afgegeven worden. Het groenfonds van de bank vraagt deze namens u aan bij het 'LNV-loket, Dienst Regelingen' of SenterNovem.

Voorwaarden

Om in aanmerking te komen voor groene financiering dient het project dat u wilt uitvoeren ten minste aan de onderstaande voorwaarden te voldoen:

- Het is van belang voor het milieu, natuur en/of bos.
- Het wordt uitgevoerd in Nederland.
- Het levert enig rendement op.
- Met het oog op risico, milieubelang en economisch rendement zou het project zonder groene financiering niet tot stand komen.

Aanpak

Groene financiering kunt u aanvragen bij ABN AMRO Groenbank, ASN Groenprojectenfonds, Fortis Groenbank BV, Fortis Groen Fonds, ING / Postbank Groen NV, Rabo Groen Bank BV, Nationaal Groen Beleggingsfonds, Triodos Groenfonds NV.

De instanties die de aanvraag van een groenverklaring beoordelen zijn:

Dienst Regelingen van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (voor projecten op het gebied van natuur, bos, landschap, biologische landbouw en agrificatie); SenterNovem (voor energieprojecten, duurzaam bouwen en overige projecten).

5. EIA - Eerder belastingvoordeel voor energiebesparing

Ondernemers hoeven minder energie te besparen om in aanmerking te komen voor de Energie-Investeringsaftrek (EIA). In totaal kan er in 2009 voor 145 miljoen euro belastingvoordeel worden aangevraagd. Dat is 6 miljoen meer dan in 2008. Dat blijkt uit de criteria voor de Energie-Investeringsaftrek in 2009 die SenterNovem vandaag heeft gepubliceerd.

Met de Energie-Investeringsaftrek (EIA) wil de overheid bedrijven stimuleren om te investeren in energiebesparing en duurzame energie. Ondernemers kunnen 44 procent van de investeringen aftrekken van de fiscale winst.

Energiebesparing

In 2009 kan een investering die iets minder energiebesparing oplevert, toch in aanmerking komen voor de EIA. Hierdoor krijgen investeringen met een langere terugverdientijd een extra stimulans. Investerings die veel energiebesparing opleveren, komen minder snel in aanmerking voor de EIA. Door de huidige energieprijzen zijn dergelijke investeringen eerder rendabel.

Via de website is de lijst met middelen te downloaden waarvoor in 2009 EIA geldt (de 'energielijst'). Ook kunt u bellen met de EIA-helppes (038) 455 34 30.

Meer informatie: www.senternovem.nl/eia

SDE

Naar verwachting komt er per 1 april a.s. een nieuwe regeling.

NOORD NEDERLAND

1. InvesteringsPremieRegeling 2008 (IPR2008)

LET op! In de loop van het jaar 2009 zal de IPR 2008 in aangepaste vorm worden voortgezet. In afwachting hiervan is het subsidieplafond voor het kalenderjaar 2009 voorlopig op € 0,-- gesteld.

De IPR2008 kan u ondersteunen in een investeringsproject. U kunt een subsidie aanvragen voor de investeringen zelf (bedrijfsgebouwen, duurzamebedrijfsuitrusting en immateriële activa) óf voor de loonkosten van arbeidsplaatsen die rechtstreeks door het investeringsproject worden geschapen.

Het SNN onderscheidt twee soorten investeringsprojecten:

- Vestigingsproject: stichten of verplaatsten van een stuwende onderneming (of van alleen het hoofdkantoor, een proeffabriek of een laboratorium) in/naar een steunkaartgebied;
- Uitbreidingsproject: uitbreiding van een hoofdkantoor, proeffabriek of laboratorium.

Doelgroep

De IPR is bedoeld voor ondernemingen die zich gaan vestigen of gaan uitbreiden in de zogenaamde steunkaartgebieden van Noord-Nederland. Bovendien behoren alleen stuwende ondernemingen tot de doelgroep. Dit zijn ondernemingen waarvan de omzet voor 50% of meer afkomstig is van buiten Noord-Nederland. Ook ondernemingen die verwachten op termijn stuwend te zijn komen in aanmerking voor subsidie.

Aandachtspunten

- De subsidiabele kosten bedragen minimaal € 500.000,--;
- Vóór de aanvraag mogen geen verplichtingen zijn aangegaan;
- Een hoofdkantoor betreft slechts de centrale leiding (dus geen andere bedrijfsonderdelen op dezelfde locatie);
- De uitbreiding van een hoofdkantoor moet leiden tot een toename van het aantal arbeidsplaatsen of de capaciteit;
- Bij uitbreiding van een proeffabriek of laboratorium mag het aantal arbeidsplaatsen na afloop niet zijn afgenomen;
- Enkele categorieën ondernemingen, vooral in de primaire sector en metaalindustrie, zijn van subsidiëring uitgesloten;
- Afhankelijk van het steunkaartgebied, de grootte van uw onderneming en het soort project gelden verschillende subsidiepercentages. Deze percentages kunnen jaarlijks wijzigen en zullen jaarlijks vooraf worden gepubliceerd.

Voor meer informatie kunt u [contact](#) opnemen met het SNN.

2. NIOF 2008

Noordelijke Innovatie Ondersteunings Faciliteit (NIOF 2008)

LET op! Per 1 januari 2009 geldt een nieuwe versie van de NIOF 2008. Aanvragen die na 1 januari 2009 ontvangen worden zullen op grond van deze versie door ons worden beoordeeld.

De NIOF2008 is bedoeld voor MKB-ondernemingen in de drie noordelijke provincies en ondersteunt verschillende projecten met een innovatief karakter.

- Inhuren van extern advies;
- Implementatie van een ontwikkelingstraject;
- In dienst nemen van een kennisdrager.

Extern advies

De NIOF2008 kan ondersteunen in advieskosten van een externe deskundige. Het gaat hier nadrukkelijk niet om uitvoerings- of begeleidingskosten. Tevens zijn advieskosten met betrekking tot websites en administratieve softwarepakketen uitgezonderd. Het SNN onderscheidt de volgende kostensoorten:

- Ontwikkelingsproject: ontwikkeling van nieuw product, dienst, werkwijze of systeem;
- Strategisch marketingplan: maken of herzien van een beleidsplan voor de afzet;
- Marktverkenning: onderzoek naar de afzetmogelijkheden van een produkt of dienst;
- Haalbaarheidsonderzoek: onderzoek naar de technische of bedrijfseconomische mogelijkheden voor en gevolgen van de uitbreiding van de productie met een voor de onderneming nieuw product, dienst of werkwijze;
- Bedrijfsovername: economisch haalbaarheidsonderzoek of strategisch advies betreffende de overname van een operationele onderneming in Fryslân, Groningen of Drenthe.

De subsidiabele kosten voor een extern adviesrapport bedragen minimaal € 12.500,-- en kunnen maximaal € 100.000,-- per aanvraag bedragen.

Met een samenwerkingsovereenkomst kunnen meerdere ondernemingen (cluster) een aanvraag indienen op de eigen kosten in het gezamenlijk project. Elke ondernemer binnen het cluster moet hiervoor een eigen aanvraag indienen.

Implementatie van een ontwikkelingsproject

Naast ontwikkeling wil de NIOF2008 ook kosten subsidiëren die gemoeid zijn met het omzetten van de resultaten daarvan in een proefproductie of proefopstelling. Dit betekent dat alleen investeringen of kosten in aanmerking komen van een productieopstelling of -proces dat gepaard gaat met technische-economische risico's en dat voortvloeit uit een ontwikkelingsproject waarvoor eerder een NIOF-subsidie of S&O-verklaring (besluit speuren ontwikkelingswerk, verstrekt door SenterNovem) is verstrekt.

De subsidiabele kosten voor implementatie bedragen minimaal € 12.500,-- en kunnen maximaal € 200.000,-- per aanvraag bedragen.

Kennisdrager

De NIOF2008 subsidieert tevens loonkosten van personen die kennis van HBO- of WO-opleiding aanwenden voor:

- het verrichten van fundamenteel (algemeen wetenschappelijk) of industrieel onderzoek (gericht op ontwikkeling van een bestaand of nieuw product, proces of dienst);
- kennisplan dat beschrijft hoe pre concurrentiële ontwikkeling of fundamenteel/industrieel onderzoek zal worden aangepakt.

De subsidiabele kosten voor het in dienst nemen van een kennisdrager bedragen minimaal € 14.500,- en kunnen maximaal € 50.000,- voor éénaanvraag bedragen. Wij kunnen slechts één keer in de twee jaar (kalenderjaren) een subsidieaanvraag voor het in dienst nemen van een kennisdrager honoreren.

Voor meer informatie kunt u [contact](#) opnemen met het SNN

Voor gemeentes

De VNG heeft alle financiële regelingen m.b.t. klimaatbeleid en energiebesparing op een rij gezet. Via een brochure en een overzicht van links maakt de VNG de informatie toegankelijk. In de brochure bevindt zich een Excel file met een internet link naar alle relevante internetlinks.

Download [overzicht financiële regelingen](#) (excel document)

Download [brochure financiële regelingen](#) (PDF)

Bron: Energieraad.nl

Vanuit het convenant tussen E.R.O.P., BAM Utiliteitsbouw en de hogescholen

Daar waar het subsidiëring betreft van met name toepassingen bij de NHL wordt tevens gekeken naar het Noordelijke circuit. Via het netwerk van Energy Valley gaat hierbij om gelden vanuit o.a. Pieken in de Delta, SNN, Koers Noord, Waddenfonds, Zuiderzeelijnfonds. Voor benadering van dit netwerk is overleg met de projectleiding van De Duurzame Kenniscampus noodzakelijk.