URBAN WIND TURBINES

LEIDRAAD VOOR KLEINE WINDTURBINES IN DE BEBOUWDE OMGEVING

Ir. Jadranka Cace, RenCom

Drs. Emil ter Horst, HoriSun

Wind Energy Integration
in the Urban Environment

Uitgegeven door:
Ir. Jadranka Cace, RenCom
www.rencom.nl
jadranka@rencom.nl

Drs. Emil ter Horst, HoriSun
www.horisun.nl
eth@horisun.nl

Februari 2007

Gesteund door:

Intelligent Energy Europe

"The sole responsibility for the content of this report lies with the authors. The content does not represent the opinion of the European Communities. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein."

Project web pagina's:

www.urbanwind.org

www.urbanwind.net

URBAN WIND TURBINES

LEIDRAAD VOOR KLEINE WINDTURBINES IN DE BEBOUWDE OMGEVING

Ir. Jadranka Cace, RenCom

Drs. Emil ter Horst, HoriSun

Project WINEUR is uitgevoerd in samenwerking met:

Inhoud

1 Inleiding 6
1.1 Doel 6
1.2 Definitie 6
1.3 Stakeholders 6
1.4 European Cities Urban Wind Network 7
2 Turbine types 8
2.1 Horizontale as windturbines (HAWT) 8
2.2 Verticale as windturbines (VAWT) 9
2.3 Bijzondere uitvoeringen van horizontale as windturbines 10
3 Technische data 11
4 Kosten en baten 12
4.1 Kosten 12
4.2 Baten 13
4.3 Rendement en efficiency 14
5 Leveranciers 16
6 Projecten 17
6.1 Geplaatste turbines 17
6.2 Projecten in uitvoering 18
6.3 Projecten in voorbereiding 19
6.4 Onderzoeken en rapporten 20
7 Waarom UWTs voor de bebouwde omgeving? 23
8 Status UWT markt in Nederland 24
8.1 Standpunten van de Nederlandse overheid 24
8.2 Standpunten van de marktpartijen 25
8.3 Potentieel 25
8.4 Certificering 26
8.5 Vergunningen 27
9 Plaatsing van UWTs in bebouwde omgeving 29
9.1 Aandachtspunten 29
9.2 Vuistregels locatiebepalingen 30
9.3 Communicatie 33
9.4 Milieueffecten 34
10 Slotconclusies 35
11 BIJLAGE 38

1 Inleiding

Dit document is gemaakt in het kader van het WINEUR project, gesubsidieerd door het Europese programma Intelligent Energy for Europe. Het project wordt uitgevoerd door de onderzoeksbureaus: AXENNE en ADEME uit Frankrijk, IT Power uit Engeland en HORISUN en Energiebureau ARC uit Nederland. Het doel van het project is om er achter te komen of kleine windturbines een optie zijn voor duurzame energie in bebouwde omgeving, en zo ja, onder welke voorwaarden. De complete WINEUR rapportage is te vinden op de project website www.urbanwind.org. Op deze site bevindt zich, onder andere, een catalogus met de datasheets van 58 verschillende kleine windturbines.

De Leidraad is een samenvatting van de onderzoeksresultaten van WINEUR. De data betreffende de windturbines zijn afkomstig van de betrokken leveranciers. De overige informatie is tot stand gekomen in overleg met de partijen en instanties die betrokken zijn bij de lopende onderzoeksprojecten, of vanuit hun functie een rol spelen bij het ontwikkelen en toepassen van kleine windturbines. De Leidraad zal worden uitgegeven in het Engels en in het Nederlands. De Nederlandse versie is te downloaden van www.urbanwind.net. Op deze website bevinden zich, naast algemene informatie over kleine windturbines, ook de uitkomsten van het symposium '*Kleine windturbines voor de bebouwde omgeving'* van 14 december 2006.

1.1 Doel

Het doel van dit document is om:

- de belangrijkste stakeholders op de hoogte te stellen van de huidige status van kleine windturbines,
- handvatten te bieden aan de partijen die in hun dagelijkse praktijk met kleine windturbines te maken hebben,
- aanbevelingen te doen ten aanzien van de toekomstige product- en marktontwikkeling.

1.2 Definitie

Kleine windturbines zijn turbines die speciaal zijn ontwikkeld voor de toepassing op of naast gebouwen. Dit betekent dat ze optimaal functioneren onder het windregime in bebouwde omgeving en plotselinge windvlagen en turbulenties goed kunnen weerstaan. Daarnaast zijn ze veilig, stil en vormen ze een visueel en constructief geheel met de objecten waarop of waarnaast ze geplaatst zijn. Het vermogen van deze turbines ligt tussen 0,5 en 20 kW.

In de praktijk worden kleine turbines voor bebouwde omgeving ook 'stedelijke' of 'urban windturbines' genoemd. Daarom wordt in dit rapport de afkorting UWT gebruikt.

1.3 Stakeholders

De stakeholders van UWTs zijn: nationale, regionale en locale overheden, onderzoeksinstellingen, turbineleveranciers, bouwbranche (architecten, projectontwikkelaars, bouwbedrijven), energiebureaus, ingenieursbureaus, adviseurs, installateurs, energieleveranciers, netbeheerders, meetbedrijven, eigenaren en/of beheerders van grote gebouwen en infrastructurele objecten (kantoorgebouwen, ziekenhuizen, sporthallen, appartementgebouwen, industrieobjecten, bedrijfsterreinen, snelwegen, waterwegen, spoorwegen etc.), eigenaren van vrijstaande huizen, financiële instellingen en milieuorganisaties.

Tabel 1: Stakeholders van UWTs en hun rollen

Partijen	*Rollen*
nationale overheid	het formuleren van nationale doelstellingen voor duurzame energie, formuleren van algemeen R&D kader, politieke en financiële ondersteuning voor duurzame energie, algemeen wettelijk kader: Wet Ruimtelijke Ordening (Wro), Nationaal Milieu beleidsplan (NMP), Wet Milieubeheer (Wm), Besluit Voorzieningen en Installaties Milieubeheer (Bvim), Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht (Wabo), Bouwbesluit, Woningwet, Richtlijnen Energieprestatie in gebouwen (EPBD), veiligheid. Eigenaar van grote gebouwen.
onderzoeksinstellingen	onderzoek, ondersteuning bij de ontwikkeling van UWT en het oplossen van technische knelpunten
fabrikanten	het ontwikkelen en produceren van UWT, veiligheid, betrouwbaarheid, duurzaamheid van UWT, marktontwikkeling
provincies	het stimuleren van de uitvoering van de nationale doelstellingen, initiëren en uitvoeren van proefprojecten, regionaal beleid, streekplan, bestemmingsplan, informatie, communicatie
gemeenten	het uitvoeren van nationale doelstellingen, initiëren en uitvoeren van voorbeeldprojecten, eigenaar/beheerder van grote gebouwen, bouwvergunning, bestemmingsplan, Bouwverordening, BANS Klimaatconvenant, risico's voor omwonenden, planschade, informatie, communicatie
Architecten en stedenbouwkundigen	ruimtelijke en bouwkundige integratie van UWT
projectontwikkelaars	het toepassen van kleine turbines in de nieuwbouw of renovatieprojecten met grote gebouwen met platte daken
energieagentschappen	het initiëren, faciliteren en ondersteunen van projecten met UWT, informatie, communicatie
Ingenieursbureaus, adviseurs	het indienen van bouwaanvraag, het onderzoeken van dakconstructies, projectbegeleiding, marktontwikkeling
eigenaren van grote objecten	het opdracht geven voor het plaatsen van UWT of beschikbaar stellen van daken en/of terreinen voor UWT
eigenaren van vrijstaande huizen	het opdracht geven voor het plaatsen van UWT
Installateurs	het aansluiten van UWT op het openbare net, elektrische veiligheid, voldoen aan de eisen van de netbeheerder
energieleveranciers	het afnemen van de door UWT opgewekte stroom, opnemen van UWT in het producten/diensten pakket, promotie
netbeheerders	het toestaan van de netkoppeling van UWT, veiligheid van openbare elektriciteitsvoorziening, het opnemen van meterstanden
meetbedrijven	het plaatsen van kWh-meters voor het meten van de door UWT opgewekte en in het net geleverde stroom
banken en andere financiële instellingen	het ontwikkelen van financiële producten voor de aanschaf van kleine zelfopwekkers, waaronder UWT
milieuorganisaties	milieueffecten van UWT, communicatie, initiëren en ondersteunen van proefprojecten, informatie, promotie

1.4 European Cities Urban Wind Network

Om de verdere ontwikkelingen betreffende UWTs te stimuleren is er, in het kader van het WINEUR project, een netwerk onder de naam ‘European Cities Urban Wind Network’ in het leven geroepen. Het netwerk heeft tot doel het faciliteren van de uitwisseling van informatie en ideeën tussen de partijen en het ondersteunen van de ontwikkeling van een gezamenlijke aanpak voor de verdere technologie- en marktontwikkeling. Tot februari 2007 hebben zich ruim 60 partijen uit Nederland bij dit netwerk aangesloten. De uitgangspunten en activiteiten van het netwerk zijn beschreven in het Handvest van de European Cities Urban Wind Network op www.urbanwind.net.

2 Turbine types

2.1 Horizontale as windturbines (HAWT)

De horizontale as turbines zijn ‘traditionele’ windturbines met twee, drie of meer wieken bevestigd aan een horizontale as. De optimale stand van deze turbines is met de wieken naar de wind toe. Locaties in een open veld zijn voor deze turbines het meest gunstig. Ze presteren slechter in een turbulente omgeving omdat ze dan telkens opnieuw naar de optimale stand moeten zoeken.

Swift

Eclectic

Fortis Montana

Sirocco

WES[5] Tulipo (kruimotor)

Figuur 1: Enkele voorbeelden van HAWT

Het zoeken naar de optimale stand, kruien genoemd, gaat met behulp van een staart (vaan) of met behulp van een kruimotor. Omdat HAWT turbines al meer dan twintig jaar op de markt zijn, zijn ze in verschillende maten en uitvoeringen verkrijgbaar. In figuur 1 zijn enkele types HAWT afgebeeld. In de catalogus op www.urban-wind.org zijn nog meer types in beeld gebracht.

2.2 Verticale as windturbines (VAWT)

Verticale as windturbines zijn innovatieve turbines, speciaal ontwikkeld voor de toepassing in bebouwde omgeving. Door hun bouw staan deze turbines altijd in de juiste positie ten opzichte van de wind. In het verleden werden de verticale as turbines verdeeld in twee categorieën, namelijk Savonius en Darrieus. Bij Savonius type duwt de wind de wieken weg. Hierdoor kan de turbine nooit sneller bewegen dan de wind zelf: de wieken bewegen met de wind mee. Dit wordt het weerstandprincipe genoemd. Bij Darrieus type wordt er door het bladprofiel voor gezorgd dat de bladen sneller draaien dan de wind. Dit wordt het liftprincipe genoemd. Bij moderne turbines is de vorm van de rotor vaak geoptimaliseerd voor bepaalde toepassingen. Hierdoor zijn nieuwe vormen ontstaan die niet meer passen binnen de definities van Savonius en Darrieus turbines.

In figuren 2, 3 en 4 zijn drie verticale as turbines afgebeeld, namelijk: Turby, WindSide en Ropatec. Turby maakt gebruik van het lift principe, WindSide van het weerstand principe en Ropatec van een combinatie van beide principes. Zowel Turby als Ropatec kunnen, naast de horizontale ook de verticale luchtstroming benutten, waardoor ze bij de toepassing op gebouwen een hoger rendement kunnen bereiken.

Figuur 2: Turby

Figuur 3: WindSide

Figuur 4: Ropatec

2.3 Bijzondere uitvoeringen van horizontale as windturbines

In de onderstaande figuren 5 en 6 zijn twee innovatieve horizontale as turbines afgebeeld. De Energy Ball, ook Venturi genoemd, heeft een horizontale as waaraan de boogvormige bladen zijn bevestigd. Alle bladen samen vormen een opengewerkte bal die zich met behulp van een staart naar de wind toe draait. WindWall is ook een turbine met boogvormige wieken en een horizontale as die in dit geval in een vaste positie staat t.o.v. het dak. Hierdoor kan deze turbine enkel de wind uit één richting vangen. Dit beperkt de toepasbaarheid van WindWall tot de locaties met de wind uit een overwegend constante richting.

Figuur 5: Energy Ball

Figuur 6: WindWall

Concluderend kan worden gesteld dat UWT in verschillende vormen en maten beschikbaar zijn. Omdat elk type in een andere omgeving het beste functioneert, is voor elke specifieke situatie een optimale UWT te vinden.

3 Technische data

Tabel 2: Technische data van de verschillende UWTs volgens opgave leverancier* (zie de opmerking onder tabel 3).

VERMOGEN	**Fortis Montana**		**WES[5] Tulipo**		**Turby**		**Energy Ball**		**Ropatec WRE030**	
nominaal vermogen	2,7	kW	2,5	kW	1,9	kW	0,5	kW	3	kW
nominale windsnelheid	10	m/s	9	m/s	12	m/s	15	m/s	12	m/s
start windsnelheid	2,5	m/s	3	m/s	3,5	m/s	2	m/s	2,5	m/s
stop windsnelheid	geen	m/s	20	m/s	14	m/s	geen	m/s	geen	m/s
maximaal toelaatbare windsnelheid	60	m/s	35	m/s	55	m/s	>40	m/s	60	m/s
MAATVOERING										
gewicht van de rotor	170	kg	200	kg	135	kg	30	kg	430	kg
rotor diameter	5	m	5	m	2	m	1,1	m	3,3	m
rotor oppervlak	19,6	m^2	19,6	m^2	5,3	m^2	1	m^2	7,26	m^2
mast hoogte	variabel	m	12	m	variabel	m	11	m	variabel	m
OVERIGE DATA										
maximale toerental	450	omw/min bij n. w. snelh	140	omw/min bij n. w. snelh.	420	omw/min bij n. w. snelh.	803	omw/min bij n. w. snelh.	120	omw/min bij n. w. snelh.
overbrenging	directe aandrijving		dmv. tandwielkast		directe aandrijving		directe aandrijving		directe aandrijving	
beveiliging	kort sluiten generator		el.magnetische rem, uit de wind kruien		el.magnetische rem		el.magnetische rem		el. magnetische rem of hydraulische rem	
aantal wieken	3		3		3		6		2	
materiaal vd wieken	glasvezel en epoxy		glasvezel en epoxy		carbon epoxy composiet		polyester		RVS foam filled	
uitgaande spanning (AC)	230	V	400	V	230	V	100	V	230	V
minimale werktemperatuur	-30	℃	-20	℃	-20	℃	-25	-℃	-30	-℃
maximale werktemperatuur	50	℃	40	℃	40	℃	50	℃	80	℃
geluidsproductie op 25 m afstand bij 10 m/s	< 60	DB	35	DB	50	DB	geen	DB	32	DB
levensduur	20	jaar	15	jaar	20	jaar	15	jaar	20	jaar
aan welke normen voldoet de turbine?	IEC61400-2, IEC61400-22 NEN 1014, IEC 529		IEC61400-2, IEC61400-22 NEN 1014, IEC 529		IEC61400-2 NEN 1014				IEC61400-2, IEC61400-22 NEN 1014, IEC 525	
is de turbine zelfstartend?	ja		ja		nee, wel automatisch		ja		ja	
hoe wordt de turbine op de wind gericht?	staart		kruimotor		onafhankelijk		staart		onafhankelijk	

4 Kosten en baten

4.1 Kosten

Tabel 3: Kosten per turbinetype volgens de opgave van de leverancier*.

Investeringskosten	**Fortis Montana**	**WES[5] Tulipo**	**Turby**	**Energy Ball**	**Ropatec WRE030**
	bedrag (€)	bedrag (€)	bedrag (€)	Bedrag (€)	Bedrag (€)
turbine	7.115	14.950	11.466	2.479	10.750
mast	2.660	inclusief	2.000	840	2.490
omvormer	3.850	inclusief	inclusief	450	inclusief
overige	375	inclusief	600	71	345
transportkosten	maatwerk	maatwerk	maatwerk	maatwerk	maatwerk
installatie en aansluiting	2.495	2.000	2.700	1.860	2.380
kWh-meter t.b.v. teruglevering	maatwerk	maatwerk	132	maatwerk	inclusief
engineering	maatwerk	maatwerk	240	maatwerk	inclusief
bliksembeveiliging	geen	geen	optioneel	geen	optioneel
aarding	inclusief	inclusief	700	Inclusief	optioneel
Investering totaal	16.495	16.950	17.838	5.700	15.965
Operationele kosten per jaar					
operationele kosten	geen	geen	geen	geen	geen
Gemiddelde onderhoudskosten/jaar	geen	175	geen	geen	geen
kosten hulpenergie	geen	geen	geen	geen	geen
verzekering per jaar	geen	optioneel	geen	geen	optioneel
Vervangingskosten na 10 jaar					
Lagers (bedrag per jaar)	geen	geen	geen	geen	geen
omvormer (eenmalig bedrag)	1.300	geen	1.300	300	inclusief
Revisie na 10 jaar		1.300			
Garantie	5 jaar	1 jaar	2 jaar	2 jaar	3 jaar
Handleiding	Inclusief	Inclusief	Inclusief	inclusief	inclusief
Restwaarde na 10 jaar	3.299	3.390	3.568	1.140	5.875
Kosten €/kW	**4.887**	**5.424**	**7.511**	**9.120**	**3.363**

*Opmerking:

Fortis Windenergy en CFC Ropatec hebben meerdere UWT types in hun portfolio. In dit overzicht telkens één turbine per leverancier gepresenteerd. De data van de overige turbinetypes zijn te vinden op www.urbanwind.net. Daarnaast hebben de meeste leveranciers uitgebreide productinformatie op hun websites. Voor adressen van de leveranciers zie tabel 6.

Alle data in tabellen 2 en 3 zijn volgens opgave leverancier.

4.1.1 Investeringskosten

Tot de investeringskosten behoren: complete UWT installatie inclusief de engineering, beveiliging en monitoring, evt. ondersteunende constructies, transport, hijskraan en montage, proefbedrijf en de oplevering van de installatie. Voor een complete begroting van de projectkosten moeten ook de bijkomende kosten zoals haalbaarheidsstudie, locatieonderzoek, leges en projectbegeleiding worden meegenomen.

Om de investeringskosten van de verschillende turbines enigszins met elkaar te kunnen vergelijken is er in de laatste regel van tabel 3 een berekening gemaakt van de turbinekosten per kW. De bedragen zijn slechts indicatief omdat de kosten van maatwerk niet bekend zijn. De kosten zijn berekend volgens de formule: (investering totaal – restwaarde)/nominaal vermogen. De restwaarde is gesteld op 20% van het investeringsbedrag, behalve bij Ropatec, waar het bedrag hoger ligt. De leverancier van Ropatec geeft aan de eigen turbines na 10 jaar tegen het in de tabel genoemd bedrag terug te willen kopen.

4.1.2 Periodieke kosten

De periodieke kosten behelzen het onderhoud inclusief de vervanging van onderdelen en voorrijkosten monteur en evt. revisie na 10 jaar. Het is aan te raden om turbines mee te nemen in de opstal en aansprakelijkheidsverzekering.

4.2 Baten

Onder de baten vallen de volgende posten: EIA (energie-investeringsaftrek), eventuele andere investeringssubsidies (bijvoorbeeld door provincies en/of gemeenten), MEP (Milieukwaliteit elektriciteitsproductie), besparing aan de inkoopkosten van stroom door eigen verbruik van windstroom en de inkomsten uit de verkoop van het stroomoverschot aan energieleveranciers of andere geïnteresseerden.

4.2.1 EIA

EIA is alleen van toepassing bij profit organisaties. Vanaf 1 januari 2007 is het weer mogelijk om gebruik te maken van de EIA van maximaal € 5.000 per turbine voor turbines met een nominaal vermogen < 25 kW. Meer informatie op http://www.senternovem.nl/eia/.

4.2.2 Subsidies van provincie en gemeente

Er zijn provincies en gemeenten die subsidies verstrekken voor UWTs. Meestal gaat het om subsidies in het kader van de lokale klimaatafspraken. Deze subsidieprogramma's worden per jaar herzien.

4.2.3 MEP

MEP is een overheidssubsidie per opgewekte kWh. De MEP wordt berekend over de volledige hoeveelheid van de opgewekte kWh per jaar, ongeacht of deze voor eigen verbruik wordt aangewend of in het openbare net wordt geleverd. Om voor de MEP-subsidie in aanmerking te komen dient de eigenaar van de turbine een speciale 'producenten' meter door het meterbedrijf te laten plaatsen en een subsidieaanvraag bij EnerQ te doen. De meterstanden van de producentenmeter worden jaarlijks door de netbeheerder afgelezen. Deze subsidie bedroeg 6,5 ct./kWh en werd stopgezet in oktober 2006. Verwacht wordt dat een opvolger van de MEP-regeling in de loop van 2007 zal worden ingevoerd. De actuele informatie met betrekking tot MEP is te vinden op: http://www.enerq.nl/informatie/Tarieven/Tarieven_wind_op_land.asp)

4.2.4 Kostenbesparing door eigen verbruik

De windstroom die direct op locatie wordt benut levert een directe kostenbesparing op voor de eigenaar. De hoogte van de besparing is afhankelijk van de stroomleverancier. Voor de klanten van bijvoorbeeld ENECO bedraagt de besparing ongeveer 21 ct/kWh (dit is de som van het leveringstarief en belastingtarief voor de aansluitingen met dubbeltarief < 3 x 25 A). De actuele tarieven zijn te vinden op de websites van energieleveranciers. Het adres voor ENECO is: http://prive.eneco.nl/contact/brochures/elektriciteitstarief.pdf. Transporttarieven worden landelijk bepaald. De actuele transporttarieven zijn te vinden op de website van DTe (Dienst Toezicht energie): http://www.dte.nl/images/ENB%202007_tcm7-98840.xls.

4.2.5 Levering in het net

Het overschot aan windstroom dat in het net geleverd wordt, kan aan een groene energieleverancier (bijvoorbeeld GreenChoice of ENECO) of een willekeurige derde persoon worden verkocht. De eigenaar van de turbine bepaalt zelf aan wie hij zijn elektriciteit zal verkopen. Het teruglevertarief verschilt per bedrijf. ENECO betaalt 4,088 ct/kWh excl. BTW (tarief 2007). Greenchoice geeft een extra korting op groene elektriciteit. Over de hoogte van de korting kan worden onderhandeld. Bij de levering in het net wordt gebruikgemaakt van een kWh-meter die in beide richtingen kan meten: in het net en uit het net.

4.3 Rendement en efficiency

Het rendement van windturbines kan worden uitgedrukt in de kosten per kilowattuur opgewekte elektriciteit: ct/kWh, of als zogenoemde specifieke opbrengst: de opgewekte energie in kilowattuur per vierkante meter bestreken rotoroppervlak per jaar (kWh/m^2/jaar). Op dit moment zijn de opbrengstcijfers van UWT onvoldoende bekend. Daarom is het niet mogelijk om een uitspraak te doen met betrekking tot de kosten per kWh, noch een vergelijking te maken tussen de verschillende types UWTs. Om ze toch met elkaar te kunnen vergelijken hebben we in de tabellen 4 en 5 voor alle turbines het referentievermogen (Pref) berekend bij twee specifieke windsnelheden, namelijk:

- bij 12 m/s: de snelheid die voor de meeste turbines in de buurt ligt van hun nominale windsnelheid,
- bij 5,5, m/s omdat dit volgens de leveranciers de minimale vereiste gemiddelde windsnelheid voor een UWT is.

In de tabellen is ook het specifieke vermogen (Pref spec) in kW per m^2 rotoroppervlak bij 12 m/s, respectievelijk 5,5 m/s weergegeven. Pref en Pref spec kunnen worden gezien als indicatoren voor de efficiency van een windturbine.

Tabel 4: Referentiewaardes bij de windsnelheid van 12 m/s

	v wind ref	v wind nom	P nom	P ref	A	P ref spec
	m/s	m/s	kW	kW	m2	kW/m2
Montana	12	10	2,7	4,67	19,60	0,24
WES[5] Tulipo	12	9	2,5	5,93	19,60	0,30
Turby	12	12	1,9	1,90	5,30	0,36
Energy Ball	12	15	0,5	0,26	1,00	0,26
Ropatec	12	12	2,5	2,50	7,26	0,34

Tabel 5: Referentiewaardes bij de windsnelheid van 5,5 m/s

	v wind ref	v wind nom	P nom	P ref	A	P ref spec
	m/s	m/s	kW	kW	m2	kW/m2
Montana	5,5	10	2,7	0,45	19,60	0,02
WES[5] Tulipo	5,5	9	2,5	0,57	19,60	0,03
Turby	5,5	12	1,9	0,18	5,30	0,03
Energy Ball	5,5	15	0,5	0,02	1,00	0,02
Ropatec	5,5	12	2,5	0,24	7,26	0,03

Toelichting:

A = bestreken rotor oppervlak

V_{nom}, P_{nom} en A zijn volgens de opgave van de leverancier in tabel 2. P_{ref} volgt uit de formule: $P_{ref}=(v_{ref}/v_{nom})^3 \times P_{nom}$

4.3.1 Vergelijking met grote turbines

De eenmalige investeringskosten voor UWTs zoals genoemd in tabel 3, variëren tussen 3.300 en 9.100 €/kW. Ter vergelijking: de investeringskosten van grote turbines liggen in de buurt van 1.000 €/kW. TU Delft heeft berekeningen gedaan met betrekking tot de mogelijke specifieke opbrengsten van UWTs. Hieruit volgt dat, bij een gemiddelde windsnelheid van 5,5 m/s, de specifieke opbrengsten tussen 150 – 400 kWh/m^2/jaar zullen bedragen. Ter vergelijking, de opbrengsten van grote turbines liggen tussen 800 en 1200 kWh/m^2/jaar.

Op het eerste gezicht lijkt dat het rendement van grote turbines veel hoger ligt dan dat van UWTs. Aan de andere kant, staan kleine turbines nog aan het begin van hun leercurve. Verwacht wordt dat de efficiency in de toekomst aanzienlijk verbeterd zal worden. Daarnaast verwachten de leveranciers dat de investeringskosten bij een seriematige productie van ongeveer 500 stuks per jaar met 40% verlaagd kunnen worden. Nog een belangrijk aspect is dat de elektriciteit uit UWTs direct aan de klant geleverd wordt waardoor de elektriciteitskosten tegen een kleinverbruikertarief worden uitgespaard. Dit tarief is ongeveer 5 keer hoger dan de vergoeding voor grote windturbines.

Gelet op de installatiegrootte, kosten en verwachte opbrengsten van UWTs lijkt een vergelijking met fotovoltaïsche zonne-energie meer voor de hand te liggen dan die met grote windturbines. Een uitgebreide vergelijking is te vinden op de website van WINEUR: www.urbanwind.org

.

5 Leveranciers

Er zijn op dit moment 14 UWTs leveranciers op de Nederlandse markt. Acht daarvan leveren turbines van eigen, Nederlands ontwerp. De overigen zijn vertegenwoordigers van verschillende leveranciers. Vooral het aantal importeurs is de laatste tijd groeiende.

Tabel 6: Leveranciers van UWTs in Nederland

bedrijfsnaam	*plaats*	*web pagina*	*telefoon*	*e-mail*
Turby b.v.	Lochem	www.turby.nl	0573-256358	ds@turby.nl
WES b.v.	Zijdewind	www.windenergysolutions.nl	0226-425150	info@windenergysolutions.nl
Fortis Wind Energy	Haren	www.fortiswindenergy.com	0505-340104	fortis-windenergy@wxs.nl
Venturi Wind Turbines	Deventer	www.venturiwind.com	0570-510246	info@venturiwind.com
HomeEnergy	Schoondijke	www.homeenergy.nl	023-558 0022	info@homeenergy.nl
CFC Energy&Environment	Delft	www.cfc-flowcontrol.nl	015-2682635	info@cfc-flowcontrol.nl
The Wind Factory International	Amsterdam ZO	www.thewindfactory.com	020-3422137	info@thewindfactory.com
SET	Nuenen	www.set.nl	0492-523008	wim@set.nl
Eco-Energy	Spaarndam	www.eco-energy.nl	023 5371470	info@rietpol.nl
Prowin	Nijmegen	www.prowin.nl	06-41470070	kees@vhcon.nl
Tulipower	Amsterdam	www.tulipower.nl	06-19618369	hd@tulipower.nl
H-energiesystemen b.v.	Swifterbant	www.h-energiesystemen.com	0321 322599	info@h-energiesystemen.com
PyroSolar Projects	Dodewaard	http://www.pyrosolar.nl	0488-452496	info@pyrosolar.com
Technisch Centrum Noord Holland	Breezand	http://www.tcnh.nl	0223-521122	info@tcnh.nl

Daarnaast zijn Ecofys en de Haagse Hogeschool, ieder voor zich, bezig met het ontwikkelen van een nieuw type UWT. Op dit moment is het nog niet bekend wanneer deze turbines op de markt zullen komen.

Goan Oey, directeur CFC Wind en Energy b.v.

Hoge geluidsproductie is vooral het gevolg van een hoog toerental (zowel bij HWT alsook bij VAWT) of van het windgeruis tussen het blad en de mast (bij HAWT).

Als het toerental van de turbine lager is dan 150 omwentelingen/min, dan zal het heersende windgeruis het geluid van de turbine volledig overstemmen, de turbines hoor je dan niet.

6 Projecten

6.1 Geplaatste turbines

Op dit moment staan er op verschillende locaties in Nederland ongeveer 56 UWTs. De meeste turbines zijn solitair en binnen afzonderlijke projecten geplaatst. Tabel 7 geeft een overzicht.

Tabel 7: Locaties met UWTs per leverancier

Turby	
bedrijf/instelling	***plaats***
Imkerij Poppendamme	Grijpskerke
Stadhuis	Den Haag
TUD	Delft
Bos en Lommer	Amsterdam
Milieudienst	Groningen
Duits Engineering	Zutphen
Stadhuis	Hoofddorp
Stadhuis	Almelo
Saxion College	Enschede
Bachflat	Tilburg
Wonen Breburg	Breda
Provinciehuis	Zwolle
Wintershall	IJmuiden
Flevohuis, Zeeburg*	Amsterdam
Stadhuis	Leeuwarden
Gasunie Research	Groningen
Boerenbedrijf Attema	Ferwoude
Flevoland rotonde	Lelystad
Promenade kantoren	Almere
Saltoschool	Eindhoven

Energy ball	
bedrijf/instelling	***plaats***
Piushaven	Tilburg
Provincie Groningen	Strobos

Fortis Windenergy	
klant/ instelling	***plaats***
Peter Broekmeulen	Dieren
PILKES Verlichting BV	Stompetoren
Henk Berends	Sebaldeburen
J.Brak	Petten
W.H.van de Heuvel	Hoogland
Slendebroek	Hoogkerk
Animal Science, WUR	Raalte
Wiertsema en Partners	Tolbert
P.Itserda	Wapserveen
Camping "De Noorman"	Cadzand
MEA	Dronrijp
Minicmamping 't Sluisje	Hoek
GreenPeace	Amsterdam
Minicamping Het Peelvenneke	Zeeland
Gemeente Assen	Assen
De With	Lutjegast
v Veen Transport	Assen

WindSide	
bedrijf/instelling	***plaats***
Eolus	Sexbierum
woonboot	Amsterdam

Provane	Zuidwolde
Turbojet	Zweeloo
H-energysystemen	Wirdum

WES[5] Tulipo	
bedrijf/instelling	***plaats***
Mainwind B.V.	Zevenbergen
Renema	Gaastmeer
Huisman Elektrotechniek	Elst
Gemeentewerf	Waddinxveen

WindWall	
bedrijf/instelling	***plaats***
Deltion College	Zwolle
AMC Erasmus	Rotterdam
HTM	Den Haag
Siemens	Den Haag
kantoorgebouw	Scheveningen
Hotel Het hoge duin	Wijk aan Zee
Stadsdeelwerf	Amsterdam O-Watergraafsmeer

CFC Ropatec	
bedrijf/instelling	***plaats***
AEH	Kesseleik
Energy Point gebouw*	Rotterdam
Altran*	Zeeland
Indusriegebied*	Geleen
Now&Wow*	Rotterdam

*wachten op de bouwvergunning

6.2 Projecten in uitvoering

6.2.1 'Voor de wind gaan'

In 2004 hebben de drie noordelijke provincies Groningen, Friesland en Drenthe samen een project opgezet met als doel: het in een praktijksituatie onderzoeken van de perspectieven voor meerdere types kleine windturbines. Het project wordt uitgevoerd binnen het DEN-programma van SenterNovem. KNN Milieu en het Van Hall Instituut verrichten de sociale, respectievelijk technische monitoring.

De centrale vraagstelling van dit project is: waar en onder welke omstandigheden komt welke turbine het best tot zijn recht in de zin van: rendement, inpasbaarheid, veiligheid, beleving en esthetische uitstraling? Speciale aandacht wordt besteed aan het bestuurlijke proces en aan juridische aspecten met betrekking tot de lokale overheid.

De bedoeling was om 22 turbines van 6 verschillende leveranciers te verdelen over drie type omgevingen: landelijk gebied, bedrijfsterreinen en woongebieden. Door de lange vergunningstrajecten heeft de plaatsing veel langer geduurd dan gepland. Om voldoende tijd over te houden voor het onderzoek is besloten om de plaatsingsfase begin 2007 te stoppen. Verwacht wordt dat er dan in totaal 15 turbines geplaatst zullen worden. Ondanks het feit dat niet alle turbines geplaatst zullen worden kan het project als een groot succes worden gezien omdat het, nu al, belangrijke inzichten heeft opgeleverd met betrekking tot de toepassing van UWTs in bebouwde omgeving.

Tabel 8: De t/m september 2006 geplaatste turbines

	klant	*adres*	*plaats*	*turbine type*
1	J. Slendebroek	Aduarderdiepsterweg	Hoogkerk	Fortis Montana
2	Milieudienst Groningen	Duinkerkenstraat	Groningen	Turby
3	Gasunie	Energieweg	Groningen	Turby
4	Wiertsema&Partners	Fietspark	Tolbert	Fortis Montana
5	Venhuizen	Eekerdermeedenweg	Wirdum	H-energiesystemen ES 800
6	MEA adviesbureau	De Alde Mar	Dronrijp	Fortis Alyze
7	gemeente Leeuwarden	Oldehoofsterkerkhof	Leeuwarden	Turby
8	W. Attema	Doniabuorren	Ferwoude	Turby
9	Aeolus Vaartjes	Hearewei	Sexbierum	WindSide
10	Gemeente Assen	Milieudienst	Assen	Fortis Montana
11	Gemeentewerf Coevorden		Zweeloo	turbojet
12	Gemeente de Wolden	Hoofdstraat	Zuidwolde	Provane
13	Van Veen Transport	Wenkebachstraat	Assen	Fortis Montana

Contactpersonen voor het project 'Voor de wind gaan' zijn: Werna Udding, w.udding@provinciegroningen.nl en Desmond de Vries, ddeveries@provinciegroningen.nl.

6.2.2 Pilot-project Duurzame Driehoek, Brabant

De Duurzame Driehoek is een samenwerkingsverband van 11 gemeenten binnen de driehoek Den Bosch – Tilburg – Eindhoven die samen projecten willen uitvoeren, waarbij duurzaamheid centraal staat. Binnen dit project hebben de gemeenten Eindhoven, Tilburg, Den Bosch en Boxtel in februari 2006 een overeenkomst getekend voor het plaatsen van zeven UWTs op verschillende gebouwen. Het doel was om door praktijkervaring een goed inzicht te krijgen in de voors en tegens van UWTs. In vijf gevallen werd de keuze voor WindWall gemaakt. Doordat de leverancier van WindWall failliet is gegaan heeft het project grote vertragingen opgelopen. Daarnaast heeft de aanpassing van het bestemmingsplan i.v.m. de toegestane bouwhoogte, erg veel tijd gekost. Tot en met december 2006 zijn twee turbines geplaatst. Meer informatie over dit project is verkrijgbaar via Ruud van Rijn: ruud@boschenvanrijn.nl.

6.3 Projecten in voorbereiding

6.3.1 Technische monitoring, provincie Zeeland

De energieleverancier DELTA, provincie Zeeland, Windcorporatie Zeeuwind en gemeente Sluis gaan gezamenlijk een pilot project realiseren met als doel het vergelijken van opbrengsten en geluidsproductie van een selectie uit het aanbod aan kleine windturbines. Op het Technopark Zeeland in Schoondijke zullen 11 UWTs op rij worden geplaatst. De energieopbrengsten en geluidsproductie zullen gedurende twee jaar worden gemeten.

De bouwvergunning is in november vorig jaar, middels een art. 19-procedure verstrekt. DELTA is de trekker van het project. Op dit moment worden er onderhandelingen gevoerd met de potentiële turbineleveranciers. Het project wordt volledig door de initiatiefnemers bekostigd. De leveranciers krijgen een vergoeding voor het plaatsen en het verwijderen van de turbine. Daarnaast ontvangen ze een vergoeding per opgewekte kWh.

De contactpersoon voor het project is de heer Sjaak Vogel: JVogel@delta.nl.

Anne Elsen, Anne Elsen Milieuadvies (Amsterdamse Praktijkvoorbeelden Stedelijke Windturbines)

De omwonenden hebben een bezwaarschrift ingediend tegen vergunningverlening. De bezwaren richten zich op: de hoogte van de molen, geluidhinder, visuele onrust, onveiligheid, aantasting introverte uitstraling van de wijk, waardedaling woning, schaduwwerking en vogelsterfte. De buren hebben niets tegen windenergie als zodanig maar wel als er een molen op het buurhuis komt te staan.

6.3.2 Den Haag gaat 30-50 kleine windturbines plaatsen in de stad

De gemeente Den Haag is van plan om in 2007 samen met andere organisaties 30 tot 50 kleine windmolens te plaatsen in de stad. Volgens de milieuwethouder zijn UWTs “mooi vormgegeven en uitstekend passen op markante plekken in de stad, zoals rotondes of hoge gebouwen".

Den Haag heeft dit jaar € 200.000 beschikbaar om nieuwe windenergieprojecten in de stad te starten. Ook enkele grote Haagse bedrijven hebben toegezegd een bijdrage te willen leveren in de vorm van kennis, locaties of geld. Het gaat om Shell, Siemens, de Haagse Hogeschool, de Rabobank, HTM, Eneco,

Vestia en Staedion. Deze partijen hebben in 2006 samen met de gemeente het Platform Duurzaam Den Haag opgericht en maken gezamenlijk afspraken over het uitvoeren van duurzame projecten.

Het toepassen van windenergie in de stad maakt onderdeel uit van het Haags klimaatbeleid. Den Haag wil in 2010 minimaal voldoen aan de landelijke Kyoto-doelstelling: 6% reductie van CO_2-uitstoot. Bovendien heeft de gemeente in 2001 al besloten om in 2010 zelf een CO_2-neutrale organisatie zijn. Dit wil ze realiseren door zo weinig mogelijk energie te gebruiken, zoveel mogelijk duurzame energie toe te passen en de resterende uitstoot van CO_2 te compenseren. Informatie op: http://www.denhaag.nl/smartsite.html?id=50477.

6.4 Onderzoeken en rapporten

Veel hogescholen en faculteiten in Nederland en daarbuiten besteden tegenwoordig aandacht aan UWTs. Zo wordt bij TU Delft op dit moment onderzoek uitgevoerd naar onderwerpen als: windaanbod in stedelijke omgeving, windstroming rond gebouwen, prestaties van windturbines op gebouwen en optimalisatie van windturbines.

In het Spaanse energieonderzoekscentrum CIEMAT wordt sinds 2005 een Europees R&D onderzoek uitgevoerd naar de verschillende aspecten van UWT. Onder andere wordt gekeken naar de veiligheid, duurzaamheid, opbrengsten, geluidsproductie en certificering. De voorlopige conclusies uit dit project zoals gepresenteerd tijdens de European Wind Energy Conference in Athene in februari 2006 zijn:

- er is een markt voor UWT zowel in afgelegen gebieden alsook in bebouwde omgeving;
- de technologie is nog niet uitontwikkeld (hoge kosten, lage opbrengsten);
- politieke en financiële ondersteuning van de overheid is noodzakelijk.

Een afstudeerder van TU Delft is op dit moment ook betrokken bij dit onderzoek. Informatie via Gerard van Bussel: G.J.W.vanBussel@TUDelft.nl.

Sander Mertens heeft een promotieonderzoek gedaan bij TU Delft naar de verschillende mogelijkheden van energieopwekking met behulp van windenergie in de bebouwde omgeving, waaronder UWTs. Het resultaat is gepubliceerd in het rapport: 'Wind energy in the built environment', 2006, ISBN 0906522 358. Informatie bij sander.mertens@dhv.nl.

De Haagse Hogeschool heeft een prototype ontwikkeld voor een meetinstallatie voor het meten van windsnelheden op daken. De installatie wordt op dit moment nog getest. Meer informatie bij Eize de Vries vre@thrijswijk.nl.

In het kader van het WINEUR project heeft het Energiebureau ARC uit Amsterdam een onderzoek laten doen naar de knelpunten bij het plaatsen van kleine windturbines aan de hand van een 5-tal pilot projecten in Amsterdam. Het onderzoek is uitgevoerd door Anne Elsen Milieuadvies. Het onderzoek beschrijft het voorbereidingstraject van de 5 Amsterdamse UWT projecten: aanpak, knelpunten en mogelijke oplossingen. Het onderzoek pleit voor een vereenvoudiging van de vergunningverlening, het meenemen van UWT in de toekomstige planvorming en het ontwikkelen van stimuleringsbeleid. Het rapport is te downloaden op: anne@elsenmilieuadvies.nl.

In de aanloop op het project 'Voor de wind gaan' heeft Marcel Logtenberg, in het kader van zijn afstudeeropdracht aan de hogeschool Windesheim, een onderzoek gedaan naar de vergunningstrajecten bij een tiental locaties. Zijn belangrijkste aanbeveling is om UWTs vooral op bedrijventerreinen te laten

plaatsen, en de vergunningsplicht voor deze locaties te laten vervallen. Dit kan door UWTs in de categorie 'bouwvergunningvrije en licht-bouwvergunning plichtige bouwwerken' op te nemen. Het rapport is uitgebracht onder de vlag van KNN Milieu. Meer informatie bij C. Kamminga, KNN Milieu: k.j.kamminga@knnmilieu.nl.

Het afstudeerrapport 'Mini-turbines in beweging' uit 2005 bij TU Delft van Kristel Meijers, heeft de actoren en factoren in beeld gebracht die een rol spelen bij het formuleren van het overheidsbeleid ten aanzien van UWTs.

Om de mogelijke beleidsmatige obstakels ten aanzien van het pilot-project met 11 UWTs te voorkomen, heeft de Provincie Zeeland 'De beleidsvisie kleine windturbines' uitgewerkt. In dit document worden verschillende aspecten van UWTs belicht. Daarnaast wordt er een procedure beschreven die gevolgd zal worden bij de vergunningverstrekking. Informatie via DELTA: JVogel@delta.nl.

De gemeente Haarlem heeft een poging gedaan om UWTs met een diameter kleiner dan 2 m, onder bepaalde voorwaarden, vergunningvrij te laten plaatsen. Het voorstel heeft het niet gehaald omdat het strijdig zou zijn geweest met het Bouwbesluit. Meer info via T.G. Elfrink, tgelfrink@haarlem.nl.

Werna Udding, Provincie Groningen (project 'Voor de wind gaan')

Voor gemeenten zijn de UWTs vaak een onbekend onderwerp, waar nog geen beleid voor is.

De techniek functioneert niet altijd naar behoren. Sommige turbines staan vaak stil, andere leveren minder dan verwacht.

6.4.1 Knelpunten

Uit de verschillende onderzoeken en lopende projecten zijn de volgende knelpunten naar voren gekomen:

Turbines

- De nieuwe turbinetypes zijn nog niet uitontwikkeld: aan de hand van de praktijkervaringen worden er aanpassingen gedaan in de lopende projecten die moeten leiden tot efficiency verhoging, verlaging van geluidsoverlast en verhoging van veiligheid.
- Sommige turbines zijn van slechte kwaliteit (materialen, laswerk)
- Er is geen onafhankelijke informatie over UWTs. Alle data komen van de leveranciers.
- Er zijn geen normen voor de technische kwaliteit van VAWT

Projecten

- UWTs worden te vaak op niet geschikte locaties geplaatst (te laag en/of achter obstakels voor minder zichtbaarheid), met alle negatieve gevolgen van dien voor de opbrengsten.
- Er is geen ondersteuning voor UWTs door de nationale overheid. Hierdoor is het niet mogelijk om de ontwikkeling van UWTs structureel in te zetten en er is geen zicht op de lessen uit de afzonderlijke projecten. Daarnaast is het afbreuk risico van projecten heel groot.
- Het bepalen van een optimale locatie voor UWTs is heel complex.

- De opbrengstprognoses opgegeven door de fabrikanten blijken te optimistisch.
- Opbrengsten verschillen duidelijk per locatie en turbinetype.
- Geluidsproductie opgegeven door de fabrikanten blijkt vaak te optimistisch.
- De overige negatieve praktijkervaringen zijn: trillingen, uitval, stormschade (afgebroken wieken, afgewaaide gondel)
- Eén van de turbines wordt ‘s nachts en bij zonnig weer stopgezet wegens klachten over geluidsoverlast en zonreflectie. De turbine zal worden verplaatst.
- Realisatie van projecten met UWTs gaat veel langzamer dan verwacht. Elke locatie is maatwerk.

Kosten

- De investeringskosten in UWT zijn vrij hoog, vooral in relatie tot de opbrengsten.
- De leges staan niet in verhouding tot de investeringskosten. Ze bedragen soms de helft van de investeringskosten.
- De bijkomende projectkosten zoals haalbaarheidsstudie, locatieonderzoek en projectbegeleiding zijn kostbaar.

Beleving

- In stedelijke omgeving zijn omwonenden bang voor: zonreflecties, slagschaduw, lawaaioverlast, onveilige situaties voor spelende kinderen door brekende turbinebladen en waardevermindering eigen huis. Het is niet duidelijk in hoeverre deze angsten gegrond zijn.
- De communicatie in de keten verloopt soms moeizaam: kennis niveau verschilt per instantie, niet iedereen is even enthousiast

Vergunningen

- Het vergunningstraject voor kleine turbines is complex, langdurig, duur en verschilt per gemeente. Vanwege het ontbreken van een certificaat, moeten data voor elke vergunning aan externe deskundigen worden voorgelegd. Hierdoor zijn de kosten hoger en duurt het langer voordat de vergunning rond is.
- Vergunningaanvragen worden vaak onvolledig ingediend.
- Er bestaan geen duidelijke richtlijnen voor de bouwkundige integratie van kleine turbines.

Figuur 7: H-energy turbine

7 Waarom UWTs voor de bebouwde omgeving?

UWTs kunnen niet in plaats van grote turbines worden gebruikt. Ze zijn geschikt voor kleinschalige energie opwekking op locaties waar geen ruimte is voor grote turbines. De opgewekte elektriciteit kan direct in het gebouw en/of op locatie worden verbruikt. UWTs zijn complementair met zonne-energie: meestal gaat veel wind gepaard met slecht weer en weinig zon en andersom.

Hieronder een aantal redenen waarom UWTs een interessante optie kunnen zijn:

- CO_2 besparing door middel van groene elektriciteit opwekking;
- Invulling geven aan energiebesparing en duurzame energieopwekking in gebouwen (EPC, EPBD);
- Het voorkomen van energieverliezen samenhangend met transport en distributie van de grote centrale naar de bebouwde omgeving;
- Het stimuleren van gedragsverandering: wie zelf energie opwekt, let beter op het verbruik en bespaart meer;
- Besparing van fossiele brandstoffen: hoe meer duurzame energieopwekking, des te minder elektriciteit moet worden opgewekt met kolencentrales;
- Een zichtbaar groen imago voor bedrijven: past goed bij groen beleid en bij maatschappelijk verantwoord ondernemen;
- Voorbeeldfunctie: overheidsinstellingen kunnen een voorbeeld stellen;
- Besparing aan stroomkosten tegen kleinverbruikers tarief;
- Geen zorgen over de stroomkosten stijging;
- Onafhankelijkheid van de energieleverancier;
- Export product.

Figuur 8: Tulipo, Hannover Messe

8 Status UWT markt in Nederland

De Nederlandse UWT markt is abrupt ontstaan naar aanleiding van het artikel 'Wind in de wijk' in het blad 'Duurzame energie' in 1999 en de presentatie van de Tulipo van Lagerweij op het Nederlandse paviljoen bij de Hannover Messe in 2000 (zie figuur 8). De enorme belangstelling voor UWTs die toen in Nederland ontstond, inspireerde een aantal uitvinders tot het ontwikkelen van nieuwe types windturbines, specifiek voor bebouwde omgeving. Deze ontwikkeling maakt Nederland uniek in de wereld. Turby, WindWall en Energy Ball zijn daar de voorbeelden van.

De techniek van UWTs heeft zich nog niet in de praktijk bewezen. De tot nu toe gerealiseerde projecten hebben inzichtelijk gemaakt dat er ruimte is voor rendementsverbetering. Naar aanleiding hiervan heeft Turby b.v. aanpassingen aangebracht aan haar turbine waardoor de opbrengsten beter zijn geworden. Energy Ball heeft een complete restyling ondergaan met als doel de rendementsverbetering en het geschikt maken van de turbine voor serieproductie. WindWall b.v. heeft, na een reeks tegenslagen, het faillissement aangevraagd.

De Ropatec turbine is in de afgelopen jaren onder verschillende lokale omstandigheden toegepast waardoor deze volledig is uitontwikkeld.

De driewiek turbines bestaan al ruim 20 jaar en de technologie is reeds uitontwikkeld. Toch zijn de kwaliteitsverschillen tussen de verschillende leveranciers groot. In het project 'Voor de wind gaan' zijn deze turbines met wisselend succes toegepast. Sommige turbines hebben aanzienlijke stormschade opgelopen. De opbrengsten lopen overal achter op de prognoses. Voor een deel heeft dit te maken met de slecht gekozen locaties en/of een te geringe masthoogte.

Voor alle turbines geldt dat de technische data, noch energieopbrengsten door een onafhankelijke deskundige zijn bevestigd. Tulipo is de enige uitzondering als het gaat om de technische data: de turbine heeft een certificaat voor de technische kwaliteit uitgegeven door het Amerikaanse NREL (National Renewable Energy Laboratory).

Gerard van Bussel, TU Delft, (WindNieuws)

UWT zijn nog lang niet volwassen. De kostprijs per m^2 rotoroppervlak is nog veel te hoog en de opbrengst kan nog best verbeterd worden. Hiervoor is beslist langere termijn onderzoek nodig. En juist op dit punt is het jammer dat de overheid de kansen laat liggen.

Het is toch vreemd dat we geen lering getrokken hebben uit de teloorgang van onze 'grote' windindustrie en ook nu weer, met een weifelend beleid, een interessante kleinschalige ontwikkeling laten doormodderen totdat deze kleine bedrijven sterven of worden overgenomen.

8.1 Standpunten van de Nederlandse overheid

Er is geen landelijk beleid, dus ook geen doelstelling en geen stimuleringsprogramma specifiek voor UWTs. Dit heeft te maken met de volgende standpunten van de Nederlandse overheid:

- UWTs vormen geen opwekkingspotentieel van betekenis voor de nationale doelstelling;
- UWTs zijn te duur en er zijn geen indicaties dat ze in de toekomst ongesubsidieerd zullen kunnen concurreren met fossiele energie;

- Certificering is een verantwoordelijkheid voor de producenten.

8.2 Standpunten van de marktpartijen

De leveranciers hebben een andere visie op de marktkansen voor UWTs. Deze kan als volgt worden verwoord:

- UWTs hebben de potentie een rol te gaan spelen in de duurzame energieopwekking in bebouwde omgeving. Daarom is het zinvol om door te gaan met het ontwikkelen van nieuwe turbine technologieën en het opzetten van pilot- en demonstratieprojecten waarin deze turbines in de praktijk kunnen worden getest. Om een level playing field te creëren t.o.v. de andere technologieën, is het nodig dat hiervoor een door de overheid ondersteunde en gestuurde ontwikkelingsprogramma wordt opgezet.
- Een commerciële prijsstelling voor UWTs op termijn is mogelijk onder voorwaarde van overheidsondersteuning bij de product- en marktontwikkeling.
- Ongeacht het potentieel heeft de overheid een ondersteunende en sturende taak bij het ontwikkelen van een wettelijk kader voor UWTs en het vaststellen van normen voor het certificeren van UWTs.
- UWTs zijn gelet op locatie, capaciteit per installatie en kosten vergelijkbaar met fotovoltaïsche zonne-energie. Bij het bepalen van stimuleringsmaatregelen zou hier rekening mee moeten worden gehouden.
- De overheid heeft een taak bij het versimpelen van de bouwvergunningverlening en het vrijstellen van UWTs van leges.

Sander Mertens, DHV ('Wind energy in the built environment')

Er is een aanzienlijk theoretisch windpotentieel in bebouwde omgeving.

De plek waar UWT op het dak geplaatst wordt moet met grootste zorg worden gekozen omdat de energieopbrengsten een factor 2 kunnen verschillen op een afstand van enkele meters in horizontale of verticale richting.

8.3 Potentieel

Uit de tot nu toe uitgevoerde projecten is naar voren gekomen dat gemeenten, bedrijven, eigenaren van kantoor- en flatgebouwen, energieleveranciers en particuliere huiseigenaren veel belangstelling hebben voor UWTs. Allen stellen ze als voorwaarde dat UWTs veilig en betrouwbaar moeten zijn. De meeste potentiële kopers vinden een terugverdientijd van 10 jaar acceptabel.

Het bepalen van het potentieel voor UWTs is een zeer complexe zaak. Sinds het jaar 2000 hebben de verschillende instellingen geprobeerd een inschatting te maken van het potentieel voor UWTs in Nederland. De inschattingen voor 2020 variëren tussen 60 MW (Royal Haskoning) en 517 MW (NGUp).

Om een indicatie te krijgen van de markt voor UWTs is in 2001 een onderzoek gedaan door Mark Koehorst, een afstudeerder bij Ecofys onder begeleiding van TU Delft. Volgens dit rapport zijn er in Nederland ongeveer 40.000 locaties met een goed windaanbod op het dak.

In zijn promotieonderzoek 'Wind energy in the built environment' in 2006, stelt Sander Mertens dat er 'een aanzienlijk theoretisch windpotentieel in bebouwde omgeving bestaat'.

In het kader van WINEUR is ook een potentieelstudie uitgevoerd. Uitgaande van een 'gemiddelde' UWT met een rotoroppervlak van 10 m^2 en een nominaal vermogen van 2,5 kW per turbine, volgt een potentieel van tussen 116 en 1.161 MW in 2040. Bij de berekening is rekening gehouden met de verschillende penetratiemogelijkheden voor UWTs voor de verschillende locatietypes in de kustgebieden en in het binnenland. Het realiseren van dit potentieel is mogelijk onder voorwaarde van overheidsondersteuning ten behoeve van onderzoek en ontwikkeling, het uitvoeren van praktijkexperimenten en marktontwikkeling gedurende ongeveer 12 jaar. De volledige studie is te vinden op www.urbanwind.org.

Tabel 9: Marktpotentieel voor UWT in Nederland

Marktpotentieel voor UWT in Nederland	***kustgebieden***		***binnenland***		***totaal***	
	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog
rotoroppervlak (m^2)	231.929	1.990.936	231.446	2.653.023	463.375	4.643.959
aantal turbines	23.193	199.094	23.145	265.302	46.338	464.396
elektrisch vermogen (MW)**	58	498	58	663	116	1.161
elektriciteit opwekking* (GWh/jaar)	93	796	35	398	128	1.194
aandeel in het totale energieverbruik in Nederland*** (%)	0,013	0,115	0,005	0,057	0,018	0,172

*1 GWh = 1 miljoen kWh
**uitgaande van 2,5 kW per UWT
*** het totale energieverbruik is gezet op 2500 PJ/jaar

8.4 Certificering

UWTs worden geplaatst op- of naast gebouwen. Dit impliceert dat, wanneer een turbine om welke reden dan ook ontregeld raakt, dit een risico voor de omwonenden met zich meebrengt. Om risico's te voorkomen moeten UWTs aan hoge kwaliteits- en veiligheidseisen voldoen. Het voldoen aan dit soort eisen wordt getoetst middels een certificatietraject. Het traject houdt in: het controleren van de technische kwaliteit en duurzaamheid aan de hand van de daarvoor gedefinieerde normen en het verrichten van een duurtest.

Het certificeren brengt hoge kosten met zich mee. Het certificeren wordt uitgevoerd door een daarvoor geaccrediteerde instelling. De meest bekende certificeringinstellingen voor windturbines zijn het Deense DNV (Det Noorske Veritas) en het Duitse GL (Germanischer Lloyd). De Nederlandse R&D instellingen ECN, KEMA en TNO zijn in principe ook gekwalificeerd om certificering van UWT uit te voeren.

De stand van zaken betreffende de normen voor UWT is als volgt:

- Er bestaat wel een norm voor de ontwerpeisen (technische kwaliteit) van HAWT turbines: IEC 61400-2, van kracht geworden in 2006.
- Er bestaat geen norm voor de ontwerpeisen van VAWT turbines.
- Er bestaan enkele technische normen (uit de serie NEN6700) voor de bouwkundige integratie. Deze normen zijn op het punt van dynamische

belastingen tegenstrijdig met de bovengenoemde kwaliteitsnorm voor HAWT.
- Er bestaan nog geen specifieke normen voor UWT betreffende geluidsproductie, vermogenskwaliteit en certificering (veiligheid en dynamisch gedrag).

Een certificaat is het bewijs dat de UWT veilig is en dat de garanties betreffende de kwaliteit en levensduur nagekomen kunnen worden. Met een gecertificeerde turbine wordt het voor de vergunningverlener eenvoudiger om de verantwoordelijkheden te dragen die het verstrekken van een vergunning met zich mee brengt. Een certificaat maakt de veiligheidscontrole door de gemeente overbodig.
De fysieke integratie van UWTs op gebouwen is complex en afhankelijk van de locale situatie. Het is wenselijk om, met behulp van bouwkundige normen en richtlijnen, een kader te creëren waarbinnen UWT op een veilige manier op gebouwen kunnen worden geplaatst.
Wanneer UWTs aan de bovengenoemde richtlijnen voldoen, kan de vergunningverlening gereduceerd worden tot het toetsen van de aanvraag aan het lokale bestemmingsplan en aan de richtlijnen van de welstandscommissie.

Afspraken betreffende normen en certificeringtrajecten worden in de regel op internationaal (IEC) niveau gemaakt. Het duurt ongeveer 5 jaar voordat een IEC norm is vastgesteld. Verschillende landen hanteren verschillende veiligheidscriteria als het gaat om UWTs. Dit heeft te maken met de omgevingen waarin ze geplaatst worden. In de VS worden ze vooral in plattelandsgebieden op de grond geplaatst. Een norm formuleren op Europees niveau zou daarom sneller en zinvoller zijn.

8.5 Vergunningen

8.5.1 Procedures

Volgens de Woningwet is het in Nederland verboden zonder bouwvergunning te bouwen. Ook verbiedt de Milieuwet om milieuvergunning plichtige inrichtingen zonder milieuvergunning te plaatsen.

Bouwvergunning

Gelet op de bouwvergunning zijn er 3 categorieën objecten:

Bouwvergunning vrije bouwwerken: voor deze objecten hoeft geen vergunning te worden aangevraagd. De objecten moeten wel voldoen aan de technische eisen van het Bouwbesluit (dit geldt bijvoorbeeld voor zonnepanelen en zonneboilers). Deze objecten hoeven niet te voldoen aan de redelijke eisen van welstand en aan het bestemmingsplan.

Licht-vergunningplichtige bouwwerken: Het gaat meestal om bouwwerken die niet voldoen aan één van de criteria voor bouwvergunning vrije objecten. Een licht-vergunningplichtig bouwwerk wordt getoetst aan het bestemmingsplan, de stedenbouwkundige voorschriften van de gemeentelijke bouwverordening, de constructieve veiligheidseisen (uit het Bouwbesluit) en de welstandsnota. Voor de welstandstoets mag advies gevraagd worden aan de welstandscommissie, maar dit is niet verplicht.

Een ***regulier-vergunningplichtig*** bouwwerk wordt ook getoetst aan het bestemmingsplan en welstand. Bij deze vergunningsprocedure is een advies van de welstandscommissie verplicht. Verder wordt het bouwwerk getoetst aan de gemeentelijke bouwverordening en het Bouwbesluit. Als het object voldoet aan de technische voorschriften mag de vergunning niet worden geweigerd.

Milieuvergunning

Objecten die geen schade aan milieu toebrengen behoeven geen milieuvergunning. Als voor een object een milieuvergunning nodig is, dan wordt de bouwvergunning aangehouden totdat de milieuvergunning afgehandeld is: verlening of weigering. De objecten waar geen milieuvergunning voor nodig is zijn wel melding plichtig.

8.5.2 Toetsingskaders

***Bestemmingsplan*:** toetst of bepaald bouwwerk op de genoemde locatie is toegestaan. Als criteria gelden: functie (wonen, werken, energieopwekking etc.), volume en hoogte van de te bouwen objecten. Bij opwekking voor eigen verbruik kan dat een vergunningvrij object worden. Als de opwekking op wijkniveau plaatsvindt dan is dit niet vanzelfsprekend.

Het is mogelijk om, via een artikel 19 procedure, een vrijstelling van het bestemmingsplan te krijgen wanneer wordt aangenomen dat het object in de toekomst er wel in zal passen. De bestemmingsplannen worden om de 10 jaar vernieuwd.

Redelijke eisen van welstand: hebben vooral te maken met de vraag: hoe ziet het object eruit? Als het object aan deze eisen voldoet, dan moet de vergunning worden verleend.

Bouwbesluit: landelijke voorschriften. Houdt in:

- de energietoets van het gebouw (van belang voor EPC);
- de constructieve toets: invloed van het apparaat op de omgeving.

In het Bouwbesluit zijn normen te vinden betreffende het geluid, trillingen, constructies en belastingen die betrekking kunnen hebben tot UWTs. De NEN6700 is de hoogste norm en geldt in gevallen waar andere normen niet toereikend zijn.

***Bouwverordening*:** is een gemeentelijke regeling. Bevat de normen voor constructies, installaties, gebruik en stedenbouwkundige bepalingen. De verordening is van toepassing voor 15 jaar.

AMvB *(Algemene Maatregel van Bestuur)* beschrijft welke objecten een milieuvergunning nodig hebben en welke niet. Ook beschrijft de AMvB de criteria en voorschriften waaraan de milieuvergunning vrije bouwwerken moeten voldoen, bijvoorbeeld voor wat betreft het geluidsniveau.

De regionale en locale wet- en regelgeving is ondergeschikt aan het nationale wettelijke kader. In dit geval wordt dat kader bepaald door Wro, NMP, Wm, Bvim, Woningwet en EPBD (zie ook tabel 1 in dit document). Op dit moment is bij het Ministerie van VROM (Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer) een nieuwe Wet Ruimtelijke Ordening (Wabo) in voorbereiding. Dit gaat gapaard met een vereenvoudigd vergunningstraject. Verwacht wordt dat deze regelingen begin 2008 in werking zullen treden.

Wim Mulder, DMB Amsterdam

Er moet een afweging worden gemaakt of UWTs in het bestemmingsplan geïntegreerd zullen worden. Als het lukt om UWTs heel gedetailleerd te beschrijven dan kunnen ze vergunningsvrij worden gemaakt. Een voorwaarde is wel dat er draagvlak voor bestaat bij alle betrokken instanties

9 Plaatsing van UWTs in bebouwde omgeving

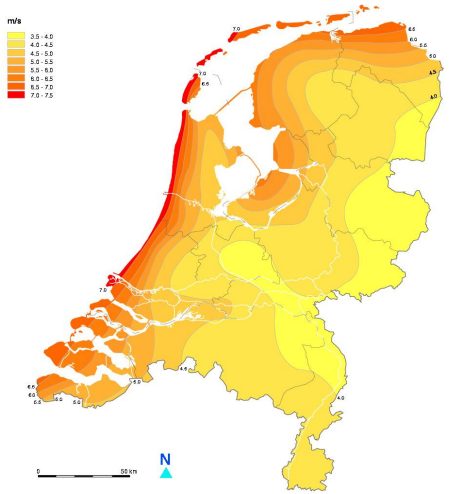
9.1 Aandachtspunten

9.1.1 Stedenbouwkundige aandachtspunten en aanbevelingen

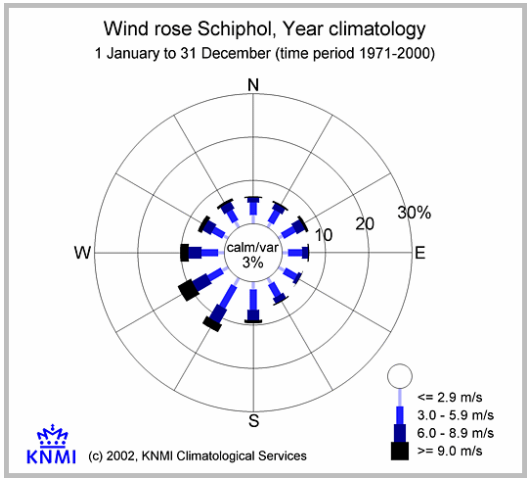
- UWTs plaatsen op forsere gebouwen met een plat dak;
- Kijken welke turbine types op welk type gebouw het beste passen;
- Meerdere UWTs per gebouw plaatsen;
- De gebouwen en de omgeving moeten er stedenbouwkundig geschikt zijn voor UWTs;
- Houd rekening met zichtbaarheid. De bewegende turbines kunnen een dynamiek in het gebied brengen maar ook storend werken;
- De UWTs het liefst in bepaalde gebieden concentreren;
- Zorgen dat UWTs het ruimtelijke plan en de herkenbaarheid van het gebied onderstrepen;
- UWT visueel een deel laten worden van het gebouw en/of een toegevoegde waarde laten leveren in de zin van versiering en innovatieve uitstraling;
- In het stedenbouwkundige programma eisen opnemen betreffende de visuele kwaliteit van gebouwen met UWTs;
- Een budget reserveren voor het ontwikkelen en het uitvoeren van die eisen.

9.1.2 Aandachtspunten locatie

De locale windomstandigheden, het turbinetype en het bestreken rotoroppervlak zijn de belangrijkste factoren met betrekking tot energieopbrengsten van UWTs. De turbinetypes zijn in hoofdstukken 2 t/m 4 beschreven. Het rotoroppervlak en het specifiek vermogen per turbine zijn in tabellen 4 en 5 genoemd. Het windvermogen stijgt met de derde macht van de windsnelheid ter plaatse. Daarmee is de windsnelheid heel bepalend voor het energetische en economische resultaat van UWT. De minimaal vereiste gemiddelde windsnelheid voor UWT is 5,5 m/s. De grootste kans om deze snelheid te bereiken hebben de locaties langs de kust (zie figuur 9) of op gebouwen met een dakhoogte van boven de 20 m.
De windkaart van Nederland in figuur 9 laat de gemiddelde jaarlijkse windsnelheden op verschillende locaties zien. Langs de kust zijn de windsnelheden het hoogst. De windroos in figuur 10 geeft het aandeel van bepaalde windsterktes en windrichtingen op Schiphol weer. Uit het plaatje valt te lezen dat windsterktes van 3,0 – 5,9 m/s uit alle richtingen kunnen komen, windsterktes van 6,0 – 8,9 m/s het meest uit het westen tot zuidwesten komen terwijl de windsterktes van boven 9,0 m/s bijna altijd uit zuidwestelijke richting komen. Het aandeel windsterktes van 3 – 8,9 m/s is het grootst.



Figuur 9: Gemiddelde jaarlijkse windsnelheden



Figuur 10: Windroos Schiphol vliegveld

Gebouwen, bomen, geluidsschermen en andere objecten in bebouwde omgeving maken de omgeving ruw. Hierdoor ontstaat een locale, micro windregime, met turbulenties (zie figuur 13) en onverwachte windvlagen. Daardoor is de gemiddelde windsnelheid in bebouwde omgeving lager dan op vergelijkbare locaties zonder bebouwing. Een lichtelijk hellende vorm van het gebouw en/of van het dak (zie figuur 11) aan de kant waar de meeste wind vandaan komt, kan een positief effect hebben op de windsnelheid.

Er is een samenhang tussen de hoogte en de oriëntatie van het gebouw ten opzichte van de windrichting en de afstand tot andere gebouwen en obstakels in de buurt. Het is belangrijk dat het gebouw waar UWTs op geplaatst worden relatief hoger is dan andere gebouwen in de buurt, of op voldoende afstand staat van die andere gebouwen.

De energieopbrengsten van UWTs kunnen een factor 2 verschillen op een afstand van enkele meters in de horizontale en/of verticale richting. In principe geldt: hoe hoger hoe beter.

9.2 Vuistregels locatiebepalingen

- De gemiddelde windsnelheid op de betreffende locatie moet minimaal 5,5 m/s zijn;
- Dak ongeveer 50% hoger dan de omliggende bebouwing, bomen en/of evt. andere objecten;
- Plaats de turbine ongeveer in het midden van het dak;
- Laat het onderste punt van de rotor circa 30% van de gebouwhoogte boven het dak uitsteken (zie figuur 13);
- Indien mogelijk, oriënteer het gebouw in de gunstigste richting volgens de windroos voor deze locatie;
- Indien mogelijk maak het gebouw aan die kant licht hellend ter verhoging van de windsnelheid;
- Maak het dak geschikt voor statische en dynamische belastingen door de windturbines.
- Plaats, indien mogelijk, meerdere turbines per gebouw;
- Zorg dat de hoeveelheid opgewekte energie in relatie staat tot de energievraag op locatie;
- Zorg dat energiebesparingsmaatregelen getroffen zijn alvorens er UWTs op het gebouw worden geplaatst;
- Voorkom trillingen en contactgeluid:
- Zorg voor het draagvlak bij omwonenden.

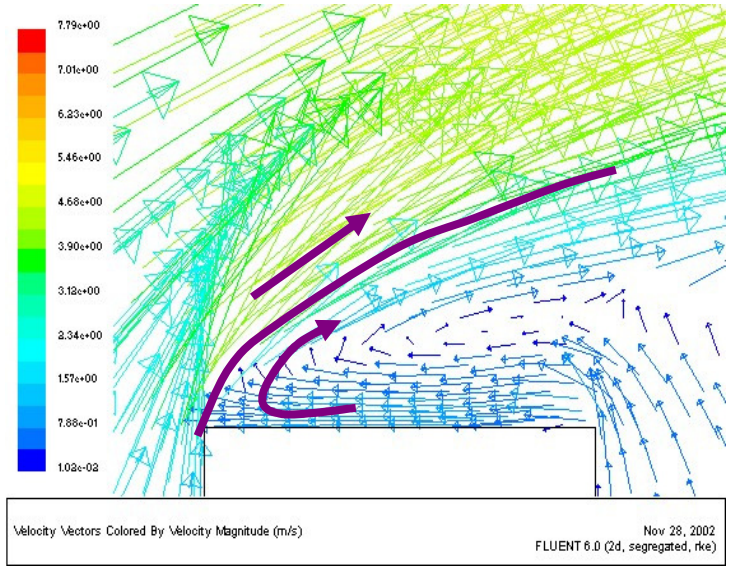
Figuur 11: UWT op nieuwbouw, ontwerp: Bill Dunster Architects

Concluderend kan worden gesteld dat er drie grote groepen objecten zijn die aangemerkt kunnen worden als potentiële locaties voor UWTs. Dat zijn:

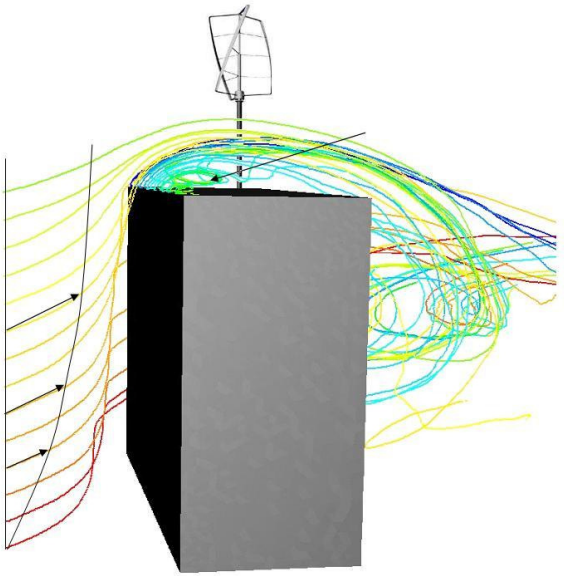
- Grote gebouwen met een hoogte van boven de 20 meter zoals kantoorgebouwen, ziekenhuizen, sporthallen, appartementgebouwen;
- Industrieterreinen;
- Vrijstaande woningen in landelijke gebieden.

De meest geschikte gebieden voor het plaatsen van UWTs in Nederland bevinden zich langs de kust.

Bij het passeren van obstakels ontstaan in de luchtstroom verstoringen en turbulenties. Deze zijn goed zichtbaar op de grafieken in figuren 12 en 13 van TU Delft. Beide figuren laten de luchtstroming langs en boven een gebouw zien. In figuur 12 is het bovenste deel van een gebouw van zijkant afgebeeld. Korte pijlen en blauwe kleur staan voor een zwakke luchtstroming. Hoe langer de pijlen hoe sterker de stroming. In het gebied met gele pijlen is de stroming het sterkst. Er moet voor gezorgd worden dat turbines in het midden van het dak, met de rotor in het gebied met een sterke, gelijkmatige luchtstroom worden geplaatst.



Figuur 12: Luchtstroming rondom gebouw



Figuur 13: Plaatsing van turbine op het dak

Lodewijk Baljon, Lodewijk Baljon Landschapsarchitecten

Bij de bestaande bouw moeten de turbines ingebracht worden als een uiting van de vernieuwing en updating, behorend bij de facelift van het gebouw. De renovatie van het flatgebouw Dromedaris in Zaandam waarbij een grote hoeveelheid zonnecollectoren en de bijbehorende installaties op een zichtbare wijze op het dak zijn geplaatst, is een voorbeeld van een succesvolle vernieuwing waar duurzame energie op de juiste visuele manier is ingebracht.

De stimuleringsmaatregelen zijn nodig, niet alleen financieel voor turbines, maar ook in de zin van het ontwikkelen van een stedenbouwkundig proces voor de implementatie van UWTs. Het maken van een beeld kwaliteitsplan voor UWTs maakt hier deel van uit. Hier moet de gehele bouwketen bij betrokken worden.

Op bedrijfsterreinen zal het makkelijker gaan. Wel moeten er duidelijke eisen gesteld worden t.a.v. de landschappelijke inpassing. Dit wordt bij bedrijfsterreinen vaak vergeten of verkeerd aangepakt.

9.2.1 Overige aandachtspunten met betrekking tot locatie

Naast de aandachtspunten die te maken hebben met de energieopbrengsten van UWTs, zijn er nog enkele aspecten waar rekening mee gehouden moeten worden. Dat zijn:

- toegankelijkheid van de turbine ten behoeve van het beheer en onderhoud;
- kabeldoorvoer en kabelroute van de turbine tot de verdeelkast;
- ruimte voor hulpapparatuur zoals de omvormers en het monitoring- en regelsysteem;
- aansluiting op het openbare net. Om de UWT installatie op het openbare net te mogen aansluiten moet deze voldoen aan de voorwaarden die de netbeheerder hiervoor stelt. Het beste is om hierover direct contact op te nemen met de regionale netbeheerder.

9.3 Communicatie

Net als bij alle andere duurzame energie technologieën, is de communicatie ook bij UWTs een belangrijk aandachtspunt. Tabel 10 hieronder geeft het communicatieplan weer.

Tabel 10: Communicatieplan betreffende UWTs

afzender	*doelgroep*	*boodschap*	*middel*
leveranciers	potentiële kopers (1)	productbeschrijving: visueel, maten, veiligheidsgaranties, opbrengsten, locatie-eisen, kosten en baten, milieueffecten, stappenplan (2)	productbrochure
leveranciers	alle stakeholders	stand van zaken productontwikkeling, projectinformatie, nieuws	elektronische nieuwsbrief, krantenartikelen, persberichten, TV/radio
leveranciers	R&D instellingen	knelpunten die opgelost moeten worden	mondelinge toelichting, productbrochure
leveranciers	vergunningverleners	technische beschrijving van het product, standaards, certificaten, locatie-eisen inclusief dakconstructie en -belastingen, milieueffecten.	productbrochure (3)
leveranciers	adviesbureaus	technische beschrijving van het product, standaards, certificaten, locatie-eisen inclusief dakconstructie en -belastingen; kosten en baten, milieueffecten	mondelinge toelichting, productbrochure
leveranciers	kopers	beschrijving beheer en onderhoud	handleiding
leveranciers	financiële instellingen	productbeschrijving, milieueffecten, kosten en baten, subsidiemaatregelen	themabijeenkomsten, flyer financiële aspecten
leveranciers	bouwbranche	algemene productbeschrijving, locatie-eisen inclusief dakconstructie en -belastingen, milieueffecten, kosten en baten, subsidiemaatregelen	themabijeenkomsten, symposia en conferenties, algemene flyer voor de bouwbranche (4)
leveranciers	installateurs	technische eisen betreffende de plaatsing en aansluiting	themabijeenkomsten, symposia en conferenties, flyer installatiebranche
leveranciers, kopers	energieleveranciers, meetbedrijven, netbeheerders	energieproductie: hoeveelheid, verdeling per uur, technische eigenschappen van de geproduceerde energie	monitoringsrapport, mondelinge toelichting
leveranciers	energiebureaus	productbeschrijving: visueel, maten, veiligheidsgaranties, opbrengsten, locatie-eisen, kosten en baten, milieueffecten	leidraad, themabijeenkomsten, symposia en conferenties
leveranciers, R&D, gemeenten, adviesbureaus	overheid	productbeschrijving, milieueffecten, kosten en baten, knelpunten, algemeen belang, werkgelegenheid	leidraad, themabijeenkomsten, symposia en conferenties
overheid	alle stakeholders	doelstellingen, wettelijke kader, belang, R&D programma's, financiële maatregelen	leidraad, themabijeenkomsten, symposia en conferenties, catalogus, TV/radio, webpagina
overheid	alle stakeholders	specifieke actuele ontwikkelingen en/of besluiten	persberichten, elektronische nieuwsbrieven, persberichten, webpagina
brancheorganisaties: bouw, installatie, financieel..	leden	productinformatie, projectinformatie, algemene info	artikelen in tijdschriften, elektronische nieuwsbrieven, info op de website

afzender	*doelgroep*	*boodschap*	*middel*
DE (duurzame energie) organisaties en verenigingen, milieuorganisaties	alle stakeholders	algemene informatie, stand van zaken, productinformatie, specifieke info per doelgroep	elektronische nieuwsbrieven, themabijeenkomsten, conferenties, artikelen in tijdschriften
energieagentschappen	gemeenten, bedrijven, gebouweigenaren, buurtbewoners	algemene productinfo, projectinformatie, specifieke info per doelgroep	bijeenkomsten, symposia, catalogi, artikelen in tijdschriften, radio/TV, elektronische nieuwsbrieven, website info
gemeente, stedenbouwkundigen	betrokken partijen	locatiegebonden informatie, ruimtelijke kwaliteitseisen	ruimtelijke kwaliteitsplan
initiatiefnemer project	omwonenden	algemene projectinformatie, mogelijke overlast voor de omwonenden per projectfase	informatiemap, nieuwsbrieven, bijeenkomsten, webpagina
R&D instellingen	opdrachtgever, overheid	knelpunten, oplossingen, monitoringsresultaten	onderzoeksrapporten
Vereniging Nederlandse Gemeenten	leden	algemene informatie, stand van zaken, productinformatie, specifieke info voor de leden	brochures, catalogus, tijdschriften, web pagina

1 eigenaren van grote bouwobjecten zoals: kantoorgebouwen, ziekenhuizen, sporthallen, appartementgebouwen, industrieobjecten, bedrijfsterreinen, snelwegen, waterwegen, spoorwegen etc. Eigenaren van vrijstaande huizen op het platteland.

2 beschrijving van de stappen die doorlopen moeten worden voordat een UWT er staat (vergunningaanvraag, constructieberekeningen dak, plaats voor de schakel en meetinstrumenten, afsluiten contracten met het energiebedrijf etc.)

3 brochure per leverancier

4 branchegerichte flyers kunnen als een algemeen document voor alle turbinetypes worden uitgegeven

9.4 Milieueffecten

De door UWT opgewekte elektriciteit bespaart de emissies van broeikasgas en verzurende gassen als volgt:
CO_2 0,566 kg/kWh
NO_x 0,15 g/kWh
SO_2 0,425 g/kWh
Bron: SenterNovem, ‘Cijfers en tabellen 2006’.

Het is op dit moment nog niet bekend hoe groot de milieubelasting is bij de productie van UWTs. Daarvoor zal in de toekomst een Life Cycle Analysis gemaakt moeten worden.

10 Slotconclusies

Er zijn op dit moment 14 leveranciers van UWTs op de Nederlandse markt, waarvan acht met een eigen productontwikkeling. De hoeveelheid aan verschillende innovatieve technologieën maakt Nederland uniek in de wereld. Tot december 2006 zijn er in Nederland 53 kleine turbines geplaatst, waarvan het grootste deel op daken van gebouwen.

Er zijn veel verschillende turbinetypes beschikbaar die telkens in een andere omgeving optimaal functioneren. Dat betekent dat er voor de meeste locaties een geschikte UWT kan worden gevonden.

Een aantal turbineconcepten is nog niet volwassen. De opbrengsten zijn nog te laag en de kosten te hoog. De informatievoorziening over UWTs is ontoereikend. De technische data zijn, op enkele uitzonderingen na, niet door een onafhankelijke instelling getoetst. Ook het normatieve kader ten aanzien van ontwerpeisen, geluidsmeting, vermogenprestaties en certificering ontbreekt nog. Doordat er geen stimuleringsprogramma bestaat voor R&D duurt het ontwikkelingsproces onnodig lang, zijn de leereffecten beperkt tot de betrokken partijen en is het afbreukrisico van lopende projecten groot. Hier ligt een kans voor de overheid om voorwaarden te scheppen voor de versnelling van de product- en marktontwikkeling.

Universiteiten en hogescholen besteden veel aandacht aan UWTs. Vooral TU Delft heeft een uitgebreid onderzoeksprogramma met bijzondere aandacht voor: windaanbod in stedelijke omgeving, windstroming rond gebouwen, prestaties van windturbines op gebouwen en optimalisatie van windturbines. Ook in andere landen in Europa wordt aandacht besteed aan UWTs. Zo loopt bij het Spaanse Ciemat een breed meerjaren onderzoek naar veiligheid, geluidsproductie, betrouwbaarheid en duurzaamheid van UWTs. Onderzoeken bij TU Delft en Ciemat wijzen uit dat er een aanzienlijk theoretisch potentieel bestaat voor UWTs in bebouwde omgeving.

UWTs zijn bouwvergunning plichtig. Doordat ze niet geïntegreerd zijn in de wetgeving, gaat vergunningverlening gepaard met lange doorlooptijden, hoge leges en projectafzeggingen. Een onderzoek in het kader van het project ‘Voor de wind gaan’ bracht advies uit om UWTs vooral op bedrijventerreinen te plaatsen en de vergunningplicht voor deze locaties te laten vervallen.

UWTs bieden een extra mogelijkheid voor de toepassing van duurzame energieopwekking achter de meter. Ze kunnen worden toegepast op grote gebouwen met een plat dak, zowel in de nieuwbouw als in de bestaande bouw. Industrieterreinen en vrijstaande woningen in plattelandsgebieden komen ook in aanmerking voor de toepassing van UWTs. De meest geschikte locaties bevinden zich langs de kuststrook. Een potentieelstudie in het kader van WINEUR heeft uitgewezen dat er in Nederland tussen 116 en 1.161 MW aan UWTs geplaatst kunnen worden.

Het bepalen van de juiste locatie voor het plaatsen van UWTs is vrij complex. Het verschuiven van de turbine met enkele meters kan leiden tot een verdubbeling of halvering van de energieopbrengsten. Ook de ruimtelijke inpassing is een belangrijk aandachtpunt. Deskundigen adviseren om de locaties zo te kiezen en in te richten dat ze leiden tot een functionele en visuele verrijking in plaats van verrommeling.

Gemeenten, bedrijven, eigenaren van kantoor- en flatgebouwen, energieleveranciers en particuliere huiseigenaren hebben veel belangstelling voor UWTs. Allen stellen ze als voorwaarde dat turbines veilig en betrouwbaar moeten zijn.

Om de verdere ontwikkelingen betreffende UWTs te stimuleren is er, in het kader van het WINEUR project, een netwerk onder de naam ‘European Cities Urban Wind Network’ in het leven geroepen. Het netwerk heeft tot doel het faciliteren van de uitwisseling van informatie en ideeën tussen de partijen en het ondersteunen van de ontwikkeling van een gezamenlijke aanpak voor de verdere technologie- en marktontwikkeling. Tot februari 2007 hebben zich ruim 60 partijen uit Nederland bij dit netwerk aangesloten.

Ten slotte, de vraag die aan het begin van WINEUR gesteld is, namelijk of UWTs een rol kunnen spelen bij de duurzame energieopwekking in bebouwde omgeving, kan als volgt worden beantwoord:

UWTs hebben de potentie om een significante rol te gaan spelen in de duurzame energieopwekking in bebouwde omgeving. Of ze deze rol daadwerkelijk zullen vervullen, zal afhankelijk zijn van de inzet van alle belangrijke stakeholders. De overheid zou een leidende rol moeten spelen bij het scheppen van mogelijkheden voor het verder uitontwikkelen van de meest kansrijke turbine technologieën en het opzetten van pilot- en demonstratieprojecten waar deze technologieën in de praktijk kunnen worden uitgeprobeerd

.

Aan de hand van de in dit document genoemde knelpunten is hieronder een aanbeveling gemaakt voor de acties die ondernomen moeten worden om deze knelpunten weg te werken.

Tabel 11: Aanbevelingen vervolgtraject

actie	*overheid: landelijk, regionaal, locaal*	*leveranciers*	*R&D instellingen*	*advies-bureaus*	*NEN, NEC, IEC, Cetif. Inst.*	*gebouw eigenaren*	*bouw-branche*
vergelijkend onderzoek naar de prestaties van verschillende turbines	□	x	x	x		x	
onderzoek naar LCA en lange termijn prijsontwikkeling per turbinetype	□	x	x	x			
potentieelstudie	□	x	x	x			
ontwikkelen van een R&D programma voor UWTs	□	x	x	x	x	x	x
introduceren van financiële stimuleringsmaatregelen vergelijkbaar met PV	□	x	x	x		x	x
ontwikkelen van veiligheidsnormen voor VAT	x	x	x	x	□		
ontwikkelen van geluidsnormen voor UWTs	x	x	x	x	□		
ontwikkelen van een set van afspraken m.b.t. bouwkundige integratie	x	x	x	□	x	x	x
ontwikkelen van een protocol voor het certificeren van UWTs		□	x	□	x		
certificeren van UWTs		□	x				
opnemen van UWTs in de wet en regelgeving (bestemmingsplan, Bouwbesluit..)	□	x		x			x
harmoniseren van wet en regelgeving op nationaal en op Europees niveau	□						
UWTs vrijstellen van leges	□						
UWTs vrijstellen van bouwvergunning voor plaatsing op bedrijventerreinen	□			x		x	x
ontwikkelen van een simpele methode voor de locatiebepaling		x	□	x		x	x
opzetten van pilot en demonstratieprojecten	x	x	x	□		x	x
ontwikkelen van een objectief informatievoorzieningpakket	x	x	x	□			

Bij elke actie wordt aangegeven welke partijen erbij betrokken zouden moeten worden. Een ‘□’ staat voor de initiatiefnemer van de actie. De eerste twee onderzoeken zijn bedoeld om kansrijke opties te kunnen identificeren. Voor deze opties wordt een potentieelstudie verricht. Wanneer blijkt dat het potentieel boven een van tevoren gedefinieerde minimumwaarde uitkomt, wordt de rest van de acties uitgevoerd. Voor alle acties wordt verondersteld dat ze door de overheid ondersteund zullen worden.

11 BIJLAGE

Aan het ontstaan van dit rapport hebben de volgende personen en instellingen een bijdrage geleverd:

instelling	*naam contactpersoon*	*emailadres*
Anne Elsen Mileuadvies	Anne Elsen	anne@elsenmilieuadvies.nl
ARC	Renate Heppener	r.heppener@dmb.amsterdam.nl
Bosch & Van Rijn	Ruud van Rijn	ruud@boschenvanrijn.nl
CFC Wind&Energy b.v.	K.G. Oey	goan@cfc-flowcontrol.nl
DELTA n.v.	Sjaak Vogel	JVogel@delta.nl
DHV Building and Industry	Sander Mertens	sander.mertens@dhv.nl
Dienst Milieu en Bouwtoezicht Amsterdam	Wim Mulder	w.mulder@dmb.amsterdam.nl
ENECO Energie	Hans Kursten	h.kursten@eneco.nl
Energiebureau ARC	Renate Heppener	r.heppener@dmb.amsterdam.nl
EWEA	Frans van Hulle	frans.vanhulle@ewea.org
FME CWM	Aat van der Giessen	agi@fme.nl
Fortis Wind Energy	Johan Kuikman	fortis-windenergy@wxs.nl
Gemeente Den Haag	Martijn Kosterman	m.kosterman@dsb.denhaag.nl
Gemeente Haarlem	Theo Elfrink	tgelfrink@haarlem.nl
Gemeente Haarlemmermeer	Ruud Mesman	ruud.mesman@haarlemmermeer.nl
HoriSun	Emil ter Horst	eth@horisun.nl
Lodewijk Baljon Landschapsarchnitecten	Lodewijk Baljon	postmaster@baljon.nl
Ministerie VROM	Ad Little	ad.littel@minvrom.nl
Provincie Groningen	Werna Udding	w.udding@provinciegroningen.nl
Provincie Groningen	Desmond de Vries	ddeveries@provinciegroningen.nl
RenCom	Jadranka Cace	jadranka@rencom.nl
Rotation	Eize de Vries	vre@thrijswijk.nl
SenterNovem	Paul Masselink	p.masselink@senternovem.nl
SET	Wim Stevenhagen	wim@set.nl
TU Delft	Carlos Ferreira	c.j.simaoferreira@tudelft.nl
TU Delft	Gerard van Bussel	G.J.W.vanBussel@TUDelft.nl
Turby bv	Dick Sidler	ds@turby.nl
Venturiwind bv	Dirk Elzinga	dirk.elzinga@venturiwind.nl
Wind Energy Solutions	Marcel Kloesmeijer	info@windenergysolutions.nl

U kunt de publicatie bestellen via: jadranka@rencom.nl

Of downloaden op: www.urbanwind.net of www.urbanwind.org

Uitgegeven door:

RenCom
www.rencom.nl
jadranka@rencom.nl

en

HORISUN
www.horisun.nl
eth@horisun.nl

Februari 2007

Gesteund door:

Intelligent Energy Europe

"The sole responsibility for the content of this report lies with the authors. The content does not represent the opinion of the European Communities. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein."