

Vergelijking van de milieu-aspecten van windenergiesystemen met warmtekrachtkoppelingssystemen

Summary

Environmental aspects of wind energy conversion systems are compared with the environmental consequences of cogeneration installations. Both systems are compared with the pollutants of large scale electricity power stations. It is concluded that NO_x-, SO₂- and CO₂-emissions are the lowest when wind energy is used, followed by cogeneration. Combined heat and power units based on the combined gas turbine and steam turbine technology are preferable over cogeneration installations based on gas engines, because of their higher electrical efficiencies and their lower specific NO_x-emission levels.

Dit artikel beschrijft enkele milieu-effecten van windenergiesystemen enerzijds en warmte-krachtkoppelingssystemen anderzijds. Beide opties zijn globaal vergeleken met de milieu-emissies van de openbare elektriciteitsvoorziening. Er is gekeken naar de elektriciteitsbehoefte en de warmtebehoefte gezamenlijk. Zo is bij windenergie ook de warmtevoorziening bij de gebruiker op basis van gastoelementen meegenomen in de beschouwingen. Er wordt vanuit gegaan dat het niet zinnig is drie energie-nutsvoorzieningen naar een woning te brengen, zodat bij windenergie-toepassing op gas en bij warmtekrachtkoppeling op elektriciteit wordt gekookt.

Onderscheid wordt gemaakt in kleinschalige warmtekrachtkoppeling (decentrale opwekking met gasmotor-wk-eenheden) en wat meer grootschaliger warmte-krachtkoppeling (stadsverwarming met STEG-wkc's). De berekende emissies zijn per optie gerelateerd aan de verbruikte hoeveelheid elektriciteit. Op deze wijze worden emissieberekeningsresultaten bepaald als specifieke emissies per nuttig (elektriciteits-) product. Hoewel strikt genomen twee producten worden gemaakt (elektriciteit en warmte) wordt op deze wijze het milieuvoordeel van een bepaalde optie uitgedrukt in een van die twee, namelijk betrokken op de elektriciteitslevering.

Er is uitgegaan van een groep verbruikers met een elektriciteitsbehoefte van 10 MWhe en een warmtebehoefte van 20 à 25 GJ voor ruimteverwarming en warmtapwater gezamenlijk. Voor koken is uitgegaan van 0,5 GJ kookwarmte. Dit is een willekeurig gekozen deel van het jaarverbruik. In het kader van deze studie is niet gekeken naar economische aspecten. Ook is niet gekeken naar tijdsafhankelijke effecten. Daarmee wordt bedoeld dat de gevraagde elektriciteit en warmte willekeurig over het jaar verdeeld gevraagd wordt en dat seizoensinvloeden niet bekeken zijn. Verder is er ook niet ingegaan op de vraag hoeveel elektriciteits- en warmtevermogen er in de verschillende varianten nodig is en hoe goed de beschikbaarheid van de productiemiddelen moet zijn.

Bij de optie 'kleinschalige warmte-krachtkoppeling' is uitgegaan van aardgasgestookte gasmotor-gedreven wkk-

eenheden, zonodig gesteund door hulpketels. Bij de 'grootschalige warmte-krachtkoppeling' is uitgegaan van aardgasgestookte STEG-wkc-eenheden, ook gesteund door hulpketels.

De gemiddelde elektrische rendementen van de warmtekrachteenheden zijn (als zij gelijktijdig warmte leveren) als volgt aangenomen:

	1990	2000
— voor gasmotor-wk-eenheden	35%	37,5%
— voor STEG-wkc's	44%	46,5%

Bij de productie van elektriciteit in de openbare elektriciteitscentrales is uitgegaan van de volgende gemiddelde brandstofverhouding:

voor 1990: kolen 50%, aardgas 50%
voor 2000: kolen 60%, aardgas 40%

In de verschillende energie-opties is het primaire energieverbruik als volgt:

(in GJbr/MWhe)

	1990	2000
bij openbare e-centrales en gasketels:	13	12
windenergie en gasketels:	3	3
kleinschalige warmte-krachtkoppeling:	11	10
grootschalige warmte-krachtkoppeling:	9	8

De luchtverontreinigende emissies die ontstaan bij de beschouwde opties zijn:

— Stikstofoxiden	(NO _x)
— Zwaveldioxide	(SO ₂)
— Koolmonoxide	(CO)
— Kooldioxide	(CO ₂)
— Koolwaterstoffen	(C _x H _y)
— Stof	

De belangrijkste daarvan, NO_x, SO₂ en CO₂, zijn getalmatig uitgewerkt.

* VEEN/VESTIN, Arnhem.

De resultaten van de emissieberekeningen zijn:

(in g/kWhe, voor het jaar 1990)

	NO _x	SO ₂	CO ₂
Openbare e-centrales en gas	2,3	1,1	960
Windenergie en gas	0,2	0	180
Kleine warmte-krachtkoppeling	2,9	0,02	600
Grote warmte-krachtkoppeling	1,2	0,02	500

(in g/kWhe, voor het jaar 2000)

	NO _x	SO ₂	CO ₂
Openbare e-centrales en gas	0,9	0,6	860
Windenergie en gas	0,04	0	140
Kleine warmte-krachtkoppeling	1,4	0,01	560
Grote warmte-krachtkoppeling	0,4	0,01	460

Conclusies

De NO_x-, SO₂- en CO₂-emissies zijn bij windenergie het laagst. De enige daarbij optredende emissies zijn die van de gastoestellen in de woning voor het verwarmen en koken. De SO₂- en CO₂-emissies zijn bij de openbare elektriciteitscentrales het hoogst, o.a. doordat daarin ook steenkool wordt gebruikt. Milieutechnisch bevinden de warmte-krachtkoppelingvarianten zich tussen windenergie en openbare elektriciteitscentrales in.

De kleinschalige gasmotor-wk-variant is daarbij enigszins in het nadeel ten opzichte van de grootschaliger STEG-wkc-variant door zijn lagere elektrische rendement, hetgeen zich uitdrukt in minder energiebesparing en door zijn specifiek NO_x-emissie. Bij windenergie komt geen thermische oppervlaktewaterbelasting meer voor. Dan volgt warmte-

krachtkoppeling, waarbij immers een groot deel van de restwarmte van een elektriciteitsopwekker aan te verwarmen objecten ter beschikking wordt gesteld. Openbare elektriciteitscentrales lozen hun afvalwarmte over het algemeen volledig in rivieren of zeeën. Bij de produktie van elektriciteit en warmte treden naast luchtverontreinigingsemissies ook andere milieueffecten op, zoals geluidsemissies, oppervlaktewaterbelasting, veiligheidsaspecten en specifiek ruimtebeslag, emissies naar bodem en water en visuele aspecten. Bij individuele gasgestookte toestellen ontstaan geen bodem- en wateremissies, behalve bij HR-cvketels die condenswater lozen. Dit water is zwak zuur en wordt geloosd op een overwegend basisch riool. Gas verstoken binnen een woning of gebouwencomplex kan daarnaast leiden tot een aantasting van het binnenklimaat, indien in het gebouw slechte rookgasafvoer voorkomt of als er slecht geventileerd wordt. Bij klein- en grootschalige warmtekrachtkoppeling zijn geen emissiebronnen meer in de woningen aanwezig.

De belangrijkste specifieke emissiefactoren zijn als volgt aangenomen.

(In g/GJ brandstof)	1990	2000
<i>Stikstofoxiden (NO_x):</i>		
— gas-cv-ketels	50	—
— gasgeysers	50	—
— gas-combiketels	—	15
— gaskooktoestellen	20	20
— gascentrales	135	75
— kolencentrales	270	100
— gasmotoren	270	140
— STEG-eenheden	135	50
<i>Zwavel dioxide (SO₂):</i>		
— kolencentrales	200	100
<i>Kool dioxide (CO₂):</i>		
— gasverbranding	56000	58000
— kolenverbranding	95000	95000