

Bijlage 1
Uitgangspunten Standaard gebouw


Bijlage 1: Uitgangspunten standaard gebouw

Uitgangspunten	Standaard gebouw	Standaard gebouw + quick-wins	Klein gebouw 1.000m ² (incl. quick-wins)
Gebruiksfunctie	Kantoor	Kantoor	Kantoor
Rc gevel	1,6 m ² K/W	1,60 m ² K/W	1,60 m ² K/W
Rc vloer	1,6 m ² K/W	1,60 m ² K/W	1,60 m ² K/W
Rc dak	1,6 m ² K/W	1,60 m ² K/W	1,60 m ² K/W
U raam/kozijn	3,3 W/m ² K	3,3 W/m ² K	3,3 W/m ² K
G-factor	0,7	0,7	0,7
Buitenzonwering	Ja, screens (ZTA = 0,18)	Ja, screens (ZTA = 0,18)	Ja, screens (ZTA = 0,18)
Type ventilatie	Mech. Balans	Mech. Balans (toerenreg.)	Alleen mech. Afzuiging
Warmteterugwinning	Wel, 70%	Wel, 70%	N.v.t.
Ventilatievoud [-/h] Ag	3,50 vv	3,50 vv	2,0 vv
Opwekking verwarming (referentie)	HR-100 gasketel	HR-100 gasketel	HR-100 gasketel
Opwekking warm tapwater	Elektrische boiler	Elektrische boiler	Elektrische boiler
Opwekking koeling (referentie)	Compressiekoelmachine	Compressiekoelmachine	(Multi) split unit
Opwekking bevochtiging	Stoombevochtiging elektrisch	Stoombevochtiging elektrisch	Geen bevochtiging
Zonne energie	Geen	Geen	Geen
M2 BVO / Persoon	17 m2 BVO / Persoon	17 m2 BVO / Persoon	17 m2 BVO / Persoon
Raampercentage	40 %	40 %	40 %
Apparatuur	15,0 W/m ² Ag	10,0 W/ m ² Ag (quickwin)	10,0 W/ m ² Ag (quickwin)
Verlichting	12,0 W/m ²	6,0 W/m ² Ag (quickwin)	6,0 W/m ² Ag (quickwin)
Aanwezigheidsdetectie	Nee	Wel, per vertrek (quickwin)	Wel, per vertrek (quickwin)
Lichtregeling	Vertrekschakeling	Veegpuls + Daglichtregeling (quickwin)	Veegpuls (quickwin)
Infiltratie	1,2 dm ³ /m ² s (vloeroppervlak)	1,2 dm ³ /m ² s (vloeroppervlak)	1,2 dm ³ /m ² s (vloeroppervlak)
Energie label ¹	F	C of B (afhankelijk van gebouw grootte)	n.t.b.

Uitgangspunten		TEO studie	Klein gebouw 1.000m ² (incl. quickwins)
Pieklastvoorziening bij TEO		HR-107 gasketel	HR-107 gasketel
Vervanging afgiftesysteem		Niet vervangen, maar HT-afgiftesysteem verwarmen met lagere stooklijn.	Niet vervangen, maar HT-afgiftesysteem verwarmen met lagere stooklijn.
LBK / LBK+afgifte		LBK en afgifte met lagere stooklijn.	Afgifte met lagere stooklijn.
Locatie opwekkers		In techniekruimten boven in gebouw, waar gasketels staan.	In techniekruimten boven in gebouw, waar gasketels staan.
Capaciteit proceskoeling		1,65 W/m2	Geen
Proceskoeling op TEO		Voor alle gebouwen	N.v.t.
Afstand tot kade		100 m	100 m

¹ Gemiddeld energieverbruik gebouwen RVB: 11,4 m3 gas/m2 BVO/jaar, 85 tot 90 kWh /m2 BVO/jaar (gemeten in 2014)

Bijlage 2
Bijlagen labelstudie

 techniplan adviseurs bv <small>RAADGEVEND INGENIEURSBUREAU</small>	Project : Karspeldreef te Amsterdam
	Onderwerp : BIJLAGE II: Resultaten EPA berekening Energie Index & Energielabel

Indeling labels:

Label	A	B	C	D	E	F	G
Energie-Index	0,71 - 1,05	1,06 - 1,15	1,16 - 1,30	1,31 - 1,45	1,46 - 1,60	1,61 - 1,75	> 1,75
ondergrens:	1,05	1,15	1,30	1,45	1,60	1,75	

BVO	4.461	m2
GBO	4.015	m2
Glasopp	1.221	m2
Gevelopp. dicht	2.004	m2
Dak+vloeropp.	1.306	m2
Bruikbaar dakop	392	m2

Berekeningsresultaten losse maatregelen:

volgorde % energiebesparing	Berekening losse maatregelen	Energie Index	Label	ΔEI (verbetering tov basis)	Verbetering tov basis	investeringskosten (incl btw.)	Kosten-effectiviteit (€/0,01 EI verbetering)
	basis	1,37	D				
5	Verlichting > LED 6W/m2	1,22	C	0,15	10,9%	€ 34.000	€ 2.267
10	Veegpuls	1,31	D	0,06	4,4%	€ 10.000	€ 1.667
7	Daglicht + veegpuls	1,28	C	0,09	6,6%	€ 42.000	€ 4.667
	- Warmteterugwinning*	1,37	D		0,0%	€ -	€ -
	- Aanwezigheidsdetectie*	1,37	D		0,0%	€ -	€ -
	- Toerenregeling*	1,37	D		0,0%	€ -	€ -
3	HR++ glas toepassen	1,20	C	0,17	12,4%	€ 193.000	€ 11.353
2	Triple glas toepassen	1,14	B	0,23	16,8%	€ 518.000	€ 22.522
9	Na-isoleren gevel	1,30	C	0,07	5,1%	€ 176.000	€ 25.143
12	Na-isoleren dak + vloer	1,36	D	0,01	0,7%	€ 71.000	€ 71.000
6	Lucht warmtepomp + HR-107 ketel	1,27	C	0,10	7,3%	€ 73.000	€ 7.300
3	TEO + HR-107 (voor pieklast)	1,20	C	0,17	12,4%	€ 144.000	€ 8.471
1	WKO + TEO + HR-107 ketel (voor pieklast)	1,13	B	0,24	17,5%	€ 198.000	€ 8.250
11	Lage temperatuur afgiftesysteem (35-45 C)	1,35	D	0,02	1,5%	€ 367.000	€ 183.500
7	PV-panelen	1,28	C	0,09	6,6%	€ 80.000	€ 8.889

* reeds aanwezig in het gebouw

volgorde % energiebesparing	Berekening concepten	Energie Index	Label	ΔEI (verbetering tov basis)	Verbetering tov basis	investeringskosten	Kosten-effectiviteit (€/0,01 EI verbetering)
	basis	1,37	D				
6	Quickwins*	1,18	C	0,19	13,9%	€ 76.000	€ 4.000
5	Quickwins + PV	1,10	B	0,27	19,7%	€ 156.000	€ 5.778
4	Quickwins + LWP	1,08	B	0,29	21,2%	€ 149.000	€ 5.138
2	Quickwins + LWP + PV	1,00	A	0,37	27,0%	€ 229.000	€ 6.189
3	Quickwins + TEO + HR-107	1,01	A	0,36	26,3%	€ 220.000	€ 6.111
1	Quickwins + WKO + TEO + HR-107	0,94	A	0,43	31,4%	€ 274.000	€ 6.372

* LED verlichting (6W/m2) en daglichtschakeling in combinatie met een veegpulschakelaar.



Project : De Groene Toren te Den Haag
Onderwerp : BIJLAGE II: Resultaten EPA berekening
Energie Index & Energielabel

Indeling labels:

Label	A	B	C	D	E	F	G
Energie-Index	0,71 - 1,05	1,06 - 1,15	1,16 - 1,30	1,31 - 1,45	1,46 - 1,60	1,61 - 1,75	> 1,75
ondergrens:	1,05	1,15	1,30	1,45	1,60	1,75	

BVO	23.220	m2
GBO	20.898	m2
Glasopp	3.681	m2
Gevelopp. dicht	9.991	m2
Dak+vloeropp.	4.000	m2
Bruikbaar dakopp.	1.200	m2

Berekeningsresultaten losse maatregelen:

volgorde % energie-besparing	Berekening losse maatregelen	Energie Index	Label	ΔEI (verbetering tov basis)	Verbetering tov basis	investerings-kosten (incl btw.)	Kosten-effectiviteit (€/ 0,01 EI verbetering)
	basis	1,95	G				
6	Verlichting > LED 6W/m2	1,77	G	0,18	9,2%	€ 90.000	€ 5.000
10	Veegpuls	1,89	G	0,06	3,1%	€ 51.000	€ 8.500
8	Daglicht + veegpuls	1,87	G	0,08	4,1%	€ 220.000	€ 27.500
3	Warmteterugwinning	1,53	E	0,42	21,5%	€ 225.000	€ 5.357
	Aanwezigheidsdetectie*	1,95	G		0,0%	-	-
5	Toerenregeling	1,60	E	0,35	17,9%	€ 69.000	€ 1.971
13	HR++ glas toepassen	1,92	G	0,03	1,5%	€ 582.000	€ 194.000
9	Triple glas toepassen	1,88	G	0,07	3,6%	€ 1.561.000	€ 223.000
7	Na-isoleren gevel	1,81	G	0,14	7,2%	€ 876.000	€ 62.571
12	Na-isoleren dak + vloer	1,91	G	0,04	2,1%	€ 218.000	€ 54.500
4	Lucht warmtepomp + HR-107 ketel	1,59	E	0,36	18,5%	€ 513.000	€ 14.250
2	TEO + HR-107 (voor pieklast)	1,49	E	0,46	23,6%	€ 479.000	€ 10.413
1	WKO + TEO + HR-107 ketel (voor pieklast)	1,40	D	0,55	28,2%	€ 760.000	€ 13.818
14	Lage temperatuur afgiftesysteem (35-45 C)	1,95	G	0,00	0,0%	€ 1.911.000	€ 19.110.000
11	PV-panelen	1,90	G	0,05	2,6%	€ 245.000	€ 49.000

* reeds aanwezig in het gebouw

volgorde % energie-besparing	Berekening concepten	Energie Index	Label	ΔEI (verbetering tov basis)	Verbetering tov basis	investerings-kosten	Kosten-effectiviteit (€/ 0,01 EI verbetering)
	basis	1,95	G				
6	Quickwins*	1,15	B	0,80	41,0%	€ 435.000	€ 5.438
5	Quickwins + PV	1,10	B	0,85	43,6%	€ 680.000	€ 8.000
4	Quickwins + LWP	0,94	A	1,01	51,8%	€ 948.000	€ 9.386
3	Quickwins + LWP + PV	0,89	A	1,06	54,4%	€ 1.193.000	€ 11.255
2	Quickwins + TEO + HR-107	0,88	A	1,07	54,9%	€ 914.000	€ 8.542
1	Quickwins + WKO + TEO + HR-107	0,81	A	1,14	58,5%	€ 1.195.000	€ 10.482

* Toerenregeling, WTW (warmtewiel), LED verlichting (6W/m2) en een veegpulschakelaar.



Project : Laan op Zuid te Rotterdam
Onderwerp : BIJLAGE II: Resultaten EPA berekening
Energie Index & Energielabel

Indeling labels:

Label	A	B	C	D	E	F	G
Energie-Index	0,71 - 1,05	1,06 - 1,15	1,16 - 1,30	1,31 - 1,45	1,46 - 1,60	1,61 - 1,75	> 1,75
ondergrens:	1,05	1,15	1,30	1,45	1,60	1,75	

BVO	44.829	m2
GBO	40.346	m2
Glasopp	7.738	m2
Gevelopp. dicht	19.251	m2
Dak+vloeropp.	6.980	m2
Bruikbaar dakopp	1.330	m2

Berekeningsresultaten losse maatregelen:

volgorde % energiebesparing	Berekening losse maatregelen	Energie Index	Label	ΔEI (verbetering tov basis)	Verbetering tov basis	investeringskosten (incl btw.)	Kosten-effectiviteit (€/0,01 EI verbetering)
	basis	1,62	F				
2	Verlichting > LED 6W/m2	1,32	D	0,30	18,5%	€ 347.000	€ 11.567
1	Veegpuls	1,53	E	0,09	5,6%	€ 98.000	€ 10.889
4	Daglicht + veegpuls	1,49	E	0,13	8,0%	€ 423.000	€ 32.538
3	Warmteterugwinning	1,46	E	0,16	9,9%	€ 266.000	€ 16.625
6	Aanwezigheidsdetectie	1,52	E	0,10	6,2%	€ 542.000	€ 54.200
-	Toerenregeling*	1,62	F	0,00	0,0%	-	-
10	HR++ glas toepassen	1,56	E	0,06	3,7%	€ 1.224.000	€ 204.000
11	Triple glas toepassen	1,52	E	0,10	6,2%	€ 3.281.000	€ 328.100
13	Na-isoleren gevel	1,60	E	0,02	1,2%	€ 1.689.000	€ 844.500
12	Na-isoleren dak + vloer	1,61	F	0,01	0,6%	€ 380.000	€ 380.000
9	Lucht warmtepomp + stadsverwarming	1,58	E	0,04	2,5%	€ 814.000	€ 203.500
8	TEO + stadsverwarming (voor pieklast)	1,51	E	0,11	6,8%	€ 678.000	€ 61.636
7	WKO + TEO + stadsverwarming (voor pieklast)	1,41	D	0,21	13,0%	€ 1.220.000	€ 58.095
-	Lage temperatuur afgiftesysteem (35-45 C)*	1,62	F	0,00	0,0%	-	-
5	PV-panelen	1,56	E	0,06	3,7%	€ 271.000	€ 45.167

* reeds aanwezig in het gebouw

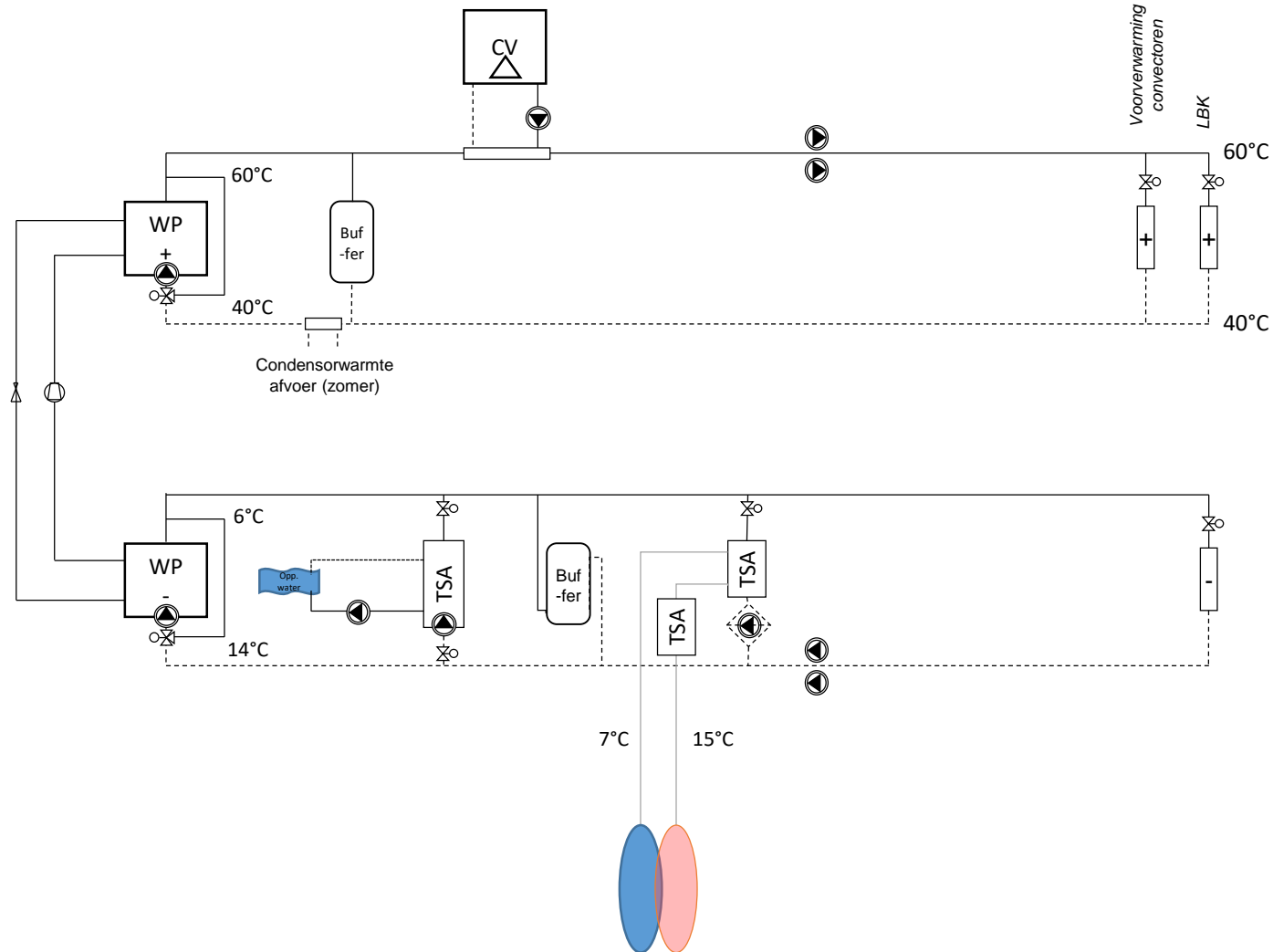
volgorde % energiebesparing	Berekening concepten	Energie Index	Label	ΔEI (verbetering tov basis)	Verbetering tov basis	investeringskosten	Kosten-effectiviteit (€/0,01 EI verbetering)
	basis	1,62	F				
6	Quickwins*	1,11	B	0,51	31,5%	€ 1.036.000	€ 20.314
4	Quickwins + PV	1,07	B	0,55	34,0%	€ 1.307.000	€ 23.764
4	Quickwins + LWP	1,07	B	0,55	34,0%	€ 1.850.000	€ 33.636
3	Quickwins + LWP + PV	1,04	A	0,58	35,8%	€ 2.121.000	€ 36.569
2	Quickwins + TEO + stadsverwarming	1,02	A	0,60	37,0%	€ 1.714.000	€ 28.567
1	Quickwins + WKO + TEO + stadsverwarming	0,94	A	0,68	42,0%	€ 2.256.000	€ 33.176

* WTW (warmtewiel), LED verlichting (6W/m2) en daglichtschakeling in combinatie met een veegpulsschakelaar.

Bijlage 3
Principeschema's

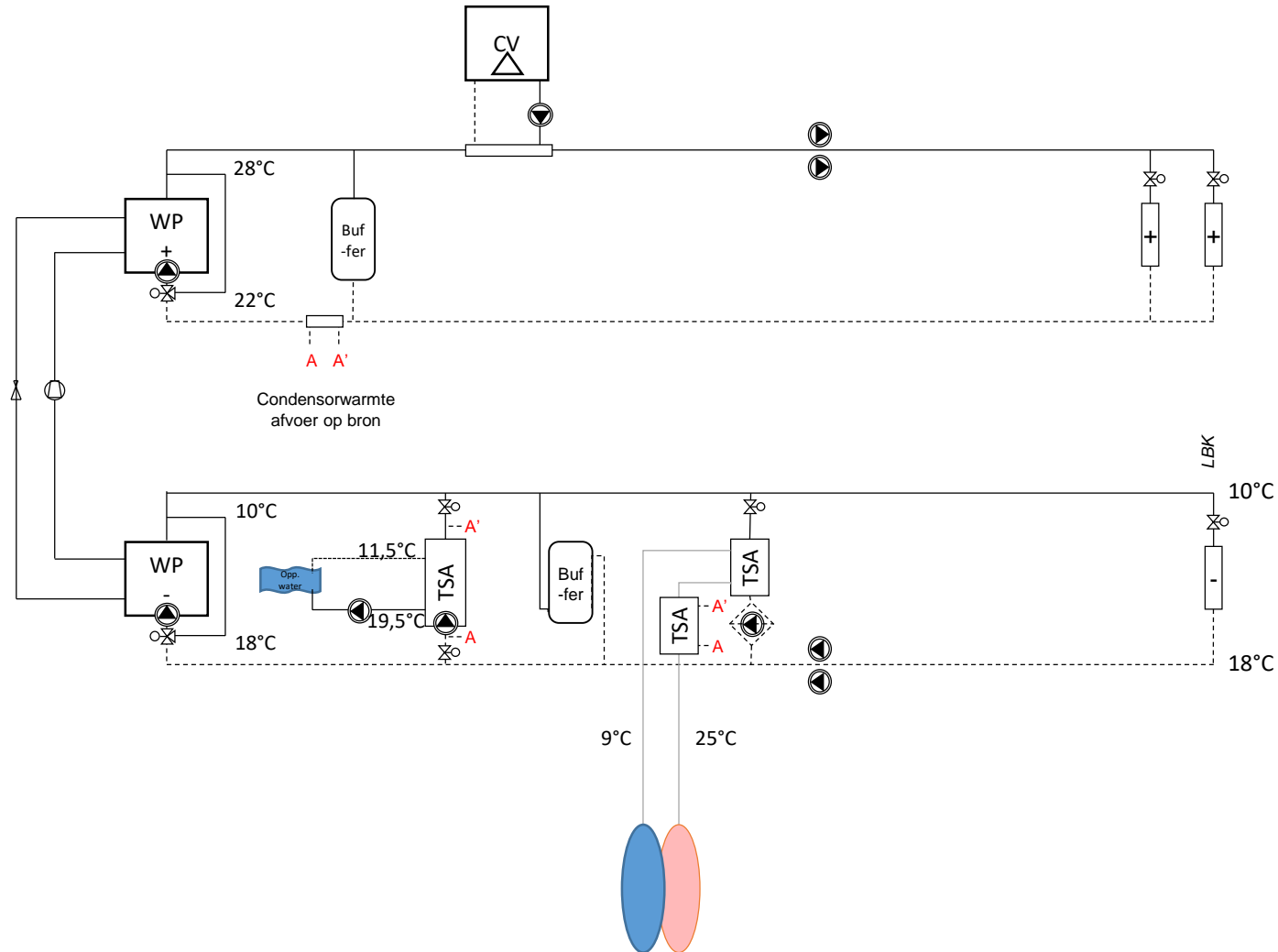
Principeschema TEO+WKO – verwarmingsbedrijf

Bijlage III



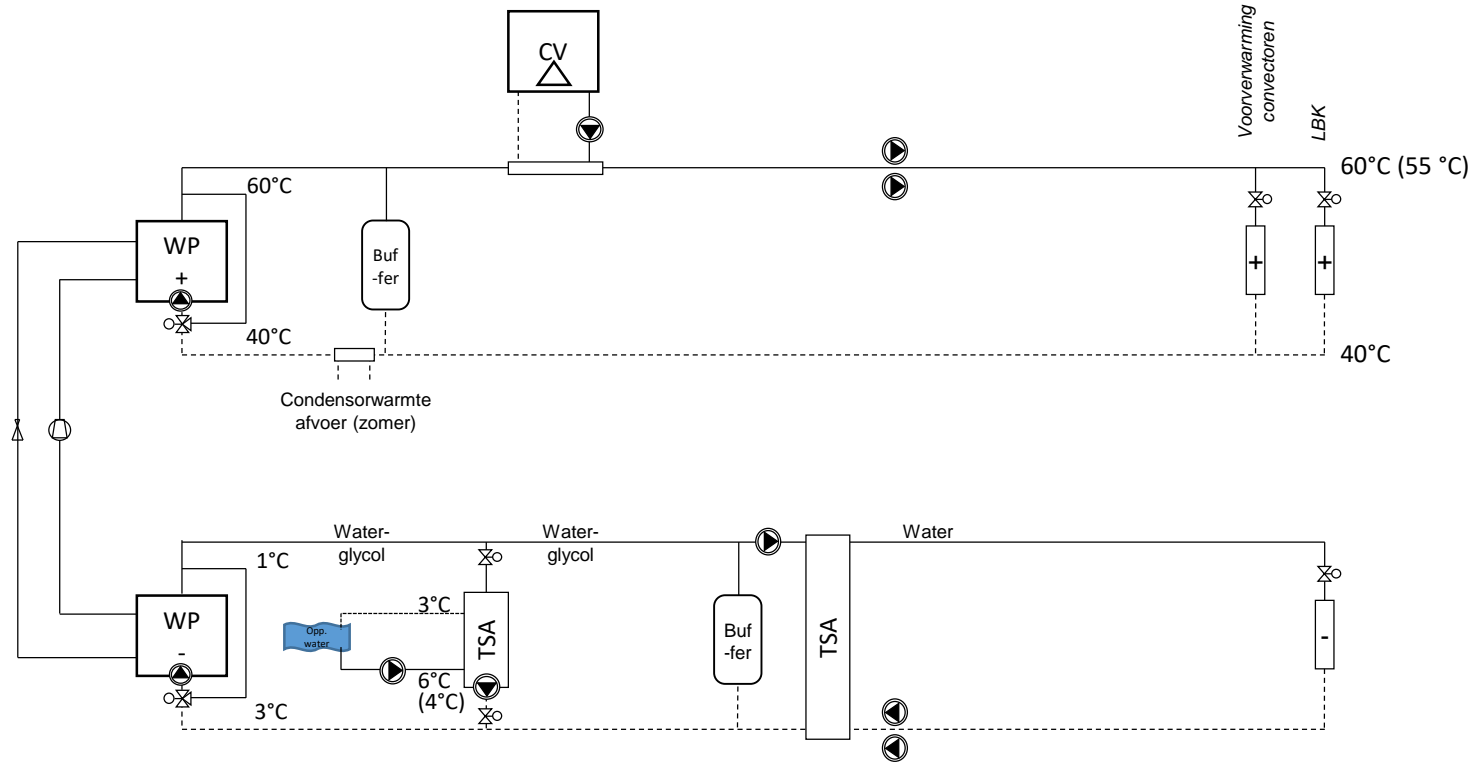
Principeschema TEO+WKO – koelbedrijf

Bijlage III



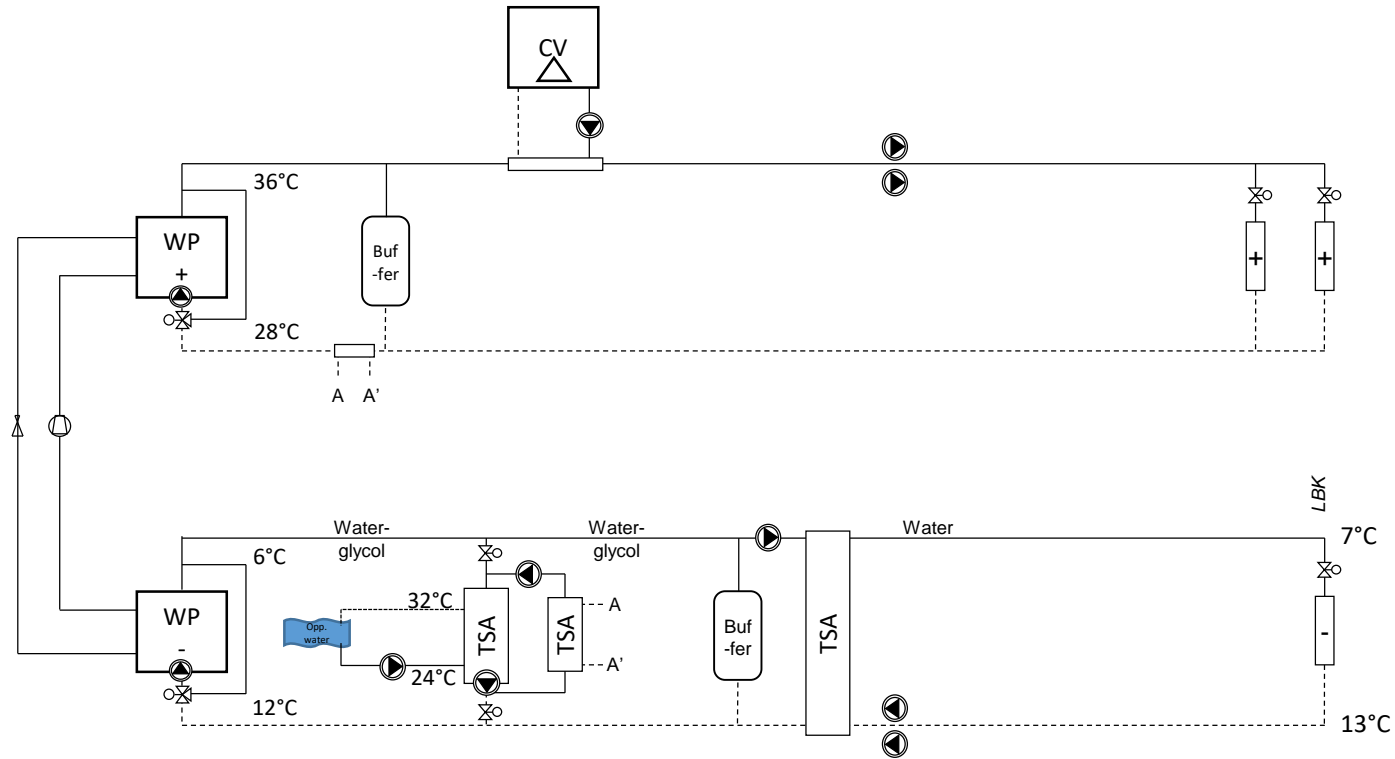
Principeschema TEO – verwarmingsbedrijf

Bijlage III



Principeschema TEO – koelbedrijf

Bijlage III



Bijlage 4
Resultatentabel



Project : **Kosten en baten thermische energie uit oppervlaktewater**
 Onderwerp : **BIJLAGE 4 - Factsheet kengetallen Opwekking duurzame warmte en koude**

2 LWP + E-ketel																			
gebouwgrootte	Investering			beheer & onderhoud/jaar		energie/jaar		opbrengst LWP			energiebesparing LWP (jaarlijks)						CO ₂ -besparing (t.o.v. ref. met quick-wins, groene stroom)	Opmerking	
	LWP	conventioneel	meerkosten LWP	LWP	conventioneel	LWP	conventioneel	exploitatie	TVT (NCW)	NCW (BEI)	gas		elektra		totaal primair				
	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	jaar	€/m ² na 30 Jaar	m ³ /m ²	%	kWh/m ²	%	MJ/m ²			%
1.000 m ² BVO	€ 133	€ 31	€ 102	€ 1,7	€ 1,0	€ 6,2	€ 9,6	€ 2,8	ca. 30	€ 39-	15	100%	-59	-1450%	25	5%	100%		
5.000 m ² BVO	€ 116	€ 54	€ 62	€ 1,9	€ 2,1	€ 4,5	€ 6,9	€ 2,6	19	€ 11	10	100%	-40	-625%	17	5%	100%		
10.000 m ² BVO	€ 86	€ 44	€ 42	€ 1,5	€ 1,6	€ 4,0	€ 6,0	€ 2,2	16	€ 30	9	100%	-34	-537%	15	5%	100%		
20.000 m ² BVO																	Niet berekend		
50.000 m ² BVO																	Niet berekend		
€/meter extra																			
Meerkosten extra afstand tot kade (meer dan 100 meter):			€ 0																Uitgaande van graven (niet boren)
LWP: luchtwarmtepomp(en) en elektrische piekketel incl. leidingen appendages in TR. conventioneel: cv-ketels, koelmachines incl. leidingen en appendages in TR (referentie installatie)																			

3 WKO + DK + gasketel																			
gebouwgrootte	Investering			beheer & onderhoud/jaar		energie/jaar		opbrengst WKO+DK			energiebesparing WKO+DK (jaarlijks)						CO ₂ -besparing (t.o.v. ref. met quick-wins, groene stroom)	Opmerking	
	WKO+DK	conventioneel	meerkosten WKO+DK	WKO met DK	conventioneel	WKO+DK	conventioneel	exploitatie	TVT (BEI)	NCW (BEI)	gas		elektra		totaal primair				
	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² na 30 Jaar	m ³ /m ²	%	kWh/m ²	%	MJ/m ²	%			
1.000 m ² BVO	€ 182	€ 31	€ 151	€ 2,5	€ 1,0	€ 6,3	€ 9,6	€ 1,8	> 30	€ 162-	15	100%	-61	-1488%	12	2%	100%		
5.000 m ² BVO	€ 106	€ 54	€ 52	€ 2,8	€ 2,1	€ 3,9	€ 6,9	€ 2,2	19	€ 25	8	97%	-22	-350%	106	33%	84%		
10.000 m ² BVO	€ 91	€ 44	€ 47	€ 1,7	€ 1,6	€ 3,1	€ 6,0	€ 2,8	14	€ 57	8	90%	-20	-319%	103	32%	90%		
20.000 m ² BVO	€ 67	€ 37	€ 30	€ 1,8	€ 1,4	€ 2,8	€ 5,4	€ 2,1	15	€ 44	7	81%	-18	-278%	96	30%	90%		
50.000 m ² BVO	€ 44	€ 34	€ 10	€ 1,3	€ 1,2	€ 2,5	€ 4,2	€ 1,7	12	€ 42	6	71%	-15	-234%	91	29%	90%		
€/meter extra																			
Meerkosten extra afstand tot kade (meer dan 100 meter):			€ 0																Uitgaande van graven (niet boren)
WKO: broninstallatie, TSA, warmtepompen en piek CV-ketel, droge koelers incl. leidingen appendages in TR. conventioneel: cv-ketels, koelmachines incl. leidingen en appendages in TR (referentie installatie)																			

4 WKO + TEO + gasketel																			
gebouwgrootte	Investering			beheer & onderhoud/jaar		energie/jaar		opbrengst WKO+TEO			energiebesparing WKO+TEO (jaarlijks)						CO ₂ -besparing (t.o.v. ref. met quick-wins, groene stroom)	Opmerking	
	WKO+TEO	conventioneel	meerkosten WKO + TEO	WKO+TEO	conventioneel	WKO+TEO	conventioneel	exploitatie	TVT (NCW)	NCW (BEI)	gas		elektra		totaal primair				
	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² BVO	€/m ² na 30 Jaar	m ³ /m ²	%	kWh/m ²	%	MJ/m ²	%			
1.000 m ² BVO																	Niet berekend		
5.000 m ² BVO	€ 115	€ 54	€ 61	€ 2,7	€ 2,1	€ 3,7	€ 6,9	€ 2,6	20	€ 14	8	97%	-21	-325%	119	37%	84%		
10.000 m ² BVO	€ 94	€ 44	€ 50	€ 1,6	€ 1,6	€ 3,0	€ 6,0	€ 3,0	13	€ 66	8	90%	-19	-300%	113	35%	90%		
20.000 m ² BVO	€ 58	€ 37	€ 21	€ 1,8	€ 1,4	€ 2,7	€ 5,4	€ 2,3	14	€ 49	7	81%	-17	-259%	106	33%	90%		
50.000 m ² BVO	€ 41	€ 34	€ 7	€ 1,4	€ 1,2	€ 2,5	€ 4,2	€ 1,6	11	€ 46	6	71%	-15	-231%	93	29%	90%		
€/meter extra																			
Meerkosten extra afstand tot kade (meer dan 100 meter):			380-660																Uitgaande van graven (niet boren)
WKO+TEO: innamepunt, TEO componenten, broninstallatie, TSA, warmtepompen en piek CV-ketel incl. leidingen appendages in TR. conventioneel: cv-ketels, koelmachines incl. leidingen en appendages in TR (referentie installatie)																			



Project : **Kosten en baten thermische energie uit oppervlaktewater**
 Onderwerp : **BIJLAGE 4 - Factsheet kengetallen Opwekking duurzame warmte en koude**

5 WKO + TEO + LWP																			
gebouwgrootte	Investering			beheer & onderhoud/Jaar		energie/Jaar		opbrengst WKO+TEO			energiebesparing WKO+TEO (Jaarlijks)						CO ₂ -besparing (t.o.v. ref. met quick-wins, groene stroom)	Opmerking	
	WKO+TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	meerkosten WKO+TEO €/m ² BVO	WKO+TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	WKO+TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	exploitatie €/m ² BVO	TVT (NCW) Jaar	NCW (BEI) €/m ² na 30 Jaar	gas		elektra		totaal primair				
											m ³ /m ²	%	kWh/m ²	%	MJ/m ²	%			
1.000 m ² BVO																			
5.000 m ² BVO	€ 159	€ 54	€ 105	€ 2,6	€ 2,1	€ 3,6	€ 6,9	€ 2,7	ca. 30	€ 43-	10	100%	-31	-484%	94	25%	100%	Niet berekend	
10.000 m ² BVO	€ 140	€ 44	€ 96	€ 2,2	€ 1,6	€ 2,8	€ 6,0	€ 2,5	ca. 30	€ 22-	9	100%	-23	-355%	113	35%	100%		
20.000 m ² BVO	€ 108	€ 37	€ 71	€ 1,9	€ 1,4	€ 2,5	€ 5,4	€ 2,3	21	€ 5-	8	100%	-20	-320%	106	37%	100%		
50.000 m ² BVO	€ 82	€ 34	€ 48	€ 1,5	€ 1,2	€ 2,3	€ 4,2	€ 1,7	21	€ 2	7	100%	-17	-266%	100	39%	100%		
Meerkosten extra afstand tot kade (meer dan 100 meter):			€/meter extra 380-660																Uitgaande van graven (niet boren)

WKO+TEO: innamepunt, TEO componenten, broninstallatie, TSA, warmtepompen en piek luchtwaterwarmtepomp met boosterwarmtepomp incl. leidingen appendages in TR.
 conventioneel: cv-ketels, koelmachines incl. leidingen en appendages in TR (referentie installatie)

6 WKO + TEO (monovalent)																			
gebouwgrootte	Investering			beheer & onderhoud/Jaar		energie/Jaar		opbrengst WKO+TEO			energiebesparing WKO+TEO (Jaarlijks)						CO ₂ -besparing (t.o.v. ref. met quick-wins, groene stroom)	Opmerking	
	WKO+TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	meerkosten WKO+TEO €/m ² BVO	WKO+TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	WKO+TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	exploitatie €/m ² BVO	TVT (NCW) Jaar	NCW (BEI) €/m ² na 30 Jaar	gas		elektra		totaal primair				
											m ³ /m ²	%	kWh/m ²	%	MJ/m ²	%			
1.000 m ² BVO																			
5.000 m ² BVO	€ 179	€ 54	€ 125	€ 2,9	€ 2,1	€ 3,4	€ 6,9	€ 2,6	> 30	€ 68-	10	100%	-29	-448%	113	31%	100%	Niet berekend	
10.000 m ² BVO	€ 136	€ 44	€ 92	€ 2,2	€ 1,6	€ 2,9	€ 6,0	€ 2,5	ca. 30	€ 24-	9	100%	-24	-372%	104	33%	100%		
20.000 m ² BVO	€ 104	€ 37	€ 67	€ 1,8	€ 1,4	€ 2,6	€ 5,4	€ 2,3	20	€ 3	8	100%	-21	-336%	97	34%	100%		
50.000 m ² BVO	€ 80	€ 34	€ 46	€ 1,4	€ 1,2	€ 2,3	€ 4,2	€ 1,7	20	€ 4	7	100%	-18	-277%	93	36%	100%		
Meerkosten extra afstand tot kade (meer dan 100 meter):			€/meter extra 380-660																Uitgaande van graven (niet boren)

WKO+TEO: innamepunt, TEO componenten, broninstallatie, TSA, warmtepompen incl. leidingen appendages in TR.
 conventioneel: cv-ketels, koelmachines incl. leidingen en appendages in TR (referentie installatie)

7 TEO + gasketel																			
gebouwgrootte	Investering			beheer & onderhoud/Jaar		energie/Jaar		opbrengst TEO			energiebesparing TEO (Jaarlijks)						CO ₂ -besparing (t.o.v. ref. met quick-wins, groene stroom)	Opmerking	
	TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	meerkosten TEO €/m ² BVO	TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	exploitatie €/m ² BVO	TVT (NCW) Jaar	NCW (BEI) €/m ² na 30 Jaar	gas		elektra		totaal primair				
											m ³ /m ²	%	kWh/m ²	%	MJ/m ²	%			
1.000 m ² BVO	€ 236	€ 31	€ 205	€ 2,8	€ 1,0	€ 6,2	€ 9,6	€ 1,7	>30	€ 264-	14	91%	-51	-1248%	49	9%	91%		
5.000 m ² BVO	€ 100	€ 54	€ 46	€ 2,4	€ 2,1	€ 4,2	€ 6,9	€ 2,4	18	€ 30	7	81%	-18	-275%	99	31%	75%		
10.000 m ² BVO	€ 94	€ 44	€ 50	€ 1,5	€ 1,6	€ 3,5	€ 6,0	€ 2,6	15	€ 46	7	76%	-16	-255%	94	29%	76%		
20.000 m ² BVO	€ 52	€ 37	€ 15	€ 1,7	€ 1,4	€ 3,1	€ 5,4	€ 1,9	14	€ 42	6	68%	-14	-222%	88	27%	76%		
50.000 m ² BVO	€ 40	€ 34	€ 6	€ 1,3	€ 1,2	€ 2,8	€ 4,2	€ 1,4	12	€ 37	5	61%	-12	-192%	84	26%	76%		
Meerkosten extra afstand tot kade (meer dan 100 meter):			€/meter extra 280-880																Uitgaande van graven (niet boren)

TEO: innamepunt, TEO componenten, TSA, warmtepompen en piek CV-ketel incl. leidingen appendages in TR.
 conventioneel: CV-ketels, koelmachines incl. leidingen en appendages in TR (referentie installatie)

8 TEO + LWP																			
gebouwgrootte	Investering			beheer & onderhoud/Jaar		energie/Jaar		opbrengst TEO			energiebesparing TEO (Jaarlijks)						CO ₂ -besparing (t.o.v. ref. met quick-wins, groene stroom)	Opmerking	
	TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	meerkosten TEO €/m ² BVO	TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	TEO €/m ² BVO	conventioneel €/m ² BVO	exploitatie €/m ² BVO	TVT (NCW) Jaar	NCW (BEI) €/m ² na 30 Jaar	gas		elektra		totaal primair				
											m ³ /m ²	%	kWh/m ²	%	MJ/m ²	%			
1.000 m ² BVO	€ 258	€ 31	€ 227	€ 2,9	€ 1,0	€ 6,4	€ 9,6	€ 1,3	> 30	€ 323-	15	100%	-62	-1518%	1	0%	100%		
5.000 m ² BVO	€ 163	€ 54	€ 109	€ 2,8	€ 2,1	€ 3,5	€ 6,9	€ 2,6	> 30	€ 54-	10	100%	-30	-468%	102	28%	100%		
10.000 m ² BVO	€ 140	€ 44	€ 96	€ 2,2	€ 1,6	€ 3,1	€ 6,0	€ 2,4	ca. 30	€ 38-	9	100%	-25	-392%	93	29%	100%		
20.000 m ² BVO	€ 114	€ 37	€ 77	€ 1,9	€ 1,4	€ 2,8	€ 5,4	€ 2,1	ca. 30	€ 28-	8	100%	-22	-356%	87	30%	100%		
50.000 m ² BVO	€ 90	€ 34	€ 56	€ 1,5	€ 1,2	€ 2,5	€ 4,2	€ 1,5	> 30	€ 25-	7	100%	-19	-302%	80	31%	100%		
Meerkosten extra afstand tot kade (meer dan 100 meter):			€/meter extra 280-880																Uitgaande van graven (niet boren)

TEO: innamepunt, TEO componenten, TSA, warmtepompen en piek luchtwaterwarmtepomp met boosterwarmtepomp incl. leidingen appendages in TR.
 conventioneel: cv-ketels, koelmachines incl. leidingen en appendages in TR (referentie installatie)

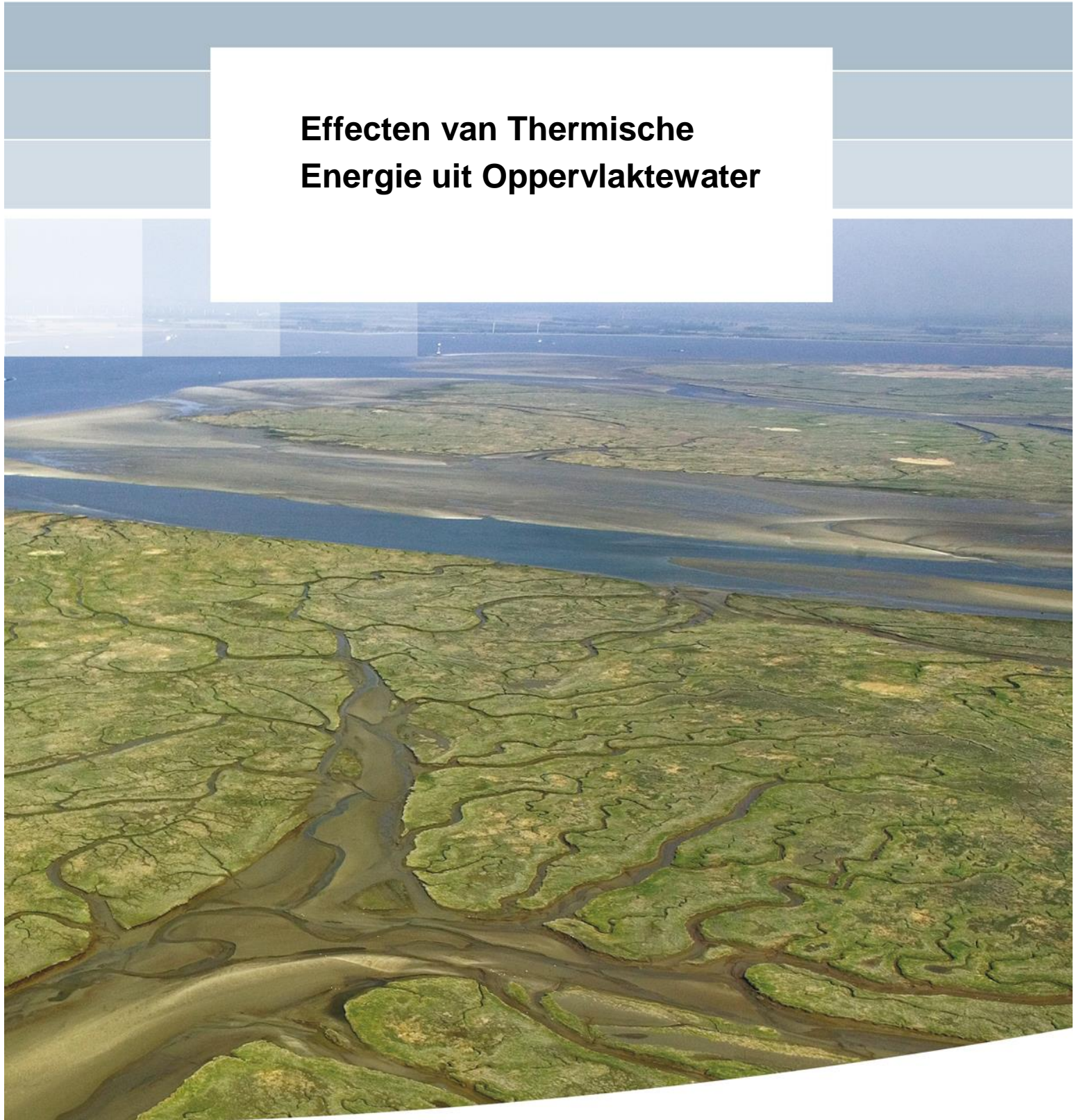
Legenda:

WKO = warmte - koudeopslag systeem
 TEO = thermische energie uit oppervlaktewater
 TVT = terugverdientijd op basis van netto contante waarde exclusief bouwkundige kosten
 TSA = legestroom warmtewisselaar
 conv. = conventioneel

Bijlage 5a

Rapportage Deltares 'Effecten van Thermische Energie uit
Oppervlaktewater' d.d. 12 april 2018, status definitief.

**Effecten van Thermische
Energie uit Oppervlaktewater**



Effecten van Thermische Energie uit Oppervlaktewater

11200544-000

Titel
Effecten van Thermische Energie uit Oppervlaktewater

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
WVL	11200544-000	11200544-000-BGS-0002	42



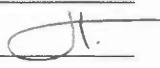
Trefwoorden
TEO, Warmteopslag, koudeopslag, watertemperatuur, effecten

Samenvatting
Deze studie beoordeelt het effect van het winnen van thermische energie uit oppervlaktewater en draagt bij aan een studie, uitgevoerd door Techniplan in opdracht van Rijkswaterstaat, naar de mogelijkheden van Thermische Energieopwekking uit Oppervlaktewater (TEO) als energiebron voor gebouwen van Rijkswaterstaat.

Voor de inschatting is gebruik gemaakt van bestaande, door RWS ontwikkelde, rekentool voor de beoordeling van warmtelozingen (CIW, 2000). Voor koudelozingen en voor stilstaande wateren is geen snelle rekentool beschikbaar. Deltares heeft daarom voor stilstaande wateren een quickscan-methode ontwikkeld op basis van het evenwichtsprincipe. Er zijn zes typische situaties in watersystemen gedefinieerd waarvoor verschillende typen TEO-installaties zijn doorgerekend. Bestaande TEO-installaties en resultaten van gedetailleerde modelberekeningen aan warmte- en koudelozingen worden vergeleken met de uitkomsten van de RWS-rekentool en de quickscan-methode

De bestudeerde TEO-installaties (combinatie van vloeroppervlak en TEO-type) geven volgens de huidige berekeningsmethoden zeer waarschijnlijk geen significante thermische effecten op grote stromende wateren. Dit geldt zowel voor koude- als voor warmtelozingen. Ook in kleine stromende wateren is waarschijnlijk voldoende uitwisseling en stroming aanwezig om de koude- en warmtevrachten te verwerken. In havens veroorzaakt de onzekerheid met betrekking tot mogelijke rondstroming een beperking van de mogelijkheden voor plaatsing van een TEO-installatie. Bij grote havens betreft dit mogelijk alleen beperkingen voor grote TEO-installaties (bruto vloeroppervlakten van 50.000 m²), bij kleine havens waarschijnlijk voor alle TEO-typen en jaargetijden. De ruimte voor koude- en warmtelozingen in grote stilstaande wateren is mogelijk alleen te beperkt voor grote TEO-installaties (bruto vloeroppervlakte van 50.000 m²). Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met extra warmte-uitwisseling tussen water en lucht als gevolg van stroming en menging door scheepvaart.

Er is weinig tot geen lering te trekken uit bestaande cases voor wat betreft de effecten op waterkwaliteit en ecologie door gebrek aan data en beperkte beschikbaarheid van data. Toepassing van (chemische) hulpstoffen lijkt vanuit effecten op oppervlaktewater geen groot probleem omdat de hulpstoffen in principe niet in het oppervlaktewater terecht hoeven te komen (doordat ze gebruikt worden als de installatie buiten bedrijf is) of niet belastend zijn (doordat er mechanisch wordt gereinigd of doordat er met schoon leidingwater wordt doorgespoeld). Dit hangt echter af van de lokale situatie en moet per geval bekeken worden.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	april 2018	Pascal Boderie		Ivo Pothof		Henriette Otter	
Rick Wortelboer							

Status
definitief

Inhoud

1 Samenvatting	1
1.1 Inleiding	1
1.2 Methode	1
1.3 Resultaten	2
1.4 Conclusies	3
1.5 Aanbevelingen	4
2 Inleiding	5
2.1 Vraagstelling	5
2.2 Afbakening	7
2.3 Leeswijzer	7
3 Materiaal en Methode	8
3.1 Inleiding	8
3.2 Beschrijving TEO Type 1 en TEO Type 2	8
3.3 RWS-rekentool voor warmtelozingen op stromende wateren	8
3.3.1 Opmerkingen bij de RWS-rekentool voor warmtelozingen	10
3.4 Warmteuitwisseling in stilstaande wateren	11
3.4.1 Warmtelozingen op stilstaande wateren	11
3.4.2 Koudelozingen in stilstaande wateren	14
3.4.3 Berekeningsmethodiek voor stilstaande wateren	16
3.5 Beschikbare dataset berekeningsresultaten	18
3.6 Voorgestelde aanpak	18
3.7 Beoordeling effecten op de omgeving van TEO-installaties	19
4 Resultaten	20
4.1 Stromende wateren	20
4.1.1 Groot stromend water	20
4.1.2 Klein stromend water	21
4.1.3 Haven aan groot stromend water	22
4.1.4 Haven aan klein stromend water	24
4.1.5 Discussie en conclusies effecten TEO in stromende wateren	25
4.2 Stilstaande wateren	26
4.2.1 Groot stilstaand water (kanaal)	26
4.2.2 Klein stilstaand water (sloot)	27
4.2.3 Discussie en conclusies effecten TEO in stilstaande wateren	28
4.3 Vergelijking met bestaande TEO-installaties	29
5 Niet-thermische aspecten	31
5.1 Waterkwaliteitsaspecten	31
5.2 Reiniging van de installatie en gebruik van hulpstoffen	32
6 Discussie	34
7 Conclusies en aanbevelingen	35
7.1 Conclusies	35
7.2 Aanbevelingen	36

8 Referenties

37

1 Samenvatting

1.1 Inleiding

Deltares is gevraagd bij te dragen aan een studie, uitgevoerd door Techniplan in opdracht van Rijkswaterstaat, naar de mogelijkheden van Thermische Energieopwekking uit Oppervlaktewater (TEO) als energiebron voor gebouwen van Rijkswaterstaat. Deltares neemt hierin voor haar rekening de thermische effecten in het oppervlaktewater en mogelijke waterkwaliteits- en ecologische effecten.

Er bestaat momenteel een beleidskader voor het afwegen van de risico's van warmwaterlozingen (CIW, 2000). Naar aanleiding hiervan is door RWS een rekentool ontwikkeld voor stromende wateren. Voor koudelozingen en voor stilstaande wateren is geen snelle rekentool beschikbaar. Deltares heeft daarom voor stilstaande wateren een quickscan-methode ontwikkeld op basis van het evenwichtsprincipe.

Er zijn zes typische situaties in watersystemen gedefinieerd waarvoor verschillende typen TEO-installaties zijn doorgerekend. Bestaande TEO-installaties en resultaten van gedetailleerde modelberekeningen aan warmte- en koudelozingen worden vergeleken met de uitkomsten van de RWS-rekentool en de quickscan-methode.

1.2 Methode

In samenwerking met Techniplan is een schema opgesteld voor het doorrekenen van de effecten. Dit betreft twee typen TEO-installatie (Type 1 met WKO en Type 2 zonder WKO; zie elders in deze rapportage) met verschillende warmtevraag (op basis van bedrijfsploeroppervlakte (BVO): 3 afmetingen).

Voor stromend water is gebruik gemaakt van de RWS-rekentool voor de effecten van warmtelozingen volgens de CIW-methodiek. Voor stromend water zijn de volgende watertypen doorgerekend:

1. Groot stromend water (rivier);
2. Klein stromend water (beek/riviertje);
3. Haven aan groot stromend water;
4. Haven aan klein stromend water;

Voor stilstaand water is uitgegaan van een evenwichtsbenadering: binnen het systeem dient de innametemperatuur gelijk te zijn aan de referentietemperatuur. Voor stilstaand water zijn de volgende watertypen doorgerekend:

1. Kanaal;
2. Slootsysteem.

1.3 Resultaten

De resultaten (Tabel 1.2) worden samengevat voor zes watertypen (Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Karakteristieken voor doorgerekende watertypen.

Watertype	Omvang	Debiet	Vergelijkbaar watersysteem
Groot stromend water	Breedte: 300 m Diepte: 8 m	Gem. 700 m ³ /s 2-perc.: 290 m ³ /s	Nieuwe Maas
Haven aan groot stromend water	Lengte: 500 m Breedte: 200 m Diepte: 8 m	Gem. 700 m ³ /s 2-perc.: 290 m ³ /s	Heysehaven aan Nieuwe Maas
Klein stromend water	Breedte: 25 m Diepte: 2 m	Gem. 700 m ³ /s 2-perc.: 290 m ³ /s	Roer
Haven aan klein stromend water	Lengte: 50 m Breedte: 20 m Diepte: 3 m	Gem. 4 m ³ /s 2-perc.: 1 m ³ /s	Haven Oudewater langs Hollandse IJssel
Groot stilstaand water (kanaal)	Lengte: 1 km Breedte: 100 m Diepte: 8 m	0 m ³ /s	Amsterdam-Rijnkanaal
Klein stilstaand water (sloot)	Lengte: 1 km Breedte: 6 m Diepte: 1 m	0 m ³ /s	Slootsysteem Hoog-Dalem, Gorinchem

Tabel 1.2 Risicoschatting van het optreden van thermische effecten in zes verschillende watersystemen voor kleine, middelgrote en grote TEO-installaties (Type 1 en Type 2 gecombineerd). Voor de definitie van watersystemen en TEO-installaties, zie Tabel 1.1.

Watertype	BVO (m ²)	Risico op thermische effecten	Risico op ecologische effecten
Groot stromend water	5000	Gering	Gering
	20000	Gering	Gering
	50000	Gering	Gering
Haven aan groot stromend water	5000	Gering	Gering
	20000	Gering	Gering
	50000	Middelgroot	Middelgroot
Klein stromend water	5000	Gering	Gering
	20000	Gering	Gering
	50000	Gering	Gering
Haven aan klein stromend water	5000	Middelgroot	Middelgroot
	20000	Middelgroot	Middelgroot
	50000	Middelgroot	Middelgroot
Stilstaand water: Kanaal	5000	Gering	Gering
	20000	Gering	Gering
	50000	Middelgroot	Middelgroot
Stilstaand water: slootsysteem	5000	Middelgroot/groot	Middelgroot/groot
	20000	Groot	Groot
	50000	Groot	Groot

De risico's van biologische effecten als gevolg van het chemisch reinigen door middel van het toevoegen van hulpstoffen moet apart geëvalueerd worden met daarvoor ontworpen tools zoals de Immissie-Emissietoets (www.immissietoets.nl).

1.4 Conclusies

Op basis van de in deze studie uitgevoerde analyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Op basis van de RWS-rekentool kunnen kwantitatieve schattingen gemaakt worden van het effect van warmte- en koudelozingen TEO-installaties op de watertemperatuur van stromende wateren.
2. Volgens de huidige berekeningsmethode voor stromende wateren geven de bestudeerde TEO-installaties (combinatie van vloeroppervlak en TEO-type) in grote stromende wateren zeer waarschijnlijk geen significante thermische effecten van betekenis. Dit geldt zowel voor koude- als voor warmtelozingen. Ook in kleine stromende wateren is waarschijnlijk voldoende uitwisseling en stroming aanwezig om de koude- en warmtevrachten te verwerken.
3. In havens veroorzaakt de onzekerheid met betrekking tot mogelijke rondstroming een beperking van de mogelijkheden voor plaatsing van een TEO-installatie. Bij grote havens betreft dit mogelijk alleen beperkingen voor grote TEO-installaties (bruto vloeroppervlakten van 50000 m²), bij kleine havens waarschijnlijk voor alle TEO-typen en jaargetijden.
4. De ruimte voor koude- en warmtelozingen in grote stilstaande wateren is mogelijk alleen te beperkt voor grote TEO-installaties (bruto vloeroppervlakte van 50.000 m²). Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met extra warmte-uitwisseling tussen water en lucht als gevolg van stroming en menging door scheepvaart. De mate van menging is met name belangrijk bij het inschatten van effecten van koudelozingen (met name de schattingen van de effectieve oppervlakte en de effectieve ΔT voor uitwisseling met de atmosfeer).
5. Voor stilstaande wateren en havens van zwak-stromende wateren voldoet de RWS-rekentool niet. De ruimtelijke verspreiding wordt onvoldoende beschreven, waardoor het effect van (mogelijke) kortsluiting (recirculatie) onvoldoende tot uiting komt in de resultaten.
6. De RWS-rekentool voor stromende wateren rekent met een homogene verdeling van de temperatuur over de waterkolom. De tool is daarom minder geschikt (en ook niet ontworpen voor) het doorrekenen van de effecten van koudelozingen. Mogelijk kan deze tool hier wel voor worden aangepast.
7. De in deze studie toegepaste evenwichtsbenadering voor stilstaande wateren (voor zowel warmte- als koudelozingen) geeft een orde van grootte schatting van de mogelijke toepassing van TEO-installaties op verschillende typen wateren. Volgens deze methode kunnen Type 1 TEO-installaties en Type 2 kleine en middelgrote TEO-installaties mogelijk zonder significante thermische effecten op grote kanalen worden toegepast. Voor slootssystemen volgt uit het toepassen van de evenwichtsbenadering dat er alleen ruimte is voor relatief kleine gebouwen (bruto vloeroppervlakte van 5000 m²).
8. De evenwichtsbenadering voor stilstaande wateren lijkt voor koudelozingen een onderschatting op te leveren in vergelijking met 2D- en 3D-modelresultaten en praktijkervaring. Met name de schatting van een reductiefactor voor de effectieve ΔT is erg onzeker.
9. Voor grote stromende wateren zijn de ecologische effecten verwaarloosbaar, vanwege het zeer waarschijnlijk niet optreden van thermische effecten. Voor de overige situaties geldt dat op dit moment de onzekerheden in de berekeningen van de thermische effecten zo groot zijn, dat ecologische effecten niet op voorhand uitgesloten kunnen worden.

10. De RWS-rekentool en de hier toegepaste evenwichtsbenadering voor stilstaande wateren zijn bruikbare methoden in het voorontwerp om een indicatie te krijgen van de mogelijke effecten van de aanleg van een TEO-installatie. Voor het detail-ontwerp zijn deze tools echter ongeschikt en dient een gedetailleerde berekening met een 3D-model gemaakt te worden.

1.5 Aanbevelingen

1. Voor het detail-ontwerp van een TEO-installatie in havens langs stromende wateren en in stilstaande wateren wordt een meer gedetailleerde berekening met een gevalideerd 3D-model, zoals Delft-3D, sterk aanbevolen.
2. Met betrekking tot de RWS-rekentool verdient het aanbeveling om:
 - a. De rekenmethode vast te leggen (opstellen van documentatie, versiebeheer);
 - b. De rekenmethode te checken op het correct berekenen van de uitwisseling met de lucht (effectieve oppervlakte en effectieve ΔT) en het optreden van recirculatie;
 - c. De resultaten te toetsen aan de resultaten van modelberekeningen om het toepassingsgebied (wanneer is het wel en wanneer is het niet toepasbaar) en de betrouwbaarheid beter in beeld te krijgen.
 - d. De tool aan te passen aan huidig beleid, zoals door de KRW-normen voor maximumtemperatuur voor de verschillende watertypen mee te nemen.
3. De evenwichtsbenadering voor stilstaande wateren verder uit te werken en een methode te ontwikkelen voor een betere schatting van het effectieve oppervlak waarover uitwisseling met de atmosfeer plaatsvindt en de effectieve ΔT bij koudelozingen voor gebruik in een scanningstool tijdens het voorontwerp van een TEO-installatie.
4. Aanbevolen wordt om een methodiek te ontwikkelen die de thermische effecten, ecologische effecten en chemische effecten combineert tot één oordeel over het toepasbaar zijn van een TEO-installatie.

2 Inleiding

Op 7 september 2017 heeft RWS WVW aan Deltares het verzoek gedaan de effecten van TEO op de waterkwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater in kaart te brengen met specifieke aandacht voor de (1) thermische effecten de (2) ecologische effecten en (2) het gebruik van (chemische) hulpstoffen.

In dit project draagt Deltares bij aan een studie die Techniplan uitvoert voor de RVB (Rijksvastgoedbedrijf). In die studie gaat het om de haalbaarheid van toepassing van duurzame technieken voor verwarmen en koelen van gebouwen met behulp van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO). De resultaten van de haalbaarheidsstudie worden door RVB gebruikt om voor panden in haar bestand na te gaan hoe TEO kan bijdragen aan de energiedoelstelling (panden energieneutraal in 2050). De studie levert kentallen voor kosten, en baten (energiebesparing) van TEO.

De bijdrage van Deltares wordt verwerkt in de eindrapportage Techniplan en brengt de effecten in kaart van duurzame technieken voor verwarmen/koelen (TEO) op de waterkwaliteit op het ontvangend oppervlaktewater. Er wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen TEO met (type 1) en zonder (type 2) gebruik van warmteopslag in de bodem (WKO) omdat dit bepaalt in welk seizoen warmte en koude aan het oppervlaktewater worden onttrokken. Evaluatie van RWS-gebouwen waarin TEO al wordt toegepast behoort tot de activiteiten van deze studie.

2.1 Vraagstelling

Tijdens het startoverleg is de vraagstelling verder gespecificeerd.

RWS wil de effecten op het oppervlaktewater weten van enkele bestaande TEO-installaties.

De effecten betreffen:

1. Thermische effecten (veranderingen in de temperatuur van het water);
2. Waterkwaliteitseffecten;
3. Ecologische effecten.

Bestaande TEO-installaties die geëvalueerd moeten worden zijn:

1. Maastoren
2. Gemeentewerf Capelle a/d IJssel;
3. RWS districtskantoor Terneuzen
4. Port City Rotterdam.

Tijdens de voorbereiding kwam naar voren dat de voorgestelde cases met bestaande TEO-installaties slechts een beperkte doorsnede geven van de watertypen waaraan TEO-installaties hun warmte en koude kunnen onttrekken.

Techniplan heeft voor haar haalbaarheidsstudie met name behoefte aan een screeningsmethode voor het bepalen van mogelijke effecten van plaatsing van 'verschillende typen van TEO's bij nieuwe en bestaande gebouwen door de opdrachtgever. Stappen in zo'n methode zijn:

1. Bepaal de omvang van het gebouw;
2. Bepaal de omvang en type van ontvangend water;
3. Zoek op: economische kentallen en ecologische kentallen;
4. Bepaal de haalbaarheid van een TEO.

Techniplan onderscheidt in haar studie voor RWS een 3-tal grootten van kantoorgebouwen waarvan de energetische en economische aspecten worden beschouwd. Hierbij worden twee typen van TEO-installaties onderscheiden:

- Type 1: warmte-koude-opslag in de bodem in combinatie met aanvulling vanuit het oppervlaktewater. Voor het oppervlaktewater geldt hierbij:
 - a. in de winter herstel van de ondergrondse koudebron, dus opwarming van het oppervlaktewater;
 - b. in de zomer herstel van de ondergrondse warmtebron, dus afkoeling van het oppervlaktewater
- Type 2: uitsluitend gebruik maken van oppervlaktewater voor koeling en opwarming. Hier geldt:
 - c. in de winter warmteonttrekking voor verwarming van het kantoorgebouw, dus afkoeling van het oppervlaktewater;
 - d. in de zomer onttrekking van koude voor verkoeling van het kantoorgebouw, dus opwarming van het oppervlaktewater.

Het resultaat van Techniplan is een tabel met economische kentallen voor drie afmetingen van kantoorgebouwen en de twee typen TEO-installaties (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Opzet voor resultaat tabel voor twee typen TEO en drie klassen van grootte van kantoorgebouwen. X: kentall voor deze combinatie voor de betreffende indicator.

Omvang kantoorgebouw (met m ² vloeroppervlakte):	Type TEO	
	Type 1	Type 2
Klein (5000 m ²)	X	X
Middelgroot (20.000 m ²)	X	X
Groot (50.000 m ²)	X	X

Deze zes combinaties kunnen voorkomen in combinatie met verschillende typen oppervlaktewater. Voor de effecten op de waterkwaliteit wordt eenzelfde aanpak gevolgd, dat wil zeggen dat belangrijke stuurfactoren in klassen worden verdeeld en voor elke combinatie van de stuurfactoren wordt het effect bepaald. Naast de economische kentallen kunnen dan dus ecologische kentallen geplaatst worden. Dit leidt tot de volgende vraagstelling:

- Indeling van te beoordelen watertypen. Op voorhand is duidelijk dat onderscheid gemaakt dient te worden in stromende en niet stromende wateren, mogelijk is een verdere onderverdeling nodig;
- Deltares maakt op basis van deze kentallen voor debieten en ΔT 's uit bovenstaande tabel en de stuurfactoren omvang ontvangend water en stroming een inschatting voor de effecten op de watertemperatuur en eventuele gevolgen voor de waterkwaliteit;
- Stuurfactoren zijn in principe omvang (klein, middelgroot, groot), stroming (stilstaand, matige stroming, sterke stroming), type water (rivier, haven aan rivier, kanaal, plas). Deltares maakt bij de beoordeling onderscheid tussen het effect in de zomer en het effect in de winter;
- Deltares kiest een beoordelingsmethode of instrument om het thermisch effect te bepalen van warmtelozing en van koudelozing;
- Deltares voert de beoordeling uit voor de relevante combinaties op basis van de gekozen beoordelingsmethodiek en expert kennis;

- dit levert indicaties op voor de inpasbaarheid van de TEO (bijv. kan zeker, twijfelachtig, onverstandig). Bij twijfel zal altijd een meer gedetailleerde benadering moeten worden aangeraden.

2.2 Afbakening

Het oorspronkelijke idee om lessen uit bestaande gebouwen met bestaande TEO-installaties te trekken is verbreed. Redenen hiervoor waren dat er (1) weinig data voor de cases beschikbaar zijn en (2) de bestaande cases een atypische ligging kennen omdat ze voornamelijk aan grote wateren liggen en daarmee kenmerkend zijn voor situaties waar weinig onzekerheid is over het kunnen aanleggen van een TEO. Voor de haalbaarheid is er juist behoefte aan die combinaties waar onzeker is of TEO potentie heeft (grote gebouwen, stagnante en of kleine wateren). Dit zijn de combinaties waar we in dit project juist meer over te weten willen komen.

De focus verschuift naar het beoordelen van thermische effecten voor meer situaties dan de bestaande cases. Beoordeling van de thermische effecten is een belangrijke eerste stap, immers als de thermische effecten klein zijn dan zijn de afgeleide effecten voor waterkwaliteit en ecologie dat ook. Voor gebouwen die tot grote thermische effecten in oppervlaktewater leiden, is waarschijnlijk een 'op maat beoordeling' van de ecologische effecten nodig e.v.t. met monitoringsverplichting en volstaat een generieke beoordeling van waterkwaliteit en ecologie meestal niet.

2.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bespreekt de gebruikte methoden. Voor stromende wateren wordt een rekentool van RWS ingezet. Voor stilstaande wateren wordt een evenwichtsberekening beschreven.

Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van de temperatuurberekening voor de verschillende combinaties van type TEO-installatie, gebouw grootte, watertype (stromend/stilstaand), grootte van het water en lozing in stroombaan of haven. Aan het eind van het hoofdstuk worden de vier bestaande TEO-installaties toegekend aan een type en de resultaten geïnterpreteerd.

Hoofdstuk 4 geeft een beschrijving van de aspecten die bij het onderhoud van een TEO-installatie een rol spelen en de invloed die de wijze van schoonmaken (mechanisch of chemisch) kan hebben op de waterkwaliteit.

In de discussie in Hoofdstuk 5 worden aspecten van de berekeningswijze van effecten op de temperatuur besproken. Vervolgens worden aanbevelingen gedaan om tot nauwkeuriger schattingen van de effecten van TEO-installaties te komen.

3 Materiaal en Methode

3.1 Inleiding

Hier worden drie tools besproken die ingezet kunnen worden voor de inschatting van de effecten van de winning van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO):

1. Rekentool RWS voor warmtelozingen;
2. Rekenmethode voor thermische lozingen in stilstaande wateren;
3. Berekeningsresultaten van warmte- en koudelozingen door Deltares en IF Technology voor wateren met weinig of geen stroming.

Effecten van TEO leiden, afhankelijk van het type (met of zonder WKO) en afhankelijk van het seizoen waarin de thermische energie gewonnen wordt, tot warmte of koudelozingen.

3.2 Beschrijving TEO Type 1 en TEO Type 2

Bij het onttrekken van thermische energie aan oppervlaktewater wordt onderscheid gemaakt in twee typen. Onderscheidend daarbij is of de warmte/koude uit het oppervlaktewater direct (wanneer nodig) aan de gebruiker geleverd (TEO Type 2) of dat warmte/koude uit het oppervlaktewater in de bodem wordt opgeslagen om later (na opslag in een ondergronds WKO systeem) aan de gebruiker te worden geleverd (TEO Type 1).

Dit bepaalt ook in welk seizoen warmte en koude aan het oppervlaktewater wordt onttrokken. Door TEO te combineren met WKO kan warmte (voor de winter) gewonnen worden in de zomer en koude (voor de zomer) gewonnen worden in de winter wat efficiënter is dan zonder WKO.

Tabel 3.1 Het effect van TEO Type 1 en 2 in zomer en winter

	TEO Type 1: met WKO in bodem	TEO Type 2: alleen uitwisseling met oppervlaktewater
Zomer	Warmte onttrekken (koude lozen)	Koude onttrekken (warmte lozen)
Winter	Koude onttrekken (warmte lozen)	Warmte onttrekken (koude lozen)
	Verschillen tussen de seizoenen worden kleiner: water in de zomer wordt kouder en water in de winter wordt warmer	Verschillen tussen de seizoenen worden groter: water in de zomer wordt warmer, water in de winter wordt kouder

3.3 RWS-rekentool voor warmtelozingen op stromende wateren

Voor de effecten van het lozen van *warmte* op stromende oppervlaktewateren is bij RWS-WVL een rekentool beschikbaar (als Excel-spreadsheet), opgesteld door Dju Bijstra. Dit spreadsheet wordt gebruikt als opleidingstool voor de basisopleiding vergunningverlening. De tool implementeert de beleidsrichtlijn warmtelozingen (zie ook CIW, 2004).

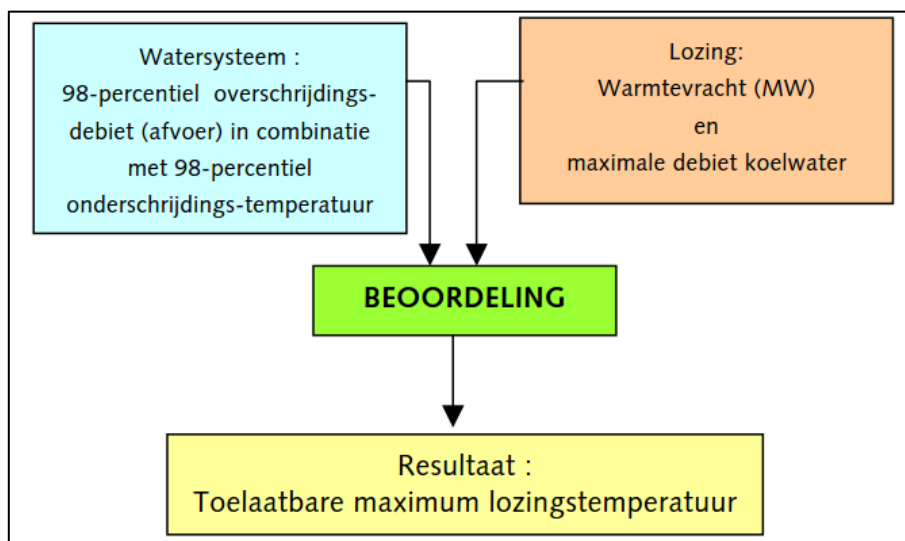
De berekening gaat uit van een warmtelozing in stromend water. Dit kan zijn direct in stromend water of in een haven liggend aan stromend water. De tool kan niet rekenen voor stilstaand water.

De warmte van de lozing (uitgedrukt in het aantal MW) wordt verondersteld te mengen met het oppervlaktewater. Voor rivieren is het debiet en de achtergrondtemperatuur nodig. Voor een lozing in een haven is daarnaast ook nodig de omvang van de haven en de plaats waar de lozing plaatsvindt (afstand tot de monding van de haven). Bij lozing in een haven kan de afkoeling door warmteafgifte aan de lucht in de haven, worden meeberekend waardoor de warmtelozing op het stromende water wordt verminderd. Het water in de haven wordt verondersteld geheel gemengd te zijn over de verticaal.

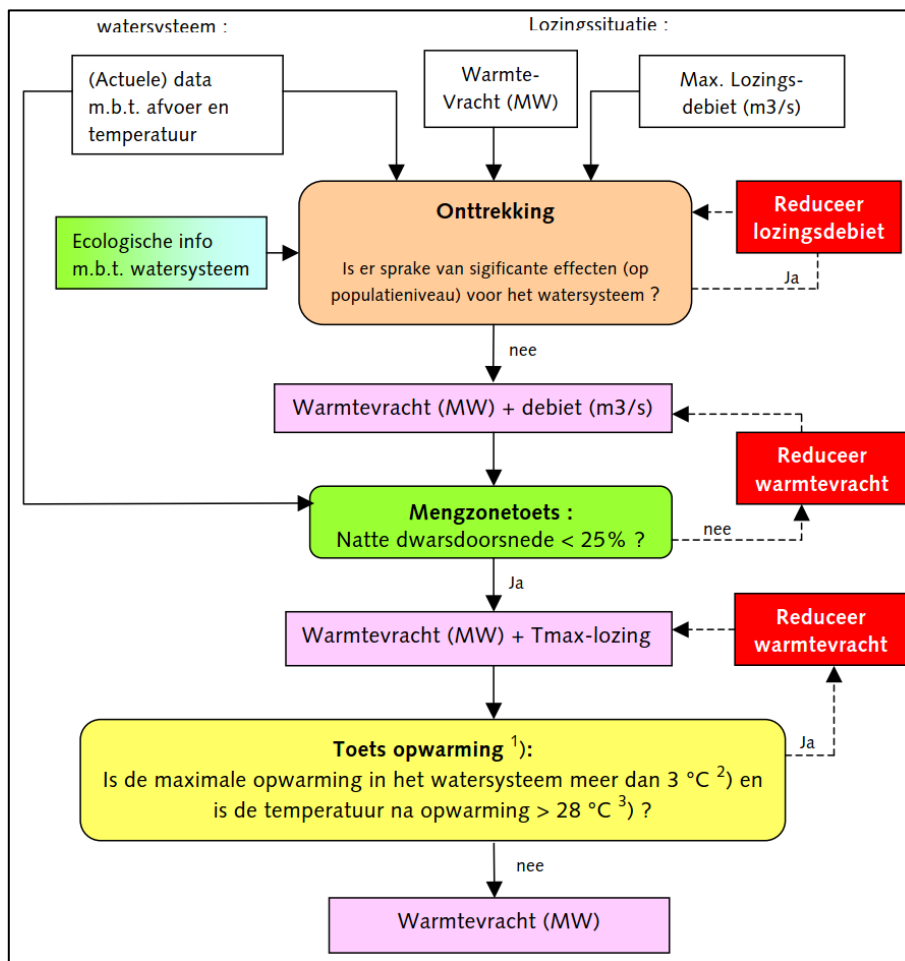
Er is geen aparte documentatie van de RWS-rekentool beschikbaar. In de rekentool zelf zijn wel schema's opgenomen die de algemene werking van de methodiek (volgens CIW, 2004) beschrijven. De methodiek gaat uit van twee criteria (zie Figuur 3.1 en Figuur 3.2):

1. Criterium opwarming: de stijging in temperatuur moet beperkt zijn en niet boven een bepaalde grenswaarde uitkomen;
2. Criterium mengzone: de doorsnede van het waterlichaam mag maar beperkt opgewarmd worden (geldt in combinatie met criterium opwarming).

In deze studie is gerekend met een recent aangepaste versie (versie 8) van de RWS-rekentool. De tool is tijdens deze studie aangepast om de effecten bij lage debieten beter te beschrijven.



Figuur 3.1 Schema mengzonoets uitgaande van kritische omstandigheden (lage afvoer, hoge achtergrondtemperatuur). Bron: CIW (2004).



Figuur 3.2 Schema beoordelingssystematiek van warmtevracht op basis van mengzone en opwarming. Bron: CIW (2004). De noten 2 en 3 verwijzen naar regelgeving voor water voor karperachtigen, schelpdierwater en water voor zalmachtigen. De regelgeving met betrekking tot deze watertypen is vervallen in 2010.

3.3.1 Opmerkingen bij de RWS-rekentool voor warmtelozingen

De RWS-rekentool gaat uit van onder meer de volgende aannames:

1. er dient altijd advectief transport op te treden. Voor stromende wateren wordt hieraan voldaan, voor stilstaande wateren is met de tool geen berekening mogelijk;
2. de menging van de lozing over de verticaal is verondersteld volledig te zijn;
3. de veronderstelde menging over de verticaal betekent dat de warmteafgifte aan de lucht wordt onderschat: warm water is lichter dan het ontvangend water en blijft daardoor bij voorkeur aan de oppervlakte (opdrijven); daar kan de watertemperatuur dus hoger zijn dan berekend met volledige menging. De werkelijke warmteafgifte aan de (koelere) lucht is daardoor groter dan berekend. Dit levert een conservatieve berekening op (overschatting van het effect op de watertemperatuur als gevolg van de warmtelozing), wat voor de vergunningverlening een prima benadering is (voorzorgprincipe);

4. de veronderstelde menging over de verticaal betekent ook dat de RWS-rekentool niet geschikt is voor de beoordeling van koudelozingen. Bij een koudelozing wordt koud water geloosd. Dit koude water is zwaarder dan het water van het ontvangende water en blijft hierdoor bij de bodem. De watertemperatuur aan het wateroppervlak verandert hierdoor nauwelijks en uitwisseling met de lucht (warmteopname) is zeer gering. Doordat de RWS-rekentool hier geen rekening mee houdt, levert de tool een onderschatting van het effect op de watertemperatuur bij koudelozingen, wat voor de vergunningverlening een onwenselijke situatie is (geen toepassing van het voorzorgsprincipe);
5. de grenswaarden voor de temperatuur en de mengzone gaan uit van de effecten op migrerende vissen. Andere effecten op waterkwaliteit en ecologie (zoals op algen, waterplanten, zuurstofgehalte, enz.) kunnen ook optreden bij lagere temperaturen dan 28 °C en bij een kleinere mengzone dan de 25% die nu als grenswaarde in de rekentool gehanteerd wordt.

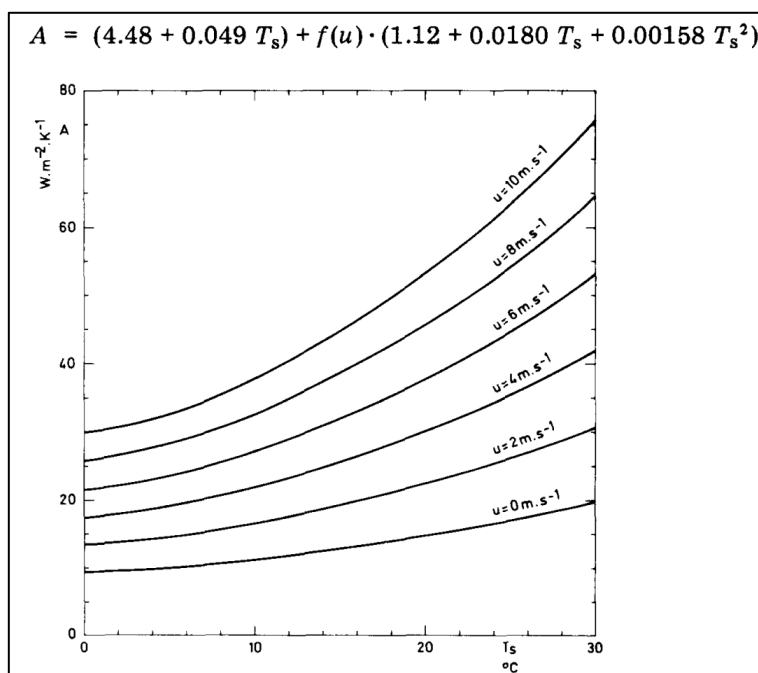
3.4 Warmteuitwisseling in stilstaande wateren

Met stilstaande wateren worden van nature niet-stromende wateren bedoeld. Door toepassing van een TEO gaat het water als gevolg van het circulatiedebiet van de TEO in het oppervlaktewater in bepaalde mate stromen. Voor kleine wateren zoals vijvers en sloten kan dat significant zijn, voor grotere wateren is de invloed van het TEO-debiet beperkt.

3.4.1 Warmtelozingen op stilstaande wateren

Voor stilstaande wateren zijn er verschillende factoren van belang die het thermisch effect van een warmtelozing bepalen:

1. omvang van de lozing;
2. effectieve oppervlakte tussen lozingspunt en inlaatpunt waarover uitwisseling van warmte tussen wateroppervlak en lucht optreedt, en waarover het verschil in temperatuur tussen het water en de atmosfeer vereffend kan worden.



Figuur 3.3 De warmte-uitwisselingscoëfficiënt tussen water en lucht (ook wel het zelfkoelingsgetal van water genoemd) als functie van de watertemperatuur (x-as) bij verschillende windsnelheden (isolijnen). Bron: Sweers (1976).

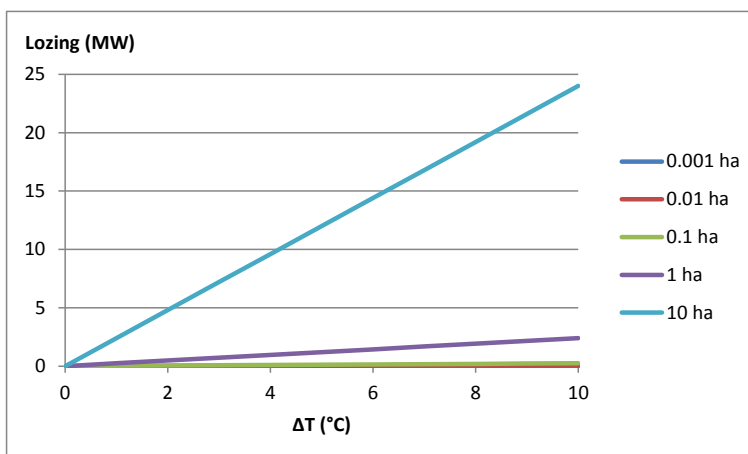
De omvang van de lozing (in MW) is voor deze studie vastgelegd in Tabel 3.2.

De uitwisseling zelf (in $W.m^{-2}$) is afhankelijk van het temperatuurverschil tussen water en lucht (ΔT in $^{\circ}C$; zie Tabel 3.2) en de uitwisselingscoëfficiënt voor warmte over het grensvlak water-lucht (in $W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$). Deze uitwisselingscoëfficiënt zelf is weer een functie van (zie Figuur 3.3):

1. de watertemperatuur;
2. de windsnelheid.

Hoe werkt dit? In de zomer (juni t/m september), bij een gemiddelde watertemperatuur van $20^{\circ}C$ en een gemiddelde windsnelheid (U_{10}) in De Bilt van $2.5 m.s^{-1}$, resulteert dit volgens Figuur 3.3 in een warmte-uitwisselingscoëfficiënt van ongeveer $24 W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$. In de winter (november t/m februari), bij een gemiddelde watertemperatuur van $5^{\circ}C$ en een gemiddelde windsnelheid (U_{10}) in De Bilt van $3.5 m.s^{-1}$, resulteert dit in een warmte-uitwisselingscoëfficiënt van ongeveer $18 W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$. Grofweg is de uitwisseling van warmte tussen water en lucht in de winter dus slechts $2/3$ van die in de zomer.

Figuur 3.3 is een benadering die al vrij oud is (de publicatie van Sweers stamt uit 1976). Modelresultaten van berekeningen van de warmte-uitwisseling met het model Delft-3D geven een vergelijkbare relatie tussen watertemperatuur, windsnelheid en de warmte-uitwisselingscoëfficiënt te zien (Boderie, niet gepubliceerd).

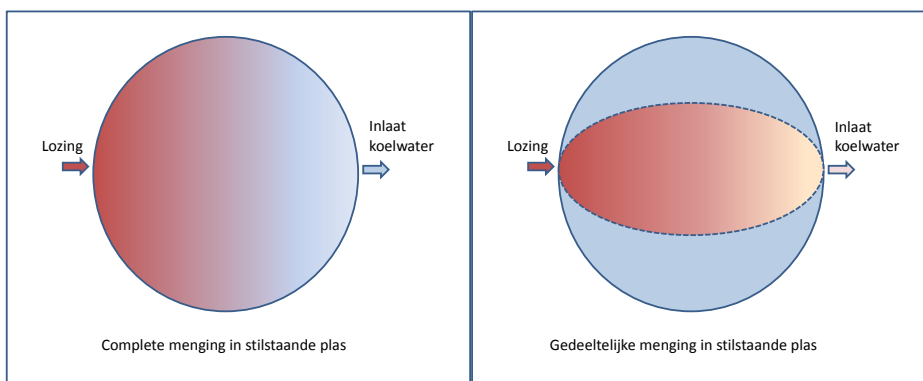


Figuur 3.4 Relatie tussen te verwerken warmtelozing als functie van temperatuurverschil bij lozing (ΔT) en grootte van het ontvangend water. Warmte-uitwisselingscoëfficiënt: $24 W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$; watertemperatuur $20^{\circ}C$, complete menging verondersteld.

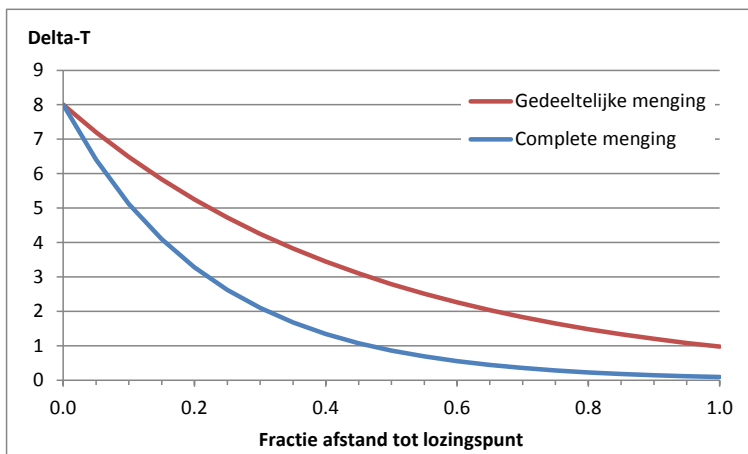
We kunnen nu met bovenstaande gegevens voor verschillende oppervlaktes de omvang van een warmte- of koudelozing bepalen waarbij het water in de evenwichtstoestand blijft (lozing is gelijk aan natuurlijk warmteverlies naar of natuurlijke opwarming vanuit de lucht; Figuur 3.4). Een compleet gemengde plas van 10 ha kan in dit voorbeeld in de zomer een constante warmtelozing van 24 MW verwerken (bij een ΔT van $10^{\circ}C$). Bij stilstaande wateren vindt echter geen complete menging plaats: er ontstaat een pluim van warm water dat zich langzaam door het water van lozingspunt naar inlaatpunt begeeft (zie schematische weergave Figuur 3.5). Hierdoor wordt het oppervlak waarover uitwisseling (warmteafgifte) aan de atmosfeer plaatsvindt kleiner. Dit betekent dat (in dit voorbeeld) over nog maar ongeveer de helft van het wateroppervlak uitwisseling met de bovenstaande lucht plaatsvindt, en dat nog maar ongeveer de helft van de warmtelozing door het stilstaande water opgenomen kan worden (in dit voorbeeld: 12 MW). Bij groter volume van de lozing zal de temperatuur bij inlaat van het water verhoogd zijn ten opzichte van de referentie-situatie, waardoor (bij gelijke ΔT) steeds warmer water geloosd wordt en de plas als geheel steeds

warmer wordt (deze 'kortsluiting' of 'recirculatie' is vanuit de werking van een TEO gezien niet wenselijk). De effectieve oppervlakte van een lozing (waarover wel uitwisseling met de lucht plaatsvindt) is afhankelijk van:

1. omvang van het ontvangende water;
2. afstand tussen lozings- en inlaatpunt via het water;
3. debiet van de lozing;
4. morfologie van het oppervlaktewater;
5. andere factoren die zorgen voor menging in de plas, zoals wind, scheepvaart, e.d.



Figuur 3.5 Schematische weergave van complete (links) en incomplete menging (rechts) van warmtelozing over stilstaande plas.



Figuur 3.6 Afname van ΔT als functie van de afstand tot het lozingspunt als gevolg van complete menging (gehele oppervlak van plas; blauwe lijn) en gedeeltelijke menging (over deel van oppervlak; rode lijn). De ΔT neemt af over de afstand van lozingspunt (links op de x-as) naar inlaatpunt (rechts op de x-as). In dit hypothetische geval is de referentietemperatuur niet bereikt bij het inlaatpunt. De effectieve ΔT is hoger bij gedeeltelijke menging (over een deel van het oppervlak).

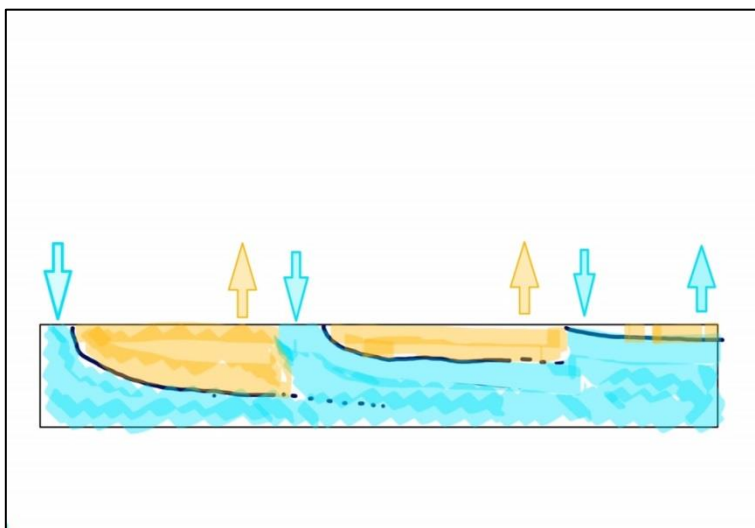
Het schema van Figuur 3.6 laat ook zien dat het geloosde water langzaam afkoelt met de afstand van het lozingspunt. Is er bij het lozingspunt nog een ΔT van bijvoorbeeld 8 °C, halverwege lozings- en inlaatpunt is dit temperatuurverschil al aanzienlijk gereduceerd. Dit betekent dat het temperatuurverschil tussen het water en de lucht een groot gedeelte van de weg tussen lozingspunt en inlaatpunt kleiner is dan de aanvankelijke ΔT in het geloosde water. Dit heeft invloed op het bereiken van een evenwichtssituatie (waarbij de temperatuur van het water bij het innamepunt niet verhoogd is ten opzichte van de referentiesituatie). In de berekening van de toelaatbare lozing moet daarom niet met de ΔT van de lozing, maar

met een effectieve ΔT gerekend worden. In de berekeningen van het Weerwater bij Almere, bleek de effectieve ΔT aanzienlijk kleiner, namelijk niet de 8 °C in het geloosde water maar slechts 1-2 °C. In het voorbeeld van Figuur 3.4 betekent dit dat er in de zomer geen 24 MW lozing verwerkt kan worden in een plas van 10 ha, maar slechts 1.2-2.4 MW.

De conclusie is dat het effect van warmtelozingen in stilstaande wateren lastig is te schatten en dat het effect van veel locatie-specifieke factoren afhankelijk is.

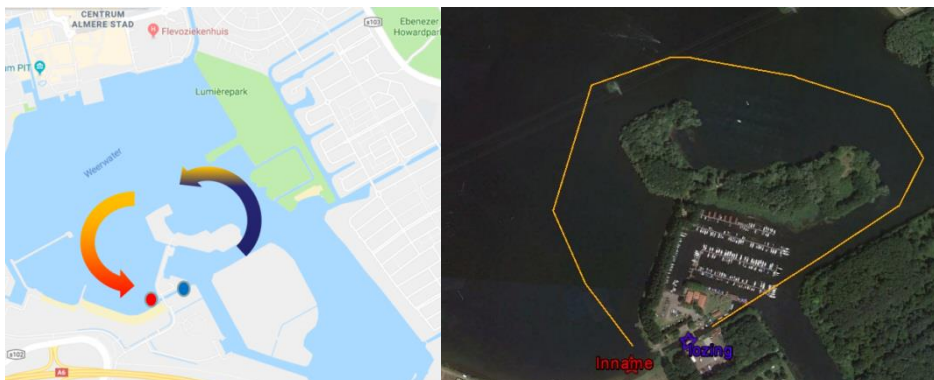
3.4.2 Koudelozingen in stilstaande wateren

Bij koudelozingen in stilstaande wateren speelt mee dat in veel watersystemen het koude water zich op de bodem kan verzamelen. Hierdoor kan er geen (of nauwelijks) extra warmte uitwisseling met de lucht optreden, waardoor een koudelozing langer en over een groter oppervlak effect heeft. Het toepassen van de hierboven beschreven redenering bij warmtelozingen (zie Figuur 3.5) of het toepassen van bestaande rekentools (zoals de Emissie-immisietoets of de rekentool van Dju Bijstra) levert daardoor een onderschatting van de temperatuureffecten. Bij koudelozingen in de winter (TEO type 2) moet rekening gehouden worden met een minimum watertemperatuur van het inlaatwater om bevroering in de installatie te voorkomen.

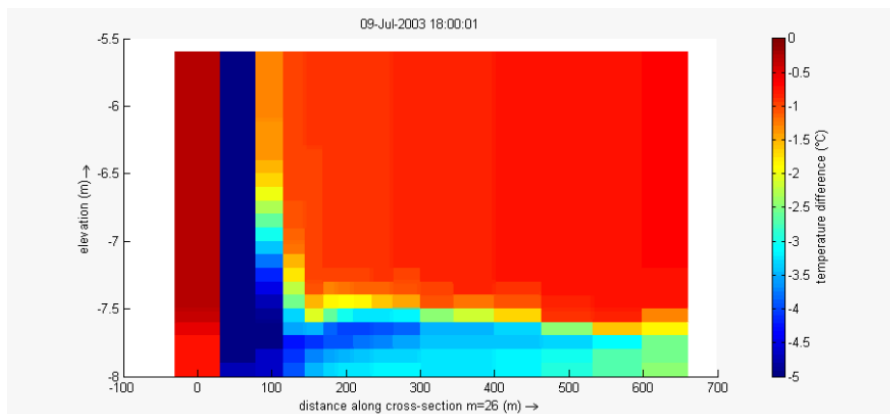


Figuur 3.7 Schematische weergave van koudelozingen die effect van bovenstroomse lozingen ondervinden. De stroming is van links naar rechts. Van links naar rechts bouwt zich een koudwaterlaag op boven de bodem. Doordat er geen evenwicht bereikt wordt, neemt de winbare warmte af van links naar rechts.

Het effect op de watertemperatuur in een plas kan verkleind worden, ofwel de opbrengst aan warmte/koude van een plas kan geoptimaliseerd worden, door de afstand tussen lozingspunt en inlaatpunt te vergroten. Dit vergroot namelijk tegelijkertijd de oppervlakte waarover uitwisseling met de atmosfeer optreedt. Hoe groter dit oppervlak, hoe sneller het water weer in evenwicht is met de atmosfeer en hoe sneller de watertemperatuur de referentietemperatuur benadert. Dit kan door het aanbrengen van fysieke afstand, maar ook door de punten van lozing en inname slim te kiezen. In een slim ontwerp is deze lengte maximaal bij een minimale lengte van de transportleidingen. Een voorbeeld hiervan is het Weerwater bij Almere. Doordat lozingspunt en inlaatpunt van elkaar gescheiden zijn door een dam moet het water een lange afstand over de plas afleggen (Figuur 3.8). Dit zorgt ervoor dat met een kleine afstand tussen beide punten de koude toch over een groot oppervlak wordt verspreid. Resultaten van berekeningen met een 3D-model (Figuur 3.9) laten zien dat het koude water zich ver door het water verspreidt, maar voornamelijk bij de bodem.



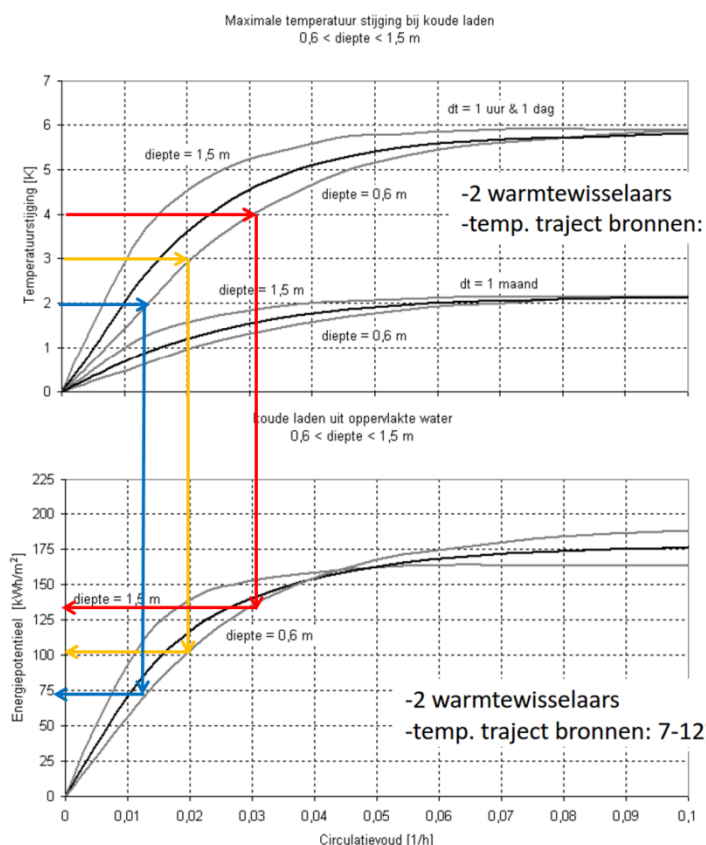
Figuur 3.8 Situatieschets van koudelozing op het Weerwater bij Almere. Links: lozingspunt (blauw) en innamepunt (rood) zijn door een dam gescheiden. Rechts: de effectieve afstand door het water tussen lozingspunt en innamepunt is veel groter (bijna 2 km) dan de afstand tussen beide punten door de lucht (ongeveer 10 m).



Figuur 3.9 Langsprofiel van temperatuurverschil ten opzichte van de natuurlijke situatie als gevolg van een koudelozing ($250\text{m}^3/\text{h}$, $\Delta T = 7\text{ }^\circ\text{C}$) in een lijnvormig (10 m breed) oppervlaktewater. Na lozing (op $x = 50\text{ m}$) ontstaat aan de bodem een koudepluim over een lengte van meer dan 700 m. Het temperatuurverschil aan het wateroppervlak is als gevolg van de ontstane gelaagdheid kleiner dan aan de bodem (Deltares, 2017).

Voor zeer ondiepe stagnante wateren zoals vijvers heeft NVOE ontwerpdiagrammen beschikbaar waarmee de energieopbrengst als functie van diepte, debiet en toegestane ΔT eenvoudig kan worden bepaald c.q. afgelezen (NVOE, 2011). Deze ontwerp diagrammen kunnen gebruikt worden om in het ontwerpproces een richtlijn voor het benodigde wateroppervlak te verkrijgen. De diagrammen zijn gebaseerd op vereenvoudigde (0-D en 1-D) simulatiemodellen (Medrano et al, 2009). In deze modellen is geen rekening gehouden met de niet-homogene verdeling van de watertemperatuur (drijvende of zinkende pluim). Hierdoor is bij een warmtelozing de uitwisseling water-atmosfeer onderschat, en het effect op de temperatuur dus overschat. Bij een koudelozing is de uitwisseling water-atmosfeer hierdoor overschat en het effect op de temperatuur onderschat. Verder gaan de modellen ervan uit dat er geen kortsluitstroming of recirculatie optreedt: de aanname is dat het inlaatwater geheel in evenwicht is met de atmosfeer (en geen effect van de lozing meer vertoont). Voor elke toepassing dient deze aanname gecheckt te worden.

De diagrammen laten zien dat toename van het circulatievoud (1/verbleijftijd dus naar rechts in de grafiek een kortere verblijftijd/snelser circuleren) in eerste instantie (lineair) tot meer energieopbrengst leidt maar dat bij te grote debieten de verblijftijd te klein (het circulatievoud te groot) wordt, zodat het water geen tijd heeft om volledig op te warmen en de energieopbrengst niet meer toeneemt. Voor een ondiep system (decimeters) en debieten in de orde van 30-60 m³/h, waarbij de verblijftijd ongeveer 2 dagen is, bedraagt de energieopbrengst orde 100-150 kWh/m². Dit komt overeen met 25-40 W/m² uitgaande van een temperatuurstijging van 3K, ofwel 8-13 W/m²/K.



Figuur 3.10 Ontwerpdigram voor koude laden met een geloosde ΔT van 6°C. Op de x-as de snelheid van circuleren van het water (circulatievoud = 1/verbleijftijd in uren). In de bovenste figuur het effect van de ΔT (y-as) als functie van diepte (lijnen) en mate van circulatie (x-as); bij hoge circulatie vindt geen opwarming plaats; als het water stilstaat verdwijnt de gehele ΔT . Neemt het circulatievoud af van 0.03 (33uur) tot 0.012 (80 uur) dan daalt, bij een diepte van 0.6m, de ΔT van respectievelijk 4° naar 2°C. De energieopbrengst (onderste figuur) correleert grotendeels lineair met ΔT (gekleurde lijnen) terwijl de energieopbrengst niet erg afhankelijk is van de diepte. Bron: NVOE, 2011

3.4.3 Berekeningsmethodiek voor stilstaande wateren

Doordat de rekentool van RWS niet geschikt is om stilstaand of langzaam stromend water door te rekenen, is hier voor de generieke scan van de mogelijkheden voor een TEO gebruik gemaakt van een andere wijze van berekenen.

Uitgegaan is van de evenwichtsgedachte:

- Het water heeft bij het innamepunt een temperatuur behorende bij de referentiesituatie (oftewel: is in evenwicht met de luchttemperatuur);
- Er treedt geen recirculatie of kortsluiting op; dit wil zeggen dat de temperatuur bij het innamepunt niet verhoogd of verlaagd is als gevolg van een warmtelozing respectievelijk koudelozing.

- Er mag dus op het innamepunt als gevolg van de lozing ook geen temperatuurverschil tussen top- en bodemlaag ontstaan. In geval van een koudelozing moet de watertemperatuur bij de bodem (zie Figuur 3.7) op het innamepunt weer gelijk zijn aan de referentietemperatuur.

Hieruit volgt dat de warmtevracht niet groter mag zijn dan de maximale afkoeling of opwarming die als gevolg van uitwisseling met de atmosfeer plaats kan vinden. De uitwisseling met de atmosfeer wordt berekend volgens:

$$W = A_{eff} \cdot k \cdot f \cdot \Delta T_{eff}$$

Waarin:

W	warmtevracht in W;
A_{eff}	effectieve oppervlakte van het watersysteem waarover lozing zich verspreidt en waarover uitwisseling met de atmosfeer plaatsvindt in m^2 .
k	warmteuitwisselingscoëfficiënt (zelfkoelingsgetal) in $W/m^2/^\circ C$;
f	factor voor de omrekening van ΔT naar ΔT_{eff} ;
ΔT	temperatuurverschil tussen ingenomen en geloosd water in $^\circ C$;
ΔT_{eff}	effectief temperatuurverschil tussen belast water en water in evenwicht met de atmosfeer in $^\circ C$.

De oppervlakte is voor een kanaal of sloot de gehele oppervlakte van het water. Voor een meer of plas zal op basis van de ruimtelijke configuratie een effectieve breedte en lengte geschat moeten worden. Hieruit kan dan de effectieve oppervlakte geschat worden.

De factoren voor berekening van het effectieve oppervlak en de berekening van effectieve ΔT worden bepaald door de horizontale en verticale verspreking van de warmte of koude pluim en kunnen door middel van 3D modelsimulaties worden bepaald. Hier is gebruik gemaakt van bestaande (3D) modelsimulatie om een eerste indruk van deze factoren te krijgen.

Als warmteuitwisselingscoëfficiënt (zelfkoelingsgetal) is $18 W/m^2/^\circ C$ genomen voor de winterperiode en $24 W/m^2/^\circ C$ voor de zomerperiode, gebaseerd op de Sweers-nomogrammen op basis van een watertemperatuur van $5(4-6) ^\circ C$ respectievelijk $20 ^\circ C$ en een windsnelheid in De Bilt van $3.5 m/s$ respectievelijk $2.5 m/s$ voor winter- en zomerperiode.

De ΔT_{eff} is voor warmtelozing en koudelozing apart geschat. Bij een warmtelozing is aangehouden dat het warme water aan de oppervlakte drijft en optimaal uitwisselt met de atmosfeer. Bij het lozingspunt heeft het water de temperatuur van het geloosde water. Voor warmtelozingen is gerekend met een $\Delta T_{eff} = 0.5 \cdot \Delta T$.

Bij de warmtelozingen is geen rekening gehouden met een eventuele overschrijding van een maximumtemperatuur in de zomer.

Bij een koudelozing in de zomer zakt het koude water naar de diepte en is de uitwisseling met de atmosfeer sterk geremd. Als benadering wordt hier gesteld dat de effectieve ΔT hierdoor een factor 2 lager is dan bij de warmtelozing: $\Delta T_{eff} = 0.25 \cdot \Delta T$. Verschillen als gevolg van een andere hoogte van de lozing in de waterkolom wordt hierbij verwaarloosd. Verder wordt aangenomen dat de bodem als een isolator werkt en dat er dus geen warmte-uitwisseling met de bodem optreedt. Bij de in deze studie doorgerekende combinaties voor TEO Type 2 wordt bij een koudelozing in de winter de watertemperatuur in het lozingswater kouder dan $4 ^\circ C$, waardoor dit koudere water naar de oppervlakte drijft in plaats van naar de diepte zakt en waardoor juist goed warmte uitwisselt met de atmosfeer. Daarom wordt voor deze situatie dezelfde factor gehanteerd voor de effectieve ΔT als bij warmtelozingen: $\Delta T_{eff} = 0.5 \cdot \Delta T$.

Bij alle berekeningen is aangenomen dat er verder geen aanvoer van water van elders optreedt.

3.5 Beschikbare dataset berekeningsresultaten

Omdat landelijke regelgeving of richtlijnen voor koud water lozingen ontbreken is voor de effecten van het lozen van *koude* op oppervlaktewateren is bij RWS-WVL geen spreadsheet beschikbaar. In opdracht van waterbeheerders is door Deltares en IF Technology gerekend aan het thermische effect van koudelozingen op oppervlaktewater. Deze berekeningsresultaten worden in deze studie gebruikt.

Er zijn berekeningsresultaten van warmte- en koudelozingen bij Deltares beschikbaar van de volgende situaties:

1. Koudelozing Weerwater (berekening Deltares; TEO Type 1).
2. Warmtelozing Plas Heldringe bij Vianen (berekening Deltares; warmtelozing);
3. Koudelozing met WKO (TEO Type 1) op slootstelsel bij woonwijk Hoog Dalem (Gorinchem; berekening Deltares);
4. Koudelozing Merwedekanaal (berekeningen door IF-Technology)

De modelresultaten worden vergeleken met de uitkomsten van de quickscan-methode voor stilstaande wateren (zie paragraaf 0).

3.6 Voorgestelde aanpak

Voor stromende wateren:

- toepassing rekentool RWS;
- toepassing in rivieren (sterk stromend) en in havens van stromende wateren;
- met behulp van de Emissie-Immissietoets worden karakteristieke waarden voor variabelen geschat, voor zover beschikbaar.

Voor stilstaande wateren:

- toepassen van de theoretische relaties tussen omvang van watersysteem, omvang van warmte- of koudelozing en watertemperatuur, resulterend in een evenwichtsbenadering (zie beschrijving paragraaf 3.4);
- toepassing voor stilstaande wateren;
- toepassing beschikbare rekenresultaten;
- inschatten van het effect op waterkwaliteit van verandering van watertemperatuur.

Voor elk van deze combinaties wordt gekeken naar een zestal combinaties met TEO: 2 typen TEO (met en zonder gebruik van bodemwarmte) en 3 afmetingen kantoorgebouwen (omvang warmte- en koudevraag; Data Rik Molenaar, Techniplan)

Tabel 3.2 Te onderzoeken combinaties van TEO-type omvang kantoorruimte en kentallen lozingen voor belasting van het oppervlaktewater. V: warmte- of koudevracht. Data: Techniplan.

Oppervlak kantoor- ruimte	Periode	Type 1 (bodem + oppervlaktewater)			Type 2 (alleen oppervlaktewater)			
		Debiet	ΔT	V	Twater	Debiet	ΔT	V
		m ³ /u	°C	MW	°C	m ³ /u	°C	MW
5000 m ²	Winter	25	+8	0.23	>= 6	33	-4	-0.15
	Zomer	25	-8	-0.31	>= 4	65	-2	-0.15
20000 m ²	Winter	100	+8	0.93	>= 6	130	-4	-0.61
	Zomer	100	-8	-1.21	>= 4	260	-2	-0.61
50000 m ²	Winter	250	+8	2.33	>= 6	325	-4	-1.52
	Zomer	250	-8	-3.03	>= 4	650	-2	-1.52
						650	+7	5.31

Qua watertypen wordt onderscheid gemaakt tussen:

1. Stromende wateren;
 - a. groot debiet (rivier);
 - b. klein debiet (riviertje);
2. Stilstaande wateren;
 - a. groot watersysteem (meer, kanaal);
 - b. klein watersysteem (sloot).

Qua lozingspunt in stromende wateren wordt onderscheid gemaakt tussen:

1. in het watersysteem zelf;
2. in een haven.

De vier bestaande TEO-installaties die in deze studie beschouwd worden kunnen aldus aan deze watertypen gerelateerd worden:

- Maastoren: groot stromend water;
- Gemeentewerf Capelle aan den IJssel: klein stromend water;
- Port City Rotterdam: haven aan groot stromend water;
- RWS-districtskantoor Terneuzen: kanaal.

3.7 Beoordeling effecten op de omgeving van TEO-installaties

De effecten op de omgeving van TEO-installaties kunnen op 3 aspecten worden beoordeeld:

1. Thermische effecten: hiervan wordt een kwantitatieve schatting gegeven;
2. Ecologische effecten: op basis van verwachte thermische effecten, wordt het ecologisch effect (kwalitatief) geschat;
3. Chemische effecten: effecten van beheer en onderhoud van de installatie.

4 Resultaten

4.1 Stromende wateren

Er zijn met de rekentool voor warmtelozingen berekeningen uitgevoerd voor:

1. Groot stromend water;
2. Klein stromend water;
3. Haven aan groot stromend water;
4. Haven aan klein stromend water.

4.1.1 Groot stromend water

Als voorbeeld is de Nieuwe Maas bij Rotterdam genomen (Tabel 4.1). De watertemperatuur in de zomer is het 98-percentiel van de watertemperatuur gemeten bij de Brienoordbrug over de periode 2007-2016: 22.4 °C (data MWTL). Als 2-percentielwaarde voor het debiet bij de Brienoordbrug is 290 m³/s aangehouden (de website Immissietoets.nl vermeldt een 10-percentielwaarde van 320 m³/s; www.immissietoets.nl). Dit is bij benadering 30% van de afvoer bij Lobith over de periode 2007-2016: gemiddeld 2100 m³/s; 2-percentiel 955 m³/s; 10-percentiel 1072 m³/s; data MWTL). De resultaten laten zien dat ook de grootste lozing een verwaarloosbaar effect op de temperatuur zal hebben. Effecten op de waterkwaliteit en de ecologie zijn niet te verwachten.

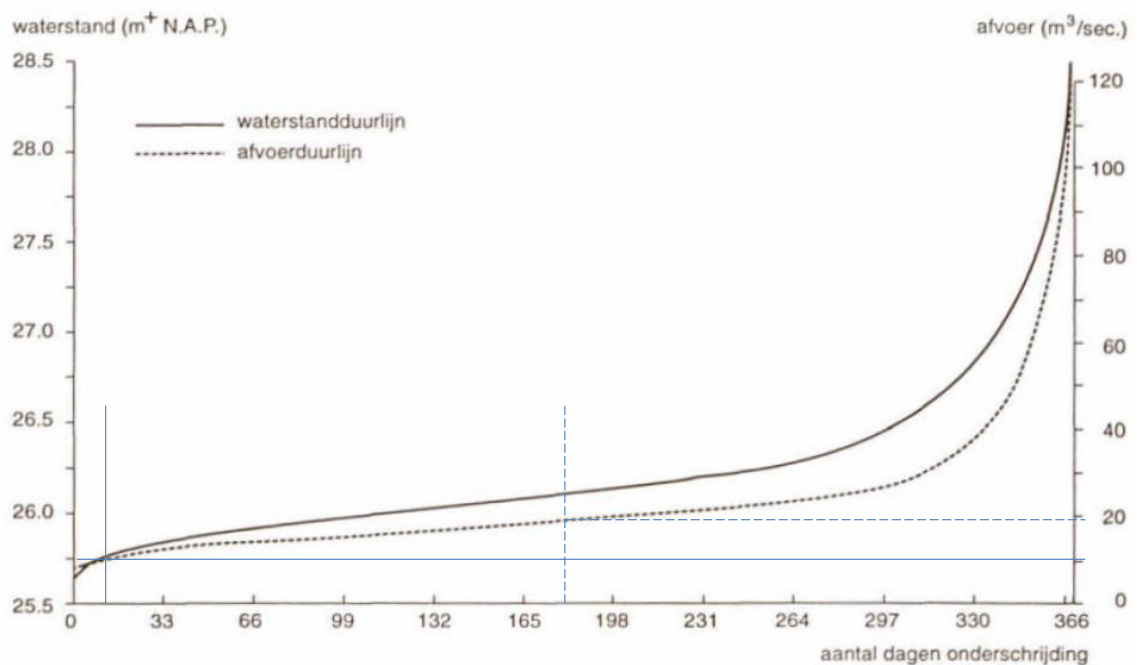
Tabel 4.1 Resultaten berekeningen watertype groot stromend water. Oordeel: Temp: verwachte temperatuurstijging in °C; Mengzone: verwachte fractie van doorsnede watersysteem met een verhoogde temperatuur; Eindoordeel: groen: Temp < 3 °C en Mengzone < 0.25.

Lozings-type	Watersysteem					BVO	Lozing				Oordeel		
	Debiet		Breed	Diep	Temp		Debiet		ΔT	Vracht	Temp	Meng-zone	Eindoordeel
	Gem.	2-perc					m ³ /u	m ³ /s					
	m ³ /s	m ³ /s	m	m	°C			°C					
Type 1 Winter	700	290	300	8	6	5000	25	0.01	+8	0.23	0.00	0.00	
						20000	100	0.03	+8	0.93	0.00	0.00	
						50000	250	0.07	+8	2.33	0.00	0.00	
Type 1 Zomer	700	290	300	8	22.4	5000	33	0.01	-8	0.31	0.00	0.00	
						20000	130	0.04	-8	1.21	0.00	0.00	
						50000	325	0.09	-8	3.00	0.00	0.00	
Type 2 Winter	700	290	300	8	6	5000	33	0.01	-4	0.15	0.00	0.00	
					4		65	0.02	-2	0.15	0.00	0.00	
					6	20000	130	0.04	-4	0.61	0.00	0.00	
					4		260	0.08	-2	0.61	0.00	0.00	
					6	50000	325	0.09	-4	1.52	0.00	0.00	
					4		650	0.18	-2	1.52	0.00	0.00	
Type 2 Zomer	700	290	300	8	22.4	5000	33	0.01	+13	0.50	0.00	0.00	
							65	0.02	+7	0.53	0.00	0.00	
						20000	130	0.04	+13	1.97	0.00	0.00	
							260	0.08	+7	2.12	0.00	0.00	
						50000	325	0.09	+13	4.93	0.00	0.00	
							650	0.18	+7	5.31	0.00	0.00	

4.1.2 Klein stromend water

Als voorbeeld is de Roer voor de uitstroom in de Maas bij Roermond genomen (Tabel 4.2). De watertemperatuur in de zomer is het 2-percentiel van de watertemperatuur gemeten in de Roer bij Roermond over de periode 1996-2015 (data MWTL). Debietgegevens zijn afkomstig van een figuur uit het Handboek debietmeten in open waterlopen (STOWA, 1994) over een niet nader gespecificeerde periode (Figuur 4.1). Gubbels et al (2014) geven vergelijkbare getallen (minimum debiet 10 m³/s; gemiddeld debiet 20 m³/s).

Bij een klein stromend water (met een 2-percentiel debiet van 10 m³/s) geeft een warmte- of koudelozing met een klein debiet (maximaal 0.18 m³/s) kleine temperatuurverschillen in het watersysteem (van -0.04 tot +0.13 °C). De mengzone blijft onder de 5% van de doorsnede van het riviertje (Tabel 4.2). De effecten op de waterkwaliteit en ecologie als gevolg van deze temperatuurverschillen zullen verwaarloosbaar zijn (kleine veranderingen op een kleine schaal).



Figuur 4.1 Frequentieverdeling van de afvoer van de Roer bij Vlodrop over 22 jaar. Blauwe doorgetrokken lijn: 2 percentiel van de afvoer (7 dagen per jaar). Blauwe gestreepte lijn: 50-percentiel van de afvoer. Bron: STOWA, 1994.

Tabel 4.2 Resultaten berekeningen watertype klein stromend water. Oordeel: Temp: verwachte temperatuurstijging in °C; Mengzone: verwachte fractie van doorsnede watersysteem met een verhoogde temperatuur; Eindoordeel: groen: Temp < 3 °C en Mengzone < 0.25.

Lozings-type	Watersysteem					BVO	Lozing				Oordeel		
	Debiet		Breed	Diep	Temp		Debiet	ΔT	Vracht	Temp	Mengzone	Eindoordeel	
	Gem.	2-perc.											
	m ³ /s	m ³ /s	m	m	°C		m ²	m ³ /u	m ³ /s	°C	MW		
Type 1 Winter	20	10	25	2	6	5000	25	0.01	+8	0.23	0.01	0.00	
						20000	100	0.03	+8	0.93	0.02	0.00	
						50000	250	0.07	+8	2.33	0.05	0.01	
Type 1 Zomer	20	10	25	2	22.6	5000	33	0.01	-8	-0.31	-0.01	0.00	
						20000	130	0.04	-8	-1.21	-0.03	0.00	
						50000	325	0.09	-8	-3.00	-0.07	-0.01	
Type 2 Winter	20	10	25	2	6	5000	33	0.01	-4	0.15	0.00	0.00	
					4		65	0.02	-2	0.15	0.00	0.00	
					6	20000	130	0.04	-4	0.61	-0.01	-0.00	
					4		260	0.08	-2	0.61	-0.01	-0.00	
					6	50000	325	0.09	-4	1.52	-0.04	-0.00	
					4		650	0.18	-2	1.52	-0.04	-0.00	
Type 2 Zomer	20	10	25	2	22.6	5000	33	0.01	+13	0.50	0.01	0.00	
							65	0.02	+7	0.53	0.01	0.00	
						20000	130	0.04	+13	1.97	0.05	0.01	
							260	0.08	+7	2.12	0.05	0.01	
						50000	325	0.09	+13	4.93	0.12	0.03	
		650	0.18	+7	5.31	0.13	0.02						

4.1.3 Haven aan groot stromend water

Als voorbeeld is de Heysehaven aan de Nieuwe Maas genomen. Voor de karakteristieken van het watersysteem, zie paragraaf 4.1.1. De lozing wordt voorgesteld achterin de haven plaats te vinden, waarbij de haven 500 m lang, 200 m breed en 8 m diep is (volume: 800.000 m³). De haven heeft geen aanvoer van ander water. De inname vindt ook plaats achterin de haven, op 200 m van het lozingspunt (de breedte van de haven), waarbij het innamepunt niet bovenstrooms van het lozingspunt ligt (dit is immers in een haven niet aan te geven). 50% van de haven is als mengzone voor afkoeling meegerekend.

Tabel 4.3 Resultaten berekeningen watertype haven aan groot stromend water. Oordeel: Temp: verwachte temperatuurstijging in °C; Mengzone: verwachte fractie van doorsnede watersysteem met een verhoogde temperatuur; Eindoordeel: groen: Temp < 3 °C en Mengzone < 0.25; oranje: onzekerheid omtrent rondstroming (zie tekst).

Lozings- type	Watersysteem					BVO	Lozing				Oordeel		
	Debiet		Breed	Diep	Temp		Debiet	ΔT	Vra cht	Temp	Meng- zone	Eind- oor- deel	
	Gem	2- perc											
	m ³ /s	m ³ /s	m	m	°C		m ²	m ³ /u	m ³ /s	°C	MW		
Type 1 Winter	700	290	300	8	6	5000	25	0.01	+8	0.23	0.00	0.00	
						20000	100	0.03	+8	0.93	0.00	0.00	
						50000	250	0.07	+8	2.33	0.00	0.00	
Type 1 Zomer	700	290	300	8	22.4	5000	33	0.01	-8	0.31	0.00	0.00	
						20000	130	0.04	-8	1.21	0.00	0.00	
						50000	325	0.09	-8	3.00	0.00	0.00	
Type 2 Winter	700	290	300	8	6	5000	33	0.01	-4	0.15	0.00	0.00	
					4		65	0.02	-2	0.15	0.00	0.00	
					6	20000	130	0.04	-4	0.61	0.00	0.00	
					4		260	0.08	-2	0.61	0.00	0.00	
					6	50000	325	0.09	-4	1.52	0.00	0.00	
					4		650	0.18	-2	1.52	0.00	0.00	
Type 2 Zomer	700	290	300	8	22.4	5000	33	0.01	+13	0.50	0.00	0.00	
							65	0.02	+7	0.53	0.00	0.00	
						20000	130	0.04	+13	1.97	0.00	0.00	
							260	0.08	+7	2.12	0.00	0.00	
						50000	325	0.09	+13	4.93	0.00	0.00	
							650	0.18	+7	5.31	0.00	0.00	

De resultaten laten geen verandering in de temperatuur zien (Tabel 4.3).

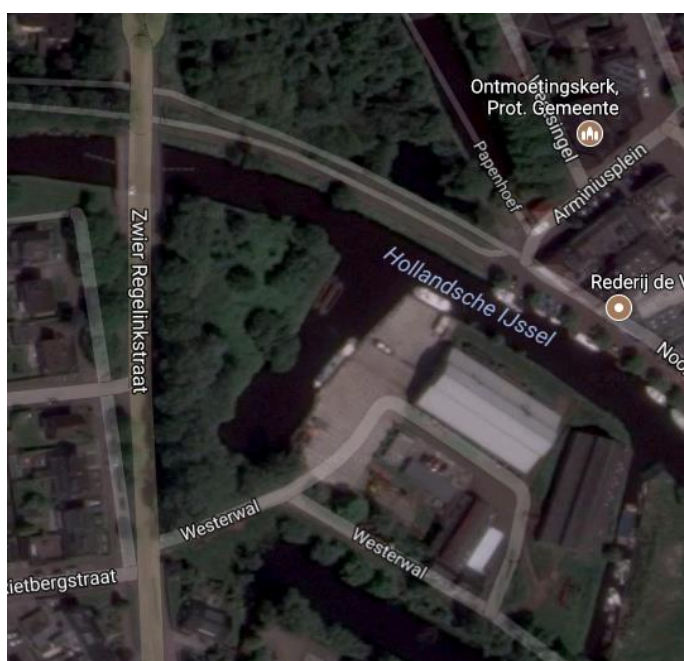
Bij de hoogste doorgerekende belasting van 5.3 MW, een ΔT van +7 °C en een debiet van 0.18 m³/s, wordt in de haven zelf 73% van de afkoeling gerealiseerd. Dit levert in de haven een gemiddelde temperatuurstijging van het water van 0.003 °C op. Bij dezelfde warmte-lozing, maar dan met een ΔT van 13 °C, wordt 91% van de afkoeling in de haven gerealiseerd. Hieruit blijkt het effect van groter verschil met de luchttemperatuur, waardoor bij een hogere ΔT meer warmte aan de atmosfeer wordt afgegeven.

Vanuit de rekentool wordt een temperatuurstijging van meer dan 3 °C opgevat als een te vermijden risico voor vissen. Dit is in geen van de combinaties het geval. Het volume van de haven (800.000 m³) is in alle combinaties veel groter dan het volume water dat per dag geloosd wordt (maar dan 50 keer: verblijftijd als gevolg van de lozing: minimaal 51 dagen). Het gevaar van rondstroming (inlaat van reeds door de lozing opgewarmd dan wel afgekoeld water) is waarschijnlijk klein, maar hangt sterk af van de menging in de haven en de afstand tussen lozingspunt en punt van waterinlaat. Zou bijvoorbeeld de menging effectief maar over 10% van de haven plaatsvinden (in plaats van de 50% die nu in de rekentool is aangegeven), dan is de verblijftijd bij de grootste debieten (625 m³/u) nog maar 5 dagen in dat deel van de haven. Derhalve is in Tabel 4.3 voor de grootste TEO-installatie het eindoordeel oranje gegeven (dit betekent dat de situatie een detail-berekening vereist).

4.1.4 Haven aan klein stromend water

Als voorbeeld is genomen de industriehaven aan de Hollandsche IJssel aan de Westerwal in Oudewater (Figuur 4.2). De lozing wordt voorgesteld achterin de haven plaats te vinden, waarbij de haven 50 m lang, 20 m breed en 3 m diep is (volume: 3000 m³). Het geschatte gemiddelde debiet van de Hollandsche IJssel is 4 m³/s met een geschat 2-percentiel van 1 m³/s (geen exacte data beschikbaar; indicatieve gegevens op basis van Rijkswaterstaat, 1982). De haven heeft geen aanvoer van ander water. De inname vindt ook plaats in de haven, in de praktijk zal dit zover mogelijk van het lozingspunt, aan de bovenstroomse kant van de monding van de haven. In de berekeningen 50% van de haven is als mengzone voor afkoeling meegerekend (zonder overigens precies de ligging van lozings- en innamepunt te kunnen aangeven).

De watertemperatuur is gemeten in de Hollandsche IJssel in Montfoort: 98-percentielwaarde van 23.6 °C; data MWTL).



Figuur 4.2 Ligging van de industriehaven aan de Westerwal bij Oudewater. Bron: Google Maps.

Tabel 4.4 Resultaten berekeningen watertype haven aan klein stromend water. Oordeel: Temp: verwachte temperatuurstijging in °C; Mengzone: verwachte fractie van doorsnede watersysteem met een verhoogde temperatuur; Eindoordeel: oranje: onzekerheid wat betreft rondstroming, zie tekst.

Lozings- type	Watersysteem					BVO	Lozing				Oordeel		
	Debiet		Breed	Diep	Temp		Debiet		ΔT	Vrac ht	Temp	Meng- zone	Eind- oor- deel
	Gem.	2- perc.					m^3/u	m^3/s					
	m^3/s	m^3/s	m	m	°C				m^2	°C	MW		
Type 1 Winter	4	1	25	3	6	5000	25	0.01	+8	0.23	0.04	0.00	
						20000	100	0.03	+8	0.93	0.20	0.01	
						50000	250	0.07	+8	2.33	0.54	0.02	
Type 1 Zomer	4	1	25	3	23.6	5000	33	0.01	-8	-0.31	-0.06	0.00	
						20000	130	0.04	-8	-1.21	-0.27	-0.01	
						50000	325	0.09	-8	-3.00	-0.70	-0.03	
Type 2 Winter	4	1	25	3	6	5000	33	0.01	-4	-0.15	-0.03	0.00	
					4		65	0.02	-2	-0.15	-0.03	0.00	
					6	20000	130	0.04	-4	-0.61	-0.14	-0.01	
					4		260	0.08	-2	-0.61	-0.14	-0.01	
					6	50000	325	0.09	-4	-1.52	-0.35	-0.01	
					4		650	0.18	-2	-1.52	-0.36	-0.01	
Type 2 Zomer	4	1	25	3	23.6	5000	33	0.01	+13	0.50	0.09	0.01	
							65	0.02	+7	0.53	0.11	0.02	
						20000	130	0.04	+13	1.97	0.44	0.07	
							260	0.08	+7	2.12	0.49	0.06	
						50000	325	0.09	+13	4.93	1.15	0.20	
							650	0.18	+7	5.31	1.25	0.16	

Warmte- en koudelozingen geven een verandering van de (waterkolom-gemiddelde) temperatuur van het water. Alleen in het geval van een groot kantoorgebouw (50.000 m² BVO) wordt een temperatuurstijging van 1 °C of meer (Type 2, zomersituatie) berekend (Tabel 4.4). In het laatste geval wordt nog steeds minder dan 25% van de doorsnede van de Hollandse IJssel door de warmtelozing beïnvloed.

Vanuit de rekentool wordt een temperatuurstijging van meer dan 3 °C opgevat als een te vermijden risico voor vissen. Dit is in geen van de combinaties het geval. Echter, het volume van de haven (3000 m³) is relatief klein ten opzichte van de lozingsdebieten (600-15.600 m³/dag). Het gevaar van rondstroming (inlaat van reeds door de lozing opgewarmd dan wel afgekoeld water) is dan groot. De rekentool houdt hier onvoldoende rekening mee. Daarom is in Tabel 4.4 bij een (arbitraire) verblijftijd (volume / debiet) van ≤ 5 dagen het oordeel op oranje gesteld (dit betekent dat de situatie een detail-berekening vereist).

4.1.5 Discussie en conclusies effecten TEO in stromende wateren

Bij stromende wateren zijn de resultaten ongevoelig voor de opgegeven breedte van het waterlichaam. Bij gelijke kritische maatgevende lage afvoer zorgt een verkleining van de breedte voor een evenredige verhoging van de stroomsnelheid. Hierdoor blijft de opwarming/afkoeling gelijk en neemt de pluim van geloosd warm water geen groter deel van het doorstroomoppervlak in.

De berekeningen laten zien dat de uitkomsten vooral gevoelig zijn voor de totale omvang (in MW) van de warmte- of koudelozing: een halvering van het lozingsdebiet compenseert een verdubbeling van de ΔT volledig.

Significante effecten op de watertemperatuur (meer dan 1 °C opwarming) van een warmte-lozing treedt volgens de berekeningen alleen op bij een BVO van 50.000 m² en dan nog alleen in de combinatie van lozing op een kleine haven aan een klein stromend water. De RWS-rekentool voorspelt voor deze havens geen recirculatie. Gezien de geringe oppervlakte van de haven, en de geringe opgegeven afstand tussen inname- en lozingspunt (20 m) zou recirculatie (innamen van door de installatie opgewarmd water) wel verwacht mogen worden. Dit vergt nader onderzoek.

De hier gebruikte laatste versie van de RWS-rekentool (versie 8) is verschillend van de versie (versie 6) aan het begin van deze studie. De resultaten van de eerdere versie gaf onwaarschijnlijke resultaten bij kleine debieten. Het gebruik van een andere waarde voor de warmteuitwisselingscapaciteit tussen het water en de lucht (het zelfkoelingsgetal) lijkt niet in alle gevallen effect te hebben op de afkoeling van water indien de lozing plaatsvindt in een haven. Het verdient aanbeveling bij verder gebruik van de laatste versie van de RWS-rekentool deze nauwkeurig te controleren op de gebruikte aannames en vergelijkingen en deze te documenteren.

4.2 Stilstaande wateren

4.2.1 Groot stilstaand water (kanaal)

Als voorbeeld wordt hier het Amsterdam-Rijnkanaal gebruikt:

- breedte is 100 m
- diepte 8 m;
- afstand tussen lozings- en inlaatpunt: 1000 m.

Tabel 4.5 Resultaten berekeningen watertype groot stilstaand water (kanaal). Oordeel: groen: Vrucht < 0.5 maal maximale vrucht bij evenwichtsbelasting; oranje: Vrucht >0.5 en <1 maal de maximale vrucht bij evenwichtsbelasting; rood: Vrucht >1 maal de maximale vrucht bij evenwichtsbelasting.

Lozings type	Watersysteem				Lozing				Evenwichtsbelasting			Oordeel	
	Oppervlak	Diepte	k	Water-temp	BVO	Debiet	ΔT	Vrucht	f	ΔT-eff	Max. Vrucht		
	m ²	m	W/m ² /°C	°C	m ²	m ³ /u	°C	MW	-	°C	MW		
Type 1 Winter	100000	8	18	6	5000	25	+8	0.23	0.5	+4.0	7.2	Groen	
					20000	100		0.93					
					50000	250		2.33					
Type 1 Zomer	100000	8	24	20	5000	33	-8	-0.31	0.25	-2.0	-4.8	Groen	
					20000	130		-1.21					
					50000	325		-3.03					
Type 2 Winter	100000	8	18	≥6	5000	33	-4	-0.15	0.5	-2.0	-3.6	Groen	
					20000	130		-0.61					
					50000	325		-1.52					
				≥4	5000	65	-2	-0.15	0.5	-1.0	-1.8	Groen	
					20000	260		-0.61					
					50000	650		-1.52					
Type 2 Zomer	100000	8	24	20	5000	33	+13	0.50	0.5	+6.5	15.6	Groen	
					20000	130		1.97					
					50000	325		4.93					
					+7	5000	65	+7	0.53	0.5	+3.5	8.4	Groen
						20000	260		2.12				
						50000	650		5.31				

Voor de koudelozingen heeft het type groot stilstaand water (kanaal) in principe voldoende capaciteit voor alle doorgerekende omvang van de TEO-installaties. Voor de gebouwen met een vloeroppervlakte van 50.000 m² is bij TEO type 1 in de zomer en TEO type 2 (winter en zomer) de vracht van de lozing meer dan de helft van de berekende maximale vracht bij evenwichtsbelasting (Tabel 4.5). In deze gevallen wordt aanbevolen een gedetailleerde berekening uit te voeren. Dit is met oranje aangegeven in Tabel 4.5

4.2.2 Klein stilstaand water (sloot)

Als voorbeeld wordt hier een slootsysteem voorgesteld dat vergelijkbaar is met dat van de wijk Hoog Dalem in Gouda, waarvoor Deltares eerder al gerekend heeft (Boderie et al, 2017). De dimensies van het slootsysteem zijn:

- Breedte 6 m;
- Diepte 1.0 m;
- Afstand tussen lozings- en inlaatpunt: 1000 m.

Tabel 4.6 Resultaten berekeningen watertype klein stilstaand water (slootsysteem). Oordeel: groen: Vrucht < 0.5 maal maximale vracht bij evenwichtsbelasting; oranje: Vrucht >0.5 en <1 maal de maximale vracht bij evenwichtsbelasting of verblijftijd < 5 dagen; rood: Vrucht >1 maal de maximale vracht bij evenwichtsbelasting.

Lozings type	Watersysteem				Lozing					Evenwicht		Oor-deel	
	Oppervlak	Diepte	k	Water-temp	BVO	Debiet	ΔT	Vrucht	f	ΔT-eff	Max. Vrucht		
	m ²	m	W/m ² /°C	°C	m ²	m ³ /u	°C	MW	-	°C	MW		
Type 1 Winter	6000	1.0	18	6	5000	25	+8	0.23	0.5	+4.0	0.43	Yellow	
					20000	100		0.93				Red	
					50000	250		2.33				Red	
Type 1 Zomer	6000	1.0	24	20	5000	33	-8	-0.31	0.25	-2.0	-0.29	Red	
					20000	130		-1.21				Red	
					50000	325		-3.03				Red	
Type 2 Winter	6000	1.0	18	≥6	5000	33	-4	-0.15	0.5	-2.0	-0.22	Yellow	
					20000	130		-0.61				Red	
					50000	325		-1.52				Red	
				≥4	5000	65	-2	-0.15	0.5	-1.0	-0.11	Red	
					20000	260		-0.61				Red	
					50000	650		-1.52				Red	
Type 2 Zomer	6000	1.0	24	20	5000	33	+13	0.50	0.5	+6.5	0.94	Yellow	
					20000	130		1.97				Red	
					50000	325		4.93				Red	
					+7	5000	65	+7	0.53	0.5	+3.5	0.50	Red
						20000	260		2.12				Red
						50000	650		5.31				Red

Het slootsysteem heeft alleen voor de kleinste doorgerekende TEO-installatie (zowel Type 1 als Type 2) in principe voldoende capaciteit (Tabel 4.6), maar de verblijftijd van het slootsysteem is ook bij de kleine debieten zo laag (5 dagen of minder), dat een meer gedetailleerde berekening aanbevolen wordt.

4.2.3 Discussie en conclusies effecten TEO in stilstaande wateren

Berekende resultaten

De capaciteit voor het opvangen van warmte- en koudelozingen in stilstaand water is beperkt. Bij kanalen geven TEO Type 1 installaties waarschijnlijk geen problemen, hoewel er geen berekening is gemaakt van de bereikte watertemperaturen in deze berekeningen. Dit zou aanvullende beperkingen kunnen opleveren. Vergroting van de afstand tussen het lozings- en innamepunt (en dus vergroting van het oppervlak waarover herstel van de temperatuur plaatsvindt) levert overigens meer ruimte voor warmte- of koudelozing.

Bij de kanalen is aangenomen dat er geen stroming en geen scheepvaart optreedt. Extra menging door scheepvaart kan het effect hebben dat het koude water op de bodem beter gemengd wordt met het overige water in het kanaal, daarmee sneller opwarmt, en dus de capaciteit van het kanaal voor koudelozingen vergroot. Bij de doorgerekende situaties met een lozingstemperatuur in de winter van 2 °C (waarbij de dichtheid van het geloosde water dus geringer is dan bij 4 °C) zal dit water opdrijven en snel warmte met de lucht uitwisselen. Menging door scheepvaart verkleint in dit geval de capaciteit voor deze koudelozing.

Bij het watertype sloten laat de berekening zien dat er alleen ruimte is voor de kleinste doorgerekende TEO-installatie (zowel Type 1 als Type 2).

Vergelijking generieke schatting met gemodelleerde resultaten

De hier gebruikte generieke schattingsmethode geeft andere resultaten dan wanneer de situaties in detail gemodelleerd zouden worden.

Ter vergelijking worden hier de resultaten gepresenteerd volgens de generieke methode voor de watersystemen waar modelberekeningen van voorhanden zijn (zie).

Voor het **slootsysteem bij Hoog Dalem** berekent de hier gepresenteerde generieke methode dat een koudelozing in de zomer van -0.92 MW mogelijk zou kunnen zijn; daarboven zou het systeem niet in evenwicht zijn en zou recirculatie optreden. De resultaten van de modelberekeningen met het SOBEK-model laten zien dat een belasting van -0.65 MW (108 m³/u, $\Delta T = -5.1$ °C) goed door het systeem verwerkt wordt (Tabel 4.7), met significante temperatuurverschillen over ongeveer de helft van het slootsysteem. De generieke methode geeft daarmee een correcte indicatie van de mogelijkheden van een TEO in een slootsysteem.

Voor het **Weerwater bij Almere** geldt dat, rekenend met een effectieve oppervlakte van de helft van de oppervlakte van de plas, een maximale koudevracht van ongeveer -21 MW mogelijk zou moeten zijn (Pothof, 2017). Hierbij wordt rekening gehouden met een verminderde uitwisseling van het diepliggende koude geloosde water met de atmosfeer (factor 0.5 bovenop de factor van 0.5 voor de gemiddelde ΔT). De 3D-modelberekeningen met Delft-3D geven aan dat er bij een vracht van -14.7 MW duidelijk lagere temperaturen over een deel van de plas bij de bodem te verwachten zijn, maar dat er geen recirculatie zal optreden (Pothof, 2017). Gebruik makend van een schatting (uit modelberekeningen) van een effectieve oppervlakte, geeft de generieke benadering van een groot stilstaand water met de quickscan-methode een goede indicatie van de thermische capaciteit van de plas.

De **Plas Heldringen** komt volgens de generieke berekeningsmethode uit op een positief oordeel (actuele vracht -0.47 MW versus berekende maximale vracht -0.91 MW) als uitgegaan wordt van de helft van de oppervlakte van de plas als effectieve oppervlakte voor uitwisseling tussen water en atmosfeer (zie ook Weerwater hierboven). De modelberekeningen (met een kolommodel) geven een geringe temperatuurdaling (1 °C) aan het wateroppervlak als gevolg van de koudelozing in de zomer (Techniplan, 2008). De quickscanmethode geeft derhalve een plausibel resultaat.

Het **Merwedekanaal** komt volgens de generieke berekeningsmethode uit op een negatief oordeel (ontwerpvracht -2.52 MW versus berekende maximale vracht -0.58 MW).

Concluderend kunnen we stellen dat de generieke berekeningen, zoals in deze studie gepresenteerd, in dezelfde orde van grootte liggen als de modelberekeningen. De uitschieter is de berekening voor het Merwedekanaal, waarbij de met de generieke methode berekende maximale koudevracht een factor 5 kleiner is dan door IF Technology berekend. In al deze gevallen geldt dat de generieke berekening een eerste schatting betreft en dat voor het doorrekenen van de werkelijke capaciteit voor warmte- of koudelozing een meer gedetailleerde berekening met een 3D-model noodzakelijk is.

Tabel 4.7 Overzicht van kenmerken van berekeningen voor WKO-installaties. Referenties: 1: 1-DV-model (Techniplan, 2008); 2: Delft-3D model (Pothof, 2017); 3: SOBEK-model (Boderie et al, 2018); 4: IF Technology (2017).

Naam water	Oppervlakte	Diepte	Lozingsdiepte	Q	ΔT	Thermisch effect	kenmerken	ref
Plas Heldringen, Vianen	3.8 ha, ca. 250 x 150 m	3.7 m (vóór) - 2.2 m (na)	0.5-1 m diep (of 2 m diep)	50 m ³ /u	-8 °C	-0.5 – -1 °C in toplaag	Beschut; alleen zomer (>16 °C); afstand inlaat-onttrekking: 50 m; geen horizontale verspreiding berekend	1
Weerwater, Almere	100 ha, ca. 1000 x 1000 m	2 m	0.3 m (toplaag model)	1800 m ³ /u	-7 °C	-1°C over 30 ha, -4°C aan bodem.	Beïnvloed oppervlak aan bodem (veel) groter dan aan wateroppervlak	2
Woonwijk Hoog Dalem, Gorinchem	1.5 ha, 1600 m	0.75 m	0.3 m toplaag	108 m ³ /u	-5.1 °C	-5 tot 0°C	Significant thermisch effect over helft van slootsysteem	3
Merwede kanaal	1.6 ha, 480 m	3 m	Niet specifiek	360 m ³ /u	-6 °C	“passend”		4

4.3 Vergelijking met bestaande TEO-installaties

De vier bestaande TEO-installaties die in deze studie betrokken zijn, zijn:

1. Maastoren;
2. Port City Rotterdam;
3. Gemeentewerf Capelle a/d IJssel;
4. RWS districtskantoor Terneuzen.

Hieronder wordt voor deze TEO-installaties beschreven hoe deze vergeleken moeten worden met de hierboven beschreven resultaten.

1 Maastoren

De Maastoren is gelegen aan de Nieuwe Maas. De TEO-installatie is van Type 1, heeft een debiet van 80 m³/uur, een ΔT van +8 °C en een jaarlijkse energievraag van 650 MWh/jaar (data Rik Molenaar, Techniplan, 31-10-2017). Hiermee is deze installatie te vergelijken met een TEO-type 1 installatie aan een groot stromend water (Tabel 4.1). De resultaten in Tabel 4.1 voor een vergelijkbare TEO-installatie (BVO van 20.000 m² en een ΔT van +8 °C) laten zien dat er geen effect op de watertemperatuur te verwachten valt en hieruit voortvloeiend ook geen effecten op de waterkwaliteit en de ecologie.

2 Port City Rotterdam

De gebouwen van Port City zijn gelegen op een nieuw aangelegd stuk land in de Waalhaven te Rotterdam. De TEO-installatie is Type 1 met een jaarrond debiet van 80 m³/uur, een ΔT van +2 °C tot +4 °C en een jaarlijkse energievraag van 430 MWh/jaar (data Rik Molenaar, Techniplan, 31-10-2017). Deze installatie te vergelijken met een TEO-type 1 installatie in een haven aan een groot stromend water (Tabel 4.3). De resultaten in Tabel 4.3 voor een grotere lozing (Type 1, BVO van 20.000 m² en een ΔT van +8 °C) laten zien dat er geen effect op de watertemperatuur te verwachten valt en hieruit voortvloeiend ook geen effecten op de waterkwaliteit en de ecologie.

3 Gemeentewerf Capelle aan den IJssel

De gemeentewerf van de Capelle aan den IJssel ligt aan de Hollandsche IJssel. De TEO-installatie is van Type 2, met een jaarrond debiet van 40 m³/s, een ΔT van +2 °C tot +4 °C (data Rik Molenaar, Techniplan, 31-10-2017). Volgens de Immissie-Emissietoets (www.immissietoets.nl) is het 10-percentiel van het debiet 1.09 m³/s. Dit is echter een netto debiet, aangezien de Hollandsche IJssel ter hoogte van Capelle aan den IJssel getijdenwerking ondervindt. De locatie is vergelijkbaar met een locatie aan een klein stromend water (Tabel 4.2), maar doordat er getijdenwerking optreedt, kan geen goede vergelijking met de doorgerekende situaties gemaakt worden.

4 RWS-districtskantoor Terneuzen

Het districtskantoor van Rijkswaterstaat te Terneuzen is gelegen op het werkeiland tussen de sluiskolken van de sluizen bij Terneuzen in het Kanaal van Gent naar Terneuzen. De TEO-installatie is Type 2 en is jaarrond in gebruik. Verdere gegevens zijn niet bekend (data Rik Molenaar, Techniplan, 31-10-2017). De locatie van de TEO-installatie is vergelijkbaar met die aan een kanaal (zie Tabel 4.5). Voor deze locatie lijkt de grootste TEO voor een BVO van 50.000 m² mogelijk. De werkelijke haalbaarheid (afwezigheid van significante effecten) hangt sterk af van de lokale situatie qua ligging van in- en uitstroompunten, hydrologie en menging in het kanaal. Doordat van deze TEO-installatie verdere gegevens ontbreken, kan hier verder geen uitspraak over thermische effecten gedaan worden.

De hier beschouwde bestaande TEO-installaties zijn alle gelegen aan relatief grote stromende wateren. Daarmee zijn deze TEO-installaties waarschijnlijk niet representatief voor de verzameling van kantoren waarvoor Rijkswaterstaat TEO-oplossingen voor de verwarming en koeling onderzoekt. Berekeningen met de hier gepresenteerde generieke quickscan-methode kan aanvullende informatie geven. Voor het goed kunnen schatten van de werkelijke capaciteit voor warmte- en koudelozingen, raden wij aan specifieke modelberekeningen uit te voeren.

5 Niet-thermische aspecten

5.1 Waterkwaliteitsaspecten

De typologie die gebruikt is om te beoordelen in welke mate een water thermisch gezien geschikt is voor TEO focust op het doel waarvoor het water in dat geval gebruikt wordt: het leveren van warmte of koude. Indicatoren als het oppervlakte, de lengte en diepte alsmede de stroming en mate waarin het water in verbinding staat met ander wateren bepalen het vermogen van een waterlichaam om een geïnduceerde temperatuurverandering te herstellen richting natuurlijk evenwicht en daarmee de geschiktheid voor TEO.

De volgende aspecten/indicatoren zijn relevant vanuit waterkwaliteit en ecologie maar zijn niet toegevoegd aan de mogelijke combinaties van gebouw, watert- en TEO-type, dat zou niet veel toevoegen en de tabel compliceren.

Kwaliteit van het inname water:

- Het zoutgehalte bepaalt de corrosiviteit van het water en de invloed die dat op buizen en pompen heeft. Om schade te voorkomen zal inerte en daarmee duurder leidingmateriaal moeten worden gekozen (grotere investeringskosten). Ook kunnen reinigingskosten hoger zijn dan in zoet water. Kansen voor TEO in brak- en zoutwater zijn daarom kleiner dan voor zoetwater dat thermisch van gelijke geschiktheid is
- Zeer ondiepe wateren met een natuurlijke bodem zijn in beginsel gevoeliger voor opwerveling van bodemmateriaal. Hoe kleiner de dwarsdoorsnede van de watergang (product van breedte en diepte) is hoe groter de stroomsnelheid zal zijn, ook als gevolg van het rondpompen door de TEO-installatie en hoe makkelijker deeltjes in gaan en blijven zweven in het water. Troebelheid is meestal ongunstig voor de waterkwaliteit (een verslechterd onderwater lichtklimaat) en bovendien vergroot het de kans op vervuiling van de TEO-installatie. Mitigerende maatregelen om dat laatste te voorkomen vergroten de investeringskosten wat de haalbaarheid van TEO verkleint.
- waterengangen waarin oevervegetatie zoals riet regelmatig (jaarlijks) gemaaid wordt, zijn ten tijde van het maaien en enige tijd daarna vervuild met maairesten die de TEO-installatie kunnen verstoppen en vervuilen
- van nature kunnen wateren troebel zijn door hoge concentraties aan bijvoorbeeld zwevend stof (anorganisch (slib) of organisch (veendeeltjes)) of zwevende algen (uitgedrukt in het chlorofyl-gehalte). Veel zwevend materiaal in het water vermindert de efficiëntie van de warmtewisselaars en kan slijtage opleveren aan pompen.

Effect van de lozing (warm of koud) op de waterkwaliteit en ecologie:

- Een eerste indicator voor eventuele effecten op de waterkwaliteit is het relatieve aandeel van de waterlozingen ten behoeve van warmte- en koudewinning ten opzichte van de natuurlijke stroming in het watersysteem. Bij stilstaande wateren is het op gang brengen van de stroming dus een relatief grote verandering voor de waterkwaliteit.
- Een tweede indicator is de temperatuursprong ten opzichte van de natuurlijke situatie. Een lagere ΔT zal minder snel als ernstig worden beoordeeld dan een grotere ΔT . Om hoeveelheden energie te winnen bij lagere ΔT -waarden moet wel het inname- en lozingsdebiet worden vergoot.

Weging van de effecten van temperatuurverandering op de waterkwaliteit en ecologie:

- de ligging van de wateren bepaalt de doelstelling voor waterkwaliteit. Wateren in het buitengebied hebben vaker een hogere waterkwaliteitsdoelstelling en ook vaak een natuurdoelstelling dan wateren in stedelijk en industrieel gebied.
- vanuit het beheer en beleid kan onderscheid gemaakt worden tussen verschillende Kaderrichtlijn Water typen zoals natuurlijke wateren / (hydrologisch) sterk veranderde wateren / kunstmatige wateren. Voor kunstmatige wateren zoals kanalen zijn beperkt (regionale wateren) of geen (Rijkswateren) ecologische doelen gesteld.
- hoge / lage natuurdoelstelling: een hoge natuurdoelstelling stelt aanvullende eisen aan het aantonen dat een installatie geen effect zal hebben. Natura 2000-doelen zijn cruciaal in het wel of niet mogelijk maken van ruimtelijke ontwikkelingen
- indien er ruimte is bij de bouw van een nieuw gebouw, kan in de omgeving water aangelegd worden met de expliciete doelstelling om het te gebruiken voor warmte- & koude opslag (categorie proceswatersysteem). Dit zou ook het eerste ontvangende water kunnen zijn dat verder van het lozingspunt af wel in contact staat met bestaande wateren. Regels en beleidseisen gelden dan pas vanaf het lozingspunt op bestaand water. Mogelijkheden hiervoor zijn bij nieuw aan te leggen wateren mogelijk groter dan voor bestaande situaties.

5.2 Reiniging van de installatie en gebruik van hulpstoffen

De warmtewisselaar (TSA, tegenstroomapparaat) is een essentieel onderdeel bij TEO. Door vervuiling van de warmtewisselaar wordt warmte minder goed overgedragen en neemt de efficiëntie van de energieoverdracht af. Als gevolg van vervuiling kan de warmtewisselaar corroderen en stuk gaan.

Plaatwisselaars zijn gevoeliger voor verontreiniging dan warmtewisselaars gemaakt van buizen. Warmtewisselaars die in contact met oppervlaktewater komen dienen bestand te zijn tegen de effecten van in het water aanwezige stoffen, waaronder met name slib, algen, organische stof. Meest geschikte materialen zijn hoogwaardig RVS (316) maar beter is Titanium of kunststof (in geval van buizen plaatwisselaar). Voor een overzicht van de technische en commerciële voor- en nadelen van in de markt verkrijgbare warmtewisselaar zie ECN (2001).

Voorkómen van verontreiniging

Ter voorkoming van excessieve verontreiniging zijn maatregelen denkbaar, bijvoorbeeld (1) de inname sluiten als blijkt dat het oppervlakte water als gevolg van wind, stroming of onderhoudsactiviteiten (zoals maaien) troebel is en of (2) het water filteren, bijvoorbeeld met een Bernoulli-filter. De hoogte in de waterkolom om het water aan te zuigen bepaalt mede de hoeveelheid aangezogen verontreinigende stoffen: aanzuigen 1 m onder het wateroppervlak voorkomt verontreiniging met drijvende algen en vuil, aanzuigen 1 m boven de waterbodem voorkomt verontreiniging met opwervend slib van de bodem.

Verwijderen van verontreiniging

Omdat enige verontreiniging niet te voorkomen is, zal de TSA regelmatig moeten worden gereinigd. Geschikte technieken zijn regelmatig/cyclisch schoonspoelen, al dan niet met omkering van de stroomrichting in de TSA. In situ reiniging met schoonmaakmiddelen is mogelijk als de installatie daarvoor geschikt gemaakt is. Chemisch reinigen met oxiderende middelen als peroxide en chloor (hypochloriet) zijn effectief tegen aanslag van organische materialen. Indien de TSA gelicht kan worden, zijn er meer mogelijkheden tot (effectiever) reinigen waaronder ultrasoon en thermisch (pyrolyse-oven). Bij ultrasoon reinigen wordt gebruik gemaakt van een reservoir waarin de verontreinigde componenten geplaatst worden, de energie van de geluidsgolven zorgt voor een reiniging zonder dat mechanisch reinigen nodig is.

In RIZA (1992) wordt gemeld dat bij warmtewisselaars ook mechanische schoonhoudsystemen gebruikt kunnen worden die bestaan uit borsteltjes (af en toe omkeren stromingsrichting) of balletjes (bijvoorbeeld Taprogge-systeem).

Bij een onjuist uitgevoerde of achterwege gebleven waterbehandeling zullen bij de open circulatiesystemen afzettingen (met name hardheidsafzettingen/ijzeroxiden) ontstaan die chemisch dienen te worden verwijderd. De meest gebruikte zuren bij een reiniging zijn zwavelzuur (H_2SO_4), zoutzuur (HCl) en aminosulfonzuur (NH_2SO_3). Neutralisatie van de reinigingszuren geschiedt via trinatriumfosfaat (Na_3PO_4) of soda (Na_2CO_3).

In het algemeen worden afvalstromen, ontstaan bij het chemisch reinigen, gecontroleerd afgevoerd om bij derden te worden verwerkt. Indien de gebruikte hulpstoffen in het oppervlaktewater terecht komen, dient dat aan de Waterwet getoetst te worden. Omdat het volume van een TSA erg klein is mag verwacht worden dat de hoeveelheden toegepaste hulpstof klein is en de resulterende concentratie in het oppervlaktewater daarom klein blijft.

Bij beoordeling van de Best beschikbare Techniek (BBT) voor water hoort ook een beoordeling van (hulp)stoffen die worden toegepast binnen bedrijven en de stoffen die vrijkomen bij activiteiten. Ook de bedrijfsvoering valt onder beoordeling van BBT. Hierop moet BBT worden afgestemd. De Algemene Beoordelings Methodiek (ABM) brengt de waterbezwaarlijkheid en eigenschappen zoals afbreekbaarheid, toxiciteit en log Kow (bioaccumulerende potentie) in kaart. Het resultaat van de ABM wordt toegepast bij de keuze van BBT. In 2016 is de ABM vernieuwd.

Vervolgens moet de restlozing worden beoordeeld met behulp van de webapplicatie van de immissietoets (www.immissietoets.nl). Als een lozing niet voldoet zullen aanvullende maatregelen moeten worden getroffen. In 2016 is het handboek immissietoets vernieuwd.

6 Discussie

De CIW-berekeningsmethode uit 2004 gaat uit van het toenmalige beleid ten aanzien van de watertemperatuur van verschillende typen wateren (water voor karperachtigen, schelpdierwater en water voor zalmachtigen). Sinds 2010 is dit beleid vervallen en onderdeel geworden van de Waterwet (onderdeel Kaderrichtlijn Water). Hiermee zijn ook de eisen voor de watertemperatuur veranderd. Het RIVM adviseert een maximumtemperatuurnorm van 25 °C (Van der Grinten et al, 2008). De grenswaarde voor een maximumtemperatuur die nog ondersteunend is aan een goede ecologische toestand volgens de KRW is voor de watertypen van riviertjes, rivieren, sloten en kanalen 25 °C (Van der Molen et al, 2012; Evers et al, 2012). Het verdient aanbeveling de RWS-rekentool aan te passen aan het huidige beleid en daarin de KRW-normen voor de verschillende watertypen mee te nemen.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Op basis van de in deze studie uitgevoerde analyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Op basis van de RWS-rekentool kunnen kwantitatieve schattingen gemaakt worden van het effect van warmte- en koudelozingen TEO-installaties op de watertemperatuur van stromende wateren.
2. Volgens de huidige berekeningsmethode voor stromende wateren geven de bestudeerde TEO-installaties (combinatie van vloeroppervlak en TEO-type) in grote stromende wateren zeer waarschijnlijk geen significante thermische effecten van betekenis. Dit geldt zowel voor koude- als voor warmtelozingen. Ook in kleine stromende wateren is waarschijnlijk voldoende uitwisseling en stroming aanwezig om de koude- en warmtevrachten te verwerken.
3. In havens veroorzaakt de onzekerheid met betrekking tot mogelijke rondstroming een beperking van de mogelijkheden voor plaatsing van een TEO-installatie. Bij grote havens betreft dit mogelijk alleen beperkingen voor grote TEO-installaties (bruto vloeroppervlakten van 50000 m²), bij kleine havens waarschijnlijk voor alle TEO-typen en jaargetijden.
4. De ruimte voor koude- en warmtelozingen in grote stilstaande wateren is mogelijk alleen te beperkt voor grote TEO-installaties (bruto vloeroppervlakte van 50.000 m²). Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met extra warmte-uitwisseling tussen water en lucht als gevolg van stroming en menging door scheepvaart. De mate van menging is met name belangrijk bij het inschatten van effecten van koudelozingen (met name de schattingen van de effectieve oppervlakte en de effectieve ΔT voor uitwisseling met de atmosfeer).
5. Voor stilstaande wateren en havens van zwak-stromende wateren voldoet de RWS-rekentool niet. De ruimtelijke verspreiding wordt onvoldoende beschreven, waardoor het effect van (mogelijke) kortsluiting (recirculatie) onvoldoende tot uiting komt in de resultaten.
6. De RWS-rekentool voor stromende wateren rekent met een homogene verdeling van de temperatuur over de waterkolom. De tool is daarom minder geschikt (en ook niet ontworpen voor) het doorrekenen van de effecten van koudelozingen. Mogelijk kan deze tool hier wel voor worden aangepast.
7. De in deze studie toegepaste evenwichtsbenadering voor stilstaande wateren (voor zowel warmte- als koudelozingen) geeft een orde van grootte schatting van de mogelijke toepassing van TEO-installaties op verschillende typen wateren. Volgens deze methode kunnen Type 1 TEO-installaties en Type 2 kleine en middelgrote TEO-installaties mogelijk zonder significante thermische effecten op grote kanalen worden toegepast. Voor slootssystemen volgt uit het toepassen van de evenwichtsbenadering dat er alleen ruimte is voor relatief kleine gebouwen (bruto vloeroppervlakte van 5000 m²).
8. De evenwichtsbenadering voor stilstaande wateren lijkt voor koudelozingen een onderschatting op te leveren in vergelijking met 3D-modelresultaten en praktijkervaring. Met name de schatting van een reductiefactor voor de effectieve ΔT is erg onzeker.

9. Voor grote stromende wateren zijn de ecologische effecten verwaarloosbaar, vanwege het zeer waarschijnlijk niet optreden van thermische effecten. Voor de overige situaties geldt dat op dit moment de onzekerheden in de berekeningen van de thermische effecten zo groot zijn, dat ecologische effecten niet op voorhand uitgesloten kunnen worden.
10. De RWS-rekentool en de hier toegepaste evenwichtsbenadering voor stilstaande wateren zijn bruikbare methoden in het voorontwerp om een indicatie te krijgen van de mogelijke effecten van de aanleg van een TEO-installatie. Voor het detail-ontwerp zijn deze tools echter ongeschikt en dient een gedetailleerde berekening met een 3D-model gemaakt te worden.

7.2 Aanbevelingen

1. Voor het detail-ontwerp van een TEO-installatie in havens langs stromende wateren en in stilstaande wateren wordt een meer gedetailleerde berekening met een gevalideerd 3D-model, zoals Delft-3D, sterk aanbevolen.
2. Met betrekking tot de RWS-rekentool verdient het aanbeveling om:
 - a. De rekenmethode vast te leggen (opstellen van documentatie, versiebeheer);
 - b. De rekenmethode te checken op het correct berekenen van de uitwisseling met de lucht (effectieve oppervlakte en effectieve ΔT) en het optreden van recirculatie;
 - c. De resultaten te toetsen aan de resultaten van modelberekeningen om het toepassingsgebied (wanneer is het wel en wanneer is het niet toepasbaar) en de betrouwbaarheid beter in beeld te krijgen.
 - d. De tool aan te passen aan huidig beleid, zoals door de KRW-normen voor maximumtemperatuur voor de verschillende watertypen mee te nemen.
3. De evenwichtsbenadering voor stilstaande wateren verder uit te werken en een methode te ontwikkelen voor een betere schatting van het effectieve oppervlak waarover uitwisseling met de atmosfeer plaatsvindt en de effectieve ΔT bij koudelozingen voor gebruik in een scanningstool tijdens het voorontwerp van een TEO-installatie.
4. Aanbevolen wordt om een methodiek te ontwikkelen die de thermische effecten, ecologische effecten en chemische effecten combineert tot één oordeel over het toepasbaar zijn van een TEO-installatie.

8 Referenties

- Boderie, P, G. van Geest & C. van Meghelen, 2018. Effecten koud water lozing slootsysteem Hoog Dalem. Deltares.
- CIW, 2004. CIW Beoordelingssystematiek Warmtelozingen. Rijkswaterstaat.
- Evers, C.H.M., A.J.M. van den Broek, R. Buskens, A. van Leerdam, R.A.E. Knoben & F.C.J. van Herpen, 2012. Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. STOWA rapport 2012-34.
- Gubbels, R.E.M.B., M.H.A.M. Belgers & H.-J. Jochims, 2016. Vismigratie in de benedenloop van de Roer in de periode 2009-2014: soortspecifieke migratiekarakteristieken en - patronen. Resultaten van zes jaar monitoring bij de ECI waterkrachtcentrale te Roermond. Intern rapport. Waterschap Roer en Overmaas, Sittard.
- IF Technology, 2017. Koudelozing Merwedekanaal (Smart polder Merwedekanaalzone Utrecht Impact project I&M: Hitte en Koelen benutten)
- Medrano, E.A., K. Wisse & R. Uittenbogaard, 2009. Energy Capture Using Urban Surface Water: Modelling and in-situ. Eleventh International IBPSA Conference Glasgow, Scotland July 27-30, 2009.
- NVOE, 2011. Energie uit oppervlaktewater, juli 2011 en TVVL Magazine | 06 | 2012 Duurzame Energie. Ontwerpdiagrammen voor energie uit oppervlaktewater. http://www.dwa.nl/wp-content/uploads/2012/10/Ontwerpdiagrammen_voor_energie_uit_oppervlaktewater_TVVL-juni-2012.pdf
- Pothof, I., 2017. Floriade 2022 en het Weerwater. Inspiratiedocument voorontwerp warmte/koude voorziening. Deltares rapport 11200690-002, November 2017.
- Rijkswaterstaat, 1982. Grootte zoetwaterdebiet voor verziltingsbestrijding Hollandsche IJssel. Deel2: proef zoetwaterbel. RWS WWZW, notanummer 11.002.10.
- RIZA, 1992. Industriële koelsystemen: milieuaspecten en kosten. Rapport van IMET en RIZA. RIZA Nota nr. 92.005.
- Smeling, S.F., 2001. Overzicht commercieel verkrijgbare warmtewisselaars. Technische en economische kentallen. ECN Energie Efficiency in de Industrie Restwarmtetechnologie rapport, juli 2001. ECN.
- Stowa, 1994. Handboek debietmeten in open waterlopen. STOWA-rapport 94-13.
- Stowa, 2017. Deltafact – Ecologische effecten koud water lozingen. Opgesteld door Wageningen Environmental Research en Deltares. Auteurs: Marieke de Lange, Cor Jacobs (WEnR), Pascal Boderie (Deltares). http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/deltafact/Ecologische_effecten_koudwaterlozing_en.aspx

Techniplan, 2008. Onderzoek KWO-systeem met oppervlaktewater plas Helsdingen.
Document SVA-101X1-E-RM005B.

Van der Molen, D.T., R. Pot, C.H.M. Evers & L.L.J. van Nieuwerburgh (red.), 2012.
Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water
2015-2021 Stowa rapport 2012-31.

Bijlage 5b

Memo Deltares 'Aanvulling berekeningen effecten van thermische energie uit Oppervlaktewater' d.d. 8 november 2018.



Memo

Aan
de heer H. Looijen

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
8 november 2018	11202197-008-BGS-0001	10
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Rick Wortelboer	+31(0)88 335 7695	Rick.Wortelboer@deltares.nl

Onderwerp
Aanvulling berekeningen effecten van thermische energie uit oppervlaktewater

Aanvulling berekeningen effecten van thermische energie uit oppervlaktewater

Rick Wortelboer

1 Inleiding

Rijkswaterstaat (contactpersoon Henk Looijen) heeft Deltares gevraagd aanvullende berekeningen te doen betreffende de ecologische effecten van warmte- en koudelozingen voor de opslag van thermische energie in oppervlaktewateren (TEO).

2 Methode

De methode is beschreven in Boderie & Wortelboer (2018). Techniplan heeft de nieuwe combinaties van lozingsdebieten en ΔT 's aangeleverd. Deltares heeft de methodiek, zoals beschreven in Boderie & Wortelboer (2018), opnieuw toegepast op alle combinaties. Voor één van de combinaties is geen debiet aangeleverd (Type 2, zomer, BVO 10.000 m²). Bij het schatten van de effecten is onderscheid gemaakt naar stromende en stilstaande wateren.

2.1 Stromende wateren

Bij de beoordeling is gekeken naar 3 aspecten:

1. Stijging van de gemiddelde watertemperatuur in de mengzone zoals berekend met de rekentool van de Emissie-Immisietoets voor warmwaterlozingen in stromende wateren (spreadsheet Dju Bijstra, RWS). Een stijging van meer dan 2 °C wordt als onwenselijk beschouwd;
2. Aandeel van de mengzone met een temperatuur van meer dan 30 °C op het doorstroomoppervlak van het stromende water als maat voor de hinder die trekvisseren kunnen ondervinden tijdens de migratie zoals berekend met de rekentool van de

Emissie-Immisietoets voor warmwaterlozingen in stromende wateren (spreadsheet Dju Bijstra, RWS). Een aandeel van 25% of meer wordt als onwenselijk beschouwd. Dit criterium is alleen in de beoordeling opgenomen voor warmtelozingen in de zomer; voor de overige combinaties (koudelozingen en warmtelozing in de winter) is het aandeel mengzone op 0 gesteld;

3. Verbliftijd in de haven (zonder een eventueel effect van stroming mee te nemen) als maat voor het risico van rondstroming (kortsluiting). Ten opzichte van de eerdere rapportage van Boderie & Wortelboer (2018) is dit expliciet gemaakt door (net als bij de stilstaande wateren) een kritische verbliftijd van 5 dagen aan te houden. Een verbliftijd van 5 dagen of minder wordt als onwenselijk beschouwd omdat hierbij het risico op rondstroming (kortsluiting, waarbij water wordt ingenomen dat nog niet in evenwicht is met de atmosfeer) groot is. Het gevolg van kortsluiting is dat het geloosde water steeds warmer wordt (bij warmtelozing) of steeds kouder wordt (met kans op bevrozing, bij koudelozing) doordat een constante ΔT wordt aangehouden.

2.2 Stilstaande wateren

Bij de beoordeling is gekeken naar 3 aspecten:

1. Omvang van de warmte- c.q. koudevracht ten opzichte van de vracht waarbij een evenwichtssituatie optreedt (geen netto opwarming of afkoeling van het waterlichaam);
2. Verbliftijd in het watersysteem als maat voor het risico van rondstroming (kortsluiting). Ten opzichte van de eerdere rapportage van Boderie & Wortelboer (2018) is dit expliciet gemaakt door een kritische verbliftijd van 5 dagen op te nemen in het rekenschema. Een verbliftijd van 5 dagen of minder wordt als onwenselijk beschouwd omdat hierbij het risico op rondstroming (kortsluiting, waarbij water wordt ingenomen dat nog niet in evenwicht is met de atmosfeer) groot is. Het gevolg van kortsluiting is dat het geloosde water steeds warmer wordt (bij warmtelozing) of steeds kouder wordt (met kans op bevrozing, bij koudelozing) doordat een constante ΔT wordt aangehouden.

2.3 Beoordeling van het risico van het optreden van ecologische effecten

Het risico op het optreden van ecologische effecten is beoordeeld als:

- Gering (**groen**): eindoordeel positief: TEO kansrijk (met de oordelen op onderdelen allen positief);
- Matig (**geel**): eindoordeel positief, maar een van de oordelen niet positief (niet groen gekleurd); er is extra (beperkt) onderzoek nodig, maar dit kan wellicht beperkt blijven door een te check te doen op de uitgangspunten, bijvoorbeeld:
 - o geen volledige menging: een betere menging in het ontwerp kan dit aspect verhelpen;
 - o korte verbliftijd en risico op kortsluiting: wellicht kan kortsluiting voorkomen worden door heet aanbrengen van fysieke structuren;
 - o vracht ligt dichtbij kritische waarde: wellicht kan een lagere ΔT of een kleiner debiet de risico's beperken.
- Groot (**oranje**): nader (uitgebreid) onderzoek nodig voordat TEO kan worden toegepast, doordat voor een of meer onderdelen van de beoordeling een groter risico is geschat.

De resultaten geven slechts indicaties: de gebruikte tools zijn beperkt in hun toepassingsgebied. Zie de discussie in Boderie & Wortelboer (2018).

3 Resultaten

De resultaten zijn hieronder weergegeven als plaatjes van de rekenschema's in Excel. Door het document uit te vergroten worden de resultaten beter leesbaar. De nummering van de tabellen volgt de nummering in de rapportage van Boderie & Wortelboer (2018). Deze tabellen vervangen de tabellen in Boderie & Wortelboer (2018).

Tabel 4.1. Resultaten berekeningen watertype groot stromend water.

Tabel 4.1 Resultaten berekeningen watertype Groot stromend water

Lozings-type	Watersysteem				Lozing				Emissie - Immissie Toets			Oordeel Tempera- tuur	Oordeel mengzone	End Oordeel	
	Breedte Water	Diepte Water	Debiet		Water- temperatuur	BVO	Debiet		ΔT	Vracht	ΔT				Mengzone
			Gemiddeld	2-percentiel			m^2	m^3/u							
m	m	m^3/s	m^3/s	$^{\circ}C$	m^2	m^3/u	m^3/s	$^{\circ}C$	MW	$^{\circ}C$	fractie				
Type 1 Winter	300	8	700	290	6	1000	25	0.007	8	0.23	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						5000	40	0.011		0.37	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						10000	50	0.014		0.47	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						20000	100	0.028		0.93	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						50000	250	0.069		2.33	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Type 1 Zomer	300	8	700	290	22.4	1000	25	0.007	-8	-0.23	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						5000	40	0.011		-0.37	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						10000	50	0.014		-0.47	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						20000	100	0.028		-0.93	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						50000	250	0.069		-2.33	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Type 2 Winter	300	8	700	290	≥ 6	1000	10	0.003	-4	-0.05	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						5000	33	0.009		-0.15	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						10000	50	0.014		-0.23	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						20000	130	0.036		-0.61	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						50000	325	0.090		-1.52	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
					≥ 3	1000	20	0.006	-2	-0.05	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						5000	65	0.018		-0.15	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						10000	100	0.028		-0.23	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						20000	260	0.072		-0.61	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						50000	650	0.181		-1.52	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0
Type 2 Zomer	300	8	700	290	22.4	1000	0	0.000	13	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						5000	33	0.009		0.50	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						10000	50	0.014		0.76	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						20000	130	0.036		1.97	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						50000	325	0.090		4.93	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0
					7	1000	0	0.000	7	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						5000	65	0.018		0.53	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						10000	100	0.028		0.82	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						20000	260	0.072		2.12	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
						50000	650	0.181		5.31	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0

Tabel 4.2. Resultaten berekeningen watertype klein stromend water.

Tabel 4.2 Resultaten berekeningen watertype Klein stromend water

Lozings-type	Watersysteem					Lozing					Emissie - Immissie Toets			Oordeel Tempera- tuur	Oordeel mengzone	Eind Oordeel
	Breedte Water	Diepte Water	Debiet		Water- temperatuur	BVO	Debiet		ΔT	Vracht	ΔT	Mengzone				
			Gemiddeld	2-percentiel			m ²	m ³ /u					m ³ /s			
m	m	m ³ /s	m ³ /s	°C	m ²	m ³ /u	m ³ /s	°C	MW	°C	fractie					
Type 1 Winter	20	3	25	10	6	1000	25	0.007	8	0.23	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	
						5000	40	0.011		0.37	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	
						10000	50	0.014		0.47	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	
						20000	100	0.028		0.93	0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	
						50000	250	0.069		2.33	0.06	0.01	0.0	0.0	0.0	
Type 1 Zomer	20	3	25	10	22.6	1000	25	0.007	-8	-0.23	-0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	
						5000	40	0.011		-0.37	-0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	
						10000	50	0.014		-0.47	-0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	
						20000	100	0.028		-0.93	-0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	
						50000	250	0.069		-2.33	-0.06	0.00	0.0	0.0	0.0	
Type 2 Winter	20	3	25	10	≥6	1000	10	0.003	-4	-0.05	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	
						5000	33	0.009		-0.15	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	
						10000	50	0.014		-0.23	-0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	
						20000	130	0.036		-0.61	-0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	
						50000	325	0.090		-1.52	-0.04	0.00	0.0	0.0	0.0	
					≥3	1000	20	0.006	-2	-0.05	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	
						5000	65	0.018		-0.15	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	
						10000	100	0.028		-0.23	-0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	
						20000	260	0.072		-0.61	-0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	
						50000	650	0.181		-1.52	-0.04	0.00	0.0	0.0	0.0	
Type 2 Zomer	20	3	25	10	22.6	1000	0	0.000	13	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	
						5000	33	0.009		0.50	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	
						10000	50	0.014		0.76	0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	
						20000	130	0.036		1.97	0.05	0.01	0.0	0.0	0.0	
						50000	325	0.090		4.93	0.12	0.02	0.1	0.1	0.1	
					7	1000	0	0.000	7	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	
						5000	65	0.018		0.53	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	
						10000	100	0.028		0.82	0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	
						20000	260	0.072		2.12	0.05	0.01	0.0	0.0	0.0	
						50000	650	0.181		5.31	0.13	0.02	0.1	0.1	0.1	

Tabel 4.3. Resultaten berekeningen watertype haven aan groot stromend water.

Tabel 4.3 Resultaten berekeningen watertype Haven aan groot stromend water

Oordeel	Verblijftijd	Temperatuur		Mengzone		Eendoordeel	
		> 5 dagen	Temperatuurverandering in mengzone < 1 °C	Mengzone als fractie van doorstroomoppervlakte <25%	TEO kansrijk		
groen			Temperatuurverandering in mengzone 1-3 °C				TEO check uitgangspunten
geel			Temperatuurverandering in mengzone >= 3 °C				TEO nader onderzoek vereist
oranje	<= 5 dagen			Mengzone als fractie van doorstroomoppervlakte >25%			

Loozings-type	Watersysteem									Lozing				Emissie - Immissie Toets		Verblijftijd Haven	Oordeel Verblijftijd	Oordeel Temperatuur	Oordeel mengzone	Eind Oordeel	
	Lengte Haven	Breedte Haven	Diepte Haven	Oppervlakt Haven	Breedte Water	Diepte Water	Debiet		Water-temperatuur	BVO	Debiet		ΔT	Vracht	ΔT						Mengzone
							Gemiddeld	2-percentiel			m³/s	m³/s									
m	m	m	m²	m	m	m³/s	m³/s	°C	m²	m³/s	m³/s	°C	MW	°C	fractie	dag					
Type 1 Winter	500	200	8	100000	300	8	700	290	6	1000	25	0.007	8	-0.23	0.00	0.00	1333.3	0.0	0.0	0.0	0.0
										5000	40	0.011		-0.37	0.00	0.00	833.3	0.0	0.0	0.0	0.0
										10000	50	0.014		-0.47	0.00	0.00	666.7	0.0	0.0	0.0	0.0
										20000	100	0.028		-0.93	0.00	0.00	333.3	0.0	0.0	0.0	0.0
										50000	250	0.069		-2.33	0.00	0.00	133.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Type 1 Zomer	500	200	8	100000	300	8	700	290	22.4	1000	25	0.007	-8	-0.23	0.00	0.00	1333.3	0.0	0.0	0.0	0.0
										5000	40	0.011		-0.37	0.00	0.00	833.3	0.0	0.0	0.0	0.0
										10000	50	0.014		-0.47	0.00	0.00	666.7	0.0	0.0	0.0	0.0
										20000	100	0.028		-0.93	0.00	0.00	333.3	0.0	0.0	0.0	0.0
										50000	250	0.069		-2.33	0.00	0.00	133.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Type 2 Winter	500	200	8	100000	300	8	700	290	2.6	1000	10	0.003	-4	-0.05	0.00	0.00	3333.3	0.0	0.0	0.0	0.0
										5000	33	0.009		-0.15	0.00	0.00	1010.1	0.0	0.0	0.0	0.0
										10000	50	0.014		-0.23	0.00	0.00	666.7	0.0	0.0	0.0	0.0
										20000	130	0.036		-0.61	0.00	0.00	256.4	0.0	0.0	0.0	0.0
										50000	325	0.090		-1.52	0.00	0.00	102.6	0.0	0.0	0.0	0.0
									1000	20	0.006	-0.05	0.00	0.00	1666.7	0.0	0.0	0.0	0.0		
									5000	65	0.018	-0.15	0.00	0.00	512.8	0.0	0.0	0.0	0.0		
									10000	100	0.028	-0.23	0.00	0.00	333.3	0.0	0.0	0.0	0.0		
									20000	260	0.072	-0.61	0.00	0.00	128.2	0.0	0.0	0.0	0.0		
									50000	650	0.181	-1.52	0.00	0.00	51.3	0.1	0.0	0.0	0.1		
Type 2 Zomer	500	200	8	100000	300	8	700	290	22.4	1000	0	0.000	13	0.00	0.00	0.00	1010.1	0.0	0.0	0.0	0.0
										5000	33	0.009		0.50	0.00	0.00	666.7	0.0	0.0	0.0	0.0
										10000	50	0.014		0.76	0.00	0.00	466.7	0.0	0.0	0.0	0.0
										20000	130	0.036		1.97	0.00	0.00	256.4	0.0	0.0	0.0	0.0
										50000	325	0.090		4.93	0.00	0.00	102.6	0.0	0.0	0.0	0.0
									1000	0	0.000	0.00	0.00	0.00							
									5000	65	0.018	0.53	0.00	0.00	512.8	0.0	0.0	0.0	0.0		
									10000	100	0.028	0.82	0.00	0.00	333.3	0.0	0.0	0.0	0.0		
									20000	260	0.072	2.12	0.00	0.00	128.2	0.0	0.0	0.0	0.0		
									50000	650	0.181	5.31	0.00	0.00	51.3	0.1	0.0	0.0	0.1		

Tabel 4.4. Resultaten berekeningen watertype haven aan klein stromend water.

Tabel 4.4		Resultaten berekeningen watertype Haven aan klein stromend water																				
Oordeel		Verblijftijd		Temperatuur				Mengzone				Eindoordeel										
groen	> 5 dagen	Temperatuurverandering in mengzone < 1 °C				Mengzone als fractie van doorstroomoppervlakte <25%				TEO kansrijk												
geel		Temperatuurverandering in mengzone 1-3 °C								TEO check uitgangspunten												
oranje	<= 5 dagen	Temperatuurverandering in mengzone >= 3 °C				Mengzone als fractie van doorstroomoppervlakte >=25%				TEO nader onderzoek vereist												
Lozings-type	Watersysteem										Lozing				Emissie - Immissie Toets		Verblijftijd Haven	Oordeel Verblijftijd	Oordeel Temperatuur	Oordeel mengzone	Eind Oordeel	
	Langte Haven	Breedte Haven	Diepte Haven	Oppervlakt Haven	Breedte Water	Diepte Water	Debiet		Water-temperatuur	BVO	Debiet		ΔT	Vracht	ΔT	Mengzone						
	m	m	m	m²	m	m	Gemiddeld	2-percentage	°C	m³	m³/s	m³/s	°C	MW	°C	fractie						dag
Type 1	Winter	50	20	3	1000	20	3	4	1	6	1000	25	0.007	8	0.23	0.04	0.00	5.0	1.0	0.0	0.0	1.0
											5000	40	0.011		0.37	0.07	0.00	3.1	1.6	0.0	0.0	1.6
											10000	50	0.014		0.47	0.10	0.00	2.5	2.0	0.0	0.0	2.0
											20000	100	0.028		0.93	0.20	0.01	1.3	4.0	0.1	0.0	4.0
											50000	250	0.069		2.33	0.54	0.02	0.5	10.0	0.3	0.1	10.0
Type 1	Zomer	50	20	3	1000	20	3	4	1	23.6	1000	25	0.007	-8	-0.23	-0.04	0.00	5.0	1.0	0.0	0.0	1.0
											5000	40	0.011		-0.37	-0.07	0.00	3.1	1.6	0.0	0.0	1.6
											10000	50	0.014		-0.47	-0.10	0.00	2.5	2.0	0.0	0.0	2.0
											20000	100	0.028		-0.93	-0.20	0.00	1.3	4.0	-0.1	0.0	4.0
											50000	250	0.069		-2.33	-0.54	0.00	0.5	10.0	-0.3	0.0	10.0
Type 2	Winter	50	20	3	1000	20	3	4	1	2.6	1000	10	0.003	-4	-0.05	-0.01	0.00	12.5	0.4	0.0	0.0	0.4
											5000	33	0.009		-0.15	-0.03	0.00	3.8	1.3	0.0	0.0	1.3
											10000	50	0.014		-0.23	-0.05	0.00	2.5	2.0	0.0	0.0	2.0
											20000	100	0.028		-0.47	-0.14	0.00	1.0	5.2	-0.1	0.0	5.2
											50000	250	0.069		-1.52	-0.35	0.00	0.4	13.0	-0.2	0.0	13.0
Type 2	Zomer	50	20	3	1000	20	3	4	1	23.6	1000	20	0.006	-2	-0.05	-0.01	0.00	6.3	0.8	0.0	0.0	0.8
											5000	65	0.018		-0.15	-0.03	0.00	1.9	2.6	0.0	0.0	2.6
											10000	100	0.028		-0.23	-0.05	0.00	1.3	4.0	0.0	0.0	4.0
											20000	200	0.072		-0.47	-0.14	0.00	0.5	10.4	-0.1	0.0	10.4
											50000	650	0.181		-1.52	-0.36	0.00	0.2	26.0	-0.2	0.0	26.0
Type 2	Zomer	50	20	3	1000	20	3	4	1	23.6	1000	0	0.000	13	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
											5000	33	0.009		0.50	0.09	0.00	3.8	1.3	0.0	0.0	1.3
											10000	50	0.014		0.76	0.15	0.01	2.5	2.0	0.1	0.0	2.0
											20000	100	0.028		1.57	0.44	0.07	1.0	5.2	0.2	0.3	5.2
											50000	250	0.069		4.50	1.15	0.20	0.4	13.0	0.6	0.6	13.0
Type 2	Zomer	50	20	3	1000	20	3	4	1	23.6	1000	0	0.000	7	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
											5000	65	0.018		0.53	0.11	0.02	1.9	2.6	0.1	0.1	2.6
											10000	100	0.028		0.82	0.18	0.03	1.3	4.0	0.1	0.1	4.0
											20000	200	0.072		2.12	0.49	0.08	0.5	10.4	0.2	0.3	10.4
											50000	650	0.181		5.31	1.25	0.20	0.2	26.0	0.6	0.6	26.0

Tabel 4.5. Resultaten berekeningen watertype groot stilstaand water.

Tabel 4.5 Resultaten berekeningen watertype groot stilstaand water (kanaal).

Oordeel	Vracht	Verblijftijd	Eindoordeel
groen	Vracht <0.5 maal maximale vracht bij evenwichtsbelasting;	> 5 dagen	TEO kansrijk
geel	Vracht >0.5 en <1 maal de maximale vracht bij evenwichtsbelasting		TEO check uitgangspunten
oranje	Vracht >1 maal de maximale vracht bij evenwichtsbelasting.	<= 5 dagen	TEO nader onderzoek vereist

Lozings-type	Watersysteem				Lozing				Evenwicht			Verblijftijd dag	Oordeel vracht	Oordeel verblijftijd	End Oordeel	
	Oppervlak	Diepte	k	Water- temperatuur	BVO	Debiet		ΔT	Vracht	f	ΔT-eff					Max. Vracht
	m ²	m	W/m ² /°C	°C	m ²	m ³ /u	m ³ /s	°C	MW	-	°C					MW
Type 1 Winter	100000	8	18	6	1000	25	0.007	8	-0.23	0.5	4	7.2	1333.3	0.03	0.00	0.03
					5000	40	0.011		-0.37				833.3	0.05	0.01	0.05
					10000	50	0.014		-0.47				666.7	0.06	0.01	0.06
					20000	100	0.028		-0.93				333.3	0.13	0.02	0.13
					50000	250	0.069		-2.33				133.3	0.32	0.04	0.32
Type 1 Zomer	100000	8	24	20	1000	25	0.007	-8	-0.23	0.25	-2	-4.8	1333.3	0.05	0.00	0.05
					5000	40	0.011		-0.37				833.3	0.08	0.01	0.08
					10000	50	0.014		-0.47				666.7	0.10	0.01	0.10
					20000	100	0.028		-0.93				333.3	0.19	0.02	0.19
					50000	250	0.069		-2.33				133.3	0.49	0.04	0.49
Type 2 Winter	100000	8	18	≥6	1000	10	0.003	-4	-0.05	0.5	-2	-3.6	3333.3	0.01	0.00	0.01
					5000	33	0.009		-0.15				1010.1	0.04	0.00	0.04
					10000	50	0.014		-0.23				666.7	0.06	0.01	0.06
					20000	130	0.036		-0.61				256.4	0.17	0.02	0.17
					50000	325	0.090		-1.52				102.6	0.42	0.05	0.42
				≥3	1000	20	0.006	-2	-0.05	0.5	-1	-1.8	1666.7	0.03	0.00	0.03
					5000	65	0.018		-0.15				512.8	0.08	0.01	0.08
					10000	100	0.028		-0.23				333.3	0.13	0.02	0.13
					20000	260	0.072		-0.61				128.2	0.34	0.04	0.34
					50000	650	0.181		-1.52				51.3	0.84	0.10	0.84
Type 2 Zomer	100000	8	24	20	1000	0	0.000	13	0.00	0.5	6.5	15.6	1010.1	0.03	0.00	0.03
					5000	33	0.009		0.50				666.7	0.05	0.01	0.05
					10000	50	0.014		0.76				256.4	0.13	0.02	0.13
					20000	130	0.036		1.97				102.6	0.32	0.05	0.32
					50000	325	0.090		4.93				102.6	0.32	0.05	0.32
				7	1000	0	0.000	7	0.00	0.5	3.5	8.4	512.8	0.06	0.01	0.06
					5000	65	0.018		0.53				333.3	0.10	0.02	0.10
					10000	100	0.028		0.82				128.2	0.25	0.04	0.25
					20000	260	0.072		2.12				51.3	0.63	0.10	0.63
					50000	650	0.181		5.31				51.3	0.63	0.10	0.63

Tabel 4.6. Resultaten berekeningen watertype klein stilstaand water.

Tabel 4.5 Resultaten berekeningen watertype klein stilstaand water (slotsysteem).

Oordeel	Vracht	Verblijftijd	Eindoordeel
groen	Vracht <0.5 maal maximale vracht bij evenwichtsbelasting;	> 5 dagen	TEO kansrijk
geel	Vracht >0.5 en <1 maal de maximale vracht bij evenwichtsbelasting		TEO check uitgangspunten
oranje	Vracht >1 maal de maximale vracht bij evenwichtsbelasting.	<= 5 dagen	TEO nader onderzoek vereist

Lozings-type	Watersysteem				Lozing				Evenwicht			Verblijftijd dag	Oordeel vracht	Oordeel verblijftijd	End Oordeel	
	Oppervlak	Diepte	k	Water- temperatuur	BVO	Debiet		ΔT	Vracht	f	ΔT-eff					Max. Vracht
	m ²	m	W/m ² /°C	°C	m ²	m ³ /u	m ³ /s	°C	MW	-	°C					MW
Type 1 Winter	6000	1	18	6	1000	25	0.007	8	-0.23	0.5	4	0.43	10.0	0.54	0.50	0.54
					5000	40	0.011		0.37				6.3	0.86	0.80	0.86
					10000	50	0.014		0.47				5.0	1.08	1.00	1.08
					20000	100	0.028		0.93				2.5	2.16	2.00	2.16
					50000	250	0.069		2.33				1.0	5.40	5.00	5.40
Type 1 Zomer	6000	1	24	24	1000	25	0.007	-8	-0.23	0.25	-2	-0.29	10.0	0.81	0.50	0.81
					5000	40	0.011		-0.37				6.3	1.30	0.90	1.30
					10000	50	0.014		-0.47				5.0	1.62	1.00	1.62
					20000	100	0.028		-0.93				2.5	3.24	2.00	3.24
					50000	250	0.069		-2.33				1.0	8.10	5.00	8.10
Type 2 Winter	6000	1	18	≥6	1000	10	0.003	-4	-0.05	0.5	-2	-0.22	25.0	0.22	0.20	0.22
					5000	33	0.009		-0.15				7.6	0.71	0.66	0.71
					10000	50	0.014		-0.23				5.0	1.08	1.00	1.08
					20000	130	0.036		-0.61				1.9	2.81	2.60	2.81
					50000	325	0.090		-1.52				0.8	7.02	6.50	7.02
				1000	20	0.006	-2	-0.05	0.5	-1	-0.11	12.5	0.43	0.40	0.43	
				5000	65	0.018		-0.15				3.8	1.40	1.30	1.40	
				10000	100	0.028		-0.23				2.5	2.16	2.00	2.16	
				20000	260	0.072		-0.61				1.0	5.62	5.20	5.62	
				50000	650	0.181		-1.52				0.4	14.04	13.00	14.04	
Type 2 Zomer	6000	1	24	24	1000	0	0.000	13	0.00	0.5	6.5	0.94	7.6	0.53	0.66	0.66
					5000	33	0.009		0.50				5.0	0.81	1.00	1.00
					10000	50	0.014		0.76				1.9	2.11	2.60	2.60
					20000	130	0.036		1.97				0.8	5.27	6.50	6.50
					50000	325	0.090		4.93							
					1000	0	0.000	7	0.00	0.5	3.5	0.50	3.8	1.05	1.30	1.30
					5000	65	0.018		0.53				2.5	1.62	2.00	2.00
					10000	100	0.028		0.82				1.0	4.21	5.20	5.20
					20000	260	0.072		2.12				0.4	10.53	13.00	13.00
					50000	650	0.181		5.31							

4 Conclusie

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de resultaten.

Watertype	Samenvatting
Groot stromend water	TEO-installaties voor kleine en grote gebouwen mogelijk zonder ecologisch risico
Klein stromend water	TEO-installaties voor kleine en grote gebouwen mogelijk zonder ecologisch risico
Haven aan groot stromend water	TEO-installaties voor kleine en grote gebouwen mogelijk zonder ecologisch risico
Haven aan klein stromend water	Zeer beperkt TEO-installaties mogelijk; beperking door grote kans op rondstromen/kortsluiting door geringe menging
Groot stilstaand water	TEO-installaties voor kleine en middelgrote gebouwen mogelijk zonder ecologisch risico; bij grote TEO-installaties dient nader onderzoek gedaan te worden naar de menging van het watersysteem
Klein stilstaand water	Zeer beperkt TEO-installaties mogelijk; beperking door grote kans op rondstromen/kortsluiting door de geringe omvang van het watersysteem

5 Discussie

Zie voor de uitgebreide beschrijving van de gebruikte methode, de resultaten en de discussie: Boderie & Wortelboer (2018).

Literatuur

Boderie, P. & Wortelboer, R., 2018. Effecten van Thermische Energie uit Oppervlaktewater. Deltares, rapport 11200544-000-BGS-0002.

Kopie aan
Ronald Roosjen
de heer M. van Meijeren

Bijlage(n)

Datum
8 november 2018

Ons kenmerk
11202197-008-BGS-0001

Pagina
10 van 10

0

Bijlage 6a

Memo Deltares 'Kans op aangroei van mosselen in TEO-
installaties' d.d. 19 oktober 2018.



Memo

Aan
de heer H. Looijen

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
19 oktober 2018	11202197-008-BGS-0002	12
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Rick Wortelboer	+31(0)88 335 7695	Rick.Wortelboer@deltares.nl

Onderwerp
Kans op aangroei van mosselen in TEO-installaties

Kans op aangroei van mosselen in TEO-installaties

Ruurd Noordhuis, Rick Wortelboer

1 Inleiding

In 2017-2018 heeft Deltares een bijdrage geleverd aan de rapportage van Techniplan over de inzet van oppervlaktewater bij het verwarmen en koelen van gebouwen van Rijkswaterstaat (Boderie & Wortelboer, 2018; Techniplan, 2017). Deltares heeft voor een aantal combinaties van watertypen en gebouwgroottes de effecten op waterkwaliteit en ecologie ingeschat. De werking van TEO-installaties kan gehinderd worden door sterke aangroei van mosselen in de leidingen. Rijkswaterstaat (WVL; contactpersoon Henk Looijen) heeft gevraagd de kans op aangroei door mosselen in TEO-installatie in kaart te brengen, zo mogelijk als een landsdekkende risico-kaart. In deze notitie wordt ingegaan op de aanwezigheid van mosselen in de Nederlandse wateren, hun biologie en de omstandigheden waarin zij als aangroei in leidingen kunnen optreden. Deze notitie heeft geen kaart opgeleverd, maar wel aanbevelingen waar bij de aanleg van een TEO-installatie rekening mee gehouden kan worden om de kans op aangroei door mosselen zoveel mogelijk te beperken.

2 Beperkende factoren voor mosselen

2.1 Inleiding

2.1.1 Aangroei op harde ondergronden

Aangroei is de algemene term voor het voorkomen van plantaardige dan wel dierlijke organismen op harde ondergronden. De harde ondergrond is noodzakelijk voor het kunnen vasthechten van de organismen, zodat ze een vaste en stabiele plek hebben om te leven. Een positie onder het wateroppervlak, buiten het bereik van golfwerking is ideaal voor plantaardige organismen om voldoende licht op te kunnen vangen. Een positie op enige afstand van de bodem voorkomt dat organismen bedekt worden door het slib dat op de bodem ligt en af en toe opwervelt. Vaak gaat het om groeiplaatsen waar stroming optreedt, waardoor voldoende voedsel wordt aangevoerd voor de organismen. Typische plaatsen van aangroei zijn stenen, steigerpalen, kades, boten en pijpleidingen.

In zoet water zijn mosselen van het geslacht *Dreissena* nagenoeg de enige schelpdieren die zich op een harde ondergrond vasthechten. In het brakke water van het Noordzeekanaal, en sporadisch op enkele andere plekken, komt ook de verwante Brakwatermossel (*Mytilopsis leucophaeata*) voor. Het geslacht *Dreissena* was tot en met 2005 alleen vertegenwoordigd door de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*). In 2006 kreeg de Driehoeksmossel gezelschap van de nauw verwante Quaggamossel (*Dreissena bugensis*), die de Driehoeksmossel in de grote wateren inmiddels grotendeels heeft vervangen. Alle drie de soorten hechten zich met zogenaamde "byssusdraden" vast op een harde ondergrond. Die ondergrond kan bestaan uit steen, hout, kunststof, metaal, andere schelpen en vele andere materialen. Op dit materiaal kunnen ze in hoge dichtheden voorkomen en banken vormen. Vele andere (ongewervelde) diersoorten kunnen zich tussen deze mosselen vestigen. Naast mosselen kan aangroei plaatsvinden door diverse soorten poliepen, mosdiertjes en sponzen, en door bepaalde wormen en slijkgarnalen, die kokers of huisjes aan het substraat bevestigen. Voor deze notitie is de aangroei door mosselen het meest relevant.

In zout water komen nog veel meer diersoorten voor die aangroei kunnen vormen. Naast zoutwatermosselen (*Mytilus edulis*) komen Japanse Oesters (*Crassostrea gigas*) tegenwoordig veel voor, ook hier in combinatie met poliepen, mosdiertjes, sponzen en algen, maar ook bijv. kokerwormen, zakpijpen en zeepokken. De zoutwatermosselen hechten zich net als de *Dreissena*-soorten vast met behulp van byssusdraden, de andere genoemde groepen hechten zich direct op het substraat.

2.1.2 Factoren die vestiging bepalen

Het volume aan mosselen en andere diersoorten hangt af van factoren die de vestiging sturen, de groeisnelheid en sterfte. De habitat- en milieu-eisen van Driehoeks- en Quaggamosselen zijn relatief goed onderzocht. In het algemeen zijn Quaggamosselen minder kritisch. Ook groeien ze

harder en zijn ze gemiddeld groter dan Driehoeksmosselen. Omdat ze daarnaast in de grote wateren inmiddels dominant zijn geworden, zijn de sturingsfactoren voor deze soort voor beheerders en gebruikers van oppervlaktewater het belangrijkste. Daarom wordt in deze notitie vooral gebruikt gemaakt van recente review studies zoals de “Factsheet Quaggamossel” van Sportvisserij Nederland (Van Emmerik 2014). In de onderstaande tabel worden de globale onder- en bovengrenzen gegeven van de tolerantierange voor een aantal fysische, hydrologische en chemische kenmerken van de leefomgeving van de mosselen, voornamelijk op basis van de vernoemde review. Vaak worden als begrenzing ranges gegeven van toe- of afnemende geschiktheid. Binnen deze ranges kunnen de mosselen wel aanwezig zijn maar mogelijk minder vitaal, met tragere groei of hogere sterftkansen. Binnen het beperkte tijdsbestek van dit project is alleen aandacht besteed aan zoetwatermosselen. Met betrekking tot de relevante soorten in zout water gelden voor een deel andere tolerantieranges, waar bijvoorbeeld soorten van het intergetijdegebied (bijv. zeepokken) beter bestand zijn tegen droogval.

Tabel 1. Grenswaarden voor enkele relevante milieu-factoren met betrekking tot groei en overleving van Driehoeks- en Quaggamosselen. Aangevuld naar Van Emmerik 2014.

Milieufactor	Ondergrens	Bovengrens
Temperatuur	nvt*	25-34°C
Stroomsnelheid	nvt*	0,09-0,2 m/s
Diepte	1,5 m	nvt*
Droogval	Nvt	5 dagen
Zuurstof	4-6 mg/l?	Nvt
Saliniteit	Nvt	4-5‰
Zuurgraad	6,9-7,4	9,3-9,6
Calcium	8-12 mg/l	Nvt
Fosfaat	<0,1 mg/l	0,25 mg/l

*Bij lage/hoge waarden tragere groei.

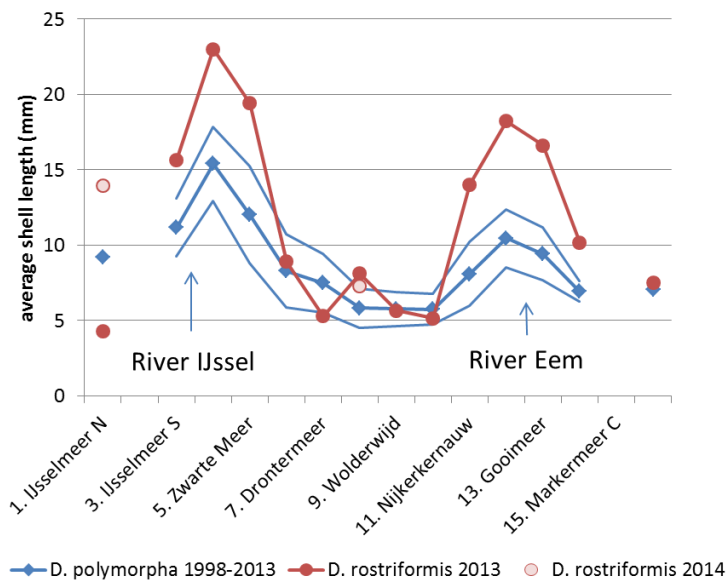
2.2 Bespreking per factor

2.2.1 Temperatuur

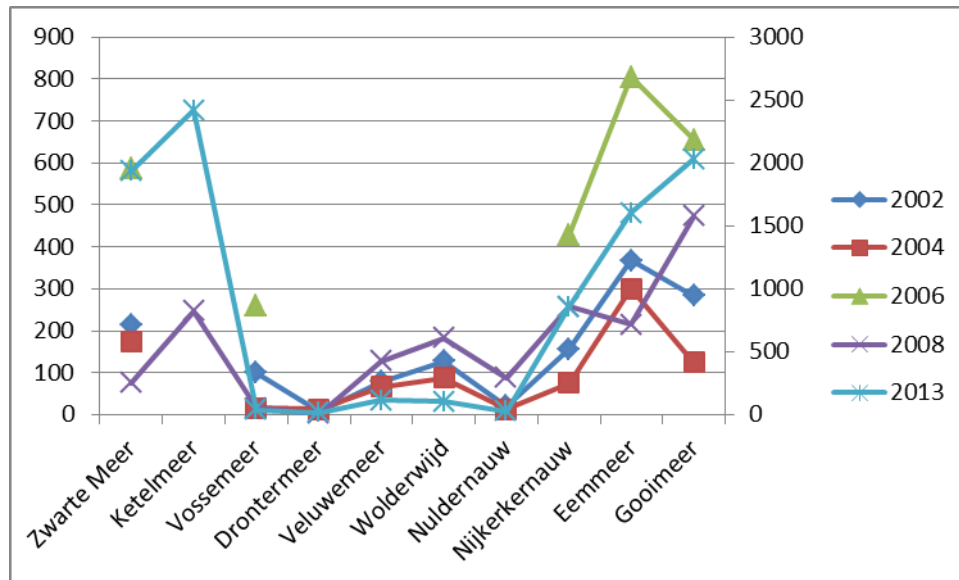
Hogere temperaturen worden beter getolereerd bij geleidelijke toename via habituatie, maximum temperaturen zijn lager bij abrupte toenames (Bayne et al. 1976). Fluctuaties, bijvoorbeeld sterke dag-nacht ritmiek in ondiep water (tot 1,5 m), kunnen ook onder de maximum temperatuur de voortplanting remmen door afbraak van gonadenweefsel en synchronisatieproblemen bij de uitstoot van mannelijke ten opzichte van vrouwelijke geslachtsproducten (Noordhuis et al. 1992). De Quaggamossel heeft een iets lagere tolerantie voor hogere temperaturen dan de Driehoeksmossel, de Brakwatermossel een hogere (Gittenberger & Janssen 1998). Quaggamosselen kunnen zich bij veel lagere temperaturen voortplanten (5°C) dan Driehoeksmosselen (12°C).

2.2.2 Stroomsnelheid

Voorkomen van mosselen bij hogere stroomsnelheden dan aangegeven wordt soms vastgesteld, maar uiteindelijk wordt zowel de filtratie als de aanhechting problematisch. Evides Waterbedrijf (B. Schaaf) geeft een veel hogere stroomsnelheid als benodigd voor het voorkomen van aangroei, nl. 1-1,5 m/s. De mosselen groeien vaak het best en bereiken de hoogste dichtheden in het mondingsgebied van rivieren, waar de risico's van hoge stroomsnelheden wegvallen maar nog wel sprake is van doorstroming en dus doorgaande aanvoer van voedingsstoffen. In het IJsselmeergebied zijn zowel de dichtheden als de groottes van de mosselen gemiddeld het hoogst in de meren met korte verblijftijden rond de mondingen van de IJssel (en Zwarte Water) en de Eem. Dit geldt voor zowel de Driehoeksmossel als voor de Quaggamossel (figuur 1, figuur 2). Bij stroomsnelheden die zo laag zijn dat ze corresponderen met verblijftijden van meer dan een maand neemt in minder voedselrijke wateren (<0,1 mg P/l) de groeisnelheid van de mosselen af, en daarmee ook het volume van de mosselpopulatie per oppervlakte eenheid.



Figuur 1. Gemiddelde schelpenlengte van Driehoeks- en Quaggamosselen in de meren van het IJsselmeergebied, met de hoogste waarden in de meren rond de mondingen van de IJssel en de Eem. Uit Noordhuis et al. in prep.



Figuur 2. Gemiddeld biovolume van mosselen in de meren van het IJsselmeergebied, met de hoogste dichtheden rond de monding van de IJssel en de Eem. Tot en met 2008 domineert de Driehoeksmossel (dichtheden op de linker as), in 2013 de Quaggamossel (rechter as). Uit Noordhuis et al. in prep.

2.2.3 Diepte

Voor mosselen nadelige dag-nacht schommelingen in watertemperatuur komen voor tot op ongeveer 1,5 meter diepte. Ondiepe oeverzones kunnen door golfslag en terugkaatsing en door korte of langere periodes van droogval te dynamisch zijn. Diep water tot wel 80 m kan door Quaggamosselen worden gekoloniseerd, maar in het algemeen neemt de conditie van mosselen met de diepte af. Bij stratificatie kan zuurstoftekort bij de bodem ontstaan en bijvoorbeeld bij aanhoudende hittegolven kan massale sterfte optreden.

2.2.4 Droogval

Een lage waterstand die leidt tot eenmalige droogval kan tot ongeveer 3-5 dagen verdragen worden, afhankelijk van temperatuur en luchtvochtigheid.

2.2.5 Zuurstof

Lage zuurstofconcentraties worden redelijk verdragen, nog iets beter door de Quaggamossel dan door de Driehoeksmossel. De tolerantie is afhankelijk van de temperatuur en de grootte van de dieren. Bij zuurstofloosheid van het water sluiten de mossels hun schelpen en kunnen ze tot enkele dagen overleven. Een afname van de mosseldichtheden in het IJsselmeer met een factor 10, die in 2007 werd geconstateerd ten opzichte van de voorgaande kartering in 2000 en die gevolgd werd door herstel, zou kunnen zijn veroorzaakt door zuurstoftekort als gevolgd van aanhoudende stratificatie tijdens de extreme hittegolf van augustus 2006.

2.2.6 Saliniteit

Beide *Dreissena*-soorten kunnen enigszins brak water verdragen. Boven de 4‰ worden geen byssusdraden aangemaakt en vindt dus geen vestiging meer plaats. De Brakwatermossel verdraagt veel hogere waarden en komt in zoet water slechts sporadisch voor.

2.2.7 Zuurgraad

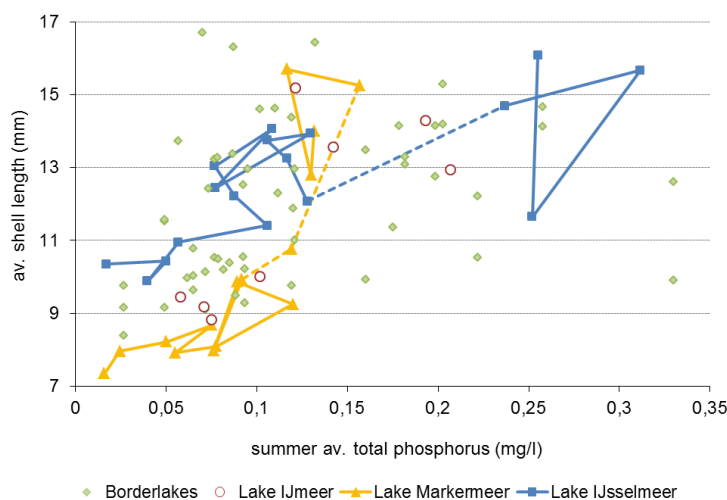
Een aanhoudende hoge zuurgraad van meer dan pH 9.6 is dodelijk voor de mosselen (na 2-4 weken). Zulke waarden kunnen voorkomen in sterk voedselrijke wateren met een hoge productie door algen of waterplanten. De hoge pH kan samengaan met een hoge biochemische zuurstofvraag (zuurstofloosheid bij de bodem) en hoge concentraties ammonia (giftig voor dieren).

2.2.8 Calcium

Kan een probleem zijn in kleine wateren met voornamelijk regenwater-aanvoer (lage calcium-concentraties). In grote wateren en wateren onder invloed van de Rijn is de hardheid van het water groter en is er voldoende calcium in het water aanwezig.

2.2.9 Fosfaat

Sterke eutrofiëring kan gepaard gaan met algenbloei en de vorming van toxische stoffen, verhoging van de biochemische zuurstofvraag en toename van de pH. De randmeren sloegen eind jaren 1960 om naar die toestand bij fosfaatconcentraties van ongeveer 0,25 mg/l, waarna de Driehoeksmosselen verdwenen. De meren begonnen te herstellen bij afname tot ongeveer 0,15 mg/l en de Driehoeksmosselen kwamen terug toen de waarden daalden onder de 0,1 mg/l. Bij verdere afname van de fosfaatconcentraties nam de gemiddelde lengte (groeisnelheid) van de mosselen af (figuur 3; Noordhuis in prep.).



Figuur 3. Verband tussen fosfaatgehalte en gemiddelde lengte van Driehoeksmosselen in het IJsselmeergebied. Uit Noordhuis et al. in prep.

3 Kans op aangroei

De kans op aangroei hangt enerzijds af van de omstandigheden ter plekke, anderzijds van de aanvoer van larven. Mossellarven leven enkele weken in het plankton en vestigen zich dan op een harde ondergrond. De concentratie van larven in het plankton is gerelateerd aan de dichtheid van mosselen ter plekke en eventueel bovenstrooms. Mosselen produceren per individu echter zeer grote hoeveelheden larven (tot 1 miljoen larven per dier per seizoen), en in het larvestadium vinden grote verliezen plaats. De relatie tussen dichtheid van de populatie en de mate van vestiging is daardoor minder sterk. Ook zou vestiging in koelwaterbuizen door de stroming interessanter kunnen zijn voor de larven dan in het watersysteem zelf, omdat de stroming de aanvoer van voedsel garandeert.

4 Bestrijdingsmethoden

Onder de methoden die bij o.a. waterleidingbedrijven worden gebruikt om aangroei van mosselen tegen te gaan zijn chloorbleekloog, anti-fouling-verf en niet-giftige coatings, chloordioxide, chemische bestrijdingsmiddelen, mechanische reiniging, ozon- en UV-behandeling en thermische bestrijding (Jenner et al. 1999). Milieutechnisch heeft een combinatie van mechanische en thermische bestrijding de voorkeur:

Mechanische verwijdering: Naast actieve verwijdering zijn soms zelfreinigende filters mogelijk, bij kleinere koelwatersystemen met een beperkt watervolumekunnen worden ook microzeven toegepast. Deze houden ook de mossellarven tegen voordat ze zich kunnen vestigen. Tegen microfouling worden soms ook sponsrubberballetjes aan het water toegevoegd.

Thermische bestrijding: Verwarming van het koelwater tot ca. 38-40°C gedurende een half uur doodt de aangroei. Het water moet dan wel binnen het systeem terug kunnen stromen naar de inlaat (geen thermische belasting van het oppervlaktewater).

Chemische behandeling kan bestaan uit het toevoegen van stoffen aan het koelwater of uit het behandelen van de wanden van het koelsysteem:

Coatings: Er zijn verschillende behandelingen van de wanden van een koelsysteem mogelijk om aangroei te verwijderen of te voorkomen. Antifouling-verven waar langzaam toxische stoffen zoals koper of tributyltin oxide uit vrijkomen zijn effectief, maar ook zo schadelijk voor het milieu dat ze nauwelijks meer worden toegepast. Hetzelfde geldt voor specifieke molluscididen of bepaalde pesticiden uit de landbouw. Een goed alternatief lijken niet-toxische coatings (siliconen, epoxy) die het oppervlak zeer glad en waterafstotend maken, waardoor vestiging van mosselen drie tot vier jaar lang sterk bemoeilijkt wordt.

Oxiderende biociden: Stoffen als chloorbleekloog, al of niet in combinatie met natriumbromide, BCDMH (broomchloordimethylhydantoin), chloordioxide, ozon en peroxide. Deze werken op basis van afbraak van biomassa. Veelal worden deze stoffen continu gedoseerd in een concentratie tot 1 mg/l, soms voor korte tijd met een concentratie tot 5 mg/l (Adriaensen et al. 2001). Het toevoegen van chloorbleekloog is de meest gebruikelijke manier van de bestrijding van aangroei (Jenner et al. 1999). In zoet water gebeurt dit vaak slechts eenmaal per jaar in het najaar, omdat de mosselen pas in het tweede jaar groot genoeg worden om verstoppingen te veroorzaken. Bij Evides Waterbedrijf in de Biesbosch wordt echter continu gedoseerd (comm. B. Schaaf). De timing kan eventueel nauwkeuriger bepaald worden door het verschijnen van aangehechte mosseltjes te volgen met biofouling-monitoren (Jenner et al. 1999). Bij het gebruik van chloorbleekloog ontstaan allerlei chloor- en broomhoudende nevenproducten die een belasting voor het ontvangende waterlichaam vormen. Een alternatief voor chloorbleekloog is chloordioxide. Dit vergt veel lagere concentraties en produceert een factor 10 minder chloorhoudende bijproducten, maar vergt ook

extra veiligheidsmaatregelen. Gebruik van ozon of UV licht zijn tenslotte opties voor kleinere systemen met water dat niet te veel (organisch) zwevend stof bevat.

Bij gebruik van zout koelwater dient rekening te worden gehouden met de chemische verschillen tussen zout water, waardoor een andere dosering nodig is. Ook de relatie met broomverbindingen is anders. Hierover is een en ander te vinden in Berbee 1997.

Niet oxiderende biociden: Dit zijn middelen die op biomassa werken via hun toxiciteit. Dit zijn bijv. isothiazoline, glutaaraldehyde, DBNPA (Di bromo nitrilo propion amide) en quarternaire ammonium zouten. Deze worden discontinu toegepast, ongeveer van 2 maal per dag tot 1 maal per week.

Het gebruik van deze middelen moet natuurlijk voldoen aan de nationale wetgeving, zoals het Besluit gewasbeschermingsmiddelen en biociden en aan de Europese biocidenverordening van 2012. Verantwoord gebruik wordt ook behandeld in het IPPC document "Geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging, Referentiedocument: beste beschikbare technieken voor industriële koelsystemen" uit 2001.

5 Praktijkvoorbeeld bestrijding aangroei

Huidige aanpak Evides Waterbedrijf (Biesbosch; informatie B. Schaaf, procestechnoloog).

Bij Evides wordt de aangroei in de transportleidingen met een combinatie van stroomsnelheid en chloorbleekloog bestreden. In de spaarbekkens en in de verbindingen daar tussen worden mosselen periodiek mechanisch verwijderd. Daartoe wordt een deel van de verbindingen stilgelegd, waarna de mosselen sterven door zuurstofgebrek en kunnen worden verwijderd.

De benodigde stroomsnelheid ter voorkoming van aangroei door mosselen is 1-1,5 meter per seconde. In delen van de systemen met een kleine diameter is ook het ontwerp van het systeem van belang. Knikken en hoeken in de leidingen moeten worden vermeden.

Chloorbleekloog wordt continu toegevoegd in een concentratie van 0,5 mg/l, eventueel variërend van 0,4 mg/l in de winter tot 0,6 mg/l in de zomer, alleen onderbroken door een korte periode waarin onderhoud wordt gepleegd, in februari-maart. Het wordt toegevoegd bij de ingangen van de transportleidingen. De Driehoeksmossel plant zich alleen voort in water met een temperatuur hoger dan 12°C; voor deze soort zou chlorering van mei tot eind oktober / begin november volstaan. Nu na de vestiging van de Quaggamossel in Nederland, moet jaarrond chloorbleekloog worden toegevoegd, omdat de Quaggamossel zich al bij 5°C kan voortplanten en vrijwel jaarrond de mossellarven zich kunnen vestigen.

Andere methoden zoals toepassing van UV licht zijn te kostbaar. Dat geldt ook voor thermische verwijdering, omdat bij de grotere leidingen (> 2m doorsnede) de volumes water die moeten worden verwarmd zeer groot zijn. Broom- en jood houdende middelen worden niet gebruikt vanwege de milieuschade. Ook chloorbleekloog wordt minder wenselijk geacht en Evides heeft onderzoek gepland naar alternatieve methoden.

6 Risicokaart

Het maken van een kaart van Nederland met een ruimtelijke weergave van het risico van aangroei vergt het verzamelen van specifieke gegevens van een groot aantal wateren, en dat is niet mogelijk binnen een kort tijdsbestek. Gegevens over het voorkomen en de dichtheden van mosselen zijn voor een aantal grotere wateren beschikbaar, voor veel kleinere wateren echter niet. Verschillen in dichtheden zijn mogelijk echter niet zo relevant vanwege het grote aantal larven dat één mossel kan produceren, waardoor een factor als de beschikbaarheid van substraat eerder beperkend is dan bijv. de waterkwaliteit. Zinvoller is het dan om bij een beoogde locatie de aan- of afwezigheid van mossellarven in het aanvoerende water, indien onbekend, ter plaatse vast te stellen.

7 Conclusies

Aangroei van mosselen kan worden tegengegaan door:

1. De stroomsnelheid in de leidingen hoog te houden;
2. De binnenkant van de buizen zeer glad te maken d.m.v. coatings;
3. Hoeken in de leidingen te vermijden;
4. De aanvoer van mossellarven te verminderen door middel van microzeven;
5. Chemische bestrijdingsmethoden.

De aangroei van mosselen kan worden verwijderd door:

1. Mechanische bestrijding;
2. Thermische bestrijding;

Het ontwerp en gebruik van een TEO-installatie kan hierop inspelen door bijvoorbeeld:

1. Dimensionering van leidingen aan te passen zodat grotere stroomsnelheden in de leidingen optreden;
2. Kortere afstand tussen inlaat en warmtewisselaar aan te houden: hierdoor is minder oppervlak voor aangroei beschikbaar;
3. Periodiek droogzetten van aanvoerleidingen: aangroei sterft hierdoor af waarna mechanische bestrijding deze gemakkelijker kan verwijderen;
4. Eventueel dubbel aanleggen van leidingsystemen voor afwisselend gebruik: de aangroei kan in een jonger stadium (en waarschijnlijk gemakkelijker) mechanisch en/of thermisch verwijderd worden.

Het opstellen van een landsdekkende kaart met het risico op aangroei door mosselen is niet zinvol. Rekening houden met de kans op het optreden van aangroei door mosselen bij het ontwerpen van TEO-installaties lijkt wel een zinvolle strategie.

8 Literatuur

Adriaensen, R., E. Biesma, H. Brinkhoff, J. Driever & L. Huysmans, 2001. Position Paper “koel- & ketelwateradditieven”. Aqua Nederland, Zoetermeer.

Bayne, B.L., R.J. Thompson & J. Widdows, 1976. Physiology I. In: Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge.

Berbee, R.P.M., 1997. Hoe omgaan met actief chloor in koelwater? Rijkswaterstaat RIZA, Lelystad.

Gittenberger, E. & A.W. Janssen (red.), 1998. De Nederlandse Zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water. Naturalis / KNNV uitgeverij / EIS.

Jenner, H.A. & J.P.M. Mommen, 1985. Driehoeksmosselen en aangroeiproblemen. H2O (18) 1, pp. 2-6.

Jenner, H., G. van der Velde & S. Rajagopal, 1999. Biologische aangroei in koelwatersystemen. Natuurwetenschap & Techniet, NEMO kennislink 1 aug. 1999.

Noordhuis, R., H.H. Reeders & R. Scheffer, 1992. Waarom kan de Driehoeksmossel zich in de Veluwerandmeren niet handhaven? De Levende Natuur (93) 6: 188-192.

Noordhuis, R., A. bij de Vaate & A. Bak, in prep. Effects of re-oligotrophication on growth and condition of dreissenids in the Lake IJsselmeer area, The Netherlands.

Van Emmerik, W.A.M., 2014. Factsheet quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov, 1897). Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Kopie aan
de heer ir. R. Roosjen, de heer M. van Meijeren

Bijlage(n)
0

Bijlage 6b

Memo Deltares 'Draadalgen als mogelijke belemmering voor
TEO-Installaties' d.d. 19 oktober 2018.



Memo

Aan
de heer H. Looijen

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
19 oktober 2018	11202197-008-BGS-0003	6
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Rick Wortelboer	+31(0)88 335 7695	Rick.Wortelboer@deltares.nl

Onderwerp
Draadalgen als mogelijke belemmering voor TEO-installaties

Draadalgen als mogelijke belemmering voor TEO-installaties

Gerben van Geest, Rick Wortelboer

1 Inleiding

In 2017-2018 heeft Deltares een bijdrage geleverd aan de rapportage van Techniplan over de inzet van oppervlaktewater bij het verwarmen en koelen van gebouwen van Rijkswaterstaat (Boderie & Wortelboer, 2018; Techniplan, 2017). Deltares heeft voor een aantal combinaties van watertypen en gebouwgroottes de effecten op waterkwaliteit en ecologie ingeschat. De inname van oppervlaktewater kan gehinderd worden door sterke groei van filamenteuze draadalgen (ook wel 'flab' genaamd).

Rijkswaterstaat (WVL; contactpersoon Henk Looijen) heeft gevraagd de kans op de aanwezigheid van (hoge biomassa van) draadalgen in kaart te brengen, zo mogelijk als een landsdekkende risico-kaart.

2 Werkwijze

Om een antwoord te kunnen geven op de vraag wat het risico is op draadalgen voor de inlaat van water voor TEO-installaties, zijn de volgende stappen gevolgd:

- 1 In beeld brengen van de sturende milieufactoren voor draadalgen-ontwikkeling;
- 2 nagaan of algemene rekenregels opgesteld kunnen worden voor het voorspellen van problematische draadalgen-ontwikkeling in Nederlandse oppervlaktewateren.

Tot slot is gekeken of de beschikbare informatie voldoende is om een kaart te maken van wateren met een grote kans op (problematische) draadalgen-ontwikkeling.

Vanwege de beperkte middelen kon geen uitgebreide literatuurstudie naar dit onderwerp uitgevoerd worden. Binnen de beschikbare tijd is zoveel mogelijk wetenschappelijke literatuur gescreend op bruikbaarheid voor bovenstaande vragen. Onderstaande tekst vormt een weergave van deze screening.

3 Resultaten

3.1 Definitie van draadalgen

In deze studie zijn draadalgen gedefinieerd als filamenteuze (draadvormige) macro-algen die zich onder water hebben vastgehecht aan een vast oppervlak (bijvoorbeeld stenen of het sediment zelf), en die na een fase van sterke groei van de bodem kunnen los raken, en daarbij overgaan in een drijvende fase (Bijkerk & Beers, 2010). Deze drijvende algenlagen worden ook wel 'flab' genoemd (flab = floating algal biomass). Juist deze drijvende flab-lagen kunnen problemen geven bij de inname van oppervlaktewater in TEO-installaties.

De soortensamenstelling van draadalgen in een water wordt sterk gestuurd door factoren als nutriënten, temperatuur, expositie op de wind, beschikbaarheid van koolstof en pH. De informatie over draadalgen in deze memo heeft zich toegespitst op soorten van voedselrijk, hard en alkalisch water (pH 7 – 9), aangezien in een groot deel van Nederland deze waterkwaliteit wordt aangetroffen. Kenmerkende draadalgen van wateren met deze waterkwaliteit zijn *Cladophora* (meestal *C. glomerata*), *Enteromorpha* (*E. intestinalis*), *Hydrodictyon reticulatum* (Waternetje), *Oedogonium*, *Mougeotia*, *Spirogira*, *Zygnema*, *Tribonema*, *Microspora* en *Vaucheria* (veelal *V. dichotoma*) (Simons et al., 1999).

3.2 Sturende milieufactoren

Verschillende factoren sturen de biomassa-ontwikkeling van draadalgen en flab in oppervlaktewateren. Achtereenvolgens worden de volgende factoren benoemd:

1. Licht en temperatuur;
2. Nutriënten;
3. Expositie op de wind en golfslag;
4. Graas door vogels en andere diergroepen.

In paragraaf 3.3 worden de effecten van deze factoren in stilstaande wateren beschreven. Paragraaf 3.4 bevat een korte beschrijving op welke wijze deze factoren in stromende wateren een rol spelen.

3.3 Sturende factoren in stilstaande wateren

3.3.1 Licht en temperatuur

Vanzelfsprekend zijn licht en temperatuur van groot belang voor fotosynthese en groei van draadalgen. Er is echter maar weinig literatuur beschikbaar over dit onderwerp. Er zijn duidelijke verschillen in de optimum water temperatuur van draadalgen. Zo verloopt de fotosynthese van *Cladophora glomerata* optimaal bij 15°C en een stralingsintensiteit van 300

$\mu\text{Einstein.m}^{-2}.\text{sec}^{-1}$ (een maat voor de voor fotosynthese bruikbare energie). Deze algensoort kan overwinteren en in het voorjaar snel groeien (Graham et al., 1982). Voor Spirogira-soorten lag de optimale fotosynthese temperatuur pas bij 25°C (Graham et al, 1995), en bij 400 $\mu\text{Einstein.m}^{-2}.\text{sec}^{-1}$ (Simons et al, 1998). Deze soortgroep kan in sloten dichte flab-massa's vormen, vooral in het voorjaar en zomer. Hierbij is het van belang dat de flab-lagen veel warmte absorberen. Hierdoor kan op plaatsen met veel flab de watertemperatuur in het vroege voorjaar snel oplopen, waarmee ze hun eigen groeicondities stimuleren (Simons et al, 1998).

Ondanks de geringe beschikbaarheid van literatuur, kan gesteld worden dat draadalgen over een brede range van temperatuur tot ontwikkeling kunnen komen, van vroeg in het najaar tot laat in de herfst. In de winter, bij temperaturen rond het vriespunt, komen er niet of nauwelijks draadalgen tot ontwikkeling. Ook dient het water voldoende helder te zijn, optimale groei is vastgesteld bij een lichtintensiteit van 300 – 400 $\mu\text{Einstein.m}^{-2}.\text{sec}^{-1}$.

3.3.2 Ad. 2. Nutriënten

Naast temperatuur en licht spelen nutriënten een belangrijke rol bij het ontstaan van flab-lagen van draadalgen. In het algemeen geldt dat bij toenemende nutriëntenbelasting de groei en biomassa-ontwikkeling van draadalgen toeneemt. Bij veel licht en nutriënten kunnen draadlagen snel groeien en dikke matten vormen (Simons et al, 1998). Deze biomassa kan losraken en drijvende massa's vormen. Dit is het bekende flab dat in voorjaar en zomer massaal aan het wateroppervlak kan drijven in kleine, beschutte wateren. Concrete drempelwaarden voor nutriëntenconcentraties of –belastingen waarbij flab-ontwikkeling optreedt, zijn echter niet aangetroffen in de literatuur.

3.3.3 Ad. 3. Expositie op de wind en golfslag

Golfslag heeft een grote invloed op de ontwikkeling van de biomassa van draadalgen. Over dit onderwerp is echter nauwelijks literatuur voor handen; onderstaande conclusies zijn dan ook gebaseerd op expertkennis (afkomstig uit Simons et al, 1999).

Bij sterkere golfslag wordt een lagere biomassa aangetroffen. Ook de groeivorm van de soorten verschilt: op geëxponeerde plaatsen domineren 'liggende' groeivormen waarbij de biomassa dicht tegen de bodem aanligt, terwijl op windluwe locaties rechtopstaande groeivormen overheersen.

3.3.4 Ad. 4. Graas

Voorgaande milieufactoren hebben een 'bottom-up' effect op de ontwikkeling van draadalgen. Deze factoren gelden als randvoorwaarde voor de mogelijkheid tot ontwikkeling van draadalg- en flablagen. Toch treedt onder dergelijke optimale omstandigheden niet altijd flab-ontwikkeling op. Dit komt door een 'top-down' effect van andere organismen, bijvoorbeeld door graas door vogels, slakken en andere soortgroepen (Simons et al., 1998). Ook over dit onderwerp is

weinig (kwantitatieve) literatuur beschikbaar, maar het is wel duidelijk dat de invloed van deze graas groot kan zijn. Hierdoor is het mogelijk dat er een lage biomassa van draadalgen wordt aangetroffen bij verder optimale omstandigheden voor flab-ontwikkeling.

3.4 Sturende factoren in stromende wateren

Wat betreft nutriënten en licht laten de sturende factoren voor draadalgen-ontwikkeling in stromende wateren eenzelfde beeld zien als in stilstaande wateren. Ook in stromende wateren neemt de biomassa toe bij hogere nutriëntenconcentraties, en moet voldoende licht op de bodem doordringen (Biggs, 2000).

Een duidelijk verschil is uiteraard de stroming zelf: vanwege deze stroming treedt er in (permanent) stromende wateren geen flab-ontwikkeling op, omdat zwevende of drijvende draadalgen direct met de waterstroom worden afgevoerd. Dit verandert echter wanneer de waterstroming periodiek niet of nauwelijks aanwezig is (Biggs, 2000). Bij voldoende nutriënten en licht kunnen dan wel drijf- en flablagen tot ontwikkeling komen. In Nederland kan deze situatie optreden in voedselrijke, gestuwde beken, die tijdens perioden van lage afvoer niet of nauwelijks stromen.

Er zijn geen studies bekend die drempelwaarden geven voor de kans op flab-lagen in Nederlandse stromende wateren, op basis van temperatuur, nutriënten, stroming en/of licht.

4 Rekenregels voor draadalgen

Op dit ogenblik zijn geen rekenregels beschikbaar die de vorming van draadalgen- en flablagen kunnen voorspellen. Dit geldt zowel voor stilstaande als stromende wateren.

Bij de waterschappen zijn echter wel de benodigde data voorhanden om de rekenregels op te stellen. Eén van de deelmaatlatten van de Kaderrichtlijn Water is namelijk specifiek gericht op de beoordeling van flab-lagen. Dit betekent dat zowel Rijkswaterstaat als waterschappen data beschikbaar hebben over de bedekking van flab in Nederlandse wateren. Door koppeling van deze gegevens met stuurfactoren (temperatuur, nutriënten, licht, stroming en beschutting), kunnen rekenregels worden afgeleid die de bedekking van flab kunnen voorspellen.

Hierbij moet bedacht worden dat deze rekenregels de kans op flab-ontwikkeling weergeven. Naast bovengenoemde factoren wordt draadalgen-ontwikkeling namelijk in belangrijke mate gestuurd door graas van vogels, slakken en andere diergroepen. Hierdoor is het mogelijk dat er een lage biomassa van draadalgen wordt aangetroffen bij verder optimale omstandigheden voor flab-ontwikkeling (zie hierboven). De intensiteit van graas op draadalgen kan op dit ogenblik niet betrouwbaar voorspeld worden.

5 Relatie tussen draadalgen en KRW

De maatlatten van de KRW betrekken in hun beoordeling voor de kleinere meren en rivieren de aanwezigheid van flab in het oordeel van de ecologische toestand. De aanwezigheid van flab wordt in alle betreffende watertypen als negatief beoordeeld.

In de huidige KRW-maatlatten worden uitdrukkelijk alleen de drijvende algenlagen (flab) beoordeeld, en niet de benthische of zwevende draadalgen. Dit betekent dat de KRW-maatlat dus 'scoort' op de groeivorm waarin draadalgen voor waterinlaat de meeste overlast veroorzaken. Een hoge flab-bedekking gaat samen met een hoge nutriëntenbelasting. Om deze reden wordt de ecologische kwaliteit (volgens KRW-maatlatten) als matig tot slecht beoordeeld, afhankelijk van de mate van de bedekking van flab. Een gedetailleerde analyse hoe deze kwaliteitsverslechtering uitpakt voor de verschillende KRW-watertypen, is in dit project niet uitgevoerd.

6 Conclusies

Het optreden van hoge biomassa's aan drijvende draadalgen (flab) is afhankelijk van:

Hoge nutriëntengehaltes;

Rustig water (afwezigheid van stroming, golfslag en turbulentie).

In permanent stromende wateren (beken en grote rivieren) is de kans op het voorkomen van flab verwaarloosbaar. In stagnerende wateren (beken gedurende droge perioden) en meren is de dynamiek in het watersysteem bepalend voor het kunnen voorkomen van flab: in grote meren en kanalen is golfslag en turbulentie door wind en scheepvaart aanwezig waardoor zich geen flab kan vormen.

In kleine stilstaande wateren kunnen draadalgen bij hoge nutriëntengehalten snel groeien en flab vormen. Bij het ontwerp van een TEO-installatie voor dit type wateren kan hiermee rekening gehouden worden door de inlaat van het water te positioneren in een open deel van het watersysteem en ruim onder het wateroppervlak om de kans op het inzuigen van drijvende draadalgen te verkleinen.

Het opstellen van een landsdekkende kaart met het risico op de aanwezigheid van draadalgen is binnen deze opdracht niet mogelijk gebleken. Deze studie geeft hiervoor wel aanknopingspunten. Dit zou verder kunnen worden uitgewerkt.

Literatuur

- Biggs, B.J.F., 2000. Eutrophication of streams and rivers: dissolved nutrient-chlorophyll relationships for benthic algae. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 2000, 19(1):17–31
- Bijkerk, R. & M. Beers, 2010. Handboek hydrobiologie : biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Rapport STOWA 2010-18
- Graham, J.M., M.T. Auer, R.P. Canale & J.P. Hoffmann, 1982. Ecological studies and mathematical modeling of *Cladophora* in Lake Huron. 4. Photosynthesis and respiration as functions of light and temperature. *Journal of Great Lakes Research* 8: 100-111.
- Graham, J.M., C.A. Lembi, J.H.L. Adrian & D.F. Spencer, 1995. Physiological responses to temperature and irradiance in *Spirogyra* (Zygnematales, Charophyceae). *Journal of Phycology* 31: 531-540.
- Simons, J., G.M. Lokhorst & A.P. van Beem, 1998. *Bentische zoetwateralgen in Nederland*. Uitgave KNNV Uitgeverij.

Kopie aan

de heer ir. R. Roosjen, de heer M. van Meijeren

Bijlage 7
BEI output

Gebouw 1.000 m2 BVO

BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	LWP met E-ketel
2	LWP met E-ketel - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

Energie-reductie		
Primaire energie		
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	24.641
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	763.873
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	4,42%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	7.477
Aardgas		
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	14.880
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	461.280
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	19.861
Elektriciteit		
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-9.150
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-1.833.650
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-12.384
Warmtelevering		
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-
Koudelevering		
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

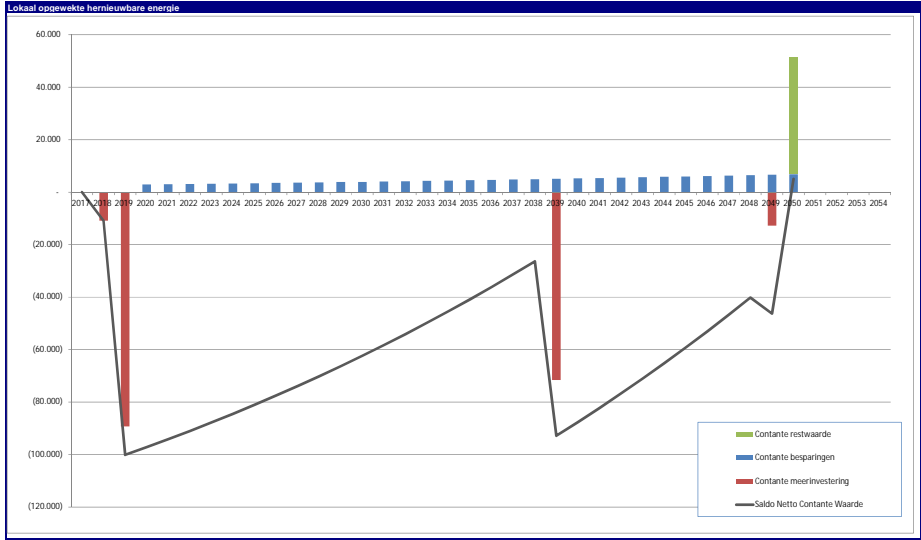
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie		
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel		
Energietabel		
Energietabel na de energiegreep	[]	0
Energietabel in de huidige situatie	[]	0
Energietabelstap	[]	-
Energie-index		
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00
Impact energie-index	[]	0,00

Kosten en opbrengsten		
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode		
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€]	130.664
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€]	114.695
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€]	245.359
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€]	321.027
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€]	566.386
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode		
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€]	466.106
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€]	321.027
Besparing in exploitatiekosten	constant [€]	145.079
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€]	60.868
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€]	256.946
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€]	44.447
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€]	250.393

Financiële parameters		
Terugverdientijd		
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	31
Efficiënt rendement		
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	-39.382
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	-1,62%
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	5.065
Internal rate of return met restwaarde	[%]	1,76%

CO2-reductie		
Reductie per jaar	[kg]	-10.187
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	-315.785
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	-35,11%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	BWP (E)
2	BWP (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

Energie-reductie		
Primaire energie		
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	11.573
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	358.768
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	2,08%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	7.153
Aardgas		
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	14.880
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	461.280
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	19.861
Elektriciteit		
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-6.700
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-1.891.700
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-12.708
Warmtelevering		
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-
Koudelevering		
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

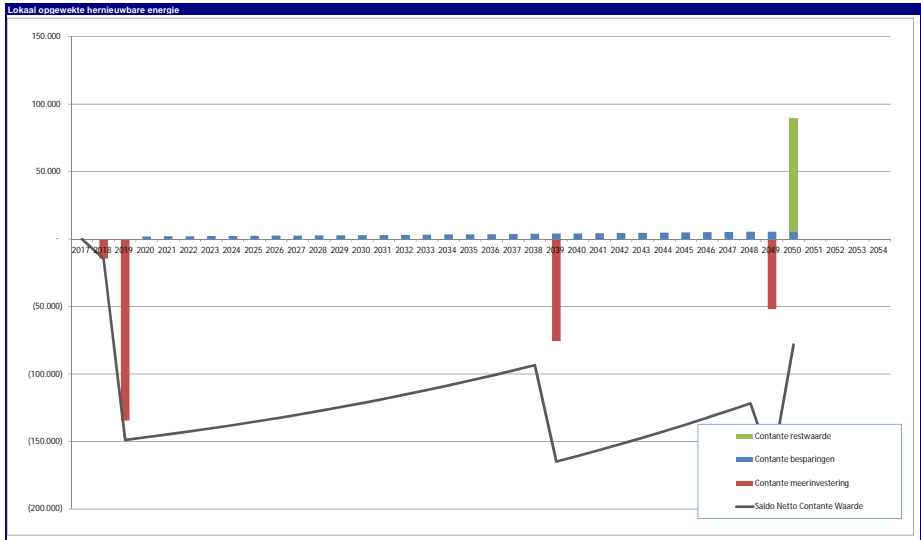
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie		
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel		
Energietabel		
Energietabel na de energiegreep	[]	0
Energietabel in de huidige situatie	[]	0
Energietabelstap	[]	-
Energie-index		
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00
Impact energie-index	[]	0,00

Kosten en opbrengsten		
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode		
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€]	179.306
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€]	157.741
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€]	337.047
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€]	352.093
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€]	689.140
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode		
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€]	466.106
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€]	352.093
Besparing in exploitatiekosten	constant [€]	114.012
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€]	60.868
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€]	174.880
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€]	84.049
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€]	258.929

Financiële parameters		
Terugverdientijd		
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	N.V.T
Efficiënt rendement		
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	-162.167
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	-7,11%
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	-
Internal rate of return met restwaarde	[%]	-1,34%

CO2-reductie		
Reductie per jaar	[kg]	-11.148
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	-345.576
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	-38,42%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO (g)
2	TEO (g) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Voorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

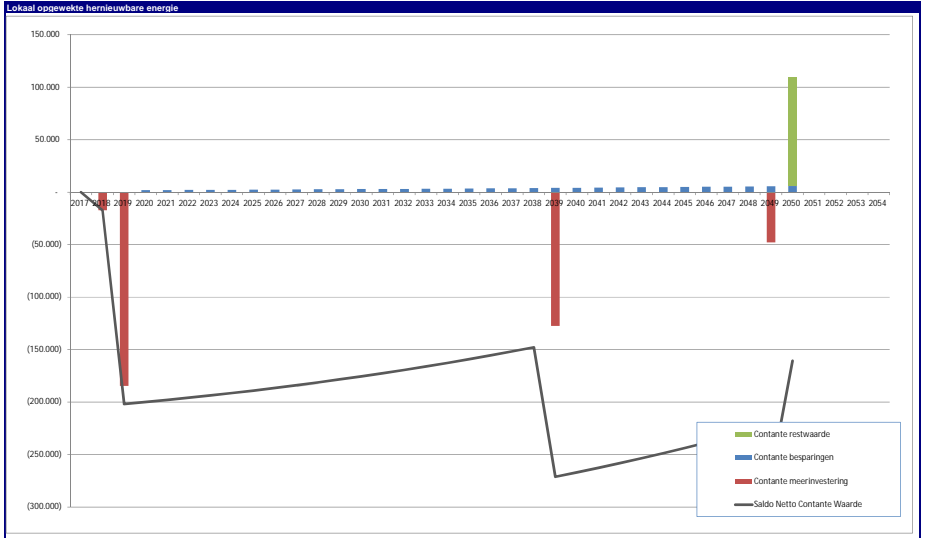
Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j] 49.362
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] 1.530.209
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 8,85%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 7.505
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j] 13.610
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 421.910
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 18.166
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j] -50.520
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -1.579.520
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -10.661
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[-] 0
Energietabel in de huidige situatie	[-] 0
Energietabelstap	[-] -
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[-] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[-] 0,00
Impact energie-index	[-] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 232.378
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 206.807
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 439.185
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 353.090
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] 791.275
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€] 466.106
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 353.090
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 113.015
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 60.868
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 173.883
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 103.606
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 277.489

Financiële parameters	
Terugverdientijd	Terugverdientijd van het maatregelpakket [jaar] N.V.T
Efficiënt rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] -264.302
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] -
Netto contante waarde met restwaarde	[€] -160.696
Internal rate of return met restwaarde	[%] -2,93%
CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] -7.345
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] -227.683
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] -25,31%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO (E)
2	TEO (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Voorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

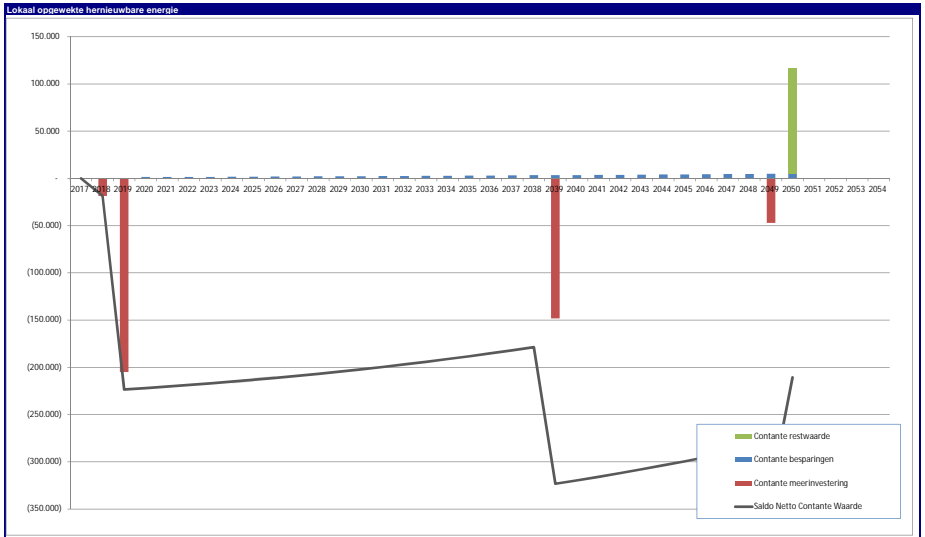
Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j] 1.287
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] 39.911
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 0,23%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 6.897
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j] 14.880
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 461.280
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 19.861
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j] -61.520
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -1.919.520
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -12.963
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[-] 0
Energietabel in de huidige situatie	[-] 0
Energietabelstap	[-] -
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[-] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[-] 0,00
Impact energie-index	[-] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 254.041
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 225.424
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 479.465
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 370.036
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] 849.500
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€] 466.106
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 370.036
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 96.070
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 60.868
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 156.938
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 111.908
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 268.846

Financiële parameters	
Terugverdientijd	Terugverdientijd van het maatregelpakket [jaar] N.V.T
Efficiënt rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] -322.527
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] -
Netto contante waarde met restwaarde	[€] -210.619
Internal rate of return met restwaarde	[%] -3,84%
CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] -11.904
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] -369.024
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] -41,03%



Gebouw 5.000 m2 BVO



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	LWP (E)
2	LWP (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

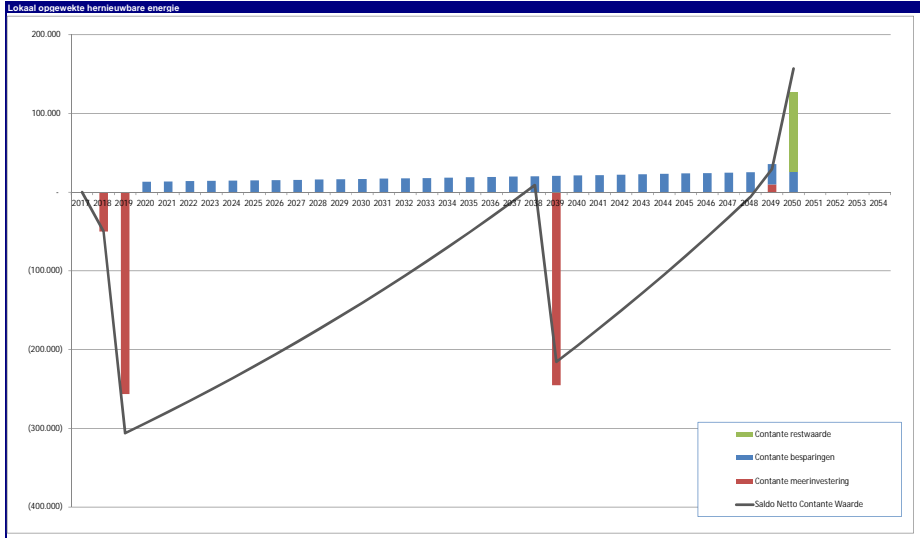
Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j] 86.429
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] 2.679.290
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 4,23%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 25.413
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j] 50.430
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 1.583.330
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 67.310
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j] -200.120
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -6.203.720
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -41.897
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[] 0
Energietabel in de huidige situatie	[] 0
Energietabelstap	[] -
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[] 0,00
Impact energie-index	[] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 572.085
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 499.999
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 1.071.775
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 1.087.651
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] 2.159.425
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€] 1.695.652
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 1.087.651
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 598.001
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 530.139
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 1.128.140
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 100.637
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 1.228.777

Financiële parameters	
Terugverdientijd	
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar] 19
Efficiënt rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] 56.365
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] 2,58%
Netto contante waarde met restwaarde	[€] 157.003
Internal rate of return met restwaarde	[%] 3,83%
CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] -34.309
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] #####
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] -31,30%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	WKO met DK
2	WKO met DK - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

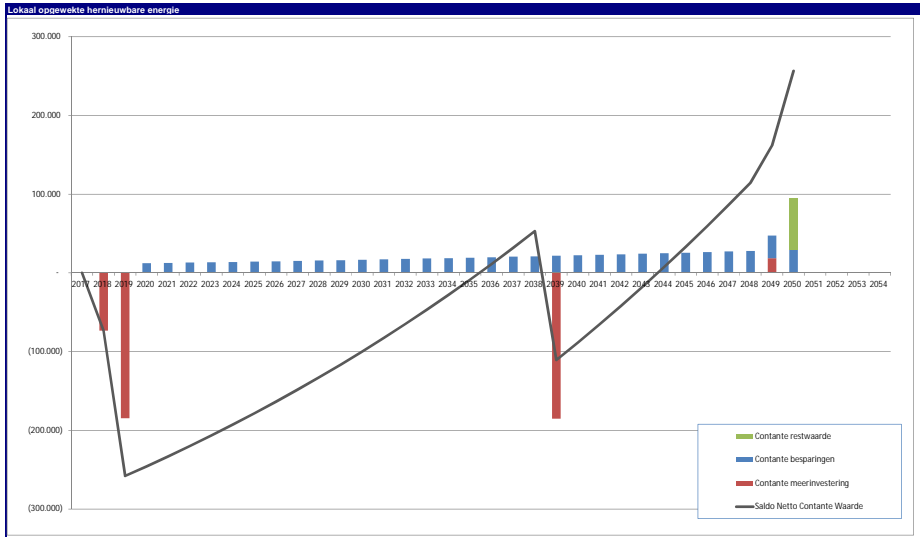
Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j] 535.257
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] 16.596.064
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 26,20%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 32.898
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j] 42.490
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 1.317.190
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 56.713
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j] -113.750
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -3.526.250
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -23.815
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[] 0
Energietabel in de huidige situatie	[] 0
Energietabelstap	[] -
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[] 0,00
Impact energie-index	[] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 523.843
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 491.953
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 954.696
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 1.049.619
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] 2.004.515
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€] 1.695.652
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 1.049.619
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 616.033
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 530.139
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 1.146.171
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 65.259
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 1.211.431

Financiële parameters	
Terugverdientijd	
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar] 17
Efficiënt rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] 191.276
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] 4,98%
Netto contante waarde met restwaarde	[€] 256.535
Internal rate of return met restwaarde	[%] 5,55%
CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] 5.107
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] 158.323
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] 4,66%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (g)
2	TEO met WKO (g) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ /] 595.638
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] 18.464.776
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 29,15%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 34.395
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 /] 42.490
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 1.317.190
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 56.713
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh /] -106.600
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -3.304.600
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -22.318
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ /] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ /] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

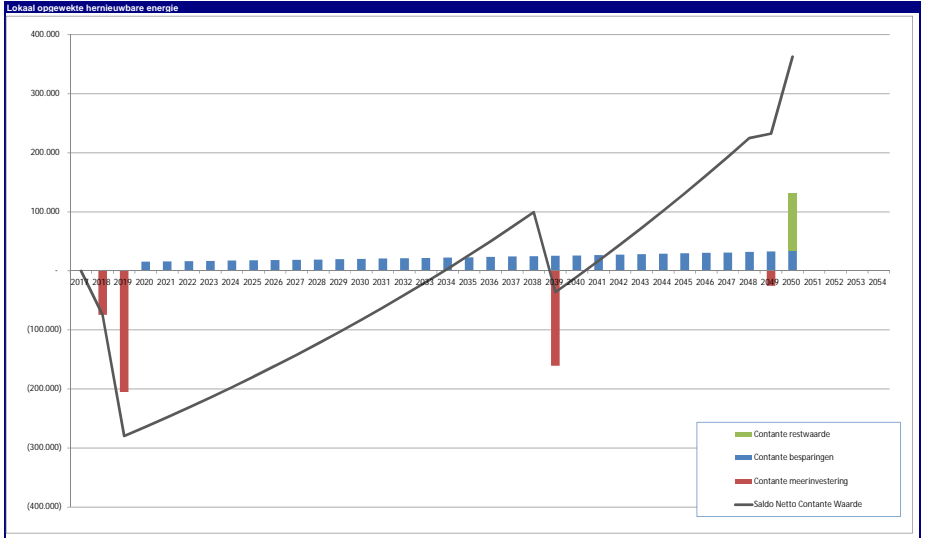
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[] 0
Energietabel in de huidige situatie	[] 0
Energietabelstap	[] -
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[] 0,00
Impact energie-index	[] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 545.505
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 656.581
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 986.086
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 833.640
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] 1.929.727
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€] 1.665.652
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 833.640
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 732.012
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 530.139
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 1.262.151
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 96.821
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 1.358.971

Financiële parameters	
Terugverdientijd	[jaar] 15
Effectief rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] 266.064
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] 6,12%
Netto contante waarde met restwaarde	[€] 382.885
Internal rate of return met restwaarde	[%] 6,74%

CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] 9.540
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] 295.746
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] 8,70%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (E)
2	TEO met WKO (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ /] 468.771
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] 14.531.890
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 22,84%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 34.908
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 /] 50.430
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 1.583.330
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 67.310
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh /] -154.770
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -4.797.870
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -32.402
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ /] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ /] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

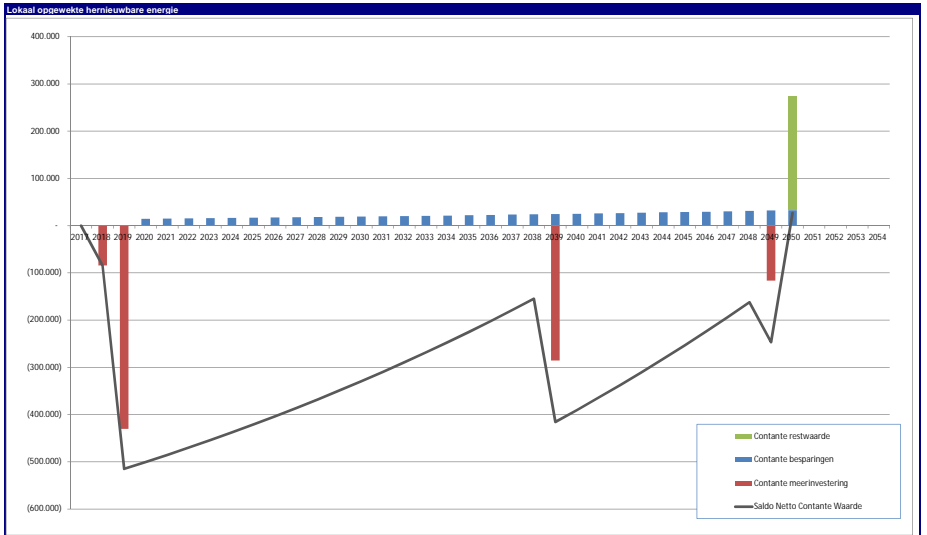
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[] 0
Energietabel in de huidige situatie	[] 0
Energietabelstap	[] -
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[] 0,00
Impact energie-index	[] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 780.836
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 656.171
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 1.447.007
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 862.656
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] 2.409.662
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€] 1.665.652
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 862.656
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 702.996
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 530.139
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 1.233.135
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 240.730
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 1.473.865

Financiële parameters	
Terugverdientijd	[jaar] 31
Effectief rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] -213.872
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] -2,38%
Netto contante waarde met restwaarde	[€] 26.858
Internal rate of return met restwaarde	[%] 1,77%

CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] -6.192
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] -191.952
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] -5,65%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (mono)
2	TEO met WKO (mono) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project				
Fasen	# jaar	v.a.o. (1 jan.)	t/m (31 dec.)	
Voorbereidingsperiode	1	2018	2018	
Realisatieperiode	1	2019	2019	
Exploitatieperiode	31	2020	2050	
Beschouwingsperiode	33	2018	2050	

Energie-reductie			
Primaire energie			
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	564.546	
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	17.500.920	
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	27,63%	
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	37.286	
Aardgas			
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	50.430	
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	1.563.330	
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	67.310	
Elektriciteit			
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-143.410	
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-4.445.710	
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-30.024	
Warmtelevering			
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	
Koudelevering			
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	

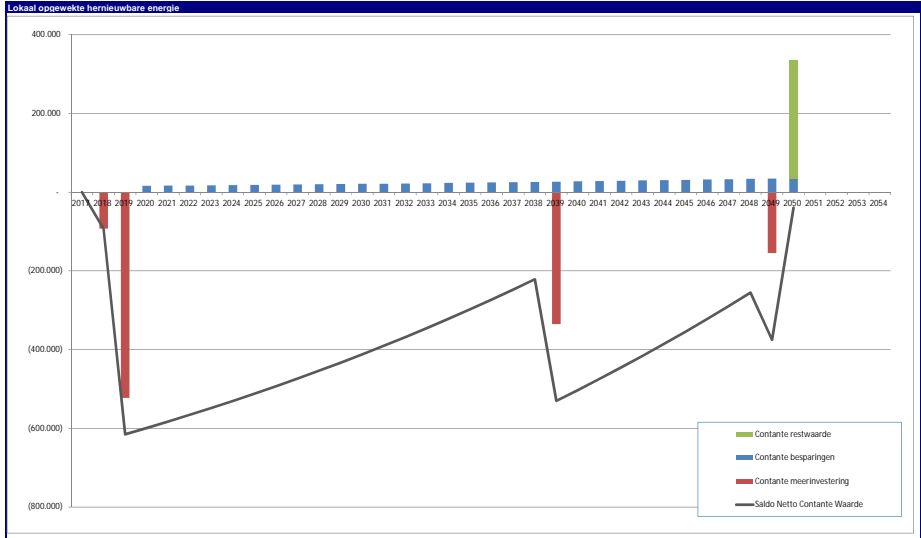
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie			
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-	
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-	
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-	
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-	

Impact energielabel			
Energietabel			
Energietabel na de energiegreep	[]	0	
Energietabel in de huidige situatie	[]	0	
Energietabelstap	[]	-	
Energie-index			
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00	
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00	
Impact energie-index	[]	0,00	

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	881.271
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	754.364
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	1.635.635
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	899.787
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	2.535.422
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	1.665.652
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	899.787
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	765.865
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	530.139
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	1.296.003
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	300.085
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	1.596.088

Financiële parameters			
Terugverdientijd			
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]		N.V.T
Efficiënt rendement			
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	-339.632	
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	-5,26%	
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	-39.547	
Internal rate of return met restwaarde	[%]	1,20%	

CO2-reductie			
Reductie per jaar	[kg]	851	
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	26.387	
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	0,78%	



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO (g)
2	TEO (g) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project				
Fasen	# jaar	v.a.o. (1 jan.)	t/m (31 dec.)	
Voorbereidingsperiode	1	2018	2018	
Realisatieperiode	1	2019	2019	
Exploitatieperiode	31	2020	2050	
Beschouwingsperiode	33	2018	2050	

Energie-reductie			
Primaire energie			
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	517.823	
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	16.052.510	
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	25,34%	
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	30.285	
Aardgas			
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	37.770	
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	1.170.870	
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	50.413	
Elektriciteit			
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-96.140	
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-2.990.340	
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-20.128	
Warmtelevering			
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	
Koudelevering			
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	

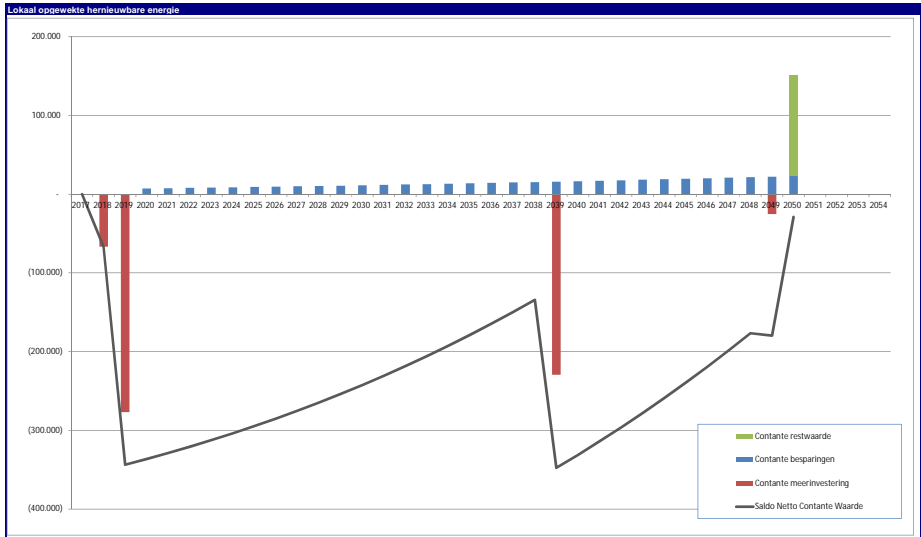
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie			
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-	
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-	
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-	
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-	

Impact energielabel			
Energietabel			
Energietabel na de energiegreep	[]	0	
Energietabel in de huidige situatie	[]	0	
Energietabelstap	[]	-	
Energie-index			
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00	
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00	
Impact energie-index	[]	0,00	

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	609.505
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	519.236
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	1.128.740
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.223.667
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	2.352.407
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	1.665.652
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.223.667
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	441.986
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	530.139
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	972.124
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	127.648
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	1.099.772

Financiële parameters			
Terugverdientijd			
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]		N.V.T
Efficiënt rendement			
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	-156.616	
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	-1,72%	
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	-28.968	
Internal rate of return met restwaarde	[%]	1,13%	

CO2-reductie			
Reductie per jaar	[kg]	7.624	
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	236.338	
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	6,96%	





BESLISCRIPTIE

Maatregelpakket	
1	TEO (E)
2	TEO (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)
Voorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingperiode	33	2018	2050

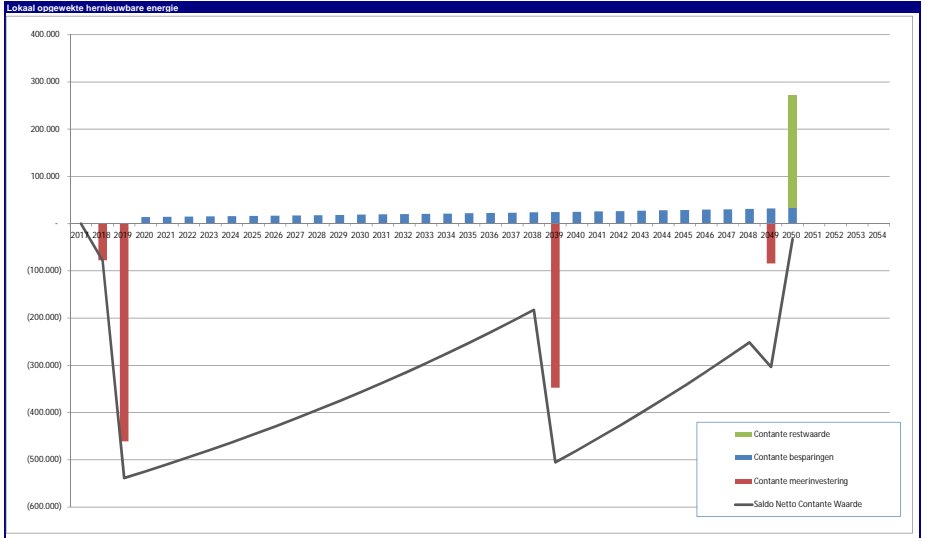
Energie-reductie			
Primaire energie			
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]		511.853
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]		15.867.431
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]		25,05%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]		35.978
Aardgas			
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]		50.430
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]		1.583.330
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]		67.310
Elektriciteit			
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]		-143.660
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]		-4.639.460
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]		-31.333
Warmtelevering			
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]		-
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]		-
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]		-
Koudelevering			
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]		-
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]		-
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]		-

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie			
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]		-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingperiode	[MJ]		-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]		-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]		-

Impact energielabel			
Energietabel			
Energietabel na de energiegreep	[]		0
Energietabel in de huidige situatie	[]		0
Energietabelstap	[]		-
Energie-index			
Energie-index na de energiegreep	[]		0,00
Energie-index in de huidige situatie	[]		0,00
Impact energie-index	[]		0,00

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	804.466
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	695.657
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	1.500.123
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	985.887
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingperiode	constant	[€]	2.485.990
Opbrengsten gedurende beschouwingperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwdeel	constant	[€]	1.665.652
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	985.887
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	695.785
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	530.139
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	1.229.924
Restwaarde op einde beschouwingperiode	constant	[€]	237.256
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	1.467.179

Financiële parameters			
Terugverdientijd			
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]		N.V.T
Effectief rendement			
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]		-270.200
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]		-2,99%
Netto contante waarde met restwaarde	[€]		-32.944
Internal rate of return met restwaarde	[%]		1,22%
CO2-reductie			
Reductie per jaar	[kg]		-3.024
Reductie over gehele beschouwingperiode	[kg]		-93.738
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]		-2,76%



Gebouw 10.000 m2 BVO



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	LWP (E)
2	LWP (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project				
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)	
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018	
Realisatieperiode	1	2019	2019	
Exploitatieperiode	31	2020	2050	
Beschouwingsperiode	33	2018	2050	

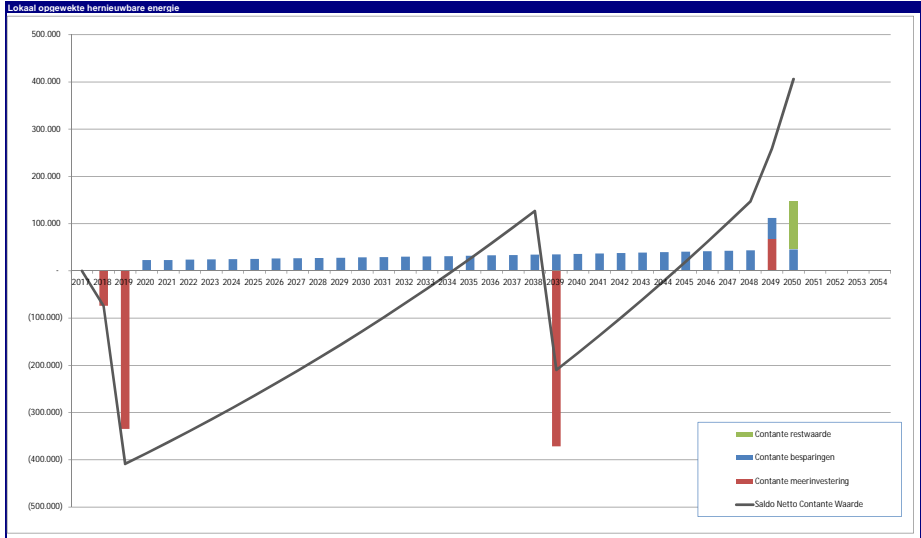
Energie-reductie			
Primaire energie			
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	148.313	
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	4.597.715	
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	4,14%	
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	43.852	
Aardgas			
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	86.630	
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	2.685.530	
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	115.627	
Elektriciteit			
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-343.790	
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-10.657.490	
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-71.975	
Warmtelevering			
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	
Koudelevering			
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie			
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-	
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-	
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-	
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-	

Impact energielabel			
Energietabel			
Energietabel na de energiegreep	[]	0	
Energietabel in de huidige situatie	[]	0	
Energietabelstap	[]	-	
Energie-index			
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00	
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00	
Impact energie-index	[]	0,00	

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	841.881
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	734.858
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	1.576.741
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.886.513
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	3.463.253
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouw/element	constant	[€]	2.904.017
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.886.513
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	1.017.504
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	863.930
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	1.881.434
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	101.632
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	1.983.066

Financiële parameters			
Terugverdientijd			
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	16	
Efficiënt rendement			
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	304.693	
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	5,13%	
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	406.326	
Internal rate of return met restwaarde	[%]	5,70%	
CO2-reductie			
Reductie per jaar	[kg]	-58.948	
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	#####	
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	-30,40%	



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	WK0 met DK
2	WK0 met DK - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project				
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)	
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018	
Realisatieperiode	1	2019	2019	
Exploitatieperiode	31	2020	2050	
Beschouwingsperiode	33	2018	2050	

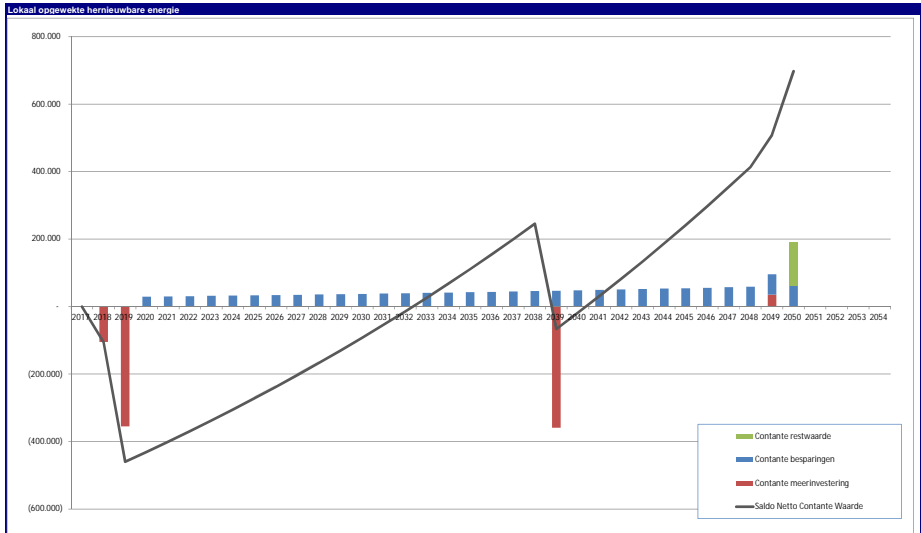
Energie-reductie			
Primaire energie			
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	1.028.027	
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	31.868.838	
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	28,66%	
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	61.608	
Aardgas			
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	78.200	
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	2.424.200	
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	104.376	
Elektriciteit			
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-204.290	
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-6.332.690	
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-42.768	
Warmtelevering			
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	
Koudelevering			
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie			
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-	
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-	
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-	
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-	

Impact energielabel			
Energietabel			
Energietabel na de energiegreep	[]	0	
Energietabel in de huidige situatie	[]	0	
Energietabelstap	[]	-	
Energie-index			
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00	
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00	
Impact energie-index	[]	0,00	

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	893.089
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	754.411
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	1.647.499
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.549.653
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	3.197.152
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouw/element	constant	[€]	2.904.017
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.549.653
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	1.354.364
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	863.930
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	2.218.294
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	127.126
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	2.345.420

Financiële parameters			
Terugverdientijd			
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	14	
Efficiënt rendement			
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	570.794	
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	7,08%	
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	697.920	
Internal rate of return met restwaarde	[%]	7,49%	
CO2-reductie			
Reductie per jaar	[kg]	12.542	
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	388.814	
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	6,47%	





BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (g)
2	TEO met WKO (g) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

Energie-reductie		
Primaire energie		
Reductie primaire energie per jaar	[MJ /]	1.131.559
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	35.078.318
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	31,55%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	64.179
Aardgas		
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 /]	78.200
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	2.424.200
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	104.376
Elektriciteit		
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh /]	-192.000
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-5.952.000
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-40.197
Warmtelevering		
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ /]	-
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-
Koudelevering		
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ /]	-
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

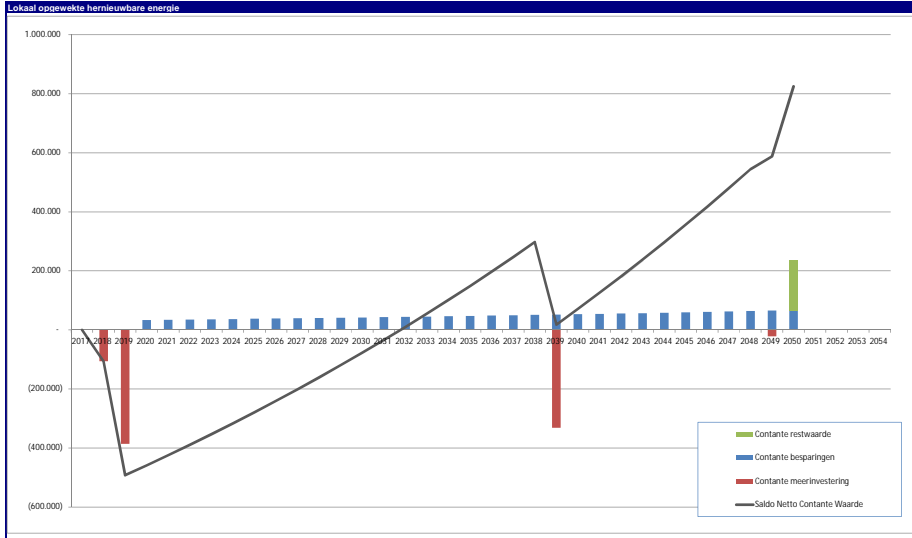
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie		
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel		
Energietabel		
Energietabel na de energiegreep	[]	0
Energietabel in de huidige situatie	[]	0
Energietabelstap	[]	-
Energie-index		
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00
Impact energie-index	[]	0,00

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	925.582
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	783.722
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	1.709.304
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.403.320
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	3.112.624
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	2.504.017
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.403.320
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	1.500.697
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	863.930
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	2.364.627
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	-169.664
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	2.534.291

Financiële parameters			
Terugverdientijd	Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	13
Efficiënt rendement			
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	655.323	
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	7,64%	
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	824.987	
Internal rate of return met restwaarde	[%]	8,10%	

CO2-reductie		
Reductie per jaar	[kg]	20.156
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	624.836
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	10,40%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (E)
2	TEO met WKO (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

Energie-reductie		
Primaire energie		
Reductie primaire energie per jaar	[MJ /]	1.131.442
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	35.074.708
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	31,55%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	68.085
Aardgas		
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 /]	86.630
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	2.685.530
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	115.627
Elektriciteit		
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh /]	-227.190
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-7.042.590
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-47.562
Warmtelevering		
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ /]	-
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-
Koudelevering		
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ /]	-
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

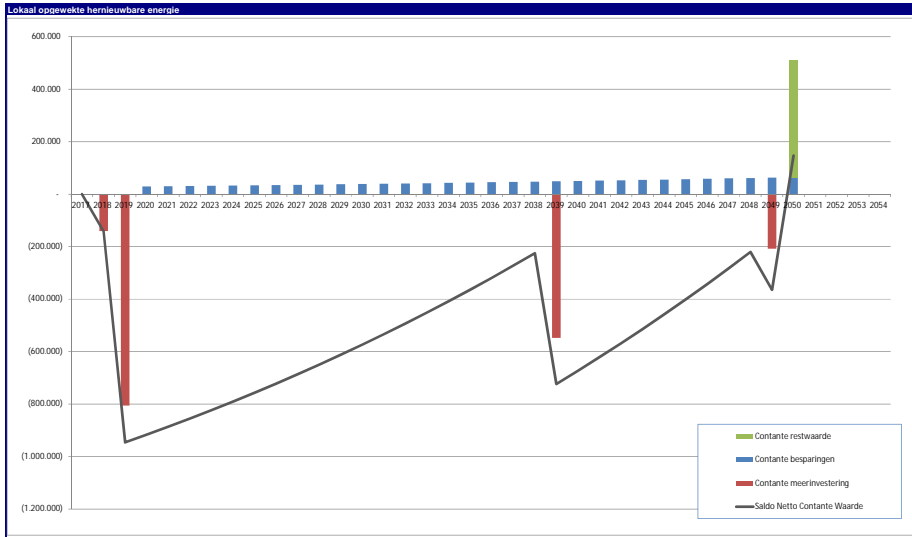
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie		
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel		
Energietabel		
Energietabel na de energiegreep	[]	0
Energietabel in de huidige situatie	[]	0
Energietabelstap	[]	-
Energie-index		
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00
Impact energie-index	[]	0,00

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	1.379.508
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	1.185.470
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	2.564.977
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.509.225
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	4.067.202
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	2.504.017
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.509.225
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	1.401.793
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	863.930
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	2.365.722
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	-446.294
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	2.712.016

Financiële parameters			
Terugverdientijd	Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	31
Efficiënt rendement			
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	-299.255	
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	-1,19%	
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	147.039	
Internal rate of return met restwaarde	[%]	2,26%	

CO2-reductie		
Reductie per jaar	[kg]	13.350
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	413.844
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	6,89%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket

1	TEO met WKO (mono)
2	TEO met WKO (mono) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project

Fasen	# jaar	v.a.v. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

Energie-reductie

Primaire energie

Reductie primaire energie per jaar	[MJ /]	1.040.220
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	32.246.811
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	29,00%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	65.800

Aardgas

Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 /]	86.630
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	2.685.530
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	115.627

Elektriciteit

Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh /]	-238.000
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-7.378.000
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-49.827

Warmtelevering

Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ /]	-
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

Koudelevering

Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ /]	-
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie

Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel

Energietabel

Energietabel na de energiegreep	[]	0
Energietabel in de huidige situatie	[]	0
Energietabelstap	[]	-

Energie-index

Energie-index na de energiegreep	[]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00
Impact energie-index	[]	0,00

Kosten en opbrengsten

Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode

Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	1.342.090
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	1.156.036
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	2.498.126
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.535.154
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	4.033.279

Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode

Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	2.904.017
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.535.154
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	1.368.864
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	863.930
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	2.332.793
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	436.116
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	2.668.910

Financiële parameters

Terugverdientijd

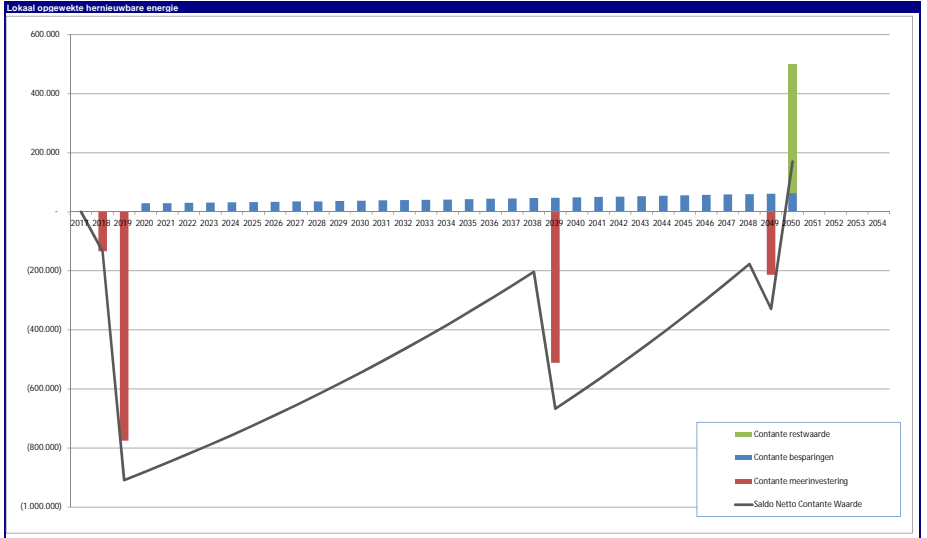
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	31
--	--------	----

Efficiënt rendement

Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	-265.332
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	0,99%
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	170.785
Internal rate of return met restwaarde	[%]	2,42%

CO2-reductie

Reductie per jaar	[kg]	6.641
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	205.883
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	3,43%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket

1	TEO (g)
2	TEO (g) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project

Fasen	# jaar	v.a.v. (1 jan.)	t/m (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

Energie-reductie

Primaire energie

Reductie primaire energie per jaar	[MJ /]	941.706
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	29.192.874
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	26,26%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	53.786

Aardgas

Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 /]	65.850
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	2.041.350
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	87.892

Elektriciteit

Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh /]	-163.000
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-5.093.000
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-34.125

Warmtelevering

Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ /]	-
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

Koudelevering

Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ /]	-
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie

Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel

Energietabel

Energietabel na de energiegreep	[]	0
Energietabel in de huidige situatie	[]	0
Energietabelstap	[]	-

Energie-index

Energie-index na de energiegreep	[]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00
Impact energie-index	[]	0,00

Kosten en opbrengsten

Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode

Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	921.641
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	783.501
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	1.715.242
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.591.325
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	3.306.567

Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode

Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	2.904.017
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.591.325
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	1.312.692
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	863.930
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	2.176.622
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	155.360
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	2.331.981

Financiële parameters

Terugverdientijd

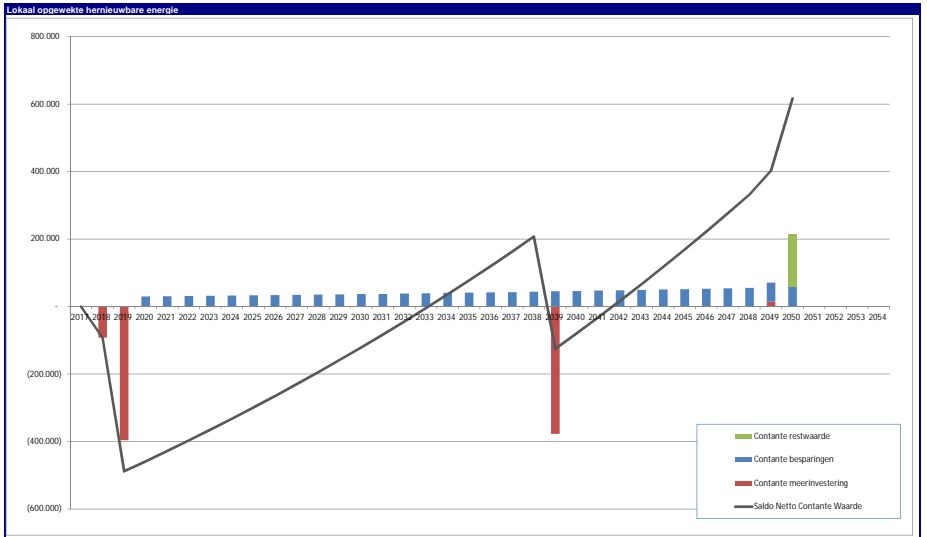
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	15
--	--------	----

Efficiënt rendement

Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	461.380
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	6,15%
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	616.740
Internal rate of return met restwaarde	[%]	6,74%

CO2-reductie

Reductie per jaar	[kg]	16.153
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	500.743
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	8,33%





BESLISCRIPTIE

Maatregelpakket	
1	TEO (E)
2	TEO (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project				
Fasen	# jaar	v.a.	t/m	(31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018	
Realisatieperiode	1	2019	2019	
Exploitatieperiode	31	2020	2050	
Beschouwingperiode	33	2018	2050	

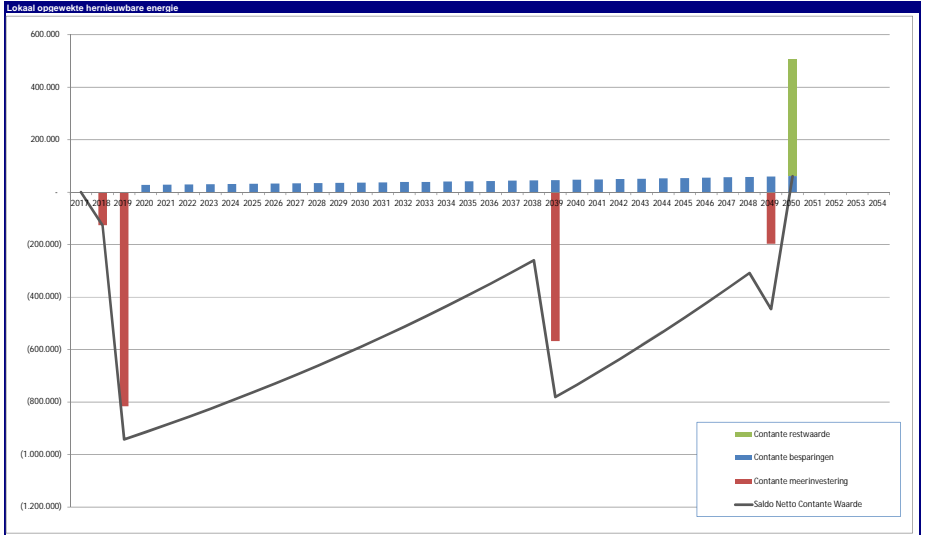
Energie-reductie		
Primaire energie		
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	930.618
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	28.849.153
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	25,95%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	63.078
Aardgas		
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	86.630
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	2.685.530
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	115.627
Elektriciteit		
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-251.000
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-7.781.000
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-52.549
Warmtelevering		
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-
Koudelevering		
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie		
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel		
Energietabel		
Energietabel na de energiegreep	[-]	0
Energietabel in de huidige situatie	[-]	0
Energietabelstap	[-]	-
Energie-index		
Energie-index na de energiegreep	[-]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[-]	0,00
Impact energie-index	[-]	0,00

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	1.375.566
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	1.195.299
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	2.570.865
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.581.438
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	4.152.303
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwdeel	constant	[€]	2.504.017
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	1.581.438
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	1.322.579
Vermieden kosten integrale vervanging	constant	[€]	863.930
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	2.186.509
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	445.136
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	2.631.645

Financiële parameters		
Terugverdientijd		
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	31
Effectief rendement		
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	-384.356
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	-2,24%
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	60.780
Internal rate of return met restwaarde	[%]	1,83%
CO2-reductie		
Reductie per jaar	[kg]	-1.419
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	-43.977
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	-0,73%



Gebouw 20.000 m2 BVO



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	WKO met DK
2	WKO met DK - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

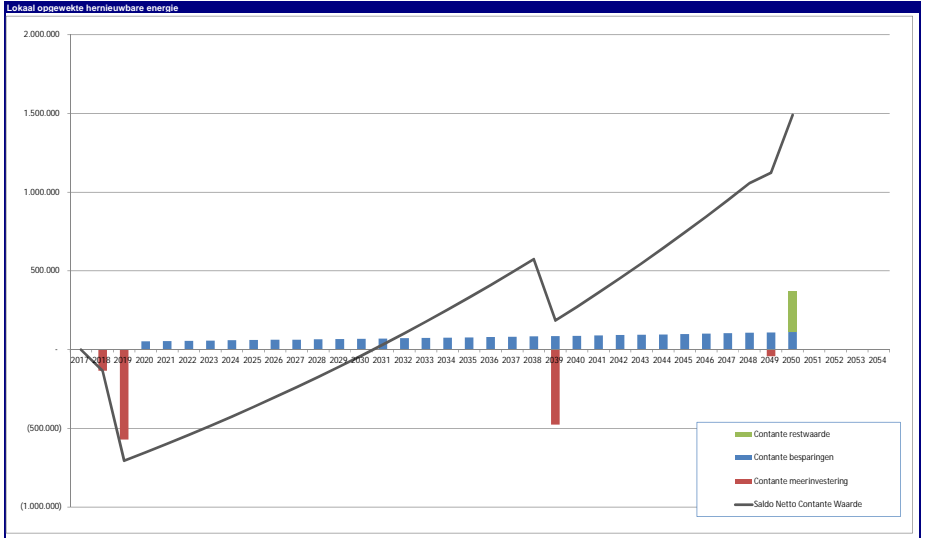
Energie-reductie			
Primaire energie			
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	1.920.331	
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	59.530.246	
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	29,53%	
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	112.293	
Aardgas			
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	140.030	
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	4.340.930	
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	186.902	
Elektriciteit			
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-356.370	
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-11.047.470	
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-74.609	
Warmtelevering			
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	
Koudelevering			
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie		
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel		
Energietabel		
Energietabel na de energiegreep	[]	0
Energietabel in de huidige situatie	[]	0
Energietabelstap	[]	-
Energie-index		
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00
Impact energie-index	[]	0,00

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	1.434.646
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	1.234.961
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	2.670.707
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	2.784.587
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	5.455.294
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	5.245.620
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	2.784.587
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	2.461.033
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	1.452.972
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	3.914.006
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	255.654
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	4.169.660

Financiële parameters		
Terugverdientijd		
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	12
Efficiënt rendement		
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	1.235.299
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	9,03%
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	1.490.953
Internal rate of return met restwaarde	[%]	9,38%
CO2-reductie		
Reductie per jaar	[kg]	28.304
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	877.424
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	8,02%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (g)
2	TEO met WKO (g) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

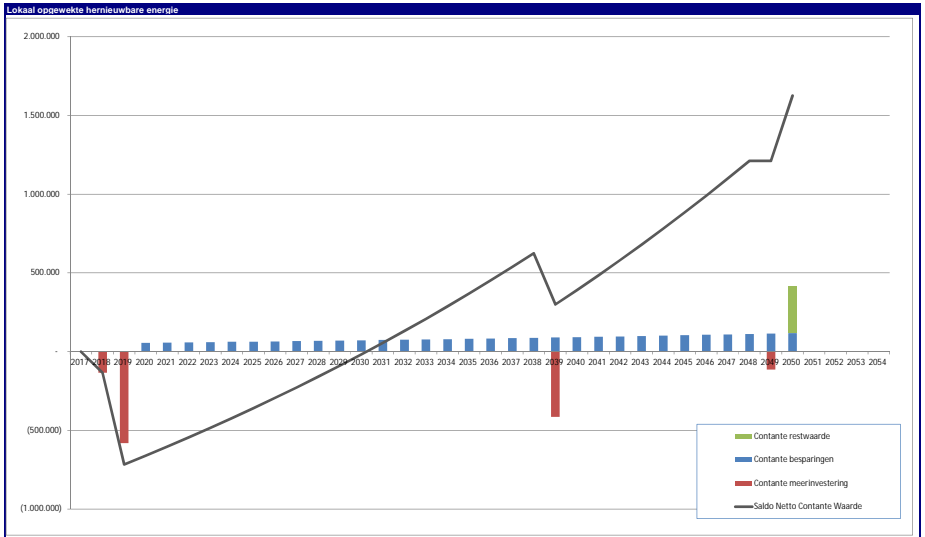
Energie-reductie			
Primaire energie			
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	2.118.035	
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	65.659.098	
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	32,57%	
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	117.202	
Aardgas			
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	140.030	
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	4.340.930	
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	186.902	
Elektriciteit			
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-332.820	
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-10.320.520	
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-69.700	
Warmtelevering			
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	
Koudelevering			
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie		
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel		
Energietabel		
Energietabel na de energiegreep	[]	0
Energietabel in de huidige situatie	[]	0
Energietabelstap	[]	-
Energie-index		
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00
Impact energie-index	[]	0,00

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	1.445.477
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	1.253.728
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	2.699.205
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	2.670.610
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	5.369.815
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	5.245.620
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	2.670.610
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	2.575.010
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	1.452.972
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	4.027.982
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	296.969
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	4.324.952

Financiële parameters		
Terugverdientijd		
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	12
Efficiënt rendement		
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	1.328.777
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	9,46%
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	1.625.747
Internal rate of return met restwaarde	[%]	9,85%
CO2-reductie		
Reductie per jaar	[kg]	42.843
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	1.328.133
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	12,13%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (E)
2	TEO met WKO (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project				
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)	
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018	
Realisatieperiode	1	2019	2019	
Exploitatieperiode	31	2020	2050	
Beschouwingsperiode	33	2018	2050	

Energie-reductie		
Primaire energie		
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	2.110.832
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	65.435.782
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	32,46%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	124.004
Aardgas		
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	155.160
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	4.809.960
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	207.096
Elektriciteit		
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-396.890
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-12.303.590
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-83.052
Warmtelevering		
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-
Koudelevering		
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

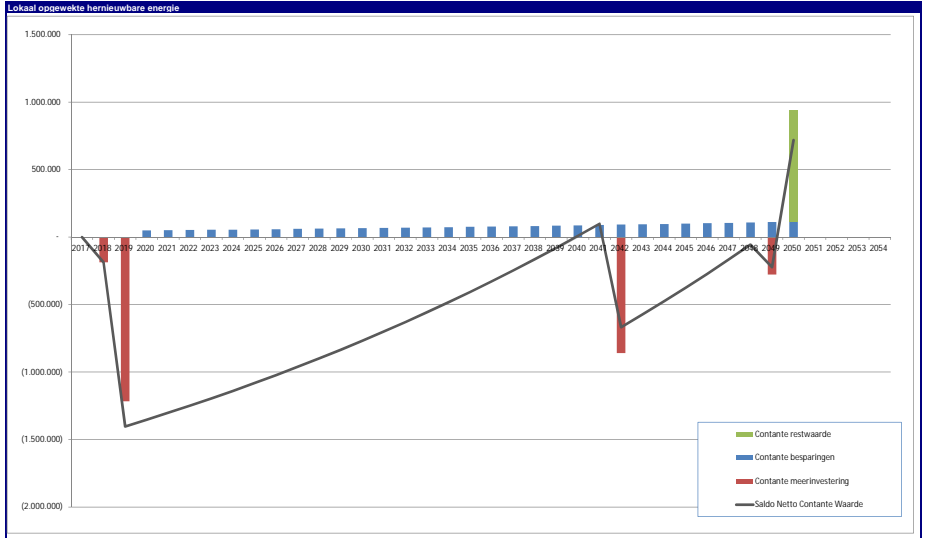
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie		
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel		
Energietabel		
Energietabel na de energiegreep	[-]	0
Energietabel in de huidige situatie	[-]	0
Energietabelstap	[-]	-
Energie-index		
Energie-index na de energiegreep	[-]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[-]	0,00
Impact energie-index	[-]	0,00

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	2.131.781
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	1.880.973
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	3.992.754
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	2.814.068
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	6.806.822
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	5.245.620
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	2.814.068
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	2.431.552
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	1.452.972
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	3.894.524
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	827.774
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	4.712.298

Financiële parameters		
Terugverdientijd		
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	21
Efficiënt rendement		
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	-108.230
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	0,89%
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	718.544
Internal rate of return met restwaarde	[%]	3,82%

CO2-reductie		
Reductie per jaar	[kg]	30.113
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	933.503
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	8,53%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (mono)
2	TEO met WKO (mono) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project				
Fasen	# jaar	v.a. (1 jan.)	t/m (31 dec.)	
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018	
Realisatieperiode	1	2019	2019	
Exploitatieperiode	31	2020	2050	
Beschouwingsperiode	33	2018	2050	

Energie-reductie		
Primaire energie		
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	1.949.296
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	60.428.167
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	29,98%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	119.993
Aardgas		
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	155.160
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	4.809.960
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	207.096
Elektriciteit		
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-416.050
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-12.897.550
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-87.104
Warmtelevering		
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-
Koudelevering		
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-

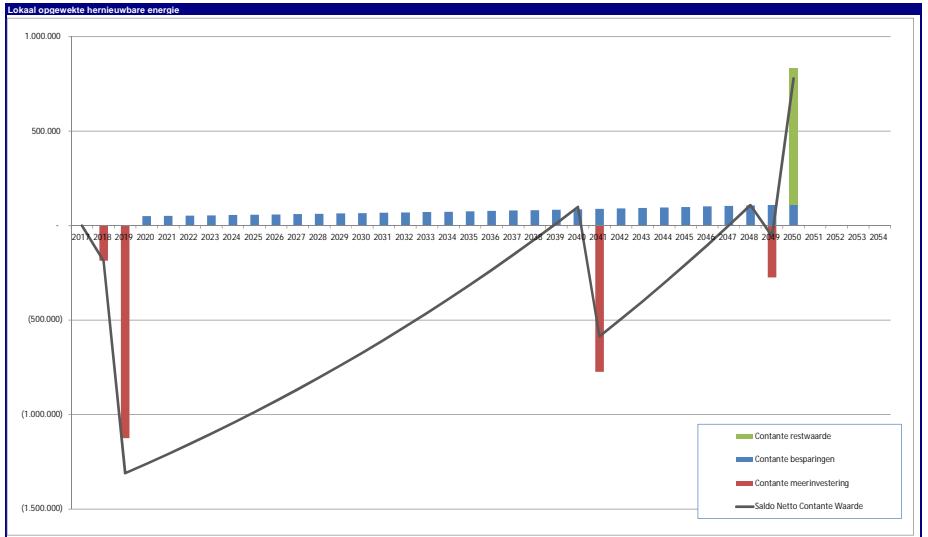
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie		
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-

Impact energielabel		
Energietabel		
Energietabel na de energiegreep	[-]	0
Energietabel in de huidige situatie	[-]	0
Energietabelstap	[-]	-
Energie-index		
Energie-index na de energiegreep	[-]	0,00
Energie-index in de huidige situatie	[-]	0,00
Impact energie-index	[-]	0,00

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	2.039.225
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	1.272.914
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	3.312.139
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	2.828.638
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	6.640.777
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	5.245.620
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	2.828.638
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	2.416.882
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	1.452.972
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	3.899.954
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	721.735
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	4.591.689

Financiële parameters		
Terugverdientijd		
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	20
Efficiënt rendement		
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	57.815
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	1,84%
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	778.550
Internal rate of return met restwaarde	[%]	4,16%

CO2-reductie		
Reductie per jaar	[kg]	18.234
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	565.248
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	5,16%





BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO (g)
2	TEO (g) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

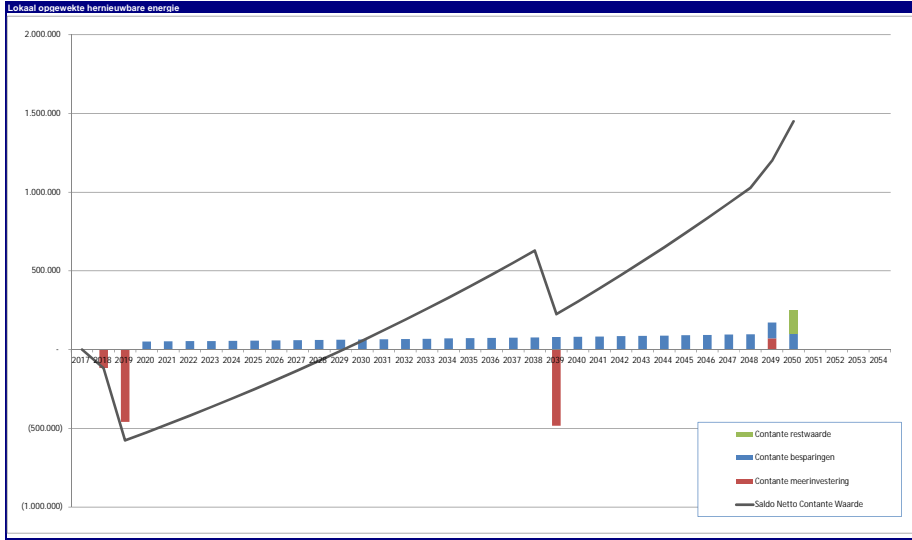
Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j] 1.751.657
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] 54.302.287
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 26,94%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 97.904
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j] 117.920
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 3.655.520
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 157.391
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j] -294.140
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -8.808.340
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -59.487
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[] 0
Energietabel in de huidige situatie	[] 0
Energietabelstap	[] -
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[] 0,00
Impact energie-index	[] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 1.305.655
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 1.136.402
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 2.442.057
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 2.954.654
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] 5.396.711
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€] 5.245.620
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 2.954.654
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 2.290.966
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 1.452.972
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 3.743.938
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 148.053
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 3.891.991

Financiële parameters	
Terugverdientijd	
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar] 11
Efficiënt rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] 1.301.881
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] 10,49%
Netto contante waarde met restwaarde	[€] 1.446.933
Internal rate of return met restwaarde	[%] 10,68%
CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] 33.731
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] 1.045.655
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] 9,55%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO (E)
2	TEO (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

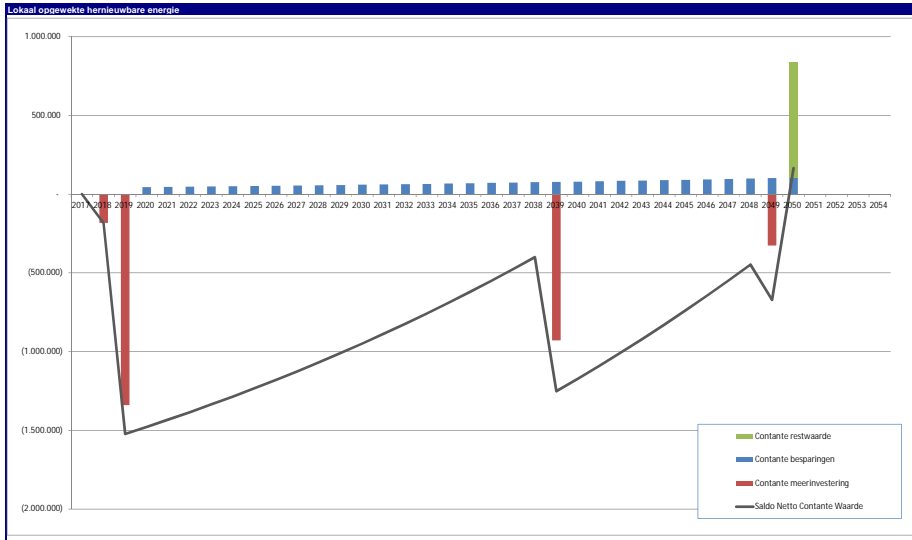
Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j] 1.734.392
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] 53.766.143
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 26,67%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 114.656
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j] 155.160
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 4.809.960
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 207.096
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j] -441.540
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -13.697.740
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -92.440
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[] 0
Energietabel in de huidige situatie	[] 0
Energietabelstap	[] -
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[] 0,00
Impact energie-index	[] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 2.251.907
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 1.979.078
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 4.230.985
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 3.034.420
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] 7.265.405
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€] 5.245.620
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 3.034.420
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 2.211.200
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 1.452.972
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 3.694.172
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 732.075
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 4.396.247

Financiële parameters	
Terugverdientijd	
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar] 31
Efficiënt rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] -566.813
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] -1,74%
Netto contante waarde met restwaarde	[€] 165.262
Internal rate of return met restwaarde	[%] 2,04%
CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] 2.430
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] 75.330
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] 0,69%



Gebouw 50.000 m2 BVO

BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	WKO met DK
2	WKO met DK - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

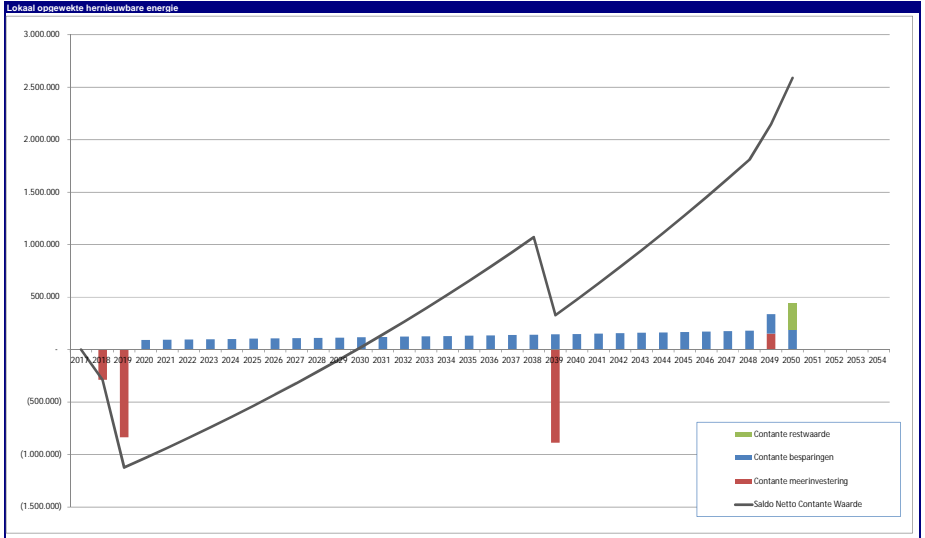
Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j] 4.597.137
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] #####
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 31,24%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 186.274
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j] 309.360
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 9.590.160
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 342.296
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j] -745.240
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -23.102.440
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -156.022
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[-] 0
Energietabel in de huidige situatie	[-] 0
Energietabelstap	[-] 0
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[-] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[-] 0,00
Impact energie-index	[-] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 2.807.264
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 2.409.687
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 5.216.951
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 6.004.446
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] #####
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€] #####
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 6.004.446
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 4.196.075
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 3.357.544
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 7.553.619
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 251.414
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 7.805.033

Financiële parameters	
Terugverdientijd	
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar] 11
Effectief rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] 2.336.668
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] 3,76%
Netto contante waarde met restwaarde	[€] 2.568.081
Internal rate of return met restwaarde	[%] 9,95%
CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] 88.612
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] 2.746.972
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] 11,00%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (g)
2	TEO met WKO (g) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

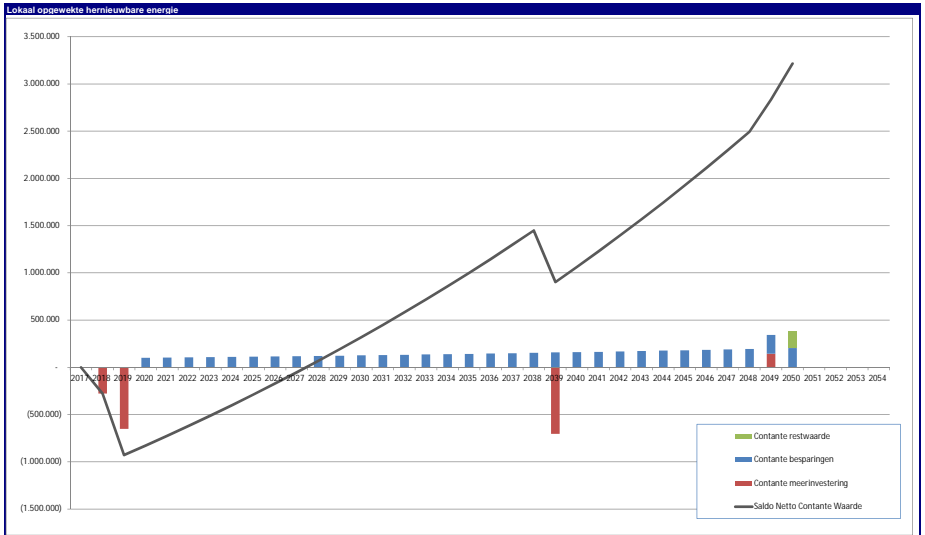
Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j] 4.991.030
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] #####
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 33,92%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 196.055
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j] 309.360
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 9.590.160
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 342.296
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j] -690.530
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -21.654.120
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -146.241
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[-] 0
Energietabel in de huidige situatie	[-] 0
Energietabelstap	[-] 0
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[-] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[-] 0,00
Impact energie-index	[-] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 2.612.303
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 2.233.132
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 4.845.435
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 5.673.890
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] #####
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant [€] #####
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 5.673.890
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 4.526.631
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 3.357.544
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 7.884.175
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 176.694
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 8.060.869

Financiële parameters	
Terugverdientijd	
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar] 9
Effectief rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] 3.038.740
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] 13,69%
Netto contante waarde met restwaarde	[€] 3.215.434
Internal rate of return met restwaarde	[%] 13,13%
CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] 117.578
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] 3.644.930
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] 14,59%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (E)
2	TEO met WKO (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a.o. (1 jan.)	t.o.v. (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

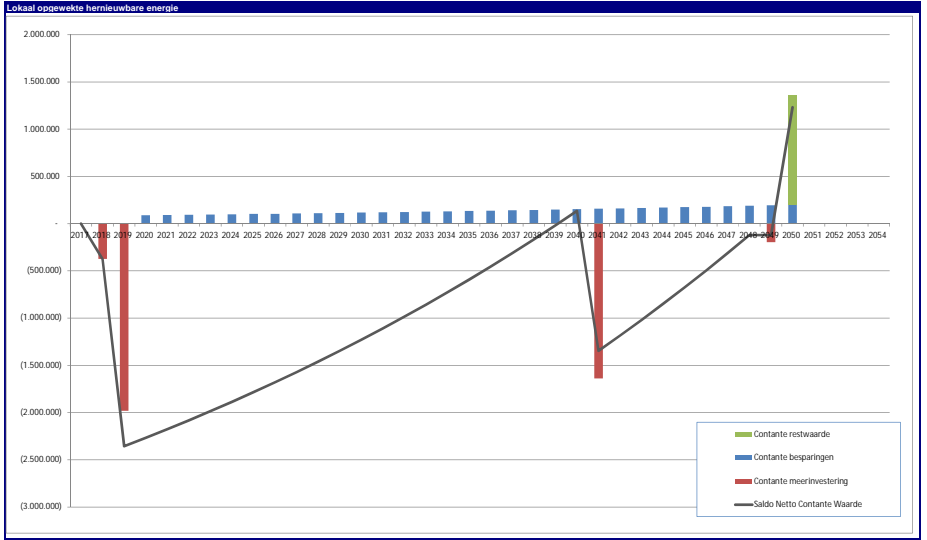
Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j] 4.975.511
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] #####
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 33,81%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 211.024
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j] 342.640
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 10.621.940
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 386.716
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j] -839.193
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -26.014.890
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -175.691
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[] 0
Energietabel in de huidige situatie	[] 0
Energietabelstap	[] -
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[] 0,00
Impact energie-index	[] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 4.040.050
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 3.506.816
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 7.546.866
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 5.933.388
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] #####
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwlelement	constant [€] #####
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 5.933.388
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 4.267.133
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 3.357.544
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 7.533.677
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 1.154.580
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 8.779.258

Financiële parameters	
Terugverdientijd	
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar] 21
Effectief rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] 77.812
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] 1,75%
Netto contante waarde met restwaarde	[€] 1.232.393
Internal rate of return met restwaarde	[%] 3,85%
CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] 89.601
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] 2.777.643
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] 11,12%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO met WKO (mono)
2	TEO met WKO (mono) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	v.a.o. (1 jan.)	t.o.v. (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

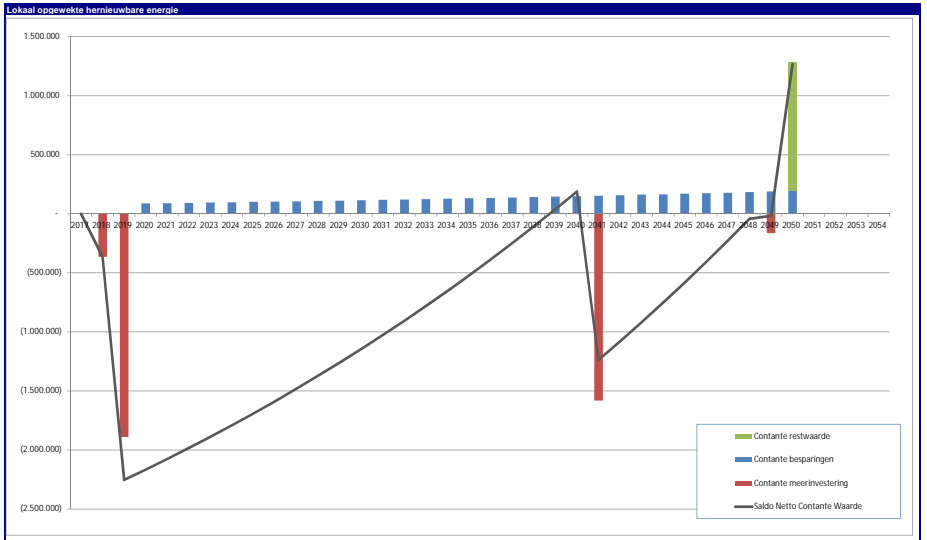
Energie-reductie	
Primaire energie	
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j] 4.666.686
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ] #####
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%] 31,71%
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 203.356
Aardgas	
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j] 342.640
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3] 10.621.940
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] 386.716
Elektriciteit	
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j] -875.620
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh] -27.150.420
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -183.360
Warmtelevering	
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -
Koudelevering	
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j] -
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ] -
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€] -

Lokaal opgewekte hernieuwbare energie	
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ] -
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ] -
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%] -
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%] -

Impact energielabel	
Energietabel	
Energietabel na de energiegreep	[] 0
Energietabel in de huidige situatie	[] 0
Energietabelstap	[] -
Energie-index	
Energie-index na de energiegreep	[] 0,00
Energie-index in de huidige situatie	[] 0,00
Impact energie-index	[] 0,00

Kosten en opbrengsten	
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant [€] 3.937.645
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant [€] 3.418.631
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant [€] 7.356.276
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 6.024.516
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant [€] #####
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode	
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwlelement	constant [€] #####
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant [€] 6.024.516
Besparing in exploitatiekosten	constant [€] 4.176.004
Vermijden kosten integrale vervanging	constant [€] 3.357.544
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant [€] 7.533.549
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant [€] 1.090.767
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant [€] 8.624.316

Financiële parameters	
Terugverdientijd	
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar] 20
Effectief rendement	
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€] 177.273
Internal rate of return zonder restwaarde	[%] 2,05%
Netto contante waarde met restwaarde	[€] 1.268.040
Internal rate of return met restwaarde	[%] 4,01%
CO2-reductie	
Reductie per jaar	[kg] 66.891
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg] 2.073.615
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%] 8,30%



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO (g)
2	TEO (g) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

Energie-reductie			
Primaire energie			
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	4.051.401	
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	#####	
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	27,53%	
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	150.184	
Aardgas			
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	260.510	
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	8.075.810	
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	277.095	
Elektriciteit			
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-406.190	
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-18.791.890	
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-126.911	
Warmtelevering			
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	
Koudelevering			
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	

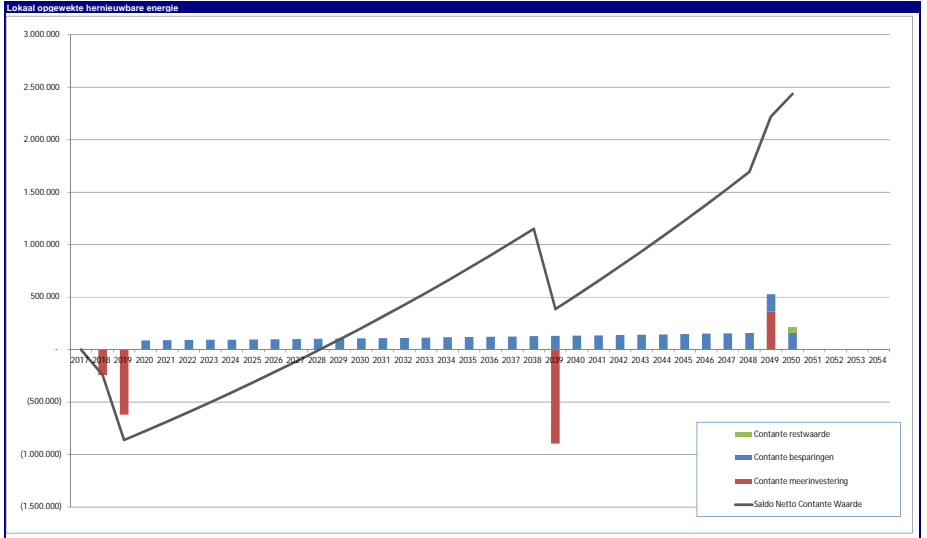
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie			
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-	
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-	
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-	
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-	

Impact energielabel			
Energietabel			
Energietabel na de energiegreep	[]	0	
Energietabel in de huidige situatie	[]	0	
Energietabelstap	[]	-	
Energie-index			
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00	
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00	
Impact energie-index	[]	0,00	

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	2.545.341
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	2.204.145
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	4.749.486
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	6.420.959
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	#####
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	#####
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	6.420.959
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	3.779.562
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	3.357.544
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	7.137.106
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	49.209
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	7.186.316

Financiële parameters			
Terugverdientijd			
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	10	
Efficiënt rendement			
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	2.387.620	
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	11,85%	
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	2.436.830	
Internal rate of return met restwaarde	[%]	11,89%	

CO2-reductie			
Reductie per jaar	[kg]	87.870	
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	2.723.970	
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	10,90%	



BESLISCRITERIA

Maatregelpakket	
1	TEO (E)
2	TEO (E) - herinvestering
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Fasen van het project			
Fasen	# jaar	van (1 jan.)	tot (31 dec.)
Vorbereidingsperiode	1	2018	2018
Realisatieperiode	1	2019	2019
Exploitatieperiode	31	2020	2050
Beschouwingsperiode	33	2018	2050

Energie-reductie			
Primaire energie			
Reductie primaire energie per jaar	[MJ / j]	4.013.459	
Reductie primaire energie over exploitatieperiode	[MJ]	#####	
Besparing ten opzichte van huidige situatie per jaar	[%]	27,27%	
Kostenbesparing totale energieverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	187.135	
Aardgas			
Reductie aardgasgebruik per jaar	[m3 / j]	342.640	
Reductie aardgasgebruik over exploitatieperiode	[m3]	10.621.940	
Kostenbesparing gasverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	386.716	
Elektriciteit			
Reductie elektriciteitsgebruik per jaar	[kWh / j]	-853.300	
Reductie elektriciteitsgebruik over exploitatieperiode	[kWh]	-29.552.300	
Kostenbesparing elektriciteitsverbruik t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-199.581	
Warmtelevering			
Reductie externe warmtelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe warmtelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe warmtelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	
Koudelevering			
Reductie externe koudelevering per jaar	[MJ / j]	-	
Reductie externe koudelevering over exploitatieperiode	[MJ]	-	
Kostenbesparing externe koudelevering t.o.v. huidige situatie per jaar	[€]	-	

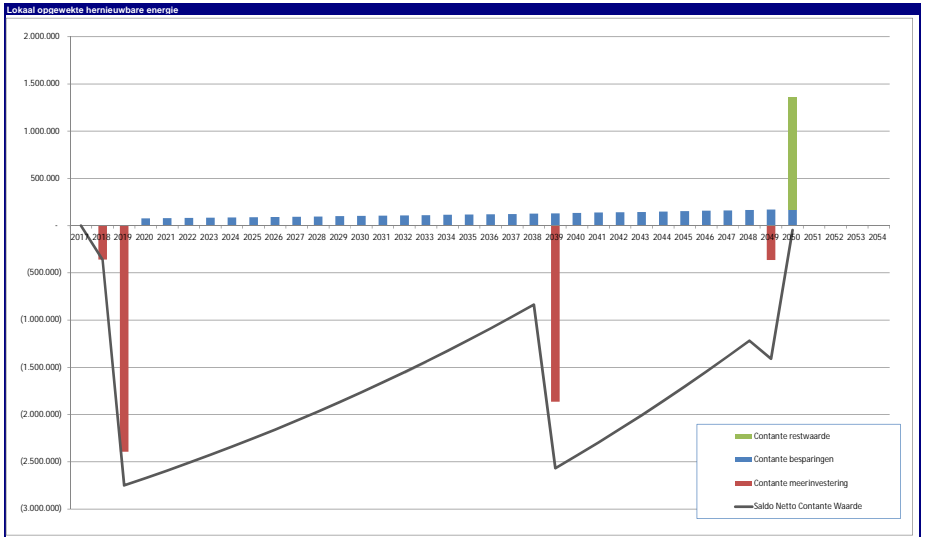
Lokaal opgewekte hernieuwbare energie			
Primaire energie opgewekt door maatregelen per jaar	[MJ]	-	
Primaire energie opgewekt door maatregelen over beschouwingsperiode	[MJ]	-	
Percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie door maatregelen	[%]	-	
Totaal percentage lokaal opgewekte hernieuwbare energie in nieuwe situatie	[%]	-	

Impact energielabel			
Energietabel			
Energietabel na de energiegreep	[]	0	
Energietabel in de huidige situatie	[]	0	
Energietabelstap	[]	-	
Energie-index			
Energie-index na de energiegreep	[]	0,00	
Energie-index in de huidige situatie	[]	0,00	
Impact energie-index	[]	0,00	

Kosten en opbrengsten			
Levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode			
Aanvangsinvestering maatregelpakket	constant	[€]	4.433.902
Herinvestering maatregelpakket & vervroegde afschrijving	constant	[€]	3.899.438
Totaal investeringen en herinvesteringen	constant	[€]	8.333.340
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	6.457.988
Totaal levensduurkosten gedurende beschouwingsperiode	constant	[€]	#####
Opbrengsten gedurende beschouwingsperiode			
Exploitatiekosten bij huidige installatie of bouwelement	constant	[€]	#####
Exploitatiekosten bij invoering maatregelpakket	constant	[€]	6.457.988
Besparing in exploitatiekosten	constant	[€]	3.742.532
Vermijden kosten integrale vervanging	constant	[€]	3.357.544
Totaal opbrengsten exclusief restwaarde	constant	[€]	7.100.077
Restwaarde op einde beschouwingsperiode	constant	[€]	1.186.769
Totaal opbrengsten inclusief restwaarde	constant	[€]	8.286.846

Financiële parameters			
Terugverdientijd			
Terugverdientijd van het maatregelpakket	[jaar]	N.V.T	
Efficiënt rendement			
Netto contante waarde zonder restwaarde	[€]	#####	
Internal rate of return zonder restwaarde	[%]	-2,24%	
Netto contante waarde met restwaarde	[€]	-6.425	
Internal rate of return met restwaarde	[%]	1,44%	

CO2-reductie			
Reductie per jaar	[kg]	18.853	
Reductie over gehele beschouwingsperiode	[kg]	584.449	
Besparing ten opzichte van de huidige situatie per jaar	[%]	2,34%	



Bijlage 8

Beslisschema TEO installatie

Toelichting schema voor het bepalen van haalbaarheid specifiek gebouw

Voor het bepalen van de haalbaarheid spelen verschillende aspecten een rol. De invloed op het energielabel is belangrijk om aan toekomstige duurzaamheidseisen te kunnen voldoen. De financiële haalbaarheid is belangrijk om zo veel mogelijk budget over te houden voor andere investeringsprojecten. Daarnaast spelen er zaken waardoor de TEO-installatie de omgeving beïnvloed of andersom, waardoor de omgeving voorwaarden stelt aan de TEO-installatie.

Een beslisschema is opgesteld om efficiënt een algemeen oordeel te kunnen geven aan een specifieke type TEO-installatie. Om het schema te gebruiken is een kleine hoeveelheid informatie nodig over een gebouw en haar omgeving. De benodigde gegevens zijn:

- Bruto vloer oppervlak
- Afstand tot het water
- Type oppervlaktewater (stromend of stilstaand)
- Watersnelheid of wateroppervlakte

De hulpmiddelen/methoden, die in deze studie ontwikkeld zijn, worden gebruikt om per haalbaarheidsaspect tot een oordeel te komen. Deze methoden zijn:

- Labeluitkomsten, Tabel 7
- Kostenkallentabel bijlage 4
- Risicotabel waterkwaliteit, Tabel 14

De resultaten die volgen uit de methoden geven een indicatie van de haalbaarheid voor het betreffende aspect van de toepassing van de TEO installatie. Dit is in het beslisschema deze bijlage aangegeven met een stoplichtkleur. Een groen licht geeft aan dat de kans groot is dat uit nader onderzoek zal blijken dat een TEO-installatie haalbaar is voor een gebouw. Een oranje licht geeft aan dat er een goede kans is dat één of meerdere aspecten een risico vormen voor de haalbaarheid. Een rood licht geeft aan dat het gekozen systeem zeer waarschijnlijk niet mogelijk of niet haalbaar is, bijvoorbeeld vanwege het effect op de waterkwaliteit of een te lange terugverdientijd.

Bijlage 8: Beslisschema TEO installatie

