Working Paper

서울시 에너지정책 개별사업의 효과산정 방법

A Study on Evaluation Method for the Energy Saving Project and Energy Production Project of Seoul Metropolitan Government

조항문 김민제



서울시 에너지정책 개별사업의 효과산정 방법

∖ 연구책임

조항문 서울연구원 안전환경연구실 연구위원

연구진

구인 01-김민제 서울연구원 안전환경연구실 연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서 서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

요약

에너지정책 개별사업의 성과 측정할 때 준공시기 고려해 연간 생산·절감량 설정

신재생에너지 생산량 평가 시 월별 발전량실제 사용기간 고려

① 태양광발전(사업용)

1kW 태양광발전설비의 연간발전량은 1,358kWh(3.72kWh/kW/일)를 적용하도록 「신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침」에 명시되어 있으나, 지역별 발전량은 제시되지 않았다. 태양광설비의 1kW당 단위발전량을 분석한 결과 서울시는 1일 평균 3.554kWh, 전국은 3.542kWh로 지침에 제시된 기준보다 낮게 나타났다. [표 1]에 나타낸 바와 같이 서울지역 5월의 발전량 (4.695kWh/kW/일)은 12월 발전량(2.605 kWh/kW/일) 대비 80% 높게 나타났다.

[표 1] 서울지역 사업용 태양광발전설비 1MW당 에너지 생산량과 온실가스 감축량

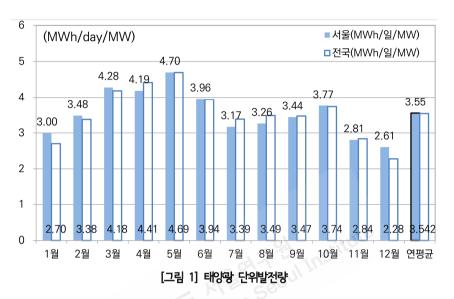
			WO			
구분	단위생산량	월간 발전일	발전량	최종에너지	1차에너지	CO₂ 감축량
下正	(MWh/MW/일)	(일/월)	(MWh)	(TOE)	(TOE)	(톤CO₂eq)
1월	2.995	31	92.8	7.98	19.58	41.1
2월	3.484	28	97.6	8.39	20.58	43.2
3월	4.278	31	132.6	11.41	27.98	58.7
4월	4.185	30	125.6	10.80	26.49	55.6
5월	4.695	31	145.5	12,52	30.71	64.4
6월	3.956	30	118.7	10.21	25.04	52.6
7월	3,171	31	98.3	8.45	20.74	43.5
8월	3.263	31	101.2	8.70	21.34	44.8
9월	3,441	30	103.2	8.88	21.78	45.7
10월	3.765	31	116.7	10.04	24.63	51.7
11월	2,806	30	84.2	7.24	17.76	37.3
12월	2,605	31	80.8	6.94	17.04	35.8
연간	3.554	365	1,297	111.5	273.7	574.3

TOE(ton of oil equivalent): 원유 1톤의 열량. 1TOE는 10⁷kcal임

최종에너지: 소비자에게 제공되는 에너지

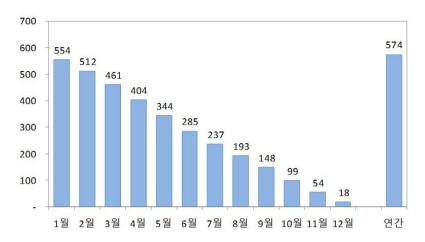
1차에너지: 자연이 제공한 그대로의 가공하지 않은 에너지.여기서는 전력을 생산하기 위해 투입된 에너지를 의미함

태양광발전설비가 준공된 해에는 준공된 시점에서 12월 31일까지의 생산량을 성과로 산정해야 하는 바, [표 1]에 제시된 결과를 활용하여 12월까지 합산하면 [그림 2]와 같이 준공당년의 생산량을 산출할 수 있다. 다만 준공 월은 생산량의 50%를 적용한다.





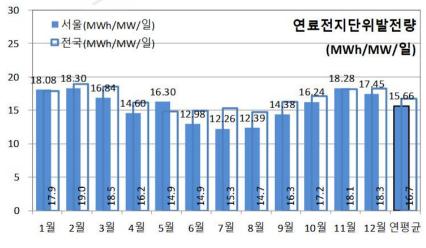
[그림 2] 서울지역 준공월별 당년 태양광 1MW당 에너지 생산량(TOE)



[그림 3] 서울지역 준공월별 당년 태양광 1MW당 온실가스 감축량(tCO2eq)

② 수소연료전지발전

「신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침」에는 연간 수소연료전지의 단위에너지 생산량을 9,392kWh/kWyr(25.73kWh/kW·day)로 명시하고 있다. 열생산량과 전력생산량에 대한 구분이 없어 실질적인 에너지 생산량과 온실가스 감축량 평가에 적용할 수 없다. 전력거래소 자료를 분석한 결과 서울지역의 연료전지 단위발전량은 15.66MWh/MW/일로 전국 평균 (16.75MWh/MW/일)보다 낮다.



[그림 4] 연료전지 단위발전량

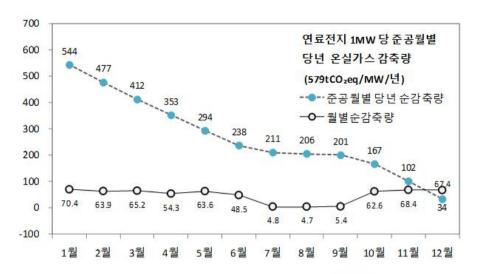
월별 발전량은 2월이 18.30MWh/MW/일로 가장 높았고, 7월이 12.26MWh/MW/일로 가장 낮았다. 1일 평균 전력생산량과 열생산량(8.70MWh/MW/일)을 합한 단위생산량은 24.36 MWh/MW/일로 나타났다.

[# 2] 서울지연 연료적지 1MM당 에너지 생사량과 오식가스 간	ᄎ랴

구분	1일생산당	₅ŧ,MWh/	'MW/일	기간별	생산량,	MWh	최종에너지	1차에너	시 생산	량, TOE	온실가스
一正	전기	열	합계	전기	鋄괴	합계	생산량, TOE	투입	생산	순생산	감축,CO₂eq
1월	18.08	10.04	28.12	560.4	311.4	871.8	71.5	107.1	143.7	36.6	70.40
2월	18.30	10.17	28.47	512.3	284.6	796.9	65.3	97.9	141.1	43.2	63.93
3월	16.84	9.35	26.19	521.9	290.0	811.9	66.6	99.7	143.8	44.1	65.27
4월	14.60	8.11	22.71	438.0	243.4	681.4	55.9	83.7	120.7	37	54.32
5월	16.30	9.05	25.35	505.1	280.6	785.7	64.4	96.5	139.2	42.7	63.60
6월	12.98	7.21	20.19	389.3	216.3	605.6	49.6	74.4	107.2	32.8	48.55
7월	12.26	-	12.26	380.1	-	380.1	31.2	72.6	87.4	14.8	4.80
8월	12.39	-	12.39	384.2	-	384.2	31.5	73.4	88.4	15	4.70
9월	14.38	-	14.38	431.4	-	431.4	35.4	82.4	99.2	16.8	5.40
10월	16.24	9.02	25.26	503.3	279.6	782.9	64.2	96.2	138.7	42.5	62.56
11월	18.28	10.16	28.44	548.3	304.6	852.9	70	104.8	151.1	46.3	68.40
12월	17.45	9.70	27.15	541.0	300.6	841.6	69	103.4	149	45.6	67.40
연간	15.66	8.70	24.36	5,715	2,511	8,226	675	1,092	1,412	320	579.4



[그림 5] 서울지역 연료전지 준공월별 당년 에너지 생산량(TOE)



[그림 6] 서울지역 연료전지 1MW당 준공월별 당년 온실가스(감축량579tCO2eq/년)

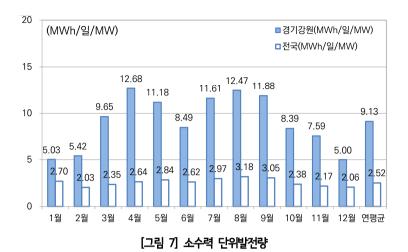
③ 소수력발전

서울시 내에는 소수력발전 설비가 없어 경기도와 강원도 지역의 소수력발전량을 분석하여 단위 발전량을 산정하였다. 연평균 9.1MWh/MW/일의 전력을 생산하며, 생산량이 가장 높은 달과 낮은 달은 4월과 1월로 각각 12.7MWh/MW/일, 5.0MWh/MW/일의 전력을 생산한다.

[표 3] 월별 소수력 단위생신량

(단위: MWh/MW/일)

준공월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간
생산량	5.0	5.4	9.7	12.7	11.2	8.5	11.6	12.5	11.9	8.4	7.6	5.0	9.1



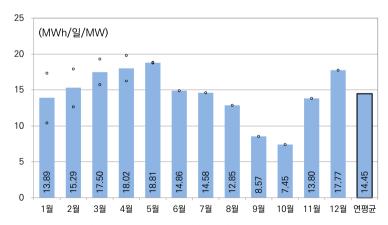
④ 바이오가스 열병합발전

서울시 바이오가스 열병합발전 설비의 단위발전량은 연평균 14.45MWh/MW/일로, 전국의 9.23MWh/MW/일보다 높은 수준이다. 월별 발전량은 5월이 18.81MWh/MW/일로 가장 높고 10월이 7.45MWh/MW/일로 가장 낮게 나타났다.

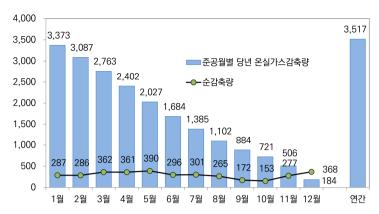
[표 4] 바이오가스 열병합발전 설비 단위 발전량

(단위: MWh/MW/일)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
서울	13,89	15.29	17.51	18.02	18,81	14.86	14.58	12.85	8.57	7.45	13.80	17.77	14.45
전국	9.28	8.92	9.47	8.86	10.26	8.44	8.25	8.03	8.95	10.16	9.62	10.42	9.23



[그림 8] 바이오가스 CHP 단위발전량(2015.1 ~ 2016.5)



[그림 9] 서울시 준공월별 바이오가스 CHP 1MW당 당년 온실가스 감축량 (3,517tCO₂eq/년)

에너지효율화사업 평가 시 사업 완료시점 계절별 사용시간 적용

① 녹색건축물 설계기준 강화

- جالاراز 본 연구는 2014년 「에너지살림도시, 서울 종합계획」의 강화된 신축건축물 에너지소비총량 기준 에 따라 에너지 절감량을 산정하였다.

[표 5] 신축건축물 에너지소비총량 기준

(단위: kWh/m²·y)

구 분	2014년	2015년	2020년
주거용	190	180	170 ~150
비주거용	280	270	260 ~240

자료: 「에너지살림도시, 서울」 종합계획

그 결과 기존의 성과산정 방법보다 주거용 건물의 1차에너지 절감량은 0.005TOE/m² 증가하 였고, 비주거용 건물의 1차에너지 절감량은 0.014TOE/m² 증가하였다. 온실가스 감축량은 주 거용 건물이 0.040tonCO₂/m², 비주거용 건물이 0.0555tonCO₂/m² 감소하였다.

[표 6] 녹색건축물 설계기준 강화에 따른 에너지저감 효과산정 비교

 구분		시 절감량 =/m²)	_	지 절감량 :/m²)	온실가스 감축량 (tonCO₂/㎡)		
	주거용	비주거용	주거용	비주거용	주거용	비주거용	
기존방법	0.030	0.046	_	-	0.070	0.107	
개선안	0.035	0.060	0.013	0.022	0.030	0.052	
증감량	▲0.005	▲0.014	_	ı	▼0.040	▼0.055	

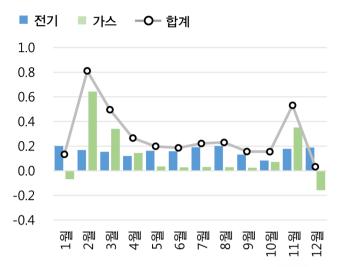
② 기축건물 에너지효율 개선

건물에너지 효율화사업 추진항목 중 가장 선호도가 높고 개선이 용이한 내·외벽단열재, 단열창호, 조명시설 효율향상공사(LED)의 3개 항목에 대해 시뮬레이션을 진행하였다.

건물에너지합리화사업(BRP; Building Retrofit Project) 추진에 따른 업무용 기축건물의 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 22.534kWh, 가스 1.414N㎡, 최종에너지 3.412kgOE이며, 온실가스 감축량은 13.476kgCO₂로 산출되었다. 전기 절감량은 1월이 2.335kWh로 가장 높았고, 가스 절감량은 2월이 0.616N㎡로 가장 높았다. 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량은 2월이 각각 0.811kgOE, 2.254kgCO₂로 가장 높았다.

[표 7] BRP 추진에 따른 단위면적당 에너지 절감량(기축건물)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월
최종에너지 (kgOE/m²)	0.133	0.811	0.495	0.265	0.198	0.186	0.222
구분	8월	9월	10월	11월	12월	연	간
최종에너지 (kgOE/m²)	0.23	0.156	0.155	0.531	0.031	3.4	112



[그림 10] BRP 추진에 따른 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/㎡)

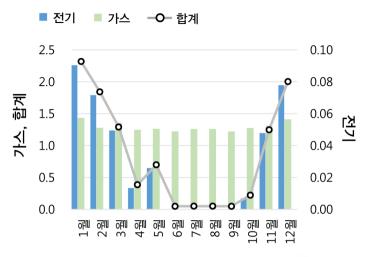
③ 주택 에너지효율 개선사업

기축건물의 에너지효율 개선사업과 동일하게 내·외벽단열재, 단열창호, 조명시설 효율향상공사 (LED)의 3개 항목에 대해 시뮬레이션을 진행하였다.

BRP 추진에 따른 공동주택의 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 7.2kWh, 가스 $9.2Nm^3$, 최종에너지 10.2kgOE이며, 온실가스 감축량은 $23.5kgCO_2$ 로 산출되었다. 전기 절감량과 가스절감량은 1월이 각각 0.7kWh, $2.2Nm^3$ 로 가장 높았고, 최종에너지와 온실가스 감축량 또한 1월이 각각 2.3kgOE, $5.1kgCO_2$ 로 가장 높았다.

[표 8] BRP 추진에 따른 단위면적당 에너지 절감량(공동주택)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월
최종에너지 (kgOE/m²)	2.317	1.842	1.291	0.385	0.698	0.049	0.05
구분	8월	9월	10월	11월	12월	연	 간
최종에너지 (kgOE/m²)	0.05	0.049	0.223	1.248	2.003	2.3	317



[그림 11] BRP 추진에 따른 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/m²)

BRP 추진에 따른 단독주택의 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 6.5 kWh, 가스 3.5Nm^3 , 최종에너지 4.2 kgOE이며, 온실가스 감축량은 10.6kgCO_2 로 산출되었다. 전기 절감량은 7월이 0.7 kWh로 가장 높았고, 가스절감량은 1월이 0.8Nm^3 로 가장 높았다. 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량은 1월이 각각 0.9 kgOE, 2.0kgCO_2 로 가장 높았다.

[표 9] BRP 추진에 따른 단위면적당 에너지 절감량(단독주택)

 구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월
최종에너지 (kgOE/m²)	0.863	0.699	0.576	0.327	0.078	0.046	0.064
구분	8월	9월	10월	11월	12월	연	간
최종에너지 (kgOE/m²)	0.062	0.054	0.168	0.49	0.732	4.1	61

④ 사회복지시설(경로당) BRP

사회복지시설의 에너지효율 개선사업의 성과측정은 기존의 성과산정 방법과 동일하게 2012년 사회복지시설 BRP 시행에 따른 평균 에너지저감 효과를 적용하여 산정하였다. 그 결과 최종에 너지 절감량은 12.958TOE/개소, 온실가스 감축량은 53.110tonCO₂/개소로 나타났다.

ſ₩	101	사회보지시석	에너지효율	개선사업의	에너지저간	효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량 (TOE/개소)	최종에너지 절감량 (TOE/개소)	온실가스 감축량 (tonCO₂/개소)
기존방법	34,655	-	-
개선안	34,655	12.958	53.110
증감량	▲0.00	-	-

⑤ 공공임대주택 에너지효율화 사업

기존의 가구당 대기전력 및 가스 절감량을 본 연구에 동일하게 적용한 결과 대기전력 차단기 보급에 의한 가구당 최종에너지 절감량은 0.014TOE, 온실가스 감축량은 0.074 tonCO₂로 산 출되었고, 단열보강에 의한 가구당 최종에너지 절감량은 0.031TOE, 온실가스 감축량은 0.702tonCO₂로 나타났다.

또한 아파트 26동의 승강기 73대를 대상으로 승강기 교체에 따른 효과를 분석하였는데, 원단위 분석, t-검정 결과 승강기 교체 후 전력소비량 감소효과가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 승강기 교체 후 1대당 연간 전력 절감량은 2,190kWh로 나타났다.

[표 11] 공공임대주택 에너지효율화 사업의 에너지저감 효과산정 비교

78	1차에너지 절감량 (TOE/가구)		최종에너지 절감량 (TOE/가구)		온실가스 감축량 (tonCO₂/가구)	
구분	대기전력 차단	단열보강	대기전력 차단	단열보강	대기전력 차단	단열보강
기존방법	0.037	0.301	-	0.031	_	-
개선안	0.037	0.031	0.014	0,031	0.074	0.702
증감량	▲0.00	▲0.00	-	▲0.00	_	-

[표 12] 승강기의 평균 전력사용량

구분	2013년	2014년	2015년
1대당 평균 전력사용량(kWh/년)	10,389	9,424	8,199
1세대당 평균 전력사용량(kWh/세대/년)	9.71	8.82	7.65
 1승강기당 평균 전력사용량(kWh/대/년)	865.70	784.51	680.47
1층당 평균 전력사용량(kWh/1층/대/년)	42.11	38.20	33.23

주) 승강기 교체시기: 2014년

⑥ 친환경 고효율보일러 보급

본 연구의 성과측정 방법을 적용한 결과 친환경 고효율보일러의 연간 에너지 절감량은 순 발열량 기준 0.113TOE/대, 총 발열량 기준 0.125TOE/대이며, 온실가스 감축량은 $0.263tonCO_2$ /대로 나타났다. 저녹스(NOx)버너의 연간 에너지 절감량은 1ton 기준 4.103TOE/대, 온실가스 감축량은 1ton 기준 $9.585tonCO_2$ /대로 산정되었다. 기존의 성과산정 방법과 비교해 볼 때 연간 에너지 절감량은 총 발열량 기준 0.011TOE/대 감소하였다.

[표 13] 친화경 고효율보일러 보급 사업의 에너지저감 효과산정 비교

7 H	에너지 절감	냥(TOE/대·년)	온실가스 감축량(tonCO₂/대·년)			
구분	고효율보일러	저녹스버너	고효율보일러	저녹스버너		
기존방법	0.136	7.122	-	-		
개선안	0.113 (총 발열량: 0.125)	4.103 (1ton 기준)	0.263	9.585 (1ton 기준)		
증감량	▼0.011 (총 발열량 기준)	비교불가	-	-		

⑦ 공공부문 LED조명 보급

본 연구는 조명기기의 소비전력을 조정하고, 손실을 고려한 전력의 이산화탄소 배출계수를 적용하여 에너지 절감량 및 온실가스 감축량을 산정하였다. 그 결과 지하철(사무실)의 연간 1차에너지 절감량은 0.005TOE/개 증가하였고, 지하상가의 절감량은 0.003TOE/개 감소하였다. 연간 최종에너지 절감량 및 온실가스 감축량은 공공청사가 0.010TOE/개, $0.056tonCO_2$, 지하철(사무실)이 0.013TOE/개, $0.067tonCO_2$, 지하상가가 0.009TOE/개, $0.049tonCO_2$ 로 나타났다.

[표 14] 공공부문 LED 조명 보급 시업의 에너지저감 효과산정 비교

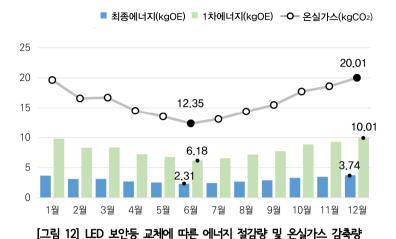
구분		에너지 절 TOE/대·년		_	에너지 절 TOE/대년			실가스 감축 onCO₂/대·	
	공공 청사	지하철 (사무실)	지하 상가	공공 청사	지하철 (사무실)	지하 상가	공공 청사	지하철 (사무실)	지하 상가
기존방법	0.028	0.028	0.028	-	-	-	-	-	-
개선안	0.028	0.033	0.025	0.010	0.013	0.009	0.056	0.067	0.049
증감량	▲0.000	▲0.005	▼0.003	-	-	-	-	-	-

⑧ LED 보안등 및 LED 공원가로등 보급

기존 성과 산정 시 11시간으로 일정하게 적용되었던 1일 조명시간을 월별 일출-일몰시간을 근 거로 월별 조명시간을 달리 적용하여 1차 및 최종에너지 절감량을 산정하였다. 그 결과 연간 1차에너지 절감량은 0.096TOE/개로 기존방법보다 0.004TOE/개 증가한 수치를 나타냈다. 연간 최종에너지 절감량은 0.036TOE/개, 연간 온실가스 감축량은 $0.193tonCO_2/개로$ 나타 났다.

[표 15] LED 보안등 교체 사업의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량 (TOE/개·년)	최종에너지 절감량 (TOE/개·년)	온실가스 감축량 (tonCO₂/개·년)
기존방법	0.092	-	-
 개선안	0.096	0.036	0.193
증감량	▲0.004	-	-



⑨ 민간부문 LED조명 보급 / LED 간판 교체

본 연구의 성과산정은 기존의 성과산정 방법과 동일한 전력수요 및 조명시간을 적용하였기 때문에 1차에너지 절감량은 변동이 없다. 민간부문 LED조명 보급 사업의 연간 최종에너지 절감량은 0.010TOE/개, 연간 온실가스 감축량은 기존보다 $0.089tonCO_2$ /개 감소한 $0.0562tonCO_2$ 로 산정되었다. LED 간판 교체 사업의 연간 최종에너지 절감량은 0.117TOE/개, 연간 온실가스 감축량은 $0.625tonCO_2$ 로 나타났다.

[표 16] 민간부문 LED조명 보급 사업의 에너지저감 효과산정 비교

 구분	1차에너지 절감량 (TOE/개·년)	최종에너지 절감량 (TOE/개·년)	온실가스 감축량 (tonCO₂/개·년)
기존방법	0.028	-	0.145
개선안	0.028	0.010	0.056
증감량	▲0,000	-	▼0.089

[표 17] LED 간판 교체 사업의 에너지저감 효과산정 비교

 구분	1차에너지 절감량 (TOE/개·년)	최종에너지 절감량 (TOE/개년)	온실가스 감축량 (tonCO₂/개·년)
기존방법	0.312	-	_
개선안	0.312	0.117	0.625
증감량	▲0.000	-	-

⑩ 서울메트로 시설개선 및 효율화

이 사업의 전동차 회생전력 생산 부문은 기존의 성과산정 방법과 개선안 모두 실제 생산량을 측정하여 성과를 산정한다. LED 조명 부문은 평일과 주말의 조명시간을 다르게 적용하여 산정 하였고, 연간 1차에너지 절감량은 0.0452TOE/개, 연간 최종에너지 절감량은 0.0169TOE/개, 연간 온실가스 감축량은 $0.0905tonCO_2$ 로 나타났다.

[표 18] 서울메트로 시설개선 및 효율화 사업(LED 조명)의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량 (TOE/개·년)	최종에너지 절감량 (TOE/개·년)	온실가스 감축량 (tonCO₂/개·년)
기존방법		-	-
개선안	0.0452	0.0169	0.0905
	(평일: 0.0328, 주말: 0.0124)	(평일: 0.0123, 주말: 0.0047)	(평일: 0.0656, 주말: 0.0249)
증감량	-	-	-

최종에너지, 대표 지표로 활용하고 서울시 관내는 대푯값 적용

기존의 에너지정책 개별사업의 효과는 준공 또는 설치시기를 고려하지 않고 단순히 연간 생산 량으로 평가하였으나, 준공 당년에 대해서는 준공시점 이후의 성과만 산정하여 보다 정확한 성과 측정이 이루어져야 한다. 또한 최종에너지를 대표 지표로 활용하며, 서울시 관내에서는 본 연구결과에서 제시한 대푯값을 적용한다. 다만 바이오가스 열병합발전이나 소수력 발전 등과 같이 서울시 관내 운영 사례가 적거나 없는 경우가 발생하는 등 대푯값으로서의 한계점을 지니고 있기 때문에 일정기간 이후 단위생산량에 대한 지속적인 재검토가 필요하다.



목차

01 연구개요	1
1_연구배경 및 목적	2
2_연구내용 및 방법	5
02 신재생에너지 생산량 평가방법	11
1_적용된 계수 및 관련근거	12
2_태양광발전	15
2_태양광발전 3_수소연료전지발전 4_소수력발전 5_바이오가스 열병합발전	21
4_소수력발전	27
5_바이오가스 열병합발전	31
6_지열냉난방	36
03 에너지효율화사업 성과평가방법	37
1_적용된 계수	38
2_녹색건축물 설계기준 강화	40
3_기축건물 에너지효율 개선	44
4_주택 에너지효율 개선사업	57
5_사회복지시설(경로당) BRP	79
6_공공임대주택 에너지효율화 사업	81
7_친환경 고효율보일러 보급	101
8_ 공공부문 LED조명 보급	104

9_LED 보안등 및 LED 공원가로등 보급	109
10_민간부문 LED조명 보급	114
11_LED 간판 교체	116
12_서울메트로 시설개선 및 효율화	118
04 결 론	121
1_본 연구결과의 이용	122
2_본 연구결과의 한계	123
참고문헌	124
부록	125
Abstract	130

丑

[표 1-1] 정부의 단위에너지 생산량 적용기준	6
[표 2-1] 에너지열량 환산기준(2015.7.1. 시행)	12
[표 2-2] 도시가스(LNG) 석유환산계수 산 출근 거	13
[표 2-3] IPCC의 탄소배출계수	13
[표 2-4] 에너지원별 CO ₂ 배출량 산출근거	14
[표 2-5] 국가 고유 전력배출계수('07~'08년 평균)	14
[표 2-6] 태양광발전에 따른 단위발전량	15
[표 2-7] 서울지역 사업용 태양광발전설비의 1MW당 에너지 생산량과 CO2 감축량	18
[표 2-8] 태양광 설비 준공월별 당년 발전량	20
[표 2-9] 연료전지 설비 단위 발전량	23
[표 2-10] 연료전지 설치 효과(서울시)	24
[표 2-11] 월별 소수력 생산량	29
[표 2-12] 바이오가스 열병합발전 설비 단위 발전량	35
[표 2-13] 바이오가스 열병합발전 설비 설치효과(서울시)	35
[표 3-1] 에너지열량 환산기준	38
[표 3-2] 도시가스(LNG) 석유환산계수 산출근거	38
[표 3-3] IPCC의 탄소배출계수	39
[표 3-4] 에너지원별 CO ₂ 배출량 산 출근 거	39
[표 3-5] 건축물 에너지효율등급 인증등급	40
[표 3-6] 신축건축물 에너지소비총량 기준	41

[丑	3-7]	녹색건축물 설계기준 강화에 따른 에너지저감 효과산정 비교	43
[丑	3-8]	건물에너지 효율화사업(BRP) 추진항목	45
[丑	3-9] /	N뮬레이션 표준건물 설정(기축건물)	46
[丑	3-10]	에너지 소비량(기축건물)	46
[丑	3-11]	단위면적당 에너지 소비량(기축건물)	47
[丑	3-12]	내·외벽단열재 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(기축건물)	47
[丑	3-13]	단열창호 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(기축건물)	48
[丑	3-14]	조명시설 효율향상공사에 따른 단위면적당 에너지 절감량(기축건물)	48
[丑	3-15]	BRP 추진에 따른 단위면적당 에너지 절감량(기축건물)	49
[丑	3-16]	표준건물 BRP 효과(기축건물)	51
[丑	3-17]	내·외벽단열재 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(기축건물)	52
[丑	3-18]	단열창호 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(기축건물)	53
[丑	3-19]	조명시설 효율향상공사에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(기축건물)	53
[丑	3-20]	BRP 추진에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(기축건물)	54
[丑	3-21]	연간 기축건물 에너지효율 개선의 에너지저감 효과산정 비교	56
[丑	3-22]	건물에너지 효율화사업(BRP) 추진항목	58
[丑	3-23]	국내 단열기준의 변천 과정	59
[丑	3-24]	2014년 BRP 신청 주택의 건축연도 분포	60
[丑	3-25]	시뮬레이션 표준건물 설정(주택)	62
[丑	3-26]	에너지 소비량(공동주택)	62
[丑	3-27]	단위면적당 에너지 소비량(공동주택)	63
[丑	3-28]	내·외벽단열재 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(공동주택)	63
[丑	3-29]	단열창호 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(공동주택)	64
[丑	3-30]	조명시설 효율향상공사에 따른 단위면적당 에너지 절감량(공동주택)	64
[丑	3-31]	BRP 추진에 따른 단위면적당 에너지 절감량(공동주택)	65

[丑	3-32]	표준건물 BRP 효과(공동주택)	67
[丑	3-33]	내·외벽단열재 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(공동주택)	69
[丑	3-34]	단열창호 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(공동주택)	69
[丑	3-35]	조명시설 효율향상공사에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(공동주택)	70
[丑	3-36]	BRP 3개 항목 추진에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(공동주택)	70
[丑	3-37]	에너지 소비량(단독주택)	72
[丑	3-38]	단위면적당 에너지 소비량(단독주택)	72
[丑	3-39]	내·외벽단열재 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(단 독주 택)	73
[丑	3-40]	단열창호 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(단독주택)	73
[丑	3-41]	조명시설 효율향상공사에 따른 단위면적당 에너지 절감량(단독주택)	74
[丑	3-42]	BRP 추진에 따른 단위면적당 에너지 절감량(단독주택)	74
[丑	3-43]	내·외벽단열재 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(단독주택)	76
[丑	3-44]	단열창호 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(단독주택)	76
[丑	3-45]	조명시설 효율향상공사에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(단독주택)	77
[丑	3-46]	BRP 3개 항목 추진에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(단독주택)	77
[丑	3-47]	연간 공동주택 에너지효율 개선의 에너지저감 효과산정 비교	78
[丑	3-48]	연간 단독주택 에너지효율 개선의 에너지저감 효과산정 비교	78
[丑	3-49]	2012년 사회복지시설 1차에너지 절감량	79
[丑	3-50]	사회복지시설 에너지효율 개선사업의 에너지저감 효과산정 비교	80
[丑	3-51]	승강기 교체 효과 분석 데이터 개요	83
[丑	3-52]	기술통계량	84
[丑	3-53]	원단위 평균 전력사용량	86
[丑	3-54]	전력사용량 추정 결과	90
[丑	3-55]	정규성 분석 결과	91
[丑	3-56]	승강기 전력사용량 t-검정 결과(등분산)	91

Ξ.	3-57]	1세대당 승강기 전력사용량 t-검정(등분산)	92
[丑	3-58]	승강기 1대당 전력사용량 t-검정(등분산)	92
[丑	3-59]	1층 × 1승강기당 전력사용량 t-검정(등분산)	93
[丑	3-60]	1층당 승강기 전력사용량 t-검정(등분산)	93
[丑	3-61]	1세대 × 1층당 승강기 전력사용량 t-검정(등분산)	94
[丑	3-62]	승강기 교체로 인한 효과	94
[丑	3-63]	변수별 기초통계량	95
[丑	3-64]	변수별 상관관계	96
[丑	3-65]	패널분석 결과①	98
[丑	3-66]	패널분석 결과②	99
[丑	3-67]	공공임대주택 에너지효율화 사업의 에너지저감 효과산정 비교	100
[丑	3-68]	친환경 고효율보일러 보급 사업의 에너지저감 효과산정 비교	103
[丑	3-69]	공공부문 LED 조명 보급 사업의 에너지저감 효과산정 비교	108
[丑	3-70]	월별 조명 점등시간 및 조명일	109
[丑	3-71]	LED 보안등 교체에 따른 에너지 절감량 및 온실가스 감축량	111
[丑	3-72]	LED 보안등 교체에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량 및 온실가스 감축량	112
[丑	3-73]	LED 보안등 교체 사업의 에너지저감 효과산정 비교	113
[丑	3-74]	민간부문 LED조명 보급 사업의 에너지저감 효과산정 비교	115
[丑	3-75]	LED 간판 교체 사업의 에너지저감 효과산정 비교	117
[丑	3-76]	서울메트로 시설개선 및 효율화 사업(LED 조명)의 에너지저감 효과	120

그림

[그림	2-1] 서울시 태양광 발전량(사업용)	16
[그림	2-2] 서울시 태양광 단위발전량(2011.9~2016.5)	17
[그림	2-3] 태양광 단위발전량	17
[그림	2-4] 준공월별 당년 1MW당 에너지 생산량(TOE)	19
[그림	2-5] 준공월별 당년 1MW당 GHG 감축량(tCO ₂ eq)	19
[그림	2-6] 서울시 연료전지 발전량	22
[그림	2-7] 연료전지 단위발전량	22
[그림	2-8] 연료전지 1MW당 최종에너지 생산량(실측 708TOE/yr)	25
[그림	2-9] 연료전지 1MW당 1차에너지 생산량(실측 438TOE/yr)	25
[그림	2-10] 연료전지 준공월별 당년 에너지 생산량(실측, TOE/MW)	25
[그림	2-11] 연료전지 1MW당 월별 온실가스 감축량(579tCO ₂ eq/년)	26
[그림	2-12] 연료전지 1MW당 준공월별 당년 온실가스 감축량(579tCO ₂ eq/년)	26
[그림	2-13] 소수력 발전량(경기·강원)	28
[그림	2-14] 한강권 소수력 단위발전량(2005~2016.5)	28
[그림	2-15] 소수력 단위발전량	29
[그림	2-16] 준공월별 당년 1MW당 에너지 생산량(TOE)	30
[그림	2-17] 준공월별 당년 1MW당 GHG 감축량(tCO ₂ eq)	30
[그림	2-18] 서울시 바이오가스 CHP 발전량	33
[그림	2-19] 바이오가스 CHP 단위발전량(2015.1~2016.5)	33
[그림	2-20] 서울시 바이오가스 CHP 1MW당 최종에너지 생산량 (1,019TOE/yr)	34

[그림 2-21] 서울시 바이오가스 CHP 준공월별 당년 에너지 생산량(TOE/MW)	34
[그림 2-22] 서울시 바이오가스 CHP 1MW당 온실가스 감축량 (3,517tCO2eq/년)	34
[그림 2-23] 서울시 준공월별 바이오가스 CHP 1MW당 당년 온실가스 감축량(3,517tCO ₂ eq,	/년) 35
[그림 3-1] 내·외벽단열재 설치에 따른 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/m²)	49
[그림 3-2] 단열창호 설치에 따른 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/m²)	49
[그림 3-3] 조명시설 효율향상공사에 따른 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/m²)	50
[그림 3-4] BRP 추진에 따른 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/m²)	50
[그림 3-5] 표준건물 월별 에너지 소비량(기축건물, TOE)	51
[그림 3-6] 표준건물 단위면적당 BRP 효과(기축건물, kgOE/m²)	52
[그림 3-7] 내·외벽단열재 설치에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/n	n²) 54
[그림 3-8] 단열창호 설치에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/	/m²) 54
[그림 3-9] 조명시설 효율향상공사에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE,	/m²) 55
[그림 3-10] BRP 추진에 따른 준공당해의 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/m²)	55
[그림 3-11] 전체 BRP 신청 주택의 건축연도 분포	60
[그림 3-12] BRP 신청 주택의 건축연도별 최종에너지 소비량(kgOE/m²/yr)	61
[그림 3-13] BRP 신청 주택의 단위면적당 최종에너지 소비량(kgOE/m²/yr)	61
[그림 3-14] 내·외벽단열재 설치에 따른 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/m²)	65
[그림 3-15] 단열창호 설치에 따른 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/m²)	65
[그림 3-16] 조명시설 효율향상공사에 따른 최종에너지 절감량(공동주택, $kgOE/m^2$)) 66
[그림 3-17] BRP 추진에 따른 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/m²)	66
[그림 3-18] 표준건물 월별 에너지 소비량(공동주택, TOE)	68
[그림 3-19] 표준건물 단위면적당 BRP 효과(공동주택, kgOE/m²)	68
[그림 3-20] 내·외벽단열재 설치에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/	/m²) 71
[그림 3-21 $]$ 단열창호 설치에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(공동주택, $kgOE/r$	n²) 71
[그림 3-22] 조명시설 효율향상공사에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/	/m²) 71

[그림	3-23]	BRP 추진에 따른 준공당해의 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/m²)	71
[그림	3-24]	승강기 교체 전후의 전력사용량	84
[그림	3-25]	2013~2015년 아파트 동 단위 승강기 전력사용량 변화	85
[그림	3-26]	2013~2015년 아파트 동 단위 1세대당 승강기 전력사용량 변화	86
[그림	3-27]	2013~2015년 아파트 동 단위 1승강기당 전력사용량 변화	87
[그림	3-28]	2013~2015년 아파트 동 단위 1층 × 1승강기당 전력사용량 변화	87
[그림	3-29]	2013~2015년 아파트 동 단위 1층당 승강기 전력사용량 변화	88
[그림	3-30]	2013~2015년 아파트 동 단위 1세대 × 1층당 승강기 전력사용량 변화	88
[그림	3-31]	아파트 단지 내 동일 세대수 및 층수를 가진 경우 원단위 차이 비교	89
[그림	3-32]	월별 조명 점등시간(hr)	110
[그림	3-33]	LED 보안등 교체에 따른 에너지 절감량 및 온실가스 감축량	111
[그린	3-34]	IFD 보아들 교체에 따르 주곳원병 당해이 에너지 적간량 및 오시가스 간추량	112

01

연구개요 The Second Institute

1_연구배경 및 목적 2_연구내용 및 방법

01 연구개요

1_연구배경 및 목적

서울시는 태양광발전, 연료전지발전, 바이오가스연료전지발전, 외벽단열, 내벽단열, 창호 개선, 난방설비 개선 사업 등 신재생에너지설비보급사업과 건물에너지효율화사업을 추진 해왔다. 이러한 다양한 사업을 추진함에 따라 사업의 성과평가에 대한 요구가 증가하였다. 그러나 에너지정책사업의 성과를 확인하는 데 있어서 다음과 같이 3가지 문제를 내포하고 있다.

① 정부 공식통계 지연과 수록내용의 한계

정부의 공식통계를 확인하는 데에는 2년 이상의 기간이 소요되기 때문에 사업의 추진성과를 점검하고 이행함에 있어서 유용하지 않다. 뿐만 아니라 건물에너지 효율향상에 따른에너지절감효과나 자가용 신재생에너지 설비에서 생산된 에너지는 공식통계에 포함되지도 않는다.

② 서울지역 특성을 반영한 기준 부재

지금까지 에너지사업의 성과를 평가함에 있어서 서울의 특수성을 반영하지 않고 전국적인 기준을 준용하였다. 예로서 한국에너지공단 신재생에너지센터의 「신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침」에는 태양광발전설비(고정식) 1kW당 연간 전력생산량을 1,358kWh로 명시하였다.」) 이에 따라 지역의 특성에 관계없이 태양광 1kW의 1일 평균발전량을 3.72kW로 적용하였다. 이는 전국 평균값이므로 국가차원의 평가에 적용할 수는 있으나, 남부지역보다 일사량이 적은 서울의 지역특성을 고려한 기준을 설정할 필요가 있다.

일사량 외에도 기상여건이나 도시 기반시설의 특성은 신재생에너지 설비의 에너지 생산량에 영향을 미친다. 예로서, 강우 특성, 하수도 여건 등은 태양광발전, 소수력발전, 소화가 스(바이오가스) 생산 등에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 신재생에너지설비의 에너지 생

^{1) 「}신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침, 2016, 한국에너지공단 신재생에너지센터

산량을 평가하려면 서울지역의 특수성이 반영된 원단위가 산정되어야 한다.2)

③ 계절변화 반영 기준 부재

태양광발전의 경우 우리나라의 남부지역에 비해 일사량이 약 10% 낮을 뿐더러, 계절 일 사량이 변화하기 때문에 태양광발전설비의 전력생산량도 월별로 다르다. 준공 당년의 발 전량을 평가함에 있어서, 준공 이후 12월까지의 시간과 원단위의 곱으로 발전량을 산정하 는 것은 바람직하지 않다.

지금까지는 에너지사업의 성과를 평가함에 있어서, 사업의 완료 시기에 관계없이 1년간 성과로 산정하였다. 예를 들면 태양광발전설비가 12월 31일에 설치되어 발전을 시작했다 하더라도 이 발전소의 발전량을 1년간 전력을 생산한 것으로 평가하는 등 1월 1일 아침에 준공된 것과 12월 31일 아침에 준공된 발전소의 발전량을 동일시하였다. 이 두 시설의 발전량 차이는 적어도 365배 이상의 차이를 나타낼 것으로 예상할 수 있다.

준공 첫해의 성과를 평가하려면 각 월별 성과를 산정하고 준공 이후 12월까지의 성과를 합산하여 산출하여야 한다. 다만, 준공일에 대한 정보가 부족한 경우 준공 월의 성과는 50%를 적용한다.

이외에도 건물의 에너지효율향상 사업을 추진하는 경우 기존 건물의 단열상태, 연면적, 최근의 에너지소비량 등에 따라 사업의 성과가 달라진다. 따라서 건물이나 주택의 에너지 효율과 사업에 대한 평가는 기상여건과 건물여건을 동시에 고려하여야 한다.

지역에너지는 연간 최종에너지 소비량을 기준으로 통계가 작성되고 있으며, 서울시 에너지정책의 종합지표 역시 최종에너지이다. 그럼에도 불구하고 일부 단위사업의 목표설정이나 성과평가에 있어서 1차에너지로 환산한 양으로 표현하는 경우가 있다. 따라서 최종에너지 또는 1차에너지 중 어느 것으로 산정할 것인가에 대한 기준을 설정할 필요가 있다.

²⁾ 원단위: 투입단위 당 산출량, 산출단위 당 투입량 등으로 산정한다. 에너지분야에서는 GDP 당 에너지소비량, 1인당연간에너지소비량, 1인당 연간전력소비량 등 다양한 형태로 사용되며, 본 연구에서의 원단위란 일정기간동안 설비용량 당 생산한에너지의 양을 의미한다, 예를 들면, 태양광발전설비의 발전량 원단위는 1kW당 1일 발전량(kWh/kW/일)이다

본 연구에서는 최종에너지를 기준으로 하였다.

앞에 언급된 점들이 고려되지 않을 경우 서울시 에너지정책 성과평가에 대한 신뢰를 얻기 어려울 것으로 우려되는 바, 본 연구에서는 ① 단위사업의 성과 발효시점, ② 서울지역의 원단위, ③ 건물이나 시설의 특성과 대표성, ④ 에너지 분류 체계 및 환산기준을 고려하여 서울시 에너지정책 단위사업의 성과평가에 적용할 원단위를 제시하고자 한다.

즉, 본 연구에서는 에너지사업의 에너지 생산량이나 에너지 절감량을 평가함에 있어서 계절이나 월별 차이를 고려한 단기성과를 평가할 수 있도록 월별 원단위를 제시하고 설비준 공연도의 성과평가 방법까지 제시하고자 한다.



2_연구내용 및 방법

1) 연구내용과 범위

본 연구의 범위는 서울시 에너지사업 중에서 에너지생산과 에너지효율화사업으로서 여기에 속하는 단위사업은 아래와 같다. 주요 연구내용을 살펴보면 에너지 생산시설의 경우월별 생산량과 연간 생산량을 구분하여 산정하고, 월간 원단위(설비용량당 월평균 1일 생산량)와 연간 원단위(설비용량당 연평균 1일생산량)를 산정하였다. 건물에너지효율화 사업의 경우 단위면적당 에너지절감효과를 월별로 산정하였다. 이외에도 LED조명기구 보급에 따른 에너지절감량도 조명시간을 고려하여 월간 절감량을 산정하였다. 한편 임대주택의 승강기 교체에 따른 에너지절감량은 실측 결과를 분석하여 연간 1대당 절감량을 산정하였다.

Us. 1. 111111	
	태양광 발전 수소연료전지발전 소수력발전 바이오가스 열병합발전
	녹색건축물 설계기준 강화 기축건물 에너지효율 개선 주택 에너지효율 개선사업 사회복지시설(경로당) BRP 공공임대주택 에너지효율화 사업 친환경 고효율보일러 보급 공공부문 LED조명 보급 LED 보안등 및 LED 공원가로등 보급 민간부문 LED조명 보급 LED 간판 보급 서울메트로 시설개선 및 효율화

2) 연구방법

본 연구에서는 서울시 에너지정책 단위산업에 대해, 관련 기술을 검토하여 기술사양이나 설계 시 적용하는 조건 또는 일반적으로 계획단계에서 적용하는 조건 등을 검토하였다. 주요 설비의 성능지표를 산출하기 위하여 주요 신재생에너지 설비의 설비용량과 에너지 생산량을 조사하였다. 단위발전량은 한국전력거래소에서 제공하는 거래량과 설비용량을 기준으로 산정하였으며, 산재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침도 참고하였다.³⁾

[표 1-1] 정부의 단위에너지 생산량 적용기준

	וסן דר ווטאאן	단위에너	지 생산량
신·재생에너지원		연간	일평균
	고정식	1,358kWh/kW·yr	3.72kWh/kW·day
태양광	추적식	1,765kWh/kW·yr	4.84kWh/kW⋅day
	BIPV	923kWh/kW·yr	2.53kWh/kW·day
	평판형	596kWh/m²·yr	1.63kWh/m²·day
태양열	단일진공관형	745kWh/m²·yr	2.04kWh/m²·day
	이중진공관형	745kWh/m²∙yr	2.04kWh/m²⋅day
7 104011 471	수직밀폐형	2,045kWh/kW·yr	5.6kWh/kW·day
지열에너지	개방형	2,045kWh/kW·yr	5.6kWh/kW·day
지고는(12년	프리즘	94.7kWh/set·yr	0,259kWh/set·day
집광채광 ^{주1)}	광덕트	139.7kWh/set·yr	0.383kWh/set·day
연료전지 ^{주2)}	PEMFC	9,392kWh/kW·yr	25.73kWh/kW·day
수열에너지		2,045kWh/kW·yr	5.6kWh/kW·day

주1) set: 입사부, 전송부, 사광부로 구성된 집광채광 설비로, set의 규격은 다음 각 호와 같다.

가. 프리즘형 설비 집광면적 : 0.72m²/set

나. 광덕트형 설비 집광면적 : 1.92m²/set

주2) 열생산량 포함

자료) 한국에너지공단 신재생에너지센터, 2016, 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침 중 [별표 10] 단위에너지 생산량 및 원별보정계수의 내용을 재구성

서울시 에너지정책 성과평가에 적용하기 위한 월별 단위생산량을 산정하였다. 단위생산량은 용량당 월간 1일 생산량과 월간 생산량을 구분하여 산정하였다. 준공당년의 성과평가는 준공시점부터 12월까지 생산량을 합산하였으며, 준공 일자를 알 수 없는 경우 해당월 생산량의 50%를 적용하여 합산하였다.

단위생산량 산정을 위해 한국전력거래소가 제공하는 신재생전력거래량과 설비용량 자료 를 분석하였다. 설비용량이 증가하는 달에는 증가된 설비의 준공시점을 알 수 없어 증설

^{3) 「}시재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침, 2016, 시재생에너지 센터

된 설비의 가동률을 50%로 적용하여 해당 월의 단위생산량을 산정하였다. 준공시점의 불명확성이나 특정 연도의 이상 기후 등에 따른 오차를 줄이기 위해 월별 1일 단위생산량 을 산출한 후, 최댓값과 최솟값을 제외하고 평균값을 산출하였다.

① 태양광

태양광 등 재생에너지는 기상조건이 생산량에 영향을 미치므로 기존 설비의 월별 생산량을 조사하여 평가하였다. 사업용 태양광 발전설비의 월별 단위생산량을 평가하기 위하여 한국전력거래소가 제공하는 전력거래량과 태양광 설비용량 자료를 분석하였다.

자가용 태양광발전설비의 경우 한국전력공사가 제공하는 상계거래 자료를 이용하여 단위 생산량을 산출하였다. 한국전력공사의 상계거래 고객은 약 34천 건이며 기계식계량기를 부착한 세대(약 880세대)의 경우 상계거래량 자료가 생산되지 않기 때문에 분석대상에서 제외되었다.

② 연료전지 및 바이오가스

연료전지는 전력과 열을 동시에 생산하며, 또한 도시가스를 소비한다. 연료전지의 전력거 래량을 분석하였기 때문에 설비유지관리를 위한 전면 보수(over hole)기간(30일)은 고려하지 않았다. 생산된 열에너지가 여름철 비수기에 사용되지 않는 점은 고려하였다. 열생산 량은 전력효율(45%)과 열효율(25%)의 비율을 적용하여 산출하였다. 즉, 월별 전력생산 량에 25/45를 곱한 값으로 산출한 후, 열에너지 비수기인 7월~9월의 열 생산량을 제외하였다.

바이오가스발전 역시 연료전지처럼 열생산량을 고려하였다. 다만 연료전지와 달리 바이오 가스 발전과정에서 생산되는 열은 하수처리장 혐기성소화조의 열원으로 사용되며, 잉여열은 주변지역을 통과하는 지역난방 배관을 통해 회수되기 때문에 비수기를 고려하지 않아도 된다.

③ 기타 에너지생산설비

소수력 발전설비의 생산량을 평가하기에는 서울 주변의 사례가 빈약하여, 경기도와 강원 도에 분포한 소수력발전설비의 용량과 전력생산량을 분석하여 월별 생산량을 추정하였다. 이외에도 목재팰릿보일러의 경우 보일러 규격이 다양하며 적용 처에 대한 정보가 부족하 여 성과 추정방법을 제안하지 않았다. 다만, 향후 목재팰릿 소비량을 조사하여 평가하는 방안을 제안한다.

④ 건물에너지합리화사업

건물에너지합리화사업(BRP) 대상건물은 용도와 규모가 매우 다양하다. 본 연구에서는 주 택용건물과 업무용건물로 구분하였다. 건물에너지효율화사업의 성과평가를 위하여 표준 건물을 설정하고 IPMVP4)모델을 이용하여 월별 단위면적당 에너지절감량을 추정하였다.

표준건물 선정을 위해 지금까지의 BRP 신청 사례를 부석하여 대표면적을 산정하였다. 주 택용건물은 건물동 단위가 아니라 개별 호단위로 사업이 추진된다. 주택의 경우 서울시 BRP 사업에 지원한 주택의 면적과 건축연도 등을 분석하여 50% 구간(상위 25% ~ 하위 25%)의 주택을 선정하였다. 업무용건물은 연구자들의 자문을 통해 7.411㎡의 표준 건물 Seoul Institute 을 대상으로 평가하였다.

⑤ 임대주택 고효율 승강기 교체

임대주택 고효율 승강기 교체에 따른 에너지 절감량 산정을 위해 임대주택의 승강기 교체 시기 전후의 전력소비량을 조사하여 분석하였다.

3) 연구결과의 적용

① 전제조건

본 연구결과는 서울시 에너지사업의 성과를 측정함에 있어서 공식통계나 공식적으로 공표 된 산정방식으로 평가할 수 없는 단기성과를 측정하기 위한 것으로, 정책의 단기성과를 평가하고자 할 때 적용하여야 한다. 특히. 건축·주택·개발사업 심의(인·허가) 시에는 서울

⁴⁾ IPMVP(International Performance Measurement and Verification Protocol): 에너지절감량을 정량적으로 측정 및 검증하는 국제 프로토콜

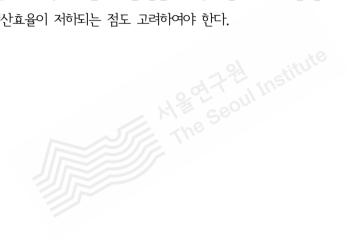
특별시 에너지 조례에 의거하여 '신·재생에너지 시설의 에너지 생산량 산정지침'에 따라야 한다.

② 기초정보 부족에 따른 제한적 적용

소수력발전, 바이오가스 발전 등 일부 항목의 경우 설비의 보급이 적거나 운영기간이 짧아 자료가 제한적이다. 이런 경우 유사 사례의 자료를 분석하여 적용하여야 하는 한계점이 있으므로, 향후 운영 자료가 축적되면 그 자료를 활용하여 분석하는 것이 바람직하다.

③ 기술의 발전과 설비의 노후화

태양광발전 설비기술과 연료전지설비의 기술은 지속적으로 발전하고 있어 에너지생산 효율이 향상되므로 향후 이를 고려한 원단위 수정이 필요하다. 또한 설비의 노후화에 따라에너지생산효율이 저하되는 점도 고려하여야 한다.



02

신재생에너지 생산량 평가방법

- 1_적용된 계수 및 관련근거
- 2_태양광발전
- 3_수소연료전지발전
- 4_소수력발전
- 5_바이오가스 열병합발전
- 6_지열냉난방

02 신재생에너지 생산량 평가방법

1_적용된 계수 및 관련근거

1) 에너지열량 화사기준

에너지열량 환산기준은 「에너지법 시행규칙」 제5조 제1항에 근거하여 [표 2-1]과 같이 적용한다. '총발열량'은 연료의 연소과정에서 발생하는 수증기의 잠열을 포함한 발열량 을, '순발열량'은 연료의 연소과정에서 발생하는 수증기의 잠열을 제외한 발열량을 의미 한다り. 전력을 석유환산톤으로 환산하는 과정에서 최종에너지는 1kWh당 860kcal를 적 용하지만, 전력의 생산과 송배전 과정에서 손실된 에너지를 고려하여 전력 소비량 1kWh 당 2.300kcal. 자가용 전력생산량 1kWh당 2.300kcal. 사업용 전력생산량 1kWh당 Der Jahraninte 2.110kcal를 적용하였다.

ſπ	2-11	에너지역량	환산기준(2015, 7, 1,	시해)
12		게니가 되장	セピーで(2013.7.1.	21201

				총 발열	량		순 발열량			
구분	에너지원	단위	MJ	kcal	석유환산톤 (10 ⁻³ toe)	МЛ	kcal	석유환산톤 (10 ⁻³ toe)		
석유	휘발유	L	32.6	7,780	0.778	30.3	7,230	0.723		
Ήπ	경유	L	37.7	9,010	0,901	35.3	8,420	0.842		
<u> 가스</u>	도시가스(LNG)	Nm³	43.6	10,430	1.043	39.4	9,420	0.942		
714	도시가스(LPG)	Nm³	62.8	15,000	1.500	57.7	13,780	1.378		
전력	전기(최종에너지)	kWh	3.60	860	0.086	3.60	860	0.086		
소비	전기(1차에너지)	kWh	9.63	2,300	0.23	9.63	2,300	0.230		
7.1.7.4	전기(최종에너지)	kWh	3.60	860	0.086	3.60	860	0.086		
전력 생산	전기(1차,사업용)	kWh	8.83	2,110	0.211	8.83	2,110	0.211		
0, 5,	전기(1차,자가 용)	kWh	9.63	2,300	0.230	9.63	2,300	0.230		

주 1) 전력 소비 : 최종에너지는 1kWh당 860kcal 적용, 1차에너지는 2,300 kcal/kWh 적용,

²⁾ 전력 생산: 최종에너지는 1kWh당 860kcal 적용. 1차에너지 회산 시 시업용 1kWh당 2,110kcal, 자가용 1kWh당 2,300kcal 적용.

^{3) 「}에너지법 시행규칙 의 열량화산기준을 기초로 재작성.

⁵⁾ 산업통상자워부령 제137호, 「에너지법 시행규칙」제5조 제1항 별표, 시행 2015.7.1., 개정 2011.12.30

2) 연료별 석유환산계수 산출근거

'석유환산톤(TOE: Ton of Oil Equivalent)'은 원유 1톤이 갖는 열량으로 10⁷kcal와 같으며, 도시가스 1Nm³는 10.430 × 10⁻³TOE에 해당한다.

[표 2-2] 도시가스(LNG) 석유환산계수 산출근거

구 분	산 출 근 거
도시가스(LNG) 환산	$1Nm^3 = 10,430 \text{ kcal}$ $1Nm^3 = 10,430 \times 10^{-3} \text{ TOE}$

3) IPCC의 탄소배출계수

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)는 기후변화와 관련된 전 지구적 위험을 평가하고 국제적 대책을 마련하기 위해 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획 (UNEP)이 공동으로 설립한 유엔 산하 국제 협의체이로, 다음과 같이 탄소배출계수를 정의하고 있다.

[표 2-3] IPCC의 탄소배출계수

04=71		탄소배출계수				
연료구분		kgCO₂/GJ	tonCO₂/TOE			
	휘발유	18,90	0.783			
액체 화석연료	경유	20,20	0.837			
	LPG	17.20	0.713			
기체화석연료	LNG	15,30	0.637			

주) 전력의 이산화탄소배출계수 460gCO₂/kWh 사용(전력거래소 2011년 사용단 기준)

4) 에너지원별 CO₂ 배출량

휘발유와 경유는 각각 1TOE당 2.871tonCO₂, 3.069tonCO₂의 이산화탄소를, LPG와

⁶⁾ 네이버 지식백과(두산백과), terms.naver.com, 2016.8.22

LNG는 각각 1TOE당 2.614tonCO₂, 2.336tonCO₂의 이산화탄소를 배출한다. 전기의 온실가스배출계수는 $460 \text{kgCO}_2/\text{MWh}$ 이고, 최종에너지 1TOE당 온실가스배출계수는 $5.349 \text{tonCO}_2/\text{TOE}$ 를 적용하였다.

[표 2-4] 에너지원별 CO₂ 배출량 산출근거

구분	산출근거
휘발유	0.783tonCO₂/TOE × 44/12(이산화탄소분자량/탄소원자량) = 2.871tonCO₂/TOE
경유	0.837tonCO₂/TOE × 44/12(이산화탄소분자량/탄소원자량) = 3.069tonCO₂/TOE
LPG	0.713tonCO₂/TOE × 44/12(이산화탄소분자량/탄소원자량) = 2.614tonCO₂/TOE
LNG	0.637tonCO ₂ /TOE × 44/12(이산화탄소분자량/탄소원자량) = 2.336tonCO ₂ /TOE
전기	$0.460 \text{kgCO}_2/\text{kWh} \div (0.086 \times 10^{-3} \text{TOE}) = 5,349 \text{kgCO}_2/\text{TOE} = 5.349 \text{tonCO}_2/\text{TOE}$

주) 전기의 이산화탄소배출계수 0.460kgCO₂/kWh 사용(전력거래소 2011년 사용단 기준)

환경부고시 제2014-186호 온실가스에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침

전력간접배출계수는 이래 [표 2-5]에서 제시된 기준연도에 해당하는 2개년도('07~'08년) 평균값을 적용한다. 배출계수는 3년간 고정하여 적용하며, 향후 한국전력거래소에서 제공하는 전력간접배출 계수를 센터에서 확인·공표하면 그 값을 적용한다.(이 경우 과거 제출한 명세서는 제39조에 따라 새로운 전력간접배출계수를 적용하여 해당부문을 재산정한 후 전자적 방식으로 제출한다).

[표 2-5] 국가 고유 전력배출계수('07~'08년 평균)

구 분	CO_2 (t CO_2 /MWh)	CH ₄ (kgCH ₄ /MWh)	N2O (kgN2O/MWh)
2개년 평균('07~'08)	0.4653	0.0054	0.0027

※ 위 표로부터 전력의 온실가스 배출량을 환산하면 0.466tCO₂/MWh임

2_태양광발전

1) 기존의 성과산정 방법

태양광 설비에 대한 기존의 에너지 생산량 산정식은 다음과 같다.

- 에너지 생산량(TOE) = 에너지 생산량(0,285TOE/kW) × 보급물량(kW)
- 온실가스 감축량(tonCO₂) = 온실가스 감축량(1.468tonCO₂/kW) × 보급물량(kW)
- 에너지 생산량(0.285TOE/kW)
 - = 시설 용량(1kW) × 발전일(365일) × 발전시간(24h) × 발전효율(15.4%) × 전력 석유환산계수 (0.211×10⁻³TOE/kWh)
- 온실가스 감축량(1.468tonCO³/kW)
 - = 에너지 생산량(0.285TOE/kW) × 전력 CO₂ 배출계수(5.151tonCO₂/TOE)
 - 전력의 석유화산계수 1차 에너지소비 기준 2,110kcal 적용
 - 전력 CO₂ 배출계수 0.443kgCO₂/kWh(2011년 발전단 전력부문 배출계수)

2) 개선안

서울시 태양광 발전설비 용량과 태양광 발전량을 분석한 결과 1MW당 1일 3.554MWh의 전력이 생산되는 것으로 나타났다. 특히 전국평균치도 3.542MWh/MW/일로 지금까지 전국을 대상으로 적용해온 3.7Wh/일/kW와는 다소 차이를 나타낸다. 이를 고려하여 태양광발전에 따른 연간 에너지 생산량과 온실가스 감축량 산정방법을 다음 표에 나타냈다.

[표 2-6] 태양광발전에 따른 단위발전량

구분	본역	연구	기존
<u> </u>	서울	전국	(서울과 전국 구분 없음)
연간단위발전량 (kWh/kW/yr)	1,297	1,292	1,358
1일평균단위발전량 (kWh/kW/day)	3.554	3.542	3.72

주) 서울지역 소규모 태양광 시설의 단위 발전량을 3.2kWh/kW/day를 적용하기도 하였음

전력의 1차에너지 환산계수는 사업용의 경우 0.211TOE/MWh를, 자가용의 경우는 0.23TOE/MWh를 적용하였다. 한편, 태양광 설비는 사업용이 대부분을 차지하므로 사업용 중심으로 분석하였다.

o 태양광 1MW당 연간 에너지 생산량 및 온실가스 감축량

- 전력생산량(MWh) = 1(MW) × 3.554MWh/일/년 = 1,297MWh
- 최종에너지 생산량(TOE) = 1,297(MWh) × 0.086TOE/MWh = 112TOE/MW
- 1차에너지 생산량(TOE) = 1,297(MWh) × 0.211TOE/MWh = 273TOE/MW (사업용)
- 1차에너지 생산량(TOE) = 1,297(MWh) × 0.23TOE/MWh = 298TOE/MW (자카용)
- 온실가스 감축량(tonCO₂) = 0.46tCO₂/MWh × 1,297MWh = 597tCO₂eq/MW

- 전력의 석유화사계수:

· 1차에너지 : 2,110kcal/kWh(사업용), 2,300kcal/kWh(자가용)

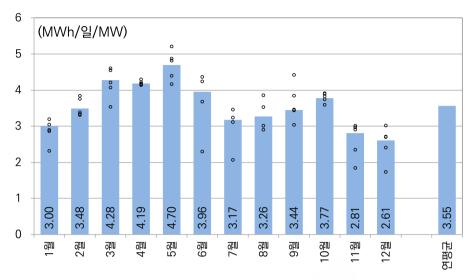
· 최종에너지: 860 kcal/kWh

- 전력 CO₂ 배출계수 : 0.460kgCO₂/kWh(2011년 사용단 배출계수)

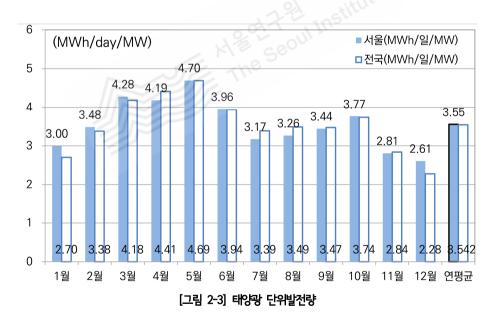
태양광발전 설비의 경우 시간의 경과에 따른 성능저하현상이 나타나지만, 본 연구에서는 이를 고려하지 않았다. 또한 태양광설비 용량이 증가한 달에는 신규시설의 가동률을 50%로 적용하였으며, 같은 달의 단위발전량 중에서 최댓값과 최솟값을 배제하고 평균값을 산출하였다.



[그림 2-1] 서울시 태양광 발전량(사업용)



[그림 2-2] 서울시 태양광 단위발전량(2011.9~2016.5)



[표 2-7] 서울지역 사업용 태양광밬전설비의 1MW당 에너지 생산당과 CO, 감축량

구분	단위생산량 (MWh/MW/일)	월간 발전일 (일/월)	발전량 (MWh)	최 종 에너지 (TOE)	1차에너지 (TOE)	CO₂ 감축량 (톤CO₂eq)
1월	2.995	31	92.8	7.98	19.58	41.1
2월	3.484	28	97.6	8.39	20.58	43.2
3월	4.278	31	132.6	11.41	27.98	58.7
4월	4.185	30	125.6	10.80	26.49	55.6
5월	4.695	31	145.5	12.52	30.71	64.4
6월	3.956	30	118.7	10.21	25.04	52.6
7월	3,171	31	98.3	8.45	20.74	43.5
8월	3,263	31	101.2	8.70	21.34	44.8
9월	3.441	30	103.2	8.88	21.78	45.7
10월	3,765	31	116.7	10.04	24.63	51.7
11월	2.806	30	84.2	7.24	17.76	37.3
12월	2,605	31	80.8	6.94	17.04	35.8
연간	3,554	365	1,297	111.5	273.7	574.3

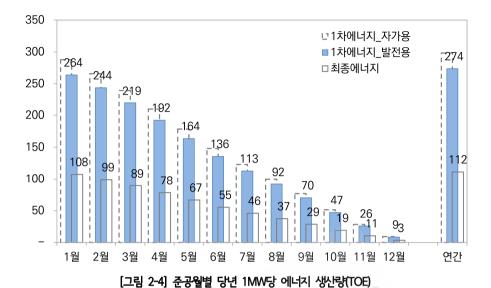
TOE(ton of oil equivalent) : 원유 1톤의 열량. 1TOE는 107kcal임

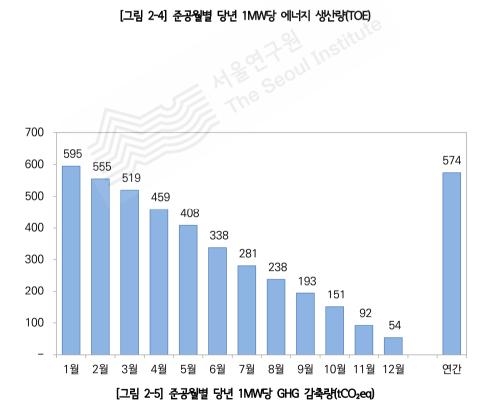
최종에너지 : 소비자에게 제공되는 에너지

1차에너지 : 자연이 제공한 그대로의 가공하지 않은 에너지.여기서는 전력을 생산하기 위해 투입된 에너지를 의미함

사업용(발전용)과 자가용은 각각 환산계수나 온실가스배출계수를 달리 적용하여야 함에 따라 1차에너지, 최종에너지, 온실가스 감축량 등을 산정하고자 하는 경우 각각에 적합한 계수를 적용하여야 한다. 즉, 1차에너지 환산계수는 자가용의 경우 0.23TOE/MWh, 사업용의 경우 0.211 TOE/MWh를 적용하여야 한다. 온실가스배출계수에 있어서도 자가용은 0.4598tCO₂/MWh, 사업용은 0.4428tCO₂/MWh를 적용하여야 한다.

자가용 발전설비로부터 생산된 전력의 온실가스배출계수는 사용단을 기준으로 하기 때문에 발전단에 비해 약 4%가량 높다. 이에 반해 자가용설비의 경우 유지관리 수준이나 일조여건이 대규모 사업용에 비해 다소 불리하기 때문에 실제 발전효율은 사업용에 비해 낮을 것으로 예상된다. 따라서 자가용설비에 대해 별도의 계산식을 적용하는 것보다는 사업용 산정방법을 준용하는 것이 바람직하다.





[표 2-8] 태양광 설비 준공월별 당년 발전량

270	발전량	1차에너	지, TOE	최종에너지
준공월	MWh	자가용	발전용	TOE
1월	1251	288	264	108
2월	1156	266	244	99
3월	1040	239	219	89
4월	911	210	192	78
5월	776	178	164	67
6월	644	148	136	55
7월	535	123	113	46
8월	435	100	92	37
9월	333	77	70	29
10월	223	51	47	19
11월	123	28	26	11
12월	40	9	9	3
다음해 연간	1297	298	274	112

주) 준공월의 발전량은 해당 월 평균 발전량의 1/2 적용

3_수소연료전지발전

1) 기존의 성과산정 방법

기존방법의 가장 큰 특징은 발전기 가동율이 연간 95%로 높게 책정된 점이다. 반면 열이 용률은 58%로 매우 낮게 책정하였다. 기존의 산정식은 다음 표와 같다.

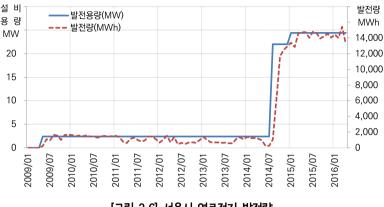
- 에너지 생산량(TOE) = 에너지 생산량(1.038TOE/kW) × 보급물량(kW)
- 온실가스 감축량(tonCO2) = 온실가스 감축량(7.368tonCO2/kW) × 보급물량(kW)
- 에너지 생산량(1.038TOE/kW)
 - = 에너지 생산량(전력 + 열)((1.756TOE/kW+1.018TOE/kW)) LNG투입량(1.736TOE/kW)
 - = [(시설용량(1kW) × 발전일(365일) × 발전시간(24h) × 가동률(95%) × 전력 석유환산계수 (0.211×10-³TOE/kWh)) + (시설용량(1kW) × 발전일(365일) × 발전시간(24h) × 가동률(95%) × 전력 석유환산계수(0.211×10-3TOE/kWh)× 열이용률(58%))] [(발전일(365일) × 발전시간 (24h) × 가동률(95%) × LNG투입량(0.2Nm²/kW) × LNG 석유환산계수(1.043×10-3TOE/Nm²)
- 온실가스 감축량(7.368tonCO₂/kW)
 - = 에너지 생산에 의한 감축량(9.045tonCO₂/kW + 2.378tonCO₂/kW) LNG 투입에 의한 증가량(4.055tonCO₂/kW)
 - = $[1.756TOE \times 전력 CO_2$ 배출계수 $(5.151tCO_2/TOE)] + [1.018TOE \times LNG CO_2$ 배출계수 $(2.336tonCO_2/TOE)] [1.736TOE \times LNG CO_2$ 배출계수 $(2.336tonCO_2/TOE)]$
- 전력의 석유화산계수 1차 에너지소비 기준 2,110kcal 적용
- LNG 투입량(0.2Nm³/kW)
- = 2.4MW, 2.8MW 가동 중인 시설의 실제 LNG 투입량 반영(시간당 480N㎡/시간, 520N㎡/시간)
- 열이용률 : 현재 가동 중인 시설의 열 이용률 반영

2) 개선안

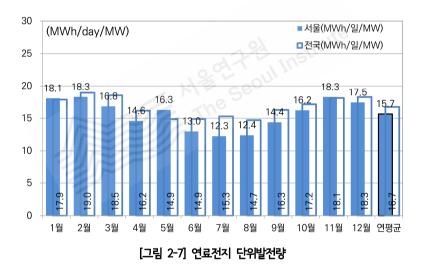
연료전지 설비용량과 발전량을 분석한 결과 서울지역의 연료전지시스템의 단위발전량은 15.7MWh/MW/일로 발전설비 이용률은 65.24%로 낮았다⁷⁾. 연료전지는 열을 효과적

기 열이용률 : 열생산량 대비 열 이용량으로 산출. 최대 열이용률은 열 판매 계약기간(92일 제외)을 고려하면 81.5%임.

으로 이용하기 위해 집단에너지사업자와 열공급 계약을 체결하여 공급하기도 한다.



[그림 2-6] 서울시 연료전지 발전량



통상적으로 7월~9월 사이는 비수기로서 집단에너지 사업자는 발전열을 매입하지 않는 조건도 포함되었다. 따라서 이 시기에 생산된 열은 사용되지 않고 버려진다. 이를 고려하였을 때 서울시 연료전지시스템의 열이용률은 79.1%로 추정된다. 이를 고려하여 연료전지

발전설비 이용률 : 연간 100% 출력으로 생산할 수 있는 전력량 대비 실제 발전량. 예로서 유지보수기간 30을 제외하고 100% 출력으로 매일 발전한다면 발전설비 이용률은 91.8%임(335/365 × 100).

의 에너지생산 및 온실가스 감축효과 산정식을 표에 나타냈다.

연료전지와 같이 연료를 사용하는 경우 최종에너지 생산량에는 연료투입량을 고려하지 않지만 1차에너지 생산량을 산정하는 경우도 생산량과 순생산량을 구분하여 연료투입량을 고려하였다. 즉, 도시가스를 이용하여 발전용연료전지가 발전을 하는 경우 투입된 도시가스는 원료이기 때문에 당연히 최종에너지에 포함되지 않는다. 반면 1차에너지 생산량산정시에는 열과 전력생산량의 합산인 총생산량과 연료투입량을 고려한 순생산량으로구분하여 분석하였다.

[표 2-9] 연료전지 설비 단위 발전량

(단위: MWh/MW/일)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간
서울	18.08	18.30	16.84	14.60	16.30	12.98	12.26	12.39	14.38	16.24	18.28	17.45	15.66
 전국	17.88	18.96	18.54	16.17	14.87	14.89	15.30	14.71	16.28	17.15	18,13	18.27	16.75

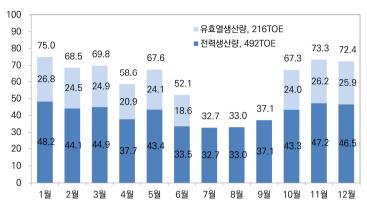
o 연료전지 1MW당 연간 에너지 생산량 및 온실가스 감축량

- 에너지 생산량(MWh): 8,226MWh
 - = 용량(MW) x (전력효율 + 열효율 x 열이용률)/전력효율 x 8760시간/년 x 발전설비이용률
 - $= 1MW \times (0.45 + 0.25 \times 0.791)/0.45 \times 87604$ $\times 0.6524$
- 발전량(MWh): 5,715MWh
 - = 용량(MW) x 8760시간 x 발전설비이용률 = 1MW x 0.6524 x 8760시간
- 유효 열산량(MWh): 2,511MWh
 - = 용량(MW) x 열효율 x 열이용률/전력효율 x 발전설비이용률 x 8,760시간 = 1MW x 0.25
 - x 0.791/0.45 x 0.6524 x 8760
- 최종에너지 생산량(TOE): 708TOE
 - = 용량(MW) x (발전량+열생산량) x 0.086TOE/MWh = (5.715+2.511)MWh × 0.086TOE/MWh
- 1차에너지 생산량(TOE): 329TOE
 - = 전력생산량(TOE) + 열생산량(TOE) 도시가스소비량(TOE) = 1,205 + 216 1,092
- 전력생산량(TOE): 1,205TOE
 - = 발전량(MWh) x 0.211TOE/MWh = 5,715MWh x 0.211TOE/MWh
- 열생산량(TOE): 216TOE
 - = 열생산명(MWh) x 0,086TOE/MWh = 2,511MWh x 0,086TOE/MWh

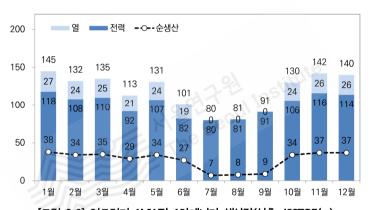
- 도시가스소비량(TOE): 1,092TOE (순발열량)
 - = 발전량(MWh)/전력효율 x 0.086 TOE/MWh = 5,715MWh/0.45 x 0.086 TOE/MWh
- 온실가스 감축량(tonCO₂): 481tCO₂
 - = 전력생산부문 + 열생산부문 도시가스사용부분 = 2,531 + 504 2,554
- 전력생산량부문(tCO₂): 2,531tCO₂
 - = 발전량(MWh) x 0.4428tCO₂/MWh = 5,715MWh x 0.4428tCO₂/MWh
- 열생산량부문(tCO₂): 504tCO₂
 - = 열생산량(TOE) x 2.336tCO₂/TOE = 216TOE x 2.336tCO₂/TOE
- 도시가스소비량(tCO₂): 2,554tCO₂
 - = 도시가스소비량(TOE) x 2,336tCO₂/TOE = 1,092TOE x 2,336tCO₂/TOE
- 전력의 석유호사계수: 1차에너지 2,110kcal/kWh, 최종에너지 860kcal/kWh
- 전력 CO₂ 배출계수: 발전용 0.4428kgCO₂/kWh, 자가용 0.4598kgCO₂/kWh
- 발전설비이용률: 실측치 반영
- 열이용률: 발전기간 중 7월~9월(92일)분을 제외한 발전열을 모두 이용하는 것으로 산정

[표 2-10] 연료전지 설치 효과(서울시)

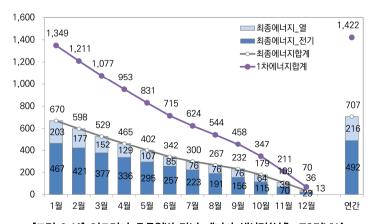
[표 2-10] 연료전지 설치	효과(서 <mark>울</mark> 시))										
 구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간
최종에너지 생산량, TOE	71.5	65.3	66.6	55.9	64.4	49.6	31.2	31.5	35.4	64.2	70.0	69.0	675
전력	46.0	42.0	42.8	35.9	41.4	31.9	31.2	31.5	35.4	41.3	45.0	44.4	469
유효열	25.5	23.3	23.8	20.0	23.0	17.7	-	_	-	22.9	25.0	24.6	206
준공당년생산량	639	570	505	443	383	326	286	254	221	171	104	34.5	675
1차에너지 생산량,TOE	144	141	144	121	139	107	87	88	99	139	151	149	1,412
전력	118	118	120	101	116	90	87	88	99	116	126	124	1,206
유효열	25.5	23.3	23.8	20.0	23.0	17.7	-	_	-	22.9	25.0	24.6	206
준공당년생산량	1,438	1,295	1,153	1,021	891	767	670	582	488	369	225	75	1,412
연료투입량	107	97.9	99.7	83.7	96.5	74.4	72.6	73.4	82.4	96.2	105	103	1,092
순생산	36.6	43.2	44.1	37.0	42.7	32.8	14.8	15.0	16.8	42.5	46.3	45.6	417
준공당년순생산량	399	359	315	275	235	197	174	159	143	113	68.8	22.8	417
온실가스 감축량, tCO₂eq	70.4	63.9	65.3	54.3	63.6	48.5	4.8	4.7	5.4	62.6	68.4	67.4	579
전력생산	258	236	240	202	232	179	175	177	198	232	252	249	2,629
열생산	62,6	57.2	58.2	48.8	56.3	43.4	-	-	-	56.1	61.2	60.5	504
연료투입	-250	-229	-233	-196	-225	-174	-170	-172	-193	-225	-245	-242	-2,554
준공당년감축량	544	477	412	353	294	238	211	206	201	167	102	34	



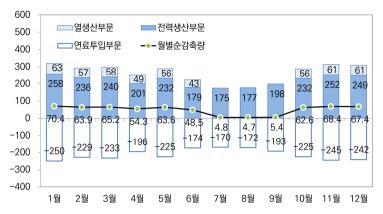
[그림 2-8] 연료전지 1MW당 최종에너지 생산량(실촉 708TOE/vr)



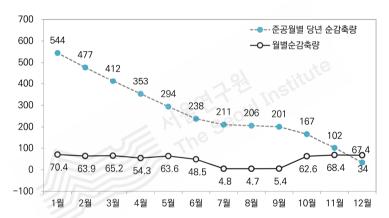
[그림 2-9] 연료전지 1MW당 1차에너지 생산량(실촉 438TOE/yr)



[그림 2-10] 연료전지 준공월별 당년 에너지 생산량(실측, TOE/MW)



[그림 2-11] 연료전지 1MW당 월별 온실가스 감축량(579tCO₂eq/년)



[그림 2-12] 연료전지 1MW당 준공월별 당년 온실가스 감축량(579tCO2ea/년)

4_소수력발전

1) 기존의 성과산정 방법

기존의 성과산정 방법에서는 소수력발전설비의 이용률을 40%로 설정하여 산정하였으나, 서울시내에서는 소수력발전설비가 가동된 적이 없어 단위발전량 설정에 한계가 있었다.

- 에너지 생산량(TOE)
 - = 에너지 생산량(0.702TOE/kW) × 보급 용량(kW)
- 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(3.616tonCO₂/kW) × 보급 용량(kW)
- 에너지 생산량(0.702TOE/kW)
 - = 설치용량(1kW) × 발전일(365일) × 발전시간(24시간/일) × 시스템 효율(95%) × 연간 가동률 (40%) × 전기 석유환산계수(0.211 × 10⁻³TOE/kWh)
- 온실가스 감축량(3.616tonCO₂/kW)
 - = 에너지 생산량(0.702TOE/kW) × 전기 CO₂ 배출계수(5.151tonCO₂/TOE)
- 소수력 연간 가동률(이용률) 40%(자료: 한국기후변화에너지연구소(http://www.kce.re.kr))
- 소수력 1MW 설치 시 3,504MWh 발전 가능

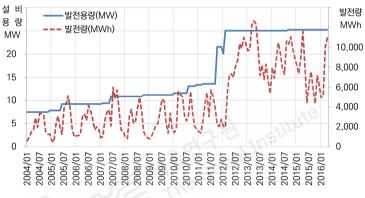
2) 개선안

o 소수력 1MW당 연간 에너지 생산량 및 온실가스 감축량

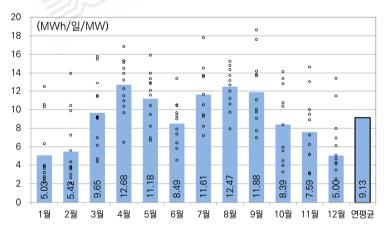
- 전력생산량(MWh): 3,334MWh
 - = 용량(MW) x 8,760시간 x 발전설비이용률 = 1MW x 0.381 x 8,760시간
- 최종에너지 생산량(TOE): 287TOE
 - = 발전량(MWh) x 0.086TOE/MWh = 3,334MWh × 0.086TOE/MWh
- 1차에너지 생산량(TOE) = 704TOE
 - = 발전량(MWh) x 0.211TOE/MWh = 3,334MWh x 0.211TOE/MWh
- 온실가스 감축량(tonCO₂): 1,476tCO₂
 - = 발전량(MWh) x 0.4428tCO₂/MWh = 3.334MWh x 0.4428tCO₂/MWh
- 전력의 석유회사계수: 1차에너지 2,110kcal/kWh, 최종에너지 860kcal/kWh
- 전력 CO₂ 배출계수: 발전용 0.4428kgCO₂/kWh, 자가용 0.4598kgCO₂/kWh

소수력발전은 하천이나 수로특성, 강우 등 수문학적인 특성에 의해 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서는 수문학적 유사성을 고려하여 강원도와 경기도 지역에 설치된 소수력발전설비의 설치용량과 발전량을 분석하여 설비의 단위발전량을 산정하였다.

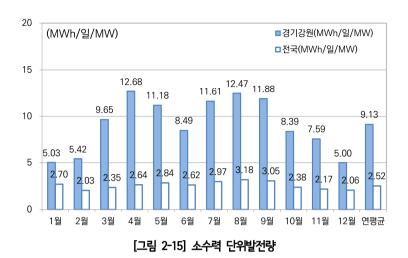
강원지역과 경기지역에 설치된 소수력발전설비 1MW당 연간 1일 평균 단위발전량은 9.13MWh로 발전설비 이용률은 38%이다. 그림에서와 같이 강수량이 많은 계절에 높고, 갈수기에는 단위발전량이 낮아지는 경향을 보인다.



[그림 2-13] 소수력 발전량(경기·강원)



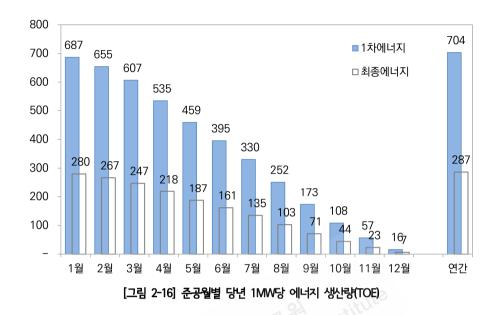
[그림 2-14] 한강권 소수력 단위발전량(2005~2016.5)



[표 2-11] 월별 소수력 생신량

준공월	단위 생산량	월간 생산량	최 종 에너지	1차 에너지	CO₂ 감축량
	MWh/MW/일	MWh	TOE	TOE	톤
1월	5.0	156	13.4	32.9	69.0
2월	5.4	152	13.1	32.0	67.2
3월	9.7	299	25.7	63.1	132,5
4월	12.7	380	32.7	80.3	168.4
5월	11.2	347	29.8	73.1	153,5
6월	8.5	255	21.9	53.7	112,8
7월	11.6	360	31.0	76.0	159.4
8월	12.5	386	33.2	81.5	171.1
9월	11.9	356	30.7	75.2	157.8
10월	8.4	260	22.4	54.9	115,1
11월	7.6	228	19.6	48.0	100,8
12월	5.0	155	13.3	32.7	68.7
연간	9.1	3,334	287	704	1,476

주) 준공월의 생산량은 해당 월 생산량의 1/2로 설정하였음





5_바이오가스 열병합발전

1) 기존의 성과산정 방법

기존의 성과산정 방법은 바이오가스를 이용한 열병합발전설비의 이용률을 90%로 설정하여 산정하였다. 그러나 바이오가스 생산량이나 기타 여건에 의해 발전설비 이용률은 이보다 낮다. 실제로 서울시의 물재생센터에 바이오가스 열병합발전 설치 제안에서 설비이용률을 75%로 설정한 사례가 있다.

- 에너지 생산량(TOE) 발전용량 증대
 - = 에너지 생산량(0.702TOE/kW) × 보급 용량(kW)
- 온실가스 감축량(tonCO₂) 발전용량 증대
 - = 온실가스 감축량(3.615tonCO₂/kW) × 보급 용량(kW)
- 에너지 생산량(0.702TOE/kW)
 - = 발전용량(1kW) × 가동시간(24시간) × 가동일(330일) × 전력 석유호산계수(0.211×10⁻³TOE/kWh)
- 온실가스 감축량(3,615tonCO₂/kW)
 - = 에너지 생산량(0.702TOE/kWh) × 전기 CO₂ 배출계수(5.151tonCO₂/TOE)
- 연간생산량(전기출력 = 1MW, 평균 열출력 = 1.029MW)
 = 용량(MW) x (전기효율 + 열효율 x 열이용률) / 전기효율 x 가동시간 = 용량(MW) x 2.029(MWh/MW) x 5,274h/yr

2) 개선안

서울시에서는 2014년에 본격적으로 물재생센터 등에 바이오가스 열병합 발전설비를 설치하였으므로 운전 자료가 제한적이다. 유효한 자료는 2015년 1월부터 2016년 5월까지의 설비용량과 발전량에 국한된다. 자료는 제한적이지만 물재생센터가 안정적으로 운영되고 있는 것으로 판단하고 이 자료를 활용하였다.

기존 설비 발전량을 분석한 결과 서울시 바이오가스 열병합발전설비의 단위발전량은

14.45MWh/MW/일로 나타나 설비이용률은 60.21%로 평가된다. 다만 여건에 따라 바이오가스 생산량이 변화하는 등 향후 자료 축적결과를 이용하여 재산정할 필요가 있다.

이에 반해 국내 바이오가스 열병합발전설비의 평균 단위발전량 9.2MWh/MW/일로 설비 이용률은 38% 수준이다. 한편 열병합발전시스템은 전력과 열을 동시에 생산하는 바, 최근에 서울시에 설치된 발전설비의 평균효율은 발전효율 34%, 열생산효율 35%이다. 바이오가스 생산을 위해 가온열을 필요로하는 바, 바이오가스열병합 발전시스템의 열이용효율은 100%로 적용하였다.

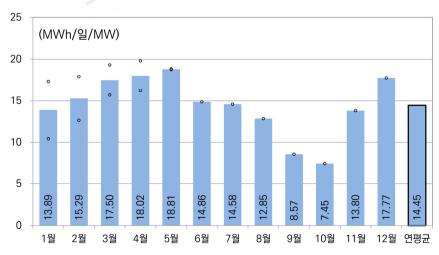
o 바이오가스 열병합발전 1MW당 연간 에너지 생산량 및 온실가스 감축량

- 에너지 생산량(MWh): 10.701MWh
 - = 용량(MW) x (전력효율 + 열효율 x 열이용률) / 전력효율 x 8,760시간 x 발전설비이용률
 - $= 1MW \times (0.34 + 0.35 \times 1.0) / 0.34 \times 0.6021 \times 8760$
- 발전량(MWh): 5,427MWh
 - = 용량(MW) x 8760시간 x 발전설비이용률 = 1MW x 0.6021 x 8.760시간
- 유효 열산량(MWh): 5,427MWh
 - = 용량(MW) \times 열효율 \times 열이용률 / 전력효율 \times 발전설비이용률 \times 8,760시간 = 1MW \times 0.34
 - x 1.0 / 0.34 x 0.6021 x 8,760
- 최종에너지 생산량(TOE): 921TOE
 - = 용량(MW) x (발전량+열생산량) x 0.086TOE/MWh = (5,274 + 5,427)MWh × 0.086TOE/MWh
- 1차에너지 생산량(TOE): 1,795TOE
 - = 전력생산량(TOE) + 열생산량(TOE) = 1,213 + 528
- 전력생산량(TOE): 1,213TOE
 - = 발전량(MWh) x 0,211TOE/MWh = 5,274MWh x 0,211TOE/MWh
- 열생산량(TOE): 582TOE
 - = 열생년량(MWh) x 0.086TOE/MWh = 5,427MWh x 0.086TOE/MWh
- 온실가스 감축량(tonCO₂): 3,517tCO₂
 - = 전력생산부문 + 열생산부문 도시가스사용부분 = 2,426 + 1,019
- 전력생산량부문(tCO₂): 2,426tCO₂
 - = 발전량(MWh) x 0.4428tCO₂/MWh = 5,274MWh x 0.4428tCO₂/MWh
- 열생산량부문(tCO₂): 1,019tCO₂
 - = 열생산량(TOE) x 2.336tCO₂/TOE = 582TOE x 2.336tCO₂/TOE

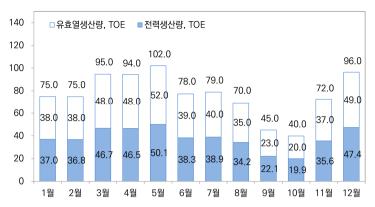
- 전력의 석유호사계수: 1차에너지 2,110kcal/kWh, 최종에너지 860kcal/kWh
- 전력 CO₂ 배출계수: 발전용 0.4428kgCO₂/kWh, 자카용 0.4598kgCO₂/kWh
- 발전설비이용률: 실측치 반영(60.21%)
- 열이용률: 소화가스 가온용 사용함(100%)



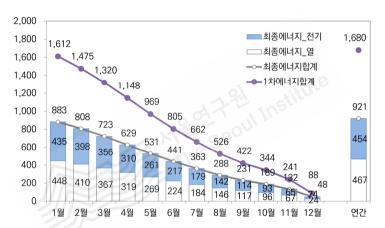
[그림 2-18] 서울시 바이오가스 CHP 발전량



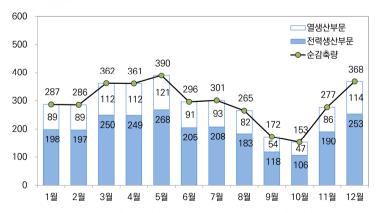
[그림 2-19] 바이오가스 CHP 단위발전량(2015,1~2016,5)



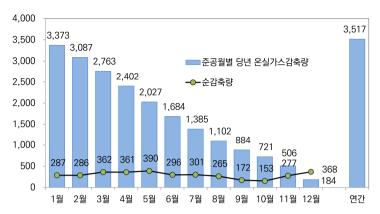
[그림 2-20] 서울시 바이오가스 CHP 1MW당 최종에너지 생신량 (1,019TOE/yr)



[그림 2-21] 서울시 바이오가스 CHP 준공월별 당년 에너지 생산량(TOE/MW)



[그림 2-22] 서울시 바이오가스 CHP 1MW당 온실가스 감축량 (3,517tCO₂eq/년)



[그림 2-23] 서울시 준공월별 바이오가스 CHP 1MW당 당년 온실가스 감축량(3,517tCO₂ea/년)

[표 2-12] 바이오가스 열병합발전 설비 단위 발전량

(단위: MWh/MW/일)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
서울	13.89	15.29	17.51	18.02	18.81	14.86	14.58	12.85	8.57	7.45	13.80	17.77	14.45
전국	9.28	8.92	9.47	8.86	10.26	8.44	8.25	8.03	8.95	10.16	9.62	10.42	9.23

[표 2-13] 바이오가스 열병합발전 설비 설치효과(서울시)

	II												
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간
최종에너지생산,TOE	71.7	71.3	90.3	90.0	97.0	74.1	75.3	66.3	42.8	38.4	69.0	91.7	878
전력생산	35.3	35.1	44.5	44.3	47.8	36.5	37.1	32.7	21.1	18.9	34.0	45.2	433
열생산	36.4	36.2	45.8	45.7	49.2	37.6	38.2	33.6	21.7	19.5	35.0	46.5	445
준공당년생산량	842	771	690	600	506	421	346	275	221	180	126	45.9	878
1차에너지생산,TOE	135	135	171	170	183	140	142	125	81	73	130	173	1,659
전력생산	99	99	125	124	134	103	104	92	59	53	95	127	1,213
열생산	36.4	36.2	45.8	45.7	49.2	37.6	38.2	33.6	21.7	19.5	35.0	46.5	445
준공당년생산량	1,591	1,456	1,303	1,133	956	794	653	519	416	340	238	87	1,659
온실가스감축,tCO₂eq	1,234	1,227	1,555	1,550	1,671	1,278	1,295	1,141	737	662	1,187	1,578	15,117
전력부문	198	197	250	249	268	205	208	183	118	106	191	253	2,426
열부문	1,036	1,030	1,306	1,301	1,403	1,073	1,087	958	619	556	996	1,325	12,690
준공당년감축량	14,498	13,268	11,876	10,324	8,714	7,239	5,953	4,735	3,796	3,096	2,172	789	15,117

6_지열냉난방

1) 기존의 성과산정 방법

지열의 생산 설비의 용량표시가 과거에는 냉동톤(ton of refrigeration) 단위인 RT로 표기하였다⁸⁾. 한국에너지공단 신재생에너지센터의 지침인 '2011년 신재생에너지 통계 환산 기준'에 따르면 지열 1RT당 에너지 생산량은 0.292TOE, 온실가스 감축량은 0.802tonCO₂이며, 산정 근거는 제시되지 않았다.

- 에너지 생산량(TOE) = 에너지 생산량(0,292TOE/RT) × 보급물량(RT)
- 온실가스 감축량(tonCO₂) = 온실가스 감축량(0.802tonCO₂/RT) × 보급물량(RT)
- 에너지 생산량(0.292TOE/RT) = [냉방환산기준(0.174TOE/RT) × 냉방비중(24.3%)] + [난방환산기준(0.444TOE/RT) × 난방비중(56.3%)]
- 온실가스 감축량(0.802tonCO₂/RT) = [냉방환산기준(0.174TOE/RT) × 냉방비중(24.3%) × 전력 CO₂ 배출계수(5.151tonCO₂/TOE)] + [난방환산기준(0.444TOE/RT) × 난방비중(56.3%) × LNG CO₂ 배출계수(2.336tonCO₂/TOE)]
- 냉방화산기준, 난방화산기준 : 신재생에너지센터, 「2011년 신재생에너지 통계 화산 기준」, 2012,
- 주거부문 에너지 소비 중 가스 비중 56.3%, 전력 비중 24.3% 적용 가능(자료 : 지식경제부, 「2011년 에너지총 조사보고서」, 2012.)

⁸⁾ 1RT = 3,024kcal/h = 3.516 kW

03

에너지효율화사업 성과평가방법

- 1_적용된 계수

- 그 건물 에너지효율 개선 4_주택 에너지효율 개선사업 5_사회복지시설(경로당) BPD 6 곳고요~~ 6_공공임대주택 에너지효율화 사업
- 7_친환경 고효율보일러 보급
- 8_공공부문 LED조명 보급
- 9_LED 보안등 및 LED 공원가로등 보급
- 10_민간부문 LED조명 보급
- 11_LED 간판 교체
- 12_서울메트로 시설개선 및 효율화

03 에너지효율화사업 성과평가방법

1_적용된 계수

에너지효율화사업 성과측정의 적용계수는 제2장 '신재생에너지 생산량 평가방법'의 적용계수 및 관련근거와 동일하게 적용되며, 간략한 내용은 다음 표와 같다.

[표 3-1] 에너지열량 환산기준

				총 발열	량	순 발열량			
구분	에너지원	단위	MJ	kcal	석유환산톤 (10 ⁻³ toe)	МЈ	kcal	석유환산톤 (10 ⁻³ toe)	
 석유	휘발유	L	32.6	7,780	0.778	30.3	7,230	0.723	
΄ή π	경유	L	37.7	9,010	0.901	35.3	8,420	0.842	
 가 <u>스</u>	도시가스(LNG)	Nm³	43.6	10,430	1.043	39.4	9,420	0.942	
//^	도시가스(LPG)	Nm³	62.8	15,000	1.500	57.7	13,780	1.378	
전력	전기(최종에너지)	kWh	3.60	860	0.086	3.60	860	0.086	
소비	전기(1차에너지)	kWh	9.63	2,300	0.23	9.63	2,300	0.230	
7,12,4	전기(최종에너지)	kWh	3.60	860	0.086	3.60	860	0.086	
전력 생산	전기(1차,사업용)	kWh	8.83	2,110	0.211	8,83	2,110	0.211	
0 5	전기(1차,자가용)	kWh	9.63	2,300	0.230	9.63	2,300	0.230	

주 1) 전력 소비: 최종에너지는 1kWh당 860kcal 적용. 1차에너지는 2,300kcal/kWh 적용.

[표 3-2] 도시가스(LNG) 석유환산계수 산출근거

구 분	산 출 근 거
도시가스(LNG) 환산	도시가스 1Nm³ TOE 환산 = 10.430×10^{-3} TOE 1TOE : 10^{7} kcal = x TOE : $10,430$ kcal $x = 10,430$ kcal ÷ 10^{7} TOE/kcal = 1.043×10^{-3} TOE

²⁾ 전력 생산: 최종에너지는 1kWh당 860kcal 적용. 1차에너지 환산 시 사업용 1kWh당 2,110kcal, 자카용 1kWh당 2,300kcal 적용.

^{3) 「}에너지법 시행규칙」의 열량환산기준을 기초로 재작성.

[표 3-3] IPCC의 탄소배출계수

 연료구부	1	탄소배출계수		
<u>''</u>		kgCO₂/GJ	tonCO ₂ /TOE	
	휘발유	18,90	0.783	
액체 화석연료	경유	20,20	0.837	
	LPG	17.20	0.713	
기체화석연료	LNG	15,30	0.637	

주) 전력의 이산화탄소배출계수 460gCO₂/kWh 사용(전력거래소 2011년 사용단 기준)

[표 3-4] 에너지원별 CO₂ 배출량 산출근거

구분	산출근거
휘발유	0.783tonCO₂/TOE × 44/12(이산화탄소분자량/탄소원자량) = 2.871tonCO₂/TOE
경유	0.837tonCO₂/TOE × 44/12(이산화탄소분자량/탄소원자량) = 3.069tonCO₂/TOE
LPG	0.713tonCO₂/TOE × 44/12(이산화탄소분자량/탄소원자량) = 2.614tonCO₂/TOE
LNG	0.637tonCO₂/TOE × 44/12(이산화탄소분자량/탄소원자량) = 2,336tonCO₂/TOE
 전기	$0.460 \text{kgCO}_2/\text{kWh} \div (0.086 \times 10^{-3} \text{TOE}) = 5,349 \text{kgCO}_2/\text{TOE} = 5.349 \text{tonCO}_2/\text{TOE}$

주) 전기의 이산화탄소배출계수 0.460kgCO₂/kWh 사용(전력거래소 2011년 사용단 기준)

2_녹색건축물 설계기준 강화

1) 기존의 성과산정 방법

서울시는 2007년 8월 '친환경 건축기준'을 발표하면서 정부의 에너지 기준과 친환경 기준을 모두 충족하는 친환경건축물등급을 부여하기 시작⁹⁾했으며, 건축허가 및 심의 시 연간 단위면적당 1차에너지 소요량을 기준으로 건축물에너지효율등급을 부여하고 있다.

기존의 녹색건축물 설계기준 강화에 따른 에너지저감 성과는 「건축물 에너지효율등급 인증 기준」에 따라 건물등급기준 5등급과 2등급의 연간 단위면적당 1차에너지 소요량의 차로 산정하였다.

[표 3-5] 건축물 에너지효율등급 인증등급

	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
등급	연간 단위면적당 1차에너지 소요량	연간 단위면적당 1차에너지 소요량
	(kWh/m²·년)	(kWh/m²·년)
1+++	60 미만	80 미만
1++	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만
1+	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만
1	120 이상 150 미만	200 이상 260 미만
2	150 이상 190 미만	260 이상 320 미만
3	190 이상 230 미만	320 이상 380 미만
4	230 이상 270 미만	380 이상 450 미만
5	270 이상 320 미만	450 이상 520 미만
6	320 이상 370 미만	520 이상 610 미만
7	370 이상 420 미만	610 이상 700 미만

자료: 산업통상자원부 고시 제2013-34호, 「건축물 에너지효율등급 인증 기준」

기존의 성과산정 방법에 따르면 주거용 건물의 1차에너지 절감량은 29.9 kgOE였고, 온실 가스 감축량은 가구당 연평균 에너지 소비 기준에 따라 가구당 0.231tonCO_2 로 산출되었다. 비주거용 건물의 1차에너지 절감량은 46 kgOE, 온실가스 감축량은 0.107tonCO_2 로 나타났다.

⁹⁾ 김민경, 2015, 서울시 건물에너지 절감 인센티브제도 개선 방향, p.26

- 에너지 절감량(TOE, 1차에너지): 건축면적당 에너지사용 감축량
 - = 주거용건물(0.0299TOE/m²) x 건축심의 면적(시+자치구)
 - = 비주거용건물(0.046TOE/m²) × 건축심의 면적(시+자치구)
- 온실가스 감축량(tonCO2) 가구당 연평균 에너지 소비 기준
 - = 온실가스 감축량(0.231tonCO₂/가구) × 시행개수(가구)
- 주거용 건물 에너지 절감량(0.0299TOE/m²) = (320kWh/m² 190kWh/m²) × 0.23TOE/kWh×10⁻³
- 비주거용 건물 에너지 절감량(0.046TOE/m²) = (520kWh/m² 320kWh/m²) × 0.23TOE/kWh×10-3
- 주거용 건물 온실가스 감축량(0.07tonCO₂/m²)
 - = 에너지 절감량(0,0299TOE/m²) × LNG CO₂ 배출계수(2,336tonCO₂/TOE)
- 비주거용 건물 온실가스 감축량(0.107tonCO₂/㎡)
 - = 에너지 절감량(0.046TOE/m²) × LNG CO₂ 배출계수(2.336tonCO₂/TOE)

2) 개선안

본 연구는 강화된 신축건축물 에너지소비총량 기준¹⁰⁾에 의거해 녹색건축물 설계기준 강화에 따른 에너지 절감량을 산정하고자 한다. 「에너지살림도시, 서울」 종합계획에 따르면 2020년에 연간 단위면적당 에너지소비총량 기준이 주거용 신축건축물은 170kWh까지, 비주거용 신축건축물은 260kWh까지 강화될 계획이다.

[표 3-6] 신축건축물 에너지소비총량 기준

(단위: kWh/m²·y)

 구 분	2014년	2015년	2020년
주거용	190	180	170 ~150
 비주거용	280	270	260 ~240

자료:「에너지살림도시, 서울」종합계획

이 적용안에 따르면 주거용 건물의 단위면적당 1차에너지 절감량은 0.035TOE, 최종에너지 절감량은 0.013TOE이며, 비주거용 건물의 단위면적당 1차에너지 절감량은 0.060TOE, 최종에너지 절감량은 0.022TOE이다. 주거용 건물의 단위면적당 온실가스 감

¹⁰⁾ 서울특별시, 2014.8, 「에너지살림도시, 서울 종합계획, p.60

축량은 0.030ton CO_2 이고, 85m²의 주택은 예로 들었을 때 연간 1가구당 온실가스 감축 량은 2.559ton CO_2 로 나타난다. 비주거용 건물의 연간 단위면적당 온실가스 감축량은 0.052ton CO_2 로 산정되었다.

- 에너지 절감량(TOE): 건축면적당 에너지사용 감축량
 - · 1차에너지
 - = 주거용 건물(0.0345TOE/m²) × 건축심의 면적(시+자치구)
 - = 비주거용 건물(0.0598TOE/m²) × 건축심의 면적(시+자치구)
 - · 최종에너지
 - = 주거용 건물(0,0129TOE/m²) × 건축심의 면적(시+자치구)
 - = 비주거용 건물(0.02236TOE/m²) x 건축심의 면적(시+자치구)
- 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - ① 주거용 건물: 연면적당 연평균 에너지 소비 기준
 - = 온실가스 감축량(0,0301tonCO₂/m²) x 시행연면적
 - ex) 1가구당 온실가스 감축량 = 연면적 85m² × 0.0301tonCO₂ = 2.5585tonCO₂/가구
 - ② 비주거용 건물: 연면적당 연평균 에너지 소비 기준
 - = 온실가스 감축량(0.0522tonCO₂/m²) × 시행연면적
- 주거용 건물 에너지 절감량
 - · 1차에너지: 0.0345TOE/m² = (320kWh/m² 170kWh/m²) × 0.23TOE/kWh×10-3
 - · 최종에너지: 0.0129TOE/m² = (320kWh/m² 170kWh/m²) × 0.086TOE/kWh×10-3
- 비주거용 건물 에너지 절감량
 - 1차에너지: $0.0598TOE/m^2 = (520kWh/m^2 260kWh/m^2) \times 0.23TOE/kWh×10^{-3}$
 - · 최종에너지: 0.02236TOE/m² = (520kWh/m² 260kWh/m²) × 0.086TOE/kWh×10⁻³
- 주거용 건물 온실가스 감축량(0.0301tonCO₂/m²)
 - = 에너지 절감량(0.0129TOE/m²) × LNG CO₂배출계수(2,336tonCO₂/TOE)
- 비주거용 건물 온실가스 감축량(0.0522tonCO₂/m²)
 - = 에너지 절감량(0.02236TOE/m²) × LNG CO₂배출계수(2.336tonCO₂/TOE)

3) 기존방법과의 차별성

기존의 성과산정 방법은 최종에너지 절감량을 고려하지 않았으며 온실가스 감축량 또한 1차에너지 절감량 기준으로 산정하였다. 본 연구의 산정방법에 의하면 기존 산정방법보다 주거용 건물의 1차에너지 절감량은 $0.005TOE/m^2$, 비주거용 건물의 1차에너지 절감량은 $0.014TOE/m^2$ 증가하였다. 온실가스 감축량은 주거용 건물이 $0.040tonCO_2/m^2$, 비주거용 건물이 $0.0555tonCO_2/m^2$ 감소하였다.

[표 3-7] 녹색건축물 설계기준 강화에 따른 에너지저감 효과산정 비교

구분		시 절감량 E/m²)		지 절감량 =/m²)		<u>·</u> 감축량 O₂/m²)
	주거용	비주거용	주거용	비주거용	주거용	비주거용
기존방법	0.030	0.046	_	_	0.070	0.107
개선안	0.035	0.060	0.013	0.022	0.030	0.052
증감량	▲0.005	▲0.014	-	_	▼0.040	▼0.055



3_기축건물 에너지효율 개선

1) 기존의 성과산정 방법

기존의 기축건물 에너지효율 개선사업의 효과는 중 대형 건물과 에너지 다소비 건물로 구 분하여 연평균 BRP 저감실적을 근거로 에너지 절감량을 산정하였다.

- 중·대형 건물 에너지 절감량(TOE, 1차에너지)
 - = 에너지 절감량(83TOE/개소) x 시행 개소 수(개소)
- 중·대형 건물 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(320.056tonCO₂/개소) × 시행 개소 수(개소)
- 에너지 절감량(83TOE/개소) = 연평균 BRP 저감실적
- 온실가스 감축량(320.056tonCO₂/개소)
 - = [83TOE/개소 × 전기비중(54%) × 전기 CO₂ 배출계수(5.151tonCO₂/TOE)] + [83TOE/개소
 - × 전기 외 비중(46%) × LNG CO₂ 배출계수(2.336tonCO₂/TOE)]
- 에너지 다소비 건물(2천 TOE/년 이상) 에너지 절감량(TOE, 1차에너지)
 - = 에너지 절감량(500TOE/개소) × 시행 개소 수(개소)
- 에너지 다소비 건물(2천 TOE/년 이상) 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(1,928.05tonCO₂/개소) × 시행 개소 수(개소)
- 에너지 절감량(500TOE/개소) = 연평균 BRP 저감실적
- 온실가스 감축량(1,928.05tonCO₂/개소)
 - = [500TOE/개소 × 전기비중(54%) × 전기 CO₂ 배출계수(5.151tonCO₂/TOE)] + [500TOE/개소 × 전기 외 비중(46%) × LNG CO₂ 배출계수(2.336tonCO₂/TOE)]

기존의 성과산정 방법에 따른 중·대형 건물의 개소당 1차에너지 절감량은 83TOE, 온실가 스 감축량은 320.056tonCO₂였고, 에너지 다소비 건물의 개소당 1차에너지 절감량은 500TOE, 온실가스 감축량은 1,928.05tonCO₂로 나타났다.

2) 개선안

본 연구에서는 기축건물의 에너지효율 개선효과 산정을 위해 표준건물을 설정하고 IPMVP¹¹⁾를 활용한 시뮬레이션을 진행하였다. 건물에너지 효율화사업(BRP) 추진항목¹²⁾ 중 가장 선호도가 높고 개선이 용이한 3개 항목에 대해 단위면적당(㎡) 에너지저감 예상량을 산출하였다. 시뮬레이션 적용 BRP 추진항목은 ① 내·외벽단열재, ② 단열창호 (에너지효율 3등급 이상), ③ 조명시설 효율향상공사(LED)이다.

[표 3-8] 건물에너지 효율화사업(BRP) 추진항목

<u></u>	BRP 추진 세부내역
	내·외벽 단열재
	단열창호(에너지효율 3등급 이상)
건 축	창유리필름(고효율인증제품)
	차열도료(태양열 반사율이 초기값 0.65 이상)
	기타
	냉·난방 효율향상공사(보일러, 냉온수기, 냉동기 등)
	폐열회수설비
기계	자가 열병합 발전시설 설치
	건물자동회제어장치(BEMS)
	기타
	조명시설 효율향상공사(LED)
	에너지 절약형 공조시스템(고효율 인버터, 송풍기 등)
전기	수변전 설비(고효율 변압기)
	대기전력 저감 우수제품(한국에너지관리공단 신고확인) 설치
	기타
	신재생에너지(수소연료전지, 지열, 태양열 등)
	에너지 진단
기 타	절수설비 및 절수기
1 1	벽면녹화
	미활용에너지 이용설비
	기타

¹¹⁾ IPMVP(International Performance Measurement and Verification Protocol): 에너지절감량을 정량적으로 측정 및 검증하는 국제 프로토콜

¹²⁾ 서울특별시공고 제2016-350호, 「2016년 서울특별시 건물에너지효율화사업(BRP) 융자지원계획」, <별표 1> 건물에너지 효율화 사업(BRP) 추진항목

(1) 표준건물 설정

서울시 근린생활시설 또는 업무용 건물의 경우 연면적이 10,000㎡ 미만인 것이 대부분으로, 기축건물의 표준은 시뮬레이션 진행에 적합한 연면적 7,410.76㎡의 업무용 건물로 정하였으며, 세부 조건은 다음과 같다.

[표 3-9] 시뮬레이션 표준건물 설정(기축건물)

용도	연면적	구조체 단열	창호 단열	침기율	보일러 효율	냉동기
업무용	7,410.76㎡ (주차장면적 제외)	50mm	16mm (일반복 충)	1.5회/h	80%	COP 2.5

(2) 월별 에너지 소비량

표준건물의 연간 에너지 소비량은 116TOE이며, 단위면적당 에너지 소비량은 전기 72.4kWh, 가스 9.1Nm³, 최종에너지 15.7kgOE이다. 월별 단위면적당 전기 소비량은 8월이 8.9kWh로 가장 높았고, 가스 소비량은 1월이 1.7Nm³로 가장 높게 나타났다. 최종에너지 소비량은 1월이 2.4kgOE로 가장 높았고, 5월이 0.8kgOE로 가장 낮게 나타났다.

[표 3-10] 에너지 소비량(기축건물)

	전기(kWh)	가 <u>스(</u> Nm³)	1차에너지(kgOE)	최종에너지(kgOE)
합계	536,822	67,230	193,590	116,288
 1월	44,370	13,192	23,965	17,575
2월	36,494	11,237	20,114	14,859
3월	36,541	8,046	16,797	11,535
4월	37,752	4,411	13,283	7,847
5월	44,805	2,067	12,461	6,009
6월	51,560	1,628	13,557	6,132
7월	64,665	1,791	16,741	7,429
8월	66,089	1,710	16,984	7,467
9월	43,435	1,465	11,519	5,264
10월	35,094	2,890	11,085	6,032
11월	35,916	8,230	16,844	11,672
12월	40, 103	10,563	20,241	14,466

[표 3-11] 단위면적당 에너지 소비량(기축건물)

구분	전기(kWh/㎡)	가 <u>스(</u> Nm³/m²)	1차에너지(kgOE/m²)	최종에너지(kgOE/m²)
합계	72.438	9.072	26.123	15,692
1월	5.987	1.780	3.234	2,372
2월	4.925	1.516	2.714	2,005
3월	4.931	1.086	2,267	1,556
4월	5.094	0.595	1.792	1.059
5월	6.046	0.279	1,681	0,811
6월	6.957	0.220	1.829	0,828
7월	8.726	0.242	2,259	1,003
8월	8.918	0.231	2,292	1,008
9월	5,861	0.198	1.554	0.710
10월	4,735	0.390	1.496	0.814
11월	4.847	1,111	2,273	1,575
12월	5.411	1.425	2,731	1.952

(3) 월별 에너지 절감량

BRP 추진항목 중 ① 내·외벽단열재, ② 단열창호(에너지효율 3등급 이상), ③ 조명시설 효율향상공사(LED)에 대해 시뮬레이션을 실행한 결과, 기축건물의 월별 에너지 절감량은 다음과 같다.

[표 3-12] 내외벽단열재 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(기축건물)

	전기	가스	1차에너지	최종에너지	CO₂
구분	(kWh/m²)	(Nm ³ /m ²)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	(kgCO ₂ /m²)
합계	0.194	0.104	0.153	0.125	0.318
1월	0.163	-0.123	-0.091	-0.115	-0.197
2월	0.151	0.132	0.172	0.150	0.359
3월	0.056	0.087	0.104	0.096	0.218
4월	-0.104	0.032	0.009	0.024	0.022
5월	-0.074	0.002	-0.015	-0.005	-0.030
6월	-0.069	_	-0.016	-0.006	-0.032
7월	0.006	_	0.001	0.000	0.003
8월	0.059	-	0.014	0.005	0.027
9월	-0.105	-	-0.024	-0.009	-0.048
10월	-0.103	0.017	-0.006	0.009	-0.010
11월	0.072	0.090	0.111	0.100	0.232
12월	0.143	-0.132	-0.105	-0.125	-0.224

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-13] 단열창호 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(기축건물)

78	전기	가스	1차에너지	최종에너지	CO₂
구분	(kWh/m²)	(Nm ³ /m ²)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	(kgCO ₂ /m²)
합계	0.953	0.761	1.013	0.875	2,112
1월	0.236	0.079	0.136	0.102	0,282
2월	0.116	0,262	0.299	0,283	0.629
3월	0.317	0.155	0.235	0.189	0.487
4월	-0.258	0.049	-0.009	0.028	-0.012
5월	-0.174	0.000	-0.040	-0.015	-0.080
6월	0.094	_	0.022	0.008	0.043
7월	0,264	_	0.061	0.023	0.122
8월	0.380	_	0.087	0.033	0.175
9월	-0.017	_	-0.004	-0.001	-0.008
10월	-0.264	0.019	-0.041	-0.003	-0.080
11월	0.064	0.171	0,193	0,184	0.406
12월	0.196	0.027	0.073	0.045	0.149

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-14] 조명시설 효율향상공사에 따른 단위면적당 에너지 절감량(기축건물)

			1 - 60		
구분	전기	가스	1차에너지	최종에너지	CO ₂
	(kWh/m²)	(Nm ³ /m ²)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	(kgCO ₂ /m²)
합계	21.387	0.549	5.492	2.412	11.046
1월	1.936	-0.020	0.424	0.145	0.846
2월	1.687	0.223	0.621	0.378	1,267
3월	1.418	0.084	0.414	0.210	0.838
4월	1.766	0.058	0.467	0.213	0.941
5월	2.147	0.031	0.527	0.217	1.057
6월	1.814	0.027	0.445	0.184	0.893
7월	1.953	0.029	0.480	0.198	0.963
8월	1.893	0.028	0.464	0.192	0.932
9월	1.651	0.024	0.405	0.167	0.812
10월	1.339	0.033	0.342	0.149	0.688
11월	1.938	0.076	0,525	0.246	1.059
12월	1.846	-0.045	0.378	0.112	0.750

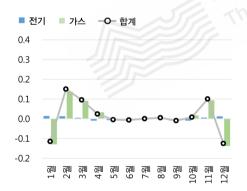
쥐) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

ſ₩	3-15]	BRP	추진에	따른	다위면전당	에너지	절감량(기축건물)
1-44		וווט	T-111		TI 0	-11-1-1	200121

 구분	전기	가스	1차에너지	최종에너지	CO₂
下正	(kWh/m²)	(Nm ³ /m ²)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	(kgCO ₂ /m²)
합계	22.534	1.414	6.657	3.412	13,476
1월	2,335	-0.065	0.469	0.133	0.931
2월	1.953	0.616	1.092	0.811	2,254
3월	1.791	0.327	0.753	0.495	1,543
4월	1.404	0.139	0.467	0.265	0.951
5월	1.899	0.033	0.472	0.198	0.947
6월	1,838	0.027	0.450	0.186	0.904
7월	2.223	0.029	0.542	0.222	1.087
8월	2,332	0.028	0.566	0.230	1,134
9월	1.529	0.024	0.377	0.156	0.756
10월	0.971	0.068	0.295	0.155	0.597
11월	2.074	0.338	0,829	0.531	1,697
12월	2.185	-0.150	0.346	0.031	0.675

주1) BRP 추진항목: ① 내·외벽단열재, ② 단열창호, ③ 조명시설 효율항상공사

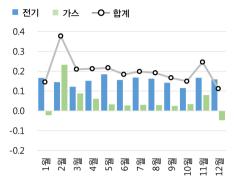
주2) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

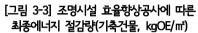


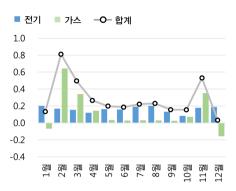
[그림 3-1] 내외벽단열재 설치에 따른 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/㎡)



[그림 3-2] 단열창호 설치에 따른 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/㎡)







[그림 3-4] BRP 추진에 따른 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/㎡)

BRP 추진에 따른 업무용 기축건물의 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 22.534kWh, 가스 $1.414Nm^3$, 최종에너지 3.412kgOE이며, 온실가스 감축량은 $13.476kgCO_2$ 로 산출되었다. 전기 절감량은 1월이 2.335kWh로 가장 높았고, 가스 절감량은 2월이 $0.616Nm^3$ 로 가장 높았다. 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량은 2월이 각각 0.811kgOE, $2.254kgCO_2$ 로 가장 높았다.

내·외벽단열재 설치에 따른 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 0.194kWh, 가스 $0.104Nm^3$, 최종에너지 0.125kgOE이며, 온실가스 감축량은 $0.316kgCO_2$ 로 산출되었다. 4, 5, 6, 9, 10월의 전기 소비량과 <math>1, 12월의 가스 소비량, 1, 5, 6, 9, 12월의 최종에너지 소비량과 1, 5, 6, 9, 10, 12월의 온실가스 발생량은 오히려 증가하는 것으로 나타났다.

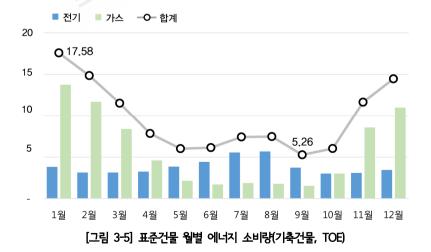
단열창호 설치에 따른 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 0.953kWh, 가스 0.761N m^3 , 최종에너지 0.875kgOE이며, 온실가스 감축량은 $2.112kgCO_2$ 로 산출되었다. 4, 5, 9, 10월의 전기 소비량과 <math>5, 9, 1월의 최종에너지 소비량, <math>4, 5, 9, 10월의 온실가스 발생량은 오히려 증가하는 것으로 나타났다.

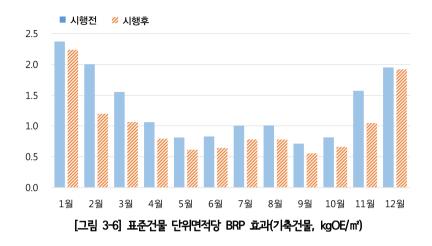
조명시설 효율향상공사에 따른 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 21.387kWh, 가스 $0.549Nm^3$, 최종에너지 2.412kgOE이며, 온실가스 감축량은 $11.046kgCO_2$ 로 산출되었다. 나머지 2개의 항목과 비교해볼 때, 조명시설 효율향상공사에 따른 에너지효율 개선효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

시뮬레이션 결과 표준건물의 BRP 시행 후 연간 에너지 소비량은 전기 369,828kWh, 가스 67,230N㎡, 최종에너지 91TOE로 총 21.74%의 에너지 저감효과가 나타났다.

[표 3-16] 표준건물 BRP 효과(기축건물)

		시행	전						
구분	전기	가스	최종0	베너지	전기	가스	최종0	베너지	저감 률 (%)
	(kWh)	(Nm³)	(TOE)	(kgoe/m²)	(kWh)	(Nm³)	(TOE)	(kgoe/m²)	(70)
합계	536,822	67,230	116.29	15.69	369,828	56,751	91.00	12.28	21.74
1월	44,370	13, 192	17.58	2.37	27,066	13,674	16.59	2.24	5.61
2월	36,494	11,237	14.86	2.01	22,021	6,672	8.85	1.19	40.45
3월	36,541	8,046	11.54	1.56	23,268	5,623	7.87	1.06	31.80
4월	37,752	4,411	7.85	1.06	27,347	3,381	5.88	0.79	25.03
5월	44,805	2,067	6.01	0.81	30,732	1,822	4.54	0.61	24.42
6월	51,560	1,628	6.13	0.83	37,939	1,428	4.75	0.64	22.48
7월	64,665	1,791	7.43	1.00	48,191	1,576	5.78	0.78	22.15
8월	66,089	1,710	7.47	1.01	48,807	1,502	5.76	0.78	22,83
9월	43,435	1,465	5.26	0.71	32,104	1,287	4.11	0.55	21.96
10월	35,094	2,890	6.03	0.81	27,898	2,386	4.88	0.66	19.04
11월	35,916	8,230	11.67	1.58	20,546	5,725	7.74	1.04	33.71
12월	40,103	10,563	14.47	1.95	23,910	11,675	14.24	1.92	1.59





(4) 준공월별 당해의 에너지 절감량

기존의 성과산정 방법은 단위사업의 시행 또는 완료 시점과 관계없이 1년간의 성과를 가지고 일률적으로 에너지저감 효과를 산출하였다. 본 연구에서는 단위사업의 시행 시점을 고려하여 준공 및 설치 당해년도의 월별 에너지저감 효과를 산정하였다. 단위사업은 월별 15일에 시행한 것으로 가정하고, 준공 및 설치 당월의 경우 월별 에너지 절감량의 50%를 적용하였다.

[표 3-17] 내외벽단열재 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(기축건물)

	전기	가스	1차에너지	최종에너지	CO ₂
구분	(kWh/m²)	(Nm³/m²)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	(kgCO ₂ /m²)
1월	0.113	0.166	0.199	0.183	0.417
2월	-0.044	0.162	0.159	0.165	0,336
3월	-0.147	0.052	0.021	0.042	0.048
4월	-0.123	-0.007	-0.036	-0.018	-0.072
5월	-0.035	-0.024	-0.033	-0.028	-0.068
6월	0.037	-0.025	-0.017	-0.023	-0.037
7월	0.069	-0.025	-0.010	-0.020	-0.022
8월	0.036	-0.025	-0.017	-0.023	-0.037
9월	0.059	-0.025	-0.012	-0.021	-0.027
10월	0.163	-0.033	0.003	-0.020	0.002
11월	0.179	-0.087	-0.049	-0.075	-0.108
12월	0.072	-0.066	-0.052	-0,063	-0.112

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-18] 단열창호 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(기축건물)

구분	전기 (kWh/㎡)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/㎡)	최 종 에너지 (kgOE/㎡)	CO₂ (kgCO₂/m²)	
- 1월	0.835	0.721	0.944	0.824	1.971	
2월	0.659	0.551	0.726	0,632	1,516	
3월	0.443	0,343	0.459	0.396	0.958	
4월	0.413	0.241	0.346	0.287	0.720	
5월	0.629	0.217	0,371	0,280	0.766	
6월	0.670	0.216	0,380	0,283	0.784	
7월	0.491	0.216	0,339	0,268	0.702	
8월	0.169	0.216	0,265	0.240	0.554	
9월	-0.013	0.216	0,223	0,225	0.470	
10월	0.128	0.207	0,245	0.227	0.515	
11월	0,228	0.112	0.170	0.137	0,352	
12월	0.098	0.013	0.036	0.022	0.075	
주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함						

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-19] 조명시설 효율향상공시에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(기축건물)

구분	전기 (kWh/m²)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/m²)	최종에너지 (kgOE/m²)	CO ₂ (kgCO ₂ /m²)
 1월	20.419	0.559	5.280	2,339	10,623
2월	18.608	0.458	4.757	2,078	9,566
3월	17.055	0.304	4.240	1.784	8,514
4월	15.464	0.232	3.799	1.572	7.625
5월	13.508	0.187	3.302	1.357	6,626
6월	11.527	0.158	2.817	1.157	5,651
7월	9.644	0.131	2,354	0.966	4.723
8월	7.721	0.102	1.882	0.770	3.776
9월	5.949	0.076	1.448	0.591	2,904
10월	4.454	0.048	1.074	0.433	2,154
11월	2.815	-0.007	0,640	0.235	1,280
12월	0.923	-0.022	0,189	0.056	0.375

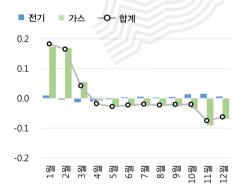
주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

Гπ	3-20]	RDD	코지에	따르	즈고워벼	다케이	에너지	절간량(기	<u> 초거무)</u>
1#	J-ZUI	DITIT	우아에	4		것에의	에니시	걸심장(기	쑥니도

구분	전기 (kWh/㎡)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/m²)	최종에너지 (kgOE/m²)	CO ₂ (kgCO ₂ /m²)
1월	21.367	1.446	6.423	3.346	13.01
2월	19,223	1,171	5.642	2.874	11.418
3월	17.351	0.699	4.720	2,221	9.519
4월	15,753	0.466	4,110	1.841	8.273
5월	14.102	0.380	3,640	1.609	7.324
6월	12.234	0.350	3,179	1,417	6.398
7월	10,203	0.322	2,683	1.214	5.403
8월	7.926	0.294	2,129	0.988	4.292
9월	5.995	0.268	1,658	0.795	3.347
10월	4.745	0.222	1,323	0.639	2,671
11월	3,222	0.019	0,761	0.297	1.524
12월	1.092	-0.075	0,173	0.016	0,338

_ , ਦੁ <u>ਬ</u>ੁਝੁਰੇਂਂਂਂਂ, 주1) BRP 추진항목: ① 내·외벽단열재, ② 단열창호, ③ 조명시설 효율향상공사

주2) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함



[그림 3-7] 내외벽단열재 설치에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/㎡)



[그림 3-8] 단열창호 설치에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/㎡)



[그림 3-9] 조명시설 효율향상공사에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/㎡)



[그림 3-10] BRP 추진에 따른 준공당해의 최종에너지 절감량(기축건물, kgOE/㎡)

BRP 추진에 따른 준공월별 당해의 단위면적당 에너지 절감량은 1월에서 12월로 갈수록 · Me Seon Institute 점차 감소하는 경향을 보이며. 계절의 영향을 적게 받는 조명시설 효율향상공사는 비교적 일정한 비율로 감소하는 것으로 나타났다.

3) 기존방법과의 차별성

기존의 성과산정 방법은 최종에너지 절감량을 고려하지 않았으며 온실가스 감축량 또한 1차에너지 절감량 기준으로 산정하였다. 또한 단위면적당 에너지 절감량이 아니라 개소당 절감량을 산출하여 각각 다른 면적의 건축물에 효율적으로 적용하기 어렵다. 본 연구는 단위면적당 에너지 절감량 및 온실가스 감축량을 산정하여 보다 효율적인 성과산정이 가 능하도록 하였다.

본 연구의 산정방법에 의하면 업무용 기축건물의 연간 1차에너지 절감량은 0.007TOE/ m², 최종에너지 절감량은 0.003TOE/m², 온실가스 감축량은 0.013tonCO₂/m²로 나타났 다. 하지만 기존의 성과산정 방법과 단위 기준이 상이하여 증감량 비교는 불가하다.

[표 3-21] 연간 기축건물 에너지효율 개선의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량		최종에너지 절감량	온실	l가스 감 축 량
	중·대형 건물	83TOE/개소		중·대형 건물	320,056tonCO₂/ 개소
기존방법	에너지 다소비 건물	500TOE/개소	_	에너지 다소비 건물	1,928.05tonCO₂/ 개소
/H^		7kg0E/m²)7T0E/m²)	3,412kgOE/m² (0,003TOE/m²)		176kgCO ₂ /m² 13tonCO ₂ /m²)
증감량			비교 불가		



4 주택 에너지효율 개선사업

1) 기존의 성과산정 방법

기존의 주택 에너지효율 개선사업의 효과는 2012년 주택 에너지효율 개선사업을 실시한 가구의 평균 에너지 절감량을 조사하여 그 평균값을 적용하였다. 총 192세대를 대상으로 조사한 결과 가구당 평균 0.125TOE의 에너지를 저감한 것으로 나타났다.

- 2012년 BRP 가구 평균 에너지 절감량 및 에코마일리지 가입세대 현황 조사
 - 조사대상: 2012년 주택 BRP 시행 192세대
 - 조사내용: 에너지 절감실적 및 에코마일리지 가입률
 - 결과: 에코마일리지 가입 51세대(26.5%), BRP 이후 에너지사용량 감소 34세대 (평균 에너지 사용 절감량 0.125TOE)

2) 개선안

2017 Pel Institute 본 연구에서는 주택 에너지효율 개선사업의 효과산정을 위해 공동주택과 단독주택의 표 준건물을 설정하고 IPMVP13)를 활용한 시뮬레이션을 진행하였다. 건물에너지 효율화사 업(BRP) 추진항목14) 중 가장 선호도가 높고 개선이 용이한 3개 항목에 대해 단위면적당 (m²) 에너지저감 예상량을 산춬하였다. 시뮬레이션 적용 BRP 추진항목은 ① 내·외벽단열 재, ② 단열창호(에너지효율 3등급 이상), ③ 조명시설 효율향상공사(LED)이다.

¹³⁾ IPMVP(International Performance Measurement and Verification Protocol): 에너지절감량을 정량적으로 측정 및 검증하는 국제 프로토콜

¹⁴⁾ 서울특별시공고 제2016-350호, 「2016년 서울특별시 건물에너지효율화사업(BRP) 융자지워계획, <별표 1> 건물에너지 효율화 사업(BRP) 추진항목

[표 3-22] 건물에너지 효율화사업(BRP) 추진항목

부 문	BRP 추진 세부내역
	내·외벽 단열재
	단열창호(에너지효율 3등급 이상)
건 축	창유리필름(고효율인증제품)
	차열도료(태양열 반사율이 초기값 0.65 이상)
	기타
	냉·난방 효율향상공사(보일러, 냉온수기, 냉동기 등)
	폐열회수설비
기계	자가 열병합 발전시설 설치
	건물자동화제어장치(BEMS)
	기타
	조명시설 효율향상공사(LED)
	에너지 절약형 공조시스템(고효율 인버터, 송풍기 등)
전기	수변전 설비(고효율 변압기)
	대기전력 저감 우수제품(한국에너지관리공단 신고확인) 설치
	기타
	신재생에너지(수소연료전지, 지열, 태양열 등)
	에너지 진단
71-1	절수설비 및 절수기
기타	벽면 <u>녹</u> 화
	미활용에너지 이용설비
	기타

(1) 표준건물 설정

① 건축연도별 주택 BRP 추진현황

국내 건축물의 단열기준은 건물 외벽, 최하층 바닥, 최상층 반자 또는 지붕, 공동주택의 측별, 외기에 면하는 창에 대해 국토교통부가 고시하고 있으며, 국내 단열기준의 변천과 정은 크게 1980년 이전과 1981~2000년, 2001년 이후로 구분할 수 있다.

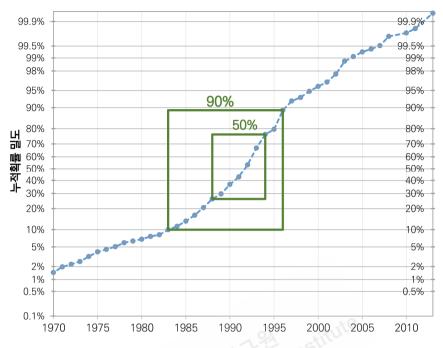
[표 3-23] 국내 단열기준의 변천 과정

			부위별 단일	멸기준(열관류율:	kcal/m²°C)	
개정연도	지역구분	외벽	최하층 바닥	최상층 반자 또는 지붕	공동주택 측벽	외기에 면하는 창
1979.09	-	1.8(0.9)	1.5(0.9)	0.9(0.9)	-	2.2 또는 이 중 창
1980.12	-	0.5	1.0	0.5	-	3.0 또는 이중창
1984.12	제주도 이외	0.5 또는 50mm 단열재	0.5 또는 50mm 단열재	_	0.4 또는 70mm 단열재	3.0 또는 이 중 창
1904,12	제주도	1.0 또는 30mm 단열재	1.0 또는 30mm 단열재	1.0 또는 30mm 단열재	0.8 또는 40mm 단열재	3.0 또는 이 중 창
	중부	0.5 또는 50mm 단열재	_	_	0.4 또는 70mm 단열재	2.9 또는 이 중 창
1987.07	남부	_	0.65 또는 40mm 단열재	_	0.6 또는 50mm 단열재	3.1 또는 이중창
	제주도	_	1.0 또는 30mm 단열재	_	7.0 또는 40mm 단열재	5.0 또는 이중창
1988.12	내용은 7	개정 전과 동일,	단열재 분류 일	부 조정	500	
1992.06	내용은		건축물의 설계	기준 등에 관한	규칙으로 개편	
2001.01	부위별 단열 성능을 평균 20% 강화 지역구분의 내용 변경(중부, 남부 일부 지역의 조정) 바닥부위의 단열재 설치 위치 구체화 단열부위를 위기에 직접 면하는 부위와 간접 면하는 부위로 구분 창호의 열 성능은 창틀 및 유리를 포함한 전체 열관류율 적용					
2008.07	창호 단열 성능을 열관류율 기준으로 약 28% 강화					
2010.06	창호, 외벽 등 부분별 단열기준을 약 20% 강화하고, 강화된 기준에 따른 단열재 두께를 제시					
2013.09	부위별(외	1벽, 지붕, 바닥	, 창 및 문) 단	열기준을 10~30	% 강화	

주) ()는 주거용 건물에 해당

자료: 서동열, 2015, 건축물의 단열기준과 난방에너지 사용량과 기상데이터 간의 상호연관성

BRP를 신청한 전체 주택의 90%가 1983~1996년 사이에 건축되었으며, 2014년 BRP를 신청한 주택의 87.2%(1,162건)가 1980~2000년 사이에 건축되었다. 따라서 주택의 BRP 효과 분석 시 1981~2000년의 주택 단열기준 적용을 원칙으로 한다.



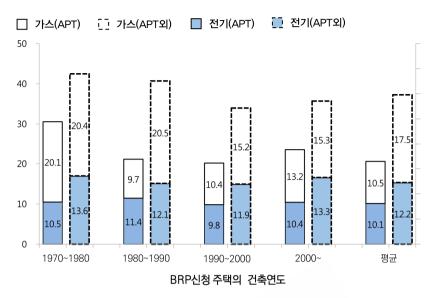
[그림 3-11] 전체 BRP 신청 주택의 건축연도 분포

[표 3-24] 2014년 BRP 신청 주택의 건축연도 분포

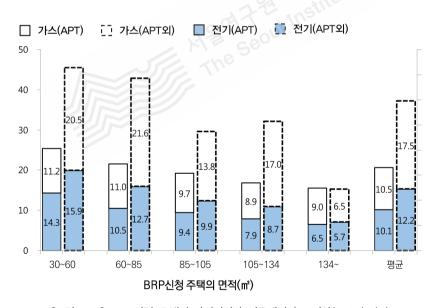
건축연대	합계	1940 년대	1950 년대	1960 년대	1970 년대	1980 년대	1990 년대	2000 년대	2010 년대	미상
주택BRP 신청건수 (비율, %)	1861 (100)	1 (0.1)	4 (0.2)	14 (0.8)	99 (5.4)	427 (23.3)	1195 (65.2)	90 (4.9)	4 (0.2)	27 (1.5)
단열기. 신청긴 (비율,				18 .4)			522 7.2)		121 (6.5)	

② BRP 신청 주택의 에너지 소비 현황

BRP 신청 주택의 에너지 소비 현황을 살펴보면 연립주택, 빌라, 다세대 주택 등이 아파트에 비해 면적당 에너지소비량이 약 50% 정도 많다. 또한 오래된 주택일수록 에너지 소비량이 많으며, 면적이 넓은 주택일수록 단위면적당 에너지 소비량이 적다.



[그림 3-12] BRP 신청 주택의 건축연도별 최종에너지 소비량(kgOE/㎡/yr)



[그림 3-13] BRP 신청 주택의 단위면적당 최종에너지 소비량(kgOE/㎡/yr)

③ 표준건물 설정

공동주택의 표준은 1,534세대의 총전용면적이 125,996㎡인 건물로 정하였고, 단독주택의

표준은 연면적 144.25㎡의 2층 건물로 정하였다. 표준건물의 세부 조건은 다음과 같다.

[표 3-25] 시뮬레이션 표준건물 설정(주택)

 구분	평균 전 용 면적	구조체 단열	창호 단열	침기율	보일러 효율	
<u> </u>	연면적	구조세 건글	- 8호 건글	台/巨	 고칠리 교 표	
공동주택	82 m²	50mm	24mm (일반 복층)	6호 /h	82%	
단독주택	144.25m²	50mm	24mm (일반 복층)	6호 /h	80%	

(2) 월별 공동주택 에너지 소비량

표준 공동주택의 연간 에너지 소비량은 2,320TOE이며, 단위면적당 에너지 소비량은 전기 21.9kWh, 가스 15.8N㎡, 최종에너지 18.4kgOE이다. 월별 단위면적당 전기 소비량과 가스 소비량은 1월이 각각 2.0kWh, 3.4N㎡로 가장 높게 나타났고, 최종에너지 소비량은 1월이 3.7kgOE로 가장 높았고, 9월이 0.4kgOE로 가장 낮게 나타났다.

[표 3-26] 에너지 소비량(공동주택)

구분	전기(kWh)	가 <u>스(</u> Nm³)	1차에너지(kgOE)	최 <mark>종</mark> 에너지(kgOE)
합계	2,761,572	1,996,485	2,717,496	2,319,830
1월	250,579	421,178	496,921	460,838
2월	224,225	323,917	389,417	357,128
3월	243,556	233,003	299,040	263,968
4월	231,703	118,360	176,741	143,376
5월	238,435	61,577	119,065	84,730
6월	208,923	31,927	81,352	51,267
7월	215,887	32,991	84,064	52,976
8월	215,887	32,991	84,064	52,976
9월	208,923	31,927	81,352	51,267
10월	238,876	107,564	167,131	132,733
11월	236,113	236,519	300,995	266,995
12월	248,468	364,532	437,355	401,575

[표 3-27] 단위면적당 에너지 소비량(공동주택)

구분	전기(kWh/m²)	가 <u>스(</u> Nm³/m²)	1차에너지(kgOE/m²)	최종에너지(kgOE/m²)
합계	21.918	15.846	21.568	18,412
1월	1.989	3,343	3.944	3,658
2월	1.780	2.571	3.091	2,834
3월	1,933	1.849	2,373	2,095
4월	1.839	0.939	1.403	1,138
5월	1.892	0.489	0.945	0,672
6월	1,658	0.253	0.646	0,407
7월	1.713	0.262	0.667	0,420
8월	1.713	0.262	0.667	0,420
9월	1.658	0.253	0.646	0,407
10월	1.896	0.854	1,326	1,053
11월	1.874	1,877	2,389	2,119
<u>12월</u>	1.972	2,893	3,471	3,187

(3) 월별 공동주택 에너지 절감량

BRP 추진항목 중 ① 내·외벽단열재, ② 단열창호(에너지효율 3등급 이상), ③ 조명시설 효율향상공사(LED)에 대해 시뮬레이션을 실행한 결과, 공동주택의 월별 에너지 절감량은 다음과 같다.

[표 3-28] 내외벽단열재 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(공동주택)

	전기	가스	1차에너지	최종에너지	CO ₂
구분	(kWh/m²)	(Nm³/m²)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	(kgCO ₂ /m²)
 합계	0.124	3.546	3.727	3.709	7.858
 1월	0.031	0.841	0.884	0.880	1.865
2월	0.025	0.661	0.695	0.692	1.466
3월	0.017	0.463	0.486	0.484	1.025
4월	0,005	0.124	0,130	0.129	0.274
5월	0.000	0.215	0.224	0.224	0.473
6월	-	-	-	-	-
7월	-	-	-	-	-
8월	-	-	-	-	-
9월	-	-	-	-	-
10월	0.002	0.063	0.066	0.066	0.140
11월	0.017	0.452	0.475	0.472	1.001
12월	0.027	0.728	0.765	0.761	1,614

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-29] 단열창호 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(공동주택)

 구분	전기 (kWh/m²)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/m²)	최 종 에너지 (kgOE/m²)	CO₂ (kgCO₂/m²)
 합계	0.074	2.177	2,288	2,277	4.823
 1월	0.018	0.494	0.519	0,516	1.094
2월	0.015	0.397	0.418	0.415	0,880
3월	0.010	0.276	0,290	0,288	0,611
4월	0.003	0.079	0,083	0.083	0.176
5월	0.000	0.201	0,209	0,209	0.441
6월	-	-	-	-	-
7월	-	-	-	-	-
8월	-	-	-	-	-
9월	-	-	-	-	-
10월	0.002	0.041	0.043	0.043	0.091
11월	0.010	0.263	0.277	0.275	0.584
12월	0.016	0.427	0.449	0.446	0.946

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-30] 조명시설 효율향상공사에 따른 단위면적당 에너지 절감량(공동주택)

구분	전기 (kWh/㎡)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/m²)	최종에너지 (kgOE/m²)	CO₂ (kgCO₂/m²)
 합계	7.028	3.466	5,232	4.220	10,858
1월	0.618	0.832	1.010	0.921	2,115
2월	0.554	0.659	0.814	0.735	1.704
3월	0.603	0.447	0,605	0.519	1,262
4월	0.572	0.119	0,255	0.173	0.524
5월	0.587	0.206	0.350	0.265	0.723
6월	0.568	-	0.131	0.049	0,261
7월	0.587	-	0,135	0.050	0.270
8월	0.587	-	0,135	0.050	0.270
9월	0.568	-	0.131	0.049	0.261
10월	0.589	0.061	0.199	0.114	0.404
11월	0.584	0.431	0.584	0.500	1,217
12월	0,613	0.712	0,883	0.795	1,848

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-31] BRP 추진에 따른 단위면적당 에너지 절감량(공동주택)

구분	전기 (kWh/㎡)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/m²)	최 <mark>종</mark> 에너지 (kgOE/m²)	CO ₂ (kgCO ₂ /m²)
합계	7.226	9.189	11.246	10,205	23.539
1월	0.667	2,167	2.413	2,317	5.074
2월	0.594	1.717	1.927	1.842	4.050
3월	0.631	1,186	1,382	1,291	2,899
4월	0.580	0,321	0.469	0,385	0.974
5월	0.587	0.621	0.783	0,698	1.636
6월	0.568	-	0.131	0.049	0,261
7월	0.587	-	0.135	0.050	0.270
8월	0.587	-	0.135	0.050	0.270
9월	0.568	-	0.131	0.049	0,261
10월	0.593	0.165	0.308	0.223	0.635
11월	0.610	1.146	1,336	1.248	2,802
12월	0.656	1.866	2,097	2,003	4.408

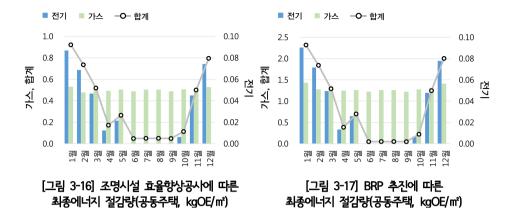
주1) BRP 추진항목: ① 내·외벽단열재, ② 단열창호, ③ 조명시설 효율향상공사

주2) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함



[그림 3-14] 내외벽단열재 설치에 따른 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/㎡)

[그림 3-15] 단열창호 설치에 따른 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/㎡)



BRP 추진에 따른 공동주택의 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 7.2kWh, 가스 $9.2Nm^3$, 최종에너지 10.2kgOE이며, 온실가스 감축량은 $23.5kgCO_2$ 로 산출되었다. 전기 절감량과 가스절감량은 1월이 각각 0.7kWh, $2.2Nm^3$ 로 가장 높았고, 최종에너지와 온실 가스 감축량 또한 1월이 각각 2.3kgOE, $5.1kgCO_2$ 로 가장 높았다.

내·외벽단열재 설치에 따른 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 0.124kWh, 가스 $3.546Nm^3$, 최종에너지 3.709kgOE이며, 온실가스 감축량은 $7.858kgCO_2$ 로 산출되었다. 전기 및 가스, 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량 모두 1월이 가장 높았으며, 각각 0.031kWh, $0.841Nm^3$, 0.880kgOE, $1.865kgCO_2$ 로 나타났다.

단열창호 설치에 따른 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 0.074kWh, 가스 2.177N m^3 , 최종에너지 2.277kgOE이며, 온실가스 감축량은 $4.823kgCO_2$ 로 산출되었다. 전기 및 가스, 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량 모두 1월이 가장 높았으며, 각각 0.018kWh, $0.494Nm^3$, 0.516kgOE, $1.094kgCO_2$ 로 나타났다.

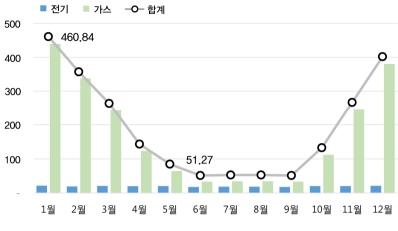
조명시설 효율향상공사에 따른 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 7.028kWh, 가스 $3.466Nm^3$, 최종에너지 4.220kgOE이며, 온실가스 감축량은 $10.858kgCO_2$ 로 산출되었다. 전기 및 가스, 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량 모두 1월이 가장 높았으며, 각각 0.618kWh, $0.832Nm^3$, 0.921kgOE, $2.115kgCO_2$ 로 나타났다. 업무용 기축건물과 마찬 가지로 나머지 2개의 BRP 추진 항목과 비교해볼 때, 조명시설 효율향상공사에 따른 에너

지효율 개선효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

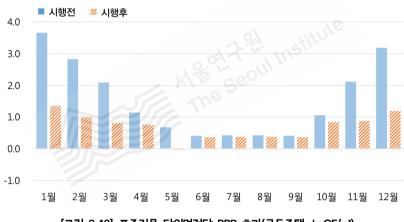
시뮬레이션 결과 표준 공동주택의 BRP 시행 후 연간 에너지 소비량은 전기 1,851,089kWh, 가스 838,737N㎡, 최종에너지 1,034TOE로 총 55.43%의 에너지 저감효과가 나타났다.

[표 3-32] 표준건물 BRP 효과(공동주택)

	시행 전			시행 후					
구분	전기	가스	최 종 c	베너지	전기	가스	최종이	게너지	저감 률 (%)
	(kWh)	(Nm³)	(TOE)	(kgoe/m²)	(kWh)	(Nm³)	(TOE)	(kgoe/m²)	
합계	2,761,572	1,996,485	2,319.83	18.41	1,851,089	838,737	1,034.00	8.21	55.43
1월	250,579	421,178	460.84	3.66	166,501	148,183	168.87	1.34	63.36
2월	224,225	323,917	357.13	2.83	149,399	107,604	125.08	0.99	64.98
3월	243,556	233,003	263.97	2.10	164,077	83,621	101.33	0,80	61.61
4월	231,703	118,360	143,38	1.14	158,671	77,857	94.85	0.75	33.84
5월	238,435	61,577	84.73	0.67	164,492	-16,678	-3.25	-0.03	103.83
6월	208,923	31,927	51.27	0.41	137,400	31,927	45.12	0.36	12.00
7월	215,887	32,991	52.98	0.42	141,980	32,991	46.62	0.37	12.00
8월	215,887	32,991	52.98	0.42	141,980	32,991	46.62	0.37	12.00
9월	208,923	31,927	51.27	0.41	137,400	31,927	45.12	0.36	12.00
10월	238,876	107,564	132.73	1.05	164,197	86,799	104.65	0.83	21.16
11월	236,113	236,519	266.99	2.12	159,204	92,121	109.77	0.87	58.89
12월	248,468	364,532	401.58	3.19	165,788	129,395	149.22	1,18	62.84



[그림 3-18] 표준건물 월별 에너지 소비량(공동주택, TOE)



[그림 3-19] 표준건물 단위면적당 BRP 효과(공동주택, kgOE/㎡)

(4) 준공월별 당해의 공동주택 에너지 절감량

기존의 성과산정 방법은 단위사업의 시행 또는 완료 시점과 관계없이 1년간의 성과를 가지고 일률적으로 에너지저감 효과를 산출하였다. 본 연구에서는 단위사업의 시행 시점을 고려하여 준공 및 설치 당해연도의 월별 에너지저감 효과를 산정하였다. 단위사업은 월별 15일에 시행한 것으로 가정하고, 준공 및 설치 당월의 경우 월별 에너지 절감량의 50%를 적용하였다.

BRP 추진에 따른 준공월별 당해의 단위면적당 에너지 절감량은 1월에서 12월로 갈수록 점차 감소하며, 조명시설 효율향상공사에 따른 월별 최종에너지 절감량이 가장 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다.

[표 3-33] 내외벽단열재 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(공동주택)

구분	전기 (kWh/㎡)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/m²)	최종에너지 (kgOE/m²)	CO ₂ (kgCO ₂ /m²)
1월	0.109	3.125	3,285	3,269	6.925
2월	0.081	2.374	2,495	2,483	5,260
3월	0.060	1.812	1.904	1.895	4.015
4월	0.049	1.519	1.596	1.589	3,365
5월	0.046	1.350	1.419	1.412	2,991
6월	0.046	1.243	1.307	1.300	2,755
7월	0.046	1.243	1.307	1.300	2,755
8월	0.046	1.243	1.307	1.300	2,755
9월	0.046	1.243	1,307	1.300	2,755
10월	0.045	1.211	1,273	1.267	2,685
11월	0.036	0.954	1.003	0.998	2,114
12월	0.014	0.364	0,383	0.381	0.807

[표 3-34] 단열창호 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(공동주택)

구분	전기 (kWh/㎡)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/㎡)	최종에너지 (kgOE/㎡)	CO₂ (kgCO₂/m²)
1월	0.065	1.930	2,028	2.019	4.276
2월	0.048	1.485	1,560	1,553	3,289
3월	0.035	1.148	1.206	1.201	2,543
4월	0.029	0.971	1.019	1.015	2,150
5월	0.027	0,831	0,873	0.869	1.841
6월	0.027	0.731	0.769	0.765	1,621
7월	0.027	0.731	0.769	0.765	1,621
8월	0.027	0.731	0.769	0.765	1,621
9월	0.027	0.731	0.769	0.765	1,621
10월	0.027	0.710	0.747	0.743	1,575
11월	0.021	0.558	0.587	0.584	1,238
12월	0,008	0,213	0,224	0,223	0.473

[표 3-35] 조명시설 효율향상공시에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(공동주택)

구분	전기 (kWh/㎡)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/m²)	최 종 에너지 (kgOE/㎡)	CO₂ (kgCO₂/m²)
1월	6.719	3.050	4.727	3.759	9.801
2월	6,133	2,305	3,814	2,931	7.892
3월	5.555	1.752	3,104	2,305	6.409
4월	4.967	1.469	2,674	1.959	5.516
5월	4.388	1.306	2,372	1.740	4.892
6월	3,810	1.204	2,132	1.583	4.401
7월	3,233	1.204	1.999	1,533	4.135
8월	2.647	1.204	1.864	1,483	3,865
9월	2.070	1.204	1.731	1,433	3,600
10월	1.491	1.173	1,567	1.352	3.267
11월	0.905	0.927	1.175	1.045	2,457
12월	0,307	0,356	0,442	0.398	0,924

[표 3-36] BRP 3개 항목 추진에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(공동주택)

2월 6.262 6.164 7.869 6.967	-
2월 6.262 6.164 7.869 6.967	16.441
3월 5.650 4.712 6.215 5.401	12,966
4월 5.045 3.959 5.289 4.563	11.030
5월 4.461 3.488 4.664 4.021	9.725
6월 3.884 3.177 4.207 3.648	8.776
7월 3.307 3.177 4.074 3.598	8.511
8월 2,720 3,177 3,939 3,548	8.241
9월 2.143 3.177 3.807 3.498	7.975
10월 1.563 3.095 3.587 3.362	7.527
11월 0.961 2.439 2.765 2.627	5,809
12월 0.328 0.933 1.049 1.001	2,204

주1) BRP 추진항목: ① 내·외벽단열재, ② 단열창호, ③ 조명시설 효율향상공사



[그림 3-20] 내외벽단열재 설치에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/㎡)

[그림 3-21] 단열창호 설치에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/㎡)



[그림 3-22] 조명시설 효율향상공사에 따른 준공 당해의 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/㎡)

[그림 3-23] BRP 추진에 따른 준공당해의 최종에너지 절감량(공동주택, kgOE/㎡)

(5) 월별 단독주택 에너지 소비량

표준 단독주택의 연간 에너지 소비량은 3.2TOE이며, 단위면적당 에너지 소비량은 전기 19.3kWh, 가스 19.6Nm³, 최종에너지 22.1kgOE이다. 월별 단위면적당 전기 소비량은 8월이 3.6kWh로 가장 높았고, 가스소비량은 1월이 4.3Nm³로 가장 높게 나타났다. 최종에너지 소비량은 1월이 4.6kgOE로 가장 높았고, 9월이 0.4kgOE로 가장 낮게 나타났다.

[표 3-37] 에너지 소비량(단독주택)

구분	전기(kWh)	가 <u>스(</u> Nm³)	1차에너지(kgOE)	최종에너지(kgOE)
합계	2,788	2,830	3,593	3,192
1월	182	626	695	669
2월	160	489	547	524
3월	167	372	427	403
4월	152	186	228	207
5월	176	71	115	90
6월	261	34	96	58
7월	451	35	141	76
8월	518	35	156	81
9월	234	34	90	56
10월	151	103	142	121
11월	160	322	373	350
12월	176	521	584	558

[표 3-38] 단위면적당 에너지 소비량(단독주택)

구분	전기(kWh/m²)	가 <u>스(</u> Nm³/m²)	1차에너지(kgOE/m²)	최종에너지(kgOE/m²)
합계	19.326	19.619	24.908	22,125
1월	1.264	4.342	4.820	4.638
2월	1.110	3,393	3.794	3,634
3월	1.159	2.580	2,958	2.791
4월	1.050	1.286	1.583	1.432
5월	1,221	0.495	0.797	0.621
6월	1.809	0.238	0.664	0.403
7월	3.124	0.246	0.975	0.525
8월	3,589	0.246	1.082	0,565
9월	1,622	0.238	0.621	0.387
10월	1.049	0.715	0.987	0.836
11월	1.106	2,233	2,583	2,424
12월	1,220	3,610	4.045	3.870

(6) 월별 단독주택 에너지 절감량

BRP 추진항목 중 ① 내·외벽단열재, ② 단열창호(에너지효율 3등급 이상), ③ 조명시설 효율향상공사(LED)에 대해 시뮬레이션을 실행한 결과, 공동주택의 월별 에너지 절감량은 다음과 같다.

[표 3-39] 내외벽단열재 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(단독주택)

구분	전기	가스	1차에너지	최종에너지	CO ₂
	(kWh/m²)	(Nm^3/m^2)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	(kgCO ₂ /m²)
합계	0.349	2.095	2,265	2.215	4.769
1월	0.028	0.479	0.506	0.502	1.067
2월	0.023	0.385	0.407	0.403	0.857
3월	0.018	0.310	0,328	0.325	0.690
4월	0.010	0.165	0.175	0.173	0.368
5월	0.010	0.019	0.022	0.021	0.046
6월	0.038	_	0.009	0.003	0.018
7월	0.073	-	0.017	0.006	0,033
8월	0.046	-	0.011	0.004	0.021
9월	0.060	_	0.014	0.005	0.027
10월	0.004	0.070	0.074	0.074	0.157
11월	0.016	0.263	0,278	0.275	0,585
12월	0.024	0.403	0.426	0.423	0.898

[표 3-40] 단열창호 설치에 따른 단위면적당 에너지 절감량(단독주택)

구분	전기 (kWh/㎡)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/m²)	최종에너지 (kgOE/㎡)	CO ₂ (kgCO ₂ /m²)
합계	0.257	1,360	1,478	1.441	3.111
 1월	0,018	0.307	0,325	0,322	0.685
2월	0,015	0.249	0,263	0.261	0.554
3월	0.012	0.203	0,215	0.213	0.452
4월	0,007	0.112	0,118	0.117	0.248
5월	0,028	0.013	0.020	0.016	0.043
6월	-0.055	-	-0.013	-0.005	-0.025
7월	0.044	-	0.010	0.004	0.020
8월	0,058	-	0,013	0,005	0.027
9월	0,033	-	0,008	0,003	0.015
10월	0.072	0.048	0.066	0.056	0.138
11월	0.010	0.170	0.179	0.178	0.378
12월	0.015	0,259	0,273	0.271	0.576

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-41] 조명시설 효율향상공사에 따른 단위면적당 에너지 절감량(단독주택)

	전기	가스	1차에너지	최종에너지	CO ₂
구분	(kWh/m²)	(Nm ³ /m ²)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	(kgCO ₂ /m²)
합계	5.871	_	1.350	0.505	2,701
1월	0.447	-	0.103	0.038	0.205
2월	0.403	-	0.093	0.035	0.186
3월	0.447	-	0.103	0.038	0.205
4월	0.433	-	0.100	0.037	0.199
5월	0.480	-	0.110	0.041	0.221
6월	0.550	-	0.126	0.047	0.253
7월	0.632	-	0.145	0.054	0.291
8월	0.614	-	0.141	0.053	0.282
9월	0.540	-	0.124	0.046	0.248
10월	0.448	-	0.103	0.039	0.206
11월	0.432	-	0.099	0.037	0.199
12월	0.447	-	0,103	0.038	0.205

[표 3-42] BRP 추진에 따른 단위면적당 에너지 절감량(단독주택)

7 8	전기	가스	1차에너지	최종에너지	CO ₂
구분	(kWh/m²)	(Nm ³ /m ²)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	$(kgCO_2/m^2)$
합계	6.478	3.455	5.093	4.161	10.581
1월	0.493	0.787	0.934	0.863	1.957
2월	0.441	0.634	0.762	0.699	1.597
3월	0.477	0.513	0.645	0.576	1,348
4월	0.449	0.277	0.392	0.327	0.815
5월	0.519	0.032	0.153	0.078	0.310
6월	0.533	-	0.123	0.046	0.245
7월	0.748	-	0.172	0.064	0.344
8월	0.718	-	0.165	0.062	0.330
9월	0.632	-	0.145	0.054	0.291
10월	0.524	0.118	0.244	0.168	0.501
11월	0.458	0.432	0.556	0.490	1,162
12월	0.486	0.662	0.802	0.732	1,680

주1) BRP 추진항목: ① 내·외벽단열재, ② 단열창호, ③ 조명시설 효율향상공사

BRP 추진에 따른 단독주택의 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 6.5kWh, 가스 $3.5Nm^3$, 최종에너지 4.2kgOE이며, 온실가스 감축량은 $10.6kgCO_2$ 로 산출되었다. 전기 절감량은 7월이 0.7kWh로 가장 높았고, 가스절감량은 1월이 $0.8Nm^3$ 로 가장 높았다. 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량은 1월이 각각 0.9kgOE, $2.0kgCO_2$ 로 가장 높았다.

내·외벽단열재 설치에 따른 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 0.349kWh, 가스 $2.0905Nm^3$, 최종에너지 2.215kgOE이며, 온실가스 감축량은 $4.769kgCO_2$ 로 산출되었다. 전기절감량은 7월이 0.073kWh로 가장 높았고, 가스, 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량은 각각 $0.4791Nm^3$, 0.502kgOE, $1.067kgCO_2$ 로 모두 1월이 가장 높게 나타났다.

단열창호 설치에 따른 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 0.257kWh, 가스 1.360N m^2 , 최종에너지 1.441kgOE이며, 온실가스 감축량은 3.111kgCO $_2$ 로 산출되었다. 전기절 감량은 10월이 0.072kWh로 가장 높았으며, 가스, 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량은 각각 $0.307Nm^2$, 0.322kgOE, 0685kgCO $_2$ 로 모두 1월이 가장 높게 나타났다. 6월에는 전기소비량 및 온실가스 배출량이 오히려 증가하는 형태를 보인다.

조명시설 효율향상공사에 따른 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 5.871kWh, 최종에너지 0.505kgOE이며, 온실가스 감축량은 $2.701kgCO_2$ 로 산출되었다. 에너지(전기)절 감량은 7월이 0.632kWh로 가장 높았고, 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량은 각각 0.054kgOE, $0.291kgCO_2$ 로 나타났다.

(7) 준공월별 당해의 단독주택 에너지 절감량

기존의 성과산정 방법은 단위사업의 시행 또는 완료 시점과 관계없이 1년간의 성과를 가지고 일률적으로 에너지저감 효과를 산출하였다. 본 연구에서는 단위사업의 시행 시점을 고려하여 준공 및 설치 당해연도의 월별 에너지저감 효과를 산정하였다. 단위사업은 월별 15일에 시행한 것으로 가정하고, 준공 및 설치 당월의 경우 월별 에너지 절감량의 50%를 적용하였다. BRP 추진에 따른 준공월별 당해의 단위면적당 에너지 절감량은 1월에서 12월로 갈수록 점차 감소한다.

[표 3-43] 내 외벽단열재 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(단독주택)

구분	전기 (kWh/m²)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/㎡)	최 종 에너지 (kgOE/㎡)	CO ₂ (kgCO ₂ /m²)	
1월	0.335	1.855	2,012	1.964	4,235	
2월	0.310	1,423	1,555	1,511	3,273	
3월	0.289	1.075	1.188	1.147	2,499	
4월	0.275	0,838	0,937	0.898	1,970	
5월	0.265	0.746	0,839	0.801	1.763	
6월	0.241	0.736	0,823	0.789	1.731	
7월	0.185	0.736	0.811	0.784	1.705	
8월	0.126	0.736	0.797	0.779	1.678	
9월	0.073	0.736	0.785	0.774	1.654	
10월	0.041	0.701	0.741	0.735	1.562	
11월	0.032	0,535	0,565	0.560	1.191	
12월	0.012	0.202	0,213	0.211	0.449	
주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함						

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-44] 단열창호 설치에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(단독주택)

구분	전기 (kWh/㎡)	가 <u>스</u> (Nm³/m²)	1차에너지 (kgOE/㎡)	최 종 에너지 (kgOE/㎡)	CO₂ (kgCO₂/m²)
1월	0.248	1.207	1.316	1.280	2,769
2월	0.232	0.929	1.022	0.988	2.149
3월	0.218	0.703	0.783	0.752	1.646
4월	0.209	0.545	0.617	0.587	1.296
5월	0.192	0.483	0.548	0.520	1.151
6월	0.205	0.476	0.544	0.514	1.142
7월	0.211	0.476	0.545	0.515	1.144
8월	0.160	0.476	0,533	0.510	1.121
9월	0.114	0.476	0,523	0.506	1.100
10월	0.061	0.452	0.486	0.477	1.023
11월	0.020	0.344	0,363	0.360	0.765
12월	0.008	0.129	0,137	0,136	0,288

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-45] 조명시설 효율향상공사에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(단독주택)

	전기	가스	1차에너지	최종에너지	CO ₂
구분	(kWh/m²)	(Nm ³ /m ²)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	(kgCO ₂ /m²)
1월	5.648	-	1.299	0.486	2,598
2월	5.223	_	1,201	0.449	2,402
3월	4.798	-	1,103	0.413	2,207
4월	4.358	-	1.002	0.375	2.005
5월	3.902	-	0.897	0.336	1.795
6월	3,386	_	0.779	0.291	1.558
7월	2.796	_	0.643	0.240	1,286
8월	2.173	_	0.500	0.187	1.000
9월	1.597	_	0.367	0.137	0.734
10월	1.103	-	0.254	0.095	0.507
11월	0,663	-	0,152	0.057	0.305
12월	0.223	-	0.051	0.019	0,103

주) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

[표 3-46] BRP 3개 항목 추진에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량(단독주택)

구분	전기	<u> 가스</u>	1차에너지	최종에너지	CO_2
	(kWh/m²)	(Nm ³ /m ²)	(kgOE/m²)	(kgOE/m²)	$(kgCO_2/m^2)$
1월	6.231	3.062	4.626	3.729	9.602
2월	5.764	2.352	3.778	2.948	7.825
3월	5.305	1.778	3.075	2.311	6,352
4월	4.842	1,383	2,556	1.859	5.270
5월	4.358	1.229	2,284	1.656	4.708
6월	3.832	1.213	2.146	1.594	4.430
7월	3.192	1.213	1.999	1.539	4.136
8월	2.459	1.213	1,830	1.476	3.799
9월	1.784	1.213	1.675	1.418	3,488
10월	1,206	1,153	1,480	1,307	3.092
11월	0.715	0.878	1,080	0.977	2,261
12월	0.243	0.331	0.401	0.366	0,840

주1) BRP 추진항목: ① 내·외벽단열재, ② 단열창호, ③ 조명시설 효율향상공사

3) 기존방법과의 차별성

기존의 성과산정 방법은 2012년 한해의 BRP 가구 평균 1차에너지 절감량만으로 이루어 졌으며, 단위면적당 에너지 절감량이 아니라 개소당 에너지 절감량을 산출하여 각각 다른

주2) (-)는 에너지 소비량 증가를 의미함

면적의 건축물에 효율적으로 적용하기 어렵다. 본 연구는 주택의 단위면적당 에너지 절감 량 및 온실가스 감축량을 산정하여 보다 효율적인 성과 산정이 가능하도록 하였다. 하지만 기존의 성과산정 방법 과 단위 기준이 상이하여 정확한 증감량 비교는 불가하다.

(1) 공동주택

본 연구의 산정방법에 의하면 공동주택의 연간 1차에너지 절감량은 $0.011TOE/m^2$, 최종에너지 절감량은 $0.010TOE/m^2$, 온실가스 감축량은 $0.024tonCO_2/m^2$ 로 나타났다.

[표 3-47] 연간 공동주택 에너지효율 개선의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량	최종에너지 절감량	온실가스 감축량			
기존방법	0.125TOE/가구	-	-			
개선안	11.246kgOE/m² (0.011TOE/m²)	10.205kgOE/m² (0.010TOE/m²)	23.539kgCO ₂ /m² (0.024tonCO ₂ /m²)			
증감량		비교 불가	2			
The state of the s						

(2) 단독주택

본 연구의 산정방법에 의하면 단독주택의 연간 1차에너지 절감량은 $0.005TOE/m^2$, 최종에너지 절감량은 $0.004TOE/m^2$, 온실가스 감축량은 $0.011tonCO_2/m^2$ 로 나타났다.

[표 3-48] 연간 단독주택 에너지효율 개선의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량	최종에너지 절감량	온실가스 감축량
기존방법	0.125TOE/가구	-	-
개선안	5.093kgOE/m² (0.005TOE/m²)	4.161kgOE/m² (0.004TOE/m²)	10.581kgCO ₂ /m² (0.011tonCO ₂ /m²)
증감량		비교 불가	

5 사회복지시설(경로당) BRP

1) 기존의 성과산정 방법

경로당 등 사회복지시설의 에너지효율 개선사업에 대한 기존 성과는 2012년 사회복지시 설 BRP 시행에 따른 평균 1차에너지 저감효과를 적용하였다. 종로구 외 5개 구의 사회복 지시설 1차에너지 절감량은 총 207.9TOE이며. 개소당 평균 34.655TOE를 저감하였다.

[표 3-49] 2012년 사회복지시설 1차에너지 절감량

(단위: TOE)

자치구	평균	종로구 (서울노인 복지센터)	노원구 (장애인종합 복지관)	양천구 (목동 청소년 수련관)	동작구 (보라매청소 년수련관)	동대문구 (동대문청소 년수련관)	강동구 (장애인종합 복지관)
절감량	34.655	21.52	14.5	41.6	18.11	77.36	34.84
자료: 서울시							
2) 개선안							

2) 개선안

본 연구에서는 기존의 성과산정 방법과 동일하게 2012년 사회복지시설 BRP 시행에 따른 평균 에너지저감 효과를 적용하되 최종에너지 절감량 및 온실가스 감축량 성과도 산정한다.

- 에너지 절감량(TOE)
 - · 1차에너지 = 에너지 절감량(34.655TOE/개소) × 시행개수(개소)
 - · 최종에너지 = 에너지 절감량(12.958TOE/개소) × 시행개수(개소)
- 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(53.110tonCO₂/개소) × 시행개수(개소)
- 에너지 절감량: 2012년 사회복지시설 BRP 시행 평균 절감량
 - · 1차에너지: 34.655TOE/개소
 - · 최종에너지: 12.958TOE/개소
- 온실가스 감축량(53.110tonCO₂/개소)
 - = [에너지 절감량(12,958TOE/개소) × 전기비중(58,5%) × 전기 CO₂ 배출계수(5,349tonCO₂ /TOE)] + [에너지 절감량(12.958TOE/개소) × 전기 외 비중(41.5%) × LNG CO, 배출계수 (2.336tonCO₂/TOE)

3) 기존방법과의 차별성

사회복지시설 에너지효율 개선사업에의 성과산정 시 기존에는 1차에너지 절감량만을 산 정하였지만, 본 연구에서는 1차 및 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량 모두를 산정하였다. 특히 전력의 이산화탄소 배출계수를 기존에 사용하던 발전단 기준 $5.151 ton CO_2$ /TOE가 아닌 손실을 고려한 사용단 기준 $5.349 ton CO_2/TOE^{15}$ 를 사용하여 보다 정확한 온실가스 감축 성과를 산정하고자 하였다.

기존의 개소당 1차에너지 절감량을 본 연구에 동일하게 적용한 결과 최종에너지 절감량은 12.958TOE/개소, 온실가스 감축량은 53.110tonCO₂/개소로 나타났다.

[표 3-50] 사회복지시설 에너지효율 개선사업의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량 (TOE/개소)	최종에너지 절감량 (TOE/개소)	온실가스 감축량 (tonCO₂/개소)
기존방법	34.655	128 rostiti	_
 개선안	34.655	12.958	53,110
증감량	▲0.00	ne So-	-

¹⁵⁾ 전력거래소, 2011년 온실가스 배출계수

6_공공임대주택 에너지효율화 사업

1) 기존의 성과산정 방법

기존의 공공임대주택 에너지효율화사업은 LED조명, 대기전력차단, 단열보강, 승강기 교체, 창호샷시 등에 대해 2012~2013년의 세대별 효율개선에 의한 절감량으로 효과를 산정하였다. 세부 내용은 다음과 같다.

- BRP 시행 에너지효율개선효과 산정
 - : LED조명 0.028TOE/등, 대기전력차단 0.037TOE/개소, 단열보강 0.301TOE /개소, 승강기교체(대기전력 적용) 0.037TOE/개소, 창호샷시 0.301TOE/개소
- 대기전력차단(0.037TOE/개소, 1차에너지)
 - = 가구당 대기전력 209kWh/년(17.4kWh/월) × 차단율 77% × 0.23 × 10⁻³

※ 2011, 대한민국 대기전력 실측조사, 한국전기연구원, 2012

- 단열보강(0.301TOE/개소)
 - = 가스절감량 288.2m³/년 × LNG 석유 환산계수 1.043 × 10⁻³

※ 저탁소 녹색성장을 위한 에너지절약 실천매뉴얼, 에너지관리공단, 2008

2) 개선안

(1) 단열보강 및 대기전력 차단기 보급

단열보강 부분은 기존의 성과산정 방법과 동일하게 가스절감량 $288.2 \text{m}^2/\text{yr}$ 을, 대기전력 차단기 보급 부분은 가구당 대기전력 209 kWh/yr을 적용하여 1 차 및 최종에너지 절감량을 산정한다. 또한 손실을 고려한 전력의 이산화탄소 배출계수 $5.349 \text{ton} \text{CO}_2^{16}$ 를 적용하여 온실가스 감축량을 산정한다.

¹⁶⁾ 전력거래소, 2011년 온실가스 배출계수, 사용단 기준

- 단열보강 에너지 절감량(TOE)
 - = 에너지 절감량(0.301TOE/가구) × 시행개수(가구)
- 단열보강 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(0,702tonCO₂/가구) × 시행개수(가구)
- 에너지 절감량(0.301TOE/가구)
 - = 288.2Nm³/가구 × LNG석유호산계수(1.043 × 10-3TOE/Nm²)
- 온실가스 감축량(0.702tonCO₂/가구)
 - = 에너지 절감량(0.301TOE/가구) × LNG CO₂ 배출계수(2.336tonCO₂/TOE)
- ※ 가스절감량 = 288.2Nm²/가구(에너지관리공단, 「저탄소녹색성장을위한에너지절약실천 매뉴얼」, 2008)
- 대기전력 차단기 보급 에너지 절감량(TOE)
 - · 1차에너지 = 에너지 절감량(0.037TOE/가구) × 시행개수(가구)
 - · 최종에너지 = 에너지 절감량(0.014TOE/가구) × 시행개수(가구)
- 대기전력 치단기 보급온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(0.074tonCO₂/가구) × 시행개수(가구)
- 에너지 절감량
 - · 1차에너지(0.037TOE/가구)
 - = 가구당 연간 대기전력량(209kW/가구) × 대기전력 차단율(77%) × 전력석유환산계수(0.23
 - \times 10⁻³TOE/kWh)
 - · 최종에너지(0.014TOE/가구)
 - = 가구당 연간 대기전력량(209kW/가구) × 대기전력 차단율(77%) × 전력석유환산계수(0.086
 - \times 10⁻³TOE/kWh)
- 온실가스 감축량(0.074tonCO₂/가구)
 - = 가구당 에너지 절감량(0.014TOE/년) x 전력 CO₂ 배출계수(5.349tonCO₂/TOE)
 - ※ 연간 가구당 대기전력(209kW/가구): KERI, 「2011년 전국 대기전력 실측 조사」, 2012

(2) 승강기 교체

서울시 임대아파트의 승강기 교체로 인한 전력사용량 감소 효과를 파악하고자 2014년에 승강기를 교체한 서울시 소재 임대아파트 9곳을 대상으로 분석을 진행하였다.17) 아파트 단지 내 개별 동을 합했을 때 총 26개 아파트 동이 분석 대상에 해당되며, 전체 세대수는 6,527세대이고, 승강기는 73개이며, 운행층수의 총합은 493층이다. 승강기로 인한 전력 사용량은 2013년에 758,372kWh/년, 2014년에 687,958kWh/년, 2015년에 598,521kWh/년이며, 데이터 개요는 다음 표와 같다.

[표 3-51] 승강기 교체 효과 분석 데이터 개요

7 8	아파트	아파트	세대수	승강기	운행층수	전력	사용량(kWh	가년)
구분	단지(개)	동수(개)	(세대)	(가)	(층)	2013년	2014년	2015년
전체수	9	26	6,527	73	493	758,372	687,958	598,521

[표 3-51]은 분석을 위해 구축된 데이터의 기술통계량이다. 이 연구 데이터는 2013년 1월 부터 2015년 12월까지 3개년도 자료로 구성되며, 아파트 건설연도, 세대수, 승강기 수, 지상 및 지하 층수와 승강기 변경 전후 출력, 속도, 정원 등이 포함된다. 데이터 값을 보면, 세대수는 평균 251세대, 승강기는 한 동당 2.8개, 총 운행층수는 18.9개이다. 승강기교체로 인한 평균 출력변화는 3kW 낮아지고 운행속도는 5.3m/min 빨라지며, 그 외 승강기 교체로 인한 승강기정원, 용량 등은 차이가 없거나 미미한 편이다. 승강기 전력사용량은 2013년부터 2015년까지 점차 감소하는 것으로 나타난다.

¹⁷⁾ 한 동을 제외한 아파트의 승강기는 2014년 하반기에 교체되었으며, 한 동은 정확한 승강기 변경 월을 알 수 없었다.

[표 3-52] 기술통계량

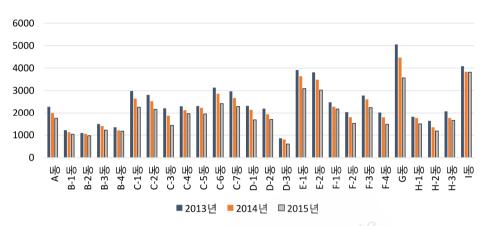
	변수	N	평균	표준편차	최솟값	최댓값
	l[대수(서I대)	26	251.0	91.0	74.0	472.0
-	승강기(개)	26	2.8	0.9	1.0	4.0
	<u> </u> 행지상(층)	26	18.7	2.7	15.0	24.0
<u> </u>	<u> </u> 행지하(층)	26	0.2	0.5	0.0	2.0
총	운행층수(층)	26	18.9	2.8	15.0	24.0
출	·력(전, kW)	26	15.5	3.1	10.0	20.0
출	·력(후, kW)	26	12.5	3.2	10.0	20.0
운행4	운행속 도(전, m/min)		81.9	13.6	60.0	90.0
운행4	뉴도(후, m/min)	26	95.2	14.7	60.0	105.0
승강	기정원(전, 명)	26	44.8	3.0	20.0	84.0
승강.	기정원(후, 명)	26	44.8	3.0	20.0	84.0
승강	기용량(전, kg)	26	3,038.5	205.8	1,350.0	5,650.0
승강:	기용량(후, kg)	26	3,067.3	206.4	1,350.0	5,650.0
단지당	2013년(kWh/월)	26	2,430.7	990.3	858.3	5,055.2
승강기 전력	2014년(kWh/월)	26	2,205.0	903.8	803.5	4,472.8
신덕 사용량	2015년(kWh/월)	26	1,918.3	790.1	604.2	3,818.3

다음 그림은 승강기 교체 전과 후의 승강기 전력사용량 변화를 보다 명확하게 보여준다.



[그림 3-24] 승강기 교체 전후의 전력사용량

다음 그림은 2013년부터 2015년까지의 아파트 단지 내 동별 전력사용량 패턴을 보여주는데, 시간이 지남에 따라 모든 동의 승강기 전력사용량은 감소하는 것으로 나타난다.



[그림 3-25] 2013~2015년 아파트 동 단위 승강기 전력사용량 변화

(1) 원단위 분석

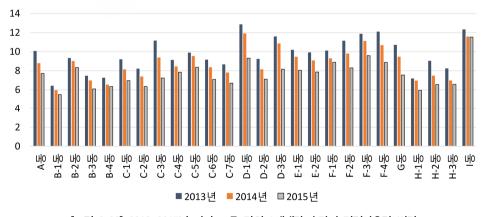
원단위 환산의 연도별 변화를 살펴보기 위하여 전력사용량을 세대수, 층수, 세대수와 층수 등으로 나누어 분석하였다. [표 3-25]는 원단위 평균 전력사용량을 보여주는데, 이를 보면 1세대당 평균 전력사용량은 2013년 9.71kWh/년에서 2014년 8.82kWh/년, 2015년 7.65kWh/년으로 감소하는 것을 알 수 있다. 승강기 1대당 평균 전력사용량은 2013년 10,389kWh/년에서 2015년 8,199kWh/년으로 연간 2,190Wh로 21%가 절감된다. 전력사용량을 승강기와 층수로 나눴을 때에는 2013년 42.11kWh/년에서 2015년 33.23kWh/년으로 감소한다. 1층당 전력사용량도 2013년 126.34kWh/년에서 2014년 114.60kWh/년, 2015년 99.68kWh/년로 점차 낮아진다. 전력사용량을 세대와 층수로 나눴을 때에도 2013년 0.51kWh/년에서 2014년 0.47kWh/년, 2015년 0.41kWh/년으로 점차 감소하는 경향을 보인다.

ſπ	3-53]	워다위	평규	저려人	[요 라
1211	J JJI		~ "		-

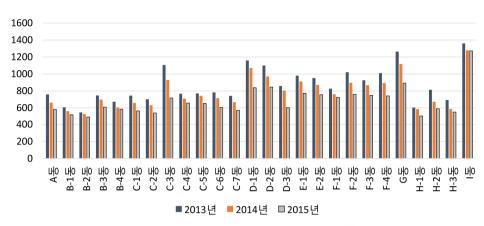
구분	2013년	2014년	2015년
1대당 평균 전력사용량(kWh/년)	10,389	9,424	8,199
1세대당 평균 전력사용량(kWh/세대/년)	9.71	8.82	7.65
- 1대당평균 전력사용량(kWh/대/년)	865.70	784.51	680.47
1대당 1층당 평균 전력사용량(kWh/층/대/년)	42.11	38,20	33,23
1층당 평균 전력사용량(kWh/층/년)	126,34	114.60	99.68
	0.51	0.47	0.41

주) 승강기 교체시기: 2014년

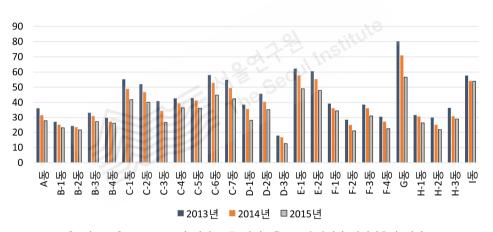
다음 5개의 그래프는 각 아파트 동 승강기의 원단위 전력사용량을 나타낸 것이다. 각 아파트 동별 특성에 따라 전력사용량은 다소 상이하나, 대부분의 동에서 시간이 지남에 따라 전력사용량이 감소하는 것을 알 수 있다. 가령 D-3동의 1세대당 승강기 전력사용량은 다른 아파트들과 비교했을 때 높은 편이나 1층당 승강기 전력사용량은 가장 낮게 나타났다. 하지만 공통적으로 2013년의 승강기 전력소비량이 가장 높고, 2015년의 전력소비량이 가장 낮은 형태를 보인다.



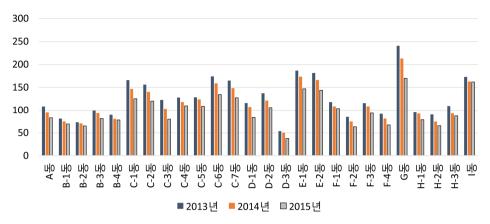
[그림 3-26] 2013~2015년 아파트 동 단위 1세대당 승강기 전력사용량 변화



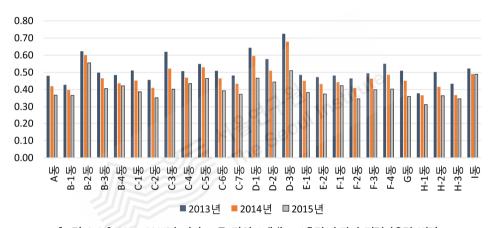
[그림 3-27] 2013~2015년 아파트 동 단위 1승강기당 전력사용량 변화



[그림 3-28] 2013~2015년 아파트 동 단위 1층 × 1승강기당 전력사용량 변화

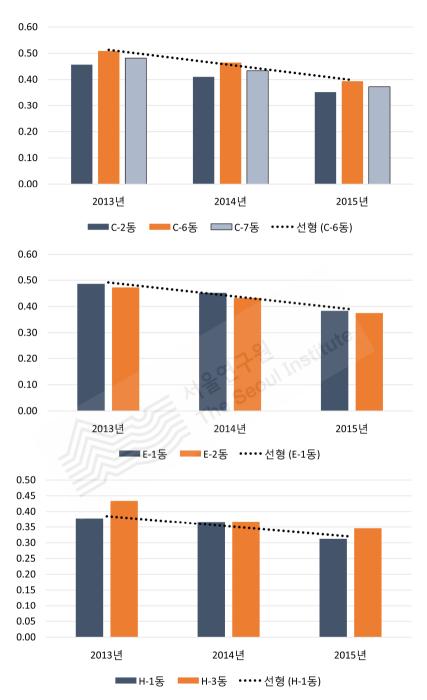


[그림 3-29] 2013~2015년 아파트 동 단위 1층당 승강기 전력사용량 변화



[그림 3-30] 2013~2015년 아파트 동 단위 1세대 × 1층당 승강기 전력사용량 변화

다음은 같은 아파트 단지 내에서 동일한 세대수와 층수를 가진 동의 원단위 차이를 살펴 본 것이다. [그림 3-31]은 단지에 따른 원단위의 차이를 보여준다. 동일한 단지와 세대수, 층수를 가지고 있어도 원단위가 조금씩 다르다는 것을 알 수 있다.



[그림 3-31] 아파트 단지 내 동일 세대수 및 충수를 가진 경우 원단위 차이 비교 (위에서부터 C, E, H단지)

또한 1세대당, 승강기 1대당, 층수당 전력사용량을 구하기 위하여 각 동의 평균 세대수, 승강기 수, 층수로 전력사용량을 나누는 방식을 사용하였다. 추정 결과, 1세대가 증가할 때 평균 전력사용량 8.7kWh가 증가하고, 승강기 1대 추가당 778.1kWh, 운행 1층 증가당 115.3kWh의 전력사용량이 증가하는 것으로 나타났다.

[표 3-54] 전력사용량 추정 결과

(단위: kWh/년)

1세대 증가	승강기 1대 증가	총 운행층수 1층 증가
8.7	778.1	115.3

(2) t-검정

2014년에 이루어진 승강기 교체로 인한 전력사용량 변화를 파악하기 위해 t-검정을 실시하였다. t-검정은 분산이 알려져 있지 않거나 표본크기가 작을 경우 두 모집단 간의 차이를 분석하기 위해 사용하는 기법으로¹⁸⁾, 2014년의 승강기 교체가 2013년 및 2015년의 전력사용량에 차이를 발생시키는지에 대해 검정할 수 있다.

먼저 데이터가 정규성을 만족하는지 확인하기 위해 정규분포 여부 검정에 일반적으로 사용되는 Shapiro-Wilk 검정과 Kolmogorov-Smirnov 검정을 사용하였다¹⁹⁾. 이 분석의 귀무가설은 대상 모형이 정규성을 따르고 있다는 것이고, 대립가설은 정규성을 따르지 않는 다는 것이다. 정규성 분석 결과 유의확률이 0.05보다 크기 때문에 귀무가설에 따라 정규성을 만족한다는 것을 확인할 수 있다. 분석 결과의 세부내용은 다음 표와 같다.

¹⁸⁾ 이희연·노승철, 2013, 고급통계분석론 이론과 실제, 문우사

¹⁹⁾ 정규성 검정은 t-검정을 진행하기 전 전제조건이다. Shapiro-Wilk와 Kolmogorov-Smirnov 통계량 모두 귀무가설은 데이터가 정규분포를 이루는 것이다. 즉, 유의확률이 0.5보다 작으면 귀무가설을 기각하고, 유의확률이 0.5보다 크면 귀무가설을 채택하는 것이다. 이희연·노승철, 2013, 고급통계분석론 이론과 실제, 문우사

[표 3-55] 정규성 분석 결과

7 8	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
구분	통계량	자유도	유의확률	통계량	자유도	유의확률
2013년	.161	26	.081	.950	26	.228
2014년	.122	26	.200*	.947	26	.199
2015년	.126	26	.200*	.944	26	.164

정규성 검정 후, 모집단의 분산이 동일하다는 가정 하에 t-검정을 진행하였다. [표 3-55] 는 분석의 결과를 정리한 것으로, 2013년과 2015년의 평균값이 서로 다르다는 것을 알 수 있다. 2013년과 2015년의 평균이 같다는 귀무가설을 두고 신뢰수준이 95%라고 했을 때, t-검정 결과가 0.02로 유의수준인 0.05보다 작게 나타나 귀무가설을 기각하는 것으로 나타났다. 이는 평균의 차이가 존재한다는 것이며, 2014년의 승강기 교체로 인해 전력사

나타났다. 이는 평균의 차이가 존재한다는 것	이며, 2014년의 승강기] 교체로 인해 전력사
용량이 감소했다는 것을 의미한다.	이며, 2014년의 승강기	
0.5		
[표 3-56] 승강기 전력사용량 t-검정 결과(등분산)		
구분	2013년	2015년
평균	2430.7	1,918.3
분산	98,0712.3	624,320.5
 관 측 수	26	26
공동 (Pooled) 분산	802,516.4	
 가설 평균차	0	
자유도	50	
t 통계량	2.06	
P(T<=t) 단측 검정	0.02	
t 기각치 단측 검정	1.68	
P(T<=t) 양측 검정	0.04	
t 기각치 양측 검정	2.01	

[표 3-56]부터 [표 3-60]까지는 원단위에 대한 t-검정을 보여주는 것으로, 5개의 표 모두 귀무가설을 기각하는 것으로 나타나 2013년과 2015년의 평균에 차이가 존재하는 것으로 검증되었다. 이러한 평균의 차이는 승강기 교체로 인한 효과라고 볼 수 있다.

[표 3-57] 1세대당 승강기 전력사용량 t-검정(등분산)

구분	2013년	2015년
평균	9.71	7.65
분산	2.88	1.78
관 측 수	26	26
	2.33	
 가설 평균차	0	
~ 자유도	50	
 t 통계량	4.89	
P(T<=t) 단측 검정	0.00	3
t 기각치 단측 검정	1.68	
P(T<=t) 양측 검정	0.00	
t 기각치 양측 검정	2.01	

[표 3-58] 승강기 1대당 전력사용량 t-검정(등분산)

구분	2013년	2015년
평균	865.70	680.47
 분산	43,470.02	27,259.86
 관 측 수	26	26
	35,364.94	
 가설 평균차	0	
 자유도	50	
 t 통계량	3,55	
 P(T<=t) 단측 검정	0.00	
t 기각치 단촉 검정	1.68	
 P(T<=t) 양측 검정	0.00	
t 기각치 양측 검정	2.01	

[표 3-59] 1층 × 1승강기당 전력사용량 t-검정(등분산)

구분	2013년	2015년
평균	42.11	33,23
분산	206.96	125.07
관 측 수	26	26
	166.01	
 가설 평균차	0	
~ 자유도	50	
t 통계량	2.49	
- P(T<=t) 단측 검정	0.01	
 t 기각치 단측 검정	1.68	
 P(T<=t) 양측 검정	0.02	
t 기각치 양측 검정	2.01	
	3: (

t 기각치 양측 검정	2.01	
[표 3-60] 1층당 승강기 전력사용량 t-검정(등분산)	2,01	
갼	2013년	2015년
평균	126,34	99.68
분산	1,862.62	1,125.59
관 측 수	26	26
공동 (Pooled) 분산	1,494.10	
 가설 평균차	0	
자유도	50	
t 통계량	2.49	
 P(T<=t) 단측 검정	0.01	
t 기각치 단측 검정	1.68	
P(T<=t) 양측 검정	0.02	
t 기각치 양측 검정	2.01	

[표 3-61] 1세대 × 1층당 승강기 전력사용량 t-검정(등분산)

구분	2013년	2015년	
	0.51	0.41	
분산	0.01	0.00	
 관측수	26	26	
공동 (Pooled) 분산	0.00		
 가설 평균차	0		
자유도	50		
 t 통계량	6.00		
P(T<=t) 단촉 검정	0.00		
t 기각치 단측 검정	1.68		
P(T<=t) 양측 검정	0.00		
 t 기각치 양측 검정	2.01		

승강기 교체로 인한 연간 평균 전력사용량 감소 효과를 종합해보면 1세대당 1.06kWh, 1 승강기당 185.23kWh, 1층 × 1승강기당 8.89kWh, 1층당 26.66kWh, 1세대 × 1층당 0.1kWh이며, 종합적으로 412.4kWh/년의 감소효과를 보이는 것으로 나타났다.

[표 3-62] 승강기 교체로 인한 효과

구분	2013년	2015년	차이
평균 전력사용량	2,430.7	1,918.3	512.4
1세대 당 평균 전력사용량(kWh/1세대,년)	9.71	7.65	1.06
1승강기 당 평균 전력사용량(kWh/1승강기, 년)	865,70	680.47	185.23
1승강기×1층 당 평균 전력사용량(kWh/1층×1승강기, 년)	42.11	33,23	8.89
1층 당 평균 전력사용량(kWh/1층,년)	126,34	99.68	26.66
1세대×1층 당 평균 전력사용량(kWh/1세대×1층, 년)	0.51	0.41	0.1

(3) 회귀분석

승강기 교체로 인한 효과를 분석하기 위해 추가적으로 회귀분석(pooled OLS)을 진행하 였다. 데이터는 24개의 동을 대상으로 하는 횡단면 데이터와 2013년 1월부터 2015년 12 월까지 36개의 시계열 데이터를 통합한 패널데이터로 구성된다. 데이터의 개수는 총 864 개이<u></u>다[20)

변수에는 세대수, 승강기교체, 운행층수, 지하층수 유무, 승강기속도, 승강기출력, 계절변 수를 포함하였는데, 변수 구성 이유는 다음과 같다. 우선, 승강기가 교체될 경우 승강기의 속도 및 출력에 변화가 발생하기 때문에 승강기속도와 승강기출력을 변수에 추가하였으 며, 세대수와 운행층수, 지하층수 유무에 따라 이용 횟수 등에 영향이 있을 것이라 판단 하여 변수를 구성하였다.21) 또한 여름철에 승강기 냉방 사용으로 인해 전력사용량에 변 화가 발생하기 때문에 계절변수를 포함시켰다. 각 변수별 기초통계량은 다음 표와 같다.

[표 3-63] 변수별 기초통계량

[표 3-63] 변수별	기초통계량				
	관측치	평균	표준편차	최솟값	최댓값
 전력사 용 량	864	2,075.61	879,44	2.043	5271
세대수	864	239.96	83.85	74	472
	864	0.45	0.50	0	1
총 운행층수	864	18.78	2.75	15	24
지하층수	864	0.13	0.33	0	1
승강기출력	864	14.03	3.53	10	20
승강기속도	864	86.89	15.62	60	105
여름	864	0.25	0.43	0	1
가을	864	0.25	0.43	0	1
겨울	864	0.25	0.43	0	1

^{20) 24}개의 횡단면 데이터 × 36개의 시계열 데이터 = 864개. 다만, 앞에서 설명한 것과 같이 두 개의 동 데이터는 교체 연도는 알 수 있으나 월을 알 수 없어서 대상에 포함시키지 않았다.

²¹⁾ 지하층이 존재할 경우 2층 주민도 이용할 수 있기 때문에 전력사용량이 더 늘어날 수 있을 것으로 보았다.

[표 3-63]은 변수별 상관관계를 보여주는데, 전력사용량과 세대수를 제외하고 대부분이 0.5 이하로 나타난다.

[표 3-64] 변수별 상관관계

변수	전력 사 용 량	세대수	승강기 교체	운행 층 수	지하 층 수	승강기 출 력	승강기 속도	여름	가을	겨울
전력 사용량	1.00									
세대수	0.83	1.00								
승강기 교체	-0.24	0.00	1.00							
운행 층수	0.52	0.28	0.01	1.00						
지하 <u>층</u> 수	-0.07	-0.09	-0.01	0.17	1.00					
승강기 <u>출</u> 력	0.32	0.11	-0.44	0.11	0.18	1.00	-s'i'i	uic		
승강기 속도	0.32	0.50	0.41	0.40	-0.07	-0.36	1.00			
여름	0.06	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.02	-0.04	1.00		
가을	-0.04	0.00	0.20	0.00	0.00	-0.09	0.08	-0.33	1.00	
겨울	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.33	-0.33	1.00

본 연구의 회귀 모형은 아래와 같으며, 승강기교체, 지하층수, 계절 변수는 더미변수로 하여 분석을 진행하였다.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_8 X_8 + \epsilon$$

Y : 전력사용량, α : 절편

 X_1 : 세대수, X_2 : 승강기교체, X_3 : 총운행층수, X_4 : 지하층수, X_5 : 승강기출력 X_6 : 승강기속도, X_7 : 계절(여름), X_8 : 계절(가을), X_9 : 계절(겨울), ϵ : 오차항

다음 표는 분석 결과를 보여준다. 먼저, 결정계수(R제곱) 값은 0.87로 상당히 높게 나타

났다. 이는 종속변수 전체의 변동 중에서 회귀모형에 의해 설명되는 변동의 크기가 상당히 높은 것을 의미한다. 승강기를 교체할 경우 423.41kWh의 전력사용량이 감소하며, 이는 승강기 교체가 에너지 효율을 개선한다는 것을 의미한다. 그리고 세대수가 1세대 늘어날 때 전력사용량이 7kWh 증가하고, 운행층수가 1층 올라갈 때 103kWh 증가하였다. 다만. 지하층의 유무는 전력사용량에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 22)

또한 승강기 출력은 95% 신뢰구간에서 유의한 것으로 나타났으나, 속도는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 승강기 출력이 유의하다는 것은 출력이 증가할 경우 전력사용량이 증가하는 반면, 출력이 낮아질 경우에는 전력사용량이 감소한다는 것이다. 즉, 출력이 낮은 승강기로 대체되면서 에너지 사용 절감이 일어난 것으로 볼 수 있다.

계절별 전력사용량을 살펴보면, 봄의 사용량을 기준으로 했을 때 여름에는 139.89kWh 의 전력사용량이 증가하고, 가을에는 87.58kWh 증가하는 것으로 나타났다. 여름의 전력 사용량이 유난히 높은 것은 옥외 활동량의 증가에 기인한 것으로 추정된다. 다만, 겨울 변수는 유의미하지 않은 것으로 나타났다.

²²⁾ 현재 그룹 중 지하층이 있는 곳이 3곳으로, 데이터를 추가로 확보하여 분석하는 것이 필요할 것으로 보인다.

ſΞ	3-651	패널분석	결과(1)

					_	
<u>변수</u>	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Con	f. Interval]
세대수	7.10	0.56	12.79	0.00	6.01	8.19
승강기교체	-423.41	28.64	-14.78	0.00	-479.54	-367.27
총 운행층수	103.76	17.81	5.83	0.00	68.85	138.66
지하층수	-189.39	142.18	-1.33	0.18	-468.06	89.28
승강기출력	11.72	4.81	2.44	0.02	2.30	21.15
승강기속도	1.86	1.51	1.23	0.22	-1.10	4.81
여름	139.89	23.03	6.07	0.00	94.76	185.02
가을	87.58	23,47	3.73	0.00	41.57	133.59
 겨울	42.99	23.04	1.87	0.06	-2.16	88,14
절편	-1,755.20	330,81	-5,31	0.00	-2,403.56	-1,106.83

R-squared = 0.87

다음으로, 유의미하지 않은 변수들을 제외한 상태에서 다시 회귀 분석을 진행하였다. 지하운행 여부, 승강기 속도 등은 회귀 분석에서 제외하고, 계절 변수는 여름과 그 외 계절로 구부하였다²³⁾.

 $Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \epsilon$

Y: 전력사용량, α: 절편

 X_1 : 세대수, X_2 : 승강기교체, X_3 : 총운행층수, X_4 : 승강기출력, X_5 : 계절(여름), ϵ : 오차항

분석 결과를 살펴보면 모든 변수가 95% 신뢰구간에서 유의한 것으로 나타났고, 결정계수 값도 0.85로 상당히 높게 나타났다. 승강기 교체 시 전력사용량은 391.94WKh 감소하는 것을 볼 때 승강기 교체가 전력사용량에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 세대수 및 층수에 따른 분석 결과를 보면, 1세대 증가에 따라 전력사용량은 7.26kWh 증가하고, 운행층

²³⁾ 여름은 6월, 7월, 8월을 나타내고, 그 외는 나머지 달을 의미한다.

수 증가 시 103kWh 증가한다. 승강기출력은 1단위 하락 시 10.09kWh 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 냉방을 사용하는 여름의 전력사용량은 다른 계절보다. 95.77kWh가 많은 것으로 나타났다24).

변수	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
세대수	7.26	0.59	12.34	0.00	6.11	8.41
승강기교체	-391.94	22.47	-17.44	0.00	-435.99	-347.89
총 운행층수	103.00	18,99	5.42	0.00	65.77	140.23
승강기출력	10.09	4.83	2.09	0.04	0.63	19.56
여름	95.77	18,86	5.08	0.00	58.80	132.73
절편	-1,588.07	355.90	-4.46	0.00	-2,285.63	-890.51
			1 00	-	. * @	

R-squared = 0.85

3) 에너지 절감효과 요약 공공임대주택 에 ³⁻¹ 공공임대주택 에너지효율화 사업의 성과산정 시 기존에는 1차에너지 절감량만을 산정하 였지만, 본 연구에서는 1차 및 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량 모두를 산정하였다.

기존의 가구당 대기전력 및 가스 절감량을 본 연구에 동일하게 적용한 결과 대기전력 차 단기 보급에 의한 가구당 최종에너지 절감량은 0.014TOE. 온실가스 감축량은 0.074 tonCO2로 산출되었고, 단열보강에 의한 가구당 최종에너지 절감량은 0.031TOE, 온실가 스 감축량은 0.702tonCO2로 나타났다.

승강기 교체는 원단위 분석, t-검정, 회귀 분석 모두에서 에너지 효율 개선에 효과적인 것으로 나타났다. 이는 승강기 교체가 공동주택의 전력사용을 줄이기 위한 방안이 될 수 있음을 의미한다. 공공임대주택의 승강기 교체에 따른 에너지 절감효과를 분석한 결과

^{24) [}표 3-64]와 비교했을 때, 승강기 교체로 인한 효과가 30kWh 정도 차이가 존재한다. 하지만 세대수나 운행층수는 거의 차이가 없다.

이용 세대수, 운행층수 등 다양한 변수에 의해 영향을 받지만, 본 연구에서 조사한 결과 승강기 1대당 전력소비량이 2,190kWh 절감되며, 계절간 편차는 없는 것으로 나타났다.

[표 3-67] 공공임대주택 에너지효율화 사업의 에너지저감 효과산정 비교

구분		시 절감량 /가구)	최종에너지 절감량 (TOE/가구)		온실가스 감축량 (tonCO₂/가구)	
<u>ਾੰਦ</u>	대기전력 차단	단열보강	대기전력 차단	단열보강	대기전력 차단	단열보강
기존방법	0.037	0.301	-	0.031	-	-
개선안	0.037	0.031	0.014	0.031	0.074	0.702
증감량	▲0.00	▲0.00	-	▲0.00	ı	-



7_친환경 고효율보일러 보급

1) 기존의 성과산정 방법

기존에는 친환경 고효율보일러 보급 사업의 효과산정을 위해 보일러 및 저녹스버너의 용량별 에너지 절감량을 산정하였다. 연간 1대의 친환경 고효율보일러 보급에 의한 에너지 절 감량은 0.136TOE, 저녹스버너 보급에 의한 에너지 절감량은 7.122TOE를 적용하였다.

- 친환경 고효율보일러: 0.136TOE/년·대
- 저녹스버너: 7.122TOE/년·대
- 친환경 고효율보일러 에너지 절감량(0.136TOE/대·년)
 - · 도시가스 사용량 절감(열효율 80 → 91%): 129.76㎡/년·가구
 - · 에너지 절감량 = 129.76m³/년·가구 × 10,500kcd/m³ × 10⁻⁷kcd/TOE = 0.136TOE

※ 건물난방용 연소기기의 대기오염물질 관리방안 연구, 서울연구원, 2013

2) 개선안

본 연구에서는 친환경 고효율보일러 및 저녹스버너 보급의 정확한 효과산정을 위해 도시 가스 발열량을 기존의 10,500kcal/㎡에서 순 발열량 기준 9,420kcal/㎡²⁵⁾으로 조정한다. 친환경 고효율보일러 보급 효과산정 시 총 BRP 신청 주택 1,664가구의 가구당 연평균 도시가스 절감량을 적용하며, 저녹스버너 효과산정 시에는 기존의 성과산정 방법과 동일한 연간 연료사용 절감량을 적용하되 순 발열량으로 산정한다.

²⁵⁾ 총 발열량 기준 10,430kcal/㎡, 「에너지법 시행규칙」 제5조 제1항 <별표 1>

- 친화경 고효율보일러 에너지 절감량(TOE)
 - = 에너지 절감량(0.113TOE/대·년) × 보급개수(대)
- 친환경 고효율보일러 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(0.263tonCO₂/대·년) × 보급개수(대)
- 친환경 고효율보일러 에너지 절감량(0.113TOE/대·년)
 - · BRP 신청 주택의 가구당 연평균 도시가스 사용량: 988.9㎡
 - · 도시가스 사용량 절감(열효율 80 → 91%): 119.54㎡/가구·년
 - $= 988.9 \,\mathrm{m}^3 (988.9 \,\mathrm{m}^3 \times 0.80)/0.91$
 - · 에너지 절감량: 0.113TOE/대·년
 - = 119.54m³/년가구 × 9.420kcal/m³ × 10⁻⁷TOE/kcal
- 친환경 고효율보일러 온실가스 감축량(0.263tonCO₂/대·년)
 - = 0.113TOE/대·년 × LNG CO₂ 배출계수(2.336tonCO₂/TOE)
- 저녹스버너(1ton 기준) 에너지 절감량(TOE)
 - = 에너지 절감량(4.103TOE/대·년) × 보급개수(대) × 평균 교체용량
- 저녹스버너(1ton 기준) 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(9.585tonCO₂/대·년) × 보급개수(대) × 평균 교체용량
- 저녹스버너 에너지 절감량(4.103TOE/대·년)
 - · 증기 1ton 생산 시 필요열량: 4,355.8㎡
 - = [705,882kcal(일반버너) 688,073kcal(저녹스버너)] × 효율(64%) × 연간가동시간(3,600)
 - ÷ 발열량 9,420
 - ※ 환경부, 2007, 「저녹스버너 보급 시범사업 성과평가」, pp.52~64, 순 발열량으로 산정
 - · 연간 연료사용량 절감: 4.103TOE/대
 - $= (4.355.8 \,\mathrm{m}^3 \times 9.420 \,\mathrm{kcal/m}^3) \times 10^{-7} \,\mathrm{TOE/kcal}$
- 저녹스버너 온실가스 감축량(9.585tonCO₂/대·년)
 - = 4.103TOE/대·년 × LNG CO₂ 배출계수(2.336tonCO₂/TOE)

3) 종합

친환경 고효율보일러 보급 사업의 성과산정 시 기존에는 총 발열량 기준의 에너지 절감량 만을 산정하였다. 본 연구는 순 발열량 기준으로 에너지 절감량과 온실가스 감축량을 산 정하였다.

본 연구방법의 적용 결과 친환경 고효율보일러의 연간 에너지 절감량은 순 발열량 기준 0.113TOE/대, 총 발열량 기준 0.125TOE/대이며, 온실가스 감축량은 0.263tonCO₂/대로 나타났다. 저녹스버너의 연간 에너지 절감량은 1ton 기준 4.103TOE/대, 온실가스 감축량은 1ton 기준 9.585tonCO₂/대로 산정되었다. 기존의 성과산정 방법과 비교해 볼때 연간 에너지 절감량은 총 발열량 기준 0.011TOE/대 감소하였다. 저녹스버너의 연간에너지 절감량은 평균 교체용량의 데이터가 정확하지 않아 비교가 어렵다.

[표 3-68] 친환경 고효율보일러 보급 사업의 에너지저감 효과산정 비교

7.8		절감량 '대·년)	온실가스 감축량 (tonCO₂/대·년)		
구분	친환경 고효율보일러 저녹스버너		친환경 고효율보일러	저녹스버너	
기존방법	0.136	7.122	-	-	
개선안	0.113 (총 발열량: 0.125)	4.103 (1ton 기준)	0.263	9.585 (1ton 기준)	
증감량	▼0.011 (총 발열량 기준)	비교불가	-	-	

8_공공부문 LED조명 보급

1) 기존의 성과산정 방법

공공부문 LED조명 보급에 대한 기존의 에너지저감 성과는 1차에너지에 대해 공공청사, 지하철역사, 지하상가 등의 전력수요 및 조명시간 등을 근거로 산정되었다. 그 결과 공공청사의 연간 1차에너지 절감량은 0.0281TOE/개·년, 지하철역사와 지하상가의 연간 1차에너지 절감량은 0.0282TOE/개·년으로 나타났다.

- 공공청사 에너지 절감량(0.028076TOE/개년, 1차에너지)
- 지하철역사 에너지 절감량(0.02821TOE/개, 1차에너지)
- 지하상가 에너지 절감량(0.02821TOE/개, 1차에너지)
- 공공청사 에너지 절감량(0.028076TOE/개년, 1차에너지)
 - = [형광등 소비전력(66W) LED 소비전력(40W)] × 조명시간(15시간/일) × 조명일(313일/년)
 - × 전력석유환사계수(0.23×10⁻⁶)
- 지하철역사 에너지 절감량(0.02821TOE/개, 1차에너지)
 - = [형광등 소비전력(34W) LED 소비전력(18W)] × 조명시간(21시간/일) × 조명일(365일/년)
 - × 전력석유환산계수(0.23×10⁻⁶)
- 지하상가 에너지 절감량(0.02821TOE/개, 1차에너지)
 - = [형광등 소비전력(34W) LED 소비전력(18W)] × 조명시간(21시간/일) × 조명일(365일/년)
 - × 전력석유환사계수(0.23×10⁻⁶)

2) 개선안

(1) 공공청사

형광등 및 LED조명의 소비전력, 조명시간 및 조명일은 기존의 성과산정 방법과 동일하게 적용하며, 전력의 이산화탄소 배출계수 5.349tonCO $_2$ 를 적용하여 온실가스 감축량을 산정한다.

- 에너지 절감량(TOE)
 - · 1차에너지(TOE) = 에너지 절감량(0.0281TOE/개·년) × 보급개수(개)
 - · 최종에너지(TOE) = 에너지 절감량(0.0105TOE/개·년) × 보급개수(개)
- 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(0.0562tonCO₂/개·년) × 보급개수(개)
- 에너지 절감량
 - · 1차에너지: 0.0280761TOE/개년
 - = [형광등 소비전력(66W) LED 소비전력(40W)] × 조명시간(15시간/일) × 조명일(313일/년) × 전력석유화산계수(0.23 × 10⁻⁶TOE/kWh)
 - · 최종에너지: 0.01049802TOE/개·년
 - = [형광등 소비전력(66W) LED 소비전력(40W)] × 조명시간(15시간/일)× 조명일(313일/ 년) × 전력석유환산계수(0.086 × 10⁻⁶TOE/kWh)
- 온실가스 감축량: 0.0562tonCO₂/개·년
 - = 에너지 절감량(0.01049802TOE/개·년) × 전기 CO₂ 배출계수(5.349tonCO₂/TOE)

(2) 지하철(사무실)

지하철(사무실)의 LED조명 보급 효과는 형광등의 소비전력을 34W에서 32W로, LED조 명의 소비전력은 18W에서 13W로 조정하여 1차 및 최종에너지 절감량을 산정하고, 전력의 이산화탄소 배출계수 5.349tonCO₂를 적용하여 온실가스 감축량을 산정한다.

- 에너지 절감량(TOE)
 - · 1차에너지 = 에너지 절감량(0.0335TOE/개) × 보급개수(개)
 - · 최종에너지 = 에너지 절감량(0.0125TOE/개) × 보급개수(개)
- 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(0.0670tonCO₂/개) x 보급개수(개)
- 에너지 절감량
 - · 1차에너지: 0.03349605TOE/개년
 - = [형광등 소비전력(32W) LED 소비전력(13W)] × 조명시간(21시간/일) × 조명일(365일/ 년) × 전력 석유후사계수(0.23 × 10⁻⁶TOE/kWh)
 - · 최종에너지: 0.01252461TOE/개·년
 - = [형광등 소비전력(32W) LED 소비전력(13W)] × 조명시간(21시간/일) × 조명일(365일/년) × 전력 석유후사계수(0.086 × 10⁻⁶TOE/kWh)
- 온실가스 감축량: 0.0670tonCO₂/개·년
 - = 에너지 절감량(0.01252461TOE/개) × 전기 CO₂ 배출계수(5.349tonCO₂/TOE)

(3) 지하상가

지하상가의 LED조명 보급 효과는 형광등의 소비전력을 34W에서 32W로 조정하여 1차 및 최종에너지 절감량을 산정하고, 전력의 이산화탄소 배출계수 5.349tonCO $_2$ 를 적용하여 온실가스 감축량을 산정한다.

- 에너지 절감량(TOE)
 - · 1차에너지 = 에너지 절감량(0.0247TOE/개·년) × 보급개수(개)
 - · 최종에너지 = 에너지 절감량(0.0092TOE/개년) × 보급개수(개)
- 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(0.0494tonCO₂/개·년) × 보급개수(개)
- 에너지 절감량
 - · 1차에너지: 0.0246813TOE/개·년
 - = [형광등 소비전력(32W) LED 소비전력(18W)] × 조명시간(21시간/일) × 조명일(365일/ 년) × 전력석유화산계수(0.23 × 10⁻⁶TOE/kWh)
 - · 최종에너지: 0.00922866TOE/개·년
 - = [형광등 소비전력(32W) LED 소비전력(18W)] × 조명시간(21시간/일) × 조명일(365일/년) × 전력석유환산계수(0.086 × 10⁻⁶TOE/kWh)
- 온실가스 감축량: 0.0494tonCO₂/개·년
 - = 에너지 절감량(0.00922866TOE/개 × 전기 CO₂ 배출계수(5.349tonCO₂/TOE)

3) 공공부문 LED조명 보급 효과 요약

기존의 공공부문 LED조명 보급 사업의 성과는 1차에너지 절감량으로만 산정되었다. 본 연구는 조명기기의 소비전력을 조정하여 1차 및 최종에너지 절감량을 산정하고, 손실을 고려한 전력의 이산화탄소 배출계수를 적용하여 온실가스 감축량을 산정하였다.

본 연구방법의 적용 결과 지하철(사무실)의 연간 1차에너지 절감량은 0.005TOE/개 증가하였고, 지하상가의 절감량은 0.003TOE/개 감소하였다. 연간 최종에너지 절감량 및 온실가스 감축량은 공공청사가 0.010TOE/개, 0.056tonCO₂, 지하철(사무실)이 0.013TOE/개, 0.067tonCO₂, 지하상가가 0.009TOE/개, 0.049tonCO₂로 나타났다.

[표 3-69] 공공부문 LED 조명 보급 사업의 에너지저감 효과산정 비교

78	1차에너지 절감량 (TOE/대·년)			최종에너지 절감량 (TOE/대·년)			온실가스 감축량 (tonCO₂/대·년)		
구분	공공 청사	지하철 (사무실)	지하 상가	공공 청사	지하철 (사무실)	지하 상가	공공 청사	지하철 (사무실)	지하 상가
기존방법	0.028	0.028	0.028	ME	Se0'	-	-	-	-
개선안	0.028	0.033	0.025	0.010	0.013	0.009	0.056	0.067	0.049
증감량	▲0.000	▲0.005	▼0.003	-	-	-	-	-	-

9 LED 보안등 및 LED 공원가로등 보급

1) 기존의 성과산정 방법

기존의 주택가 친환경 LED 보안등 교체 및 공원가로등 LED 조명화 사업의 에너지저감 성과는 전력수요 및 조명시간 등을 근거로 산정하였다. 1일 조명시간을 일정하게 11시간 으로 적용하였으며, 그 결과 교체 조명 1개당 연간 0.092TOE(1차에너지)를 저감할 수 있는 것으로 나타났다.

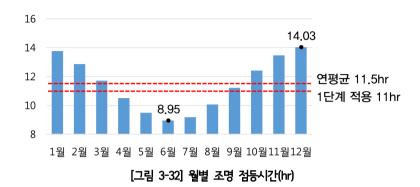
- LED 보안등 에너지 절감량(TOE, 1차에너지)
 - = 에너지 절감량(0.092TOE/개년) × 보급개수(개)
- LED 보안등 에너지 절감량(0.092TOE/개년, 1차에너지)
 - = [형광등 소비전력(150W) LED 소비전력(50W)] × 조명시간(11시간/일) × 조명일(365일/년) Had Fell Ins
 - × 전력석유환산계수(0.23×10⁻⁶)

2) 개선안

기존의 성과산정 시에 11시간으로 일정하게 적용하였던 1일 조명시간을 본 연구에서는 월별 일출 일몰시간을 근거로 조명기기의 월별 평균 점등 시간을 산출하여 연간 에너지저 감 성과를 산정하였다. 조명 점등시간은 일몰 후 10분부터 일출 전 10분까지로 계산하였 으며, 연평균 조명 점등시간은 1일 11.5시간으로, 기존의 적용시간(11시간)보다 약 30분 더 조명을 사용하는 것으로 나타났다.

[표 3-70] 월별 조명 점등시간 및 조명일

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월
조명시간	13.8	12.9	11.7	10.5	9.5	9.0
조명일	31	28	31	30	31	30
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월
조명시간	9.2	10.1	11.2	12.4	13.5	14.0
조명일	31	31	30	31	30	31



(1) 에너지 절감량 및 온실가스 감축량

- 연간 에너지 절감량
 - · 1차에너지(TOE)
 - = 에너지 절감량(0.096TOE/개·년) × 보급개수(개)
 - · 최종에너지(TOE)
 - = 에너지 절감량(0.0360TOE/개·년) × 보급개수(개)
- 온실가스 감축량(tonCO₂, 최종에너지)
 - = 온실가스 감축량(0.1925tonCO₂/TOE·년) × 보급개수(개)
- 월별 에너지 절감량
 - · 1차에너지: 0.096253TOE/개년
 - = [형광등 소비전력(150W) LED 소비전력(50W)] × 월별 평균 조명 점등시간 × 월별 조명일 × 전력석유화산계수(0.23 × 10⁻⁶TOE/kWh)
 - · 최종에너지: 0.03599TOE/개·년
 - = [형광등 소비전력(150W) LED 소비전력(50W)] × 월별 평균 조명 점등시간 × 월별 조명일 × 전력석유환산계수(0.086 × 10⁻⁶TOE/kWh)
- 온실가스 감축량(0.1925tonCO₂/개·년)
 - = 에너지 절감량(0.03599TOE/개) × 전기 CO₂ 배출계수(5.349tonCO₂/TOE)

개선안을 적용한 결과 연간 에너지 절감량은 최종에너지 기준 0.0360TOE/개로 나타났다. 월별 에너지 절감량 및 온실가스 감축량은 12월이 각각 0.004TOE, 0.020tonCO₂로 가장 크게 나타났으며, 6월이 <math>0.002TOE, 0.012tonCO₂로 가장 낮게 나타났다.

구분	1차에너지 절감량(kgOE)	최종에너지 절감량(kgOE)	온실가스 감축량(kgCO₂)
합계	96.253	35.990	192,513
1월	9.816	3.670	19,632
2월	8.286	3.098	16,573
3월	8.354	3.124	16,708
4월	7.245	2.709	14.490
5월	6.762	2.528	13,524
6월	6.176	2.309	12,351
7월	6.548	2.448	13,096
8월	7.178	2.684	14.356
9월	7.740	2.894	15,479
10월	8,853	3.310	17,707
11월	9.292	3.474	18,585
12원	10.006	3 741	20.012

[표 3-71] LED 보안등 교체에 따른 에너지 절감량 및 온실가스 감축량

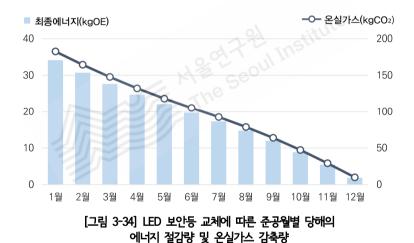


(2) 준공월별 당해의 에너지 절감량 및 온실가스 감축량

기존의 성과산정 방법에서는 단위사업의 시행 또는 완료 시점과 관계없이 1년간의 성과를 토대로 일률적으로 에너지저감 효과를 산출하였다. LED 보안등 교체 및 설치 시기와 최 초 작동 시점에 따라 준공 당해의 에너지 절감량은 달라지므로, 본 연구에서는 단위사업 의 시행 시점을 고려하여 교체 및 설치 당해연도의 월별 에너지저감 효과를 산정하였다. 단위사업은 월별 15일에 시행한 것으로 가정하고, 교체 및 설치 당월의 경우 월별 에너지 절감량의 50%를 적용하였다.

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월
최종에너지 절감량(kgOE)	34.155	30,771	27.660	24.744	22,125	19.706
온실가스 감축량(kgCO₂)	182,697	164.595	147.954	132,354	118.347	105.410
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월
	17.328	14.762	11.973	8.871	5.478	1.871
	92,686	78,961	64.043	47.450	29.304	10,006

[표 3-72] LED 보안등 교체에 따른 준공월별 당해의 에너지 절감량 및 온실가스 감축량

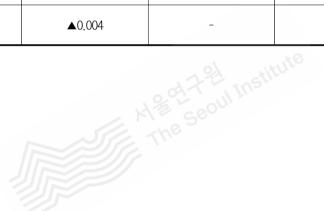


3) LED보안등 및 LED 공원가로등 보급효과 요약

기존의 주택가 친환경 LED 보안등 교체 및 공원가로등 LED 조명화 사업의 에너지저감 성과는 1차에너지 절감량만으로만 산정되었으며, 온실가스 감축량은 성과산정 대상으로 고려하지 않았다. 본 연구는 월별 일출-일몰시간을 근거로 월별 조명시간을 달리 적용하 여 1차 및 최종에너지 절감량을 산정하였고, 손실을 고려한 전력의 이산화탄소 배출계수 를 적용하여 온실가스 감축량을 산정하였다. 본 연구방법의 적용 결과 연간 1차에너지 절감량은 0.096TOE/개로 기존의 성과산정 방법보다 0.004TOE/개 증가한 수치를 나타냈으며, 연간 최종에너지 절감량은 0.036TOE/개, 연간 온실가스 감축량은 $0.193tonCO_2$ /개로 나타났다.

[표 3-73] LED 보안등 교체 사업의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량 (TOE/개·년)	최종에너지 절감량 (TOE/개·년)	온실가스 감축량 (tonCO₂/개·년)
기존방법	0.092	-	-
개선안	0,096	0,036	0.193
증감량	▲0,004	-	-



10_민간부문 LED조명 보급

1) 기존의 성과산정 방법

민간부문 LED조명 보급에 대한 기존의 에너지저감 성과측정 시에는 전력수요 및 조명시간 등을 근거로 산정하였으며, 연간 1차에너지 절감량은 0.028TOE/개, 온실가스 감축량은 $0.145tonCO_2$ 로 나타났다.

- 에너지 절감량(TOE, 1차에너지)
 - = 에너지 절감량(0.028076TOE/개) × 보급개수(개)
- 온실가스 감축량
 - = 온실가스 감축량(0.145tonCO₂/개) × 보급개수(개)
- 민간부문 조명시설 에너지 절감량(0.028076TOE/개, 1차에너지)
 - = [형광등 소비전력(66W) LED 소비전력(40W)] × 조명시간(15시간/일) × 조명일(313일/년)
 - × 전력석유화사계수(0.23×10⁻⁶)
- 민간부문 조명시설 온실가스 감축량(0.145tonCO₂/개)
 - = 에너지 절감량(0.028076TOE/개) × 전력 CO₂ 배출계수(5.151tonCO₂/TOE)

2) 개선안

기존의 성과산정 방법과 동일하게 조명기기의 전력수요 및 조명시간을 적용하여 1차 및 최종에너지 절감량을 산정하며, 손실을 고려한 전력의 이산화탄소 배출계수 5.349tonCO $_2$ 를 적용하여 온실가스 감축량을 산정한다.

- 에너지 절감량(TOE)
 - · 1차에너지 = 에너지 절감량(0.0281TOE/개·년) × 보급개수(개)
 - · 최종에너지 = 에너지 절감량(0.0105TOE/개·년) x 보급개수(개)
- 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(0.0562tonCO₂/개·년) × 보급개수(개)
- 에너지 절감량
 - · 1차에너지: 0.0280761TOE/개·년
 - = [형광등 소비전력(66W) LED 소비전력(40W)] × 조명시간(15시간/일) × 조명일(313일/ 년) x 전력석유화사계수(0.23 x 10⁻⁶TOE/kWh)
 - · 최종에너지: 0.01049802TOE/개·년
 - = [형광등 소비전력(66W) LED 소비전력(40W)] × 조명시간(15시간/일) × 조명일(313일/ 년) × 전력석유화산계수(0,086 × 10⁻⁶TOE/kWh)
- 온실가스 감축량: 0.0562tonCO₂/개·년
 - = 에너지 절감량(0.01049802TOE/개·년) × 전기 CO₂ 배출계수(5.349tonCO₂/TOE)

3) 민간부문 LED 보급효과

본 연구의 민간부문 LED조명 보급 사업의 성과산정에서는 기존의 성과산정 방법과 동일 한 전력수요 및 조명시간을 적용하였기 때문에 1차에너지 절감량은 변동이 없으며, 연간 최종에너지 절감량은 0.010TOE/개로 나타났다. 연간 온실가스 감축량은 기존보다 0.089tonCO₂/개 감소한 0.0562tonCO₂로 산정되었다. 기존 성과산정 방법의 온실가스 감축량과 다소 큰 차이를 보이는 것은 기존의 감축량은 1차에너지 기준으로, 본 연구에서 는 최종에너지 절감량을 기준으로 하였기 때문이다.

[표 3-74] 민간부문 LED조명 보급 사업의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량 (TOE/개·년)	최종에너지 절감량 (TOE/개·년)	온실가스 감축량 (tonCO₂/개·년)
기 존 방법	0.028	-	0.145
개선안	0.028	0.010	0.056
증감량	▲0,000	-	▼0.089

11_LED 간판 교체

1) 기존의 성과산정 방법

LED 간판 교체에 대한 기존의 에너지저감 성과측정 시에는 전력수요 및 조명시간 등을 근거로 산정하였으며, 연간 1차에너지 절감량은 0.312TOE/개로 나타났다. 1일 조명시간 은 12시간, 1일 전력수요는 형광등 9.6kWh와 LED 2.16kWh의 차를 적용하였다.

- LED 간판 교체 에너지 절감량(TOE, 1차에너지)
 - = 에너지 절감량(0.312TOE/개년) × 교체개수(개)
- LED 간판 교체 에너지 절감량(0.312TOE/개년, 1차에너지)
 - = [기존간판 소비전력(9.6kWh/일) LED간판 소비전력(2.16kWh/일)] × 1/24 × 조명시간(12 시간/일) × 조명일(365일/년) × 전력석유환산계수(0.23×10⁻³)
 - ※ 기존 간판 소비전력(9.6kWh/일)
 - = [형광등(40W) × 5개/m²] × 간판면적(4m²) × 조명시간(12시간/일) × 10⁻³
 - * LED 가판 소비전력(2.16kWh/일)
 - = [형광등(1W) × 45개/㎡] × 간판면적(4㎡) × 조명시간(12시간/일) × 10⁻³

2) 개선안

기존의 성과산정 방법과 동일한 조명기기의 전력수요 및 1일 조명시간 12시간을 적용하여 1차 및 최종에너지 절감량을 산정하고, 손실을 고려한 전력의 이산화탄소 배출계수 5.349tonCO₂를 적용하여 온실가스 감축량을 산정한다.

- 에너지 절감량(TOE)
 - · 1차에너지 = 에너지 절감량(0.3123TOE/개·년) × 교체개수(개)
 - · 최종에너지 = 에너지 절감량(0.1168TOE/개·년) × 교체개수(개)
- 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(0.6246tonCO₂/개·년) × 교체개수(개)
- 에너지 절감량
 - · 1차에너지: 0.312294TOE/개년
 - = [기존 간판 소비전력(9.6kWh/일) LED 간판 소비전력(2.16kWh/일)] × 1/24 × 조명시간 (12시간/일) × 조명일(365일/년) × 전력석유환산계수(0.23 × 10⁻³)
 - · 최종에너지: 0.1167708TOE/개년
 - = [기존 간판 소비전력(9.6kWh/일) LED 간판 소비전력(2.16kWh/일)] × 1/24 × 조명시간 (12시간/일) × 조명일(365일/년) × 전력석유환산계수(0.086 × 10⁻³)
- 온실가스 감축량: 0.6246tonCO₂/개·년
 - = 에너지 절감량(0.1167708TOE/개) × 전기 CO₂ 배출계수(5.349tonCO₂/TOE)
 - * 기존 가판 소비전력(9.6kWh/일)
 - = [형광등 소비전력(40W) × 5개/㎡] × 간판면적(4㎡) × 조명시간(12시간/일) × 10⁻³
 - * LED 7판 소비전력(2.16kWh/일)
 - = [LED 소비전력(1W) × 45개/㎡] × 간판면적(4㎡) × 조명시간(12시간/일) × 10⁻³

3) LED 간판 보급효과

본 연구의 LED 간판 교체 사업 성과 산정에서는 기존의 성과산정 방법과 동일한 전력수요 및 조명시간을 적용하였기 때문에 1차에너지 절감량은 변동이 없으며, 연간 최종에너지 절감량은 0.117TOE/개, 연간 온실가스 감축량은 0.625tonCO₂로 나타났다.

[표 3-75] LED 간판 교체 사업의 에너지저감 효과산정 비교

 구분	1차에너지 절감량 (TOE/개·년)	최종에너지 절감량 (TOE/개·년)	온실가스 감축량 (tonCO₂/개·년)
기존방법	0.312	-	-
개선안	0.312	0.117	0.625
증감량	▲0.000	-	-

12_서울메트로 시설개선 및 효율화

1) 기존의 성과산정 방법

서울메트로의 시설개선 및 효율화에 대한 기존의 성과산정은 실제 회생전력 생산량 측정을 통해 이루어졌다. 서초역과 쌍문역 2개소 운영 결과 각 개소별 1일 2,700kWh, 연간 453TOE를 생산하는 것으로 측정되었다.

- 서초역, 쌍문역 2개소 운영
 - 연간 453TOE 생산, 일 2,700kWh/개소 생산

2) 개선안

본 연구는 서울메트로 시설개선 및 효율화에 대한 성과산정 방법을 LED 조명과 전동차 회생전력 생산 부문으로 나누어 제시하고자 한다.

(1) LED 조명

서울메트로의 LED 조명 개선에 따른 성과를 측정하기 위해 평일과 주말의 지하철 운행 시간을 근거로 에너지 절감량 및 온실가스 감축량을 산정한다. 1차 및 최종에너지 절감량 산출을 위해 평일 21시간, 주말 20시간의 조명시간을 적용하고, 전력의 이산화탄소 환산 계수 5.349tonCO₂를 적용하여 온실가스 감축량을 산정한다.

- 평일 에너지 절감량(TOE)
 - · 1차에너지 = 에너지 절감량(0.03278TOE/개·년) x 보급개수(개)
 - · 최종에너지 = 에너지 절감량(0.01226TOE/개·년) × 보급개수(개)
- 평일 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(0.0656tonCO₂/개·년) × 보급개수(개)
- 주말 에너지 절감량(TOE, 1차에너지)
 - · 1차에너지 = 에너지 절감량(0.01244TOE/개) × 보급개수(개)
 - · 최종에너지 = 에너지 절감량(0.0047TOE/개·년) × 보급개수(개)
- 주말 온실가스 감축량(tonCO₂)
 - = 온실가스 감축량(0.0249tonCO₂/개) × 보급개수(개)
- 평일 에너지 절감량
 - · 1차에너지: 0.03277638TOE/개·년
 - = [형광등 소비전력(66W) LED 소비전력(40W)] × 조명시간(21시간/일) × 조명일(261일/년) × 전력석유화사계수(0.23 × 10⁻⁶TOE/kWh)
 - · 최종에너지: 0,012255516TOE/개·년
 - = [형광등 소비전력(66W) LED 소비전력(40W)] × 조명시간(21시간/일) × 조명일(261일/년) × 전력석유환산계수(0.086 × 10⁻⁶TOE/kWh)
- 평일 온실가스 감축량: 0.0656tonCO₂/개·년
 - = 에너지 절감량(0.012255516TOE/개·년) × 전기 CO₂ 배출계수(5.349tonCO₂/TOE)
- 주말 에너지 절감량
 - · 1차에너지: 0.0124384TOE/개·년
 - = [형광등 소비전력(66W) LED 소비전력(40W)] × 조명시간(20시간/일) × 조명일(104일/년) × 전력석유환산계수(0.23 × 10⁻⁶TOE/kWh)
 - · 최종에너지: 0.00465088TOE/개년
 - = [형광등 소비전력(66W) LED 소비전력(40W)] × 조명시간(20시간/일) × 조명일(104일/년) × 전력석유환산계수(0.086 × 10⁻⁶TOE/kWh)
- 주말 온실가스 감축량: 0.0249tonCO₂/개·년
 - = 에너지 절감량(0,00465088TOE/개) × 전기 CO₂ 배출계수(5,349tonCO₂/TOE)

(2) 전동차 회생전력 생산

서울메트로의 전동차 회생전력 생산량 성과는 기존의 방법과 동일하게 실제 생산량 측정을 통해 산정하도록 한다.

- 서초역, 쌍문역 2개소 운영
 - 연간 453TOE 생산, 일 2,700kWh/개소 생산

3) 서울메트로 시설개선 및 효율화 효과

서울메트로 시설개선 및 효율화 사업의 전동차 회생전력 생산 부문은 기존의 성과산정 방법과 개선안 모두 실제 생산량을 측정하여 성과를 산정한다. LED 조명 부문은 평일과 주말의 조명시간을 근거로 산정하며, 연간 1차에너지 절감량은 0.0452TOE/T, 연간 최종에너지 절감량은 0.0169TOE/T, 연간 온실가스 감축량은 $0.0905tonCO_2$ 로 나타났다.

[표 3-76] 서울메트로 시설개선 및 효율화 사업(LED 조명)의 에너지저감 효과

구분	1차에너지 절감량 (TOE/개·년)	최종에너지 절감량 (TOE/개·년)	온실가스 감축량 (tonCO₂/개·년)
기존방법		-	-
개선안	0.0452	0.0169	0.0905
개신인	(평일: 0.0328, 주말: 0.0124)	(평일: 0.0123, 주말: 0.0047)	(평일: 0.0656, 주말: 0.0249)
증감량	-	-	-

04

결론 1_본 연구결과의 이용

2_본 연구결과의 한계

04 결론

1 본 연구결과의 이용

① 공식 통계가 우선

본 연구결과는 통계상 나타나지 않는 사업의 성과를 측정하기 위한 것으로, 공식통계가 발표되면 공식통계를 최우선으로 적용한다.

② 서울시 대표값 적용

본 연구결과에서 본 바와 같이 정부의 대푯값도 실측치와 차이가 있다. 그럼에도 불구하 고 서울시 관내에서는 본 연구결과에서 제시한 대푯값을 적용한다. 다만, 서울시에 해당 사례가 적거나 운전기간이 짧아 대푯값 적용이 곤란한 경우에는 국가에서 정한 대푯값을 ③ 최종에너지를 대표 지표로 활용 활용하다.

국가에너지 정책에서는 1차에너지가 주요 지표로 이용되나. 지역에너지정책에서는 최종에 너지를 우선 적용한다. 다만 1차에너지환산량은 보조지표로 활용한다.

이외에도 순발열량과 총발열량에 대해서는 총발열량을 적용하되 필요시 순발열량을 보조 지표로 활용하다. 이때 총발열량과 순발열량에 대한 표시를 명확히 한다.

④ 준공시기를 고려하여 연간 생산당이나 절감량 산정

지금까지는 주공시기를 고려하지 않고 연간 생산량으로 평가하였으나. 주공 당년에 대해 서는 준공시점 이후의 성과만 산정하도록 한다. 다만, 설비의 준공시기에 대한 정보가 월 단위, 분기단위, 반기단위 등 다양하게 생산되는 경우 준공된 월, 분기, 반기의 성과는 해당 기간 성과의 50%를 적용한다.

2_본 연구결과의 한계

① 단기평가에 적용할 것

본 연구에서는 준공 당년의 성과를 평가하기 위해 월별 성과를 산정하였다. 이는 준공 당년의 성과를 비롯하여 단기성과를 평가하는 데 활용할 수 있다. 반면, 설비의 노후화에 따른 성능저하는 고려되지 않았다.

② 대푯값으로서의 한계점 고려(바이오가스 열병합발전, 소수력발전)

바이오가스 열병합발전이나 소수력발전 등과 같이 서울시 관내 운영 사례가 적거나, 운전 기간이 짧거나, 사례가 전혀 없는 경우 단위 용량당 에너지 생산량 등에 대해 대푯값으로 서의 한계점을 지니는 바, 이는 일정기간이 경과한 후 단위생산량을 재검토하여야 한다.

③ 건물의 단위면적당 에너지절감효과에 대한 오류 간과

건물은 그 형태나 규모가 다양하기 때문에 표준화하는 것이 바람직하지는 않다. 또한 구조와 용도가 유사하더라도 건물의 단위면적당 에너지 소비량은 크게 다를 수도 있다. 예를 들면 같은 구조의 건물을 확대하여 건설하더라도 연면적 대비 외피면적은 달라진다. 즉, 단위면적당 에너지소비량으로 평가하는 자체가 다소간의 오류를 내포하고 있다. 그럼에도 불구하고 건물의 용도별 표준도면을 작성하여 단위면적당 성과를 평가하였다.

④ 기술발전 속도 및 설비의 효율저하 속도 간과

LED 조명은 기술의 발전 속도가 매우 빠른 분야 중의 하나이다. 그럼에도 불구하고 현재 생산되는 제품을 기준으로 성과를 평가하였다. 이와 같은 분야는 기술 발전 속도를 고려하여 보정할 필요가 있다.

태양광발전설비의 경우 시간경과에 따라 장기간에 걸쳐 성능저하가 나타나지만 단기간에 는 확인하기 어려울 정도로 낮다. 태양광은 15~20년 동안 10~20%가량 성능이 저하되며, 제조사, 유지관리수준, 설치위치 등에 따른 편차도 클 것으로 예상된다. 향후 이를 고려하여 보정할 필요가 있다.

참고문헌

김민경, 2015, 서울시 건물에너지 절감 인센티브제도 개선 방향.

산업통상자원부령 제137호, 「에너지법 시행규칙」.

서동열, 2015, 건축물의 단열기준과 난방에너지 사용량과 기상데이터 간의 상호연관성.

서울연구원, 2013, 건물난방용 연소기기의 대기오염물질 관리방안 연구.

서울특별시, 2014, 「에너지살림도시, 서울」 종합계획.

신재생에너지 센터, 2016, 「신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침」.

이희연·노승철, 2013, 고급통계분석론 이론과 실제, 문우사.

네이버 지식백과(두산백과), 2016.08.22., terms.naver.com 전력거래소, 2016.08.24., www.kpx.or.kr

부록

1 지역별 신재생에너지 발전설비의 월별 단위발전량

부록에 제시된 결과는 2018년 8월까지의 한국전력거래소를 통해 거래된 발전량 자료를 보완하였기 때문에 본문의 숫자와 차이가 있다. 설비의 개보수로 인한 운휴 등 설비의 운영여건은 고려되지 않았고 한국전력거래소가 제공하는 설비용량과 발전량을 기준으로 산정하였다.

월별 자료가 4개 이하인 경우 최솟값만 배제하고 평균값을 산정하였으며, 월간 발전량 자료가 4건 이상인 경우 최댓값과 최솟값을 제외하고 평균값을 산정하였다. 유효 자료가 1건인 경우 유의하지 않음에도 불구하고 그대로 인용하였다. 세종시 폐기물에너지 1월, 2월, 9월, 10월, 11월, 12월의 발전량 자료는 각각 1건에 불과하여 자료이용에 특히 유의 하여야 한다.

각 월별 단위 발전량의 평균값을 산정한 후 각 월별 날짜 수에 대한 가중치를 적용하여 연간 평균값을 산출하였으며, 설비의 노후화에 따른 효율저하는 고려되지 않았다.

전력거래소의 회원사 통계이므로 상계거래용 발전설비의 발전량, 자가용 발전설비 발전 량, 전력수급계약(PPA; power purchase agreement)에 의해 거래된 발전량 등은 고려되지 않았다.

폐기물소각열 등의 발전설비는 자체 전력 소비량을 제외하고 남은 양을 전력거래소를 통해 판매하기 때문에 실제 발전량보다 낮게 평가된다.

광역자치단체 내에서도 기초자치단체별로 여건이 상이하므로 시군구 단위에 적용하는 것 은 바람직하지 않다.

지역	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	연긴
강원	NA												
경기	18.76	19.05	20.02	19.25	17.74	17.61	16.56	17.46	17.64	18.08	19.03	17.19	18.19
경남	NA												
경북	14.28	15.49	14.60	14.93	13.99	15.20	14.99	12.37	14.61	14.36	13.92	15.01	14.4
광주	NA												
내구	13.87	14.17	12.55	12.66	11.52	13.28	12.75	12.16	12.94	12.46	13.85	13.38	12.9
대전	NA												
부산	15.32	14.99	15.44	16.74	17.00	17.91	16.99	15.35	14.64	17.64	16.98	18.41	16.4
서울	19.75	19.27	18.45	16.15	17.01	15.80	15.26	15.08	16.08	17.23	18.59	18.49	17.2
세종	NA												
울산	20.58	20.41	19.11	19.13	18.84	17.92	15.23	13.28	20.37	20.19	20.40	20.48	18.8
인천	18.41	16.24	14.03	12.51	13.09	13.08	16.23	15.68	16.46	14.85	15.01	18.21	15.3
전남	20.31	21.24	20.91	18.27	17.97	18.82	19.15	17.91	19.13	19.54	19.39	19.94	19.3
전북	9.08	8.95	8.32	8.03	7.40	7.94	7.45	6.25	7.11	8.44	8.86	9.00	8.06
제주	NA												
충남	19.34	20.32	18.70	18.18	19.48	20.29	19.49	18.05	18.13	19.20	18.96	17.59	18.9
충북	NA												
전국	18.21	19.07	17.86	17.05	16.23	16.58	16.41	14.98	16.45	16.57	17.83	17.50	17.0

석탄가스	화 단위	발선량	발선량			_ 0 3)		(단위 : kWh/kW/day)				
지역	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	연간
강원	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
경기	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
경남	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
경북	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
광주	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
대구	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
대전	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
부산	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
서울	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
세종	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
울산	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
인천	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
전남	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
전북	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
제주	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
충남	9.75	6.50	11.27	15.10	6.03	2.41	1.92	14.60	13.85	2.56	6.82	8.14	8.25
충북	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
전국	9.75	6.50	11.27	15.10	6.03	2.41	1.92	14.60	13.85	2.56	6.82	8.14	8.25

태양광 [<u>-</u> 위 발전	량									(단위	: kWh/k	(W/day)
지역	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	연간
강원	2.66	3.45	3.80	4.36	4.74	4.48	3.52	3.45	3.53	3.43	2.43	2.23	3.50
경기	2.05	2.82	3.57	3.83	4.22	4.07	2.96	3.24	3.30	3.09	2.24	1.83	3.10
경남	3.05	3.57	4.02	4.08	4.29	3.58	3.16	3.19	3.06	3.51	2.92	2.74	3.43
경북	2.98	3.42	4.00	4.34	4.70	4.19	3.46	3.42	3.17	3.42	2.73	2.51	3.53
광주	2.39	3.06	3.87	4.11	4.47	3.89	3.43	3.78	3.72	3.45	2.46	2.05	3.39
대구	2.93	3.18	3.62	3.93	4.17	3.64	3.46	3.32	2.91	3.28	2.17	2.37	3.25
대전	2.16	3.04	3.76	3.97	4.47	4.18	3.31	3.36	3.32	3.01	2.34	1.95	3.24
부산	2.94	3.11	3.66	3.62	4.01	3.32	3.22	3.29	3.05	2.99	2.65	2.59	3.21
서울	2.85	3.60	4.20	4.20	4.61	4.13	3.20	3.39	3.70	3.71	2.78	2.59	3.58
세종	2.39	3.15	4.16	4.39	5.07	4.46	3.71	3.81	3.92	3.40	2.58	2.18	3.60
울산	2.88	3.20	3.40	4.03	4.22	3.68	3.33	3.66	3.38	2.92	2.31	2.45	3.29
인천	2.60	3.37	3.91	4.00	4.29	3.94	3.14	3.33	3.42	3.40	2.50	2.26	3.34
전남	2.70	3.40	4.35	4.61	4.75	3.93	3.57	3.95	3.64	3.87	2.85	2.25	3.66
전북	2.39	3.19	4.11	4.56	4.93	4.43	3.67	3.84	3.65	3.63	2.66	1.97	3.59
제주	2.14	2.66	3.51	4.08	4.15	3.22	3.39	3.53	3.05	3.28	2.36	1.95	3.11
충남	2.54	3.39	4.14	4.21	4.36	3.98	3.21	3.51	3.64	3.58	2.58	2.09	3.43
충북	2.45	3.29	3.97	4.15	4.53	4.02	3.17	3.47	3.59	3.31	2.39	1.91	3.35
전국	2.66	3.39	4.15	4.41	4.63	3.97	3.40	3.61	3.35	3.56	2.70	2.18	3.50
풍력 단위	20,000	Aud (1994)	NALWO B	12.00	1		mo E)	20000	ROBLES	0.000	: kWh/k	- ,,
지역	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
강원	6.75	6.38	6.54					12.0300		(C)CDCSS		12	연간
경기	221			6.59	5.66	2.68	4.55	3.87	2.90	4.09	6.21	8.08	5.36
경남	3.34	3.60	3.79	3.31	2.33	1.26	1.83	1.87	2.90 1.72	4.09 2.67	6.21 3.70	8.08 3.47	5.36 2.74
	7.36	3.60 6.61	3.79 4.80	3.31 5.63	2.33 4.10	1.26 2.90	1.83 3.05	1.87 3.38	2.90 1.72 4.74	4.09 2.67 5.29	6.21 3.70 6.73	8.08 3.47 8.68	5.36 2.74 5.26
경북	7.36 9.36	3.60 6.61 7.33	3.79 4.80 6.59	3.31 5.63 6.37	2.33 4.10 4.86	1.26 2.90 2.88	1.83 3.05 3.57	1.87 3.38 3.42	2.90 1.72 4.74 3.39	4.09 2.67 5.29 4.44	6.21 3.70 6.73 6.84	8.08 3.47 8.68 9.47	5.36 2.74 5.26 5.71
경북 광주	7.36 9.36 NA	3.60 6.61 7.33 NA	3.79 4.80 6.59 NA	3.31 5.63 6.37 NA	2.33 4.10 4.86 NA	1.26 2.90 2.88 NA	1.83 3.05 3.57 NA	1.87 3.38 3.42 NA	2.90 1.72 4.74 3.39 NA	4.09 2.67 5.29 4.44 NA	6.21 3.70 6.73 6.84 NA	8.08 3.47 8.68 9.47 NA	5.36 2.74 5.26 5.71 NA
경북 광주 대구	7.36 9.36 NA NA	3.60 6.61 7.33 NA NA	3.79 4.80 6.59 NA NA	3.31 5.63 6.37 NA NA	2.33 4.10 4.86 NA NA	1.26 2.90 2.88 NA	1.83 3.05 3.57 NA NA	1.87 3.38 3.42 NA	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA	4.09 2.67 5.29 4.44 NA	6.21 3.70 6.73 6.84 NA	8.08 3.47 8.68 9.47 NA	5.36 2.74 5.26 5.71 NA
경북 광주 대구 대전	7.36 9.36 NA NA	3.60 6.61 7.33 NA NA	3.79 4.80 6.59 NA NA	3.31 5.63 6.37 NA NA	2.33 4.10 4.86 NA NA	1.26 2.90 2.88 NA NA	1.83 3.05 3.57 NA NA	1.87 3.38 3.42 NA NA	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA
경북 광주 대구 대전 부산	7.36 9.36 NA NA NA	3.60 6.61 7.33 NA NA NA NA	3.79 4.80 6.59 NA NA NA 2.05	3.31 5.63 6.37 NA NA NA 2.34	2.33 4.10 4.86 NA NA NA	1.26 2.90 2.88 NA NA NA	1.83 3.05 3.57 NA NA NA	1.87 3.38 3.42 NA NA NA	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA NA	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA NA	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA NA	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA NA	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA NA
경북 광주 대구 대전 부산 서울	7.36 9.36 NA NA NA 1.43	3.60 6.61 7.33 NA NA NA 1.49	3.79 4.80 6.59 NA NA NA 2.05	3.31 5.63 6.37 NA NA NA 2.34	2.33 4.10 4.86 NA NA NA 1.80	1.26 2.90 2.88 NA NA NA NA	1.83 3.05 3.57 NA NA NA 1.53	1.87 3.38 3.42 NA NA NA 1.71	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA NA NA	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA NA NA	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA NA NA	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA NA	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA NA 1.68
경북 광주 대 전 부산 서울 세종	7.36 9.36 NA NA NA 1.43 NA	3.60 6.61 7.33 NA NA NA 1.49 NA	3.79 4.80 6.59 NA NA 2.05 NA	3.31 5.63 6.37 NA NA NA 2.34 NA	2.33 4.10 4.86 NA NA 1.80 NA	1.26 2.90 2.88 NA NA NA 1.67 NA	1.83 3.05 3.57 NA NA 1.53 NA	1.87 3.38 3.42 NA NA 1.71 NA	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA NA 1.54 NA	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA NA NA 1.74 NA	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA NA NA NA	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA NA 1.33 NA	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA NA 1.68 NA
경북 광 다 다 전 나 선 서 울 산	7.36 9.36 NA NA NA 1.43 NA NA 4.24	3.60 6.61 7.33 NA NA NA 1.49 NA NA	3.79 4.80 6.59 NA NA 2.05 NA NA 5.03	3.31 5.63 6.37 NA NA NA 2.34 NA NA 6.78	2.33 4.10 4.86 NA NA NA 1.80 NA NA A4.63	1.26 2.90 2.88 NA NA NA 1.67 NA NA 3.96	1.83 3.05 3.57 NA NA 1.53 NA NA 5.07	1.87 3.38 3.42 NA NA NA 1.71 NA NA 3.85	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA NA 1.54 NA NA	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA NA 1.74 NA NA NA	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA NA 1.51 NA NA	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA NA 1.33 NA NA	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA 1.68 NA NA
경북 광주 다 전 대전 산 울 종 인천	7.36 9.36 NA NA 1.43 NA NA 4.24	3.60 6.61 7.33 NA NA 1.49 NA NA 4.12 4.09	3.79 4.80 6.59 NA NA 2.05 NA NA 5.03 3.68	3.31 5.63 6.37 NA NA NA 2.34 NA NA 6.78	2.33 4.10 4.86 NA NA 1.80 NA NA 4.63 2.46	1.26 2.90 2.88 NA NA 1.67 NA 1.67 NA 1.14	1.83 3.05 3.57 NA NA 1.53 NA NA 5.07	1.87 3.38 3.42 NA NA 1.71 NA NA 3.85 1.64	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA 1.54 NA 1.54 NA 1.48	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA 1.74 NA NA 5.87 2.80	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA 1.51 NA NA 3.47	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA 1.33 NA NA 4.05 3.99	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA 1.68 NA NA 4.67 2.84
경북 광주 대 전 산 울 전 선 선 선 선 선	7.36 9.36 NA NA 1.43 NA NA 4.24 3.73 7.35	3.60 6.61 7.33 NA NA 1.49 NA NA 4.12 4.09 6.81	3.79 4.80 6.59 NA NA 2.05 NA NA 5.03 3.68 6.39	3.31 5.63 6.37 NA NA 2.34 NA AA 6.78 3.44 4.66	2.33 4.10 4.86 NA NA 1.80 NA NA 4.63 2.46 3.49	1.26 2.90 2.88 NA NA 1.67 NA NA 3.96 1.14 2.16	1.83 3.05 3.57 NA NA 1.53 NA NA 5.07 1.80 3.57	1.87 3.38 3.42 NA NA 1.71 NA NA 3.85 1.64 2.77	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA 1.54 NA NA 4.87 1.48 2.70	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA 1.74 NA NA 5.87 2.80 4.51	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA 1.51 NA NA 3.47 3.91 4.88	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA 1.33 NA NA 4.05 3.99 6.75	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA 1.68 NA NA 4.67 2.84 4.66
경 광 대 대 부 서 세 울 인 전 국 전 전 전 전 전 전 전 전 전	7.36 9.36 NA NA NA 1.43 NA NA 4.24 3.73 7.35 3.90	3.60 6.61 7.33 NA NA 1.49 NA NA 4.12 4.09 6.81 4.41	3.79 4.80 6.59 NA NA 2.05 NA NA 5.03 3.68 6.39 4.85	3.31 5.63 6.37 NA NA 2.34 NA NA 6.78 3.44 4.66 3.77	2.33 4.10 4.86 NA NA 1.80 NA NA 4.63 2.46 3.49 2.80	1.26 2.90 2.88 NA NA 1.67 NA 3.96 1.14 2.16	1.83 3.05 3.57 NA NA 1.53 NA NA 5.07 1.80 3.57 2.53	1.87 3.38 3.42 NA NA 1.71 NA NA 3.85 1.64 2.77 2.37	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA 1.54 NA 4.87 1.48 2.70 2.23	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA 1.74 NA NA 5.87 2.80 4.51 3.14	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA 1.51 NA NA 3.47 3.91 4.88	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA 1.33 NA NA 4.05 3.99 6.75 4.66	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA 1.68 NA NA 4.67 2.84 4.66 3.39
경 공 다 다 전 산 울 중 산 천 남 북 주 제 전 산 울 종 산 천 남 북 주	7.36 9.36 NA NA 1.43 NA NA 4.24 3.73 7.35 3.90 8.98	3.60 6.61 7.33 NA NA 1.49 NA NA 4.12 4.09 6.81 4.41 8.59	3.79 4.80 6.59 NA NA 2.05 NA NA 5.03 3.68 6.39 4.85 7.79	3.31 5.63 6.37 NA NA 2.34 NA NA 6.78 3.44 4.66 3.77 5.79	2.33 4.10 4.86 NA NA 1.80 NA 4.63 2.46 3.49 2.80 4.27	1.26 2.90 2.88 NA NA 1.67 NA NA 3.96 1.14 2.16 1.60 2.80	1.83 3.05 3.57 NA NA 1.53 NA NA 5.07 1.80 3.57 2.53 3.64	1.87 3.38 3.42 NA NA 1.71 NA NA 3.85 1.64 2.77 2.37 3.18	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA 1.54 NA 1.48 2.70 2.23 4.21	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA 1.74 NA NA 5.87 2.80 4.51 3.14 5.10	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA 1.51 NA 3.47 3.91 4.88 4.40 6.28	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA 1.33 NA NA 4.05 3.99 6.75 4.66 8.17	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA 1.68 NA NA 4.67 2.84 4.66 3.39 5.72
경 광 다 다 보 서 세 울 인 전 저 충	7.36 9.36 NA NA 1.43 NA NA 4.24 3.73 7.35 3.90 8.98 4.24	3.60 6.61 7.33 NA NA 1.49 NA NA 4.12 4.09 6.81 4.41 8.59 6.15	3.79 4.80 6.59 NA NA 2.05 NA NA 5.03 3.68 6.39 4.85 7.79 5.47	3.31 5.63 6.37 NA NA 2.34 NA NA 6.78 3.44 4.66 3.77 5.79	2.33 4.10 4.86 NA NA 1.80 NA 4.63 2.46 3.49 2.80 4.27 5.49	1.26 2.90 2.88 NA NA 1.67 NA 3.96 1.14 2.16 1.60 2.80 2.32	1.83 3.05 3.57 NA NA 1.53 NA NA 5.07 1.80 3.57 2.53 3.64 3.77	1.87 3.38 3.42 NA NA 1.71 NA 3.85 1.64 2.77 2.37 3.18 3.44	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA 1.54 NA 1.54 NA 2.70 2.23 4.21 2.62	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA 1.74 NA 5.87 2.80 4.51 3.14 5.10 4.25	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA 1.51 NA 3.47 3.91 4.88 4.40 6.28 5.77	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA 1.33 NA 4.05 3.99 6.75 4.66 8.17 5.18	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA 1.68 NA 4.67 2.84 4.66 3.39 5.72 4.53
경 광 다 다 전 산 울 존 전 전 전 산 울 종 산 천 남 북 주	7.36 9.36 NA NA 1.43 NA NA 4.24 3.73 7.35 3.90 8.98	3.60 6.61 7.33 NA NA 1.49 NA NA 4.12 4.09 6.81 4.41 8.59	3.79 4.80 6.59 NA NA 2.05 NA NA 5.03 3.68 6.39 4.85 7.79	3.31 5.63 6.37 NA NA 2.34 NA NA 6.78 3.44 4.66 3.77 5.79	2.33 4.10 4.86 NA NA 1.80 NA 4.63 2.46 3.49 2.80 4.27	1.26 2.90 2.88 NA NA 1.67 NA NA 3.96 1.14 2.16 1.60 2.80	1.83 3.05 3.57 NA NA 1.53 NA NA 5.07 1.80 3.57 2.53 3.64	1.87 3.38 3.42 NA NA 1.71 NA NA 3.85 1.64 2.77 2.37 3.18	2.90 1.72 4.74 3.39 NA NA 1.54 NA 1.48 2.70 2.23 4.21	4.09 2.67 5.29 4.44 NA NA 1.74 NA NA 5.87 2.80 4.51 3.14 5.10	6.21 3.70 6.73 6.84 NA NA 1.51 NA 3.47 3.91 4.88 4.40 6.28	8.08 3.47 8.68 9.47 NA NA 1.33 NA NA 4.05 3.99 6.75 4.66 8.17	5.36 2.74 5.26 5.71 NA NA 1.68 NA NA 4.67 2.84 4.66 3.39 5.72

수력에너	지 단위	발전량									(단위	: kWh/l	kW/day)
지역	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	연간
강원	3.41	3.50	3.57	3.88	5.44	5.47	7.51	9.69	6.05	4.02	3.58	3.69	5.00
경기	4.48	4.71	5.64	7.15	9.54	9.61	12.88	14.49	10.43	6.07	5.23	5.00	7.96
경남	3.95	4.19	4.94	6.40	7.67	7.17	8.65	7.97	7.90	5.11	4.23	4.27	6.05
경북	2.97	2.95	4.14	5.18	5.16	5.89	7.09	7.07	6.17	4.20	3.17	3.05	4.76
광주	11.47	12.13	11.80	12.28	12.33	11.56	13.95	13.33	14.41	11.66	12.43	14.26	12.64
대구	7.52	6.09	8.36	10.16	12.57	12.36	11.63	11.47	10.91	12.13	10.68	9.30	10.29
대전	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
부산	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
서울	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
세종	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
울산	14.24	14.56	15.26	13.06	12.21	10.77	6.25	8.24	8.02	10.30	15.83	13.46	11.83
인천	9.28	8.67	8.47	7.82	7.88	8.58	9.56	9.35	9.95	9.89	9.09	8.89	8.95
전남	5.47	6.24	6.92	8.93	11.70	11.42	13.83	14.56	13.85	10.54	6.38	5.65	9.65
전북	6.11	6.46	6.96	11.20	16.26	15.65	14.16	15.34	15.79	8.30	6.55	5.70	10.72
제주	7.59	8.48	7.64	5.97	5.16	6.96	3.84	5.28	4.96	5.86	7.60	8.51	6.47
충남	9.19	9.25	8.65	8.97	9.13	9.42	10.85	10.55	10.88	10.16	9.28	8.96	9.61
충북	3.11	3.02	4.06	5.78	6.33	4.66	10.19	9.91	8.54	4.33	3.27	3.20	5.55
전국	3.75	3.69	3.97	5.01	6.42	6.58	8.89	10.11	7.76	4.70	4.11	4.05	5.77
해양에너	6.000	Section Section 1			05	14	100 C	,eou		10	1 20 1		kW/day)
지역	01	02	03	04	05	06	07	80	09	10	11	12	연간
강원	NA F 27	NA F 20	NA 5.40	NA Fac	NA F 24	NA F 1 F	NA F 00	NA F12	NA 5.44	NA F 20	NA F10	NA 5.22	NA
경기	5.27	5.30	5.48	5.26	5.24	5.15	5.00	5.13	5.41	5.30	5.19	5.22	5.25
경남	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
경북	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
광주 대구	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
대전	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
부산	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
서울	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
세종	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
울산	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
인천	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
전남	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
전북	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
제주	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
충남	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
충북	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
전국	4.30	4.40	4.64	3.93	3.92	3.85	3.74	3.97	3.92	3.86	3.90	4.13	4.05

바이오에	너지 단위	의 발전령	ţ.								(단위	: kWh/l	(W/day)
지역	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	연간
강원	8.12	8.27	7.63	7.56	7.01	9.12	11.07	11.42	9.30	9.96	7.64	8.45	8.81
경기	5.46	6.91	8.81	9.54	8.75	9.81	8.32	7.55	7.21	8.36	7.96	5.85	7.88
경남	7.83	6.66	7.61	7.05	7.12	6.84	5.88	7.00	6.34	7.78	7.49	7.25	7.08
경북	7.69	7.30	8.29	8.35	8.08	7.90	6.97	7.25	7.88	9.69	9.97	8.61	8.17
광주	7.61	8.11	7.79	7.76	7.98	7.61	7.19	7.64	7.79	7.96	7.73	7.82	7.75
대구	4.12	4.17	4.33	3.91	3.69	3.32	0.69	0.90	0.82	1.83	2.81	2.77	2.77
대전	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
부산	8.57	8.90	9.00	9.36	9.83	9.92	9.59	8.93	9.80	10.22	9.56	8.78	9.37
서울	4.68	5.84	6.57	6.84	8.21	6.09	5.40	5.35	3.67	3.85	4.62	5.44	5.55
세종	13.44	13.54	10.80	12.49	11.22	0.00	15.81	4.78	9.44	7.96	9.51	16.99	10.50
울산	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
인천	15.49	15.88	12.81	14.87	16.14	13.05	12.97	13.08	13.22	14.84	15.43	14.65	14.36
전남	6.41	6.34	6.03	6.43	5.67	6.21	6.13	6.68	7.00	7.09	6.68	6.39	6.42
전북	8.77	9.48	9.88	10.38	10.88	9.46	10.40	9.76	8.49	8.30	9.43	9.22	9.54
제주	6.96	7.05	8.66	8.46	8.53	8.83	9.46	9.14	8.94	8.12	7.63	6.56	8.20
충남	7.85	7.98	8.51	7.13	6.88	6.80	5.92	5.94	4.02	6.63	7.22	4.71	6.63
충북	11.56	11.37	12.65	12.71	12.95	12.54	12.04	11.77	11.95	11.66	11.88	12.31	12.12
전국	12.38	12.98	12.10	12.54	12.44	11.67	11.74	11.86	11.01	12.88	12.91	11.64	12.18
			100									W 521 B	
폐기물에				•	10-		70 -			40		: kWh/l	971 97
지역	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	연간
강원	4.82	4.61	6.31	6.42	6.68	6.96	5.84	6.39	3.88	4.66	2.46	3.24	5.20
경기	3.24	3.81	4.14	3.80	4.78	4.71	4.62	4.70	4.69	3.82	4.48	4.00	4.23
경남	3.09	3.23	2.86	3.24	4.21	4.16	3.54	2.85	2.83	2.68	2.99	3.00	3.22
경북	2.30	2.22	1.50	1.61	2.34	2.54	2.84	2.85	2.15	2.05	1.95	2.19	2.21
광주	5.82	5.22	5.20	5.76	4.78	5.46	6.22	5.52	4.43	5.98	4.58	6.50	5.46
대구	0.01	0.04	0.01	0.01	0.00	0.42	0.31	0.59	0.71	0.13	0.02	0.03	0.19
대전	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
부산	3.47	3.68	3.38	2.90	3.99	3.58	3.98	3.78	2.65	3.31	3.85	2.84	3.45
서울	11.16	11.52	12.29	9.78	5.25	6.43	9.11	11.49	10.07	8.96	8.71	11.06	9.65
세종	12.10	11.34	11.04	14.23	14.48	13.61	12.36	10.69	11.03	8.69	12.04	12.18	11.98
011		12 92	77 22	2 05	8.60	7.86	7.32	6.97	8.09	9.16	11.90	13.90	9.97
울산	13.68		11.38	8.05			0.00	4		4	4	001	
인천	1.75	2.41	1.70	2.43	1.69	2.30	2.09	1.69	2.24	1.70	1.52	2.01	1.95
인천 전남	1.75 2.76	2.41 2.19	1.70 2.07	2.43 2.37	1.69 2.30	2.30 2.35	2.34	2.31	2.32	2.24	2.57	2.91	2.40
인천 전남 전북	1.75 2.76 4.79	2.41 2.19 5.00	1.70 2.07 4.78	2.43 2.37 5.63	1.69 2.30 5.64	2.30 2.35 5.51	2.34 5.08	2.31 4.58	2.32 4.83	2.24 5.90	2.57 5.19	2.91 5.12	2.40 5.17
인천 전남 전북 제주	1.75 2.76 4.79 0.02	2.41 2.19 5.00 0.01	1.70 2.07 4.78 0.05	2.43 2.37 5.63 0.04	1.69 2.30 5.64 0.05	2.30 2.35 5.51 0.06	2.34 5.08 0.01	2.31 4.58 0.01	2.32 4.83 0.03	2.24 5.90 0.05	2.57 5.19 0.02	2.91 5.12 0.03	2.40 5.17 0.03
인천 전남 전북 제주 충남	1.75 2.76 4.79 0.02 11.63	2.41 2.19 5.00 0.01 12.17	1.70 2.07 4.78 0.05 13.86	2.43 2.37 5.63 0.04 14.23	1.69 2.30 5.64 0.05 13.13	2.30 2.35 5.51 0.06 13.89	2.34 5.08 0.01 14.11	2.31 4.58 0.01 12.41	2.32 4.83 0.03 12.11	2.24 5.90 0.05 11.78	2.57 5.19 0.02 11.01	2.91 5.12 0.03 11.44	2.40 5.17 0.03 12.65
인천 전남 전북 제주	1.75 2.76 4.79 0.02	2.41 2.19 5.00 0.01	1.70 2.07 4.78 0.05	2.43 2.37 5.63 0.04	1.69 2.30 5.64 0.05	2.30 2.35 5.51 0.06	2.34 5.08 0.01	2.31 4.58 0.01	2.32 4.83 0.03	2.24 5.90 0.05	2.57 5.19 0.02	2.91 5.12 0.03	2.40 5.17 0.03

Abstract

A Study on Evaluation Method for the Energy Saving Project and Energy Production Project of Seoul Metropolitan Government

Hang-Moon Cho · Min-Je Kim

In evaluating the performance of the energy project year by year, it has been calculated as a one-year performance regardless of the completion date of the project. The energy production or savings performance varies greatly depending on operating period. For example, if we compare the PV constructed on January 1st with the PV constructed on December 31, it is expected that the power generation will show a difference of more than 300 times. Therefore, in order to evaluate the performance of the first year's energy projects, the timing of completion should be considered.

Principals using the result of this study

(1) Official statistics first

In this study, the method of evaluation of energy production or energy saving is proposed considering the completion date of the energy project. However, the results of this study are intended to measure the performance of projects that do not appear statistically, and official statistics should be applied first if official statistics are published.

2 Representative value

Despite differences from the official values of the national government, the results of this study must be applied in Seoul.

(3) Final energy as a main indicator

In the national energy policy, primary energy is used as a key indicator, but in the regional energy policy, the final energy is applied first. The primary energy may be used as an auxiliary index.

(4) Considering completion operation time

Until now, the annual production rate has been evaluated without considering the completion date. Now, only the results after the completion time must be included for the performance of completion Magaria Ins year.

Limits of this study

① Apply to only short-term evaluation

In this study, the monthly performance was estimated to evaluate the performance of the completion year. This can be used to evaluate the short-term performance as well as the achievements of the completion year. On the other hand, long-term performance deterioration of facilities was not considered

② Limit as a representative for biogas cogeneration and small hydro power

Because there are very few case on biogas cogeneration and small hydro power in Seoul, there are limitations as a representative value of energy production per unit capacity in 2 sectors.

③ Is the saving effect per unit area a reasonable indicator?

It is not desirable to standardize a building because its form and scales are various.

Even though structures or usage are similar, the energy consumption per unit area of a building may be significantly different. For example, even if a building with the same structure is enlarged and constructed, the total area of the ceiling is different. That is, evaluating the energy consumption per unit area itself has some errors. Nevertheless, we set the standard building for each use of the building to evaluate the performance per unit area.

(4) Ignored speed of technology development

LED lighting is one of the fields where the technology development is very fast. Nevertheless, we evaluated the performance based on the products currently produced. Such a field needs to be corrected considering the speed of technology development.

Contents

01 Introduction

- 1_Research background and purpose
- 2 Contents and methods of research

02 Evaluation of Renewable Energy Production

- 1_Selected Coefficients
- 2_Photovoltaic System
- 3_Hydrogen Fuel Cell
- 4_Small Hydro Power
- 5_Biogas Cogeneration
- 6_geothermal cooling and heating

03 Evaluation of Energy Saving for Efficiency Enhancement Project

- 1 Selected Coefficients
- 2 Strengthening Design Criteria for Green Building
- 3_Improve Energy Efficiency of Existing Buildings
- 4_Improve Energy Efficiency of House
- 5_Improve Energy Efficiency of Senior Center
- 6_Improve Energy Efficiency of Rental House
- 7_High Efficiency Domestic Gas Boiler Supply
- 8_Public Sector LED Lighting
- 9_LED Lighting at Park and Residential Zone
- 10_Private Sector LED Lighting
- 11_LED sign replacement

12_Improvement and Efficiency of Seoul Metro Facilities

04 Conclusion

References

Appendix

Abstract



서울연 2016-BR-03

서울시 에너지정책 개별사업의 효과산정 방법

발행인 _ 김수현

발행일 _ 2016년 8월 31일

발행처 _ 서울연구원

비매품

06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

본 출판물의 판권은 서울연구원에 속합니다.