

## 요약

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

## 신재생에너지 생산량 평가 시 월별 발전량·실제 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. 태양광 설비의 1kW당 단위발전량을 분석한 결과 서울시는 1일 평균 3.554kWh, 전국은 3.542kWh로 지침에 제시된 기준보다 낮게 나타났다. [표 1]에 나타난 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

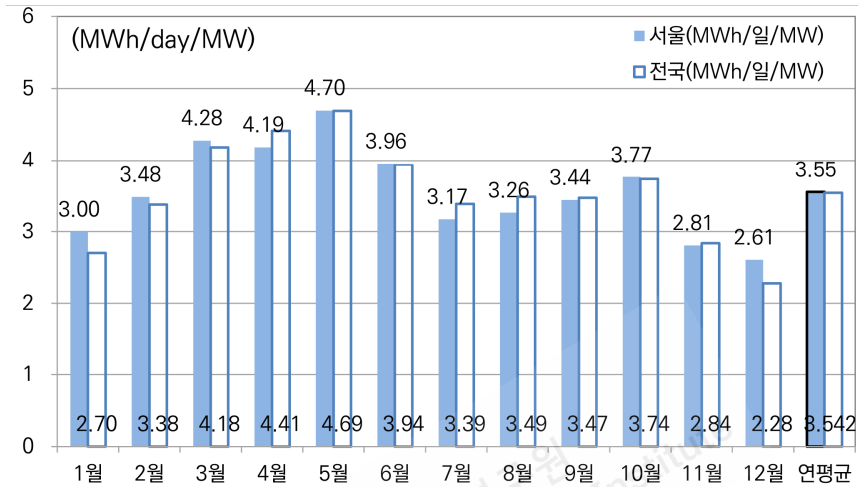
구분	단위생산량 (MWh/MW/일)	월간 발전일 (일/월)	발전량 (MWh)	최종에너지 (TOE)	1차에너지 (TOE)	CO <sub>2</sub> 감축량 (톤CO <sub>2</sub> eq)
1월	2.995	31	92.8	7.98	19.58	41.1
2월	3.484	28	97.6	8.39	20.58	43.2
3월	4.278	31	132.6	11.41	27.98	58.7
4월	4.185	30	125.6	10.80	26.49	55.6
5월	4.695	31	145.5	12.52	30.71	64.4
6월	3.956	30	118.7	10.21	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 10<sup>7</sup>kcal임

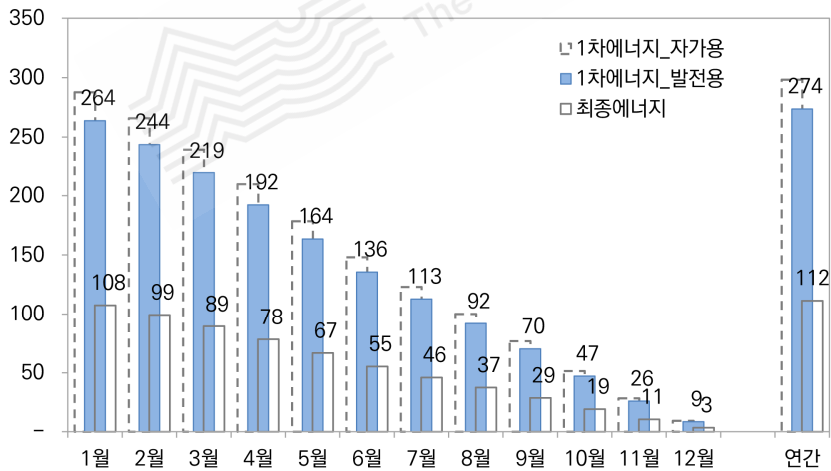
최종에너지: 소비자에게 제공되는 에너지

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

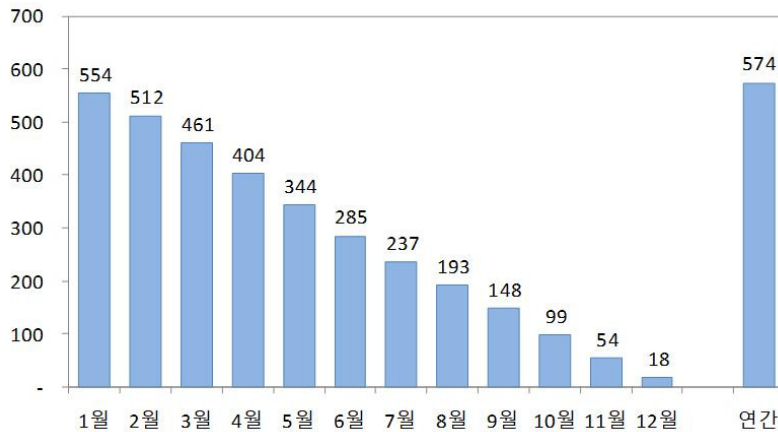
태양광발전설비가 준공된 해에는 준공된 시점에서 12월 31일까지의 생산량을 성과로 산정해야 하는 바, [표 1]에 제시된 결과를 활용하여 12월까지 합산하면 [그림 2]와 같이 준공당년의 생산량을 산출할 수 있다. 다만 준공 월은 생산량의 50%를 적용한다.



[그림 1] 태양광 단위발전량



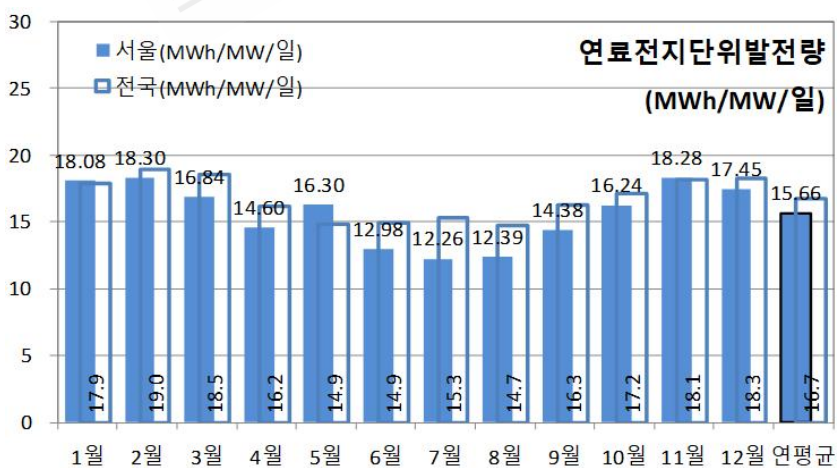
[그림 2] 서울지역 준공월별 당년 태양광 1MW당 에너지 생산량(TOE)



[그림 3] 서울지역 준공월별 당년 태양광 1MW당 온실가스 감축량(tCO<sub>2</sub>eq)

## ② 수소연료전지발전

「신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침」에는 연간 수소연료전지의 단위에너지 생산량을 9,392kWh/kW·yr(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.

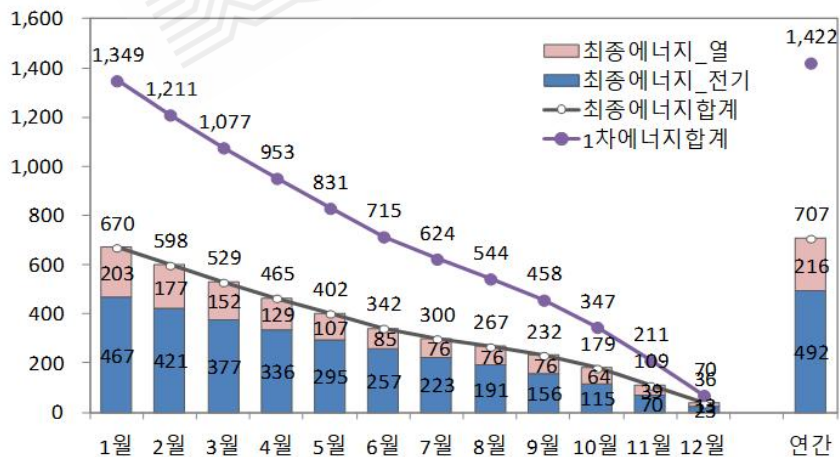


[그림 4] 연료전지 단위발전량

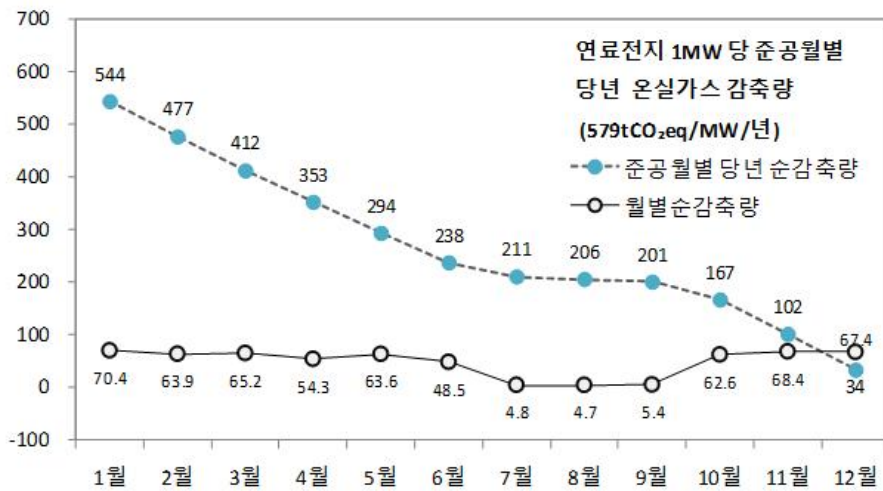
월별 발전량은 2월이 18.30MWh/MW/일로 가장 높았고, 7월이 12.26MWh/MW/일로 가장 낮았다. 1일 평균 전력생산량과 열생산량(8.70MWh/MW/일)을 합한 단위생산량은 24.36 MWh/MW/일로 나타났다.

[표 2] 서울지역 연료전지 1MW당 에너지 생산량과 온실가스 감축량

구분	1일생산량, MWh/MW/일			기간별 생산량, MWh			최종에너지	1차에너지 생산량, TOE			온실가스
	전기	열	합계	전기	열	합계	생산량, TOE	투입	생산	순생산	감축, CO <sub>2</sub> eq
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(감축량579tCO<sub>2</sub>eq/년)

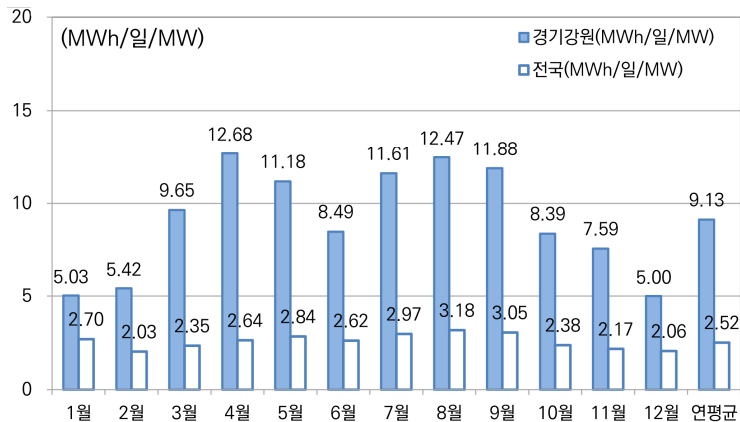
### ③ 소수력발전

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 단위생산량

(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



[그림 7] 소수력 단위발전량

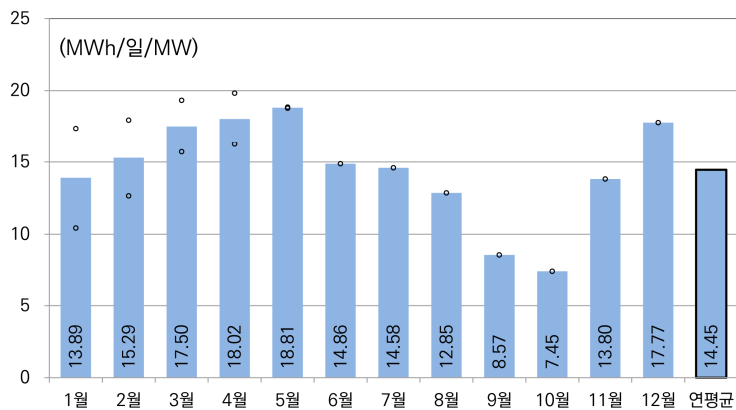
## ④ 바이오가스 열병합발전

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.

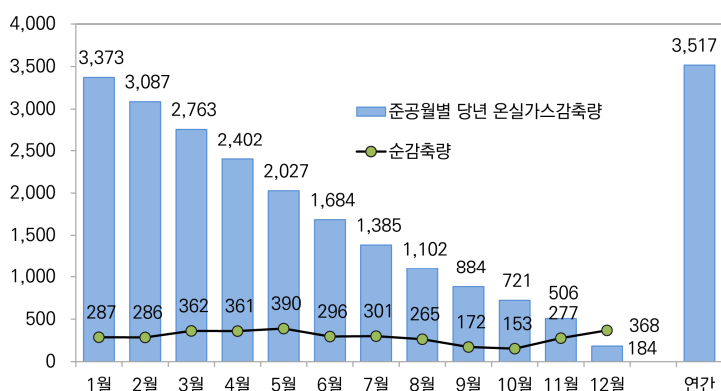
[표 4] 바이오가스 열병합발전 설비 단위 발전량

(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  
(3,517tCO<sub>2</sub>eq/년)

## 에너지효율화사업 평가 시 사업 완료시점·계절별 사용시간 적용

### ① 녹색건축물 설계기준 강화

본 연구는 2014년 「에너지살림도시, 서울 종합계획」의 강화된 신축건축물 에너지소비총량 기준에 따라 에너지 절감량을 산정하였다.

[표 5] 신축건축물 에너지소비총량 기준

(단위: kWh/m<sup>2</sup>·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/m<sup>2</sup> 증가하였고, 비주거용 건물의 1차에너지 절감량은 0.014TOE/m<sup>2</sup> 증가하였다. 온실가스 감축량은 주거용 건물이 0.040tonCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, 비주거용 건물이 0.0555tonCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> 감소하였다.

[표 6] 녹색건축물 설계기준 강화에 따른 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량 (TOE/m <sup>2</sup> )		최종에너지 절감량 (TOE/m <sup>2</sup> )		온실가스 감축량 (tonCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	
	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

## ② 기축건물 에너지효율 개선

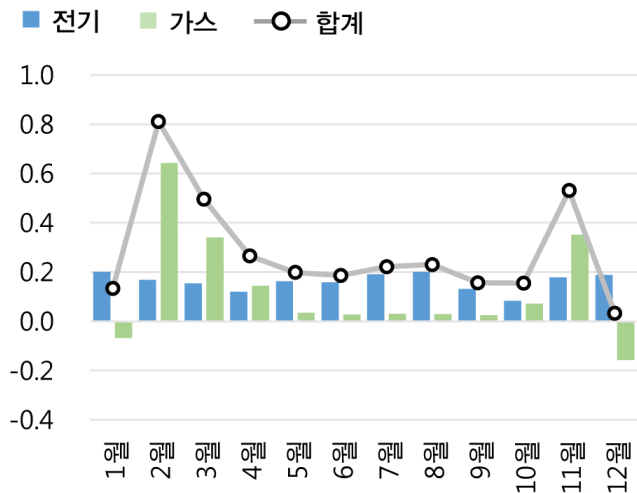
건물에너지 효율화사업 추진항목 중 가장 선호도가 높고 개선이 용이한 내·외벽단열재, 단열창호, 조명시설 효율향상공사(LED)의 3개 항목에 대해 시뮬레이션을 진행하였다.

건물에너지합리화사업(BRP; Building Retrofit Project) 추진에 따른 업무용 기축건물의 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 22.534kWh, 가스 1.414Nm<sup>3</sup>, 최종에너지 3.412kgOE이며, 온실가스 감축량은 13.476kgCO<sub>2</sub>로 산출되었다. 전기 절감량은 1월이 2.335kWh로 가장 높았고, 가스 절감량은 2월이 0.616Nm<sup>3</sup>로 가장 높았다. 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량은 2월이 각각 0.811kgOE, 2.254kgCO<sub>2</sub>로 가장 높았다.

[표 7] BRP 추진에 따른 단위면적당 에너지 절감량(기축건물)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월
최종에너지 (kgOE/m <sup>2</sup> )	0.133	0.811	0.495	0.265	0.198	0.186	0.222
구분	8월	9월	10월	11월	12월	연간	
최종에너지 (kgOE/m <sup>2</sup> )	0.23	0.156	0.155	0.531	0.031	3.412	





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

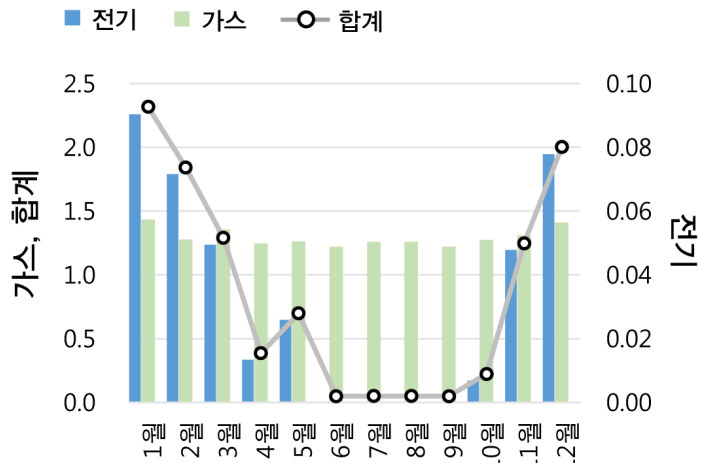
### ③ 주택 에너지효율 개선사업

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 9.2Nm³, 최종에너지 10.2kgOE이며, 온실가스 감축량은 23.5kgCO₂로 산출되었다. 전기 절감량과 가스절감량은 1월이 각각 0.7kWh, 2.2Nm³로 가장 높았고, 최종에너지와 온실가스 감축량 또한 1월이 각각 2.3kgOE, 5.1kgCO₂로 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	연간	
최종에너지 (kgOE/m²)	0.05	0.049	0.223	1.248	2.003	2.317	



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

BRP 추진에 따른 단독주택의 연간 단위면적당 에너지 절감량은 전기 6.5kWh, 가스 3.5Nm³, 최종에너지 4.2kgOE이며, 온실가스 감축량은 10.6kgCO₂로 산출되었다. 전기 절감량은 7월이 0.7kWh로 가장 높았고, 가스절감량은 1월이 0.8Nm³로 가장 높았다. 최종에너지 절감량과 온실가스 감축량은 1월이 각각 0.9kgOE, 2.0kgCO₂로 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	연간	
최종에너지 (kgOE/m²)	0.062	0.054	0.168	0.49	0.732	4.161	

#### ④ 사회복지시설(경로당) BRP

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

[표 10] 사회복지시설 에너지효율 개선사업의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량 (TOE/개소)	최종에너지 절감량 (TOE/개소)	온실가스 감축량 (tonCO <sub>2</sub> /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 tonCO<sub>2</sub>로 산출되었고, 단열보강에 의한 가구당 최종에너지 절감량은 0.031TOE, 온실가스 감축량은 0.702tonCO<sub>2</sub>로 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

구분	1차에너지 절감량 (TOE/가구)		최종에너지 절감량 (TOE/가구)		온실가스 감축량 (tonCO <sub>2</sub> /가구)	
	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<sub>2</sub>/대로 나타났다. 저녹스(NOx)버너의 연간 에너지 절감량은 1ton 기준 4.103TOE/대, 온실가스 감축량은 1ton 기준 9.585tonCO<sub>2</sub>/대로 산정되었다. 기존의 성과산정 방법과 비교해 볼 때 연간 에너지 절감량은 총 발열량 기준 0.011TOE/대 감소하였다.

**[표 13] 친환경 고효율보일러 보급 사업의 에너지저감 효과산정 비교**

구분	에너지 절감량(TOE/대·년)		온실가스 감축량(tonCO <sub>2</sub> /대·년)	
	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 1차 에너지 절감량은 0.005TOE/개 증가하였고, 지하상가의 절감량은 0.003TOE/개 감소하였다. 연간 최종에너지 절감량 및 온실가스 감축량은 공공청사가 0.010TOE/개, 0.056tonCO<sub>2</sub>, 지하철(사무실)이 0.013TOE/개, 0.067tonCO<sub>2</sub>, 지하상가가 0.009TOE/개, 0.049tonCO<sub>2</sub>로 나타났다.

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

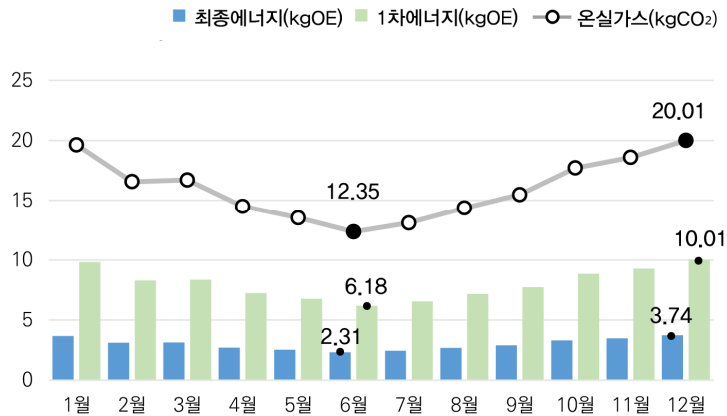
구분	1차에너지 절감량 (TOE/대·년)			최종에너지 절감량 (TOE/대·년)			온실가스 감축량 (tonCO <sub>2</sub> /대·년)		
	공공 청사	지하철 (사무실)	지하 상가	공공 청사	지하철 (사무실)	지하 상가	공공 청사	지하철 (사무실)	지하 상가
기존방법	0.028	0.028	0.028	-	-	-	-	-	-
개선안	0.028	0.033	0.025	0.010	0.013	0.009	0.056	0.067	0.049
증감량	▲0.000	▲0.005	▼0.003	-	-	-	-	-	-

## ⑧ LED 보안등 및 LED 공원가로등 보급

기존 성과 산정 시 11시간으로 일정하게 적용되었던 1일 조명시간을 월별 일출-일몰시간을 근거로 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<sub>2</sub>/개로 나타났다.

[표 15] LED 보안등 교체 사업의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량 (TOE/개·년)	최종에너지 절감량 (TOE/개·년)	온실가스 감축량 (tonCO <sub>2</sub> /개·년)
기존방법	0.092	-	-
개선안	0.096	0.036	0.193
증감량	▲0.004	-	-



[그림 12] LED 보안등 교체에 따른 에너지 절감량 및 온실가스 감축량

#### 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<sub>2</sub>/개 감소한 0.0562tonCO<sub>2</sub>로 산정되었다. LED 간판 교체 사업의 연간 최종에너지 절감량은 0.117TOE/개, 연간 온실가스 감축량은 0.625tonCO<sub>2</sub>로 나타났다.

[표 16] 민간부문 LED조명 보급 사업의 에너지저감 효과산정 비교

구분	1차에너지 절감량 (TOE/개·년)	최종에너지 절감량 (TOE/개·년)	온실가스 감축량 (tonCO <sub>2</sub> /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/개·년)	온실가스 감축량 (tonCO <sub>2</sub> /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 산정하였고, 연간 1차에너지 절감량은 0.0452TOE/개, 연간 최종에너지 절감량은 0.0169TOE/개, 연간 온실가스 감축량은 0.0905tonCO<sub>2</sub>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 (tonCO <sub>2</sub> /개·년)
기존방법	-	-	-
개선안	0.0452 (평일: 0.0328, 주말: 0.0124)	0.0169 (평일: 0.0123, 주말: 0.0047)	0.0905 (평일: 0.0656, 주말: 0.0249)
증감량	-	-	-

## 최종에너지, 대표 지표로 활용하고 서울시 관내는 대뿔값 적용

---

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

