

국제호환형 지열시스템 년 성능 평가 및 인증 기술현황

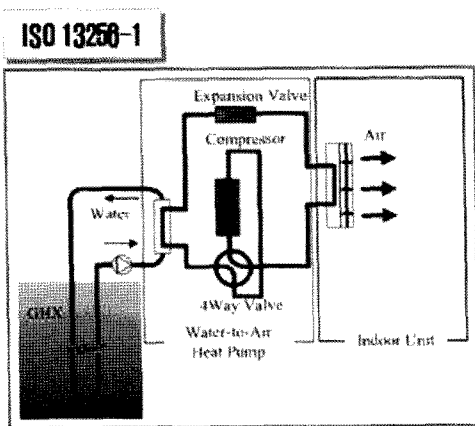
이 의 준
한국에너지기술연구원

1. 서론

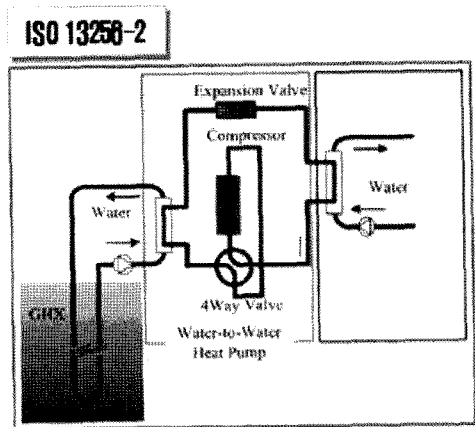
우리나라는 대부분의 에너지를 수입하고 있으며, 지구온난화, 자원 고갈, 환경오염, 고유가등으로 인해 최근 신재생에너지원에 대한 많은 관심이 집중되고 있다. 현재 태양열, 태양광, 풍력, 지열, 수소 에너지등 다양한 분야에 대한 연구가 이루어지고 있으나, 이러한 신재생에너지원 중 지열 히트 펌프 시스템(Geothermal Heat Pump)은 타 에너지원과 달리 년 중 일정한 깊이에서 일정한 열원을 이용하므로 경제성 및 신뢰성 측면에서 선진국과 중국등에서는 타 신재생에너지원보다 빠르게 보급 확산되고 있다. 지열 히트펌프

시스템은 기존의 타 열원기기에 비해 많은 에너지를 절약할 수 있는 시스템으로써 건물의 냉·난방, 급탕, 농작물 건조, 농업용 원예온실시설 등 다양하게 이용 가능한 시스템으로서 특히 우리나라인 경우 사무실이나 공공시설, 농업 원예시설의 보급사업 일환으로 현재 많은 보급이 이루어지고 있고 미래 중요 기술의 하나인 에너지 마이크로 그리드 체계에서 온열과 냉열을 한기기로 동시에 공기 부하(그림 1)와 물 부하(그림 2)에 대해서 열원을 생산할 수 있는 비용 효과적인 온실가스 저감형 핵심 에너지 설비기술이다.

그림 3은 세계 어느 지역에서의 지중 깊이별 지중 온도 분포도 특성을 보여준다. 이 특성 곡선은



[그림 1] 물 대 공기 시스템

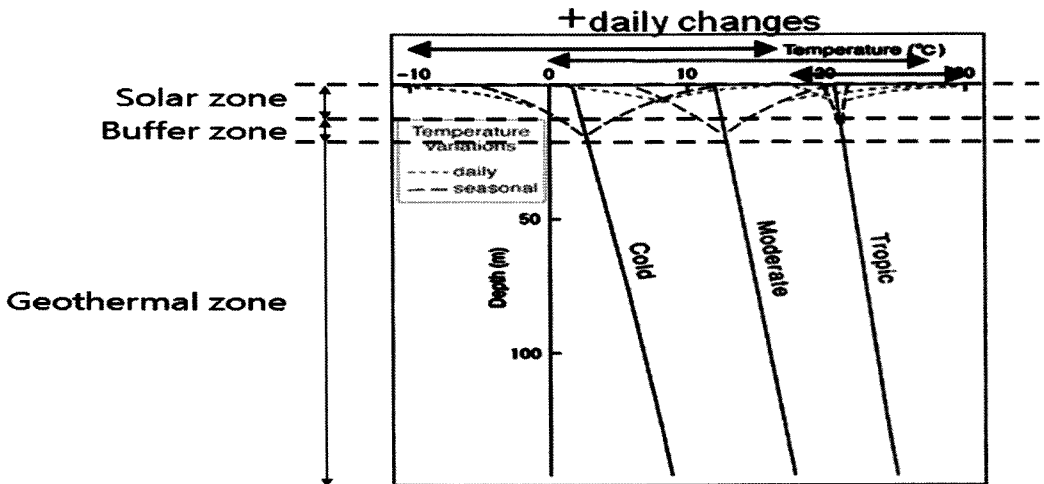


[그림 2] 물 대 물 시스템

다른 태양 풍력에너지원의 자원 분석이 그 지역 그 시설에 맞는 태양 풍력 시스템의 최적화 설계에 중요하듯이 지중깊이별 지중온도 특성 지열 시스템 선정과 최적화 설계에 매우 중요한 자료 중의 하나이다. 그 지역이 한대 지역, 열대 지역 혹은 아열대 지역인지에 따라 크게 세부분, 즉 1) solar zone, 2) buffer zone 그리고 3) geothermal zone으로 구성됨을 알 수 있다. 특히 그림 3에서의 buffer zone 천부 지열 설계의 주요한 설계 변수중의 하나로써, 어느 위치에서나 일정 깊이에서의 지중온도는 15 ~ 17°C 일정하게 유지되며 무한하고 안정적인 열원을 지중열교환기를 사용하여 하절기에는 건물의 공조구간에 열을 지중으로 버리고 동절기에는 지중 열을 흡수하여 건물에 공급하는 원리로 냉난방 역할을 수행하며 공기를 열원을 사용하는 히트펌프 시스템에 비하여 효율이 높은 시스템의 주요 설계 변수이다.

이처럼 지열히트펌프 시스템인 경우 지중 환경이 대기 환경 보다 안정적인 온도범위를 가지고 있다는 장점이 있으나 지열 원을 사용하는데 드는 비용 즉 지중열교환기 설치비용이 전체 시스템 설치비용의 최고 50 ~ 60%(수직형 열교환기

기준)까지 차지하는 높은 초기비용은 경제성에 저해되는 요소이다. 또한 히트펌프의 기계적인 특징은 지중 열특성, 건물부하특성, 설계조건, 운전조건, 주변기기의 상태 등이 시스템 성능에 영향을 미치며 유기적으로 운전되어진다. 즉 시스템의 핵심 구성 요소 3가지: 1) 열원측 지중열교환기, 2) 히트펌프, 3) 건물측의 부하기기에 대한 상호 유기적이고 통합적인 설계와 평가가 이루어져야한다. 국내의 지열 열펌프 시장은 초기 단계로서 에너지관리공단의 일반 보급 사업을 위주로 시장이 형성되었으나, 공공기관 신재생에너지 적용의무화 규정에 따라 그 시장이 급속히 확장되고 있다. 하지만 에너지 효율 및 신뢰성 평가를 위한 지열 냉난방 시스템, 지열급탕 유닛뿐 아닌 통합 시스템에 대한 성능 평가 선진 외국 ISO 및 IMPVP 기준에 의한 신뢰성 제고용 표준화 조치가 매우 필요한 상황이다. 설치 시설 년 성능 평가 산출 방안과 관련해서 신재생에너지 설비 관련 시공 및 설치 확인 기준은 제정되어 있으나, 대체로 시스템 작동 여부 확인에 국한 되어 있어 전체 시스템 성능에 대한 년 성능 평가 방안 및 기준 사례에 대한 정보는 포함하지 않고 있는 현실이다. 따라서, 지경부 고시 2008-232호에서



[그림 3] 지중깊이별 지중온도 특성

<표 1> 신재생에너지설비 설치확인서 년 성능평가 항목(지식경제부고시 제2008 - 232호)

신·재생에너지설비 설치계획서																	
기관명	작성자	성명	전화번호 (이메일)														
기공의 형태	축가기공 () 지반저지 단체 () 정부 부가기공 () 연화번호 (이메일)	경부용 자기공재 () 정부용 연가공 () 가라형상 ()															
건물명	건축물 및 의주 설치 신·재생에너지설비의 개요																
건물 주소	건축물의 용도																
허가 예정년월일	년 월 일	작공 예정년월일	년 월 일	준공 예정년월일	년 월 일												
연면적	지상층 (m ²)	지하층 (m ²)	합계 (m ²)	층 수	지상 (층)												
신축건축물	연료 및 열사용량 (TOE), 전력 사용량 (TOE, kWh)																
연간에너지사용량	<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <th>연간 에너지 사용량 (TOE)</th> <th>연간 전력 사용량 (kWh)</th> </tr> <tr> <td>신·재생에너지 설비의 종류</td> <td>연간 에너지 사용량 (TOE)</td> </tr> <tr> <td>신·재생에너지 설비의 개요</td> <td>연간 전력 사용량 (kWh)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">총 계</td> </tr> </table>									연간 에너지 사용량 (TOE)	연간 전력 사용량 (kWh)	신·재생에너지 설비의 종류	연간 에너지 사용량 (TOE)	신·재생에너지 설비의 개요	연간 전력 사용량 (kWh)	총 계	
연간 에너지 사용량 (TOE)	연간 전력 사용량 (kWh)																
신·재생에너지 설비의 종류	연간 에너지 사용량 (TOE)																
신·재생에너지 설비의 개요	연간 전력 사용량 (kWh)																
총 계																	
설치 예정 위치	※ 설치 예정 위치를 평가하고 해당 도면 첨부																
적용 신·재생에너지의 비율	건축물사비(가)	「별표 9」에 따른 총 건축물사비 (%)															
	신·재생에너지 설비를 위한 부가비용(나)	(%)															
	건축물사비에 대한 신·재생에너지설비 부가비용(나:비0)	건축물사비의 (%)															
	연간에너지사용량에 대한 비율	연간 연료 및 열 사용량의 (%)															
	연간에너지사용량에 대한 비율	연간 전력 사용량의 (%)															
취와 같이 신축 건축물의 신·재생에너지설비 설치계획서를 제출합니다.	년	월	일														
(기관명) (대표)									(직인)								
신·재생에너지센터 소관 귀하																	
첨부서류 1. 사용 예정 신·재생에너지설비의 개요, 설비 용량, 연간에너지 생산량 계산 근거 1부. 2. 사용 예정 신·재생에너지설비 면적서 1부. 3. 신·재생에너지설비 설치 위치가 평가된 도면 및 신·재생에너지설비의 계통도 1부.																	

신·재생에너지설비 설치확인신청서																	
기관명	작성자	성명	전화번호 (이메일)														
확인 신청 건물명	건축물의 용도																
허가 년월일	년 월 일	작공 년월일	년 월 일	준공 예정년월일	년 월 일												
연면적	지상층 (m ²)	지하층 (m ²)	합계 (m ²)	층 수	지상 (층)												
신축건축물	연료 및 열사용량 (TOE), 전력 사용량 (TOE, kWh)																
연간에너지사용량	<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <th>연간 에너지 사용량 (TOE)</th> <th>연간 전력 사용량 (kWh)</th> </tr> <tr> <td>신·재생에너지 설비의 종류</td> <td>연간 에너지 사용량 (TOE)</td> </tr> <tr> <td>신·재생에너지 설비의 개요</td> <td>연간 전력 사용량 (kWh)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">총 계</td> </tr> </table>									연간 에너지 사용량 (TOE)	연간 전력 사용량 (kWh)	신·재생에너지 설비의 종류	연간 에너지 사용량 (TOE)	신·재생에너지 설비의 개요	연간 전력 사용량 (kWh)	총 계	
연간 에너지 사용량 (TOE)	연간 전력 사용량 (kWh)																
신·재생에너지 설비의 종류	연간 에너지 사용량 (TOE)																
신·재생에너지 설비의 개요	연간 전력 사용량 (kWh)																
총 계																	
설치 예정 위치	※ 설치 예정 위치를 평가하고 해당 도면 첨부																
적용 신·재생에너지의 비율	건축물사비(가)	「별표 9」에 따른 총 건축물사비 (%)															
	신·재생에너지 설비를 위한 부가비용(나)	(%)															
	건축물사비에 대한 신·재생에너지설비 부가비용(나:비0)	건축물사비의 (%)															
	연간에너지사용량에 대한 비율	연간 연료 및 열 사용량의 (%)															
	연간에너지사용량에 대한 비율	연간 전력 사용량의 (%)															
취와 같이 신·재생에너지설비 설치 확인을 신청합니다.	년	월	일														
(기관명) (대표)									(직인)								
신·재생에너지센터 소관 귀하																	
첨부서류 1. 설치할 신·재생에너지설비 개요 (용량, 연간에너지 생산량 계산 근거, 투입비용 상세) 1부. 2. 신·재생에너지설비 설치 위치가 평가된 도면 1부. 3. 신·재생에너지설비의 계통도 1부.																	

요구하는 설치 시설에 대한 년 성능 평가 수치를 기입하는 부분에 대한 국제 호환형 기준과 해설이 미흡한 사항이다(표 1).

본 원고에서는 이처럼 지열원 열펌프 시스템의 경제성 및 신뢰성을 확보를 위해서는 통합 시스템의 년 성능 평가를 위한 최근 ISO(International Standard Organization)와 IPMVP(International Performance Measurement Verification Protocol) 기반의 지열 히트 펌프 시스템에 대한 년 성능 평가 기술 최근 기술 동향과 관련된 기준 기술의 현황과 향후 해결되어야 할 주요 현안을 소개하고자 한다.

2. ISO 기반 지열 시스템 년 성능 평가 기술

지열 히트펌프의 에너지 소비 효율을 나타내는 주요 인자로 지금까지 냉방 시는 EER(COPc), 난방 시는 COP(COPh)를 사용하여 각 하나의 시험조건 (최대 운전 시)에서 에너지 효율(냉방/난방능력/소비전력)을 사용하여 왔으며, 이러한 인

자를 통해 우리나라를 비롯한 많은 국가에서는 에너지 소비효율 제도(에너지 표시 제도)를 운영하여 왔지만 최근 일본을 필두로 보다 고효율의 제품을 개발하기 위한 노력으로 인버터 및 용량 가변형 제품들이 시장에 출시하여 이제는 하나의 시험 조건에 따른 유니트의 그 성능 인자보다는 다수의 조건 즉 연간 조건을 포함하는 조건에서 유니트의 성능 지수가 필요하다. 즉 EER는 SERR(COPcs) 그리고 COP는 HSPF(COPhs)로 표시한 다수 조건 다점 유니트 성능 지수 표현 방식의 년 성능 평가 방안을 추진중이다. 즉, 기존의 ISO 표준은 에너지 효율(EER 및 COP)를 측정하는 방법이 기존의 한 점(최대 능력)에서 측정하는 기준을 계속 유지하고 있어, 최근 신기술 히트펌프의 부분부하를 측정하여 보다 현실적이며 효율적인 성능을 측정할 수 있는 방법을 제시하지 못하고 있었다. 이에, 2006년 9월 제주에서 개최된 ISO TC86 총회 및 SC6 총회에서 일본이 제안한 부분부하를 측정 할 수 있는 연간 성능 효율(APF, Annual Performance Factor)을 적용

하고자 하는 새로운 WG(Working Group)가 제시되었다. 그리고 익년 2007년 1월 미국 달라스 총회에서 본 과제가 승인되어, 현재 ISO TC86 SC6 WG (Dan Ellis 주도)에서 “Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and calculating methods for seasonal performance factor” 개발 작업이 진행 중에 있다. 현재 까지 총 8회의 WG 회의를 거쳐 Working Draft가 완성되었으며, 현재 APF를 정의한 16358-1, -2, -3 표준 제정(안)을 적용하고자하는 단계로 향후 2012년 초에는 다음의 표준이 완성될 예정이다. (참고문헌 11. 12. 13)

상기 표준에서는 아래와 같이 냉방계간성능인자와 난방계간성능인자 APF를 고려하여 연간성능인자를 구하는 방식을 택하고 있다.

- 냉방계간성능인자 (CSPF) (또는 SEER, COPcs 로 표현되어 국내외에서도 용어 정리 필요한 상황)

$$CSPF = \frac{\text{Cooling Seasonal Total Load (CSTL)}}{\text{Cooling Seasonal Energy Consumption (CSEC)}}$$

- 난방계간성능인자 (HSPF) (또는 COPhs 로 표

현되어 국내외에서도 용어 정리 필요한 상황)

$$HSPF = \frac{\text{Heating Seasonal Total Load (CSTL)}}{\text{Heating Seasonal Energy Consumption (HSEC)}}$$

- 연간성능인자 (APF, Annual Performance Factor)

$$APF = \frac{HSTL + CSTL}{HSEC + CSEC}$$

본 표준의 다점 기준 APF 방식과 기존의 일점 기준 COP의 방식의 차이는 표 2와 같다.

표 3은 현재 CD단계인 ISO 표준에서 제시된 냉방 시 시험 항목을 나타내 주고 있으며, 표 4는 난방 시 다수의 (다점의) 시험 항목을 나타내 주고 있다. 전체적으로 본 표준의 특징은 다음과 같다. 현 KS C 9306에서 사용하는 냉방·난방 기간에너지 소비효율 방식과 기본적으로 같은 방식이다. 제품의 종류를 현 KS에서는 3가지(고정용량형, 2단가변형, 가변용량형)으로 구분하고 있는 반면, 신규 ISO에서는 4가지(고정용량형, 2단가변형, 다단가변형, 가변용량형) 형태로 구분하고 있으며 저온시험과 표준시험을 불확실도에 따

<표 2> 일점 COP 및 다점 APF 산출방법

	Cooling/Heating Average COP	Annual Performance Factor (APF)
Calculation Method	Cooling/heating average COP = (cooling rated COP + heating rated COP)/2 where a rated COP refers to a value obtained by dividing capacity (W) at a rated point by then power consumption (W). (Evaluation in both cooling and heating conditions)	A proportion of summation (Wh) of heat quantity to be subtracted from and added to indoor air throughout cooling and heating periods to total electric energy to be consumed during the same periods.
Measurement Points	Two points Cooling rated Heating rated	Five points Cooling rated Cooling intermediate Heating rated Heating intermediate Heating low temperature
Features	<ul style="list-style-type: none"> • Measurements points are only a few, i.e., 2 points and the measurement is simple to conduct. • They are efficiencies of fixed points and hardly representing actual use at all. 	<ul style="list-style-type: none"> • Measurements points are many, i.e., 5 points and thus measurement takes time. • Since the method calculates efficiency considering intermediate performance that frequently occurs in actual use, it is possible to calculate efficiency closer to reality.

<표 3> 냉방 시 시험 항목

ISO/CD 16358-1

Table 1 — Temperature and humidity conditions and default values - for cooling at T1 moderate climate condition of ISO 5151, 13253 and 15042

■ indicates required test. ○ indicates optional test.

Test	Characteristics	Fixed	2-stage	Multi-stage	Variable	Default value	
Standard cooling capacity Indoor DB 27°C WB 19°C Outdoor DB 35°C WB 24°C	Full capacity $\Phi_{full}(35)$ (W)	■	■	■	■		
	Full power input $P_{full}(35)$ (W)	■	■	■	■		
	Half capacity $\Phi_{half}(35)$ (W)	-	-	○	■	$\Phi_{half}(29)/1.077$	
	Half power input $P_{half}(35)$ (W)	-	-	○	■	$P_{half}(29)/0.914$	
	Minimum capacity $\Phi_{min}(35)$ (W)	-	○	○	○	$\Phi_{min}(29)/1.077$	
	Minimum power input $P_{min}(35)$ (W)	-	○	*2	*2	$P_{min}(29)/0.914$	
Low temperature cooling capacity Indoor DB 27°C WB 19°C Outdoor DB 29°C WB 19°C	Full capacity $\Phi_{full}(29)$ (W)	■	■	■	-		
	Full power input $P_{full}(29)$ (W)	■	■	■	-		
	Half capacity $\Phi_{half}(29)$ (W)	-	-	■	○	$1.077 \times \Phi_{half}(35)$	
	Half power input $P_{half}(29)$ (W)	-	-	■	○	$0.914 \times P_{half}(35)$	
	Minimum capacity $\Phi_{min}(29)$ (W)	-	■	○	○		
	Minimum power input $P_{min}(29)$ (W)	-	■	*1	*1		
Low humidity and cyclic cooling Indoor DB 27°C WB 16°C or lower Outdoor DB 29°C	Degradation coefficient C_o	Full capacity	○	-	-	-	0.25
		Half capacity	-	-	○	-	0.25
		Minimum capacity	-	○	○	-	0.25

NOTE 1 *1 test may be conducted only when meeting requirements of uncertainty of measurement.

*2 test may be conducted or calculated by using default value, if min(29) is measured.

*2 test shall not be conducted, if min(29) is not measured.

Minimum capacity measurement needs special attention to uncertainty of measurement.

NOTE 2 Voltage(s) and frequency(ies) shall be as given in the three referenced standards.

라 옵션으로 하여 시험에 부하를 줄일 수 있다.

공기 대 공기 지열 히트펌프의 성능 인자를 도출하기 위해 국내 한 제조사의 9,000 W(3HP급)을 기존 ISO 5151 기준의 최대부하 성능과 현재 개발 중인 ISO 부분부하 성능을 사용하여 분석하였으며 부분 부하 시 온도 발생시간은 KS C 9306-2010 부속서 5에서 제시하는 국내 조건을 사용하여 계산하였다(표 5, 6).

본 원고에 사용한 최신 모델은 모두 용량 가변형으로 3점식 방법을 사용하여 부분부하 성능을 계산하였다. 최대부하시 성능은 1회 시험으로 결과를 얻었고, 부분부하 시험은 냉방 시 총 3회의

시험으로 부분부하 성능을 얻었다. 그리고, 본 제품을 용량 가변형이 아닌, 고정 용량형으로 가정하여 계산하여 부분부하 효율 계산시 그 차이를 분석하였다. ISO 냉방효율 (EER) : 최대 부하 1점 조건에서 EER (COPc) 는 3.326이다(표 7). 부분부하 냉방효율 (CSPF) : CSPF = 5.047 (3점 조건) 이다(표 8). 고정용량으로 가정 시 부분부하 냉방효율 (CSPF) CSPF = 3.484 이었다(표 9).

결론적으로 정격운전(최대부하)시 냉방효율이 3.326에서 부분부하 냉방효율은 5.047를 얻었다. 만약 본 제품을 용량 가변형이 아닌 고정 용

<표 4> 난방 시 시험 항목

ISO/CD 16358-2

Table 1 — Temperature and humidity conditions and default values - for heating

■ indicates required test. ○ indicates optional test. □ test is required when there is not an extended mode.

Test	Characteristics	Fixed	2-stage	Multi-stage	Variable	Default value	
Standard heating capacity Indoor DB 20°C WB 15°C Max. Outdoor DB 7°C WB 6°C	Full capacity $\phi_{full}(7)$ (W)	■	■	■	■		
	Full power input $P_{full}(7)$ (W)						
	Half capacity $\phi_{half}(7)$ (W)	—	—	■	■		
	Half power input $P_{half}(7)$ (W)						
	Minimum capacity $\phi_{min}(7)$ (W)	—	■	○*1	○*1		
	Minimum power input $P_{min}(7)$ (W)						
Low temperature heating capacity Indoor DB 20°C WB 15°C Max. Outdoor DB 2°C WB 1°C	Extended capacity $\phi_{ext}(2)$ (W)	—	—	■*2	■*2		
	Extended power input $P_{ext}(2)$ (W)						
	Calculated extended capacity $\phi_{ext}(2)$ (W)	—	—	*3	*3	1.12 $\phi_{ext}(2)$	
	Calculated extended power input $P_{ext}(2)$ (W)					1.06 $P_{ext}(2)$	
	Full capacity $\phi_{full}(2)$ (W)	■*4	■*4	□*2*4	□*2*4	$\phi_{full}(2)/1.12$ *5	
	Full power input $P_{full}(2)$ (W)					$P_{full}(2)/1.06$ *5	
	Half capacity $\phi_{half}(2)$ (W)	—	—	○*4	○*4	$\phi_{half}(2)/1.12$ *5	
	Half power input $P_{half}(2)$ (W)					$P_{half}(2)/1.06$ *5	
	Minimum capacity $\phi_{min}(2)$ (W)	—	○*4	—	—	$\phi_{min}(2)/1.12$ *5	
	Minimum power input $P_{min}(2)$ (W)					$P_{min}(2)/1.06$ *5	
Extra-low temperature heating capacity Indoor DB 20°C WB 15°C Max. Outdoor DB -7°C WB -8°C	Extended capacity $\phi_{ext}(-7)$ (W)	—	—	○	○	0.734 $\phi_{ext}(2)$	
	Extended power input $P_{ext}(-7)$ (W)					0.877 $P_{ext}(2)$	
	Full capacity $\phi_{full}(-7)$ (W)	○	○	○	○	0.64 $\phi_{full}(7)$	
	Full power input $P_{full}(-7)$ (W)					0.82 $P_{full}(7)$	
	Half capacity $\phi_{half}(-7)$ (W)	—	—	○	○	0.64 $\phi_{half}(7)$	
	Half power input $P_{half}(-7)$ (W)					0.82 $P_{half}(7)$	
	Minimum capacity $\phi_{min}(-7)$ (W)	—	—	—	—	0.64 $\phi_{min}(7)$	
	Minimum power input $P_{min}(-7)$ (W)					0.82 $P_{min}(7)$	
Cyclic heating Indoor DB 20°C WB 15°C Max. Outdoor DB 7°C WB 6°C	Degradation coefficient C_D	Full capacity	○	—	—	0.25	
		Half capacity	—	—	○	—	0.25
		Minimum capacity	—	○	○	—	0.25

- NOTE 1 *1 test may be conducted only when meeting requirements of uncertainty of measurement.
 *2 When the equipment has an extended mode, low temperature extended capacity measurement is mandatory, and low temperature full capacity measurement is optional. When the equipment has not an extended mode, low temperature full capacity measurement is mandatory.
 *3 This value shall be calculated.
 *4 When this value is measured, $\phi(2)$ and/or $P(2)$ shall not be calculated from this value, but the equations in *5 shall be used instead.
 *5 The following two equations apply to the full capacity, half capacity and minimum capacity data when $\phi_r(2)$ and $P_r(2)$ are calculated.

$$\phi(2) = \phi_{r(2)} + \frac{\phi_{r(1)} - \phi_{r(-7)}}{7 - (-7)} \times (2 - (-7)) \quad P(2) = P_{r(2)} + \frac{P_{r(1)} - P_{r(-7)}}{7 - (-7)} \times (2 - (-7))$$

NOTE 2 Voltage(s) and frequency(ies) shall be as given in the three referenced standards.

<표 5> KS C 9306-2010 부속서 5 냉방 기간 중 냉방을 필요로 하는 각 온도의 발생

기 존			신 규		
온도구분(°)	온도(°C)	시간(h)	온도구분(°)	온도(°C)	시간(h)
1	24	85	1	24	152
2	25	94	2	25	146
3	26	105	3	26	140
4	27	101	4	27	130
5	28	82	5	28	112
6	29	65	6	29	89
7	30	59	7	30	69
8	31	50	8	31	47
9	32	35	9	32	29
10	33	24	10	33	14
11	34	14	11	34	6
12	35	9	12	35	4
13	36	4	13	36	2
14	37	3	14	37	1
15	38	2	15	38	0
계		732			941

량형을 계산하면 3.484의 값을 얻는다. 같은 방식으로 난방 성능 인자는 ISO 난방효율 (COP) : 최대 부하 1점 조건으로는 3.283이다 (표 10). 부분부하 난방효율 (HSPF) : HSPF = 3.228 (3점 조건) 이다 (표 11). 고정용량으로 가정 시 부분부하 냉방효율 (HSPF) : HSPF = 2.003 이다.

정격운전(최대부하)시 난방효율이 3.283에서 부분부하 난방효율은 3.228를 얻었다. 만약 본 제품을 용량 가변형이 아닌 고정 용량형을 계산 하면 2.003의 값을 얻는다.

그림 4은 각각 냉방시 그리고 난방시 고려 제품의 년 성능 인자를 예를 들어서 비교한 그림이다. 냉방시 조건에서 ISO 최대 부하 효율보다 부분부하를 이용한 효율이 50%이상 상승하는데, 이는 본 제품들이 용량 가변형, 즉 인버터 제어 제품으로, 최소, 중간 운전 시 효율을 극대화 하여 전체적인 효율이 좋게 나타내고 있다. 본 제품들을 고

정 용량 형으로 가정하여 연간효율을 계산하면, 최대부하와 비슷한 효율을 나타낸다. 난방 시 조건에서 ISO 최대 부하 시 효율과 부분부하를 이용한 효율은 큰 차이를 보이지 않는데, 이는 아직 국내 제품이 난방시 부분 부하의 성능 개선이 이루어 지지 않은 것으로 사료된다. 이 부분에 대해서도 해결되어야 할 현안을 그림 5에 정리를 해 본다.

위의 공기 대 공기 방식의 3점 시험 조건에 성능 인자 기반으로 년 성능 인자 도출이 가능하듯이, ISO TC86/WG에 최근 자료에 의하면, ISO 13256-1,2 기준과 표준 기상 파일과 bin 자료에 근거하여 물 대 물 지열 히트펌프 시스템의 년 성능 평가 인자 도출도 가능하고 주요 결과는 아래와 같다. 즉, 그 지역의 Weather Data를 사용해 Bin Load Data를 활용한 SEER 과 HSPF 계산 방식에 근거한 물 대 물 방식 지열 히트펌프 시스템 년 성능 평가 결과 사례가 표 12에 요약

<표 6> KS C 9306-2010 부속서 5 난방 기간 중 난방을 필요로 하는 각 온도의 발생 시간

기존			신규		
온도 구분(i)	온도(?)	시간(h)	온도 구분(j)	온도(?)	시간(h)
1	-15	1	1	-15	2
2	-14	2	2	-14	3
3	-13	3	3	-13	5
4	-12	5	4	-12	6
5	-11	8	5	-11	6
6	-10	11	6	-10	9
7	-9	13	7	-9	14
8	-8	22	8	-8	21
9	-7	25	9	-7	30
10	-6	38	10	-6	43
11	-5	54	11	-5	59
12	-4	73	12	-4	77
13	-3	94	13	-3	89
14	-2	110	14	-2	114
15	-1	152	15	-1	136
16	0	228	16	0	317
17	1	219	17	1	182
18	2	232	18	2	187
19	3	229	19	3	191
20	4	220	20	4	192
21	5	218	21	5	184
22	6	210	22	6	173
23	7	196	23	7	140
24	8	185	24	8	138
25	9	163	25	9	124
26	10	152	26	10	106
27	11	138	27	11	88
28	12	130	28	12	74
29	13	118	29	13	58
30	14	98	30	14	45
31	15	85	31	15	36
	계	3 432			2849

<표 7> ISO 냉방효율(FER)

실외측 DBT/WBT	정격운전		
	능력 (W)	소비전력 (W)	EER
35/24	8,903	2,677	3.326

특집

지열원 히트펌프의 성능인증

<표 8> 부분부하 냉방효율 (CSPF)

용량가변형 CSPF (3점식)

출력	CSPF	5.047
	냉방기간소비전력량(kWh)	689.50
	냉방월간소비전력량(kWh/월)	172.37
	CD	0.2500
	냉방기간 총 냉방량 합계	3480.17

입력	온도 조건			최소운전			중간운전			정격운전		
	실내측 DBT/WB	실외측 DBT/W	냉방능력 W	소비전력 W	COP	냉방능력 W	소비전력 W	COP	냉방능력 W	소비전력 W	COP	
냉방표준능력	27/19.0	35/24	4233	940	4.503	7440	1882	3.953	8903	2677	3.326	
냉방저온능력	27/19.0	29/19.0	4559	812	5.613	8013	1626	4.928	9589	2313	4.146	

온도 C	냉방능력 W	소비전력 W
Ta	28.12	4606.8
Tb	33.13	9116.7
Tc	31.62	7762.3

KS 정격냉방부하(W) : 9000 시험회수 : 3

온도 구분 J	도시 온도 C	간 H	간 냉방부하 W	최소운전			중간운전			정격운전			운전 조건 1,2,3,4	가동율 X	PLF	냉방능력 W	소비전력 W	냉방량 kWh	냉방기간 소비전력량 kWh	COP
				냉방능력 W	소비전력 W	COP	냉방능력 W	소비전력 W	COP	냉방능력 W	소비전력 W	COP								
1	24	152	900.0	4830.6	705.6	8490.3	1412.8	10159.8	2009.5	1	0.186	0.797	4830.6	705.6	136.80	25.09	5.4532			
2	25	146	1800.0	4776.2	726.9	8394.8	1455.4	10045.6	2070.2	1	0.377	0.844	4776.2	726.9	262.80	47.38	5.5468			
3	26	140	2700.0	4721.8	748.2	8299.3	1498.1	9931.3	2130.9	1	0.572	0.893	4721.9	748.2	378.00	67.08	5.6351			
4	27	130	3600.0	4667.6	769.5	8203.8	1540.7	9817.0	2191.6	1	0.771	0.943	4667.6	769.5	468.00	81.84	5.7185			
5	28	112	4500.0	4613.3	790.9	8108.4	1583.4	9702.8	2252.2	1	0.975	0.994	4613.3	790.9	504.00	86.93	5.7975			
6	29	89	5400.0	4559.9	812.2	8012.9	1626.0	9588.5	2312.9	2	1.000	1.000	5400.0	1030.8	480.60	91.74	5.2355			
7	30	69	6300.0	4504.6	833.5	7917.4	1668.7	9474.3	2373.6	2	1.000	1.000	6300.0	1300.3	434.70	89.72	4.8452			
8	31	47	7200.0	4450.3	854.8	7821.9	1711.4	9360.0	2434.3	2	1.000	1.000	7200.0	1569.7	338.40	73.78	4.5869			
9	32	29	8100.0	4396.0	876.1	7726.4	1754.0	9245.8	2495.0	3	1.000	1.000	8100.0	1943.9	234.90	56.37	4.1670			
10	33	14	9000.0	4341.6	897.4	7631.0	1796.7	9131.5	2555.6	3	1.000	1.000	9000.0	2492.4	126.00	34.89	3.6110			
11	34	6	9900.0	4287.3	918.7	7535.5	1839.3	9017.3	2616.3	4	1.000	1.000	9017.3	2616.3	54.10	15.70	3.4465			
12	35	4	10800.0	4233.0	940.0	7440.0	1882.0	8903.0	2677.0	4	1.000	1.000	8903.0	2677.0	35.61	10.71	3.3257			
13	36	2	11700.0	4178.7	961.3	7344.5	1924.7	8788.7	2737.7	4	1.000	1.000	8788.7	2737.7	17.58	5.48	3.2103			
14	37	1	12600.0	4124.4	982.6	7249.0	1967.3	8674.5	2798.4	4	1.000	1.000	8674.5	2798.4	8.67	2.80	3.0999			
15	38	0	13500.0	4070.0	1003.9	7153.6	2010.0	8560.2	2859.0	4	1.000	1.000	8560.2	2859.0	0.00	0.00	#DIV/0!			
계			941												3480.17		689.50	5.047		

<표 9> 고정용량으로 가정 시 부분부하 냉방효율 (CSPF)

고정용량형 CSPF

출력	CSPF	3.484
	냉방기간소비전력량(kWh)	998.85
	냉방월간소비전력량(kWh/월)	249.71
	CD	0.2500
	냉방기간 총 냉방능력 합계 (kW)	3480.1675

입력	온도 조건			정격운전		
	실내측 DBT/WB	실외측 DBT/WB	냉방능력 W	소비전력 W	COP	
냉방표준능력	27/19.0	35/24.0	8903	2677	3.326	
냉방저온능력	27/19.0	29/19	9589	2447	3.919	

시험회수 : 1

KS 정격냉방능력(W) : 9000

온도 구분 J	도시 온도 C	간 H	간 냉방부하 W	정격운전			가동율 X	PLF	냉방능력 W	소비전력 W	냉방량 kWh	냉방기간 소비전력량 kWh	COP
				냉방능력 W	소비전력 W	COP							
1	24	152	900.0	10159.8	2254.9	0.089	0.772	10159.8	2254.9	136.80	39.32	3.4790	
2	25	146	1800.0	10045.6	2293.3	0.179	0.795	10045.6	2293.3	262.80	75.48	3.4815	
3	26	140	2700.0	9931.3	2331.7	0.272	0.818	9931.3	2331.7	378.00	108.50	3.4840	
4	27	130	3600.0	9817.0	2370.0	0.367	0.842	9817.0	2370.0	468.00	134.24	3.4864	
5	28	112	4500.0	9702.8	2408.4	0.464	0.866	9702.8	2408.4	504.00	144.47	3.4886	
6	29	89	5400.0	9588.5	2446.8	0.563	0.891	9588.5	2446.8	480.60	137.67	3.4909	
7	30	69	6300.0	9474.3	2485.1	0.665	0.916	9474.3	2485.1	434.70	124.45	3.4930	
8	31	47	7200.0	9360.0	2523.5	0.769	0.942	9360.0	2523.5	338.40	96.82	3.4951	
9	32	29	8100.0	9245.8	2561.9	0.876	0.969	9245.8	2561.9	234.90	67.17	3.4972	
10	33	14	9000.0	9131.5	2600.3	0.986	0.996	9131.5	2600.3	126.00	36.01	3.4991	
11	34	6	9900.0	9017.3	2638.6	1.000	1.000	9017.3	2638.6	54.10	15.83	3.4174	
12	35	4	10800.0	8903.0	2677.0	1.000	1.000	8903.0	2677.0	35.61	10.71	3.3257	
13	36	2	11700.0	8788.7	2715.4	1.000	1.000	8788.7	2715.4	17.58	5.43	3.2367	
14	37	1	12600.0	8674.5	2753.7	1.000	1.000	8674.5	2753.7	8.67	2.75	3.1501	
15	38	0	13500.0	8560.2	2792.1	1.000	1.000	8560.2	2792.1	0.00	0.00	###	
계			941								3480.17	998.85	3.4842

<표 10> ISO 난방효율 (COP)

실외측 DBT/WBT	장격온전		
	능력 (W)	소비전력 (W)	COP
20/15	10,863	3,309	3.283

<표 11> 부분부하 난방효율 (HSPF)

올림가변형 HSPF 계산(3점식)

시험회수 6

속력	HSPF
난방기간소비전력(kWh)	5483.48
난방기간소비전열량(kWh/월)	1096.70
CD	0.2500
난방기간 총 난방량 합계	552.46

올림가변형-HSPF-3점

위력	최소온전			중간온전			장격온전			최대온전		
	실내측 DBT/WBT	실외측 DBT/WBT	COP	능력	소비전력	COP	능력	소비전력	COP	능력	소비전력	COP
난방표준능력	20/15	7/6	2613	501	5.216	8757	1576	4.267	10863	3309	3.283	
난방저온능력	20/15	-7.0/-8.0	1570	401	3.913	4061	1262	3.217	6529	2651	2.463	10572
												4741
												2.230

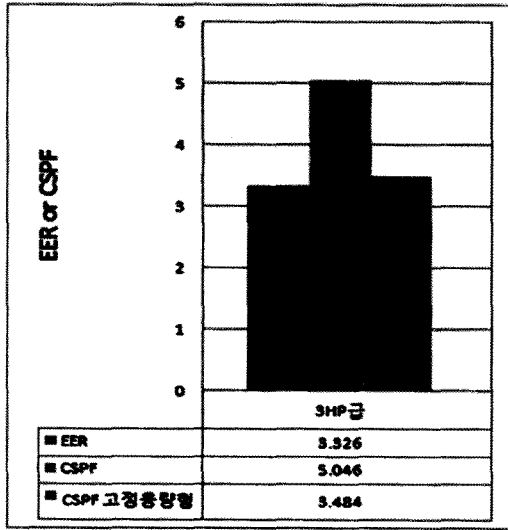
최대온전			
능력	소비전력	COP	
W	W		
9042	3664	2.468	
11085	4449	2.492	

온도	능력	소비전력
℃	W	W
Ta	-2.38	8241.2
Tb	-0.57	7429.3
Tc	9.76	2798.6
Td	11.29	2110.8
Te	2.63	5996.7
Tf	4.84	5003.1
Tg	-7.13	10371.9

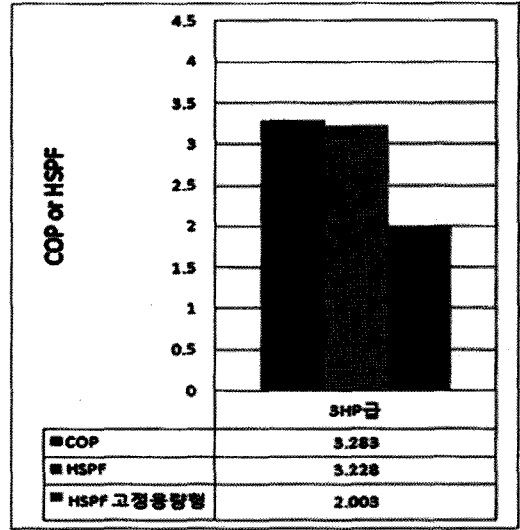
KS정격난방부하(W)	9000	별조 회차	이	부전율(%)	0.5
난방 건물부하 -4C	8970				

시정조건	최소온전			중간온전			장격온전			최대온전		
	실내 DBT/WBT	실외 DBT/WBT	COP	능력	소비전력	COP	능력	소비전력	COP	능력	소비전력	COP
표준시험	20/15	7/6	2613.0	501.0	5.216	6757.0	1576.0	4.267	10863.0	3309.0	3.283	
제상시험	제상 비정상	20/15	2/1	2276.7	468.8	4.856	5887.3	1474.8	3.992	9464.8	3096.6	3.057
저온시험		20/15	B.5/-9.5	1570.4	401.3	3.913	4060.96	1262.38	3.217	6528.7	2650.5	2.463

운행조건	도시	간	난방부하	최소온전		중간온전		장격온전		최대온전		중간 조건	가동률 %	PLF	난방능력	소비전력	난방기간	난방소비전열량	시험중지	총 난방 소비전열량	COP
				W	W	W	W	W	W	W	W										
1	-15	1	13903.0	1133.2	2930.4	4711.0	11919.1	2	1.000	1.000	11519.1	5407.7	13.90					5.41	2.384	7.79	1.784
2	-14	2	13454.5	1200.5	3104.3	4990.7	11373.4	2	1.000	1.000	11373.4	5305.1	26.91				10.61	4.162	14.77	1.822	
3	-13	3	13006.0	1267.7	3278.2	5270.3	11227.7	2	1.000	1.000	11227.7	5202.6	39.02				15.81	5.335	20.94	1.863	
4	-12	5	12557.5	1335.0	3452.2	5549.9	11082.0	2	1.000	1.000	11082.0	5100.0	62.79				25.50	7.378	32.88	1.910	
5	-11	8	12109.1	1402.3	3626.1	5829.6	10936.3	2	1.000	1.000	10936.3	4997.4	96.87				39.98	9.382	49.36	1.963	
6	-10	11	11660.6	1469.5	3800.0	6109.2	10790.6	2	1.000	1.000	10790.6	4894.9	128.27				53.84	9.570	63.41	2.023	
7	-9	13	11212.1	1538.8	3974.0	6388.8	10644.9	2	1.000	1.000	10644.9	4792.3	145.76				62.30	7.374	69.67	2.092	
8	-8	22	10763.6	1584.1	4096.3	6585.4	10499.1	5	1.000	1.000	10499.1	4689.7	236.80				103.17	5.818	108.99	2.173	
9	-7	25	10315.1	1611.4	4166.9	6698.9	10353.4	4	1.000	1.000	10315.1	4581.1	257.88				114.03	0.000	114.03	2.262	
10	-6	38	9866.6	1638.7	4237.5	6812.4	10207.7	4	1.000	1.000	9866.6	4252.4	374.93				161.59	0.000	161.59	2.320	
11	-5	54	9418.2	1668.0	4308.1	6925.9	10062.0	4	1.000	1.000	9418.2	3943.7	508.58				212.96	0.000	212.96	2.388	
12	-4	73	8969.7	1693.3	4378.7	7039.4	9916.3	4	1.000	1.000	8969.7	3635.0	654.79				265.35	0.000	265.35	2.468	
13	-3	94	8521.2	1720.6	4449.3	7152.9	9770.6	4	1.000	1.000	8521.2	3326.3	800.99				312.87	0.000	312.87	2.562	
14	-2	110	8072.7	1747.9	4519.9	7266.4	9624.9	4	1.000	1.000	8072.7	3017.6	888.00				331.94	0.000	331.94	2.675	
15	-1	152	7624.2	1775.2	4590.5	7379.9	9479.1	4	1.000	1.000	7624.2	2708.9	1158.88				411.75	0.000	411.75	2.815	
16	0	228	7175.7	1802.5	4661.1	7493.4	9333.4	3	1.000	1.000	7175.7	2431.2	1636.07				554.32	0.000	554.32	2.951	
17	1	219	6727.3	1829.8	4731.7	7606.9	9187.7	3	1.000	1.000	6727.3	2177.4	1473.27				676.86	0.000	676.86	3.090	
18	2	232	6278.8	1857.1	4802.3	7720.4	9042.0	3	1.000	1.000	6278.8	1923.6	1456.67				446.28	0.000	446.28	3.264	
19	3	229	5830.3	1884.4	4872.9	7833.9	8896.3	3	1.000	1.000	5830.3	1669.8	1335.14				382.39	0.000	382.39	3.492	
20	4	220	5381.8	1911.7	4943.5	7947.4	8750.6	3	1.000	1.000	5381.8	1416.0	1184.00				311.52	0.000	311.52	3.801	
21	5	218	4933.3	1939.0	5014.1	8060.9	8604.9	2	1.000	1.000	4933.3	1181.7	1075.48				257.60	0.000	257.60	4.175	
22	6	210	4484.8	2545.7	6583.1	10583.4	8459.1	2	1.000	1.000	4484.8	1029.6	941.82				216.21	0.000	216.21	4.356	
23	7	196	4036.4	2613.0	6757.0	10863.0	8313.4	2	1.000	1.000	4036.4	893.7	791.12				175.16	0.000	175.16	4.516	
24	8	185	3587.9	2680.3	6930.9	11142.6	8167.7	2	1.000	1.000	3587.9	757.8	663.76				140.20	0.000	140.20	4.734	
25	9	163	3139.4	2747.5	7104.9	11422.3	8022.0	2	1.000	1.000	3139.4	622.0	511.72				101.38	0.000	101.38	5.047	
26	10	152	2690.9	2814.8	7278.8	11701.9	7876.3	1	0.956	0.989	2814.8	520.3	409.02				76.45	0.000	76.45	5.350	
27	11	138	2242.4	2882.1	7452.8	11981.5	7730.6	1	0.778	0.945	2882.1	526.7	309.45				59.88	0.000	59.88	5.168	
28	12	130	1793.9	2949.3	7626.7	12261.2	7584.9	1	0.608	0.902	2949.3	533.2	233.21				46.74	0.000	46.74	4.990	
29	13	118	1345.5	3016.6	7800.6	12540.8	7439.1	1	0.448	0.862	3016.6	539.6	158.76				32.96	0.000	32.96	4.816	
30	14	98	897.0	3083.8	7974.6	12820.4	7293.4	1	0.291	0.823	3083.8	546.0	87.90				18.92	0.000	18.92	4.647	
31	15	85	448.5	3151.1	8148.5	13100.1	7147.7	1	0.142	0.786	3151.1	552.5	38.12				8.51	0.000	8.51	4.481	
계			3432														17606.85	2126.71	51.403	5483.48	3.228



<냉방>



<난방>

[그림 4] 냉·난방 1점 및 3점 (년성능평가용) ISO 성능 인자 비교

되어 있다.

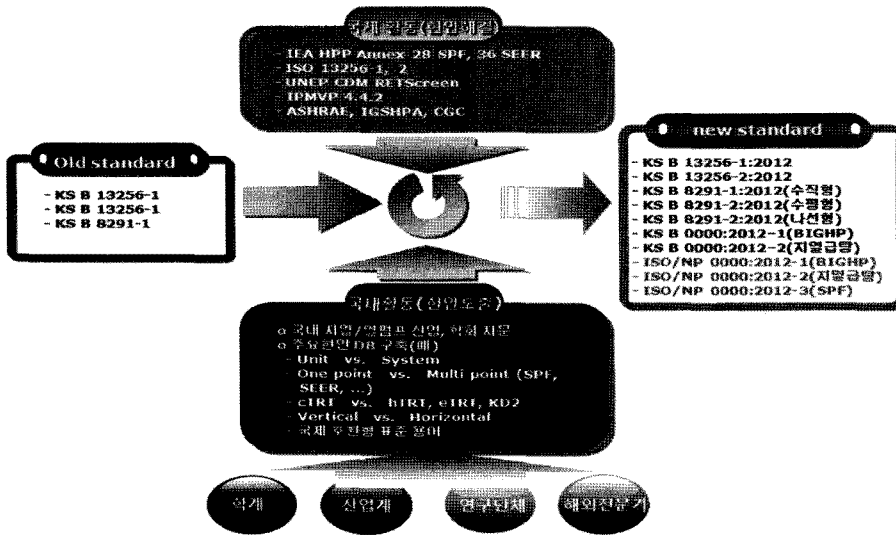
지열 히트 펌프 시스템관련 기준 현황과 관련된 주요 현안과 해결 전략 방안이 그림 5에 정리되어 있다. 국내에서의 히트펌프제품의 년 성능 효율관리를 시작한 것이 최근 2009년 이후여서 신규 제품의 개발이 아직 늦은 것으로 보인다. 하지만, 본 제품들을 고정 용량 형으로 가정하여 연간효율을 계산하면, 최대부하보다 더 작은 효율을 나타낸다. 이러한 주요 현안에 대해서 부분 향후 관계자들의 국제 호환형 사업 발전 전력 중심으로 해결되어야 할 주요 현안중의 하나이다(그림 5).

결론적으로, 이러한 ISO 기반의 년 성능 평가 인자 즉, COPcs 및 COPhs 를 활용하여, CDM 사업이나 국가간 에너지 절약 및 신재생에너지

사업 평가 도구를 전세계적으로 UNEP, GEF 및 NASA 등에서 부터 공인되고 활용하는 RET Screen Tool 의 주요 입력자료 COPc 및 COPh 로 대체되어 사용하게 되면 세계 어느 지역에서 시설의 냉난방을 위한 시스템의 년 성능 평가 수행이 가능하다(그림 6). 이러한 년 성능 인자를 활용한 년 성능 평가 결과를 국제 호환성 있게 현안이 되고있는 국내 지경부 고시에서 요구하는 년 성능 평가 결과로 적절히 활용할 수 있는 적절한 근거가 된다. 실제로, 최근 에너지 선진국에서는 국가간 에너지 사업 결과의 객관성 확보를 위해서 국가간 에너지 사업 성능 평가 표준 규약 즉 IPMVP를 기반으로 에너지 사업의 결과의 객관성을 인정하고 있다.

<표 12> 물 대 물 방식 지열 히트펌프 시스템 년 성능 평가 사례

Heat Pump	Stage Type	Mode	EER or COP	SEER or HSPF
20 EER GLHP	Single-Stage Ground Loop	Cooling	20.2	19.9
		Heating	4.2	14.2



[그림 5] 국제 호환형 지열 시스템 기술 표준 현안 해결 전략

Project Information		Estimate	Minimum Range
Project name		Example	See Online Manual
Project location		Winnipeg, Canada	
Available land area	m ²	2,000	
Soil type		Light rock	
Design heating load	kW	30.3	→ Complete Heat/Cooling
Design cooling load	kW	87.5	
System Characteristics		Estimate	Minimum Range
Base Case HVAC System			
Building has air-conditioning?	yes/no	Yes	
Heating fuel type		Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	85%	90% to 95%
Air-conditioner seasonal COP	-	2.0	2.0 to 5.0
Ground Heat Exchanger System			
System type		Vertical closed loop	
Design orifice		3/8"	
Typical land area required	m ²	233	
Ground heat exchanger layout		Standard	
Total borehole length	m	656.9	
Heat Pump System			
Average heat pump efficiency		High	
Standard cooling COP	-	5.00	
Standard heating COP	-	4.00	
Total standard heating capacity	kW	38.4	
	ton (cooling)	10.9	
Total standard cooling capacity	kW	95.6	
	ton (cooling)	27.6	
Supplemental Heating and Heat Rejection System			
Suggested supplemental heating capacity	kW	0.0	
	ton (cooling)	0	
Suggested supplemental heat rejection	kW	0.0	
	ton (cooling)	0	
Annual Energy Production		Estimate	Minimum Range
Heating			
Electricity used	MWh	22.0	
Supplemental energy delivered	MWh	0.0	
GSHP heating energy delivered	MWh	68.7	
	million Btu	237.9	
Seasonal heating COP	-	3.2	2.0 to 5.0
Cooling			
Electricity used	MWh	15.2	
GSHP cooling energy delivered	MWh	78.7	
	million Btu	241.3	
Seasonal cooling COP	-	5.1	2.0 to 5.5
Seasonal cooling EER	(Btu/h)/W	12.3	7.0 to 13.0

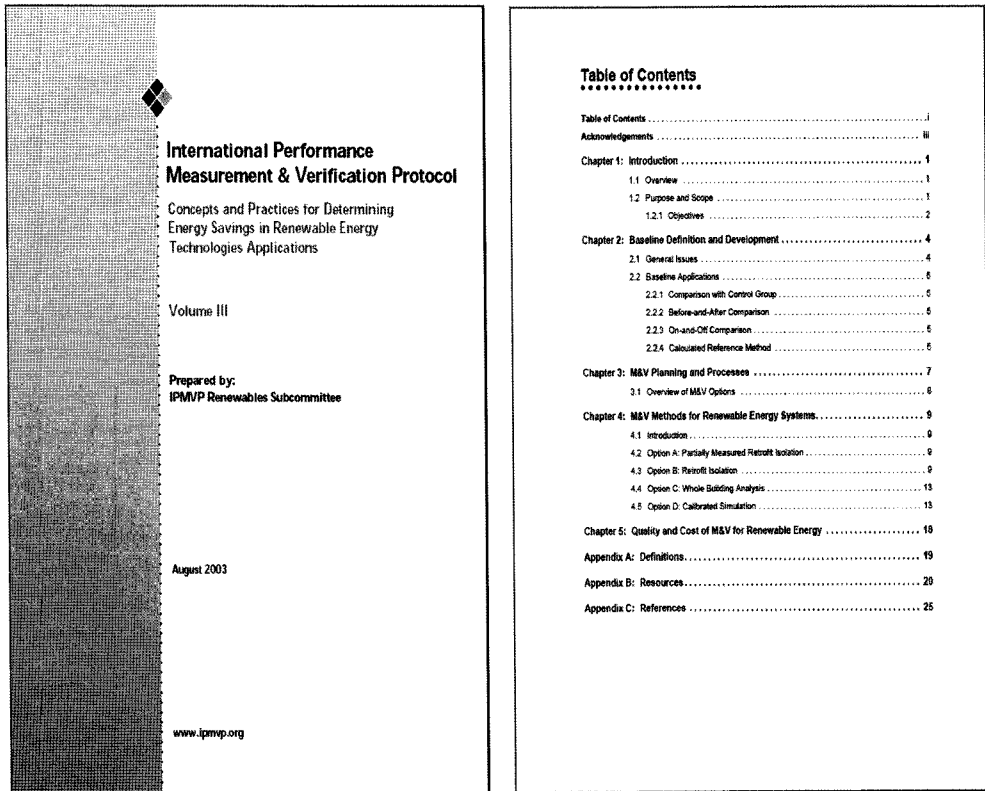
[그림 6] 국제호환형 지열시스템 성능 평가 기술 [RETScreen]

3. IPMVP 기반 지열 건축 통합 시스템 년 성능 평가 기술

국가간 에너지 사업 결과의 국제 표준 성능 평가 규약 부재의 문제점을 해소하기 위한 방안으로 관련 국제 에너지 기구에서는 그 사업 효과를 객관적으로 정량화하기 위한 국제적 설치 성능확인 기준 IPMVP(International Performance Measurement & Verification Protocol)의 표지는 아래와 같다(그림 7).

특히, 국제 표준 IPMVP4.4.2 (버전에 따라 장절이 다소 다를 수 있음)을 특히 사업의 결과를 평가하는 다양한 옵션을 설명하고 있다. 중요한 것은 사업자간에 사전에 사업의 결과를 보다 간단한 방안으로 확인할 것인지 아니면 사업 규모가 크니 보다 복잡한 전산 모사 방법과 같은 현지

기후 건물 및 설비의 년 특성을 고려하여 보다 상세히 확인할 것인지 사전 약속한 옵션대로 그 결과를 확인한다는 규약이다. 예를 들어서, 옵션 A는 규정된 일부분의 측정으로 에너지 절감량을 검증하기 위한 규약으로 성능인자나 적절한 가동 상태를 조사하는 것이고, 옵션 B는 시스템적으로 중요한 부분을 측정하여 검증하는 규약으로 성능 및 가동 인자를 모니터링하는 것이며, 옵션 C는 전체 건물에 대한 지속적 측정 및 검증하기 위한 규약으로 시간별 혹은 월별의 유틸리티 계량기 자료를 사용하여 "건물전체" 혹은 시설수준을 결정하는 것이다. 그리고 옵션 D는 모의실험에 의한 데이터 측정 및 검증에 관한 규약으로 시설 구성 요소 및 전체시설에 대한 시뮬레이션 하는 것이다. 현재 추천하는 도구들의 예는 TRNSYS, EES, DOE.1E, Energyplus 등으로 국가적으로



[그림 7] 국제표준 성능확인 규약 IPMVP

<표 13> IPMVP 옵션 비교

Option	성능측정방법	절감도	비용도	단순도
Option A	요소 성능측정 및 검증	4	4	1
Option B	시스템 성능측정 및 검증	3	3	2
Option C	모니터링에 의한 성능측정 및 검증	2	2	3
Option D	시뮬레이션에 의한 성능측정 및 검증	1	1	4

Option	적용내용
Option A	에너지 절감량을 규정하는 시스템 시방서(사양)를 기준으로 주요 요소변수 측정을 통해 검증방안
Option B	에너지 절감량을 규정하는 시스템 시방서(사양)를 기준으로 전체시스템 단기 측정을 통해 검증방안
Option C	전체설비의 에너지소비량에 대해 지속모니터링측정(연간성능기준)을 통해 검증방안
Option D	측정데이터를 기초로 IPMVP가 인정하는 컴퓨터 시뮬레이션모델을 통해 검증방안

국제적으로 공동 개발되고 확인된 도구들이다. 이러한 IPMVP와 국내 성공적 적용을 위해서는 관련된 새로운 사업 도출 및 산학연관 전문가 양성도 병행되어야 하고 향후 해결되어야 할 현안 중의 하나이다(그림 12). 지열에너지시스템 성능평가와 관련되는 M&V 기술들은 특히 요소별 전문성을 독특한 특성을 지니고 있어서 사업 규모에 따라 적절한 옵션 사전 선택이 중요하며, 검증절감도, 단순도 비용등에 따른 국제적인 성능 측정 및 검증 규약(IPMVP)에 포함된 M&V 옵션 4개 방안은 표 13과 같다.

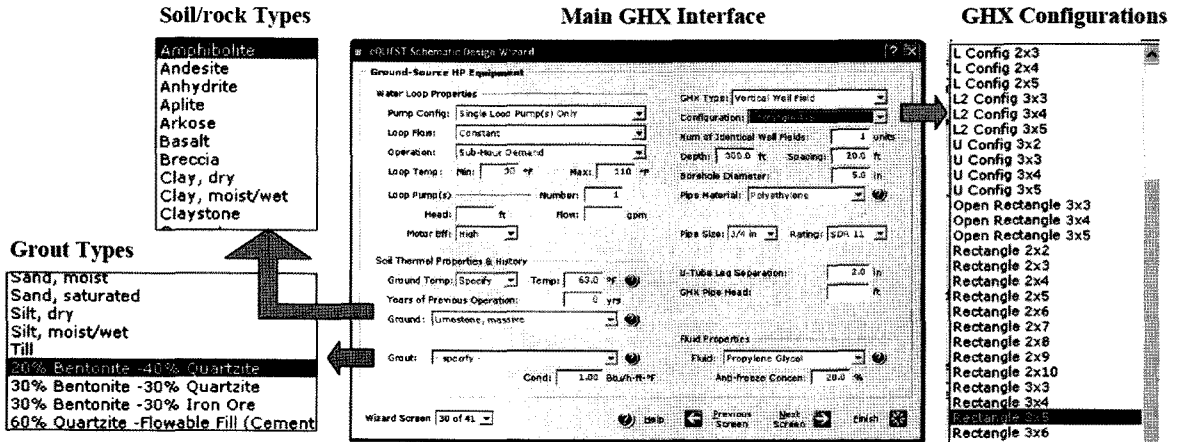
참고로 최근 세계 지열 선도 그룹 C사의 Dr. Liu가 IGSHPA에서 IPMVP 4.4.2에 근거한 DOE2, IE 계열의 eQSEST 컴퓨터 시뮬레이션 기법에 의한 자료에 의하면 이 같은 건물통합 설계를 위한 방법으로 기존에는 개별적인 부하계산 프로그램을 사용하여 부하를 계산하고 그 정보를 다시 가공하여 지중열교환기 설계 프로그램을 통해 지중열교환기를 설계하는 과정을 반복 시뮬레이션을 수행하기에는 설계자에게 많은 어려움을 준다. 또한 정보의 전달이 원활하지 않아 시뮬레이션 수행이 어렵다는 것을 파악하고 이러한 정보전달을 편리하게 반복 시뮬레이션의 시간 및 편의성을 도모하기 위해 독립적인 설계프로그램

을 하나의 패키지화가 필요함을 소개 했으며 건물부하로부터 최종 지중열교환기 설계까지 하나의 통합 시뮬레이션 기반에 설계방법을 제시하였다(그림 8).

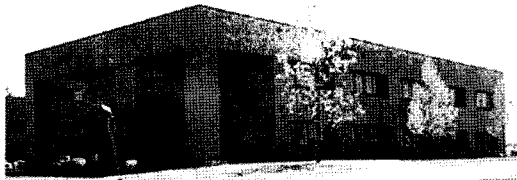
국제적으로 에너지 절약 사업에서 인정하는 도구는 IPMVP 4.4.2에 의하면 EES, TRNSYS 및 DOE2.1E 등을 제시하고 있으며 CDM 사업등에서는 RETScreen이 현재 주로 사용 되고 있다. 통합 시뮬레이션 소프트웨어 중 eQUEST 3.6은 시뮬레이션 엔진 중 가장 최신 버전인 DOE 2.2를 사용하고 있으며 그림 9와 같이 지중열교환기 설계가 가능한 통합 시뮬레이션 소프트웨어로서 Dr. Liu에 의하면 그림 10과 같이 미국 Oklahoma주 Edmond에 위치한 가렛 지열건물



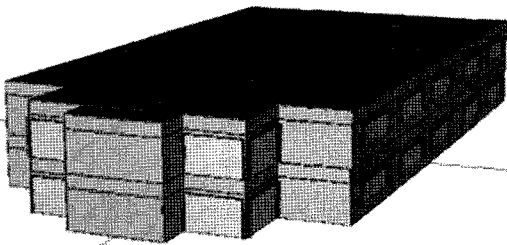
[그림 8] 건물 지열 통합 시뮬레이션 개념(IPMVP 4.4.2)



[그림 9] eQUEST 건물 지열 시스템 평가 기술



Garrett Geothermal Building

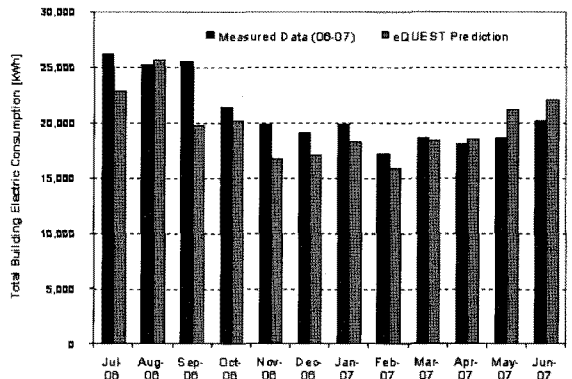


Thermal Model 3-D view in eQUEST

[그림 10] Edmond Garrett 건물 지열 eQUEST 모델

(Garrett Geothermal Buildings)을 대상으로 연 중 전력 사용량에 대해 예측 치와 실측치를 비교 한 결과를 그림 11에 나타내었다. 예측치와 실측치를 비교한 결과에 의하면 그 차이가 약 5% 정도 IPMVP 4.4.2 기반의 eQUEST 3.6 시뮬레

Monthly Electric Use (kWh)

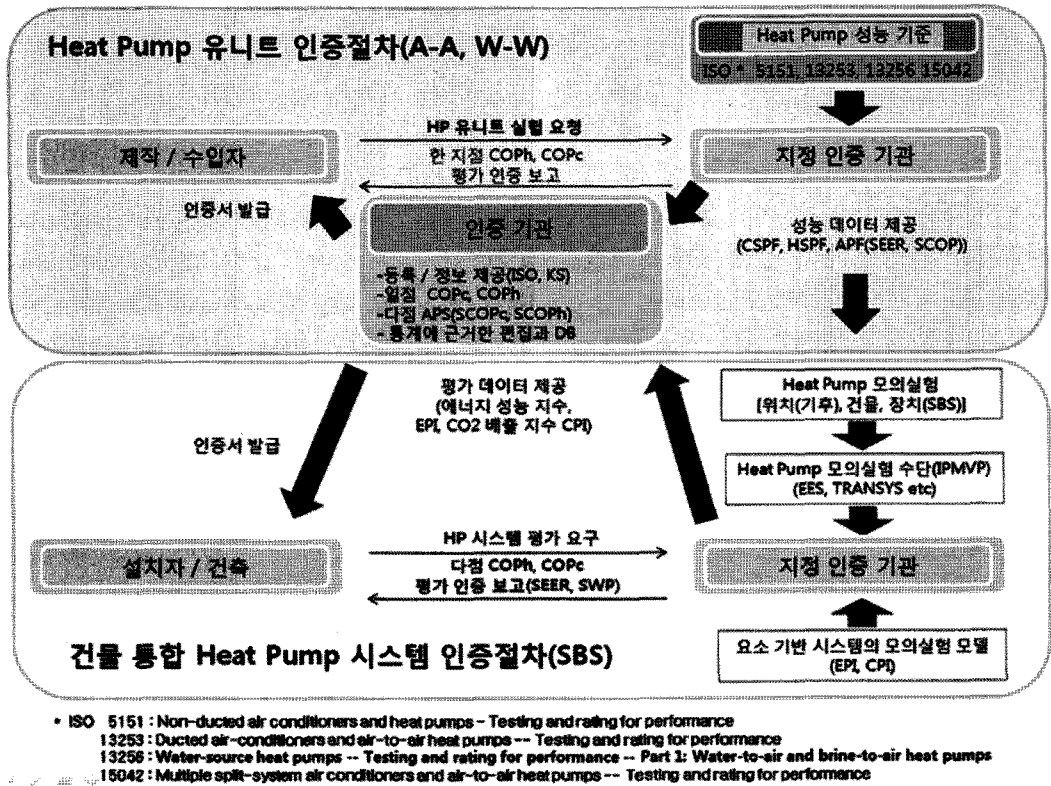


[그림 11] IPMVP 4.4.2 도구 eQUEST(DOE2.1E) 성능 결과 확인

이션 프로그램의 예측정도가 매우 정확하다는 것이 검증되었다.

4. 소결 및 향후 방향

본 원고에서는 국제 호환형 지열원 히트 펌프 시스템의 주요 현안중의 하나인 국제 호환형 년 성능 평가 최근 기술 현황을 다루어 보았다. 국제 호환형 지열원 히트 펌프 시스템의 평가 기술로 1) 첫째, ISO 기반의 최근 지열 히트 펌프 시스템 년 성능 평가 기술을 소개하였다, 소결의



[그림 12] 국제 호환형 히트 펌프 시스템 성능 평가 인증 절차

하나로 아직도 국내 주요 평가 기준은 에너지 효율(EER 및 COP)를 측정 하는 방법이 기존의 한 점에서 측정하는 기준을 유지하고 있어, 년 성능 평가 지수로는 미흡함에 따라서 신기술 신제품 성능 부분 부하에 따른 2점 및 3점 등 다점의 성능 자료를 근거한 부분부하를 측정하여 보다 현실적이며 효율적인 성능을 측정할 수 있는 연간 성능 효율 ISO TC 86 기반의 APF(Annual performance Factor) 평가 인증 기법이 필요함을 강조하였다. 그리고 2) 둘째, IPMVP 4.4.2에 기술된 국제적인 에너지 서비스 사업 성능 평가 구약에 제시되고 주로 활용되는 주요 도구 EES, TRNSYS, DOE2.1E 및 RETScreen 등이 소개 되었으며, 이러한 방안들 중에서 DOE2.1E 계열의 eQSEST 년 성능 평가 방안이 소개하였다. 3) 결과적으로 향후 관련 사업의 평가 결과 신뢰

성 제고를 위해서는 기존의 1점 시험 기반 COP 및 EER 인자 활용 평가가 아닌, 다점 방식의 COPcs 및 COPhs 특성 지수를 고려한 년 상능 평가 방안, ISO 기반 APF 활용 즉 다점기반의 SEER(COPcs) 및 HSPF(COPhs) 활용 APF 지수 등이 최근 국제적으로 CDM 사업등에서 사용되는 RETScreen 도구의 주요 입력으로 활용 되어 국가간 에너지 사업 평가 도구로 사용될 수 있음을 소개 하였다. 그러나, 향후 보다 성공적인 국제 호환형 건물 지열 시스템 성능 평가 체계 보완 발전을 위해서는, 그림 5와 그림 12에서 언급되었던 현안들이 하나 하나에 대해서 산학연관 관련자 네트워킹을 통해서 해결되어야 한다. 작은 예를 들어서, 국내에서는 현재 진행중인 Unit 중심 평가에서 그 지역의 기후를 고려한 System 중심 평가로의 시스템 성능 평가 인증 체계

(예: 캐나다 CSA 448 지열시스템인증체계) 보완 발전이 매우 필요하다. 아울러, 현재 유니트 인증 부분에서도 최근 신 제품의 부분 부하 성능까지도 포함하는 최신 ISO 및 IPMVP 기반의 년 성능 평가로의 현안(그림12) 해결등이 한 목소리로 선행 해결되어야 할 것이다. 그리하여, 향후 지열 히트 펌프 시스템 평가 인증 체계의 그림은 최근 ISO 그림에 비추어 그림 12 과 같이 신 제품 유니트의 다점 성능 인자를 활용한 통합 시스템의 성능 평가 인증 체계로 가야함이 현 국제적인 추세를 고려하여 바람직 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 산업자원부고시 제2008-232호.
2. 2009 IGSPHA “Optimizing Commercial GSHP System” training course handout.
3. CEN 2009, prEN 14825, “Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically compressors, for space heating and cooling- Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance”, September 2009.
4. Xiaobing Liu, Integrated Simulation Based Design for Geothermal Heat Pump Systems, IGSHPA 2007.
5. ISO 13256-1, Water source pumps testing and rating for performance - part 1 water-to-air heat pumps.
6. ISO 13256-2, ISO 13256-1, Water source pumps testing and rating for performance - part 2 water-to-water or brine-to-water heat pumps.
7. ANSI/ASHRAE 116-2010 Method of

Test(MOT) for rating seasonal efficiency of unitary air conditioners and air source heat pumps.

8. G. H. Ko, J. Y. Kim, E. C. Kang, E. J. Lee, M. T. Hyun, 2007, A study on Ground Source Heat Pump(GSHP) performance Measurement and Initial commissioning, Proceedings of The SAREK, pp. 44.
9. ISO/NP 13612 Heating and cooling systems in buildings - Method for calculation of the system performance and system design - Heat pump systems.
10. KS C 9306:2010 에어컨디셔너 규격 냉·난방 기간 중 냉방을 필요로 하는 각 온도의 발생 시간(부속서 5).
11. ISO CD 163858-1 Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and calculating methods for seasonal performance factors - Part1: Cooling seasonal performance factor CSPF.
12. ISO CD 163858-2 Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and calculating methods for seasonal performance factors - Part2: Heating seasonal performance factor HSPF.
13. ISO CD 16358-3 Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and calculating methods for seasonal performance factors - Part3: Annual performance factor APF
14. CSA 448 CGC Geoexchange System Certification, Canadian GeoExchange Coalition. 