

공동주택용 지열냉난방 적용성 검토 연구

*백 성권¹⁾, 안 형준²⁾, 이 동철³⁾, 임 성균⁴⁾

A Study on Application of Geothermal Heatpump System for Apartments

*SungKwon Baek, HyungJun Ahn, DongCheul Lee, SeungKyun Im

Key words : Geothermal heatpump system(지열냉난방 시스템), Apartment(아파트, 공동주택), Electric charges(전기요금)

Abstract : Residential is the biggest market for geothermal heatpump systems in the world. However It could not be considered as a big market in Korea. Serious problems are hidden. In this paper, I will discuss about with other problems that we must solve.

Subscrip

GSHP : ground-source heatpump
HUD : U.S. Department of Housing and Urban Development
PSO : Public Service Company of Oklahoma

1. 서론

국내 지열 냉난방시스템은 다양한 건물에 적용되며, 큰 시장을 형성하게 되었다. 국내와 국외 시장을 비교해 볼때 가장 큰 차이점은 주택시장에서 지열 냉난방의 비중이다. 미국 및 유럽 시장은 60% 이상인 대다수가 주택으로 시장 형성에 핵심적인 역할을 하고 있다. 이에 따라 정부도 보급을 위한 시공비 지원뿐만 아니라 사용 전력에 대한 지원도 이루어지고 있다. 하지만 국내 지열 시장의 경우 대부분 공공의무화 제도에 따른 공공건물과 대형 민간 건물, 공공 성격이 강한 건물에 집중되고 있다. 이에 대해 국내 주택시장의 지열 냉난방 시스템이 진입하기 위한 문제점과 해외 사례를 통해 해결점을 찾아보고자 한다.

2. 국외 공동주택 적용 사례

국외의 경우 국내의 여건과 상이한 부분이 많다. 주택용 지열에 대한 국가적 지원, 건설 환경

과 거주자가 가질 혜택에 크게 차이가 있다. 아래는 미국에서 1994~1999년 6년간 공동주택이 적용된 사례이다.

- ▶ Guminick Rentals(Miami Beach, FL)
382 EM units @ 1,081 tons; 8/97
- ▶ Sheraton Townhouse(Los Angeles, CA)
134 GT units @ 309 tons; 2/98
- ▶ Woodcrest Villa(Lancaster, PA)
69 EM units @ 120 tons; 2/98
106 units; 5/96
EM-41 tons; SE-32 tons; CW-23 tons
- ▶ Birch Point Apartments(Ft. Lauderdale, FL)
52 EM units @ 140 tons; 2/95
- ▶ Treasure House(Miami, FL)
215 EM units @ 442 tons; 11/98
- ▶ Treasure House South(Miami, FL)
99 EM units @ 185 tons; 9/97

-
- 1) 코오롱건설(주)
E-mail : eva2k@kolon.com
Tel : (031)329-0638 Fax : (031)329-0651
 - 2) 코오롱건설(주)
E-mail : hjan@kolon.com
Tel : (031)329-0634 Fax : (031)329-0651
 - 3) 코오롱건설(주)
E-mail : ddong0001@kolon.com
Tel : (031)329-0637 Fax : (031)329-0651
 - 4) 코오롱건설(주)
E-mail : skyim@kolon.com
Tel : (031)329-0620 Fax : (031)329-0651

- ▶ 20 Marietta Street Apartments(Doraville, GA)
103 EM units @ 189 tons; 9/96
- ▶ Bel Ami Assisted Living Facility(New Jersey)
160 EM units @ 179 tons; 3/99
- ▶ Marlo Apartments(Davie, FL)
16 EM units @ 26 tons; 4/98
- ▶ Manor Club Apartments(Rockville, MD)
37 GT units @ 137 tons; 5/97
- ▶ Portland Place(Allentown, PA)
50 EM units @ 95 tons; 9/98
- ▶ Hogg Palace Lofts(Houston, Tx)
90 EM units @ 262 tons; 3/95
- ▶ Harvest Hill Apartments(Lebanon, NH)
88 units; 7/96
GT-101 tons; CW-5 tons
- ▶ Phoebus Townhomes(HUD)(Virginia Beach, VA)
100 SL units @ 200 tons; 6/95
- ▶ Lincoln Park Apartments(HUD)(Hampton, VA)
174 SL units @ 346 tons; 7/95
- ▶ Dale Homes(HUD)(Portsmouth, VA)
143 GT units @ 367 tons; 9/97
- ▶ Brown Building Lofts(Austin,TX)
105 EM units @ 309 tons; 12/97
- ▶ Havana Club Apartments(San Antonio, TX)
41 EM units @ 52 tons; 5/96
- ▶ Meredith Arms(Jacksonville, FL)
18 EM units @ 18 tons; 6/98
- ▶ Opera House Apartments(Red Lion, PA)
EM units @ 102 tons; 8/98-12/98

이 중 대표적인 오클라호마주 톨사에 위치한 시에라포인트 아파트 적용 사례를 소개하고자 한다.

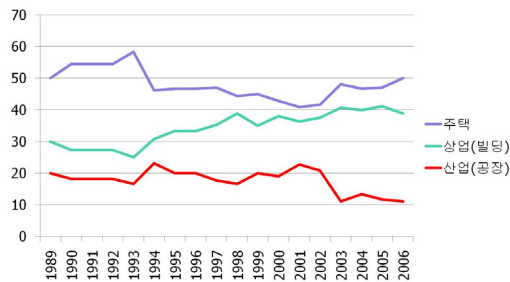


Fig. 1 US installation rates of GSHP system by year

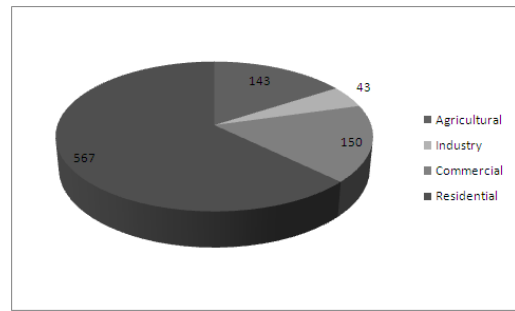


Fig. 2 Numbers of installed geothermal heatpump(1997, Holland)

2.1 아파트 개요

오클라호마주 톨사에 위치한 259,000m² 대지의 64개 건물로 구성된 임대아파트 단지이다.

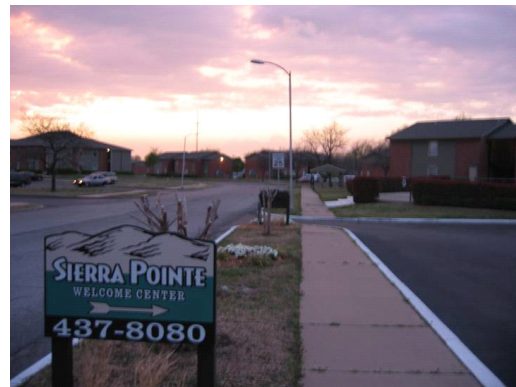


Fig. 3 Sierra point apartment applied GSHP system.

전용면적 60~90m² 348세대로 구성되어 있으며, 1991년 HUD(미 주택도시개발청)의 주도로 리모델링을 시작하였다.

리모델링 이전의 상황은 알루미늄 창틀의 단창으로 인해 여름과 겨울에 단열 성능이 크게 떨어지고, 최상층의 경우 지붕의 단열 성능이 떨어져 가장 문제가 큰 세대였었다. 1980년대 후반부터 주민 거주율이 하락에 따라 설비 개선 추진하여 2개 파이프를 통해 냉방기와 보일러 설비를 분리하여 가동기로 결정하고 수년동안 쓸모없던 360톤 규모의 전기 냉방기(chiller) 1대의 부품 교체와 성능이 부족한 가스보일러는 교체하기로 하였다.

2.2 지열 냉난방 적용

사업 초기부터 PSO의 제안에 따라 지열 기술 적용을 고려하였다. PSO는 기존 시스템을 각 세대별 계량이 가능한 지열장치 교체로 HUD에 건의하였으나, 과거 동일지역에서 공기열원방식 열펌프의 실패 사례가 있어 HUD의 지열 시스템에

대한 확신을 유도하기에 어려움이 발생하였다.

Ralph Johns Company Inc.의 시공감독 Kevin Cahill이 지열 장점 설명 및 아래 각 냉난방 시스템의 시공비와 payback 검토 수행하였다.

- 각 세대별 에어컨과 공기 난방 가스보일러
- 각 세대별 에어컨과 온돌 가스보일러
- 각 세대별 에어컨과 전기 히터
- 중앙집중식 물-물 지열 히트펌프
- 가스보일러를 backup으로 한 중앙집중식 공기 냉난방 히트펌프
- 전기 히터를 backup으로 한 중앙집중식 공기 냉난방 히트펌프
- 새로운 방식의 중앙집중식 냉난방 시스템

적용가능한 모든 시스템을 검토한 결과 전체 시스템을 지열냉난방시스템으로 적용하는 것이 타당하다 결정하였으며, 고가인 지열 냉난방을 적용하기 위해 임대아파트는 임대의 적정성과 쾌적성을 고려해야하기 때문에 우선 아파트 전체 단열 성능 개선을 수행하기로 결정하였다. 단열성능 개선으로 적용할 냉난방 규모를 줄이고 운전비도 절감하고자하는 의도였다.

구체적으로 약 930 m²의 유리창을 제거하고 새로운 이중창호 설치며 단창에는 스톱 사시 추가 적용하였다. 또한 금속재 단열문 적용하고 탑층 세대 더그매(attic)에 R-30 단열재 적용하며 차광필름 및 창틀 코킹 시공하였다. 모든 아파트에 송풍시험(Blower door test)을 통과한 문만 설치하도록하여 성능 개선은 쾌적성 확보뿐만 아니라 설비 초기투자비도 감소시켰다. 단열성능 개선을 통해 세대 당 1/2톤의 장비 규모를 감소시키고(PSO의 Bryan Henderson) 톤당 \$2,200의 시스템 비용으로 세대당 \$700의 개선효과를 가져왔다.

전반적으로 지중열교환기 설치 길이와 열펌프 설치비가 감소되어 총 181톤의 시스템 부하와 \$398,200의 장비 설치비 절감하였다.

지열냉난방시스템의 설계는 K&M Shillingford Inc.의 HVAC업자인 Jay Murphy가 수행하였는데, Murphy는 1978년 이후 톨사 지역에서 지열 시스템을 설계한 전문가이다. 그는 ClimateMaster VE 시리즈 water-source 열펌프를 이용한 세대별 시스템 설치를 제안하였으며, 각 세대의 부하에 맞게 개별 열펌프 크기를 결정하였고, 각 세대의 개별 열펌프는 개별 수직형 지중열교환기를 직접 연결 사용하였다. 수두 9 m 위치에 분당 19 l 수송 가능한 1/6마력 펌프 설치하고 각 세대별로 계량기와 루프를 가지고 있기에 PSO는 각 세대와 루프에 대해 38가지의 부하계산을 수행하였다.

북서쪽의 침실 2개인 세대는 부하를 더 크게 잡았으며 지중열교환기도 더 길게 시공하고, 방향

에 따라 76 m~84 m의 지중열교환기를 설계하였다. 침실 3개인 세대는 84 m에서 104 m의 지중열교환기로 설계하였다. 이를 통해 온돌 가스 보일러 대비 초기 투자비 \$100,000 절감(보조금 고려시)하는 성과를 가져왔다.

3. 주택 전기요금

3.1 전기할증제 도입

2007년 1월 정부는 단일계약과 종합계약의 요금체계 불균형에 따른 민원을 사유로 종합계약의 공용전기 사용분(기본요금 제외)에 대해 할증제를 도입하였다. 이는 장기적으로 종합계약은 없고 단일계약으로 유도하기위한 정책의 일환이었다. 주된 내용은 아파트 계약방식간의 요금 격차를 해소하고, 공동사용량에 대한 소비절약을 유도하기 위해 기준량을 초과하는 공동사용량(일반용 적용)에 대해 할증요금 적용하여, 전체 아파트의 월평균 공동사용량이 78kWh인 점을 감안, 월 100kWh를 초과하는 공동사용량에 대한 단계적 할증요금을 적용하고 연차적으로 할증률을 확대하는 것이다.

표 2. Loosen extra charges of apartment electric power

public using per unit	Extra charge rates
< 100kWh	N
101~200kWh	N
201~300kWh	100%(May~Oct.)
301~500kWh	200%
500kWh <	400%

하지만 할증율이 예상보다 과하다고 판단 2007년 4월 이를 보완한 할증완화를 시행하게 된다. 적용기준을 중전 세대당 월 100kWh초과에서 월 200kWh초과로 상향조정하며, 공동사용량이 과도하게 많은 월 300kWh이상 구간에 대해 중점 적용하였다.

3.2 국외 현황

유럽은 수만여개의 전기공급 업체가 있으며, 수력, 화력, 조수력, 원자력을 통한 다양한 전기요금으로 각 지역에 전기를 공급하고 있다. 예를 들어 독일 한 지역에서 전기를 공급받고자하는 소비자는 독일뿐만 아니라 오스트리아, 영국, 프랑스 등의 다양한 업체로부터 전기요금을 비교한 후 보다 저렴한 회사의 전기를 선택할 수 있는 권

리가 있다. 따라서 각국의 업체마다 다양한 전기 요금이 존재하며, 특별할인제도도 다양하다.

표 3 Home electric power rates of Austria VKW

	Month basic	Per kWh	Rates of 400kWh/month
Common(H T)	6.48 €	14.64 ¢/kWh	65.04 €
Geothermal heatpump(HT)	4.38 €	11.46 ¢/kWh	50.22 €
Comparison	32%	22%	23%

표 4 Home electric power rates of Germany Hünfeld gmbh

	Month basic	Per kWh	Rates of 400kWh/month
Common(H T)	4.00 €	18.96 ¢/kWh	79.84 €
Geothermal heatpump(HT)	5.52 €	13.64 ¢/kWh	60.08 €
Comparison	38%	28%	25%

오스트리아 전력회사인 VKW(Vorarlberg Kraftwerke AG)는 주택용과 상업용이 구분(상업용이 저렴)되어 있으며, 주택용 요금도 일반 요금과 지열냉난방 요금이 구분(지열이 저렴)이다. 또한 지열 설치의 경우 전기계량기를 따로 설치하여 요금을 부과한다.

이러한 차등부과의 목적은 지열냉난방시스템 확대 보급, 교토의정서에 따른 CO2 감소를 위한 국가적 지원, 전력회사 차원의 전기를 이용한 냉난방 소비자 확보에 있다.

독일의 경우는 신재생에너지법에 지열냉난방을 적용할 경우 반드시 할인을 하도록 규정하고 있다.

3.3 지열 전기누진제 폐지

정부는 저탄소 녹색성장 전략에 따라 그린홈 100만호 사업 등 신재생에너지의 주택보급을 적극 추진하기 위해 오는 5월 1일부터는 지열냉난방설비에 대하여 일반용 요금을 적용하기로 하였다(4.28일 전기위원회 심의의결). 이에 따라 지열냉난방설비(3RT)를 설치한 100㎡ 단독주택의 경

우 겨울철 월평균 난방비는 31만원에서 6만원으로, 여름철 월평균 냉방비는 10만원에서 5만원으로 부담이 줄어들 전망이다이며, 이는 평균 전력사용량 300kWh 가정('08년 가구당 월평균 전력사용량 243kWh)했을 경우다. 그간의 신재생에너지 주택보급 사업은 태양광에 편중되어 왔으며 지열주택 보급은 진무한 상황인 바, 이는 지열냉난방설비가 지상과 지하의 온도차를 냉난방에 활용하여 CO2 직접 배출이 없고 에너지효율이 높음에도 불구하고, 에너지 소비절약을 유도하기 위해 주택용 요금과 종합계약아파트 공용전기요금에 대해 누진제와 할증제를 적용함으로써 경제성이 충족되지 않아 지열 주택 보급에 한계가 있었기 때문이다. 주택용 요금 누진제는 6단계의 누진구간으로 구성되며, 11.7배까지 요금이 누진되며, 공동전기요금 할증제는 4단계의 누진구간으로 구성되며, 5배까지 요금이 할증된다. 따라서, 에너지효율이 높은 지열냉난방설비에 대해 누진제와 할증제를 폐지하고 일반용 요금을 적용하여 주택 보급을 활성화하기로 하였다. 다만, 일반용 요금을 적용받는 대상은 지경부가 고시한 인증을 받은 설비에 한정되며, 열병합시설을 갖춘 아파트는 자가 발전전력과 한전 수전전력을 기술적으로 구분할 수 없어 요금산정이 곤란하므로 적용 제외된다. 금번 제도 개선을 통해 냉난방 효율화를 통한 에너지외화 절감과 지열 보급 활성화, 일자리 창출 효과 등이 기대된다.

4. 아파트 친환경 인증

건축물의 친환경성을 객관적으로 평가하는 제도는 현재 친환경건축물인증제도가 유일하다. 환경부와 건교부는 2002년부터 친환경건축물인증제도를 시행, 건축물의 자재생산, 설계, 건설, 유지관리, 폐기 등 전 과정을 대상으로 에너지 및 자원의 절약, 오염물질의 배출감소, 쾌적성, 주변 환경과의 조화 등 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통해 건축물의 환경성능을 인증함으로써 친환경건축물 건설 유도, 촉진하려 하고 있다.

친환경건축물 인증은 건축주(건물소유자) 또는 건축주의 동의를 받은 시공자가 인증기관에 인증신청을 해야 인증심사가 진행된다. 아파트의 친환경인증 평가는 토지이용, 교통, 에너지, 재료 및 자원, 수자원, 환경오염, 유지관리, 생태환경, 실내 환경 등 9개 분야 44개 세부평가항목 및 가산항목에 걸쳐 이루어지는데 각 항목별로 배점이 정해져 있다. 총점은 100점 만점으로 85점 이상은 최우수친환경건축물, 65점 이상 85점 미만은 우수건축물로 인증된다. 제도가 시행된 2002년부터 2006년 4월까지 총 81개 아파트가 친환경인증을

받았다.

하지만 친환경건축물인증제도의 허점 때문에 ‘반쪽짜리’ 친환경아파트가 양산될 우려가 크다. 먼저 총점에 따른 최종 인증결정의 문제다. 친환경건축물인증은 각 항목들 총점에 따라 이루어지고 있어 환경적 계획들이 전반적으로 고려되지 않고 특정 분야만 친환경으로 계획해도 총점에서 인증점수만 넘으면 친환경아파트로 인증받을 수 있다는 것이다. 이는 상대적으로 평가 점수가 낮고 적용이 힘든 분야는 고려하지 않고 평가 점수가 높고 적용이 쉬운 분야로 몰리는 결과를 초래하고 있다.

실제로 신재생에너지 이용과 우수이용, 중수도 설치, 표토 재활용물 등은 평가항목이 아닌 가산항목으로 분류되거나 배점이 1~3점으로 낮았다. 이에 반해 용적률(6점), 에너지소비량(12점), 녹지공간률(5점), 인공환경녹화기법 적용여부(4점) 등은 배점이 높은 평가항목으로 분류되어 있다. 이윤을 추구하는 기업이 비용을 적게 들여도 금방 티가 나는 요소에 투자만 해도 친환경아파트로 인증받을 수 있는 현 인증제도 하에서 굳이 비용을 많이 들여도 단기간에 가시적인 효과를 내지 않는 요소에 투자하기를 바라기는 힘들 것이다.

더욱 근본적인 문제점은 모든 아파트들이 인증 심의 대상이 아니라는 것이다. 친환경건축물인증제도는 의무가 아니라 건축주(건물소유자) 또는 건축주의 동의를 받은 시공자가 인증기관에 인증신청을 해야 가능하기 때문에 신청하지 않은 다른 아파트들의 친환경성을 검증할 수 없다. 몇 년 전부터 브랜드 아파트들은 저마다 친환경아파트임을 선전하고 있지만 정작 인증 제도를 받은 아파트는 전국적으로 80여 개에 불과하다. 상당수의 아파트들이 객관적인 검증 없이 친환경아파트라 선전하고 있는 것이다. 이 경우 특정분야의 편중현상은 훨씬 심각하다.

친환경인증제도 부문별 평가기준을 이용해 국내 5개 주요 브랜드 아파트의 친환경요소를 분석, 비교한 「브랜드아파트의 차별화 계획요소 분석」에 따르면 친환경아파트는 친환경계획 요소를 적용하고 있지만 일부 부문에 집중되어 있다. 일조권 확보와 교통대책, 음식물 쓰레기 저감 대책, 인공 환경녹화기법, 수생 비오톱, 조경 면적률에 대한 고려 등 생태환경부분, 실내 환경측면에서 환기나 급수 설비와 실내 녹지 조성 계획은 비교적 잘 되어있는 반면 기존 자연자원의 보존, 신재생 에너지에 대한 계획, 우수를 이용하거나 중수도를 설치하는 계획, 환경오염이나 지속적인 유지관리 부문에 대한 고려는 적었다.

5. 결론

주택에 지열을 적용하기 위한 가장 기본적인 조건인 전기누진, 할증제에 대한 폐지는 크게 반가운 일이지는 않지만, 신재생에너지를 적용하고자하는 민간사업자의 의지를 꺾어버리는 제도적 모순은 반드시 수정되어야 할 것으로 판단되며, 건강한 삶과 도시의 지속가능을 위해서는 도시주거건축물의 대부분을 차지하는 아파트가 우선적으로 고려되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 에너지관리공단 신재생에너지센터의 공동주택의 지열냉난방시스템 적용성 연구 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] 이경아, 이연수, 2005, "생태환경건축학회 2005 춘계학술발표대회"
- [2] www.vkw.at
- [3] www.stadtwerke-huenfeld.de
- [4] 박은수, 2006, “반쪽짜리 친환경아파트는 가라”, 월간 함께 사는 길, 2006년 8월호
- [5] www.geoexchange.org
- [6] "지열냉난방 전기요금 누진제 폐지" 2009, 지식경제부 보도참고자료