

連 載

지역 난방 시스템 ( I )  
District Heating System ( I )

오 후 규  
H. K. Oh  
부산대학교 냉동공학과

유럽을 중심으로 발전하기 시작한 지역 열공급 시스템은 선진 각국의 시범단지 운전실적을 볼 때 에너지 변화효율면에서 우수한 운전실적을 올리고 있다. 이 시스템은 수용가의 에너지 이용 형태, 쾌적성, 경제성 등의 측면에서도 각광을 받으면서 오늘날 하나의 독립된 산업 및 과학기술분야로 발전되고 있다.

우리나라에서도 에너지의 효율적인 이용에 관한 관심이 높아지면서 지역 열공급 시스템에 관한 저변 기술확대를 기하고 있다. 이러한 배경을 바탕으로 지역 난방공사의 도움과 관계자의 허락을 받아 Herbert Munser 著 "Fernwärmeversonrgung"를 수차에 걸쳐 번역 연재하게 되었다. 원문의 번역에는 일본 와세다 대학의 井上宇市교수가 일본어로 번역한 책을 참고로 하였다.

연재될 개략적 내용은 지역 열공급시스템의 경제성, 장치의 구성과 운전방법, 배관망, 축열 장치, 수용가 설비 및 계획, 그리고 운전상의 문제점 등이다.

열·유체 역학, 시스템 공학 등에 관한 기초적 지식만 있으면 쉽게 이해할 수 있는 내용이었으나, 화폐의 단위가 독일 통일전의 동독 마르크로 되어 있으며, 수식에 사용되는 기호도 너무 산만한 점도 있었으나 우리 실정으로 재구성하지 않고 원서에 충실하고자 하였다.

이 연재를 계기로 새로운 과학 기술분야로 대두되고 있는 지역 난방에 관한 산·학의 관심과 이해가 높아 졌으면 하는 바램이다. 그러나 역자 자신이 이 분야의 별다른 전문가도 아니며, 또한 번역 언어에도 능숙하지 못하여 여러가지 오류가 있으리라 생각하며, 이점에 관해서는 독자 여러분의 고견을 받고자 합니다.

## 1. 에너지 공급 시스템으로서 지역열공급

기호

A : 비례정수(A 는 0.7)

a : 배압엔진

a<sub>1</sub> --- a<sub>4</sub> : 건물정수

b : 추기엔진

b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> : 정수

CO : 일산화탄소

C<sub>y</sub> : 수평난류 파라미터(m)C<sub>z</sub> : 수직난류 파라미터(m)D<sub>a</sub> : 연소실 상당직경(m)

EEO : 개별식 전기스토브

Ė<sub>Q</sub> : 열출력

FW : 지역난방

f<sub>R</sub> : 풍향빈도 또는 상대유입 기간(%)

GEO : 개별식 가스스토브

H : 유효굴뚝높이(m)

I : 벽면에 대한 평균일사량(W/m<sup>2</sup>)I<sub>diffs</sub> : 확산일사량I<sub>drkt</sub> : 직달일사량I<sub>ges</sub> : 전일사량

i : 난방을 하는 방(室)의 수

K : 지상 근처의 SO<sub>2</sub>농도(mg/m<sup>3</sup>)K<sub>1</sub> : 각 방위에 있어서 장기간의 평균농도  
(mg/m<sup>3</sup>)

KE : 용량단위

KEO : 개별식 석탄스토브

KW : 불연성 탄화수소

NO : 일산화질소

n : 안정 파라미터

p : 전기출력

Q : SO<sub>2</sub> 방출량(kg/s)

Q̇ : 열출력

Q̇ : 실제 난방부하(W)

ΔQ<sub>1</sub> : 유해물질 방출 감소에 상당하는 폐가스  
열 감소ΔQ<sub>2</sub> : 순환 프로세스 열의 감소ΔQ<sub>Am</sub> : 전일에 대한 일평균 외기온도의 변동Q<sub>a</sub> : 연간열량ΔQ̇<sub>Br</sub> : 연료의 절약Q̇<sub>H</sub> : 난방용 열출력Q̇<sub>KO</sub> : 열공급 발전 프로세스의 폐열Q̇<sub>L</sub> : 환기에 의한 난방부하Q̇<sub>N</sub> : 표준 난방부하Q̇<sub>P</sub> : 프로세스용 열출력Q̇<sub>T</sub> : 전도에 의한 난방부하Δq : 난방전용 플랜트와 열병합 발전소에서  
증기생산에 대한 필요열량 차

q̇ : 난방부하비

q<sub>KW</sub> : 발전 열소비량q<sub>v</sub> : 연소실 용적의 열하중(Gcal/m<sup>3</sup>h)SO<sub>2</sub> : 이산화유황

T : 혼합계수

t<sub>e</sub> : 외기온도(°C)t<sub>ev</sub> : 외기온도, 24시간 전까지의 각 시각의 평  
균치(°C)t<sub>i</sub> : 실온(°C)t<sub>i,m</sub> : 평균실온

u : 평균풍속(m/s)

WE : 주거수

w<sub>m</sub> : 풍속(m/s)

x : 바람 방향에 대한 위치좌표

y : 바람 방향과 교차하는 위치좌표

ZH : 중앙식 난방

α<sub>f</sub> : 연소실의 잉여공기비η<sub>G</sub> : 발전기효율η<sub>DE</sub> : 열병합 발전소에서 증기 생산효율

θ : 실내외 온도차(K)

θ<sub>m</sub> : 평균실내외 온도차(K)σ<sub>KWH</sub> : 전력평가지수τ<sub>B</sub> : 연간운전시간τ<sub>b</sub> : 연간이용시간τ<sub>H</sub> : 난방시간(난방기간에 의함)τ<sub>H,d,m</sub> : 평균일난방시간ψ<sub>KO</sub> : 단위량당의 폐열부하ψ<sub>P,Q</sub> : 전력평가지수

1.1 과제와 의의

(1) 지역열공급의 발달

지역열공급은 최근 모든 선진공업국에서 열공급의 중요한 요소로 되고 있다. 지역열공급은 소비자에게 전력이나 열밸런스 측면에서 모두 그 에너지 변환방법의 우위성이 인정되고 있다. 동독에서의 지역열공급은 주로 주택건설과 함께 확대되었다. 요즘은 신축주택의 90%가 지역열공급을 받아 난방을 하고 있다. 그러나, 지역열공급이 이렇게 단순하지 않은 것은 주택난방뿐만 아니라 산업용 열공급도 그 중에 포함되어 있기 때문이다. 현재 지역열공급은 단순히 기술적, 경제적인 면 뿐만 아니라 산업부문에서 중요한 의의를 가지고, 과학기술의 발달과 함께 진보하고 있다. 지역난방의 성장율은 전력공급의 성장율보다 높게 되고 있다. 주택난방의 성장율이 높다는 것은 주택산업의 성장율이 높다는 것과 밀접한 관계가 있다. 동독에서는 1970년과 비교하여 1990년까지 다음과 같은 성장율이 전망되고 있다.

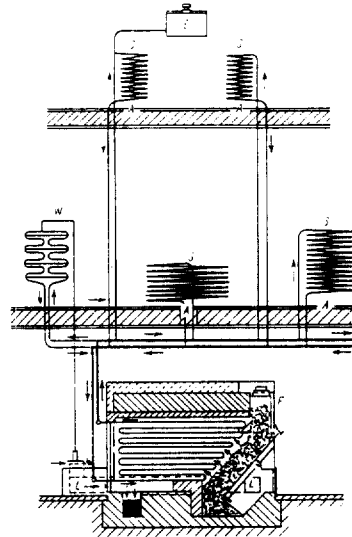
- i) 주택의 절대수 약 10%
- ii) 동독에서 주택의 총바닥면적 약 16%

지역난방의 10년간 기술적 진보는 대단히 발전하여 오늘날의 성숙한 설비가 되었다. 이 경우 발전 플랜트 기술은 2차축 난방기술의 발전과 함께 발달하였다.

난로에 의한 난방, 각종 중앙식 난방(로마시대의 바닥난방, 중국의 공간난방, 덕트를 이용한 난방, 굴뚝을 이용한 난방, 온풍난방), 온수난방, 고온수난방의 경험을 거쳐 지금의 지역난방의 기초가 만들어졌다. 특히 영국의 고온수난방의 고안이 기술적으로 중요한 이정표가 되었다. 1831년 6월 30일에 Perkins는 건물의 난방장치에 관해 특허를 취득했다. 그는 거기에서 180°C 까지의 고온수를 사용하는 밀폐식 난방시스템을 사용하였다. 그러나 당시의 공업기술수준이 낮았고, 온수난방을 넓게 보급하기에는 미흡했다.

중앙식 열공급을 가능하게 한 공업기술은

19세기 중반에 당시의 선진공업국에서 발전했다. 온수와 수증기를 열매로서 넓게 사용하였고, 사회적 및 산업적 인구의 과밀지대가 출현했다. 따라서 전기에너지, 가스, 수도 등의 지역공급이 급속하게 발전했다.



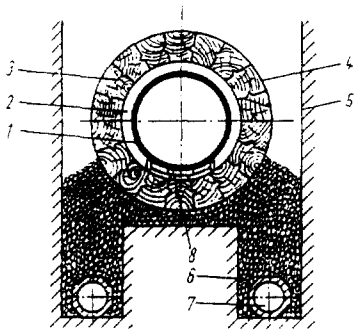
- A : 난방장치
- E : 팽창수조
- F : 裝入 hopper
- L : 급기
- S : 난방코일
- W : 축열조

그림 1.1 Perkins 고온수 난방

지역난방의 발전은 유럽보다는 북미에서 활발하였다. 20세기초에는 미국에서 100 플랜트 이상의 열병합 발전소가 가동되었다. Rockport 출신의 Holly가 큰 공헌을 하였다. 조명용의 발전소가 건설되기 전에 지역난방은 실시되고 있었다. 에디슨이 조명의 아버지로서, 지멘스가 산업용 발전기의 발명자로서 인정된 것처럼 Holly는 지역난방의 개척자로서 인정받고 있다. Holly는 이미 1876년에 많은 건물에 난방설비를 시공했다. 1년후에 Holly는 최초의 대형 설비(배관망 연장 5km)를 건설했다. 여기에서 처음으로 장래의 확장에 대응할 수 있는 설비가 건설되었다. 호리는 난방전용 플랜트에 폐증기를 이용하는 방법에 관해 특허를 얻었고(1882년), 후에 활발하게 된 열병합 발전의 기초를 구축했다. 배관부설 방법에 관해서는 이미 기술적으로도 경제적으로도 유리한 방법이 실현되고 있었다.(그림 1.2 및 그림 1.3 참조).

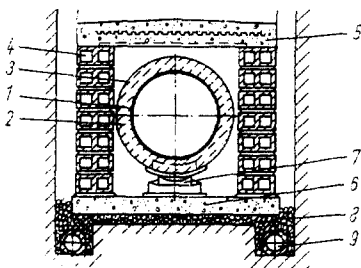
표 1.1 중앙식 열공급의 역사적 발전에 대한 년표

년 대	과학기술적 발전양상
기원전 3세기	중국 : 공간난방(마루, 벽 중에 연도덕트설치)
기원전 140년	이탈리아 : 로마의 공동목욕탕이 위와 같은 방법으로 난방
기원전 100년	바닥온풍난방이 고대 로마인의 전형적인 주택난방으로서 보급(온수가 사용된 것이라 추측된다)후에 북구에서 연도난방으로서 실시
14세기	온풍난방의 채용
1652년	온실에 대한 저압 증기난방 건설에 관한 Hugh가 기술지침을 작성
1745년	영국인 Obert Cook가 증기난방에 대해 최초의 제안
1769년	James Watt, 최초의 증기기계 개발
1770년	James Watt가 자신의 공장과 주택을 증기를 사용하여 난방
1777년	Bonnamann이 파리의 아카데미에서 계란부화를 위해 온수난방을 전시
1790년	프랑스의 Chabannes 후작이 다층 건축에 대해 온수난방을 시공
1799년	Neil Snodgras가 견직물, 모직물 공장에서 증기난방을 채용
1817년	Ludwig Catel이 교과서 「증기난방」을 저술
1818(1824)년	영국인 Tretgold가 중앙에서 270m 떨어진 온실과 종묘원 건물을 난방했다.
1831년 6월 30일	영국인 Anger March Perkins가 건물난방장치에 대한 특허취득
1840년경	프랑스의 물리학자 Peclet와 영국인 기사 Charles Hood에 의한 온수난방에 대한 교과서 저술
1853년	룩셈부르크 궁전에서 총연장 800m의 난방장치 건설
1864년	막테볼크 : 별장 및 아우구스티노 수도원에서 온수난방을 실시
1867년 1월 17일	Werner Siemens가 다이아몬드원리의 발명
1867년	베를린 시청에 온수난방을 건설
1871년	독일 : 증기난방법 제정
1876년	미국 뉴욕주, Rockport 출신의 Birdsill Holly가 고온수난방을 많은 건축에 실시
1877년	Holly가 뉴욕주 록홀에서 주택, 사무실, 청사를 증기난방하는 5km의 배관망을 가진 최초의 대형설비를 건설
1880년	드레스덴의 종묘원 소유자 Liebig이 200m 떨어진 장소에서 강제순환온수난방을 실시
1882년	미국 : Holly증기 콤비네이션 회사가 미국 지역증기 회사로 특허를 양도
1885년	미국에서 최초의 열공급 플랜트를 가진 발전소 건설
1889년	Ottumwa(Jowa) 철도 및 전력회사에 의한 폐증기 이용(열병합발전)에 대한 Holly의 특허이용
1895년	드레스덴 : 문화시설(바로크 방식의 궁전, 중정과 오페라좌 등)을 증기로 난방 실시
1900년	드레스덴 : 歐洲에 있어서 최초의 지역난방 플랜트(열매는 증기)
1903년	베텔스볼크 : 13동의 소아병원에 열공급 시스템을 완성(열매는 증기)
1904년	뉴욕 : 4개의 지역난방 플랜트 건설
20세기초	미국 : 보다 큰 규모의 지역난방 플랜트의 발달, 100개소 이상의 지역난방 플랜트의 운전



1. 배관(보통 석면으로 피복) 2. 공기층
3. 목재피복 4. 방수피복
5. 토지가 습지대일 경우 콘크리트를 사용
6. 자갈 기초 7. 드레인 배관 8. 배관 지지재

그림 1.2 목질 단열재부착 배관부설



1. 배관 2. 단열재 3. 함석관 4. 공동블럭
5. 철근콘크리트 천정 6. 콘크리트 바닥
7. 로라 지지 8. 모체 기초 9. 드레인 배관

그림 1.3 공동(空洞) 블럭을 쌓은 공동구 배관부설

19세기 말에는 독일에서도 보일러실이 있는 집을 건축하게 되었다.

1880년에서 1895년경에 베를린과 드레스덴에 최초의 발전소가 건설되었다. 개별의 직연 소방식 난로는 화재의 위험성이 있었고, 드레스덴의 중심부에 있는 문화시설(바로크 방식의 궁전정원과 오페라 극장 등)을 심한 연기와 매연의 공해에서 보호하기 위해 1895년에

마을에서 떨어진 장소에 중앙난방 플랜트를 건설하는 계획이 추진되었다. 1900년까지 드레스덴의 백호프 대로에 歐洲 최초의 열병합 발전소가 건설되었다.(그림 1.4 참조)

이것에 이어서 미분탄 연소 복사 보일러 및 제어장치가 있는 추기터빈을 이용하여 고효율의 난방전용 플랜트 및 열병합 발전소가 출현했다. 당시의 상황으로는 큰 시스템의 열병합 발전, 경제적인 배관 부설방법의 채용, 운전관리나 제어의 새로운 수법 등의 특징이 있었다.<sup>(11)</sup>

표 1.2 1978년말에 있어서 동독의 주택 통계 (단위 : 1000호)

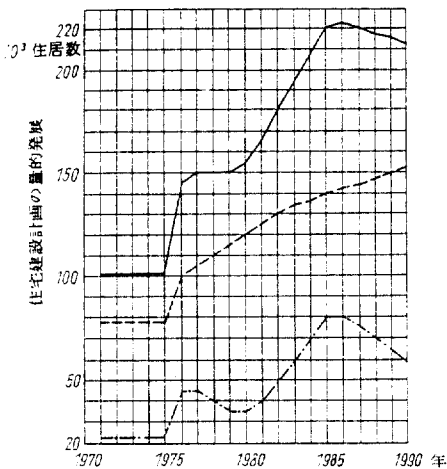
동독 총수	6 618	Karl-Marx-Stadt	834
수도 베를린	498	Leipzig	576
州		Magdeburg	505
Cottbus	338	Neubrandenburg	224
Dresden	739	Potsdam	428
Erfurt	457	Rostock	312
Frankfurt	264	Schwerin	214
Gera	292	Suhl	208
Halle	729		

동독에서의 지역열공급 발전은 1971년에서 1975년까지 34만호의 주택이 신축되었으며, 그 중 약 26만호가 지역 열공급으로 접속되므로서 큰 비약을 하였다. 1975년 12월 31일 현재에 전주택 645만호(표 1.2)중 12.5%에 지역난방이 공급되고 있다. 1976년부터 1980년 사이에 약 41.5만호의 주택에 새로운 지역열공급이 접속되었다. 1975년에는 78.5만호의 주택이 지역열공급을 받고 있었으나 1980년에는 이것이 120만호로 증대될 것이다. 이것은 공영(公營) 열공급 시설에 있어서 150%의 공급능력을 기대하고 있기 때문이다. 1990년에는 동독 전주택의 1/3이 지역난방에 의해서 열공급을 받을 것이다. 이것은 신축계획과 노후건물의 개수계획 신장의 영향도 받았기 때문이며, 그 발전양상을 그림 1.5에 나타낸다. 동시에 그림 1.6에 난방방식이 어떻게 변화하

는가의 예측을 표시했다. 도시건축의 발전과 복합화된 장소에서 과밀한 주택건설 등에 있어서는 지역열공급 이 외에 적당한 열공급 방법은 없다. 도시에 있어서 건물이 집중되어 건설된다면 지역열공급을 필요로 하고, 지역 열공급이 부설되면 도시의 발전을 조장하는 상승효과가 전망된다.

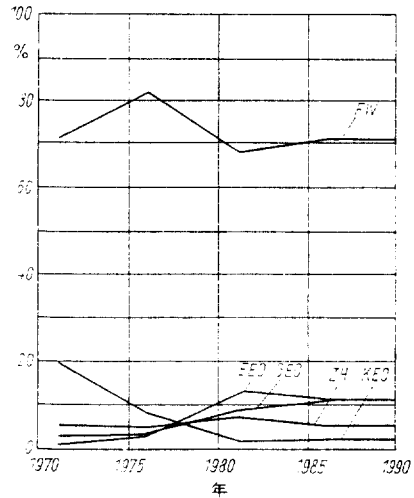


그림 1.4 歐洲 최초의 열병합 발전소



— 주택총수    - - - - 신축    - · - · - 개축

그림 1.5 동독일에 있어서 1990년까지의 주택건축의 양적 발전



FW 지역난방 EEO 개별식 전기스토브 GEO 개별식 가스스토브 ZH 중앙식 난방 KEO 개별식 석탄스토브

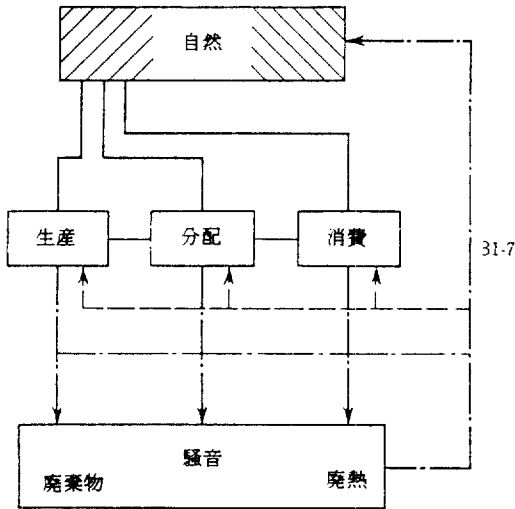
그림 1.6 신축건물에 대한 난방방식의 구성과 발전

지역열공급의 이점으로서 다음의 항목을 들 수 있다.

- 에너지 경제적 효과
- 공해방지규정을 근거로 한 운전이 가능
- 고도로 쾌적성 요구가 만족
- 연료수송이나 재 등 소각폐기물 수송 등의 업무가 생략 가능

(2) 지역열공급과 환경보호

자연환경이 있고, 한편으로 생산분야, 소비분야가 있으며, 이 사이에 에너지와 물질의 순환이 이루어지고 있다. 이 순환 사이클 중에 지역열공급이 편입되면 자원과 에너지의 채굴에 의한 환경변화 외에 소유, 열(폐열), 유해물질에 의한 환경변화가 발생한다. 열뿐만 아니라 사용된 모든 에너지도 최종적으로는 다시 열의 형태로 환경에 방출되기 때문에 에너지 변환, 수송, 이용에 의한 에너지의 모든 것이 열적 환경오염의 주요인자가 된다(그림 1.7 참조). 표 1.3에서 표 1.6에는 환경관련 용어해설 및 각종 규제사항이 나타나 있다.



//// 바람직한 변화

\\\\ 바람직하지 않은 변화(장해)

그림 1.7 에너지 및 물질순환에 의한 자연의 영향

그러나, 1차 에너지 투입에 의한 자연의 열평형 붕괴를 과대평가할 필요는 없다. 현재 1차 에너지의 투입량은 동독의 평균일사량의 1%에 지나지 않는다. 발전을 위한 냉각수를 공급하기에는 여러가지 문제가 있다. 중간에너지 형태에 있는 열을 얻기위해서 원자력 발전이나 화력발전의 폐열 및 일반 프로세스의 폐열이 이용되고 있고, 또 직접열을 얻는 전용 플랜트가 이용되고 있지만, 이러한 이용방법은 금후 10년간 변화하지 않을 것도 예상된다. 또, 연소가스나 순환 프로세스의 폐열에 관해서 많이 이용될 것이 기대된다. 연소폐가스로부터의 열회수에 관해서는 저렴한 가격으로 폐가스의 노점온도 가깝게 온도를 내려 회수를 할 수 있다. 순환 프로세스에 있어서 폐열의 비율은 전효율에 관계하고, 최대 43%로 계산해야 한다. 소음공해 문제로는 열공급의 경우는 큰 문제로는 되지 않는다. 가스터빈을 이용할 경우는 충분한 조치를 강구할 필요가 있다.

표 1.3 환경오염에 대한 용어해설

용어	해설
방출오염물질	· 설비 또는 장치에서 방출되어 대기중에 도달하는 공기오염물질(고체, 액체 또는 기체)
유입오염물질	· 영향을 받는 장소의 근방, 즉 일반적으로는 지상 1.5m 범위를 한정된 재경지에서는 그 상부, 또 건물표면에서는 1.5m떨어진 공간에서 측정되는 공기오염물질. 계량단위는 mg/m <sup>3</sup> (공기), 침강먼지의 경우는 g/m <sup>2</sup> · 30d
MIK 값	· 물질의 최대허용 유입농도 · 그 농도를 염수, 또는 그것 이하로 유지할 경우에는 현재의 과학지식에 의하면 일반적으로 인체에는 전혀 영향이 없다고 생각되는 공기 오염물질농도 · 각각의 단독 공기오염물질에 대해서만 유효하고, 복합오염에 대해서는 유효하지 않다. · 각각 15분동안 당 평균농도로 표시되는 단시간의 값이다.

표 1.4 소음공해에 대한 허용한계치

지 역	상당연속소음레벨의 최대허용치 Lep, dB(A)		최대음압레벨 dB(A)
	6 ~ 22시	22 ~ 6시	
요양, 레크레이션지역			
소음방지지역	45	35	85
주택지역	50	40	85
혼합지역	55	45	90
공업지역, 시 중심가	60	50	95

재료생산에 의한 환경오염은 연소잔유재, 연소잔해 및 연료가스의 디스트상 및 가스상 물질로 분류된다. 열공급설비에 관해서 살펴보면 대다수의 나라에서는 개별의 분산방식이 많이 이용되고 있다. 이것들의 작은 설비에서는 낮은 장소에 오염물질이 배출되기 때문에 특히 대도시에서는 시가지구 및 주택지구에서 큰 오염이 출현할 가능성이 있다. 큰 열병합

발전소 및 난방전용 플랜트에서는 높은 굴뚝을 채용하고, 한편 적절한 공학적 처치를 강구하므로 지상에 낙하해 오는 폐가스가 충분히 희석되는 것이 보증된다. 그럼에도 불구하고 현재 인구 과밀지대에 있어서는 SO<sub>2</sub>에 대해 법정 MIK치를 넘지 않도록 한층더 노력이 필요하다.

표 1.5 유입할 때의 위생학적 허용한계 농도<sup>(1, 2, 3)</sup>

물 질 명	위생학적 허용한계농도 (mg/m <sup>3</sup> ) [MIK 값]	
	단시간의 값	24시간의 값
납과 그 화합물(4에칠연과 유화연을 제외, pb로 계산)	—	0.0007
염화수소	0.05	0.015
일산화탄소	6.00	1.0
페놀	0.01	0.01
금속성 수은	—	0.003
그을음	0.15	0.05
이산화유황	0.5	0.15
유화탄소	0.03	0.01
유화수소	0.008	0.008
산화질소, N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 로 계산	0.3	0.1
비유독성 먼지	0.5	0.15

공업지역 : MIK 값의 약 50% 초과 는 허용된다.  
주택지역 : MIK 값의 약 20% 초과



표 1.6 사용하는 열에 의한 공기중의 방출오염(kg/GJ)<sup>(1, 2)</sup>

a) 중앙식 열공급 천연가스연소 중앙식난방	분진 및 그을음	CO	KW	NW <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
	0.04	2.92	0.04	1.67	0.08
천연유연소 중앙식난방	0.08	2.09	0.04	1.25	4.6
코크스연소 중앙식난방	1.67	41.68	0.04	3.75	17.15
증유발전예 의한 전력사용의 전기축열로	2.09	1.25	0.125	13.8	49.8
석탄발전예 의한 전력사용의 전기 축열로	10.90	1.25	0.125	12.5	55.2
b) 개별스토브난방 천연가스	0.04	5.85	0.04	1.67	0.08
경유	0.04	4.6	0.08	1.25	4.6
갈탄브리켓트(평균치)	13.0	32.0	33.4	2.09	9.6
석탄브리켓트	38.4	63.8	6.25	2.09	20.05
증유발전예 의한 전력사용의 전기스토브	2.09	1.25	0.125	13.4	48.0
석탄발전예 의한 전력사용의 전기스토브	10.40	1.25	0.125	13.4	53.0

CO : 일산화탄소 NO<sub>x</sub> : 산화질소 KW : 불연성탄화수소 SO<sub>2</sub> : 이산화유황

위생학적 요구 및 법적 규제가 지역계획 및 기술적 개념의 기본으로 되어 있다. 세심한 분석이 필요하고, 법규정을 준수하고 있는 것을 확인해야 한다. 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 유입에 관해 장기간 연속측정을 하는 것은 측정기술 상에도 곤란하고, 경제적 부담도 크다. 반복법, 예측평가를 고려한 계산모델을 작성하는 편이 실현성이 높다. 샷톤에 의해서 모든 기체 및 고체의 유해물질(입경 10 μm 미만)에 대해서 원칙적으로 적용할 수 있는 제안이 이루어졌다.

SO<sub>2</sub>방출에 관해서 다음식이 성립한다.

$$K = \frac{2 \cdot 10^2 Q}{C_y C_z u x^{2-n}} \exp \left[ - \frac{1}{x^{2-n}} \left( \frac{y^2}{C_y^2} + \frac{H^2}{C_z^2} \right) \right]$$

여기서, K : 지상근처의 SO<sub>2</sub> 농도(mg/m<sup>3</sup>), Q : SO<sub>2</sub> 방출량(kg/s), x : 바람 방향에 대한 위치좌표(m), y : 바람 방향과 교차하는 위치좌표(m), u : 평균풍속(m/s), C<sub>y</sub> : 수평난류

파라미터(m), C<sub>z</sub> : 수직난류 파라미터(m), H : 유효굴뚝높이(m), n : 안정 파라미터

이 확산의 계산은 도면을 그리기 위해 Holland와 Flemming에 의해 개발이 되었다.<sup>[1.6.7]</sup> 빈도(16의 각방위)로서 풍향을 고려한 방출원 주위 장기간의 평균농도 평가에서 다음식이 도입되었다.

$$K_1 = \frac{16 \cdot 10^4 f_r Q}{\pi \sqrt{\pi} u C_x x^{2-\frac{n}{2}}} \exp \left[ - \frac{H^2}{C_z^2 x^{2-n}} \right]$$

여기서, K<sub>1</sub> : 16의 각 방향에 있어서 장시간의 평균농도(mg/m<sup>3</sup>), f<sub>r</sub> : 풍향빈도 또는 상대유입기간(%)

동독의 인구 2만명 이상의 중규모 이상 112개 도시에 대해 SO<sub>2</sub> 방출의 평가는 표 1.7에 표시한 난방방식의 구성, 주택 1호당 거주자수 2.5~3인이라는 가정을 기초로 하고 있다.

표 1.7 거주부분의 난방에 있어서 난방방식의 비율

난방방식의 종류	도 시 인 구		
	2~5만명	5~10만명	10만명 이상
고체연료에 의한 개별스토브	90%	85%	80%
지역난방	3%	7%	12%
건물내 설치 보일러 또는 보일러실에 의한 중앙식난방	4%	4%	4%
전기축열난방	1%	1.5%	1.5%
가스난방	2%	2.5%	2.5%

표 1.8 도시의 SO<sub>2</sub> 방출량

도시 수	인 구	세 대 수	SO <sub>2</sub> 방출량 (kg/s)
13	10만명 이상	1 622 285	14.20
16	5~10만명	385 151	3.26
83	2~5만명	938 945	8.57

사용연료의 유황 함유량은 라이프치히 가까운 채탄지대에서의 석탄에 대해서는 2.1% 및 라우지츠의 갈탄에 대해서는 0.9%에 달한다. 계산결과를 요약하여 표 1.8에 표시했다.

이 조사에서 대상으로 한 동독의 112개 도시, 2 946 284 세대에서는 약 26 kg/s의 아황산가스(SO<sub>2</sub>)를 방출한 것으로 된다. 아황산가스 방출량은 예상대로 대도시에서 크고, 2만~5만의 인구 도시의 약 1.7배이며, 5만~10만의 인구 도시의 약 4배가 된다.

연료유 연소인 경우 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 방출량에 관해서는 충분한 정도로 미리 계산되거나 천연가스 연소인 경우에 방출되는 NO<sub>2</sub>의 발생량은, 특히 연료유에 관해서는 충분한 정도로 계산하는 것은 불가능하다. NO<sub>2</sub>의 발생량은 연료에 의존할 뿐아니라 특히 열발생장치의 특성(예를들면 연소실온도, 고온연소의 접촉시간, 연소실의 형상 치수 등)에 의존한다. 동독에서는 기체에 대해서 다음의 Sigal 식에 의해 계산을 하고 있다.

$$NO_2 = AD_2^{0.8} q_v^{0.5} \alpha_f^3$$

여기서, D<sub>a</sub>: 연소실 상당직경(m), q<sub>v</sub>: 연소실 용적의 열하중(Gcal/m<sup>3</sup>h), α<sub>f</sub>: 연소실의 잉여공기비, A: 비례정수(A=0.17)

“고체 및 기체물질의 방출량은 에너지의 발생효율에 반비례한다”라고 하는 것은 일반적으로 통용된다. 연료사용량을 감소시키는 것으로 기본적으로는 환경오염에 대한 영향은 감소한다. 쓰레기소각 플랜트의 폐열을 지역 난방에 이용하는 것은 좋은 방법이다. 동독(베를린)에 있어서는 1974년에 최초의 쓰레기소각 플랜트를 운전하였다. 플랜트 최초의 건설단계에서 180 000t/d의 쓰레기 처리능력은 시의 수집 쓰레기의 약 30%에 상당한다. 현재 처리능력을 2배로 확장할 예정이다.

표 1.9 쓰레기소각 플랜트의 연소가스 성분

잉여공기	λ = 1	λ = 1
O <sub>2</sub>	0%	8%
CO <sub>2</sub>	12%	8%
H <sub>2</sub> O	30%	20%
N <sub>2</sub>	55%	64%
SO <sub>3</sub>	0.005%	
HCL	0.040%	
SO <sub>2</sub>	0.050%	

최초의 쓰레기소각 플랜트 완성으로 47 MW의 열발생이 얻어진다. 그 중, 2기인 증기 발생기(2×35t/h)의 증기 조건이 같은 장

소인 열병합 발전소(9 MPa, 525°C)의 발생증기 조건과 일치하기 때문에 발전소의 증기주관에 직접접속할 수 있다. 쓰레기의 발열량은 3.350~7.550kJ/kg의 범위로서, 평균 5,900 kJ/kg이다. 연소가스는 더스트 함유량을 0.3 g/m<sup>3</sup>으로 감소시키는 고성능 필터를 통과시킨 후, 열병합 발전소의 공동굴뚝으로 유입시킨다.

연소가스 성분은 표 1.9에 표시한 바와 같다. 여기까지의 운전결과에서 이것들의 값을 확인할 수 있고, 쓰레기 중에 1~2% 함유된 플라스틱에 의한 영향은 거의 무시할 수 있었다.

### 1.2 에너지 경제상의 유효성

지역열공급은 연료의 합리적 이용, 즉 변환 효율에 영향을 준다. 그림 1.8에 표시한 연료의 변환회로, 즉 열, 발전, 에너지 이용의 변환회로에 대한 평균치에서 지역난방 기술에 관해 다음 2가지를 들 수 있다.

- i) 지역난방 기술 채용에 의해 연료와 연소가스의 변환효율이 높다면 개별의 분산방식과 비교하여 기술적 우위성이 인정된다.
- ii) 연소가스에서 전력과 열로의 변환효율을 전반적으로 개선하기 위하여 열병합 발전이 채용된다.

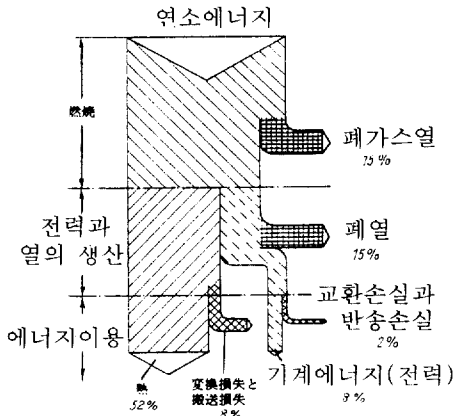
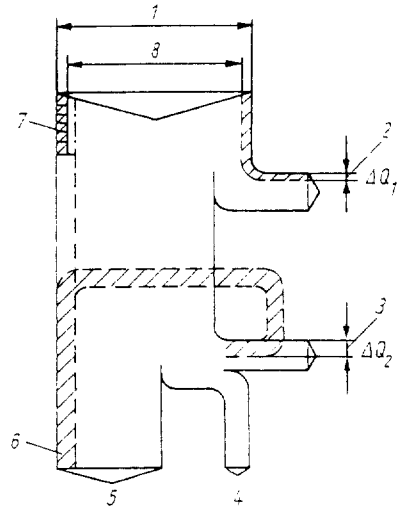


그림 1.8 열과 기계에너지의 준비를 위한 에너지 흐름도



- 1. 비열병합 발전의 프로세스 연료의 열
- 2. 폐가스열의 절약 3. 순환 프로세스의 폐열 절약
- 4. 기계에너지(전력) P 5. 열  $\dot{Q}_H$
- 6. 열병합 발전 유지분 7. 미가공 에너지의 절약  $\dot{Q}_{Br}$
- 8. 연료열의 감소

그림 1.9 열병합 발전에 대한 에너지 평형

그림 1.9는 에너지 흐름도이지만, 전기출력 P 및 열출력  $\dot{Q}_H$ 를 필요로 할 경우에 열병합 발전 프로세스에서의 폐열이용에 의하여  $\dot{Q}_{Br}$ 의 연료절약이 가능하게 되는 것을 표시하고 있다. 환경의 열오염이 감소함에 따라 다음과 같이 개선된다.

- i) 폐가스 열의 감소에 따라 유해물질의 방출이 감소한다( $\Delta Q_1$ ).
- ii) 순환 프로세스의 폐열이 감소하는 것에 따라 냉각수가 직접 절약된다( $\Delta Q_2$ ).

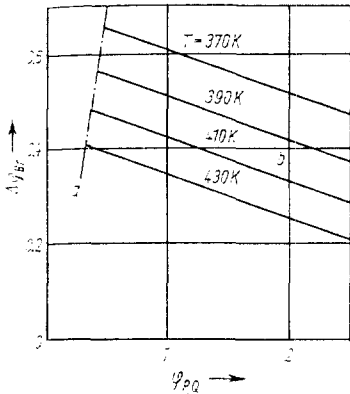
연료절약에 관한 분석적 고찰에서 무차원 형태로 다음 식이 도입된다.

$$\Delta\psi_{Br} = \frac{\Delta Q_{Br}}{Q_H} = \Delta q + \psi_{P,Q} \frac{1}{\eta_{DE} \eta_G} (q_{KW} - 1) - \psi_{KO}$$

여기서,  $\Delta Q_{Br}$ : 열병합 발전을 하지 않는 경우의 연료 에너지의 상대적, 절대적인 감소,  $\Delta q$ : 난방전용 플랜트에 있어 증기생산과 열병합 발전소에 대한 증기생산 사이의 비필요

열량의 차,  $\psi_{P,Q} = P/\dot{Q}_H \equiv \sigma_{HKW}$ : 전력평가지수(2장 참조),  $\eta_{DO}$ : 열병합 발전소에 있어 증기생산효율,  $\eta_G$ : 발전기효율,  $q_{KW}$ : 발전기의 열소비량,  $\psi_{KO} = (\dot{Q}_{KO}/\dot{Q}_H)(1/\eta_{DE})$ : 비폐열부하,  $\dot{Q}_{KO}$ : 열병합 발전 프로세스의 폐열

그림 1.10은 온도 T, 난방열량, 난방열출력  $\dot{Q}_H$ , 그 비  $\psi_{P,Q}$ 에 대한 함수로써 연료절약을 표시하고 있다. 또, 지역열공급에 열병합 발전을 도입하는 것으로써 환경조건의 개선도 가능하다. 오염물질 방출량의 감소에 대해서는 발전량 감소는 거의 연료절약량에 비례한다는 관계가 성립한다.



a: 배압엔진, b: 추기엔진

그림 1.10 열병합 발전에 있어서 연료의 절약 계산의 기초가 된 수치를 사용하여 단위광당의 폐열부하는 다음으로 표시된다.

$$\psi_{KO} = 1.52\psi_{P,Q} - 1.14 \left( \frac{610}{T_H} - 1 \right)$$

폐열이용의 가능성 및 열병합발전의 가능성은 기술적 요소, 전력 수요 및 열수요에 의해 결정된다. 국민생활용에 사용되는 평가척도로서 현재 예를들면 열출력  $\dot{E}_Q$ 에 대한 전기출력 P의 비로서, 대부분 다음식이 이용되고 있다.

$$\left( \frac{\Delta P}{\Delta \dot{E}_Q} \right)_v = 0.4$$

공업기술은 변화해 가고 있는 것으로, 이 비는 금후 전력의 사용증가에 의해 아마 2000년경에는 1의 값에 가깝게 될 것이다. 따라서

그림 1.11에 표시한 직선 1은 폐열이용 및 에너지 이용면에서 열병합 발전에 대한 상한을 표시하고 있다. 그러나, 현재 증기 프로세스의 실제 압력과 온도조건은 이 한계에 달하지 않는다. 장래 가열용 증기로서 필요한 평균압력이 1 MPa로 되면 최대 열공급 발전비는 다음과 같이 될 것이다(직선2).

$$\left( \frac{\Delta P}{\Delta \dot{E}_Q} \right)_k = 0.6 \sim 0.7$$

현재, 증기 프로세스에서 이용되고 있는 증기압력이 낮기 때문에 보일러 압력이 낮게 되고, 그 때문에 발전량도 적게 되기 때문에  $\Delta P/\Delta \dot{E}_Q = 0.4$ 에 머물고 있다. 그러나, 프로세스용 증기압력이 높게 되면 보일러 압력도 상승하고, 그것만큼 발전량(발전효율)도 높게 되며,  $(\Delta P/\Delta \dot{E}_Q)$ 는 차례로 높아진다.

그림 1.11의 점선이 나타내는 것과 같이 전기출력 쪽이 열출력보다 크게 되는 것도 일어날지 모른다. 모든 비용과 설비의 사용시간과의 관계에서 열병합 발전의 최적치가 생긴다. 이것은 동등의 상황에서는 다음의 값으로 표시할 수 있다(그림 1.11의 직선 3을 참조).

$$\left( \frac{\Delta P}{\Delta \dot{E}_Q} \right)_{k,opt} = 1.6 \sim 1.8$$

이것에 의해 폐열이용이 가능하게 되는 범위가 더욱 좁아진다. 그러나 냉각수의 낭비, 폐열에 의한 환경오염을 고려하면 큰 개선이라고 말할 수 있다.

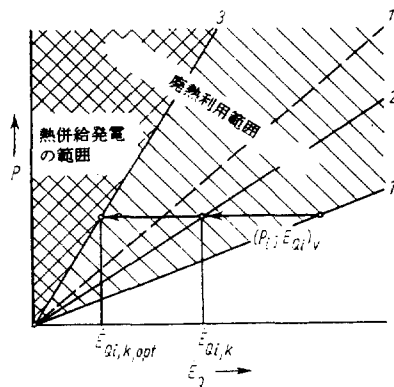


그림 1.11 열병합 발전의 사용범위

1.3 열출력

(1) 열출력의 계산

열의 수용가 또는 수용가군에 대해 공급하는 열량은 건물의 표준 난방부하에 관하여 계산된다. 표준 난방부하는 정해진 외기조건에 있어서 지정된 실온조건을 전일운전에 대해 일정하게 유지하는 데 필요한 열량이다.

$$Q_{B(W)} = \sum \dot{Q}_{L_i} + \sum \dot{Q}_{T_i}$$

여기서,  $i$ : 난방을 하는 실의 수,  $\dot{Q}_{L_i}$ : 환기에 의해 난방부하,  $\dot{Q}_{T_i}$ : 전도에 의한 난방부하

몇개 주택형식의 난방에 필요한 열량을 표 1.10에 표시했다.<sup>(1.10)</sup>

방의 난방에 필요한 열량 외에 급탕가열에 필요한 부하가 있다. 개략계산에서는 급탕부하로서 1주택당 80~120 ℓ/d의 값이 채용된다. 급탕을 위해 50 K 온도상승을 시키면 1주택당 약 4.6~7.0 kWh/d의 열량이 필요하다. 주택의 지역난방 공급망으로의 접속에 관해서 급탕부하는 고려되고 있지 않다.

표 1.10 문헌<sup>(1.10)</sup>에 의한 동독의 몇몇 종류의 주택에 대한 열출력부하

주택의 종류	변형	열출력부하 (MJ/h주택) (kW/주택)	
Q 6		26.7	7.4
P 1		25.1	7.0
JW 64	형 I	17.9	5.0
P- 하례	변형 II	22.3	6.2
	변형 III	24.6	6.3
브란덴부르크		23.1	6.4
마구데부르크		23.1	6.4
C 1 der WBD70	5층건물 4층단	20.4	5.7
썬인고층주택	296의 주택단위를 가진 17/20층	25.8	7.2
QP 71 A 103	10층건물 3층단, 117주호	16.8	4.7
QP 71 A 104	10층건물 4층단, 156주호	16.1	4.5
P 2	11층건물 4층단	28.9	8.0
엘블데 연립주택	5층건물 40주택	20.5 ~ 25.6	5.7 ~ 7.1
	11층건물 84주택	17.6 ~ 18.4	4.9 ~ 5.1
JW 73 게라	5층건물	21.0	5.8

지역난방 배관망의 열출력 산정은 각각 소비자의 신고를 기초로 하고 있다. 개략계산으로 동독의 공공시설 열부하는 표 1.11에 표시한 것과 같은 값이다.<sup>(1.10)</sup> 주택지역(300 人/ha)의 열출력 밀도는 60~90 MW/km<sup>2</sup>의 범위이다. 장래의 열부하 예측계산에 대해서 공공시설에 대한 열부하는 비례배분으로 정해진다. 주택단위로 표시되는 열부하는 다음과 같이 예측된다.

기간	신축건물의 열부하 [kW/주택]
1976~1980년	7.7
1981~1985년	7.5
1986~1990년	7.4

새롭게 개발되는 공업지대에 대한 열출력은 장래의 열수용가의 업종과 그 성격 등의 실태가 불명한 경우는 140 kW/km<sup>2</sup>으로 가정하더라도 지장은 없다. 공업지대에 있어서 수요가의 열부하 개요를 표 1.12에 표시했다.

(2) 기상에 관한 기초사항

지역난방 시스템의 설계나 운전, 또 그 가치에 대한 평가나 열출력은 기상조건에 의존하고 있다. 급탕부하나 공업생산에 의한 부하는 기상의 영향을 별로 받지 않거나, 또는 전혀 받지 않는 반면, 건물의 난방부하는 외기의 기상조건의 영향을 크게 받는다.

건물의 열부하는 기본적으로 외기온도(그림 1.12와 1.13), 풍속(그림 1.14), 일사량(그림 1.15, 1.16 및 1.17)의 영향을 받는다. 습도의 영향은 무시할 수 있다. 강우도 열부하에 대해서는 큰 의미를 가지지 않고, 많은 비가 계속되어 벽돌이나 돌벽이 허용보유수량을 초과하였을 때에 영향을 준다.

건물의 표준 난방부하는 좀처럼 나타나지 않는 나쁜 기상조건을 기초로 하여 계산된다. 동독의 열부하 계산규칙<sup>(1.12)</sup>에서는 설계 외기온도, 설계풍속은 각지방의 기상조건, 건물의 상태에 따라 주어진다. 난방 부하계산에 대해 일사량은 고려하지 않는다. 동독 지방에서는 보통의 경우 1일 평균 외기온도 -11°C, 1일 최저 외기온도 -15°C, 풍속 5m/s가 설계용으로 이용된다. 난방설비의 운전에 대해서는 각각의 실제 기상데이터가 기준으로 된다. 따라서 중간기(가을과 봄)에 있어서는 일사량이 큰 의미를 가지고 있다.

난방부하에 영향을 주는 기상인자는 실무에서는 단순화된 형으로 표시된다.<sup>(1.13~15,17,18)</sup>

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_N} = a_1\theta_m + (a_2 + a_3w)\theta - a_4\dot{I}$$

$$\theta = t_i - t_e$$

$$\theta_m = t_i - \frac{1}{2}(t_e + t_{ev})$$

여기서,  $\dot{q}$ : 난방부하비,  $\dot{Q}$ : 실제의 난방부

하(W),  $\dot{Q}_N$ : 표준난방부하(W),  $t_i$ : 실온(°C),  $t_e$ : 외기온도(°C),  $t_{ev}$ : 외기온도, 24시간 전까지의 각 시간 평균치(°C),  $\theta$ : 실내외온도차(K),  $\theta_m$ : 평균실내외온도차(K),  $w_m$ : 풍속(m/s),  $\dot{I}$ : 벽면에 대한 평균일사량(W/m<sup>2</sup>),  $a_1 \dots a_4$ : 건물정수

표 1.11 주요한 사회적 시설의 열출력 부하<sup>(1.10)</sup>

대 상	용량단위(KE)	열출력부하(KW/KE)
탁아소	수용인원	2.550
유아원	수용인원	1.280
공업고교	교실	23.260
시장	매장면적(m <sup>2</sup> )	0.420
레스토랑	수용인원	15.700
체육관	m <sup>2</sup>	0.350
외래진료소	의사수	78.500
세탁센터	건조한 세탁물량(kg)	2.550
집배센터	저장면적(m <sup>2</sup> )	0.630
클럽시설	수용인원	1.490
병원	1 000 바닥	8.370
외래환자진료소	전문부문	0.081×10 <sup>3</sup>
백화점	매장면적(1 000m <sup>2</sup> )	0.240×10 <sup>2</sup>
대형레스토랑	수용인원(1 000인)	0.675×10
대형주방	1일능력(1 000식분)	0.130×10 <sup>3</sup>
대형세탁소	1일능력(1톤)	0.370×10 <sup>3</sup>
공공건물	수용인원(1 000인)	0.770×10 <sup>3</sup>
극장	수용인원(1 000인)	1.790×10 <sup>3</sup>
영화관	수용인원(1 000인)	0.081×10 <sup>3</sup>
다목적홀	수용인원(1 000인)	0.340×10 <sup>3</sup>
관청건물	총면적(1 000m <sup>2</sup> )	0.116×10 <sup>3</sup>
수영장	수용적(1 000m <sup>3</sup> )	0.400×10 <sup>3</sup>
교통터미널	자동차(1 000대/d)	38.600×10 <sup>3</sup>
우체국	총면적(1 000m <sup>2</sup> )	0.140×10 <sup>3</sup>
도서관	10 000권	0.050×10 <sup>3</sup>

표 1.12 주요 산업 수용가의 열출력 부하<sup>(1.10)</sup>

경 제 분 류	열 출 력 부 하	
	(kW/종업원)	(kW/m <sup>3</sup> )
비누·세탁제·세정제 생산공장	11.1~23.6	0.07~0.095
테라코타제조 및 테라코타 타일 생산공장	5.6~34.8	-
철삭공작기계 조립공장	3.33~9.75	0.042~0.007
방직기계 조립공장	3.33~13.9	0.024~0.07
차 및 트랙터 조립공장과 수리공장	5.6~18.1	0.036~0.07
금속구조물 수리공장과 조립공장	1.4~6.95	0.018~0.047
전기제품·조명기구 생산공장	1.4~6.95	0.018~0.036
금속제품 생산공장	2.2~9.8	0.018~0.036
전자공업제품 생산공장	5.6~9.8	0.024~0.036
선기공업제품 수리공장과 조립공장	2.2~5.6	0.018~0.036
가구·쿠션 제조공장(금속가구는 제외)	6.59~13.9	0.024~0.047
종이·박스용종이·관후지 가공공장	2.2~9.8	0.018~0.036
인쇄공장과 제본공장	1.4~6.95	0.018~0.042
복사·청사진 제작장	1.4~6.95	0.024~0.047
옷 생산공장	2.2~6.95	0.018~0.06
그 외의 기계복·봉제품 생산공장	1.4~3.33	0.024~0.036
도살장	6.95~18.1	0.024~0.06
식육가공장	6.95~13.9	0.053~0.089
낙농장과 치즈 제조소	1.4~4.2	-
제빵공장(과자도 포함)	2.2~9.8	0.011~0.024
양조장	9.8~27.8	0.024~0.016
향료 및 그 외의 식품공장	5.6~12.5	0.042~0.06
건축수리업	1.4~5.6	-
수리공장	1.4~5.6	-
공업제품어매업	0.55~3.3	-
식료품·청과물어매장	0.55~2.2	-

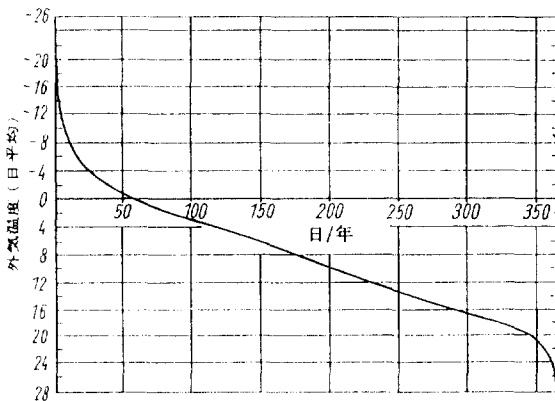
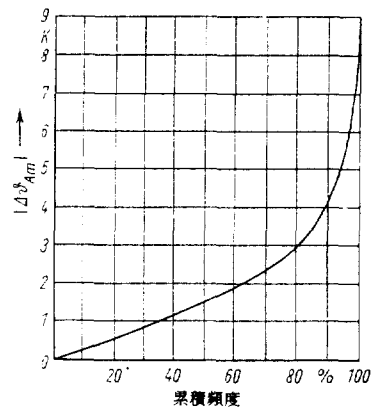


그림 1.12 년간 일평균 외기온도 곡선



확률표본 : 1963~1972년(3,630값)

그림 1.13 전일에 대한 일평균 외기온도의 변동 빈도분포<sup>(1.11)</sup> 칼막스슈타터 관측소

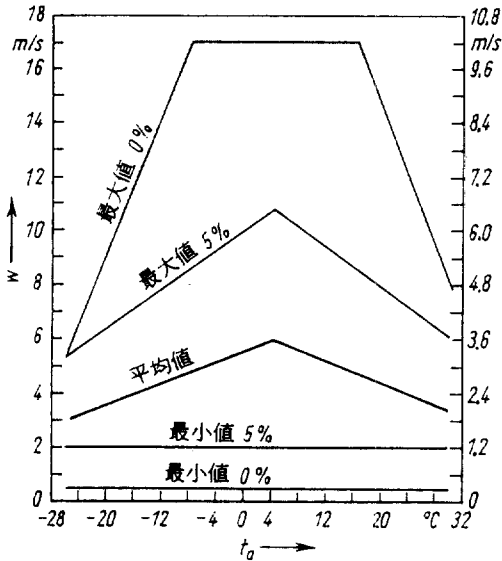
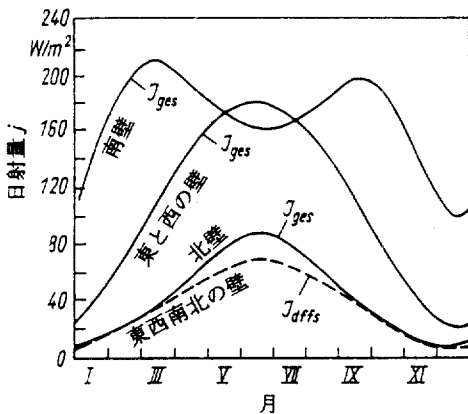


그림 1.14 외기온도(일평균치)의 풍속에 대한 증속확률

곡선은 대단히 이상화되어 있다. 이들 곡선은 반스돌프 기상관측소의 25년간(1917~1941년) 일련의 관측에 의하여 결정된 것이다. 5%라는 표시는 이들 값이 모두 5%까지 초과하는 것을 의미한다.



(혼탁계수  $T = 3.1 \sim 3.4$ )의 태양일의 특정방위에 대한 모든 수직면( $b=0$ )의 일사량(24시간의 일평균)

그림 1.15 북위 52°의 대도시

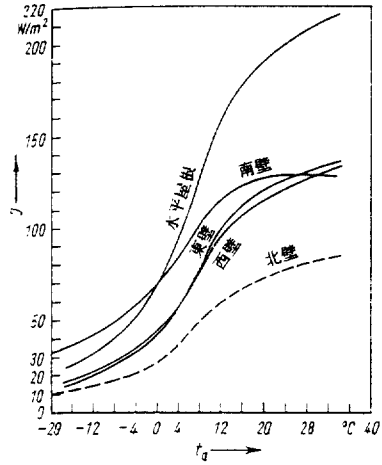
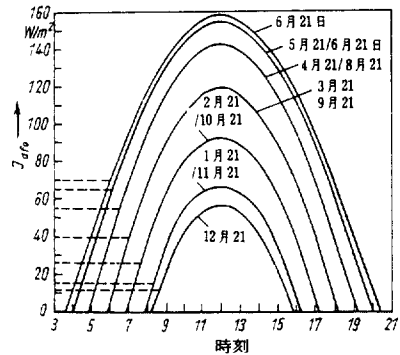


그림 1.16 하스라에 포츠담의 외기온도에 의한 평균 흐린 상태의 특정방위에 대한 모든 수직면 및 수평면의 일사량(24시간의 일평균)<sup>(1.16)</sup>



----- 24시간의 일평균

그림 1.17 태양일의 수직벽면에 대한 확산 일사량의 일변동<sup>(1.15)</sup>

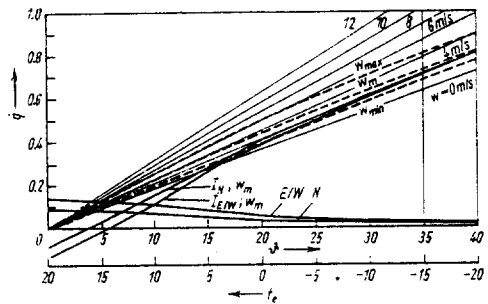


그림 1.18 외기온도, 풍속 및 일사열에 의한 거주부분의 난방에 대한 난방부하비<sup>(1.17)</sup>



건물정수는 건물의 형상, 표준 난방부하 계산에 이용한다는 전제에 의해 결정된다. 특히 이 정수는 외벽의 단열, 창크기 및 기밀성, 계단실, 엘리베이터의 위치, 환기설비의 구성, 위생학적 요구에 의해 결정되는 환기회수 등에 따라 정해진다. 참고로 건물정수를 표시하지만, 이것은 개략치로서만 사용할 수 있다.

$$a_1 = 9.0 \text{ l/K} \quad a_2 = 9.0 \text{ l/K} \quad a_3 = 1.1 \text{ s/m}$$

$$a_4 = 1.2 \text{ m}^2/\text{W}$$

일사열에 있어 확산일사는 건물방위에 대한 영향은 없다. 그러나 직달일사는 방위의 영향을 받기 때문에 적당한 일사조정장치를 조작하는 것 등으로써 잘 이용을 할 수 있다.

그림 1.18에는 외기온도, 실내의 온도차와 풍속, 일사량에 대한 주택난방의 경우의 난방부하비를 표시했다. 평균풍속은 그림 1.14, 일사량은 그림 1.16에서 구할 수 있다. 연속운전이라는 조건에서는 설계 외기온도( $t_{\text{emin}} = -15^\circ\text{C}$ ) 및 이것에 따라 정해지는 평균풍속( $W_m = 2.5\text{m/s}$ )의 경우에 실제의 난방부하는 표준난방부하의 70%에 지나지 않는다. 이 그림은 특히 중간기에 태양열을 이용함으로써 많은 에너지 절약을 하는 것을 나타내고 있다. 이러한 것으로부터 표준 난방부하는 충분한 평가라고는 말할 수 없고, 난방부하비를 이용하여 평가해야 한다.

시간의 함수로서 난방출력부의 계산에 대해 다음의 근사식이 이용된다.<sup>(1.21, 1.22)</sup> (그림 1.19)

$$\dot{Q} = \dot{Q}_p + \dot{Q}_{H\text{max}} (1 - b_1 \tau^{b_2}) \quad 0 \leq \tau \leq \tau_H$$

열공급 설비 운전에 대해 동독에서는 다음의 약속이 적용되어진다. 「연간 예정 난방기간에 있어서 거주부분에 대한 1주일의 주요 이용 기간 중, 실중양에서 19~21°C의 실온이 유지될 것. 1일의 주요 이용시간이라는 것은 5:00~22:00으로 할 것」<sup>(1.23)</sup>

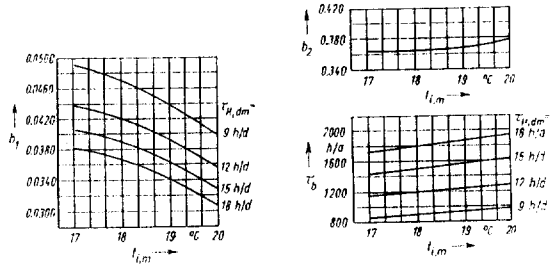


그림 1.19 열출력 특성곡선에 대한 정수

### (3) 열출력 특성

기상곡선에서 일평균 외기온도의 출현빈도, 평균 난방시간, 실온에서 전수요가의 열부하 총계를 구하는 것, 이것에 프로세스용 열부하를 가하는 것, 그리고 해석 근사해 등을 구할 수 있다. 사용된 모든 근사식을 적분하여 다음의 연간 필요량이 구해진다.

$$Q_a = \dot{Q}_{H\text{max}} \left( \tau_H - \frac{b_1}{b_2 + 1} \tau_H^{b_2 + 1} \right) + \dot{Q}_{p\tau B}$$

여기서,  $\dot{Q}$ : 열출력,  $\dot{Q}_p$ : 프로세스용 열출력,  $\dot{Q}_H$ : 난방용 열출력,  $\dot{Q}_a$ : 연간열량,  $\tau$ : 시간,  $\tau_H$ : 난방시간(난방기간을 기초로 하여 만든다),  $\tau_{H,d,m}$ : 평균일 난방시간,  $\tau b$ : 연간이용시간,  $\tau B$ : 연간운전시간,  $t_{1,m}$ : 평균실온,  $b_1, b_2$ : 정수

포츠담의 기호區에 있어서 평균실온에 대한 정수  $b_1, b_2$ 를 그림 1.19에 표시했다. 이것들의 정확한 값은 정확한 값이 제안되지 않는 한 매우 추운 기후區( $t_{\text{amin}} = -18 \sim -20^\circ\text{C}$ )의 경우에도 적용할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- (1.1) Munser, H. : Entwicklungstendenzen der Fernwärmeversorgung. Energietechnik 26(1976) 5, S. 194
- (1.2) Hellmers, P. : Gesichtspunkte für die Erstellung von Fernwärmeerzeugungsanlagen. Heizung, Lüftung, Haustechnik VDJ -Verlag Düsseldorf 23 (1972) 6
- (1.3) Anordnung zur Begrenzung und Ermittlung von Luftverunreinigungen (Immissionen) vom 25. Juli 1968 GBI. II Nr. 80, S. 640ff.
- (1.4) Gesetz über die planmäßige Gestaltung der sozialistischen Landeskultur in der DDR-Landeskulturgesetz-, GBI. I. Nr. 12 vom 14. Mai 1970
- (1.5) Munser, H., und R. Lehmann : Der Beitrag der Fernwärmeversorgung zum Umweltschutz. Referat auf der III. Internationalen Fernwärmekonferenz, Warschau 1976
- (1.6) Holland, J. Z. : A meteorological survey of the Oak Ridge area. Aec-Ref. Oro 99 Atomic Energy Commission, Washinton 1953
- (1.7) Flemming, G. : Recicrische Kartierung langfristiger Rauchgasimmissionen unter Berücksichtigung windklimatologischer, orographischer und biologischer Faktoren. Wiss. Z. Techn. Univers. Dresden 16 (1967) 5, S. 1603
- (1.8) Sigal, J. G. : Die Entstehung von Stickoxyden in Kesselfeuerungen. Archiv für Energiewirtschaft Berlin, West 1971, H. 15
- (1.9) TGL 26760/01 und 02, Ausg. 3.76, Heizlast von Bauwerken
- (1.10) Arbeitsmappe für Fernwärmeingenieure. Institut für Energievererstrung, Dresden
- (1.11) Schuricht, W., A. Herrmann und H. Hünigö Dissertationsschrift TU Eresden 1978
- (1.12) TGL 26760/01 und 02. Ausgabe 3.76 : Heizlast von Bauwerken
- (1.13) Martin, D. : Altorithmus zur Berechnung des täglichen Wärineverbrauchs für Raumheizung in Abhängigkeit von den Wetterelementen. Inst. für Energieversorgung Eresden 1973, Bericht-Nr. : 21/622/73 FE
- (1.14) Martin, D. : Auswertung der wärmetechnischen Messungen an den Wohnraum Heizungsanlagen des Gebäudetyps WBS 70 (6geschossig) in Dresden-Prohlis in den Heizperioden 1978/79 und 1979/80. Inst für Energieversorgung Dresden 1980, Bericht-Nr : 74/1835-(1980)FE
- (1.15) Hänsel, J., D. Martin und D. Uhlig : Zur bedarfsgerechten Versorgung der Fernwärmeabnehmer. Stadt-und Gebäudetechnik, Berlin 36(1982) 2, S. 43-45
- (1.16) Hassler : Die Ermittlung der Zuordnung von Sonnenstrahlung und Außenluft temperatur. Inst. für Luft-und Kältetechnik, Dresden 1966, Bericht-Nr. : LB 383
- (1.17) Martin, D. : Heizlast von Gebäuden in Abhängigkeit von den Wetterelementen. Inst. für Energieversorgung, Dresden 1982(unveröffentlichtes Referat)
- (1.18) Suhuricht, W., A. Herrmann und H. Hünig : Dissertationsschrift Tech-

nischo Universität Dresden 1978

- (1.19) Rouvel, L. : Zusammenhänge zwischen Wärmebedarf und Klimadaen in eier allelektrischen Siedlung. Brennstoff-Wärine-Kraft 21(1969) 3, 5, S. 171-177, 283-290
- (1.20) Dietze, L., B. Brand, W. Kraft und G. Schott : Kühllastberechnung klimatisierter Räume. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 197-
- (1.21) Prinka, B. : Wärmeversorgung eines Stadtgebietes durch mehrere Lieferwerke über ein gemeinsame Versorgungsnetw.
- (1.22) Autorenkollektiv : Wärmeversorgung von Städten. Fachbuchreihe HLS-Technik Band 2, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1971
- (1.23) Ministerium für Kohle und Energie. Ordnung zur Wärmeenergieversorgung Von Wohngebäden und Gesellschaftsbauten zur Sicherung der erforderlichen Raumlufttemperaturen (WW-mO) v. 9. Juni 1977 : Ergänzung durch Ministerratsbeschluss vom 13. Sept, 1979