

2025

제로에너지건축 전문인력 양성교육

알고리즘 실무교육



2025

제로에너지건축
전문인력 양성교육

알고리즘 실무교육

Contents

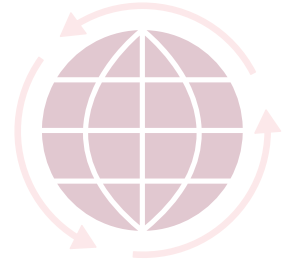
2025 제로에너지건축 전문인력 양성교육
알고리즘 실무교육



PART
A

요소기술

A.1 건물에너지해석 프로세스	10
1. ISO 52000 family	10
2. DIN V 18599:2018_존/조닝	15
3. DIN V 18599:2018_해석프로세스	21
A.2 불투명 구조체 열전달 해석	26
1. 열관류율 이해	26
2. 관류 열전달 이해	33
3. 열교 열전달 이해	38
4. 구조체 일사 열전달 이해	44
5. 구조체 축열 이해	47
A.3 투명 구조체 열전달 해석	54
1. 창호 열관류율	54
2. 창호 설치열교 가산치	59
3. 일사 열획득	63
4. 음영계수	69
5. 온실 일사 열전달	78
A.4 환기(침기/자연환기/기계환기) 열전달 해석 1	80
1. 용도프로필과 기계환기	80
2. 급기온도	83
3. 침기	85
4. 존 침기횡수	87



A.5 환기(침기/자연환기/기계환기) 열전달 해석 2	90
1. 기본개념	90
2. 자연환기 열전달	91
3. 인접존 환기 열전달	98
4. 비냉난방존 환기 열전달	102

**PART
B**

ZEB 에너지요구량

B.1 용도프로필 및 급탕에너지요구량	106
1. 용어 및 기호	106
2. 용도프로필	107
3. 용도프로필 정의 및 예시공간	111
4. 용도프로필 항목	114
B.2 조명에너지요구량 해석	121
1. 조명에너지 계산 프로세스 1	121
2. 조명에너지 계산 프로세스 2	127
3. 조명에너지 계산 예시	131



Contents

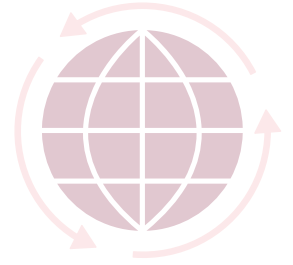
2025 제로에너지건축 전문인력 양성교육
알고리즘 실무교육



PART
C

ZEB 최대부하

C.1 냉·난방최대부하 및 냉·난방시간 해석	142
1. 월별 난방 시간	142
2. 월별 냉방 시간	144
3. 최대난방부하 계산	145
4. 최대냉방부하 계산	150
C.2 난방 및 급탕의 공급, 분배, 저장 에너지해석	154
1. 난방에너지소요량 프로세스	154
2. 프로세스별 부하율	156
3. 프로세스별 공급·환수 온도	157
4. 난방 가동시간	159
5. 난방 공급열손실	162
6. 난방 공급 보조 에너지소요량	171
7. 난방 분배 열손실	172
8. 난방 저장 열손실	174
9. 급탕 공급 및 분배 열손실	176
10. 급탕 저장 열손실	178
C.3 냉방에너지소요량 해석	180
1. 냉방에너지소요량 프로세스	180
2. 공급/분배/저장 에너지손실량 해석	183
3. 생산설비에너지소요량 범위	185
4. 보조설비에너지소요량 계산	187
C.4 팬, 펌프에너지소요량 해석	192
1. 난방용 펌프 에너지소요량	192
2. 급탕용 펌프 에너지소요량	195
3. 팬 에너지소요량	198
4. 가습기 에너지소요량	201



PART
D

ZEB 에너지소요량

D.1 태양열, 보일러소요량 해석	208
1. 태양열 시스템 원리 및 종류	208
2. 태양열 급탕 계산 알고리즘	211
3. 보일러 및 급탕 계산 알고리즘	215
D.2 냉방 생산설비 에너지소요량 해석	218
1. 냉방에너지소요량	218
2. 실외기	222
3. 공냉식냉동기	225
4. 수냉식냉동기	228
D.3 히트펌프 소요량 해석	231
1. 히트펌프 성능 및 온도 등급	231
2. 히트펌프 에너지소요량	242
3. 하이브리드/가스 히트펌프 및 성능	253
D.4 공조기요구량(풍량, 급기온도) 해석	264
1. 용어 및 정의	264
2. 공조에너지요구량	266
3. 풍량검토	268
4. 덕트 열전달과 온도차	273
5. 열회수기 온도차	276
6. 혼합챔버 온도차	277
7. 예열 및 예냉 검토	278
D.5 신재생에너지(태양광, 풍력) 생산량 해석	283
1. 태양광 시스템(EN 15316-4-3)	283
2. 풍력 시스템(EN 15316-4-10)	292



**2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육**

알고리즘 실무교육



**ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS**

PART A

요소기술

[A.1]

건물에너지해석 프로세스

ISO 52000 family

DIN V 18599:2018_존/조닝

DIV V 18599:2018_해석프로세스

[A.2]

불투명 구조체 열전달 해석

열관류율 이해

관류 열전달 이해

열교 열전달 이해

구조체 일사 열전달 이해

구조체 축열 이해

[A.3]

투명 구조체 열전달 해석

창호 열관류율

창호 설치열교 가산치

일사 열획득

음영계수

온실 일사 열전달

[A.4]

환기(침기/자연환기/기계환기) 열전달 해석 1

용도프로필과 기계환기

급기온도

침기

존 침기횡수

[A.5]

환기(침기/자연환기/기계환기) 열전달 해석 2

기본개념

자연환기 열전달

인접존 환기 열전달

비냉난방존 환기 열전달

A.1

건물에너지해석 프로세스

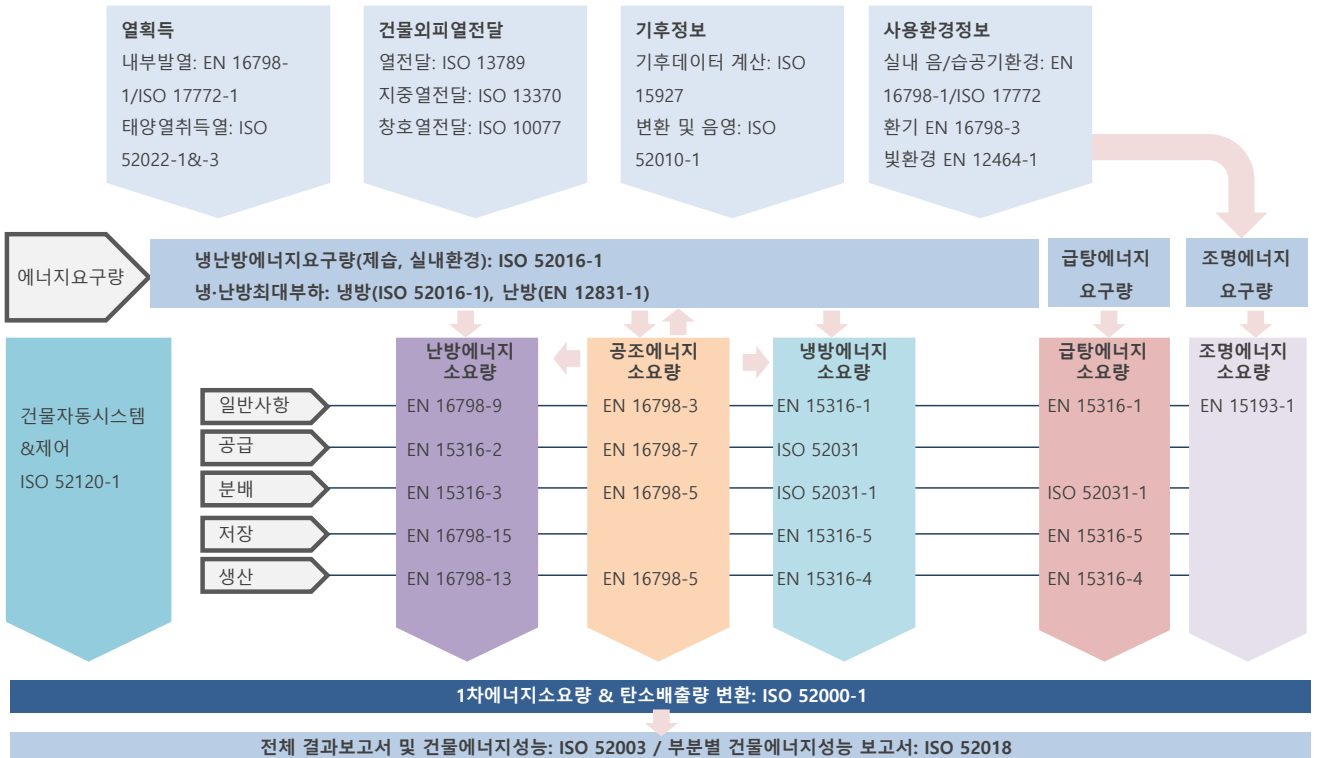
교육 목표

건물에너지해석 프로세스

- * 건물 에너지 해석 체계[에너지 요구량, 에너지 소요량, 1차에너지소요량] 이해
- * 각 설비별 에너지 해석에 대한 일반사항 및 관계성 이해
- * 조닝 및 설비와의 에너지 프로세스 이해

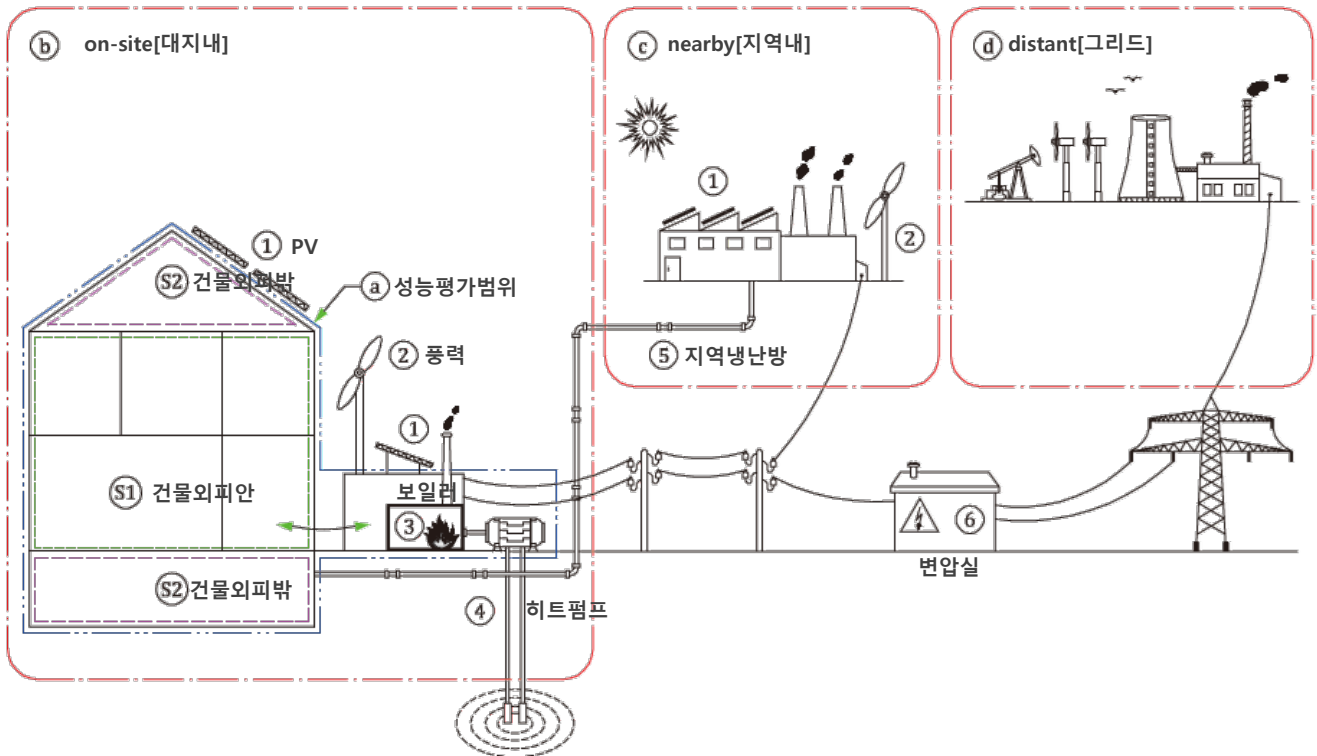
1 ISO 52000 family

◎ ISO 52000 family 건물에너지해석 알고리즘

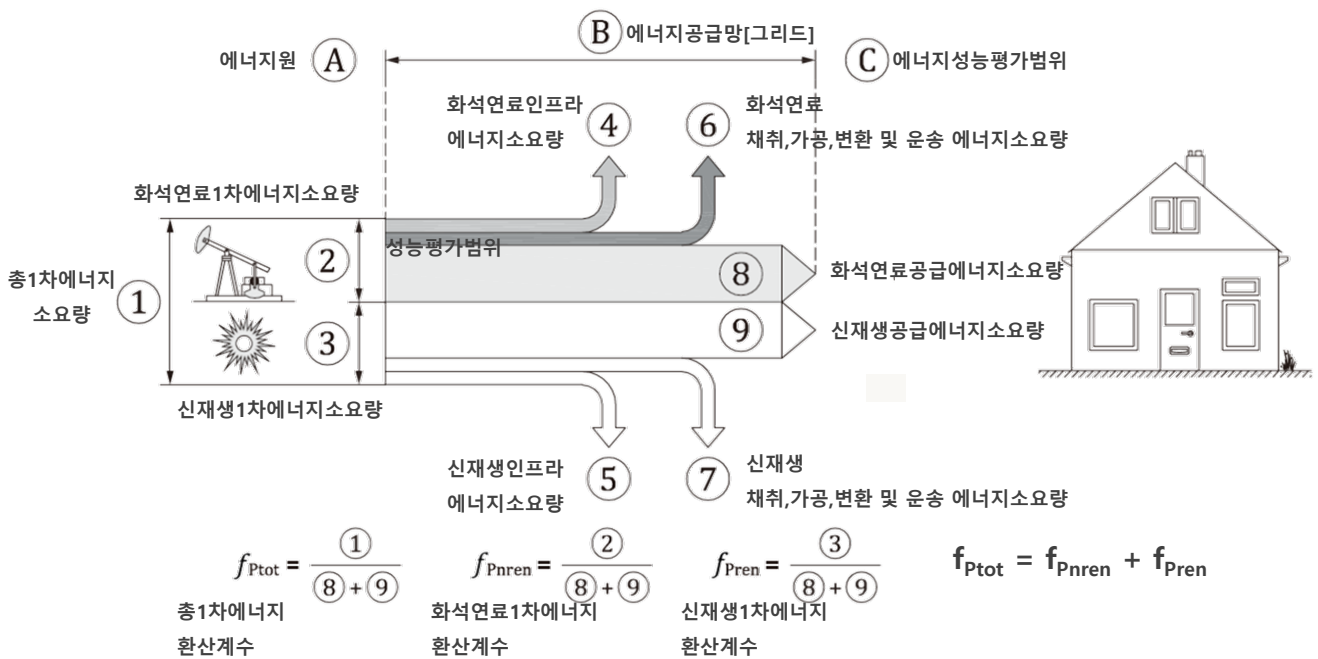


<출처>EPB center, Schematic overview of the overall structure of the new CEN standards for calculation of a building's primary energy performance.

◎ ISO 52000 family 건물에너지해석 알고리즘



<출처>ISO 52000-1 <그림1> Example of a scheme representing the concept of perimeters and assessment boundary



<출처>ISO 52000-1 <그림 2> 1차에너지 환산계수

번호	에너지매체		f _{Pren}	f _{Pren}	f _{Ptot}	CO2 (g/kWh)
	그리드					
1	화석연료	고체	1.1	0	1.1	360
2		액체	1.1	0	1.1	290
3		가스	1.1	0	1.1	220
4	바이오연료	고체	0.2	1	1.2	40
5		액체	0.5	1	1.5	70
6		가스	0.4	1	1.4	100
7	전기		2.3	0.2	2.5	420
지역내						
8	지역난방		1.3	0	1.3	260
9	지역냉방		1.3	0	1.3	260
대지내						
10	태양에너지	태양광	0	1	1	0
11		태양열	0	1	1	0
12	풍력		0	1	1	0
13	주변환경	지열,수열	0	1	1	0
생산공급						
14	전기	그리드	2.3	0.2	2.5	420
15		그외	2.3	0.2	2.5	420

<출처>ISO 52000-1 <표 B.16> 1차에너지 환산계수 및 CO2 배출량

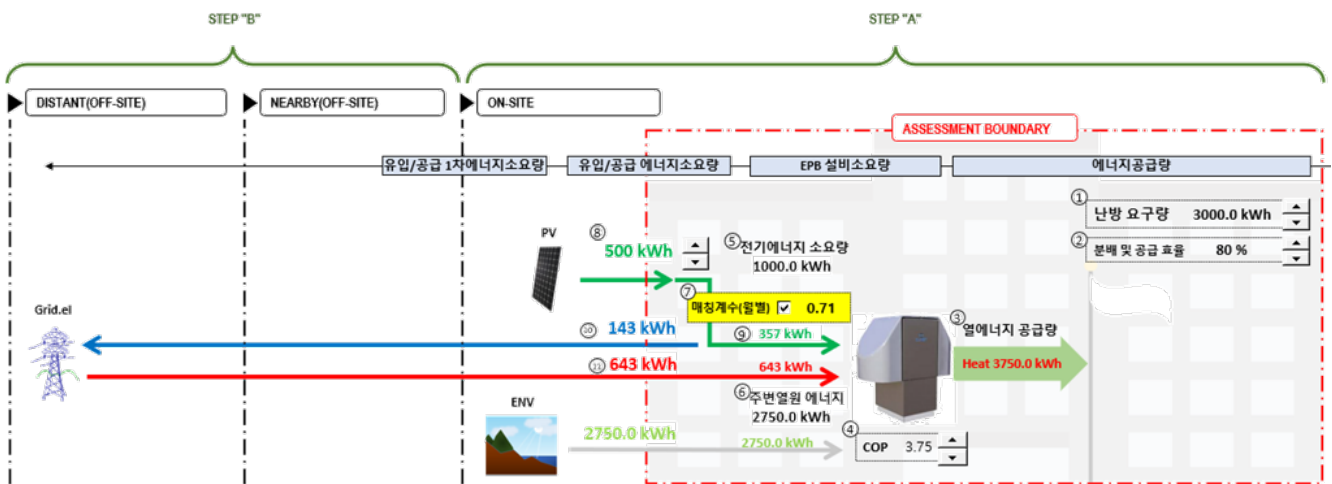
- 에너지 환산 계수(예: 1차 에너지, CO2)는 평가 경계를 통해 에너지 수요/공급에 대해 정의함
- 이 경우 수요/공급 에너지의 출처와 목적지를 고려함
- 대지내 또는 지역내에서 생산되는 에너지의 경우 관련 EPB 기준에 따라 환산계수가 적용됨
- 지역내/그리드에서 생산되는 1차 에너지 환산 계수는 표 B.16 참조
- 온실 가스 배출 계수는 kWh당 CO2 배출량(kg)으로 표시되어야 하며 메탄, 수증기 등과 같은 기타 온실 가스 배출의 등가 배출량도 포함할 수 있음
- 환산 계수는 총 발열량 또는 순발열량 참조시 일관성있게 적용
- 건물에서 사용하는 에너지와 관련된 모든 CO2 배출량이 포함되어야 함

건축물에너지효율등급 ECO2-2021 엔지니어링매뉴얼
에너지원별 1차 에너지 환산계수

에너지원	1차 에너지 환산계수
연료	1.091
전력	2.658
지역난방	0.721
지역냉방	0.869



- 2013년 5월 '건축물 에너지효율등급 인증에 관한 규칙' 이 제정된 이후 현재 신축/기존 건축물을 대상으로 건물에너지평가프로그램(ECO2)이 사용되고 있음
- 에너지소요량(kWh/m²·a)
에너지요구량에 연계된 설비시스템의 종류, 용량, 효율, 단열 등을 고려하여 석유, 가스, 전기 등과 같은 연료에 따른 에너지량
난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 5가지 부문으로 구분되며 1차에너지소요량 및 이산화탄소 발생량을 산출함
- 1차에너지소요량(kWh/m²·a)
에너지소요량에 연계된 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급과정 등에 필요한 에너지를 포함하여 환산된 에너지량
- CO₂배출량(kg·CO₂/m²·y)
에너지소요량에서 산출함
- 에너지자립률(%)
1차에너지생산량 / 1차에너지소비량 * 100

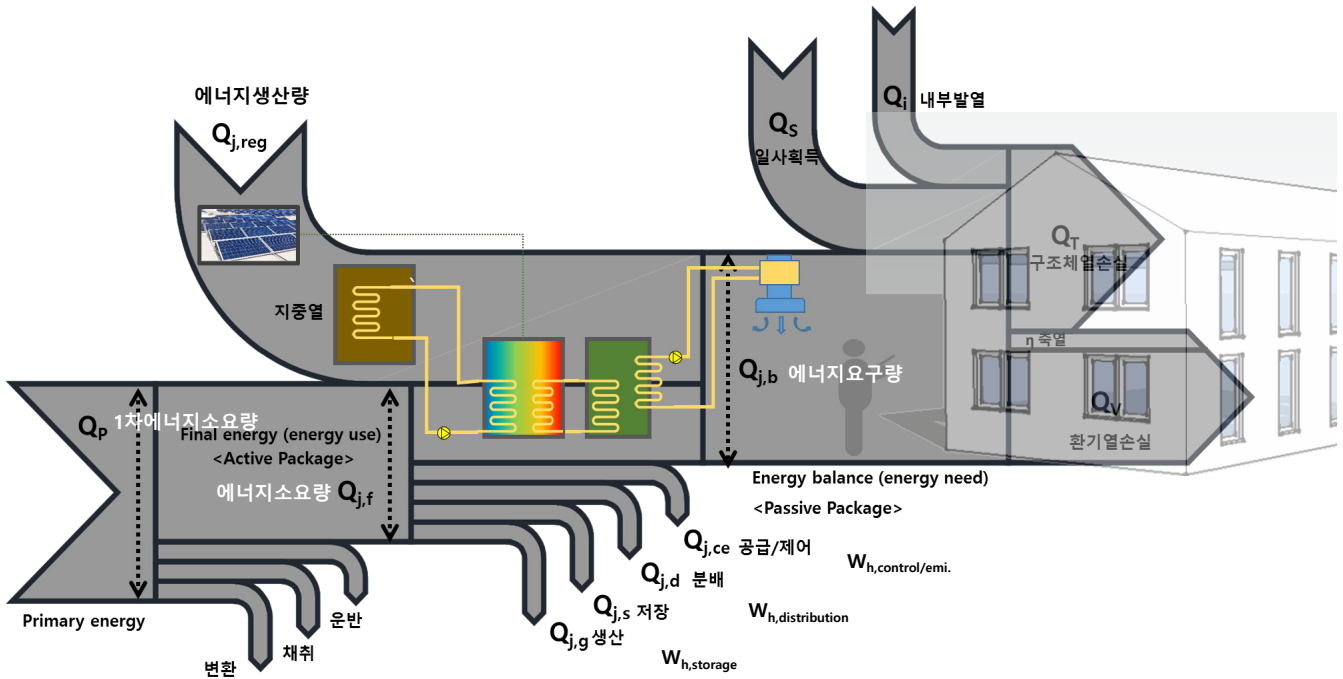


<출처>ISO 52000-1 <표 B.32> 태양광 에너지소요량 매칭계수

Calculation interval	Case	Matching factor function and parameters
Hourly	All building categories	$f_{match} = 1$
Monthly	All building categories	$f_{match} = \frac{x^n + \frac{1}{x^n} - k}{x^n + \frac{1}{x^n}}$ with $x = E_{pre,el} / E_{EP,el}$, $k = \text{carrier} = 1$ and $n = \text{subsystem} = 1$

- 화석1차에너지[E_{Pren}]: E(에너지소요량) x f_{Pren}
- 신재생1차에너지[E_{Pren}]: E(에너지소요량) x f_{Pren}
- E_{Ptot}: 총 1차에너지소요량 = E_{Pren} + E_{Pren}
- 탄소배출량 = E_{Pren} x 탄소배출계수
- RER: 자립률 = E_{Pren} / E_{Ptot}

◎ 건물에너지 해석 프로세스 ISO 52000-1 및 ISO 52016-1



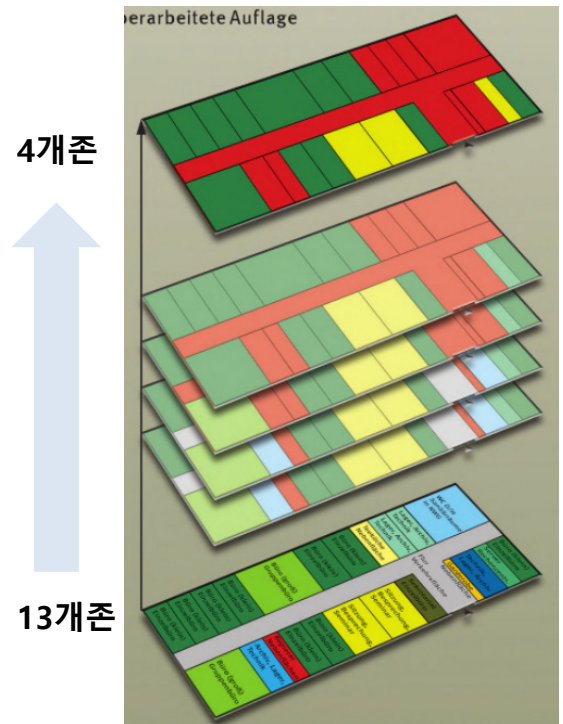
◎ 참고서적 및 사이트

1. DIN V 18599: 2018, Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting

2 DIN V 18599:2018_ 존/조닝

◎ 존(Zone)

- 건물 에너지 해석 전 건물을 존으로 구분, 존은 기본적인 계산단위 (실)
- 존 구성의 특징
 1. 동일한 용도프로필
 2. 동일한 설비(난방,냉방,급탕,조명,공조)시스템
 3. 구획된 영역 (타존과 공기가 관통되지 않음)
- 용어
 1. 냉·난방존
 2. 비냉·난방존
 3. 설비서비스 영역 : 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 등 컨디셔닝이 조합된 존들에서 동일한 설비를 가진 존
 - 다수(멀티)존이 한가지 설비서비스영역(설비시스템)일 경우
 - 한개(단일)존이 다수의 설비서비스영역(설비시스템)일 경우



◎ 조닝(Zoning)

- 조닝(Zonning) 1 단계 : 동일한 용도프로필
 - a. 하나의 용도프로필(사용환경)을 가지며, 추가적인 조닝 조건이 없을 경우 → 단일 존
 - b. 용도프로필은 DIN V 18599-10를 따르며, 용도프로필이 없는 경우 사용자가 정의한 용도프로필 설정
 - c. 원칙적으로 다른 용도프로필인 경우 다른 존으로 지정됨
 - d. 공간의 구획(문 또는 벽)이 없어서 공간 사이에 자유로운 공기 이동이 있을 경우 → 단일 존
- 조닝(Zonning) 2 단계 : 컨디셔닝(설비시스템 종류)에 따른 존 세분화
 - a. 동일한 용도프로필이나, 난방, 공조 및 조명 등에 대해 설비적 특징이 서로 다른 경우 세분화
 - b. 먼저 용도프로필에 대해 조닝을 한 후, 설비시스템 종류에 따라 세분화를 해야함

기 준		[표] 컨디셔닝(설비시스템종류)에 따른 조닝 세분화
1	컨디셔닝이 다른경우	동일한 용도프로필을 가진 공간의 컨디셔닝 사항이 다음과 같이 다를 경우 다른 존으로 구분함 ① 난방, 냉방, 조명만 동일한 경우 ② 조명만 다를 경우 ③ 난방, 냉방이 다른 경우
2	환기방식이 다른경우	동일한 용도프로필을 가진 공간이 서로 다른 환기 및 공조시스템을 갖는 경우 다른 존으로 구분함 ① 자연환기만 하는 경우 ② 정풍량 공조방식인 경우 ③ 변풍량 공조방식인 경우 ④ 공기-수방식 공조방식인 경우 ⑤ 시스템 에어컨인 경우

- 조닝(Zonning) 3 단계 : 존의 최소화

- ① 5% 법칙

- a. 건물 전체 면적 중 5%이하 비율로 작은 존의 용도프로필이 다를 경우, 유사한 시스템을 갖는 존에 포함
- b. 난방, 냉방, 공조등의 시스템이 다를 경우, 용도프로필이 유사한 존에 포함

예) 난방, 냉방, 공조, 조명이 되면서 정풍량 시스템을 갖는 공간의 면적이 건물전체 면적중 5%이하일 경우 난방, 냉방, 공조, 조명이 되면서 변풍량 시스템을 갖는 존에 포함될 수 있음
→ 이때, 컨디셔닝 종류는 일치하고 내부부하는 유사함

- ② 1% 법칙

- a. 건물 전체 면적 중 1% 이하 비율로 아주 작은 존이 다른 컨디셔닝 종류를 가져도(난방, 냉방, 급탕 등) 유사한 컨디셔닝 존으로 포함

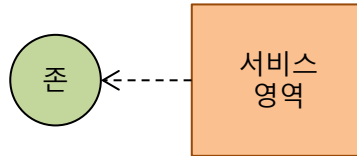
예) 난방, 냉방, 공조, 조명이 되는 공간이 난방, 공조,조명,(비냉방)이 되는 존으로 포함될 수 있음

◎ 건물 에너지 평가

- 에너지 계산 목적: 한개의 건물에 대한 에너지소요량 및 1차에너지소요량을 평가하는 것
- 1단계: 존별 에너지 요구량 평가
 - a. 존별 열 획득, 열손실 항목 평가
 - b. 존별 에너지 요구량 평가
- 2단계: 설비별 에너지 평가
 - a. 설비별 열손실(공급/분배/저장/생산) 및 보조설비 에너지 소요량 평가
 - b. 1차에너지 소요량 평가
- 3단계: 존별 에너지 소요량 평가
 - a. 존별 설비 시스템 열손실(공급/분배/저장/생산) 및 보조설비 에너지 소요량 평가
 - b. 존별 에너지소요량,보조설비 에너지 소요량 평가및 1차에너지소요량 평가

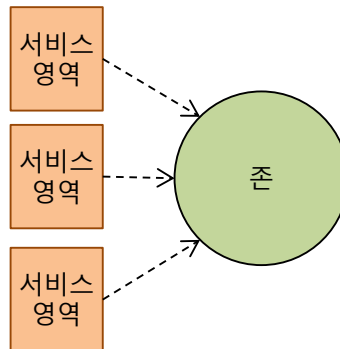
● 설비서비스 영역 = 단일존

- 해당설비의 열손실(공급/분배/저장/생산) 평가 = 존의 설비 열손실 평가
- 에너지 소요량 및 보조설비에너지소요량 평가 = 존의 에너지소요량, 보조설비 에너지소요량 평가



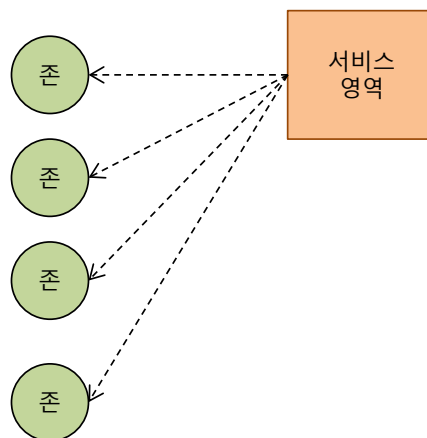
● 여러 설비서비스 영역 = 단일존

- 설비서비스별 열손실 평가, 에너지 소요량 평가, 보조설비 에너지 소요량 평가
- 존내 합산하여 산정



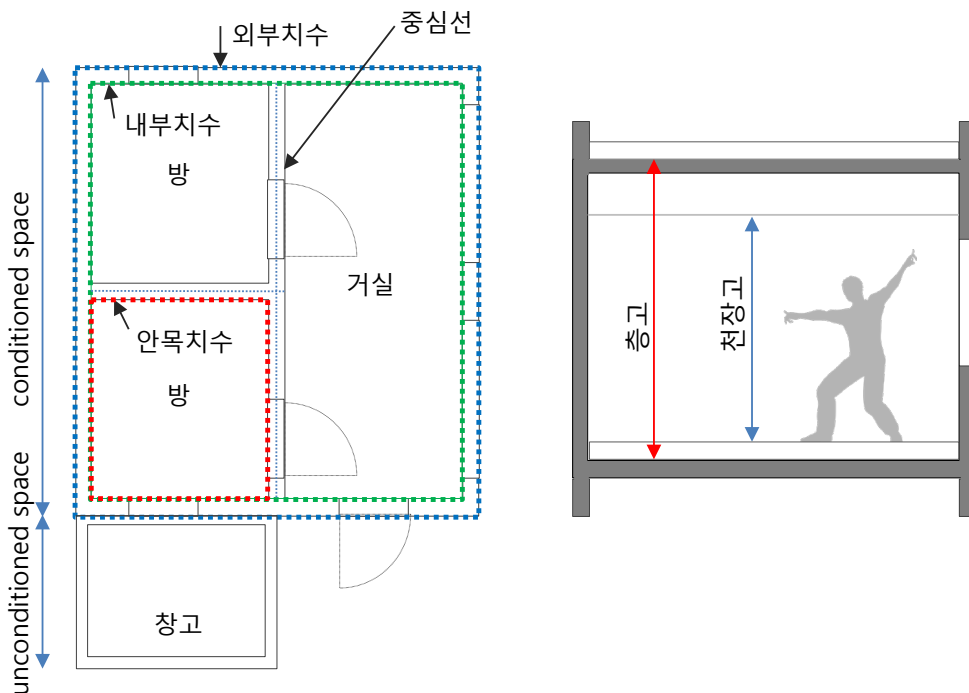
● 단일 설비서비스 영역 = 멀티존

- 해당설비의 공급 열손실 평가 = 존별로 평가
- 해당설비의 분배 열손실 평가 = 설비 서비스 영역의 분배 열손실을 존의 면적 가중으로 할당하여 적용함
- 해당설비의 저장 열손실 평가 = 설비 서비스 영역의 저장 열손실을 존의 요구량 가중으로 할당하여 적용함
- 해당설비의 생산 열손실 평가 = 설비 서비스 영역의 생산 열손실을 존의 요구량 가중으로 할당하여 적용함

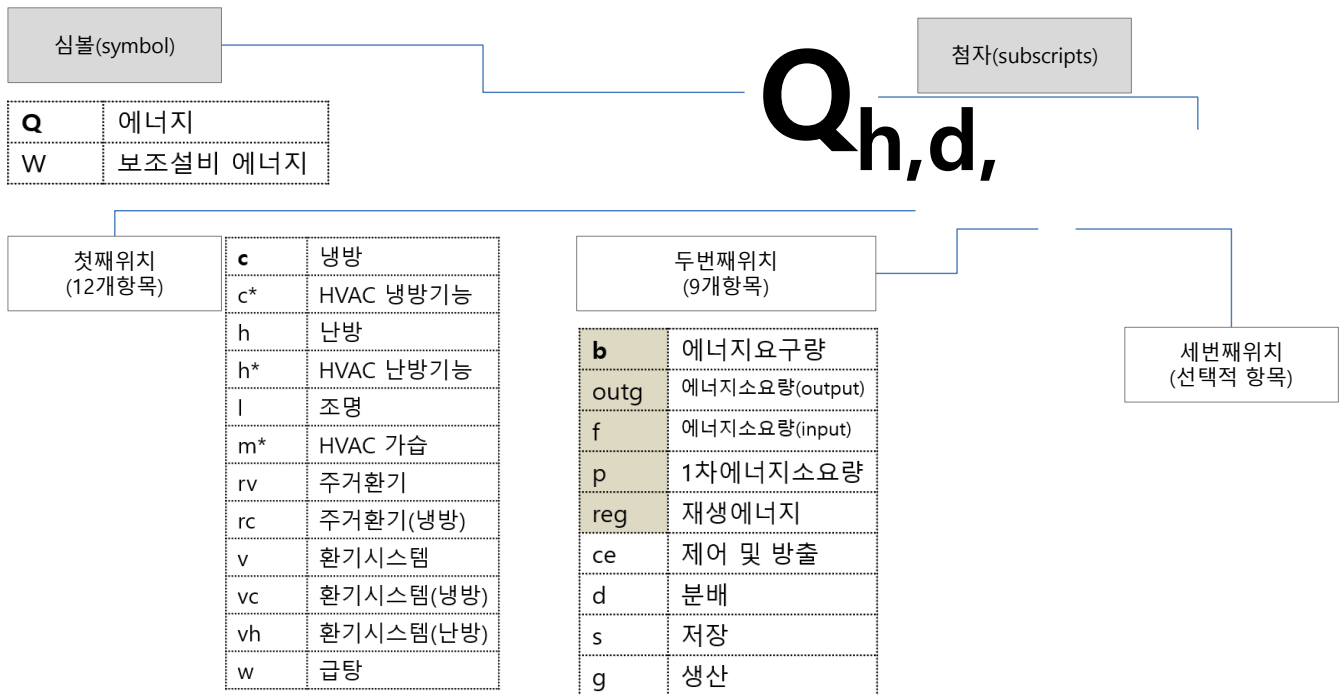


◎ 존 정보 입력

- 순바닥 면적(A_{NF}) : 안목 치수 적용
- 외피 면적(A_E)
 - 거실(냉·난방 존)과 외기, 지면, 혹은 비 냉·난방 공간(비거실)과의 경계면
 - 평면도와 단면도에서 외피라인은 끊어지지 않는 닫힌 구조이어야 한다.
- 천장고(h_c)
 - 바닥 마감재에서 상부층 바닥 최하 마감재(천장)까지의 높이
- 층고(h_G)
 - 바닥 구조체의 주요 구조부 상단에서 부터 상부층 구조체의 주요 구조부 상단까지의 높이
 - 존내 층고가 다를 경우 가중 평균한 높이를 적용
- 층수(n_G)
 - 층수입력이 불분명한 경우(발코니 같은 경우)에는 면적으로 중요하다고 판단되는 모든 층을 층수로 입력
 - 해당값은 향후 배관길이 산정에 변수로 이용된다.
- 외부 체적(V_e)
 - 바닥 면적 x 층고
- 순체적(V)
 - 순바닥 면적 x 천장고
 - 단순 계산(3층이하 주거건물): $V = 0.76 \times V_e$
 - 단순 계산(그외건물): $V = 0.8 \times V_e$



◎ 기호 표기



◎ 에너지 관련 기호 및 발음

● 아래 결과값: 소수점 아래 2 자리

- 용량 Q [kWh]
- 기하 파라미터 [m]
- 출력 ϕ [W]
- 광속 ϕ [lm]
- 기간 t [h/a]
- 기간 d [d/a]
- 환기 횟수 n [h^{-1}]
- 온도 θ [$^{\circ}C$]

● 아래 결과값: 정수로 나타냄

- 에너지 요구량
- 에너지 소요량
- 1 차 에너지 소요량
- 순바닥 면적

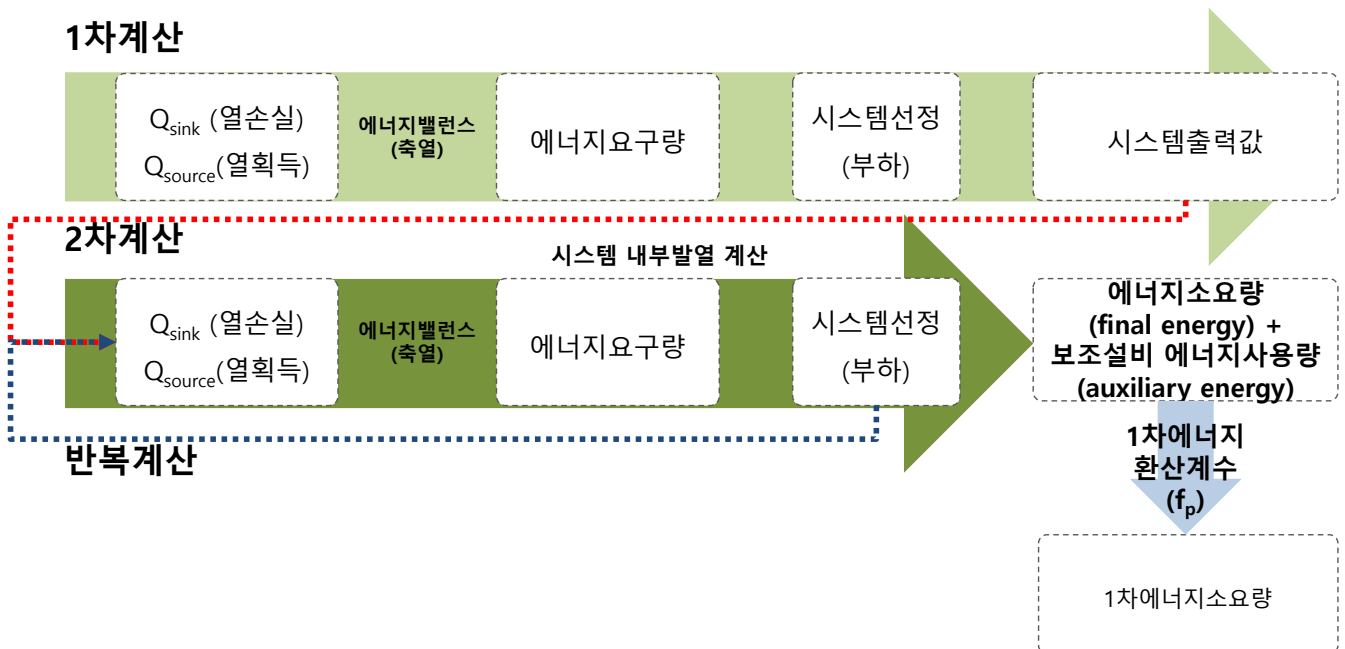
대문자	소문자	발음	대문자	소문자	발음
A	α	알파(alpha)	N	ν	뉴(nu)
B	β	베타(beta)	Ξ	ξ	크사이(xi)
Γ	γ	감마(gamma)	O	\omicron	오미크론(omicron)
Δ	δ	델타(delta)	Π	π	파이(pi)
E	ϵ	엡실론(epsilon)	P	ρ	로(rho)
Z	ζ	제타(zeta)	Σ	σ	시그마(sigma)
H	η	에타(eta)	T	τ	타우(tau)
Θ	θ	시타(theta)	Y	υ	웁실론(upsilon)
I	ι	이오타(iota)	Φ	ϕ	파이(phi)
K	κ	카파(kappa)	X	χ	카이(chi)
Λ	λ	람다(lambda)	Ψ	ψ	프사이(psi)
M	μ	뮤(mu)	Ω	ω	오메가(omega)

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599: 2018, Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting

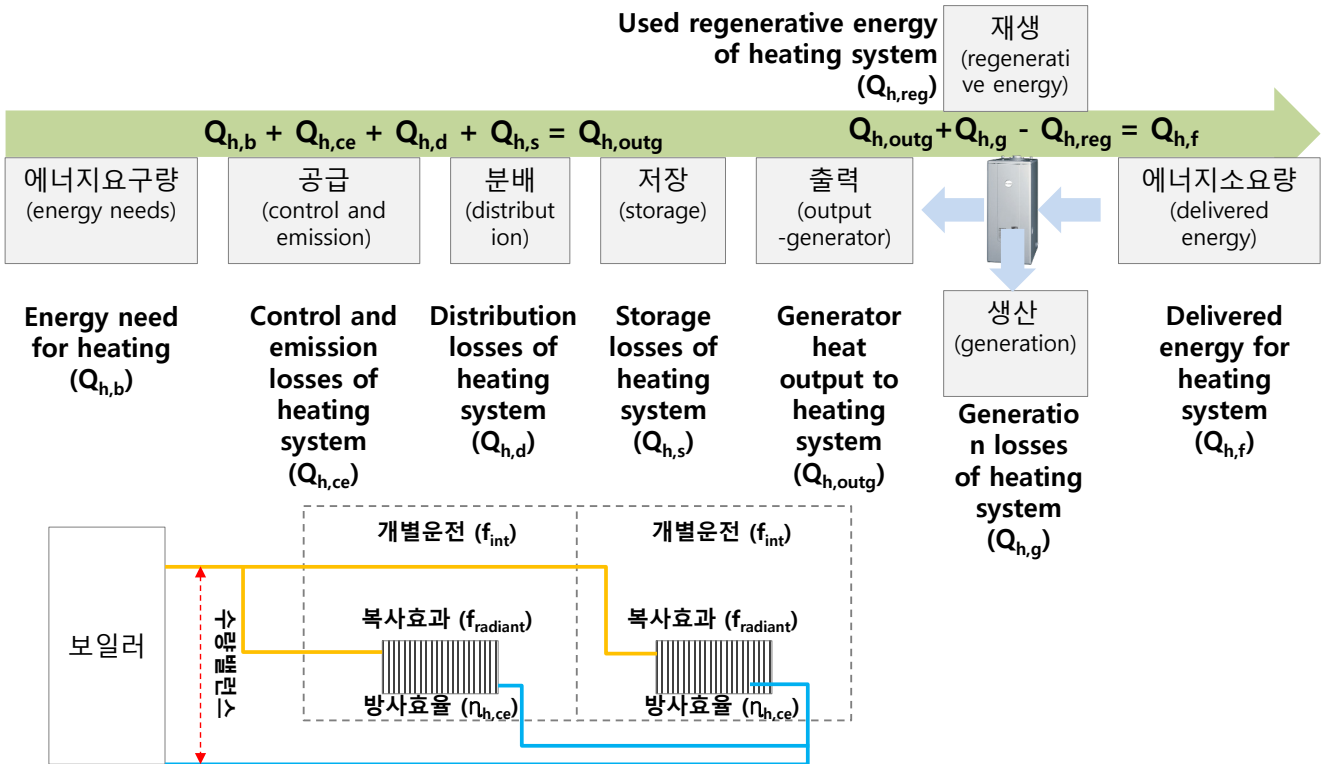
3 DIN V 18599:2018_ 해석프로세스

◎ 요구량 에너지 해석 체계

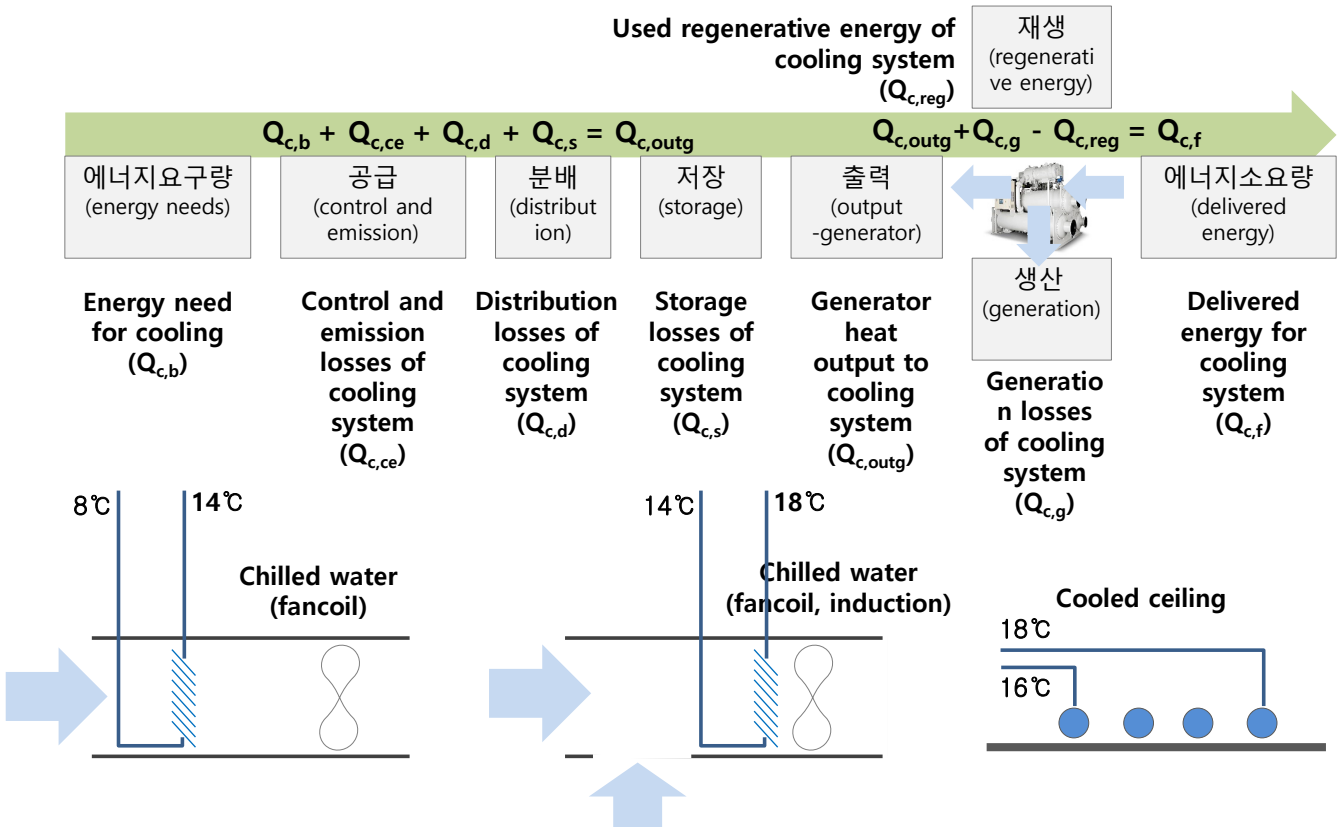


- 냉·난방 에너지요구량 산정시 1차계산에서는 내부발열량을 표준값으로 적용하여 산정한다. 표준값은 인체발열과 가전기기의 발열을 포함한 값이다. 설비 부하가 산정되면, 각 프로세스(공급)분배)저장)생산)에서 추가적인 내부열손실량과 내부열획득량이 발생된다. 이값을 다시 내부발열에 추가하여 2차 계산을 진행한다. 그리고 선행된 요구량의 결과값과 0.1%미만의 오차가 발생할때까지 반복하여 계산한다. 일반적으로 3~4회 정도에서 반복계산이 끝나게 된다.
- 최종 에너지요구량이 결정이 되면 이에 따른 에너지 소요량을 산정한다.

◎ 난방에너지 해석 체계



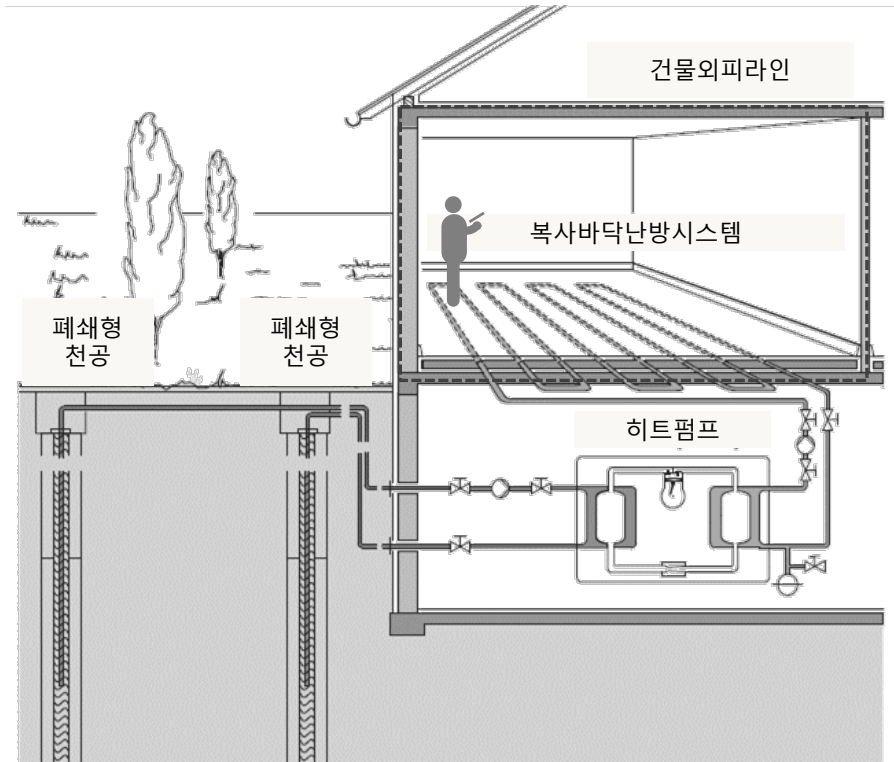
◎ 냉방에너지 해석 체계



◎ 건물에너지해석 프로세스 실습

- 1. 오른쪽 그림을 통해 난방 에너지 해석 흐름관련 아래 기호를 그림에 표기한 후, 해당 부위 및 범위를 작성 하시오.

$Q_{h,b}$ $W_{h,ce}$
 $Q_{h,ce}$ $W_{h,d}$
 $Q_{h,d}$ $W_{h,reg}$
 $Q_{h,outg}$
 $Q_{h,reg}$
 $Q_{h,f}$



- 2. 1번 기호를 사용하여 $Q_{h,f}$ 와 W_{h} 식을 작성하시오.

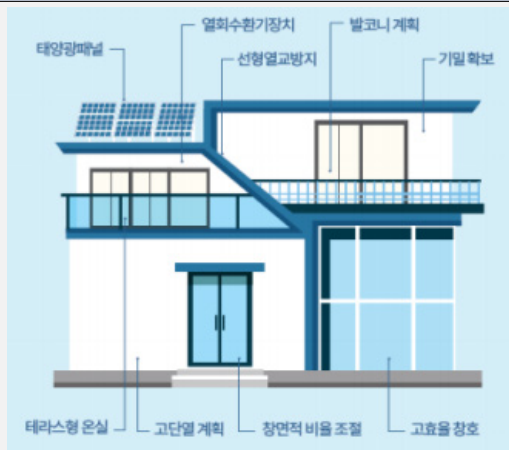
◎ 건물에너지해석 프로세스 실습 프로그램

한국건축치환경설비학회 건물에너지위원회
교육용 건물에너지 해석 프로그램

DIN V 18599: 2018 기준 적용

1. 건물 정보

건물명	Test	프로젝트	비주거	
주소	서울시 관악구 관악로1 모의건물			
기후데이터	서울	지역	중부2	
연면적	320 m ²	건축면적	180 m ²	
지하층수	없음	지상층수	2	
건축허가년	2023	건축허가월	11월	



2. 건축 설계 정보

이름	면적[m ²]	층	냉난방유무	인접존1	인접존2
Zone1 사무실	178.25	1F	냉방+난방	Zone2	Zone3
Zone2 계단실 및 복도	41.94	1F	비냉난방	Zone1	Zone3
Zone3 직원 휴게실	91.69	2F	냉방	Zone1	Zone2

3. 건축 설계 정보

사무소명	IPAZEB	설계자	홍길동	
주소	서울시 관악구 관악로1 940동 123호			

4. 설비 설계 정보

사무소명	IPAZEB	설계자	홍길동	
주소	서울시 관악구 관악로1 940동 123호			

5. 에너지 컨설턴트 정보

사무소명	IPAZEB	검토자	홍길동	
주소	서울시 관악구 관악로1 940동 123호			

태양광		kWh/m ² ·년
풍력		kWh/m ² ·년
전기	52.4	kWh/m ² ·년
가스	9	kWh/m ² ·년
지역난방	0	kWh/m ² ·년
합계		

환산계수	1차에너지소요량	
	kWh/m ² ·년	kWh/m ² ·년
전기	2.8	144
가스	1.1	10
지역난방	0.79	0
합계		154

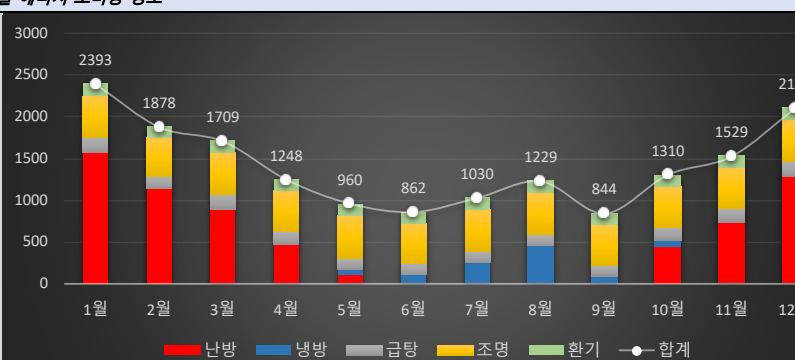
5. 건물 에너지 성능 정보

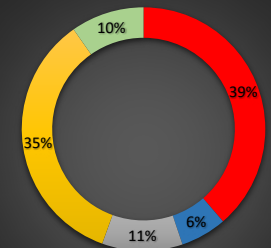
난방에너지소요량	21	kWh/m ² ·년	20		Yes
냉방에너지소요량	3	kWh/m ² ·년	20		Yes
급탕에너지소요량	6	kWh/m ² ·년	15		Yes
조명에너지소요량	19	kWh/m ² ·년	12		Yes
환기에너지소요량	8	kWh/m ² ·년	7		Yes
난방에너지요구량	27	kWh/m ² ·년			Yes
냉방에너지요구량	9	kWh/m ² ·년			Yes
급탕에너지요구량	4	kWh/m ² ·년			Yes
조명에너지요구량	19	kWh/m ² ·년			Yes
환기에너지요구량	2	kWh/m ² ·년			Yes
A(총외피면적)/V(순체적)	0.95				Yes

6. 1차에너지소요량 정보

난방	전기	21	kWh/m ² ·년
	가스	0	kWh/m ² ·년
	지역난방	0	kWh/m ² ·년
냉방	전기	3	kWh/m ² ·년
	가스	0	kWh/m ² ·년
	지역난방	0	kWh/m ² ·년
급탕	전기	1	kWh/m ² ·년
	가스	9	kWh/m ² ·년
	지역난방		kWh/m ² ·년
조명	전기	19	kWh/m ² ·년
환기	전기	8	kWh/m ² ·년
신재생	전기		kWh/m ² ·년

7. 월별 건물 에너지 소비량 정보





번호	시트	설명
1	건물	건물정보, 건축설계정보 입력
2	형별내역서	구조체 입력
3	창호자재	유리, 프레임, 창호유형 입력
4	장비일람표	냉난방설비, 보조설비 입력
5	Zone_입력	3개존 입력, 용도프로필, 실정보, 축열, 환기, 조명, 외피
6	Zone1_계산	
7	Zone2_계산	이용일, 비이용일 냉난방에너지요구량 및 최대부하 결과값
8	Zone3_계산	
9	요구량 DB	요구량 계산시 적용되는 표준 DB
10	난방입력	설비, 배관, 공급/저장정보 입력, 보일러/태양열/히트펌프/지역난방
11	난방_계산	난방열손실(공급/분배/저장/생산) 및 에너지소요량, 보조설비 에너지소요량
12	표준값_난방급탕	난방계산시 적용되는 표준 DB
13	급탕_입력	설비, 배관, 공급/저장정보 입력, 보일러/태양열/지역난방
14	급탕_계산	급탕열손실(분배/저장/생산) 및 에너지소요량, 보조설비 에너지소요량
15	공조_입력	공조기 입력, 예열시스템 입력
16	공조_계산	덕트 열손실, 공조에너지 요구량 및 보조설비 에너지소요량 계산
17	공조_DB	공조설비 계산시 적용되는 표준 DB
18	냉방_계산	존/공조기 지정, 생산설비(실외기, 공냉식, 수냉식, 흡수식, 지열냉동기) 입력
19	냉방_결과	에너지소요량 및 보조설비에너지소요량 결과값
20	냉방_DB	냉방설비 계산시 적용되는 표준 DB
21	ECO2용도	26개 용도 프로필
22	월별기후데이터	20개지역 방위별일사량, 온습도, 최소/최대온도, 온도표준편차, 음영 DB
23	인덱스	드롭박스 항목 DB

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599: 2018, Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting

A.2

불투명 구조체 열전달 해석

교육 목표

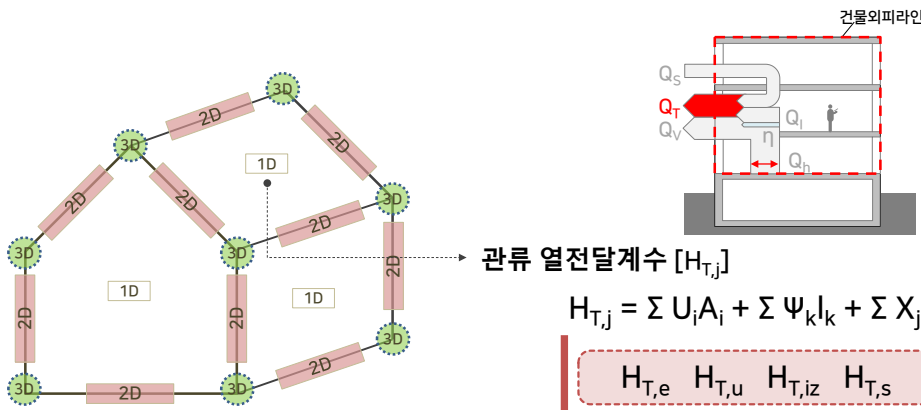
불투명 구조체 열전달 해석

- * 구조체 열관류율 정의 및 계산 방법 이해
- * 국내외 표면열전달저항 기준 이해
- * DIN V 18599 기준 관류 열전달 알고리즘 이해
- * DIN V 18599 열교 관류 열전달, 구조체 일사열전달 알고리즘 이해
- * 비냉난방존, 인접존, 지중 관류 열전달 이해
- * 1차원 및 2차원 열류 열교 열전달 이해
- * 천공 온도 이해
- * 유효 열저장 능력 이해
- * 축열이 적용된 (난방) 알고리즘 이해

1 열관류율 이해

◎ 관류 열전달

- 관류 열전달: 실내와의 온도차로 인해 발생하는 전도 현상에 따른 열전달을 의미
 - 온도차가 발생할 때, 특정 시간동안의 전달된 에너지
- 관류 열전달계수: 구조체의 성능 수준마다 다른 열전달이 발생, 이를 표현하는 값
 - 구조체면에서 발생하는 1차원 열류, 구조체간의 접합으로 발생하는 2차원, 3차원 열류로 구분



관류 열전달계수 [$H_{T,j}$]

$$H_{T,j} = \sum U_i A_i + \sum \Psi_k |k_k + \sum X_j$$

$$H_{T,e} \quad H_{T,u} \quad H_{T,iz} \quad H_{T,s}$$

$$Q_{T,mth} = \sum H_{T,j} \times \Delta T \times t$$

$$Q_{T,mth} = W/K \times K \times h/mth = (k)Wh/mth$$

◎ 열관류율

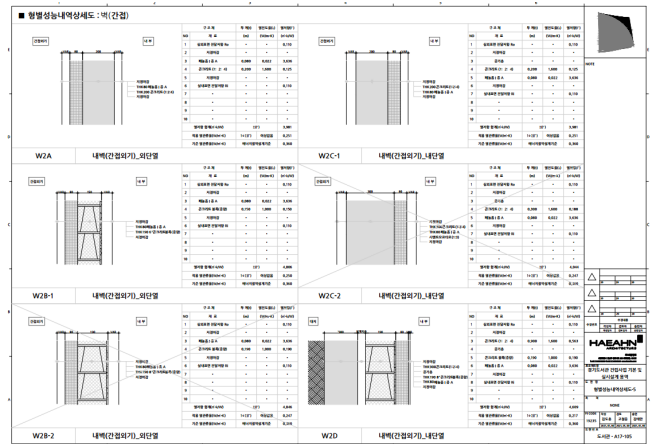
열관류율

0001 실외열전달저항(벽체, 직접)

번호	재료명	열전도율 (W/mK)	두께 (mm)	열저항 (m ² K/W)
0001	실외열전달저항(벽체, 직접)			0.043
0002	화강암	3.3	30	0.0091
0003	압출법보온판1호	0.028	150	5.3571
0004	콘크리트(1:2:4)	1.6	150	0.0938
0005	실내열전달저항(벽체)			0.11

1 / 5

열관류율(W/m²K): 0.178

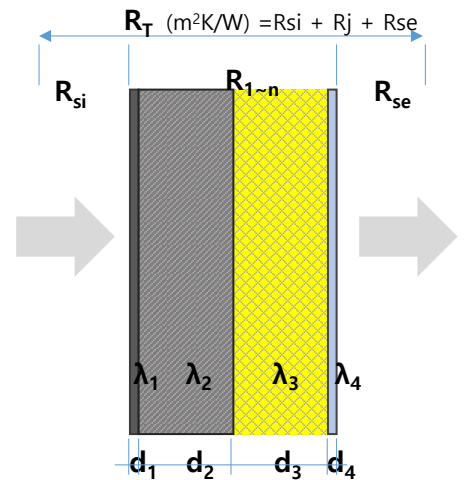


ECO2 구조체 열관류율 입력화면

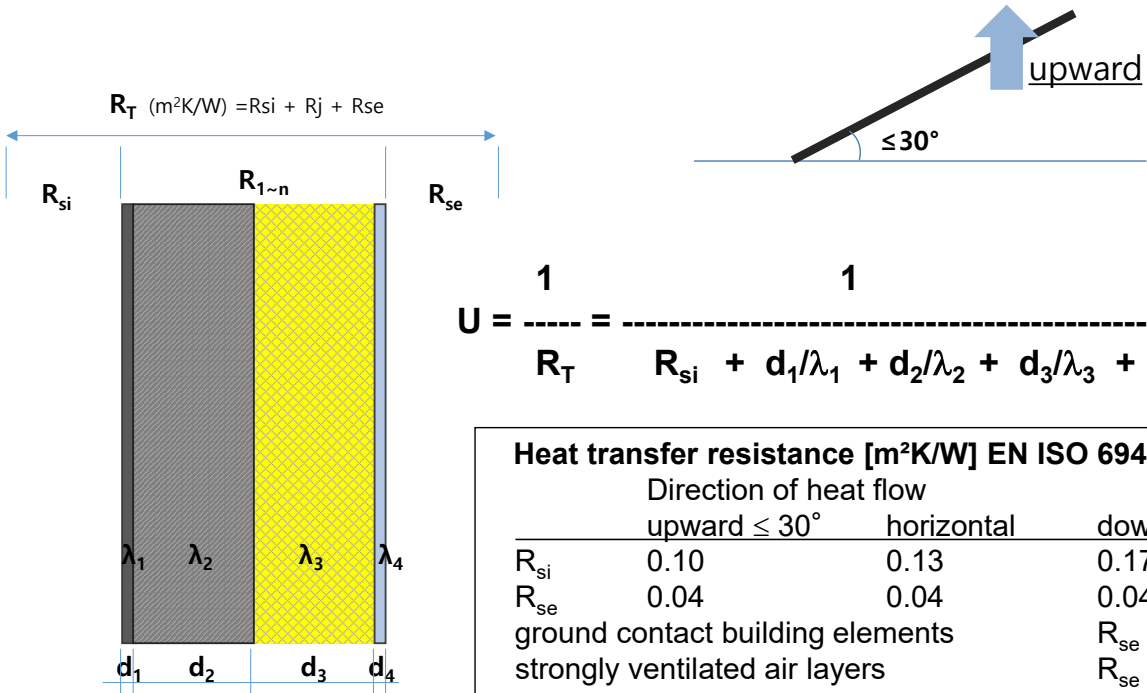
- 열관류율(U-Value)
 - 구조체의 관류 열전달에 대한 계수로, 단위면적당 관류 열특성값
 - 단위는 W/m²K로, 구조체 양쪽에 1K의 온도차가 발생할 때 단위 표면적을 통해 전해지는 열량
- 열저항(R)
 - 구조체의 관류 열전달에 대한 저항값
 - 열관류율의 역수로, 단위는 m²K/W
 - 복합 재료로 구성된 구조체의 열저항은 각 재료의 열저항을 합산하여 구함

$$R_T = \frac{1}{U}$$

$$R_T = R_{si} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + d_3/\lambda_3 \dots + R_{se}$$



- 열전도율 (λ)
 - 두께가 1m인 재료의 전도 열전달 성능 값으로, 단위는 W/mK임

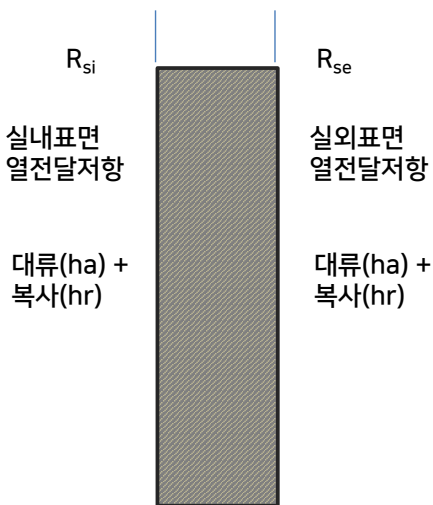


◎ 표면 열전달 저항

- 실내 표면과 실외 표면에는 기류에 의한 대류 현상과 복사 현상이 있는데, ISO 6946에서는 이를 고려하여 각 표면 열저항값 제시
- 복사 열전달계수와 대류 열전달계수의 합산의 역수로 표면 열저항을 구함
- 복사 열전달계수에는 구조체의 방사율과 평균 복사 온도가 적용되어 계산됨

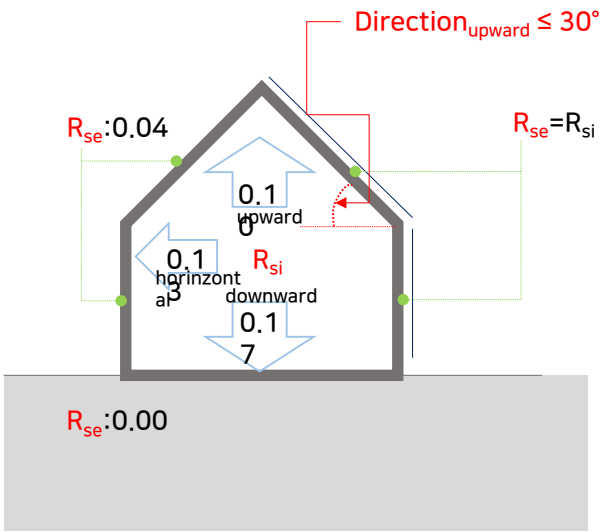
$$R_s = \frac{1}{h_c + h_r}$$

R_s : 표면 열전달저항
 h_a : 대류열전달율 (W/m²K)
 h_r : 복사열전달율 (W/m²K)



실내 복사 열전달 h_r	실내 대류 열전달 h_a
$h_r = \epsilon \times h_{r0}$ $h_{r0} = 4 \times \sigma \times (T_m)^3$	$h_{a,upward} = 5.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ $h_{a,horizontal} = 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ $h_{a,downward} = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$
실외 복사 열전달 h_r	실외 대류 열전달 h_a
$h_r = \epsilon \times h_{r0}$ $h_{r0} = 4 \times \sigma \times (T_m)^3$	$h_{a,e} = 4 + 4v$

ϵ : 방사율 (통상적으로 0.9)
 σ : 스테판볼츠만상수 (5.67x10⁻⁸W/m²K⁴)



$$h_r = \epsilon \times h_{r0}$$

$$h_{r0} = 4 \times \sigma \times (T_m)^3$$

Rs: 표면 열전달저항
 hc: 대류열전달계수 (m²K/W)
 hr: 복사열전달계수 (m²K/W)
 ε: 방사율 (통상적으로 0.9)
 σ: 스테판볼츠만상수 (5.67x10⁻⁸W/m²K⁴)
 Tm: 평균복사온도(MRT)
 v: 풍속 (4m/s 적용)

h_{a,upward} = 5.0 W/m²K
 h_{a,horizontal} = 2.5 W/m²K
 h_{a,downward} = 0.7 W/m²K

실내 평균복사온도를 측정하니 18℃로 판정되었다. 이 경우 외벽의 R_{si}값을 산정하시오.
 $h_{r0} = 4 * 5.67 * 10^{-8} * (273 + 18)^3 = 5.59 \text{ W/m}^2\text{K}$, $h_r = 0.9 * 5.59 = 5.03 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $R_{si} = 1 / (h_r + h_{ci}) = 1 / (5.03 + 2.5) = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$

- 국내 건축물 에너지절약설계기준에서 제시하는 열관류율 계산 시의 실내외 표면 열저항
- 바닥난방이 많이 적용되는 국내의 상황 고려한 값으로 제시

열전달저항 건물 부위	실내표면열전달저항Ri [단위: m ² ·K/W] (괄호안은 m ² ·h·°C/kcal)	실외표면열전달저항Ro [단위: m ² ·K/W] (괄호안은 m ² ·h·°C/kcal)	
		외기에 간접 면 하는 경우	외기에 직접 면 하는 경우
거실의 외벽 (측벽 및 창, 문 포함)	0.11(0.13)	0.11 (0.13)	0.043 (0.050)
최하층에 있는 거실 바닥	0.086(0.10)	0.15 (0.17)	0.043 (0.050)
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	0.086(0.10)	0.086 (0.10)	0.043 (0.050)
공동주택의 층간 바닥	0.086(0.10)	-	-

건축물의 에너지절약설계기준 (국토교통부 고시)
 [별표5] 열관류율 계산 시 적용되는 실내 및 실외측 표면 열전달저항

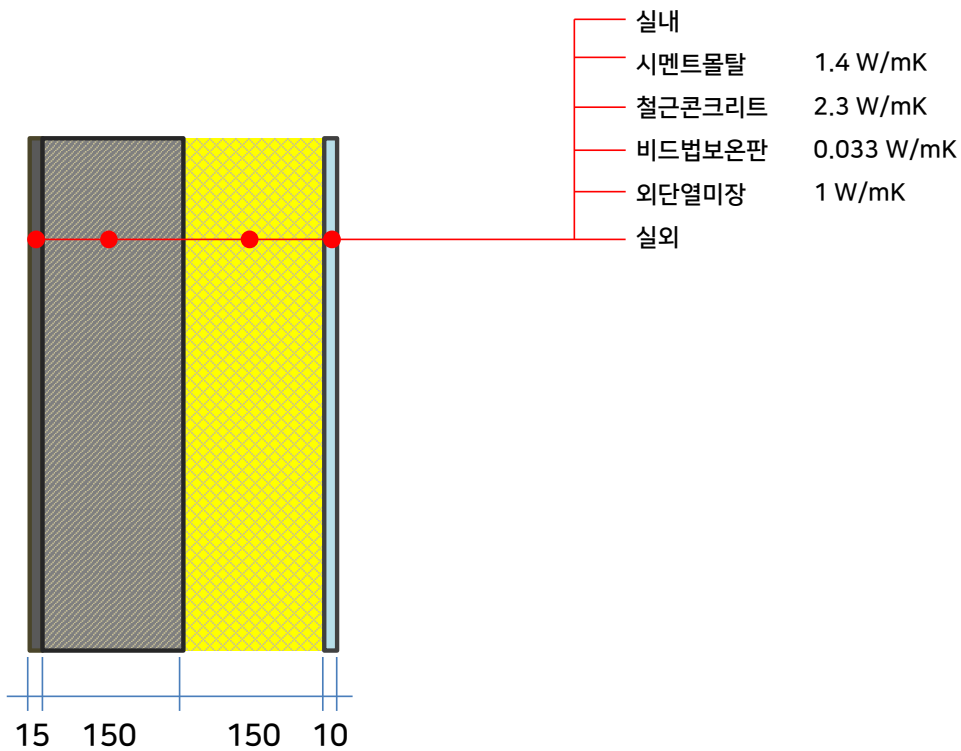
◎ 중공층 열저항

- 구조체에 공기층이 포함된 경우 각 조건에 해당하는 중공층 열저항값 적용

공기층의 종류	공기층의 두께 da (cm)	공기층의 열저항 Ra [단위: m ² ·K/W] (괄호안은 m ² ·h·°C/kcal)
(1) 공장생산된 기밀제품	2 cm 이하	0.086×da(cm) (0.10×da(cm))
	2 cm 초과	0.17 (0.20)
(2) 현장시공 등	1 cm 이하	0.086×da(cm) (0.10×da(cm))
	1 cm 초과	0.086 (0.10)
(3) 중공층 내부에 반사형 단열재가 설치된 경우	방사율 0.5이하 : (1) 또는 (2)에서 계산된 열저항의 1.5배 방사율 0.1이하 : (1) 또는 (2)에서 계산된 열저항의 2.0배	

건축물의 에너지절약설계기준 (국토교통부 고시)
[별표3] 열관류율 계산 시 적용되는 중공층의 열저항

◎ 열관류율 계산



재료명	두께 mm	열전도율 W/mK	열저항 m ² K/W
실내표면열전달저항			0.13
시멘트몰탈	15	1.4	0.011
철근콘크리트	150	2.3	0.065
비드법보온판	150	0.033	4.545
외단열미장	10	1	0.010
실외표면열전달저항			0.04
총 열저항 값			4.801
열관류율 [m ² K/W]			0.208

◎ 국내 열관류율 기준

- 국내 각 지역별 열관류율

건축물의 부위		지역	지역			제주도
			중부1지역 ¹⁾	중부2지역 ²⁾	남부지역 ³⁾	
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	0.150 이하	0.170 이하	0.220 이하	0.290 이하
		공동주택 외	0.170 이하	0.240 이하	0.320 이하	0.410 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	0.210 이하	0.240 이하	0.310 이하	0.410 이하
		공동주택 외	0.240 이하	0.340 이하	0.450 이하	0.560 이하
최 상 층 에 있는 거실 의 반자 는 지붕	외기에 직접 면하는 경우	0.150 이하		0.180 이하	0.250 이하	
	외기에 간접 면하는 경우	0.210 이하		0.260 이하	0.350 이하	
최 하 층 에 있는 거실 의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥 난방인 경우	0.150 이하	0.170 이하	0.220 이하	0.290 이하
		바닥 난방이 아닌 경우	0.170 이하	0.200 이하	0.250 이하	0.330 이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥 난방인 경우	0.210 이하	0.240 이하	0.310 이하	0.410 이하
		바닥 난방이 아닌 경우	0.240 이하	0.290 이하	0.350 이하	0.470 이하
바닥난방인 층간바닥		0.810 이하				

건축물의 에너지절약설계기준 (국토교통부 고시)
[별표1] 지역별 건축물 부위의 열관류율표

2 관류 열전달 이해

◎ 관류 열전달

- 관류 열전달 = 관류 열전달계수[W/K] X 온도차 X 시간
- 관류 열전달은 특정 면적을 가진 구조체의 단위 온도차당 열류량을 의미

$Q_{T,i} = Q_{T,e} + Q_{T,u} + Q_{T,z} + Q_{T,s}$

관류 열손실 Q_T

관류 열획득 Q_T

$Q_{T,e} = (H_{T,D} + H_{T,WB}) \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t, \text{ if } \theta_i > \theta_e$
 $Q_{T,e} = (H_{T,D} + H_{T,WB}) \cdot (\theta_e - \theta_i) \cdot t, \text{ if } \theta_e > \theta_i$

$Q_{T,u} = \sum H_{T,iu} \cdot (\theta_i - \theta_u) \cdot t, \text{ if } \theta_i > \theta_u$
 $Q_{T,u} = \sum H_{T,iu} \cdot (\theta_u - \theta_i) \cdot t, \text{ if } \theta_u > \theta_i$

$Q_{T,z} = \sum H_{T,iz} \cdot (\theta_i - \theta_z) \cdot t, \text{ if } \theta_i > \theta_z + 4$
 $Q_{T,z} = \sum H_{T,iz} \cdot (\theta_i - \theta_z) \cdot t, \text{ if } \theta_z > \theta_i + 4$

$Q_{T,s} = \sum H_{T,s} \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t, \text{ if } \theta_i > \theta_e$
 $Q_{T,s} = \sum H_{T,s} \cdot (\theta_e - \theta_i) \cdot t, \text{ if } \theta_e > \theta_i$

$Q_{T,s} = \Phi_m \cdot t$ [P2-57] ISO 13370 기준

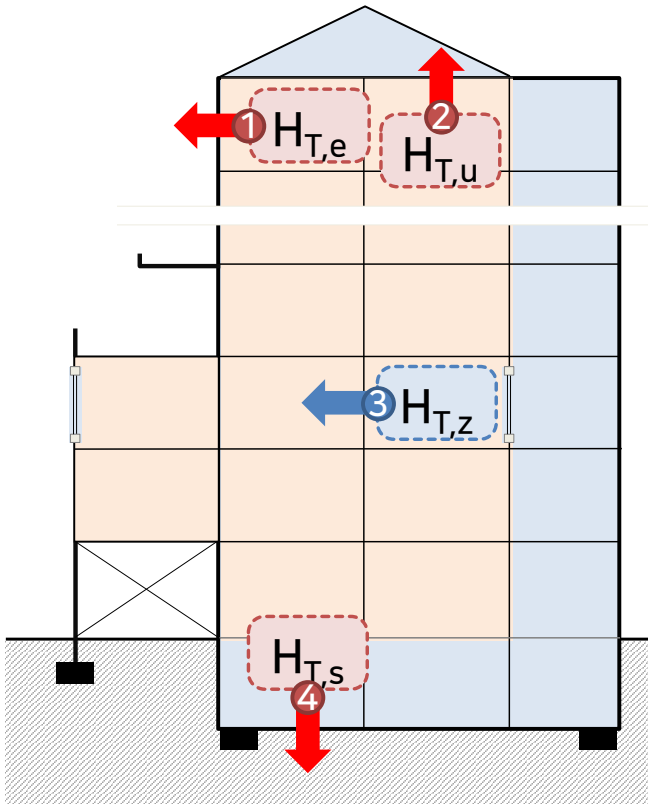
$Q_{T,e}$: 외기 관류 열전달량 H_T : 관류 열전달계수
 $Q_{T,u}$: 비냉난방 존 관류 열전달량 $H_{T,WB}$: 열교 열전달계수
 $Q_{T,z}$: 인접 존 관류 열전달량 ΔU_{WB} : 열교가산치
 $Q_{T,s}$: 지중 관류 열전달량

$H_{T,i} = \sum (U_j \cdot A_j)$

U_j : 구조체 열관류율
 A_j : 구조체 면적

$H_{T,WB} = \Delta U_{WB} \cdot \sum A_j$

$\Delta U_{WB} = 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$ if 외단열 건물(표준값)
 $\Delta U_{WB} = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ if 내단열 건물
 A_j : 구조체 면적



① 외기직접 열전달

$$Q_{T,e} = (H_{T,e} + H_{T,tb})(\theta_i - \theta_e)t$$

② 비냉난방존 열전달

$$Q_{T,u} = H_{T,iu} \cdot (\theta_i - \theta_u)t$$

③ 인접존 열전달

$$Q_{T,z} = H_{T,iz} \cdot (\theta_i - \theta_z)t$$

④ 지중 열전달

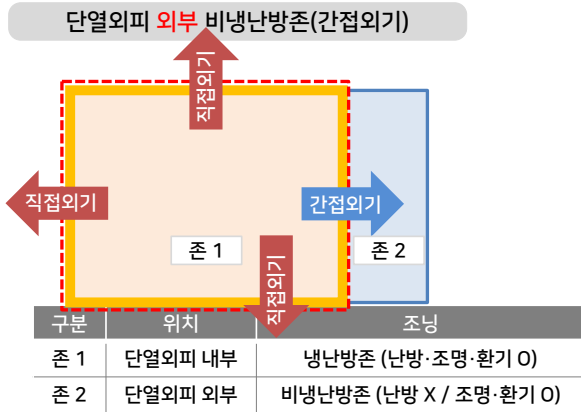
$$Q_{T,s} = H_{T,s} \cdot (\theta_i - \theta_e)t$$

■ 난방공간(단열외피 안)
■ 비난방공간(단열외피 밖)

- 외기 직접 열전달: 외기에 직접 면한 구조체에 대한 열전달량
- 비냉난방존 열전달
- 인접존 열전달
- 지중 열전달

- 기본 식은 동일, 온도차와 열전달계수를 유형별로 구해 계산하면 됨

◎ 비냉난방존 관류 열전달

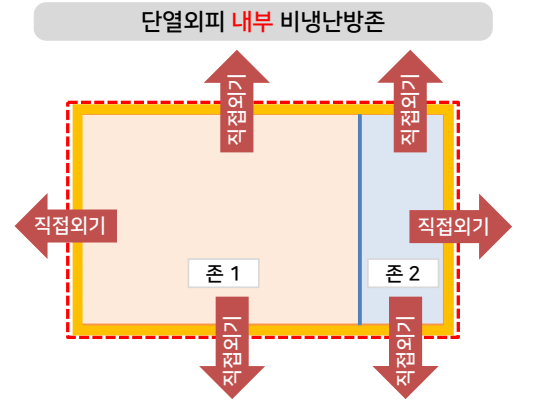


비냉난방존의 온도는 단순 계산식을 적용

$$\theta_u = \theta_i - F_x(\theta_i - \theta_e)$$

비냉난방존의 온도는 단순 온도를 적용

단열없는 다락	$\theta_u = 35^\circ\text{C}$
벽, 천장	$\theta_u = 30^\circ\text{C}$
바닥, 지하실	$\theta_u = 21^\circ\text{C} (R \leq 1)$
	$\theta_u = 18^\circ\text{C} (R > 1)$



구분	위치	조닝
존 1	단열외피 내부	냉난방존 (난방·조명·환기 O)
존 2	단열외피 내부	비냉난방존 (난방 X / 조명·환기 O)

단열외피 내부 비냉난방존의 온도는 인접 난방존에서의 영향을 고려하여 상세 계산식을 적용함.

$$\theta_u = \frac{\Phi + \theta_i(H_{T,iu} + H_{V,iu}) + \theta_e(H_{T,ue} + H_{V,ue})}{H_{T,iu} + H_{V,iu} + H_{T,ue} + H_{V,ue}}$$

- 비냉난방존 온도: DIN V 18599의 단순 계산법 vs ISO 13789의 상세 계산법
- 단순 계산법: 구조체에 관계 없이 공간이 어디에 위치했는지에 따라 계산
- 상세 계산법: 단순 계산법과 달리 해당 공간의 열적 특성까지 고려하여 계산
 - 구조체의 성능 향상 수준 반영 가능, 비냉난방존이어도 구조체의 열적 특성 고려하여 계산

단열외피 외부 비냉난방존으로 열전달

$$Q_{T,u} = H_{T,iu} \cdot (\theta_i - \theta_u)t$$

$H_{T,iu} \quad H_{T,iu} = \Sigma U_j A_j$
 $\theta_u \quad \theta_u = \theta_i - F_x(\theta_i - \theta_e)$
 F_x
 $\theta_i \quad \text{: 실내기준온도}$

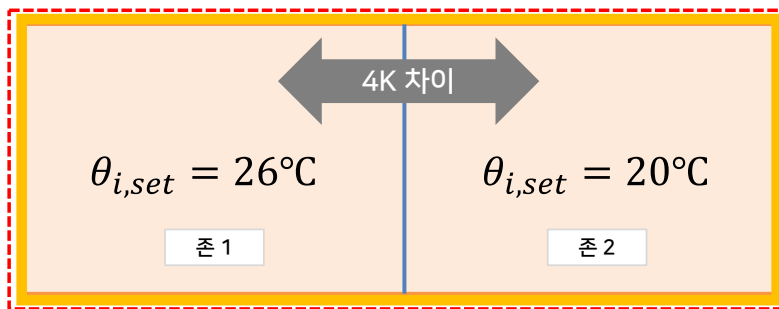
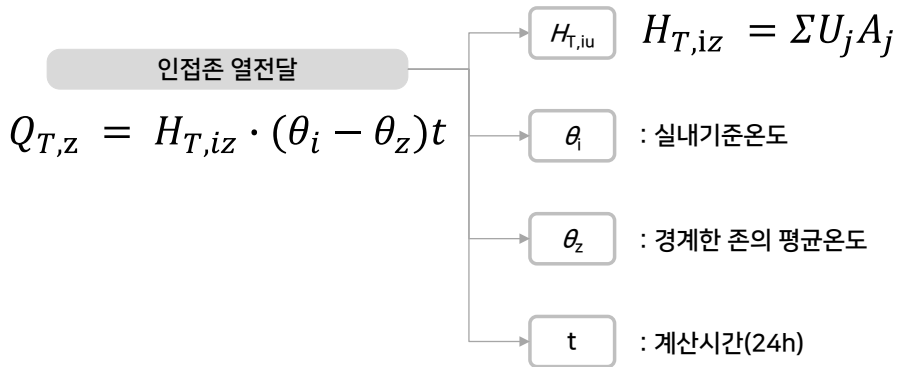
구분	구조체	F_x	온도 보정 계수
직접	1 직접외기 구조체(벽, 창호, 지붕)	F_e	1.0
	2 지하주차장	F_e	1.0
	3 간접외기 지붕(단열없는 다락)	F_o	0.8
간접	4 간접외기 측면 경사지붕	F_u	0.8
	5 간접외기 구조체 (벽, 바닥, 지붕)	F_u	0.5
	6 온실로 통하는 벽, 창호	F_u	0.8
	7 - 단창 유리;	F_u	0.7
	8 - 복층 유리;	F_u	0.5
	- 삼중 유리.	F_u	0.5

➡ 비냉방공간(단열외피 밖)
간접외기

➡ 냉방공간(단열외피 안)
직접외기

- DIN V 15899 인접 비냉난방존 유형별 온도 보정계수 제시
- 지하주차장 온도 보정계수 1 적용: 차량 출입구를 통해 외기가 상시 통함

◎ 인접존 관류 열전달



- 인접존의 온도는 실내기준온도를 통해 산정, 해당 값이 평가존과 4K 이상 차이날 때만 영향 고려
- 즉, 온도차가 4K 미만일 때는 영향이 적으므로 모든 내벽이나 슬라브에 대한 열전달 평가 불필요, 생략 가능

◎ 지중 열전달

● ISO 13370 상세 계산법

- 지면 접합: 바닥 구조체 형상, 지면 토질 열전도율 등을 고려하여 지면과의 영향에 따른 바닥면으로의 열류량을 계산
- 난방 지하실: 난방 지하실이 묻힌 깊이, 묻힌 외벽 열관류율 등까지 고려하여 계산
- 비난방 지하실: 지하실과 면한 바닥, 지하실 높이, 묻힌 깊이 등을 고려하여 계산

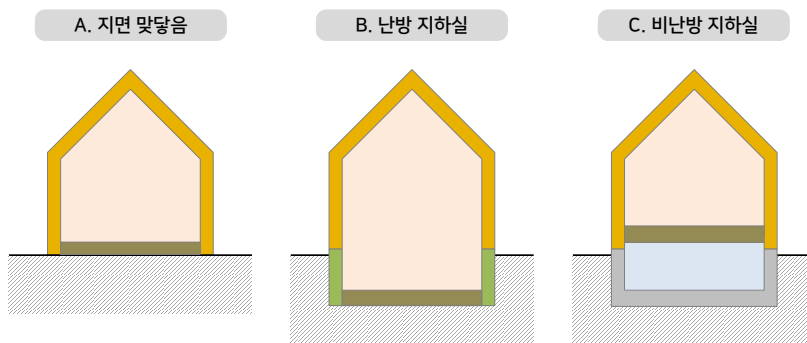
지중으로의 열전달(상세)

$$Q_{T,S} = H_{T,S} \cdot (\theta_i - \theta_e) t$$

지중 열전달계수 $H_{T,g} = U_g \cdot A + \Psi_g \cdot P$

$H_{T,s}$: ISO 13370에 따른 지중으로의 열전달계수(H_g)

θ_e : 월별 평균 외기온도



● DIN V 18599-2 단순 계산법

- 사전 검토를 통한 유형별 온도보정계수 제시, 적용

지중으로의 열전달(단순)

$$Q_{T,S} = H_{T,iu} \cdot (\theta_i - \theta_s) t$$

$H_{T,iu} H_{T,iu} = \sum U_j A_j$

$\theta_s \theta_s = \theta_i - F_x(\theta_i - \theta_e)$

구분		온도 보정계수																
		B=바닥 면적/(0.5*둘레길이)*																
		< 5m				5m ~ 7.5m				7.5m ~ 10m				> 10m				
		해당 구조체의 열저항 (m²K/W)																
		3(U)	1(U≤3)	0.3(U≤1)	0.0≤3	3(U)	1(U≤3)	0.3(U≤1)	0.0≤3	3(U)	1(U≤3)	0.3(U≤1)	0.0≤3	3(U)	1(U≤3)	0.3(U≤1)	0.0≤3	
지면 접합	바닥	수직 보강 단열재 적용안됨	0.3	0.55	0.7	0.8	0.25	0.5	0.6	0.75	0.2	0.4	0.55	0.65	0.15	0.35	0.45	0.6
		2m 수직 보강단열재 적용됨	0.2	0.4	0.5	0.65	0.15	0.35	0.5	0.6	0.15	0.35	0.45	0.6	0.1	0.3	0.4	0.55
		5m 수평 보강단열재 적용됨	-	-	-	-	0.15	0.35	0.45	0.6	0.1	0.3	0.45	0.55	0.1	0.25	0.4	0.5
난방 지하실	바닥	수직 보강 단열재 적용안됨	0.2	0.45	0.55	0.7	0.2	0.4	0.5	0.65	0.15	0.35	0.45	0.6	0.15	0.3	0.4	0.55
		2m 수직 보강 단열재 적용됨	0.2	0.4	0.5	0.65	0.15	0.35	0.5	0.6	0.15	0.35	0.45	0.6	0.1	0.3	0.4	0.55
		5m 수평 보강단열재 적용됨	-	-	-	-	0.15	0.35	0.45	0.6	0.1	0.3	0.45	0.55	0.1	0.25	0.4	0.5
비난방 지하실	벽	보강 단열재 적용됨	0.35	0.55	0.65	0.75	0.35	0.55	0.65	0.75	0.35	0.55	0.65	0.75	0.35	0.55	0.65	0.75
		보강 단열재 적용안됨	0.45	0.75	0.8	0.85	0.4	0.7	0.8	0.85	0.35	0.65	0.75	0.8	0.3	0.6	0.7	0.75

0.9

a : 동일한 유형의 지하실이 서로 인접한 경우에는 전체 영역에 대한 값을 사용해야 함
 c : 열교부위 단열재의 열저항 R은 2m²K/W보다 커야 함
 d : 바닥 가장자리에서 지면과 접하는 지하실 벽의 외측 단열재로, 해당 단열재의 열저항 R은 1.5m²K/W보다 커야 함
 또한, 외기에 접하는 지하실 벽체에도 천장 슬래브 또는 외벽 단열재 연결 부위까지 동일한 단열이 적용되어야 함
 콘크리트(열전도율=2.3W/mK)200mm에 단열재가 덧대어진 경우를 가정하여 비난방 지하실 천장/내벽 열관류율이 0.55 미만인 경우 보강 단열재 적용됨으로, 0.55 이상인 경우 보강 단열재 적용 안됨으로 구별
 e : 단순하게 Fx=0.8을 지하실의 구성 요소에 대해 가정할 수 있음.

3 열교 열전달 이해

◎ 열교 평가 방법

- DIN V 18599:2018 열교 단순계산법 : 열교가산치 개략 적용
 - DIN V 18599에서는 건물의 전체적인 열교 수준을 고려하여 건물 외피에 대하여 일괄적으로 열교가산치를 적용
 - 또한 DIN 4108-2의 카테고리 A, 카테고리 B에 따른 디테일이 적용된 경우 다음의 열교가산치를 적용

DIN V 18599 개략적 열교가산치

열교 타입 구분	ΔU_{WB}
내단열	0.150 W/(m ² ·K)
외단열	0.100 W/(m ² ·K)
DIN 4108-2 A 타입	0.050 W/(m ² ·K)
DIN 4108 -2 B 타입	0.030 W/(m ² ·K)

현행 ECO2
열교 가산치

$$\Delta U_{WB} = \sum \frac{(l_i \cdot \psi_i)}{A} + 0.05 \quad \text{or} \quad \Delta U_{WB} = \sum \frac{(l_i \cdot \psi_i)}{A} + 0.03$$

Nr.	Ausführungsart	Darstellung	Bemerkung	Referenzwert Ψ_{ref} W/(m·K)	Kategorie
Kellerboden					
5	Kellerboden Streifenfundament Außenwand außengedämmt Bodenplatte innengedämmt			≤ 0,28	A
6	Kellerboden Streifenfundament Außenwand außengedämmt Bodenplatte innen und außengedämmt			≤ 0,44	A
7	Kellerboden Streifenfundament Außenwand außengedämmt mit Wärmedämmstein Bodenplatte innengedämmt		gilt auch für Mauerwerk aus Material 4 ohne Wärmedämmstein	≤ 0,19	B
8	Kellerboden Flachgründung Außenwand außengedämmt Bodenplatte innen und außengedämmt			≤ 0,15	B

[DIN V 4108-2] 구조체 유형별 설계 디테일

● DIN V 18599:2018 열교 상세계산법

- 모든 열교부위에 대하여, 상세 평가가 이루어진 경우, 다음과 같이 열교 관류열전달계수 통해 열교가산치 계산됨
- 선형 열교를 통한 관류 열전달계수는 다음과 같음
- 선형 열관류율 ψ 는 열교 카탈로그에서 선택하거나 DIN EN ISO 10211에 따라 계산 될 수 있음

$$H_{T,WB} = \sum(l_j \cdot \psi_j) + \sum(F_{x,i} \cdot l_i \cdot \psi_{F_{x,i}})$$

ψ_j 열교 j의 온도에 따른 길이당 열관류율

l_j/l_i 열교 구성요소 j의 길이

$\psi_{F_{x,i}}$ 열교 i의 온도에 따른 길이당 열관류율

F_x 온도 보정 계수

- 상세 계산 방법에 따른 열교가산치 ΔU_{WB} 는 다음과 같이 결정됨

$$\Delta U_{WB} = \frac{H_{T,WB}}{\sum A_j}$$

A_j 외기, 비냉난방존 또는 지중에 면하는 건물 존의 구조체 j의 면적

J 구조체 구성요소

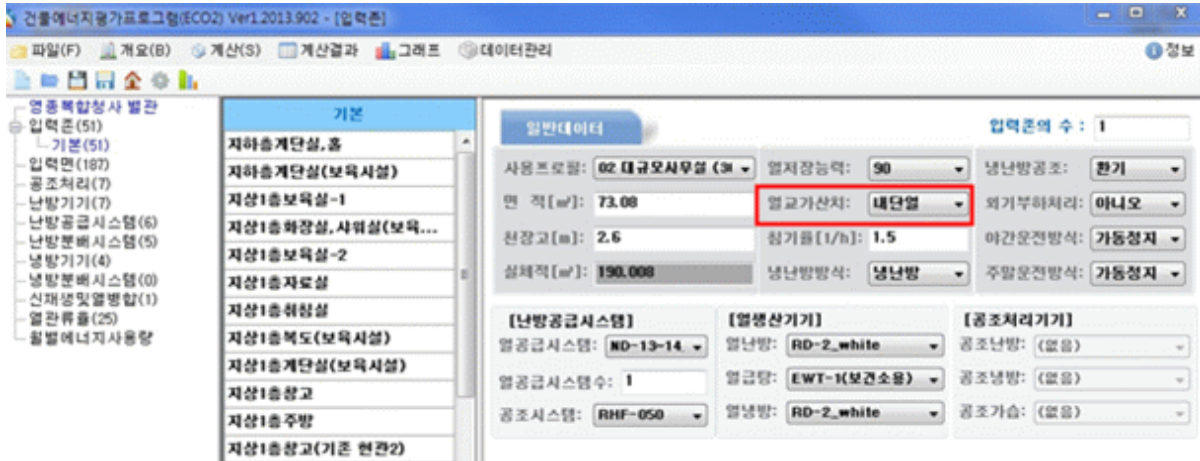
$H_{T,WB}$ 선형 열교에 대한 관류 열전달계수

- 상세계산법을 통해 열교 평가 시, 다음 표에 따른 열교가산치 산정을 권장함
- 건물 열교 발생 부위를 다음과 같이 건물의 부위별로 구분하여 작성

구분	디테일
건물 상부(지붕)	용마루, 지붕 모서리,
건물 외벽	외벽-슬래브 등
창호(창호 설치부)	창호 상부, 하부, 측면부
건물 하부(기초, 기초부 내벽)	기초, 바닥 판 위 내벽 등
이외	기타 돌출부 등

NO.	기호	상세 번호	n	l	n · l	ψ	ψ_{F_x}	F_x	$H_{T,WB}$
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
건물 상부(용마루, 지붕 모서리, 지붕 배수구 등)									
1									
2									
3									
4									
건물 코너(외벽 슬래브 등)									
5									
6									
7									
8									
경로(상부, 하부, 측면부 등)									
9									
10									
11									
12									
건물 외부배관(기초, 바닥판 위 내벽 등)									
13									
14									
15									
16									
이외(단코너 등)									
17									
18									
19									
...									
선형 열교를 통한 관류열전달계수 $H_{T,WB}$ [W/K]									
표면 열전달 면적 A [m ²]									
열교가산치 ΔU_{WB} [W/m ² K]									

- 국내 열교 성능 평가 방법(건축물에너지효율등급기준)
 - ECO2 프로그램에서는 DIN V 18599의 개략적 열교가산치를 반영
 - 열교가산치 값은 존별 단열 방식(외단열 또는 내단열)에 따라 적용됨
 - 개략적인 열교가산치를 사용하므로 부위별 열교 상세 값을 반영하기 어려움
 - 열교 차단재 등의 열교 저감기술을 반영하기 어려움

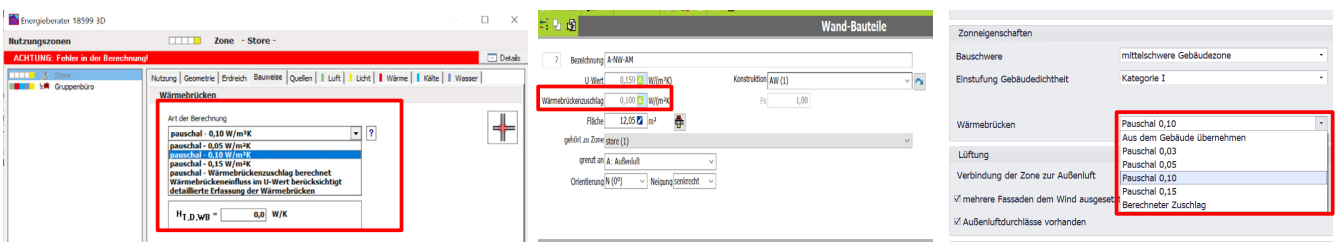


ECO2 열교가산치 입력화면

- 국외 열교 성능 평가 방법(DIN V 18599-2:2018 등)
 - DIN V 18599 기반 에너지해석 프로그램들은 열교가산치를 적용하여 열교 단순 평가
 - 열교가산치 입력방식은 크게 존별 입력 또는 구조체 별로 입력하는 방식으로 구분
 - 입력 값은 열교가산치 단순값 또는 직접 계산 값을 입력할 수 있음

● 프로그램별 열교 입력 방식 비교

열교 타입 구분	ECO2	Energie berater 18599	EVEBI 11.0.2	IBP 18599 HighEnd
알고리즘	DIN V 18599	DIN V 18599	DIN V 18599	DIN V 18599
입력 방식	존	존	구조체	존
열교 입력 값	0.10 또는 0.15	0.05, 0.10, 0.15, 계산 값	계산 값	0.03, 0.05, 0.10, 0.15, 계산 값



- EVEBI 11.0.2 : 열교가산치의 구조체별 상세 반영

벽체- 구성요소 ←

Wand-Bauteile

2 Bezeichnung: A-NW-AM

U-Wert: 0,159 W/(m²K) Konstruktion: AW (1)

열교가산치 **Wärmebrückenzuschlag: 0,100 W/(m²K)** Fx: 1,00

Fläche: 12,05 m²

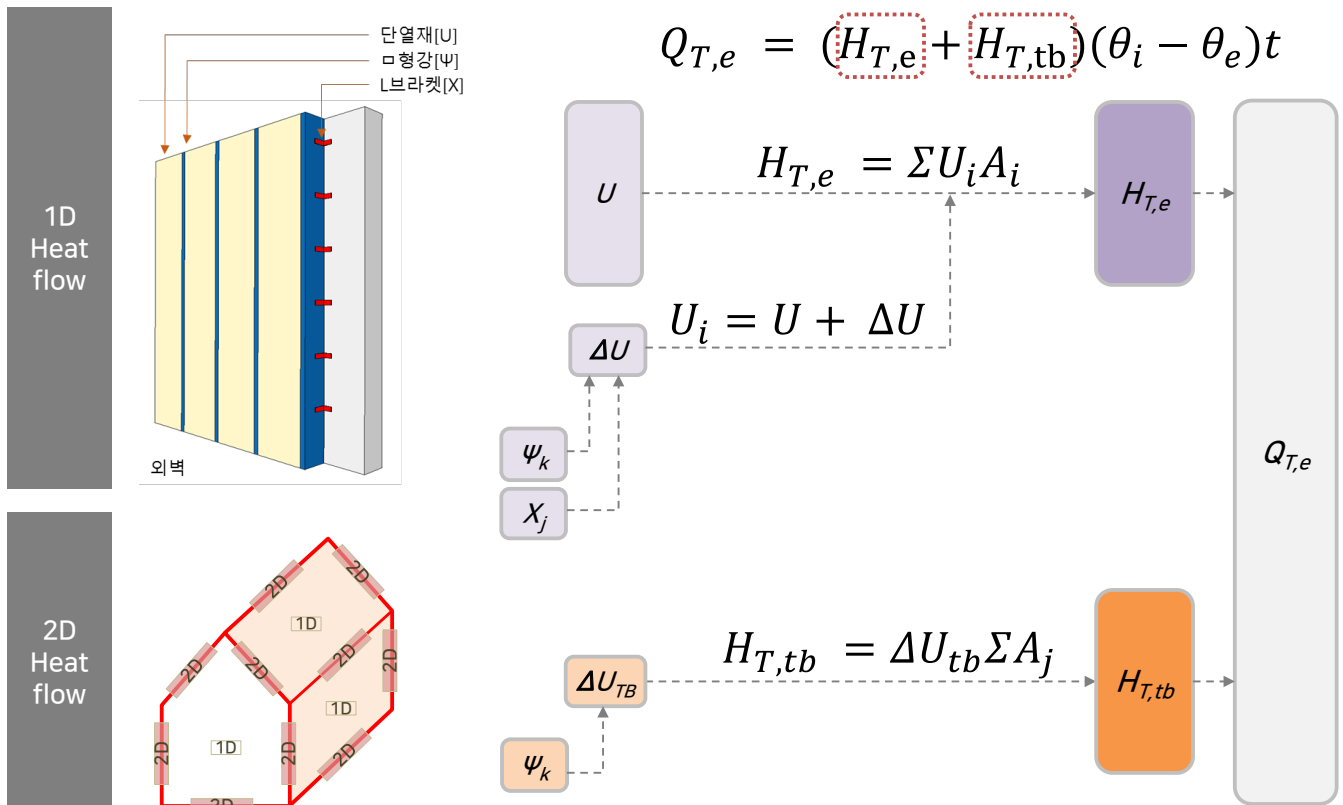
gehört zu Zone: store (1)

grenzt an: A: Außenluft

Orientierung: N (0°) Neigung: senkrecht

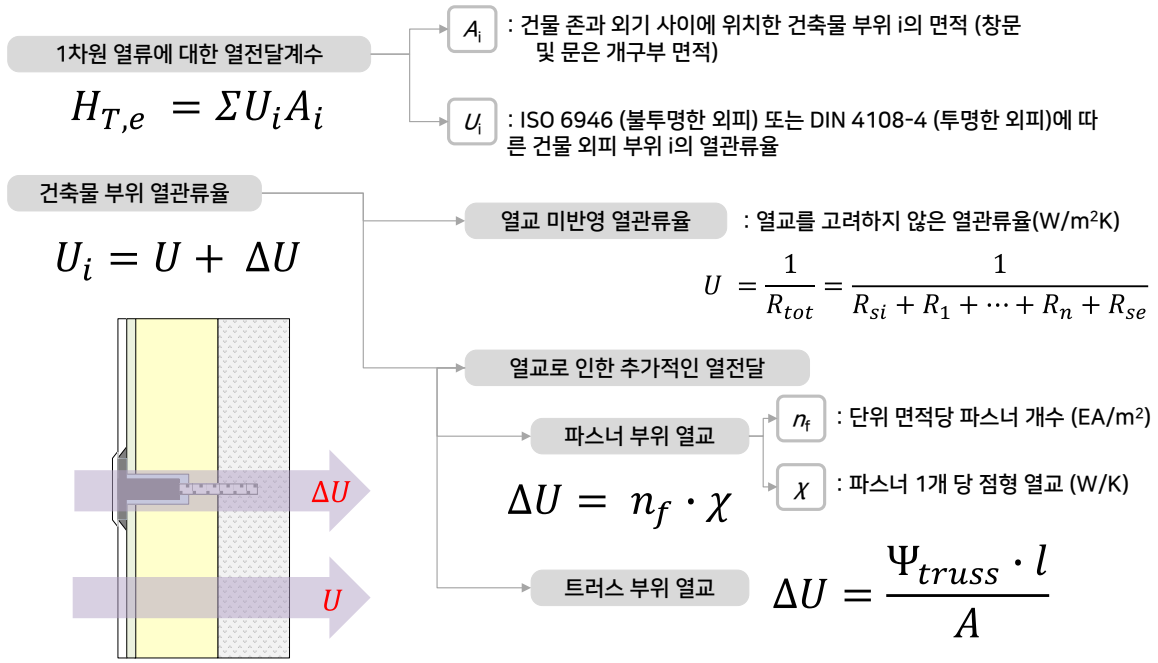
◎ 열교 관류 열전달

- 1차원 열류 열교: 구조체 면의 파스너나 트러스같은 이질대로 인해 단열재가 끊겨 발생한 열교
- 2차원 열류 열교: 지붕과 외벽, 외벽과 외벽, 외벽과 슬라브의 접합부 등 구조체간의 접합부위에서 발생하는 열교



◎ 1차원 열류 열교

- 파스너에 의한 열교를 점형열교, 트러스와 같이 선형으로 연속적으로 생긴 열교 선형열교로 구분
- 열교 열류량을 단위면적당의 발생량으로 환산하여 적용



- 1차원 열류 열교 예시: 파스너에 의한 열교

$$Q_{T,e} = (H_{T,e} + H_{T,tb})(\theta_i - \theta_e)t$$

파스너 부위 열교

$$H_{T,e} = \sum U_i A_i$$

$$\Delta U = \chi \cdot n_f$$

트러스 부위 열교

$$U_i = U + \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{\Psi_{truss} \cdot l}{A}$$

일반양카

$$\Delta U = \chi \cdot n_f$$

$$= 0.073W/K \cdot 1.44 EA/m^2$$

$$= 0.105W/m^2K$$

단열양카

$$\Delta U = \chi \cdot n_f$$

$$= 0.026W/K \cdot 1.44 EA/m^2$$

$$= 0.037W/m^2K$$

2.84배 성능 우수

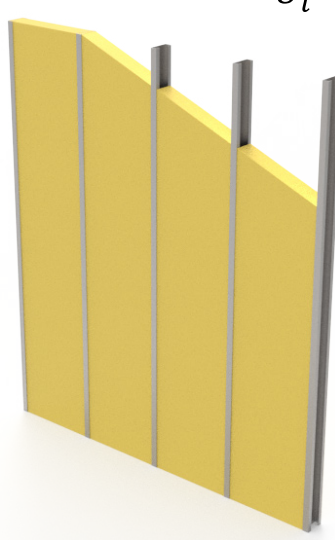
● 1차원 열류 열교 예시: 트러스에 의한 열교

$$Q_{T,e} = (H_{T,e} + H_{T,tb})(\theta_i - \theta_e)t$$

파스너 부위 열교
 $\Delta U = \chi \cdot n_f$

$$H_{T,e} = \sum U_i A_i$$

트러스 부위 열교
 $\Delta U = \frac{\Psi_{truss} \cdot l}{A}$

$$U_i = U + \Delta U$$


일반스터드
 $\Delta U = \frac{\Psi_{truss} \cdot l}{A}$
 $= 0.148 \text{ W/mK} \cdot 1.67 \text{ m/m}^2$
 $= 0.247 \text{ W/m}^2\text{K}$

단열트러스
 $\Delta U = \frac{\Psi_{truss} \cdot l}{A}$
 $= 0.055 \text{ W/mK} \cdot 1.67 \text{ m/m}^2$
 $= 0.092 \text{ W/m}^2\text{K}$
2.69배 성능 우수

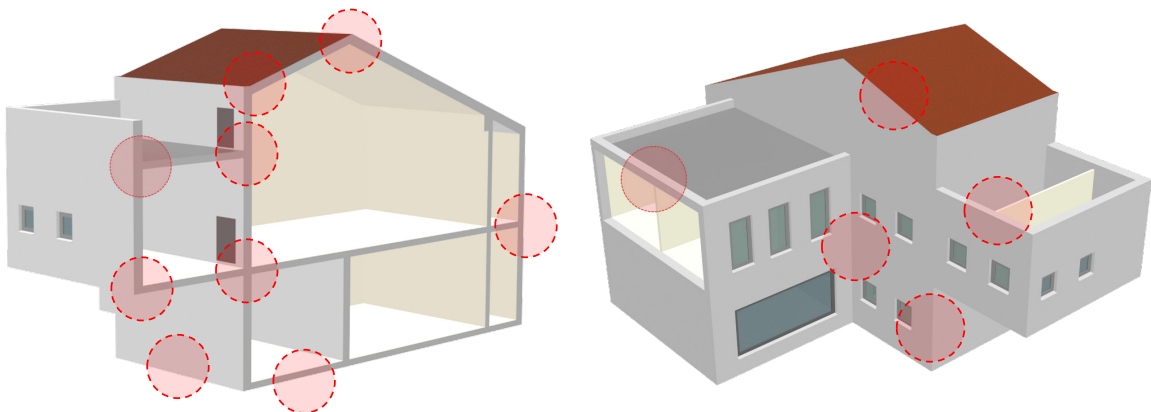
⊙ 2차원 열류 열교

$$Q_{T,e} = (H_{T,e} + H_{T,tb})(\theta_i - \theta_e)t$$

$$H_{T,tb} = \Delta U_{tb} \Sigma A_j$$

$$\Delta U_{tb} = \frac{\Psi_{tb} \cdot l}{A}$$

열교 타입 구분	$\Delta U_{T,tb}$
내단열	0.15 W/(m ² ·K)
외단열	0.10 W/(m ² ·K)



4 구조체 일사 열전달 이해

◎ 열획득 및 열손실

$$Q_{\text{sink}} = Q_{T,j} + Q_{V,j} + Q_{I,\text{sink}} + Q_{S,\text{op,sink}}$$

$$Q_{T,j} = \sum H_{T,j} \cdot (\theta_i - \theta_j) \cdot t, \text{ if } \theta_i > \theta_j$$

$$Q_{V,j} = \sum H_{V,j} \cdot (\theta_i - \theta_j) \cdot t, \text{ if } \theta_i > \theta_j$$

$$Q_{I,\text{sink}} = Q_{I,\text{sink,c}} + Q_{I,\text{sink,fac}} + Q_{I,\text{sink,goods}}$$

$$Q_{S,\text{op,sink}} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (F_f \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er} - \alpha \cdot I_s) \cdot t, \text{ if } F_f \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er} > \alpha \cdot I_s$$

$$Q_{\text{source}} = Q_{T,j} + Q_{V,j} + Q_{I,\text{source}} + Q_{S,j}$$

$$Q_{T,j} = \sum H_{T,j} \cdot (\theta_j - \theta_i) \cdot t, \text{ if } \theta_j > \theta_i$$

$$Q_{V,j} = \sum H_{V,j} \cdot (\theta_j - \theta_i) \cdot t, \text{ if } \theta_j > \theta_i$$

$$Q_{I,\text{source}} = Q_{I,\text{source,p}} + Q_{I,\text{source,fac}} + Q_{I,\text{source,l}} + Q_{I,\text{source,goods}} + Q_{I,\text{source,h}}$$

$$Q_{S,\text{tr}} = F_f \cdot A \cdot g_{\text{eff}} \cdot I_s \cdot t$$

$$Q_{S,\text{op,source}} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_s - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}) \cdot t, \text{ if } \alpha \cdot I_s > F_f \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}$$

- 열손실은 관류 열손실, 환기 열손실, 내부 열손실, 일사 열손실로 구분
 - 관류 열손실: 전도 현상에 의해 발생하는 손실로 실내 온도가 비교 영역에 비해 높을 때 발생
 - 환기 열손실: 실내보다 더 낮은 온도의 기류가 유입될 경우 발생
 - 내부 열손실: 냉열원이 실내로 유입될 때 발생
 - 일사 열손실: 흡수율과 일사량의 곱보다 장파 복사에 대한 열손실이 더 클 경우 발생
- 열획득은 열손실과 반대의 개념으로 관류 열획득, 환기 열획득, 내부 열획득, 일사 열획득으로 구분

◎ 천공 온도

- 천공 온도(Sol-air temperature)

공기 중에서의 복사열전달과 적외선(장파) 영향을 고려한 온도

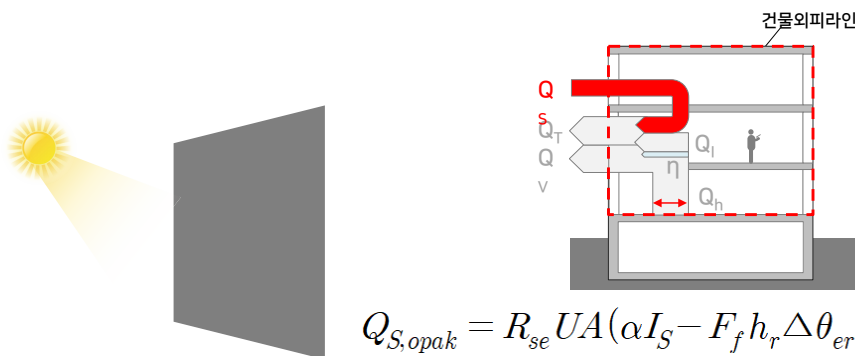
$$T_{sol-air} = T_o + \frac{(a \cdot I - \Delta Q_{ir})}{h_o} = T_{sol-air} = T_o + \left(\frac{\alpha \cdot I - F_r \cdot h_r \cdot \Delta \theta_{er}}{h_o} \right)$$

$\Delta Q_{ir} = F_r * h_r * \Delta T_{o-sky}$: 외부 공기 온도와 겉보기 하늘 온도의 차이로 인한 추가 적외선 복사

$$\frac{q}{A} = U_c(T_i - T_{sol-air}) \longrightarrow \frac{q}{A} = U_c(T_i - T_o) \pm \frac{U_c}{h_o} [a \cdot I - F_r \cdot h_r \cdot \Delta \theta_{er}]$$

$$\therefore Q_{S,opak} = R_{se} UA (\alpha I_S - F_f h_r \Delta \theta_{er}) t$$

◎ 구조체 일사열전달

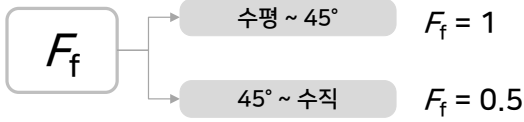


$$Q_{S,opak} = R_{se} UA (\alpha I_S - F_f h_r \Delta \theta_{er}) t$$

- | | | |
|----------------|------------------------|---|
| 천공 온도와 표면 온도 차 | R_{se} : 외부 표면 열전달저항 | F_f : 형태계수 |
| | a : 일사 흡수율 | $\Delta \theta_e$: 대기-천공의 평균온도차 (10K 로 가정) |
| | I_s : 월 평균 일사량 | h_r : 복사 열전달계수(표준값 4.5) |
| 구조체의 열관류율 | U : 구조체 열관류율 | - 근사식 적용 $h_r = 5\epsilon$ |
| 구조체 면적 | A : 구조체 면적 | - 외부 표면 방사율 ($\epsilon = 0.9$ 로 가정) |
| 계산 기간 | t : 계산기간 (t=24h) | |

◎ 흡수율

$$Q_{S,opak} = R_{se} UA(\alpha I_S - F_f h_r \Delta\theta_{er})t$$



표면		일사 흡수율 α[-]
벽 표면	— 밝은 페인트	0.4
	— 부드러운 페인트	0.6
	— 짙은 페인트	0.8
	— 소성 조적	0.8
	— 밝은색 조적	0.6
지붕 (특성)	— 적벽돌	0.6
	— 짙은 표면	0.8
	— 금속 (밝은)	0.2
	— 타르지 (샌디드)	0.6

- 지붕과 같이 45도 각도 미만으로 기울어진 구조체의 경우, 천공의 영향을 더 많이 받므로 F_f 를 1로 적용
- 외벽과 같이 45도 이상 90도 미만의 각도의 구조체는 천공과의 영향을 상대적으로 덜 받으므로 0.5 적용
- DIN에서는 구조체의 색 수준에 따라 흡수율 수준 제시
 - 짙은 색의 구조체는 같은 일사량을 받았을 때 일사열획득 작용
 - 옅은 색의 구조체는 장파 적외선 열손실이 더 크게 작용해 일사열손실 발생

5 구조체 축열 이해

◎ 유효 열저장 능력

● ECO2 프로그램

- ECO2는 축열 영향을 반영하기 위해 독일 DIN V 18599-2: 2007 표준을 참조하고 있음

열저장능력: 90 0 130 90 50	유효 열저장능력	[Wh/m ² K]
	$K \leq 700 \text{ kg/m}^3$	50(경량, 조립식 건물)
	$K \leq 1200 \text{ kg/m}^3$	90(표준, RC조 건물)
	$K > 1200 \text{ kg/m}^3$	130(중량, 석조건물)

● DIN V 18599-2

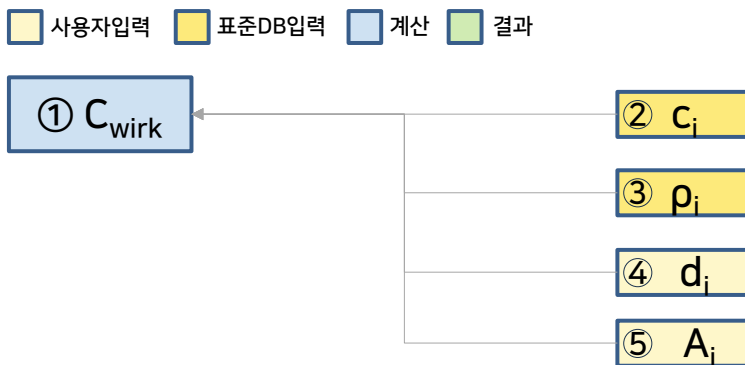
- 중간 또는 높은 축열성능으로 평가받기 위해서는 천장실링 없음, 외피부위 외단열의 선행조건이 있음

- 국내 건축 설계의 경우 해당 조건을 충족하는지에 대한 판단 여부 없이, 구조체의 밀도만으로 축열성능을 평가함

조건	C_{wirk}/A_{NF} [Wh/m ² K]
밀도 $\leq 600 \text{ kg/m}^3$ 기본값	50(낮은축열성능)
밀도 $> 600 \text{ kg/m}^3$ and 천장실링없음 and 외피부위 외단열 and 층고가 낮은 실내	90(중간축열성능)
밀도 $> 1000 \text{ kg/m}^3$ and 천장실링없음 and 외피부위 외단열 and 층고가 낮은 실내	130(높은축열성능)

● C_{wirk} 유효 열저장능력

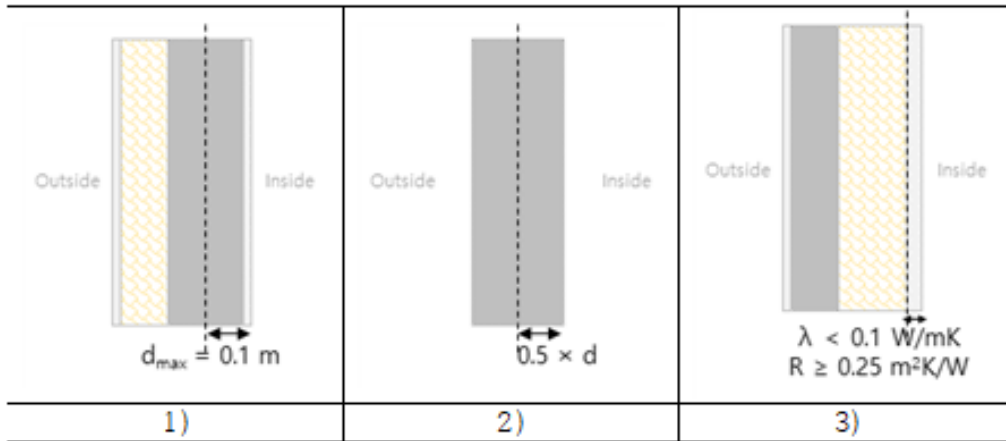
구조체 중, 일정 열전도율 이상을 갖는 재료층의 열용량을 유효 깊이까지만 고려하여 산정한 축열능력(Wh/K)을 의미



$$C_{wirk} = \sum(c_i \cdot \rho_i \cdot d_i \cdot A_i)$$

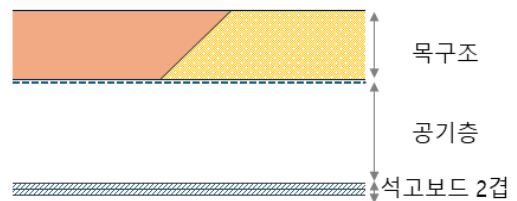
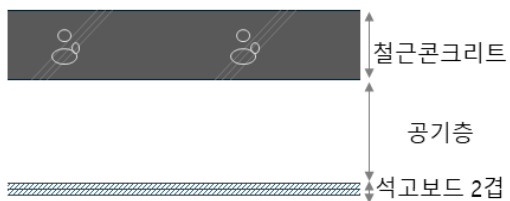
● 유효 두께 산정 시 다음과 같은 제한 규칙이 적용됨

- 1) 최대 유효 두께 : $d_{max} = 0.1m$
- 2) 내벽의 유효 두께 : 벽 두께의 절반(최대 0.1m)
- 3) 열저항이 큰 단열층($\lambda < 0.1 W/mK$, $R \geq 0.25 m^2K/W$)은 축열층으로 간주하지 않음

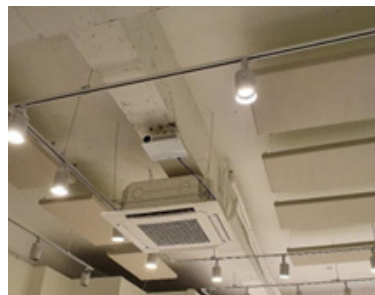


● 천장은 전체실링, 노출실링, 부분실링으로 구분

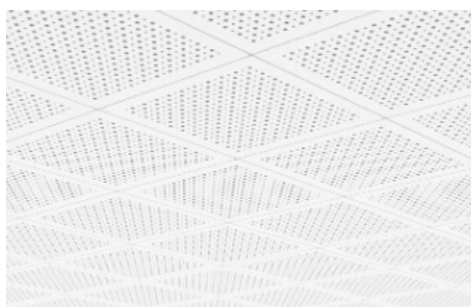
- 전체실링



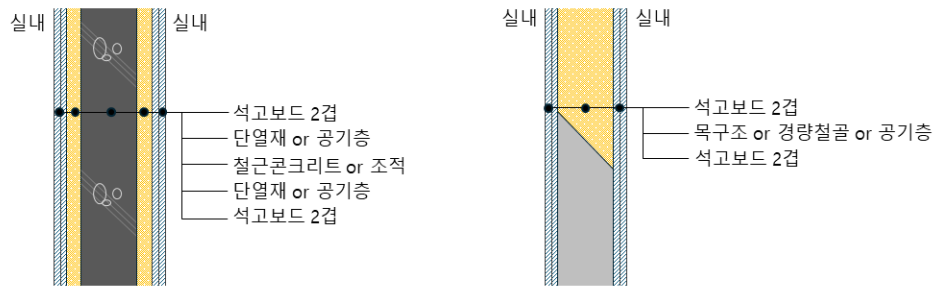
- 노출실링



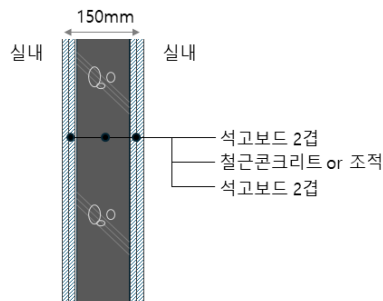
- 부분실링



- 내벽은 축열능력이 낮은 경우, 높은 경우로 구분
 - (공기층/단열) + 마감재

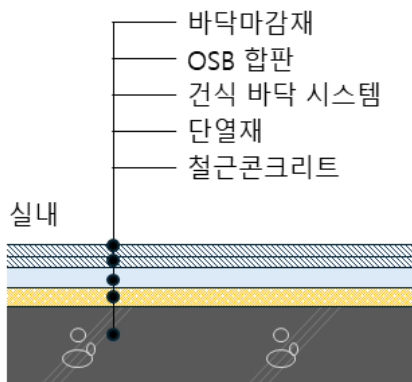


- (콘크리트/조적) + 마감재

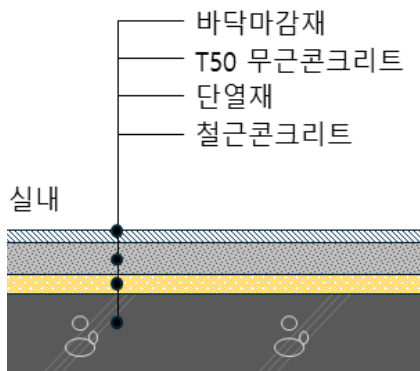


- 층간바닥은 축열능력이 낮은 건식 바닥과 축열능력이 높은 습식으로 구분

- 건식 층간바닥



- 습식 층간바닥

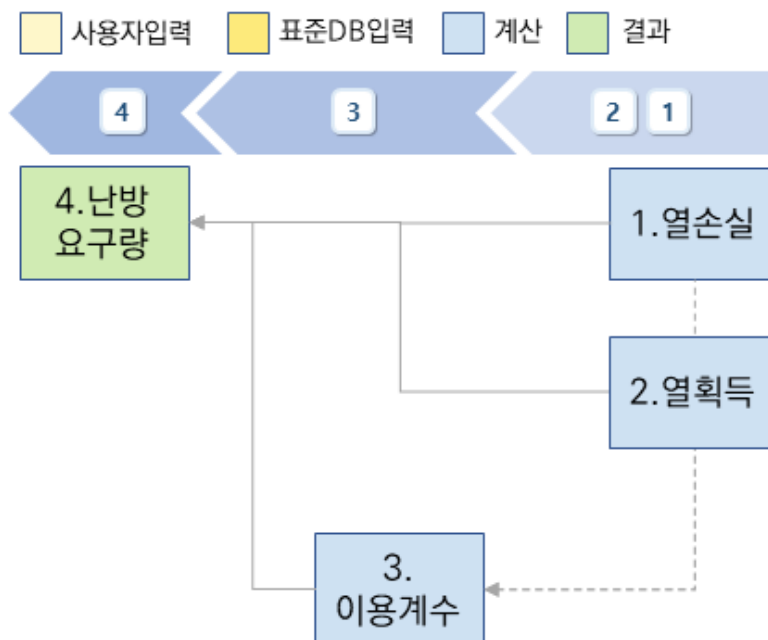


$$C_{wirik} = \sum (c_i \cdot \rho_i \cdot d_i \cdot A_i)$$

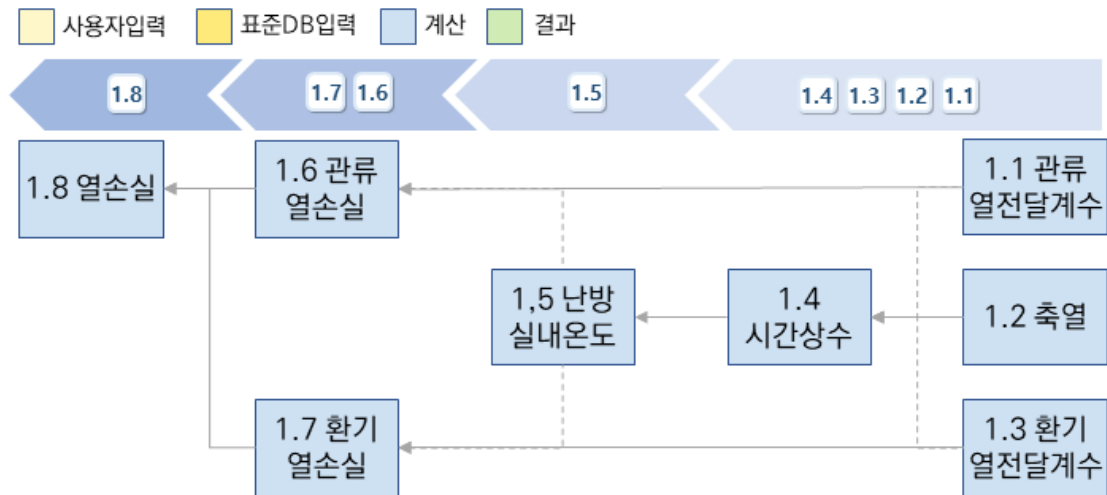
축열		c_i	ρ_i	d_i	C_{wirik}/A_i	비고
		[kJ/kgK]	[kg/m³]	[m]	[Wh/m²K]	
천장						
천장	전체실링	1	600	0.02	3	석고보드 20mm
	노출실링	1	2300	0.1	64	철근콘크리트/조적 00mm(최대)
	부분실링	-	-	-	34	전체실링 50% + 부분실링 50%
내벽						
내벽	(공기층/단열)+마감재	1	600	0.025	4	석고보드 25mm
	(RC/조적)+마감재	1	2300	0.05	36	철근콘크리트 50mm+ 석고보드 25mm
		1	600	0.025		
충간 바닥						
충간바닥	건식	1.4	910	0.015	10	바닥마감 15mm+ OSB합판 15mm
		1.7	650	0.015		
	습식	1.4	910	0.015	33	바닥마감 15mm + 무근콘크리트 50mm
		1	2000	0.05		

◎ 축열 적용 알고리즘

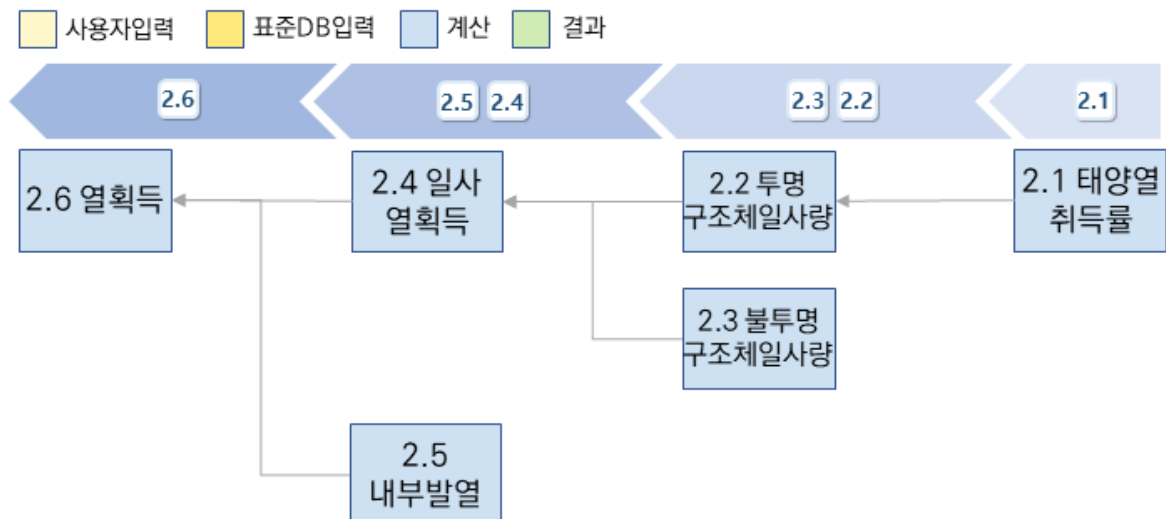
- 열손실: 관류 및 환기 열손실의 합산
- 열획득: 일사 열획득 및 내부발열의 합산
- 열획득 이용계수: 획득된 열에너지 중 실내 존으로 유입되는 에너지의 비율. 시간상수(축열) 영향을 받음
- 난방 에너지요구량: 건물 존의 열손실 및 열획득에 대한 밸런스를 검토하는 것. 이용계수(축열)을 고려하여 산정함



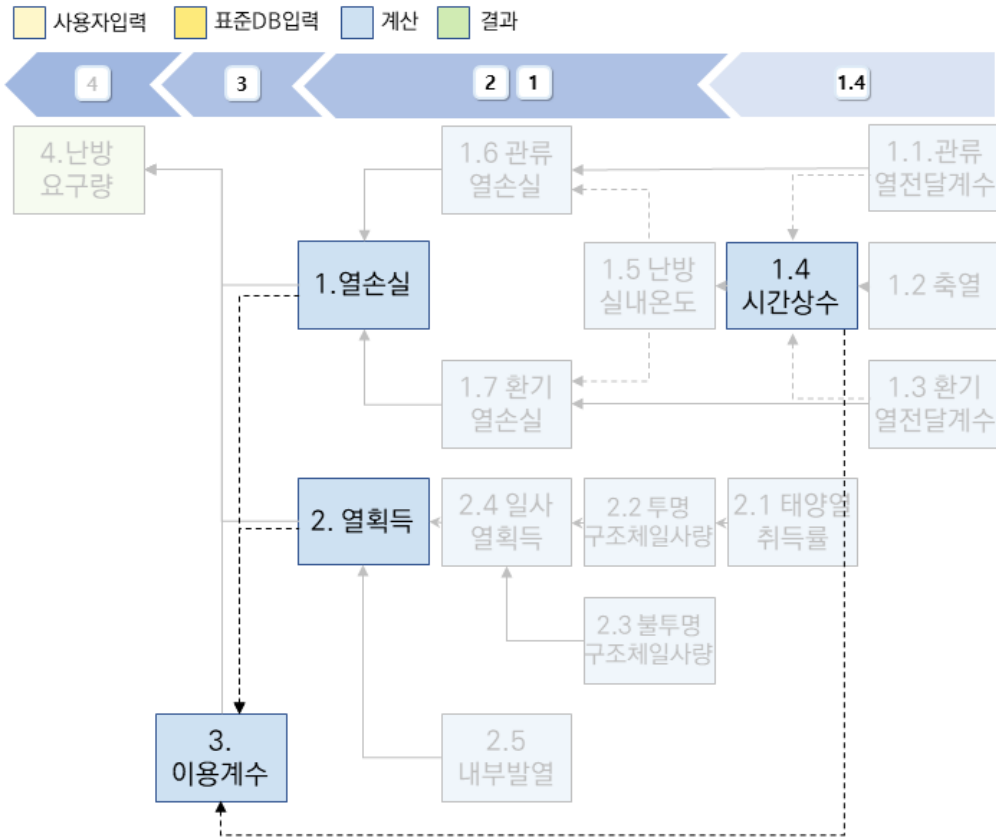
- 관류열전달계수: 존 외피의 열관류율과 면적을 곱한 값. 단위 온도차당 전도되는 열류[W/K]를 의미
- 시간상수: 건물 존의 축열성능 값을 바탕으로 저장된 열 에너지가 외부로 방출되는 소요되는 시간[h]
- 환기열전달계수: 존으로 유입되는 유체로부터의 전달되는 열량. 환기(침기, 자연환기, 기계환기, 인접존 환기)량에 공기의 비열과 밀도를 곱한 값. 단위 온도차당 전달되는 열류[W/K]를 의미
- 난방 실내온도: 존의 실외측으로의 열류(관류·환기 열전달계수) 및 축열(시간상수)을 바탕으로 산정된 월별 일평균 난방 실내온도[°C]



- 태양열취득률: 음영, 차양, 유리오염도, 입사각을 고려하여 산정된 투명 구조체(창호, 커튼월창)의 태양열취득률
- 투명 구조체 일사량: 태양열취득률과 월별·방위별 일사량을 고려하여 산정된 투명 구조체(창호, 커튼월창)의 열획득량
- 불투명 구조체 일사량: 불투명 구조체(외벽, 지붕) 기울기, 흡수율 및 월별·방위별 일사량을 바탕으로 산정된 불투명 구조체의 복사 열획득량
- 내부발열: 인체발열, 기기발열 등 건물 존의 내부발열



- 시간상수: 건물 존의 축열성능 값을 바탕으로 저장된 열 에너지가 외부로 방출되는 소요되는 시간
- 열손실: 관류 및 환기 열손실을 합산한 열손실량
- 열획득: 일사 열획득 및 내부발열을 합산한 열획득량
- 이용계수: 열획득량 중 실내 존에 실제로 기여하는 열량의 비율. 축열 특성(시간상수)에 따라 열의 저장 및 방열 특성이 달라지므로, 축열 성능에 따라 크게 좌우되는 값임



◎ 참고 서적 및 사이트

1. 건축물의 에너지절약설계기준 [시행 2023. 2. 28.] [국토교통부고시 제2023-104호]
2. ISO 6946 : 2017
3. 건물에너지평가프로그램 (ECO2) 평가자매뉴얼
4. DIN V 18599 : 2018
5. ISO 13370 : 2007
6. ISO 13789 : 2007
7. ISO 13786
8. DIN V 4108-6
9. ISO 52016-1 : 2017

A.3

투명 구조체 열전달 해석

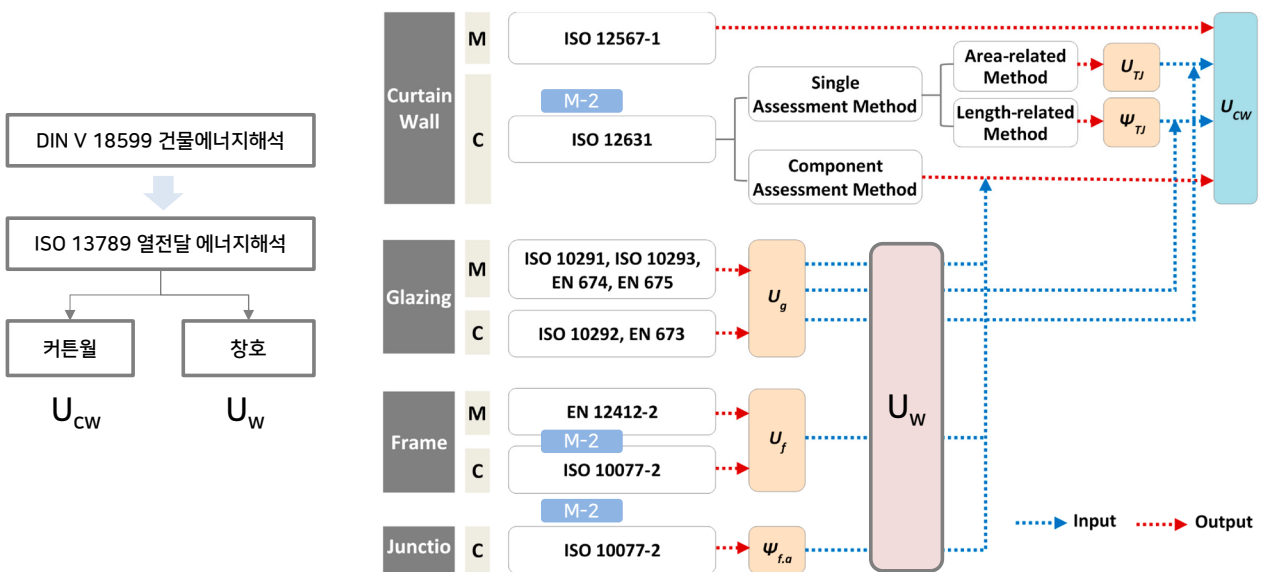
교육 목표

투명 구조체 열전달 해석

- * ISO 10077-2 기준 창호 열관류율 산정 방법 이해
- * 창호 설치열교 이해
- * 설치열교 가산치 산정방법 이해
- * DIN V 18599 기준 일사열획득 알고리즘 이해
- * 차양을 고려한 태양열취득률 산정방법 이해
- * DIN V 18599 기준 음영계수 이해
- * ISO 52016-1 기준 음영계수 산정방법 이해
- * 비냉난방 유리 구조물(온실)을 통한 일사 열획득

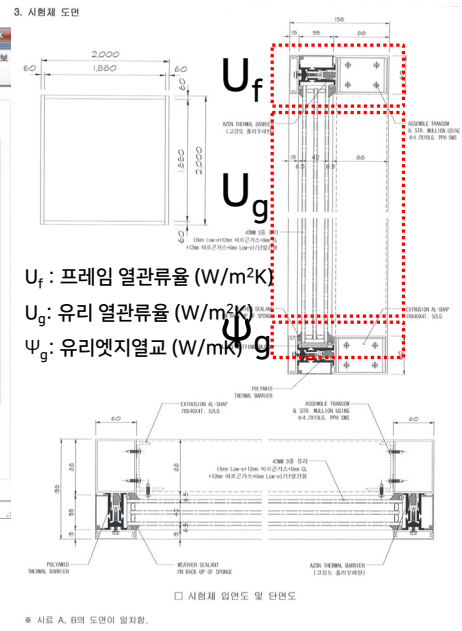
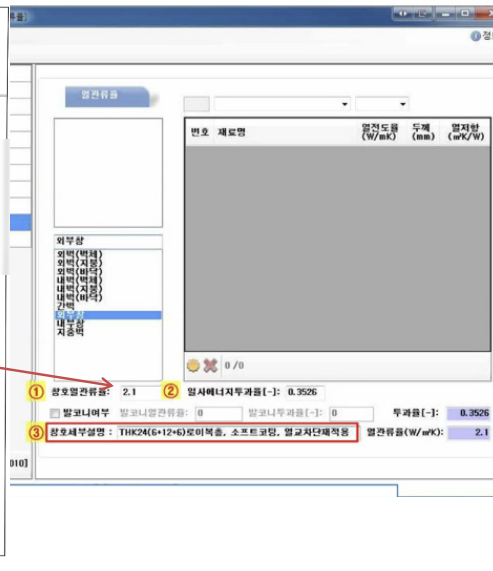
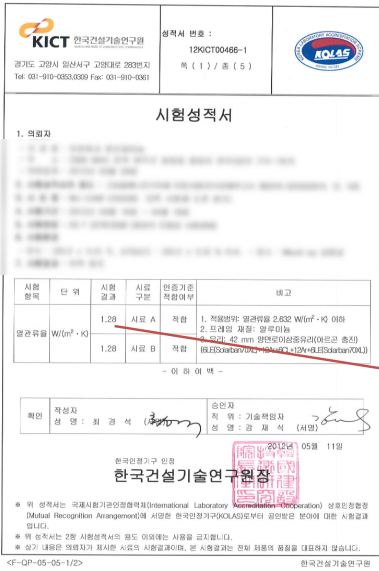
1 창호 열관류율

◎ 창호 열관류율



M : Measurement C : Calculation U : Thermal transmittance ψ : Linear thermal transmittance
 g : Glazing f : Frame CW : Curtain Wall f,g : Junction of frame and glazing TJ : Thermal Joint

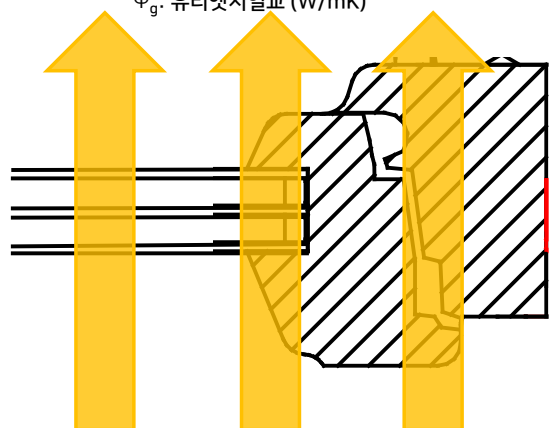
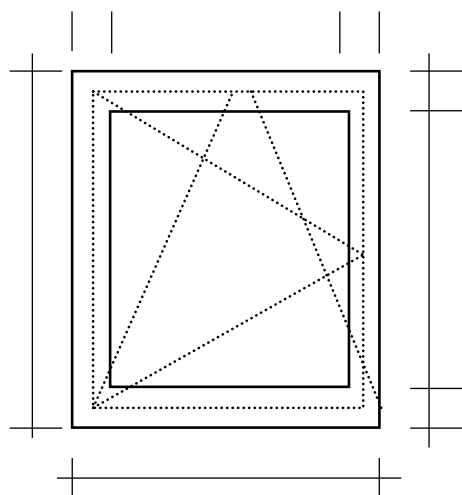
- 국내 창호의 열관류율 국가 인증: 측정을 통한 시험평가
- 시험평가는 특정 시험 조건 및 2m X 2m에서의 창호 성능이기 때문에 실제 창호 열관류율과 상이함



- ISO 10077-1 기반의 창호 열관류율 산정 방식
- 각 자재 요소의 성능에 면적을 곱한 후 전체 면적으로 나누는 방식으로 각 성능에 대한 면적 가중 계산

$$U_w = \frac{U_g \times A_g + U_f \times A_f + \Psi_g \times l_g}{A_w}$$

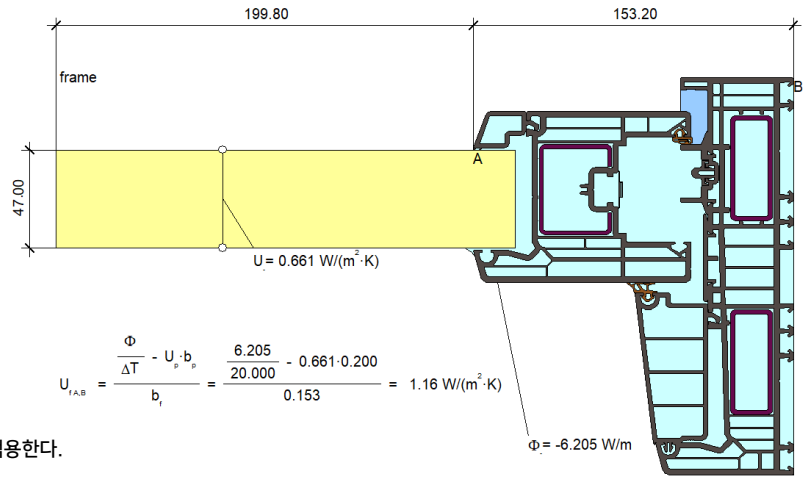
- U_w : 창호열관류율 (W/m²K)
- A_w : 창호면적 (m²)
- A_f : 프레임 면적 (m²)
- A_g : 유리 면적 (m²)
- U_g : 유리열관류율 (W/m²K)
- U_f : 프레임열관류율 (W/m²K)
- l_g : 유리엣지길이 (m)
- Ψ_g : 유리엣지열교 (W/mK)



◎ 창호 프레임 열관류율

$$U_f = \frac{L_{2D} - U_p \cdot b_p}{b_f}$$

- U_f : 프레임 열관류율 (W/m²K)
- L_{2D} : ISO10211기준 2D에서의 총열전달량 (W/mK)
- U_p : 단열 패널의 열관류율 (W/m²K)
- b_f : 프레임 길이 (m), 실내외측면 중 길이가 큰 값을 적용한다.
- b_p : 단열패널 길이 (m)



$$U_{fAB} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{6.205}{20.000} - 0.661 \cdot 0.200}{0.153} = 1.16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

◎ 유리 열관류율

- 유리 열관류율(U_g)은 EN673 기준에 따라 다음 식에 의해 계산

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + \Sigma R_s + R_{si}}$$

[ISO10077-1_6]

- R_{se} : 실외표면열전달저항 (0.04 m²K/W)
- λ_j : 해당 자재의 열전도율 (W/mK) (공기층은 ISO15099기준 열전달 계산 적용)
- d_j : 해당 자재의 두께 (m)
- R_{si} : 실내표면열전달저항 (0.13 m²K/W)
- ΣR_s : 중공층 열전달저항 (ISO15099 기준 2차원 열전달 계산 프로그램을 사용하여 수행)

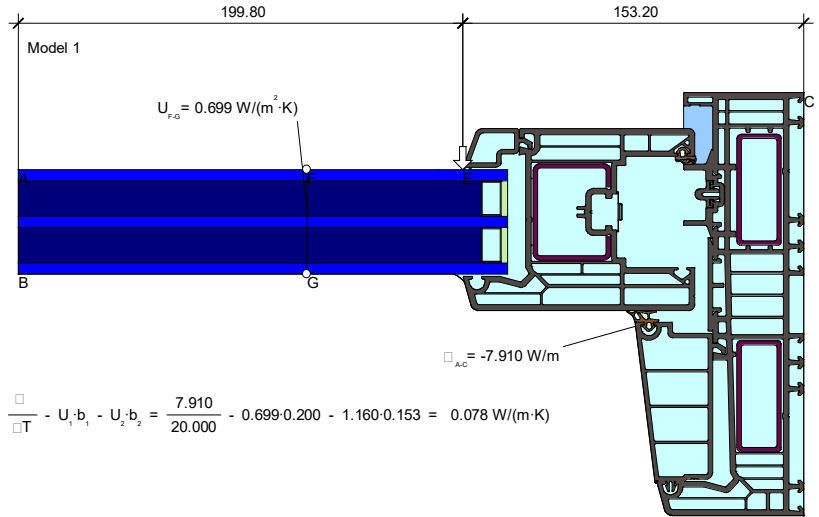
구분	Type 1																						
	ID	Name																					
	Glass 1	6980	HanGlas 5PLA FNII.HGI																				
	Gap 1	107	Air (10%) / Argon (90%)†																				
	Glass 2	6958	HanGlas Clear 5mm.HGI																				
	Gap 2	107	Air (10%) / Argon (90%)†																				
	Glass 3	6980	HanGlas 5PLA FNII.HGI																				
Window 7.5																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Number of Glass Results</th> <th>Temperature Data</th> <th>Optical Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ufactor</td> <td>SC</td> <td colspan="2">SHGC</td> <td></td> </tr> <tr> <td>W/m2K</td> <td></td> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.646</td> <td>0.541</td> <td colspan="2">0.471</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Number of Glass Results			Temperature Data	Optical Data	Ufactor	SC	SHGC			W/m2K					0.646	0.541	0.471		
Number of Glass Results			Temperature Data	Optical Data																			
Ufactor	SC	SHGC																					
W/m2K																							
0.646	0.541	0.471																					
유리구성	5LoE+16Ar+5CL+16Ar+5LoE																						
유리두께	mm	47																					
로이유리 방사율	0.059																						
space	Ar_90%																						
단열간봉	SWS (0.18 W/mK) 9mm																						
유리 열관류율 (U _g)	W/m ² K	0.65																					
태양열취득율 (g-value)	%	47																					

◎ 유리 엣지 선형 열관류율

- 유리와 프레임이 접하는 엣지에서의 선형열교값까지 반영 필요

$$\Psi_g = L^{2D} - (U_f \cdot b_f + U_g \cdot b_g)$$

[ISO10077-2_F.2]



Ψ_g : 유리엣지열교 [W/(m·K)]

L^{2D} : 2D에서의 총 열 전달량 [W/(m·K)]

U_f : 프레임 열관류율 [W/(m²·K)]

U_g : 유리열관류율 [W/(m²·K)]

b_f : 프레임 길이 [m]

b_g : 유리 길이 [m] 유리두께 60mm까지는 190mm 길이로 해도 문제없음

그 이상일 경우 길이를 늘려 계산할 것

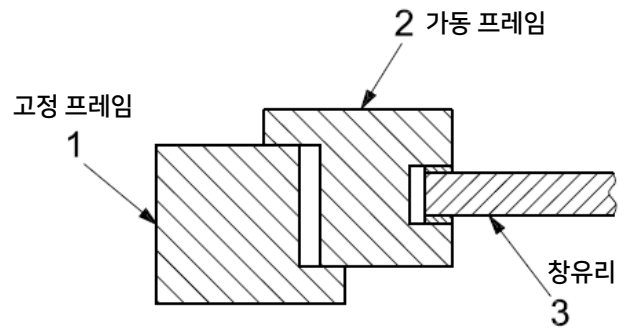
$$\Psi_{Ac} = \frac{\Psi}{L} - U_f \cdot b_f - U_g \cdot b_g = \frac{7.910}{20.000} - 1.160 \cdot 0.153 - 0.699 \cdot 0.200 = 0.078 \text{ W/(m·K)}$$

◎ 창호 열관류율

- 단창의 열관류율

$$U_W = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f}$$

(4.1.2)



[그림 4.1.3 단창 개념도]

U_W = 창 전체의 열관류율, W/m²K

U_f = 프레임 열관류율, W/m²K

A_f = 프레임 면적, m²

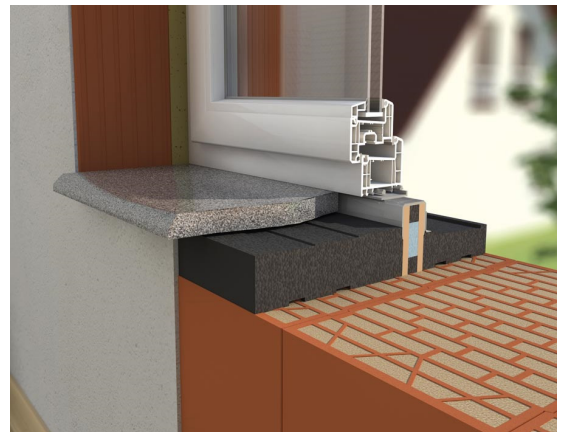
U_g = 유리 열관류율, W/m²K

A_g = 유리 면적, m²

l_g = 유리 엣지 둘레 길이, m

Ψ_g = 유리 엣지 선형 열관류율, W/mK

선형열관류율은 창유리, 스페이서, 프레임의 영향을 종합적으로 반영한 값임



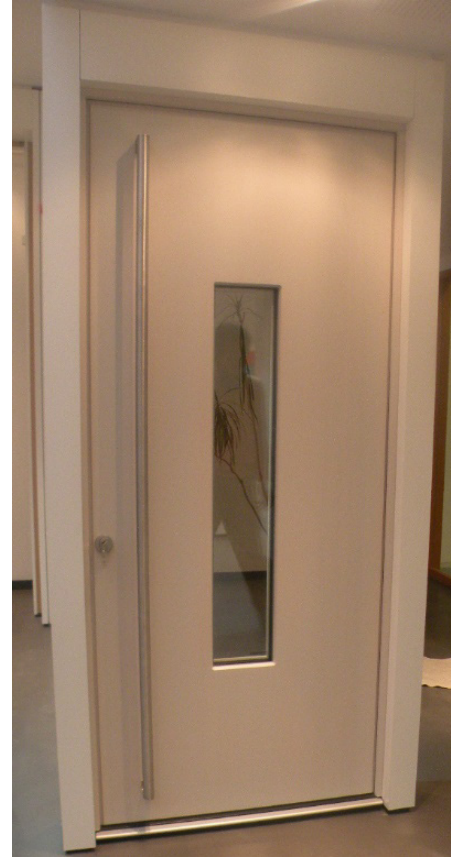
- 불투명 패널과 창유리가 결합된 경우에는 식 (4.1.3)을 이용해 계산

$$U_W = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g + \sum l_p \Psi_p}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_f} \quad (4.1.3)$$

U_p = 불투명 패널의 열관류율, W/m²K

Ψ_p = 불투명 패널에 대한 선형열관류율, W/mK

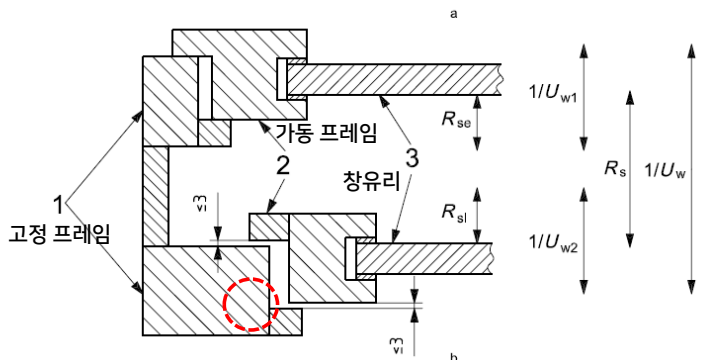
패널의 선형열관류율의 경우, 패널의 내외부 재료의 열전도율이 0.5 W/mK 이하이고, 패널 가장자리의 열교부 재료의 열전도율이 0.5 W/mK 이하이면 '0'으로 간주 가능



- 복층창의 열관류율
- 2개의 분리된 창호로 구성된 경우 식(4.1.4)를 이용해 계산

$$U_W = \frac{1}{1/U_{w1} - R_{si} + R_s - R_{se} + 1/U_{w2}} \quad (4.1.4)$$

[복층창 개념도]



U_{w1} = 창 1의 열관류율, W/m²K

R_{si} = 단독으로 사용될 때 외부 창호의 내표면 저항, m²K/W

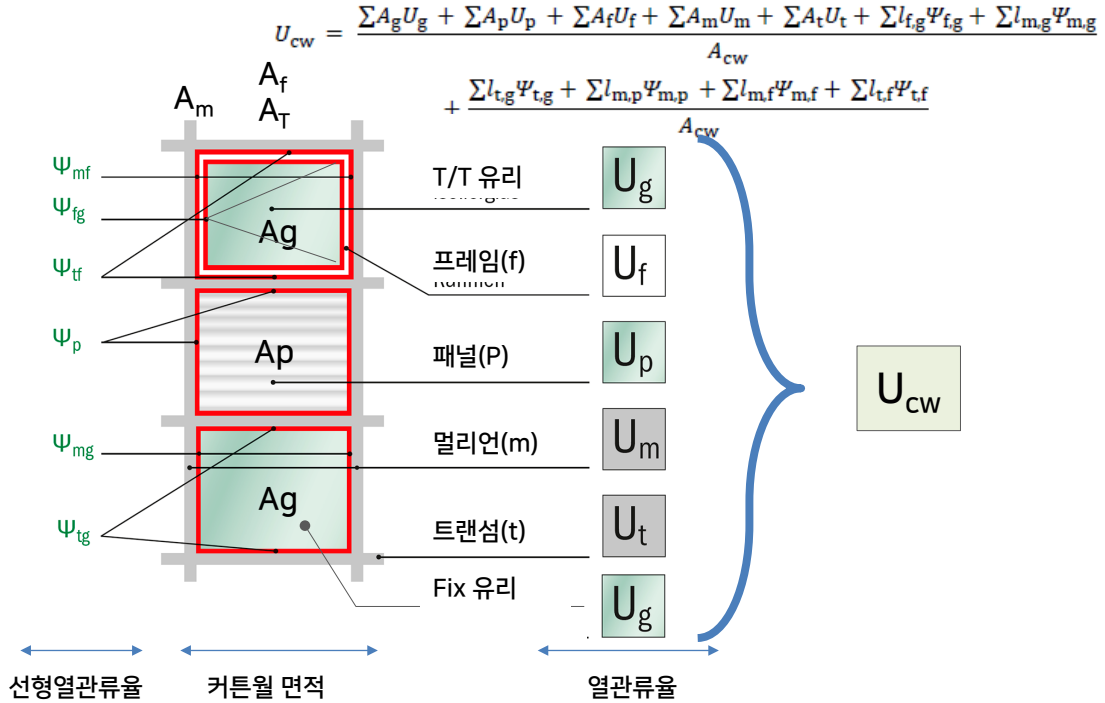
R_{se} = 단독으로 사용될 때 내부 창호의 외표면 저항, m²K/W

R_s = 유리 창호 창유리 사이 공간의 열저항, m²K/W

일반적으로 R_{si} , R_{se} 는 주어지는 값임.

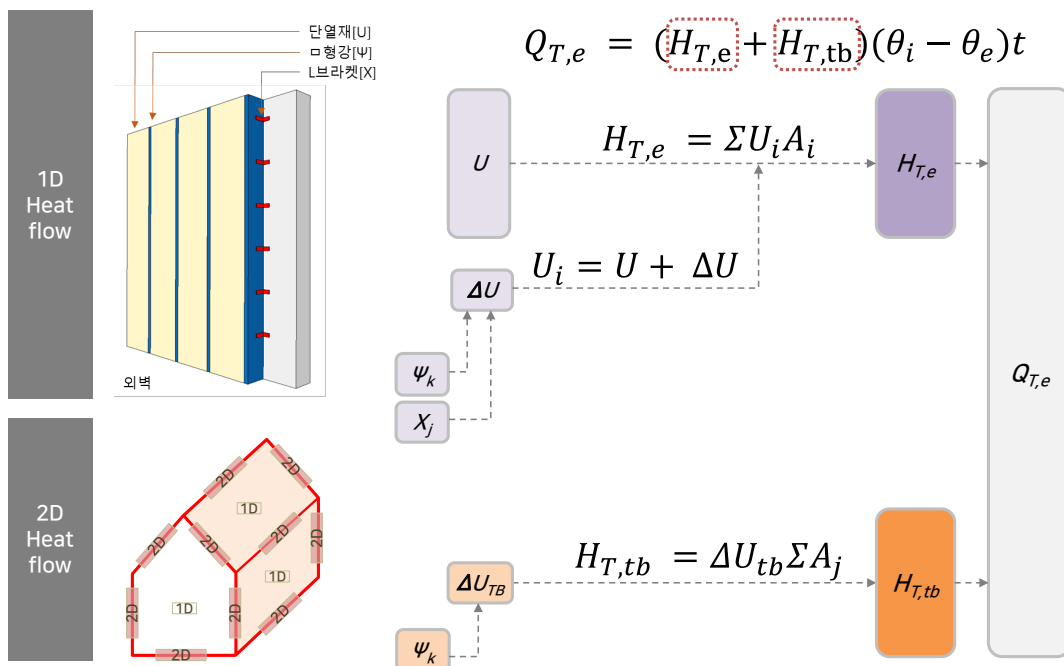
◎ 커튼월창 열관류율

- 커튼월 열관류율



2 창호 설치열교 가산치

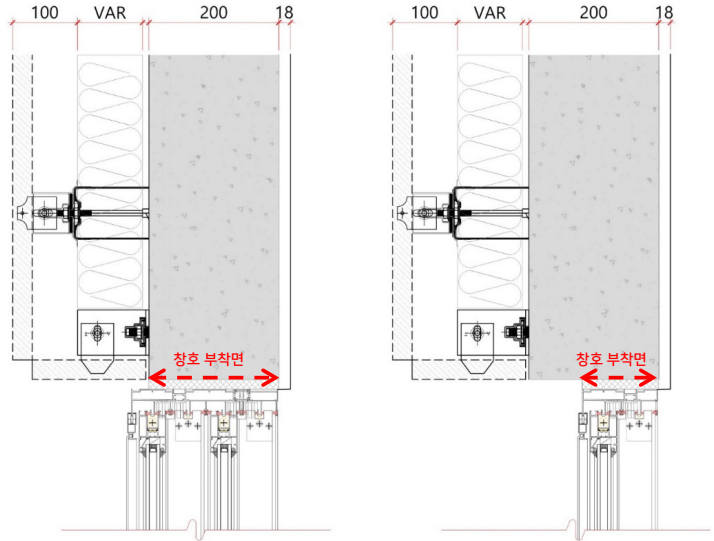
◎ 열교 관류 열전달



◎ 창호 설치열교

● 창호 설치 열교에는 다음의 사항들이 영향을 미침

- 1. 단열 라인
- 2. 구조 유형
 - RC조 내단열, RC조 외단열, 경량철골, 목재
- 3. 창호 유형
 - 단창, 이중창
- 4. 창호 소재
 - 플라스틱창, 알루미늄창, 우드창 등
- 5. 기능에 따라
 - 미닫이창, 시스템창
- 6. 유리종류
 - 이중유리, 삼중유리, Low-E 유리 등

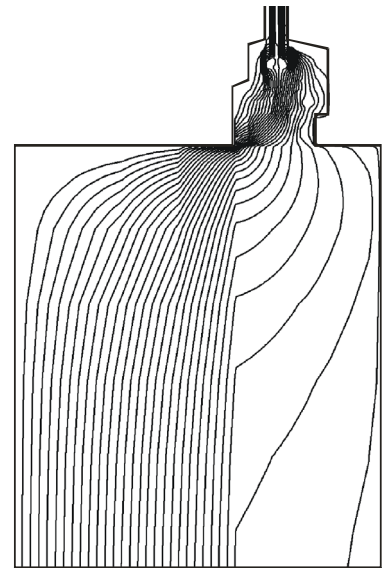


◎ 설치 열교 포함 창호 열관류율

● KIAEBS+S-8+2017

$$U_{w,installed} = U_w + \frac{\sum \psi_i \cdot l_i + \sum \chi_j \cdot n_j}{A_w}$$

창호 설치 열교가산치



◎ ISO 10211 기준 열교 산정

- 선형 열관류율

$$\psi = L_{2D} - \sum U_j l_j$$

L_{2D} 2차원 전열해석을 통해 산출된 전열계수 [W/mK]

U_j 구조체 열관류율 [W/m²K]

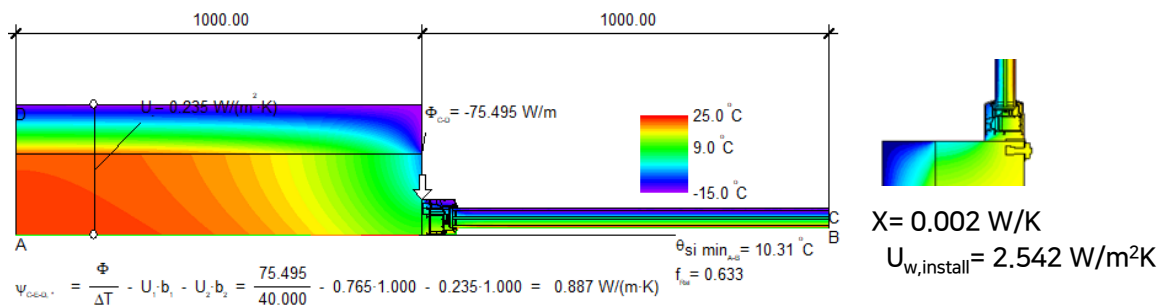
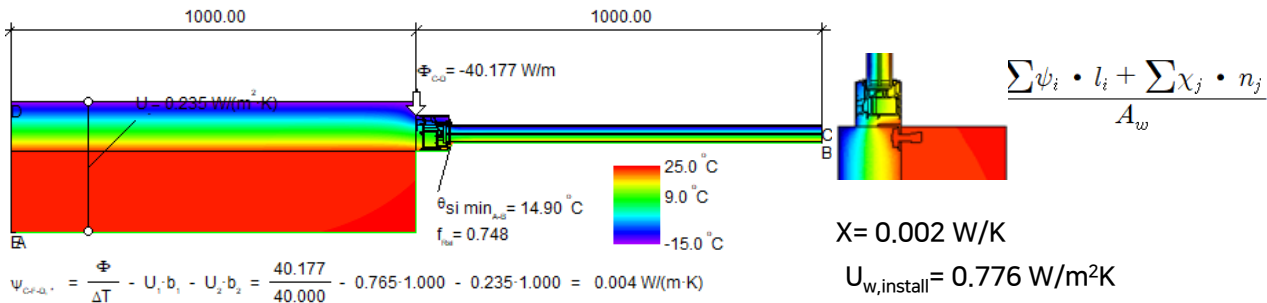
l_j 구조체의 길이 [m]

- 점형 열관류율

$$\chi = L_{3D} - \sum U_i A_i - \sum \psi_j l_j$$

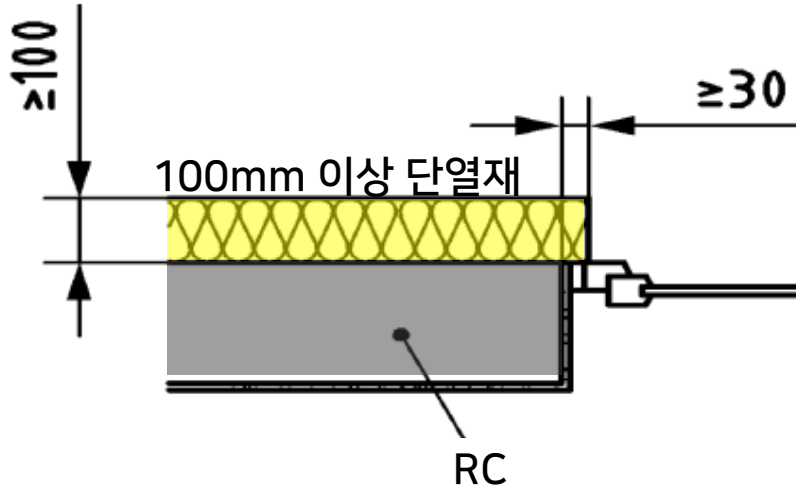
L_{3D} 3차원 전열해석을 통해 산출된 전열계수[W/K]

◎ 설치 열교 포함 창호 열관류율

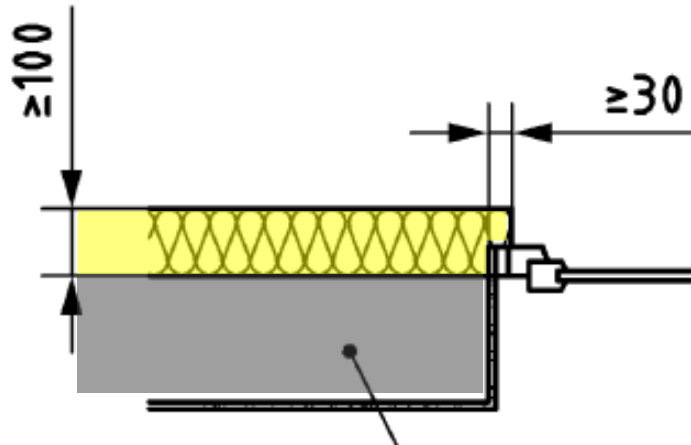


◎ 창호 설치 방법

- DIN 4108-2 Annex 2 _ 외단열



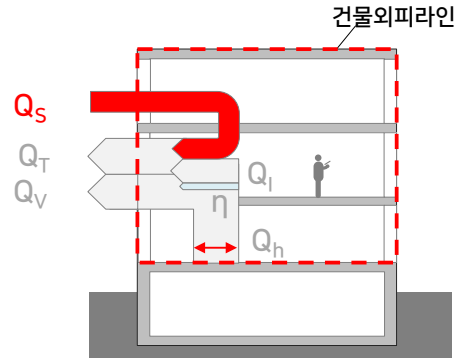
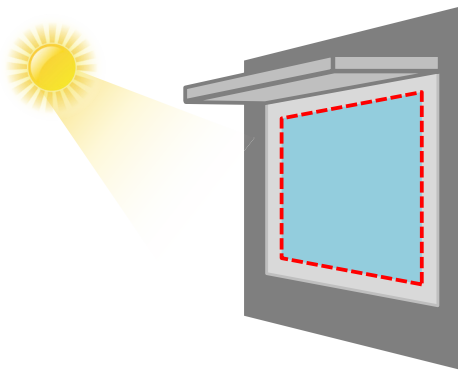
- 30mm 이상 [10mm 폼충진 포함] 단열 겹침
- $\psi_{\text{install}} \leq 0.18 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- 공사 용이
- 방충망 설치를 고려해 단열 덮는 부위 검토



- 30mm 이상 [10mm 폼충진 포함]
- $\psi_{\text{install}} \leq 0.07 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- 공사 어려움[수평/수직 유지 공사]
- 점형 열교 발생

3 일사 열획득

◎ 일사 열획득



$$Q_{s,tr} = F_F \times A \times g_{eff} \times I_s \times t$$

- 일사가 통과되는 유효 면적

F_F

A
- 유리의 태양열 투과율

g_{eff}

 - SHGC • 차양장치 • 주변 음영
- 건물 위치에 따른 일사량

I_s

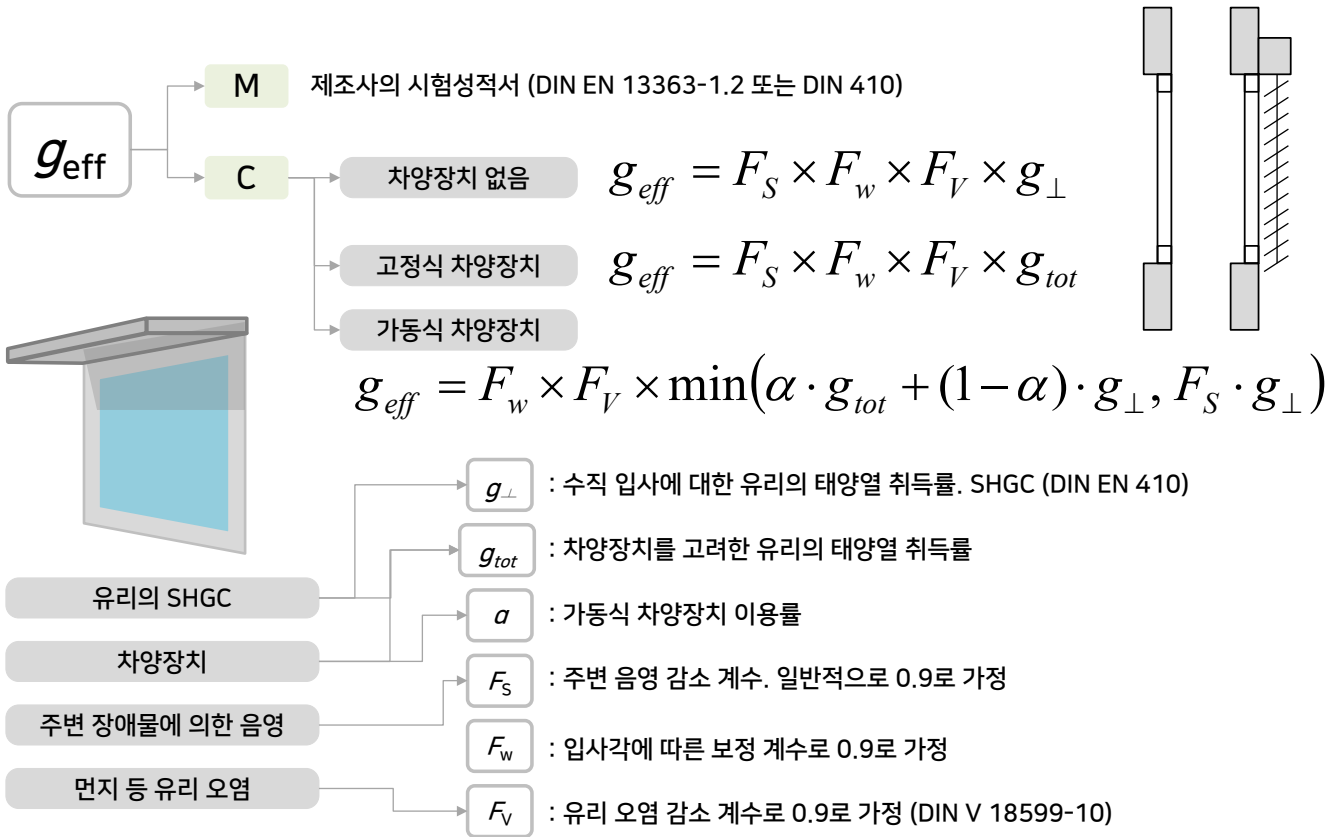
: 월평균 일사량

 - 방향 • 기후데이터 • 기울기
- 계산 기간

t

: 계산기간 (t=24h)

◎ 태양열 취득률



차양장치 없음 $g_{eff} = F_S \times F_w \times F_V \times g_{\perp}$

유리 형식	차양장치 없음		
	열관류율 U_g	태양열취득율 g_{\perp}	주광 취득율 τ_e
단층유리	5.8	0.87	0.85
이중유리	2.9	0.78	0.73
삼중유리	2.0	0.70	0.63
이중로이유리 (아르곤 충전. 단면 로이)	1.7	0.72	0.60
	1.4	0.67	0.58
	1.1	0.64	0.58
	1.0	0.53	0.45
이중로이유리 + 자동제어	1.1	0.41	0.36
삼중로이유리 (아르곤 충전. 더블 로이)	0.8	0.60	0.50
삼중로이유리 + 자동제어	0.7	0.36	0.31

고정식 차양장치

$$g_{eff} = F_S \times F_w \times F_V \times g_{tot}$$

유리 형식	차양장치 (블라인드 위치: 실외)									
	외부 블라인드 (슬레이트 10°)		외부 블라인드 (슬레이트 45°)		롤스크린 (열림)		롤스크린 (닫힘)		롤스크린 (3/4 닫힘)	
	흰색	진회색	흰색	진회색	흰색	진회색	흰색	진회색	흰색	진회색
	g_{tot}									
단층유리	0.12	0.20	0.18	0.21	0.28	0.23	0.23	0.25	0.39	0.40
이중유리	0.10	0.15	0.15	0.16	0.25	0.19	0.20	0.19	0.35	0.34
삼중유리	0.08	0.12	0.13	0.13	0.23	0.16	0.18	0.16	0.31	0.30
이중로이유리 (아르곤 충전, 단면 로이)	0.08	0.11	0.13	0.12	0.23	0.15	0.18	0.16	0.32	0.30
	0.07	0.10	0.12	0.10	0.21	0.14	0.17	0.14	0.29	0.27
	0.07	0.08	0.11	0.09	0.20	0.13	0.16	0.13	0.28	0.25
이중로이유리 + 자동제어	0.20									
삼중로이유리 (아르곤 충전, 더블 로이)	0.06	0.07	0.10	0.07	0.19	0.11	0.15	0.11	0.26	0.23
삼중로이유리 + 자동제어	0.17									

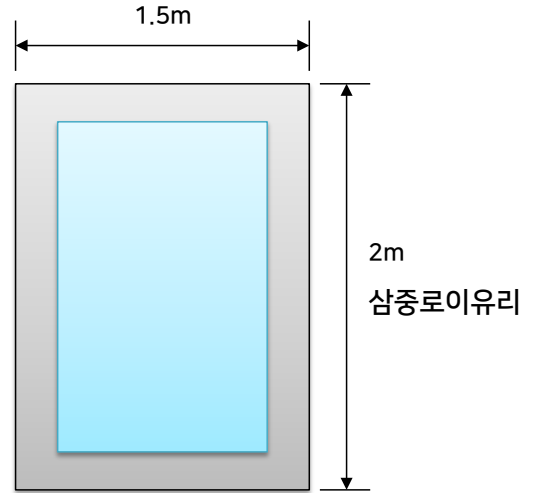
$$g_{tot,10^\circ} = 2/3 g_{tot,0^\circ} + 1/3 g_{tot,45^\circ}$$

유리 형식	차양장치 (블라인드 위치: 실내)						
	내부 블라인드 (슬레이트 10°)		내부 블라인드 (슬레이트 45°)		패브릭 롤스크린		폴리 롤스크린
	흰색	진회색	흰색	진회색	흰색	진회색	흰색c
	g_{tot}						
단층유리	0.43	0.64	0.45	0.65	0.42	0.46	0.38
이중유리	0.44	0.63	0.46	0.64	0.42	0.47	0.40
삼중유리	0.43	0.59	0.45	0.60	0.41	0.46	0.40
이중로이유리 (아르곤 충전, 단면 로이)	0.44	0.61	0.46	0.62	0.42	0.47	0.40
	0.43	0.58	0.44	0.58	0.41	0.45	0.39
	0.42	0.56	0.44	0.56	0.40	0.44	0.39
	0.38	0.47	0.39	0.48	0.37	0.40	0.36
이중로이유리 + 자동제어	0.20						
삼중로이유리 (아르곤 충전, 더블 로이)	0.41	0.53	0.42	0.54	0.39	0.43	0.38
삼중로이유리 + 자동제어	0.17						

- 1. 다음 그림과 같은 남측의 창호를 통해 발생하는 3월달 열획득량(Qs)을 구하고 차양장치가 없을 때와 외부 블라인드를 설치했을 때의 열획득량을 비교하시오.

유리 형식	태양열취득률
삼중로이유리	0.60
흰색 외부 블라인드(슬레이트 45°)	0.10
삼중로이유리	

✓ 3월 남측 평균 일사량 : 80 W/m²

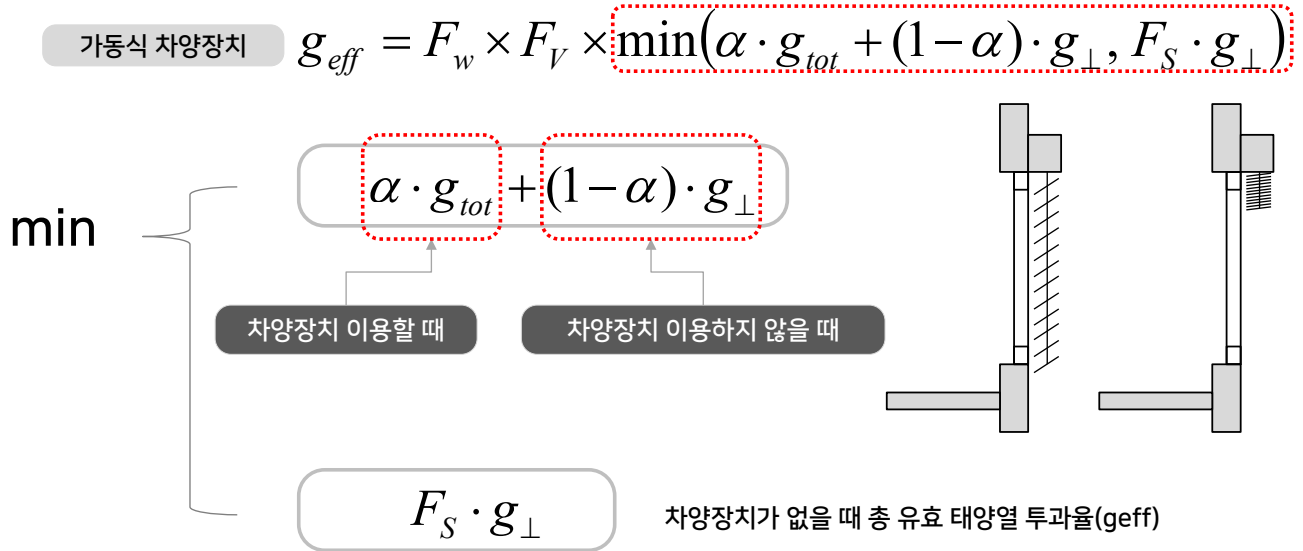


$$Q_{s,tr} = F_F \times A \times g_{eff} \times I_s \times t$$

차양장치 없음 $g_{eff} = F_S \times F_w \times F_V \times g_{\perp}$

고정식 차양장치 $g_{eff} = F_S \times F_w \times F_V \times g_{tot}$

◎ 차양 가동계수



차양장치를 설치하여 작동한 것보다도 차양장치가 없을 때의 태양열 투과율이 작다

$$(\alpha \cdot g_{tot} + (1-\alpha) \cdot g_{\perp} > F_S \cdot g_{\perp})$$

= 차양장치로 일사차단을 할 필요가 없을 정도로 그늘진 곳에 위치하고 있음

수동 제어 $g_{eff} = F_w \times F_V \times \min(\alpha \cdot g_{tot} + (1-\alpha) \cdot g_{\perp}, F_S \cdot g_{\perp})$

기울기	계절	방위							
		북	북동	북서	동	서	남동	남서	남
90°	겨울	0.00	0.00	0.00	0.34	0.34	0.63	0.63	0.71
90°	여름	0.00	0.13	0.13	0.39	0.39	0.56	0.56	0.67
60°	겨울	0.00	0.01	0.01	0.36	0.36	0.63	0.63	0.69
60°	여름	0.03	0.33	0.33	0.54	0.54	0.68	0.68	0.76
45°	겨울	0.00	0.02	0.02	0.34	0.34	0.59	0.59	0.66
45°	여름	0.30	0.46	0.46	0.61	0.61	0.72	0.72	0.78
30°	겨울	0.00	0.05	0.05	0.32	0.32	0.53	0.53	0.60
30°	여름	0.55	0.60	0.60	0.67	0.67	0.74	0.74	0.78
0°	겨울	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
0°	여름	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74

자동 제어

$$g_{eff} = F_w \times F_V \times \min(\alpha \cdot g_{tot} + (1 - \alpha) \cdot g_{\perp}, F_S \cdot g_{\perp})$$

기울기	계절	방위							
		북	북동	북서	동	서	남동	남서	남
90°	겨울	0.00	0.00	0.00	0.45	0.45	0.71	0.71	0.77
90°	여름	0.10	0.10	0.10	0.70	0.70	0.77	0.77	0.79
60°	겨울	0.00	0.00	0.00	0.48	0.48	0.70	0.70	0.75
60°	여름	0.43	0.43	0.43	0.81	0.81	0.86	0.86	0.88
45°	겨울	0.01	0.01	0.01	0.47	0.47	0.67	0.67	0.72
45°	여름	0.64	0.64	0.64	0.84	0.84	0.88	0.88	0.90
30°	겨울	0.05	0.05	0.05	0.45	0.45	0.62	0.62	0.67
30°	여름	0.80	0.80	0.80	0.87	0.87	0.89	0.89	0.90
0°	겨울	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
0°	여름	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89

4 음영계수

◎ 국내 음영 기준

- 국내 창호 태양열취득률 기준(건축물의 에너지절약설계기준)
 - 차양, 유리 등 일사조절장치 설치를 통해거실 외피면적당 평균 태양열취득량 $39\text{W}/\text{m}^2$ 미만이 되도록 설계
 - 에너지성능지표 건축부문 7번 항목 0.6점 이상 획득
- 일사조절장치의 태양열취득률
 - = <표2>에 따른 수평 고정형 외부차양의 태양열취득률 X <표3>에 따른 수직 고정형 외부차양의 태양열취득률 X <표4>에 따른 가동형 차양의 태양열취득률 X 투광부의 태양열취득률

<표2> 수평 고정형 외부차양의 태양열취득률

수평차양의 돌출길이(P) / 수평차양에서 투광부하단까지의 길이(H)	남	남서	서	북서	북	북동	동	동남
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.2	0.57	0.74	0.79	0.79	0.89	0.78	0.79	0.73
0.4	0.48	0.55	0.63	0.64	0.83	0.64	0.63	0.54
0.6	0.45	0.42	0.51	0.54	0.79	0.54	0.50	0.42
0.8	0.43	0.35	0.42	0.48	0.76	0.48	0.42	0.36
1.0	0.41	0.33	0.36	0.43	0.73	0.43	0.37	0.33

<표3> 수직 고정형 외부차양의 태양열취득률

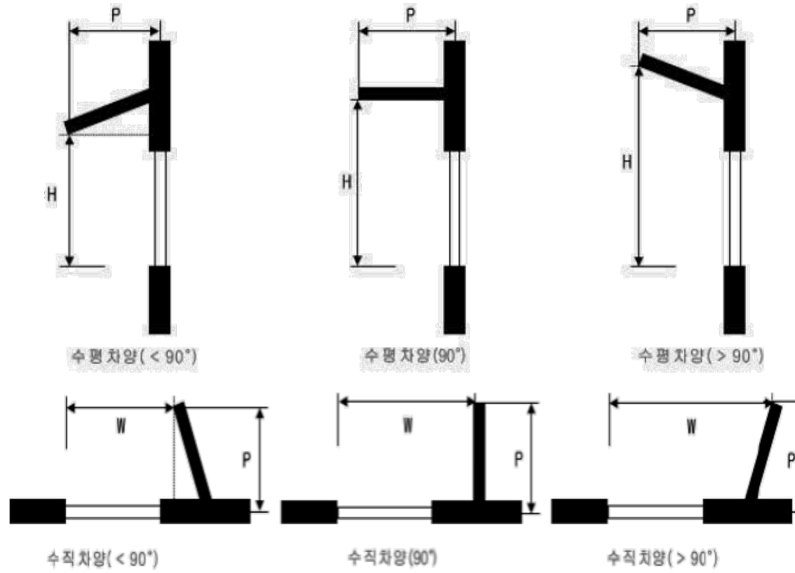
수직차양의 돌출길이(P) / 수직 차양에서 투광부쪽까지의 길이(W)	남	남서	서	북서	북	북동	동	동남
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.2	0.73	0.84	0.88	0.76	0.68	0.79	0.89	0.82
0.4	0.61	0.72	0.79	0.61	0.56	0.64	0.80	0.67
0.6	0.54	0.60	0.74	0.46	0.47	0.50	0.75	0.54
0.8	0.50	0.51	0.70	0.38	0.42	0.42	0.71	0.46
1.0	0.45	0.43	0.65	0.28	0.34	0.31	0.66	0.39

<표4> 가동형 차양의 설치위치에 따른 태양열취득률

유리의 외측에 설치	유리와 유리사이에 설치	유리 내측에 설치
0.34	0.5	0.88

◎ 온실을 통한 일사열 획득

- P: 벽체 중심선으로부터 장치 및 구조체 끝단까지의 거리
- P/H, P/W: 장치 또는 구조체의 끝단으로부터 개구부까지의 수평 또는 수직 거리



◎ 음영계수_DIN V 15899

주변 장애물에 의한 음영

$$g_{eff} = F_S \times F_w \times F_V \times g_{\perp}$$

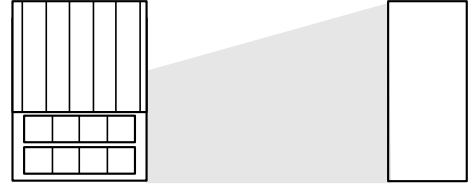
$$g_{eff} = F_S \times F_w \times F_V \times g_{tot}$$

$$F_S = \min(F_h, F_o, F_f)$$

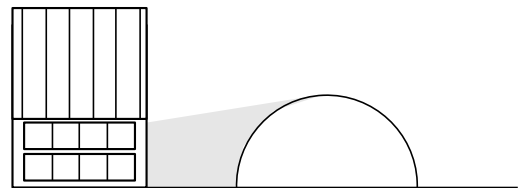
인접 건물/지형

수평 돌출물

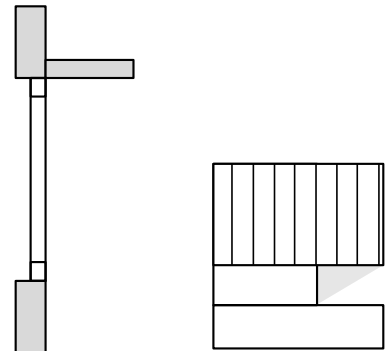
수직 돌출물



[인접 건물에 의한 음영]



[지형에 의한 음영]

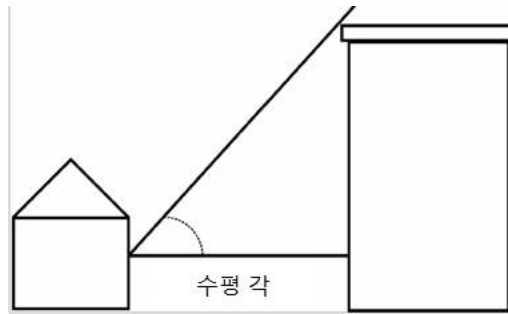


[돌출부에 의한 음영]

- 서로 다른 방향에서 음영이 지는 큰 구조물의 경우 평균값 사용
 - 음영이 없는 경우 $F_S = 1$
 - 표준값을 사용하는 경우 $F_S = 0.9$

인접 건물/지형에 의한 음영

$$F_s = \min(F_h, F_o, F_f)$$

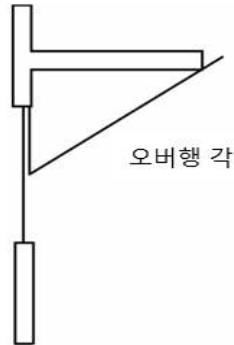


여러 수평각과 수직 표면에 대한 부분 음영 보정 계수 Fh							
수평각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남
0°	수직	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	수직	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10°	수직	겨울	0.90	0.88	0.83	0.88	0.90
	수직	여름	0.88	0.88	0.91	0.94	0.96
20°	수직	겨울	0.80	0.78	0.59	0.58	0.58
	수직	여름	0.80	0.74	0.79	0.86	0.93
30°	수직	겨울	0.73	0.70	0.49	0.41	0.38
	수직	여름	0.75	0.63	0.65	0.76	0.88
40°	수직	겨울	0.67	0.65	0.44	0.32	0.28
	수직	여름	0.71	0.55	0.53	0.64	0.78

여러 수평각과 60° 표면에 대한 부분 음영 보정 계수 Fh								여러 수평각과 30° 표면에 대한 부분 음영 보정 계수 Fh							
수평각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남	수평각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남
0°	60°	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0°	30°	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	60°	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		30°	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10°	60°	겨울	0.90	0.89	0.86	0.90	0.91	10°	30°	겨울	0.93	0.93	0.91	0.92	0.93
	60°	여름	0.89	0.90	0.92	0.95	0.97		30°	여름	0.95	0.94	0.95	0.96	0.97
20°	60°	겨울	0.80	0.77	0.63	0.61	0.60	20°	30°	겨울	0.85	0.82	0.72	0.67	0.66
	60°	여름	0.78	0.77	0.81	0.88	0.93		30°	여름	0.87	0.86	0.87	0.90	0.93
30°	60°	겨울	0.70	0.67	0.49	0.42	0.39	30°	30°	겨울	0.76	0.72	0.57	0.49	0.46
	60°	여름	0.68	0.64	0.69	0.78	0.86		30°	여름	0.77	0.75	0.77	0.81	0.85
40°	60°	겨울	0.61	0.59	0.41	0.31	0.28	40°	30°	겨울	0.57	0.53	0.41	0.33	0.31
	60°	여름	0.60	0.52	0.56	0.65	0.72		30°	여름	0.59	0.58	0.60	0.64	0.66

수평 돌출물에 의한 음영

$$F_S = \min(F_h, F_o, F_f)$$



단면도

여러 오버행 각과 수직 표면에 대한 부분 음영 보정 계수 F_o							
오버행 각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남
0°	수직	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	수직	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30°	수직	겨울	1.00	1.00	0.97	0.96	0.97
	수직	여름	0.99	0.95	0.92	0.88	0.81
45°	수직	겨울	1.00	0.99	0.93	0.90	0.90
	수직	여름	0.98	0.91	0.85	0.77	0.68
60°	수직	겨울	1.00	0.98	0.87	0.80	0.79
	수직	여름	0.96	0.85	0.76	0.65	0.60

여러 오버행 각과 60° 표면각에 대한 부분 음영 보정 계수 F_o							
오버행 각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남
0°	60°	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	60°	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30°	60°	겨울	1.00	0.99	0.98	0.99	1.00
	60°	여름	0.96	0.95	0.96	0.96	0.94
45°	60°	겨울	1.00	0.99	0.97	0.99	1.00
	60°	여름	0.95	0.91	0.92	0.91	0.87
60°	60°	겨울	1.00	0.98	0.95	0.97	1.00
	60°	여름	0.93	0.87	0.86	0.83	0.74

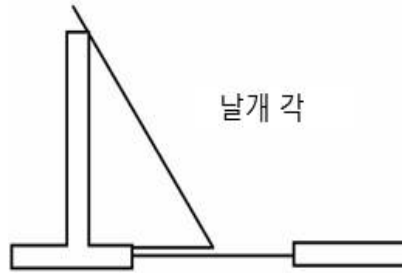
여러 오버행 각과 45° 표면각에 대한 부분 음영 보정 계수 F_o							
오버행 각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남
0°	45°	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	45°	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30°	45°	겨울	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00
	45°	여름	0.87	0.93	0.96	0.97	0.98
45°	45°	겨울	1.00	0.98	0.97	0.99	1.00
	45°	여름	0.84	0.89	0.92	0.94	0.95
60°	45°	겨울	1.00	0.98	0.95	0.99	1.00
	45°	여름	0.82	0.84	0.88	0.89	0.89

여러 오버행 각과 30° 표면각에 대한 부분 음영 보정 계수 F_o							
오버행 각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남
0°	30°	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30°	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30°	30°	겨울	0.99	0.97	0.96	1.00	1.00
	30°	여름	0.83	0.91	0.95	0.98	0.99
45°	30°	겨울	0.99	0.96	0.97	1.00	1.00
	30°	여름	0.73	0.85	0.92	0.96	0.99
60°	30°	겨울	0.99	0.95	0.95	0.99	1.00
	30°	여름	0.67	0.80	0.88	0.92	0.97

수평 표면에 대한 부분 음영 보정 계수는 표 A.1에 나열된 수평면의 기하학적 구성과 음영에서 추론함.

수직 돌출물에 의한 음영

$$F_S = \min(F_h, F_o, F_f)$$



평면도

여러 날개 각과 수직 표면에 대한 부분 음영 보정 계수 F_f							
날개 각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남
0°	수직	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	수직	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30°	수직	겨울	1.00	0.97	0.86	0.89	0.89
	수직	여름	0.94	0.90	0.94	0.90	0.88
45°	수직	겨울	1.00	0.96	0.79	0.84	0.81
	수직	여름	0.93	0.84	0.90	0.84	0.82
60°	수직	겨울	1.00	0.96	0.70	0.75	0.70
	수직	여름	0.93	0.76	0.84	0.76	0.75

여러 날개 각과 60° 표면각에 대한 부분 음영 보정 계수 F_f							
날개 각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남
0°	60°	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	60°	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30°	60°	겨울	1.00	0.96	0.85	0.89	0.90
	60°	여름	0.89	0.87	0.93	0.90	0.88
45°	60°	겨울	1.00	0.95	0.78	0.83	0.84
	60°	여름	0.87	0.79	0.88	0.84	0.81
60°	60°	겨울	1.00	0.95	0.69	0.75	0.73
	60°	여름	0.87	0.69	0.80	0.76	0.71

여러 날개 각과 45° 표면각에 대한 부분 음영 보정 계수 F_f							
날개 각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남
0°	45°	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	45°	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30°	45°	겨울	1.00	0.93	0.84	0.88	0.90
	45°	여름	0.82	0.87	0.91	0.89	0.88
45°	45°	겨울	0.99	0.92	0.75	0.82	0.83
	45°	여름	0.75	0.78	0.85	0.83	0.81
60°	45°	겨울	0.99	0.92	0.69	0.73	0.74
	45°	여름	0.69	0.65	0.75	0.74	0.71

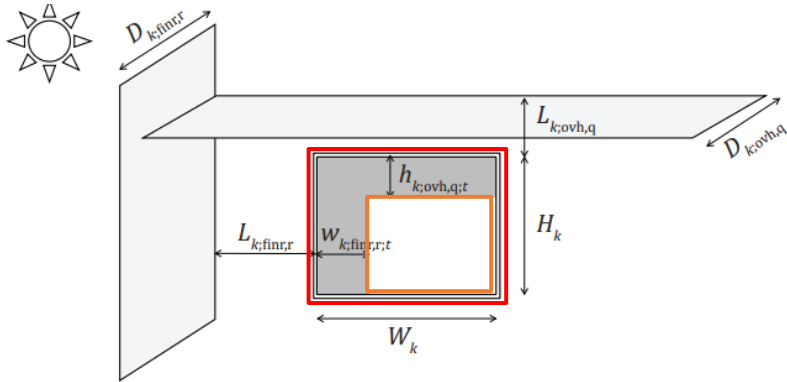
여러 날개 각과 30° 표면각에 대한 부분 음영 보정 계수 F_f							
날개 각	표면 각	기간	북	북동/북서	동/서	남동/남서	남
0°	30°	겨울	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30°	여름	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30°	30°	겨울	1.00	0.95	0.83	0.89	0.90
	30°	여름	0.84	0.86	0.89	0.90	0.88
45°	30°	겨울	1.00	0.94	0.77	0.83	0.84
	30°	여름	0.79	0.78	0.87	0.84	0.81
60°	30°	겨울	1.00	0.94	0.69	0.74	0.74
	30°	여름	0.78	0.66	0.78	0.75	0.71

수평 표면에 대한 부분 음영 보정 계수 : 표 A.1에 나열된 수평면의 기하학적 구성과 음영에서 추론함.

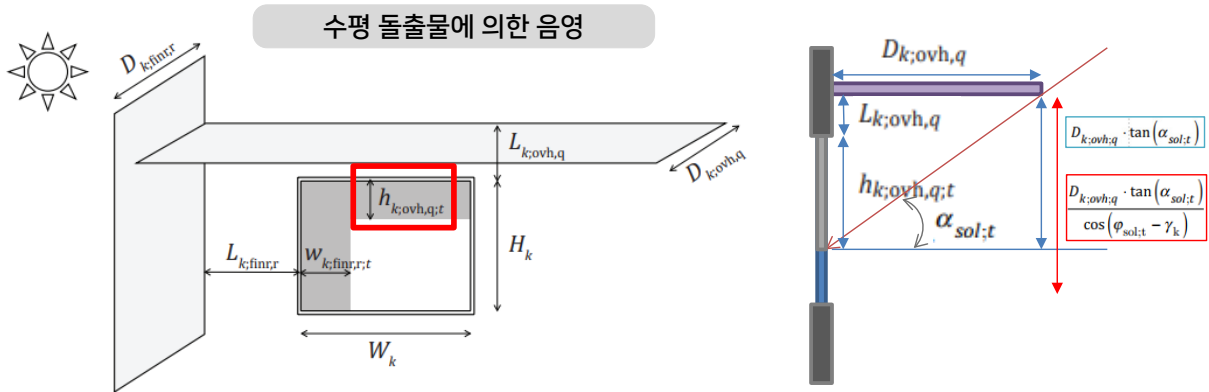
◎ 음영계수_ISO 52016-1

$$F_{sh;obst;k;t} = \frac{F_{sh;dir;k;t} \cdot I_{dir;tot;k;t} + I_{dif;tot;k;t}}{I_{dir;tot;k;t} + I_{dif;tot;k;t}} \quad (F.1)$$

$$F_{sh;dir;k;t} = \frac{h_{k;sun;t} \cdot w_{k;sun;t}}{H_k \cdot W_k} \quad \text{음영이 없는 부분의 면적 (F.22) 전체면적}$$



- $F_{sh;obst;k;t}$ 음영감소계수
- $F_{sh;dir;k;t}$ 직달일사 음영감소계수
- $I_{dir;tot;k;t}$ 직달일사량(W/m²)
- $I_{dif;tot;k;t}$ 산란일사량 (W/m²)
- $F_{sh;dir;k;t}$ 직달일사 음영감소계수
- H_k 음영대상물 높이
- W_k 음영대상물 너비

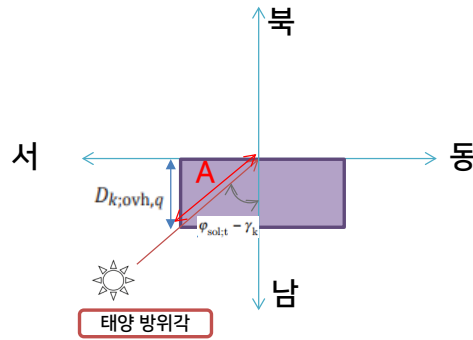
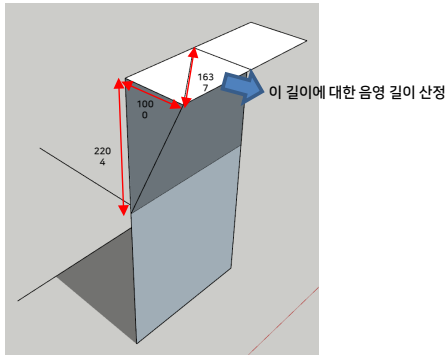


: A의 길이에 대한 음영길이

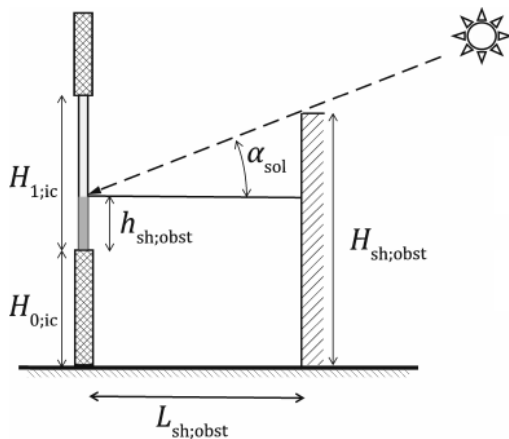
$$h_{k,ovh,q;t} = \frac{D_{k,ovh,q} \cdot \tan(\alpha_{sol;t})}{\cos(\varphi_{sol;t} - \gamma_k)} - L_{k,ovh,q} \quad (F.4)$$

where

- $h_{k,ovh,q;t}$ is the height of the shadow of overhang q on the façade element k at time interval t , in m;
- $D_{k,ovh,q}$ the depth of the overhang q , as determined in F.3.3.1, in m;
- $L_{k,ovh,q}$ the vertical distance between the edge of the façade element k and the overhang q , as determined in F.3.3.1, in m;



인접 건물/지형에 의한 음영

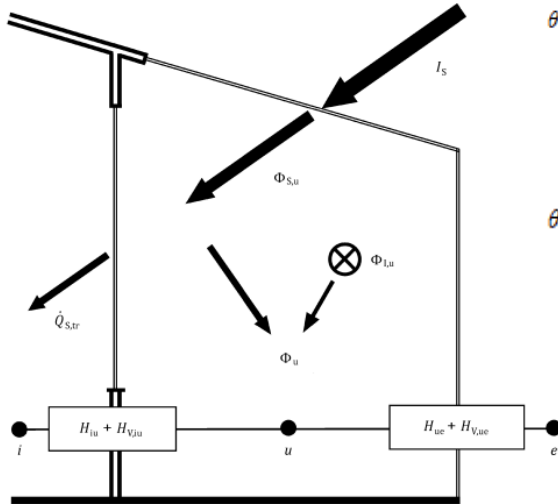


$$F_{dir} = \max \left[0, \frac{H_{1,ic} - h_{sh;obst}}{H_{1,ic}} \right]$$

$$h_{sh;obst} = \max \left[0, H_{sh;obst} - H_{0,ic} - L_{sh;obst} \cdot \tan(\alpha_{sol}) \right]$$

5 온실 일사 열전달

◎ 온실을 통한 일사열 획득



$$\theta_u = \frac{\Psi_u + \theta_i(H_{T,iu} + H_{V,iu}) + \theta_e(H_{T,ue} + H_{V,ue})}{H_{T,iu} + H_{V,iu} + H_{T,ue} + H_{V,ue}}$$

$$\theta_u = \frac{\Psi_u + \sum_j \theta_{i,j}(H_{T,ij} + H_{V,ij})}{\sum_j (H_{T,ij} + H_{V,ij})}$$

- 존으로 직접 유입되는 열 Q_{str} 을 계산할 경우, 분리벽의 투명한 부분에 대한 음영과 차양을 고려

$$Q_{S,tr} = F_{F,iu} A_{iu} g_{eff,iu} F_{F,ue} \tau_{e,ue} I_S t$$

$F_{F,iu}$: 내부 유리(분리벽의 투명한 부분)의 유리면적비
정확한 값이 주어지지 않은 경우, $F_{F,iu} = 0.7$ 을 적용함

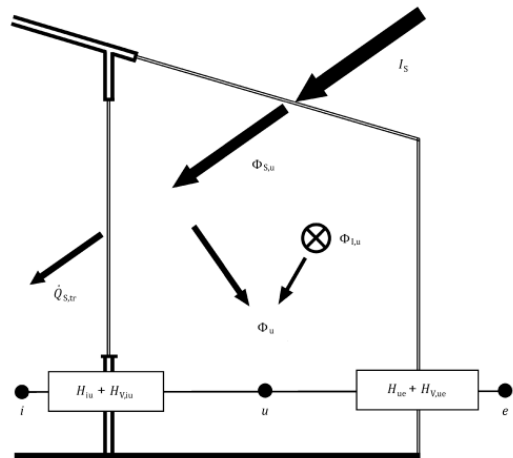
A_{iu} : 분리벽의 면적(내측 구조물 치수 적용)

$g_{eff,iu}$: 분리벽의 투명한 부분에 대한
유효 태양열 취득률

$F_{F,ue}$: 외부 유리의 유리면적비
정확한 값이 주어지지 않은 경우, $F_{F,ue} = 0.9$ 적용함

$\tau_{e,ue}$: 외부 유리의 투과율

I_S : 구조체 방위별 일사량



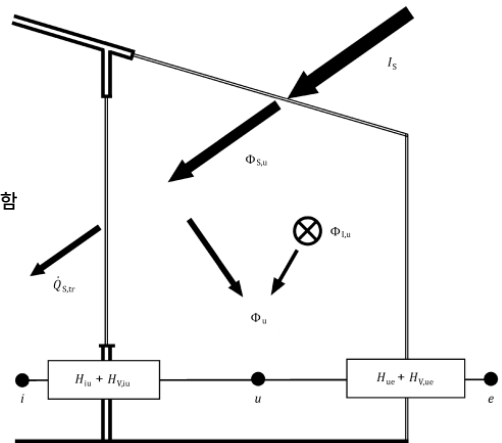
$$\Phi_{S,u} = F_{F,ue} A_{ue} g_{eff,ue} I_S$$

$F_{F,ue}$: 외부 유리의 유리면적비
정확한 값이 주어지지 않은 경우, $F_{F,ue} = 0.9$ 을 적용함

A_{ue} : 한 방위에 대한 유리 구조물의 면적

$g_{eff,ue}$: 유리 구조물의 투명한 부분에 대한 유효 태양열 취득률

I_S : 구조체 방위별 일사량



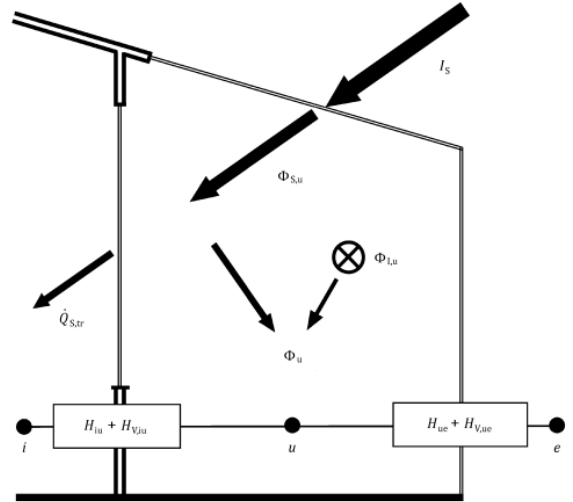
- 비난방 또는 비냉방 유리 구조물 내 온도를 산정하기 위한 유리 구조물로의 열류는 다음과 같이 산정

$$\Phi_u = \sum \Phi_{S,u} - \frac{\sum Q_{S,tr}}{t} + \sum \Phi_{I,u}$$

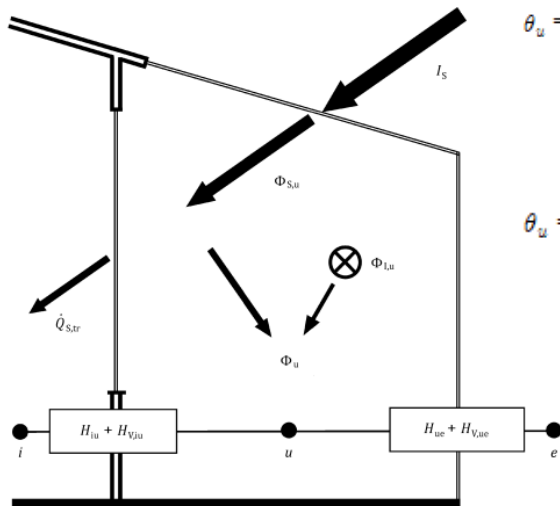
$\sum \Phi_{S,u}$: 유리 구조물의 일사 열획득은 에 따라 외부 투명구조체에 대해 합산됨

$\sum Q_{S,tr}$: 유리 구조물을 통해 인접존으로 유입되는 태양열은 분리벽의 투명구조체를 통한 열획득 계산 시 고려됨

$\sum \Phi_{I,u}$: 유리 구조물 내부 열획득의 합(일반적으로 0 적용)



- 유리 구조물 내부 평균온도는 오른쪽 위의 식에 의해 계산되며, 여러 존 접한 구조물은 아래 식을 따름



$$\theta_u = \frac{\Phi_u + \theta_i(H_{T,iu} + H_{V,iu}) + \theta_e(H_{T,ue} + H_{V,ue})}{H_{T,iu} + H_{V,iu} + H_{T,ue} + H_{V,ue}}$$

$$\theta_u = \frac{\Phi_u + \sum_j \theta_{i,j}(H_{T,ij} + H_{V,ij})}{\sum_j (H_{T,ij} + H_{V,ij})}$$

◎ 참고 서적 및 사이트

1. ISO 10077-2 : 2017
2. DIN 4108-2
3. DIN V 18599 : 2018
4. ISO 52016-1 : 2017

A.4

환기(침기/자연/기계) 열전달 해석 1

교육 목표

- * 기계환기와 관련된 용도프로필 내용을 확인한다.
- 환기(침기/자연/기계) 열전달 해석** * 환기에서의 환기량 산정을 이해한다.
- * 열회수환기의 급기온도 산정 및 급기온도 지점을 이해한다.
- * 침기 입력 및 침기횡수를 이해한다.

1 용도프로필과 기계환기

⊙ 이용시간 및 필요 환기량

용도명	기호	재실시간 / 이용시간						실내환경	
		사용 시작	사용 종료	이용 시작	이용 종료	공정별 재실 시간	이용 가능 시간	비이용일 최소환기량	이용일 최소환기량
단위	-	Time	Time	Time	Time	h/d	h/d	VA,bldg	VA,bldg
						tv,op,d	th,op,d	m ³ /(h · m ²)	m ³ /(h · m ²)
01-1 주거건물	=	0:00	24:00	0:00	24:00	24	17	1.10	1.10
01-2 오피스텔	=	0:00	24:00	0:00	24:00	24	17	1.10	1.10
02 소규모 사무실(30m ² 이하)	=	9:00	18:00	7:00	18:00	11	11	1.50	4.00
03 대규모 사무실(30m ² 초과)	=	9:00	18:00	7:00	18:00	11	11	1.50	6.00
04 회의실 및 세미나실	=	7:00	18:00	7:00	18:00	11	11	1.50	15.00
05 강당	=	9:00	18:00	7:00	18:00	11	11	1.50	30.00
06 구내식당	=	8:00	15:00	8:00	15:00	7	7	1.50	18.00
07 화장실	=	7:00	18:00	7:00	18:00	11	11	5.00	15.00
08 그 외 체류공간	=	7:00	18:00	7:00	18:00	11	11	1.50	7.00
09 부속공간	=	7:00	18:00	7:00	18:00	11	11	0.2	0.15
10 창고/설비/문서실	=	7:00	18:00	7:00	18:00	11	11	0.2	0.15
11 전산실	=	0:00	24:00	0:00	24:00	24	17	1.30	1.30
12 주방 및 조리실	=	8:00	15:00	8:00	15:00	7	7	1.50	90.00
13 병실	=	0:00	24:00	0:00	24:00	24	17	1.50	4.00
14 객실	=	21:00	8:00	21:00	8:00	11	11	1.50	3.00
15 교실(초,중,고)	=	8:00	15:00	8:00	15:00	7	7	1.50	10.00
16 강의실(대학)	=	9:00	18:00	9:00	18:00	9	9	1.50	30.00
17 매점(상점/백화점)	=	8:00	20:00	8:00	20:00	12	12	1.50	4.00
18 전시실(전시관/박물관)	=	10:00	18:00	10:00	18:00	8	8	1.50	2.00
19 열람실(도서관)	=	8:00	20:00	8:00	20:00	12	12	1.50	8.00
20 체육시설	=	8:00	23:00	8:00	23:00	15	15	1.50	3.00
21 교실(어린이집/유치원)	=	9:00	16:00	9:00	16:00	7	7	1.50	10.00
06 구내식당(초중고)	=	11:00	15:00	11:00	15:00	4	4	1.50	18.00
12 주방 및 조리실(초중고)	=	8:00	15:00	8:00	15:00	7	7	1.50	90.00
20 체육시설(초중고)	=	9:00	16:00	9:00	16:00	7	7	1.50	3.00
25 근린생활시설(제1종/2종)	=	9:00	20:00	9:00	20:00	11	11	1.50	9.00

$$t_{v,op,d} = t_{v,mech} = t_{c,op,d} = t_{h^*,op,d}$$

비이용일 필요환기량
[0.15 l/s·m²] EN 16798-1 B.3.1.5
: 0.54 m³/h·m²

◎ 기계 환기 열전달

- 기계환기장치인 경우 경우 다음 식을 통해 열손실과 열획득을 반영한다.

$$Q_{V,mech} = H_{V,mech} (\theta_i - \theta_{V,mech}) t \quad \text{for } \theta_i > \theta_{V,mech} \quad (\text{열 손실}) \quad (87)$$

$$Q_{V,mech} = H_{V,mech} (\theta_{V,mech} - \theta_i) t \quad \text{for } \theta_i < \theta_{V,mech} \quad (\text{열 획득}) \quad (88)$$

$H_{V,mech}$	환기열전달계수 [W/K]
θ_i	실내기준온도 (냉방기준온도 $[\theta_{i,c}]$, 난방기준온도 $[\theta_{i,h}]$)
$\theta_{V,mech}$ *)	공조기 급기 온도 (예열, 열회수환기장치 효율을 고려한 온도[DIN V 18599-7, DIN V 18599-3])
t	적용 시간 (t=24h)

*) 급기 난방은 난방시스템에서 에너지 공급량으로 계산되므로 존의 에너지 요구량 계산에서는 반영하지 않는다.

$$H_{V,mech} = n_{mech} V c_{p,a} \rho_a \quad (10)$$

n_{mech} : 기계환기이용 일일 환기 횟수 [h⁻¹]

V : 순 체적 [m³]

$c_{p,a} \rho_a$: 0.34 Wh/(m³·K)

◎ 환기 횟수

- 환기횟수는 일일기준 공조기 또는 환기장치를 통해 존으로 공급되는 급기량 (교환되어지는 공기량: 실내재순환 공기량은 해당사항 없음)
- 기계환기장치로 필요환기량을 공급하는 경우:
(정보를 아는경우) 급기량 입력 or
(정보를 모르는경우) DIN V 18599-10 용도프로필
*) 환기횟수는 급기량만 고려함

비사용일 난방에너지요구량

• $n_{mech} = 0$

$$n_{mech} = n_{mech,SA} \frac{t_{V,mech}}{24h} \quad (28)$$

$n_{mech,SA}$ 기기 운전시간동안의 SA 환기횟수

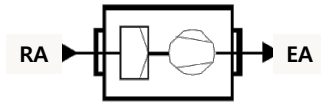
$t_{V,mech}$ 기기 이용시간 DIN V 18599-10

$$n_{mech,SA} = \frac{\dot{V}_{mech,b}}{V}$$

$\dot{V}_{mech,b}$ SA 급기량

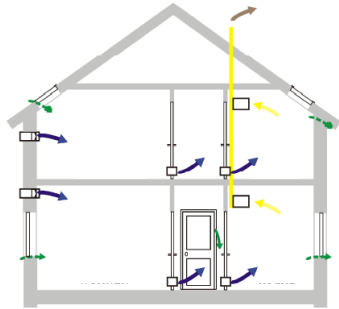
V 존의 순체적

- 배기 환기인 경우 환기횟수 (간헐적 환기 장치는 기계환기로 적용하지 않는다.)



$$n_{\text{mech,SA}} = n_{\text{mech}} = 0$$

$$n_{\text{mech,RA}} = \frac{\dot{V}_{\text{RA}}}{V}$$



배기만 되는 장치의 경우: $n_{\text{mech,RA}} = n_{\text{wd}}$

\dot{V}_{RA} 배기량 [m^3/h]

V 존의 순체적 [m^3]

n_{wd} 사용일 기준 환기 횟수: Part10 용도프로필

보조설비(배기팬)에너지소요량 산정을위해 배기량 필요

- 실내로부터의 배기량은 침기, 자연환기 및 인접존으로부터의 급기량과 같아야 한다.

순체적 $V = 100\text{m}^3$	순체적 $V = 100\text{m}^3$	순체적 $V = 100\text{m}^3$
<p>1.급기환기 [2중환기]</p>	<p>침기, 자연환기 인접존과의 환기</p> <p>2.배기환기 [3중환기]</p>	<p>3.급-배기환기 [1중환기]</p>

$$n_{\text{mech}} = ?$$

주거건물:
 $n_{\text{mech,SA}} = \frac{\dot{V}_{\text{mech,b}}}{V} = 50\text{m}^3/\text{h}/100\text{m}^3 = 0.5\text{h}^{-1}$
 $n_{\text{mech}} = n_{\text{mech,SA}} \frac{t_{\text{V,mech}}}{24\text{h}}$
 $= 0.5\text{h}^{-1} \times 24\text{h}/24\text{h} = 0.5\text{h}^{-1}$
 개인사무실:
 $n_{\text{mech}} = n_{\text{mech,SA}} \frac{t_{\text{V,mech}}}{24\text{h}}$
 $= 0.5\text{h}^{-1} \times 13\text{h}/24\text{h} = 0.27\text{h}^{-1}$

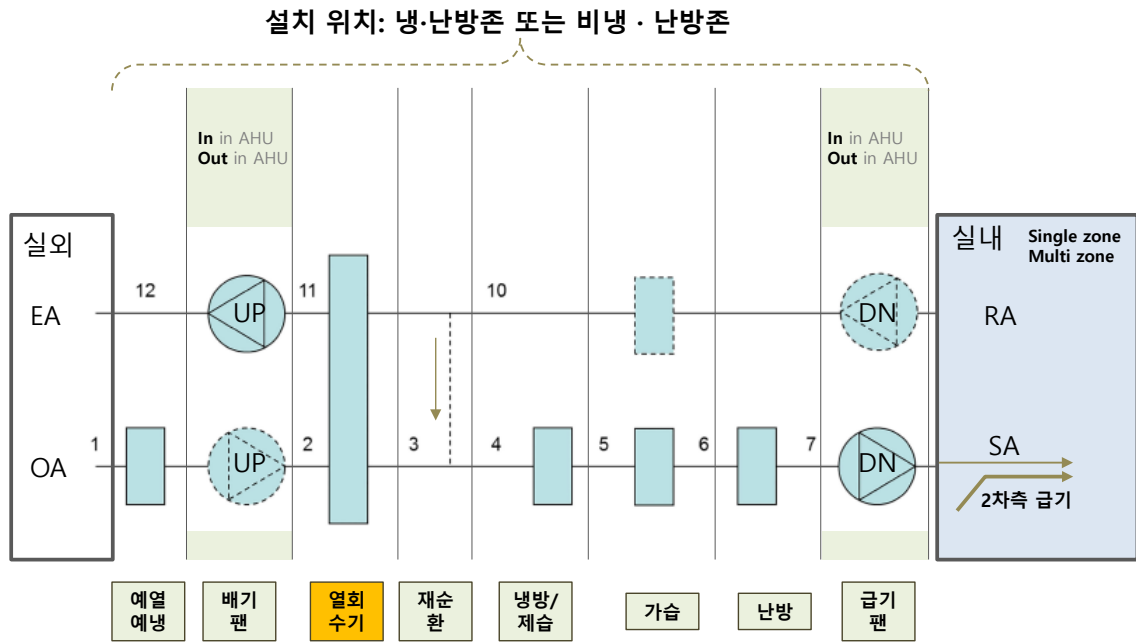
주거건물:
 $n_{\text{mech}} = 0$
 개인사무실:
 $n_{\text{mech}} = 0$

주거건물:
 $n_{\text{mech,SA}} = \frac{\dot{V}_{\text{mech,b}}}{V} = 50\text{m}^3/\text{h}/100\text{m}^3 = 0.5\text{h}^{-1}$
 $n_{\text{mech}} = n_{\text{mech,SA}} \frac{t_{\text{V,mech}}}{24\text{h}}$
 $= 0.5\text{h}^{-1} \times 24\text{h}/24\text{h} = 0.5\text{h}^{-1}$
 개인사무실:
 $n_{\text{mech}} = n_{\text{mech,SA}} \frac{t_{\text{V,mech}}}{24\text{h}}$
 $= 0.5\text{h}^{-1} \times 13\text{h}/24\text{h} = 0.27\text{h}^{-1}$

2 급기온도

◎ 급기온도

- 예열 및 열회수기가 없는 2종/1종환기의 급기온도는 외기온도임
- 예열·예냉은 공조에너지요구량에서 반영함



◎ 열회수기 적용 시 급기온도

단순계산식

$$\theta_{V,mech} = \theta_e + \eta_t \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (35)$$

θ_e 는 월평균 실외 온도

η_t 열회수환기장치 온도교환효율

θ_i 는 존의 실내 설정 온도

: 여러 존으로 부터 배기 되는 경우 풍량가중 평균 온도 적용

기본계산식

$$\theta_{V,mech} = (\eta_t - (1 - f_{lea,ahu}) - f_{ins,ahu}) \times (\theta_i - \theta_e) \quad (12)$$

$f_{ins,ahu}$ (AHU insulation factor)	케이스 단열두께[mm]
0	40
0.01	30
0.02	20
0.03	10

기기 내부/외부 누기율 10%이하로 국가 기준이

없는 경우 $f_{lea,ahu} = 1.02$ 적용함

<출처> EN 16798-5-2 표B.6 열회수환기 단열성능계수

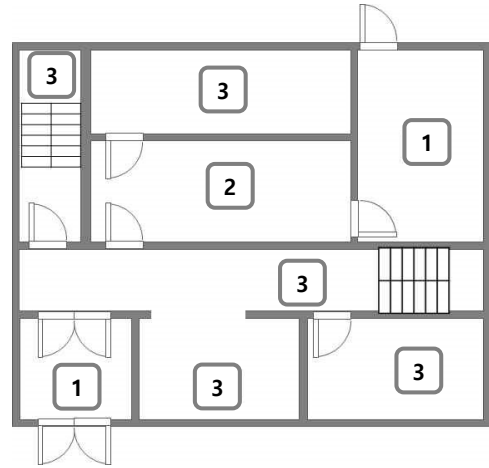
◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-2:2018 Energy needs for heating and cooling of building zones
2. DIN 4108-7, Airtightness of building, requirements, recommendations and examples for planning and performance
3. KIAEBS C-1:2013 building airtightness criteria
4. EN 13829 : 2001 Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method
5. Guideline for the installation of windows and curtain wall planning and construction for new buildings and renovations, ift Rosenheim, 2017
6. ISO 13789 Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method

3 침기

◎ 용어 및 기호의 정의

용어	정의
기밀 성능	건물에너지 요구량 산정 시 건물 외피의 침기 혹은 누기량 입력 값으로 건물 순체적당 침기량을 의미함
1.출입문존	방풍실, 외부 출입문과 인접하는 존 및 방풍실과 인접하는 존으로 로비, 복도, 홀 및 계단 등으로 별도의 문으로 구획하지 않고 인접 출입문과 오픈된 존
2.내부존	건물 외피면과 인접하지 않는 존
3.외부존	건물 외피면과 접하는 존
기밀 설계 보고서	기밀 설계 가이드라인을 참조하여 작성한 설계 보고서
방풍 출입문	복층유리 이상 또는 패널 출입문으로 문이 닫히는 주변에 기밀처리(EPDM, 모헤어 등)가 적용된 출입문



기호	정의	단위	비고
n_{50}	실내·외 50Pa 압력차에서의 침기 회수	h^{-1}	
q_{50}	실내·외 50Pa 압력차에서 단위 외피 면적당 침기량	$m^3 / (h \cdot m^2)$	
A_E	건물(해당 실)에서 외기와 인접한 총 외피 면적	m^2	
V	건물(해당 실)의 순체적	m^3	
A_{NF}	건물(해당 실)의 순바닥면적	m^2	
h_c	평균 가중 천장고	m	

◎ 설계도서 이용 기밀 평가 방법

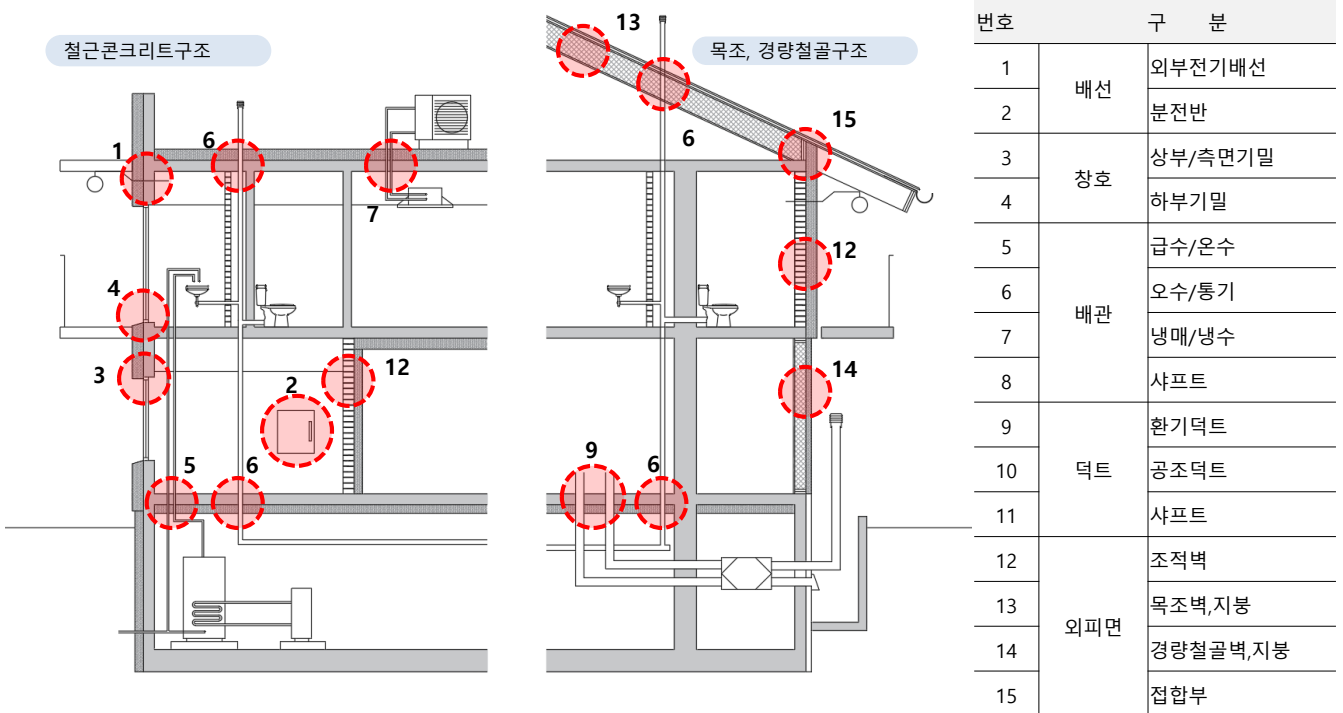
- 주거 건물 기밀 평가 방법
 - 기밀 설계 보고서 제출 여부에 따른 평가 방법으로 전체 존에 대하여 일괄 적용함
 - 기밀 설계 보고서는 부록 A에 제시된 각 항목을 바탕으로 설계에 적용되는 기밀 내용을 명시하여 제출함
 - 건물 순체적이 1,500m³ 이하인 경우 n₅₀값을 직접 입력하며, 1,500m³ 를 초과하는 경우 q₅₀입력값을 통해 식 1과 식2를 이용하여 n₅₀값을 계산함
- 비주거 건물 기밀 평가 방법
 - 존별 평가 방법으로 해당되는 존에 대해서 각각의 입력값을 적용하는 방법
 - 존은 출입문존, 내부존 그리고 외부존으로 구분하며, 각각의 기밀 관련 내용을 검토 후 입력 값을 적용함
 - 건물 순체적이 1,500m³ 이하인 경우 n₅₀값을 직접 입력하며, 1,500m³ 를 초과하는 경우 q₅₀입력값을 통해 식 1과 식2를 이용하여 n₅₀값을 계산함

$$n_{50} = \frac{q_{50} \cdot A_E}{V} \quad (1)$$

$$V = A_{NF} \times h_c \quad (2)$$

- q₅₀ 외피면적당 침기량 [m³/h·m²]
- A_E 외피면적 [m²], DIN V 18599-1:2018 기준
- V 실체적[m³]
- A_{NF} 건물순바닥면적[m²]
- h_c 천장고[m]

◎ 기밀설계 가이드 라인 구성



◎ 기밀성능 입력값

구분			건물 [실체적 ≤ 1500 m³] n ₅₀ (h ⁻¹)	건물 [실체적 > 1500m³] q ₅₀ (m³/(h·m²))	
주거 건물	A	기밀확보 잡상세도 ¹⁾ 없음	6	9	
	B	방풍출입문 ²⁾ , 외피면(외벽, 지붕) 기밀확보 잡상세도	3	4	
	C	B+창호/배관/배선/덕트 기밀확보 잡상세도	1.5	2	
비주거 건물	A	출입문존 ³⁾	강화유리	10	15
			강화유리+방풍실 or 방풍출입문	6	9
			방풍출입문+방풍실	3	4
	B	내부존 ⁴⁾	0	0	
	C	외피존 ⁵⁾	기밀확보 잡상세도 없음	4	6
			외벽면, 지붕면 기밀 확보 잡상세도	3	4
+ 창호/배관/배선/덕트 기밀확보 잡상세도			1.5	2	

- 1)기밀확보 잡상세도 : 외피면, 창호, 배관, 배선, 덕트로 구분되며, 각 항목마다 적용되는 기밀 확보 상세도
- 2)방풍출입문 : 복층유리 이상 또는 패널 출입문으로 문이 닫히는 주변에 가스켓(EPDM)이 적용된 출입문
- 3)출입문존 : 방풍실, 외부 출입문이 연결된 로비, 복도, 홀, 계단 등 별도의 문으로 구획되지 않고 open된 공간
- 4)내부존 : 외피면과 접하지 않는 존
- 5)외피존 : 외피면과 접하는 존

4 존 침기횡수

◎ 침기횡수

- 기계 환기를 사용하지 않는 경우 (환기 시스템 미설치 또는 전원 오프 상태)

$$n_{inf} = n_{inf,0} = n_{50} \cdot e \cdot f_{ATD} \tag{4}$$

- 기계 환기를 사용하는 경우

$$n_{inf} = n_{50} \cdot e \cdot f_{ATD} \cdot \left(1 + (f_e - 1) \frac{t_{V.mech}}{24h} \right) \tag{5}$$

- n₅₀ 50 Pa 압력 차의 침기횡수
 - 기밀 측정을 수행한 경우, 측정값 사용
 - 측정 전 또는 측정 계획이 없는 경우, 표 1의 설계값 사용
- e 방풍 계수 (DIN EN ISO 13789 참조)
 - 둘 이상의 입면이 바람에 노출된 건물의 방풍 계수 0.07을 기본값으로 가정
- f_{ATD} 외기유입 계수
- f_e 기계 환기로 인한 침기 평가 계수

- 내부 존(외기와 접하지 않는 존)은 침기가 없음 (분전반이 있는 실은 예외)

$$H_{v,inf} = 0$$

- 외부유입계수

- 외기유입구 (ATD)가 없을 경우 (자연환기)

$$f_{ATD} = 1 \tag{6}$$

- 외기유입구 (ATD)가 있는 경우

$$f_{ATD} = \min(16; \frac{n_{50} + 1.5}{n_{50}}) \tag{7}$$

- 기계환기의 경우 급기량-흡기량 밸런싱에 따라 침기가 변한다.

- 급기, 흡기량이 밸런싱된 ($n_{SA}=n_{RA}$) 기계 환기 시스템

$$f_e = 1 \tag{9}$$

- 이외의 경우

$$f_e = \frac{1}{1 + \frac{f}{e} (\frac{n_{RA} - n_{SA}}{n_{50} f_{ATD}})^2} \tag{10}$$

- f 방풍 계수 : 기본값 15 (표2 참조)
- e 방풍 계수 : 기본값 0.07 (표2 참조)
- n_{SA} 기계환기 급기 횟수 $n_{mech,SA}$ + 인접 존으로부터 급기 횟수 $n_{Z,SA}$
- n_{RA} 기계환기 배기 횟수 $n_{mech,RA}$ + 인접 존으로부터 배기 횟수 $n_{Z,RA}$

표2. 바람 효과로 인한 기계환기 풍량 계산을 보정을 위한 방풍계수 [건물단위 평가 입력값]

방풍 계수	클래스	설명	다수 입면이 외기에 노출	한개 입면만 외기에 노출
e	방풍 요소 없음	- 전원 지역의 단독 건물, - 도심의 고층 건물	0.10	0.03
	중간 수준의 방풍	- 전원 지역의 나무 또는 주변건물로 둘러 쌓인 건물 - 부도심 지역	0.07	0.02
	높은 수준의 방풍	- 도심의 평균 높이의 건물 - 숲 속의 건물	0.04	0.01
f	모든 클래스		15	20

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-2:2018 Energy needs for heating and cooling of building zones
2. DIN 4108-7, Airtightness of building, requirements, recommendations and examples for planning and performance
3. KIAEBS C-1:2013 building airtightness criteria
4. EN 13829 : 2001 Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method
5. Guideline for the installation of windows and curtain wall planning and construction for new buildings and renovations, ift Rosenheim, 2017
6. ISO 13789 Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method

A.5

환기(침기/자연/기계) 열전달 해석 2

교육 목표

- * 자연환기 횡수 알고리즘에 대한 기본 개념을 이해한다.
- 환기(침기/자연/기계) 열전달 해석**
 - * 자연환기 열전달계수 및 환기횡수를 이해한다.
 - * 주거/비주거 건물에서의 자연환기 적용을 이해한다.
 - * 인접존과의 환기열전달을 이해한다.

1 기본개념

◎ 이용일 필요 환기횡수와 필요 환기량

$$n_{wd} = \frac{\dot{V}_A \cdot A_{NF}}{V} \quad (86)$$

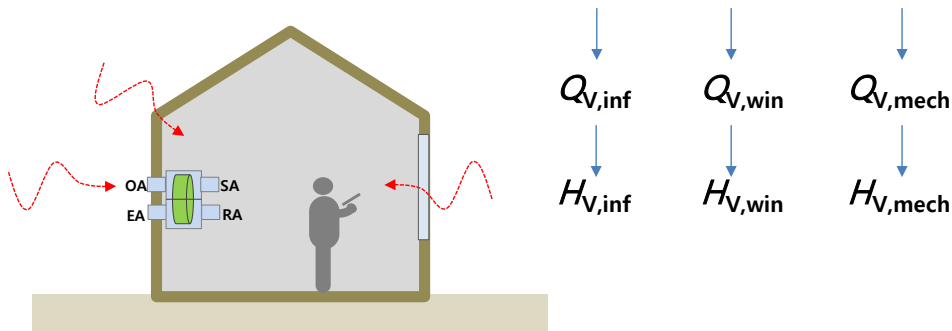
\dot{V}_A : DIN V 18599-10에 따른 순 바닥 면적당 최소 외기 도입량 ($m^3/(h \cdot m^2)$)

A_{NF} : 건물 존의 순 바닥 면적 (m^2)이다;

V : 공간의 순 체적 (m^3)

n_{wd} : 필요환기횡수

$$\text{필요환기량} = n_{wd} \cdot V = \dot{V}_A \cdot A_{NF} = (\text{침기량} + \text{자연환기량} + \text{기계환기량})$$



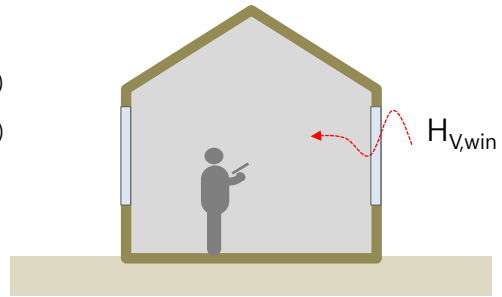
2 자연환기 열전달

◎ 자연환기 열손실과 열획득

- 문과 창문의 개폐를 통해 일어나는 환기 열손실과 열획득은 다음과 같이 계산한다.

$$Q_{V,win} = H_{V,win} (\theta_i - \theta_e) \cdot t \quad \text{for } \theta_i > \theta_e \quad (\text{열 손실}) \quad (8)$$

$$Q_{V,win} = H_{V,win} (\theta_e - \theta_i) \cdot t \quad \text{for } \theta_i < \theta_e \quad (\text{열 획득}) \quad (9)$$



$H_{V,win}$: 창호 환기의 열전달 계수

θ_i : 존 실내 기준 온도

θ_e : 월별 실외 평균 온도

t : 계산 기간 (t = 24h)

$$H_{V,win} = n_{win} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a \quad (10)$$

n_{win} : 창호이용 일일 평균 환기 횟수 [h⁻¹]

V : 순 체적 [m³]

$c_{p,a}$: 공기의 열용량 [Wh/kg·K]

ρ_a : 공기의 밀도 [kg/m³]

$c_{p,a} \rho_a$: 0.34 Wh/(m³·K)

◎ 자연환기 열손실과 열획득_ 주거건물

- 주거 건물의 창호 이용 환기는 월별 일정하지 않음.
- 기계 환기가 없는 주거 건물은 창호이용환기에 의한 열손실과 열획득에 미치는 영향이 큼
- 월별 창호이용 환기횟수에 대한 보정 계수를 적용함

$$H_{V,win} = n_{win,mth} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$$

$$n_{win,mth} = n_{win} \cdot f_{pwin,seasonal}$$

$$f_{pwin,seasonal} = 0.04 \cdot \theta_e + 0.8$$

$H_{V,win,mth}$: 주거건물 존의 자연환기 열전달계수

$n_{win,mth}$: 월별 자연환기횟수

$f_{pwin,seasonal}$: 월별 창호 이용 보정계수



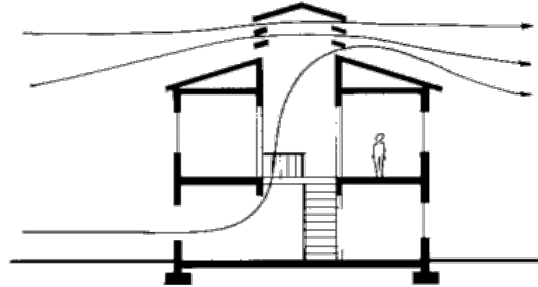
서울기후조건에 따른 자연환기횟수(0.3회기준)

◎ 자연환기 열손실과 열획득_ 비주거건물

- 비주거건물에서의 자연환기는 로비, 복도 등 부속공간에 적용됨
- 자연환기 적용방법은 맞통풍, 굴뚝효과 그리고 베르누이이용 굴뚝효과등의 기술이 적용됨
- 바람 유입구에 대한 필터 및 온도보정(지중열, 식재 증발 등) 기술 적용

$$H_{V,win} = n_{win} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$$

$n_{win, mth}$: 자연환기횟수



베르누이 효과와 굴뚝 효과의 혼합에 의한 환기 (Lechner, N., 1991)



Erich Kaestner Primary school, Leipzig, 2013

◎ 자연환기 횡수

- 자연환기: 외기와 면하는 창호 및 개구부를 이용한 환기
- 자연환기횡수: 용도프로필에서 지정된 필요 환기량을 기준으로 일일 평균값으로 산정
- 1종 또는 2종 기계환기 적용 존: 기계환기 부족 부분을 자연환기횡수로 산정
- 배기량 > 급기량 : 자연환기횡수 증가풍량 밸런스 : 배기량 = 급기량 + 자연환기량 + 침기량
- 인접존을 통한 기계환기 급기량 발생 시 풍량 밸런스 : 배기량 = 급기량 + 자연환기량 + 침기량 + 인접존유입량

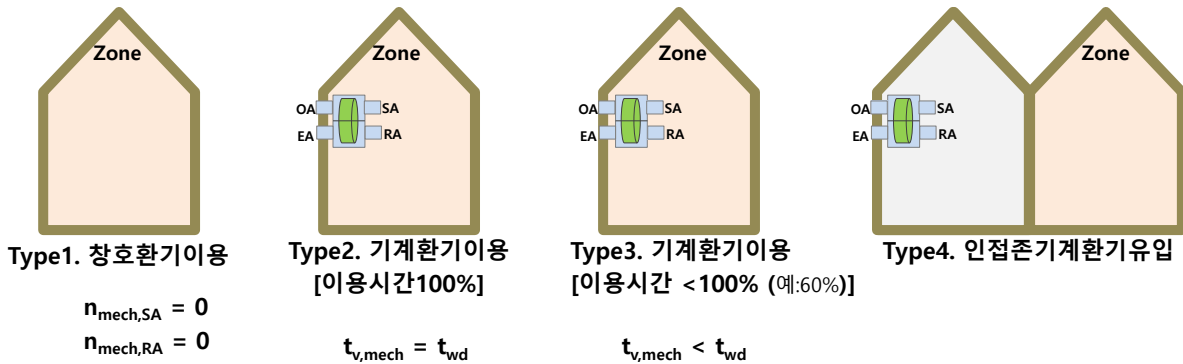
- 외기와 면한 창호 또는 개구부가 있는 경우

$$n_{win,min} = 0.1 h^{-1}$$

- 그외의 경우

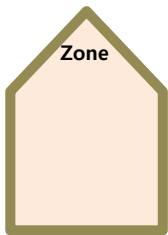
$$n_{win,min} = 0 h^{-1}$$

- 자연환기 타입 [Type1~Type4]



◎ 자연환기 횡수 [Type 1]

$$n_{win} = n_{win,min} + \Delta n_{win} \times \frac{t_{wd}}{24h} \quad (11)$$



Type1. 창호환기이용

$$n_{mech,SA} = 0$$

$$n_{mech,RA} = 0$$

- a. $n_{wd} < 1.2 h^{-1}$ 인 경우 [천장고가 일반적인 경우]: 충분한자연환기횡수(침기량 일부 포함)

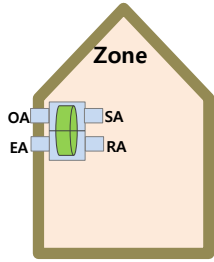
$$\Delta n_{win} = \max [0 ; n_{wd} - (n_{wd} - 0.2 h^{-1})/h^{-1} \cdot n_{inf} - 0.1 h^{-1}]$$

- b. $n_{wd} \geq 1.2 h^{-1}$ 인 경우 [천장고가 높은 경우]: 컴팩트한 자연환기횡수(침기량 전체 포함)

$$\Delta n_{win} = \max [0 ; (n_{wd} - n_{inf} - 0.1 h^{-1})]$$

- $n_{win,min}$ 최소 자연 환기 횡수 기준 [외기와 접하는 창호,개구부가 있는 경우 $0.1 h^{-1}$, 그외의 경우 $0 h^{-1}$]
- n_{inf} 침기횡수
- Δn_{win} 추가 자연환기 횡수
- n_{wd} 건물기준 [$V_{A,Bldg}$]필요환기횡수 (DIN V 18599-10:2016 용도 프로필)
- t_{wd} 일일 이용시간 (DIN V 18599-10:2016 용도프로필)

◎ 자연환기 횡수 [Type 2]



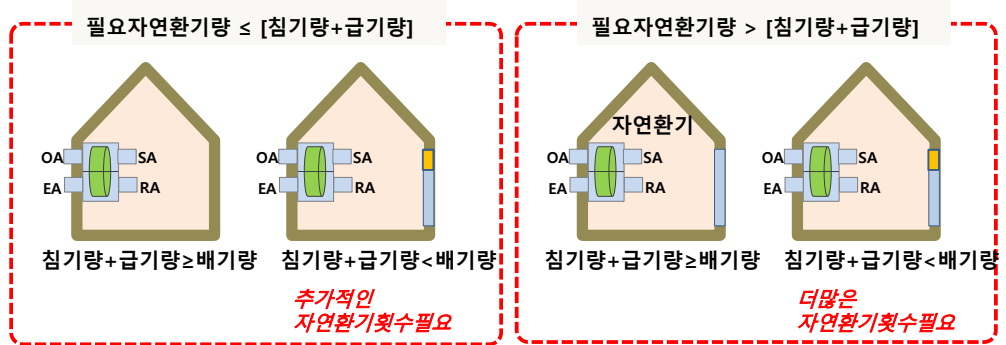
Type2. 기계환기이용
[이용시간 100%]

$$n_{win} = n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \frac{t_{v,mech}}{24h} \quad (78)$$

$n_{win,min}$ 최소 자연 환기 횡수 0.1 h⁻¹
 $\Delta n_{win,mech}$ 기계 환기 운전 중 필요 자연환기 횡수
 $t_{v,mech}$ 기계환기 일일 이용시간

$\Delta n_{win,mech,0}$
 추가적인 자연환기횡수가 없는경우

$\Delta n_{win,mech,0}$
 추가적인 자연환기횡수가 필요한경우



$\Delta n_{win,mech,0}$

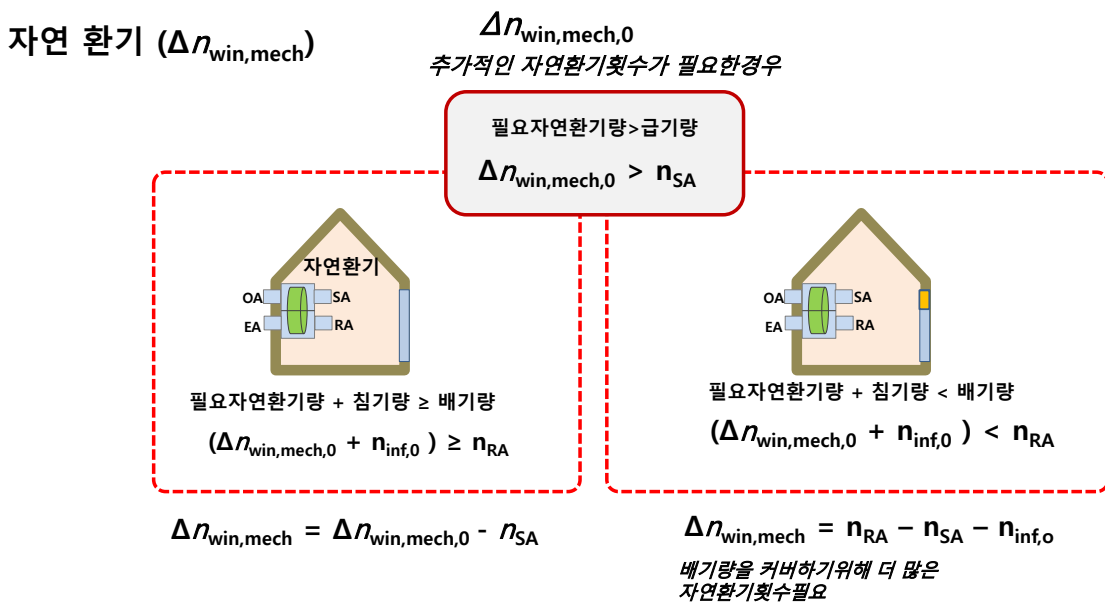
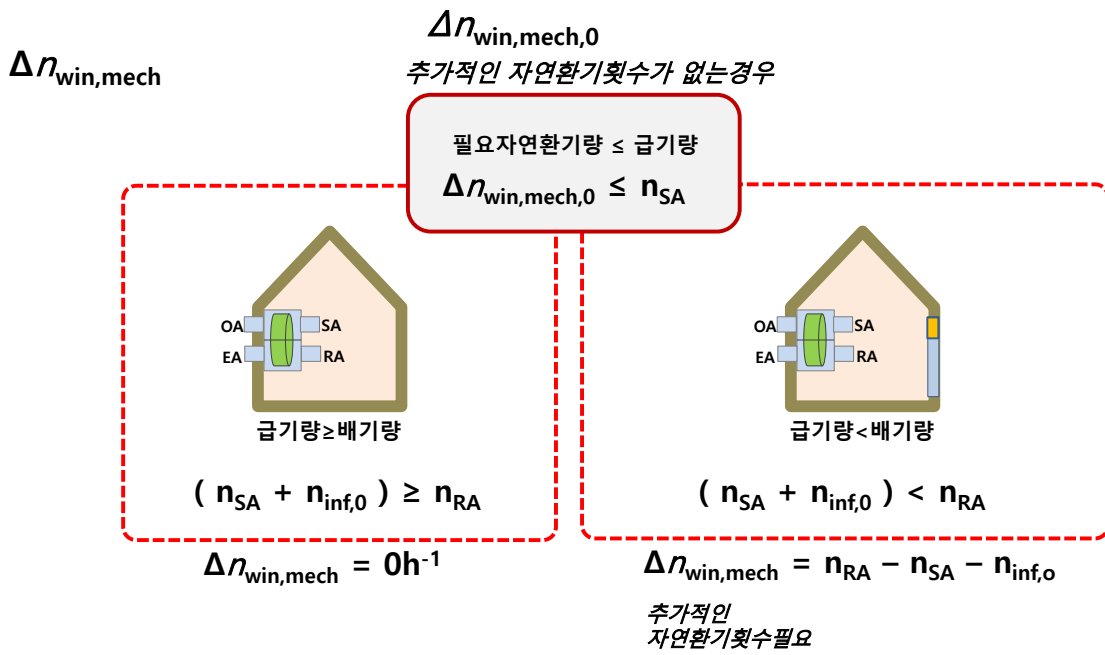
- $n_{wd} < 1,2h^{-1}$ 인 경우 [천장고가 일반적인 경우] : 충분한자연환기횡수(침기량 일부 포함)

$$\Delta n_{win,mech,0} = \max [0; n_{wd} - \overset{\text{침기고려 추가자연환기}}{(n_{wd} - 0,2h^{-1})/h^{-1}} \cdot n_{inf,0} \cdot f_e - \overset{\text{최소자연환기}}{0,1h^{-1}}] \quad (80)$$

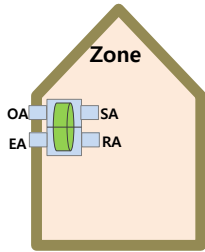
- $n_{wd} \geq 1,2h^{-1}$ 인 경우 [천장고가 높은 경우] : 컴팩트한 자연환기횡수(침기량 전체 포함)

$$\Delta n_{win,mech,0} = \max [0; n_{wd} - \overset{\text{침기고려 추가자연환기}}{n_{inf,0} \cdot f_e} - \overset{\text{최소자연환기}}{0,1h^{-1}}] \quad (81)$$

$\Delta n_{win,mech,0}$ 기계 환기제외 자연환기 횡수 [h⁻¹]
 $n_{inf,0}$ 침기횡수 [h⁻¹], ($n_{inf,0} = n_{50} \cdot e \cdot f_{ATD}$)
 f_e 기계환기 운전 중 침기 보정계수
 n_{wd} 필요환기횡수 (DIN V 18599-10:2016 용도프로필)



◎ 자연환기 횟수 [Type 3]



Type3. 기계환기이용
[<100% (예:60%)]

$$n_{win} = n_{win,min} + \Delta n_{win} \frac{t_{wd} - t_{v,mech}}{24h} + \Delta n_{win,mech} \frac{t_{v,mech}}{24h} \quad (78)$$

Type1
Type2

자연환기
기계환기

a. $n_{wd} < 1.2 \text{ h}^{-1}$ 인 경우 [천장고가 일반적인 경우] : 충분한자연환기횟수(침기량 일부 포함)

$$\Delta n_{win} = \max [0 ; n_{wd} - (n_{wd} - 0.2 \text{ h}^{-1})/h^{-1} \cdot n_{inf} - 0.1 \text{ h}^{-1}]$$

b. $n_{wd} \geq 1.2 \text{ h}^{-1}$ 인 경우 [천장고가 높은 경우] : 컴팩트한 자연환기횟수(침기량 전체 포함)

$$\Delta n_{win} = \max [0 ; (n_{wd} - n_{inf} - 0.1 \text{ h}^{-1})]$$

- $n_{win,min}$ 최소 자연 환기 횟수 기준 [외기와 접하는 창호,개구부가 있는경우 0.1 h^{-1} , 그외의 경우 0 h^{-1}]
- n_{inf} 침기횟수
- Δn_{win} 추가 자연환기 횟수
- n_{wd} 건물기준[V_{A,BldG}]최소환기횟수 (DIN V 18599-10:2016 용도 프로파일)
- t_{wd} 일일 이용시간 (DIN V 18599-10:2016 용도프로필)

$\Delta n_{win,mech,0}$

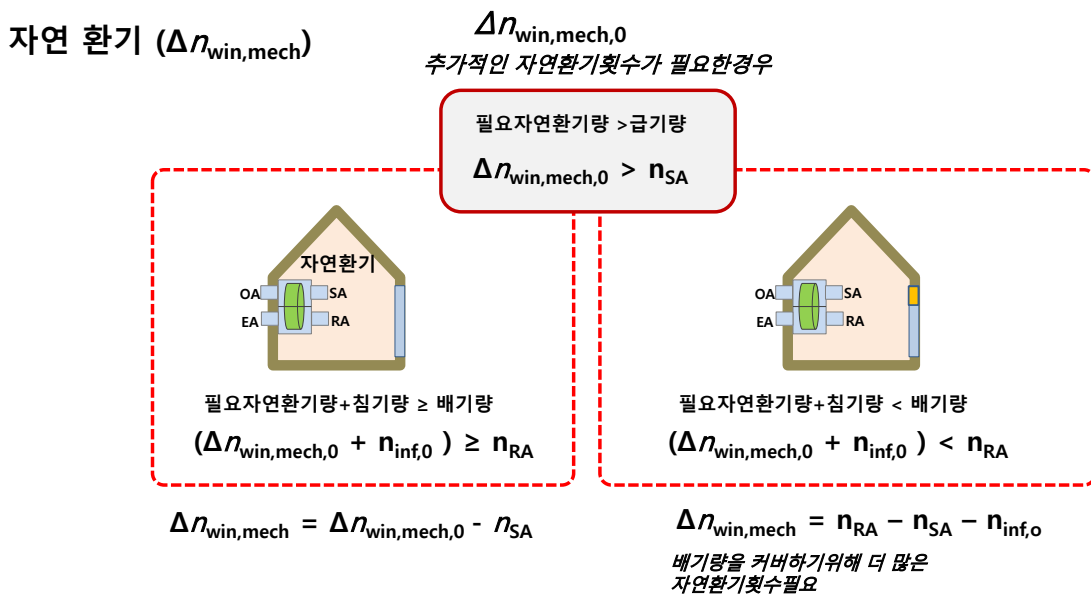
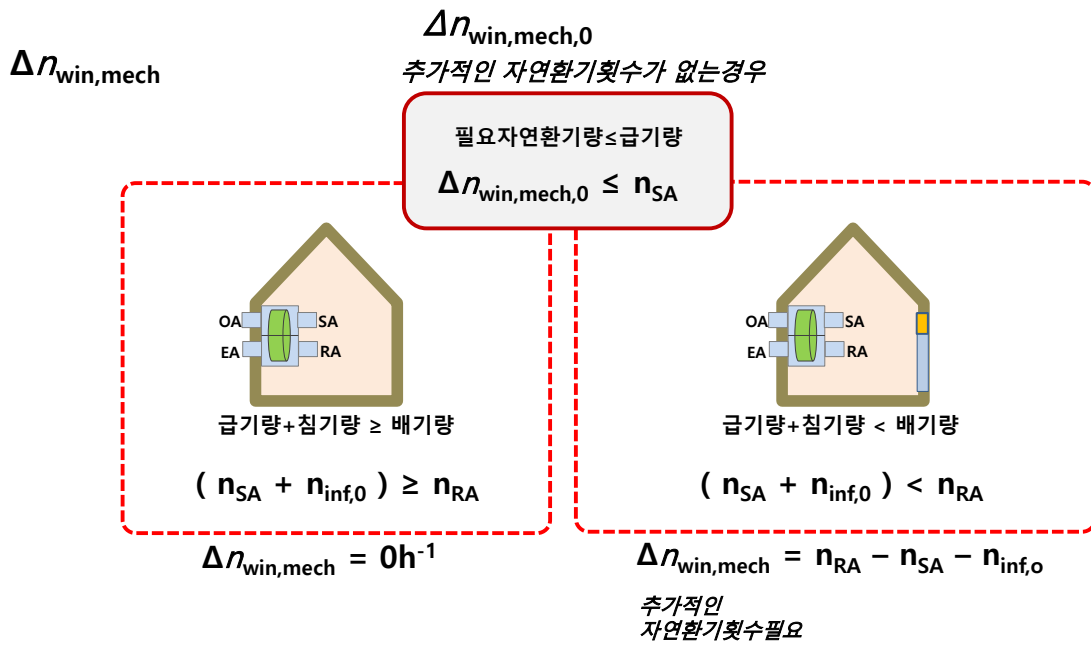
• $n_{wd} < 1,2\text{h}^{-1}$ 인 경우 [천장고가 일반적인 경우] : 충분한자연환기횟수(침기량 일부 포함)

$$\Delta n_{win,mech,0} = \max [0 ; n_{wd} - \overset{\text{침기고려 추가자연환기}}{(n_{wd} - 0,2\text{h}^{-1})/h^{-1}} \cdot \overset{\text{최소자연환기}}{n_{inf,0} \cdot f_e} - 0,1\text{h}^{-1}] \quad (80)$$

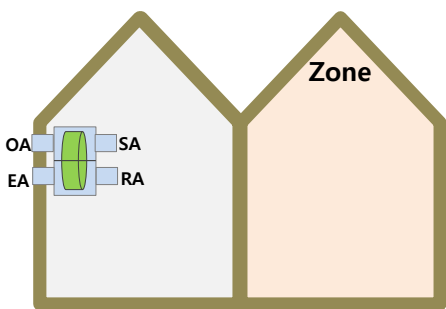
• $n_{wd} \geq 1,2\text{h}^{-1}$ 인 경우 [천장고가 높은 경우] : 컴팩트한 자연환기횟수(침기량 전체 포함)

$$\Delta n_{win,mech,0} = \max [0 ; n_{wd} - \overset{\text{침기고려 추가자연환기}}{n_{inf,0} \cdot f_e} - \overset{\text{최소자연환기}}{0,1\text{h}^{-1}}] \quad (81)$$

- $\Delta n_{win,mech,0}$ 기계 환기 운전 중 침기를 고려한 추가적인 자연환기 횟수 [h^{-1}]
- $n_{inf,0}$ 침기횟수 [h^{-1}] , ($n_{inf,0} = n_{50} \cdot e \cdot f_{ATD}$)
- f_e 기계환기 운전 중 침기 보정계수
- n_{wd} 최소환기횟수 (DIN V 18599-10:2016 용도프로필)



◎ 자연환기 횟수 [Type 4]



Type4. 인접존기계환기이용

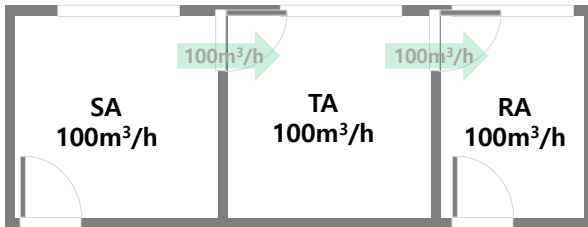
- Type2와 Type3과 동일하게 계산함
- n_{SA} : $n_{mech,SA} + n_{z,SA}$ (인접존으로부터의 급기)
- n_{RA} : $n_{mech,RA} + n_{z,RA}$ (인접존으로부터의 배기)

3 인접존 환기 열전달

◎ 환기열전달

- 건물 내 서로 다른 존 사이에 통기량이 많은 경우 단일 존으로 조정(예:문이없는 탕비실)
- 풍량은 밸런스되어지도록 구성
- 최소 외기 도입량이 충분히 확보되어야 함
- 존과 존 사이의 환기열전달은 실내 온도차가 4K이상일 경우에만 고려

$$Q_{V,z} = H_{V,z} \cdot (\theta_i - \theta_z) \cdot t \quad \text{for } \theta_i > \theta_z \text{ (열 손실)} \quad (41)$$



$H_{V,z}$ 인접존 환기열전달계수 [W/K]

θ_i 실내기준온도 (냉방기준온도 $[\theta_{i,c}]$, 난방기준온도 $[\theta_{i,h}]$)

θ_z 인접존 실내평균온도

t 적용 시간 (t=24h)

- 인접존 환기 열전달 계수

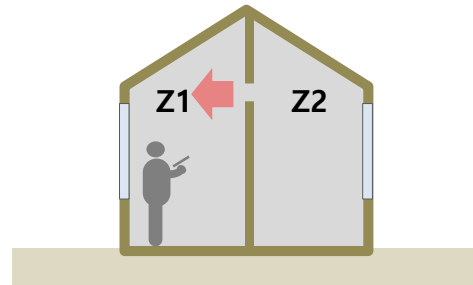
$$H_{V,z} = V_{z,d} c_{p,a} \rho_a \quad (10)$$

$V_{z,d}$: 일일 평균 인접존으로부터 유입되는 환기량 [m³/h]

$c_{p,a}$: 공기의 열용량 [Wh/kg·K]

ρ_a : 공기의 밀도 [kg/m³]

$c_{p,a} \rho_a$: 0.34 Wh/(m³·K)



- 식 (44)는 기계적 환기 장치로 인해 인접 존에서 유입되는 일일 평균 급기량을 계산하는 데 사용된다.

$$\dot{V}_{z,d} = \dot{V}_z \frac{t_{v,mech}}{24h} \quad (44)$$

\dot{V}_z 는 기계식 환기 장치가 운용할 때 인접 존으로부터의 공기 유입량

$t_{v,mech}$ 은 DIN V 18599-10에 명시된 환기 장치의 일 운용 시간

◎ 인접존 환기횟수

- 인접 건물 존으로부터의 급기 환기 횟수
- 자연환기 계산시 인접존 급기횟수도 포함해야 함
- 급기 환기횟수는 다음과 같다.

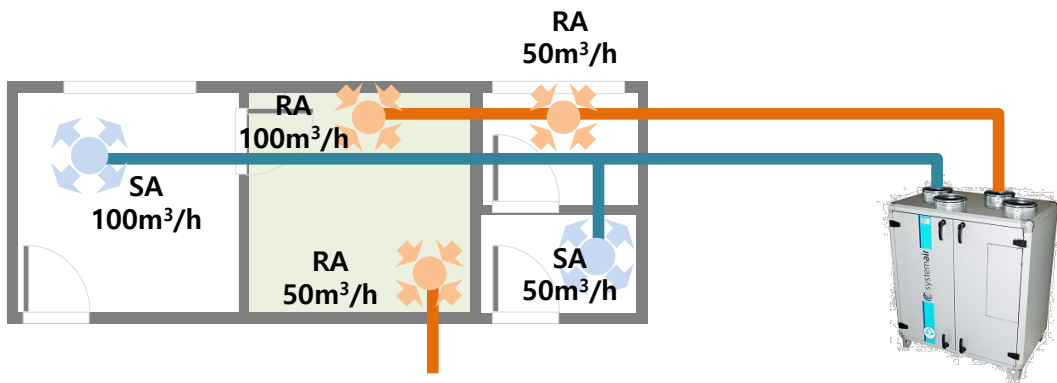
$$n_{z,SA} = \frac{\dot{V}_z}{V} \quad (45)$$

\dot{V}_z 는 인접 존으로부터의 공기의 유입량 (기계식 환기 장치의 경우, 운용 중일 때만)
 V 는 해당 계산 존의 순 체적 [m³]

- 외기에 면하는 창호나 개구부가 없는 더 큰 배기량을 가진 건물 존:

$$n_{z,SA} = n_{mech,RA} - n_{mech,SA} \quad (46)$$

$n_{mech,RA}$: 해당 존 환기 장치의 배기 환기 횟수
 $n_{mech,SA}$: 해당 존 환기 장치의 급기 환기 횟수
 다른 모든 경우에 있어서, 급기 환기 횟수는 환기의 구조적 및 기술적 측면을 고려하여 명시되어야 함



- 인접 존으로의 배기 횟수
- 자연환기 계산시 인접존 배기(환기)횟수도 포함해야함
- 인접존으로부터의 배기횟수는 다음과 같다.

$$n_{z,RA} = \frac{\dot{V}_Z}{V} \quad (47)$$

\dot{V}_Z 는 인접 구역으로 공급되는 풍량 (기계식 환기 장치의 경우, 운용중인 경우에만)

비고 인접 존의 $n_{z,RA}$ 을 결정할 때 \dot{V} 가 고려되어야 함
 V 는 해당 존의 순 체적

- 외기에 면하는 창호나 개구부가 없는 더 큰 급기량을 가진 건물 존:

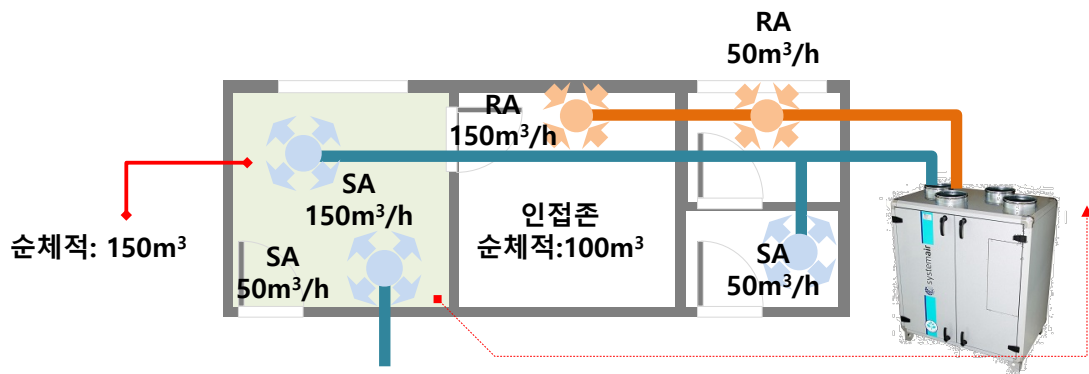
$$n_{z,RA} = \frac{\dot{V}_Z}{V} = \frac{(n_{\text{mech},RA,j} - n_{\text{mech},SA,j})V_j}{V_i} \quad (48)$$

$n_{\text{mech},RA,j}$: 인접한 존의 환기 장치의 배기 횟수

$n_{\text{mech},SA,j}$: 인접한 존의 환기 장치의 급기 횟수

V_j 는 인접한 존의 존의 순 체적

V_i 는 해당 존의 순 체적



$\sum HV_k$	환기 총 열전달계수	[W/K]	$HV_{inf} + HV_{win} + HV_z + HV_{iu}$	DIN V 18599 Part2 (식 138)	315.29
HV_{inf}	침기 열전달계수	[W/K]	$n_{inf} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$	DIN V 18599 Part2 (식 63)	17.82
HV_{mech}	기계환기 열전달계수	[W/K]	$n_{mech} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$	DIN V 18599 Part2 (식 92)	280.50
HV_z	인접존 환기 열전달계수		$n_{z,d} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$	DIN V 18599 Part2 (식 106)	0.00
HV_{win}	자연환기 열전달계수	[W/K]	$n_{win} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$	DIN V 18599 Part2 (식 73)	16.97
n_{-i}	필요최소환기횟수-사람기준값으로 적용됨	[h ⁻¹]	$V_{A,we}/n_{ceil}$	DIN V 18599 Part2 (식 89)	2.14
n_{inf}	최종 침기횟수	[h ⁻¹]	-	-	0.11
	조건 : 기계환기를 하지 않는 경우	[h ⁻¹]	$n^{50} \cdot e$	DIN V 18599 Part2 (식 64)	
	조건 : 기계환기를 하는 경우	[h ⁻¹]	$n^{50} \cdot e \cdot (1 + (fe-1) \cdot tv_{mech}/24)$	DIN V 18599 Part2 (식 65)	0.11
fe	기계환기를 고려한 침기 보정계수	[-]	$1 / (1 + fe \cdot ((n_{ETA} - n_{SUP}) / n^{50})^2)$	DIN V 18599 Part2 (식 70)	1.00
n_{SUP}	기계환기 및 인접존 급기횟수	[h ⁻¹]	$n_{mech,SUP} + n_{z,SUP}$	DIN V 18599 Part2 (식 70)	3.61
n_{ETA}	기계환기 및 인접존 배기횟수	[h ⁻¹]	$n_{mech,ETA} + n_{z,ETA}$	DIN V 18599 Part2 (식 70)	3.61
$n_{z,d}$	시간평균 인접존환기 급기횟수	[h ⁻¹]	$n_{z,SUP} \cdot tv_{mech} / 24 \text{ h}$	DIN V 18599 Part2 (식 107)	0.00
$n_{z,SUP}$	인접존으로부터의 급기횟수	[h ⁻¹]	$n_{mech,ETA} - n_{mech,SUP}$	DIN V 18599 Part2 (식 109)	0.00
$n_{z,ETA}$	인접존으로의 배기횟수	[h ⁻¹]	$(V_{mech,ETA,z} - V_{mech,SUP,z})/V$	DIN V 18599 Part2 (식 111)	0.00
$n_{mech,SUP}$	기계환기 급기횟수	[h ⁻¹]	$V_{mech,SUP,we}/V$	DIN V 18599 Part2 (식 95)	3.61
n_{mech}	시간평균 기계환기 급기횟수	[h ⁻¹]	$n_{mech,SUP} \cdot tv_{mech}/24$	DIN V 18599 Part2 (식 93)	1.65
$n_{mech,ETA}$	기계환기 배기횟수	[h ⁻¹]	$V_{mech,ETA,we}/V$	DIN V 18599 Part2 (식 97)	3.61
$tv_{mech,wd}$	이용일 기계환기 시간	[h]	$tv_{mech} = t_{hop,d}$	-	11.00
n_{win}	자연환기횟수	[h ⁻¹]	-	-	0.10
	조건 : 기계환기를 하지 않는 경우	[h ⁻¹]	$0.1 + \Delta n_{win} \cdot twd / 24 \text{ h}$	DIN V 18599 Part2 (식 81)	
	조건 : 기계환기를 하는 경우	[h ⁻¹]	$0.1 + \Delta n_{win} \cdot (twd - tv_{mech,wd}) / 24 \text{ h} + \Delta n_{win,mech} \cdot tv_{mech,wd} / 24 \text{ h}$	DIN V 18599 Part2 (식 82)	0.10
Δn_{win}	추가 자연환기횟수	[h ⁻¹]	-	-	1.94
	조건 : $n_{wd} < 1.2$	[h ⁻¹]	$\max(0, n_{wd} - (n_{wd} - 0.2) \cdot h^{-1} \cdot n_{inf} - 0.1 \text{ h}^{-1})$	DIN V 18599 Part2 (식 79)	
	조건 : $n_{wd} \geq 1.2$	[h ⁻¹]	$\max(0, n_{wd} - n_{inf} - 0.1 \text{ h}^{-1})$	DIN V 18599 Part2 (식 80)	1.938
$\Delta n_{win,mech,0}$	침기를 고려한 추가 환기필요횟수	[h ⁻¹]	-	-	1.94
	조건 : $n_{wd} < 1.2$	[h ⁻¹]	$\max(0, n_{wd} - (n_{wd} - 0.2 \text{ h}^{-1}) / h^{-1} \cdot n_{inf} \cdot fe - 0.1 \text{ h}^{-1})$	DIN V 18599 Part2 (식 83)	
	조건 : $n_{wd} \geq 1.2$	[h ⁻¹]	$\max(0, n_{wd} - n_{inf} \cdot fe - 0.1 \text{ h}^{-1})$	DIN V 18599 Part2 (식 84)	1.94
$\Delta n_{win,mech}$	기계환기 가동 시 추가 자연환기횟수	[h ⁻¹]	-	-	0.00
	조건 : $\Delta n_{win,mech,0} \leq n_{SUP}, n_{ETA} \leq (n_{SUP} + n_{inf})$	[h ⁻¹]	0	DIN V 18599 Part2 (식 85)	0.00
	조건 : $\Delta n_{win,mech,0} \leq n_{SUP}, n_{ETA} > (n_{SUP} + n_{inf})$	[h ⁻¹]	$n_{ETA} - n_{SUP} - n_{inf}$	DIN V 18599 Part2 (식 86)	
	조건 : $\Delta n_{win,mech,0} > n_{SUP}, n_{ETA} \leq (n_{win,mech,0} + n_{inf})$	[h ⁻¹]	$\Delta n_{win,mech,0} - n_{SUP}$	DIN V 18599 Part2 (식 87)	
	조건 : $\Delta n_{win,mech,0} > n_{SUP}, n_{ETA} > (n_{win,mech,0} + n_{inf})$	[h ⁻¹]	$n_{ETA} - n_{SUP} - n_{inf}$	DIN V 18599 Part2 (식 88)	

4 비냉난방존 환기 열전달

◎ 환기열전달

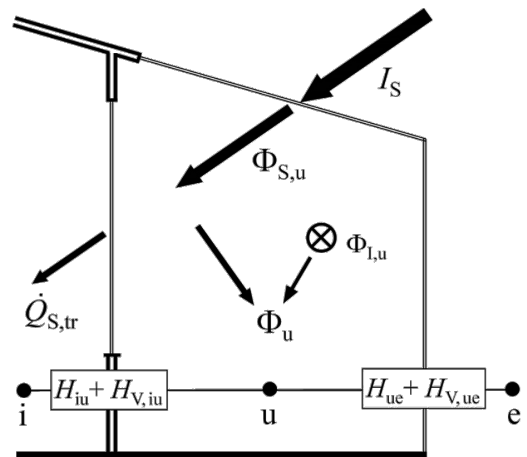
- 외피라인 밖에있는 인접한 비·냉난방 존의 환기 횟수는 해당 존의 온도를 계산할 때 고려됨(예: 온실)
- 해당 존의 환기 열전달 계수는 다음과 같이 계산된다:

$$H_{V,ue} = c_{p,a} \cdot \rho_a \cdot n_{ue} \cdot V_u \quad (38)$$

- 인접한 비·냉난방 존에서 해당 존으로의 환기 열전달 계수는 다음과 같이 가정해야 한다:

$$H_{V,iu} = 0 \quad (39)$$

n_{ue} 인접한 비냉·난방 존 환기횟수
 V_u 비냉·난방 존의 순 체적
 $c_{p,a}$ 공기의 비열
 ρ_a 공기의 밀도
 $c_{p,a} \rho_a$ 0,34 Wh/(m³ · K)



◎ 환기횟수

- 인접한 비냉·난방 존의 환기 횟수는 다음 기본값을 사용한다.

$$n_{ue} = 0,6 \text{ h}^{-1} \quad (40)$$

- 환기 횟수 n_{ue} 가 0,6 h⁻¹ 일 때 비냉·난방 공간 θ_u 의 온도가 20°C를 넘으면 여름 과열을 방지하기 위해 환기 횟수 (일일 평균값)는 최대 2 h⁻¹ 을 사용한다. (냉방 적용).

$$\theta_u = \frac{\Phi_u + \theta_i(H_{T,iu} + H_{V,iu}) + \theta_e(H_{T,ue} + H_{V,ue})}{H_{T,iu} + H_{V,iu} + H_{T,ue} + H_{V,ue}}$$

Φ_u 일사량
 θ_i 냉·난방 존의 기준 온도
 θ_u 비냉·난방 존의 기준 온도
 θ_e 실외온도
 $H_{T,iu}$ 관류열전달계수(냉·난방 존과 비냉·난방 존 사이의 구조체)
 $H_{V,iu}$ 환기열전달계수(냉·난방 존과 비냉·난방 존)
 $H_{T,ue}$ 관류열전달계수(비냉·난방 존과 외기)
 $H_{V,ue}$ 환기열전달계수(비냉·난방 존과 외기)

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-2:2018 Energy needs for heating and cooling of building zone

2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육

알고리즘 실무교육



ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS

PART B

ZEB 에너지요구량

[B.1]

용도프로필 및 급탕에너지요구량

용어 및 기호

용도프로필

용도프로필 정의 및 예시공간

용도프로필 항목

[B.2]

조명에너지요구량 해석

조명에너지 계산 프로세스 1

조명에너지 계산 프로세스 2

조명에너지 계산 예시

B.1

용도프로필 및 급탕에너지요구량

교육 목표

용도프로필 및
급탕에너지요구량

- * 용도프로필에서 정의되는 실에 대한 이해
- * 용도 프로필에 작성된 항목별 이해 및 에너지 해석과의 관계성 이해
- * 급탕에너지 요구량에 대해 이해

1 용어 및 기호

◎ 용어 정의

용어	정의
인체 발열량	인체에 의한 실내 열획득량(internal heat gain)을 의미하며, 본 프로그램에서는 현열만 다룸. 용도프로필에서 열발열원 - 사람에 해당하며, 주거공간 개선안의 경우 Wh/d, 나머지 공간의 경우 Wh/(m ² d)의 단위를 가짐.
기기 발열량	각종 기기에 의한 실내 열획득량(internal heat gain)을 의미하며, 본 프로그램에서는 현열만 다룸. 전기기기의 경우 전력소비량을 기기발열량으로 간주함. 용도프로필에서 열발열원 - 작업보조기기에 해당하며, 주거 공간 개선안의 경우 Wh/d, 나머지 공간의 경우 Wh/(m ² d)의 단위를 가짐.
조명 상대적 부재율	공간 사용시간 중 재실자가 없는 시간의 비율을 의미함(0 : 계속 재실, 1 : 계속 비재실). 일간 사용시간 중 재실자 부재 시(예, 회의, 커피 브레이크 등) 재실감지 센서에 의한 자동제어 혹은 재실자의 수동제어를 통한 조명의 부분 운전(part-time operation during a usage day)을 고려할 수 있게 해 줌.
조명 부분가 동계수	조명 에너지 계산 시 공간 사용시간이 감소되는 정도를 정의하는 계수임. 일간 사용시간 중 조명의 부분 운전(part-time operation during the calculation period)을 고려할 수 있게 해 줌 (예, 휴가, 방학, 병가 등, 0 : 계속 비운전, 1 : 계속 운전).

◎ 기호 정의

기호	명칭	단위
$q_{l, fac}$	기기발열량	[Wh/(m ² d)]
$Q_{w, b}$	급탕요구량	[Wh/(m ² d)]
$Q_{w, b, res}$	주거공간 급탕요구량	[Wh/d]
$q_{l, P}$	인체발열량	[Wh/(m ² d)]
$q_{l, Pres}$	주거공간 인체발열량	[Wh/d]
d_{we}	이용일	[d/mth]
V_{min}	최소도입외기량	[m ³ /h·m ²]
C_A	조명 상대적부재율	[-]
F_t	조명 부분가동계수	[-]
$\Theta_{i, c, soll}$	냉방설정온도	[°C]
$\Theta_{i, h, soll}$	난방설정온도	[°C]

2 용도프로필

◎ 용도프로필

용도명	기호 단위	1. 사용시간 / 운전시간				2. 월간 사용일수											
		01. 사용시 작시간	02. 사용시 정지시간	03. 운전시 작시간	04. 운전시 정지시간	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
		Time	Time	Time	Time	dwe days											
01-1 주거건물	=	0:00	24:00	0:00	24:00	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
01-2 주거용 오피스텔	=	0:00	24:00	0:00	24:00	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
02 소규모사무실(30m ² 이하)	=	9:00	18:00	7:00	18:00	22	19	21	22	22	20	22	21	18	21	21	21
03 대규모 사무실(30m ² 초과)	=	9:00	18:00	7:00	18:00	22	19	21	22	22	20	22	21	18	21	21	21
04 회의실 및 세미나실	=	7:00	18:00	7:00	18:00	22	19	21	22	22	20	22	21	18	21	21	21
05 강당	=	9:00	18:00	7:00	18:00	13	11	13	13	13	12	13	13	10	13	13	13
06 구내식당	=	8:00	15:00	8:00	15:00	22	19	21	22	22	20	22	21	18	21	21	21
07 화장실	=	7:00	18:00	7:00	18:00	22	19	21	22	22	20	22	21	18	21	21	21
08 그 외 체류공간	=	7:00	18:00	7:00	18:00	22	19	21	22	22	20	22	21	18	21	21	21
09 부속공간	=	7:00	18:00	7:00	18:00	22	19	21	22	22	20	22	21	18	21	21	21
10 창고/설비/문서실	=	7:00	18:00	7:00	18:00	22	19	21	22	22	20	22	21	18	21	21	21
11 전산실	=	0:00	24:00	0:00	24:00	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
12 주방 및 조리실	=	8:00	15:00	8:00	15:00	22	19	21	22	22	20	22	21	18	21	21	21
13 병실	=	0:00	24:00	0:00	24:00	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
14 객실	=	21:00	8:00	21:00	8:00	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
15 교실(초, 중, 고)	=	8:00	15:00	8:00	15:00	0	14	23	22	21	22	15	3	22	21	22	15
16 강의실(대학)	=	9:00	18:00	9:00	18:00	0	0	20	20	15	20	5	0	20	20	21	9
17 매점(상점/백화점)	=	8:00	20:00	8:00	20:00	26	23	25	26	26	24	26	26	22	25	26	25
18 전시설(전시관/박물관)	=	10:00	18:00	10:00	18:00	22	19	21	22	22	20	22	21	18	21	21	21
19 열람실(도서관)	=	8:00	20:00	8:00	20:00	26	23	25	26	26	24	26	26	22	25	26	25
20 체육시설	=	8:00	23:00	8:00	23:00	26	23	25	26	26	24	26	26	22	25	26	25
21 교실(어린이집/유치원)	=	9:00	16:00	9:00	16:00	19	19	21	22	22	20	22	18	18	21	21	21
06 구내식당(초중고)	=	11:00	15:00	11:00	15:00	0	14	23	22	21	22	15	3	22	21	22	15
12 주방 및 조리실(초중고)	=	8:00	15:00	8:00	15:00	0	14	23	22	21	22	15	3	22	21	22	15
20 체육시설(초중고)	=	9:00	16:00	9:00	16:00	26	23	25	26	26	24	26	26	22	25	26	25
25 근린생활시설(제1종/2종)	=	9:00	20:00	9:00	20:00	26	23	25	26	26	24	26	26	22	25	26	25

■ 용도프로필 (출처: ECO2 2021 니어링 매뉴얼)		엔지	3. 설정요구량				4. 실내공기온도		5. 열발열원	
			06. 최소도입외기량	07. 급탕요구량	08. 조명 상대적 부재 율	09. 조명 부분가동계 수	10. 난방설정온도	11. 냉방설정온도	12. 인체발열량	13. 기기발열량
용도 명	기호 단위	Vmin m³/(h · m²)	Qw,b Wh/m²·d	C _A -	F _t -	θ _{i,h,soll} °C	θ _{i,c,soll} °C	q _{i,p} Wh/m²·d	q _{i,fac} Wh/m²·d	
01-1 주거건물	=	1.10	표	0	0.1	20	26	표	표	
01-2 주거용 오피스텔	=	1.10	표	0	0.1	20	26	표	표	
02 소규모사무실(30m²이하)	=	4.00	6.9	0.30	0.7	20	26	13.2	28.0	
03 대규모 사무실(30m² 초과)	=	6.00	19.8	0.00	1.0	20	26	38.0	84.0	
04 회의실 및 세미나실	=	15.00	30.0	0.50	1.0	20	26	96.0	8.0	
05 강당	=	30.00	30.0	0.25	0.7	20	26	420.0	24.0	
06 구내식당	=	18.00	1250.0	0.00	1.0	20	26	177.0	10.0	
07 화장실	=	15.00	0.0	0.90	1.0	20	26	0.0	0.0	
08 그 외 체류공간	=	7.00	30.0	0.50	1.0	20	26	96.0	8.0	
09 부속공간	=	0.15	0.0	0.90	1.0	20	26	0.0	0.0	
10 창고/설비/문서실	=	0.15	0.0	0.98	1.0	20	26	0.0	0.0	
11 전산실	=	1.30	30.0	0.50	0.5	20	26	15.0	표	
12 주방 및 조리실	=	90.00	0.0	0.00	1.0	20	26	56.0	1800.0	
13 병실	=	4.00	82.0	0.00	0.5	20	26	108.0	24.0	
14 객실	=	3.00	82.0	0.60	0.3	20	26	70.0	44.0	
15 교실(초,중,고)	=	10.00	49.5	0.25	0.9	20	26	57.4	20.0	
16 강의실(대학)	=	30.00	30.0	0.25	0.7	20	26	420.0	24.0	
17 매점(상점/백화점)	=	4.00	30.0	0.00	1.0	20	26	84.0	24.0	
18 전시실(전시관/박물관)	=	2.00	30.0	0.00	1.0	20	26	28.0	0.0	
19 열람실(도서관)	=	8.00	30.0	0.00	1.0	20	26	168.0	0.0	
20 체육시설	=	3.00	220.0	0.30	1.0	20	26	60.0	0.0	
21 교실(어린이집/유치원)	=	10.00	29.5	0.25	0.9	20	26	80.2	24.0	
06 구내식당(초중고)	=	18.00	1250.0	0.00	1.0	20	26	177.0	10.0	
12 주방 및 조리실(초중고)	=	90.00	0.0	0.00	1.0	20	26	56.0	1800.0	
20 체육시설(초중고)	=	3.00	220.0	0.30	1.0	20	26	60.0	0.0	
25 근린생활시설(제1종/2종)	=	9.00	262.0	0.00	1.0	20	26	108.0	59.0	

◎ 용도프로필_DIN V 18599-10

Tabelle A.1 — Nutzung Einzelbüro

개인 사무실		Einzelbüro			Nr. 1	
이용시간	Nutzungszeiten		von	bis		
일일이용시간	tägliche Nutzungszeit	Uhr	7:00	18:00		
연중이용일수	jährliche Nutzungstage $d_{\text{nutz,a}}$	d/a	250			
연간주중이용시간	jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	h/a	2543			
연간야간이용시간	jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	h/a	207			
일일공조운전시간	tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	5:00	18:00		
연간공조이용일수	jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	250			
일일난방운전시간	tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	5:00	18:00		
실내환경	Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)					
실내난방설정온도	Raum-Solltemperatur Heizung $\theta_{i,h,\text{soll}}$	°C	21			
실내냉방설정온도	Raum-Solltemperatur Kühlung $\theta_{i,c,\text{soll}}$	°C	24			
난방최저온도	Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\theta_{i,h,\text{min}}$	°C	20			
냉방최고온도	Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\theta_{i,c,\text{max}}$	°C	26			
허용감소온도	Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\theta_{i,NA}$	K	4			
습도민감도	Feuchteanforderung	-	mit Toleranz			
최소 외기도입량	Mindestaußenluftvolumenstrom \dot{V}_A					
재실자기준	personenbezogen	m ³ je Stunde und Person	40			
바닥면적기준	flächenbezogen	m ³ /(h · m ²)	4			
비사용일기준	Mindestaußenluftvolumenstrom für Gebäude $\dot{V}_{A,\text{Geb}}$	m ³ /(h · m ²)	2,5			
공조가동시 부재율	Relative Abwesenheit RLT c_{RLT}	-	0,3			
부분운전계수	Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit F_{RLT}	-	0,7			
기계환기회수	mech. Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel (Praxis)		von	bis		
일반적	Luftwechsel (allgemein)	h ⁻¹	2	3		
급기냉방시	Luftwechsel (volle Kühlfunktion über Zuluft)	h ⁻¹	4	8		
조명	Beleuchtung					
조도	Wartungswert der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m	lx	500			
작업면 높이	Höhe der Nutzebene h_{Ne}	m	0,8			
작업영역 감소계수	Minderungsfaktor k_A	-	0,84			
부재율	relative Abwesenheit C_A	-	0,3			
실 계수	Raumindex k	-	0,9			
조명운전 감소계수	Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_t	-	0,7			
수직면기준 조명계수	Anpassungsfaktor Beleuchtung vertikaler Flächen k_{VB}	-	1			
재실자수	Personenbelegung		gering	mittel	hoch	
재실자 밀도	maximale Belegungsdichte	m ² je Person	18	14	10	
내부발열	Interne Wärmequellen					
			Vollnutzungsstunden (h/d)	max. spezifische Leistung (W/m ²)		
				tief	mittel	hoch
인체발열	Personen (70 W je Person)		6	3,9	5	7
기기발열	Arbeitshilfen ^a		6	2,8	7,1	15
내부발열	Wärmezufuhr je Tag ($q_{1,p} + q_{1,fa,c}$)	Wh/(m ² · d)	40	73	132	
건물 자동화계수	Automationsgrad		D	C	B	A
자동제어보정계수	Summand Automation $\Delta\theta_{\text{EMS}}$	K	0	0	-0,5	-1
온도자동제어계수	Faktor für adaptive Temperaturführung f_{adapt}	-	1	1	1,35	1,35
^a Tief/mittel/hoch entspricht 50/100/150 W je Person für Arbeitshilfen.						
a. 재실자의 발열에 따라 50/100/150W						

- 건물 자동화계수
 - DIN V 18599-11에서 정의되는 단계에 따라 자동화단계를 선택

항목	선택기준	선택값	
		$\Delta\theta_{EMS}$	f_{adapt}
D	수동제어	0	1
C	건물 자동제어	0	1
B	항목 C + 각 실 자동제어	-0.5	1.35
A	항목 B + BEMS 기반 AI제어	-1	1.35

- 기준온도 계산 (비주거 야간 운전정지일 경우)

$$\theta_{i,h} = \max(\theta_{i,h,set} + \Delta\theta_{EMS} - f_{NA}(\theta_{i,h,set} - \theta_e), \theta_{i,h,set} - \Delta\theta_{i,NA}(t_{NA}/24))$$

$$f_{NA} = 0.13(t_{NA}/24h) \times \exp(-(\tau/250h)) \times f_{adapt}$$

◎ 참고 서적 및 사이트

1. 건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정, 한국에너지공단, 2020.8.4, 7차 개정
2. 저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발, 별첨보고서, 국토교통과학기술진흥원 2015~2020
3. DIN V 18599-10:2018, Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting – Part 10 : Boundary conditions of use, climatic data
4. EN 16798 Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics – Module M1-6
5. EN 12831 Part3: Domestic hot water systems heat load and characterization of needs – Module M8-2

3 용도프로필 정의 및 예시 공간

◎ 용도프로필 정의 및 예시 공간

구분	프로필명	정의 및 예시
1	주거공간	사람의 거주를 목적으로 거실, 방, 주방, 욕실 또는 화장실 등을 포함한 단위세대(Unit) 공간 주거용 오피스텔을 포함함 예시) 단독주택, 공동주택의 각 단위세대, 도시형생활주택의 각 단위세대, 주거용 오피스텔의 각 단위세대
2	소규모 사무실 (30㎡ 이하)	기기 및 사람의 밀도가 낮고 근무시간동안 지속적, 간헐적으로 개별 공간에서 업무를 수행하는 단위실로 계획되어진 공간으로 개인이 점유하거나 소수가 공유하는 공간 단, 제1종 및 제2종 근린생활시설 내 위치한 경우, 25의 '근린생활공간(제1종 및 제2종 근린생활시설)' 기준 적용
3	대규모 사무실 (30㎡ 초과)	기기발열 및 사람의 밀도가 매우 높고 업무시간동안 지속적·간헐적으로 개인공간에서 업무를 수행할 수 있는 단위실 또는 개방된 공간으로 여러 명이 공유하는 공간 단, 제1종 및 제2종 근린생활시설 내 위치한 경우, 25의 '근린생활공간(제1종 및 제2종 근린생활시설)' 기준 적용 예시) 비서실, 국장실, 임원실, 교장실, 관장실, 원장실 등의 기관장실, 상담실, 조사실, 교무실, 영양사실, 교수연구실, 학과사무실, 관리실, 위원실, 사무실, 종합민원실, 상황실, 비즈니스 센터, 주민생활지원실, 진료실, 치료실, 교무실, 대학원연구실, 은행, 학교 교직원실, 가공실, 시제품개발실, 작업실, TFT룸, 출하실, 생산조립실, 미생물실, 배양실, 추출실, 동물사육실, 동물실험실, 배아처리실, 임상검사실, 검역실, 멸균실, 유전자분석실, 세척분쇄실, 배합실, 간호사실, 병실약국, 모니터실, 종합상황실, 녹화실, 폭발물분석실, 관찰실, 경비실, 연구실, 분석실, 양호실, 보건실, 의무실, 상담실, 공장(지식산업센터), CT실, MRA실, 교사연구실, 행정실, 진료실, 검진실 등
4	회의실 및 세미나실	다수의 사람이 모여 회의 및 세미나, 발표, 교육 등의 업무를 수행하는 공간 예시) 소회의실, 중회의실, 대회의실, 교육실·강습실(교육연구시설 제외), 연찬실, 세미나실, 연회장, 법정, 컴퓨터교육실(학교 제외) 등 * 실명이 대회의실이나 무대가 있고, 무대를 향한 좌석이 있을 경우 05의 '강당' 기준 적용 ** 연회장의 경우 부속 주방이 있는 경우 06의 '구내식당'으로 평가
5	강당	다목적, 대규모의 강연·교육·행사 등의 용도로 사용되며, 전면에 무대 또는 연단이 있고 무대를 향한 고정식 좌석이 있는 공간 예시) 대강당, 다목적 강당, 극장 등
6	구내식당	동일 건물 내에 음식을 조리하기 위한 별도의 주방이 있으며, 건물 이용자의 식사를 위한 공간으로 많은 사람의 이용에 따라 일시적으로 밀도가 높아지는 공간 단, 제1종 및 제2종 근린생활시설 내 위치한 경우, 25의 '근린생활공간(제1종 및 제2종 근린생활시설)' 기준 적용 예시) 구내식당, 직원식당, 간이식당(부속주방 포함) 등 * 주방이 없는 카페테리아, 매점 등과 같은 공간은 08의 '그 외 체류공간' 기준 적용
7	화장실	세면대 및 샤워기 등의 수전을 통해 거주자가 지속적으로 냉온수를 사용하는 공간 예시) 화장실, 장애인화장실, 샤워실, 세탁실, 군화세척실 등 * 탕비실은 08의 '그 외 체류공간' 기준 적용 * 화장실과 분리된 청소도구실의 경우 수전이 존재하더라도 10의 '창고/설비/문서실' 기준 적용
8	그 외 체류공간 (휴게실, 탈의실, 헬스장, 열람실, 매점 등)	건물의 주요 용도 이외에 건물 이용자의 복지 및 편의를 위한 공간으로 실의 기능이 정의되지 않거나 두 개 이상의 기능이 복합적으로 사용되는 공간 단, 실의 기능이 정의되지 않았다고 하여 반드시 '그 외 체류공간'으로 평가하지 않으며, 운영기관과 협의하여 적용 용도프로필 선정 단, 제1종 및 제2종 근린생활시설 내 위치한 경우, 25의 '근린생활공간(제1종 및 제2종 근린생활시설)' 기준 적용 예시) 휴게실, 탈의실, 부속실, 예비실, 다용도실, 탕비실, 대기실, 비주거용 오피스텔, 코트(court)가 없는 체력단련실, 휘트니스, 열람실 (도서관이 아닌 경우), 숙직실, 당직실, 카페테리아, 경로실, 방송실, 학습실, 도서실, 학생자치실, 입관실, 산부대기실, 봉안실, 유치장, 면회실, 심문실, 접견실, 교섭실, 합의실, 민원대기실, 정보 검색실, 간병인실, 수술실, 처치실, 주사실, 다목적실, 수치료실, 프로그램실, 운영위원회실, 준비실 등

구분	프로필명	정의 및 예시
9	부속공간(로비, 복도, 계단실 등)	건물 이용자를 위한 공용공간 예시) 로비, 홀, 복도, 계단실, 엘리베이터 전실, 현관, 비상용 계단, 미 디어스페이스(오픈공간), 미술전시(오픈공간), 간호사실(오픈공간), 발코니(이중외피) 등
10	창고/설비/문서실	건물 이용자 또는 거주자가 상주하지 않으며 물건과 장비, 문서의 수납 과 보관만을 위한 용도로 사용되는 공간 단, 문서실의 경우 책을 열람할 수 있는 공간이 있으면 19 열람실(도서 관)로 평가 예시) 각종 창고, 서고, 문서보관실, 무대장치 설비실, 기록물 보관실, 청 소도구실, 기구실, 기자재실, 안치실, 총기보관실, 자료실, 린넨실 등 * 단, 저온창고, 냉동창고 등은 평가에서 제외
11	전산실	업무를 위한 전산데이터, 서버 및 전산장비를 유지하기 위해 24시간동안 운영되는 실로서 해당 실을 위한 개별 항온항습기 또는 패키지에어컨이 설치되어 있고 기기에 의한 내부발열이 높은 공간 예시) 전산실, 서버실 등 * 건물의 기계설비의 운영을 위한 공간(중앙감시실, 방재실, 통신실 등)은 전산실로 평가하지 않음
12	주방 및 조리실	건물 내 구내식당에 제공하는 음식을 조리하는 과정에서 사용되는 공간 으로 기기 발열 및 급탕사용량이 매우 많은 공간 단, 제1종 및 제2종 근린생활시설 내 위치한 경우, 25의 '근린생활공간(제1 종 및 제2종 근린생활시설)'기준 적용 예시) 주방, 조리실, 세척실, 전처리실, 간이주방(유치원) 등 * 단, 주거공간 및 오피스텔의 주방은 해당하지 않음
13	병실	1인 또는 다수의 환자가 단기 또는 장기간 입원할 수 있도록 구획되고 24시간 운영되는 공간 예시) 응급실, 중환자실, 신생아실, 요양실, 입원실 등
14	객실	숙박시설의 객실로 투숙자가 단기(최소1일) 또는 장기간 생활할 수 있도록 거실, 화장실 등이 하나로 구성된 단위공간(Unit) 예시) 숙박시설(호텔, 콘도, 리조트, 여관 등)의 객실, 연수원, 기숙사의 기숙실 등
15	교실(초중고)	초, 중, 고등학교 건물에서 학생의 수업 또는 실습이 이루어지는 공간 예시) 초, 중, 고등학교의 교실, 음악실, 미술실, 컴퓨터실, 과학실, 각종 실습실, 요리교실 등
16	강의실(대학)	대학교 건물에서 수업 및 실습 등 강의가 이루어지는 공간 예시) 대학의 강의실, 실습실, 실험실, 연구실(대학), 분석실 등
17	매장	판매를 목적으로 상품을 진열하고 점원이 고객을 응대하는 사람의 출입 이 잦은 공간 단, 제1종 및 제2종 근린생활시설 내 위치한 경우, 25의 '근린생활공간(제1 종 및 제2종 근린생활시설)' 기준 적용 예시) 대형마트, 백화점 및 쇼핑센터의 매장, 소규모 슈퍼마켓 및 점포 등
18	전시실(전시관/박물관)	미술품·공예품·문화재 등을 전시하기 위한 공간으로 조명을 사용하여 전시품을 부각시키며 기기 발열이 없고 사람의 출입이 잦은 공간 예시) 미술관, 갤러리, 박물관의 전시실, 컨벤션센터의 대규모 전시실 등
19	열람실(도서관)	도서관에 독서·학습 등 개인 업무를 수행할 수 있는 공간 예시) 도서관의 열람실
20	체육시설	다수의 사람이 운동할 수 있는 코트(court)가 있는 경우 예시) 강당, 다목적강당, 농구장, 배구장, 탁구장, 볼링장, 실내골프연습 장 등 * 체육과 강당의 복합용도로 사용되는 공간은 바닥에 운동을 위한 코 트가 있는 경우 '체육시설', 코트 가 없을 경우 '강당'으로 평 가함(아이스링크장, 아이스하키장, 수영장은 평가대상에서 제외)

구분	프로필명	정의 및 예시
21	교실(어린이집/ 유치원)	어린이집, 유치원 건물에서 아동의 보육, 수업 또는 실습이 이루어지는 공간 예시) 어린이집, 유치원의 보육실, 일반교실, 교과교실, 특별교실, 수준별 교실 등
22	구내식당(초중고)	초, 중, 고등학교 건물에서 음식을 조리하기 위한 별도의 주방이 있으며, 건물 이용자의 식사를 위한 공간으로 많은 사람의 이용에 따라 일시적으로 밀도가 높아지는 공간 예시) 초, 중, 고등학교의 구내식당, 학생식당, 직원식당, 간이식당(부속 주방 포함) 등 * 체육과 강당의 복합용도로 사용되는 공간은 바닥에 운동을 위한 코트가 있는 경우 '체육시설', 코트가 없을 경우 '강당'으로 평가함(아이스링크장, 아이스하키장, 수영장은 평가대상에서 제외)
23	주방 및 조리실(초중고)	초, 중, 고등학교 구내식당에 제공하는 음식을 조리하는 과정에서 사용되는 공간으로 기기 발열 및 급탕사용량이 매우 많은 공간 예시) 초, 중, 고등학교의 주방, 조리실, 세척실, 전처리실 등
24	체육시설(초중고)	초, 중, 고등학교 건물에서 다수의 사람이 운동할 수 있는 코트(court)가 있는 경우 예시) 초, 중, 고등학교의 강당, 다목적강당, 농구장, 배구장, 탁구장 등 * 체육과 강당의 복합용도로 사용되는 공간은 바닥에 운동을 위한 코트가 있는 경우 '체육시설', 코트가 없을 경우 '강당'으로 평가함(아이스링크장, 아이스하키장, 수영장은 평가대상에서 제외)
25	근린생활공간(제1종 및 제2종 근린생활 시설))	제1종 및 제2종 근린생활시설 내 위치한 업무, 진료, 치료, 판매, 조리, 제조, 수리, 교육, 문화, 체육 목적의 생활 편의 공간 예시) 제1종 및 제2종 근린생활시설 내 은행, 부동산중개사무소, 사무실, 안경점, 독서실, 학원 강의실, 식당, 카페테리아, 키즈카페, 제과점, 정육점, 미용실, 노래방, PC방, 볼링장, 탁구장, 당구장, 헬스장, 실내골프연습장, 에어로빅장, 마트, 편의점, 매점, 매장, 진료실, 검진실, 치료실, 처치실, 주사실, 의원, 가공실, 작업실, 출하실, 생산조립실 등

4 용도프로필 항목

◎ 사용 시간 및 운전 시간

용도 명	사용시간		운전시간	
	시작 Time	종료 Time	시작 Time	종료 Time
01-1주거건물	0:00	24:00	0:00	24:00
01-2오피스텔	0:00	24:00	0:00	24:00
02소규모사무실(30m ² 이하)	9:00	18:00	7:00	18:00
03대규모 사무실(30m ² 초과)	9:00	18:00	7:00	18:00
04회의실 및 세미나실	7:00	18:00	7:00	18:00
05강당	9:00	18:00	7:00	18:00
06구내식당	8:00	15:00	8:00	15:00
07화장실	7:00	18:00	7:00	18:00
08그 외 체류공간	7:00	18:00	7:00	18:00
09부속공간	7:00	18:00	7:00	18:00
10창고/설비/문서실	7:00	18:00	7:00	18:00
11전산실	0:00	24:00	0:00	24:00
12주방 및 조리실	8:00	15:00	8:00	15:00
13병실	0:00	24:00	0:00	24:00
14객실	21:00	8:00	21:00	8:00
15교실(초,중,고)	8:00	15:00	8:00	15:00
16강의실(대학)	9:00	18:00	9:00	18:00
17매점(상점/백화점)	8:00	20:00	8:00	20:00
18전시실(전시관/박물관)	10:00	18:00	10:00	18:00
19열람실(도서관)	8:00	20:00	8:00	20:00
20체육시설	8:00	23:00	8:00	23:00
21교실(어린이집/유치원)	9:00	16:00	9:00	16:00
06구내식당(초중고)	11:00	15:00	11:00	15:00
12주방 및 조리실(초중고)	8:00	15:00	8:00	15:00
20체육시설(초중고)	9:00	16:00	9:00	16:00
25근린생활시설(제1종/2종)	9:00	20:00	9:00	20:00

- 월별 사용일수와 비사용일수로 구분함
- 월간법 에너지해석은 1일 기준 사용/운전 시간을 바탕으로 월별 1일 기준 요구량 산정
 - 사용일수 기준 1일 요구량
 - 비사용일수 기준 1일 요구량
- 1일 요구량 x 해당월의 사용일수(비사용일수) = 해당 월의 요구량
- 사용시간 대비 운전시간은 1시간전부터 시작, DIN V 18599-10에서는 일반적으로 2시간전 부터 운전시작
- 국내의 경우 대부분 사용시간과 운전시간이 동일함 (사무실 공간 제외)

Office, landscaped		Value	Unit
Operation time	Hour at day, START	7	hour
	Hour at day, END	18	hour
	Breaks, inside range	0	hours
	days/week	5	days
	hours/day	11	hours
	hours/year	2 868	hours

표 출처 EN 167698-1 사무실의 용도 프로필

◎ 월간 사용일수

용도 명	연간이용일수
주거건물	= 365
오피스텔	= 365
소규모사무실(30m ² 이하)	= 250
대규모 사무실(30m ² 초과)	= 250
회의실 및 세미나실	= 250
강당	= 150
구내식당	= 250
화장실	= 250
그 외 체류공간	= 250
부속공간	= 250
창고/설비/문서실	= 250
전산실	= 365
주방 및 조리실	= 250
병실	= 365
객실	= 365
교실(초,중,고)	= 200
강의실(대학)	= 150
매점(상점/백화점)	= 300
전시실(전시관/박물관)	= 250
열람실(도서관)	= 300
체육시설	= 300
교실(어린이집/유치원)	= 244
구내식당(초중고)	= 200
주방 및 조리실(초중고)	= 200
체육시설(초중고)	= 300
근린생활시설(제1종/2종)	= 300

● 국내 연간 월별 휴일을 바탕으로 '주중 사용일수 기준'

연간이용일수 산정시

- 주6일 근무: 300일
- 주5일 근무: 250일
- 주3일 근무: 150일

● 초중고는 방학 기간을 반영하여 월별 사용일수를 산정함

주당 이용 일수	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
	신정(1)			삼일절(1)		어린이날(1)	현충일(1)	제헌절(1)	광복절(1)	추석(2)	개천절(1)		
설날(2)					부처님오신날(1)					한글날(1)			
					근로자의날(1)								
일	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
휴일	3	0	1	0	3	1	1	1	2	2	0	1	15
7.0	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365
6.0	24.00	24.00	25.71	25.71	24.00	24.86	25.71	25.71	24.00	24.86	25.71	25.71	300
5.5	22.00	22.00	23.57	23.57	22.00	22.79	23.57	23.57	22.00	22.79	23.57	23.57	275
5.0	20.00	20.00	21.43	21.43	20.00	20.71	21.43	21.43	20.00	20.71	21.43	21.43	250
4.0	16.00	16.00	17.14	17.14	16.00	16.57	17.14	17.14	16.00	16.57	17.14	17.14	200
3.0	12.00	12.00	12.86	12.86	12.00	12.43	12.86	12.86	12.00	12.43	12.86	12.86	150
2.0	8.00	8.00	8.57	8.57	8.00	8.29	8.57	8.57	8.00	8.29	8.57	8.57	100
1.0	4.00	4.00	4.29	4.29	4.00	4.14	4.29	4.29	4.00	4.14	4.29	4.29	50

◎ 설정요구량: 최소도입외기량

용도 명	m ³ /(h · m ²)
01-1주거건물	1.10
01-2오피스텔	1.10
02소규모사무실(30m ² 이하)	4.00
03대규모 사무실(30m ² 초과)	6.00
04회의실 및 세미나실	15.00
05강당	30.00
06구내식당	18.00
07화장실	15.00
08그 외 체류공간	7.00
09부속공간	0.15
10창고/설비/문서실	0.15
11전산실	1.30
12주방 및 조리실	90.00
13병실	4.00
14객실	3.00
15교실(초,중,고)	10.00
16강의실(대학)	30.00
17매점(상점/백화점)	4.00
18전시실(전시관/박물관)	2.00
19열람실(도서관)	8.00
20체육시설	3.00
21교실(어린이집/유치원)	10.00
06구내식당(초중고)	18.00
12주방 및 조리실(초중고)	90.00
20체육시설(초중고)	3.00
25근린생활시설(제1종/2종)	9.00

- 최소도입외기량은 냉·난방에너지요구량 계산 결과값에 많은 영향을 미치는 항목임
- 최소도입외기량은 DIN V 18599-10 기준에 따름
- 비이용일 최소도입외기량은 EN 16798-1 B.3.2.5 기준에 따라 0.36 ~ 0.54 CMH/m² 적용함
- 학교보건법에 따른 교실(어린이집/유치원)의 단위면적당 최소도입외기량[m³/(m²h)] 검토:
 단위면적당 재실자수(0.2229) × 인당 최소도입외기량(21.6)
 = 4.8m³/(m²h)
 - 단위면적당 재실자수(재실밀도):
 교실(어린이집/유치원) 재실밀도(0.2229 인/m²)
 - 인당 최소도입외기량: 학교보건법 시행규칙에서 정한 인당 최소환기량(21.6 m³/(인h))
- 국제기준에 따른 교실(어린이집/유치원)의 단위면적당 최소도입외기량[m³/(m²h)] 검토:

건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정:2020	DIN V 18599-10 : 2018	SBEM : 2017 D1_Edu_Teaching	ISO 17772-1 : 2017	
교실(초,중,고)	(kindergarten)	Teaching area	School classroom	Daycare, kindergarten
10	10 ^{a)}	10.9 ^{b)}	13.7 ^{c)}	16.2 ^{d)}

- a) 재실밀도 0.333 인/m²(소, 중, 대에서 중), 인당 최소도입외기량 30 m³/(인h)
- b) 재실밀도 0.552 인/m², 인당 최소도입외기량 19.8 m³/(인h)
- c) 재실밀도 0.185 인/m², 인당 최소도입외기량(계산값) 73.9 m³/(인h)
- d) 재실밀도 0.263 인/m², 인당 최소도입외기량(계산값) 61.6 m³/(인h)

◎ 설정요구량: 급탕요구량

용도 명	Wh/m ² ·d
01-1주거건물	표
01-2오피스텔	표
02소규모사무실(30m ² 이하)	6.9
03대규모 사무실(30m ² 초과)	19.8
04회의실 및 세미나실	30.0
05강당	30.0
06구내식당	1250.0
07화장실	0.0
08그 외 체류공간	30.0
09부속공간	0.0
10창고/설비/문서실	0.0
11전산실	30.0
12주방 및 조리실	0.0
13병실	82.0
14객실	82.0
15교실(초,중,고)	49.5
16강의실(대학)	30.0
17매점(상점/백화점)	30.0
18전시실(전시관/박물관)	30.0
19열람실(도서관)	30.0
20체육시설	220.0
21교실(어린이집/유치원)	29.5
06구내식당(초중고)	1250.0
12주방 및 조리실(초중고)	0.0
20체육시설(초중고)	220.0
25근린생활시설(제1종/2종)	262.0

- 표본세대 인당 급탕요구량 가중 평균값 산정
- 전용면적 기준 주거공간 거주인수를 바탕으로 급탕요구량 도출

바닥면적 ^{a)} 범위	인당 급탕요구량	거주인수	급탕요구량
	(Wh/(인d))	(인)	(Wh/d)
20㎡ 이하	1,794.80	1.3	2,333.20
20㎡ ~ 40㎡	1,794.80	1.7	3,051.20
40㎡ ~ 60㎡	1,794.80	2.4	4,307.50
60㎡ ~ 100㎡	1,794.80	2.8	5,025.40
100㎡ ~ 130㎡	1,794.80	3.2	5,743.40
130㎡ ~ 165㎡	1,794.80	3.5	6,281.80
165㎡ 초과	1,794.80	4.9	8,794.50

- EN 12831-3 Domestic hot water systems heat load and characterisation of needs, Module M8-2,
 - 급탕요구량: 1인당 1일 기준 평균 온수 이용량으로 산정
 - 용도별 온수 온도(예: 주거 60℃, 사무실 45℃)
 - 상수온도는 국가 기준이 없는 경우 10℃로 정의함
 - $Q_{w,b} = \text{온수이용량(liter/인)} \times \text{물 밀도(1kg/liter)} \times \text{물 비열(4.184kJ/kgK)} \times (\text{온수온도} - \text{상수온도}) \times 1 / 3600(\text{kWh/kJ})$

$$Q_{w;bi} = \sum_{t=1}^i [Q_{w;b;t}] \quad \text{mit } i = 1, 2, \dots, i_{\max} \quad \text{EN 12831-3 식 1}$$

$$Q_{w;b;t} = V_t \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\vartheta_{w;draw} - \vartheta_{w;c}) \cdot \frac{1}{3600} \quad \text{EN 12831-3 식 2}$$

- 월간법 계산에서는 일일 기준 1인당 급탕량 x 이용일수 로 산정하지만
시간법 계산에서는 각 시간별 온수 이용량을 산정하여 반영함

◎ 설정요구량: 급탕요구량(DIN V 18599-10)

용도	온수기준량 $q_{w,b,d}$			면적산정기준
	이용용도기준		면적기준 [Wh/(m ² ·d)]	
사무실	0.4	kWh / 인	30	사무실 공간
침실/병원	6	kWh / 침대	400	병실
학교 (샤워실 없음)	0.4	kWh / 인	130	교실
학교 (샤워실 있음)	1.5	kWh / 인	500	교실
상점 / 백화점	1	kWh / 종업원	10	판매공간
공장 (세수시설)	1.8	kWh / 종업원	90	작업공간
일반 호텔	1.9	kWh / 침대	240	객실
중급 호텔	3.5	kWh / 침대	350	객실
고급 호텔	5.5	kWh / 침대	460	객실
레스토랑	1.1	kWh / 좌석	920	홀 면적
가정	2.3	kWh / 인	150	방
막사	1.8	kWh / 인	180	방
스포츠시설 (+샤워실)	1.8	kWh / 인	-	-
상업용 주방	0.4	kWh / 메뉴	-	-
제과점	5	kWh / 종업원	-	-
미용실	6	kWh / 종업원	-	-
정육점	18	kWh / 종업원	-	-
세탁소	20	kWh / 세탁물 100kg	-	-
양조장	15	kWh / 맥주 100L	-	-
낙농공장	10	kWh / 우유 100L	-	-
사우나	2.8	kWh / 인	235	사우나 공간
실험실	0.4	kWh / 인	30	실험실 공간
체육관	1.5	kWh / 인	300	체육관 공간

- 주거의 경우, 용도프로필에 포함
- 비주거건물의 온수사용 기준치

$$Q_{w,b} = q_{w,b,d} \cdot d_{mth} / 365 \cdot d_{wd} \cdot \text{기준값}$$

- 1일 급탕요구량이 1인당 0.2kWh/d이하라면 0으로 간주

◎ 설정요구량: 인체발열량

용도 명	Wh/m ² -d
01-1주거건물	표
01-2오피스텔	표
02소규모사무실(30m ² 이하)	13.2
03대규모 사무실(30m ² 초과)	38.0
04회의실 및 세미나실	96.0
05강당	420.0
06구내식당	177.0
07화장실	0.0
08그 외 체류공간	96.0
09부속공간	0.0
10창고/설비/문서실	0.0
11전산실	15.0
12주방 및 조리실	56.0
13병실	108.0
14객실	70.0
15교실(초,중,고)	57.4
16강의실(대학)	420.0
17매점(상점/백화점)	84.0
18전시실(전시관/박물관)	28.0
19열람실(도서관)	168.0
20체육시설	60.0
21교실(어린이집/유치원)	80.2
06구내식당(초중고)	177.0
12주방 및 조리실(초중고)	56.0
20체육시설(초중고)	60.0
25근린생활시설(제1종/2종)	108.0

- 인당 인체발열량은 현열만 반영함
- 전용면적 기준 주거공간 인체발열량 도출

바닥면적	인당 인체발열률 (W/인)	거주인수 (인)	재실시간 (h/d)	일평균 재실률 (-)	주거공간 인체발열량 (Wh/d)
20㎡ 이하	70	1.3	24	0.7	1,528.80
20㎡ ~ 40㎡	70	1.7	24	0.7	1,999.20
40㎡ ~ 60㎡	70	2.4	24	0.7	2,822.40
60㎡ ~ 100㎡	70	2.8	24	0.7	3,292.80
100㎡ ~ 130㎡	70	3.2	24	0.7	3,763.20
130㎡ ~ 165㎡	70	3.5	24	0.7	4,116.00
165㎡ 초과	70	4.9	24	0.7	5,762.40

Internal gains	Occupants	17	m ² /pers
	Occupants (Total)	7,0	W/m ²
	Occupants (Dry)	4,7	W/m ²
	Appliances	12	W/m ²
	Lighting		
	Moisture production	3,53	g/(m ² , h)
	CO ₂ production	1,10	l/(m ² , h)

표 출처 EN 167698-1 사무실의 용도 프로파일

◎ 설정요구량: 인체발열량

용도 명	Wh/m ² -d
01-1주거건물	표
01-2오피스텔	표
02소규모사무실(30m ² 이하)	28.0
03대규모 사무실(30m ² 초과)	84.0
04회의실 및 세미나실	8.0
05강당	24.0
06구내식당	10.0
07화장실	0.0
08그 외 체류공간	8.0
09부속공간	0.0
10창고/설비/문서실	0.0
11전산실	표
12주방 및 조리실	1800.0
13병실	24.0
14객실	44.0
15교실(초,중,고)	20.0
16강의실(대학)	24.0
17매점(상점/백화점)	24.0
18전시실(전시관/박물관)	0.0
19열람실(도서관)	0.0
20체육시설	0.0
21교실(어린이집/유치원)	24.0
06구내식당(초중고)	10.0
12주방 및 조리실(초중고)	1800.0
20체육시설(초중고)	0.0
25근린생활시설(제1종/2종)	59.0

- 전용면적 기준 주거공간 기기발열량 도출

바닥면적	인당 전기기기 에너지사용량 (Wh/(인 d))	인당 주 취사기기 에너지사용량 (Wh/(인 d))	복사계수(-)	거주인수(인)	주거공간기기 발열량 (Wh/d)
20 m ² 이하	2,776.80	846.5	0.12	1.3	3,741.90
20 m ² ~ 40 m ²	2,776.80	846.5	0.12	1.7	4,893.20
40 m ² ~ 60 m ²	2,776.80	846.5	0.12	2.4	6,908.10
60 m ² ~ 100 m ²	2,776.80	846.5	0.12	2.8	8,059.50
100 m ² ~ 130 m ²	2,776.80	846.5	0.12	3.2	9,210.80
130 m ² ~ 165 m ²	2,776.80	846.5	0.12	3.5	10,074.30
165 m ² 초과	2,776.80	846.5	0.12	4.9	14,104.10

- 전산실 기기발열량 도출

구 분	소a)	중b)	대c)
기기발열밀도 (FPD, W/m ²)	150	500	1,000
완전 기기 사용시간 (t _{fac,full} , h/d)	12	12	12
기기발열량 (q _{l, fac} , Wh/(m ² d))	1,800	6,000	12,000

- a) 기기발열 낮은 전산실(기준 기기발열밀도 150 W/m²)
- b) 기기발열 높은 전산실(기준 기기발열밀도 500 W/m²)
- c) 기기발열 매우 높은 전산실(기준 기기발열밀도 1,000 W/m²)

◎ 실내공기온도

용도 명	°C	°C
01-1주거건물	20	26
01-2오피스텔	20	26
02소규모사무실(30m ² 이하)	20	26
03대규모 사무실(30m ² 초과)	20	26
04회의실 및 세미나실	20	26
05강당	20	26
06구내식당	20	26
07화장실	20	26
08그 외 체류공간	20	26
09부속공간	20	26
10창고/설비/문서실	20	26
11전산실	20	26
12주방 및 조리실	20	26
13병실	20	26
14객실	20	26
15교실(초,중,고)	20	26
16강의실(대학)	20	26
17매점(상점/백화점)	20	26
18전시실(전시관/박물관)	20	26
19열람실(도서관)	20	26
20체육시설	20	26
21교실(어린이집/유치원)	20	26
06구내식당(초중고)	20	26
12주방 및 조리실(초중고)	20	26
20체육시설(초중고)	20	26
25근린생활시설(제1종/2종)	20	26

● 실내환경설정

Setpoints	Min T _{op} in unoccupied hours	16	°C
	Max T _{op} in unoccupied hours	32	°C
	Min T _{op} , heating/winter	20	°C
	Max T _{op} , cooling/summer	26	°C
	Ventilation rate (min.), Method 1	0,8	l/(s m ²)
	Max CO ₂ concentration (above outdoor)	450	ppm
	Min. relative humidity	25	%
	Max. relative humidity	60	%
	Lighting, illuminance in working areas	500	lux
	Domestic hot water use		

표 출처 EN 167698-1 사무실의 용도 프로파일

- 난방에너지요구량 계산에 적용되는 실내온도는 난방설정온도와 비이용시간(야간, 주말) 최소 온도를 바탕으로 계산함
- DIN V 18599-2기준: 난방기간 중 비이용시 실내 최소 온도 = 난방설정온도 - 4K
- 난방공간과 비난방공간에서의 열전달은 온도차 4K 초과시 부터 적용함
- 제습에너지 요구량 산정을 위한 습도 조건은 EN 16798-1 실내환경 Level 2등급으로 냉방기간 60%, 난방기간 25%를 표준으로 함
- 냉방시 실내 절대습도 (12.6g/kg')
- 난방시 실내 절대습도 : 가습을 고려한 경우만 적용함 (5g/kg')

◎ 참고 서적 및 사이트

1. 건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정, 한국에너지공단, 2020.8.4, 7차 개정
2. 저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발, 별첨보고서, 국토교통과학기술진흥원 2015~2020
3. DIN V 18599-10:2018, Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting – Part 10 : Boundary conditions of use, climatic data
4. EN 16798 Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics – Module M1-6
5. EN 12831 Part3: Domestic hot water systems heat load and characterization of needs – Module M8-2

B.2

조명에너지 요구량 해석

교육 목표

조명에너지 요구량 해석

- * 조명에너지 요구량 & 소요량에 대한 개념 이해
- * 새로운 조명에너지 계산에 대한 기본 개념 이해
- * 조명에너지 요구량 & 소요량 계산에 사용되는 용도프로필과 여러 변수명에 대한 이해
- * 조명에너지 요구량 계산 예시를 통한 계산과정의 이해
- * 예시를 통한 등급 변화 가능성에 대한 이해

1 조명에너지 계산 프로세스 1

◎ 들어가기

에너지(일) vs. 힘(파워)

J(Joule)

Cal(Calorie)

BTU(British Thermal Unit)

Wh(Watt hour)

W(Watt)

기본요금(계약전력 KW) & 사용량 (KWh)

조명용 에너지 사용 & 피크부하 제어

◎ 조명에너지해석 프로세스(기준)

건축물 에너지효율등급인증(ECO2)

입력존의 수 : 1

일반데이터

사용프로필: 01 소규모사무실 (30) 열저장능력: 90 냉난방공조: 가능없음
 면 적 [m²]: 0 열교가산치: (없음) 외기부하처리: 아니오
 천장고 [m]: 0 침기율 [l/h]: 0 야간운전방식: 가동정지
 실체적 [m²]: 0 냉난방방식: 가능없음 주말운전방식: 가동정지

난방공급시스템 열공급시스템: (없음) 열급탕: (없음) 열냉방: (없음)
 열공급시스템수: 0 열급탕: (없음) 열냉방: (없음)
 공조시스템: (없음) 열냉방: (없음) 공조가습: (없음)

조명

1 조명부하산출방법: **입력치** 조명방식: (없음) 조명에너지부하율 [W/m²]: 0
 요구조도 [lx]: 0 인공광원: (없음) 점등시간 [h]: 6
 천장고 [m]: 0 보수율: 0 조명에너지부하율계산치:
 작업면높이 [m]: 0 조명률: 0
 실깊이 [m]: 0 조명기기효율: 0
 실너비 [m]: 0
 실지수: 0

조명

2 조명부하산출방법: **계산치** 조명방식: (없음) 조명에너지부하율 [W/m²]: 0
 요구조도 [lx]: 0 인공광원: (없음) 점등시간 [h]: 6
 천장고 [m]: 0 보수율: 0 조명에너지부하율계산치:
 작업면높이 [m]: 0 조명률: 0
 실깊이 [m]: 0 조명기기효율: 0
 실너비 [m]: 0
 실지수: 0

그림 ECO2 조명에너지 계산의 입력 과정

- 조명부하 산출방법은 계산치와 입력치로 구분되며, 둘 중 하나를 선택하여 입력하면 됨
- 계산치는 각 공간의 요구조도, 천장고, 작업면 높이, 실깊이, 실너비, 실지수, 인공광원의 종류 및 점등시간, 보수율 등의 세부사항이 필요함
- 입력치는 각 공간 조명기구의 정격용량과 각 공간의 면적이 필요함
- 조명부하 산출 후 사용시간이 곱해지는 단순한 조명에너지 요구량/소요량 계산임
- 현재 사용되고 있는 다양한 조명제어 방법에 대한 적용이 불가능

◎ 조명에너지해석 프로세스(신규)_ 조명제어의 종류

구분	제어방법
재실 감지 (O)	• 재실자가 있을 경우에는 자동으로 점등하고, 재실자가 없을 경우에는 자동으로 소등하거나 미리 설정된 최저 조도로 변경함
최대 밝기 줄임 (H)	• 공간의 유형에 따라서 업무시간의 경우 최대 조도레벨의 70-80%를 적용함
주광 이용 (D)	• 실내로 유입되는 주광의 양에 따라서 소등을 하거나 불필요한 조명의 밝기를 줄여주는 디밍제어를 함 • 유입되는 주광이 많을 경우에는 창측 조명들의 조도를 낮게 하거나 소등되게 하고, 유입되는 주광이 적을 경우에는 자동으로 조도가 높아지게 함
개별 디밍 (P)	• 작업의 종류나 사용자의 요구에 따라서 디밍스위치나 모바일 기기를 이용한 조도 변경이 가능하도록 함
스케줄링 (S)	• 계절별/시간대에 따라서 조명이 제어되게 하거나 평일과 주말/공휴일, 업무시간과 업무 외 시간으로 구분하여 스케줄을 설정한 후 설정된 스케줄에 따라서 자동으로 점소등 되거나 디밍제어되도록 함

- 현재 폭넓게 사용되고 있는 조명제어 방법

구분	제어방법
O+H/S+H	• 재실이 감지되거나 on으로 스케줄링된 시간에 최대 조도레벨의 70-80% 정도로 점등되게 함
O+D/S+D	• 재실자의 유무 (또는 사용자의 스케줄)와 실내 조도값을 동시에 고려하여 조명을 제어함 • 재실이 감지되거나 on으로 스케줄링된 시간에 주광의 유입으로 실내 조도가 권장조도값 이상일 경우에는 조명을 디밍제어하거나 소등함
O+D+P/S+D+P	• 재실이 감지되거나 on으로 스케줄링된 시간에 유입되는 주광의 양에 따라서 자동으로 조명을 제어하며, 필요시 사용자의 요구에 맞게 수동으로 조도를 조절할 수 있도록 함
O+S+P	• 재실자의 유무 (또는 사용자의 스케줄)에 따라서 자동으로 조명을 제어하고, 필요시 사용자의 요구에 맞게 수동으로 조도를 조절할 수 있도록 함 • 가령, 야근 시 전반조명의 조도는 낮추고 작업공간과 주변공간만 작업자가 원하는 적정 조도로 조절함. 회의 시에는 회의의 성격에 따라서 (빔 프로젝터 이용하는 회의 또는 이용하지 않는 회의) 조도를 제어할 수 있도록 함

* 재실 감지 (O), 최대 밝기 줄임 (H), 주광 이용 (D), 개별 디밍 (P), 스케줄링 (S)

- 이러한 조명제어는 일반적으로 몇가지 방법들을 혼용해서 사용하여 에너지 절감의 극대화를 추구하고 있음
- 재실감지는 O, 최대밝기줄임 H, 주광이용 D, 개별디밍 P, 스케줄링 S
- 그러나, 현재의 ECO2 버전에서는 이러한 조명제어를 적용할 수 없는 상황

◎ 조명에너지해석 프로세스(신규)_ 조명에너지 절약기준

- 국토교통부가 제정한 '녹색건축물 조성 지원법'에 근거하고, 동법의 시행령 및 시행규칙에 따라 제정된 '건축물의 에너지절약설계기준'을 보면 조명에너지와 관련된 항목들이 있음
 - 특정 광원의 최저소비효율기준 만족 & 유도등 및 주차장 조명기구 고효율 LED 조명
 - 공동주택 & 숙박시설의 인체감지 점멸형 또는 조도자동조절 조명기구
 - 부분 점멸회로
 - 공동주택의 일괄소등 스위치
강제규정은 아니지만, 권장사항을 제시함으로써 건물의 폭넓은 조명에너지 절감을 유도하고 있음.
 - 옥외등은 LED 조명, 격등 점등, 자동점멸기
 - 공동주택 지하주차장의 주위밝기 감지 & 자동점멸, 스케줄제어
 - 고효율 LED 조명기구
 - 작업면 표준조도 준수 & 효율적인 조명설계
 - 층별 또는 구역별 일괄소등 스위치
- 국토교통부에서 제정한 '건축전기설비 설계기준'에도 조명제어와 관련된 사항들이 제정되어 있음.
 - 점멸장치, 조광설비, 조명 자동제어

◎ 조명에너지해석 프로세스(신규)_ DIN V 18599-4, 2016

- 최근, 조명용 에너지절약에 대한 관심이 높아지고 있고, 많은 공간에 재실감지센서를 설치함으로써 사용되지 않는 시간에는 조명기구를 소등하고 있음. 그리고 LED 조명기구의 보급 확산으로 인해 조명기구의 디밍제어에 대한 개발과 적용이 확대되고 있음. LED 조명기구는 과거 형광램프의 디밍제어에 비해 간단히 디밍제어가 가능하기 때문에 LED 조명기구의 디밍제어의 적용이 증가하였으며, 더욱 확대될 것으로 예상됨. 이에 따라 조명에너지 소요량이 변화되고 난방/냉방/환기 등의 에너지소요량도 변화가 예상됨. 그래서 개선된 조명에너지 요구량 & 조명에너지 소요량의 계산결과에 대한 검토를 통해, ECO2에 실질적으로 반영할 수 있을지에 대한 검토가 필요한 상황임.
- 기본 계산 수식
 - 조명기구의 조명부하 산출법은 조명밀도법(입력치)으로 단순화하였으며, 각 조명기구의 정격용량(w)과 각 공간의 면적(m²)이 필요함
 - 개선된 조명에너지 요구량 & 조명에너지 소요량 계산식은 개선된 용도프로필에서 새로 제시된 '조명 상대적부재율' (재실감지센서 설치 반영)과 '조명 부분가동계수' (각 공간의 사용시간 반영)을 반영하기 위함임. 또한 별도의 수식으로 제공되는 조명기구의 디밍제어(조광제어)의 적용을 나타내는 '조명운영제어계수'를 반영하기 위함임.

평가기준	업무/학교시설	판매시설
해당 건축물의 주용도별 공간의천장면 평균	9 W/m ² 이하	2.25 W/(m ² · 100Lux) 이하
조명밀도	12 W/m ² 이하	3.00 W/(m ² · 100Lux) 이하
	15 W/m ² 이하	3.75 W/(m ² · 100Lux) 이하

그림. 출처: 국토교통부 '녹색건축물 인증기준'

- 각 공간 j에 대한 조명에너지 요구량은 다음과 같이 계산되며,

$$Q_{l,f,j} = (P_j \times A_j \times t_{annual}) \times (F_{KL,j} \times F_{PRA,j})$$

$$Q_{l,f} = \sum_{j=1}^J (F_t \times Q_{l,f,j})$$

$Q_{l,f,j}$: 조명에너지 요구량(wh)
 P_j : 공간 j의 조명밀도(W/m²)
 A_j : 공간 j의 면적(m²)
 t_{annual} : 연간 총 사용시간(h)
 $F_{KL,j}$: 공간 j의 조명운영제어계수
 $F_{PRA,j}$: 공간 j의 조명제어계수

$Q_{l,f}$: 조명에너지 요구량(wh)
 F_t : 공간 j의 조명 부분가동계수

● 각 공간 j를 모두 더한 건물의 조명에너지 소요량은 조명에너지 요구량과 '조명 부분가동계수'의 곱으로 나타냄. '조명 부분가동계수'는 각 공간의 용도프로필에서 제시하고 있는 이용시간의 감소정도를 나타내는 것으로, 조명기구의 실제 사용에서 시간적 부분가동을 고려하는 것

● 조명제어계수(재실감지센서 설치 반영)

- '조명제어계수'를 계산하기 위해서는 각 공간의 용도프로필에 제시된 '조명 상대적부재율' 과 '재실감지 제어계수' 가 필요함. '재실감지 제어계수' 는 재실감지가 적용된 경우와 '조명 상대적부재율' 이 0.9 이상이면 0.95, 재실감지가 적용되지 않은 경우에는 0.5의 값임. '조명 상대적부재율' 은 사람이 재실하지 않는 이용시간의 비율을 의미하며, 지속적으로 재실할 경우에는 0, 전혀 재실하지 않은 경우에는 1의 값이며, 조명기구의 시간적 부분가동의 의미를 가짐.

- '조명제어계수'를 계산하는 식은 다음과 같음

$$F_{PRA,j} = 1 - (C_{A,j} \times C_{PRA,kon,j})$$

$F_{PRA,j}$: 공간 j의 조명제어계수 [0.069 ~ 1]
 $C_{A,j}$: 상대적 부재율(각 공간의 용도프로필에서 제시) [0 ~ 0.98]
 $C_{PRA,kon,j}$; 재실감지 제어계수(재실감지센서가 설치되거나, 조명 상대적부재율이 0.9 이상이면 0.95/재실감지센서가 적용되지 않으면 0.5)

● 조명운영제어계수(조명기구의 디밍제어 반영)

- '조명운영제어계수' 를 계산하기 위해서는 '유지관리계수' 와 '조명운영제어계수 효율' 이 필요함. '유지관리계수' 는 DIN EN 12464-1 의 값을 사용하고, '조명운영제어계수 효율' 은 디밍제어가 적용되면 1, 디밍제어가 적용되지 않으면 0의 값임.

- '조명운영제어계수' 를 계산하는 식은 다음과 같음

$$F_{KL,j} = 1 - [\frac{1}{2} C_{KL,R,j}(1 - WF_j)]$$

$F_{KL,j}$: 공간 j의 조명운영제어계수 [0.8 ~ 0.9]

$C_{KL,R,j}$: 공간 j의 조명운영제어계수 효율(디밍제어가 되는 경우 1/ 디밍제어가 되지 않는 경우 0)

WF_j : 공간 j의 유지관리계수(DIN EN 12464-1) [0.6 ~ 0.8]

용도	WF
주거공간	0.67
소규모사무실(30㎡ 이하)	
대규모사무실(30㎡ 초과)	
회의실 및 세미나실	
강당	
구내식당	
전산실	
주방 및 조리실	
객실	
교실(초중고)	
강의실(대학)	
매장(상점/백화점)	
전시실(전시관/박물관)	
열람실(도서관)	
체육시설	
근린생활시설	
유치원	
오피스텔	
병실	0.8
화장실	0.6
그 외 체류공간(휴게실, 탈의실, 헬스장, 열람실, 매점 등)	
부속공간(로비, 복도, 계단실 등)	
창고/설비/문서실	

그림. 조명운영제어계수 계산을 위한 유지관리계수

◎ 참고 서적 및 사이트

1. 빛과 조명, 문운당, 2020년, 최안섭 저
2. 최신 스마트 조명 핸드북: 조명기초, 조명제어 & 인증과 법규, 2023년, 한국조명전기설비학회 저
3. DIN V 18599-4, 2016
4. 건축물 에너지효율등급 용도프로필 변경 영향 분석, 한국에너지공단, 2024

2 조명에너지 계산 프로세스 2

◎ 조명에너지해석 프로세스(신규)

<표 P3.2.8.83> 15 교실(초중고)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[hh:mm]	08:00
사용종료시간	[hh:mm]	15:00
운전시작시간	[hh:mm]	08:00
운전종료시간	[hh:mm]	15:00
설계 요구량		
최소도입외기량	[m ³ /(m ² h)]	10
급탕요구량	[Wh/(m ² d)]	49.5
조명 상대적부재율	-	0.25
조명 부분가동계수	-	0.9
열발열원		
사람	[Wh/(m ² d)]	57.4
작업보조기기	[Wh/(m ² d)]	20
실내공기온도		
난방설점온도	[°C]	20
냉방설점온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	0
2월 사용일수	[d/mth]	14
3월 사용일수	[d/mth]	23
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	21
6월 사용일수	[d/mth]	22
7월 사용일수	[d/mth]	15
8월 사용일수	[d/mth]	3
9월 사용일수	[d/mth]	22
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	22
12월 사용일수	[d/mth]	15
용도별 보정계수		
난방	-	1.964
냉방	-	1.964
급탕	-	0.5
조명	-	2.381
환기	-	1.964

<표 P3.2.8.70> 02 소규모사무실(30㎡ 이하)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[hh:mm]	09:00
사용종료시간	[hh:mm]	18:00
운전시작시간	[hh:mm]	07:00
운전종료시간	[hh:mm]	18:00
설계 요구량		
최소도입외기량	[m ³ /(m ² h)]	4
급탕요구량	[Wh/(m ² d)]	6.9
조명 상대적부재율	-	0.3
조명 부분가동계수	-	0.7
열발열원		
사람	[Wh/(m ² d)]	13.2
작업보조기기	[Wh/(m ² d)]	28
실내공기온도		
난방설점온도	[°C]	20
냉방설점온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 보정계수		
난방	-	1
냉방	-	1
급탕	-	2.87
조명	-	2.041
환기	-	1

<표 P3.2.8.72> 04 회의실 및 세미나실

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[hh:mm]	07:00
사용종료시간	[hh:mm]	18:00
운전시작시간	[hh:mm]	07:00
운전종료시간	[hh:mm]	18:00
설계 요구량		
최소도입외기량	[m ³ /(m ² h)]	15
급탕요구량	[Wh/(m ² d)]	30
조명 상대적부재율	-	0.5
조명 부분가동계수	-	1
열발열원		
사람	[Wh/(m ² d)]	96
작업보조기기	[Wh/(m ² d)]	8
실내공기온도		
난방설점온도	[°C]	20
냉방설점온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 보정계수		
난방	-	1
냉방	-	1
급탕	-	0.66
조명	-	1.636
환기	-	1

<표 P3.2.8.70> 02 소규모사무실(30㎡ 이하)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[hh:mm]	09:00
사용종료시간	[hh:mm]	18:00
운전시작시간	[hh:mm]	07:00
운전종료시간	[hh:mm]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m ³ /(m ² h)]	4
급탕요구량	[Wh/(m ² d)]	6.9
조명 상대적부재율	-	0.3
조명 부분가동계수	-	0.7
열발열원		
사람	[Wh/(m ² d)]	13.2
작업보조기기	[Wh/(m ² d)]	28
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 보정계수		
난방	-	1
냉방	-	1
급탕	-	2.87
조명	-	2.041
환기	-	1

) 소규모사무실(30㎡ 이하)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	09:00
사용종료시간	[Uhr]	18:00
운전시작시간	[Uhr]	07:00
운전종료시간	[Uhr]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m ³ /(h m ²)]	4
급탕요구량	[Wh/(m ² d)]	30
조명시간	[h]	6
열발열원		
사람	[Wh/(m ² d)]	30
작업보조기기	[Wh/(m ² d)]	42
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/utl]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 가중치		
난방	-	1
냉방	-	1
급탕	-	1
조명	-	1.500
환기	-	1

<표 P3.2.8.70> 02 소규모사무실(30㎡ 이하)

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[hh:mm]	09:00
사용종료시간	[hh:mm]	18:00
운전시작시간	[hh:mm]	07:00
운전종료시간	[hh:mm]	18:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m ³ /(m ² h)]	4
급탕요구량	[Wh/(m ² d)]	6.9
조명 상대적부재율	-	0.3
조명 부분가동계수	-	0.7
열발열원		
사람	[Wh/(m ² d)]	13.2
작업보조기기	[Wh/(m ² d)]	28
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	22
2월 사용일수	[d/mth]	19
3월 사용일수	[d/mth]	21
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	22
6월 사용일수	[d/mth]	20
7월 사용일수	[d/mth]	22
8월 사용일수	[d/mth]	21
9월 사용일수	[d/mth]	18
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	21
12월 사용일수	[d/mth]	21
용도별 보정계수		
난방	-	1
냉방	-	1
급탕	-	2.87
조명	-	2.041
환기	-	1

표 A.2 그룹사무실(2명에서 6명)

구분	단위	부터		No.2
		7:00	18:00	
그룹사무실(2명에서 6명)				
이용시간	Uhr	7:00	18:00	
일일이용시간	Uhr	7:00	18:00	
연간이용일수 [$d_{N,act}$]	d/a	250		
연간 주간 이용시간 [t_{act}]	h/a	2543		
연간 야간 이용시간 [$t_{act,night}$]	h/a	207		
공조 및 냉방 일일 가동시간수	Uhr	5:00	18:00	
공조, 냉방 및 난방 연간 가동시간수 [d_{op}]	d/a	250		
난방 일일 가동시간	Uhr	5:00	18:00	
실내상태(현대연방)				
실내 난방 설정온도 [$\theta_{n,set}$]	°C	21		
실내 냉방 설정온도 [$\theta_{c,set}$]	°C	24		
난방 해석 최소온도 [$\theta_{n,min}$]	°C	20		
냉방 해석 최대온도 [$\theta_{c,max}$]	°C	26		
급소가동 온도저하 [$\Delta\theta_{t,ind}$]	K	4		
습도요구	-	편차 허용		
최소 외기도입량 [P_{ext}]				
사람당	m ³ 시간 사람당	40		
면적당	m ³ /(h·m ²)	4		
건물 최소외기도입량 [$P_{ext,bldg}$]	m ³ /(h·m ²)	2.5		
상대적 부재율 [C_{rel}]	-	0.3		
건물가동 부분가동계수 [F_{act}]	-	0.7		
기계식 외기도입량 또는 환기횟수(Practice)				
환기횟수(일반)	h ⁻¹	2	3	
환기횟수(급기에 의한 완전 냉방)	h ⁻¹	4	8	
조명				
요구조도 [E_{req}]	lx	500		
작업면 높이 [h_{wa}]	m	0.80		
감소계수 [k_a]	-	0.92		
상대적 부재율 [C_d]	-	0.3		
실내인덱스 [s_i]	-	1.25		
건물가동시간에 대한 감소계수 [F_t]	-	0.7		
조명 수직면 운동계수 [k_{v2}]	-	1		
사람조밀도				
최대 조밀도		낮음	중간	높음
당사람(m ²)		18	14	10
내부 열원				
		최대이용시간 (h/d)		면적당 최대성능 (W/m ²)
사람(70W 사람당)		6	3.9	5
작업보조기*		6	2.8	7.1
일일 열유입량 [$q_{e1} + q_{e2}$]	Wh/(m ² d)	40	73	132
자동화율		D	C	B
자동화 가수 [$\Delta\theta_{t,ind}$]	K	0	0	-0.5
온도운동계수 [k_{v2}]	-	1	1	1.35

공간	조명 상대적부재율	조명 부분가동계수	DIN V 18599-10 : 2018의 해당 공간	
주거공간	0	0.1	-	
소규모사무실 (30m ² 이하)	0.3	0.7	A.1	Einzelbüro 개인사무실
			A.2	Gruppenbüro(zwei bis sechs Arbeitsplätze) 그룹사무실 (2 - 6개 작업장)
대규모사무실 (30m ² 초과)	0	1	A.3	Großraumbüro(ab sieben Arbeitsplätzen) 대규모사무실 (7개 이상 작업장)
회의실 및 세미나실	0.5	1	A.4	Besprechung/ Sitzungszimmer/ Seminar 접견/회의/세미나실
강당	0.25	0.7	A.9	Hörsaal, Auditorium 강의실, 강당
구내식당	0	1	A.12	Kantine 구내식당, 구내매점
화장실	0.9	1	A.16	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden 비주거건물의 화장실 및 위생실
그 외 체류공간 (휴게실, 말의실, 웰스장, 열람실, 매점 등)	0.5	1	A.17	Sonstige Aufenthaltsräume 그 외 체류공간
부속공간(로비, 복도, 계단실 등)	0.9	1	A.18	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume 부속공간 (체류공간이 아닌)
창고/설비/문서실	0.98	1	A.20	Lager 창고, 설비, 문서실
전산실	0.5	0.5	A.21	Rechenzentrum 전산실, 서버실
주방 및 조리실	0	1	A.14	Küche in Nichtwohngebäuden 비주거건물의 주방
병실	0	0.5	A.10	Bettzimmer 침실 (병동, 기숙사 등)
객실	0.6	0.3	A.11	Hotelzimmer 호텔객실
교실(초중고)	0.25	0.9	A.8	Klassenzimmer(Schule), Gruppenraum (Kindergarten) 교실(학교), 단체실(유치원)
강의실(대학)	0.25	0.7	A.9	Hörsaal, Auditorium 강의실, 강당
매장(상점/백화점)	0	1	A.6	Einzelhandel/Kaufhaus 소매점/백화점
			A.7	Einzelhandel/Kaufhaus (Lebensmittelabteilung mit Kühlprodukten) 소매점/백화점 (냉장식품 취급)
전시실(전시관/박물관)	0	1	A.27	Ausstellungsräume und Museum 전시실 및 박물관
열람실(도서관)	0	1	A.28	Bibliothek - Lesesaal 도서관-열람실
체육시설	0.3	1	A.31	Turnhalle 체육관

- 조명에너지 요구량과 소요량 계산에 필요한 각 공간의 조명 상대적 부재율과 조명 부분가동계수 정리
- 조명의 상대적 부재율 값은 0에 가까울수록 계속 사용한다는 의미이며, 1에 가까울수록 별로 사용되지 않는 공간이라는 의미임
- 즉, 사용이 많지 않은 창고/설비/문서실은 0.98의 값으로 제시되고 있음

	국문	원문	약어	단위	설명	참고 기준	
1	조명 에너지요구량	Energy need for lighting	Q _{l,h}	kWh	일정한 수준의 쾌적한 실내환경을 유지하는데 필요한 에너지량	DIN V 18599-4	
2	조명 에너지소요량	Energy use for lighting	Q _{l,f}	kWh	에너지 요구를 충족시키기 위해 설비시스템에 투입된 에너지량	DIN V 18599-4	
3	조명 부분가동계수	Reduction factor for lighting related to the building operating time	F _t	-	용도프로필에 따른 건물의 가동시간과 관련된 조명에 대한 운전 계수	DIN V 18599-10	
4	조명밀도	Power per unit area	p	W/m ²	단위면적당 소요되는 총 조명 전기 에너지	DIN V 18599-4	
5	조명전력	Power	p	W	조명기구의 정격용량	DIN V 18599-4	
6	조명제어계수	Relative number of persons	F _{PRA}	-	재실감지기 유무 및 공간이용자의 부재율에 따른 조명제어 계수	DIN V 18599-4	[재실감지]
7	조명운영제어계수	Factor to consider constant light control	F _{KL}	-	조명이 디밍제어가 되는 경우와 그 외의 경우에 따라 유지관리계수에 근거하여 산정되는 값	DIN V 18599-4	[디밍제어]
8	조명 운영제어계수 효율	Factor describing the efficiency of constant light control	CKLR	-	조명이 디밍제어가 되는 경우 1, 디밍제어가 되지 않거나 그 외의 경우 0의 값	DIN V 18599-4	[디밍제어]
9	상대적 부재율	Relative absence	CA	-	공간이용자의 부재율을 나타냄	DIN V 18599-4	[재실감지]
10	재실감지 제어계수	Factor describing the efficiency	C _{PRA}	-	평가 영역에서 재실감지 시스템의 효율성을 나타내는 요소	DIN V 18599-4	[재실감지]
11	유지관리 계수	Maintenance factor	WF	-	시간에 따라 감소하는 광속을 고려하는 유지관리 요인으로 공간별 청결도에 따라 그 값이 변화	DIN EN 12464-1	[디밍제어]

- 조명에너지 요구량과 소요량에 관련된 여러 용어 및 변수 정리

DIN V 18599-10 : 2018			
Beleuchtung	단위	구글번역	용도프로필 최종명칭(안)
relative Abwesenheit C_A	-	상대적 부재	조명 상대적부재율
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_f	-	건물가동시간 감소율	조명 부분가동계수

명칭(안)	정의(안)
조명 상대적부재율 (C_A)	일일 조명시간에 대한 비재실 시간의 비율을 의미함. 재실감지 센서에 의한 자동제어 및 재실자의 수동제어에 따른 조명기구의 부분가동을 계산하기 위한 변수임.
조명 부분가동계수 (F_f)	휴가, 방학, 병가 등으로 인한 연중 조명시간의 감소를 반영하기 위한 변수임.

명칭(안)	0인 경우	1인 경우
조명 상대적부재율 (C_A)	비재실시간이 없음	비재실 (실의 이용자가 없음)
조명 부분가동계수 (F_f)	운전하지 않음	FULL로 운전함

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-4, 2016
2. 건축물 에너지효율등급 용도프로필 변경 영향 분석, 한국에너지공단, 2024

3 조명에너지 계산 예시

◎ 조명에너지요구량 계산 예시

- 개선된 ECO2 계산 알고리즘을 ECO2 에 반영하기 전에, 엑셀을 사용해서 변경된 알고리즘에 대한 영향도를 미리 검토함
- 각 공간의 '조명제어계수', '조명운영제어계수' 를 반영한 조명에너지 요구량을 계산함
- 각 계수를 각 공간별로 계산하고, 재실감지제어와 디밍제어의 반영 여부에 따라 4가지 CASE 값을 산출함.
(CASE 1: 재실감지제어 & 디밍제어 모두 미적용 / CASE 2: 재실감지 적용 & 디밍제어 미적용 /
CASE 3: 재실감지 미적용 & 디밍제어 적용 / CASE 4: 재실감지 & 디밍제어 모두 적용)

용도	용도프로필값			계산값				CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
	조명 상대적 부재율 C _A	조명 건물가동 시간의 부재율 계수 F _{th}	유지관리 계수 WF	조명제어 계수 재실감지 (미설치) F _{PRA}	조명제어 계수 재실감지 (설치) F _{PRA}	조명운영 제어계수 디밍제어 (미설치) F _{KL}	조명운영 제어계수 디밍제어 (설치) F _{KL}	재실감지 미설치 디밍제어 미설치 F _{PRA} F _{KL}	재실감지 설치 디밍제어 미설치 F _{PRA} F _{KL}	재실감지 미설치 디밍제어 설치 F _{PRA} F _{KL}	재실감지 설치 디밍제어 설치 F _{PRA} F _{KL}
주거공간	0.00	0.10	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
소규모사무실(30m ² 이하)	0.30	0.70	0.67	0.850	0.715	1.000	0.835	0.850	0.715	0.710	0.597
대규모사무실(30m ² 초과)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
회의실 및 세미나실	0.50	1.00	0.67	0.750	0.525	1.000	0.835	0.750	0.525	0.626	0.438

$$F_{PRA,j} = 1 - (C_{A,j} \times C_{PRA,kon,j})$$

$F_{PRA,j}$: 공간 j의 조명제어계수
 $C_{A,j}$: 상대적 부재율(각 공간의 용도프로필에서 제시)
 $C_{PRA,kon,j}$; 재실감지 제어계수(재실감지센서가 설치되거나, 조명 상대적부재율이 0.9 이상이면 0.95/재실감지센서가 적용되지 않으면 0.5)

$$F_{KL,j} = 1 - [\frac{1}{2} C_{KL,R,j}(1 - WF_j)]$$

$F_{KL,j}$: 공간 j의 조명운영제어계수
 $C_{KL,R,j}$: 공간 j의 조명운영제어계수 효율(디밍제어가 되는 경우 1/ 디밍제어가 되지 않는 경우 0)
 WF_j : 공간 j의 유지관리계수(DIN EN 12464-1)

전체 공간 평균								0.814	0.742	0.681	0.621
----------	--	--	--	--	--	--	--	-------	-------	-------	-------

용도	용도프로필값			계산값				CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
	조명 상대적 부재율 C_A	조명 건물가동 시간의 부분가동 계수 F_{th}	유지관리 계수 WF	조명제어 계수 재실감지 (미설치) F_{PRA}	조명제어 계수 재실감지 (설치) F_{PRA}	조명운영 제어계수 디밍제어 (미설치) F_{KL}	조명운영 제어계수 디밍제어 (설치) F_{KL}	재실감지 미설치 디밍제어 미설치 $F_{PRA} \times F_{KL}$	재실감지 설치 디밍제어 미설치 $F_{PRA} \times F_{KL}$	재실감지 미설치 디밍제어 설치 $F_{PRA} \times F_{KL}$	재실감지 설치 디밍제어 설치 $F_{PRA} \times F_{KL}$
	$F_{PRA,j} = 1 - (C_{A,j} \times C_{PRA,kon,j})$ <p> $F_{PRA,j}$: 공간 j의 조명제어계수 $C_{A,j}$: 상대적 부재율(각 공간의 용도프로필에서 제시) $C_{PRA,kon,j}$; 재실감지 제어계수(재실감지센서가 설치되거나, 조명 상대적부재율이 0.9 이상이면 0.95/재실감지센서가 적용되지 않으면 0.5) </p>										
	$F_{KL,j} = 1 - [\frac{1}{2} C_{KL,R,j}(1 - WF_j)]$ <p> $F_{KL,j}$: 공간 j의 조명운영제어계수 $C_{KL,R,j}$: 공간 j의 조명운영제어계수 효율(디밍제어가 되는 경우 1/ 디밍제어가 되지 않는 경우 0) WF_j : 공간 j의 유지관리계수(DIN EN 12464-1) </p>										
구내식당(초중고)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
주방 및 조리실(초중고)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
체육시설(초중고)	0.30	1.00	0.67	0.850	0.715	1.000	0.835	0.850	0.715	0.710	0.597
근린생활공간(제1종 및 제2종 근린생활시설)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
전체 공간 평균								0.814	0.742	0.681	0.621

용도	용도프로필값			계산값				CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
	조명 상대적 부재율 CA	조명 건물가동 시간의 부분가동 계수 F _{th}	유지관리 계수 WF	조명제어 계수 재실감지 (미설치) F _{PRA}	조명제어 계수 재실감지 (설치) F _{PRA}	조명운영 제어계수 다량제어 (미설치) F _{KL}	조명운영 제어계수 다량제어 (설치) F _{KL}	재실감지 미설치 다량제어 미설치 F _{PRA} *F _{KL}	재실감지 설치 다량제어 미설치 F _{PRA} *F _{KL}	재실감지 미설치 다량제어 설치 F _{PRA} *F _{KL}	재실감지 설치 다량제어 설치 F _{PRA} *F _{KL}
학교	0.00	0.50	0.01	0.100	0.450	1.000	0.055	0.100	0.450	0.505	0.557
교실(초중고)	0.25	0.90	0.67	0.875	0.763	1.000	0.835	0.875	0.763	0.731	0.637

CASE1) 재실감지 미설치 & 조광제어 미설치(교실 상대적 부재율 0.25)

- 조명제어계수: $1 - (0.25 * 0.5) = 0.875$
- 조명운영제어계수: 1 (조명운영제어계수 효율 = 0)

CASE2) 재실감지 설치 & 조광제어 미설치

- 조명제어계수: $1 - (0.25 * 0.95) = 0.763$
- 조명운영제어계수: 1 (조명운영제어계수 효율 = 0)

CASE3) 재실감지 미설치 & 조광제어 설치

- 조명제어계수: $1 - (0.25 * 0.5) = 0.875$
- 조명운영제어계수: $1 - [0.5 * 1 * (1 - 0.67)] = 0.835$ (교실 WF = 0.67, 조명운영제어 계수 효율 = 1)

CASE4) 재실감지 설치 & 조광제어 설치

- 조명제어계수: $1 - (0.25 * 0.95) = 0.763$
- 조명운영제어계수: $1 - [0.5 * 1 * (1 - 0.67)] = 0.835$ (교실 WF = 0.67, 조명운영제어 계수 효율 = 1)

@조명에너지소요량 = 조명에너지요구량*조명부분가동계수(교실=0.9)

$$F_{PRA,j} = 1 - (C_{A,j} \times C_{PRA,kon,j})$$

$$F_{KL,j} = 1 - [\frac{1}{2} C_{KL,R,j} (1 - WF_j)]$$

용도	용도프로필값			계산값				CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
	조명 상대적부재율 CA	조명 건물가동 시간의 부분가동 계수 F _{th}	유지관리 계수 WF	조명제어 계수 재실감지 (미설치) F _{PRA}	조명제어 계수 재실감지 (설치) F _{PRA}	조명운영 제어계수 디밍제어 (미설치) F _{KL}	조명운영 제어계수 디밍제어 (설치) F _{KL}				
주거공간	0.00	0.10	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
소규모사무실(30㎡ 이하)	0.30	0.70	0.67	0.850	0.715	1.000	0.835	0.850	0.715	0.710	0.597
대규모사무실(30㎡ 초과)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
회의실 및 세미나실	0.50	1.00	0.67	0.750	0.525	1.000	0.835	0.750	0.525	0.626	0.438
강당	0.25	0.70	0.67	0.875	0.763	1.000	0.835	0.875	0.763	0.731	0.637
구내식당	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
화장실	0.90	1.00	0.60	0.145	0.145	1.000	0.800	0.145	0.145	0.116	0.116
그 외 체류공간(휴게실, 탈의실, 헬스장, 열람실, 매점 등)	0.50	1.00	0.60	0.750	0.525	1.000	0.800	0.750	0.525	0.600	0.420
부속공간(로비, 복도, 계단실 등)	0.90	1.00	0.60	0.145	0.145	1.000	0.800	0.145	0.145	0.116	0.116
창고/설비/문서실	0.98	1.00	0.60	0.069	0.069	1.000	0.800	0.069	0.069	0.055	0.055
전산실	0.50	1.00	0.67	0.750	0.525	1.000	0.835	0.750	0.525	0.626	0.438
주방 및 조리실	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
병실	0.00	0.50	0.80	1.000	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.900	0.900
객실	0.60	0.30	0.67	0.700	0.430	1.000	0.835	0.700	0.430	0.585	0.359
교실(초중고)	0.25	0.90	0.67	0.875	0.763	1.000	0.835	0.875	0.763	0.731	0.637
강의실(대학)	0.25	0.70	0.67	0.875	0.763	1.000	0.835	0.875	0.763	0.731	0.637
매장(상점/백화점)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
전시실(전시관/박물관)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
열람실(도서관)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
체육시설	0.30	1.00	0.67	0.850	0.715	1.000	0.835	0.850	0.715	0.710	0.597
교실(어린이집/유치원)	0.25	0.90	0.67	0.875	0.763	1.000	0.835	0.875	0.763	0.731	0.637
구내식당(초중고)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
주방 및 조리실(초중고)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
체육시설(초중고)	0.30	1.00	0.67	0.850	0.715	1.000	0.835	0.850	0.715	0.710	0.597
근린생활공간(제1종 및 제2종 근린생활시설)	0.00	1.00	0.67	1.000	1.000	1.000	0.835	1.000	1.000	0.835	0.835
전체 공간 평균								0.814	0.742	0.681	0.621

- 4가지 CASE를 분석해 보면, 각 공간의 '조명 상대적부재율' 과 '유지관리계수' 에 따라 조명에너지 요구량의 감소 정도가 다르나, 재실감지제어와 디밍제어가 모두 적용된 경우는 (CASE 4) 감소 정도가 가장 크며, 그 값은 0.055(창고/설비/문서실)임. 0.055 값의 의미는 기존 대비 조명에너지 요구량이 94.5% 감소된 것을 나타냄. 재실감지제어와 디밍제어가 모두 적용되었지만 (CASE 4) 감소 정도가 가장 적은 경우는 0.900(병실)임. 조명에너지요구량이 10% 감소된 것을 나타냄.
- 재실감지제어와 디밍제어가 모두 적용되지 않은 경우 (CASE 1)는 모두 1로 예상되었으나, 일부 공간에서 1보다 작은 값을 나타냄. 이러한 경우는 '조명 상대적부재율' 이 0이 아닌 경우에서 나타나고 있음. 즉, 지속적으로 재실하는 경우 ('조명 상대적부재율' 0)에는 1의 값을 나타냄.
- 동일 공간에서 재실감지제어와 디밍제어의 선택적 적용이 되었을 경우 (CASE 2 & CASE 3)에는 대부분 디밍제어 적용에 따른 조명에너지 요구량의 감소 정도가 컸으나 (감소값: CASE 3 > CASE 2), '조명 상대적부재율' 값이 1에 가까울수록 (재실시간이 적은 경우) 재실감지제어의 적용에 따른 조명에너지 요구량의 감소 정도가 컸음 (감소값: CASE 3 < CASE 2)

재실감지 적용에 따른 전(CASE 1)과 후(CASE 2) 에너지소요량 비교

구분	CASE2/CASE1																			
	에너지소요량				1차에너지소요량				등급산출용 1차에너지소요량				연간CO ₂ 발생량				단위면적당CO ₂ 발생량			
항목(대)	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기
항목(중)	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기
	1.047	0.907	0.646	0.992	1.060	0.919	0.649	0.991	1.060	0.920	0.648	0.992	1.059	0.918	0.648	0.992	1.058	0.933	0.652	1.000
	1.028	0.920	0.479	1.000	1.026	0.925	0.485	1.000	1.024	0.904	0.487	1.000	1.025	0.920	0.488	1.000	1.030	0.917	0.478	1.000
	1.029	0.879	0.610	1.000	1.028	0.878	0.607	1.000	1.028	0.878	0.606	1.000	1.028	0.879	0.608	1.000	1.023	0.933	0.605	1.000
	1.029	0.922	0.654	1.000	1.029	0.901	0.650	1.000	1.029	0.901	0.647	1.000	1.028	0.904	0.650	1.000	1.027	0.917	0.649	1.000
	1.063	0.881	0.673	1.000	1.065	0.884	0.670	1.000	1.065	0.884	0.670	1.000	1.065	0.884	0.670	1.000	1.056	0.889	0.663	1.000
	1.048	0.966	0.731	1.000	1.043	0.959	0.728	1.000	1.040	0.963	0.729	1.000	1.042	0.961	0.729	1.000	1.051	0.952	0.727	1.000
	1.017	0.979	0.835	1.000	1.015	0.985	0.838	1.000	1.014	0.984	0.840	1.000	1.015	0.981	0.840	1.000	1.013	0.980	0.839	1.000
	1.045	0.899	0.629	1.000	1.043	0.912	0.624	1.000	1.043	0.913	0.625	1.000	1.044	0.911	0.624	1.000	1.046	0.892	0.619	1.000
	1.044	0.949	0.563	1.000	1.037	0.958	0.563	1.000	1.037	0.958	0.560	1.000	1.038	0.957	0.561	1.000	1.036	0.949	0.567	1.000
	1.031	0.974	0.783	1.000	1.032	0.963	0.782	1.000	1.032	0.963	0.780	1.000	1.031	0.962	0.780	1.000	1.031	0.971	0.791	1.000
	1.054	0.921	0.619	1.000	1.048	0.922	0.617	1.000	1.047	0.920	0.618	1.000	1.049	0.921	0.618	1.000	1.051	0.912	0.607	1.000
	1.044	0.962	0.716	1.000	1.041	0.961	0.710	1.000	1.041	0.961	0.712	1.000	1.041	0.962	0.711	1.000	1.043	0.952	0.711	1.000
	1.088	0.955	0.832	1.000	1.085	0.962	0.831	1.000	1.086	0.963	0.831	1.000	1.083	0.962	0.831	1.000	1.086	0.969	0.830	1.000

디밍제어 적용에 따른 전(CASE 1)과 후(CASE 3) 에너지소요량 비교

구분	CASE3/CASE1																			
	에너지소요량				1차에너지소요량				등급산출용 1차에너지소요량				연간CO ₂ 발생량				단위면적당CO ₂ 발생량			
항목(대)	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기
항목(중)	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기
	1.016	0.935	0.808	0.984	1.024	0.942	0.808	0.991	1.023	0.943	0.809	0.992	1.023	0.944	0.809	0.991	1.022	0.967	0.804	1.000
	1.007	0.960	0.813	1.000	1.007	0.970	0.818	1.000	1.007	0.962	0.818	1.000	1.008	0.969	0.819	1.000	1.010	0.917	0.783	1.000
	1.014	0.939	0.805	1.000	1.013	0.933	0.804	1.000	1.013	0.933	0.803	1.000	1.013	0.931	0.804	1.000	1.008	0.933	0.816	1.000
	1.013	0.941	0.808	1.000	1.015	0.937	0.808	1.000	1.015	0.937	0.806	1.000	1.014	0.939	0.807	1.000	1.014	0.958	0.784	1.000
	1.037	0.926	0.803	1.000	1.038	0.927	0.803	1.000	1.038	0.927	0.801	1.000	1.038	0.927	0.802	1.000	1.033	0.937	0.796	1.000
	1.024	0.966	0.828	1.000	1.017	0.963	0.821	1.000	1.017	0.963	0.822	1.000	1.018	0.965	0.820	1.000	1.017	0.952	0.818	1.000
	1.015	0.979	0.827	1.000	1.013	0.978	0.830	1.000	1.013	0.980	0.834	1.000	1.013	0.978	0.832	1.000	1.013	0.959	0.839	1.000
	1.017	0.940	0.809	1.000	1.019	0.946	0.804	1.000	1.018	0.947	0.806	1.000	1.018	0.947	0.806	1.000	1.023	0.946	0.810	1.000
	1.020	0.975	0.797	1.000	1.016	0.982	0.801	1.000	1.016	0.982	0.803	1.000	1.017	0.980	0.803	1.000	1.024	0.983	0.800	1.000
	1.018	0.960	0.826	1.000	1.019	0.958	0.825	1.000	1.019	0.958	0.826	1.000	1.018	0.956	0.826	1.000	1.021	0.971	0.837	1.000
	1.020	0.957	0.814	1.000	1.018	0.958	0.807	1.000	1.018	0.955	0.809	1.000	1.020	0.956	0.808	1.000	1.025	0.947	0.804	1.000
	1.018	0.962	0.827	1.000	1.018	0.961	0.817	1.000	1.018	0.961	0.818	1.000	1.018	0.961	0.819	1.000	1.014	0.952	0.816	1.000
	1.036	0.939	0.823	1.000	1.040	0.932	0.824	1.000	1.038	0.932	0.824	1.000	1.038	0.933	0.824	1.000	1.034	0.938	0.821	1.000
	1.020	0.958	0.820	1.000	1.021	0.958	0.816	1.000	1.021	0.959	0.816	1.000	1.019	0.959	0.816	1.000	1.026	0.969	0.817	1.000
	1.006	0.987	0.829	1.000	1.006	0.986	0.821	1.000	1.007	0.987	0.828	1.000	1.006	0.985	0.829	1.000	1.000	1.000	0.842	1.000
	1.010	0.971	0.826	1.000	1.009	0.976	0.827	1.000	1.009	0.976	0.825	1.000	1.009	0.975	0.827	1.000	1.011	0.975	0.824	1.000

재실감지 및 디딤제어 적용에 따른 전(CASE 1)과 후(CASE 4) 에너지소요량 비교

구분	CASE4/CASE1																			
	에너지소요량				1차에너지소요량				등급산출용 1차에너지소요량				연간CO ₂ 발생량				단위면적당CO ₂ 발생량			
항목(대)	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기
항목(중)	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기	난방	냉방	조명	환기
	1.055	0.861	0.525	1.016	1.073	0.884	0.528	1.020	1.072	0.881	0.528	1.019	1.071	0.880	0.527	1.020	1.072	0.900	0.522	1.034
	1.032	0.880	0.396	1.000	1.029	0.910	0.402	1.000	1.029	0.904	0.400	1.000	1.029	0.906	0.402	1.000	1.030	0.833	0.391	1.000
	1.036	0.818	0.488	1.000	1.036	0.844	0.491	1.000	1.036	0.844	0.491	1.000	1.035	0.835	0.490	1.000	1.031	0.867	0.500	1.000
	1.035	0.863	0.526	1.000	1.037	0.859	0.528	1.000	1.037	0.859	0.527	1.000	1.037	0.864	0.527	1.000	1.034	0.875	0.514	1.000
	1.089	0.837	0.538	1.000	1.090	0.838	0.538	1.000	1.090	0.838	0.537	1.000	1.090	0.837	0.537	1.000	1.089	0.841	0.541	1.000
	1.056	0.933	0.602	1.000	1.052	0.935	0.603	1.000	1.052	0.934	0.602	1.000	1.053	0.934	0.602	1.000	1.051	0.929	0.591	1.000
	1.029	0.963	0.699	1.000	1.026	0.963	0.699	1.000	1.025	0.964	0.700	1.000	1.025	0.963	0.700	1.000	1.026	0.959	0.710	1.000
	1.056	0.866	0.506	1.000	1.054	0.877	0.506	1.000	1.053	0.879	0.505	1.000	1.054	0.878	0.505	1.000	1.057	0.865	0.500	1.000
	1.054	0.939	0.453	1.000	1.046	0.946	0.455	1.000	1.046	0.946	0.454	1.000	1.048	0.946	0.452	1.000	1.048	0.949	0.467	1.000
	1.044	0.934	0.641	1.000	1.043	0.926	0.651	1.000	1.043	0.926	0.649	1.000	1.043	0.926	0.648	1.000	1.052	0.941	0.651	1.000
	1.066	0.893	0.500	1.000	1.059	0.893	0.500	1.000	1.059	0.891	0.500	1.000	1.060	0.894	0.500	1.000	1.063	0.895	0.500	1.000
	1.055	0.929	0.593	1.000	1.051	0.930	0.585	1.000	1.051	0.930	0.588	1.000	1.051	0.931	0.587	1.000	1.057	0.929	0.579	1.000
	1.114	0.903	0.686	1.000	1.106	0.904	0.689	1.000	1.106	0.902	0.689	1.000	1.106	0.903	0.688	1.000	1.103	0.908	0.689	1.000
	1.058	0.902	0.555	1.000	1.055	0.907	0.550	1.000	1.055	0.907	0.550	1.000	1.055	0.907	0.551	1.000	1.066	0.906	0.550	1.000
	1.017	0.962	0.537	1.000	1.017	0.959	0.527	1.000	1.018	0.961	0.531	1.000	1.016	0.958	0.530	1.000	1.009	0.973	0.526	1.000
	1.023	0.953	0.633	1.000	1.022	0.955	0.630	1.000	1.021	0.956	0.627	1.000	1.022	0.955	0.629	1.000	1.022	0.950	0.627	1.000

등급산출용 1차에너지소요량에 따른 건물에너지효율등급 변화

항목(대)	-	등급산출용 1차에너지소요량					인증등급				
		주거 비주거	조명 수정전	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	조명 수정전	CASE 1	CASE 2	CASE 3
단위	-	kWh/m ² 년	kWh/m ² 년	kWh/m ² 년	kWh/m ² 년	kWh/m ² 년	-	-	-	-	-
	주거	102.600	103.400	89.800	98.500	87.600	1+	1+	1++	1+	1++
	주거	154.400	155.200	145.600	150.300	142.800	2	2	1	2	1
	주거	147.000	148.600	140.600	144.000	137.600	1	1	1	1	1

	주거	143.900	145.700	134.400	139.500	130.500	1	1	1	1	1
	주거	115.700	113.900	102.400	106.200	97.000	1+	1+	1+	1+	1+
	주거	149.500	151.300	135.000	141.200	128.400	1	2	1	1	1
	주거	122.400	121.900	113.700	116.700	110.100	1	1	1+	1+	1+
	비주거	177.000	181.200	172.400	175.300	169.600	1+	1+	1+	1+	1+
	비주거	210.800	211.000	188.200	197.100	179.000	1	1	1+	1+	1+
	비주거	159.800	161.100	155.800	156.100	151.800	1+	1+	1+	1+	1+
	비주거	109.000	108.900	102.200	104.500	99.200	1++	1++	1++	1++	1++
	비주거	120.900	122.400	114.400	116.500	110.100	1++	1++	1++	1++	1++
	비주거	172.300	174.600	168.000	163.500	158.200	1+	1+	1+	1+	1+
	비주거	165.500	167.600	162.900	162.500	158.500	1+	1+	1+	1+	1+
	비주거	186.100	185.200	179.800	178.000	173.600	1+	1+	1+	1+	1+
	비주거	157.800	159.000	150.400	152.400	145.500	1+	1+	1+	1+	1+
	비주거	141.600	141.500	132.100	137.300	129.800	1+	1+	1++	1++	1++
	비주거	182.700	184.800	179.100	179.700	175.000	1+	1+	1+	1+	1+
	비주거	137.000	137.900	125.000	130.300	120.200	1++	1++	1++	1++	1++
	비주거	158.600	158.900	143.300	150.700	138.200	1+	1+	1+	1+	1++
	비주거	143.100	144.800	137.600	139.600	133.900	1+	1+	1++	1++	1++
	비주거	159.800	161.200	153.200	150.400	144.000	1+	1+	1+	1+	1+
	비주거	167.600	169.100	157.700	164.800	155.100	1+	1+	1+	1+	1+
	비주거	162.700	164.400	157.600	158.900	153.300	1+	1+	1+	1+	1+

● 소결

- 조명용 에너지는 다른 건물에너지 요소에 비해, 조명제어를 사용함으로써 얻는 절약 정도가 상대적으로 크며, 그 적용에 있어서도 큰 기술적 문제는 없는 상황임. 이미 많이 보급되어 있는 재실감지제어를 ECO2에 반영함으로써 그 적용폭을 확대하고 조명용 에너지 절감을 유도할 필요가 있음
- 최근 많이 개발되고 있는 디밍제어가 가능한 LED 조명기구의 확대 적용을 위해서도 ECO2에 대한 반영이 필요해 보임
- 재실감지제어와 디밍제어에 대한 ECO2 반영을 통해 조명용 에너지에 대한 절감을 강조함으로써, 건물에너지효율등급과 제로에너지건물 등급 향상을 유도하는 것이 필요한 시기라 판단됨.
- 위에서 검토된 많은 사항들을 종합해 볼 때, 재실감지제어와 디밍제어 적용에 따른 조명에너지 소요량이 많이 감소하나, 조명에너지 등급산출용 1차에너지소요량은 기존의 보정식에 의해 감소폭을 많이 완화하기 때문에 급격한 등급 향상은 발생하지 않을 것으로 판단됨. 등급산출용 1차에너지소요량이 등급간의 경계에 있는 건물들에게는 효과적으로 적용될 수 있는 에너지 절감 수단으로 볼 수 있음
- 또한, 모든 공간에 재실감지제어와 디밍제어를 적용할 수 없기 때문에 실질적으로 앞서 살펴본 모든 결과(모든 결과에 적용)에 비해 등급이 향상되는 건물 비율은 낮아질 것으로 예상됨

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-4, 2016
2. 건축물 에너지효율등급 용도프로필 변경 영향 분석, 한국에너지공단, 2024

2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육

알고리즘 실무교육



ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS

PART C

ZEB 최대부하

[C.1]

냉난방최대부하/냉난방시간 해석

- 월별 난방 시간
- 월별 냉방 시간
- 최대난방부하 계산
- 최대냉방부하 계산

[C.3]

냉방에너지소요량 해석

- 냉방에너지소요량 프로세스
- 공급/분배/저장 에너지손실량 해석
- 생산설비에너지소요량 범위
- 보조설비에너지소요량 계산

[C.2]

난방 및 급탕의 공급, 분배, 저장 에너지 해석

- 난방에너지소요량 프로세스
- 프로세스별 부하율
- 프로세스별 공급·환수 온도
- 난방 가동시간
- 난방 공급열손실
- 난방 공급 보조 에너지소요량
- 난방 분배 열손실
- 난방 저장 열손실
- 급탕 공급 및 분배 열손실
- 급탕 저장 열손실

[C.4]

팬, 펌프에너지소요량 해석

- 난방용 펌프 에너지소요량
- 급탕용 펌프 에너지소요량
- 팬 에너지소요량
- 가습기 에너지소요량

C.1

냉·난방 최대부하 및 냉·난방시간 해석

교육 목표

냉·난방 최대부하 및 냉·난방시간 해석

- * 월별 난방시간과 냉방시간 계산방법을 이해한다.
- * 최대 난방부하 계산 방법을 이해한다.
- * 최대 냉방부하 계산 방법을 이해한다.

1 월별 난방 시간

◎ 월별 난방 시간

- 난방 설비의 가동 시작·종료일은 월의 시작 또는 종료일과 일치하지 않음
- 난방 가동이 시작/정지되는 월에 난방시간이 계산되어야 함
- 난방 시간은 에너지소요량 산정 시 설비의 평균 부하율을 산정하기 위해 필요함
- 난방시간은 이용시간과 비이용시간으로 구분하여 계산한 후 합산함

$$t_h = t_{h,nutz} + t_{h,we}$$

〈출처〉 DIN V 18599-2:2018 식 D.1

$$t_{h,i} = \begin{cases} t_{mth,i} \frac{\beta_{h,i}}{\beta_{h,grenz}} & \text{if, } \beta_{h,i} \leq \beta_{h,grenz} \\ t_{mth,i} & \text{if, } \beta_{h,i} > \beta_{h,grenz} \end{cases}$$

$$\text{if, } \beta_{h,i} \leq \beta_{h,grenz}$$

$$\text{if, } \beta_{h,i} > \beta_{h,grenz}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 D.2

$$\beta_{h,nutz} = \frac{Q_{h,b,nutz}}{\Phi_{h,max,res} 24h}$$

$$\beta_{h,we} = \frac{Q_{h,b,we}}{\Phi_{h,max,res} 24h}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 D.3

$$t_{mth,nutz} = d_{nutz} 24h$$

$$t_{mth,we} = d_{we} 24h$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 D.4

t_h	월 난방시간[h]
$t_{h,nutz}$	월 난방 이용시간[h] = $t_{h,wd}$
$t_{h,we}$	월 난방 비이용시간[h]
$t_{h,i}$	$i = [nutz, we]$
$t_{mth,i}$	월 시간 $i = [nutz, we]$
$t_{mth,nutz}$	월 이용시간[h] = $t_{mth,wd}$
$t_{mth,we}$	월 비이용시간[h]
$\beta_{h,i}$	난방설비 가동율 $i = [nutz, we]$
$\beta_{h,nutz}$	이용일 난방설비 가동율
$\beta_{h,we}$	비이용일 난방설비 가동율
$Q_{h,b,nutz}$	이용일 난방에너지요구량[kWh/mth]
$Q_{h,b,we}$	비이용일 난방에너지요구량[kWh/mth]

$t_h = t_{h,nutz} + t_{h,we}$	$\beta_{h,grenz} = 0.05$	〈출처〉 DIN V 18599-2:2018 식 D.1
$t_{h,i} = \begin{cases} t_{mth,i} \frac{\beta_{h,i}}{\beta_{h,grenz}} \\ t_{mth,i} \end{cases}$	if, $\beta_{h,i} \leq \beta_{h,grenz}$	〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 D.2
	if, $\beta_{h,i} > \beta_{h,grenz}$	
$\beta_{h,nutz} = \frac{Q_{h,b,nutz}}{\Phi_{h,max,res} 24h}$	$\beta_{h,we} = \frac{Q_{h,b,we}}{\Phi_{h,max,res} 24h}$	〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 D.3
$t_{mth,nutz} = d_{nutz} 24h$	$t_{mth,we} = d_{we} 24h$	〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 D.4

- | | | | |
|--------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|
| t_h | 월 난방시간[h] | $t_{mth,nutz}$ | 월 이용시간[h] = $t_{mth,wd}$ |
| $t_{h,nutz}$ | 월 난방 이용시간[h] = $t_{h,wd}$ | $t_{mth,we}$ | 월 비이용시간[h] |
| $t_{h,we}$ | 월 난방 비이용시간[h] | $\beta_{h,i}$ | 난방설비 가동율 i = [nutz, we] |
| $t_{h,i}$ | i = [nutz, we] | $\beta_{h,nutz}$ | 이용일 난방설비 가동율 |
| $t_{mth,i}$ | 월 시간 i = [nutz, we] | $\beta_{h,we}$ | 비이용일 난방설비 가동율 |
| | | $\Phi_{h,max,res}$ | 최대난방부하 [W] |
| | | $Q_{h,b,nutz}$ | 이용일 난방에너지요구량[kWh/mth] |
| | | $Q_{h,b,we}$ | 비이용일 난방에너지요구량[kWh/mth] |
| | | d_{nutz} | 이용일 [d/mth] |
| | | d_{we} | 비이용일 [d/mth] |

기호	명칭	단위	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
난방에너지요구량														
$Q_{h,b,we,mth}$	월간 비이용일 난방에너지요구량	[kWh/mth]	310.34	246.57	141.86	40.98	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	24.14	131.28	296
$Q_{h,b,wd,mth}$	월간 이용일 난방에너지요구량	[kWh/mth]	765.76	525.11	313.75	115.37	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	48.42	327.33	621.0
최대 난방 부하														
$Q_{h,max}$	최대 난방 부하	[W]	3071.42	3071.42	3071.42	3071.42	3071.42	3071.42	3071.42	3071.42	3071.42	3071.42	3071.42	3071.42
t_h	난방시간	[h]	744.00	672.00	744.00	720.00	25.20	0.00	0.00	0.00	0.00	481.59	720.00	744.00
$t_{h,we}$	비이용일 난방시간	[h]	216.00	216.00	240.00	192.00	7.77	0.00	0.00	0.00	0.00	174.64	216.00	240.00
$t_{h,wd}$	이용일 난방시간	[h]	528.00	456.00	504.00	528.00	17.43	0.00	0.00	0.00	0.00	306.95	504.00	504.00
$\beta_{h,we}$	비이용일 부하율	[-]	0.48	0.38	0.20	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.21	0.41
$\beta_{h,wd}$	이용일 부하율	[-]	0.47	0.37	0.20	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.21	0.40

2 월별 냉방 시간

◎ 월별 냉방 시간

- 냉방 설비의 가동 시작·종료일은 월의 시작 또는 종료일과 일치하지 않음
- 냉방 가동이 시작/정지되는 월에 냉방시간이 계산되어야 함
- 냉방 시간은 에너지소요량 산정 시 설비의 평균 부하율을 산정하기 위해 필요함
- 냉방시간은 이용시간과 비이용시간으로 구분하여 계산한 후 합산함

$$t_c = t_{c,nutz} + t_{c,we}$$

$$\beta_{c,grenz} = 0.05$$

〈출처〉 DIN V 18599-2:2018 식 D.1

$$t_{c,i} = \begin{cases} t_{mth,i} \frac{\beta_{c,i}}{\beta_{c,grenz}} \\ t_{mth,i} \end{cases}$$

$$\text{if, } \beta_{c,i} \leq \beta_{c,grenz}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 D.6

$$\text{if, } \beta_{c,i} > \beta_{c,grenz}$$

$$\beta_{c,nutz} = \frac{Q_{c,b,nutz}}{\dot{Q}_{c,max,res} t_{c,op,nutz}}$$

$$\beta_{c,we} = \frac{Q_{c,b,we}}{\dot{Q}_{c,max,res} t_{c,op,we}}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 D.7

$$t_{mth,nutz} = d_{nutz} t_{c,op,d}$$

$$t_{mth,we} = d_{we} t_{c,op,d,we}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 D.8

t_c 월 냉방시간[h]

$t_{c,nutz}$ 월 냉방 이용시간[h] = $t_{h,wd}$

$t_{c,we}$ 월 냉방 비이용시간[h]

$t_{c,i}$ i = [nutz, we]

$t_{mth,i}$ 월 시간 i = [nutz, we]

$t_{mth,nutz}$ 월 이용시간[h] = $t_{mth,wd}$

$t_{mth,we}$ 월 비이용시간[h]

$\beta_{c,i}$ 냉방설비 가동율 i = [nutz, we]

$\beta_{c,nutz}$ 이용일 냉방설비 가동율

$\beta_{c,we}$ 비이용일 냉방설비 가동율

$Q_{c,max,res}$ 최대냉방부하 [W]

$Q_{c,b,nutz}$ 이용일 냉방에너지요구량[kWh/mth]

$Q_{c,b,we}$ 비이용일 냉방에너지요구량[kWh/mth]

$t_{c,op,d}$ 일일 냉방설비 가동 시간 [h/d]

$t_{c,op,d,we}$ 일일 비이용시간 = 0

기호	명칭	단위	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
냉방에너지요구량														
$Q_{c,b,mth}$	월간 비이용일 냉방에너지요구량	[kWh/mth]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.44	103.17	153.75	44.21	0.00	0.00	0.00
$Q_{c,b,mth}$	월간 이용일 냉방에너지요구량 (제습포함)	[kWh/mth]	0.00	0.00	0.00	0.00	121.72	251.51	416.05	509.11	177.90	0.00	0.00	0.00
최대 냉방 부하														
$Q_{c,max}$	최대 냉방 부하	[W]	2490.17	2490.17	2490.17	2490.17	2490.17	2490.17	2490.17	2490.17	2490.17	2490.17	2490.17	2490.17
$t_{c,op,d}$	냉방 가동시간	[h]	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
t_c	냉방시간	[h]	0.00	0.00	0.00	0.00	242.00	330.00	341.00	341.00	316.35	0.00	0.00	0.00
$t_{c,we}$	비이용일 냉방시간	[h]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	110.00	99.00	110.00	118.35	0.00	0.00	0.00
$t_{c,wd}$	이용일 냉방시간	[h]	0.00	0.00	0.00	0.00	242.00	220.00	242.00	231.00	198.00	0.00	0.00	0.00
$\beta_{c,we}$	비이용일 부하율	[-]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.42	0.56	0.13	0.00	0.00	0.00
$\beta_{c,wd}$	이용일 부하율	[-]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.46	0.69	0.89	0.36	0.00	0.00	0.00

3 최대 난방 부하 계산

◎ 최대 난방 부하

● 건물단위에서 최대 난방 부하는 설비용량과 이에 따른 필요에너지량을 산출하기 위하여 필요함 (DIN V 18599-5에서 DIN V 18599-9까지)

- DIN V 18599-5 : 난방 시스템
- DIN V 18599-6 : 주거용 환기 시스템
- DIN V 18599-7 : 냉방 시스템
- DIN V 18599-8 : 급탕 시스템
- DIN V 18599-9 : 열병합 발전 시스템

기계환기가 설치되지 않은 경우

$$Q_{h,max} = Q_{sink,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max}$$

기계환기가 설치된 경우

$$Q_{h,max} = Q_{sink,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max} + Q_{V,mech,min}$$

◎ 난방에너지 산정 관련 변수

- 난방 설정 온도 $\theta_{i,h,set}$
- 난방 최소 온도 (최대 난방 부하) $\theta_{i,h,min}$

항목 (parameter)	주거건물	비주거건물
난방 설정 온도, $\theta_{i,h,set}$	20°C	21°C
허용셋백온도, $\Delta\theta_{i,NA}$	해당없음	4K
최소 난방 온도, $\theta_{i,h,min}$	20°C	20°C

KIAEBS S-19: 2024 대한민국 도시별 표준기상데이터 V1.0 (1991~2020)						난방부하	
번호	지역	위도 [°]	경도 [°]	해발고도 [m]	중속계 높이 [m]	TAC_0.99	TAC_0.99
						건구[°C]	노점[°C]
1	강릉	37.40	128.54	27.1	10.0	-6.2	-16.2
2	광주	35.00	126.55	70.3	17.5	-6.0	-15.8
3	군산	36.00	126.45	27.9	10.0	-5.3	-13.2
4	대관령	37.40	128.43	772.4	10.0	-15.9	-21.4
5	대구	35.50	128.37	54.3	10.0	-5.8	-16.9
6	대전	36.10	127.24	67.8	23.7	-7.3	-14.6
7	마산	35.10	128.34	36.8	10.0	-3.0	-10.6
8	목포	34.40	126.23	44.7	14.5	-4.5	-11.9
9	부산	35.10	129.03	69.6	18.0	-2.6	-9.0
10	서귀포	33.10	126.33	51.9	10.0	1.9	-3.4
11	서산	36.40	126.29	25.3	20.2	-7.1	-14.9
12	서울	37.30	126.48	85.7	10.0	-9.8	-18.8
13	속초	38.10	128.33	17.5	10.0	-6.6	-15.3
14	수원	37.10	126.59	39.8	18.7	-8.7	-17.1
15	안동	36.30	128.42	141.3	10.0	-9.3	-17.1
16	여수	34.40	127.44	65.9	13.0	-3.1	-11.0
17	영월	37.10	128.27	240.5	10.0	-12.1	-21.9
18	완도	34.20	126.42	35.4	10.0	-2.6	-8.3
19	울릉도	37.20	130.53	221.1	10.0	-3.4	-8.1
20	울산	35.30	129.19	81.1	10.0	-4.9	-12.5
21	울진	36.50	129.24	49.0	10.0	-6.0	-14.2
22	원주	37.20	127.56	150.1	14.0	-11.5	-20.1
23	인천	37.20	126.38	69.0	10.0	-9.0	-14.5
24	전주	35.40	127.09	60.4	10.0	-6.2	-15.8
25	제주	33.50	126.53	20.8	15.0	2.3	-5.8
26	진주	35.30	128.33	29.4	10.0	-7.3	-15.8
27	철원	38.00	127.18	155.5	13.0	-15.2	
28	청주	36.60	127.45	58.7	10.0	-8.7	-19.0
29	춘천	37.50	127.44	75.8	10.0	-12.6	-20.1
30	충주	36.50	127.57	114.9	10.0	-11.6	-21.2
31	포항	36.00	129.22	3.9	10.0	-5.3	-15.0

◎ 최대 난방 부하 산정 조건

- 난방 부하 설계 외기온도($\theta_{e,min}$)는 KIAEBS S-19 기후데이터 TAC1% 적용
- 내부열획득 및 일사열획득은 없는 것으로 가정함
- 야간 감소 난방운전은 고려하지 않음
- 침기 및 자연환기 환기횟수는 이용일에 대한 값 적용
- 냉방 및 난방설비를 통해 발생한 열(저장, 생산 및 분배)로 인한 열획득, 손실은 무시함

◎ 최대 난방 부하 산정(기계환기 고려 없음)

$$\dot{Q}_{h,max} = \dot{Q}_{sink,max} = \dot{Q}_{T,max} + \dot{Q}_{V,max}$$

- $\dot{Q}_{h,max}$: 설계 기준 최대 난방 부하
- $\dot{Q}_{sink,max}$: 최대 열손실
- $\dot{Q}_{T,max}$: 최대 관류 열손실
- $\dot{Q}_{V,max}$: 최대 환기 열손실

$$\dot{Q}_{T,max} = \sum H_{T,j} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{j,h,min}) \cdot F_x$$

$$\dot{Q}_{V,max} = 0.5 \cdot \sum H_{V,k} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{k,h,min})$$

◎ 관류 열손실

$$\dot{Q}_{T,max} = \sum H_{T,j} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{j,h,min}) \cdot F_x$$

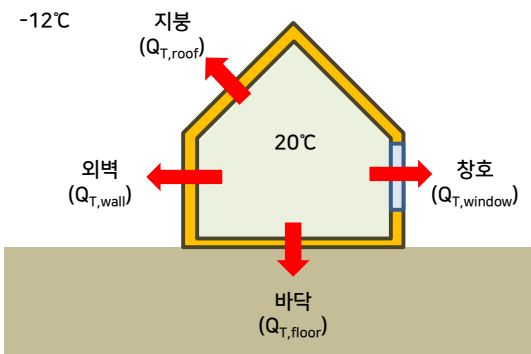
$$\dot{Q}_{T,e} = \sum H_{T,D} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{e,min}) \cdot F_x$$

$$\dot{Q}_{T,u} = \sum H_{T,iu} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{u,h,min}) \cdot F_x$$

$$\dot{Q}_{T,z} = \sum H_{T,iz} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{z,h,min}) \cdot F_x$$

$$\dot{Q}_{T,s} = \sum H_{T,s} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{e,min}) \cdot F_x$$

관류 열손실 Q_T



$H_{T,e}$: 외기 관류 열전달계수

$H_{T,u}$: 비냉난방 존 관류 열전달계수

$H_{T,z}$: 인접 존 관류 열전달계수

$H_{T,s}$: 지중 관류 열전달계수

F_x : 온도보정계수

(외기/지중으로의 직접 관류 = 1, 이외 구조체 = 0.5)

$$H_{T,i} = \sum (U_j \cdot A_j)$$

U_j : 구조체 열관류율

A_j : 구조체 면적

◎ 환기열손실

$$\dot{Q}_{V,max} = \sum H_{V,k} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{k,h,min}) \cdot 0.5$$

$$\dot{Q}_{V,Z} = \sum H_{V,Z} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{Z,min}) \cdot 0.5$$

$$\dot{Q}_{V,inf} = \sum H_{V,inf} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{e,min}) \cdot 0.5$$

$$\dot{Q}_{V,win} = \sum H_{V,win} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{e,min}) \cdot 0.5$$

$H_{V,Z}$: 인접 존 환기 열전달계수

$H_{V,inf}$: 침기 열전달계수

$H_{V,win}$: 자연환기 열전달계수

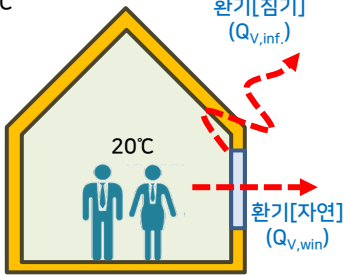
$n_{V,k}$: 환기 횟수

V : 존 순체적

$c_{p,a} \cdot \rho_a$: 공기 밀도 · 비열 (=0.34)

환기 열손실 Q_v

-12°C



$$H_{V,k} = n_{V,k} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$$

$n_{V,k}$: 환기 횟수

V : 존 순체적

$c_{p,a} \cdot \rho_a = 0.34$

◎ 침기열손실(기계환기 고려 없음)

$$\dot{Q}_{V,inf} = \sum H_{V,inf} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{e,min}) \cdot 0.5$$

$$H_{V,inf} = n_{inf} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$$

$$n_{inf} = n_{50} \cdot e$$

V : 존 순체적

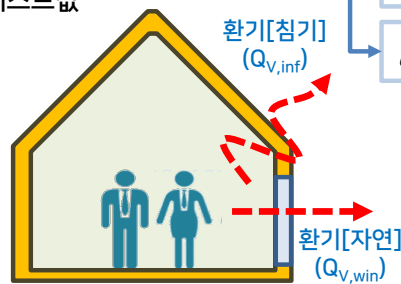
$c_{p,a} \cdot \rho_a = 0.34$

$H_{V,inf}$: 침기 열전달계수

n_{50} : 50Pa 조건에서 기밀 테스트값

n_{nf} : 침기 횟수

e : 방풍계수(=0.07)



◎ 자연환기열손실(기계환기 고려 없음)

$$\dot{Q}_{V,win} = \sum H_{V,win} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{e,min}) \cdot 0.5$$

$$H_{V,win} = n_{win} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$$

$$n_{win} = n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot (t_{wd}) / 24$$

$H_{V,win}$: 자연환기 열전달계수

n_{win} : 자연환기 횟수

$n_{win,min}$: 최소 자연환기 횟수

Δn_{win} : 추가 자연환기 횟수

(기계환기를 가동 안 할 경우)

n_{wd} : 필요 최소 환기 횟수(= $V_A \cdot A_{NF} / V$)

◎ 기계환기 고려 난방 부하 산정

$$\dot{Q}_{h,max} = \dot{Q}_{sink,max} = \dot{Q}_{T,max} + \dot{Q}_{V,max} + \dot{Q}_{V,mech,min}$$

$\dot{Q}_{h,max}$: 설계 기준 최대 난방 부하
 $\dot{Q}_{sink,max}$: 최대 열손실
 $\dot{Q}_{T,max}$: 최대 관류 열손실
 $\dot{Q}_{V,max}$: 최대 환기 열손실
 $\dot{Q}_{V,mech,min}$: 최소 기계환기 열손실

$$\dot{Q}_{T,max} = \sum H_{T,j} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{j,h,min}) \cdot F_x$$

$$\dot{Q}_{V,max} = 0.5 \cdot \sum H_{V,j} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{j,h,min})$$

$$\dot{Q}_{V,mech,min} = V^* \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{SUP,WI})$$

◎ 기계환기 열손실

$$\dot{Q}_{V,mech} = H_{V,mech} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{SUP,WI})$$

$$H_{V,mech} = V^* \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$$

V* : 설비의 최소풍량
 필요 최소 환기 횟수 (= $V_A \cdot A_{NF} / V$)

◎ 침기 열손실(기계환기 고려)

$$\dot{Q}_{V,inf} = \sum H_{V,inf} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{e,min}) \cdot 0.5$$

$$H_{V,inf} = n_{inf} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$$

$$n_{inf} = n_{50} \cdot e \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (f_e - 1) \cdot t_{V,mech}/24)$$

$$V$$
 : 존 순체적

$$c_{p,a} \cdot \rho_a = 0.34$$

$H_{V,inf}$: 침기 열전달계수 n_{50} : 50Pa 조건에서 기밀 테스트값
 n_{nf} : 침기 횟수 $t_{V,mech}$: 기계환기 시간
 e : 방풍계수 (=0.07)
 f_{ATD} : 외부통풍구 계수
 f_e : 기계환기로 인한 침기 계수

◎ 자연환기 열손실(기계환기 고려)

$$\dot{Q}_{V,win} = \sum H_{V,win} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_{e,min}) \cdot 0.5$$

$$H_{V,win} = n_{win} \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a$$

$$n_{win} = n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot (t_{wd} - t_{V,mech})/24 + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{V,mech}/24$$

$H_{V,win}$: 자연환기 열전달계수
 n_{win} : 자연환기 횟수
 $n_{win,min}$: 최소 자연환기 횟수

Δn_{win} : 추가 자연환기 횟수 (기계환기를 가동 안 할 경우)
 $\Delta n_{win,mech}$: 추가 자연환기 횟수 (기계환기를 가동할 경우)
 $\Delta n_{win,mech,0}$: 필요 추가 환기 횟수
 n_{wd} : 필요 최소 환기 횟수 (= $V_A \cdot A_{NF} / V$)

4 최대 냉방 부하 계산

◎ 최대 냉방 부하 산정 조건

- 최대 냉방 부하는 최대 냉방 부하 산정을 위한 기후 조건을 바탕으로 산정됨
- 최고 외기 온도와 최대 일사량(전일사량 기준)은 연중 다른 시간에 발생하므로 최대 냉방 부하는 두 번 산정됨
- 최대 전일사량[$I_{s,max}$] 기준 :
 - 연중 수평면 일사량이 최고일때 시간의 직달일사량, 산란일사량, 실외온도
 - 이슬점온도는 TAC1% 적용(8,760시간 기준)
- 최대 온도 기준 [$\theta_{e,max}$] :
 - 연중 TAC1%에서 실외 온도가 나타난 시간의 전일사량, 직달일사량, 산란일사량
 - 이슬점온도는 TAC1% 적용(8,760시간 기준)
- 최대 냉방 부하 산정 기후 조건에서의 열손실과 열획득 밸런스를 통해 계산됨
- 차양은 고정식으로 가정하여 계산
- 기계환기는 계산에 포함되지 않음($HV, mech = 0$)
- 자연환기 환기횟수 $n_{win} = 0.1h^{-1}$
- 난방 및 냉방 설비의 생산/저장/분배에 따른 열획득 및 열손실은 고려하지 않음

KIAEBS S-19: 2024 대한민국 도시별 표준기상데이터 V1.0 (1991~2020)		냉방부하, TAC1% 온도가 나타난 시간기준					냉방부하, 최고일사량이 나타난 시간기준				
번호	지역	TAC_0.01	TAC_0.01	전일사량	직달 일사량	산란 일사량	온도	TAC_0.01	최고 전일사량	해당직달 일사량	해당산란 일사량
		건구[°C]	노점[°C]	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]	[°C]	노점[°C]	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]
1	강릉	32.5	22.5	762.0	306	473	24.4	22.5	961.0	878	155
2	광주	32.3	22.6	710.0	241	481	24.3	22.6	981.0	891	152
3	군산	30.7	23.3	637.0	233	432	27.1	23.3	930.0	683	265
4	대관령	25.4	19.9	719.0	273	465	17.3	19.9	984.0	893	152
5	대구	32.5	21.4	637.0	530	238	28.3	21.4	974.0	810	197
6	대전	31.6	24.3	642.0	244	428	28.8	24.3	995.0	815	200
7	마산	30.8	23.2	625.0	237	421	27.0	23.2	934.0	732	234
8	목포	31.1	23.9	815.0	455	375	20.3	23.9	943.0	701	257
9	부산	29.9	23.5	881.0	567	326	22.7	23.5	934.0	795	196
10	서귀포	30.8	25.5	700.0	479	298	19.8	25.5	900.0	697	245
11	서산	30.7	23.5	341.0	32	311	24.0	23.5	952.0	846	171
12	서울	31.7	22.7	776.0	332	464	23.3	22.7	951.0	790	204
13	속초	30.5	21.8	581.0	334	331	26.5	21.8	950.0	742	233
14	수원	31.1	22.7	762.0	441	357	22.6	22.7	931.0	794	195
15	안동	31.5	23.7	526.0	652	140	28.2	23.7	967.0	805	199
16	여수	30.7	22.8	580.0	313	343	21.1	22.8	992.0	871	166
17	영월	32.1	22.3	786.0	618	251	28.4	22.3	999.0	853	178
18	완도	30.6	24.9	795.0	488	341	20.4	24.9	962.0	908	139
19	울릉도	27.6	22.9	763.0	321	463	22.1	22.9	870.0	676	248
20	울산	31.7	24.1	588.0	414	278	26.6	24.1	978.0	816	195
21	울진	29.2	21.0	285.0	395	129	25.5	21.0	955.0	821	186
22	원주	32.3	23.9	522.0	111	419	26.0	23.9	979.0	946	122
23	인천	29.3	23.8	610.0	437	277	23.0	23.8	942.0	831	177
24	전주	32.6	23.1	506.0	124	398	30.6	23.1	977.0	772	222
25	제주	31.2	23.1	374.0	51	329	23.3	23.1	925.0	836	169
26	진주	31.8	23.3	905.0	714	236	26.3	23.3	962.0	813	192
27	철원	30.7	22.9	874.0	632	278	21.3	22.9	965.0	809	195
28	청주	32.0	22.0	765.0	538	292	29.3	22.0	977.0	818	193
29	춘천	31.8	24.2	660.0	583	220	30.2	24.2	993.0	823	195
30	충주	32.1	22.9	697.0	235	475	27.5	22.9	979.0	860	169
31	포항	32.7	22.9	618.0	224	423	25.2	22.9	957.0	818	188

◎ 최대 냉방 부하 계산 방법

$$\dot{Q}_{c,max} = 0,8 (\dot{Q}_{source,max} - \dot{Q}_{sink,max}) \left(1 + 0,3 e^{-\frac{\tau}{120h}} \right) - \frac{C_{wirk}}{60 h} (\Delta\theta - 2 K) + \frac{C_{wirk}}{40 h/K} \left(\frac{12 h}{t_{c,op,d}} - 1 \right)$$

〈출처〉 DIN V 18599-2:2018 식 C.1

$Q_{source,max}$	최대열획득[W]
$\theta_{i,c,soll}$	최대열손실[W]
τ	시간 상수
C_{wirk}	축열량 [Wh/m ² ·K A _{NF}]
$t_{c,op,d}$	일일 냉방 가동시간 [h/d], DIN V 18599-10
$\Delta\theta$	허용셋백 온도 (표준 2K)

● 최대 열획득

$$\dot{Q}_{source,max} = \dot{Q}_S + \dot{Q}_T + \dot{Q}_V + \dot{Q}_{I,source}$$

〈출처〉 DIN V 18599-2:2018 식 C.3

Q_S = 일사에 의한 열획득

Q_T = 관류에 의한 열획득

Q_V = 환기에 의한 열획득

$Q_{I,source}$ = 내부 열획득

● 최대 열손실

$$\dot{Q}_{sink,max} = \dot{Q}_T + \dot{Q}_V + \dot{Q}_{I,sink}$$

〈출처〉 DIN V 18599-2:2018 식 C.4

Q_T = 관류에 의한 열손실

Q_V = 환기에 의한 열손실

$Q_{I,sink}$ = 내부 열손실

◎ 최대 냉방 부하 계산 방법 - 실내온도 기준

$$\theta_{i,c,max,d} = \frac{\theta_{i,c,max} + \theta_{i,c,soll} - 2 K}{2}$$

$\theta_{i,c,max}$ 최대 허용 실내 온도[°C], 26°C
 $\theta_{i,c,soll}$ 냉방설정온도 [°C], 24°C

〈출처〉 DIN V 18599-2: 2018 식 C.2

◎ 공조설비 적용 후 잔여 냉방부하 계산

- 건물 서비스내 공조설비 적용 후 필요한 냉방 부하를 결정하기 위해서는, 계산된 최대 냉방 부하에서 공조기의 급기온도를 고려하여 냉방 부하를 차감
- 필요시, 공조기를 통해 다른 구역에서 유입되거나 흡입된 유량도 고려해야함

$$\dot{Q}_{c,max,res} = \dot{Q}_{c,max} - \dot{V}_{mech,max} c_{p,a} \rho_a (\theta_{i,c,max,d} - \theta_{v,mech})$$

〈출처〉 DIN V 18599-2:2018 식 C.33

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-2 : 2018 Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting– Part 2: Net energy demand for heating and cooling of building zones

C.2

난방 및 급탕의 공급, 분배, 저장 에너지해석

교육 목표

난방 및 급탕의 공급, 분배, 저장 에너지해석

- * 난방에너지소요량 프로세스를 이해한다. 각 프로세스별 온도 및 부하율 계산방법을 이해한다.
- * 난방 가동시간 계산 방법을 이해한다.
- * 난방 공급설비의 열손실 계산 방법을 이해한다.
- * 난방 분배와 저장 열손실을 이해한다.
- * 급탕 공급 및 분배 열손실 계산방법을 이해한다.
- * 급탕의 저장 열손실 계산방법을 이해한다.

1 난방에너지소요량 프로세스

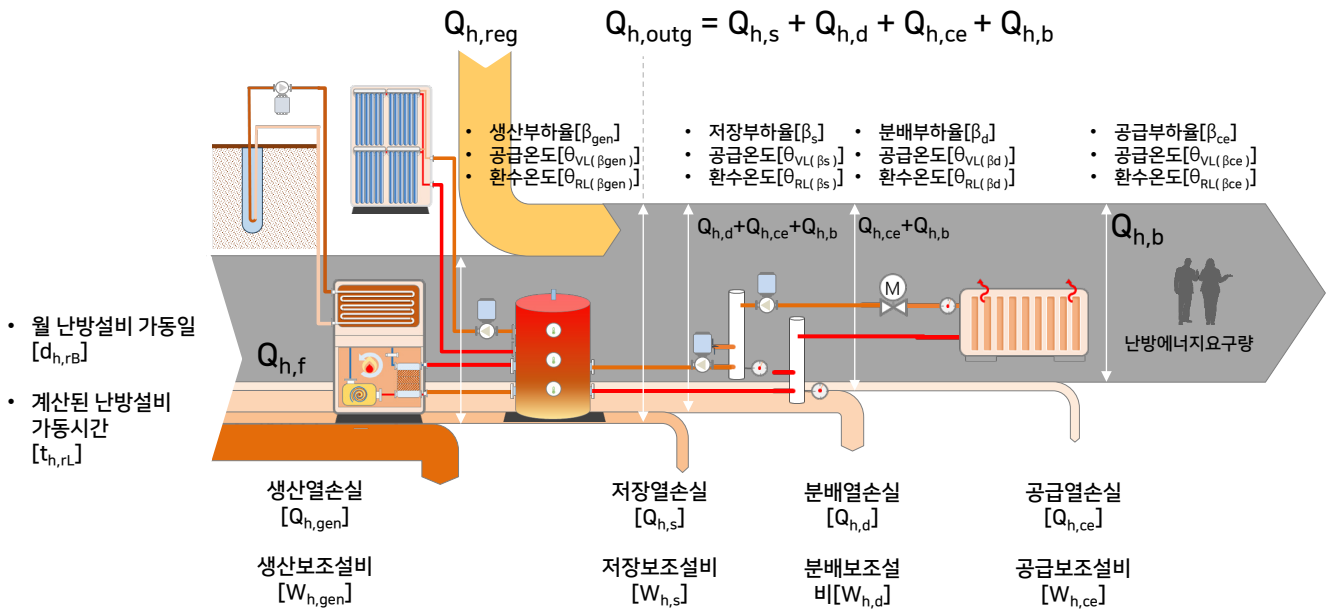
◎ 난방에너지소요량 프로세스

표3 DIN V 18599의 다른 Part에서 연계된 입력값 (Input)

의미	기호	DIN V 18599:2018
난방시간(월)[h]	t_h	2
일일 난방가동시간[h]	$t_{h,op,day}$	10
공조 난방가동시간[h]	$t_{h^*,op,day}$	10
월별 일수 [d/mth]	d_{mth}	10
월별 가동일수 [d]	$d_{op,mth}$	2
일일 가동시간 [h]	$t_{op,day}$	10
연간 가동일수 [d]	$d_{op,a}$	10
월평균 외기온도[°C]	θ_e	10
최대난방부하 설계 외기온도[°C]	$\theta_{e,min}$	10
실내 기준온도 [°C]	θ_i	2
실내 난방설정온도[°C]	$\theta_{i,h,soll}$	10

표4 DIN V 18599의 다른 Part에서 연계될 결과값 (Output)

의미	기호
난방 생산설비 열공급량[kWh]	$Q_{h,outg}$
난방 에너지소요량[kWh]	$Q_{h,f}$
생산 열손실량[kWh]	$Q_{h,g}$
공급 열손실량[kWh]	$Q_{h,ce}$
공급 보조설비 에너지소요량[kWh]	$W_{h,ce}$
분배 열손실량[kWh]	$Q_{h,d}$
분배 보조설비 에너지소요량[kWh]	$W_{h,d}$
저장 열손실량[kWh]	$Q_{h,s}$
저장 보조설비 에너지소요량 [kWh]	$W_{h,s}$



2 프로세스별 부하율

⊙ 공급 부하율

$$\beta_{h,ce} = \frac{Q_{h,b}}{\phi_{h,max} \times t_h}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 8

⊙ 분배 부하율

$$\beta_{h,d} = \frac{Q_{h,b} + Q_{h,ce}}{\phi_{h,max} \times t_h} \times f_{hydr}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 9

⊙ 분배 부하율

$$\beta_{h,s} = \frac{(Q_{h,b} + Q_{h,ce}) \times f_{hydr} + Q_{h,d}}{\phi_{h,max} \times t_h}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 10

⊙ 생산 부하율

$$\beta_{h,gen} = \frac{(Q_{h,b} + Q_{h,ce}) \times f_{hydr} + Q_{h,d} + Q_{h,s}}{\phi_{h,max} \times t_h}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 11

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 표 6

$\phi_{h,max}$	최대난방부하[kW], 제품의 난방출력[kW]
t_h	월별 난방시간[h/mth]
f_{hydr}	수압평형계수

구분	f_{hydr}
유량밸런스 없음	1.06
유량밸런스 있음 8개초과 공급설비	1.02
유량밸런스 있음 8개이하 공급설비	1.00

● 수압평형계수:

- 난방 시스템에서는 각 방이나 구역마다 필요한 유량이 다름, 균형조정이 안 되어 있으면 가까운 방에는 난방수가 과도하게 흐르고, 먼 방에는 충분히 흐르지 않아 온도 불균형이 발생
- 수압평형은 밸브 세팅 등을 통해 모든 난방기가 설계대로 적정 유량을 받도록 조정하는 과정임

난방설비 단계별 부하율	1 월	2 월	3 월
35 $\beta_{h,ce}$ 공급부하율	0.32	0.25	0.13
36 $\beta_{h,d}$ 분배부하율	0.35	0.28	0.15
37 $\beta_{h,s}$ 저장부하율	0.36	0.29	0.16
38 $\beta_{h,gen}$ 생산부하율	0.36	0.29	0.16

3 프로세스별 공급·환수 온도

⊙ 프로세스별 공급 온도

$$\theta_{VL,av}(\beta_{h,i}) = (\theta_{VA} - \theta_{i,h,soll}) * \beta_{h,i}^{\frac{1}{n}} + \theta_{i,h,soll}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 14

⊙ 프로세스별 환수 온도

$$\theta_{RL,av}(\beta_{h,i}) = (\theta_{RA} - \theta_{i,h,soll}) * \beta_{h,i}^{\frac{1}{n}} + \theta_{i,h,soll}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 16

⊙ 프로세스별 배관 평균 온도

$$\theta_{HK}(\beta_{h,i}) = 0.5 \cdot (\theta_{VL,av}(\beta_{h,i}) + \theta_{RL,av}(\beta_{h,i}))$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 12

⊙ 프로세스별 배관 온도차

$$\Delta\theta_{HK}(\beta_{h,i}) = \theta_{VL,av}(\beta_{h,i}) - \theta_{RL,av}(\beta_{h,i})$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 13

θ_{VA}	난방설비 공급 온도[°C]
i	프로세스(ce, d, s, gen)
θ_{RA}	난방설비 환수 온도[°C]
$\theta_{i,h,soll}$	난방설정온도[°C]

난방설비 단계별온도				1월	2월	3월	4월
42	$\theta_{HK,av}$	배관 평균 온도(공급)	[°C]	24.8	24.0	22.4	21.1
43	$\theta_{HK,av}$	배관 평균 온도(분배)	[°C]	25.2	24.3	22.7	21.3
44	$\theta_{HK,av}$	배관 평균 온도(저장)	[°C]	25.3	24.4	22.8	21.4
45	$\theta_{HK,av}$	배관 평균 온도(생산)	[°C]	25.3	24.4	22.8	21.4
46	$\Delta\theta_{HK}(\beta_{h,i})$	배관 온도차(공급)	[°C]	2.9	2.4	1.5	0.7
47	$\Delta\theta_{HK}(\beta_{h,i})$	배관 온도차(분배)	[°C]	3.1	2.6	1.6	0.8
48	$\Delta\theta_{HK}(\beta_{h,i})$	배관 온도차(저장)	[°C]	3.2	2.7	1.7	0.8
49	$\Delta\theta_{HK}(\beta_{h,i})$	배관 온도차(생산)	[°C]	3.2	2.7	1.7	0.9
50	$\theta_{VL,av}(\beta_{h,i})$	공급온도(공급)	[°C]	26.3	25.2	23.1	21.4
51	$\theta_{VL,av}(\beta_{h,i})$	공급온도(분배)	[°C]	26.7	25.6	23.5	21.7
52	$\theta_{VL,av}(\beta_{h,i})$	공급온도(저장)	[°C]	26.9	25.7	23.6	21.8
53	$\theta_{VL,av}(\beta_{h,i})$	공급온도(생산)	[°C]	26.9	25.7	23.6	21.8
54	$\theta_{RL,av}(\beta_{h,i})$	환수온도(공급)	[°C]	23.4	22.8	21.7	20.8
55	$\theta_{RL,av}(\beta_{h,i})$	환수온도(분배)	[°C]	23.6	23.0	21.9	20.9
56	$\theta_{RL,av}(\beta_{h,i})$	환수온도(저장)	[°C]	23.7	23.0	21.9	21.0
57	$\theta_{RL,av}(\beta_{h,i})$	환수온도(생산)	[°C]	23.7	23.1	21.9	21.0

4 난방 가동 시간

⊙ 난방설비 공급·환수온도와 출력비율

기존 공급온도와 환수온도	신규 공급온도와 환수온도 [$\Phi_{n,new} / \Phi_{n,old}$]		
	70°C / 55°C	55°C / 45°C	35°C / 28°C
90°C / 70°C	63.8%	40.6%	11.3%
70°C / 55°C	-	63.7%	17.8%
55°C / 45°C	-	-	27.9%

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 표 7

- 상세 정보가 없다면, 표 7에 제시된 신규 공급·환수 온도로 계산
- 중간값의 경우에는 바로 위에 해당하는 값을 선택
- 표준 보일러의 경우, 공급온도 70°C가 일반적임
- 콘덴싱보일러의 경우 효율 상승을 고려한다면 환수 온도 설정 필요

⊙ 난방설비 출력

- 제품값 난방출력
- 제품이 아직 미정인 경우: 최대난방부하

$$P_n = \Phi_{h, max}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 23

◎ 일일 계산상 난방 가동시간[$t_{h,rL,day}$]

- 일일 계산상 난방 가동시간[$t_{h,rL,day}$]: 실제 가동시간이 아닌 계산을 통해 산출된 이론적 난방시간을 의미함

$$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} \times (24 - t_{h.op,day})$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 24

- (a) 24시간 운전

$$f_{L,NA} = 0$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 25

- (a) 24시간 운전

$$f_{L,NA} = 1$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 26

- (a) 24시간 운전

$$f_{L,NA} = 1 - \frac{\theta_{NA,limit} - \theta_e}{\theta_{NA,limit} - \theta_{e,min}}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 23

$\theta_{NA,limit}$ 야간 정지 기준 온도[10°C]

θ_e 월 평균 외기온도[°C]

$\theta_{e,min}$ 최대난방부하 설계온도[°C]

$t_{h.op,day}$ 일일 난방시간[h]

◎ 월간 계산상 난방 가동일수[$d_{h,rB}$]

- 월간 계산상 난방 가동일수[$d_{h,rB}$]: 실제 가동일이 아닌 계산을 통해 산출된 이론적 난방 가동일을 의미함

$$d_{h,rB} = d_{mth} \times \frac{365 - f_{L,we} \times (365 - d_{op,a})}{365} \times \frac{t_h}{d_{mth} \times 24}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 28

- (a) 연속운전

$$f_{L,we} = 0$$

- (b) 비이용일: 운전 정지

$$f_{L,we} = 1$$

- (c) 비이용일: 감소 운전

$$f_{L,we} = 1 - \frac{\theta_{we,limit} - \theta_e}{\theta_{we,limit} - \theta_{e,min}}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 29

d_{mth}	월 일수[31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31]
$f_{L,we}$	비이용일 감소 계수
$d_{op,a}$	연간 총가동일[d]
t_h	월 난방시간[h]
$\theta_{we,limit}$	비이용일 최소온도 15°C
θ_e	월 평균 외기온도[°C]
$\theta_{e,min}$	최대난방부하 설계온도[°C]

◎ 월간 계산상 난방 시간[$t_{h,rL}$]

$$t_{h,rL} = t_{h,rL,day} \times d_{h,rB}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 30

5 난방 공급열손실

◎ 난방 공급열손실량[Qh,ce]

- 난방 공급열손실량[Qh,ce]: 실제 가동일이 아닌 계산을 통해 산출된 이론적 난방 가동일을 의미함

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \times \left[\frac{\Delta\vartheta_{ce}}{\vartheta_{i,h} - \vartheta_e} \right]$$

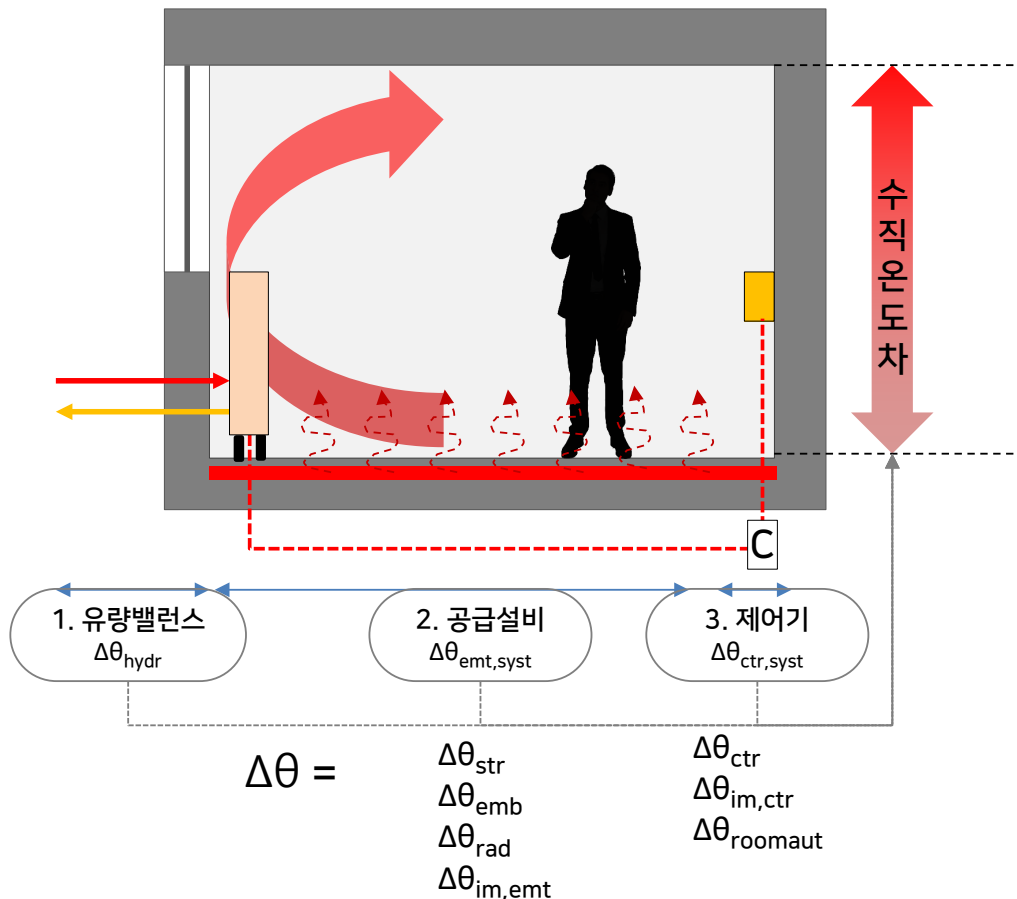
$\Delta\theta_{ce}$	수직온도차[°C]
$\theta_{i,h}$	실내 난방온도[°C]
θ_e	월 평균 실외온도[°C]

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 34

$$\Delta\theta_{ce} = \Delta\theta_{hydr} + \Delta\theta_{emt, syst} + \Delta\theta_{ctr, syst}$$

$\Delta\theta_{hydr}$	유량밸런스가 되지않아 발생하는 온도변동[K]
$\Delta\theta_{emt, syst}$	공급설비에 의해 발생하는 온도변동[K]
$\Delta\theta_{ctr, syst}$	제어기에 의해 발생하는 온도변동[K]

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 35



◎ 유량밸런스에 따른 온도변동[$\Delta\theta_{hydr}$], 개별형 생산설비의 경우 "0"

유량밸런스 방식	공급설비 ≤ 10	공급설비 > 10
유량조절 밸브 없음	0.6	0.6
각실 수동 유량조절밸브(MBV)	0.3	0.4
각실·중앙 수동 유량조절밸브(DPCV)	0.2	0.3
각실 수동 유량조절밸브 (MBV) 중앙 자동 유량조절밸브 (DPCV, 전자식, PICV)	0.1	0.2
각실 자동 유량조절밸브 (ABV) 중앙 자동 유량조절밸브 (DPCV, 전자식, PICV)	0.0	0.0

유량밸런스밸브	제어방식	용도
수동 유량조절 밸브 (Manual Balancing Valve, MBV)	엔지니어가 직접 밸브를 개폐하여 유량을 맞추는 방식	초기 시운전, 소규모 설비
자동 유량조절 밸브 (Automatic Balancing Valve, ABV / Flow Limiter)	내부의 스프링/다이아프램이 압력 변화에 대응하여 개도 조정(설정유량을 자동으로 유지)	라디에이터, 팬코일, 바닥난방 등 유량변동이 큰 공급설비
차압 유지 밸브 (Differential Pressure Control Valve, DPCV)	회로 앞뒤의 차압을 일정하게 유지, 펌프 압력 변화에도 안정된 유량 확보	층별·구역별 분배기
전자식 제어밸브 (Motorized Control Valve, 2-way / 3-way)	BEMS(건물에너지관리시스템)이나 DDC(자동제어)에 의해 밸브 개도 제어	중앙냉난방, FCU
PICV (Pressure Independent Control Valve, 압력독립형 유량제어밸브)	차압 유지 + 제어 기능 + 유량 제한 기능을 동시에 수행	대형 빌딩, 중앙냉난방 시스템

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 표 9

◎ 공급설비 종류

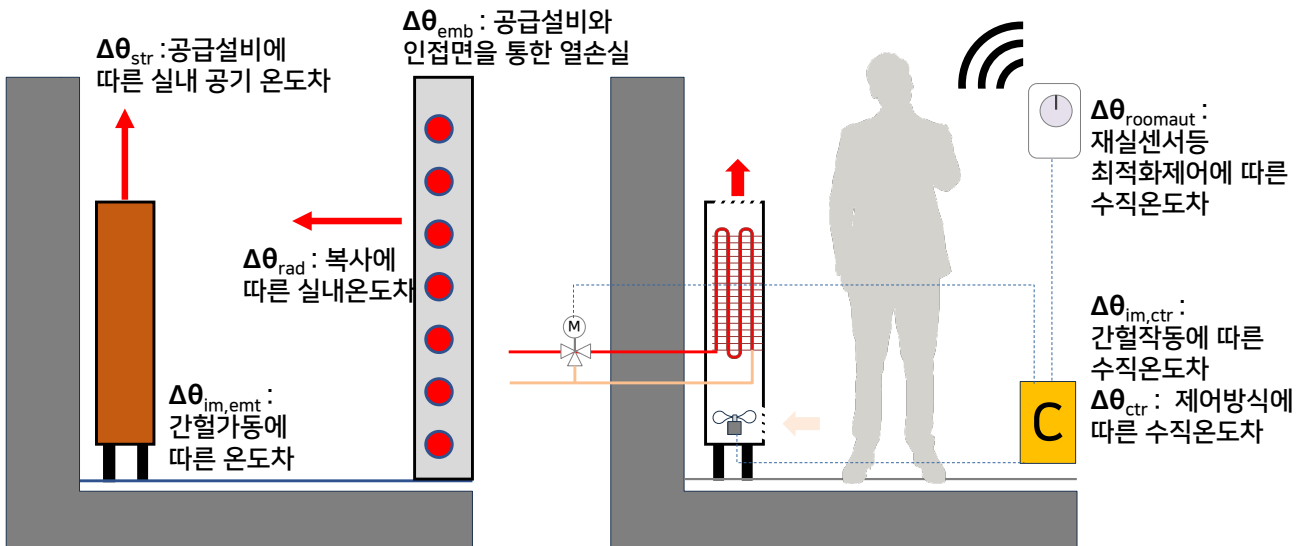
(천장높이 ≤ 4m)												(천장높이 > 4m)							
복사형	대류형			구조체일체형				공조 공급형			전기 공급설비		복사난방(천장높이 ≥ 4)				공조난방(천장높이 ≥ 4)		
방열기	실내기	팬코일 유닛	바닥 매립형 컨벡터	습식 바닥	건식 바닥	벽체	천장	파워팬 유닛	VAV 유닛	CAV 유닛	외벽 주변	내벽 주변	습식 바닥	건식 바닥	벽체	천장	파워팬 유닛	VAV 유닛	CAV 유닛

$$\Delta\theta_{ce} = \Delta\theta_{hydr} + \Delta\theta + \Delta\theta_{rad} + \Delta\theta_{im} + \Delta\theta_{roomaut}$$

$$\Delta\theta = \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{emb}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 35

- $\Delta\theta_{ce}$ 공급설비에 따른 열손실 온도차[K]
- $\Delta\theta$ 제어방식, 공급설비 및 인접면 열손실에 따른 계산된 온도차[K]
- $\Delta\theta_{rad}$ 복사작용에 따른 실내 온도차[K], if, $\Delta\theta_{str}$ 적용시 "0"
- $\Delta\theta_{roomaut}$ 최적화제어에 따른 온도차[K]
- $\Delta\theta_{ctr}$ 제어방식에 따른 온도차[K]
- $\Delta\theta_{str}$ 공급설비에 따른 실내 공기의 수직온도차[K]
- $\Delta\theta_{emb}$ 공급설비와 인접면을 통한 열손실로 계산된 온도차[K]



◎ 복사형[천장높이 ≤ 4m]

$$\Delta\theta_{ce} = \Delta\theta_{hydr} + \Delta\theta + \Delta\theta_{rad} + \Delta\theta_{im} + \Delta\theta_{roomaut}$$

$$\Delta\theta = \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{emb}$$

- 평균온도는 생산설비의 공급온도와 환수온도의 평균값이며 선형보간법으로 적용함
- 개별실 온도제어는 다른 제어장치(생산설비, 생산보조설비)와 상호작용을 통해 연결되어있는것을 의미함
건물의 자동화 등급과도 연관 있음

천장높이 ≤ 4m		복사형
기호	단위 및 구분	방열기
$\Delta\theta_{str}$	[K]	$0.5 \cdot (\Delta\theta_{str,1} + \Delta\theta_{str,2})$
$\Delta\theta_{str,1}$	[K]	평균온도
$\Delta\theta_{str,2}$	[K]	설치위치
평균온도1)	60K	1.2
	42.5K	0.7
	30K	0.5
	20K	0.4
설치위치	내벽	1.3
	유리	1.2
	외벽	0.3
$\Delta\theta_{ctr}$	[K]	제어유형
제어유형	중앙공급온도제어	2.5
	개별식 제어	2
	실별 온도제어	1.8
	P제어, PI제어	1.2
	PI최적화제어(재실센서)	0.9
$\Delta\theta_{emb}$	[K]	0
$\Delta\theta$	$\Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{emb}$	
$\Delta\theta_{im}$	[K]	$\Delta\theta_{im,ctr} + \Delta\theta_{im,emt}$
$\Delta\theta_{im,ctr}$	[K]	0
$\Delta\theta_{im,emt}$	[K]	-0.3
$\Delta\theta_{rad}$	[K]	0
$\Delta\theta_{roomaut}$	[K]	제어유형
제어유형2)	해당없음	0
	개별실 온도제어	-0.5
	개별실온도제어 (자동시작/종료포함)	-1.0
	네트워크 통합온도제어	-1.2

◎ 대류형[천장높이 ≤ 4m]

$$\Delta\theta_{ce} = \Delta\theta_{hydr} + \Delta\theta + \Delta\theta_{rad} + \Delta\theta_{im} + \Delta\theta_{roomaut}$$

$$\Delta\theta = \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{emb}$$

- 제어유형은 일반형, 고급형으로 구분되며, 신축의 경우 고급형, 기축의 경우 일반형을 적용함

천장높이 ≤ 4m		대류형		
기호	단위 및 구분	실내기	팬코일유닛	바닥매립형 컨벡터
$\Delta\theta_{str}$	[K]			
$\Delta\theta_{ctr}$	[K]			
$\Delta\theta_{emb}$	[K]			
$\Delta\theta$	[K]	제어유형	제어유형	제어유형
제어유형 1)	일반형	1.1		
	고급형	0.7		
$\Delta\theta_{im}$	[K]	0	0	0
$\Delta\theta_{rad}$	[K]	0	0	0
$\Delta\theta_{roomaut}$	[K]	0	0	0

◎ 공조공급형[천장높이 ≤ 4m]

- 제어유형은 일반형, 고급형으로 구분되며, 신축의 경우 고급형, 기축의 경우 일반형을 적용함

천장높이 ≤ 4m		공조 공급형		
기호	단위 및 구분	파워팬유닛	VAV유닛	CAV유닛
$\Delta\theta_{str}$	[K]			
$\Delta\theta_{ctr}$	[K]			
$\Delta\theta_{emb}$	[K]			
$\Delta\theta$	[K]	제어유형	제어유형	제어유형
제어유형	(일반)급기온도제어	1.8		
	(일반)다단급기온도제어	1.2		
	(일반)흡기온도제어	1.9		
	(고급)급기온도제어	1.3		
	(고급)다단급기온도제어	1		
	(고급)흡기온도제어	1.5		
$\Delta\theta_{im}$	[K]	0	0	0
$\Delta\theta_{rad}$	[K]	0	0	0
$\Delta\theta_{roomaut}$	[K]	0	0	0

◎ 구조체 일체형[천장높이 ≤ 4m]

$$\Delta\theta_{ce} = \Delta\theta_{hydr} + \Delta\theta + \Delta\theta_{rad} + \Delta\theta_{im} + \Delta\theta_{roomaut}$$

$$\Delta\theta = \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{emb}$$

천장높이 ≤ 4m		구조체일체형			
기호	단위 및 구분	습식바닥	건식바닥	벽체	천장
$\Delta\theta_{str}$	[K]	0	0	0.4	0.7
$\Delta\theta_{ctr}$	[K]	제어유형	제어유형	제어유형	제어유형
제어유형	중앙공급온도제어	2.5			
	개별식 제어	2			
	실별 온도제어	1.8			
	P제어, PI제어	1.2			
	PI최적화제어(재실센서)	0.9			
$\Delta\theta_{emb}$	[K]	0.5·($\Delta\theta_{emb,1} + \Delta\theta_{emb,2}$)			
$\Delta\theta_{emb,1}$	[K]	0.7	0.4	0.2	0.7
$\Delta\theta_{emb,2}$	[K]	설치유형	설치유형	설치유형	설치유형
설치유형	구조체매립형	0.5			
	그외	0			
$\Delta\theta$	$\Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{emb}$				
$\Delta\theta_{im}$	[K]	$\Delta\theta_{im,ctr} + \Delta\theta_{im,emt}$			
$\Delta\theta_{im,ctr}$	[K]	0	0	0	0
$\Delta\theta_{im,emt}$	[K]	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
$\Delta\theta_{rad}$	[K]	0	0	0	0
$\Delta\theta_{roomaut}$	[K]	제어유형	제어유형	제어유형	제어유형
제어유형	해당없음	0			
	개별실 온도제어	-0,5			
	개별실온도제어 (자동시작/종료포함)	-1.0			
	네트워크 통합온도제어	-1.2			

◎ 전기공급설비[천장높이 ≤ 4m]

$$\Delta\theta_{ce} = \Delta\theta_{hydr} + \Delta\theta + \Delta\theta_{rad} + \Delta\theta_{im} + \Delta\theta_{roomaut}$$

$$\Delta\theta = \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{emb}$$

천장높이 ≤ 4m		전기 공급설비	
기호	단위 및 구분	외벽주변	내벽주변
$\Delta\theta_{str}$	[K]		
$\Delta\theta_{ctr}$	[K]		
$\Delta\theta_{emb}$	[K]		
$\Delta\theta$	[K]	제어유형	제어유형
제어유형	P제어	1.1	1.5
	PI제어	0.7	1.1
	축열방식	2.7	3.1
	축열난방_P제어	1.5	1.9
	축열난방_PID제어	1.1	1.5
$\Delta\theta_{im}$	[K]	-0.3	-0.3
$\Delta\theta_{rad}$	[K]	0	0
$\Delta\theta_{roomaut}$	[K]	0	0

◎ 복사형[천장높이 > 4m]

$$\Delta\theta_{ce} = \Delta\theta_{hydr} + \Delta\theta + \Delta\theta_{rad} + \Delta\theta_{im} + \Delta\theta_{roomaut}$$

$$\Delta\theta = \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{emb}$$

$$\Delta\theta_{str} = 10 \cdot \frac{\theta'_{str}}{16} \cdot (0.5 \cdot h_R - 1.1)$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 39

천장높이 > 4m		복사형			
기호	단위 및 구분	습식바닥	건식바닥	벽체	천장
$\Delta\theta_{str}$	[K]	$10 \cdot [\theta'_{str}/16 \cdot (0.5 \cdot h_R - 1.1)]$, h_R : 천장고[m]			
θ'_{str}	[K/m]	0.1	0.1	0.2	0.3
$\Delta\theta_{ctr}$	[K]	$0.5 \cdot (\Delta\theta_{ctr,1} + \Delta\theta_{ctr,2})$			
$\Delta\theta_{ctr,1}$	[K]	제어유형	제어유형	제어유형	제어유형
제어유형	제어없음	2.5			
	2점 제어	1.8			
	P제어, PI제어	1.2			
	PI 최적화제어	0.9			
$\Delta\theta_{ctr,2}$	[K]	제어유형	제어유형	제어유형	제어유형
제어유형	제어없음	2.5			
	2점 제어	1.6			
	P제어, PI제어	0.7			
	PI 최적화제어	0.5			
$\Delta\theta_{emb}$	[K]	0.5	0.5	0.4	0.3
$\Delta\theta$	[K]	$\Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{emb}$			
$\Delta\theta_{im}$	[K]	0	0	0	0
$\Delta\theta_{rad}$	[K]	0	0	0	0
$\Delta\theta_{roomaut}$	[K]	0	0	0	0

◎ 공조공급형[천장높이 > 4m]

$$\Delta\theta_{ce} = \Delta\theta_{hydr} + \Delta\theta + \Delta\theta_{rad} + \Delta\theta_{im} + \Delta\theta_{roomaut}$$

$$\Delta\theta = \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{emb}$$

천장높이 > 4m		공조공급형		
기호	단위 및 구분	파워팬유닛	VAV유닛	CAV유닛
$\Delta\theta_{str}$	[K]	10·[$\theta'_{str}/16 \cdot (0.5 \cdot h_R - 1.1)$], h_R : 천장고[m]		
θ'_{str}	[K/m]	0.1	0.1	0.2
$\Delta\theta_{ctr}$	[K]	0.5·($\Delta\theta_{ctr,1} + \Delta\theta_{ctr,2}$)		
$\Delta\theta_{ctr,1}$	[K]	제어유형	제어유형	제어유형
제어유형	제어없음	2.5		
	2점 제어	1.8		
	P제어,PI제어	1.2		
	PI 최적화제어	0.9		
$\Delta\theta_{ctr,2}$	[K]	제어유형	제어유형	제어유형
제어유형	제어없음	2.5		
	2점 제어	1.6		
	P제어,PI제어	0.7		
	PI 최적화제어	0.5		
$\Delta\theta_{emb}$	[K]	0	0	0
$\Delta\theta$	[K]	$\Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{emb}$		
$\Delta\theta_{im}$	[K]	0	0	0
$\Delta\theta_{rad}$	[K]	0	0	0
$\Delta\theta_{roomaut}$	[K]	0	0	0

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-5 : 2018 Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting – Part 5: Final energy demand of heating systems

6 난방 공급 보조 에너지소요량

⊙ 공급 보조설비 에너지소요량

$$W_{h,ce} = W_C + W_{fan,Pu}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 44

W_C 제어기 에너지 소요량 [kWh/mth]

$W_{fan,Pu}$ 팬 에너지 소요량 [kWh/mth]

$$W_C = \frac{P_{C,aux} \cdot d_{mth} \cdot 24}{1000}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 45

$$W_{fan,Pu} = \frac{(P_{fan,aux} \cdot n_{fan} + P_{Pu,aux} \cdot n_{Pu}) \cdot t_{h,rL}}{1000}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 46

$P_{C,aux}$ 제어기 소비전력 [W], 표준값

d_{mth} 월 일수[31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31]

$P_{fan,aux}$ 팬 소비전력 [W]

n_{fan} 팬 설치대수

$P_{Pu,aux}$ 펌프 소비전력 [W], 표준값

n_{Pu} 펌프 설치대수

$t_{h,rL}$ 월간 계산상 난방시간 [h/mth]

구분	$P_{C,aux}$ [W]
전기 구동 설비용 제어기	0.1
전기 열 구동 설비용 제어기	1.0
전자기식 구동 설비용 제어기	1.0
VRF장치의 제어기	15 (실내 제어기 개수당)

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 표 20

팬 구분	$P_{fan,aux}$ [W]
DX(직팽식) 실내기	10
팬코일유닛(송풍식 대류기)	10
순간형 축열난방기의 대류기	12
연속형 축열난방기의 대류기	12

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 표 21

7 난방 분배 열손실

◎ 배관 열손실량

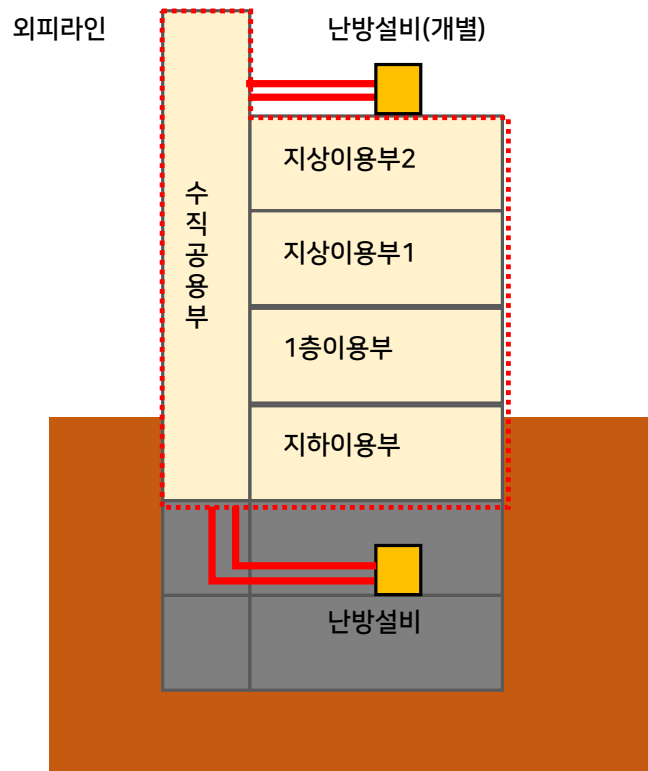
$$Q_{h,d,i} = \frac{1}{1000} \cdot U \cdot (\theta_{HK,av} - \theta_I) \cdot L \cdot t_{h,rL}$$

U	배관의 선형열관류율[W/m·K]
$\theta_{HK,av}$	배관 평균온도[°C]
θ_I	주변부 온도[°C], 표준값
L	배관길이[m]
$t_{h,rL}$	월간 계산상 난방시간 [h/mth]

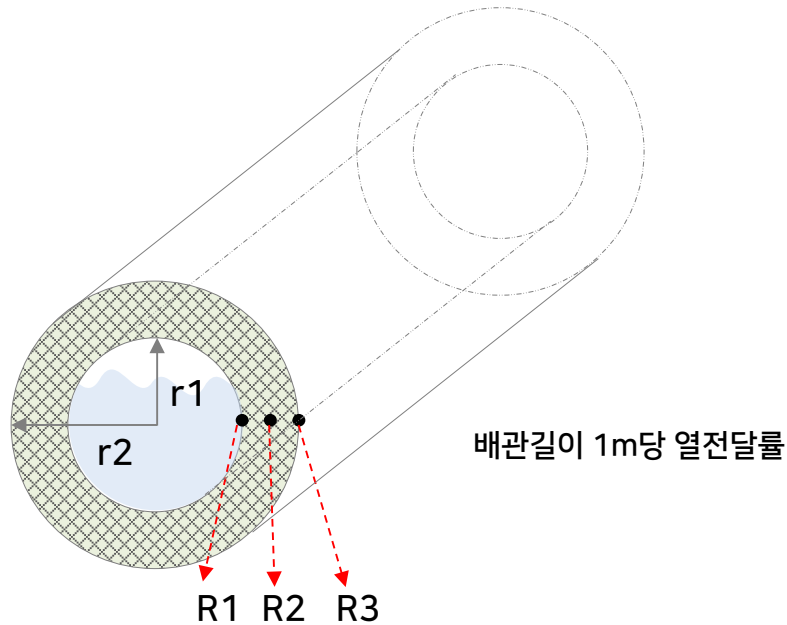
구분	θ_I
주변부온도	계산이 가능할 경우
비난방기간 주변부온도	22°C
난방기간 주변부 온도(난방존)	20°C
난방기간 주변부 온도(비난방존)	13°C

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 표 24

- 단열외피 내부에서의 배관 열손실은 미반영함
- 배관 관경, 보온 두께 및 단열재 성능 확인 필요
- 난방은 순환 배관이므로 x2 적용



◎ 배관 선형열관류율[W/m·K]



$$u = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1 + \Sigma R_2 + R_3}$$

R1: 배관 내부 표면 열전달 저항=0

R2: 배관단열 열전달 저항 (m²·K/W)

R3: 배관 외부 표면 열전달저항 (m²·K/W)

$$R_2 = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \times \pi \times \lambda}$$

r2: 자재 외부측 반지름(m)

r1: 자재 내부측 반지름(m)

λ: 열전도율 (W/mK)

$$R_3 = \frac{1}{h_3 \times 2\pi \times r_2}$$

hc: 대류열전달율 (5 W/m²·K)_윗방향 열류이동_ISO6946

hr: 복사열전달율(W/m²·K)

ε: 방사율 (일반자재:0.9, 알루미늄:0.15)

hr0: 복사열전달율(W/m²·K)_표준값 5.7W/m²·K

$$h_3 = h_c + h_r$$

$$h_r = \epsilon \times h_{r0}$$

8 난방 저장 열손실

◎ 난방 저장 열손실량 계산[kWh/mth]

$$Q_{h,s} = f_{con} \cdot \frac{(\theta_{h,s} - \theta_l)}{45} \cdot d_{op,mth} \cdot Q_{P0,s,day}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 68

f_{con}	생산설비와 온수탱크 연결부위의 열손실계수: 1.2
$\theta_{h,s}$	온수탱크 평균온도[°C] = $\theta_{HK,av(\beta h,s)}$
θ_l	주변부 온도[°C], 표준값
$d_{op,mth}$	이용일수 [d]
$Q_{P0,s,day}$	일일 열손실 [kWh/d]
V_s	온수탱크 용량 [Liter]

$$Q_{P0,s,day} = 0,4 + 0,14 \cdot V_s^{0,5}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 69

- 온수탱크의 일일 대기(준비) 열손실 $Q_{P0,s,day}$ 를 산정하기 위해 필요한 온수탱크용량(Liter)은 히트펌프와 조합시 $V_s = 9.5 \times P_n$ (난방출력 kW), 바이오매스이용 생산설비와 조합시 $V_s = 50 \times P_n$

◎ 난방 저장 보조설비 에너지소요량[kWh/mth]

- 생산설비와 온수탱크사이 별도의 펌프를 통해 가동시 펌프의 에너지 소요량 산정

$$W_{h,s} = \frac{P_{Pu} \cdot t_{Pu}}{1000}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 71

P_{Pu} 펌프 소비전력[W]

t_{Pu} 펌프 가동시간 [h], 온수탱크에서의 부하율과 이용일수를 통해 산정 $t_{Pu} = \beta_{h,s} \times 24 \times d_{h,mth}$

A_{NGF} 온수탱크가 담당하는 서비스 영역의 순바닥면적 [m²]

t_h 난방시간[h/mth]

$$P_{Pu} = 40 + 0,03 \cdot A_{NGF}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 72

$$d_{h,mth} = \frac{t_h}{24}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 31

9 급탕 공급 및 분배 열손실

◎ 급탕 공급 열손실을 반영한 급탕에너지요구량 [kWh/mth]

- 급탕 공급에너지손실량($Q_{w,ce}$)는 다음의 경우 보정이 이루어짐
- 급탕 온도를 자동으로 제어하여, 사용되지 않는 온수가 흘러나가는 것을 방지하는 경우
- 순간식 온수기(직수식 보일러)를 사용하는 경우,
이 장치는 최소 출력에 필수적인 최소 급탕 유량을 필요로 하기 때문에 손실이 발생됨

$$Q_{w,b}^* = f_{Zapf} \cdot Q_{w,b}$$

〈출처〉 DIN V 18599-8:2018 식 12

$Q_{w,b}^*$ 공급열손실을 반영한 급탕에너지요구량[kWh/mth]

f_{Zapf} 공급 계수

0.98 : 급탕 온도 자동제어 장치 적용시

1.05 : 순간 온수기 적용시

$Q_{w,b}$ 급탕에너지요구량 [kWh/mth]

◎ 급탕 분배열손실[kWh/mth]

$$Q_{w,d,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\theta_{w,av} - \theta_I) \cdot d_{op,mth} \cdot t_{op,day}$$

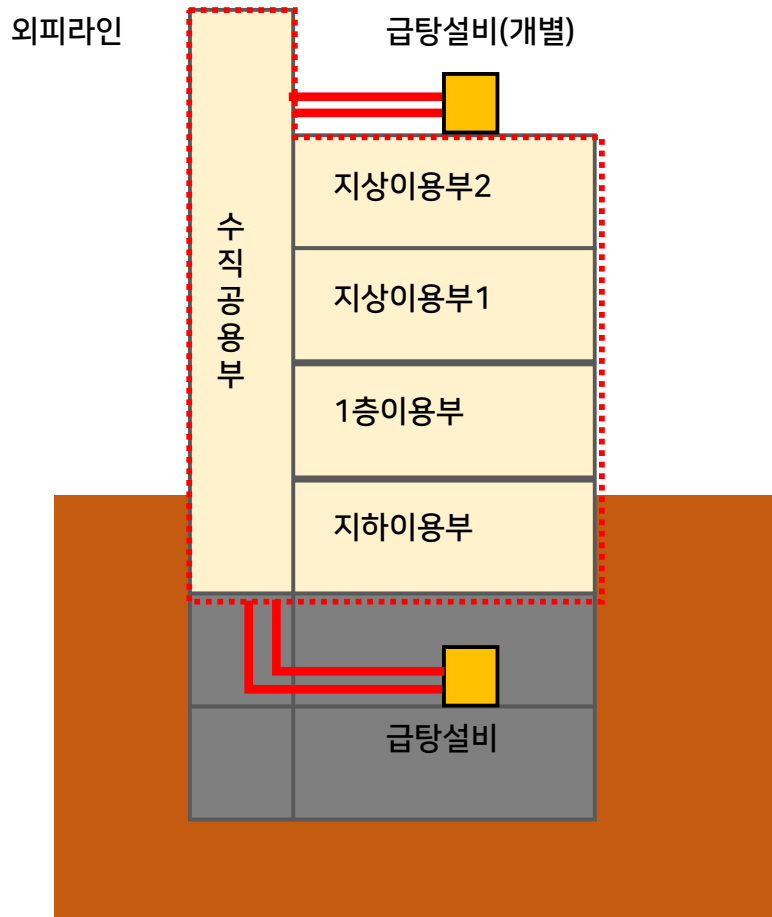
〈출처〉 DIN V 18599-8:2018 식 13

- U_i 배관의 선형열관류율[W/m·K]
- $\theta_{w,av}$ 배관 평균온도[°C], $25 \cdot U^{-0.2}$
- θ_I 주변부 온도[°C], 표준값
- L_i 배관길이[m]
- $d_{op,day}$ 월 이용일수 [d/mth]
- $t_{op,day}$ 계산상 일일 급탕시간 [h/d]
순환배관: 24h-Z
단관배관: 24h

구분	θ_I
주변부온도	계산이 가능할 경우
비난방기간 주변부온도	22°C
난방기간 주변부 온도(난방존)	20°C
난방기간 주변부 온도(비난방존)	13°C

$$Z = 10 + 1 / (0.07 + 50 / A_{NGF})$$

A_{NGF} 서비스 영역의 순바닥면적[m²]



10 급탕 저장 열손실

◎ 간접식 급탕 탱크의 저장 열손실[kWh/mth]

$$Q_{w,s} = f_{con} \cdot \frac{(\theta_{s,av} - \theta_I)}{45} \cdot d_{op,mth} \cdot Q_{s,PO,day}$$

〈출처〉 DIN V 18599-8:2018 식 25

f_{con} 생산설비와 온수탱크 연결부위의 열손실계수: 1.2

$\theta_{s,av}$ 온수탱크 평균온도[°C]

단관배관: 55°C

순환배관: 50°C

θ_I 주변부 온도[°C], 표준값

$d_{op,mth}$ 이용일수 [d]

$Q_{Po,s,day}$ 일일 열손실 [kWh/d]

V_s 온수탱크 용량 [Liter]

$$Q_{s,PO,day} = 0,8 + 0,02 \cdot V_s^{0,77} \quad \leq 1000 \text{ liter}$$

〈출처〉 DIN V 18599-8:2018 식 26

$$Q_{s,PO,day} = 0,39 \cdot V_s^{0,35} + 0,5 \quad > 1000 \text{ liter}$$

〈출처〉 DIN V 18599-8:2018 식 27

◎ 태양열 포함 간접식 급탕 탱크의 저장열손실[kWh/mth]

- 급탕탱크 1,000liter까지 아래식을 적용하여 산정
- 그 이상분에 대해서는 "간접식 급탕 탱크의 저장 열손실"로 계산

$$Q_{w,s} = \frac{24}{1000} \cdot f_{con} \cdot (UA)_{s,P0} \cdot (\theta_{s,av} - \theta_I) \cdot d_{op,mth} \cdot \frac{V_{s,aux}}{V_{s,aux} + V_{s,sol}}$$

〈출처〉 DIN V 18599-8:2018 식 34

$(UA)_{s,P0}$	일일 저장열손실 = $Q_{s,P0,day}$
f_{con}	생산설비와 온수탱크 연결부위의 열손실계수: 1.2
$\theta_{s,av}$	온수탱크 평균온도[°C] 단관배관: 55°C 순환배관: 50°C
θ_I	주변부 온도[°C], 표준값
$d_{op,mth}$	이용일수 [d]
$Q_{P0,s,day}$	일일 열손실 [kWh/d]
$V_{s,aux}$	상부측(생산설비) 탱크 용량 [Liter]
$V_{s,sol}$	하부측(태양열) 탱크 용량 [Liter]

$$Q_{s,P0,day} = \left(0,4 + 0,2 \cdot (V_{s,aux} + V_{s,sol})^{0,4} \right) \cdot \frac{V_{s,aux}}{V_{s,aux} + V_{s,sol}}$$

〈출처〉 DIN V 18599-8:2018 식 27

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-5 : 2018 Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting – Part 5: Final energy demand of heating systems
2. DIN V 18599-8 : 2018 Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting – Part 8: Net and final energy demand of domestic hot water systems

C.3

냉방에너지소요량 해석

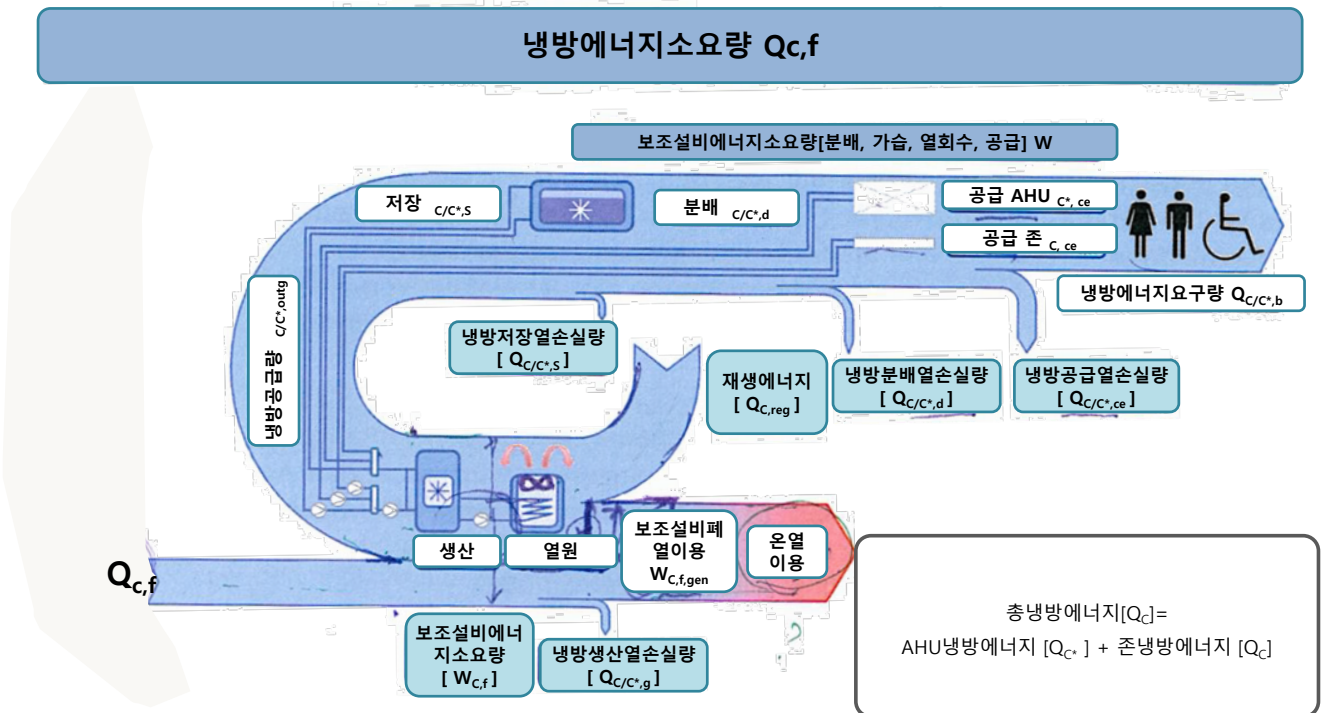
교육 목표

냉방에너지소요량 해석

- * 냉방에너지소요량 계산 프로세스를 이해한다.
- * 각존 및 공조기에서 필요한 입력값을 이해한다.
- * 공급/분배/저장 에너지 손실량을 계산 할 수 있다.
- * 보조설비 에너지 소요량을 이해할 수 있다.

1 냉방에너지소요량 프로세스

◎ 계산 프로세스



DIN V 18599-7:

냉방에너지 소요량 공급/분배/저장

EN 16798-13:

냉방에너지 생산설비 에너지 소요량

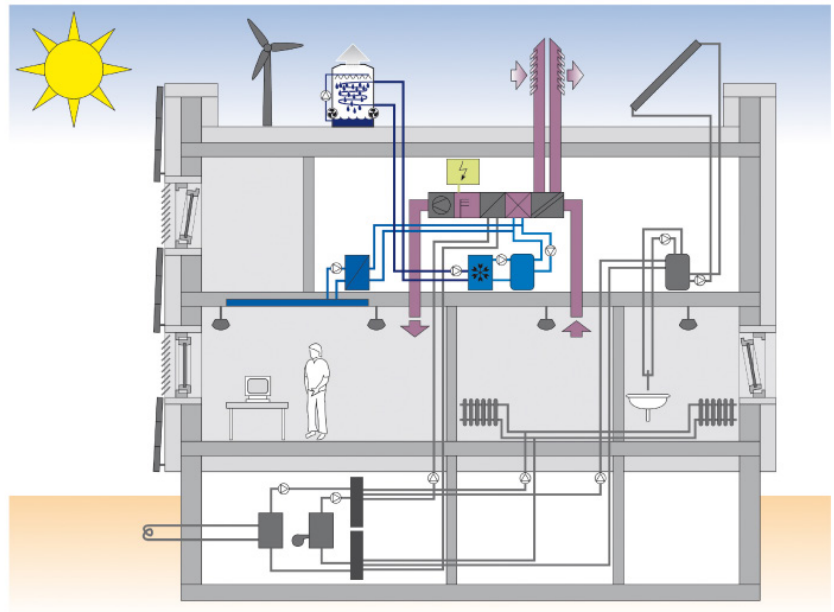
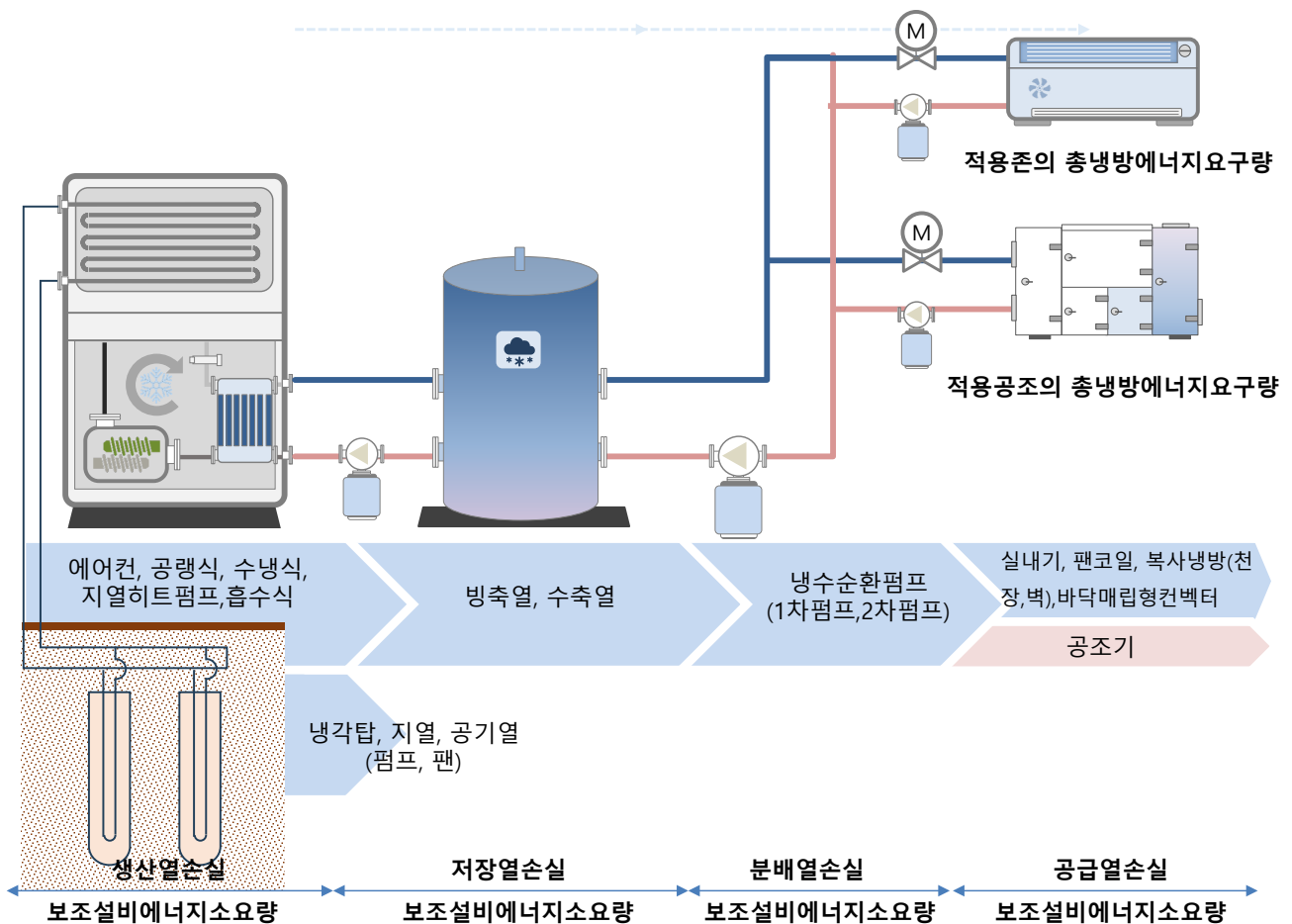


그림 출처 DIN V 18599-7:2018 그림3 Part7 범위 및 항목



◎ 계산 프로세스_공조기

$$Q_{C^*,b} = Q_{VC,b} + Q_{VC,ce} + Q_{VC,d} \quad [7]$$

$Q_{C^*,b}$: 공조기 냉방설비 에너지요구량 [kWh/mth]

$Q_{VC,b}$: 공조기 냉방에너지요구량 [kWh/mth]

$Q_{VC,ce}$: 공급설비 에너지손실량 [kWh/mth]

$Q_{VC,d}$: 덕트에너지 손실량[kWh/mth]

$\eta_{VC,ce}$: 열공급시 이용 계수 (측정 기준이 없는 경우 "1" 입력)

$$Q_{VC,ce} = (1 - \eta_{VC,ce}) \cdot Q_{VC,b} \quad [8]$$

$$Q_{VC,d} = f_{VC,d} \cdot A_{K,A} \cdot t_{C^*,op,mth} / 1\,000 \quad [9]$$

$f_{VC,d}$: 냉방의 경우 9W/m²

건물 단열외피 안에 있는 경우 $Q_{VC,d} = 0$ 임

$A_{K,A}$: 건물단열외피 밖 덕트 면적 [m²]

$t_{C^*,op,mth}$: 공조기 작동 시간 [t/mth]

$$t_{C^*,op,mth} = t_C \cdot b_{VC^*,mth} / b_{VC^*,a} \quad [10]$$

$$b_{VC^*,mth} = Q_{VC^*,b} / P_{C^*,max} \quad [11]$$

$b_{VC^*,mth}$: 월별 공조 냉방요구량 대응 공조기 최대 냉방출력비

$P_{C^*,max}$: 공조기 최대 냉방 출력[kW]

$$b_{VC^*,a} = \sum_1^{12} b_{VC^*,mth} \quad [12]$$

$b_{VC^*,a}$: 연간 $b_{VC^*,mth}$ 합계

식 출처 DIN V 18599-7:2018

$$Q_{C^*,outg} = Q_{C^*,b} + Q_{C^*,ce} + Q_{C^*,d} + Q_{C^*,s} \quad [15]$$

$Q_{C^*,outg}$: 공조기 냉방 에너지 공급량 [kWh/mth]

$Q_{C^*,b}$: 공조기 냉방설비 에너지요구량 [kWh/mth]

$Q_{C^*,ce}$: 공급설비 에너지손실량 [kWh/mth]

$Q_{C^*,d}$: 분배설비 에너지손실량[kWh/mth]

$Q_{C^*,s}$: 저장설비 에너지손실량[kWh/mth]

◎ 계산 프로세스_냉방존

$$Q_{C,outg} = Q_{C,b} + Q_{C,ce} + Q_{C,d} + Q_{C,s} \quad [19]$$

$Q_{C,outg}$: 냉방 에너지 공급량 [kWh/mth]

$Q_{C,b}$: 냉방 에너지요구량 [kWh/mth]

$Q_{C,ce}$: 공급설비 에너지손실량 [kWh/mth]

$Q_{C,d}$: 분배설비 에너지손실량[kWh/mth]

$Q_{C,s}$: 저장설비 에너지손실량[kWh/mth]

$$Q_{C,outg,a,n} = Q_{C,outg,a,n} + Q_{C^*,outg,a,n} + Q_{C,S} = \sum_1^j \left(\sum_1^{12} Q_{C,outg,mth,j} + \sum_1^{12} Q_{C^*,outg,mth,j} \right) + Q_{C,S}$$

식 출처 DIN V 18599-7:2018

2 공급/분배/저장 열손실 해석

◎ 공급/분배 열손실 계산 방법

1. 공조기 공급/분배 열손실 계산방법

공조기냉방코일		$\eta_{c^*,ce,sens}$			$\eta_{c^*,ce}$	$\eta_{c^*,d}$	
		제한없음	일반습도	항습		건물외피내부	건물외피외부
수방식	6	0.87	0.94	1	0.9	0.95	0.9
	14	1	1	1	0.9	0.95	0.9
	16	1	1	1	0.9	0.98	0.95
	20	1	1	1	1	1	1
직팽식		0.87	0.94	1	0.9	0.95	0.9

표 출처 DIN V 18599-7:2018 표 13

해당 급기온도가 없는 경우 선형보간법을 이용한다

$$Q_{c^*,ce} = \left((1 - \eta_{c^*,ce}) + (1 - \eta_{c^*,ce,sens}) \right) \cdot Q_{c^*,b}$$

$Q_{c^*,ce}$: 공급열손실량 [kWh/mth]

$$Q_{c^*,d} = (1 - \eta_{c^*,d}) \cdot Q_{c^*,b}$$

$\eta_{c^*,ce}$: 공급시 유효 이용율

$\eta_{c^*,ce,sens}$: 공급시 유효 현열 이용율 (제습 이용으로 인한 열손실)

$\eta_{c^*,d}$: 분배시 유효 이용율

$Q_{c^*,b}$: 공조기 냉방에너지요구량 [kWh/mth]

식 출처 DIN V 18599-7:2018 식 16/17

2. 냉방존 공급/분배 열손실 계산방법

냉방공급온도[°C]	$\eta_{c,ce,sens}$	$\eta_{c,ce}$	$\eta_{c,d}$
6	0.87	1.00	0.90
14	1.00	1.00	1.00
16	1.00	1.00	1.00
20	1.00	1.00	1.00
직팽식	0.94	1.00	1.00

표 출처 DIN V 18599-7:2018 표 14

$$Q_{c,ce} = \left((1 - \eta_{c,ce}) + (1 - \eta_{c,ce,sens}) \right) \cdot Q_{c,b}$$

$Q_{c,ce}$: 공급열손실량 [kWh/mth]

$$Q_{c,d} = (1 - \eta_{c,d}) \cdot Q_{c,b}$$

$\eta_{c,ce}$: 공급시 유효 이용율

$\eta_{c,ce,sens}$: 공급시 유효 현열 이용율 (제습 이용으로 인한 열손실)

$\eta_{c,d}$: 분배시 유효 이용율

$Q_{c,b}$: 공조기 냉방에너지요구량 [kWh/mth]

식 출처 DIN V 18599-7:2018 식 20/21

◎ 저장 열손실 계산 방법

축냉 탱크 유형	축냉탱크이용계수($\eta_{C,s}$)	
	수축열	빙축열
기상_시나리오대응 축냉	0.99	0.99
냉동기_시나리오대응 축냉	0.95	0.97
최대부하대응 축냉	0.9	0.95
중복이용 축냉	0.73	0.86
축냉탱크없음	1	1

$$Q_{C,s} = Q_{C,s} \cdot \frac{Q_{C,b}}{Q_{C,b} + Q_{C^*,b}}$$

$$Q_{C^*,s} = Q_{C,s} \cdot \frac{Q_{C^*,b}}{Q_{C,b} + Q_{C^*,b}}$$

표 출처 DIN V 18599-7:2018 표 18

$$Q_{C,s} = Q_{C,b} \times (1 - \eta_{C,s})$$

식 출처 DIN V 18599-7:2018 식 30

$Q_{C,s}$: 냉방존 저장열손실량 [kWh/mth]

$Q_{C,b}$: 냉방에너지요구량 [kWh/mth]

$\eta_{C,s}$: 축냉탱크 유효 이용율

$Q_{C^*,s}$: 공조기 저장열손실량 [kWh/mth]

$Q_{C^*,b}$: 공조기 냉방에너지요구량 [kWh/mth]

식 출처 DIN V 18599-7:2018 식 17,18

DIN V 18599-7	수축열 축냉계수 [f_{SP}]			빙축열 축냉계수 [f_{SP}]		
표 40	A,B,D	E	C,F	A,B,D	E	C,F
기상_시나리오대응 축냉	1.02	0.95	1.11	1.04	0.89	1.26
냉동기_시나리오대응 축냉	1.07	0.97	1.23	0.85	0.71	1.07
최대부하대응 축냉	1.02	0.95	1.11	1.03	0.88	1.25
중복이용 축냉	1.05	0.96	1.17	0.94	0.79	1.16
축냉탱크없음	1	1	1	1	1	1

$$SEER_{SP} = SEER \cdot f_{SP}$$

식 출처 DIN V 18599-7:2018 식 70

냉동기유형	제어유형	압축기유형	유형
공냉식냉동기	on/off제어	왕복동	A
	다단제어	왕복동	B
	on/off제어	스크롤	A
	다단제어	스크롤	B
	인버터제어	스크롤	F
	인버터제어	스크류	D
수냉식냉동기	인버터제어	터보	E
	on/off제어	왕복동	A
	다단제어	왕복동	B
	on/off제어	스크롤	A
	다단제어	스크롤	B
	인버터제어	스크류	D
인버터제어	터보	E	

표 출처 DIN V 18599-7:2018 표 22

◎ 부분 부하율 반영

1. 전기이용 압축기

$$Q_{C,f} = \frac{Q_{C,outg,a}}{EER \cdot PLV_{av}} \quad [35]$$

공조기, 실내존 동시 공급할 경우

$$PLV_{av,n} = \frac{Q_{C,outg,a,n} \cdot PLV_{C,av} + Q_{C^*,outg,a,n} \cdot PLV_{C^*,av}}{Q_{C,outg,a,n}} \quad [36]$$

식 출처 DIN V 18599-7:2018 식 35,36

2. 가스이용 압축기

$$Q_{C,f,gas} = \frac{Q_{C,out}}{PLV_{av,gas} \cdot EER_{gas}} \quad [44]$$

EER : 외기온도 보정한 냉방 성능[W/W]

PLV_{av} : 부분부하 효율 _ EN 16798-13

상세계산법 적용

Q_{C,outg,a,n} : 실내존에너지공급량 [kWh/mth]

Q_{C*,gen,a,n} : 공조기에너지공급량 [kWh/mth]

Q_{C,outg,a,n} : 총 냉방에너지 공급량 [kWh/mth]

Q_{C,f} : 냉방에너지 소요량 [kWh/mth]

Q_{C,f,gas} : 냉방에너지 소요량[kWh/mth]

PLV_{av,gas} : 부분부하효율 _ 표준값 0.95

EER_{gas} : 외기온도 보정 냉방성능 _ 표준값

1.05

출처 DIN V 18599-7:2018 식 44a

출처 DIN V 18599-7:2018 식 44b

3. 흡수식 냉동기

$$Q_{C,f} = \frac{Q_{C,outg,a}}{\zeta \cdot PLV_{av}} \quad [41]$$

식 출처 DIN V 18599-7:2018 식 41

ζ : 정격 냉방 성능[W/W]

PLV_{av} : 부분부하 효율 _ 0.95 적용

Q_{C,f} : 냉방에너지 소요량 [kWh/mth]

Q_{C,outg,a} : 흡수식 냉동기 에너지공급량 [kWh/mth]

◎ 참고 서적 및 사이트

1. EN 16798-13 Part 13: Module M4-8 – Calculation of cooling systems – Generation
2. DIN V 18599 Part7: Final energy demand of air-handling and air-conditioning systems for non-residential buildings

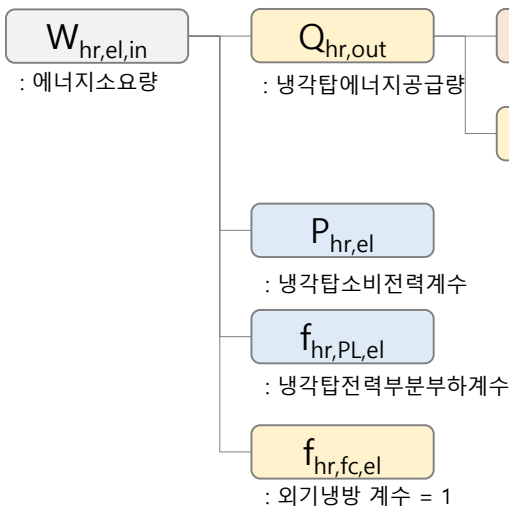
4 보조설비 에너지소요량 계산

◎ 냉각탑 에너지소요량

input output 계산값 input 표준값 input 용도프로필/기후데이터

$$W_{hr;el;in} = Q_{hr;out} \cdot p_{hr;el} \cdot f_{hr;PL;el} \cdot f_{hr;fc;el} \quad \text{공랭식} = 0, \text{ 수냉식/흡수식에 적용함}$$

출처 EN 16798-13:2017 식 58



$$Q_{hr,out} = Q_{C;gen,in} \left(1 + \frac{1}{EER_n f_{C;PL,k} f_{EER;corr}} \right)$$

출처 EN 16798-13:2017 식 45

EN 16798-13 표 B.9 냉각탑 소비전력계수[kW/kW] 표준값

냉각탑유형	개방형 습식	밀폐형 습식	건식
축류형 팬	0.033	0.018	0.045
시로코 팬	0.040	0.021	-

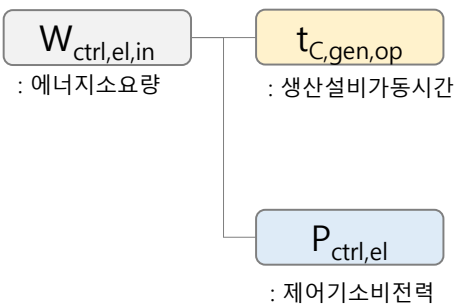
EN 16798-13 표 B.17 냉각탑 전력부분부하계수 표준값

냉각탑유형	재어없음	항온온도	가변온도
건식	1	0.1	0.45
습식	1	0.1	0.8

◎ 제어기 에너지소요량

input output 계산값 input 표준값 input 용도프로필/기후데이터

: 펌프의 효율을 고려한 실제 소비전력



실외기12kW: 대기전력 입력 [3~5W]

공냉식,수냉식,지열히트펌프, 흡수식 인 경우

Symbol	Unit	Value
P _{el;Ctrl,i}	kW	0,1

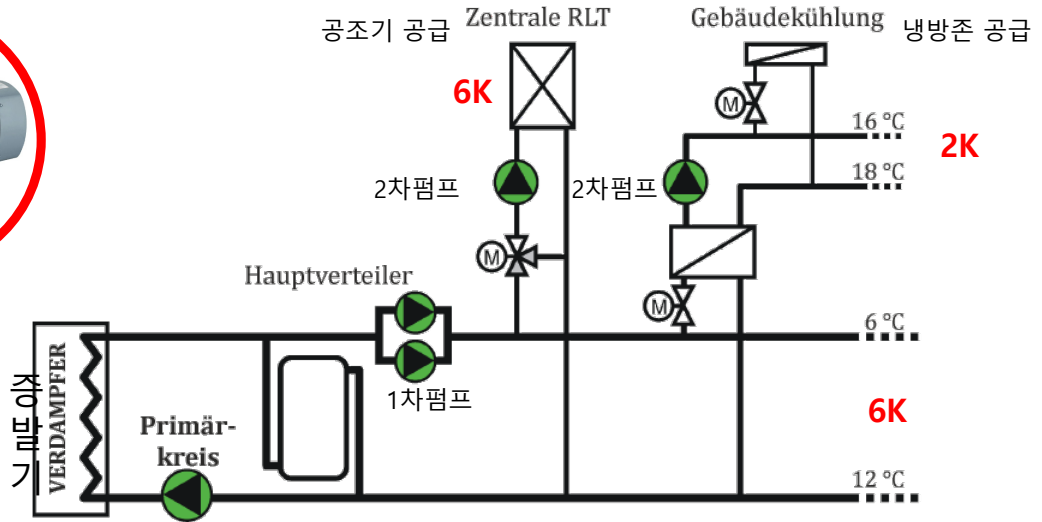
출처 EN 16798-13 표 B.5

$$W_{ctrl;el;in} = t_{C;gen;op} \sum_j P_{ctrl;el;j} \quad [59]$$

출처 EN 16798-13

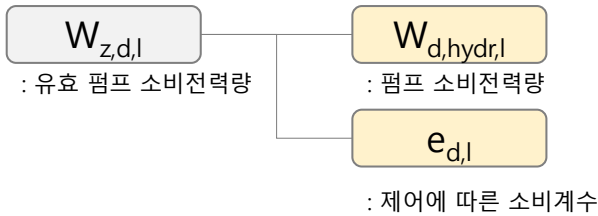
◎ 분배 에너지소요량

- 1차 펌프 : 순환형 냉수 공급망
 - 설치 위치 : RCW 생산설비 가까이에 설치됨
- 2차 펌프 : 1차측 펌프를 통해 공급되는 냉수를 공급설비(공조기, 냉방존)에 별도 펌프를 통해 온도를 조절하여 분배



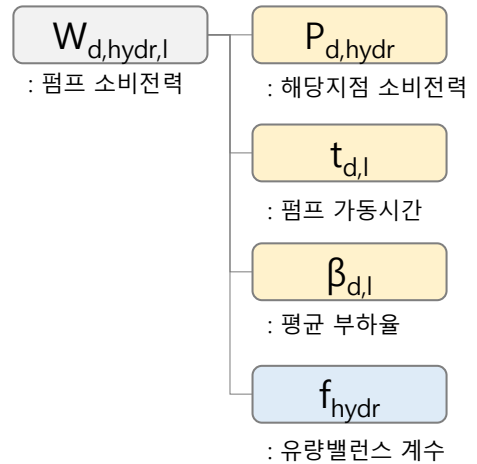
출처 DIN V 18599-7 D

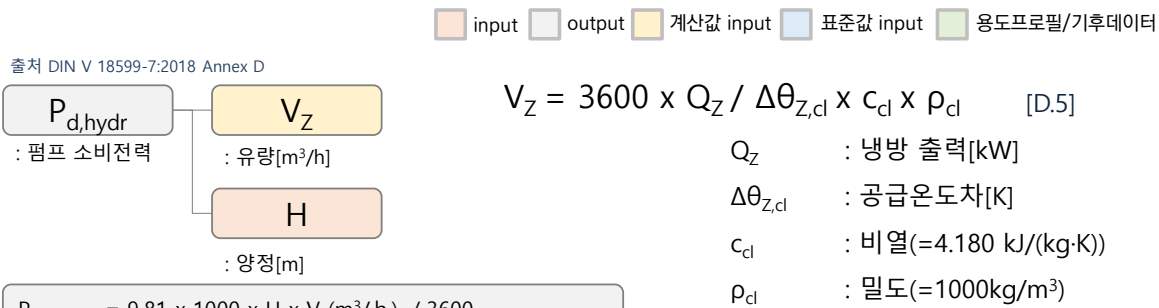
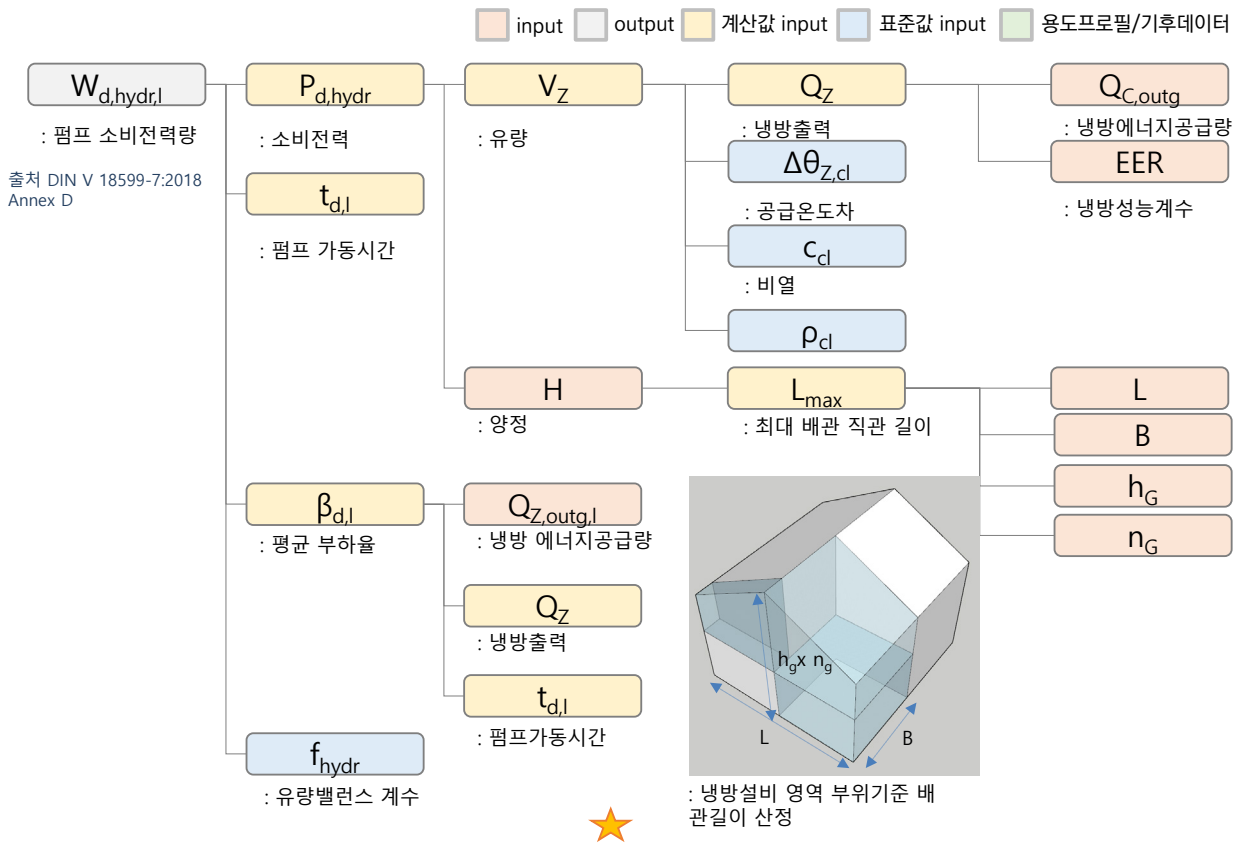
input output 계산값 input 표준값 input 용도프로필/기후데이터



$$W_{d,hydr,l} = P_{d,hydr} / 1000 \times t_{d,l} \times \beta_{d,l} \times f_{hydr} \quad [D.3]$$

- $P_{d,hydr}$: 해당지점에서의 소비전력[W]
- $t_{d,l}$: 펌프가동시간[h]
- $\beta_{d,l}$: 평균부하율
- f_{hydr} : 유량밸런스 계수





$$V_Z = 3600 \times Q_Z / \Delta\theta_{Z,cl} \times c_{cl} \times \rho_{cl} \quad [D.5]$$

- Q_Z : 냉방 출력[kW]
- $\Delta\theta_{Z,cl}$: 공급온도차[K]
- c_{cl} : 비열(=4.180 kJ/(kg·K))
- ρ_{cl} : 밀도(=1000kg/m³)

$$P_{d,h \times ydr} = 9.81 \times 1000 \times H \times V_Z(m^3/h) / 3600$$

$$H \text{ 양정[m]} = \text{배관 직관길이} \times 0.25kPa \times (1+0.3)$$

배관 직관길이 구하는 방법

L	분배부분 건물길이	[m]
B	분배영역 건물폭	[m]
h _G	층고	[m]
n _G	층수	[-]

$$L_{max} = 2x(L+B/2+ h_{Gx}n_G + 10)$$

DIN V 18599-7 식.D.7

펌프공급온도차	온도차[Δθ _{Z,cl}]
1차펌프	6
공조기	6
2차 냉방존	2

표 출처 DIN V 18599-7 D.6

$$Q_Z = Q_{C,outg} \times (1 + 1/EER_{prod}) [D.6]$$

$Q_{C,outg}$: 냉방에너지공급량[kWh/mth]

EER_{prod} : 냉방정격성능

input output 계산값 input 표준값 input 용도프로필/기후데이터

$t_{d,l}$

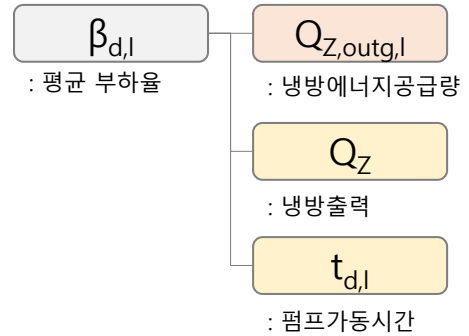
표 출처 DIN V 18599-7:2018 표 40

: 펌프 가동시간

- 공조기와 펌프의 사용시간은 기본적으로 냉방생산설비의 작동시간과 같음
- 따라서 각 냉방존/공조기에 대한 이용시간을 반영하여 산정함 ($t_{di} = t_{c*,op} t_{c,op}$)
- DIN V 18599-2의 Annex D의 냉방시간을 반영함

$$\beta_{d,l} = Q_{Z,outg,l} / (Q_Z * t_{d,l}) \quad [D.10]$$

Q_Z : 냉방출력[kW]
 $Q_{Z,outg,l}$: 냉방에너지공급량[kWh/mth]
 $t_{d,l}$: 펌프가동시간[h]



input output 계산값 input 표준값 input 용도프로필/기후데이터

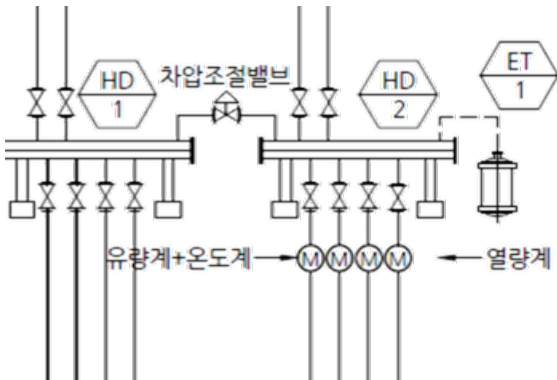
f_{hydr}

표 출처 DIN V 18599-7:2018 표 40

: 유량밸런스 계수

- : 유량밸런스가 있는경우 $f_{hydr} = 1$
- : 유량밸런스가 없는경우 $f_{hydr} = 1.25$

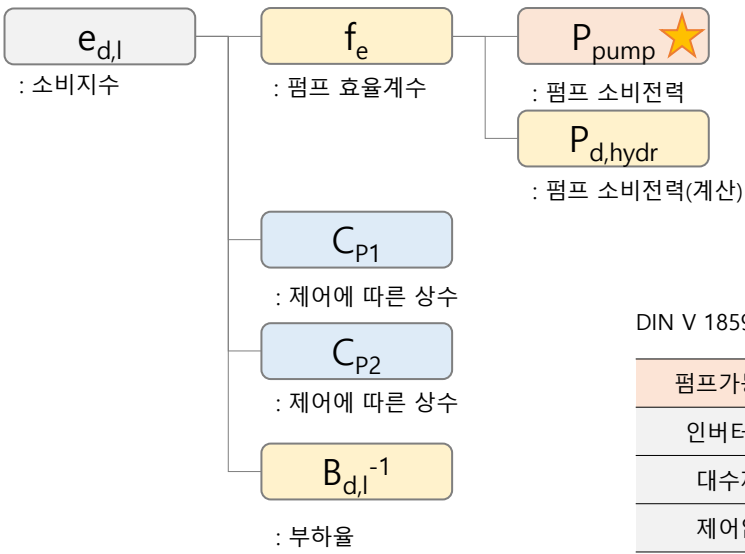
[D.2.6]



: 분배기에 차압조절밸브: 유량밸런스가 있음

표 출처 DIN V 18599-7:2018 표 40

input output 계산값 input 표준값 input 용도프로필/기후데이터



: 펌프의 효율을 고려한 실제 소비전력

$$f_e = \frac{P_{Pumpe}}{P_{d,hydr}} \quad [D.13]$$

DIN V 18599-7 D.3.2.2/D.5

펌프가동방식	CP1	CP2
인버터제어	0.85	0.15
대수제어	0.85	0.15
제어없음	0.25	0.75

$$e_{d,l} = f_e \cdot (C_{p1} + C_{p2} \cdot \beta_{d,l}^{-1}) \quad [D.12]$$

◎ 참고 서적 및 사이트

1. EN 16798-13 Part 13: Module M4-8 – Calculation of cooling systems – Generation
2. DIN V 18599 Part7: Final energy demand of air-handling and air-conditioning systems for non-residential buildings

C.4

팬, 펌프에너지소요량 해석

교육 목표

팬, 펌프 에너지소요량 해석

- * 난방용 펌프, 급탕용 펌프의 에너지소요량 계산을 할 수 있다.
- * 열회수환기, 공조기에 적용되는 팬 에너지소요량 계산을 할 수 있다.
- * 가습 관련 에너지 소요량을 이해한다.

1 난방용 펌프 에너지소요량

◎ 펌프 에너지소요량


- 펌프에너지소요량($W_{h,d}$)은 월별 팬 에너지요구량에 펌프 운영(제어방식, 적정 설치 용량)을 고려하여 계산함

input
 output
 계산값 input
 표준값 input
 용도프로필/기후데이터


$$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \times e_{h,d,aux} \quad <DIN 18599-5:2018 식55>$$



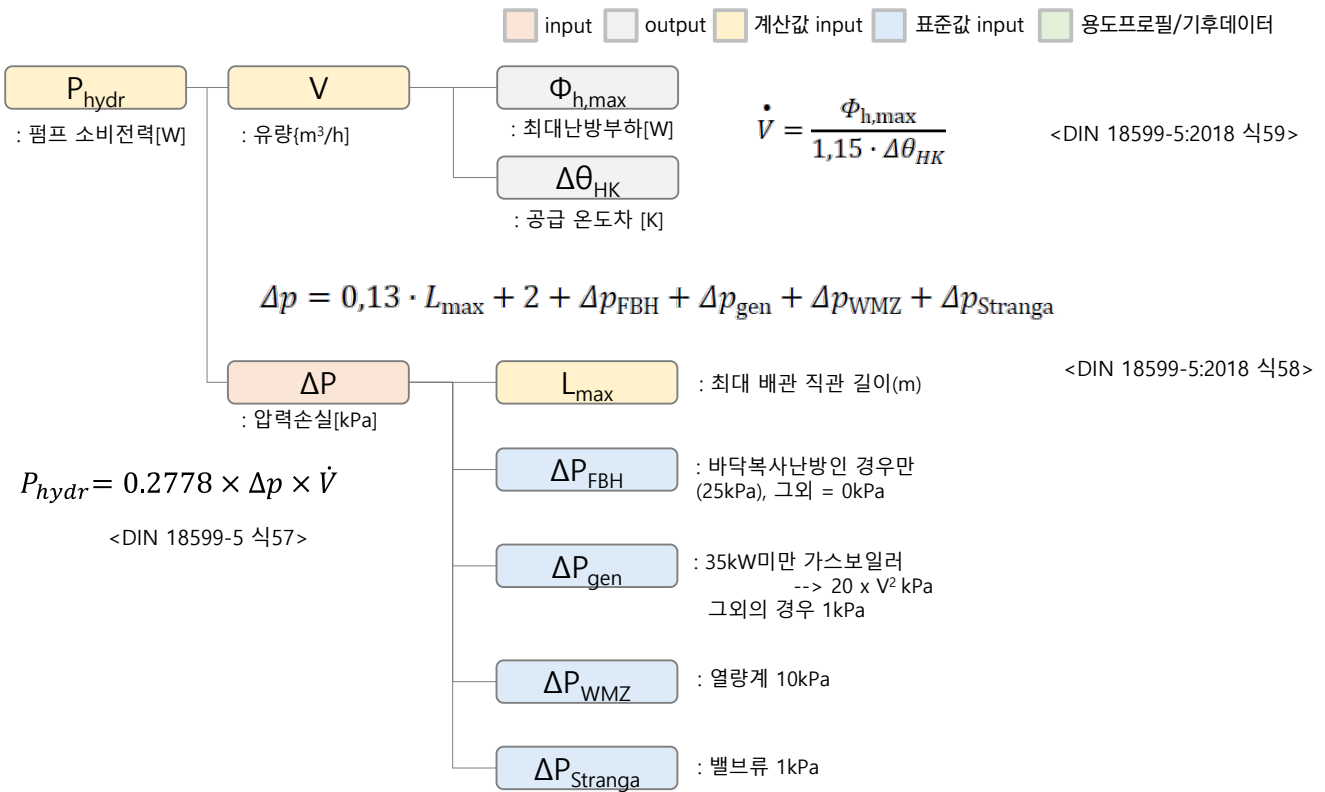
$$W_{h,d,hydr} = \frac{p_{hydr}}{1000} \times \beta_{h,d} \times (t_h \times f_{d,PM}) \times f_{sch} \quad <DIN 18599-5:2018 식56>$$



펌프 내장형
 보일러가동: 외기온도 조건 ($f_{d,PM} = 0.75$)
 보일러가동: 실내온도 조건 ($f_{d,PM} = 0.45$)



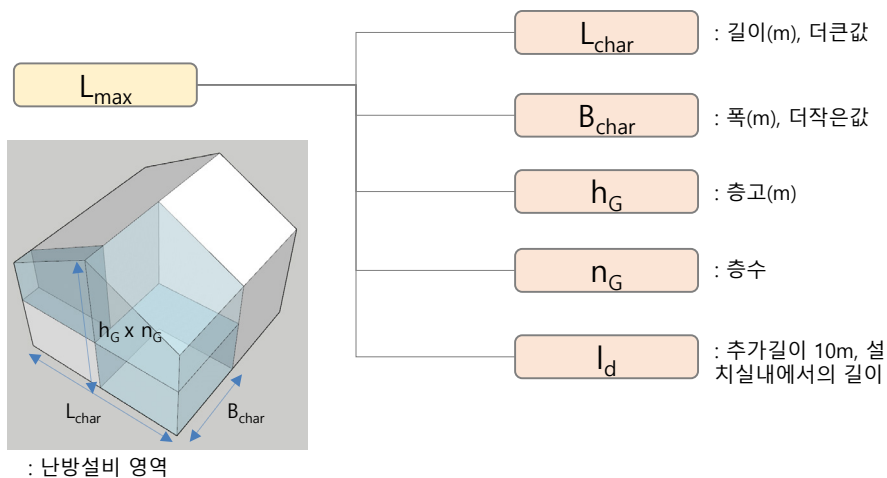
펌프 외장형 ($f_{d,PM} = 1$)



input
output
계산값 input
표준값 input
용도프로필/기후데이터

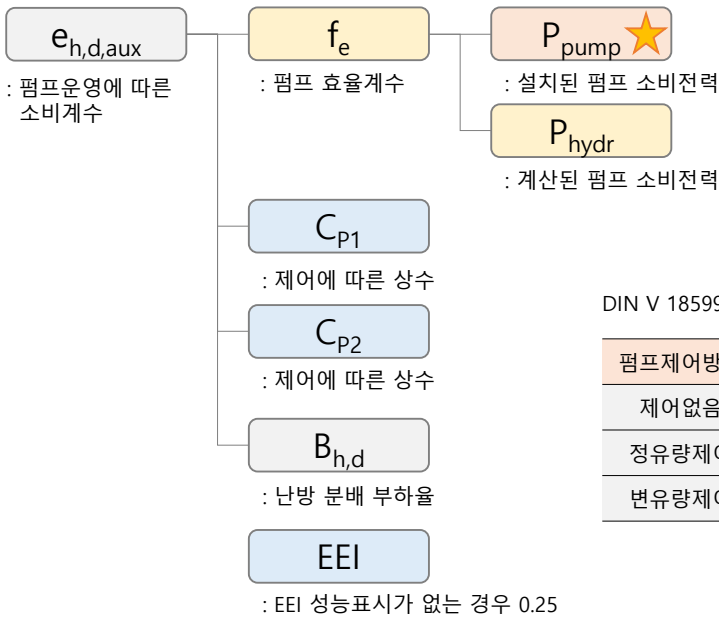
• 펌프의 양정을 산정하기위한 배관 최대 길이 산정 방법

$$L_{max} = 2 \cdot \left(L_{char} + \frac{B_{char}}{2} + n_G \cdot h_G + l_d \right) \quad <DIN 18599-5:2018 식60>$$



: 최대 배관 직관 길이(m)

input
output
계산값 input
표준값 input
용도프로필/기후데이터



$$f_e = \frac{P_{Pumpe}}{P_{d,hydr}} \quad \text{<DIN 18599-5:2018 식62>}$$

DIN V 18599-5:2018 표 28

펌프제어방식	CP1	CP2
제어없음	0.25	0.75
정유량제어	0.75	0.25
변유량제어	0.90	0.10

$$e_{h,d,aux} = f_e \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{h,d}^{-1}) \cdot \frac{EEI}{0,25} \quad \text{<DIN 18599-5:2018 식61>}$$

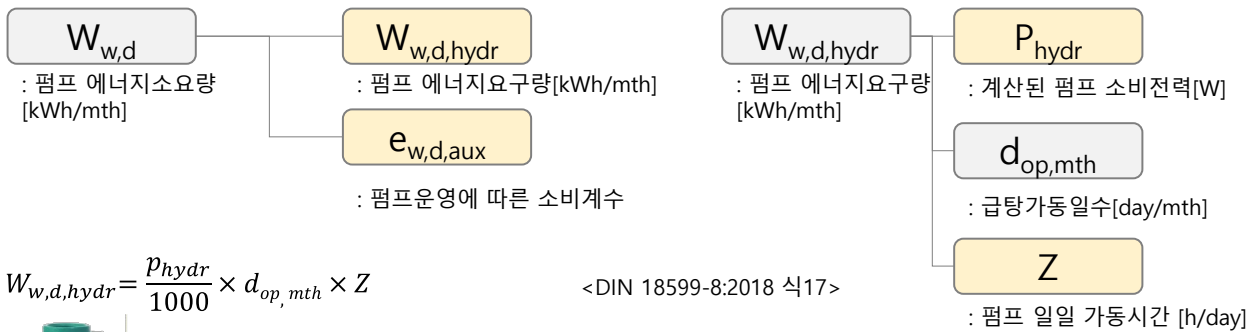
2 급탕용 펌프 에너지소요량

◎ 펌프 에너지소요량(순환펌프)

- 펌프에너지소요량($W_{h,d}$)은 월별 팬 에너지요구량에 펌프 운영(제어방식, 적정 설치 용량)을 고려하여 계산함
- 개별형 급탕 설비에는 순환펌프가 없음: 펌프에너지소요량 없음, 중앙식 순환공급방식일 경우 고려됨

$$W_{w,d} = W_{w,d,hydr} \times e_{w,d,aux}$$

<DIN 18599-8:2018 식16>



$$W_{w,d,hydr} = \frac{P_{hydr}}{1000} \times d_{op,mth} \times Z$$

<DIN 18599-8:2018 식17>

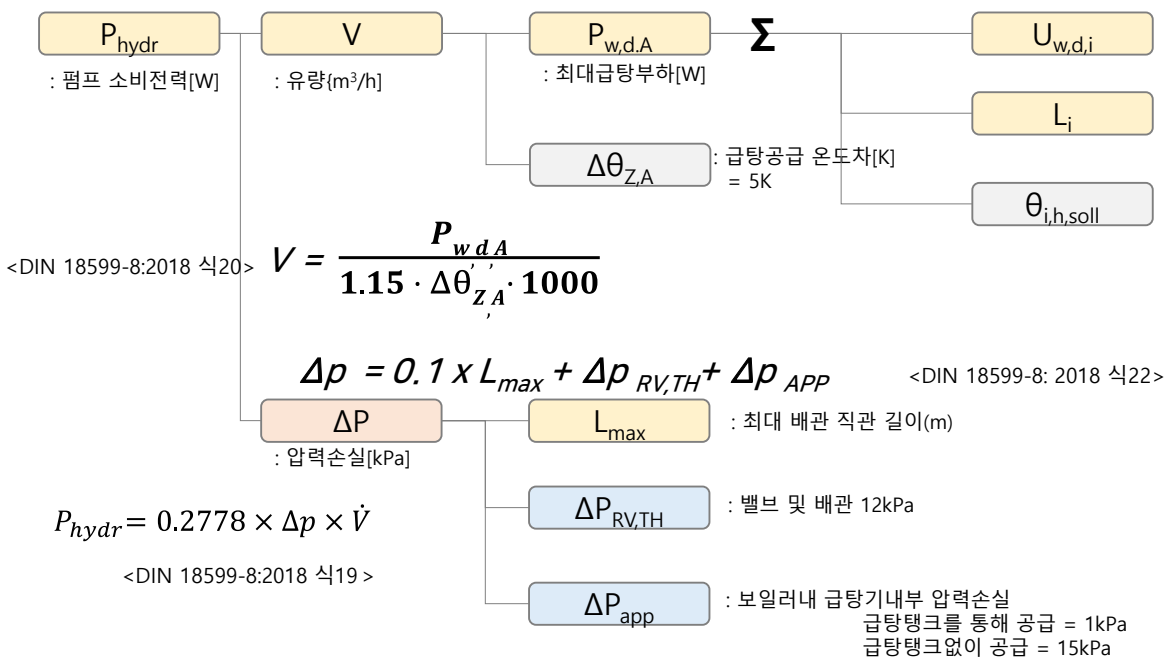


input output 계산값 input 표준값 input 용도프로필/기후데이터

input output 계산값 input 표준값 input 용도프로필/기후데이터

$$P_{w,d,A} = \sum U_{w,d,i} \cdot L_i \cdot (57.5 - \theta_{i,h,soll})$$

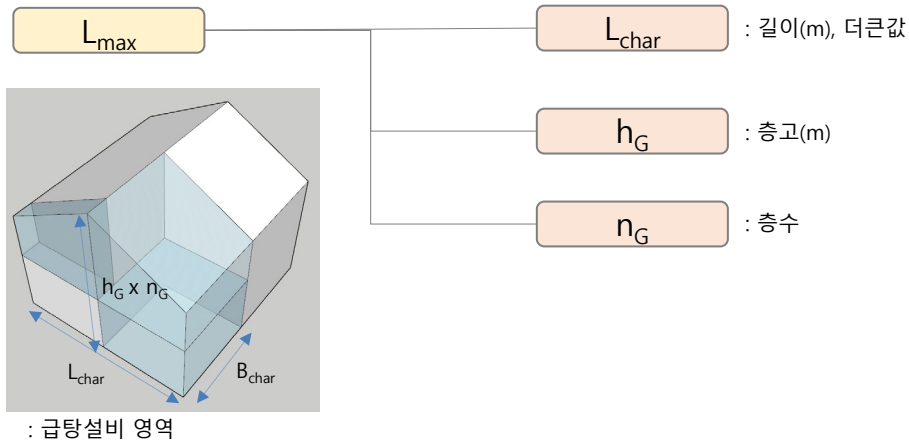
<DIN 18599-8: 2018 식21>



input output 계산값 input 표준값 input 용도프로필/기후데이터

- 펌프의 양정을 산정하기위한 배관 최대 길이 산정 방법

$$L_{max} = 2 \times (L_{char} + 2.5 + n_G \times h_G) \quad <DIN 18599-8:2018 식18>$$



input output 계산값 input 표준값 input 용도프로필/기후데이터

- 펌프 일일 가동 시간(Z) 산정 방법

1. 비주거 건물

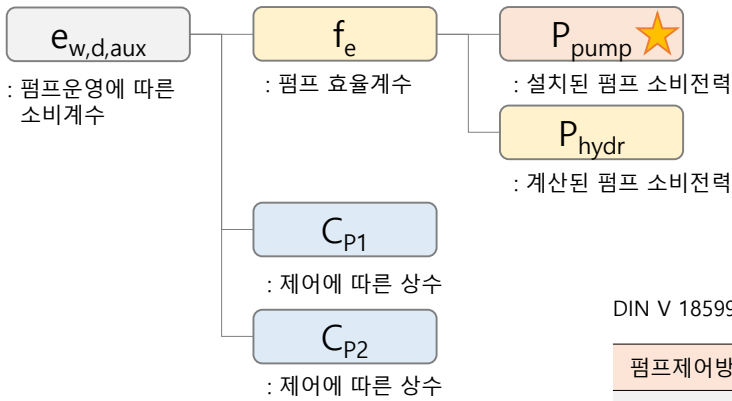


2. 주거 건물

$$z = 10 + \frac{1}{0,07 + \frac{50}{A_{NGF}}} \quad <DIN 18599-8:2018 식18>$$



input
output
계산값 input
표준값 input
용도프로필/기후데이터



$$f_e = \frac{P_{\text{pumpe}}}{P_{\text{d,hydr}}} \quad \text{<DIN 18599-8:2018 식24>}$$

DIN V 18599-8:2018 표 11

펌프제어방식	CP1	CP2
제어없음	0.25	0.94
제어있음	0.50	0.63

$$e_{w,d,aux} = f_e \cdot (C_{p1} + C_{p2}) \quad \text{<DIN 18599-8:2018 식24>}$$

◎ 참고 서적 및 사이트

1. EN 16798-5-1: Part 5-1: Calculation methods for energy requirements of ventilation and air conditioning systems (Modules M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8) – Method 1: Distribution and generation
2. EN 16798-5-1: Part 5-2: Calculation methods for energy requirements of ventilation systems (Modules M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8) – Method 2: Distribution and generation

3 팬 에너지소요량

◎ 송풍기 정보

송풍기(공급환/반환환)						필터	
형식	수량	공조풍량	정압	동력	효율		
		CMH	Pa	kW	%	PRE	MEDIUM
EC Fan	1	5,400	798	2.5x1	69.7		
EC Fan	1	5,400	293	1.9x1	58.1	○	○
EC Fan	1	8,300	847	4.4x1	70.2	○	○
EC Fan	1	8,300	333	1.74x1	64.7	○	○
EC Fan	1	18,400	889	4.4x2	69.9	○	○
EC Fan	1	18,400	366	2.9x2	64.0	○	○

$$\eta_{fan} = [5,400 / 3,600 \times 798] / 2,500W = 0.48$$

$$P_{mains} = \frac{q_v \cdot \Delta p_{tot}}{\eta_{tot}} = \frac{q_v \cdot \Delta p_{stat}}{\eta_{stat}} \quad [2]$$

EN 16798-3:2017 식2 공조기팬 소비전력

P_{mains} : 팬 소비전력 [W]

q_v : 풍량 [m³/s]

Δp_{tot} : 공급망의 총압력손실 [Pa]

η_{tot} : 급기팬, 모터 및 제어 포함 유효 효율

- EN 16798-5-2 표B.13 공조기 팬효율 표준값

Type of fan	팬효율 η_{fan}
AC 팬	0.20
DC 팬	0.26
EC 팬	0.35

◎ 팬 성능 및 효율



$\eta = 0,5 - 0,6$



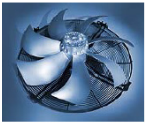
$\eta = 0,6 - 0,7$

Fan system efficiency

The overall efficiency η_{fan} is based on the efficiencies of the single components (impeller, motor, belt drive, speed control, etc.)

$$\eta_{fan} = \eta_{impeller} \cdot \eta_{motor} \cdot \eta_{drive} \cdot \eta_{control}$$

EN 16798-3:2017 식3 공조기팬 유효 효율 (3)



$\eta = 0,7 - 0,75$



$\eta = 0,75 - 0,8$

$\eta_{impeller}$ impeller efficiency

η_{Motor} Motor efficiency

η_{Drive} Drive efficiency e. g. belt drive

$\eta_{Control}$ Speed control efficiency e. g. frequency inverter

Spaltpolmotor



$\eta = 15-30\%$

AC-Außenläufermotor



η 1 Ph= 60-70%
 η 3 Ph= 70-80%

AC-Normmotor



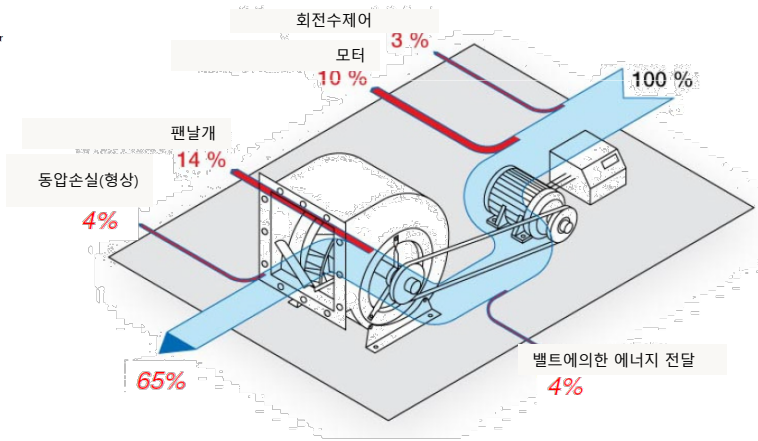
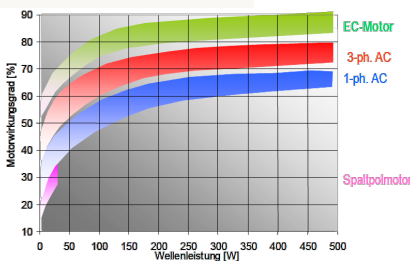
$\eta = 70-80\%$

EC-Außenläufermotor

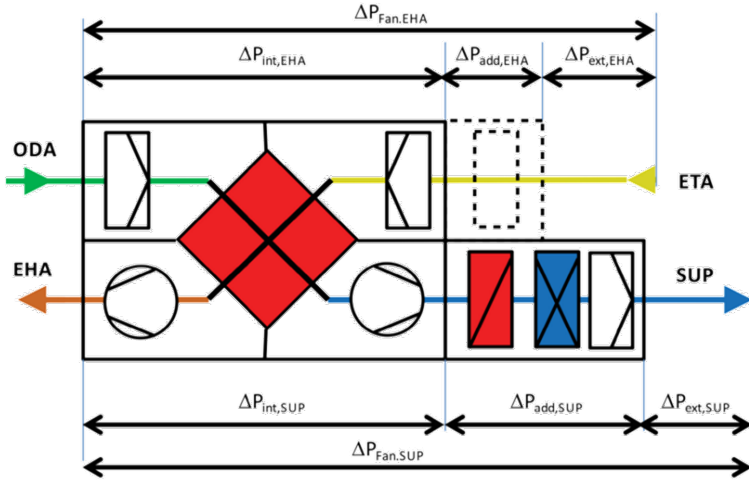


$\eta = 84-90\%$

모터 효율 비교



◎ 팬 소비전력 계산



EN 16798-3 그림3 팬 성능 계산을 위한 정압손실범위

$$P_{SFP} = \frac{\Delta p_{int,tot}}{\eta_{tot}} + \frac{\Delta p_{add,tot}}{\eta_{tot}} + \frac{\Delta p_{ext,tot}}{\eta_{tot}} = \frac{\Delta p_{int,stat}}{\eta_{stat}} + \frac{\Delta p_{add,stat}}{\eta_{stat}} + \frac{\Delta p_{ext,stat}}{\eta_{stat}}$$

팬 등급	PSFP(W/(m³/s))	W/CMH
SFP 0	<300	0.08
SFP 1	≤500	0.14
SFP 2	≤750	0.21
SFP 3	≤1250	0.35
SFP 4	≤2000	0.56
SFP 5	≤3000	0.83
SFP 6	≤4500	1.25
SFP 7	>4500	1.25

EN 16798-3 표14 등급별 팬소비전력

Table 15 — Extended P_{SFP} for additional components

Component	P _{SFP} in (W/(m³/s))
Additional mechanical filter stage ^a	+ 300
HEPA Filter according to EN 1822-3	+ 1 000
Gas Filter	+ 300
Heat recovery class H2 or H1 ^b	+ 300

^a a second filter (first filter min. F7 for supply or M5 for exhaust) is the additional filter stage.
^b Class H2 or H1 according to EN 13053:2006+A1:2011.

EN 16798-3 표15 필터 적용에 따른 추가 정압 손실

팬 표준값 작성			
열회수기유무	있음		
팬선택	EC팬	0.35	효율
필터	일반(F7/M5)	0	
풍량	급기	1200	CMH
	배기	1200	CMH
소비전력	급기	0.7	kW
	배기	0.4	kW
정압	급기	700	Pa
	배기	437.5	Pa

- 헤파필터 적용시 +700Pa 적용함
- 열회수기 유무, 필터성능 및 풍량을 바탕으로 소비 전력 산정
- 소비전력, 팬효율 및 풍량을 바탕으로 정압차를 산정

열회수기포함공조기		열회수기없는공조기	
급기팬	배기팬	급기팬	배기팬
SFP 4	SFP 3	SFP 3	SFP 2
2,000W/CMS	1,250W/CMS	1,250W/CMS	750W/CMS

◎ 팬 에너지소요량 계산

$$E_{V;gen;fan} = \sum_m \left[\sum_V t_{V;k} \cdot \left(SPI + \frac{2,78 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{m^3/h}{m^3/s} \cdot \frac{kW}{W} \Delta p_{defrost}}{\eta_{fan}} \right) \cdot q_{V;SUP;dis;max} \cdot f_{flow,ctrl}^x \right] \quad (31b)$$

<EN 16798-5-2 식31b>

$E_{V;gen;fan}$: 팬 에너지소요량 [kWh/mth]

$t_{V;k}$: 팬 가동 시간 [h/mth]

SPI : 풍량당 팬소비전력 [kW/(m³/h)]

$q_{V;sup,dis,max}$: 누기율 반영 급기 풍량[m³/h]

$\Delta p_{defrost}$: 예열기 이용시 압 손실 [Pa]

η_{fan} : 팬 유효 효율

$f_{flow,ctrl}$: 풍량 제어 계수

x : 팬 제어 계수

풍량제어 유형	풍량 제어 계수 $f_{flow,ctrl}$
제어없음, 수동제어	1.00
시간제어	0.95
중앙식 실내공기질 제어	0.85
개별식 실내공기질 제어	0.65

EN 16798-5-2 표B.14 풍량제어 계수

팬 제어 유형	팬 제어 계수 χ
on/off	1.0
2단계제어	1.2
3단계제어	1.5
인버터제어	2.0

EN 16798-5-2 표B.15 모터제어 계수

예열기 유형	팬 제어 계수 ΔP_{frost}
지중열	20Pa
전기히터기	10Pa
온수배관	20Pa
브라인배관	40Pa

EN 16798-5-2 표B.12 예열기 압력손실

4 가습기 에너지소요량

◎ 가습기 종류

가습기 종류	제어	소비전력 [$P_{el,HU,des}$] kWh/m ³	공급유량 [$q_{m,w,HU,des}$] kg/h
Contact 수방식(접촉형)	none	0.01	제품 정보값
ROT_SPRAY 수방식(회전분사형)	none	0.20	
	on-off 제어	0.20	
	회전수제어	0.20	
HI_PRES 수방식(고압분사형)	회전수제어	0.04	
HYBRID 수방식(하이브리드)	on-off 제어	0.02	
STEAM_스팀형	none	-	-
ETC 기타	none	-	-



수방식



하이브리드

◎ 가습기 에너지소요량 (EHU;gen;in;cr)

- 증기인 경우

$$E_{HU;gen;in;cr} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a r_w \cdot (x_{SUP;HU} - x_{SUP;C}) \cdot t_{ci} \quad <EN 16798-5-1 식82a>$$

- 그 외의 경우

$$E_{HU;gen;in;cr} = 0 \quad <EN 16798-5-1 식82b>$$

- 필요한 수증기량(유량)

$$m_{w;HU} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot (x_{SUP;HU} - x_{SUP;C}) \cdot t_{ci} \quad <EN 16798-5-1 식83>$$

$q_{V;SUP;ahu}$: 누기울 반영 급기 풍량 [m³/h]

$x_{SUP;HU}$: 혼합공기 절대습도 [kg/kg']

$x_{SUP;C}$: 급기 절대습도 [kg/kg']

t_{ci} : 가습기 가동시간[h]

<EN 16798-5-2 표 9>

이름	기호	단위	값
공기 밀도	ρ_a	kg/m ³	1.2
수증기 증발열	r_w	kWh/kg	0.68

◎ 가습기 보조설비 에너지소요량 (W_{HU,aux})

- 증기인 경우

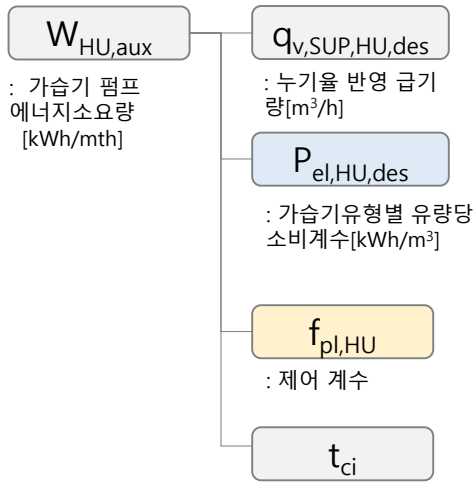
$$W_{HU,aux} = 0$$

<EN 16798-5-1 식92a>

- 그 외의 경우

$$W_{HU,aux} = q_{V,SUP,HU,des} \cdot p_{el,HU,des} \cdot f_{pl,HU} \cdot t_{ci}$$

<EN 16798-5-1 식92b>



<EN 16798-5-1 표 B.10>

가습기유형		P _{el,HU,des}	단위
분무형	접촉형	0.01	kWh/m ³
	제어없음	0.20	
	ON/OFF제어	0.20	
	인버터	0.20	
고압분사형		0.04	
접촉+분무형		0.02	

f_{pl,HU}
: 제어 계수

— If HUM_CTRL = NO_CTRL:

$$f_{pl,HU} = 1$$

— else If HUM_CTRL = ON_OFF

$$f_{pl,HU} = \frac{q_{V,SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot (X_{SUP;HU} - X_{SUP;C})}{q_{m,w;HU,des}}$$

<EN 16798-5-1 식93b>

— else If HUM_CTRL = SPEED

$$f_{pl,HU} = \left[\frac{q_{V,SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot (X_{SUP;HU} - X_{SUP;C})}{q_{m,w;HU,des}} \right]^{2,5}$$

<EN 16798-5-1 식93c>

- q_{V,SUP,ahu} : 누기울을 반영한 급기풍량 [m³/h]
- ρ_a : 공기 밀도 1.2 kg/m³
- X_{SUP,HU} : 혼합공기의 절대 습도 [kg/kg']
- X_{SUP,C} : 급기의 절대습도 [kg/kg']
- q_{m,w,HU,des} : 수증기 유량 [kg/h]

◎ 참고 서적 및 사이트

1. EN 16798-5-1: Part 5-1: Calculation methods for energy requirements of ventilation and air conditioning systems (Modules M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8) – Method 1: Distribution and generation
2. EN 16798-5-1: Part 5-2: Calculation methods for energy requirements of ventilation systems (Modules M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8) – Method 2: Distribution and generation

2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육

알고리즘 실무교육



ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS

PART D

ZEB 에너지소요량

[D.1]

태양열, 보일러 소요량 해석

태양열 시스템 원리 및 종류
태양열 급탕 계산 알고리즘
보일러 및 급탕 계산 알고리즘

[D.2]

냉방 생산설비 에너지소요량 해석

냉방에너지소요량
실외기
공냉식냉동기
수냉식냉동기

[D.3]

히트펌프 소요량 해석

히트펌프 성능 및 온도 등급
히트펌프 에너지소요량
하이브리드/가스 히트펌프 및 성능

[D.4]

공조기요구량 (풍량, 급기온도) 해석

용어 및 정의
공조에너지요구량
풍량검토
덕트 열전달과 온도차
열회수기 온도차
혼합챔버 온도차
예열 및 예냉 검토

[D.5]

신재생에너지 생산량 해석

태양광 시스템 (EN 15316-4-3)
풍력 시스템 (EN 15316-4-10)

D.1

태양열, 보일러 소요량 해석

교육 목표

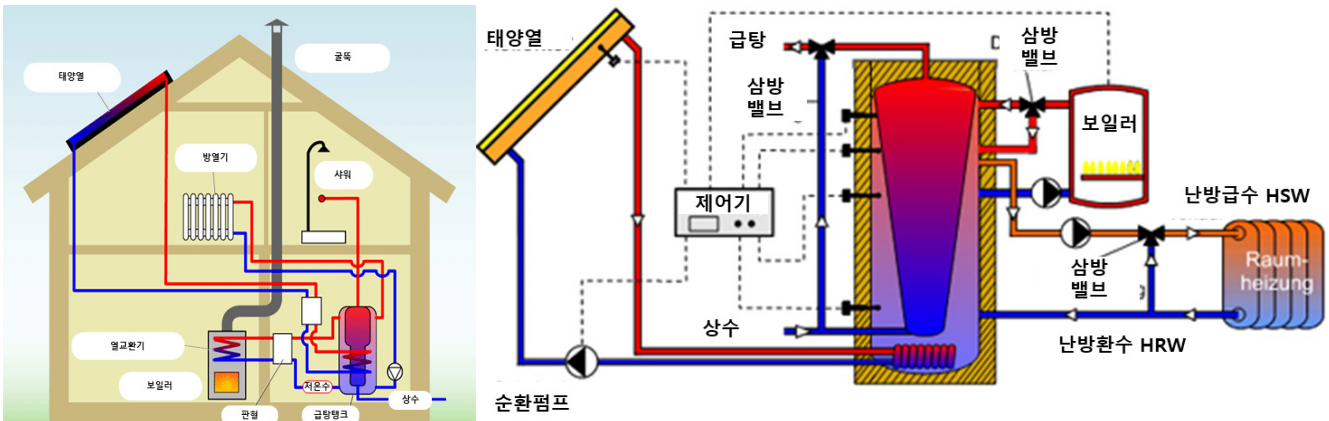
태양열, 보일러 소요량 해석

- * 태양열 시스템의 구성과 원리를 이해
- * 태양열 집열기의 효율 계산 방법 이해
- * 태양열 시스템의 구성 요소별 입력 값 이해
- * 태양열 급탕 소요량 계산 알고리즘의 이해
- * 보일러 구성 및 계산 알고리즘의 이해
- * 급탕 소요량의 전체적인 계산 흐름을 이해

1 태양열 시스템 원리 및 종류

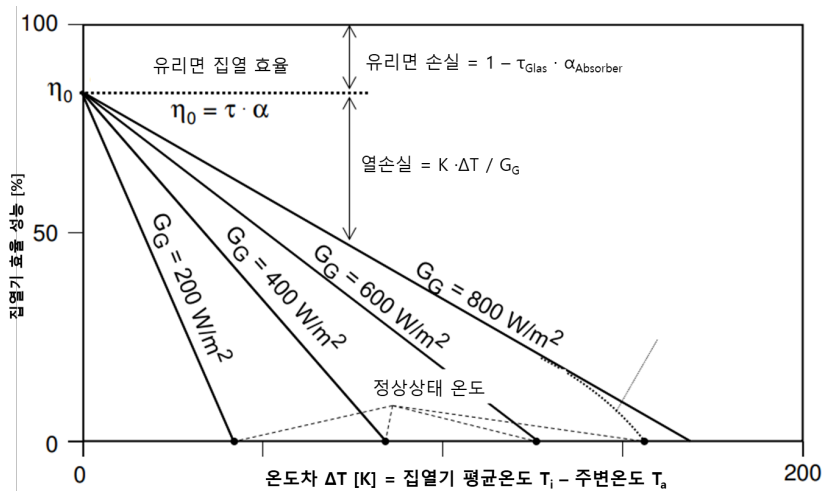
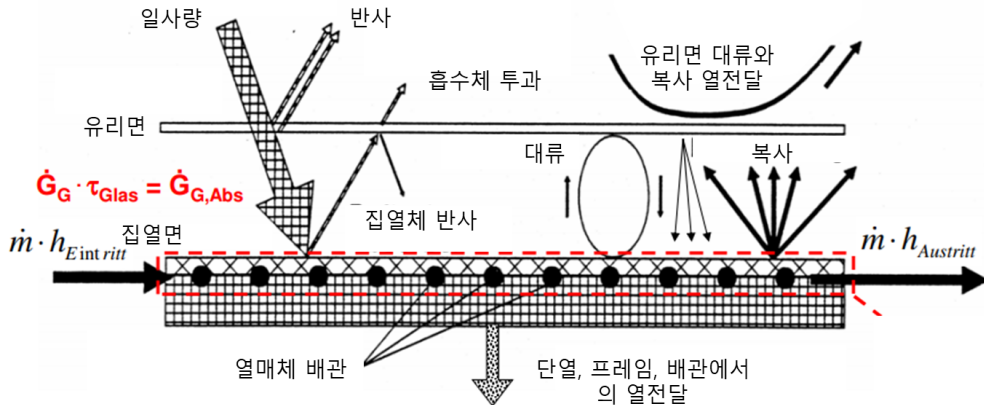
☉ Water pump & Heat pump

- 난방 및 급탕 목적의 태양열 시스템
- 국내에서는 주로 급탕으로 사용
- 온수탱크의 필요성 - 열생산의 간헐성



◎ 집열기와 효율

- 손실 - 투과손실, 대류손실, 복사손실, 제품기밀 및 열교
- 커버 유리의 필요성 (대류 손실 감소)
- 순환 유체 - 제어 필요

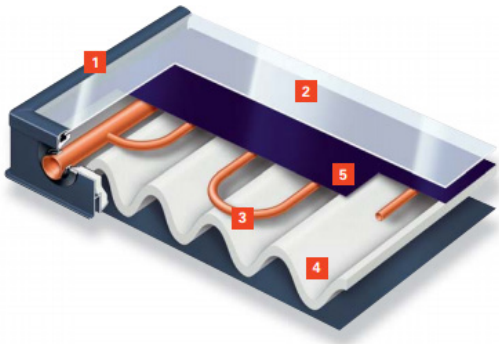


$$\eta = \eta_0 \cdot K_{hem(50^\circ)} - k_1 \cdot \frac{(\theta_{k,mth} - \theta_e)}{q_{sol,HN}} - k_2 \cdot \frac{(\theta_{k,mth} - \theta_e)^2}{q_{sol,HN}}$$

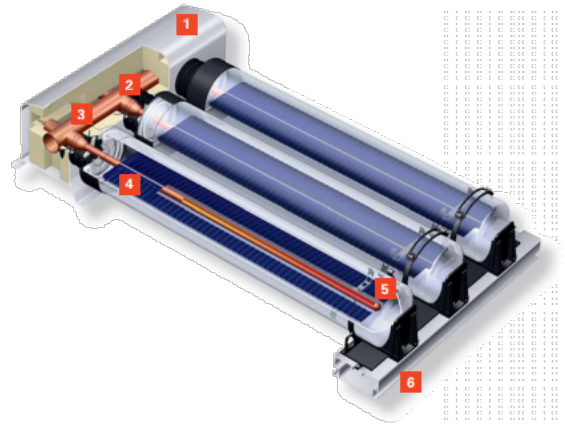
- η₀ : 공칭 효율(표준치 또는 제품값)
- K_{hem(50°)} : 50°의 입사각(표준치 또는 제품값)
- k₁ : 1차열손실계수, W/m²·K (표준치 또는 제품값)
- k₂ : 2차열손실계수, W/m²·K² (표준치 또는 제품값)
- θ_{k,mth} : 월평균 집열기 온도[°C]
- θ_e : 외기온도[°C]
- q_{sol,HN} : 단위면적당 시간별 평균 일사량 [W/m²]

- 기준 설치각에서의 공칭효율에서 일사량과 온도차에 따른 손실 고려한 값
- 일사량이 클수록, 온도차가 작을수록 효율우수
- 공칭 값은 크게, 손실 계수는 작게 태양열 집열기 제작

◎ 평판형 vs 진공관형 집열기

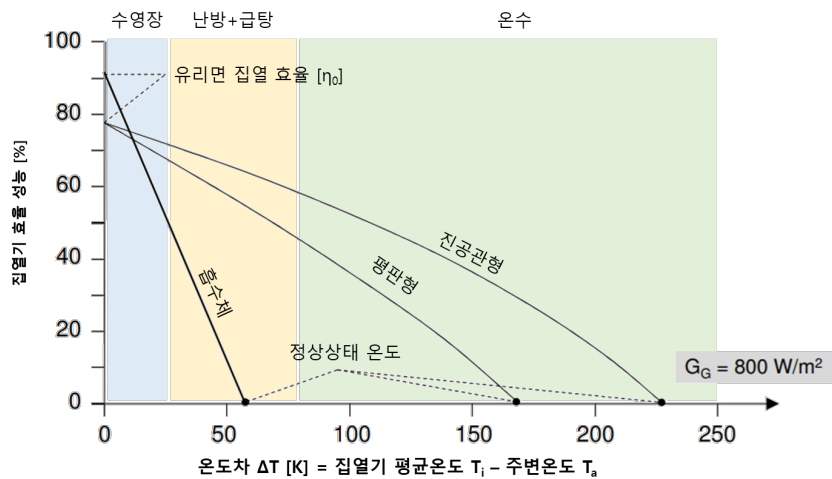


- 알루미늄프레임
- 저반사 열강화 유리
- 멘델폼 배관 흡수체
- 고단열



- 대류 열손실 감소
- 고단열 프레임
- 건식연결방식으로 에너지매체와 태양열 매체 간접식 열교환
- 각도 조절 흡수체
- 예) 히트파이프

◎ 집열기 종류와 효율

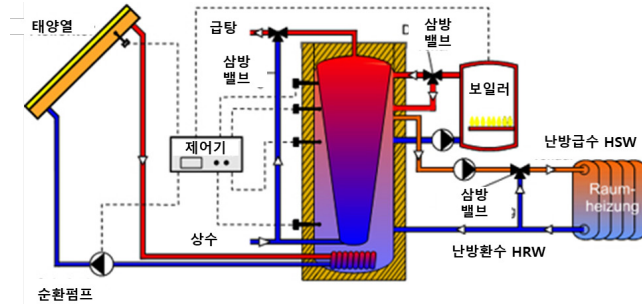


◎ 참고 서적 및 사이트

1. Planning and installing solar thermal systems, 2010, earthscan

2 태양열 급탕 계산 알고리즘

☉ 태양열 시스템 소요량



$$Q^*_{w,outg} = Q_{w,outg} - Q_{w,sol} - Q^*_{rv,w,outg}$$

$Q^*_{w,outg}$: 급탕 잔여 에너지 공급량(월)[kWh]
 $Q_{w,outg}$: 급탕 에너지공급량(월)[kWh]
 $Q_{w,sol}$: 태양열 급탕에너지공급량(월)[kWh]
 $Q^*_{rv,w,outg}$: 주거환기 이용 급탕에너지공급량(월)[kWh]

- 이를 제외한 남은 급탕에너지 공급량은 별도의 보조 열생산기기에 의해 충당됨
- 따라서 보조 열생산기기의 에너지 공급량(급탕 잔여 에너지 공급량)은 다음과 같음

☉ $Q_{w,sol}$

$$Q^*_{w,outg} = Q_{w,outg} - Q_{w,sol} - Q^*_{rv,w,outg}$$

$$Q_{w,sol} = \min(Q_{sol} ; Q_{w,outg})$$

Q_{sol} : 월별 유효 태양열 에너지 생산량, kWh/mth

$Q_{w,outg}$: 월별 급탕에너지공급량, kWh/mth

$$Q_{sol} = \frac{q_{sol,mth} \cdot A_c}{e_{sol,ce} \cdot e_{sol,d}}$$

$q_{sol,mth}$: 월별 일일 태양열 에너지 생산량, kWh/mth (의미상 m^2 포함)

A_c : 적정 집열 면적, m^2

$e_{sol,ce}$: 분배관에서 급탕탱크로 공급시 발생하는 추가 소비계수 (표준값 =1.03)

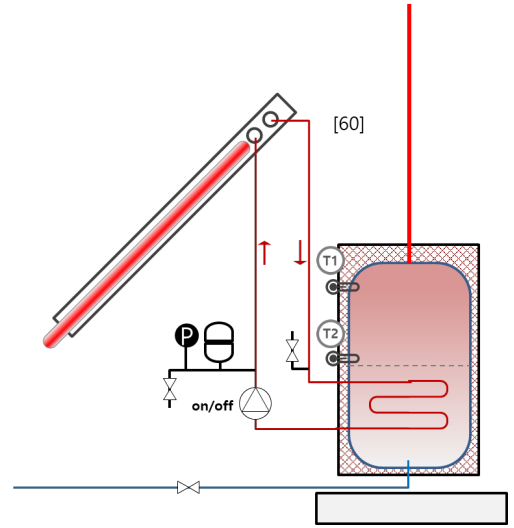
$e_{sol,d}$: 태양열에서 분배관으로 공급 시 발생하는 추가 소비계수 (표준값 =1.03)

- 월별 유효 태양열 에너지 생산량의 의미는 저장하고도 남은 에너지는 사용 불가라는 의미
- 적절 집열 면적으로 계산

◎ 적정 집열 면적

$$A_c = \frac{(Q_{w,s,out,d} + Q_{h,s,out,d}) \cdot e_{sol,ce} \cdot e_{sol,d}}{\max(q_{sol,d,mth})}$$

- $Q_{w,s,out,d}$: 일일 기준 급탕 탱크 출력 에너지 공급량[kWh/d]
- $Q_{h,s,out,d}$: 일일 기준 난방보조용 급탕탱크 출력 에너지 공급량[kWh/d](단순 적용시 $Q_{w,s,out,d}=Q_{h,s,out,d}$)
- $q_{sol,d,mth}$: 일일 기준 태양열 생산량 [kWh/d] 이를 통해 각 월 중 최대값
- $e_{sol,ce}$: 분배관에서 급탕탱크로 공급시 발생하는 추가 소비계수 (표준값 =1.03)
- $e_{sol,d}$: 태양열에서 분배관으로 공급 시 발생하는 추가 소비계수 (표준값 =1.03)



- 필요로 하는 에너지 생산량을 충족하기 위한 집열 면적 산정
- 급탕조 크기에 따라 결정 (실제 설계가 이와 유사하게 진행)
- 하루 최대 일사량 기준으로 집열기만으로 출력을 감당
- 태양열 성능

◎ 일일 기준 태양열 생산량

$$q_{sol,mth,d} = \frac{1kW}{1000W} \cdot \sum_4^{21} q_{sol,mth,h}$$

$q_{sol,mth,h}$: 월별 시간당(4시~21시) 태양열 평균 에너지생산량[Wh/h]

- 태양열 에너지 생산량 산정은 각 월별 일일기준 표준 일사량을 기준으로, 태양열 집열판의 시간당 평균 일사량과 시간당 평균 집열 효율을 정하는 계산방식을 따름
- 월별 시간당 태양열 평균 에너지 생산량은 시간당 평균 일사량과 시간당 평균 집열 효율로부터 산정됨

$$q_{sol,mth,h} = n_{mth,h} \cdot q_{sol,HN,mth,h}$$

$q_{sol,HN,mth,h}$: 방위 H와 기울기 N에 따른 월별 시간당 평균 일사량[Wh/h]

$n_{mth,h}$: 월별 시간[h] 집열 효율

- 입사각별 일사량의 영향을 받는 집열 효율은 일일 기준으로 일정하기 않기 때문에 각 기후지역의 평균기준온도 (TRY-2014년 9월 결과값)를 바탕으로 총일사량에 대한 일일기준 값을 산정함
- TRY는 수평면에 대한 직달일사량과 산란 일사량을 포함함

◎ 효율과 일사량

$$\eta = \eta_0 \cdot K_{hem(50^\circ)} - k_1 \cdot \frac{(\theta_{k mth} - \theta_e)}{q_{sol HN}} - k_2 \cdot \frac{(\theta_{k mth} - \theta_e)^2}{q_{sol HN}}$$

변수	설명	단위	평판형			진공관형		
			1998 이후	1990~1998	1990 이전	1998 이후	1990~1998	1990 이전
η_0	변환계수	-	0.77	0.75	0.72	0.71	0.7	0.65
K1	1차 열손실계수	W/(m ² ·K)	3.5	4.0	4.5	1.0	1.2	1.5
K2	2차 열손실계수	W/(m ² ·K ²)	0.02	0.02	0.02	0.009	0.01	0.01
$K_{hem(50^\circ)}$	50°의 입사각	-	0.9	0.9	0.9	0.99	0.99	0.99
C	유효 열용량	kJ/(m ² ·K)	6.4	6.4	6.4	11.0	11.0	11.0
-	집열면 기울기	도	30					
-	집열면 방위	도	-22.5(남동)					
$Q_{s,PO}$	2단구분 급탕탱크 저장 열손실	kWh/d	표준값: 6.3.1 계산식(35) 참조					
	별도 급탕 탱크 저장 열손실	kWh/d	표준값: 6.3.1 계산식(26)~(30) 참조					

● 태양열 설비의 값을 모를 경우

기준바닥면적 ANF = 3000m²까지 태양열로 충당될 경우 표의 표준값을 적용할 수 있음

◎ 온도차와 일사량

월	방위							
	남	남서	서	북서	북	북동	동	남동
1월	22.2	19.1	13.3	17.7	0.0	12.7	19.9	20.1
2월	25.1	21.6	16.3	16.1	0.0	13.3	24.5	23.5
3월	30.9	29.2	23.8	17.9	14.0	17.5	27.4	29.0
4월	34.8	33.3	28.6	21.3	17.4	24.4	33.6	35.4
5월	35.8	37.2	35.9	27.1	26.7	31.7	38.9	37.7
6월	35.1	37.3	37.6	30.7	30.4	32.1	35.0	35.8
7월	33.9	35.4	35.0	27.9	26.8	30.2	35.0	34.8
8월	32.9	32.6	28.5	18.2	15.7	23.1	30.3	33.4
9월	29.0	26.1	18.8	10.4	7.6	12.9	24.2	28.0
10월	23.2	19.1	12.1	7.5	5.1	7.6	19.4	21.1
11월	18.6	16.0	10.6	12.5	0.0	9.2	17.1	16.2
12월	17.0	14.4	10.8	14.1	0.0	9.7	17.2	15.6

24시간 동안 일사량 [W/m ²]	방향	시월													
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간	
수평면 전일사량 [W/m ²]		84.74	113.95	145.85	180.49	188.02	179.58	132.61	63.71	157.89	123.44	90.90	77.95	1639.13	
법선면 직달일사량 [W/m ²]		87.61	94.44	108.91	102.44	95.28	89.39	47.08	75.89	92.88	100.24	102.10	83.88	1080.16	
방위[N]	기울기[H]	29.03	37.90	45.12	57.77	62.90	58.65	51.76	57.09	52.72	39.79	29.48	26.29	548.52	
수평	0	84.74	113.95	145.85	180.49	188.02	179.58	132.61	63.71	157.89	123.44	90.90	77.95	1639.13	
남	0	30	124.14	150.12	173.83	189.40	183.70	171.73	125.98	165.92	174.92	156.59	131.20	1180.3	1865.55
	45	134.36	156.82	174.56	180.05	168.63	155.64	114.83	155.71	170.85	161.29	141.25	128.96	1043.00	
	60	137.17	155.16	166.19	162.18	146.19	132.74	99.58	138.72	158.54	157.46	143.48	132.69	1173.10	
	90	120.32	127.73	124.99	106.16	86.93	75.06	61.38	89.56	113.03	125.81	124.45	117.99	1273.42	
남동	-45	30	109.76	139.61	163.09	188.04	181.13	170.09	123.51	155.39	164.66	143.05	119.26	1073.75	1764.41
	45	45	114.20	142.36	159.99	178.61	166.38	154.31	112.26	146.14	157.08	142.42	124.39	108.74	1706.88
	60	112.61	137.88	149.55	162.31	146.31	133.38	98.07	129.37	144.09	135.20	123.10	107.93	1157.81	
	90	92.69	109.58	110.64	114.55	97.67	85.52	66.68	88.32	104.35	103.29	101.58	89.41	1164.48	
동	45	30	111.79	134.63	161.95	177.97	180.38	168.79	126.56	165.02	169.29	145.39	115.41	105.47	1762.64
	45	45	116.89	135.14	158.42	165.42	165.54	152.62	116.79	155.19	163.81	145.89	119.38	111.20	1706.28
	60	115.90	129.15	147.89	147.75	145.65	131.70	103.59	139.58	151.88	139.29	117.08	110.94	1580.30	
	90	96.37	100.13	109.23	101.60	97.27	84.38	70.67	96.49	111.24	107.62	95.30	92.89	1163.19	
북	-90	30	79.14	110.69	136.75	173.78	173.59	164.89	119.91	146.18	144.24	114.19	88.39	71.74	1523.48
	-45	45	73.72	103.82	125.96	161.04	157.23	148.05	108.29	131.29	132.39	105.19	82.86	65.60	1396.71
	-60	60	66.77	94.73	113.09	144.66	138.62	128.05	95.24	114.88	118.72	94.41	77.80	58.53	1245.51
	-90	90	51.10	72.20	83.46	105.61	98.23	87.56	68.50	81.02	87.98	69.96	60.54	42.80	908.98
서	90	30	87.45	104.24	135.56	160.00	172.40	163.98	124.71	155.65	150.97	117.24	84.39	74.08	1523.27
	45	45	76.71	96.18	124.73	143.93	156.23	145.81	114.23	143.40	140.86	109.03	78.91	61.37	1246.80
	60	70.66	86.68	111.56	126.36	137.21	125.88	101.62	127.48	127.26	98.81	71.90	61.37	1246.80	
	90	53.07	40.77	52.98	69.31	79.42	72.65	62.63	72.54	65.76	44.97	31.05	26.31	648.38	
북서	135	30	51.82	75.19	107.30	143.58	162.72	157.09	119.22	141.95	127.70	87.04	54.88	43.88	1272.36
	135	45	41.72	60.53	87.25	119.35	140.19	135.24	105.91	123.35	108.62	70.40	44.09	34.55	1071.19
	135	60	36.38	51.43	72.13	98.22	116.65	110.98	90.84	103.67	91.43	58.75	38.08	30.64	899.40
	135	90	29.97	40.77	52.98	69.31	79.42	72.65	62.63	72.54	65.76	44.97	31.05	26.31	648.38
북동	-135	30	50.52	78.91	108.01	153.84	163.88	158.37	116.40	134.95	122.84	84.90	56.74	42.89	1272.24
	-135	45	40.77	60.53	87.25	119.35	140.19	135.24	105.91	123.35	108.62	70.40	44.09	34.55	1071.19
	-135	60	35.83	54.15	72.64	111.05	118.22	112.83	86.48	94.43	86.97	57.25	39.63	30.46	899.96
	-135	90	29.80	41.90	53.93	78.40	81.53	74.05	61.09	66.35	64.54	44.29	31.92	26.31	654.13
북	180	30	36.64	60.91	93.96	141.01	159.67	155.32	116.32	133.32	114.63	79.69	39.22	31.28	1152.96
	180	45	34.23	44.63	62.34	111.57	134.50	132.40	101.10	109.56	85.58	47.52	34.59	30.71	928.75
	180	60	32.96	42.97	50.46	78.45	104.12	104.21	82.43	82.09	62.67	45.00	33.31	29.64	748.31
	180	90	29.03	37.90	45.12	57.77	62.90	58.65	51.76	57.09	52.72	39.79	29.48	26.29	548.52

● 집열기별 온도차 Table 활용

● 탱크용량, 집열면적에 따른 보정식 적용

● 월별, 방위별, 경사별 해당 지역의 일사량 제공

◎ 참고 서적 및 사이트

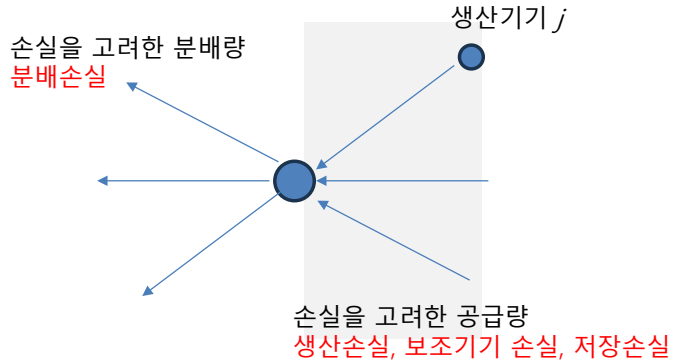
1. Planning and installing solar thermal systems, 2010, earthscan
2. DIN V 18599-8:2018

3 보일러 및 급탕 계산 알고리즘

◎ 급탕 소요량

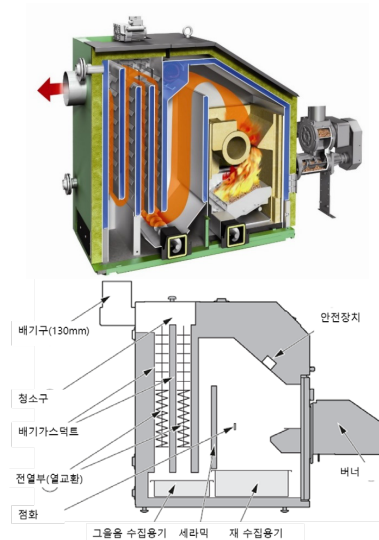
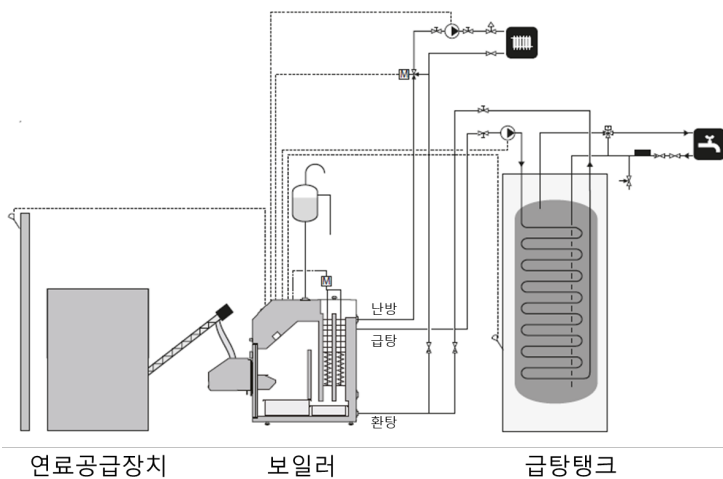
$$\Sigma Q_{w,outg,j} = \Sigma Q_{in,d,k}$$

$Q_{w,outg,j}$: 열생산기기 j의 에너지공급량(월)[kWh]
 $Q_{in,d,k}$: 분배시스템으로의 에너지유입량(월)[kWh]



- 급탕 열생산 기기는 다양한 기기(예:태양열, 보일러, 히트펌프, 전기보조가열기 등)가 적용됨
- 필요로하는 전체 급탕 에너지 필요량과 모든 급탕 열생산기기의 공급량은 동일해야 함

◎ 보일러 일반사항



- 보일러는 연료 연결부와 연소기기, 그리고 급탕에 필요한 급탕 탱크로 구분됨
- 연료에 따라 전기, 가스, 기름 보일러 그리고 효율 특성에 따라 일반, 콘덴싱 보일러 등으로 나뉨

$$Q_{w,outg}^* = Q_{w,outg} - Q_{w,sol}$$

- 태양열이 있을 경우 태양열 담당부분을 제외한 부분을 보일러가 담당
- 보일러의 소요량은 할당된 급탕에너지 공급량에 생산손실과 보조기기, 저장기기의 손실을 합한 값
- 손실을 다음 조건을 통해서 계산
 - 정격출력 [Pn]
 - 유럽기준 92/42/EWG에 따른 정격성능에서의 효율 [η_k, P_n]
 - 급탕탱크온도 70°C 에서의 저장 열손실
 - 보일러 보조설비의 출력 Paux]
 - 이들 값은 측정(예: DIN EN 304, DIN EN-303-5, DIN EN 656, DIN EN 15035, DIN EN 15502-2-1, 또는 DIN EN 15502-2-1에 따름)에 의하거나 또는 기존기기의 경우 아래 내용에 따라 산정될 수 있고, 주어진 값이 없을 경우 표준값이 적용됨

◎ 생산 열손실

$$Q_{w,gen} = Q_{w,gen,Pn,day} \cdot t_{w,Pn,day} \cdot d_{op,mth} + Q_{w,gen,P0,day} \cdot (d_{op,mth} - d_{h,rB})$$

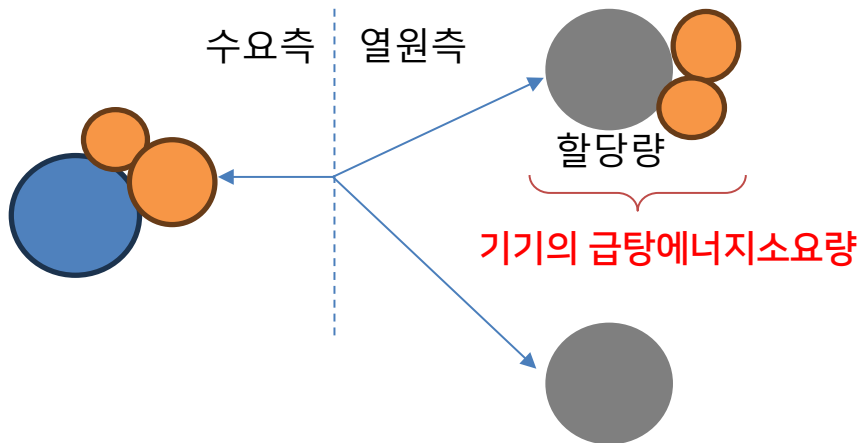
필요 공급량 $Q_{w,outg}$ 생산시 열손실량 $Q_{w,gen,Pn}$ + 대기 상태의 경우 열손실량 $Q_{w,gen,P0}$

- 각 경우 (생산 시, 대기 상태 시) 하부 계산 식 및 계수를 활용하여 산출
- 보일러의 정격 성능도 직접 소요량을 계산하는 데 쓰이는 것이 아니라 할당 값으로부터 생산 열손실을 계산하는 데 쓰임

$$\eta_{k,Pn} = \frac{(A + B \cdot \log_{10}(P_n))}{100}$$

◎ Summary

- 급탕 소요량 계산은 독립적
- 존 설정 to 용도프로파일 to 급탕요구량
- 급탕요구량 + 분배손실 + 분배 보조기기손실
= 급탕에너지소요량 - 생산손실 - 생산 보조기기 손실 - 저장손실 - 저장 보조기기손실
(급탕공급량 + 생산손실 + 생산보조기기손실)
- 태양열 신재생으로 고려(국내의 경우 급탕용으로 주로 사용, 난방도 계산 가능)
- 월별 계산법으로 다양한 가정사항이 포함됨, 수식이 복잡해 보이나 원리 유사
(기기 성능, 생산 손실, 분배손실, 저장손실)
- 수식보다는 계산과정 및 시스템 이해가 중요



◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-8:2018

D.2

냉방 생산설비 에너지소요량 해석

교육 목표

냉방 생산설비 에너지소요량 해석

- * 생산설비별 에너지소요량 계산 프로세스를 이해한다.
- * 부분부하율 계산 방법을 이해한다.
- * 정격성능 대비 열원 상태를 반영한 냉방성능을 이해한다.

1 냉방에너지소요량

◎ 생산설비 에너지소요량

$$Q_{C,f} = \frac{Q_{C,outg,a}}{EER \cdot PLV_{av}}$$

출처 DIN V 18599-7:2018 식 35

$Q_{C,f}$: 냉방에너지소요량	kWh
$Q_{C,outg}$: 냉방에너지공급량	kWh
EER	: 냉방성능(보정된)	W/W
PLV_{av}	: 부분부하계수	-

$$Q_{C,outg} = Q_{C,b} + Q_{C,ce} + Q_{C,d} + Q_{C,s}$$

출처 DIN V 18599-7:2018 식 19

$$Q_{C,outg,mth,n} = \sum_1^j (Q_{C,outg,mth,j} + Q_{C^*,outg,mth,j})$$

출처 DIN V 18599-7:2018 식 48

$Q_{C,b}$: 냉방에너지소요구량	kWh
$Q_{C,ce}$: 냉방공급에너지손실량	kWh
$Q_{C,d}$: 냉방분배에너지손실량	kWh
$Q_{C,s}$: 냉방저장에너지손실량	kWh
$Q_{C,outg,mth}$: 냉방에너지공급량	W/W
$Q_{C^*,outg,mth}$: 공조기냉방에너지공급량	kWh

$$EER = EER_{Prod} \times \frac{\frac{T_{nutz} - \Delta T_{verd}}{[T_{ruck} + \Delta T_{kond}] - [T_{nutz} - \Delta T_{verd}]}}{\frac{T_{nutz,Prod} - \Delta T_{verd}}{[T_{ruck,Prod} + \Delta T_{Kond}] - [T_{nutz,Prod} - \Delta T_{verd}]}}$$

} 월별가동조건
} 시험조건

출처 DIN V 18599-7:2018 식 39
EN 16798-13:2017 식 36

- EER_{Prod} : 정격냉방성능 W/W
- T_{nutz} : 273K+실내온도 or 냉수 공급온도 K
- $T_{nutz,Prod}$: 시험시 실내온도 K
- T_{ruck} : 273K + 실외온도 or 냉각탑_OUT 온도 K
- $T_{ruck,Prod}$: 시험시 실외온도 K
- ΔT_{verd} : 증발기온도차 K
- ΔT_{kond} : 응축기온도차 K

표 3— 온도 및 습도, 수온 시험 조건

시험 조건	실외측 공기 상태 및 수온 상태								
	실내측 공기 상태				수행식 (냉방 전용인 것)				
	공명식		수행식 (히트 펌프 겸용인 것)		수행식 (히트 펌프 겸용인 것)		수행식 (히트 펌프 겸용인 것)		
	건구 온도	습구 온도	건구 온도	습구 온도	입구 수온	출구 수온	입구 수온	출구 수온	
냉방 운전 조건	표준	27.0±0.3	19.0±0.2	35.0±0.3	24.0±0.2 ^a	30.0±0.3	35.0±0.3	18.0±0.3	29.0±0.3
	저온	27.0±0.3	19.0±0.2	29.0±0.3	19.0±0.2 ^a				
	저습	27.0±0.3	15.0±0.2 이하 ^a	29.0±0.3	15.0±0.2 이하 ^a				
	탈속	27.0±0.5	15.0±0.5 이하 ^a	29.0±0.5	15.0±0.5 이하 ^a				
	과부하	32.0±0.5	23.0±0.3	43.0±0.5	26.0±0.3 ^a	34.0±0.5	— ^b	24.0±0.5	— ^b
	저온 결빙	21.0±0.5	15.0±0.3	21.0±0.5	15.0±0.3 ^a		21.0±0.5	—	21.0±0.5
이슬 맺힘	27.0±0.5	24.0±0.3	27.0±0.5	24.0±0.3 ^a		27.0±0.5	—	27.0±0.5	

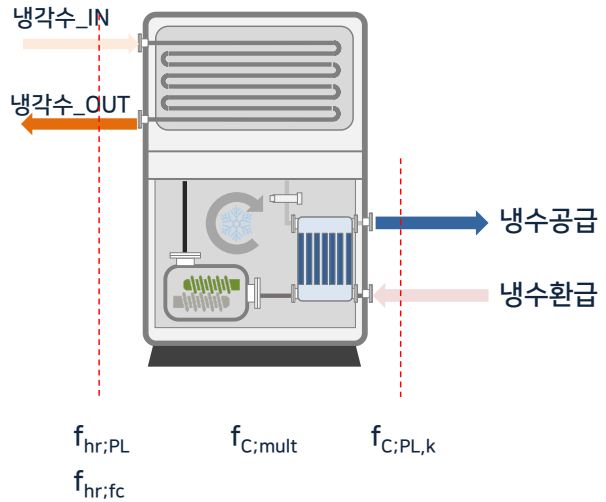
출처 KS C 9306 표3

출처 DIN V 18599-7:2018 식 48

$$PLV = f_{C;PL,k} \cdot f_{hr;PL} \cdot f_{hr;fc} \cdot f_{C;mult}$$

출처 EN 16798-13:2017 식 29

- PLV : 부분부하계수(=PLV_{av}) W/W
- $f_{C;PL,k}$: 생산설비 부분부하계수
- $f_{hr;PL}$: 냉각탑 부분부하계수
- $f_{hr;fc}$: 외기냉방 부분부하계수
- $f_{C;mult}$: 대수제어 부분부하계수



- 생산설비 부분부하계수(f_{C;PL,k})
 - : 월 부하율(f_{C;PL}), 공급유형(단일존, 멀티존) 과 제어유형(ON-OFF, 인버터)에 따른 특성값
- 월 부하율(k) : 실외기
 - : 실외기의 경우 평균 외기온도에 따라 부하율이 결정됨

월 부하율(k)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
외기온도(°C)	12	14.2	16.5	18.7	20.9	23.1	25.3	27.6	29.8	32.0

- 월 부하율(k) : 그 외

$$f_{C;PL} = \frac{Q_{C;gen;in;req}}{t_{C;gen;op} \Phi_{C;gen;n}} \quad \text{출처 EN 16798-13:2017 식 30}$$

$$\begin{aligned} 0,05 \leq f_{C;PL} < 0,15 &\rightarrow k = 0,1; \\ 0,15 \leq f_{C;PL} < 0,25 &\rightarrow k = 0,2; \\ &\vdots \\ 0,95 \leq f_{C;PL} &\rightarrow k = 1,0; \end{aligned}$$

$f_{C;PL}$: 월 냉방 부하율	
$Q_{C;gen;in;req}$: 냉방에너지공급량(= $Q_{C;outg}$)	kWh/mth
$t_{C;gen;op}$: 냉방설비 작동시간	h/mth
$\Phi_{C;gen;n}$: 냉방출력	kW
k	: 월 부하율	

$$\begin{aligned} \text{if } f_{C;PL} < 0,05 \\ f_{C;PL,k} &= 1 \end{aligned}$$

- 냉방 설비 작동시간 ($t_{C;gen;op}$)
 - 외기냉방 있음 $\beta_{c,grenz} = 0.6$
 - 외기냉방 없음 $\beta_{c,grenz} = 0.3$

출처 DIN V 18599-7:2018 표 11

$$t_{c,i} = \begin{cases} t_{mth,i} \frac{\beta_{c,i}}{\beta_{c,grenz}} & \text{für } \beta_{c,i} \leq \beta_{c,grenz} \\ t_{mth,i} & \text{für } \beta_{c,i} > \beta_{c,grenz} \end{cases}$$

출처 DIN V 18599-2:2018 식 D.6

$$\beta_{c,nutz} = \frac{Q_{c,b,nutz}}{\dot{Q}_{c,max,res} t_{c,op,nutz}} = \frac{Q_{c,outg}}{\Phi_c \times t_{c,op,nutz}}$$

출처 DIN V 18599-2:2018 식 D.7

$$t_{mth,nutz} = d_{nutz} t_{c,op,d}$$

출처 DIN V 18599-2:2018 식 D.8

$t_{c,i}$: 냉방설비 작동시간	W/W
$t_{mth,i}$	($t_{C;gen;op}$) : 월 냉방시간($i=nutz$) = $t_{c,op,nutz}$	h/mth
$\beta_{c,i}$: 월 부하율($i=nutz$)	-
$\beta_{c,grenz}$: 경계 부하율	-
$Q_{c,b,nutz}$: 월 냉방에너지요구량	kWh/mth
$Q_{c,max,res}$: 최대냉방부하	kW
d_{nutz}	: 월 이용일수	day/mth
$t_{c,op,d}$: 월 냉방설비 가동시간 (Part10 용도프로필)	h/mth

		기호	내용	단위	값	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월
 냉방에너지 공조기 내부 설비		$Q_{c^*,out,j}$	냉방에너지공급량	[kWh/mth]		0	0	0	0	339	263	639
		$Q_{c^*,p,part}$	부하분배출력	[kW]	4.6							
		$\beta_{c,renz}$	경계부하율	[-]	0.6							
		$t_{mth,wd}$	이용시간	[h]		341.0	308.0	341.0	330.0	341.0	330.0	341.0
		β_c	부하율	[-]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4
		$t_{c^*,op}$	냉방시간	[h]		0	0	0	0	123	95	231
 냉방에너지 내부 설비		$Q_{c,out,j}$	냉방에너지공급량	[kWh/mth]		0	0	0	0	0	120	280
		$Q_{c,p,part}$	부하분배출력	[kW]	1.4							
		$\beta_{c,renz}$	경계부하율	[-]	0.6							
		$t_{mth,wd}$	이용시간	[h]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	226.0	233.6
		β_c	부하율	[-]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.4	0.9
		$t_{c,op}$	냉방시간	[h]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	143.5	233.6

$$t_{R,op,n} = \text{Max} \left(\sum_1^{12} t_{c^*,op,mth}; \sum_1^{12} t_{c,op,mth} \right)_n \quad \text{출처 DIN V 18599-7:2018 식 58}$$

◎ 참고 서적 및 사이트

1. EN 16798-13 Part 13: Module M4-8 – Calculation of cooling systems – Generation
2. DIN V 18599 Part7: Final energy demand of air-handling and air-conditioning systems for non-residential buildings

2 실외기

⊙ 장비 일람표 확인

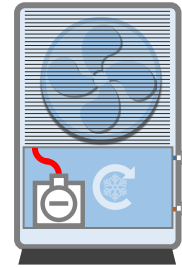
실외기									
번호	수량	냉방출력	난방출력	냉방소비전력	난방소비전력	냉방정격성능	난방정격성능	열원	대기전력
	[EA]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	EER _{Prod}	COP		
1	10	3	6	1	2	3.00	3.00	전기	2
2	5	2	10	0.8	3	2.50	3.33	전기	2

고효율기자재_운용규정 대기전력:

일반제품 대기전력(2W), 네트워크제품 대기전력(5W)

실외기

$$EER_{prod} = \frac{\text{냉방 출력}}{\text{소비전력}}$$



실외기 표준

구분	시스템	EER _{Prod}	제어방법
1	창/벽부착형 에어컨	2.5	ON_OFF
2	에어컨	2.6	ON_OFF, 인터버
3	멀티에어컨	2.8	ON_OFF, 인터버

출처 DIN V 18599-7:2018 표 25

⊙ 월별 냉방성능 (EER)

DIN V 18599-7 표27 외기온도 보정을 위한 항목 표준값

기후데이터 반영

냉방설비	T_{nutz} (실내온도)	$T_{nutz,Prod}$ (시험시 실내온도)	ΔT_{verd} (증발기온도차)	$T_{rück}$ (실외온도)	$T_{rück,Prod}$ (시험시 실외온도)	ΔT_{kond} (응축기온도차)
	$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,req,out}$	$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,req,out,n}$	$\Delta \theta_{evap}$	$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,hr,req,in,ref}$	$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,hr,req,in,ref,n}$	$\Delta \theta_{cond}$
	K	K	K	K	K	K
실외기12kW	-	300	20	-	308	10

$$273 + 27^{\circ}\text{C} = 300\text{K}$$

$$273 + 35^{\circ}\text{C} = 308\text{K}$$

존 최대냉방
부하가중
평균실내온도

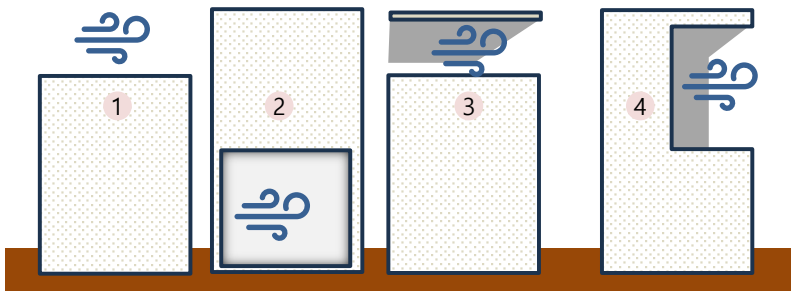
설치위치를
고려한
월별 평균실외온도

기후데이터 월평균 실외온도(서울)

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
-2.5	1.2	6.0	11.6	17.7	22.5	24.2	25.8	21.8	14.6	8.4	1.1

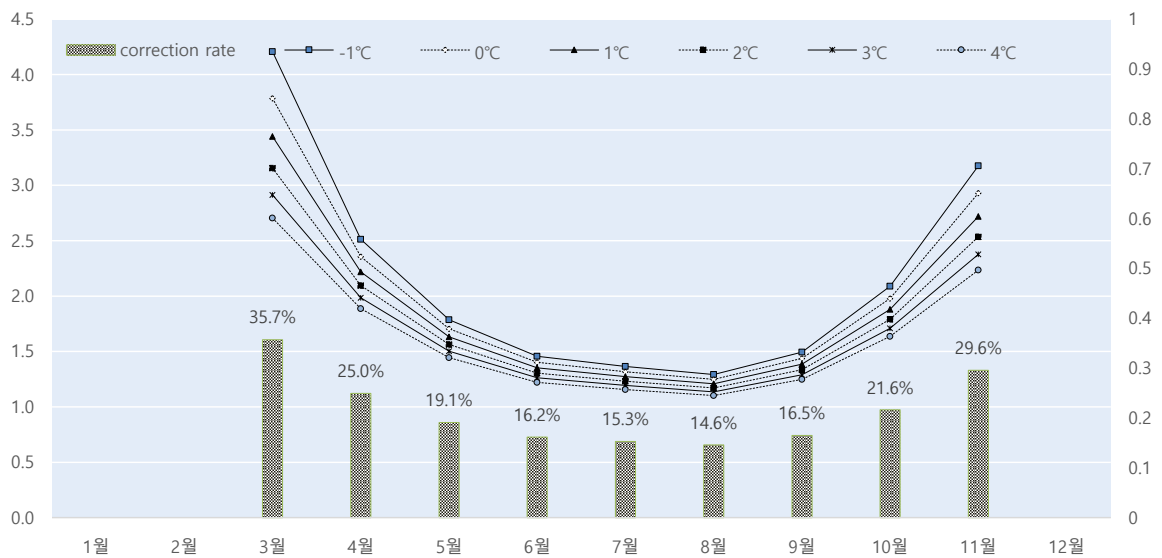
실외측 추가 온도: 축열에 의한 발열 및 일사 시간 작동을 고려한 특성값

1. 일사노출설치	6	K
2. 건물내부설치	3	K
3. 음영가리개 설치	5	K
4. 그늘설치	4	K



설치위치에 따른 EER 보정계수($f_{\text{eer,corr}}$) 변화 및 변화율

$$EER = EER_{\text{Prod}} \times f_{\text{eer,corr}}$$



◎ 부분부하율 (PLVav)

1. 생산설비 부분부하계수($f_{C;PL;k}$)

설비유형	제어유형	공급유형	부하율k에 따른 생산설비 부분부하계수 $f_{C;PL;k}$									
			10% (k=0.1)	20% (k=0.2)	30% (k=0.3)	40% (k=0.4)	50% (k=0.5)	60% (k=0.6)	70% (k=0.7)	80% (k=0.8)	90% (k=0.9)	100% (k=1.0)
실외기	ON_OFF	단일존	1.34	1.34	1.34	1.34	1.27	1.23	1.16	1.09	1.02	0.95
		멀티존	0.68	0.73	0.77	0.8	0.86	0.93	0.95	0.97	0.94	0.9
	인버터	단일존	1.52	1.54	1.57	1.69	1.45	1.31	1.21	1.09	1.03	0.95
		멀티존	0.77	1.18	1.42	1.55	1.54	1.46	1.35	1.19	1.06	0.92

출처 EN 16798-13:2017 표 B.13

2. 냉각탑 부분부하계수($f_{hr;PL}$) = 1

3. 외기냉방 부분부하계수($f_{hr;fc}$) = 1

4. 대수제어 부분부하계수($f_{C;mult}$)

항목1	항목2	$f_{C;mult}$
		실외기
단일		1.00
멀티_직렬공급	2대	1.31
	3대 이상	1.38
멀티_병렬공급	(Φ_{min}/Φ_{max}) > 0.25	1.10
	(Φ_{min}/Φ_{max}) ≤ 0.25	1.28
	($\Phi_{min} = \Phi_{max}$)	1.00

출처 EN 16798-13:2017 표 B.21

3 공냉식 냉동기

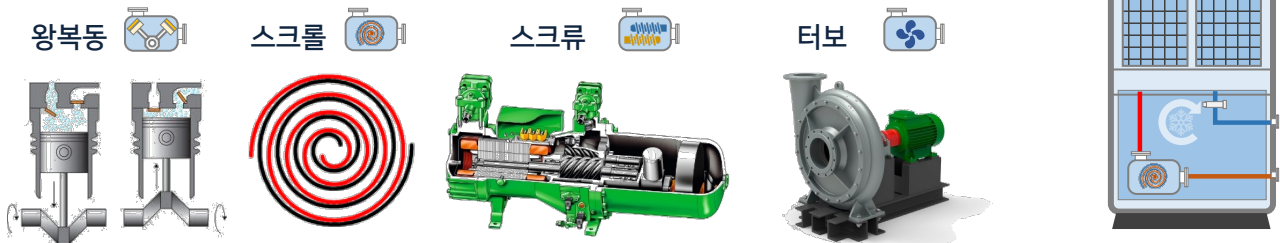
◎ 장비 일람표 확인

공냉식냉동기

번호	수량	냉방출력	냉방 소비전력	냉방정격성능	압축기	부하측 공급형식	제어	냉수 입구온도	냉수 출구온도	대기전력	송풍기팬
	[EA]	[kW]	[kW]	EER				[°C]	[°C]		
1	3	34.8	12.76	2.73	스크롤	직팽식	다단			3	-
2	1	25	9	2.78	왕복동	수방식	인버터	15	10	3	0.8

- 압축기 유형/제어방식별 부분부하계수 반영
- 냉수입구온도 및 출구온도 작성 필요
- 대기전력 : 일반제품 대기전력(2W), 네트워크제품 대기전력(5W)

공냉식냉동기



EER_{prod} 표준

냉매	냉수공급온도	증발기온도	왕복동/스크롤 (10kW~1500kW)	스크류 (200kW~2000kW)	터보 (500kW~8000kW)
R134a	6	0	2.7	2.9	3.3
	14	8	3.3	3.6	4.2
R410A	6	0	2.3	-	-
	14	8	3.0	-	-
R22	6	0	2.8	3.0	-
	14	8	3.4	3.7	-
R717	6	0	-	3.1	-
	14	8	-	3.8	-

출처 DIN V 18599-7:2018 표23

냉방출력[kW]	EER
≤12	2.9
100	3.1
300	3.2
600	3.4
≥1000	3.5

출처 EN 16798-14:2017 표B,3

◎ 월별 냉방성능 (EER)

DIN V 18599-7 표27 외기온도 보정을 위한 항목 표준값

냉방설비	구분	T_{nutz} (실내온도)	$T_{nutz,Prod}$ (시험시 실내온도)	ΔT_{Verd} (증발기온도차)	$T_{rück}$ (실외온도)	$T_{rück,Prod}$ (시험시 실외온도)	ΔT_{Kond} (응축기온도차)
		$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,req,out}$	$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,req,out,n}$	$\Delta\theta_{evap}$	$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,hr,req,in,ref}$	$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,hr,req,in,r,ef,n}$	$\Delta\theta_{cond}$
		K	K	K	K	K	K
공랭식냉동기	수방식	냉수공급온도	280	6	-	308	10
	직팽식	-	300	20	-	308	10

장비일람표 냉수출구온도

$$273+7\text{ }^{\circ}\text{C} = 280\text{K}$$

$$273+27\text{ }^{\circ}\text{C} = 300\text{K}$$

설치위치를 고려한 월별 평균실외온도

$$273 + 35\text{ }^{\circ}\text{C} = 308\text{K}$$

실외측 추가 온도: 축열에 의한 발열 및 일사 시간 작동을 고려한 특성값

1. 일사노출설치	6	K
2. 건물내부설치	3	K
3. 음영가리개 설치	5	K
4. 그늘설치	4	K

◎ 부분부하율 (PLVav)

1. 생산설비 부분부하계수($f_{C;PL;k}$)

냉동기유형	제어유형	압축기유형	생산설비 부분부하계수 $f_{C;PL;k}$									
			10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
공랭식 냉동기	ON_OFF STEP	왕복동	0.83	0.87	0.92	0.95	0.98	1	1.01	1.02	1.01	1
		왕복동	0.87	1.03	1.05	1.06	1.03	1.08	1.09	1.07	1.03	1
	ON_OFF	스크롤	0.83	0.87	0.92	0.95	0.98	1	1.01	1.02	1.01	1
		다단	스크롤	0.87	1.03	1.05	1.06	1.03	1.08	1.09	1.07	1.03
	인버터	스크롤	0.43	0.54	0.65	0.75	0.84	0.91	0.97	1.01	1.02	1
		스크류	1.19	1.19	1.13	1.08	1.05	1.04	1.03	1.03	1.02	1
		터보	1.4	1.4	1.32	1.24	1.18	1.13	1.09	1.06	1.03	1

출처 EN 16798-13:2017 표 B.15

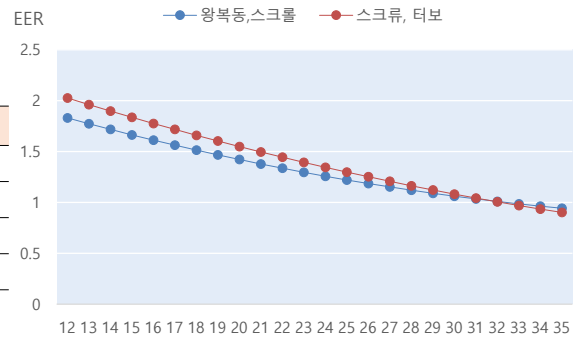
2. 냉각탑 부분부하계수($f_{hr;PL}$)

$$f_{hr;PL} = a_2 \vartheta^2 + a_1 \vartheta + a_0$$

출처 EN 16798-13:2017 식40

설비유형	냉동기유형	θ	Validity	a_2	a_1	a_0
공랭식냉동기	왕복동	θ_e	$12^\circ\text{C} \leq \theta_e \leq 35^\circ\text{C}$	0.00083	-0.07753	2.64
	스크롤	θ_e	$12^\circ\text{C} \leq \theta_e \leq 35^\circ\text{C}$	0.00083	-0.07753	2.64
	스크류	θ_e	$12^\circ\text{C} \leq \theta_e \leq 35^\circ\text{C}$	0.00071	-0.08224	2.91
	터보	θ_e	$12^\circ\text{C} \leq \theta_e \leq 35^\circ\text{C}$	0.00071	-0.08224	2.91

출처 EN 16798-13:2017 표 B.19Z



3. 외기냉방 부분부하계수($f_{hr;fc} = 1$)

4. 대수제어 부분부하계수($f_{C;mult}$)

항목1	항목2	$f_{C;mult}$		
		스크류	왕복동, 스크롤	터보
단일	1대	1.00	1.00	1.00
멀티_직렬공급	2대	1.31	1.03	0.93
	3대 이상	1.38	1.03	0.91
멀티_병렬공급	$(\Phi_{min}/\Phi_{max}) > 0.25$	1.10	1.01	0.96
	$(\Phi_{min}/\Phi_{max}) \leq 0.25$	1.28	1.02	0.94
	$(\Phi_{min} = \Phi_{max})$	1	1	1

출처 EN 16798-13:2017 표 B.21

4 수냉식 냉동기

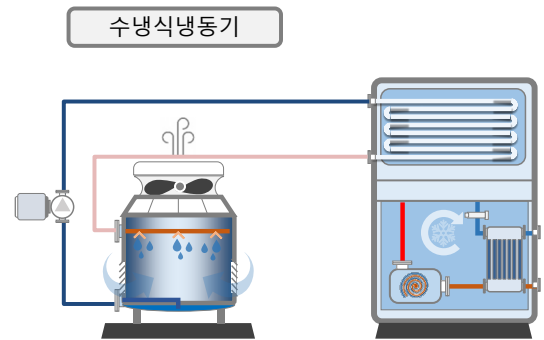
◎ 장비 일람표 확인

수냉식냉동기

번호	수량	냉방출력	냉방 소비전력	냉방정격 성능	압축기	제어	냉수 입구온도	냉수 출구온도	대기전력	연료
	[EA]	[kW]	[kW]	EER			[°C]	[°C]		
1	5	20	6	3.33	스크류	인버터	12	6	10	전기
2	1	8	5	3.60	터보	인버터	14	7	10	전기

부하측 냉수공급

압축기유형, 제어방식에 따른 부분부하계수 반영
대기전력 EN 16798-13기준 표준값 10W 적용
냉각탑 적용



냉각탑

냉각탑

번호	기호	수량	형식	형식	냉각능력	냉각수량	입구온도	출구온도	소비전력	풍량	팬	냉방전력 소비계수
		[EA]			[kW]	[CMH]	[°C]	[°C]	kW	CMH		형식
1	CT-1	3	개방형	습식	198.2	292.02	37	32	30	203,760	축류형	0.0151

왕복동, 스크롤, 스크류냉동기에 적용되는 냉각탑: 냉동기의 1.5배, ΔT = 5K

터보 냉동기에 적용되는 냉각탑: 냉동기의 1.3배, ΔT = 5K

1중효용흡수식냉동기에 적용되는 냉각탑: 냉동기의 3.0배, ΔT = 5.5K

2중효용흡수식냉동기에 적용되는 냉각탑: 냉동기의 2.3배, ΔT = 5.5K

$$Q_{CT} = m(\text{m}^3/\text{h}) \times C(1,000) \times \Delta T / 860 \text{ [kW]}$$

EN 16798-13 표 B.9 냉각탑 소비전력계수[kW/kW] 표준값

유량은 10%여유율 적용

$$Q_{CT} \times 1,000W = V \times 0.34\text{Wh}/\text{m}^3\text{K} \times 5K \text{ [CMH]}$$

냉각탑유형	개방형 습식	밀폐형 습식	건식
축류형 팬	0.033	0.018	0.045
시로코 팬	0.040	0.021	-

◎ 월별 냉방성능 (EER)

DIN V 18599-7 표27 외기온도 보정을 위한 항목 표준값

냉방설비	구분	T_{nutz} (실내온도)	$T_{nutz,Prod}$ (시험시 실내온도)	ΔT_{verd} (증발기온도차)	$T_{rück}$ (실외온도)	$T_{rück,Prod}$ (시험시 실외온도)	ΔT_{kond} (응축기온도차)
		$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,req,out}$	$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,req,out,n}$	$\Delta \theta_{evap}$	$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,hr,req,in,ref}$	$T_{0,abs} + \theta_{C,gen,hr,req,in,ref,n}$	$\Delta \theta_{cond}$
		K	K	K	K	K	K
수냉식냉동기	냉수	냉수공급온도	280	6	냉각수 온도	308	4

$$273 + 7 \text{ } ^\circ\text{C} = 280\text{K}$$

$$273 + 35 \text{ } ^\circ\text{C} = 308\text{K}$$

장비일람표 냉수출구온도

장비일람표 냉각수 OUT 온도

냉각탑 제어를 통해 출구온도는 일정하다고 가정함, 출구온도 반영 방법 마련시 $f_{EER,corr}$ 적용 가능함

◎ 부분부하율 (PLVav)

1. 생산설비 부분부하계수($f_{C;PL;k}$)

냉동기	제어	압축기	실내부분부하계수 $f_{C;PL;k}$										표B.22 [TYPE]
			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
수냉식 냉동기	ON_OFF	왕복동	0.96	0.94	0.92	0.9	0.9	0.9	0.92	0.94	0.96	1	C
	STEP		1.14	1.17	1.19	1.2	1.18	1.16	1.13	1.1	1.05	1	D
	ON_OFF	스크롤	0.96	0.94	0.92	0.9	0.9	0.9	0.92	0.94	0.96	1	C
	STEP		1.14	1.17	1.19	1.2	1.18	1.16	1.13	1.1	1.05	1	D
	인버터	스크류	0.62	0.77	0.88	0.95	0.98	1	1	0.99	0.99	1	B
	인버터	터보	1.42	1.41	1.38	1.34	1.29	1.24	1.18	1.12	1.06	1	B

2. 냉각탑 부분부하계수($f_{hr;PL}$)

$$f_{hr;PL} = a_2 \vartheta^2 + a_1 \vartheta + a_0$$

출처 EN 16798-13:2017 식40

설비유형	냉동기유형	θ	$\theta_{C,water,hr,in/out,ref}$	Validity	a_2	a_1	a_0
수냉식냉동기	습식	$\theta_{C,water,hr,in}$	33 / 27	$12^\circ\text{C} \leq \theta_{C,w} \leq 40^\circ\text{C}$	0	-0.0307	2.0164
	왕복동,스크롤 건식	$\theta_{C,water,hr,in}$	45 / 40	$15^\circ\text{C} \leq \theta_{C,w} \leq 50^\circ\text{C}$	0	-0.0249	2.1181
	터보,건식	$\theta_{C,water,hr,in}$	45 / 40	$15^\circ\text{C} \leq \theta_{C,w} \leq 50^\circ\text{C}$	0	-0.0249	2.1181
	스크류,건식	$\theta_{C,water,hr,in}$	45 / 40	$15^\circ\text{C} \leq \theta_{C,w} \leq 50^\circ\text{C}$	0	-0.00486	3.1851

출처 EN 16798-13:2017 표 B.19Z

2. 냉각탑 부분부하계수($f_{hr;PL}$)

$$g_{C,wat,hr,in} = \begin{cases} g_{C,wat,hr,out} + \frac{Q_{hr,out}}{t_{C,gen,op} \Phi_{hr,n}} (g_{C,wat,hr,in,ref} - g_{C,wat,hr,out,ref}) & \text{제어없음} \\ \max \left(g_{C,wat,hr,in,limit}, g_{C,wat,hr,out} + \frac{Q_{hr,out}}{t_{C,gen,op} \Phi_{hr,n}} (g_{C,wat,hr,in,ref} - g_{C,wat,hr,out,ref}) \right) & \begin{matrix} \text{항온온도제어} \\ \text{가변온도제어} \end{matrix} \end{cases}$$

출처 EN 16798-13:2017 식48

$$Q_{hr,out} = Q_{C,gen,in} \left(1 + \frac{1}{EER_n f_{C,PL,k} f_{EER,corr}} \right)$$

출처 EN 16798-13:2017 식40

$Q_{hr,out}$: 냉각탑에너지공급량	kWh
$\theta_{C,wat,hr,out}$: 냉각수출구온도	°C
$\theta_{C,wat,hr,in,ref}$: 냉각수 입구표준온도	°C
$\theta_{C,wat,hr,out,ref}$: 냉각수 출구표준온도	°C
$t_{C,gen,op}$: 월냉방시간	h/mth
$\Phi_{hr,n}$: 냉각탑 출력	kW
EER_n	: 냉방정격성능	W/W
$f_{EER,corr}$: EER 보정계수	

3. 외기냉방 부분부하계수($f_{hr;fc}$) = 1

4. 대수제어 부분부하계수($f_{C,mult}$)

항목1	항목2	$f_{C,mult}$		
		스크류, 터보	왕복동, 스크롤 ON OFF	왕복동, 스크롤 STEP
단일	1대	1.00	1.00	1.00
멀티_직렬공급	2대	1.14	1.03	0.93
	3대 이상	1.16	1.03	0.91
멀티_병렬공급	$(\Phi_{min}/\Phi_{max}) > 0.25$	1.07	1.01	0.96
	$(\Phi_{min}/\Phi_{max}) \leq 0.25$	1.12	1.02	0.94
	$(\Phi_{min} = \Phi_{max})$	1	1	1

출처 EN 16798-13:2017 표 B.21

◎ 참고 서적 및 사이트

1. EN 16798-13 Part 13: Module M4-8 – Calculation of cooling systems – Generation
2. DIN V 18599 Part7: Final energy demand of air-handling and air-conditioning systems for non-residential buildings

D.3

히트펌프 소요량 해석

교육 목표

히트펌프 소요량 해석

- * 온도등급별 히트펌프 성능계수 계산 방법 이해
- * 월별 히트펌프 에너지 소요량 계산을 위한 온도등급별 난방도시 산정 방법 이해
- * 히트펌프 부분부하의 의미 및 에너지 절약 방법에 대한 이해
- * 히트펌프 에너지소요량 계산식에 대한 이해
- * 실제 운전조건을 반영한 부분부하 계수 및 월별 열공급량 산정 방법 이해
- * 히트펌프 가동시간(콤비, 급탕우선, 난방)에 대한 이해
- * 히트펌프 에너지소요량 산정 방법에 대한 이해
- * 히트펌프 구동방식 및 열원에 따라 달라지는 산정 방법에 대한 이해

1 히트펌프 성능 및 온도 등급

⊙ 온도등급별 HP 성적계수 작성

- 히트펌프 장비일람표

히트펌프											
번호	명칭	연료	부하측 공급유형	정격(7°C)			한랭지(-15°C)			대기전력 [W]	
				출력[kW]	소비전력[kW]	COP[-]	출력[kW]	소비전력[kW]	COP[-]		
1	tEst	전기	직행식	15	4.5	3.33	10	5.6	1.79	3	

- 7°C와 -15°C 정격성능을 알고 있는 경우:

온도등급	계산식	출력($\Phi_{cor,TKL,n}$) [kW]	소비전력 [kW]	COP [-]	COP _c [kW]
7°C	장비일람표	15.0	4.5	3.3	11.01
2°C	$(\text{출력}_7 - \text{출력}_{-15})/22 \times (2) - (\text{출력}_7 - \text{출력}_{-15})22 \times (7) + \text{출력}_7$	13.86	4.75	2.92	9.34
-7°C	$(\text{출력}_7 - \text{출력}_{-15})/22 \times (-7) - (\text{출력}_7 - \text{출력}_{-15})22 \times (7) + \text{출력}_7$	11.82	5.20	2.27	7.3
-15°C	장비일람표	10.0	5.6	1.8	6.2

- 2°C 소비전력 산정식: $(\text{소비전력}_7 - \text{소비전력}_{-15})/22 \times (2) - (\text{소비전력}_7 - \text{소비전력}_{-15})22 \times (7) + \text{소비전력}_7$
- COP 산정식: 출력/소비전력

- 7°C 정격성능만 알고 있는 경우: Carnot COP를 활용하여 추정
- 2°C COP 산정식: 정격 COP x 온도등급 COP_c / 정격 COP_c

$$COP_{eff} = COP_{standard} \cdot \frac{COP_{c,eff}}{COP_{c,standard}}$$

<출처> DIN V 18599-5:2018 식 B.40

- Carnot COP(이상적인 냉동기/히트펌프의 성능계수) 산정식

$$COP_c = \frac{T_{hot}}{T_{hot} - T_{cold}} = \frac{\theta_{si} + 273,15}{\theta_{si} - \theta_{so}}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 B.39

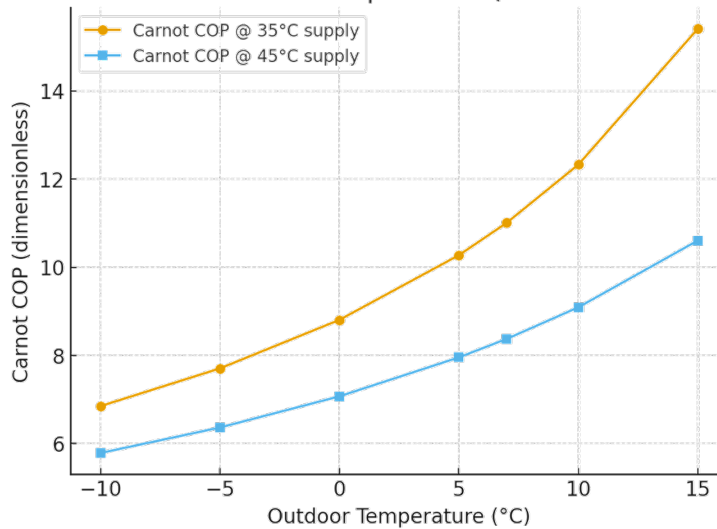
COP_c Carnot 성능계수

θ_{si} 히트펌프의 공급 온도 [°C]

θ_{so} 히트펌프의 열원측 온도 [°C], 온도등급별 온도

열원온도 [°C]	Carnot		정격성능	
	COPc @ 35°C	COPc @ 45°C	COP @ 35°C	COP @ 45°C
-10	6.85	5.78	3.08	2.6
-5	7.7	6.36	3.47	2.86
0	8.8	7.07	3.96	3.18
5	10.27	7.95	4.62	3.58
7	11.01	8.37	4.95	3.77
10	12.33	9.09	5.55	4.09
15	15.41	10.6	6.93	4.77

Carnot COP vs Outdoor Temperature (Air-Source Heat Pump)



◎ 열원 온도 평가

- 1/10단위 선형보간한 온도데이터 적용
- 기상데이터의 시간별 온도는 매시 종료 30분전에 측정된 순간값이며, 8760개의 값으로 구성됨
- 첫 번째 시간의 초기값은 첫 번째 시간의 종료값과 동일하며, 모든 시간당 값사이에 1/10의 선형보간을 수행
- 결과값은 아래 식에 따라 외기온도에 대한 87,600개의 값이 생성됨(1시간당 10개)

$$\theta_{e,10*(k-1)+i} = \theta_{e,h,k-1} + \frac{i}{10} \cdot (\theta_{e,h,k} - \theta_{e,h,k-1})$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 B.3

$\theta_{e,10*(k-1)+i}$	시간별 기후데이터로 산정한 1/10의 온도(k = 1~8760, i = 1~10) Index 10*(k-1)+i = 1~87,600시간별 온도를 지칭함 [°C]
$\theta_{e,h,(k-1)}$	k시간에 대한 그전 시간의 온도 [°C]
$\theta_{e,h,k}$	k시간에 대한 온도 [°C]

$$H_{\theta_{\text{BIN},j},\text{mth}} = \text{Anzahl}(\theta_{e,k}) \cdot 0.1 \text{ h}$$

$$\theta_{\text{BIN},j} - 0.5 \text{ K} < \theta_{e,k} \leq \theta_{\text{BIN},j} + 0.5 \text{ K}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 B.4

$H_{\theta_{\text{BIN},j},\text{mth}}$	온도구간 j가 나타난 월 시간 [h], 1월 k = 1~7440
--	-------------------------------------

● 서울 기후데이터 [HθBIN,j,mth]

1월		2월		3월		4월		5월		6월		7월		8월		9월		10월		11월		12월	
-15	0	-15	0	-15	0	-15	0	-15	0	-15	0	-15	0	-15	0	-15	0	-15	0	-15	0	-15	0
-14	0	-14	0	-14	0	-14	0	-14	0	-14	0	-14	0	-14	0	-14	0	-14	0	-14	0	-14	0
-13	6	-13	0	-13	0	-13	0	-13	0	-13	0	-13	0	-13	0	-13	0	-13	0	-13	0	-13	0
-12	14	-12	0	-12	0	-12	0	-12	0	-12	0	-12	0	-12	0	-12	0	-12	0	-12	0	-12	0
-11	16	-11	0	-11	0	-11	0	-11	0	-11	0	-11	0	-11	0	-11	0	-11	0	-11	0	-11	5
-10	17	-10	0	-10	0	-10	0	-10	0	-10	0	-10	0	-10	0	-10	0	-10	0	-10	0	-10	16
-9	24	-9	12	-9	0	-9	0	-9	0	-9	0	-9	0	-9	0	-9	0	-9	0	-9	0	-9	11
-8	20	-8	6	-8	0	-8	0	-8	0	-8	0	-8	0	-8	0	-8	0	-8	0	-8	0	-8	20
-7	19	-7	13	-7	0	-7	0	-7	0	-7	0	-7	0	-7	0	-7	0	-7	0	-7	0	-7	31
-6	30	-6	30	-6	0	-6	0	-6	0	-6	0	-6	0	-6	0	-6	0	-6	0	-6	0	-6	41
-5	54	-5	33	-5	5	-5	0	-5	0	-5	0	-5	0	-5	0	-5	0	-5	0	-5	0	-5	33
-4	51	-4	25	-4	5	-4	0	-4	0	-4	0	-4	0	-4	0	-4	0	-4	0	-4	0	-4	26
-3	55	-3	45	-3	8	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0	-3	50
-2	78	-2	58	-2	13	-2	0	-2	0	-2	0	-2	0	-2	0	-2	0	-2	0	-2	13	-2	55
-1	73	-1	41	-1	38	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	18	-1	55
0	64	0	53	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	55
1	48	1	52	1	39	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	32	1	47
2	46	2	55	2	42	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	26	2	67
3	40	3	53	3	58	3	4	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	42	3	46
4	30	4	45	4	61	4	23	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	42	4	39
5	21	5	35	5	61	5	44	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	3	5	34	5	36
6	8	6	29	6	48	6	51	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	13	6	46	6	29
7	15	7	29	7	61	7	59	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	17	7	56	7	25
8	6	8	25	8	60	8	58	8	2	8	0	8	0	8	0	8	0	8	22	8	64	8	18
9	0	9	11	9	46	9	56	9	5	9	0	9	0	9	0	9	0	9	15	9	58	9	22
10	0	10	8	10	37	10	51	10	17	10	0	10	0	10	0	10	0	10	31	10	56	10	10
11	0	11	8	11	34	11	43	11	16	11	0	11	0	11	0	11	0	11	26	11	49	11	4
12	0	12	3	12	29	12	52	12	13	12	0	12	0	12	0	12	0	12	40	12	35	12	3
13	0	13	3	13	12	13	48	13	20	13	0	13	0	13	0	13	2	13	35	13	38	13	0
14	0	14	0	14	17	14	43	14	37	14	0	14	0	14	0	14	2	14	51	14	30	14	0
15	0	15	0	15	12	15	41	15	53	15	3	15	0	15	0	15	17	15	56	15	18	15	0
16	0	16	0	16	6	16	29	16	59	16	9	16	0	16	0	16	32	16	50	16	13	16	0
17	0	17	0	17	7	17	42	17	70	17	23	17	0	17	0	17	50	17	62	17	16	17	0
18	0	18	0	18	5	18	32	18	70	18	45	18	0	18	0	18	44	18	80	18	3	18	0
19	0	19	0	19	3	19	18	19	73	19	42	19	10	19	0	19	62	19	73	19	7	19	0
20	0	20	0	20	0	20	8	20	58	20	58	20	31	20	23	20	68	20	55	20	5	20	0
21	0	21	0	21	0	21	11	21	56	21	77	21	54	21	24	21	77	21	39	21	3	21	0
22	0	22	0	22	0	22	2	22	49	22	87	22	60	22	37	22	58	22	35	22	0	22	0
23	0	23	0	23	0	23	3	23	50	23	72	23	83	23	42	23	58	23	34	23	0	23	0
24	0	24	0	24	0	24	0	24	35	24	78	24	92	24	51	24	71	24	4	24	0	24	0
25	0	25	0	25	0	25	0	25	26	25	56	25	90	25	74	25	54	25	3	25	0	25	0
26	0	26	0	26	0	26	0	26	11	26	49	26	92	26	84	26	49	26	0	26	0	26	0
27	0	27	0	27	0	27	0	27	11	27	36	27	71	27	93	27	37	27	0	27	0	27	0
28	0	28	0	28	0	28	0	28	7	28	29	28	43	28	90	28	16	28	0	28	0	28	0
29	0	29	0	29	0	29	0	29	2	29	22	29	43	29	75	29	16	29	0	29	0	29	0
30	0	30	0	30	0	30	0	30	4	30	13	30	26	30	60	30	7	30	0	30	0	30	0
31	0	31	0	31	0	31	0	31	0	31	8	31	21	31	54	31	0	31	0	31	0	31	0
32	0	32	0	32	0	32	0	32	0	32	10	32	14	32	25	32	0	32	0	32	0	32	0
33	0	33	0	33	0	33	0	33	0	33	3	33	4	33	8	33	0	33	0	33	0	33	0
34	0	34	0	34	0	34	0	34	0	34	0	34	4	34	4	34	0	34	0	34	0	34	0
35	0	35	0	35	0	35	0	35	0	35	0	35	6	35	0	35	0	35	0	35	0	35	0
36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0

$$\theta_{Quelle,mth} = \begin{cases} 0.15 \cdot \theta_{e,mth} + 1.5 K & \text{수직형지열} \\ 0.15 \cdot \theta_{e,mth} - 0.5 K & \text{수평형지열} \\ 0.134 \cdot \theta_{e,mth} + 9.32 K & \text{지하수} \end{cases}$$

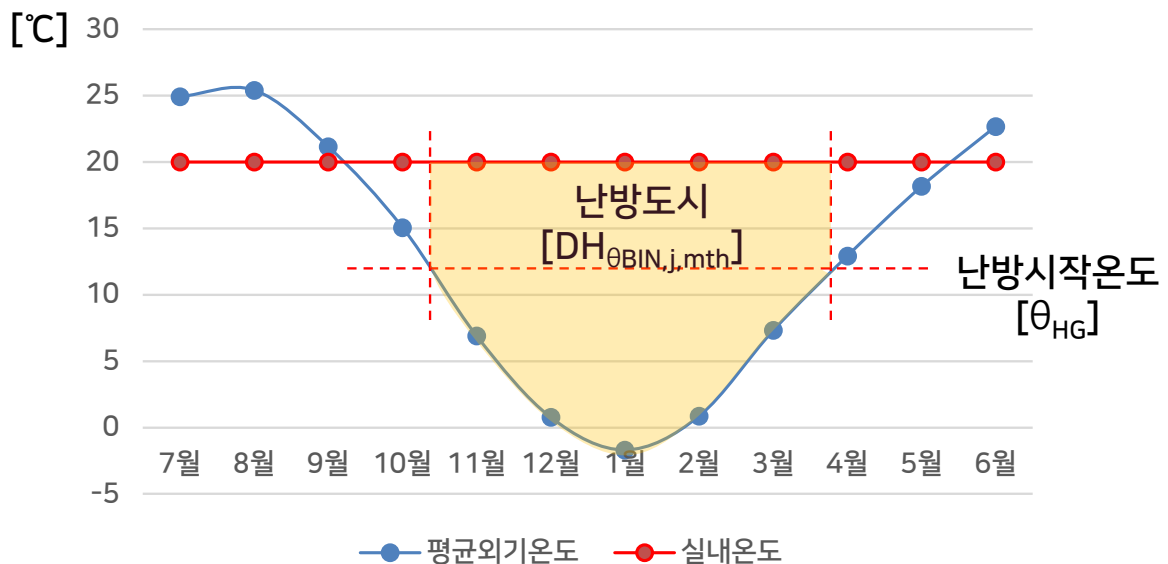
◎ 월별 난방도시 산정

- 구간별 온도(BIN)에 대한 난방도시는 아래 식을 통해 산정함

$$DH_{\theta_{BIN,j},mth} = \begin{cases} H_{\theta_{BIN,j},mth} \cdot (20^{\circ}C - \theta_{BIN,j}), & \text{if } \theta_{BIN,j} < \theta_{HG} \\ \frac{H_{\theta_{BIN,j},mth} \cdot (20^{\circ}C - \theta_{BIN,j})}{2}, & \text{if } \theta_{BIN,j} = \theta_{HG} \\ 0, & \text{if } \theta_{BIN,j} > \theta_{HG} \end{cases}$$

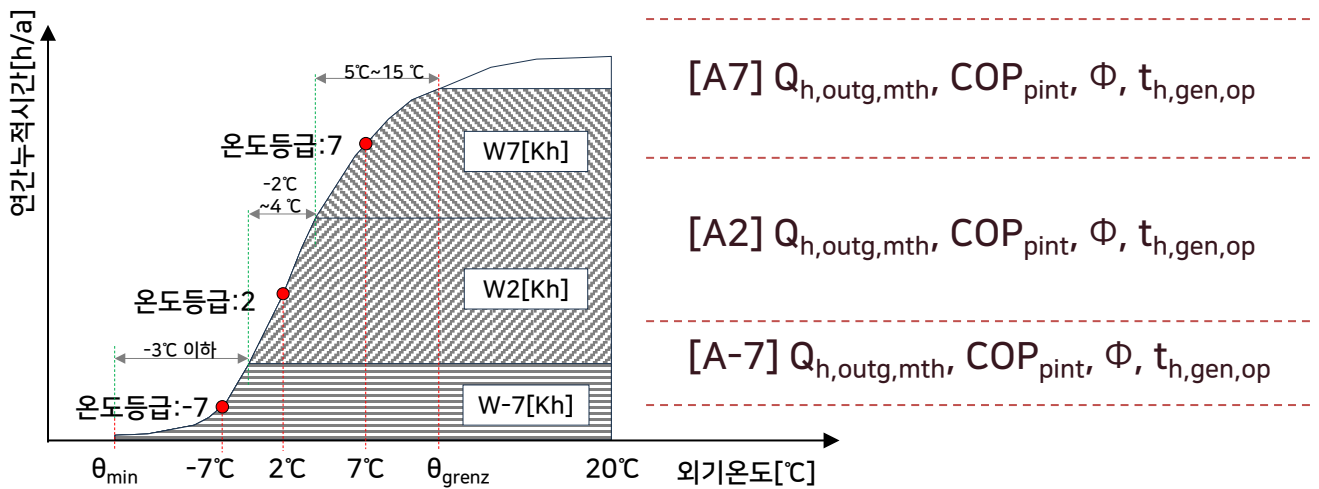
〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 B.5

$DH_{\theta_{BIN,j},mth}$	월별 BIN의 난방도시 [Kh]
$\theta_{BIN,j}$	구간별 온도(BIN) [°C]
θ_{HG}	난방 시작 온도 [°C], 소수점 반올림 현행법규 수준: 12°C ZEB인증 수준: 10°C 그외의 경우: 15°C



◎ 온도등급: 난방도시가중계수[W_i], 시간가중계수[W_{time,i}]

서울			온도 구간별 시간(일반)											
구분	온도등 급	단위	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
등급별시간 [H _{TKi,mth}]	-3°C 이하	-7°C	380.5	126.0	17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	197.3
	-2°C ~ 4°C	2°C	339.1	411.1	307.9	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.1	142.9	331.4
	5°C ~ 15°C	7°C	24.4	134.9	361.9	574.3	216.1	2.2	0.0	0.0	21.0	321.5	495.1	215.3
	15°C ~ 32°C	20°C	0.0	0.0	57.0	136.0	459.3	449.4	314.6	104.5	475.2	385.5	82.0	0.0
	33°C 이상	27°C	0.0	0.0	0.0	0.0	68.6	268.4	429.4	639.5	223.8	0.0	0.0	0.0
등급별 난방도시 [HDH _{TH,i,mth}]	-3°C 이하	-7°C	9805.1	3131.6	397.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5113.3
-2°C ~ 4°C	2°C	[Kh]	6562.4	7836.6	5563.3	158.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	641.3	2544.9	6298.3
5°C ~ 15°C	7°C	[Kh]	349.6	1694.8	4310.0	5588.1	1664.5	16.5	0.0	0.0	152.8	2719.5	5613.9	2658.6



$$w_{time,i} = \frac{H_{TKi,mth}}{HH_{t,mth}}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 106

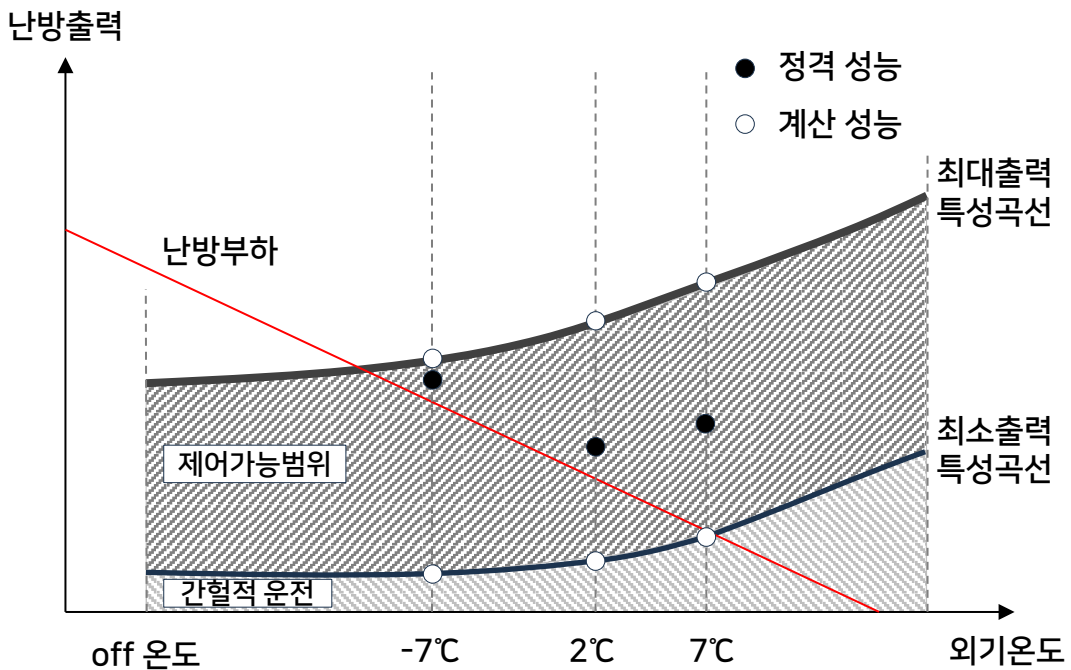
$$HH_{t,mth} = \sum_{TKi} H_{TKi,mth}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 107

$$w_i = \begin{cases} \frac{DH_{TK i,mth}}{HDH_{t,mth}} \\ 1, \text{ 지열, 지하수인 경우} \end{cases}$$

◎ 부하율, 부분부하 운전

- 히트펌프의 부분 부하 운전: 수시로 변하는 열원 및 공급 온도에 대해 인버터 제어 또는 다른 적절한 매개변수를 변경하여 필요한 난방 부하에 맞춰 출력을 조절할 수 있다.
 1. 제어 가능 범위: 최대 및 최소 특성 곡선에 의해 제어되는 범위
 2. 간헐적 운전: 최소 특성 곡선과 난방출력이 0인 범위
- on/off제어 히트펌프: 최대출력 = 최소출력
- 간헐적 운전: 압축기의 on/off 작동
 - > 고압/저압에서의 냉매 사이클 조건 조정으로 인한 손실 발생
 - > COP저하 COPpint에 반영됨
- 온도등급별 부분부하 가동시간 결정: 필요열공급량과 최대출력을 통해 결정됨
- 인버터 제어, 다단계 히트펌프의 에너지 절약:
 - 가. 제어가능범위에서의 운전은 더 높은 성능계수(COP)로 매핑됨
 - 나. 출력 조정 -> 히트펌프 가동시간 연장 -> 부분부하계수가 높아짐



〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 그림 8

● 히트펌프 부분율

$$\beta_{hp,\theta_{source}}^* = \min\left(\frac{\Phi_{cor,TKi,n}}{\Phi_{hp,\theta_{source},max}}; 1\right)$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 113

- $\beta_{hp,\theta_{source}}^*$ 히트펌프 부하율: 월 온도 등급에 따라 수정된 출력과 열원온도 기준 최대출력의 비
- $\Phi_{cor,TKi,n}$ 월 온도등급에 따라 수정(열원온도, 실내온도, 공급 온도차)된 출력[kW]
- $\Phi_{hp,\theta_{source},max}$ 열원온도 기준 히트펌프 최대출력[kW]

$$\Phi_{hp,\theta_{source},max} = \begin{cases} \Phi_{cor,\theta_{source},n'} & \text{수정된 히트펌프 난방출력(on/off제어)} \\ \left(1 + 0,035 \frac{1}{K} \cdot [\theta_{source} - (-7^{\circ}C)]\right) \cdot \frac{\Phi_{cor,-7^{\circ}C,n}}{0,9} & \text{외기이용 히트펌프 난방출력(인버터제어)} \\ \frac{\Phi_{B0/W10,n}}{0,8} & \text{배기, 지열, 지하수이용 히트펌프 난방출력(인버터제어)} \end{cases}$$

$$\Phi_{hp,\theta_{source},min} = \begin{cases} \Phi_{hp,\theta_{source},max}' & \text{on/off제어} \\ \beta_{min} \cdot \Phi_{hp,\theta_{source},max} & \text{인버터 제어} \end{cases}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 111

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 112

155	$\beta_{hp,\theta_{source}}^*[-7^{\circ}C]$	[-7°C]콤비가동 온도부하율
156	$\beta_{hp,\theta_{source}}^*[2^{\circ}C]$	[2°C]콤비가동 온도부하율
157	$\beta_{hp,\theta_{source}}^*[7^{\circ}C]$	[7°C]콤비가동 온도부하율
191	$\Phi_{hp,\theta_{source},max}[-7^{\circ}C]$	[-7°C]온도등급최대출력
192	$\Phi_{hp,\theta_{source},max}[2^{\circ}C]$	[2°C]온도등급최대출력
193	$\Phi_{hp,\theta_{source},max}[7^{\circ}C]$	[7°C]온도등급최대출력
194	$\Phi_{hp,\theta_{source},min}[-7^{\circ}C]$	[-7°C]온도등급최대출력
195	$\Phi_{hp,\theta_{source},min}[2^{\circ}C]$	[2°C]온도등급최대출력
196	$\Phi_{hp,\theta_{source},min}[7^{\circ}C]$	[7°C]온도등급최대출력

◎ 부분 부하 운전

- 월 온도등급 기준 최대출력에 대한 히트펌프 성적계수

$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{hp},\theta\text{source,max}} &= \text{COP}_{\text{cor,TKi,n}} && \text{if, } \beta^*_{\text{hp},\theta\text{source}} \geq 0.8 \\ &= \text{COP}_{\text{cor,TKi,n}} - 0.4 && \text{if, } \beta^*_{\text{hp},\theta\text{source}} < 0.8 \end{aligned}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 114

- 월 온도등급 기준 최소출력에 대한 히트펌프 성적계수

$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{hp},\theta\text{source,min}} &= \text{COP}_{\text{hp},\theta\text{source,min}} && \text{if, on/off 제어} \\ &= \text{COP}_{\text{hp},\theta\text{source,min}} - 0.2 && \text{if, 인버터 제어} \end{aligned}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 115

- 월 온도등급 기준 히트펌프 성적계수

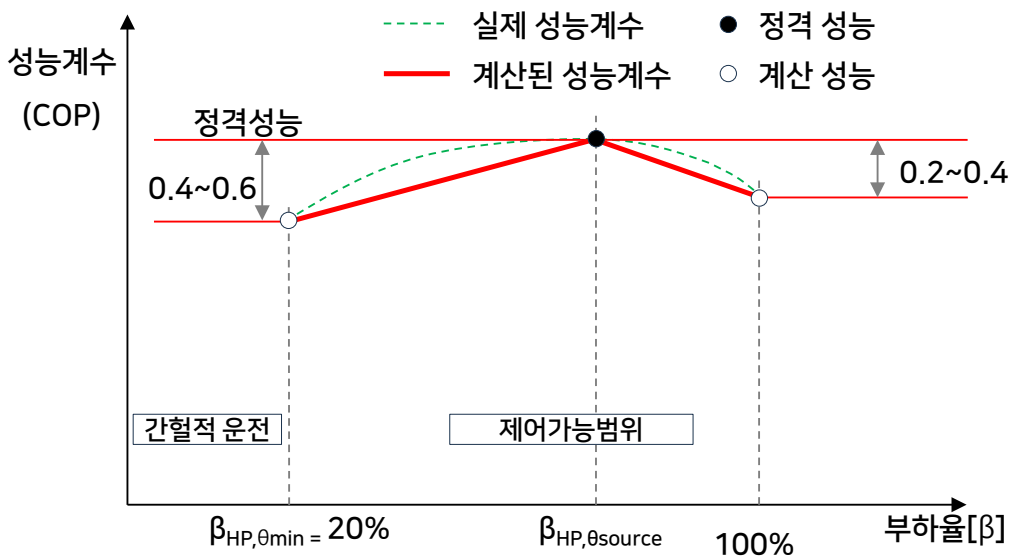
$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{hp},\theta\text{source}} &= \text{COP}_{\text{cor,TKi,n}} + 0.2 && \text{if, } \beta^*_{\text{hp},\theta\text{source}} \geq 0.8 \\ &= \text{COP}_{\text{cor,TKi,n}} && \text{if, } \beta^*_{\text{hp},\theta\text{source}} < 0.8 \end{aligned}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 116

- 월 온도등급 기준 히트펌프 부하율

$$\begin{aligned} \beta_{\text{hp},\theta\text{source}} &= 0.6 && \text{if, } \beta^*_{\text{hp},\theta\text{source}} \geq 0.8 \\ &= \beta^*_{\text{hp},\theta\text{source}} && \text{if, } \beta^*_{\text{hp},\theta\text{source}} < 0.8 \end{aligned}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 117



〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 그림 9

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-5 : 2018 Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting – Part 5: Final energy demand of heating systems

2 히트펌프 에너지소요량

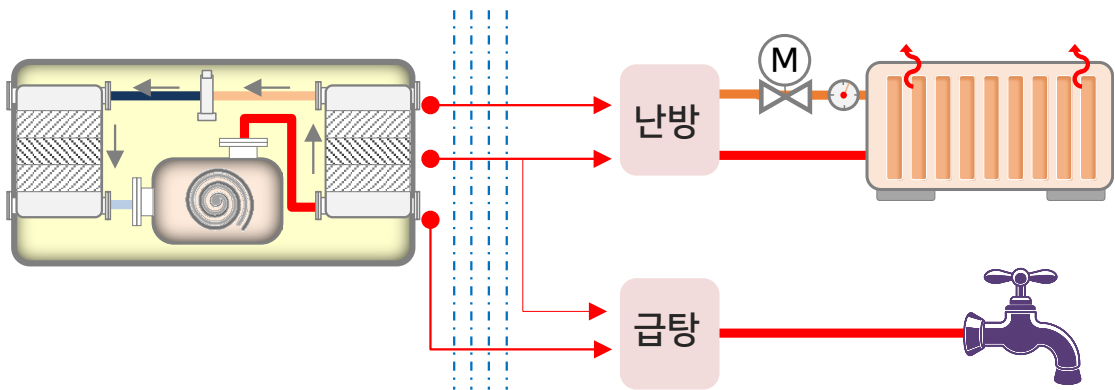
◎ 히트펌프 에너지소요량

$$Q_{h,f,1} = \sum_{i=1}^{n_{Klasse}} \frac{Q_{h,outg,sng,i} - (1 - \kappa_{h,combi,i}) \cdot k_{rd,gen} \cdot W_{h,gen,i}}{COP_{Pint,sng,i}} + \sum_{i=1}^{n_{Klasse}} \frac{\frac{Q_{h,outg,combi,i}}{2} - \kappa_{h,combi,i} \cdot k_{rd,gen} \cdot W_{h,gen,i}}{COP_{Pint,combi,i}}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 142

$Q_{h,f,1}$	히트펌프 난방 에너지소요량[kWh/mth]
$Q_{h,outg,sng,i}$	온도등급별 단독(난방)운전시 에너지공급량 [kWh/mth]
$\kappa_{h,combi,i}$	온도등급별 복합(난방·급탕)운전 가동율
$k_{rd,gen}$	보조설비 에너지 소요량 중 열회수율, 전기히트펌프 = 0
$W_{h,gen,i}$	온도 등급별 보조설비 에너지 소요량 [kWh/mth]
$COP_{Pint,sng,i}$	온도등급별 단독(난방)운전 시 히트펌프 부분부하 성능계수
$COP_{Pint,combi,i}$	온도등급별 복합(난방·급탕)운전 시 히트펌프 부분부하 성능계수
$Q_{h,outg,combi,i}$	온도등급별 복합(난방·급탕)운전 시 에너지 공급량 [kWh/mth]
n_{Klasse}	온도 등급 (-15°C, -7°C, 2°C, 7°C)

온도 등급 (-15°C, -7°C, 2°C, 7°C)



* 복합 가동시 난방과 급탕 비율은 50%로 가정함

$$K_{h,combi,i} = \frac{t_{gen,op,combi,i}}{t_{gen,op,combi,i} + t_{h,gen,op,sng,i} + t_{w,gen,op,sng,cor,i}}$$

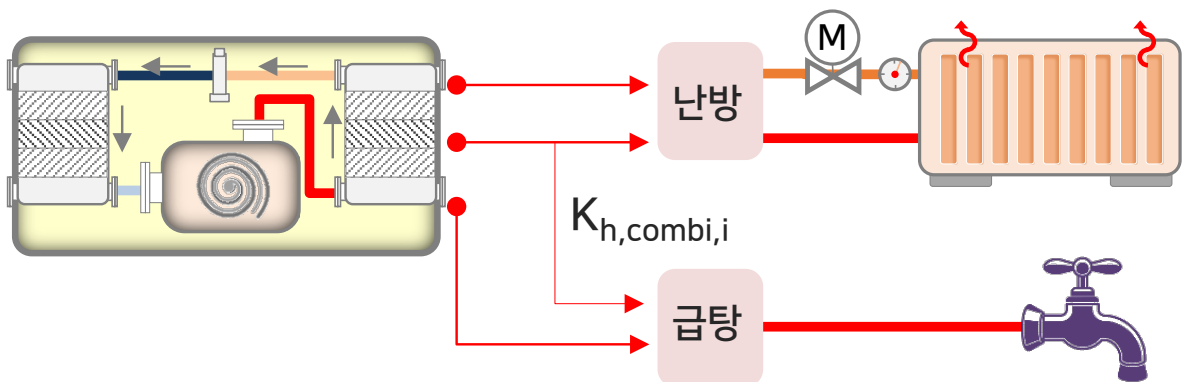
〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 142

$$t_{w,gen,op,combi,i} = t_{w,gen,op,combi} \cdot W_{time,i}$$

$$t_{w,gen,op,sng,i} = t_{w,gen,op,sng} \cdot W_{time,i}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 121

$K_{h,combi,i}$	온도등급별 복합(난방·급탕)운전 가동율
$t_{gen,op,combi,i}$	온도등급별 복합(난방·급탕)운전 시간
$t_{gen,op,sng,i}$	온도등급별 단독(난방)운전 시간
$t_{w,gen,op,sng,cor,i}$	온도등급별 수정된 단독(급탕)운전 시간



◎ 실제 부분부하 특성

- 히트펌프 부분부하 성능계수[COP_{Pint,i}]:

$$\begin{aligned}
 COP_{Pint,i} &= f_{Pint} \times COP_{hp,\theta_{sourcr,max}} && \text{if, 직팽식 실외기} \\
 &= f_{Pint} \times COP_{hp,\theta_{sourcr,min}} && \text{if, FC < 1} \\
 &= f_{Pint} \times COP_{hp,\theta_{sourcr,min}} && \text{if, FC = 1}
 \end{aligned}$$

COP _{Pint,i}	온도등급별 히트펌프 부분부하 성능계수
f _{Pint}	부분부하 계수
COP _{hp,θsource,max}	월 온도등급 기준 최대출력에 대한 히트펌프 성적계수
COP _{hp,θsource,min}	월 온도등급 기준 최소출력에 대한 히트펌프 성적계수

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 138

- 부분부하 계수[f_{Pint}]:

$$f_{Pint,i} = \frac{COP_{hp,Pint,i}}{COP_{hp,\theta_{source,max}}}$$

COP _{hp,Pint,i}	온도등급별 제어가능범위에서의 히트펌프 부분부하 성능계수
f _{Pint,i}	온도등급별 부분부하 계수

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 B.48

240	f _{pint}	부분부하계수(온수공급방식)
241	f _{pint}	부분부하계수(직팽식)

- 히트펌프 부분부하 성능계수:

$$COP_{hp,Pint,i} = \begin{cases} COP_{hp,\theta_{source}} + \frac{\beta_{hp,i} - \beta_{hp,\theta_{source}}}{1 - \beta_{hp,\theta_{source}}} \cdot (COP_{hp,\theta_{source,max}} - COP_{hp,\theta_{source}}), & \text{wenn } \beta_{hp,\theta_{source}} \leq \beta_{hp,i} \\ COP_{hp,\theta_{min}} + \frac{\beta_{hp,i} - \beta_{hp,\theta_{min}}}{\beta_{hp,\theta_{source}} - \beta_{hp,\theta_{min}}} \cdot (COP_{hp,\theta_{source}} - COP_{hp,\theta_{source,min}}), & \text{wenn } \beta_{hp,\theta_{source}} > \beta_{hp,i} \end{cases}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 B.47

- $COP_{hp,Pint,i}$ 온도등급별 부분부하 성능계수
- $COP_{hp,\theta_{source}}$ 온도등급별 성적 계수
- $\beta_{hp,i}$ 온도등급별 제어가능범위에서의 히트펌프 부하율
- $\beta_{hp,\theta_{source}}$ 온도등급별 히트펌프 부하율
- $\beta_{hp,\theta_{min}}$ 최소 히트펌프 부하율 (0.2), DIN V 18599-5 그림9
- $COP_{hp,\theta_{source,max}}$ 온도등급별 최대출력에서의 성적계수
- $COP_{hp,\theta_{source,min}}$ 온도등급별 최소출력에서의 성적계수
- $COP_{hp,\theta_{min}} = COP_{hp,\theta_{source,min}}$

$$\beta_{hp,i} = \max\left(\frac{\Phi_{hp,\theta_{source},sng,i}}{\Phi_{hp,\theta_{source},max}}; \beta_{min}\right)$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 B.46

236	$COP_{hp,pint,i}[-7^{\circ}C]$	$[-7^{\circ}C]$ 부분부하성적계수 $[COP_{hp,pint,i}]$
237	$COP_{hp,pint,i}[2^{\circ}C]$	$[2^{\circ}C]$ 부분부하성적계수 $[COP_{hp,pint,i}]$
238	$COP_{hp,pint,i}[7^{\circ}C]$	$[7^{\circ}C]$ 부분부하성적계수 $[COP_{hp,pint,i}]$
227	$\beta_{hp,i}[-7^{\circ}C]$	$[-7^{\circ}C]$ 부하율 $[\beta_{hp,i}]$
228	$\beta_{hp,i}[2^{\circ}C]$	$[2^{\circ}C]$ 부하율 $[\beta_{hp,i}]$
229	$\beta_{hp,i}[7^{\circ}C]$	$[7^{\circ}C]$ 부하율 $[\beta_{hp,i}]$

- 히트펌프 부하계수[FC]:

$$FC = \begin{cases} \frac{\sum_i (t_{gen,op,combi,i} + t_{h,gen,op,sng,i})}{t_h - \sum_i (\Delta t_{op,EVU,TKi} + t_{w,gen,op,sng,cor,i})}, & \text{if, 온수공급방식 (지열히트펌프, 지하수히트펌프, 수냉식히트펌프)} \\ \frac{\sum_i Q_{h,outg,sng,i}}{\sum_i Q_{h,outg,sng,max,i}}, & \text{if, 직팽식} \end{cases}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 136

239	FC	부하계수
-----	----	------

- $t_{gen,op,combi,i}$ 온도등급별 히트펌프 복합(난방+급탕) 가동시간[h]
- $t_{h,gen,op,sng,i}$ 온도등급별 히트펌프 단독(난방) 가동시간[h]
- t_h 난방시간[h], 요구량기준 산정
- $\Delta t_{op,EVU,TKi}$ 온도등급별 히트펌프 가동 감소시간
- $t_{w,gen,op,sng,cor,i}$ 수정된 온도등급별 히트펌프 단독(급탕) 가동시간[h]

◎ 가동시간 결정

- 일반사항
 - 난방 히트펌프 가동 시간은 다양한 요인에 의해 감소함(그림 참조)
 - 가동 시간 감소로 인해 히트펌프가 필요한 유효 열량을 공급하지 못할 수 있음
 - 이 경우, 남은 유효 열량은 두 번째 생산설비에서 계산함
- 최대 온수공급온도로 인한 히트펌프 가동 시간 감소
 - 가. 히트펌프 최대공급온도보다 온수공급온도가 높은 경우(하이브리드 운전):
히트펌프 최대온도에 보조 생산설비가 (온수공급온도-히트펌프 최대공급온도) 열량을 담당함
 - > 히트펌프 공급열량 감소 (f_{LG})

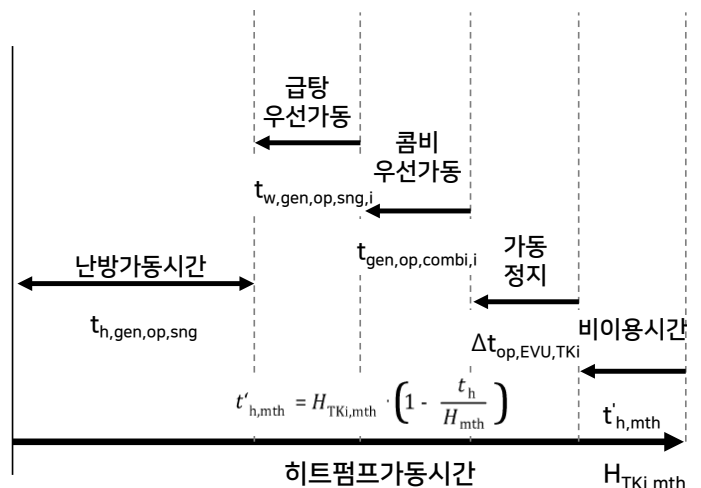
〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 그림 10

$$f_{LG} = \begin{cases} \min \left(1 - \frac{\max(\theta_{VL,av}, \theta_{VL,max,hp}) - \theta_{VL,max,hp}}{\theta_{VL,av} - \theta_{RL,av}}; 1 \right) \\ 1, & \text{if, 직팽식} \end{cases}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 118

$\theta_{VL,max,hp}$ = 60°C (히트펌프 최대 공급온도, 표준값)

$\theta_{RL,av}$ 환수되는 온수의 온도가 히트펌프 최대 공급온도보다 높은 경우 $f_{LG} = 0$



- 급탕 우선 모드로인한 히트펌프 난방가동시간 감소
 - > 히트펌프의 제어 및 구조가 이 운전 모드를 처리할 수 있고, 콤비(난방+급탕) 운전 시험 기준(DIN EN 16147)을 충족하는 경우에만 적용함
 - > 출력과 성능 계수는 개별 운전과 복합 운전 간에 상당한 차이 있음
 - > 부분 성능 계수는 급탕과 난방에 각각 반영
 - > 에너지소요량은 급탕과 난방에 50%씩 적용
 - > 콤비 운전, 난방 전용, 급탕 전용의 세 가지 운전 모드로 구분
 - > 월별 급탕 가동시간은 DIN V 18599-8:2018에 따라 계산[콤비가동시간 $t_{w,gen,op,combi}$ 과 $t_{w,gen,op,sng}$ 급탕 가동시간]
 - > 해당 급탕 가동시간은 온도 등급 전체에 걸쳐 균등하게 분포한다고 가정할 때, 시간 가중치[$W_{time,i}$]를 적용하여 온도 등급별 배분

$$t_{w,gen,op,combi,i} = t_{w,gen,op,combi} \cdot W_{time,i}$$

$$t_{w,gen,op,sng,i} = t_{w,gen,op,sng} \cdot W_{time,i}$$

<출처> DIN V 18599-5:2018 식 121, 122

170	$t_{w,gen,op,combi,i} [-7^{\circ}\text{C}]$	[-7°C]급탕 콤비가동 가동시간
171	$t_{w,gen,op,combi,i} [2^{\circ}\text{C}]$	[2°C]급탕 콤비가동 가동시간
172	$t_{w,gen,op,combi,i} [7^{\circ}\text{C}]$	[7°C]급탕 콤비가동 가동시간
173	$t_{w,gen,op,sng,i} [-7^{\circ}\text{C}]$	[-7°C]급탕 단독가동 가동시간
174	$t_{w,gen,op,sng,i} [-7^{\circ}\text{C}]$	[2°C]급탕 단독가동 가동시간
175	$t_{w,gen,op,sng,i} [-7^{\circ}\text{C}]$	[7°C]급탕 단독가동 가동시간

가. 운전모드: 콤비(난방+급탕) 운전

- > 콤비 가동 시간[t_{gen,op,combi,i}]은 온도등급별 난방과 급탕의 중첩되는 시간으로 산정됨,
콤비시 급탕 가동시간과 콤비시 난방가동시간 그리고 온도등급별 난방시간 중 최소값으로 결정함
- > 콤비시 난방 가동 시간은 난방 공급량(공급 온수의 최대 온도를 고려한)과 콤비에서의 최대 출력으로 산정
- > 콤비 가동시 난방 공급량은 콤비 가동시 최대 출력과 콤비 가동시간을 통해 산정함

$$t_{h,gen,op,combi,i} = \frac{Q_{h,outg,i} \cdot f_{LG}}{\Phi_{hp,\theta_{source,combi,max}}} \quad \langle \text{출처} \rangle \text{ DIN V 18599-5:2018 식 123}$$

$$t_{gen,op,combi,i} = \min \left(t_{w,gen,op,combi,i}; t_{h,gen,op,combi,i}; H_{TKi,mth} \cdot \frac{t_h}{HH_{mth}} - \Delta t_{op,EVU,TKi} \right) \quad \langle \text{출처} \rangle \text{ DIN V 18599-5:2018 식 124}$$

$$t_{w,gen,op,combi,max,i} = t_{gen,op,combi,i} \quad \langle \text{출처} \rangle \text{ DIN V 18599-5:2018 식 125}$$

$$Q_{h,outg,combi,i} = \Phi_{hp,\theta_{source,combi,max}} \cdot t_{gen,op,combi,i} \quad \langle \text{출처} \rangle \text{ DIN V 18599-5:2018 식 126}$$

176	t _{h,gen,op,combi,i} [-7°C]	[-7°C]난방에 대한 콤비 가동시간[t _{h,gen,op,combi,i}]
177	t _{h,gen,op,combi,i} [2°C]	[2°C]난방에 대한 콤비 가동시간[t _{h,gen,op,combi,i}]
178	t _{h,gen,op,combi,i} [7°C]	[7°C]난방에 대한 콤비 가동시간[t _{h,gen,op,combi,i}]
179	t _{gen,op,combi,i} [-7°C]	[-7°C]콤비 가동시간[t _{gen,op,combi,i}]
180	t _{gen,op,combi,i} [2°C]	[2°C]콤비 가동시간[t _{gen,op,combi,i}]
181	t _{gen,op,combi,i} [7°C]	[7°C]콤비 가동시간[t _{gen,op,combi,i}]
182	Q _{h,outg,combi,i} [-7°C]	[-7°C]콤비가동 난방 에너지공급량
183	Q _{h,outg,combi,i} [2°C]	[2°C]콤비가동 난방 에너지공급량
184	Q _{h,outg,combi,i} [7°C]	[7°C]콤비가동 난방 에너지공급량

● 나. 운전모드: 급탕 운전

→ 콤비 가동 시간[t_{gen,op,combi,i}]이 결정된 후 급탕 우선 단독 시간을 결정,
 콤비운전이 없는 경우 콤비 가동시간 [t_{gen,op,combi,i}] = 0, 콤비시 급탕 가동시간 [t_{w,gen,op,combi,i}] = 0

$$t_{w,gen,op,sng,cor,i} = t_{w,gen,op,sng,i} + (t_{w,gen,op,combi,i} - t_{gen,op,combi,i})$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 127

● 다. 운전모드: 난방 운전

→ 콤비 가동 시간[t_{gen,op,combi,i}]이 결정된 후 난방 단독 시간을 결정
 → 콤비 운전[t_{gen,op,combi,i}]과 급탕 우선 가동시간[t_{w,gen,op,sng,cor,i}]을 제외한 최대 시간을 난방 가동
 시간으로 결정
 → 콤비 가동이 없는 경우 콤비가동시간[t_{gen,op,combi,i}] = 0

$$t_{h,gen,op,sng,cor,i} = H_{TKi,mth} \cdot \frac{t_h}{HH_{mth}} - \Delta t_{op,EVU,TKi} - t_{gen,op,combi,i} - t_{w,gen,op,sng,cor,i}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 128

185	t _{w,gen,op,sng,cor,i} [-7°C]	[-7°C]급탕 단독 수정 가동 시간	188	t _{h,gen,op,sng,cor} [-7°C]	[-7°C]단독 수정 가동 시간[t _{h,gen,op,sng,cor}]
186	t _{w,gen,op,sng,cor,i} [2°C]	[2°C]급탕 단독 수정 가동 시간	189	t _{h,gen,op,sng,cor} [2°C]	[2°C]단독 수정 가동 시간[t _{h,gen,op,sng,cor}]
187	t _{w,gen,op,sng,cor,i} [7°C]	[7°C]급탕 단독 수정 가동 시간	190	t _{h,gen,op,sng,cor} [7°C]	[7°C]단독 수정 가동 시간[t _{h,gen,op,sng,cor}]

◎ 실제 열공급량과 부분부하 특성

- 온도등급별 히트펌프의 최대 열공급량과 최소 열공급량
 - 인버터 히트펌프는 제어 가능한 범위 내에서 성능 요구 사항에 맞게 난방 출력을 조절
 - 난방 출력을 줄임으로써 더 긴 운전 시간과 더 나은 부분부하율로 성능계수를 높여 운전 가능
 - 히트 펌프 제어 목표: 운전 시간을 극대화하고 간헐적인 운전을 방지하는 것
 - 난방 운전에 사용 가능한 최대 시간은 $t_{h,gen,op,sng,cor,i}$ 로 결정됨

$$Q_{h,outg,sng,max,i} = \Phi_{hp,\theta_{source,max}} \cdot t_{h,gen,op,sng,cor,i} \quad \text{〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 129}$$

$$Q_{h,outg,sng,min,i} = \Phi_{hp,\theta_{source,min}} \cdot t_{h,gen,op,sng,cor,i} \quad \text{〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 130}$$

215	$Q_{h,outg,sng,max[-7^{\circ}C]}$	$[-7^{\circ}C]$ 최대공급량 $[Q_{h,outg,sng,max}]$
216	$Q_{h,outg,sng,min[-7^{\circ}C]}$	$[-7^{\circ}C]$ 최소공급량 $[Q_{h,outg,sng,min}]$
217	$Q_{h,outg,sng,max[2^{\circ}C]}$	$[2^{\circ}C]$ 최대공급량 $[Q_{h,outg,sng,max}]$
218	$Q_{h,outg,sng,min[2^{\circ}C]}$	$[2^{\circ}C]$ 최소공급량 $[Q_{h,outg,sng,min}]$
219	$Q_{h,outg,sng,max[7^{\circ}C]}$	$[7^{\circ}C]$ 최대공급량 $[Q_{h,outg,sng,max}]$
220	$Q_{h,outg,sng,min[7^{\circ}C]}$	$[7^{\circ}C]$ 최소공급량 $[Q_{h,outg,sng,min}]$

- 히트펌프 열 공급량 및 난방가동시간 결정
 - 온도 등급별 난방 공급량(공급 온수의 최대 온도를 고려한)에서 콤비 운전 열공급량을 뺀 값을 히트펌프 열공급량[$Q_{h,outg,sng,prel,i}$]으로 결정
 - 열공급량을 결정한 후 최소 열 공급량과 비교하여 난방 단독 가동시간 결정
- 가. 온도등급별 히트펌프 열공급량이 최소 열공급량보다 작은 경우 가동시간 [$t_{h,gen,op,sng,i}$]:
운전점 열 공급량 / 히트펌프 최소출력
- 나. 온도등급별 히트펌프 열공급량이 최소 열공급량보다 큰 경우 가동시간[$t_{h,gen,op,sng,i}$]:
수정된 히트펌프 단독가동시간

$$Q_{h,outg,sng,prel,i} = \max(Q_{h,outg,i} \cdot f_{LG} - \Phi_{hp,\theta_{source},combi,max,i} \cdot t_{gen,op,combi,i}; 0) \quad \langle \text{출처} \rangle \text{ DIN V 18599-5:2018 식 131}$$

$$t_{h,gen,op,sng,i} = \begin{cases} \frac{Q_{h,outg,sng,prel,i}}{\Phi_{hp,\theta_{source},min}}, & \text{wenn } Q_{h,outg,sng,prel,i} < Q_{h,outg,sng,min,i} \\ t_{h,gen,op,sng,cor,i}, & \text{wenn } Q_{h,outg,sng,prel,i} \geq Q_{h,outg,sng,min,i} \end{cases} \quad \langle \text{출처} \rangle \text{ DIN V 18599-5:2018 식 132}$$

221	$t_{h,gen,op,sng,i}[-7^{\circ}\text{C}]$	$[-7^{\circ}\text{C}]$ 단독 가동 시간[$t_{h,gen,op,sng,i}$]
222	$t_{h,gen,op,sng,i}[2^{\circ}\text{C}]$	$[2^{\circ}\text{C}]$ 단독 가동 시간[$t_{h,gen,op,sng,i}$]
223	$t_{h,gen,op,sng,i}[7^{\circ}\text{C}]$	$[7^{\circ}\text{C}]$ 단독 가동 시간[$t_{h,gen,op,sng,i}$]

- 히트펌프 총 난방가동시간과 온도등급별 난방가동시 실제 열공급량 결정

$$t_{h,gen,op,i} = t_{h,gen,op,sng,i} + t_{gen,op,combi,i}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 133

$$\Phi_{hp,\theta_{source},sng,i} = \begin{cases} 0, & \text{wenn } t_{h,gen,op,sng,i} = 0 \\ \Phi_{hp,\theta_{source},min}, & \text{wenn } t_{h,gen,op,sng,i} < t_{h,gen,op,sng,cor,i} \\ \min\left(\Phi_{hp,\theta_{source},max}, \frac{Q_{h,outg,sng,prel,i}}{t_{h,gen,op,sng,i}}\right), & \text{wenn } t_{h,gen,op,sng,i} = t_{h,gen,op,sng,cor,i} \end{cases}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 134

$$Q_{h,outg,sng,i} = \Phi_{hp,\theta_{source},sng,i} \cdot t_{h,gen,op,sng,i}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 135

$t_{h,gen,op,i}$	온도등급별 히트펌프 총 난방가동시간[h]	$t_{h,gen,op,sng,cor,i}$	수정된 온도등급별 히트펌프 단독 난방가동시간[h]
$t_{h,gen,op,sng,i}$	온도등급별 히트펌프 단독 난방가동시간[h]	$\Phi_{hp,\theta_{source},max}$	θ_{source} 에서의 히트펌프 최대출력[kW]
$t_{gen,op,combi,i}$	온도등급별 히트펌프 콤비가동시간[h]	$Q_{h,outg,sng,prel,i}$	온도등급별 히트펌프 단독 난방열공급량[kWh]
$\Phi_{hp,\theta_{source},sng,i}$	온도등급별 실제 히트펌프 난방출력[kW]	$Q_{h,outg,sng,i}$	온도등급별 히트펌프 단독 실제 난방열공급량[kWh]
$\Phi_{hp,\theta_{source},min}$	θ_{source} 에서의 히트펌프 최소출력[kW]		

224	$\Phi_{hp,\theta_{source},sng,i}[-7^{\circ}\text{C}]$	$[-7^{\circ}\text{C}]$ HP 출력량 $[\Phi_{hp,\theta_{source},sng,i}]$	233	$Q_{h,outg,sng,i}[-7^{\circ}\text{C}]$	$[-7^{\circ}\text{C}]$ 난방 공급량 $[Q_{h,outg,sng,i}]$
225	$\Phi_{hp,\theta_{source},sng,i}[2^{\circ}\text{C}]$	$[2^{\circ}\text{C}]$ HP 출력량 $[\Phi_{hp,\theta_{source},sng,i}]$	234	$Q_{h,outg,sng,i}[2^{\circ}\text{C}]$	$[2^{\circ}\text{C}]$ 난방 공급량 $[Q_{h,outg,sng,i}]$
226	$\Phi_{hp,\theta_{source},sng,i}[7^{\circ}\text{C}]$	$[7^{\circ}\text{C}]$ HP 출력량 $[\Phi_{hp,\theta_{source},sng,i}]$	235	$Q_{h,outg,sng,i}[7^{\circ}\text{C}]$	$[7^{\circ}\text{C}]$ 난방 공급량 $[Q_{h,outg,sng,i}]$

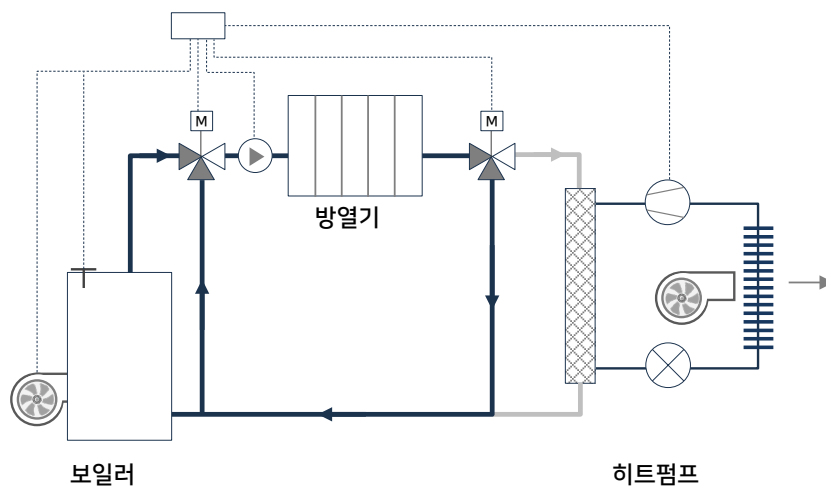
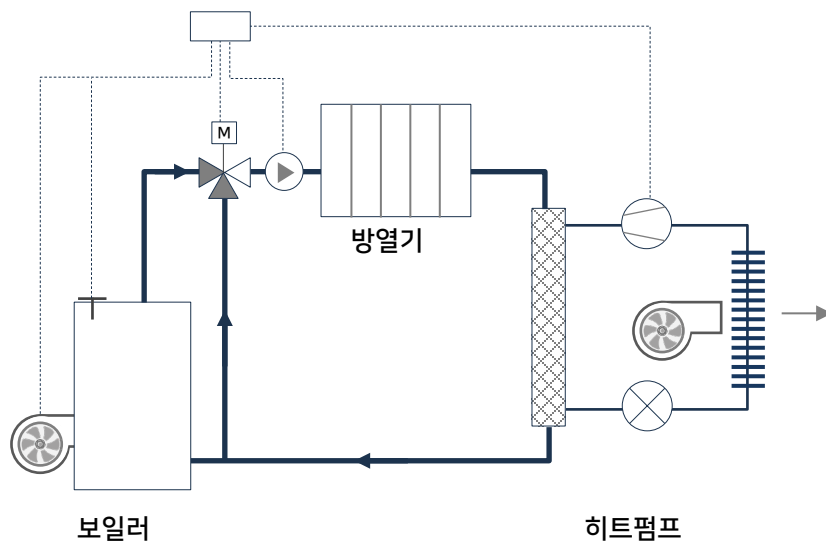
◎ 참고 서적 및 사이트

- DIN V 18599-5 : 2018 Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting – Part 5: Final energy demand of heating systems

3 하이브리드 히트펌프

◎ 하이브리드 운전

- “히트펌프 하이브리드(bivalent) 운전: 두 번째 생산설비(보조 생산설비)가 열출력의 일부를 담당한다는 것을 의미
- 두번째 생산설비가 담당하는 부분은 히트펌프 평가 시 차감
- 지열(Sole) 또는 수열(Wasser) 히트펌프에서도 이 옵션이 사용된다면, 하이브리드 운전이 시작되는 외기온도를 명시해야함
- 하이브리드 운전 3가지 방식: 선택운전, 병렬운전, 부분병렬운전



◎ 선택 운전

- 히트펌프는 설정된 외기온도(하이브리드운전온도 θ_{bp})까지 전체 난방열을 공급: A_{11}, A_{12}
- 외기 온도가 하이브리드온도 이하로 내려가면, 히트펌프는 꺼지고 두 번째 생산설비(보일러)가 전체 난방열을 공급: A_2

$$\theta_{bp} = \frac{\Phi_{h,max} \left(\beta_{h,hp,a} + \frac{\theta_{e,A}}{\theta_{i,h,soll} - \theta_{e,A}} \right) - \Phi_{hp,max}(-7^\circ C) \cdot (1 + 0,035 \cdot 7)}{\frac{\Phi_{h,max}}{\theta_{e,A}} + 0,035 \cdot \Phi_{hp,max}(-7^\circ C)}$$

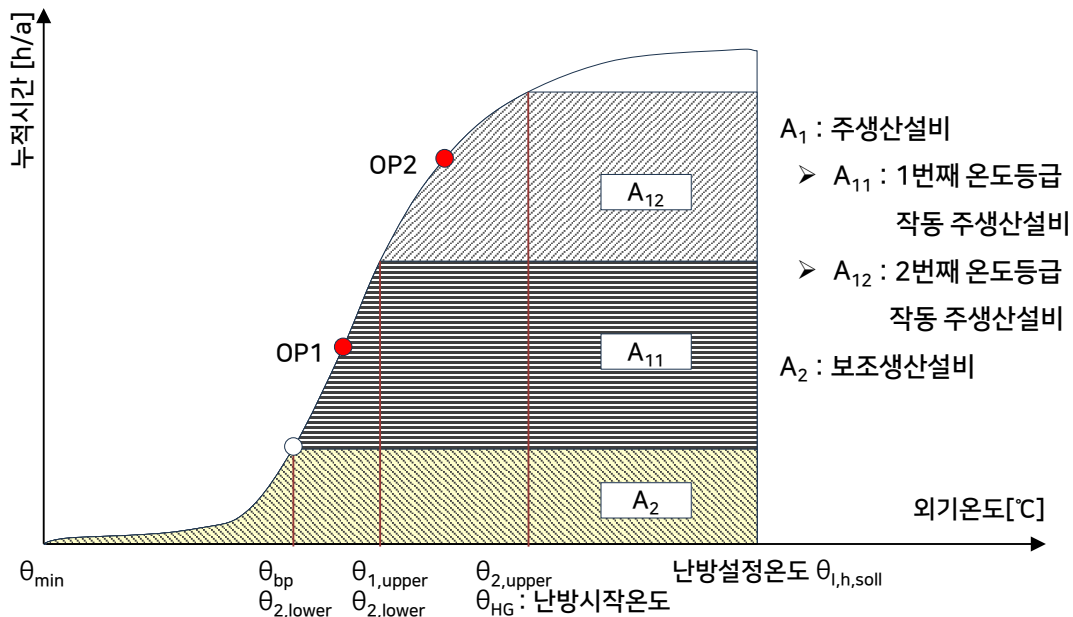
<출처> DIN V 18599-5:2018 식 B.22

$$\Phi_{hp,max}(\theta_e) = \left(1 + 0,035 \frac{1}{K} \cdot [\theta_e - (-7^\circ C)] \right) \cdot \Phi_{hp,max}(-7^\circ C)$$

<출처> DIN V 18599-5:2018 식 B.21

- $\Phi_{hp,max}(-7^\circ C)$ 온도등급-7에서의 최대출력[kW]
- $\beta_{h,hp,a}$ 연간기준 히트펌프 부하율
- $\theta_{e,A}$ 난방부하 설계 기준온도[°C]
- $\theta_{i,h,soll}$ 난방설정온도[°C]

- 하이브리드 운전온도 θ_{bp} 의 표준값은 -2°C 임



- 온도등급별 2번째 생산설비가 담당하는 비율 [K_{bu,h,TKi}]

$$K_{bu,h,TKi} = \begin{cases} 0, & \text{wenn } \theta_{bp} < \theta_{uG,TKi} \\ \frac{HDH_{\theta_{bp},mth} - HDH_{\theta_{uG,TKi},mth} + \frac{DH_{\theta_{uG,TKi},mth}}{m}}{HDH_{\theta_{HG},mth}}, & \text{wenn } \theta_{uG,TKi} \leq \theta_{bp} \leq \theta_{oG,TKi} \\ \frac{HDH_{\theta_{oG,TKi},mth} - HDH_{\theta_{uG,TKi},mth} + \frac{DH_{\theta_{uG,TKi},mth}}{m}}{HDH_{\theta_{HG},mth}}, & \text{wenn } \theta_{bp} > \theta_{oG,TKi} \end{cases}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 95

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 B.21

HDH _{θ_{bp},mth}	하이브리드온도까지의 누적난방도시 [Kh]
HDH _{θ_{uG},TKi,mth}	온도등급 하단기준 온도까지의 누적난방도시 [Kh]
DH _{θ_{uG},TKi,mth}	온도등급 하단기준 온도의 난방도시 [Kh]
m	온도등급구간의 경계에 대한 지수
HDH _{θ_{oG},TKi,mth}	온도등급 상단기준 온도까지의 누적난방도시 [Kh]
HDH _{θ_{HG},mth}	난방시작온도까지의 누적난방도시 [Kh], θ _{HG} 표준값 = 15°C

$$m = \begin{cases} 1, & \text{wenn } i = 1 \text{ oder } \theta_{uG,TKi} > \theta_{oG,TKi-1} \\ 2, & \text{wenn } \theta_{uG,TKi} = \theta_{oG,TKi-1} \text{ oder } \theta_{uG,TKi} = \theta_{HG} \end{cases}$$

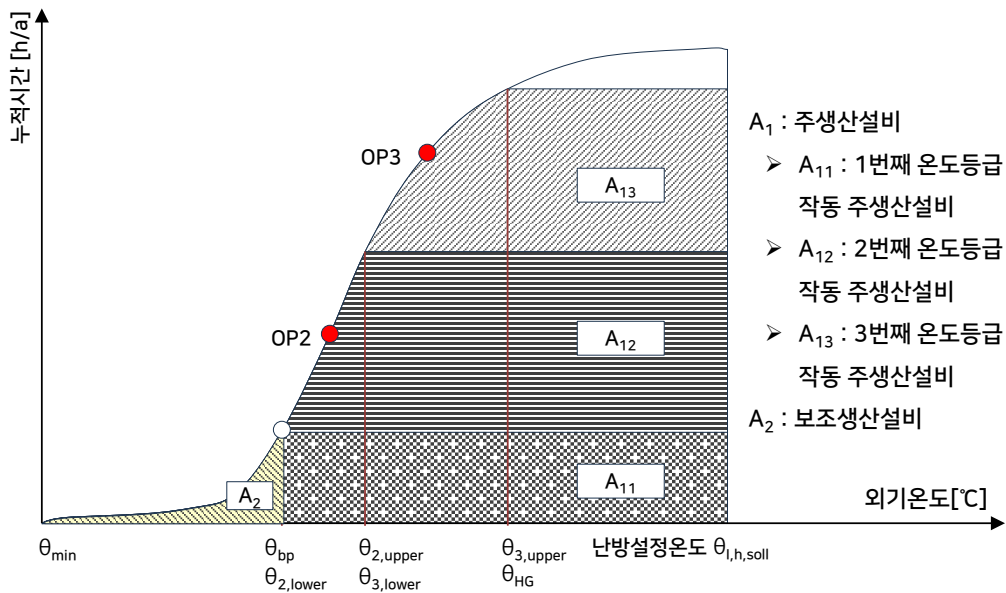
〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 B.12

◎ 병렬 운전

- “병렬 운전의 경우, 히트펌프는 하이브리드온도[θ_{bp}]까지 단독으로 필요한 열을 공급
- 외기온도가 하이브리드온도[θ_{bp}] 이하로 내려가면, 두 번째 생산설비 가동
- 두 개의 생산설비는 병렬로 운전되며, 두 번째 생산설비는 히트펌프가 난방출력의 한계 때문에 공급하지 못하는 부분을 담당
- 하이브리드 온도 지점이 최저 온도등급에 속하지 않는 경우, 각 온도등급 i마다 보조 생산설비의 공급비율을 계산

$$k_{bu,h,TKi} = \begin{cases} 0, & \text{wenn } \theta_{bp} < \theta_{uG,TKi} \\ \frac{HDH_{\theta_{bp},mth} - HDH_{\theta_{uG},mth} + \frac{DH_{\theta_{uG,TKi}}}{m} - (\theta_{i,h,soll} - \theta_{bp}) \cdot \left(HH_{\theta_{bp},mth} - HH_{\theta_{uG,TKi}} + \frac{H_{\theta_{uG,TKi}}}{m} \right)}{HDH_{\theta_{HG},mth}}, & \text{wenn } \theta_{uG,TKi} \leq \theta_{bp} \leq \theta_{oG,TKi} \\ \frac{DH_{TKi,mth} - (\theta_{i,h,soll} - \theta_{bp}) \cdot \left(HH_{\theta_{oG,TKi-1K}} - HH_{\theta_{uG,TKi}} + \frac{H_{\theta_{uG,TKi}}}{m} + \frac{H_{\theta_{oG,TKi}}}{n} \right)}{HDH_{\theta_{HG},mth}}, & \text{wenn } \theta_{bp} > \theta_{oG,TKi} \end{cases}$$

<출처> DIN V 18599-5:2018 식 96



◎ 부분병렬 운전

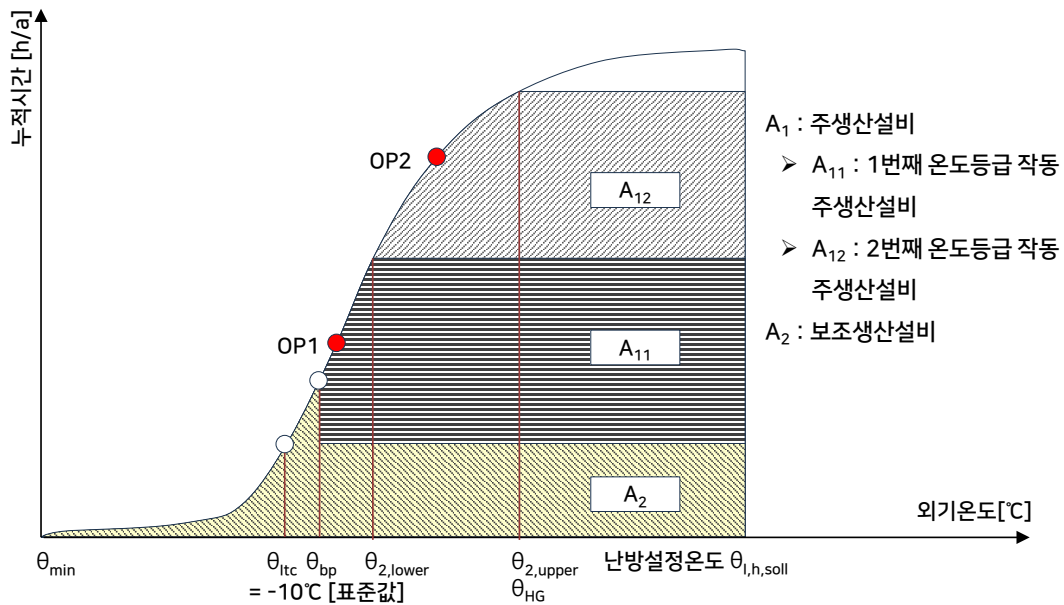
- 부분 병렬 운전의 경우, 히트펌프는 하이브리드온도[θ_{bp}]까지 단독으로 필요한 열공급
- 외기온도가 하이브리드온도 이하로 내려가면, 보조 생산설비가 함께 가동
- 두 생산설비는 병렬로 운전되며, 보조 생산설비는 히트펌프가 난방출력의 한계 때문에 공급하지 못하는 부분만을 담당
- 히트펌프의 하한 운전 한계(θ_{ltc})에 도달하면 히트펌프 off, 보조생산설비 단독으로 필요한 열을 공급
- 하이브리드 온도지점이 최저 온도등급에 속하지 않는 경우, 각 온도등급 i마다 보조 설비의 공급비율을 계산

$$\kappa_{bu,h,TKi} = \kappa_{bu,h,TKi,parallel} + \kappa_{bu,h,TKi,alternativ}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 100

$$\kappa_{bu,h,TKi,alternativ} = \begin{cases} 0, & \text{wenn } \theta_{ltc} < \theta_{uG,TKi} \\ \frac{(\theta_{I,h,soll} - \theta_{bp}) \cdot \left(HH_{\theta_{ltc},mth} - HH_{\theta_{uG,TKi},mth} + \frac{H_{\theta_{uG,TKi},mth}}{m} \right)}{HDH_{\theta_{HG},mth}}, & \text{wenn } \theta_{uG,TKi} \leq \theta_{ltc} \leq \theta_{oG,TKi} \\ \frac{(\theta_{I,h,soll} - \theta_{bp}) \cdot H_{TKi,mth}}{HDH_{\theta_{HG},mth}}, & \text{wenn } \theta_{ltc} > \theta_{oG,TKi} \end{cases}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 101



〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 6.5.3.2.3

◎ 가스 히트펌프

- 가스 엔진 구동 히트펌프는 구동 장치의 손실 중 일부를 후단의 열교환기를 통해 다시 회수할 수 있음
- $Q_{rd,mot,gen}$
: 열펌프의 열회수량으로, 냉각 및 배기가스로부터의 열 회수를 위한 시스템의 효율성과 기술적 구성에 따라 달라짐
- 제품의 구체적인 수치가 없는 경우
: 엔진이 적절하게 냉각되는 가스 엔진 구동 히트펌프에 대해서는 표준값으로 $Prd,mot = 0.4$ 를 적용

$$p_{rd,mot} = \frac{Q_{rd,mot,gen}}{Q_{h,f}}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 6.5.3.2.3

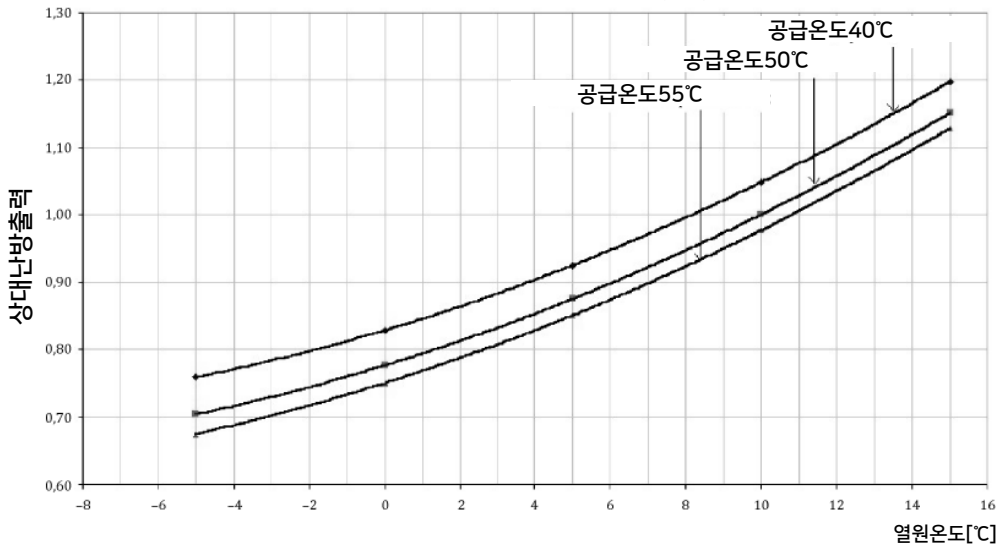
$$Q_{h,f,1} = \sum_{i=1}^{n_{Klasse}} \frac{Q_{h,outg,sng,i} - (1 - \kappa_{h,combi,i}) \cdot k_{rd,gen} \cdot W_{h,gen,i}}{COP_{Pint,sng,i}} \cdot \frac{f_{Hs/Hi}}{1 + p_{rd,mot}} + \sum_{i=1}^{n_{Klasse}} \frac{\frac{Q_{h,outg,combi,i}}{2} - \kappa_{h,combi,i} \cdot k_{rd,gen} \cdot W_{h,gen,i}}{COP_{Pint,combi,i}} \cdot \frac{f_{Hs/Hi}}{1 + p_{rd,mot}}$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 145

$f_{Hs/Hi}$ 가스 발열량비로 1.11 적용

◎ 가스 히트펌프: 출력 계산

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 그림 C.1



상대 난방 출력: 히트펌프가 특정 조건(예: 온도)에 따라 낼 수 있는 난방 성능을 기준값에 비례해서 나타낸 것(기준 조건에서의 최대 난방 출력 대비, 현재 조건에서의 난방 출력의 비율)

예: 히트펌프가 기준 조건(예: 열원 10°C, 공급 35°C)에서 10kW의 난방 출력을 낼 수 있다고 할 때, 실제 운전 조건(예: 열원 0°C, 공급 45°C)에서는 효율이 떨어져 7kW만 낼 수 있다면, 상대 난방 출력 = 7kW / 10kW = 0.7 (즉, 70%)

$$\phi = A \cdot \theta_{\text{source}}^2 + B \cdot \theta_{\text{source}} + C$$

$$A = 0,00056 \cdot \frac{1}{\text{°C}^2}$$

$$B = 0,0165 \cdot \frac{1}{\text{°C}}$$

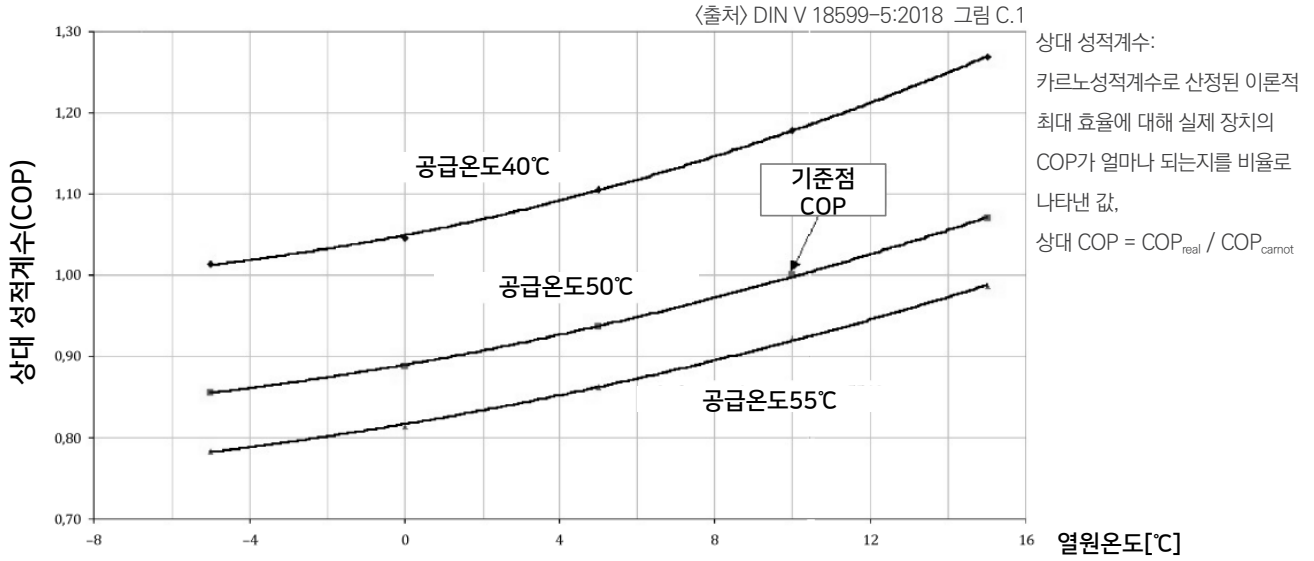
$$C = -0,00536 \cdot \frac{\theta_{\text{sink}}}{\text{°C}} + 1,04$$

θ_{source} 열원온도 [°C]

θ_{sink} 공급온도 [°C]

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 C.1 ~ C.4

◎ 가스 히트펌프: 성적계수



$$\bar{COP} = A \cdot \theta_{source}^2 + B \cdot \theta_{source} + C$$

$$A = -8,61E - 6 \cdot \frac{\theta_{sink}}{^{\circ}C^3} + 6,94E - 4 \cdot \frac{1}{^{\circ}C^2}$$

$$B = -9,84E - 5 \cdot \frac{\theta_{sink}}{^{\circ}C^2} + 0,0132 \cdot \frac{1}{^{\circ}C}$$

$$C = -0,0156 \cdot \frac{\theta_{sink}}{^{\circ}C} + 1,67$$

〈출처〉 DIN V 18599-5:2018 식 C.5 ~ C.8

θ_{source} 열원온도 [°C]

θ_{sink} 공급온도 [°C]

COP 열원 10°C, 공급 50°C 기준 대비 COP를 의미함 (1.0)

◎ 히트펌프 표준값 - 공냉식 히트펌프(공기:물)

DIN V 18599 Part 5 Table C.1			
공급온도	35℃		
외기온도	-7℃	2℃	7℃
출력율	0.69	0.85	1
2010이후 제품 COP	2.8	3.2	3.8
1994~2010 제품 COP	2.7	3.1	3.7
1979~1993 제품 COP	2.4	2.8	3.3
DIN V 18599 Part 5 Table C.2			
공급온도	45℃		
외기온도	-7℃	2℃	7℃
출력율	0.66	0.82	0.97
2010이후 제품 COP	2.3	2.7	3.2
1994~2010 제품 COP	2.2	2.6	3.1
1979~1993 제품 COP	2	2.3	2.8
DIN V 18599 Part 5 Table C.3			
공급온도	55℃		
외기온도	-7℃	2℃	7℃
출력율	0.64	0.8	0.95
2010이후 제품 COP	1.9	2.1	2.6
1994~2010 제품 COP	1.8	2	2.5
1979~1993 제품 COP	1.6	1.9	2.2

◎ 히트펌프 표준값 - 지열 히트펌프(물:물)

DIN V 18599 Part 5 Table C.4			
공급온도	35℃		
외기온도	-5℃	0℃	5℃
출력율	0.88	1.0	1.12
2010이후 제품 COP	3.7	4.3	4.9
1994~2010 제품 COP	3.7	4.3	4.9
1979~1993 제품 COP	3.0	3.5	4.0
DIN V 18599 Part 5 Table C.4			
공급온도	45℃		
외기온도	-5℃	0℃	5℃
출력율	0.86	0.99	1.10
2010이후 제품 COP	3.0	3.4	3.9
1994~2010 제품 COP	3.0	3.4	3.9
1979~1993 제품 COP	2.4	2.8	3.2
DIN V 18599 Part 5 Table C.4			
공급온도	55℃		
외기온도	-5℃	0℃	5℃
출력율	0.84	0.97	1.08
2010이후 제품 COP	2.2	2.6	2.9
1994~2010 제품 COP	2.2	2.6	2.9
1979~1993 제품 COP	1.8	2.0	2.4

◎ 히트펌프 표준값 - 지하수 히트펌프(물:물)

DIN V 18599 Part 5 Table C.5		
공급온도	35℃	
외기온도	10℃	15℃
출력율	1.0	1.12
2010이후 제품 COP	5.5	6.0
1994~2010 제품 COP	5.5	6.0
1979~1993 제품 COP	4.6	5.0

DIN V 18599 Part 5 Table C.5		
공급온도	45℃	
외기온도	10℃	15℃
출력율	0.96	1.08
2010이후 제품 COP	4.4	4.7
1994~2010 제품 COP	4.4	4.7
1979~1993 제품 COP	3.7	3.9

DIN V 18599 Part 5 Table C.5		
공급온도	55℃	
외기온도	10℃	15℃
출력율	0.91	1.03
2010이후 제품 COP	3.2	3.5
1994~2010 제품 COP	3.2	3.5
1979~1993 제품 COP	2.7	2.9

◎ 히트펌프 표준값 - 난방용 에어컨(공기:공기)

DIN V 18599 Part 5 Table C.7								
공급온도	인버터제어				on/off제어			
외기온도	-7℃	2℃	7℃	10℃	-7℃	2℃	7℃	10℃
상대 출력	0.81	0.96	1.0	1.0	0.72	0.84	1.0	1.13
2003이후 제품 COP	3.0	3.2	3.5	3.8	2.7	2.8	3.0	3.2
1998~2002 제품 COP	-	-	-	-	1.5	1.7	2.1	2.4
1998이전 제품 COP	-	-	-	-	1.5	1.7	2.1	2.4

◎ 히트펌프 표준값 - 멀티형 에어컨(공기:공기)

DIN V 18599 Part 5 Table C.8								
공급온도	인버터제어				on/off제어			
외기온도	-7℃	2℃	7℃	10℃	-7℃	2℃	7℃	10℃
상대 출력	0.81	0.96	1.0	1.0	0.81	0.96	1.0	1.0
2003이후 제품 COP	3.0	3.2	3.5	3.8	2.7	2.8	3.0	3.2
1998~2002 제품 COP	2.5	2.9	3.2	3.5	2.5	2.5	2.9	3.2
1998이전 제품 COP	2.2	2.6	2.9	3.1	2.2	2.2	2.6	2.8

◎ 히트펌프 표준값 – VRF 시스템(공기:공기)

DIN V 18599 Part 5 Table C.9				
공급온도				
외기온도	-7℃	2℃	7℃	10℃
상대 출력	0.81	0.96	1.0	1.0
2003이후 제품 COP	3.0	3.3	3.5	3.7
1998~2002 제품 COP	2.7	2.9	3.0	3.3
1998이전 제품 COP	2.5	2.9	3.1	3.2

◎ 참고 서적 및 사이트

1. DIN V 18599-5 : 2018 Energy efficiency of buildings – Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting – Part 5: Final energy demand of heating systems

D.4

공조기요구량(풍량, 급기온도) 해석

교육 목표

- * 관련 용어 정의 및 부품별 온도 계산을 할수 있다.
- 공조기요구량 (풍량, 급기온도) 해석**
 - * 풍량 검토 및 덕트 열전달을 이해할 수 있다.
 - * 열회수기 및 혼합챔버에 대한 에너지 계산 반영 부분을 이해할 수 있다.
 - * 프리히터 및 쿨튜브 시스템을 이해한다.

1 용어 및 정의

◎ 용어 및 기초 계산

- 대기에서의 공기밀도(ρ_a)는 해발고도(halt)를 반영하여 다음과 같이 산정한다.

$$\rho_a = \rho_{a,ref} \times \left(1 - \frac{0.00651 \times h_{alt}}{293} \right)^{4.255}$$

<EN 16798-5-1 표 27>

이름	기호	단위	값
대기압	P_{atm}	Pa	101,325
해수면 기준 공기(20°C)밀도	$P_{a,ref}$	kg/m ³	1.204
공기 정압 비열	c_a	kWh/(kg·K)	0.000279
수증기 증발열	r_w	kWh/kg	0.68

- -50 °C ~ 100 °C 공기 포화 수증기압($P_{e,sat}$)

$$P_{e,sat} = 611.2 \times e^{\frac{17.62 \times \theta_e}{243.12 + \theta_e}} \quad <EN 16798-5-1 D.7>$$

- -50 °C ~ 100 °C 공기 수증기압(P_e)

$$P_e = \varphi \times P_{e,sat}$$

θ_e : 건구온도
 φ : 상대습도

• 공기 상대습도(ϕ)

$$\phi = \frac{P_e}{P_{e,sat}}$$

- $C_{p,l}$: 공기비열 1.006 [kJ/kg]
- x_e : 절대습도[kg/kg]
- Δh_v : 잠열 2,500 [kJ/kg]
- θ_e : 건구온도
- $C_{p,D}$: 수증기 비열 1.86 [kJ/kg]

• 공기 절대 습도(X_e)

$$X_{e,sat} = 0.622 \times \frac{P_{e,sat}}{P_{atm} - P_{e,sat}} \quad <EN 16798-5-1 D.6>$$

$$X_{e,air} = 0.622 \times \frac{\phi_{air} \times P_{e,sat}}{P_{atm} - \phi_{air} \times P_{e,sat}}$$

• 엔탈피 [kJ/kg]

$$h_e = c_{p,l} \times \theta_e + x_e \times (\Delta h_v + c_{p,d} \times \theta_e)$$

$$= 1.006 \theta_e + x_e \times (2,500 + 1.86 \times \theta_e) \quad <EN 16798-5-1 D.7>$$

• 공기 현열 출력 [W]

$$q_v = V_v \times c_{p,L} \cdot \rho_L \times \Delta\theta$$

- $C_{p,l}$: 공기비열 1.006 [kJ/kg]
- ρ_L : 공기밀도 1.204 [kg/m³]
- r_w : 수증기잠열 0.68 [kWh/kg]
- $\Delta\theta$: 온도차 [K]
- $\Delta\chi$: 절대습도차 [kg/kg]
- Δh : 엔탈피차 [kJ/kg]

• 공기 잠열 출력 [W]

$$q_v = V_v \times \rho_L \cdot r_w \times \Delta\chi$$

- 1kW = 1kJ/s
= 1kJ/3600
- $C_{p,L} \cdot \rho_L = 1.006 \times 1.204 / 3600 \times 1000$
= 0.33645
= 0.34Wh/m³·K

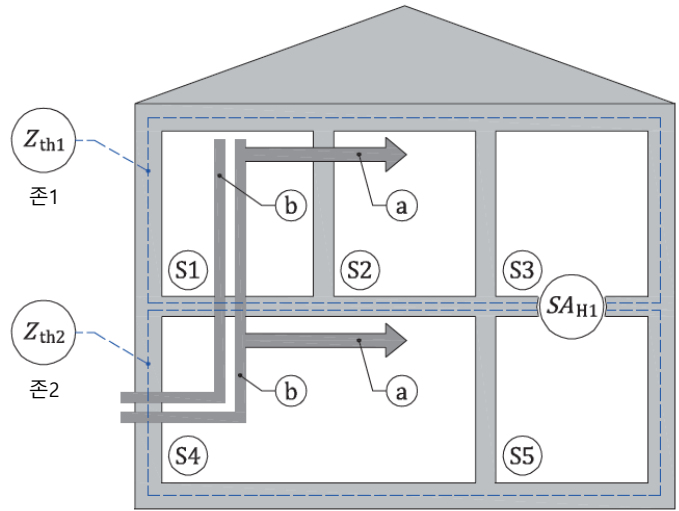
• 공기 엔탈피 출력 [W]

$$q_v = V_v \times \rho_L \times \Delta h$$

2 공조에너지요구량 정의

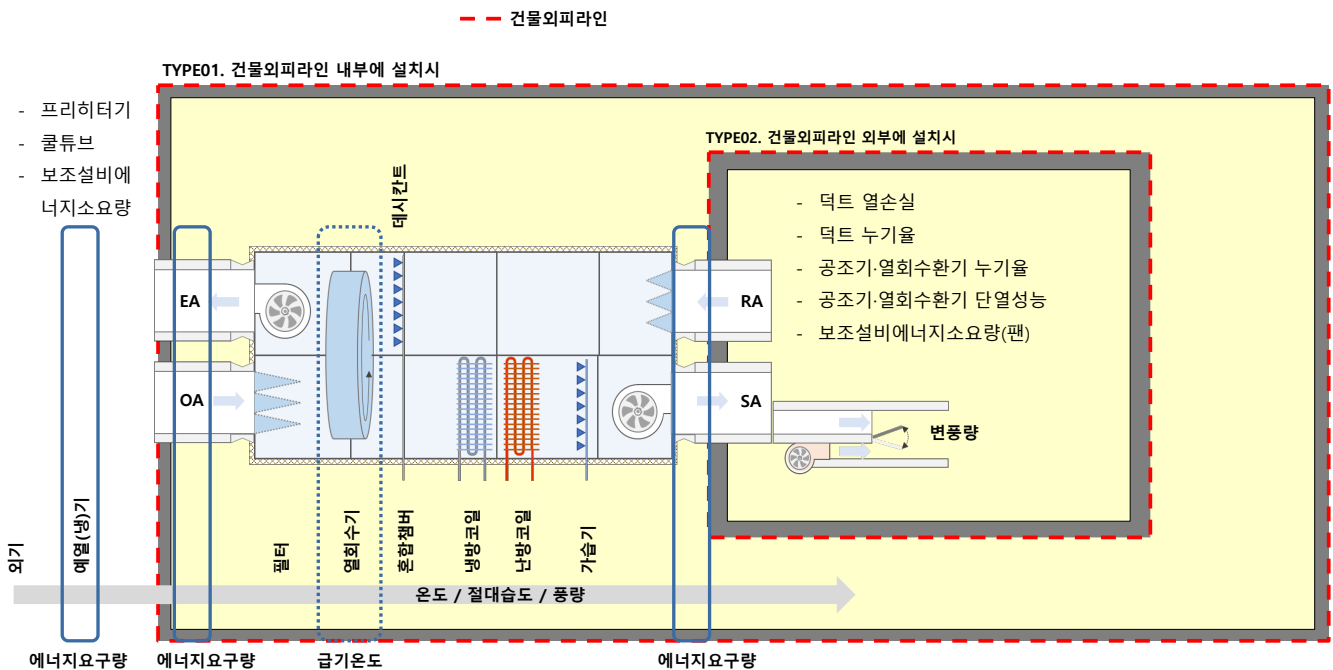
◎ 계산 프로세스 및 정의

- 공조 설비는 각 존의 합을 통해 산정됨
 - ① 존별 에너지 요구량(난방, 냉방+제습) 계산
 - 열회수환기장치 온도·습기 교환 효율 반영
 - 온도 교환 효율에 따른 급기온도
 - ② 공조 설비를 통해 추가적인 에너지요구량 계산
 - 덕트 열손실
 - 덕트 누기율
 - 공조기·열회수환기 누기율
 - 공조기·열회수환기 단열성능
 - 프리히터기
 - 쿨튜브



<ISO 52000-1:2017 그림6>

- Z_{th1} : 설비존 1 (실 S1 + S2 + S3)
- Z_{th2} : 설비존 2 (실 S4 + S5)
- SA_{H1} : 난방설비영역 (실 Z_{th1} + Z_{th2})
- a: 공급
- b: 분배용 배관 설비



◎ **존별 input 항목**

기호	명칭	단위	유효 범위	참고기준	비고	값	1 월	2 월	3 월
	존이름					1F_Zone001			
	용도프로필	[TYPE]				소규모 사무실			
ANF	순바닥면적	[m ²]				46.42			
V _A	단위면적당 필요 최소 외기도입량	[m ³ /m ² h]		DIN V 18599-10		4.00			
V _{min}	필요 최소 외기도입량	[m ³ /h]				185.68			
θ _{i,c,set}	냉방 설정온도	[°C]				26.00			
θ _{i,h,set}	난방 설정온도	[°C]				21.00			
	시작시간	[h]				6:00			
	종료시간	[h]				20:00			
t _{v,mech,mth}	일일 가동시간	[h]				19.17			
CHVAC	공조운전시부재율	[-]				0.30			
FHVAC	공조/냉방부분운전계수	[-]				0.70			
d _{v,mech,mth}	월별 가동일수	[d/mth]				365.00	31.00	28.00	31.00
Q _{h,max}	최대 난방부하	[W]				6328.92			
Q _{c,max}	최대 냉방부하	[W]				2342.11			
Q _{c,b}	월별 냉방 에너지요구량	[kWh/mth]				2538	0	0	0
Q _{c,dhu}	월별 제습 에너지요구량	[kWh/mth]				367	0	0	0
Q _{h,b}	월별 난방 에너지요구량	[kWh/mth]				8880	2100	1580	1249

3 풍량 검토

◎ 공조기 정풍량 검토

- 정풍량: 최대 냉방부하 대응 풍량

$$\dot{V}_{\text{mech,b,mth}} = \dot{V}_{\text{mech,mth}} = \dot{V}^* = \frac{\dot{Q}_{\text{c,max}}}{c_{\text{p,L}} \rho_{\text{L}} (\theta_{\text{i,c,soll}} - \theta_{\text{v,mech}})}$$

<DIN V 18599-3 식2>

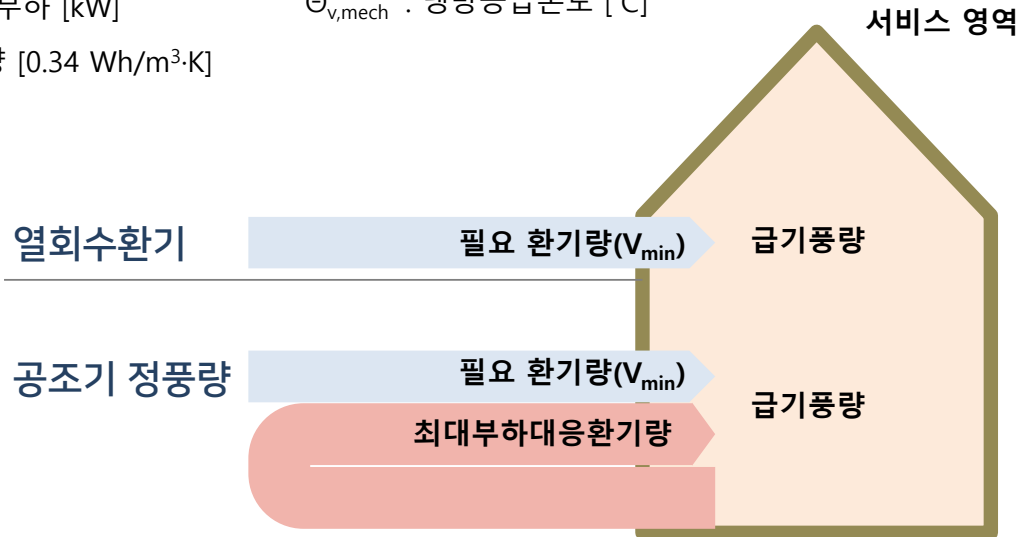
$V_{\text{mech,mth}}$: 월별 풍량 [m^3/h]

$\theta_{\text{i,c,soll}}$: 실내설정온도 [$^{\circ}\text{C}$]

$Q_{\text{c,max}}$: 최대 냉방부하 [kW]

$\theta_{\text{v,mech}}$: 냉방공급온도 [$^{\circ}\text{C}$]

$C_{\text{p,L}} \cdot \rho_{\text{L}}$: 공기열용량 [$0.34 \text{ Wh}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$]



장비일람표

해발고도: 35m적용 $\rho_L = 1.2$

냉방코일					송풍기	
냉방출력	입구건구온도	입구상대습도	출구건구온도	출구상대습도	급기풍량(V_{SA})	배기풍량
[kW]	[°C_DB]	[%]	[°C_DB]	[%]	[CMH]	[CMH]
30	26.3	51.1%	15	89.8%	3,000	3,000
효율		절대습도		절대습도		
[%]		[kg/kg]		[kg/kg]		
50%		0.0109		0.0095		

1. 잠열 출력:

현열 출력 $Q_{v,sensible} = V_v \times c_{p,L} \times \rho_L \times \Delta\theta = 3000 \times 0.34 \times (26.3 - 15) / 1000 = 11.526kW$

잠열 출력 $Q_{v,latent} = V_v \times \rho_L \times r_w \times \Delta\chi = 3000 \times 1.2 \times 0.68 \times (0.0109 - 0.0095) = 3.427kW$

냉방 출력 = 11.526+3.427 = 15

효율 = 15kW / 30kW = 50%

2. 실내온도(25°C) 기준 제품 급기온도 계산: 현열출력 기준 급기온도 산정

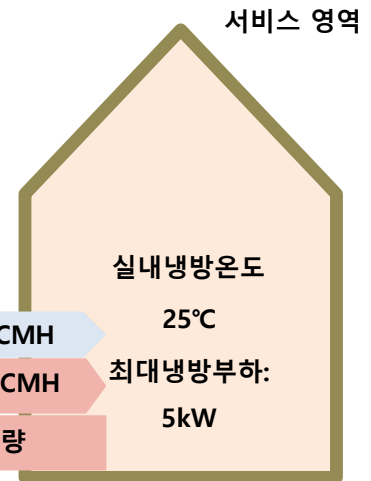
$Q_v = \text{냉방 출력}, (15,000W - 3,427W) = \text{급기풍량} \times 0.34 \times (\text{실내온도} - \text{급기온도})$

$11,573W = 3,000 \times 0.34 \times (25 - \theta_{v,mech})$

$\theta_{v,mech} = 13.65 \text{ } ^\circ\text{C}$

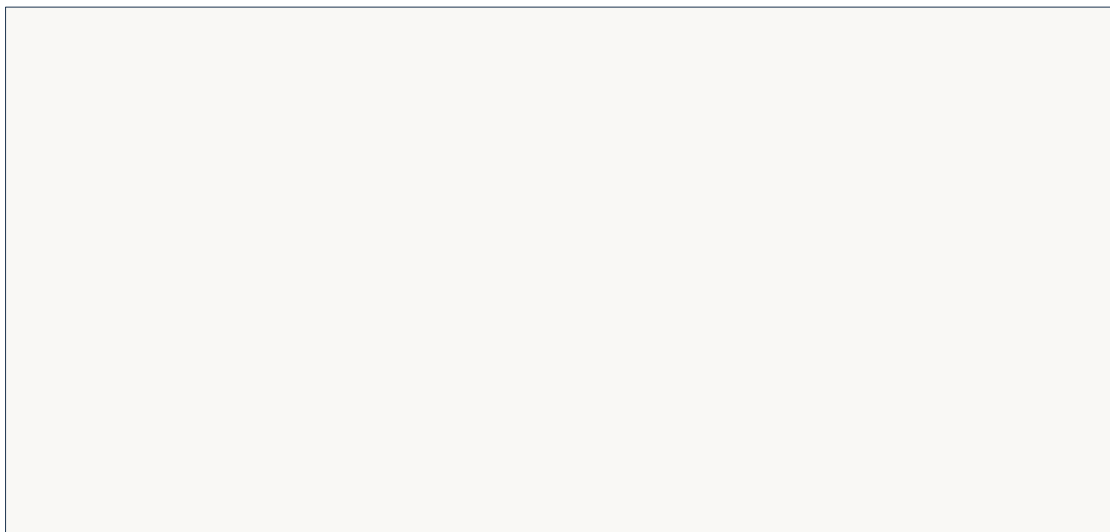
3. 급기풍량 산정

$V_{v,mech} = Q_{c,max} / (0.34 \times (25 - 13.65)) \text{ m}^3/\text{h}$
 = 5,000 / 3.536 = **1,296 CMH**



- 다음은 정풍량 공조기의 장비일람표 최대 냉방부하 3kW일 경우 정풍량을 구하시오. (실내냉방온도 26°C로 가정하시오.)

냉방코일					송풍기	
냉방출력	입구건구온도	입구상대습도	출구건구온도	출구상대습도	급기풍량	배기풍량
[kW]	[°C_DB]	[%]	[°C_DB]	[%]	[CMH]	[CMH]
7	25	60.0%	15	80.0%	1,000	1,000



◎ 공조기 변풍량 검토

- 변풍량: 월별 냉방에너지요구량 대응 풍량

$$\dot{V}_{\text{mech,mth}} = \dot{V}_{\text{mech,b,mth}} + \frac{Q_{\text{c,b}}}{t_{\text{v,mech,mth}} d_{\text{v,mech,mth}} c_{\text{p,L}} \rho_{\text{L}} (\theta_{\text{i,c,soll}} - \theta_{\text{v,mech,mth}})}$$

<DIN V 18599-3 식6>

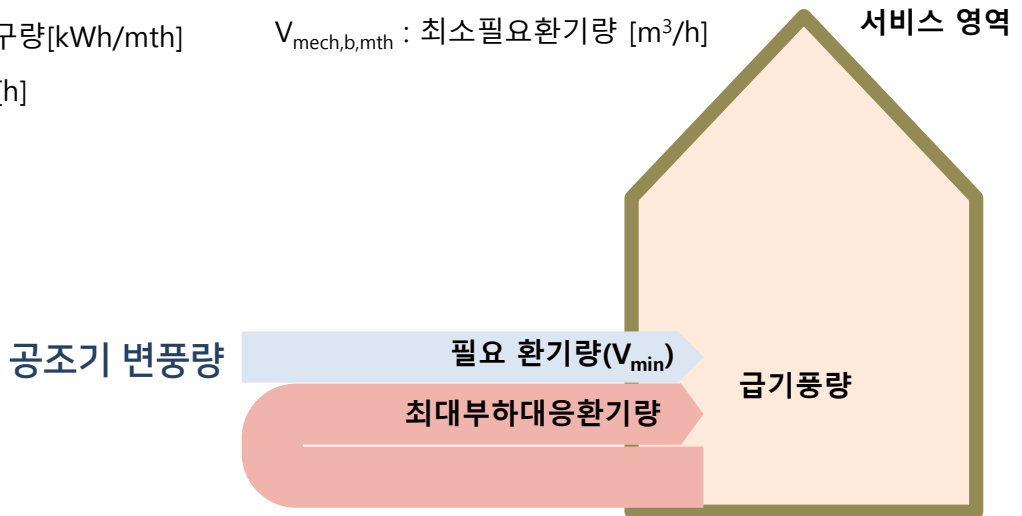
$V_{\text{mech,mth}}$: 월별 풍량 [m³/h]

$d_{\text{v,mech}}$: 이용일 [days]

$Q_{\text{c,b}}$: 냉방에너지요구량[kWh/mth]

$V_{\text{mech,b,mth}}$: 최소필요환기량 [m³/h]

$t_{\text{v,mech,mth}}$: 작동시간 [h]



장비일람표

냉방출력 [kW]	냉방코일				송풍기	
	입구건구온도 [°C_DB]	입구상대습도 [%]	출구건구온도 [°C_DB]	출구상대습도 [%]	급기풍량 [CMH]	배기풍량 [CMH]
30	26.3	51.1%	15	89.8%	3,000	3,000
효율 [%]		절대습도 [kg/kg]		절대습도 [kg/kg]		
50%		0.0109		0.0095		

1. 잠열 출력:

현열 출력 $Q_{\text{v,sensible}} = V_v \times c_{\text{p,L}} \cdot \rho_{\text{L}} \times \Delta\theta = 3,000 \times 0.34 \times (26.3 - 15) / 1000 = 11.526\text{kW}$

잠열 출력 $Q_{\text{v,latent}} = V_v \times \rho_{\text{L}} \cdot r_w \times \Delta\chi = 3000 \times 1.2 \times 0.68 \times (0.0109 - 0.0095) = 3.427\text{kW}$

냉방 출력 = 11.526 + 3.427 ≈ 15

효율 = 15kW / 30kW = 50%

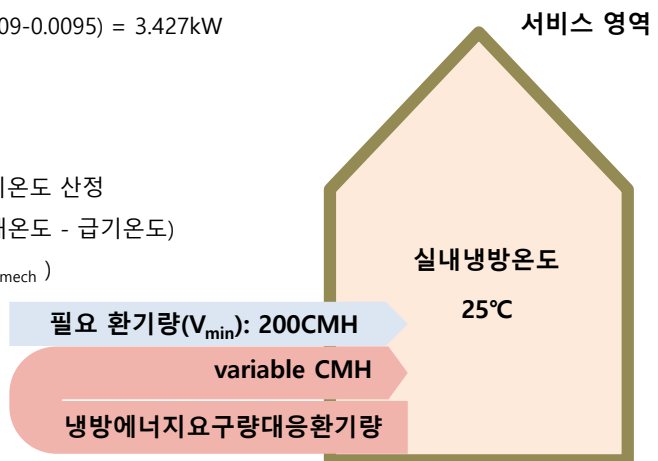
2. 실내온도(25°C) 기준 제품 급기온도 계산: 현열출력 기준 급기온도 산정

$Q_v = \text{냉방 출력}, (15,000\text{W} - 3,427\text{W}) = \text{급기풍량} \times 0.34 \times (\text{실내온도} - \text{급기온도})$
 $= 3,000 \times 0.34 \times (26 - \theta_{\text{v,mech}})$

$\theta_{\text{v,mech}} \approx 14.6^\circ\text{C}$

3. 급기풍량 산정

$V_{\text{v,mech}} = \max(V_{\text{min}}, Q_{\text{c,b}} / (0.34 \times (25 - 14.6) \times \text{top,mth})) \text{ m}^3/\text{h}$



◎ 누기율 반영 풍량 검토

덕트 누기율

덕트누기율 등급	$f_{lea,du}$ (Duct leakage factor)
기존건물	1.06
신축건물	1.02
TAB실시	1.00

<EN 16798-5-2 표B.2>

공조기 누기율

공조기누기율 등급	$f_{lea,ahu}$ (AHU leakage factor)
A3/B3/C3	1.02
A2/B2/C2	1.01
A1/B1/C1	1

<EN 16798-5-2 표B.5>

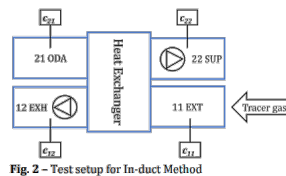


Fig. 2 - Test setup for In-duct Method

<EN 13142-7 표 3,4,5>

압력차 누기시험		
등급	내부누기율[100Pa]	외부누기율[250Pa]
A1	≤ 2%	≤ 2%
A2	≤ 5%	≤ 5%
A3	≤ 10%	≤ 10%

챔버내 가스추적시험	
등급	SA공기내 가스 비율
B1	≤ 1%
B2	≤ 2%
B3	≤ 6%

덕트 내 가스추적시험		
등급	SA공기내 가스비율	외부누기율[250Pa]
C1	≤ 0.5%	≤ 2%
C2	≤ 2%	≤ 2%
C3	≤ 4%	≤ 2%

기준이 마련되지 않거나 측정값이 없는 경우 A3/B3/C3로 적용함

$$q_{V;SUP;dis;k} = q_{V;SUP;dis;req;k} \cdot f_{lea;du} \cdot f_{lea;ahu} \quad \text{<EN 16798-5-2 식4>}$$

$$q_{V;SUP;dis} = \frac{\sum_k (q_{V;SUP;dis;k} \cdot t_{V;k})}{t_{total}} \quad \text{<EN 16798-5-2 식5>}$$

$$q_{V;ETA;dis;k} = q_{V;ETA;dis;req;k} \cdot f_{lea;du} \cdot f_{lea;ahu} \quad \text{<EN 16798-5-2 식6>}$$

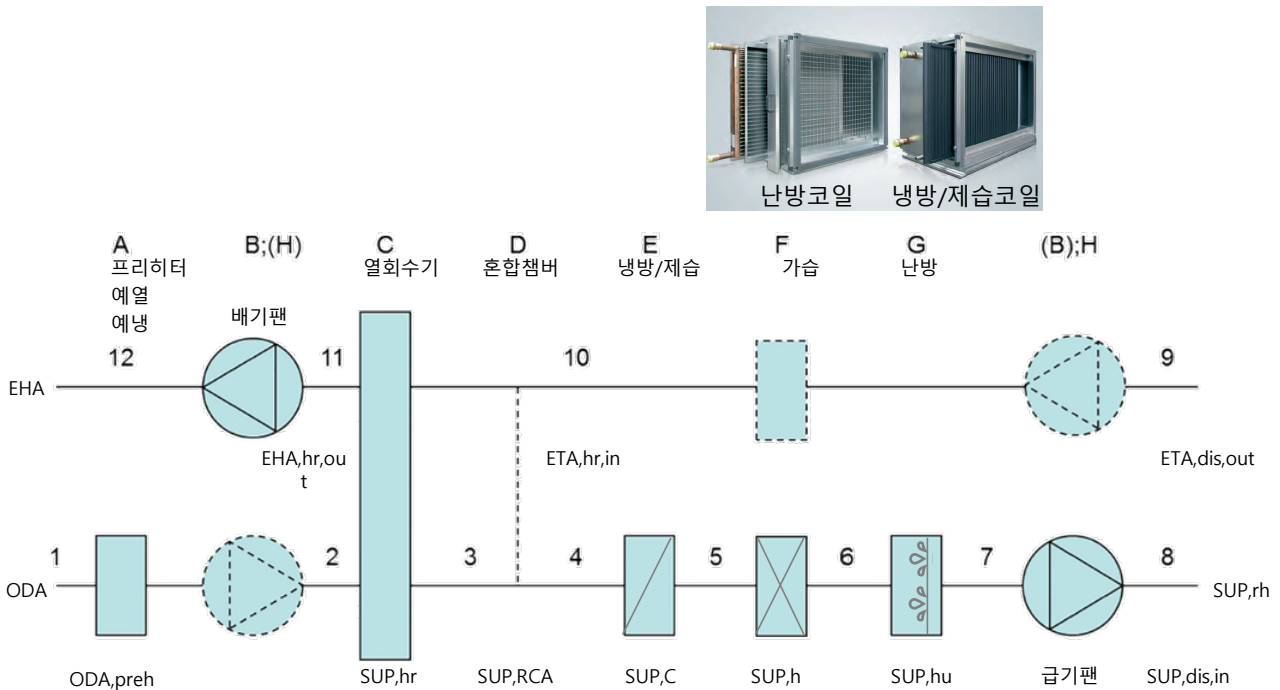
- $q_{V;SUP;dis}$ 급기풍량[m³/h]
- $q_{V;SUP;dis;req}$ 필요급기풍량[m³/h]
- $q_{V;ETA;dis}$ 흡기풍량[m³/h]
- $q_{V;ETA;dis;req}$ 필요흡기풍량[m³/h]
- $t_{V;k}$ 공조기가동시간[h]

◎ 참고 서적 및 사이트

1. EN 16798-5-1: Part 5-1: Calculation methods for energy requirements of ventilation and air conditioning systems (Modules M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8) – Method 1: Distribution and generation
2. EN 16798-5-1: Part 5-2: Calculation methods for energy requirements of ventilation systems (Modules M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8) – Method 2: Distribution and generation

4 덕트 열전달과 온도차

◎ 계산 프로세스



EN 16798-1, Table B.16

● 공조기 급기 온도 [SA]

$$\vartheta_{SUP;dis;in;k} = \vartheta_{ODA} + \Delta\vartheta_{preh;k} + \Delta\vartheta_{prec;k} + \Delta\vartheta_{hr;k} + \Delta\vartheta_{rca;k} + \Delta\vartheta_{rh;k} \quad \text{<EN 16798-5-2 식11>}$$

예열온도차
예냉온도차
흡입챔버온도차

실외온도
열회수기온도차
재열기온도차

● 공조기 배기 온도 [EA]

$$\vartheta_{ETA;dis;out;k} = \frac{1}{f_{lea;du}} \cdot \vartheta_{ETA;k} + \frac{f_{lea;du} - 1}{f_{lea;du}} \cdot \vartheta_{sur;nc;m} + \Delta\vartheta_{du;ETA;k} \quad \text{<EN 16798-5-2 식20>}$$

실내온도
주변온도
흡기덕트온도차

◎ 덕트 열전달계수 (H_{du})

열손실 발생 부위까지의 덕트 길이 L_{du} [m]

$$H_{du} = U_{du} \times A_{du}$$

덕트 열전달계수[W/K]

- 덕트 열저항

$$R_{du} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{d_{insul}}{d_{du}} + \frac{1}{h_e}$$

- 관내측 표면열전달율 (h_i)

$$h_i = \left[4,13 + 0,23 \cdot \frac{g_m}{100} - 0,0077 \cdot \left(\frac{g_m}{100} \right)^2 \right] \cdot \frac{v^{0,75}}{d_i^{0,25}}$$

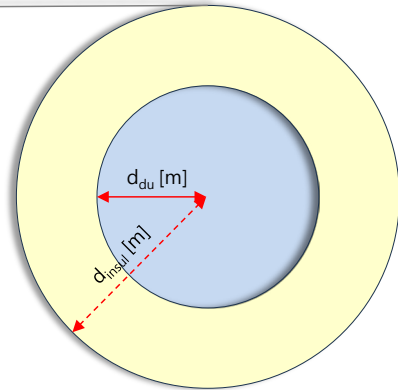
<EN 16798-5-1 식C.6>

- 관외측 표면열전달율 (h_e)

$$h_{se} = \frac{1}{R_{se}}$$

$$R_{se} = \frac{1}{h_c} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot d_{insul}}$$

V 풍속(m/s)



- U_{du} 덕트 열관류율[W/m²·K]
- A_{du} 덕트 설치면적 = 2π × d_{insul} × L_{du} [m²]
- d_{du} 길이가중 평균 덕트외경 [m]
- d_{insul} 덕트외경(ddd) + 평균 단열두께 [m]
- h_c ISO 6946 Upward 대류 열전달 [5W/m²·K]
- V 풍량/관면적 --> 관내 풍속 [m/s]
- θ_m 덕트내 평균온도 [°C]
- d_i 덕트 직경 [m]

◎ 공조기 설치: 건물외피라인 안

- 건물외피라인 안에 공조기가 있는 경우
- 냉방: OA/EA 덕트 열획득량 계산
- 난방: OA/EA 덕트 열손실량 계산
- 주변 온도 계산

$$\theta_u = \theta_i - F_x \times (\theta_i - \theta_e)$$

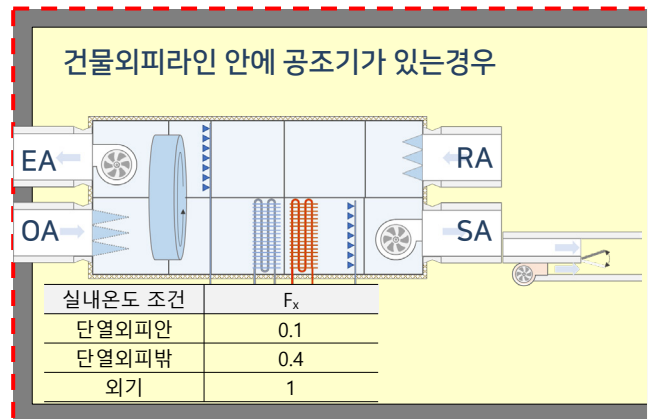
- 덕트에 의한 온도차

$$\Delta \theta_{SUP;du;nc;j;k} = \left(\theta_{SUP;du;in;j;k} - \theta_{sur;nc} \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{H_{du;SUP;nc;j}}{(\rho \cdot c)_a \cdot q_{V;SUP;dis;in;k}}} \right)$$

온도변화[K] 덕트온도 주변온도

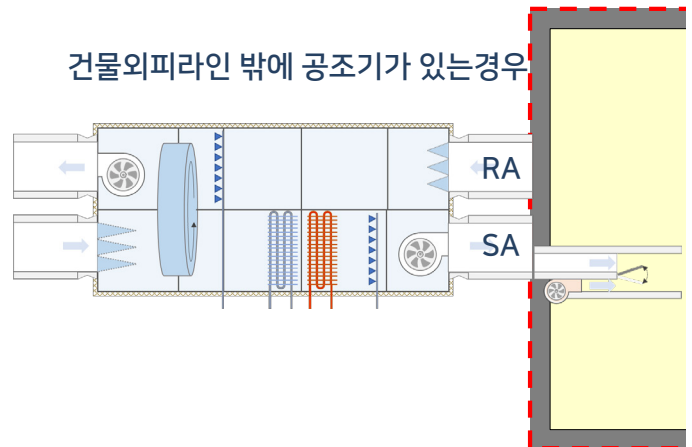
H_{du;SUP;nc;j}: 덕트 열전달계수 [W/K]
 ρ·c: 공기 열용량[0.34Wh/m³·K]
 q_{V;SUP;dis;in;k}: 덕트 풍량[m³/h]

<EN 16798-5-2 식18>



◎ 공조기 설치: 건물외피라인 밖

- 건물외피라인 밖에 공조기가 있는경우
- 냉방: SA 덕트 열획득량, RA 온도차 계산
- 난방: SA 덕트 열손실량, RA 온도차 계산



- SA덕트에 의한 온도차

<EN 16798-5-2 식18>

$$\Delta \vartheta_{SUP;du;cnj;k} = \left(\vartheta_{SUP;du;in;j;k} - \vartheta_i \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{H_{du;SUP;cnj;i}}{(\rho \cdot c)_a \cdot q_{V;SUP;dis;in;k}}} \right)$$

- RA덕트에 의한 온도차

<EN 16798-5-2 식21>

$$\Delta \vartheta_{du;ETA;k} = \left(\vartheta_{ETA;k} - \vartheta_{sur;nc;m} \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{H_{du;ETA;nc}}{(\rho \cdot c)_a \cdot q_{V;ETA;dis;out;k}}} \right)$$

◎ 덕트 열전달량

- 덕트에 의한 열전달량

$$Q_{ls;V;dis} = (\rho c)_a \cdot \sum_k \left\{ q_{V;SUP;dis;k} \cdot \sum_j \Delta \vartheta_{SUP;du;nc;j;k} + q_{V;lea;SUP;dis;k} \cdot \left(\vartheta_{SUP;dis;in;k} - \vartheta_{sur,nc} \right) \cdot t_{V;k} \right\}$$

$q_{V;SUP;dis;ink}$: 덕트 풍량[m³/h] $q_{V;SUP;dis;ink}$: 덕트 누기량[m³/h]

<EN 16798-5-2 식25>

5 열회수기 온도차

◎ 열회수기 적용

● 열회수 후 온도차

<EN 16798-5-2 식12>

$$\Delta \vartheta_{hr;k} = \left(\eta_{hr;k} - (f_{lea,ahu} - 1) - f_{ins,ahu} \right) \cdot (\vartheta_{ETA;dis;out;k} - \vartheta_{ODA;preh;k})$$

η_r : 열회수기 온도교환 효율

$f_{lea,ahu}$: 공조기 누기율

$f_{ins,ahu}$: 공조기 단열 성능

$\theta_{ETA,dis,out}$: RA측 공조기 인입온도[°C]

$\theta_{ODA,preh}$: 예열/예냉 후 OA 덕트 열전달 후 인입온도 [°C]

공조기단열두께 [mm]	$f_{ins,ahu}$
40	0
30	0.01
20	0.02
10	0.03

<EN 16798-5-2 표 B.6>

● 열회수 후 절대습도차

- 식12와 동일하며, 습기교환 효율이 적용됨

- 온도교환효율 과 전열교환효율을 활용한 절대습도 교환효율 산정

KS B 6879:2020 열회수환기장치 시험방법

구분	실내				실외			
	건구온도	습구온도	절대습도	엔탈피	건구온도	습구온도	절대습도	엔탈피
	[°C]	[°C]	[kg/kg]	[kJ/kg]	[°C]	[°C]	[kg/kg]	[kJ/kg]
냉방	24	17	0.00915	47.572	35	24	0.01411	71.672
난방	22	13.9	0.00648	38.786	2	0.4	0.00322	10.209

온도교환효율[%]		유효전열교환효율[%]		습기교환효율[%]	
냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방
60	76	55	66	2	7

냉방(SA)			난방(SA)		
열교환후온도	총엔탈피	수증기엔탈피	열교환후온도	총엔탈피	수증기엔탈피
28.4	58.417	29.8466	6.8	19.92518	13.08438

$$\eta_t = \frac{\theta_{SA} - \theta_{OA}}{\theta_{RA} - \theta_{OA}}$$

$$\eta_x = \frac{x_{SA} - x_{OA}}{x_{RA} - x_{OA}}$$

$$\eta_h = \frac{h_{SA} - h_{OA}}{h_{RA} - h_{OA}}$$

6 혼합챔버 온도차

◎ 혼합챔버 적용

- 믹싱 후 온도차

<EN 16798-5-2 식14>

$$\Delta \vartheta_{rca;k} = \frac{q_{V;rca;k}}{q_{V;out;k}} \cdot \left(\vartheta_{ETA;dis,out;k} - \vartheta_{SUP;hr;k} \right)$$

RA 온도차 반영 온도 열회수기 이후 온도

- RA덕트기준 누기율 반영 흡기풍량에 필요환기량(실외배기량)을 제외한 풍량이 유입되는 방식임:
자연환기 제어 반영시 이부분에 대한 비율이 바뀌게 됨

$$q_{V,rca,k} = q_{V,ETA,dis} - V_{min}$$

03. 서울	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
월별 외기온도	-2.45	1.18	5.99	11.55	17.67	22.46	24.16	25.79	21.80	14.58	8.38	1.11
월별 외기절대습도	0.0016	0.0023	0.0030	0.0046	0.0073	0.0111	0.0141	0.0155	0.0102	0.0063	0.0039	0.0023
최소온도	-11.0	-9.0	-3.0	3.0	8.0	15.0	18.0	18.0	11.0	1.0	-1.0	-13.0
최대온도	7.0	13.0	21.0	22.0	28.0	32.0	31.0	33.0	31.0	23.0	20.0	13.0
표준편차	4.0	4.3	5.0	3.7	4.2	3.4	3.0	2.6	3.4	4.7	4.7	5.5
-14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.4
-12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.0
-11	89.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.3
-10	130.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.8
-9	176.6	37.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87.7
-8	221.7	54.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	105.2
-7	257.4	73.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.3
-6	275.1	93.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	130.4
-5	268.6	108.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.9
-4	236.6	114.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	125.8
-3	183.6	107.3	34.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	108.0
-2	119.0	84.9	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.8
-1	54.4	47.7	21.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	42.8
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

결빙방지 난방도시 $G_{preh,t,mth} = \sum (\theta_e - \theta_{e,min}) \times t_c$ [Kh]

결빙방지 가동시간 $t_{op,preh,mth}$ 정규분포안 결빙방지온도의 위치 퍼센트를 이용 [h]

프리히터기에 의한 월평균 상승온도 = 결빙방지 난방도시 / 결빙방지 가동시간 [K]

설치용량 기준 월평균 상승온도

$$\Delta\theta_{preh} = \Delta\theta_{preh,max} \times \frac{P_{preh,product}}{P_{preh,default}}$$

프리히터 에너지 소요량[kWh/mth] $W_{preh} = 0.34 \times V_{min} \times \Delta\theta_{preh} \times t_{op,preh,mth} \times f_{defrost,ctrl}$

<EN 16798-5-2 식34>

V_{min} : 필요환기량 [m³/h]

$\Delta\theta_{preh}$: 월평균 상승온도[K]

$t_{op,preh,mth}$: 월 프리히터가동시간[h/mth]

$f_{defrost,ctrl}$: 프리히터 제어계수

제어유형	$f_{defrost,ctrl}$ (프리히터제어계수)
온도자동제어	1.0
on-off 제어	1.6

출처: EN 16798-5-1 B.8 제어계수

◎ 쿨튜브 시스템

월평균 온도차

$$\Delta \vartheta_{gnd} = (\vartheta_{gnd} - \vartheta_e) \left[1 - e^{-\left(\frac{U_{du} \cdot A_s}{q_{V,SUP} \rho_a c_a} \right)} \right] \quad <EN 16798-5-1 \text{ 식C.1}>$$

$q_{V,SUP}$: 필요환기량 [m³/h]

$\Delta \theta_{gnd}$: 월평균 온도차[K]

θ_{gnd} : 지중온도[°C]

θ_e : 월별 실외 온도[°C]

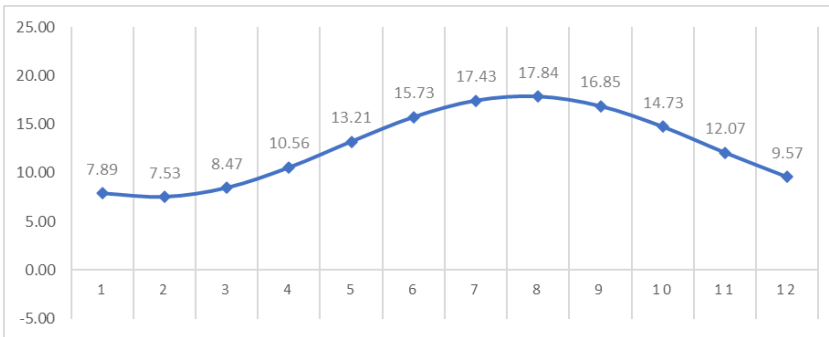
U_{du} : 쿨튜브 열관류율 [W/m²·K]

A_s : 덕트 표면적 [m²]

지중 온도

<EN 16798-5-1 식C.2>

$$\vartheta_{gnd} = \vartheta_{e,mn;an} + (\vartheta_{e,max;m} - \vartheta_{e,mn;an}) \cdot e^{-\xi} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{t_{an}}{8760} - \xi - f_t \right)$$



V_{min} : 필요환기량 [m³/h]

$\theta_{e,mn,an}$: 연평균온도[°C]

$\theta_{e,max,m}$: 월별 외기 온도중 최대값[°C]

t_{an} : 연간 시간[시작점은 0 임]

ξ : 지중 특성 계수

f_t : 최소온도 지점 지정 계수

- 지중 특성 계수: 토양재질과 쿨튜브 설치 깊이의 함수 관계

$$\xi = z \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot \rho_{gnd} \cdot c_{gnd}}{\lambda_{gnd} \cdot 8760 \cdot 3600}} \quad z : \text{설치 깊이}[m] \quad <EN 16798-5-1 \text{ 식C.3}>$$

토양유형	열전도율 [W/mK] λ_{gnd}	밀도 [kg/m³] ρ_{gnd}	비열 [J/kgK] c_{gnd}
습한 흙	1.5	1400	1400
건조한 모래	0.7	1500	920
습한 모래	1.88	1500	1200
습한 진흙	1.45	1800	1340
젖은 진흙	2.9	1800	1590

출처: EN 16798-5-1 C.2 토양유형에 따른 특성값

최소온도 지점 지정 보정계수

$t_{an,min}$: 월평균온도 중 최소값이 나타난 달의 시간[h]

$$f_t = \pi \left(\frac{2 \cdot t_{an,min}}{8760} + 1 \right) \quad <EN 16798-5-1 \text{ 식C.4}>$$

● 쿨튜브 열관류율

<EN 16798-5-1 식C.5>

$$U_{du} = \left(\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\lambda_{du}} \cdot \ln \frac{d_o}{d_i} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1}$$

λ_{du} : 재질열전도율[W/m·K]
 V 풍속(m/s)
 d_o 관외경[m]
 d_i 관내경[m]

● 관내측 표면열전달저항

<EN 16798-5-1 식C.6>

$$h_i = \left[4,13 + 0,23 \cdot \frac{\vartheta_m}{100} - 0,0077 \cdot \left(\frac{\vartheta_m}{100} \right)^2 \right] \cdot \frac{v^{0,75}}{d_i^{0,25}}$$

ϑ_m : 실외온도 [°C]

● 월평균 감소된 절대습도량

$$\Delta x_{gnd} = x_{ODA,gnd} - x_e \quad \text{<EN 16798-5-1 식C.7>}$$

$$x_{ODA,gnd} = \min \left(x_e ; 0,622 \cdot \frac{p_{p;ODA,gnd}}{p_{atm} - p_{p;ODA,gnd}} \right) \quad \text{<EN 16798-5-1 식C.8>}$$

$$p_{p;ODA,gnd} = \frac{p_{ODA,gnd;sat} \cdot \varphi_{ODA,gnd;max}}{100} \quad \text{<EN 16798-5-1 식C.9>}$$

$$p_{ODA,gnd;sat} = 611,2 \cdot e^{\frac{17,62(\vartheta_e + \Delta \vartheta_{gnd})}{243,12 + (\vartheta_e + \Delta \vartheta_{gnd})}} \quad \text{<EN 16798-5-1 식C.10>}$$

- $x_{ODA,gnd}$: 쿨튜브후 절대습도 [kg/kg']
- x_e : 외기 절대습도[kg/kg']
- $p_{p,ODA,gnd}$: 공기 수증기압 [Pa]
- p_{atm} : 대기압[101,325 Pa]
- $p_{p,ODA,gnd,sat}$: 포화수증기압[Pa]
- $\varphi_{ODA,gnd,max}$: 상대습도 (100%로 적용함)

◎ 예열/예냉 공조에너지요구량

- 예열/예냉을 통해 절감/증가된 에너지요구량을 냉·난방에너지 요구량에 반영함
(냉·난방에너지요구량에서 해당 부분 미반영시)

$$Q_{preh} = (\rho \cdot c)_a \cdot f_{ODA} \cdot \sum_k \frac{q_{V;SUP;dis}}{f_{lea;du}} \cdot \Delta\theta_{preh;k} \cdot t_{V;preh;k}$$

<EN 16798-5-2 식C.37>

$$Q_{prec} = (\rho \cdot c)_a \cdot f_{ODA} \cdot \sum_k \frac{q_{V;SUP;dis}}{f_{lea;du}} \cdot \Delta\theta_{prec;k} \cdot t_{V;prec;k}$$

<EN 16798-5-2 식C.38>

$(c \cdot \rho)_a$: 공기열용량 [0.34 Wh/m³·K]

f_{ODA} : 외기도입비율 [-]

$q_{V,SUP,dis} / f_{lea,du}$: 덕트 누기율을 제외한 급기량 [CMH]

$\Delta\theta_{preh}$: 예열에 의한 온도상승[K]

$\Delta\theta_{prec}$: 예냉에 의한 온도상승[K]

$t_{V,preh,k}$: 예열/예냉기 작동시간[h]

◎ 참고 서적 및 사이트

- EN 16798-5-1: Part 5-1: Calculation methods for energy requirements of ventilation and air conditioning systems (Modules M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8) – Method 1: Distribution and generation
- EN 16798-5-1: Part 5-2: Calculation methods for energy requirements of ventilation systems (Modules M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8) – Method 2: Distribution and generation

D.5

신재생에너지 생산량 해석

교육 목표

신재생에너지 생산량 해석

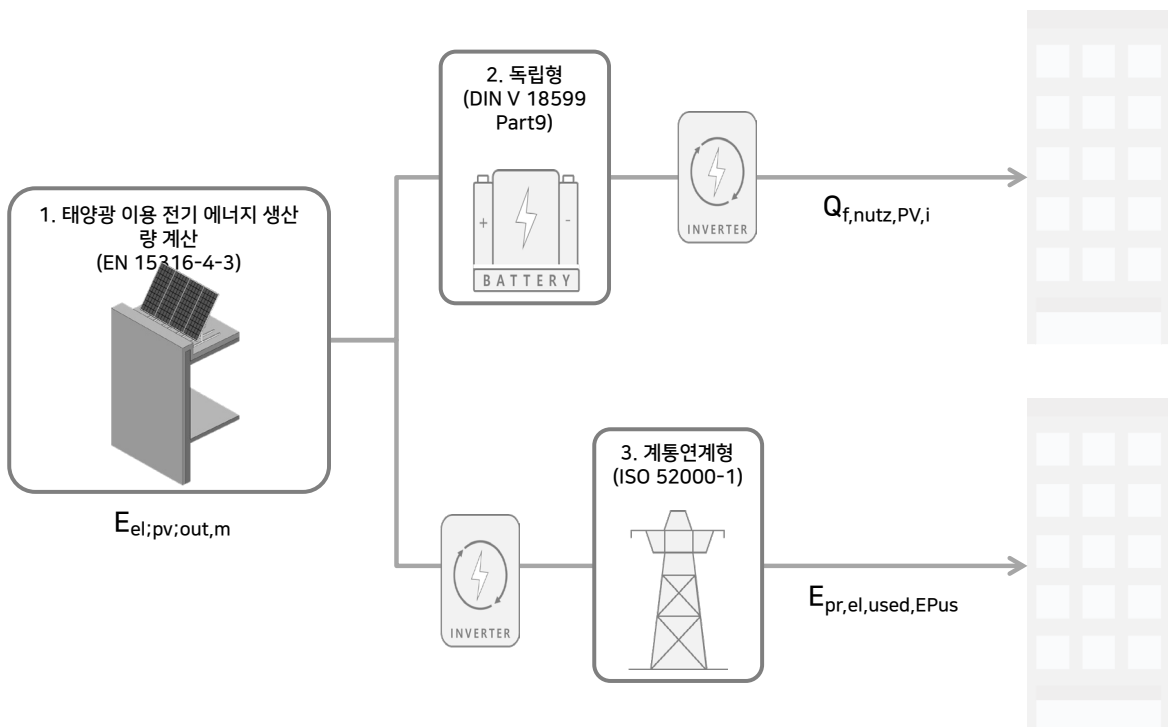
- * 신재생에너지인 태양광 시스템의 전기에너지 생산량 계산식에 대한 이해
- * 시스템 방식에 따른 건물에 사용되는 전기에너지 계산식에 대한 이해
- * 신재생에너지인 풍력 시스템의 전기에너지 생산량 계산에 대한 이해

1 태양광 시스템(EN 15316-4-3)

◎ 계산 과정 개념도

태양광시스템 전기에너지 생산

시스템 방식에 따른 전기 에너지 사용



◎ 생산 전기에너지 (EN 15316-4-3)

$E_{el;pv;out,m}$

6.2.3.5 Energy delivered by the photovoltaic system

Electricity produced by the photovoltaic system $E_{el;pv;out,m}$ is calculated by Formula (65):

$$E_{el;pv;out,m} = E_{sol,m} \cdot P_{pk} \cdot f_{perf} / I_{ref} \quad [kWh] \quad (65)$$

PV에 입사하는 일사량 최대 출력 시스템성능계수(후면 환기 조건)

- 에너지공단 고효율기자재에서 인버터 효율을 제공하고 있으며, PHPP에서 인버터 효율을 적용하고 있음을 확인하여, 식에 인버터 효율(η_{EU})을 반영함
- 태양광 시스템은 태양광 모듈에 입사하는 일사량보다 많은 에너지를 생산할 수 없으므로, ISO 52016-1 기준 지형물에 대한 음영계수($F_{sh;obst;pv;t}$)를 반영함
- 따라서 최종 계산식은 아래와 같음

$$E_{el;pv;out,m} = E_{sol,m} \cdot P_{pk} \cdot f_{perf} \cdot \eta_{EU} \cdot F_{sh;obst;pv;t} / I_{ref}$$

η_{EU} : 인버터 효율 $F_{sh;obst;pv;t}$: 음영계수 I_{ref} : 기준일사량 또는 최대일사량(=1 kW/m)

$$E_{el;pv;out,m} = E_{sol,m} \cdot P_{pk} \cdot f_{perf} \cdot \eta_{EU} \cdot F_{sh;obst;pv;t} / I_{ref}$$

$E_{sol,m}$

6.2.3.6 Solar irradiation on the photovoltaic modules

The solar irradiation $E_{sol,m}$ on the photovoltaic modules is calculated by Formula (66):

$$E_{sol,m} = E_{sol;hor,m} \cdot f_{tilt,m} \quad [kWh/(m^2 \cdot month)] \quad (66)$$

월별 일사량 PV의 설치각도에 따른 변환계수
 α =방위(orientation)
 β =기울기 또는 경사(tilt): 0°, 30°, 45°, 60°, 90°

- PV에 들어오는 일사량 $E_{sol,m}$ 은 연구소 기후데이터1)로 α 와 β 에 따른 월평균 전일사량에 대한 값을 월별 데이터로 추출한 I_{sol} 로 구한다.
- d_{mth} 는 월별 일수이다.
- 따라서 최종 식은 아래와 같다

$$E_{sol,m} = I_{sol} \cdot d_{mth} \cdot 24/1000$$

1)기후데이터 : 국내 기상관측소 70개소의 장시간(10년의 데이터; 2005 ~ 2014년) 실측데이터를 기반으로, ISO 15927-4 기준에 의거하여 제작된 표준기상데이터< 출처: 한 국패시브건축협회>

		I_{sol}												
α	β	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
방향	각도	100.74	119.30	193.53	176.69	223.50	214.39	186.05	163.31	161.86	139.49	99.61	80.55	
남	수평면	0°	170.25	177.14	244.97	194.06	224.36	209.10	187.77	177.28	189.86	192.93	160.51	144.34
	45°	191.36	191.84	250.52	187.45	207.30	190.82	174.34	170.45	189.03	204.31	178.01	164.79	
	60°	201.22	195.46	241.82	171.07	180.06	163.78	152.75	154.89	178.14	204.13	185.09	175.47	
	90°	185.30	169.22	184.94	113.60	104.14	93.26	92.21	102.25	129.76	169.96	166.76	165.37	
남동	30°	150.42	162.95	227.01	190.60	226.78	210.62	190.35	169.49	187.77	183.21	143.75	126.26	
	45°	163.78	172.63	226.99	184.24	213.32	195.00	179.27	161.15	186.78	191.17	154.38	139.25	
	60°	167.88	172.85	216.69	170.60	191.39	172.20	161.23	146.98	176.95	189.14	156.44	144.63	
남서	30°	147.84	146.19	167.25	125.11	131.14	115.72	111.84	105.00	134.06	156.74	135.50	130.59	
	45°	146.51	155.21	226.01	186.02	215.75	206.46	181.92	175.03	173.01	169.28	137.54	123.11	
	60°	157.80	161.37	225.50	178.16	198.49	190.12	169.16	168.66	166.79	172.49	146.20	135.05	
예	30°	160.66	159.46	215.15	163.62	175.19	167.40	150.74	155.18	154.16	167.08	146.61	139.42	
	45°	139.91	131.79	166.09	118.24	117.94	112.09	103.88	111.84	112.42	133.77	124.38	124.33	
	60°	102.30	122.91	183.85	173.83	217.88	206.78	185.48	154.27	166.17	146.56	100.08	83.59	
	90°	100.32	120.03	173.19	164.40	203.30	191.38	174.12	142.99	158.96	143.55	97.02	82.89	
서	30°	95.79	114.24	159.73	151.23	183.65	171.37	157.83	129.06	146.89	136.11	92.12	80.48	
	45°	81.21	94.69	125.06	116.45	135.82	126.31	118.66	96.87	113.07	110.46	75.72	69.15	
	60°	97.56	113.32	182.75	167.27	202.01	200.73	173.75	162.04	146.71	128.59	93.09	79.99	
	90°	94.08	108.14	172.13	155.91	182.91	184.15	159.85	152.66	134.58	121.04	88.40	78.43	
북서	30°	89.59	101.23	158.46	141.70	161.65	163.80	142.98	139.15	120.81	112.41	82.02	75.07	
	45°	74.37	82.12	123.78	107.87	118.20	119.06	105.21	105.23	90.74	91.10	67.06	64.47	
	60°	51.14	71.13	132.93	145.11	187.30	192.35	165.13	143.61	121.38	88.35	51.02	38.81	
	90°	39.80	55.86	105.71	123.20	157.98	168.22	143.95	125.48	99.82	70.98	38.74	31.20	
북동	30°	36.09	48.69	87.19	103.99	129.85	141.51	121.75	107.12	83.79	62.00	34.26	29.64	
	45°	35.11	44.09	68.79	78.87	92.57	99.28	87.46	79.91	65.26	54.46	32.96	30.37	
	60°	52.88	76.72	133.61	150.14	199.44	197.41	174.50	137.86	135.43	100.14	54.64	40.53	
	90°	41.48	61.68	106.06	129.75	174.08	174.81	156.18	118.12	116.27	82.65	41.87	32.40	
북	30°	37.53	53.83	87.55	110.87	146.98	148.49	134.43	99.81	99.31	71.17	36.70	30.32	
	45°	36.70	47.48	69.45	84.12	104.28	105.89	98.52	74.93	75.20	58.86	34.09	30.72	
	60°	27.80	48.41	107.07	137.21	187.32	192.23	166.48	133.43	114.89	69.10	29.24	21.76	
	90°	27.97	32.93	57.49	106.77	154.28	166.15	143.77	108.24	82.95	42.76	25.84	23.72	
북	30°	29.85	34.84	41.32	72.21	114.05	132.23	114.33	78.36	58.32	43.32	27.57	25.55	
	90°	32.82	37.41	46.98	56.76	67.21	77.26	71.18	58.40	54.79	44.67	30.40	28.31	

$$E_{el;pv;out,m} = E_{sol,m} * P_{pk} * f_{perf} * \eta_{EU} * F_{sh;obst;pv;t} / I_{ref}$$

P_{pk}

6.2.3.7 Peak power

The peak power P_{pk} is obtained under standard test conditions (reference testing values of cell temperature $\vartheta = 25^{\circ}\text{C}$, in plane irradiance $I_{ref} = 1 \text{ kW/m}^2$, air mass solar reference spectrum AM = 1,5).

If P_{pk} is not available, it can be calculated by Formula (67):

$$P_{pk} = K_{pk} \cdot A \text{ [kW]} \tag{67}$$

정격효율 면적

- 표준시험조건에서 최대출력 P_{pk} 는 정격효율 K_{pk} 와 면적 A 를 곱하여 구한다.
- 정격효율 K_{pk} 는 시험성적서에 나와있는 제품값¹⁾을 입력, 제품값이 없으면 모듈 종류에 따른 표준값²⁾을 적용한다.

1) 시험성적서 제품값

- 시험성적에 적혀있는 정격효율(%)
- STC(Standard test condition) 기본 조건 값을 기준으로 K_{pk} 계산

2) 표준값(EN 15316-4-3 기준)

모듈 종류	정격 효율
단결정(Single Cry. Si.)	0.15
다결정(Poly Cry. Si.)	0.12
비결정질 Si 박막	0.04
그외 Si 박막	0.035
CIGS 박막	0.105
CdTe 박막	0.095

$$E_{el;pv;out,m} = E_{sol,m} * P_{pk} * f_{perf} * \eta_{EU} * F_{sh;obst;pv;t} / I_{ref}$$

f_{perf}

C.4 System performance factor

Table C.4 — Informative values of system performance factor

Type of ventilation of the photovoltaic modules		f_{pert}
후면 환기 없음	Unventilated modules	0,76
후면 환기 있음	Moderately ventilated modules	0,80
후면 강제 환기	Strongly ventilated or forced ventilated modules	0,82

- 시스템 성능계수 f_{pert} 는 태양광 설치 시, 후면 환기 조건에 따른 성능보정 계수이다.
- 고정식, 이동식 태양광의 경우 0.82를, BIPV인 경우에는 아래 표와 같이 적용

BIPV 종류	시스템 성능계수
외벽	0.80
지붕	0.80
창호	0.80
커튼월창	0.80
루버형	0.82
블라인드형	0.82

$$E_{el;pv;out,m} = E_{sol,m} * P_{pk} * f_{perf} * \eta_{EU} * F_{sh;obst;pv;t} / I_{ref}$$

η_{EU}
 KS C 8564 : 2021

8.5.5.2 품질기준

a) EURO 효율(η_{EU})이 90% 이상일 것.
 ($\eta_{EU} = 0.03\eta_{5\%} + 0.06\eta_{10\%} + 0.13\eta_{20\%} + 0.10\eta_{30\%} + 0.48\eta_{50\%} + 0.20\eta_{100\%}$).

b) 독립형 인버터의 경우에는 EURO 변환 효율(η_{EU})이 85% 이상일 것.

- 인버터 효율 η_{EU} 은 제품값을 입력한다.
- 제품값이 없을 시, KS C 8564의 품질기준인 계통연계형은 90%, 독립형은 85%를 표준값으로 사용

EN ISO 52016-1, Annex F

$$E_{el;pv;out,m} = E_{sol,m} * P_{pk} * f_{perf} * \eta_{EU} * F_{sh;obst;pv;t} / I_{ref}$$

$F_{sh;obst;pv;t}$

$F_{sh;obst;k;t} = \frac{F_{sh;dir;k;t} * I_{dir;tot;k;t} + I_{dif;tot;k;t}}{I_{dir;tot;k;t} + I_{dif;tot;k;t}}$ (F.1)
 직달일사량(W/m²) 산란일사량(W/m²)
 태양광 모듈의 높이(태양광 높이) 장애물에 의한 음영길이

$F_{dir} = \max \left[0, \frac{H_{1;ic} - h_{sh;obst}}{H_{1;ic}} \right]$ (F.22)

$h_{sh;obst} = \max \left[0, H_{sh;obst} - H_{0;ic} - L_{sh;obst} * \tan(\alpha_{sol}) \right]$ (42)
 장애물까지의 거리
 장애물의 높이 태양광모듈 시작점까지의 높이 고도각

- 음영계수 $F_{sh;obst;pv;t}$ 는 직달일사량($I_{dir;tot;k;t}$)과 산란일사량($I_{dif;tot;k;t}$), 직달일사량($I_{dir;tot;k;t}$)에만 영향을 주는 직달일사 음영감소계수(F_{dir})로 구한다. 이 값들은 *기후데이터를 사용하여 월별로 추출한 테이블 값을 사용한다.
- 직달일사 음영감소계수(F_{dir})는 대상 모듈의 높이($H_{1;ic}$)와 장애물이 만드는 음영길이($h_{sh;obst}$)로 구한다.
- 여기서 장애물이 만드는 음영길이($h_{sh;obst}$)는 42번 식으로 구한다.

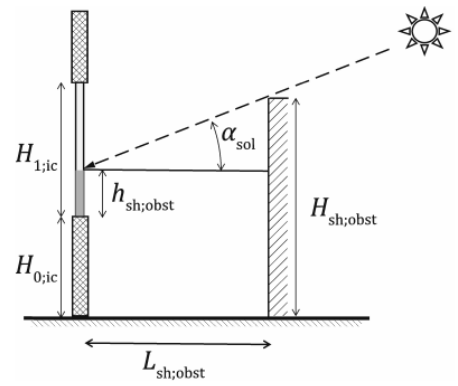
EN ISO 52016-1, Annex F

$$E_{el;pv;out,m} = E_{sol,m} * P_{pk} * f_{perf} * \eta_{EU} * F_{sh;obst;pv;t} / I_{ref}$$

$h_{sh;obst}$

$$h_{sh;obst} = \max(0, H_{sh;obst} - H_{0;ic} - L_{sh;obst} * \tan \alpha_{sol}) \quad (42)$$

- 장애물이 만드는 음영 길이($h_{sh;obst}$)에서 고도각(α_{sol})은 직달일사량에 따라 가중치를 둔 월평균 고도각을 *기후데이터를 사용하여 월별로 추출한 테이블 값을 사용한다. 직달일사량에 가중치를 둔 이유는 음영계수는 산란일사량에는 영향을 주지 않기 때문이다.

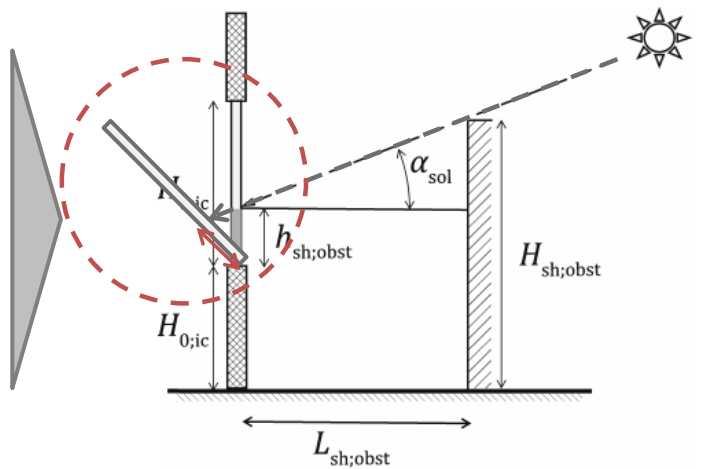
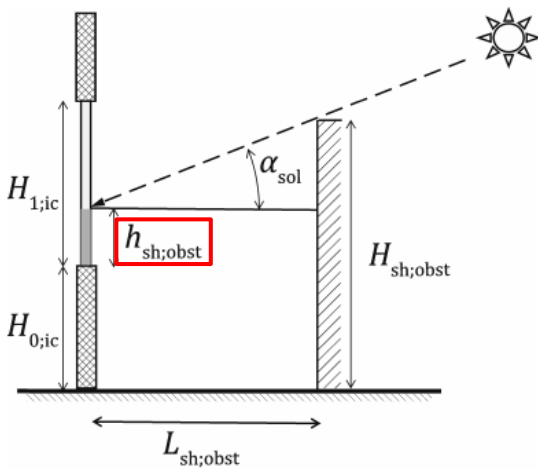


EN ISO 52016-1, Annex F

$$E_{el;pv;out,m} = E_{sol,m} * P_{pk} * f_{perf} * \eta_{EU} * F_{sh;obst;pv;t} / I_{ref}$$

모듈의 기울기를 반영하지 않음

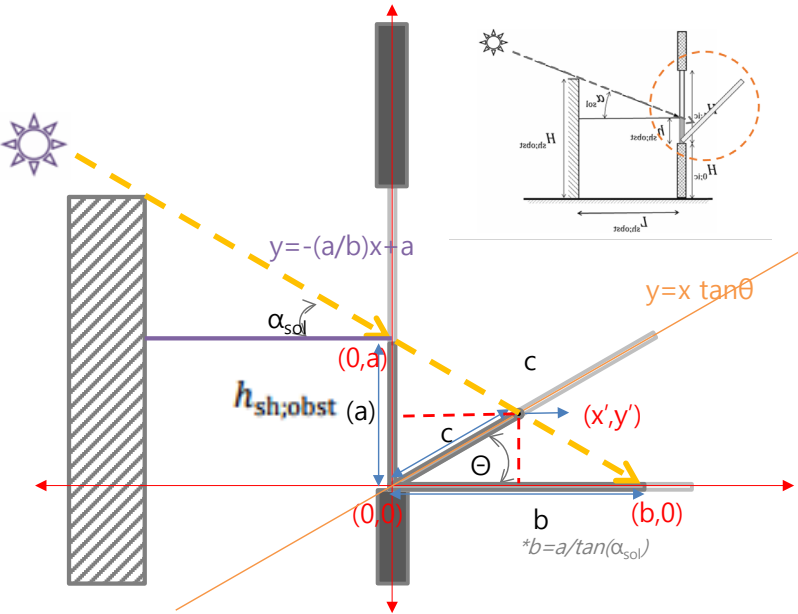
모듈의 기울기를 반영함



- ISO 52016-1은 대상 모듈에 대한 기울기가 반영되지 않는다. 그러나 태양광 시스템의 경우 90도로 설치되는 경우보다는 경사를 가지고 설치되는 경우가 많이 때문에 경사각을 가진 모듈에 대한 고려가 필요하다.

EN ISO 52016-1, Annex F 응용

$$E_{el;pv;out,m} = E_{sol,m} * P_{pk} * f_{perf} * \eta_{EU} * F_{sh;obst;pv;t} / I_{ref}$$



- 1) 교점 찾기
 - $y = -(a/b)x + a$
 - $y = x \tan \theta$
 - $-(a/b)x + a = \tan \theta x$
 - $x' = a / (\tan \theta + a/b)$
- 2) c의 길이 구하기
 - $x' = c \cos \theta$, $a/b = \tan \alpha_{sol}$ 이므로
 - $c = a / (\tan \theta + \tan \alpha_{sol}) \cos \theta$
- 3) 필요한 항목
 1. 수직 음영길이(a)
 2. 태양 고도각($\theta' = \alpha_{sol}$)
 3. 모듈의 경사(θ)

태양광 모듈의 경사에 대한 음영길이를 반영하기 위한 식은 1)에 따른 순서를 통해 최종적으로 2)번 식으로 구하며, 필요한 항목은 수직 음영길이(a), 태양고도각(θ'), 모듈의 경사(θ)이다.

◎ 계통연계형 (ISO 52000-1)

f_{match}

Tabelle B.32 — Anpassungsfaktor für die erzeugte und die genutzte Elektrizität (siehe 11.6.2.4)

Berechnungsintervall	Fall	Anpassungsfaktorfunktion und Parameter
stündlich	alle Gebäudekategorien	$f_{match} = 1$
monatlich	alle Gebäudekategorien	$f_{match} = \frac{x^n + \frac{1}{x^n} - k}{x^n + \frac{1}{x^n}}$ Dabei ist $x = E_{pr,e} / E_{EPus,e}$ $k = \text{Träger} = 1$ und $n = \text{Teilsystem} = 1$

- 계통연계형일 때 ISO 52000-1을 기준으로 태양광 시스템에서의 x(생산량에 대한 건물에너지 소요량의 비)로 정합계수(matching factor)를 구하여 생산된 전기에너지에 곱하여 반영함으로써 사용된 전기 에너지를 구한다.
- 정합계수를 사용하여, 계통연계형일 때 사용된 전기에너지를 구하여 생산된 전기 에너지에서 빼서 전력계통으로 보낸 전기에너지를 구할 수 있다.

◎ 독립형 (DIN V 18599 Part9)

f_{Batt}

- 건물 내에서 이용되는 PV-설비의 연간 에너지량은 배터리가 있는 경우에 대한 수정을 고려하여 계산식(77)에 따라 산정됨

$$Q_{f,nutz-PV;a} = f_{Batt} \cdot Q_{f,nutz-PV;Ba} \quad (77)$$

- $Q_{f,nutz-PV;a}$: 건물 내에서 이용된 PV-설비의 연간 에너지량[kWh]
- f_{Batt} : 배터리에 대한 수정계수(계산식(84))
- $Q_{f,nutz-PV;Ba}$: 건물 내에서 이용된 배터리 없는 PV-설비의 연간 에너지량[kWh](계산식(76))

- 독립형일 때, DIN V 18599 Part 9를 기준으로 배터리에 대한 수정계수를 생산된 전기에너지에 곱하여 반영함으로써 사용된 전기 에너지를 구한다.

f_{Batt}

4.4.7 배터리에 대한 수정계수

- 배터리에 대한 수정계수 f_{Batt} 는 배터리가 없는 상태와 비교되는 배터리의 다용도에 대한 지수임. 이는 근사치 계산 방식으로 계산식(84)에 따라 결정될 수 있음

$$f_{Batt} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.9 \cdot \frac{Q_{el,ges;a} - f_{DLE} \cdot Q_{el,DLE;a}}{Q_{f,nutz-PV;Ba}} \\ \max = \left(\frac{1}{(0.2 \cdot \ln \gamma_Q + 1.85) \cdot C_Q^{(0.11 \ln \gamma_Q + 0.25)}} \right) \end{array} \right. \quad (84)$$

- f_{Batt} : 배터리에 대한 수정계수[-]
- $Q_{el,ges;a}$: 건물의 연간 합산된 전기에너지요구량[kWh](계산식(62))
- f_{DLE} : 순간온수기에 대한 수정계수[-]
- $Q_{el,DLE;a}$: 순간온수기에 대한 연간 전기에너지요구량[kWh](4.1.4 참조)
- $Q_{f,nutz-PV;Ba}$: 건물 내에서 이용된 배터리 없는 PV-설비의 연간 에너지량[kWh]
- $Q_{f,prod-PV;a}$: 태양광시스템의 연간 순에너지생산량[kWh](계산식(65))
- γ_Q : PV-발전기의 규격에 대한 지수[kW/(MWh/a)](계산식(68))(적용범위: 0.2kW/(MWh/a)~2kW/(MWh/a))
- C_Q : 배터리 규격에 대한 지수[kWh/(MWh/a)](계산식(73))(적용범위: ~2kWh/(MWh/a))

- γ_Q 와 C_Q 에 대한 값이 특정 범위 밖에 있으면 계산식(84)는 적용될 수 없다. 이 경우 배터리에 대한 수정계수 f_{Batt} 는 시뮬레이션을 통해 정해진다(DIN V 18599 규격의 경계조건을 사용함.)

f_{Batt}

$$C_{eff} = \eta_{DoD} \cdot C_{nenn} \tag{72}$$

- C_{eff} : 배터리의 용량[kWh]
- C_{nenn} : 배터리의 정격용량[kWh]
- η_{DoD} : 배터리의 최대 방전깊이[-](제품사양 또는 표 B.3)

○ 배터리 규격에 대한 지표는 계산식(73)에 따라 제시됨

$$C_Q = \frac{C_{eff}}{Q_{el,ges}} \cdot 1000$$

- C_Q : 배터리 규격에 대한 지표[kWh/(MWh/a)]
- C_{eff} : 배터리의 용량[kWh]
- $Q_{el,ges,a}$: 건물의 연간 합산된 전기에너지요구량[kWh](계산식(62))

- f_{batt} 을 구하기 위해 필요한 배터리 용량(C_{eff})와 배터리 규격에 대한 지표(C_Q)에 대한 식이다.
- 최대방전깊이, 시스템 효율, 방전시간에 대한 표준값은 아래와 같다.

<표 B.3> 배터리에 대한 표준값

배터리 종류	최대 방전깊이 η_{DoD}	시스템효율 η_{Batt}	방전시간 t_{Dis} [h]
리튬 및 리튬-결합 방식의 배터리	0.83	0.92	2
니켈-철-배터리	0.70	0.94	2
납 및 납젤 배터리	0.48	0.89	2

◎ 참고 서적 및 사이트

1. EN 15316-4-3
2. ISO 52000-1
3. EN ISO 52016-1
4. DIN V 18599 Part9
5. EPB Center, Report on Case Study to EN ISO 52016-1, Annex F, Solar shading reduction factors, 2021
6. EPB Center, Report on Case Study to EN ISO 52016-1 – Heating and cooling needs and internal temperatures, 2021
7. EPB Center, Report on Case Study to EN ISO 52000-1 Overarching standard, 2021
8. <https://www.pveducation.org/>

2 풍력 시스템(EN 15316-4-10)

◎ 이용가능한 풍력(wind power)

Energy, 운동에너지

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Power, 일률, 출력

$$P = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} v^2$$

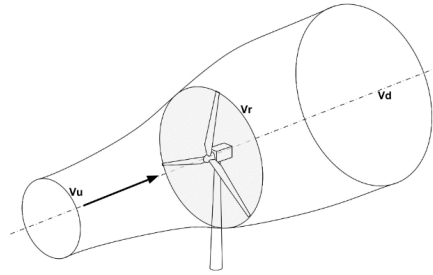
$$P = \frac{1}{2} (\rho Av) v^2$$

바람의 출력

$$P = \frac{1}{2} \rho Av^3$$

Wind power density, WPD
풍력밀도

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho v^3$$



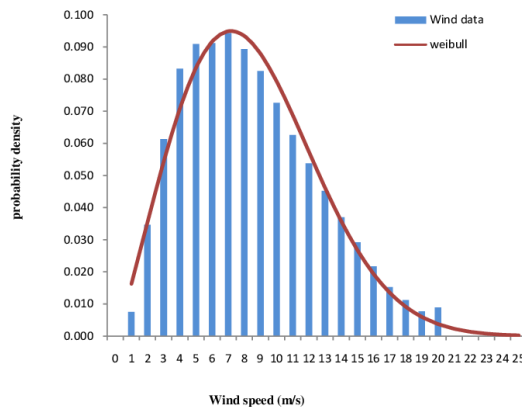
$$P_e = C_p \frac{1}{2} \rho Av^3 \quad \text{터빈의 출력}$$

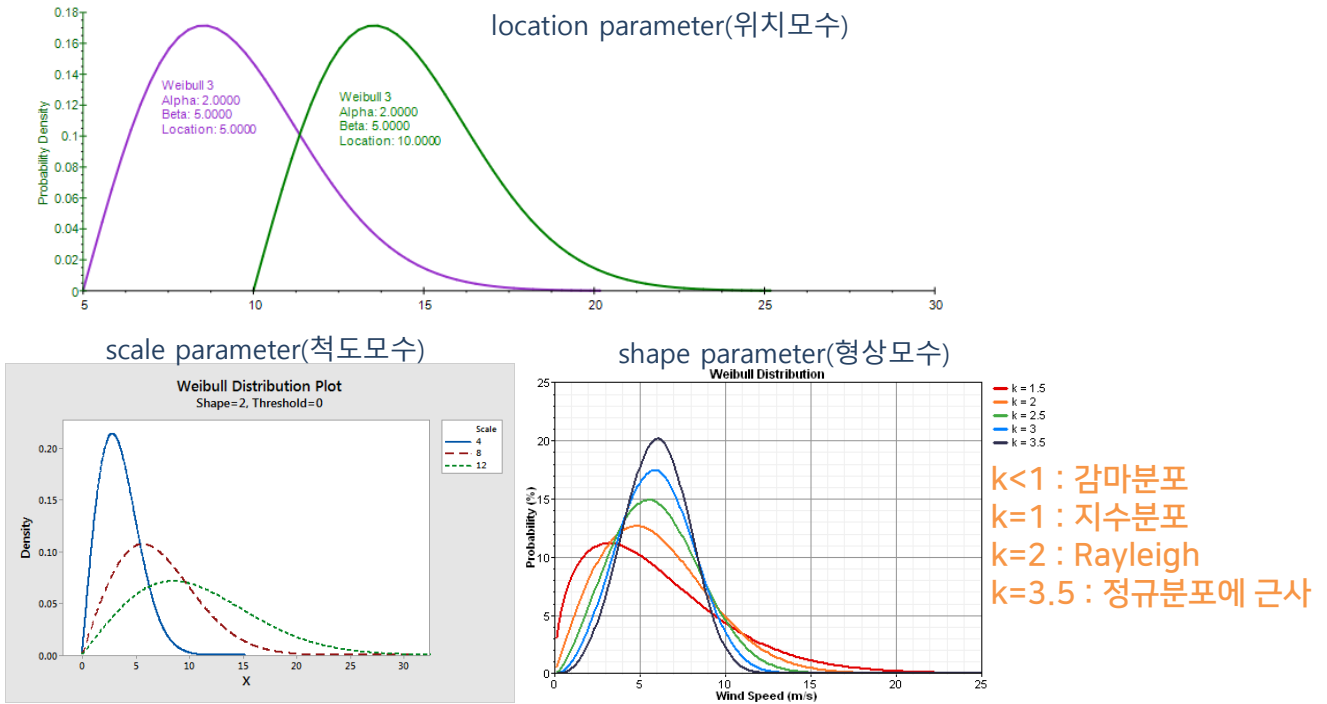
power coefficient 출력계수

$$C_p \equiv \frac{P_e}{\frac{1}{2} \rho \cdot A_{rotor} \cdot v^3} \quad \begin{matrix} \text{터빈의 출력} \\ \text{바람의 출력} \end{matrix}$$

◎ 관련 용어 (ft. 통계)

- 풍력 시스템의 전기에너지 생산량 계산식을 위한 통계 용어
 - 변량 variate, 변수 variable: 어떠한 자료에 속해 있는 값들을 수량으로 나타낸 것. → 풍속 v
 - 계급/급 class : 변량들을 일정한 기준에 따라 구간으로 구분한 것.
 - 계급값 class value: 계급의 중앙에 위치한 값. → v_{wk} wk: Windgeschwindigkeitsklasse 풍속계급
 - 계급구간의 크기 size of class interval : 각 구간의 너비. → 풍속 1(m/s)
 - 도수 frequency : 계급에 속한 값들의 양.
 - 확률밀도함수 Probability density function, PDF : 확률변수의 분포를 나타내는 함수
 - Weibull distribution, Rayleigh distribution
 - 모수 parameter : 모집단을 대표하는 값(모집단의 특성을 나타내는 수치). 위치모수, 척도모수, 형상모수





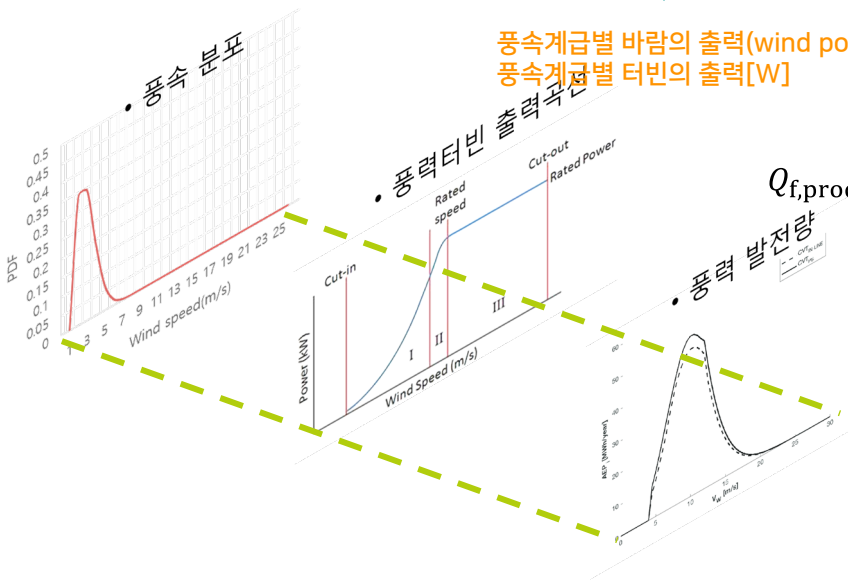
⊙ 풍력 발전량 계산 과정

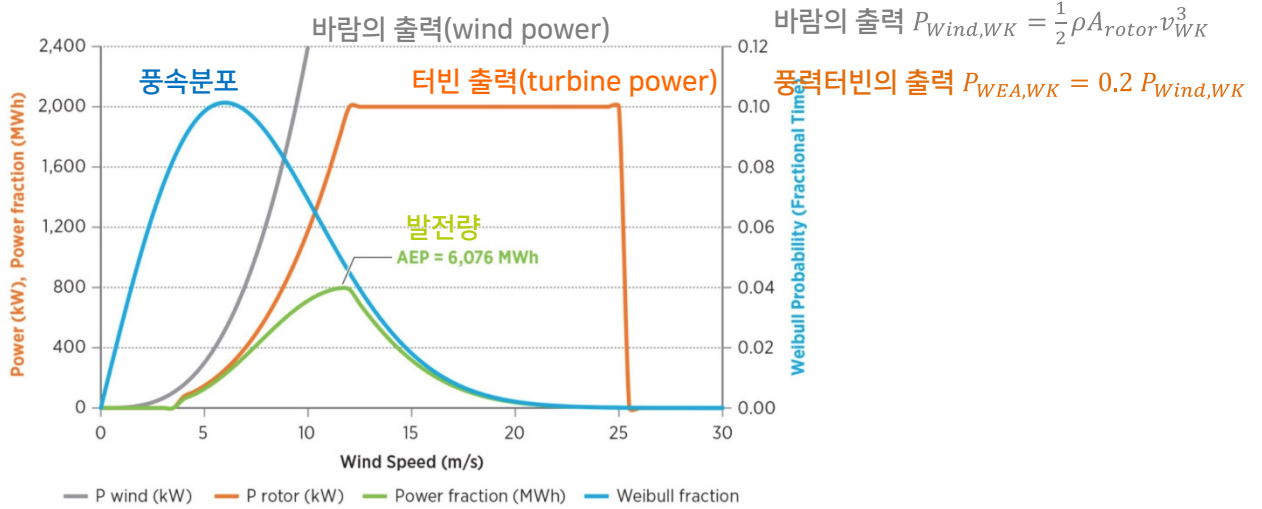
풍속계급별 출현확률[%] $f(v_{WK}) = \frac{k}{WS} \left(\frac{v_{WK}}{WS}\right)^{k-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{v_{WK}}{WS}\right)^k\right)$
 계급의 크기(class interval) : 1m/s

풍속계급별 월간 가동시간 월간 가동시간[h] $t_{WK,n} = 24 \cdot d_{mth} \cdot f(v_{WK,n})$

풍속계급별 바람의 출력(wind power)[W] $P_{Wind,WK} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_{Rotor} \cdot v_{WK}^3$
 풍속계급별 터빈의 출력[W] $P_{WPS,WK} = 0.2 \cdot P_{Wind,WK}$

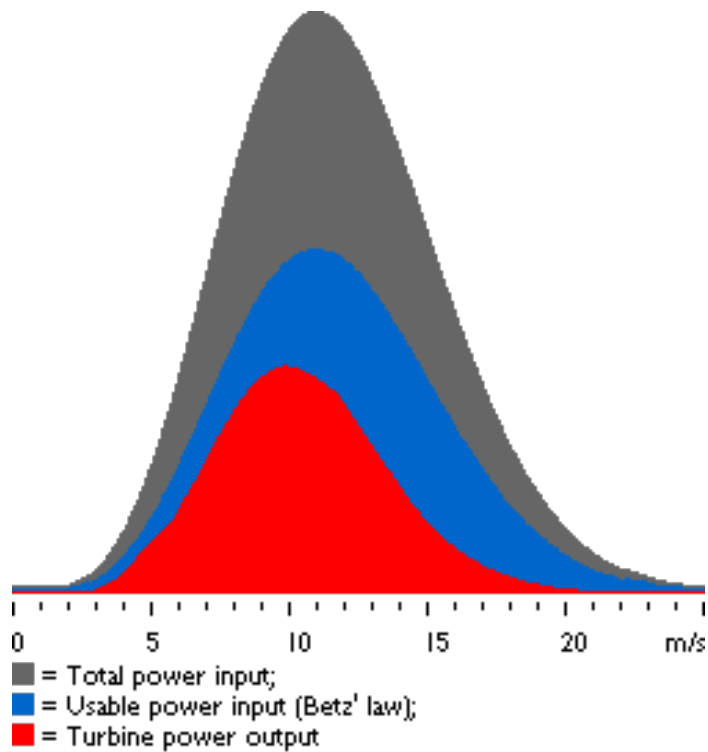
$Q_{f,prod,WPS,i} = \sum_{n=v_{in}}^{v_{out}} P_{WPS,WK,n} \cdot t_{WK,n}$





https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/05/f22/Enabling-Wind-Power-Nationwide_18MAY2015_FINAL.pdf

풍력밀도 $WPD \equiv \frac{P_{Wind,WK}}{A_{rotor}} = \frac{1}{2} \rho v_{WK}^3$



◎ 생산 전기 에너지(EN 15316-4-10)

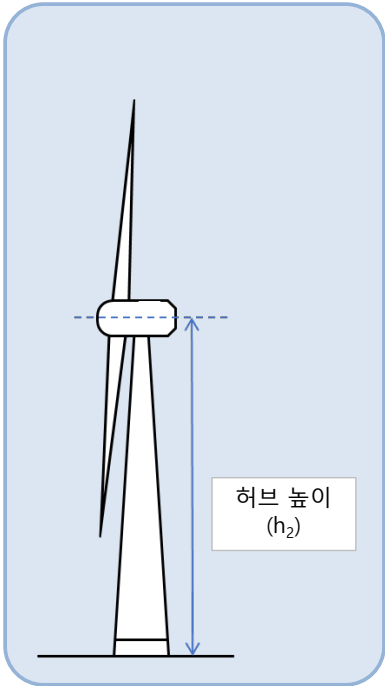
$$Q_{f,prod,WPS,i} = \sum P_{WPS,WK,n} * t_{wk,n} \quad < \text{식 8} >$$

$$Q_{f,prod,WEA,i} = \sum P_{WEA,WK,n} t_{WK,n}$$

$P_{WPS,WK,n}$: 풍속계급별 시스템 출력(W)
 $t_{wk,n}$: 월평균 가동시간(h)



v2: 허브높이 평균풍속 (h2에서의 풍속)



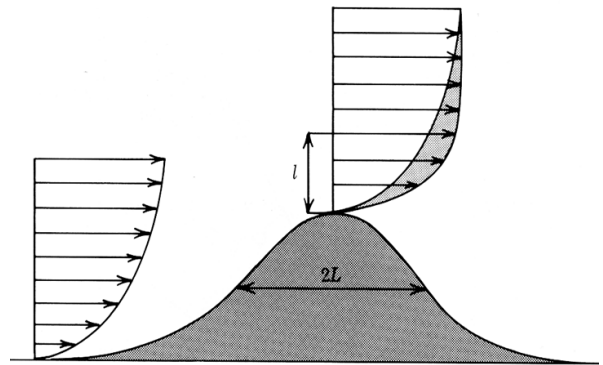
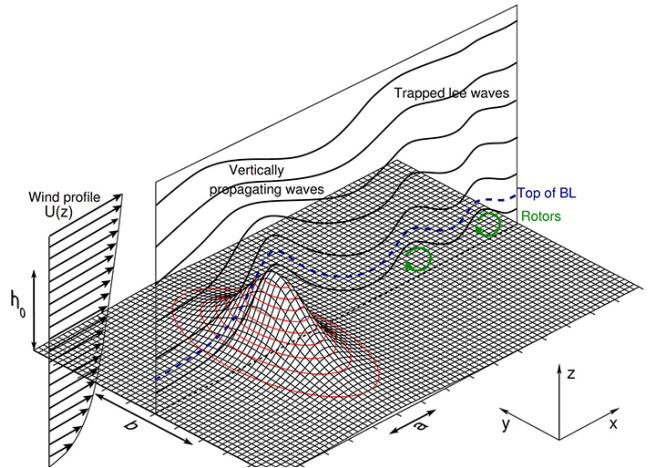
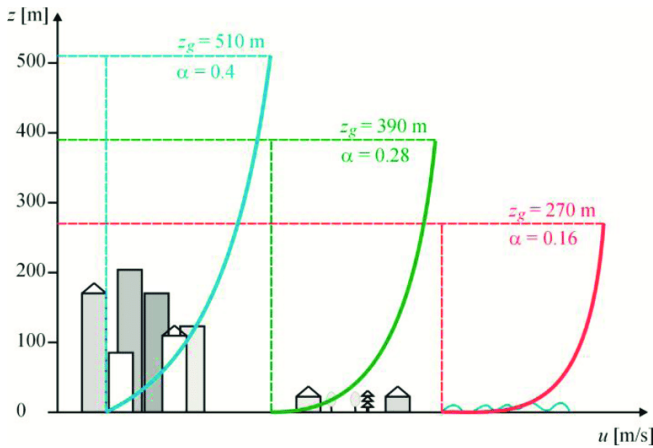
$$v_2 = v_1 \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha \quad < \text{식 1} >$$

h_1 : 기준높이. 풍력 측정 높이[m] 일반적으로 10m 적용. <기후자료>
 h_2 : 지상에서 허브까지의 높이[m]
 v_1 : 기준높이 평균 풍속 [m/s]
 α : 풍속고도분포지수

지면조도에 따른 풍속고도분포지수

지면 조도	풍속고도분포지수(α)
대도시 중심부의 고층시가지	0.33
대도시의 주변지역시가지 및 산림지역	0.22
개방된 평지·초원·해면	0.14

● 풍속고도분포



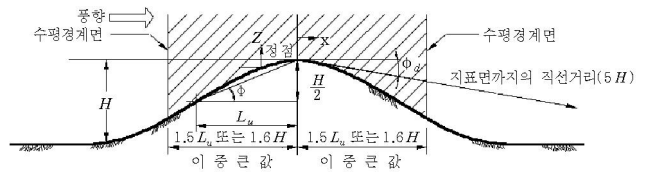
지표면조도구분	주변지역의 지표면 상태			
A	대도시 중심부에서 고층건축구조물(10층 이상)이 밀집해 있는 지역			
B	수목·높이 3.5 m 정도의 주택과 같은 건축구조물이 밀집해 있는 지역 중층건물(4~9층)이 산재해 있는 지역			
C	높이 1.5~10 m 정도의 장애물이 산재해 있는 지역 수목·저층건축구조물이 산재해 있는 지역			
D	장애물이 거의 없고, 주변 장애물의 평균높이가 1.5 m 이하인 지역 해안, 초원, 비행장			

지표면조도구분	A	B	C	D
대기경계층시작높이 (m)	20 m	15 m	10 m	5.0 m
기준경도풍높이 (m)	550 m	450 m	350 m	250 m
풍속고도분포지수	0.33	0.22	0.15	0.10

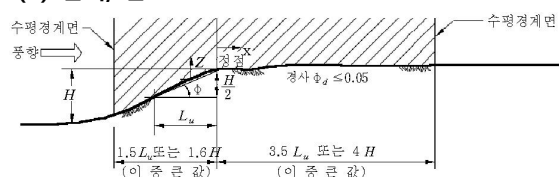
● 지형계수 : 언덕 및 산 경사지의 정점 부근에서 풍속이 증가하므로 이에 따른 정점 부근의 풍속을 증가시키는 계수

지형구분	풍속할증 적용 범위	적용 범위	
		풍상측	풍하측
언덕, 산	수평거리 (정점에서)	1.5 와 1.6 중 큰 값	
경사지	수평거리 (정점에서)	1.5 와 1.6 중 큰 값	3.5 와 4 중 큰 값

출처: 건축구조기준 KDS 41 12 00 :2022 건축물 설계하중



(a) 언덕, 산



(b) 경사지

- WS: Rayleigh 분포($k = 2$)로 계산한 척도모수 (scale parameter)

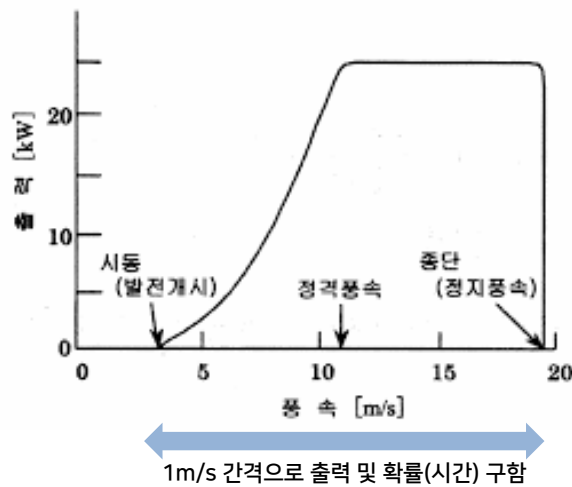
$$WS = 2 * \left(\frac{V_2}{\sqrt{\pi}}\right) \quad < \text{식 7} >$$

v_2 : h_2 에서의 풍속 [m/s]

- 풍속계급별 출현확률 [%]
계급의 크기(class interval) : 1m/s

$$f(v_{WK}) = \frac{k}{WS} \left(\frac{v_{WK}}{WS}\right)^{k-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{v_{WK}}{WS}\right)^k\right)$$

- 제품별 시동풍속과 종단풍속으로 범위를 정함
 - 기본적으로 제품값을 사용.
 - EN-15316-4-10에서는 4m/s~16m/s를 표준값으로 제시



- $P_{WPS,WK}$: 풍속계급별 풍력발전시스템의 출력[W]

$$P_{WPS,wk} = f_{mean_power} * P_{Wind,WK} \quad < 식 4 >$$

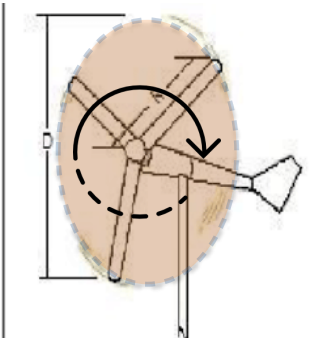
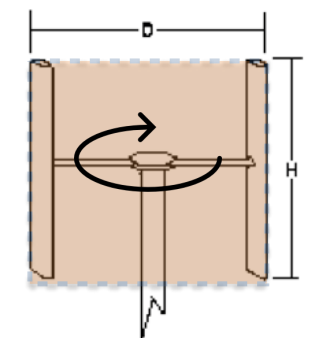
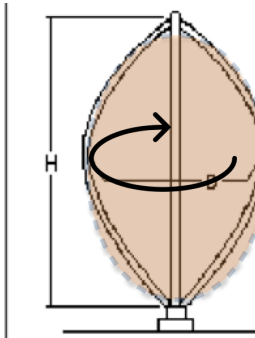
f_{mean_power} : 회전자의 효율, 증속기의 효율, 발전기의 효율, 제어 및 변환기 효율 등을 반영한 종합 효율
 $P_{Wind,WK}$: 풍속계급별 자연풍의 출력(wind power) [W]

- $P_{Wind,WK}$: 풍속계급별 자연풍의 출력[W]

$$P_{Wind,WK} = \frac{1}{2} * \rho * A_{rotor} * v_{wk}^3 \quad < 식 3 >$$

ρ : 표준공기밀도 (1.225 kg/m³) [kg/m³]
 A_{rotor} : 회전자(rotor)의 회전 면적. 수평면적 [m²]
 v_{wk} : 풍속구간 대푯값(시동 풍속과 종단 풍속 사이). 풍속계급값 [m/s]

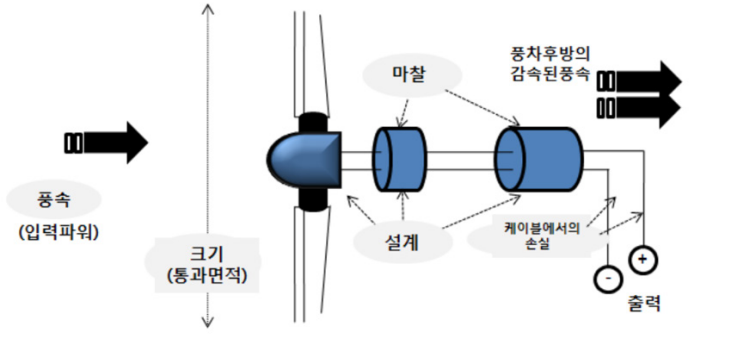
A_{rotor} : 회전자(rotor)의 회전 면적. 수평면적 [m²]

Rotor blade arrangement			
	Conventional rotor	H-Darrieus rotor	Darrieus rotor
Swept Area	$A = \pi \cdot R^2$	$A = DH$	$A = 0.65DH$
	수평축 터빈	수직축 터빈	수직축 터빈

f_{mean_power}

- 전체 풍속에 대한 평균 출력 계수
- 표준값 0.2 적용

$P_{WEA,WK} = 0.2 P_{Wind,WK}$ <식 4>



회전자(rotor)의 효율 기계장치의 효율 전기장치의 효율

BS EN 15316-4-10:2017 $f_{mean-power} = C_{p,Betz} \eta_{Rotor} \eta_{Gearing} \eta_{Generator} \eta_{Electronics}$

$\frac{16}{27} = 59.3\%$

C_p

C_p

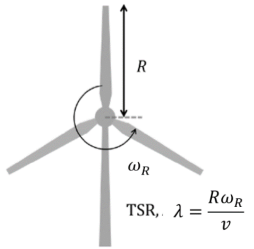
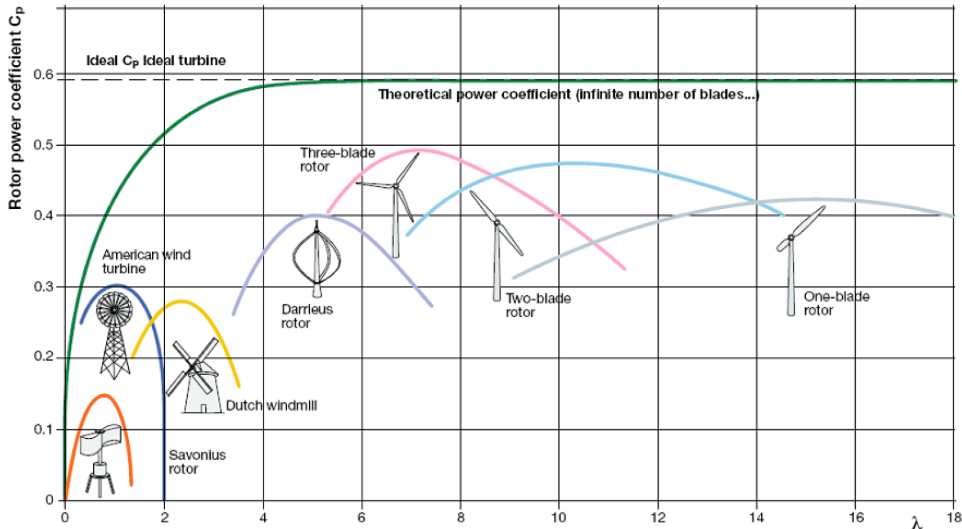
<제품자료>

- 최대 출력계수(베츠의 한계) = $16/27 = 0.5626$

$C_p \equiv \frac{P_e}{\frac{1}{2} \rho A_{rotor} v^3}$

C_p

A_{rotor} : 회전자(rotor)의 회전 면적. 수평면적.



C_p

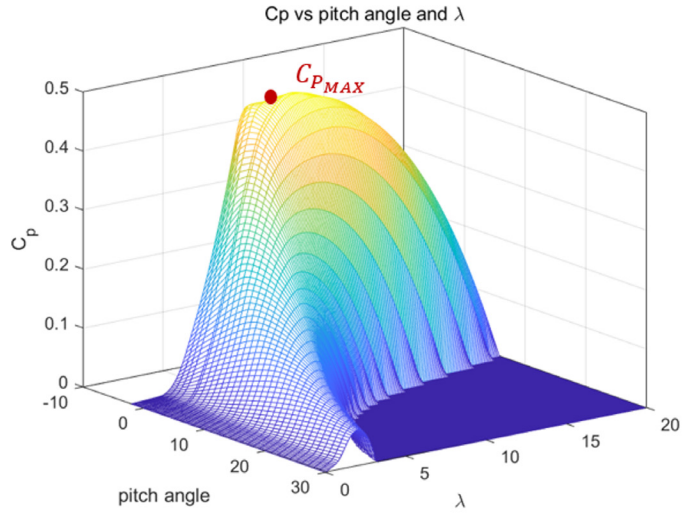
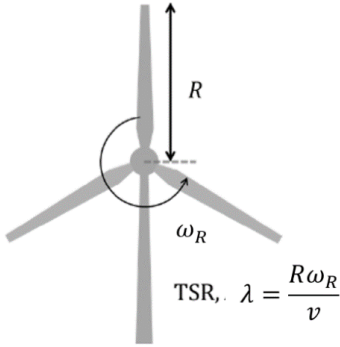
- 최대 출력계수(베츠의 한계) = $16/27 = 0.5626$

$$C_p \equiv \frac{P_e}{\frac{1}{2} \rho A_{rotor} v^3}$$

ρ : 공기밀도

A_{rotor} : 회전자(rotor)의 회전 면적. 수평면적.

C_p



- 출력곡선 power curve

IEC 61400-12-1

<제품자료>

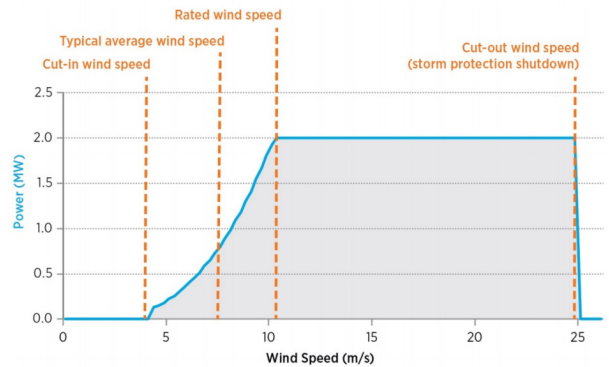
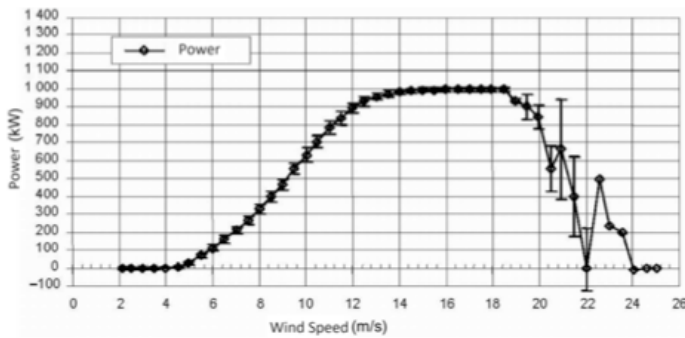
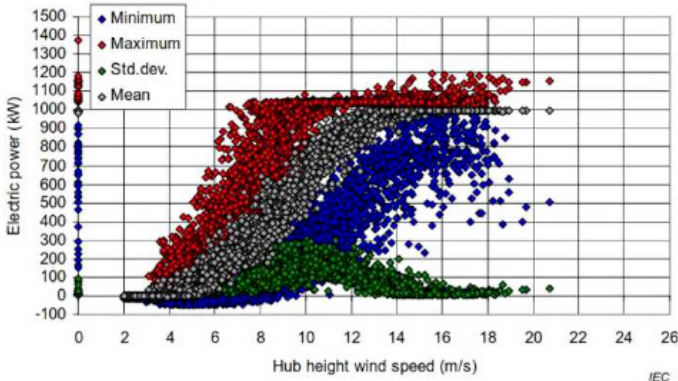
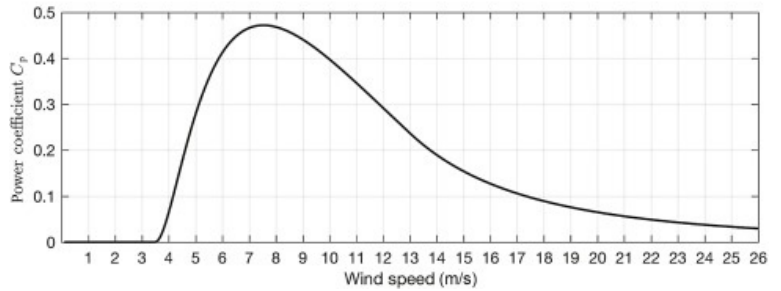
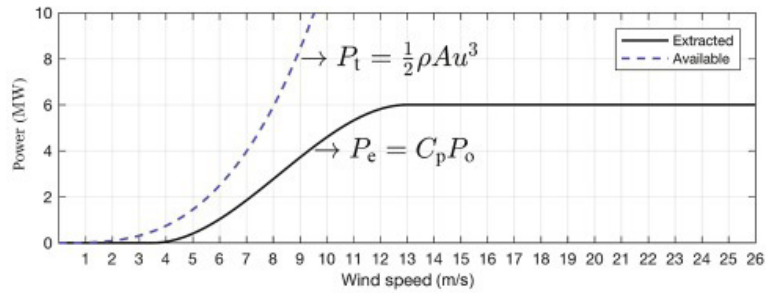
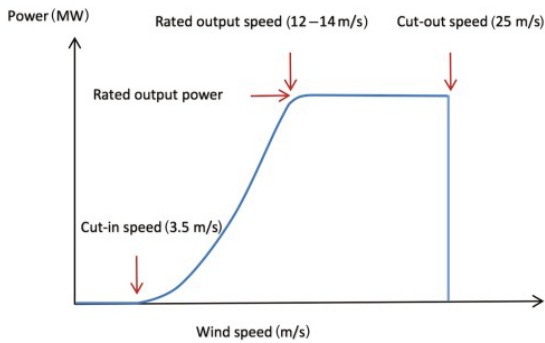


Figure 3-1. Typical power curve for a modern wind turbine
Source: NREL

• 출력곡선 power curve



출력곡선을 사용해서 구함

• 월평균 가동시간[h]

- $t_{wk,n}$: 풍속계급별 월평균 가동시간 [h]

$$t_{wk,n} = 24 * d_{mth} * f(v_{wk})$$

24: 하루 시간 [h]

d_{mth} : 월별 일 수 [d]

$f(v_{wk})$: 풍속계급별 출현 확률 [%]

- $f(v_{wk})$: 풍속계급별 출현 확률 [%]

$$f(v_{wk}) = \frac{k}{WS} * \left(\frac{v_{wk}}{WS}\right)^{k-1} * \exp\left(-\left(\frac{v_{wk}}{WS}\right)^k\right)$$

v_{wk} : 풍속계급값 [m/s]

k: 형상모수(shape parameter)

WS: 레일리 분포로 계산한 척도모수 (scale parameter) [m/s]

<연구소의 계산 방법>

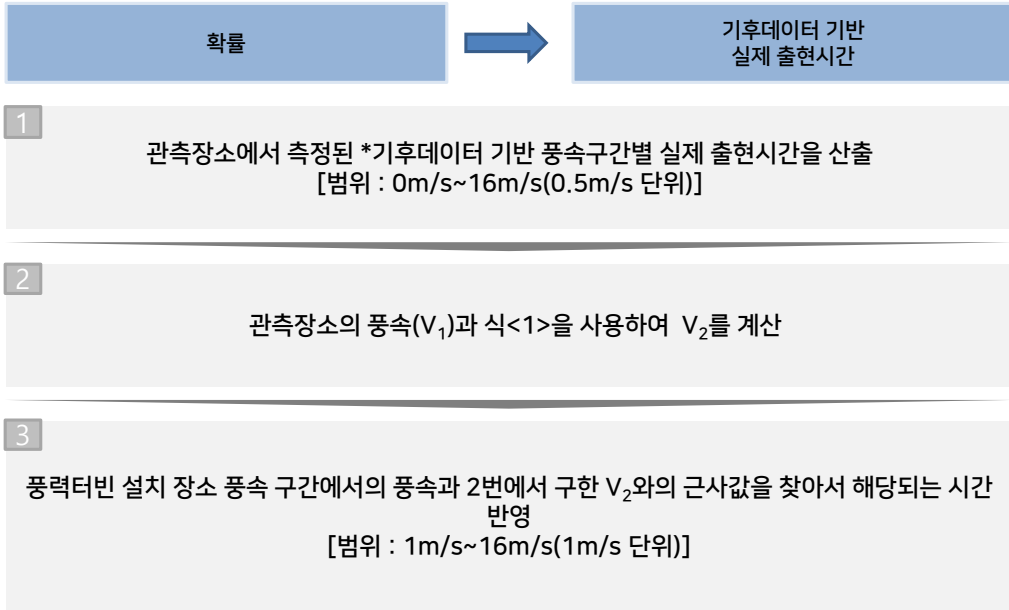


표. 가동시간 표준값(춘천지역)

풍속 (m/s)	가동시간[h]											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
0	86.0	207.0	70.0	68.0	79.0	70.0	63.0	57.0	25.0	228.0	119.0	257.0
0.5	309.0	157.0	163.0	170.0	136.0	136.0	176.0	180.0	207.0	201.0	211.0	145.0
1	160.0	98.0	137.0	109.0	167.0	169.0	161.0	188.0	195.0	144.0	140.0	102.0
1.5	54.0	69.0	107.0	85.0	139.0	139.0	163.0	143.0	164.0	84.0	80.0	73.0
2	47.0	74.0	80.0	84.0	96.0	96.0	104.0	81.0	78.0	38.0	50.0	43.0
2.5	37.0	29.0	87.0	63.0	49.0	66.0	50.0	49.0	27.0	20.0	34.0	41.0
3	29.0	16.0	54.0	40.0	37.0	26.0	17.0	26.0	14.0	19.0	24.0	44.0
3.5	17.0	12.0	19.0	33.0	25.0	12.0	7.0	15.0	6.0	4.0	29.0	22.0
4	2.0	10.0	15.0	27.0	7.0	6.0	1.0	5.0	4.0	3.0	16.0	6.0
4.5	2.0	0.0	6.0	18.0	4.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	8.0	5.0
5	1.0	0.0	4.0	12.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	3.0
5.5	0.0	0.0	1.0	3.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0
6	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
6.5	0.0	0.0	0.0	6.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

◎ 참고 서적 및 사이트

1. EN 15316-4-10
2. IEC 61400-12-1
3. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/power-coefficient>
4. <https://www.ftexploring.com/wind-energy/wind-power-coefficient.htm>
5. 건축구조기준 KDS 41 12 00 :2022 건축물 설계하중
6. Manwell J.F. et al(2002). Wind Energy Explained, John Wiley & Sons
7. Akdag ~ , S. A., Dinler, A.(2009). A new method to estimate Weibull parameters for wind energy applications. Energy Conversion and Management 50(7) pp.1761-1766.

2025 제로에너지건축 전문인력 양성교육

알고리즘 실무교육

