

비상대응거점 공기조화계통 설계

“HVAC System Design for
Emergency Response Base Building(ERBB)”

2022. 7. 14

정한주(Jeong, Hanju)
hjjeong@kepco-enc.com



Contents

- 1 서론
- 2 공기조화계통 구분
- 3 거주지역 공기조화계통 설계
- 4 필수기능 기기실 지역 공기조화계통 설계
- 5 비필수기능 기기실 지역 공기조화계통 설계

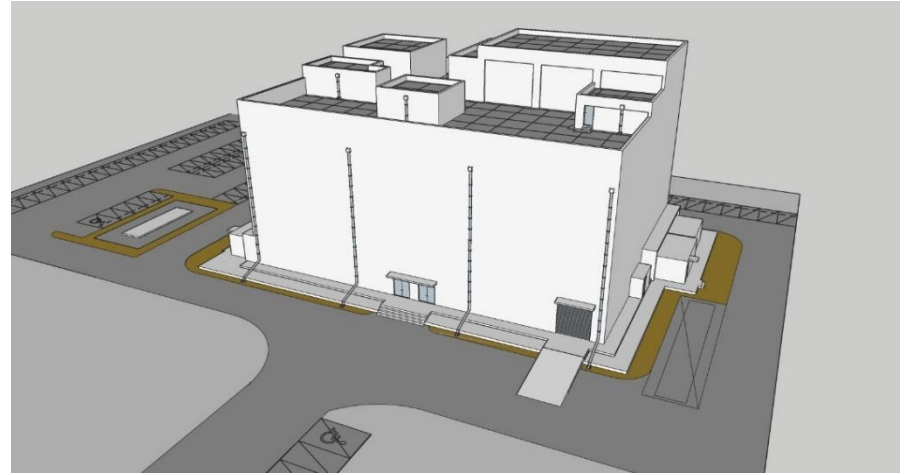
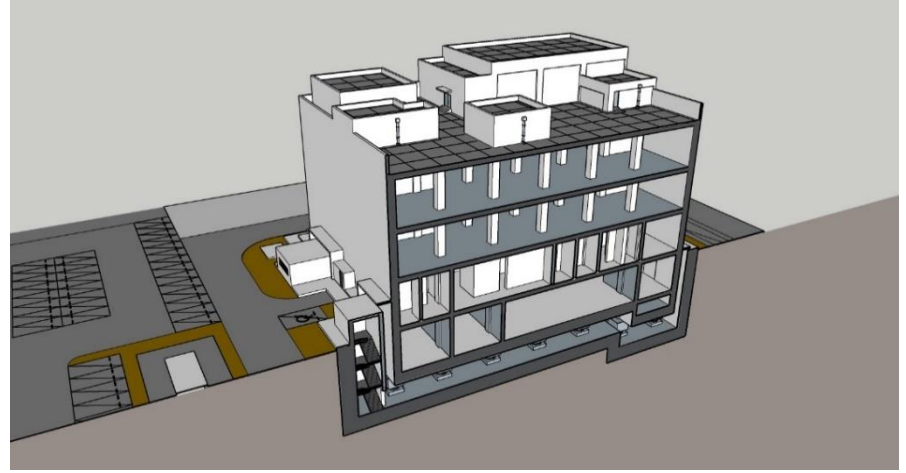
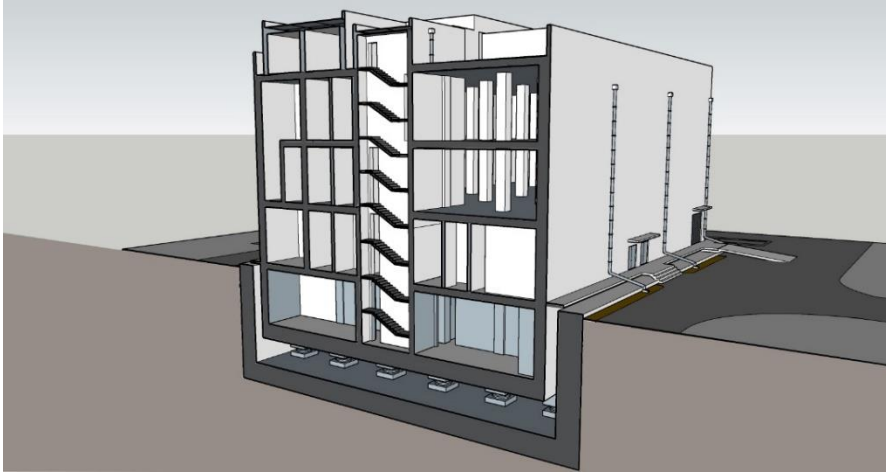
1. 서론

■ 비상대응거점 위치(고리, 한빛, 월성, 한울본부)



1. 서론

■ 비상대응거점 조감도(한울본부)



1. 서론

■ 비상대응거점의 용도

- ◉ 원자력시설의 방사선비상시 원전의 각 호기와 분리된 곳에서 비상대응 활동을 수행
- ◉ 기술적인 지원 및 방재요원의 대기 장소 등으로 사용
- ◉ 사고발행 후 사건의 원인 조사, 결과 판정 및 후속조치 지원을 위한 시설

■ 건물 개요

- ◉ 연면적 : 4,700 m² (고리, 월성, 한빛) / 5,400 m² (한울)
- ◉ 층수 : 면진층 + 지하1층 + 지상4층
- ◉ 형상 : 42 m x 36 m (고리, 월성, 한빛) / 48 m x 36 m (한울)
- ◉ 형식 : 면진시스템 + 철근콘크리트 구조
- ◉ 설계기준지진 : 0.5g
- ◉ 부지고 : +13m 이상

1. 서론

■ 법규 검토에 따른 구조물, 계통 및 기기의 등급분류

○ 안전등급

- 비상대응거점 SSC는 안전등급 1, 2 또는 3에 속하지 않으며, 비안전등급에 해당됨.

○ 내진범주

- 비상대응거점의 SSC는 비안전성 관련으로 내진범주 I급에 해당되지 않음.
- 원안위 고시에 따라 기타 원자로의 안전에 관계되는 시설로 내진범주 II급 적용 (일부 SSC는 내진범주 III급 적용)
- 거주성 확보에 필요한 필수기능 SSC는 비상대응 활동을 총괄·지휘할 수 있게 설계기준지진에서도 구조적 건전성과 성능이 확보되도록 설계요건을 강화하여 적용

○ 전기등급

- 비상대응거점 전기기기 및 계통은 안전등급 1E에 속하지 않으며, 비안전등급(Non-1E)에 해당

○ 품질등급

- 품질등급 A 또는 S 적용

1. 서론

■ 비상대응거점 거주성 요건

○ 부지내 비상대응거점 건물

- 부지내 설치되는 비상대응거점은 원자력안전법 제2조 (정의) 제10호, 동법 시행령 제9조(관계시설) 제8호, 그리고 원안위고시 제2019-14호 '기타 원자로의 안전에 관계되는 시설에 관한 규정' 제2조(기타 원자로의 안전에 관계되는 시설) 제1항 제1호에 의거 '관계시설'로 분류됨.
- 비상대응거점은 비상대책실의 운영에 필요한 기기 및 자료를 구비하여 비상대응을 위한 비상요원 및 지원인력을 수용할 목적으로 설치하는 것으로, 본 비상대응거점에는 비상대책실 및 보조 비상운영지원실을 설치함. [별표]

기타 원자로의 안전에 관계되는 시설(제2조제2항 관련)

시 설 명	세 부 사 항
1. 구조물	가. 제어건물 나. 보조건물 다. 핵연료취급건물 라. 비상디젤발전기건물 마. 기기 냉각수 열교환기건물 바. 1차기기 냉각해수 취배수 구조물 사. 비상급수저장구조물 아. 1E급 지하매설전선관로(전력구) 자. 방사성폐기물처리건물 차. 터빈건물 카. 복합건물 타. 안전등급 수중취배수 구조물 파. 삼중수소 제거설비 건물(기압중수로형 원전 해당) 하. 부지내 비상대응거점 건물

1. 서론

■ 비상대응거점 거주성 요건

⦿ 비상대책실 (EOF, Emergency Operation Facility)

- 원자력안전위원회고시 제2019-15호 제12조(비상대책실) 제1항에 따르면, 원자력시설의 방사선비상시 원자력사업자 비상대응활동을 총괄하며 방사성물질의 환경 방출 감시 및 부지내·외 방사선(능) 측정·평가, 주민예상피폭선량 평가 및 주민보호조치 권고 수행, 외부방재대책기관 및 협력기관의 비상대응활동에 대한 협조의 기능을 수행하도록 하고 있음.

제12조(비상대책실) ① 비상대책실이 원자력시설의 방사선비상시 원자력사업자 비상대응활동을 총괄하며 방사성 물질의 환경방출 감시 및 부지내·외 방사선(능) 측정·평가, 주민예상피폭선량 평가 및 주민보호조치 권고 수행, 외부방재대책기관 및 협력기관과의 비상대응활동에 대한 협조의 기능을 수행하도록 기술하여야 한다.

- 원자력안전위원회고시 제2019-15호 제12조(비상대책실) 제3항에서는 비상대책실의 비상대응거점내 설치시 다수호기 대응을 포함한 동 고시 제1항의 기능을 수행하기위해 HVAC 관련하여 아래사항을 만족하도록 요구하고 있음.

③비상대책실을 비상대응거점시설 내에 설치하는 경우에는 다수호기 대응을 포함한 제1항의 기능을 수행하기 위하여 제2항에도 불구하고 다음 각 호의 기준을 만족하도록 기술하여야 한다.

1. 비상대책실은 원자력시설의 방사선비상 시 원전 각 호기와 분리된 곳에서 비상대응 활동을 총괄지휘 할 수 있도록 부지내 적절한 곳에 위치하여야하며, 중대사고 상황하에서도 주제어실과 동등한 거주성을 갖출 것

1. 서론

■ 비상대응거점 거주성 요건

◉ 보조 비상운영지원실 (Aux. OSC, Operating Support Center)

- 보조 비상운영지원실은 현 방재체계에 포함되지 않는 시설임. 그러나, 발전소내 설치 및 승인된 비상운영지원실 및 예비 비상운영지원실이 가용하지 않은 경우를 대비하여 설치하는 것이므로 원자력안전위원회고시 제2019-15호 제11조(비상운영지원실) 제1항에 따라 요건을 수행할 수 있어야 할 것으로 판단됨.

제11조(비상운영지원실) ① 비상운영지원실은 원자력사업자가 지명한 시설 유지·보수, 소방, 구급, 방사선관리, 제염, 방사선(능) 및 환경 감시 등 운영지원요원들의 대기장소로서 주제어실, 비상기술지원실, 비상대책실과의 비상대응에 대한 협조체제를 구축하고 지원활동을 수행하여야 한다.

1. 서론

■ 비상대응거점 설비의 필수기능/비필수기능

- 주제어실과 동등한 거주성 조건으로 설계
- 지진, 홍수 및 태풍과 같은 극한 자연재해에서도 기능이 유지
- 외부 전원상실에도 전원공급이 가능하도록 요구



해당 구조물, 계통 및 기기 SSC “필수기능”

▶ 이외의 SSC “비필수기능”

2. 공기조화계통 구분

■ 공기조화계통 구분

계통 코드 (PBS NO.)	계통명	관련 공조 지역
VC (601)	거주지역 공기조화계통 (Habitability Area HVAC System)	Habitability Area I : 근무자가 상주하는 비상대책실(EOF) 관련 지역 Habitability Area II : 근무자가 상주하는 비상대책실(EOF) 관련 이외 지역
VD (602)	필수기능기기실지역 공기조화계통 (Essential Function Equipment Area HVAC System)	사고시에도 환경 유지가 필요한 기기실 지역 (비상디젤발전기실, 전기실, 배터리실 등)
VU (623)	비필수기능기기실지역 공기조화계통 (Non-Essential Function Equipment Area HVAC System)	기타 기기실 지역

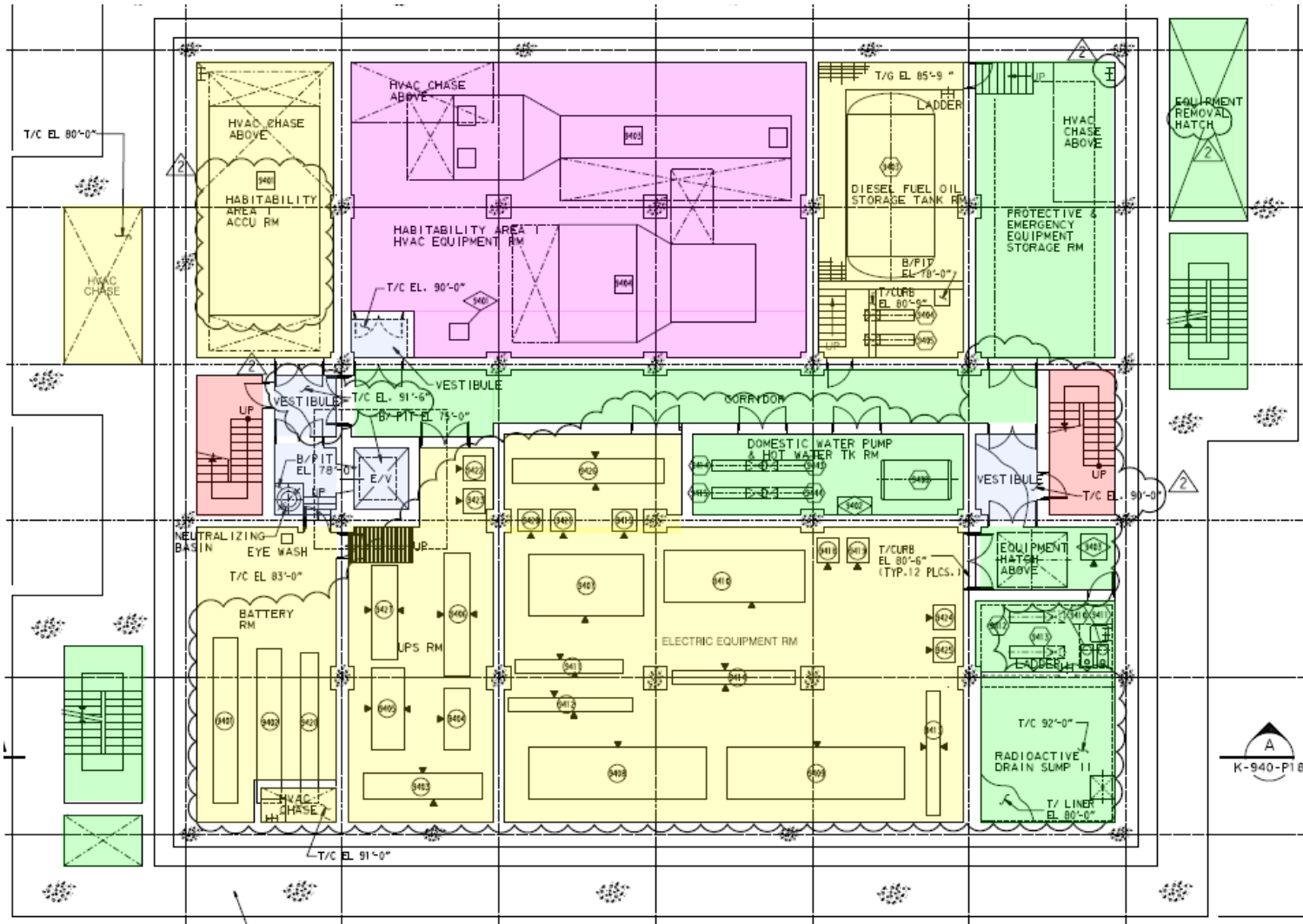
2. 공기조화계통 구분

■ 거주지역 공기조화계통(VC, 601)의 주요 격실

부속 계통	관련 공조 지역
Habitability Area I	비상대책실 (EOF)
	선량평가실 (Dose Assessment RM)
	주방 (Kitchen)
	공조기실 (Habitability Area I HVAC Equipment RM)
Habitability Area II	보조 비상운영지원실 (Aux. OSC RM)
	통신실 및 전산실 (Communication & Computer RM)
	출입통제실 (Health Physics Area)
	예비 비상의료지원센터 (REMC)
	주방 (Kitchen)
	화장실 (Toilet)
	회의실 (Meeting RM), 규제기관 지원실 (Regulatory Support RM)
	공조기실 (Habitability Area II HVAC Equipment RM)
	계단 (Stair)
	HVAC Chase

2. 공기조화계통 구분

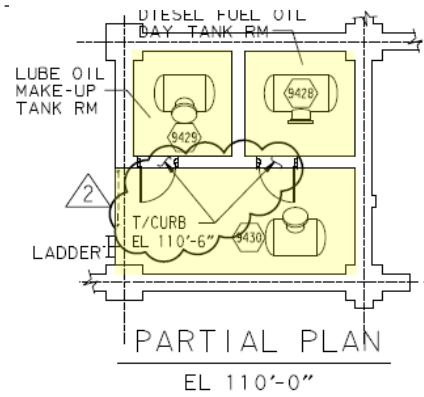
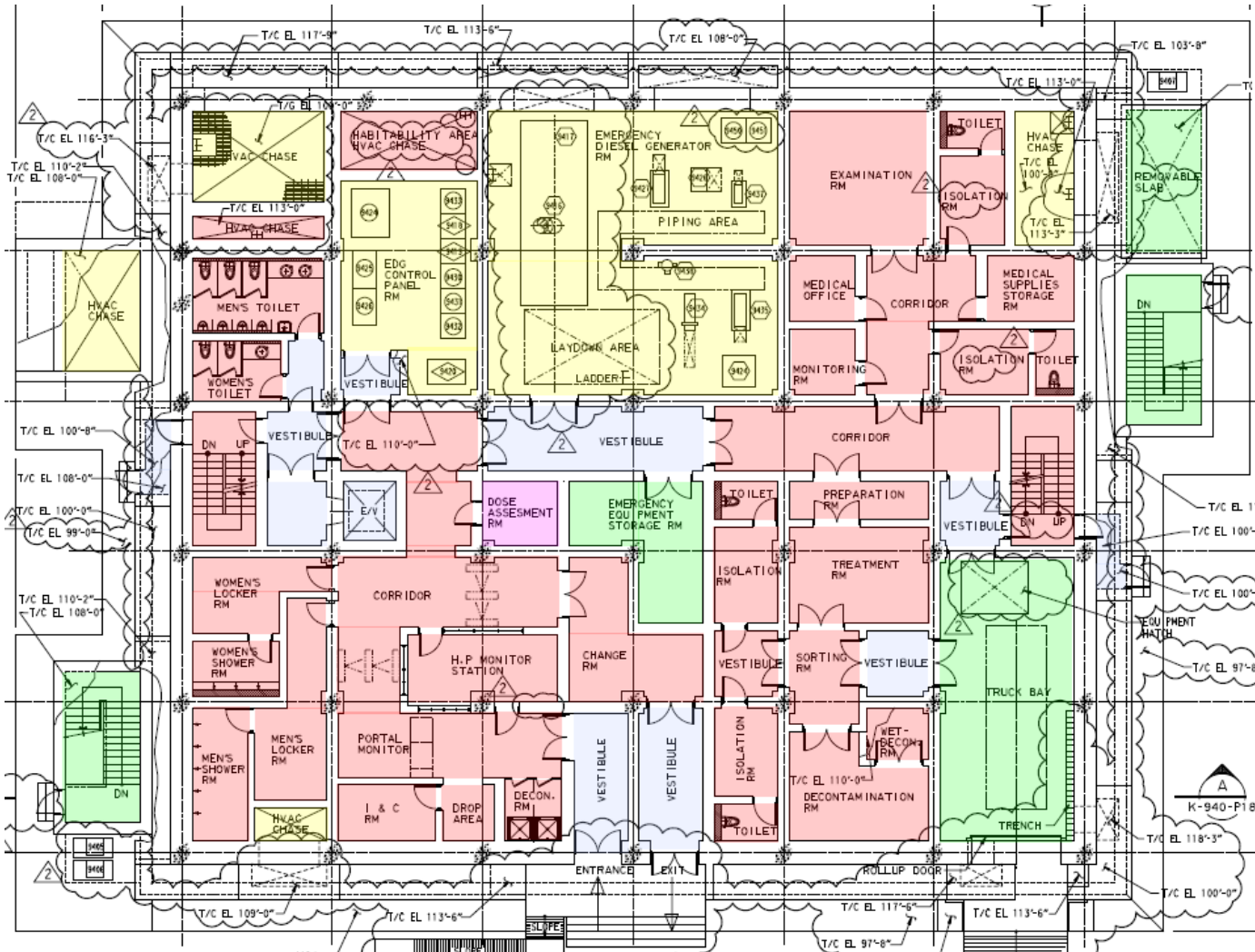
■ 계통 구분 - 지하1층(EI. 80 ft)



- VC(601)-I
- VC(601)-II
- VD(602)
- VU(623)
- N/A

2. 공기조화계통 구분

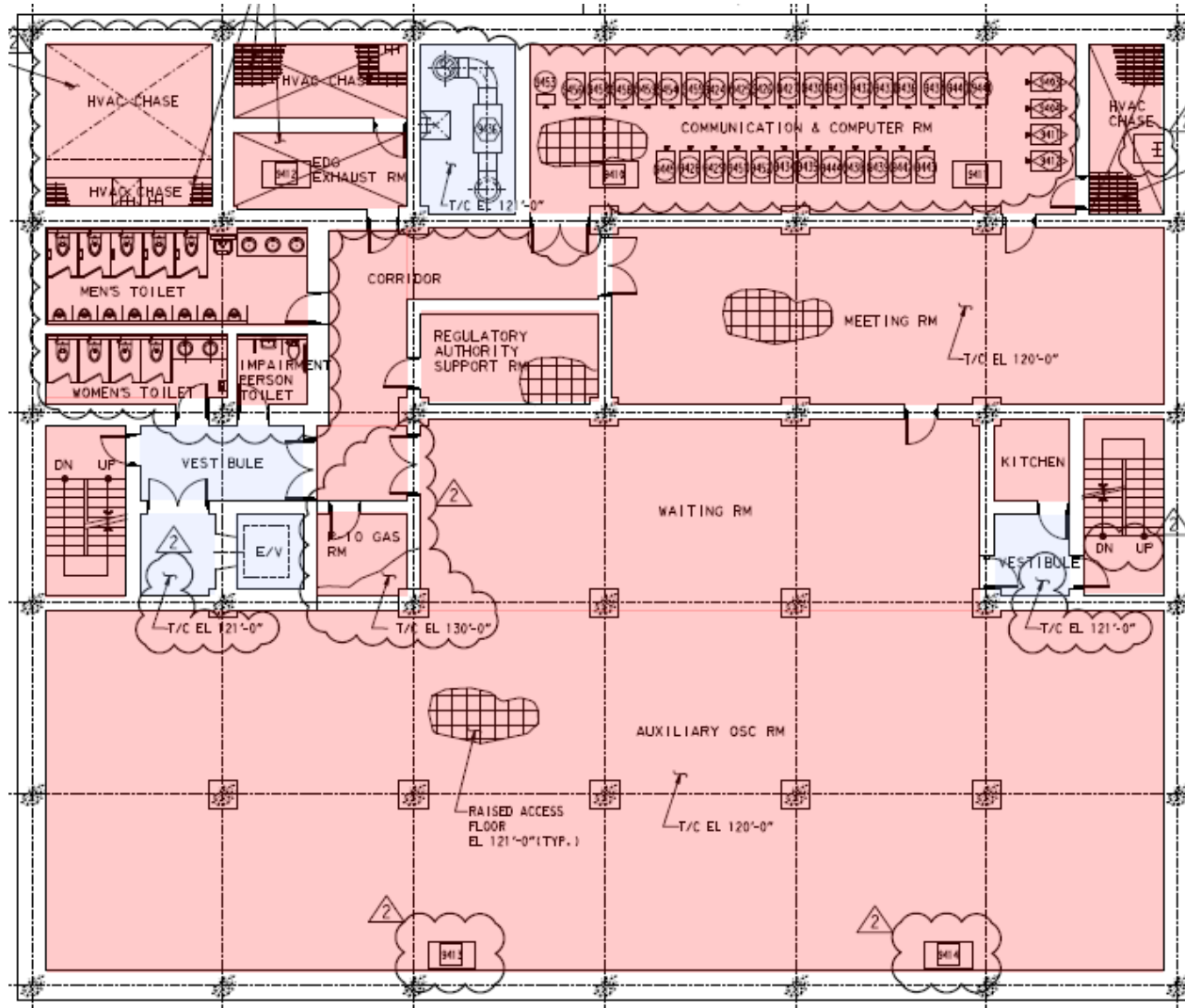
■ 계통 구분 - 지상1층(El. 100 ft)



- VC(601)-I
- VC(601)-II
- VD(602)
- VU(623)
- N/A

2. 공기조화계통 구분

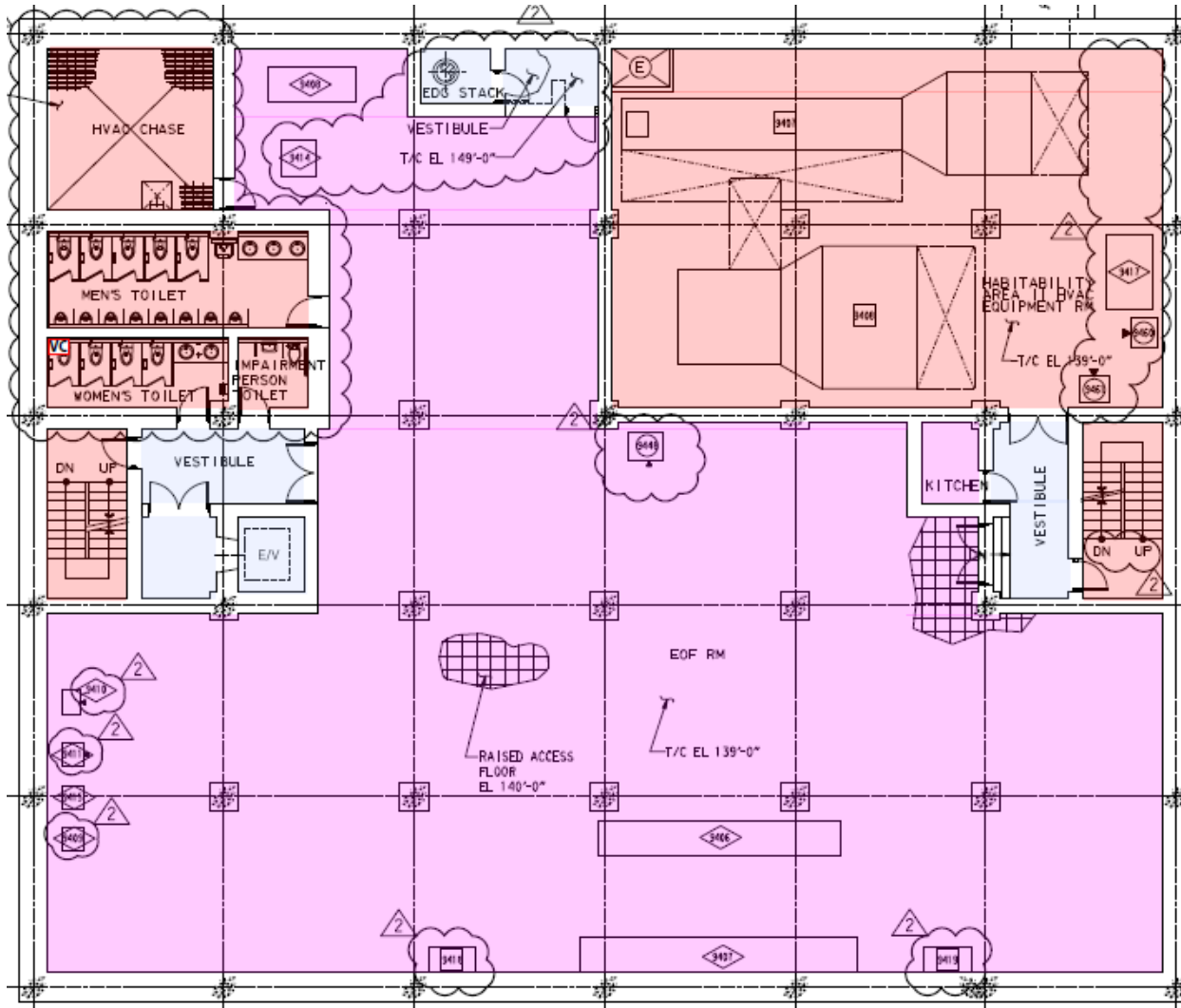
■ 계통 구분 - 지상2층(El. 121 ft)



- VC(601)-I
- VC(601)-II
- VD(602)
- VU(623)
- N/A

2. 공기조화계통 구분

■ 계통 구분 - 지상3층(El. 140 ft)



VC(601)-I

VC(601)-II

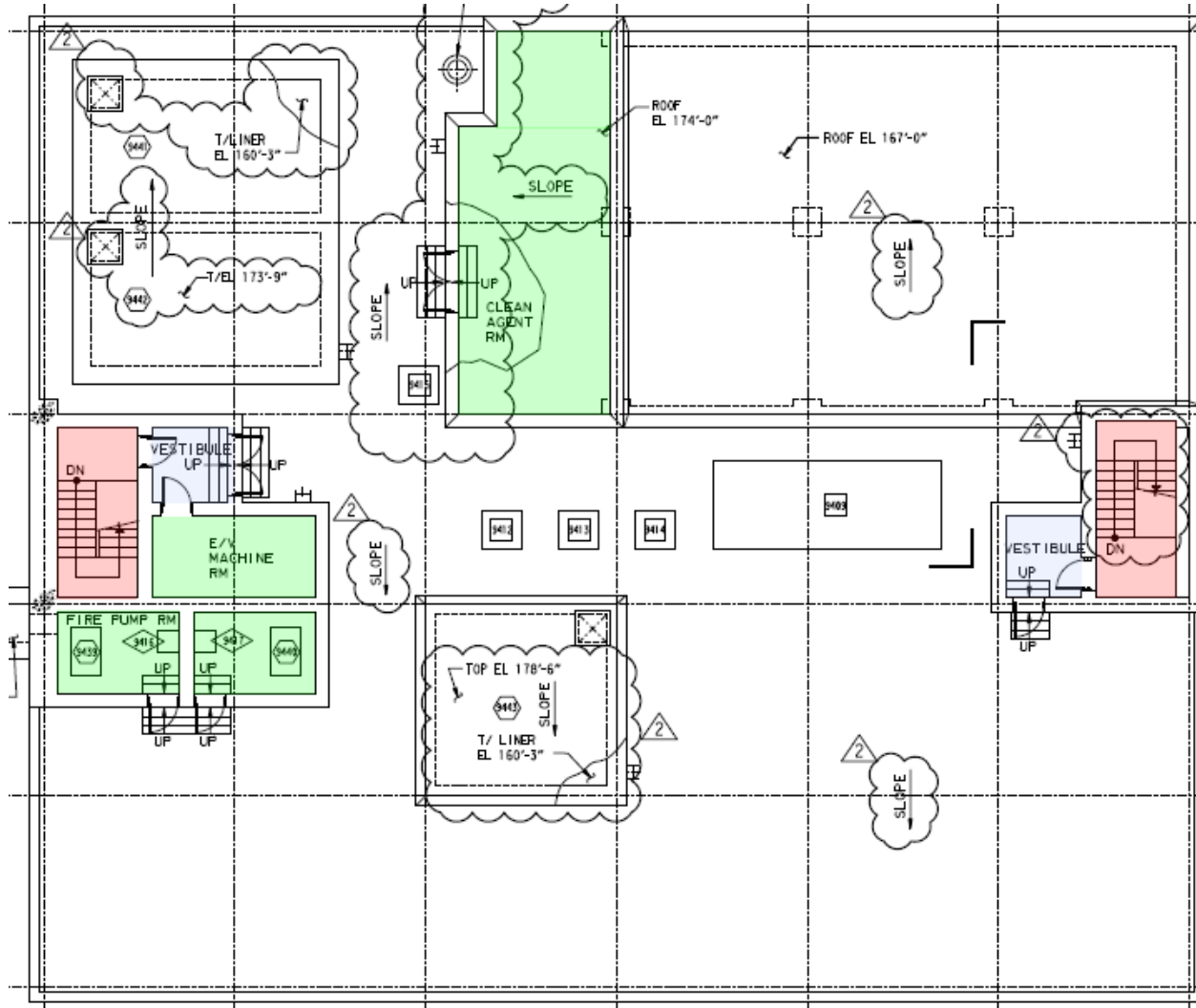
VD(602)

VU(623)

N/A

2. 공기조화계통 구분

■ 계통 구분 - 지상4층(El. 159 ft)



VC(601)-I

VC(601)-II

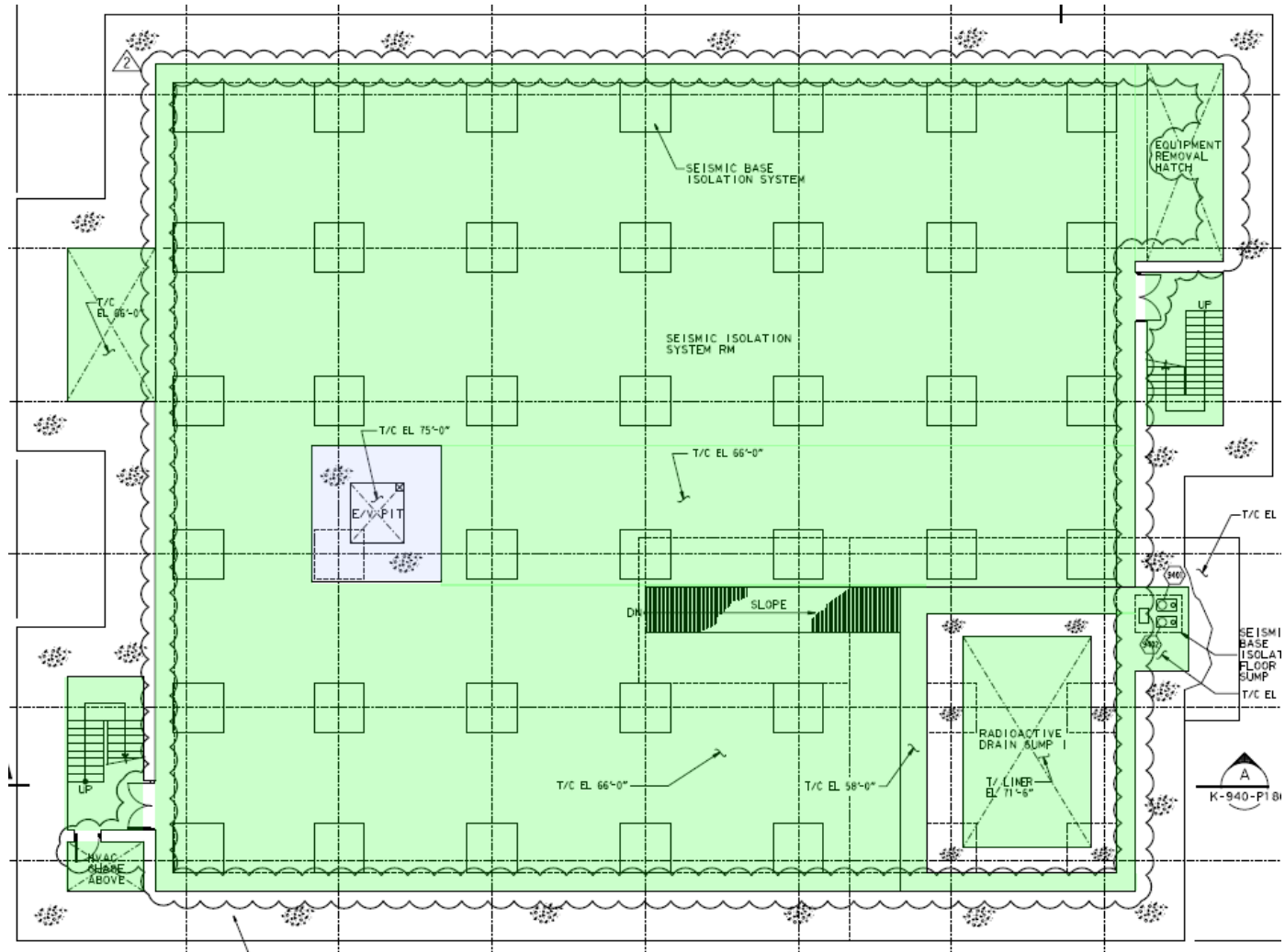
VD(602)

VU(623)

N/A

2. 공기조화계통 구분

■ 계통 구분 - 면진층



VC(601)-I

VC(601)-II

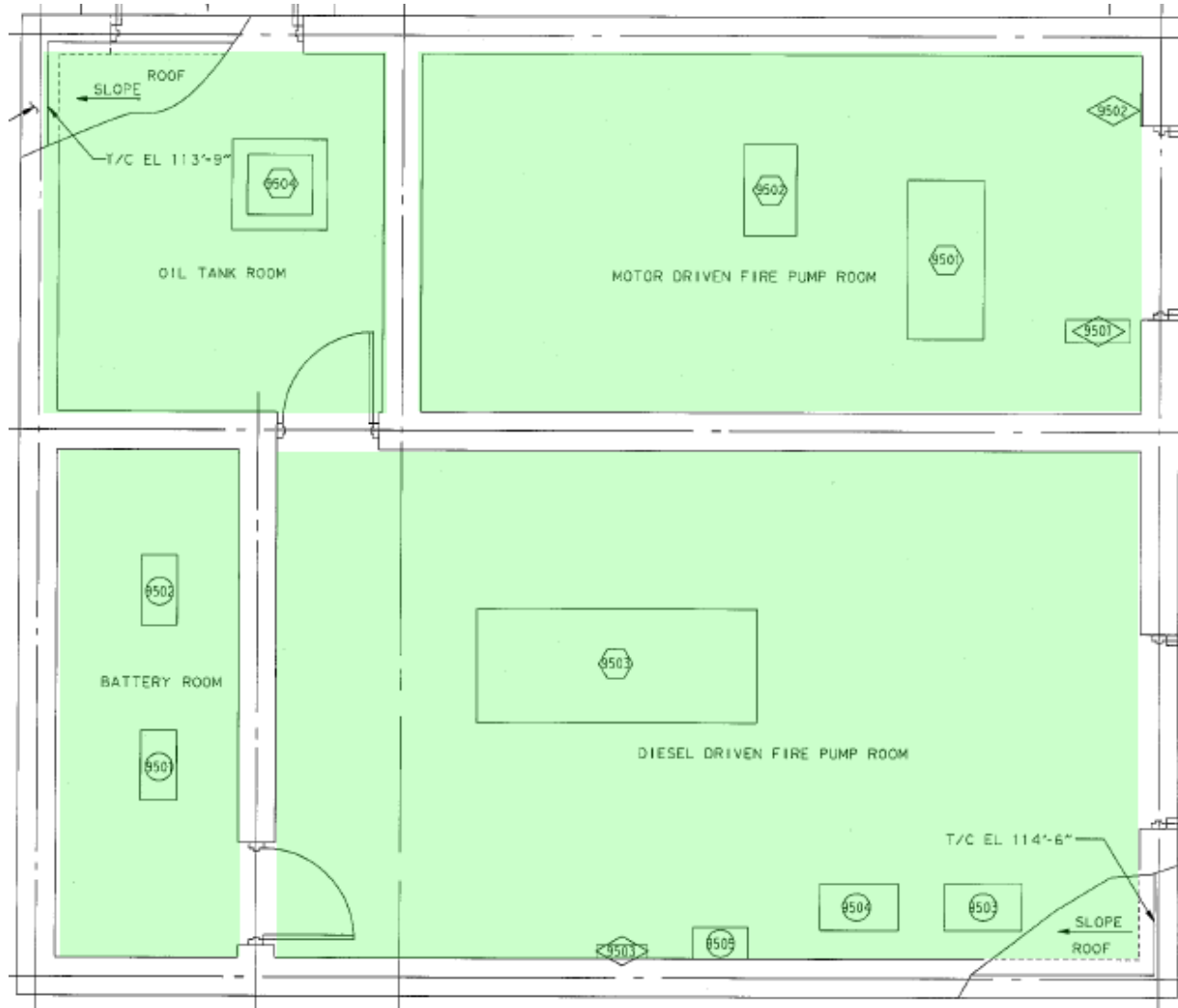
VD(602)

VU(623)

N/A

2. 공기조화계통 구분

■ 계통 구분 - 소화수 펌프실(Fire Pump House)



VC(601)-I

VC(601)-II

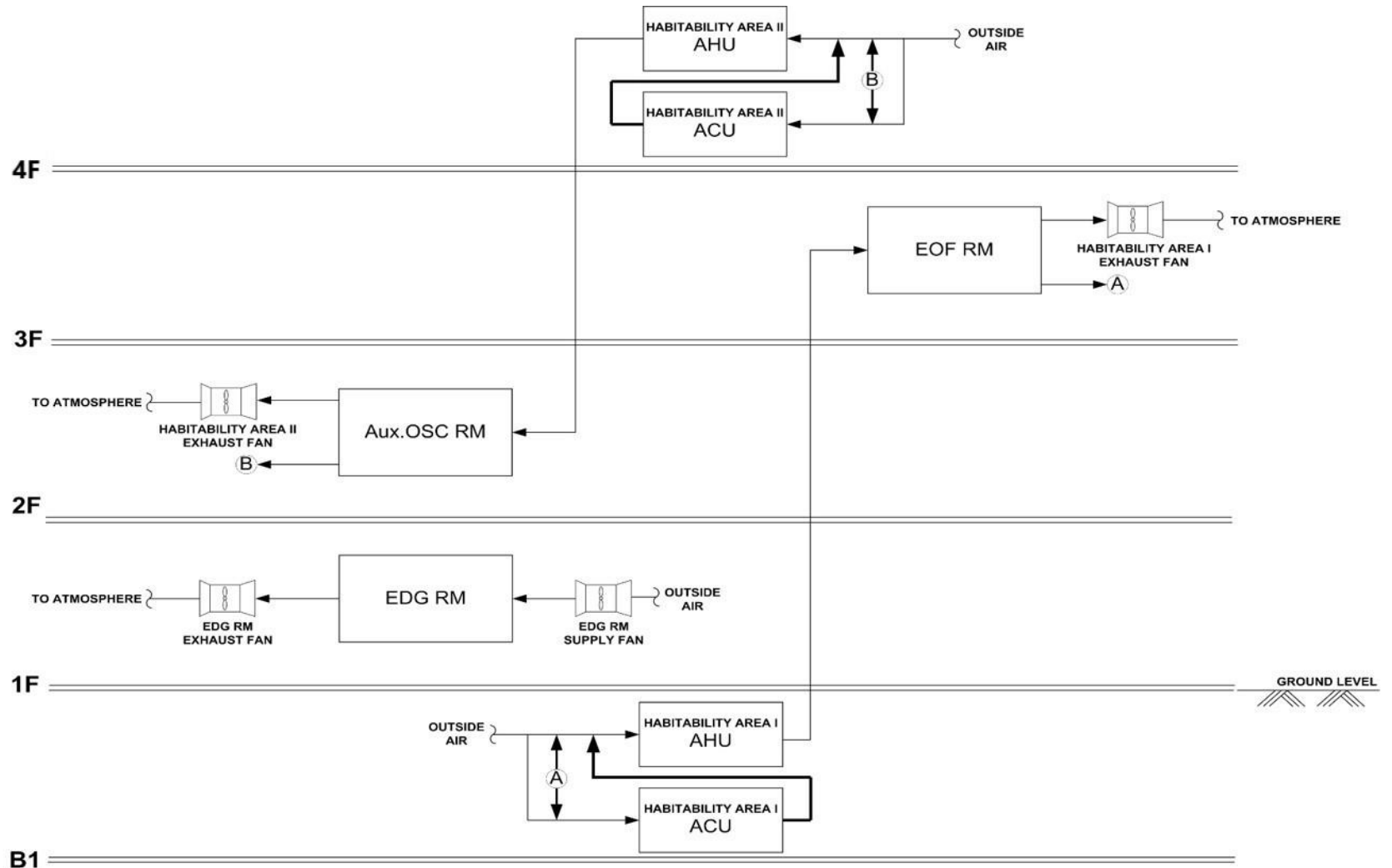
VD(602)

VU(623)

N/A

2. 공기조화계통 구분

■ 계통 구성 개략도



3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 개요

- 거주지역 I(비상대책실 관련 거주지역) / 거주지역 II(보조 비상운영지원실을 포함한 거주지역)
- 등급분류기준
 - 내진범주 : II*급(단, 거주지역 II 실외기 등 일부기기 내진범주 II급 적용)
(II*급 : 설계기준지진(0.5g)에서 구조적 건전성과 성능이 확보되도록 설계)
 - 품질등급 : A
 - 전기등급 : Non-1E, EDG(단, 거주지역 II 실외기 등 일부기기 제외)
- 계통 기능
 - : 비상대응거점에서 거주지역에 체류하는 요원의 거주성 확보를 위한 공기조화를 수행함.
 - Habitability Area 설계 온도/습도 유지
 - Habitability Area 설계 정압 유지
 - Habitability Area 설계 환기 유지
 - Habitability Area 근무자 개인의 적정 피폭선량 유지

3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 설계 요건

○ Habitability Area I

■ Habitability Area I 설계 온도 유지

- EOF : NUREG-0700에 따름
- EOF 이외의 HA I 지역 : 선행호기 참고

순번	격실	정상시 격실 설계온도/습도	비정상시 격실 설계온도/습도
1	비상대책실 (EOF)	68 °F ~ 79 °F / 30 ~ 70 % RH	68 °F ~ 79 °F / NA
2	선량평가실 (Dose Assessment RM)	70 °F ~ 80 °F / NA	70 °F ~ 80 °F / NA
3	주방 (Kitchen)	70 °F ~ 80 °F / NA	70 °F ~ 80 °F / NA
4	공조기실 (Habitability Area I HVAC Equipment RM)	50 °F ~ 104 °F / NA	50 °F ~ 104 °F / NA

3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 설계 요건

○ Habitability Area I

■ Habitability Area I 설계 정압 유지

Habitability Area 이외의 지역으로부터 오염물질 유입 방지

■ Habitability Area I 설계 환기 유지

근무자의 호흡 및 주방 지역의 환기 등을 위한 ASHREA 62.1에 따른 환기풍량 제공

■ Habitability Area I 근무자 개인의 적정 피폭선량 유지

외기의 방사능 오염시 근무자 호흡용 공기 정화

3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 설계 요건

○ Habitability Area II

■ Habitability Area II 설계 온도 유지

- OSC : NUREG-0700에 따름
- OSC 이외의 HA II 지역 : 선행호기 참고

순번	격실	정상시 격실 설계온도/습도	비정상시 격실 설계온도/습도
1	보조 비상운영지원실 (Aux. OSC RM)	68 °F ~ 79 °F / 30 ~ 70% RH	68 °F ~ 79 °F / NA
2	통신실 및 전산실 (Communication & Computer RM)	65 °F ~ 74 °F / NA	50 °F ~ 122 °F / NA
3	출입통제실 (Health Physics Area)	70 °F ~ 80 °F / NA	50 °F ~ 122 °F / NA
4	예비 비상의료지원센터 (REMC)	70 °F ~ 80 °F / NA	50 °F ~ 122 °F / NA
5	주방 (Kitchen)	70 °F ~ 80 °F / NA	50 °F ~ 122 °F / NA
6	화장실 (Toilet)	70 °F ~ 80 °F / NA	50 °F ~ 122 °F / NA
7	회의실 (Meeting RM), 규제기관 지원실 (Regulatory Support RM)	70 °F ~ 80 °F / NA	50 °F ~ 122 °F / NA
8	공조기실 (Habitability Area I HVAC Equipment RM)	50 °F ~ 104 °F / NA	50 °F ~ 122 °F / NA
9	계단 (Stair)	50 °F ~ 104 °F / NA	50 °F ~ 122 °F / NA
10	HVAC Chase	50 °F ~ 122 °F / NA	50 °F ~ 122 °F / NA

3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 설계 요건

○ Habitability Area II

■ Habitability Area II 설계 정압 유지

Habitability Area 이외의 지역으로부터 오염물질 유입 방지

■ Habitability Area II 설계 환기 유지

근무자의 호흡 및 주방 지역의 환기 등을 위한 ASHREA 62.1에 따른 환기풍량 제공

■ Habitability Area II 근무자 개인의 적정 피폭선량 유지

외기의 방사능 오염시 근무자 호흡용 공기 정화

3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 Calculation

- 격실 설계온도 만족을 위한 풍량 산정
 - 격실별 Transmission Load 계산
 - HVAC Cooling & Heating Load 계산
 - 전기, 계측, 핵 및 기계분야 등 발열부하
 - 거주인원에 대한 발열부하
- 정압유지를 위한 Exfiltration 풍량 산정
 - Exfiltration through HVAC Duct Penetration
 - Exfiltration through Electric Cable Tray Penetration
 - Exfiltration through Piping Penetration
 - Exfiltration through Concrete Structure
 - Exfiltration through Door
 - Exfiltration through Equipment (HVAC Equipment, Duct)

3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 Calculation

○ Ventilation 만족을 위한 풍량 산정

- 2019 ASHARE Standard 62.1, Equation 6-1 and Table 6-1

○ Smoke Removal 만족을 위한 풍량 산정

■ Smoke Removal 요건

- RG 1.189에 따른 Smoke Removal 지역
- 건축법 제49조 시행령 제51조 설비규칙 제14조

■ Smoke Removal 지역 선정

- 방화구역으로 지정된 Area로 Habitability Area HVAC System에 해당하는 주요 지역은 EOF, OCS, Computer RM, HVAC Equipment RM 등 임.

■ Smoke Removal 풍량 요건 : NEPA 803에 따른 풍량 산정

3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 Calculation

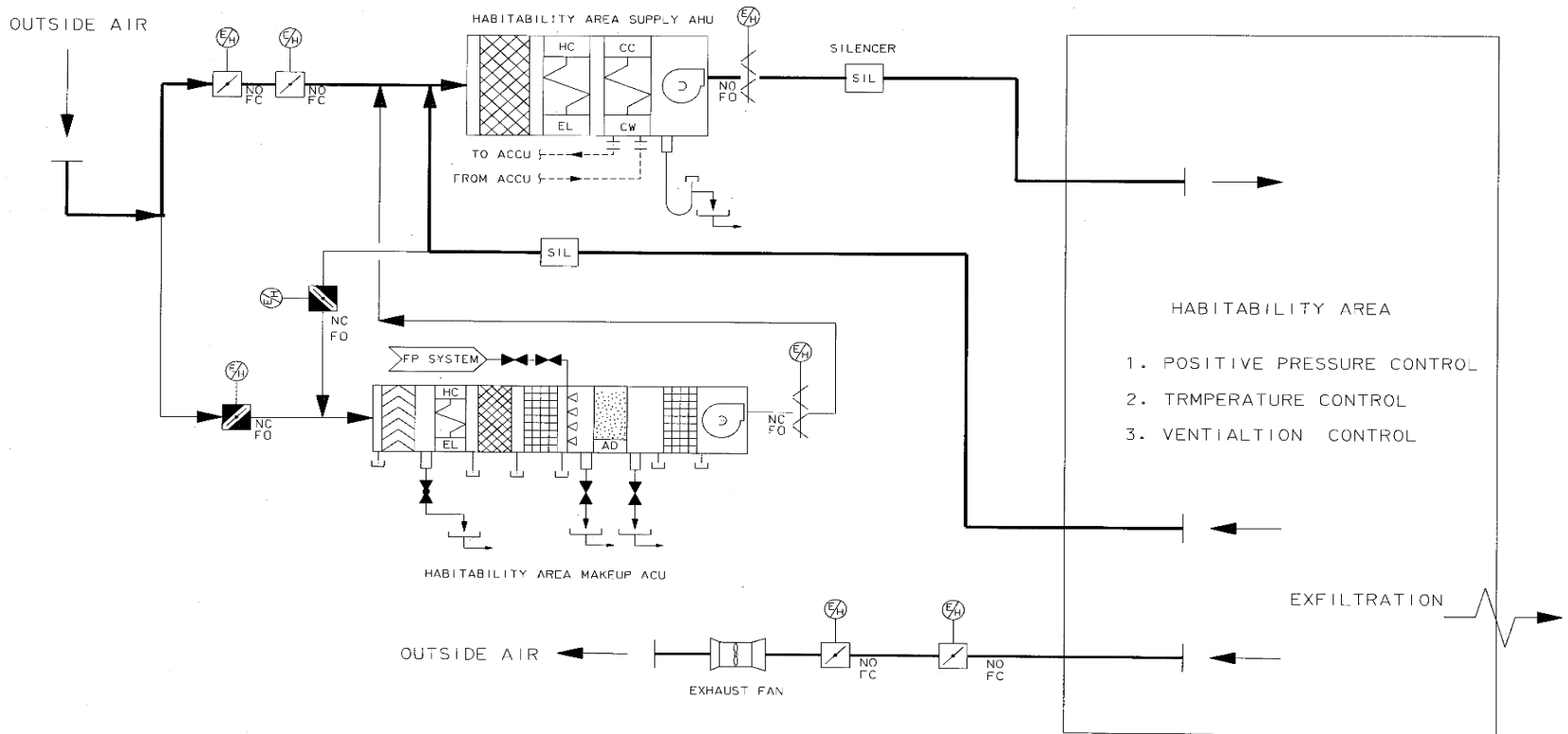
○ 거주지역 HVAC Envelope 유지를 위한 Isolation

- SRP 6.4 및 9.4.1 요건에 따라 Habitability Area와 Non-Habitability Area 경계의 인원 출입에는 Vestibule을 설계함.
- Non-Habitability Area 용 Duct는 Habitability Area 내로 설치되지 않도록 설계함.
- Habitability Area를 위한 외기의 유입과 환기를 위한 배출 관련 Duct에는 Leakage 0의 자동 격리 댐퍼를 2중으로 설계함.

3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 운전

● 거주지역 공기조화계통 정상 운전 개략도

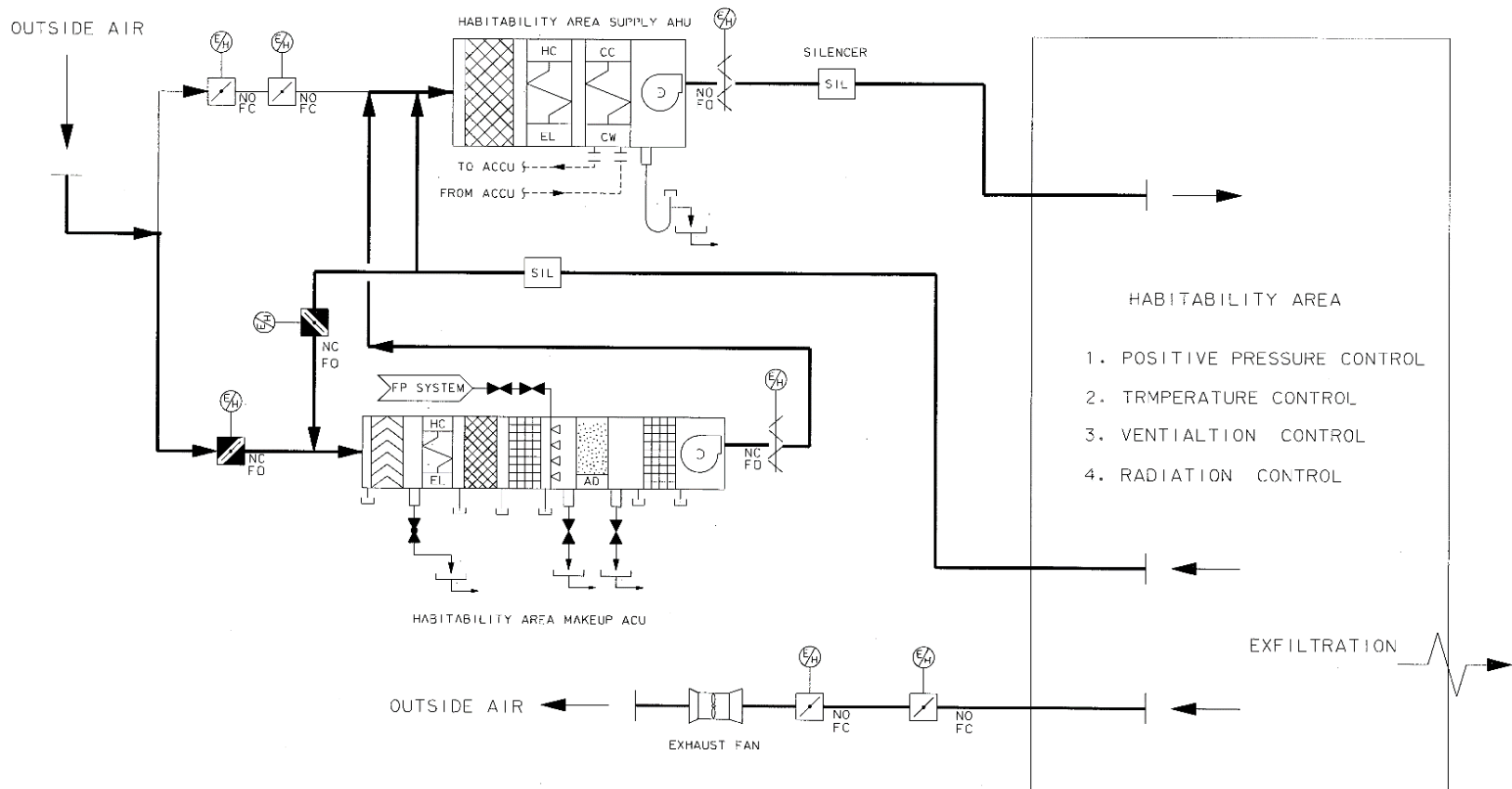


3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 운전

○ 거주지역 공기조화계통 비상 운전 개략도

: 외기의 방사능 오염시 근무자 호흡용 공기 정화를 위한 운전

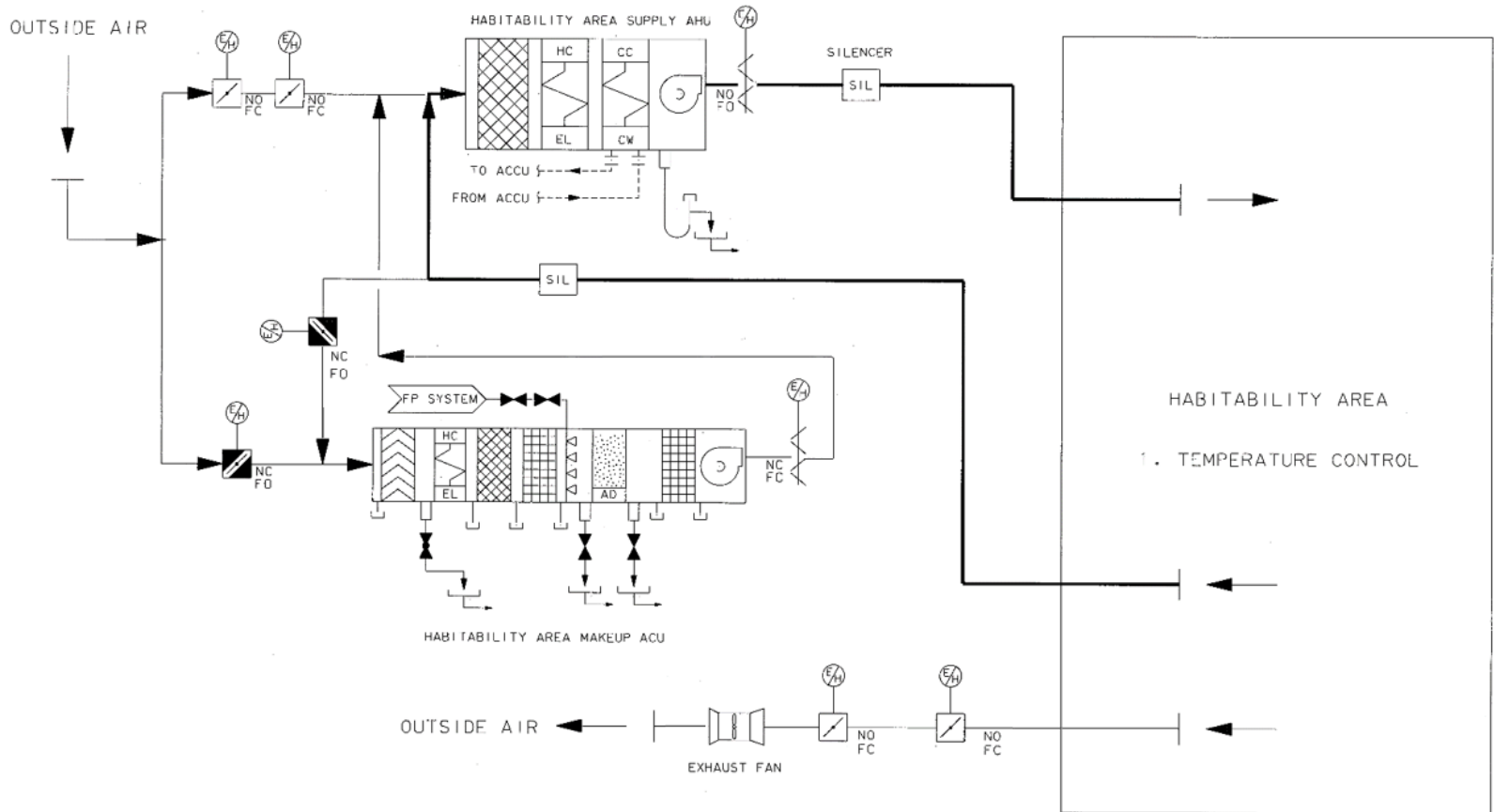


3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 운전

○ 거주지역 공기조화계통 재순환 운전 개략도

: 외기의 독성가스 및 연기 오염시 외기 차단 운전



3. 거주지역 공기조화계통 설계

■ 거주지역 공기조화계통 주요 공조기기 구성

- 거주지역 I 및 II Air Handling Unit(AHU) 각각 1대

Medium filter x 1 Bank, Electrical heating coil x 1 Section, Direct expansion (DX) cooling coil x 1 Section, Air-cooled condensing unit(ACCU) x 1대, Fan and Motor x 100% 2대

- 거주지역 I 및 II Air Cleaning Unit(ACU) 각각 1대

Moisture separator x 1 Bank, Electrical heating coil x 1 Section, Prefilter x 1 Bank, HEPA filter x 1 Bank, Carbon adsorber x 1 Bank, Postfilter x 1 Bank, Fan and Motor x 100% 2대

- 거주지역 I 및 II Exhaust Fan 각각 1대

- 거주지역 II의 보조 비상운영지원실을 위한 필수기능 Cubicle Cooler 1대

4. 필수 기능 기기실 지역 공조계통 설계

■ 필수 기능 기기실 지역 공기조화계통

○ 등급분류기준

- 내진범주 : II*급(단, Electric Unit Heater(EUH)는 내진범주 II급 적용)
- 품질등급 : A
- 전기등급 : Non-1E, EDG(단, EUH 제외)

○ 계통 기능

- 필수기능 기기실 지역 온도 유지
- 필수기능 기기실 지역 환기 유지

○ 주요 공조기기 구성

- 비상디젤발전기실 : Supply Fan 1대, Exhaust Fan 1대, Electric Duct Heater (EDH) 2대, EUH x 50% 2대
- 디젤 연료 오일 저장 탱크실 : Supply Fan 1대, Exhaust Fan 1대, EDH 1대
- 전기기기실 지역 : Supply Fan 2대, Exhaust Fan 2대, EUH 3대
- 축전지실 지역 : Supply Fan 1대, Exhaust Fan 1대, EDH 1대

5. 비필수 기능 기기실 지역 공조계통 설계

■ 비필수 기능 기기실 지역 공기조화계통

○ 등급분류기준

- 내진범주 : II/III급
- 품질등급 : A/S
- 전기등급 : Non-1E

○ 계통 기능

- 비필수기능 기기실 지역 온도 유지
- 비필수기능 기기실 지역 환기 유지

○ 주요 공조기기 구성

- 비필수기능기기실 지역 : Supply Fan 1대, Exhaust Fan 5대, EUH 12대
- 면진실 지역 : Supply AHU(Air Handling Unit) 1대, Exhaust Fan 1대
- 소화수 펌프실 : Exhaust Fan 6대, EUH 4대

Thank you !!!