
경상남도 친환경 수열 에너지
보급을 위한 지역 현황 조사 및
적합성 분석 연구

이 춘 식

경남녹색환경지원센터

요 약 문

I. 연구개요

- 경상남도는 낙동강을 비롯하여 풍부한 수자원을 보유하고 있으나 정부 보급 정책에 맞춘 그린 뉴딜 개발을 유도할 수열원 현황조사, 수열에너지 수요처(건물) 발굴 등 수자원을 활용한 수열에너지 공급을 지원할 기초자료 및 관련 연구가 부족함
- 본 과업은 경상남도 수열에너지 이용 적합지 조사·분석을 통한 환경부 공모사업(수열에너지 보급지원 시범사업) 연계 및 사업추진방안 제안 등 수열에너지 적용방안을 마련하고자 함

II. 연구의 필요성 및 목적

- 최근 정부는 탄소중립 달성 및 ESG지원 일환으로 물산업(신재생에너지) 분야 그린뉴딜 대표과제로 친환경 수열에너지 보급을 추진하고 있으며, ‘공공기관 신·재생에너지 설치의무화’, ‘제로에너지 건축 의무화’가 시행됨에 따라 재생에너지 중 하나로 수열에너지가 제시되고 있음
- 또한 경상남도의 건물 에너지 사용량은 전국(17개 시도)에서 5위(1,947,192TOE)를 차지하고 있으며, 수도권(서울, 경기)을 제외하면 3위로 높은 수치를 기록하고 있어 신재생에너지로의 전환이 시급함
- 경상남도의 경우 한국수자원공사에서 밀양정수장 내 관리동에 약 2억 8천만 원의 사업비로 2010년 12월에 준공하여 수열에너지 냉난방 설비를 적용한 사례가 있으나, 그 외 건물 냉난방 설비에 수열에너지를 도입한 사례가 없는 실정임

III. 연구의 내용 및 범위

- 공간적 범위: 경상남도
- 시간적 범위: 최근 5년(2018년~2022년)
- 경상남도 낙동강 등 수원(하천수, 댐·저수지, 원수관로)의 취수현황(유량, 수온 및 수질 현황 등) 조사 및 분석
- 경상남도 수열에너지 시스템 도입을 위한 건물 기초자료(위치, 면적, 에너지 사용량, 냉난방 부하 등) 확보 및 DB 구축
- 선행 연구 검토를 통한 수열에너지 적용성 검증 기준 마련 및 경상남도 건물의 수열에너지 적용성 검증 및 평가

IV. 연구결과

1. 하천수 분석 결과

○ 유량 분석 결과

- 경상남도 내에는 국가하천 11개, 지방하천 671개로 총 682개의 하천이 존재함
- 허가 기준 유량이 $1\text{m}^3/\text{s}$ 미만인 표준유역이 경남 전체의 78.57%를 차지하고 있어, 본 사업에서는 비교적 하천수 활용 가능성이 크다고 판단되는 허가 기준 유량이 $1\text{m}^3/\text{s}$ 이상인 유역을 대상으로 취수현황 분석을 진행하였음
- 허가 기준 유량이 $1\text{m}^3/\text{s}$ 이상인 유역에 속한 하천은 대부분 국가하천이었으며, 하천 규모 및 유량 측면에서 지방하천보다 국가하천이 수월원으로써 유리할 것으로 판단됨
- 하천수의 이론적 잠재량은 ①허가 기준 유량을 전량 사용하고, ② 5°C 의 온도 차를 이용한다는 전제하에 산정되었음

[표 1] 하천별 유량 및 이론적 잠재량 현황

하천 등급	하천명	허가 기준 유량 (m^3/s)	이론적 잠재량 (MW)	이론적 잠재량 (RT)
국가	낙동강 (5개 지점 합계)	28.11	588.50	152,414.46
	남강 (7개 지점 합계)	43.51	910.92	235,919.28
	밀양강	2.25	47.00	12,171.69
	황강 (5개 지점 합계)	15.11	316.23	81,900.00
	섬진강 (3개 지점 합계)	28.71	600.97	155,645.78
지방	덕천강	1.28	26.71	6,918.07
	동창천	1.08	22.69	5,877.11
	남강	1.53	32.03	8,295.18

○ 수온 및 대기온도 분석 결과

- 낙동강의 수온은 $17.0^\circ\text{C} \sim 17.8^\circ\text{C}$ (5년 평균 17.4°C)이며, 기온은 $13.7^\circ\text{C} \sim 14.3^\circ\text{C}$ (5년 평균 14.1°C)로 조사되었음
- 이외 개별 하천에 대한 수온 및 대기온도 분석 결과는 다음과 같음
 - 남강의 수온은 $16.2^\circ\text{C} \sim 17.2^\circ\text{C}$ (5년 평균 16.6°C)이며, 기온은 $13.1^\circ\text{C} \sim 13.8^\circ\text{C}$ (5년 평균 13.5°C)로 조사되었음

- 밀양강의 수온은 15.5℃~17.0℃(5년 평균 16.4℃)이며, 기온은 연평균 13.8℃~14.6℃(5년 평균 14.3℃)로 조사되었음
 - 황강의 수온은 14.9℃~15.7℃(5년 평균 15.3℃)이며, 기온은 연평균 12.5℃~13.1℃(5년 평균 12.8℃)로 조사되었음
 - 섬진강의 수온은 15.2℃~16.6℃(5년 평균 15.9℃)이며, 기온은 연평균 13.1℃~13.8℃(5년 평균 13.4℃)로 조사되었음
 - 덕천강의 수온은 15.1℃~17.0℃(5년 평균 15.8℃)이며, 기온은 연평균 12.9℃~13.6℃(5년 평균 13.2℃)로 조사되었음
 - 동창천의 수온은 15.3℃~16.6℃(5년 평균 16.0℃)이며, 기온은 연평균 12.8℃~13.4℃(5년 평균 13.2℃)로 조사되었음
 - 남강(지방)의 수온은 12.1℃~14.8℃(5년 평균 13.5℃)이며, 기온은 연평균 11.9℃~12.4℃(5년 평균 12.2℃)로 조사되었으며, 남강(지방)의 경우 하천수 중 수온 변동 폭이 가장 큰 것으로 나타나 수열에너지 활용이 불가할 것으로 판단됨
- 남강(지방)을 제외한 모든 하천수의 경우 여름철보다 겨울철 온도차가 상대적으로 더 크므로 온도차 에너지 관점에서만 본다면 겨울철 난방에너지 사용이 더 유리할 것으로 판단됨

○ 수질 분석 결과

- 낙동강 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 1.4~2.4mg/L, SS 농도는 4.1~25.3mg/L로 하천 생활환경기준으로 Ib(좋음)~IV(약간나쁨)을 보였으며 pH는 7.8~8.4, 전기전도도는 187~434 μ S/cm로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항을 기준으로 부적합한 것으로 판단됨
- 이외 개별 하천에 대한 수질 분석 결과는 다음과 같음
 - 남강 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 1.2~1.9mg/L, SS 농도는 3.1~15.1mg/L로 하천 생활환경기준으로 Ib(좋음)을 보였으며 pH는 7.7~8.0, 전기전도도는 100~214 μ S/cm로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항을 기준으로 pH 기준에는 적합하나 전기전도도 기준에는 부적합한 것으로 판단됨
 - 밀양강 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 0.8~1.8mg/L, SS 농도는 1.1~8.6mg/L로 하천 생활환경기준으로 Ia(매우좋음)~Ib(좋음)을 보였으며 pH는 7.7~8.0, 전기전도도는 158~248 μ S/cm로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항을 기준으로 pH 기준에는 적합하나 전기전도도 기준에는 부적합한 것으로 판단됨

- 황강 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 0.8~1.8mg/L, SS 농도는 2.6~27.0mg/L로 하천 생활환경기준으로 Ia(매우 좋음)~IV(약간 나쁨)을 보였으며 pH는 7.6~8.0, 전기전도도는 130~188 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항을 기준에 적합한 것으로 판단됨
- 섬진강 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 0.7~1.2mg/L, SS 농도는 3.5~8.5mg/L로 하천 생활환경기준으로 Ia(매우 좋음)~Ib(좋음)을 보였으며 pH는 7.5~7.9, 전기전도도는 438~3,183 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항을 기준으로 pH 기준에는 적합하나 전기전도도 기준에는 전부 부적합한 것으로 판단됨
- 덕천강 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 0.4~0.9mg/L, SS 농도는 0.9~3.4mg/L로 하천 생활환경기준으로 Ia(매우 좋음)을 보였으며 pH는 7.3~8.2, 전기전도도는 47~145 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항 기준에 적합한 것으로 판단됨
- 동창천 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 0.6~1.2mg/L, SS 농도는 0.6~5.6mg/L로 하천 생활환경기준으로 Ia(매우 좋음)~Ib(좋음)을 보였으며 pH는 7.5~8.2, 전기전도도는 127~156 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항을 기준으로 전기전도도 기준에는 적합하나 pH 기준에는 부적합한 것으로 판단됨
- 남강(지방) 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 0.4~1.7mg/L, SS 농도는 0.5~22.6mg/L로 하천 생활환경기준으로 Ia(매우 좋음)~Ib(좋음)을 보였으며 pH는 7.7~8.2, 전기전도도는 65~149 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항을 기준으로 전기전도도 기준에는 적합하나 pH 기준에는 부적합한 것으로 판단됨
- 하천 생활환경기준으로 Ia(매우 좋음)~IV(약간 나쁨)을 보였으며, 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항을 기준으로 pH가 부적합한 경우가 6곳, 전기전도도가 부적합한 경우는 4곳으로 나타남

[표 2] 경상남도 주요 하천 수질 분석 결과

기준		낙동강	남강	밀양강	황강	섬진강	덕천강	동창천	남강 (지방)
하천 생활환경기준		Ib~IV	Ib	Ia~Ib	Ia~IV	Ia~Ib	Ia	Ia~Ib	Ia~Ib
냉동·공조용 냉각수 수질관리요구사항	pH	부적합	부적합	부적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합
	전기 전도도	부적합	부적합	부적합	적합	부적합	적합	적합	적합

※ Ia(매우 좋음), Ib(좋음), II(약간 좋음), III(보통), IV(약간 나쁨), V(나쁨), VI(매우 나쁨)

2. 댐·저수지 분석 결과

○ 유량 분석 결과

- 경상남도에는 다목적댐 3개, 용수댐 2개, 그 외 다수의 저수지가 존재하며, 본 과업에서는 다목적댐과 용수댐을 취수현황 분석 대상으로 설정하였음
- 다목적댐, 용수댐 외의 저수지의 경우 수온·수질 측정이 분기별로 진행되기 때문에 추이 분석에 어려움이 존재하였으며, 저수율 및 공급 유량 측면에서도 변동이 매우 큰 것으로 나타나 수열원으로 적합하지 않다고 판단하여 대상에서 제외하였음
- 다목적댐의 경우 연간 총방류량 및 평균 저수량이 감소하는 추세이나, 잠재량 분석 결과 수열원으로 활용하기에 충분한 양으로 판단되므로 3개의 다목적댐 모두 유량 측면에서는 수열원으로 활용하기에 적합하다고 판단됨
- 반면 용수댐의 경우 규모가 매우 작아 유량 측면에서 수열원으로 활용하기 어려울 것으로 판단됨

[표 3] 댐별 연간 총방류량 및 이론적 잠재량 현황

구분		연간 총방류량 (백만㎥/년)	연간 총방류량 활용 기준	
			이론적 잠재량 (MW)	이론적 잠재량 (RT)
다목적댐	합천댐	620.84	412.12	106,734.44
	밀양댐	94.33	62.62	16,218.12
	남강댐	2,056.65	1,365.23	353,580.43
용수댐	연초댐	7.10	4.71	1,220.40
	구천댐	17.69	11.74	3,040.90

[표 4] 댐별 연간 총방류량 및 이론적 잠재량 현황

구분		평균 저수량 (백만㎥)	저수량 연 1% 활용 기준	
			이론적 잠재량 (MW)	이론적 잠재량 (RT)
다목적댐	합천댐	468.00	3.11	804.59
	밀양댐	51.16	0.34	87.95
	남강댐	144.37	0.96	248.20
용수댐	연초댐	3.70	0.02	6.37
	구천댐	7.61	0.05	13.08

○ 수온 및 대기온도 분석 결과

- 합천댐의 전체 수온은 3.0℃~31.0℃(5년 평균 12.5℃)이며, 기온은 -15.1℃~36.5℃(5년 평균 13.3℃)로 조사되었음
- 5년간 댐 층별 수온 현황을 표 5에 나타내었으며, 이외 개별 댐에 대한 수온 및 대기온도 분석 결과는 다음과 같음

[표 5] 5년간 댐 층별 수온 현황

구분	합천댐			밀양댐		
	최저 수온(℃)	최고 수온(℃)	평균 수온(℃)	최저 수온(℃)	최고 수온(℃)	평균 수온(℃)
상층부	3.0	31.0	17.5	4.0	31.0	16.2
중층부	3.0	25.4	12.1	4.0	21.6	11.1
하층부	4.0	20.3	8.0	3.0	15.2	7.6

구분	남강댐		
	최저 수온(℃)	최고 수온(℃)	평균 수온(℃)
상층부	2.0	31.0	16.8
중층부	2.3	31.0	16.0
하층부	3.0	30.0	14.4

구분	연초댐			구천댐		
	최저 수온(℃)	최고 수온(℃)	평균 수온(℃)	최저 수온(℃)	최고 수온(℃)	평균 수온(℃)
상층부	4.2	30.0	17.5	5.2	32.0	16.2
중층부	4.0	30.0	16.4	5.0	27.2	13.8
하층부	4.0	31.0	15.8	1.1	26.6	11.8

- 밀양댐의 전체 수온은 3.0℃~31.0℃(5년 평균 11.7℃)이며, 기온은 -15.0℃~37.1℃(5년 평균 13.5℃)로 조사되었음
- 남강댐의 전체 수온은 2.0℃~31.0℃(5년 평균 15.7℃)이며, 기온은 연평균 -15.8℃~37.1℃(5년 평균 13.5℃)로 조사되었음
- 연초댐의 전체 수온은 4.0℃~31.0℃(5년 평균 16.6℃)이며, 기온은 연평균 -10.8℃~35.3℃(5년 평균 14.8℃)로 조사되었음
- 구천댐의 전체 수온은 1.1℃~32.0℃(5년 평균 13.9℃)이며, 기온은 연평균 -9.8℃~37.1℃(5년 평균 13.5℃)로 조사되었음

4℃(5년 평균 15.1℃)로 조사되었음

- 합천댐과 밀양댐은 상층부의 경우 겨울철 난방에너지 사용이 더 유리할 것으로 예상되며, 중층부의 경우 여름철, 겨울철 모두 수열에너지를 사용할 수 있을 것으로 판단되며, 하층부의 경우 여름철 냉방에너지 사용이 더 유리할 것으로 판단됨
- 남강댐은 상층부와 중층부의 경우 겨울철 난방에너지 사용이 더 유리할 것으로 예상되며, 하층부의 경우 여름철 냉방에너지 사용이 더 유리할 것으로 판단됨
- 연초댐과 구천댐의 경우 수온 변동 폭이 커 수열에너지 활용이 불가할 것으로 판단됨

○ 수질 분석 결과

- 합천댐 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 0.7~1.4mg/L, SS 농도는 1.4~2.7mg/L로 호소 생활환경기준으로 Ib(좋음)을 보였으며 pH는 7.5~8.4, 전기전도도는 114~154 μ S/cm로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항을 기준으로 전기전도도 기준에는 적합하나 pH 기준에는 부적합한 것으로 판단됨
- 이외 개별 댐에 대한 수질 분석 결과는 다음과 같음
 - 밀양댐 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 0.9~1.3mg/L, SS 농도는 1.1~23.2mg/L로 호소 생활환경기준으로 Ib(좋음)~V(나쁨)을 보였으며 pH는 6.8~7.3, 전기전도도는 48~64 μ S/cm로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항 기준에 적합한 것으로 판단됨
 - 남강댐 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 0.9~1.4mg/L, SS 농도는 1.0~10.3mg/L로 호소 생활환경기준으로 Ib(좋음)~III(보통)을 보였으며 pH는 7.3~7.9, 전기전도도는 65~146 μ S/cm로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항 기준에 적합한 것으로 판단됨
 - 연초댐 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 1.2~1.8mg/L, SS 농도는 3.8~10.8mg/L로 호소 생활환경기준으로 Ib(좋음)~III(보통)을 보였으며 pH는 7.0~7.5, 전기전도도는 91~112 μ S/cm로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항 기준에 적합한 것으로 판단됨
 - 구천댐 수질은 5년 월평균 기준 BOD 농도는 1.0~1.6mg/L, SS 농도는 2.1~3.4mg/L로 호소 생활환경기준으로 Ib(좋음)을 보였으며 pH는 7.0~7.2, 전기전도도는 59~68 μ S/cm로 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항 기준에 적합한 것으로 판단됨
- 호소 생활환경기준으로 Ib(좋음)~V(나쁨)을 보였으며, 냉동·공조용 냉각수 수질 관리 요구사항을 기준으로 pH가 부적합한 경우가 1곳, 전기전도도는 모두 적합한 것으로 판단됨

[표 6] 경상남도 댐 수질 분석 결과

기준		합천댐	밀양댐	남강댐	연초댐	구천댐
호소 생활환경기준		Ib	Ib~ V	Ib~Ⅲ	Ib~Ⅲ	Ib
냉동·공조용 냉각수 수질관리요구사항	pH	부적합	적합	적합	적합	적합
	전기전도도	적합	적합	적합	적합	적합

※ Ia(매우 좋음), Ib(좋음), II(약간 좋음), III(보통), IV(약간 나쁨), V(나쁨), VI(매우 나쁨)

3. 원수관로 취수현황 분석 결과

- 경상남도 내 취수장은 총 60개로 한국수자원공사 관할 5개, 경남 위치의 부산광역시 관할 3개, 경남 지자체에서 관리하는 52개(운휴 4개)가 존재하며, 평균적으로 경남지역 취수장의 연중 수소이온농도(pH)는 6.6~7.4이고, COD는 2.0mg/L~2.4mg/L, SS는 3.2mg/L~8.3mg/L로 양호한 수준의 수질을 보이고 있음
- 한국수자원공사 관할의 취수장은 보편적으로 이론적 잠재량이 충분한 것으로 나타났으며, 지자체 관할(부산광역시 포함)의 경우 약 40%의 취수장은 이론적 잠재량이 부족한 것으로 조사되었으며, 60%는 어느 정도 잠재량이 확보되는 것으로 나타남

[표 7] 수도사업자별 취수량 및 이론적 잠재량 현황

수도사업자	취수장 (개소)	연간 총취수량 (천m ³ /년)	이론적 잠재량 (MW)	이론적 잠재량 (RT)
한국 수자원 공사	5	181,366.91	120.39	31,180.70
부산광역시	3	379,178.67	251.70	65,188.61
창원시	6	104,738.39	69.53	18,006.68
진주시	1	46,046.23	30.57	7,916.29
통영시	1	253.85	0.17	43.64
사천시	1	399.69	0.27	68.72
김해시	1	71,232.53	47.29	12,246.34
밀양시	1	3,563.05	2.37	612.56
거제시	1	349.88	0.23	60.15
양산시	1	13,156.74	8.73	2,261.91
의령군	5	5,182.11	3.44	890.91
함안군	2	6,761.57	4.49	1,162.45
창녕군	2	1,329.08	0.88	228.50
남해군	11	2,098.05	1.39	360.70
하동군	2	2,283.41	1.52	392.57
산청군	3	3,077.68	2.04	529.12
함양군	2	4,007.84	2.66	689.03
거창군	4	6,527.05	4.33	1,122.13
합천군	4	5,125.99	3.40	881.26

- 원수관로를 수열원으로 사용할 경우, 방류수가 동일한 관로에 배출되므로 관로 내 수온이 변하게 되어 정수처리 공정의 효율에 영향을 줄 수 있으므로 다음과 같은 기준을 만족하여야 함
 - 수열에너지 운영 기준 온도 $\Delta 5^{\circ}\text{C}$ 이하(수열에너지 유입수와 유출수의 수온 차이)를 기

준으로 정수장에 유입하는 혼합수의 수온은 35℃를 넘지 않아야 함

- 관로 원수 유량 대비 수열에너지 사용 유량의 비율이 50%, 75% 시, 원수 수온 대비 각각 2.5℃, 3.7℃ 상승하므로 정수장으로 유입되는 수온을 고려할 때 수열에너지 사용 유량 비율은 관로 원수 유량의 75%까지 가능함
- 원수관로는 도심을 지나는 경우가 많고 추가적인 취수시설을 설치할 필요가 없으므로, 충분한 유량만 확보된다면 수열원으로 활용함에 있어서 하천수 및 댐보다 유리할 것으로 판단됨

4. 수열에너지 도입 후보지 선정 결과

- 경상남도 내 수열에너지 시스템 도입 후보지를 모색하기 위해 건물에너지 DB와 건축물 대장 DB를 병합하여 엑셀형태의 건물 DB를 구축한 후 공간정보 형태의 건물데이터와 연계하였음
- 수열원과의 거리, 건물 용도, 건물 규모(연면적 및 연간 에너지 사용량)를 기준으로 건물 1차 필터링을 수행하였음
- 공공건물과 일반건물을 구분하여 각 10개 건물을 후보지로 선정하였으며, 연간에너지 사용량과 관망 거리를 기준으로 후보 건물을 선정하였음
- 후보지(건물) 선정 결과, 공공건물의 경우 창원에서 6개 건물, 양산에서 4개 건물이 선정되었으며(표 7), 일반건물 또한 창원에서 6개 건물, 양산에서 4개 건물이 선정되었음 (표 8)

[표 8] 수열에너지 적용 후보지 목록 (공공건물)

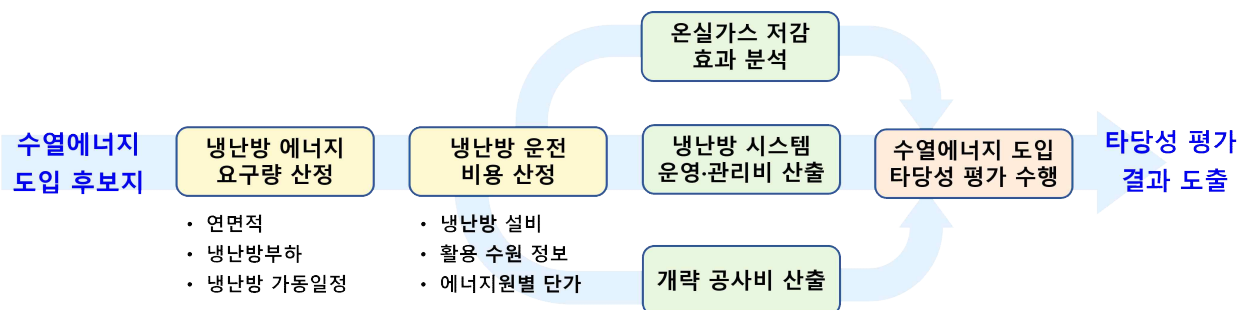
용도명	건물명	대지위치	연면적 (㎡)	연간 에너지 (TOE)	관망 거리 (m)
국가기관청사	봉림동 행정복지센터	경상남도 창원시 의창구 봉림동 680번지	3846.13	23.89	88.02
우체국	창원우체국	경상남도 창원시 성산구 상남동 72-1번지	8719.24	60.83	277.21
연구소	한국기계연구원	경상남도 창원시 성산구 상남동 66번지	45051.89	122.63	155.42
국가기관청사	창원지방법원	경상남도 창원시 성산구 사파동 1번지	995.20	824.30	369.48
사무소	한국전력 마산지점	경상남도 창원시 마산회원구 구암동 92-5번지	6909.85	50.11	100.40
사무소	경남 청소년복지관	경상남도 창원시 마산회원구 구암동 31번지	7050.10	102.22	337.51
자치단체청사	양산시립 웅상도서관	경상남도 양산시 주진동 산 63-15번지	6994.80	17.86	61.09
동사무소	상북면사무소	경상남도 양산시 상북면 석계리 272-20번지	1287.71	14.70	128.48
공공도서관	양산시립 서창도서관	경상남도 양산시 삼호동 886-1번지	2208.25	24.62	162.75
도서관	양산도서관	경상남도 양산시 물금읍 범어리 2673-2번지	8564.61	30.91	243.83

[표 9] 수열에너지 적용 후보지 목록 (일반건물)

용도명	건물명	대지위치	연면적 (m ²)	연간 에너지 (TOE)	관망 거리 (m)
기타의료시설	현대메디칼센터	경상남도 창원시 의창구 팔용동 162-1번지	4282.91	21.30	38.95
병원	근로복지공단 창원병원	경상남도 창원시 성산구 중앙동 104-1번지	23872.46	469.70	175.54
극장 (영화관)	메가플렉스	경상남도 창원시 성산구 중앙동 99-1번지	21169.96	196.36	143.02
호텔	호텔인터내셔널	경상남도 창원시 성산구 중앙동 97-4번지	26794.21	178.76	226.31
전신전화국	KT 창원빌딩	경상남도 창원시 성산구 상남동 72-2번지	11621.64	260.11	227.55
기타 전시장	현대위아 창원 기술지원센터	경상남도 창원시 성산구 가음정동 391-7번지	4331.22	31.51	22.27
노유자시설	보금자리요양원	경상남도 양산시 하북면 초산리 311번지	2874.76	32.69	148.49
초등학교	신주초등학교	경상남도 양산시 물금읍 범어리 2673-1번지	10179.88	72.05	157.07
종합병원	웅상중앙병원	경상남도 양산시 명동 774-6번지	11607.92	238.37	14.43
어린이집	벤티엘어린이집	경상남도 양산시 교동 256-2번지	2168.74	23.80	74.56

5. 수열에너지 도입 타당성 평가 결과

- 본 과업에서는 건물의 냉난방 에너지 사용량과 수열에너지 사업비를 개략적으로 계산할 수 있는 엑셀 기반의 타당성 분석 자동화 도구를 개발하여 건물의 수열에너지 시스템 도입 타당성 분석을 수행하였음(그림 1)
- 타당성 분석 자동화 도구의 적용 범위(건물 용도 부문)는 주거용 건물, 주상복합 건물 등 주거를 목적으로 하거나 하나의 건물이 다양한 용도를 지니는 경우를 제외한 단일 용도의 일반건물(공공시설 포함)로 한정하였음
- 또한, 본 과업에서는 수열원을 원수관로로 한정하여 별도의 취수시설 설치 및 운영에 대한 비용 산정은 초기 투자비용 산정 부문에서 제외하였음



[그림 1] 수열에너지 도입 타당성 평가 자동화 도구 개요도

- 타당성 분석 자동화 도구를 통해 산출된 결과를 정량적으로 평가하기 위해 선행 연구 사례 검토 및 전문가 자문을 통하여 3가지 평가항목(수열원 이격거리, 냉난방 용량, 온실가스 저감량)을 마련하였음(표 10)

[표 10] 수열에너지 적용 타당성 평가항목 및 기준

평가항목	평가 기준
수열원 이격거리	원수관로 이격거리 500m 이내에서 50m 단위별 점수 차등 분배
냉난방 용량	수열에너지를 적용하는 냉난방 용량이 클수록 높은 배점
온실가스 저감량	예상 tCO ₂ 저감량이 많을수록 높은 배점

- 경남지역을 대상으로 수행한 수열에너지 수요조사 결과 창원 스포츠파크와 합천군 다목적체육관이 수열에너지 도입 후보지로 선정되었으며, 한국수자원공사(K-water) 측으로부터 두 개의 건물(창원시 스포츠파크, 합천군 다목적체육관)에 대하여 수열에너지 도입을 위한 기술지원 컨설팅 자료를 제공받았음

- 본 과업에서는 제공받은 컨설팅 자료를 타당성 평가 자동화 도구의 입력값으로 취하여 창원시 스포츠파크와 합천군 다목적체육관의 수열에너지 도입 타당성 평가를 수행하였음(표 11~13, 그림 2~4)
- 또한, 본 과업에서 구축한 수열에너지 타당성 자동화 도구를 활용하여 3.3에서 선정된 수열에너지 적용 후보지(건물)의 타당성 평가를 수행하였음(표14)

[표 11] 창원스포츠파크 - 타당성 평가 자동화 도구 입력값(비교 열원 시스템: EHP)

구분	입력값		구분	입력값	
건물명	창원 스포츠파크		연면적	23,793.7m ²	
소재 지역	창원시		냉난방 면적	6,661.6m ²	
건물용도	관람집회시설		냉난방 부하	1,057.7kW (302.5RT)	
냉방 가동 스케줄	6~ 8월, 매일, 8시간		난방 가동 스케줄	12~2월, 매일, 8시간	
수열 시스템 (냉방/난방)	용량	303 RT	비교 열원 시스템 (냉방/난방)	용량	303 RT
	COP	5.24/5.83		COP	2.58/3.32

[표 12] 창원스포츠파크 - 타당성 평가 자동화 도구 입력값(비교 열원 시스템: 흡수식 냉온수기)

구분	입력값		구분	입력값	
건물명	창원 스포츠파크		연면적	23,793.7m ²	
소재 지역	창원시		냉난방 면적	6,661.6m ²	
건물용도	관람집회시설		냉난방 부하	1,057.7kW (302.5RT)	
냉방 가동 스케줄	6~ 8월, 매일, 8시간		난방 가동 스케줄	12~2월, 매일, 8시간	
수열 시스템 (냉방/난방)	용량	303 RT	비교 열원 시스템 (냉방/난방)	용량	303 RT
	COP	5.24/5.83		COP	1.39/0.9

[표 13] 합천군 다목적체육관 - 타당성 평가 자동화 도구 입력값

구분	입력값		구분	입력값	
건물명	합천군 다목적체육관		연면적	3,843.1m ²	
소재 지역	합천군		냉난방 면적	925.1m ²	
건물용도	관람집회시설		냉난방 부하	191.4kW (54.5RT)	
냉방 가동 스케줄	6~ 8월, 매일, 8시간		난방 가동 스케줄	12~2월, 매일, 8시간	
수열 시스템 (냉방/난방)	용량	55 RT	비교 열원 시스템 (냉방/난방)	용량	55 RT
	COP	5.24/5.83		COP	2.58/3.32

수열에너지 도입 타당성 평가 결과									
건물 기본정보	건물명	창원 스포츠파크		소재지	창원시				
	기존/신규 구분	기존		냉난방 설비 구축시기	2018-06-30				
	건물용도	관람집회시설	연면적	23,793.7 m ²	냉난방면적	6,661.6 m ²			
냉난방 설비 및 에너지 사용량	냉난방 부하	1,057.7 kW	냉방부하	1,057.7 kW	난방부하	1,057.7 kW			
	수열 공급 모델	냉방: 303 RT 난방: 303 RT		비교 열원 공급 모델	냉방설비: EHP 303 RT 난방설비: EHP 303 RT				
		수열 관로 정보	이격거리: 640m		원수 유량 정보	수원: 원수관로 34,700.00 m ³ /일	운영패턴 및 운영스케줄	냉방기간: 6월 ~ 8월 난방기간: 12월 ~ 2월 운영시간: 10시간	
	수열 에너지 시스템		전기 사용량	348,984 kWh			비교 열원 시스템	전기 사용량	663,890 kWh
			가스 사용량	0.0 Nm ³				가스 사용량	0.0 Nm ³
		tCO ₂ 배출량	165.66 tCO ₂	tCO ₂ 배출량	315.15 tCO ₂				
	에너지 저감량	에너지 저감량 (전기)	314,906 kWh	에너지 저감량 (가스)	0.0 Nm ³	tCO ₂ 저감량	149.49 tCO ₂		
사업비 및 경제성	수열 총 사업비	14.72 억 원	수열 관로 공사비	11.56 억 원	수열 설비 공사비	3.16 억 원			
	연간 편익	0.53 억 원	운영·관리비 (수열)	0.59 억 원	운영·관리비 (비교 열원)	1.12 억 원			
환산 점수	수열원 이격거리		5 점	온실가스 저감량		15 점			
	냉난방 용량		20 점	총점		40 점			

[그림 2] 창원스포츠파크 수열에너지 타당성 평가 결과 (비교 열원 시스템: EHP)

수열에너지 도입 타당성 평가 결과						
건물 기본정보	건물명	창원 스포츠파크		소재지	창원시	
	기존/신규 구분	기존		냉난방 설비 구축시기	2018-06-30	
	건물용도	관람집회시설	연면적	23,793.7 m ²	냉난방면적	6,661.6 m ²
냉난방 설비 및 에너지 사용량	냉난방 부하	1,057.7 kW	냉방부하	1,057.7 kW	난방부하	1,057.7 kW
	수열 공급 모델	냉방: 303 RT		비교 열원 공급 모델	냉방설비: 흡수식 냉온수기 303 RT	
		난방: 303 RT			난방설비: 흡수식 냉온수기 303 RT	
	수열 관로 정보	이격거리: 640m	원수 유량 정보	수원: 원수관로 34,700.00 m ³ /일	운영패턴 및 운영스케줄	냉방기간: 6월 ~ 8월
		공급유량: 0.06m ³ /s				난방기간: 12월 ~ 2월
	수열 에너지 시스템	공급관경: 350mm			운영시간: 10시간	
		전기 사용량	352,613 kWh	비교 열원 시스템	전기 사용량	0 kWh
가스 사용량		0.0 Nm ³	가스 사용량		144,534.0 Nm ³	
tCO ₂ 배출량	165.66 tCO ₂	tCO ₂ 배출량	310.86 tCO ₂			
에너지 저감량	에너지 저감량 (전기)	-352,613 kWh	에너지 저감량 (가스)	144,534.0 Nm ³	tCO ₂ 저감량	145.2 tCO ₂
사업비 및 경제성	수열 총 사업비	14.72 억 원	수열 관로 공사비	11.56 억 원	수열 설비 공사비	3.16 억 원
	연간 편익	1.18 억 원	운영·관리비 (수열)	0.59 억 원	운영·관리비 (비교 열원)	1.77 억 원
환산 점수	수열원 이격거리		5 점	온실가스 저감량		15 점
	냉난방 용량		20 점	총점		40 점

[그림 3] 창원스포츠파크 수열에너지 타당성 평가 결과 (비교 열원 시스템: 흡수식 냉온수기)

수열에너지 도입 타당성 평가 결과						
건물 기본정보	건물명	합천군 다목적체육관		소재지	합천군	
	기존/신규 구분	신규		냉난방 설비 구축시기	-	
	건물용도	관람집회시설	연면적	3,843.1 m ²	냉난방면적	925.1 m ²
냉난방 설비 및 에너지 사용량	냉난방 부하	191.4 kW	냉방부하	191.4 kW	난방부하	191.4 kW
	수열 공급 모델	냉방: 55 RT		비교 열원 공급 모델	냉방설비: EHP	55 RT
		난방: 55 RT			난방설비: EHP	55 RT
	수열 관로 정보	이격거리: 20m	원수 유량 정보	수원: 원수관로 4,700.00 m ³ /일	운영패턴 및 운영스케줄	냉방기간: 6월 ~ 8월
		공급유량: 0.011m ³ /s				난방기간: 12월 ~ 2월
		공급관경: 150mm				운영시간: 10시간
	수열 에너지 시스템	전기 사용량	63,514 kWh	비교 열원 시스템	전기 사용량	120,827 kWh
		가스 사용량	0.0 Nm ³		가스 사용량	0.0 Nm ³
		tCO ₂ 배출량	30.15 tCO ₂		tCO ₂ 배출량	57.36 tCO ₂
에너지 저감량	에너지 저감량 (전기)	57,313 kWh	에너지 저감량 (가스)	0.0 Nm ³	tCO ₂ 저감량	27.21 tCO ₂
사업비 및 경제성	수열 총 사업비	0.65 억 원	수열 관로 공사비	0.26 억 원	수열 설비 공사비	0.39 억 원
	연간 편익	0.07 억 원	운영·관리비 (수열)	0.09 억 원	운영·관리비 (비교 열원)	0.16 억 원
환산 점수	수열원 이격거리		30 점	온실가스 저감량		5 점
	냉난방 용량		10 점	총점		45 점

[그림 4] 합천군 다목적체육관 수열에너지 타당성 평가 결과

[표 14] 수열에너지 도입 후보 건물 타당성 평가 결과 (환산 점수)

구분	건물명	용도명	수열원 이격거리	냉난방 용량	온실가스 저감량	총점
공 공 건 물	봉림동 행정복지센터	국가기관청사	30	20	15	65
	창원우체국	우체국	10	15	10	35
	한국기계연구 원	연구소	20	25	25	70
	창원지방법원	국가기관청사	5	20	20	45
	한국전력 마산지점	사무소	25	25	20	70
	경남 청소년복지관	사무소	5	20	15	40
	양산시립 웅상도서관	자치단체청사	30	15	10	55
	상북면사무소	동사무소	25	15	10	50
	양산시립 서창도서관	공공도서관	20	20	15	55
	양산도서관	도서관	15	10	5	30
일 반 건 물	기타의료시설	현대메디칼센터	30	15	10	55
	병원	근로복지공단 창원병원	20	30	40	90
	극장 (영화관)	메가플렉스	25	30	35	90
	호텔	호텔인터내셔널	15	30	40	85
	전신전화국	KT 창원빌딩	15	20	20	55
	기타 전시장	현대위아 창원 기술지원센터	30	15	10	55
	노유자시설	보금자리요양원	25	15	5	45
	초등학교	신주초등학교	20	20	20	60
	종합병원	웅상중앙병원	30	25	25	80
	어린이집	벤엘어린이집	30	10	5	45

V. 연구결과의 활용계획

- 도내 주체(사업자)에게 사업 계획 기본 자료(수열에너지 적용성 검증 관련 기본 자료 및 관련 공간정보 자료)로 제공될 수 있음
- 수열에너지 도비 지원 근거자료로 활용할 수 있으며, 기타 공모사업 연계에 활용할 수 있음
- 광범위한 지역을 대상으로 수열에너지 도입 후보 건물을 모색할 경우, 기초자료로 활용할 수 있음
- 본 과업에서 개발한 타당성 평가 자동화 도구는 정밀 컨설팅 수행 여부를 판단하는 기초 의사결정에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단됨