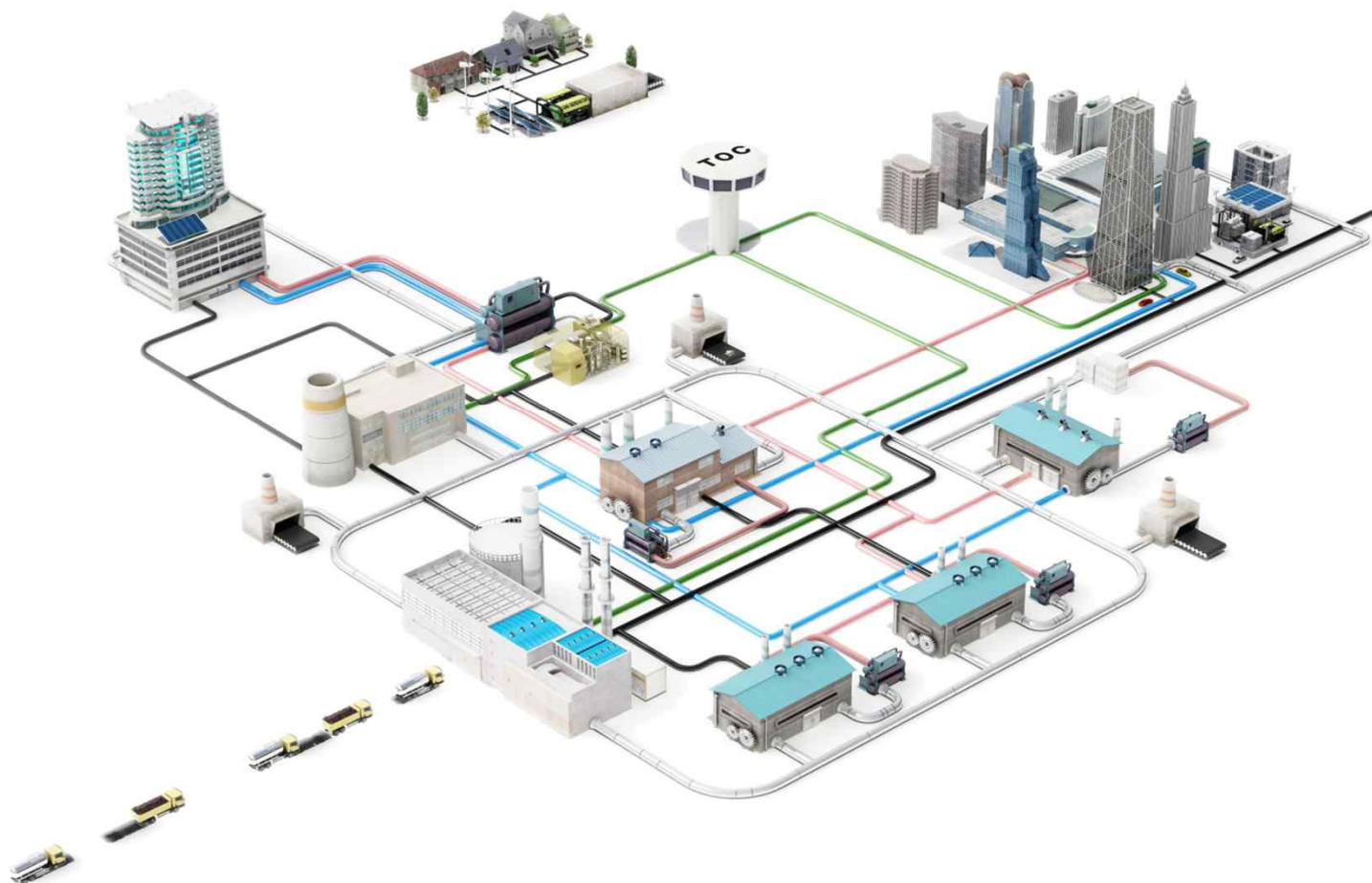
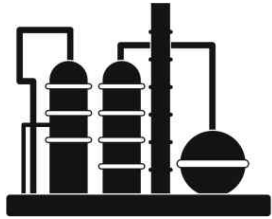


온실가스 감축을 위한 스마트 펌프 에너지 관리 시스템



펌프 에너지 소비 현황



정유 화학



대형빌딩



철강



발전소



상수도



중공업



하수도

펌프 가동 동력비 = 유량 + “에너지 손실”

펌프 에너지 손실 원인

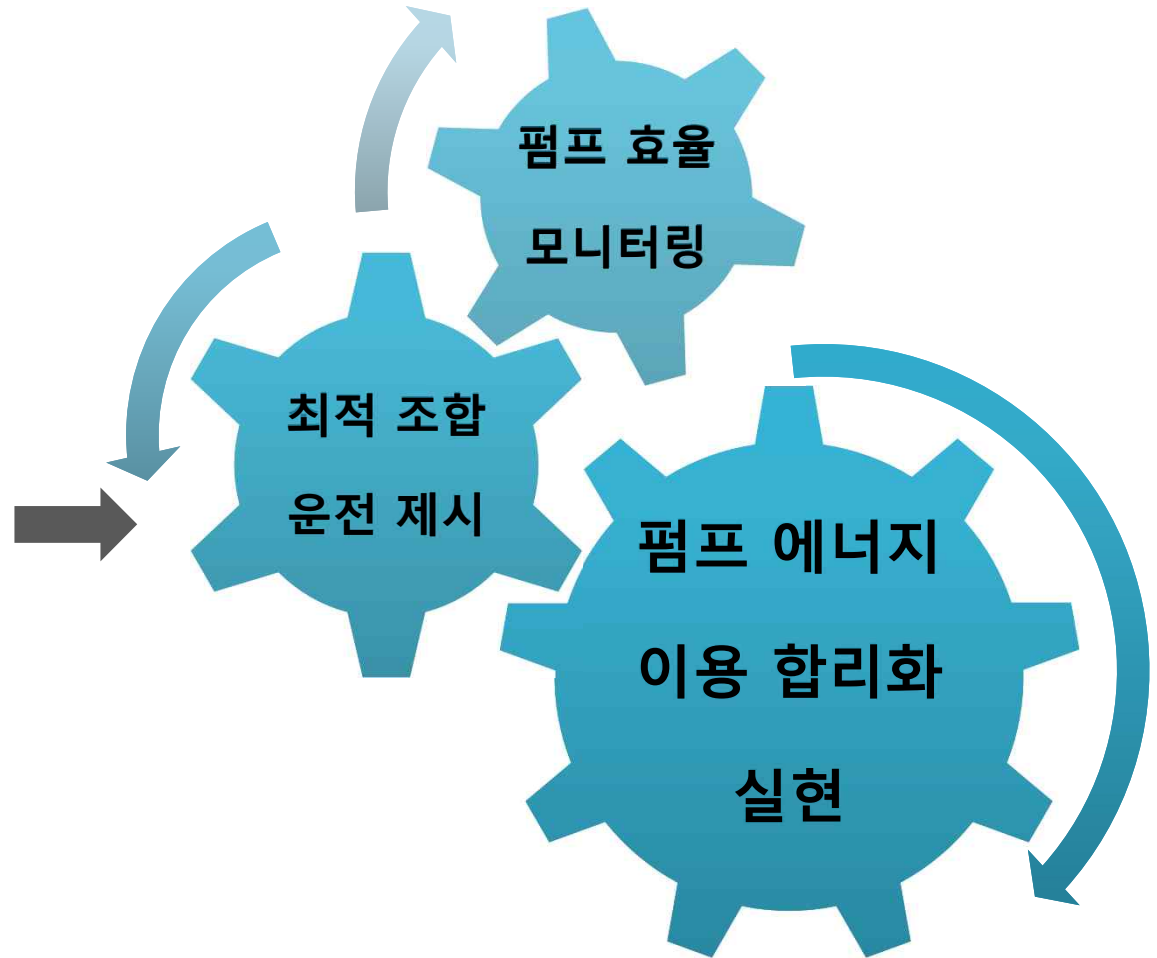
펌프 성능(효율)과 무관한 순환운전

펌프 시스템 특성을 고려하지 않은
조합운전

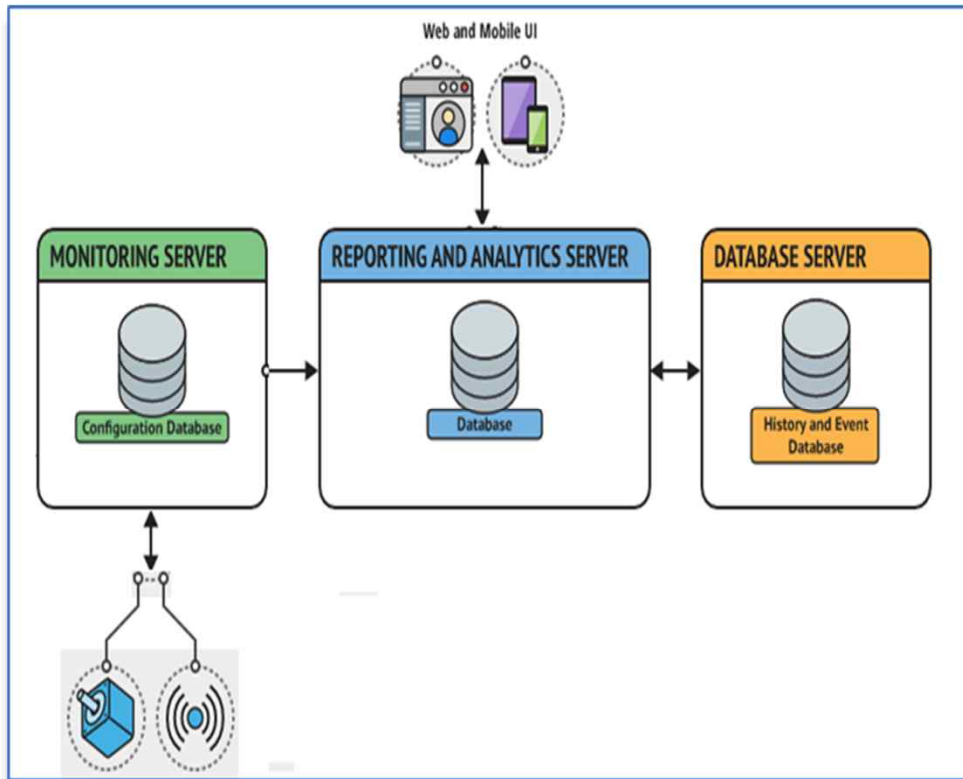
노후에 의한 전력 낭비 및
최적 유지보수 부재

펌프 상호간 간섭 영향 파악 부재

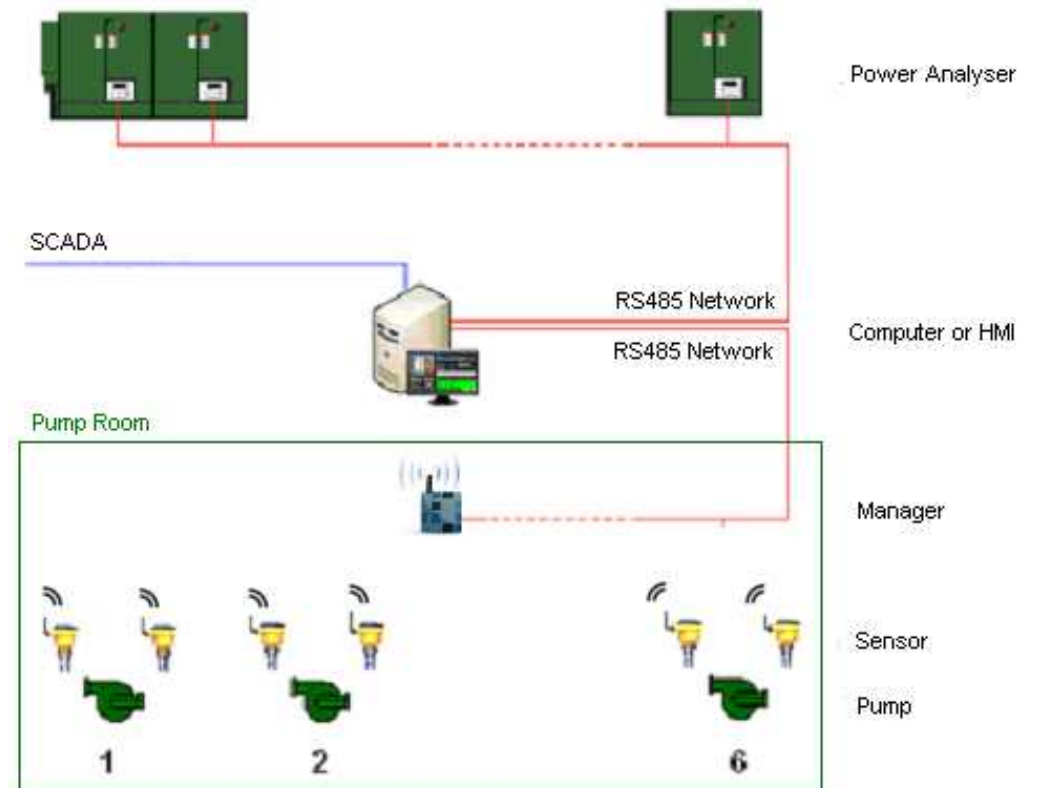
펌프 네트워크 특성 파악 부재



스마트 펌프 에너지 관리



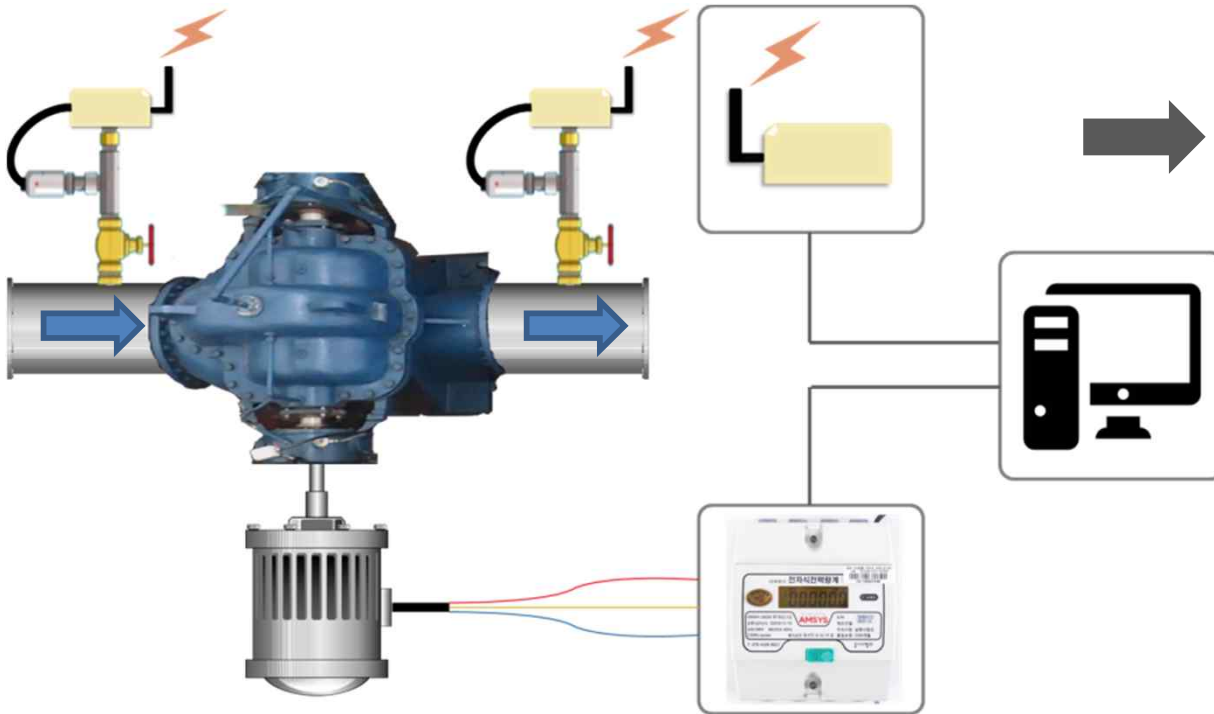
시스템 구성



시스템 레이아웃

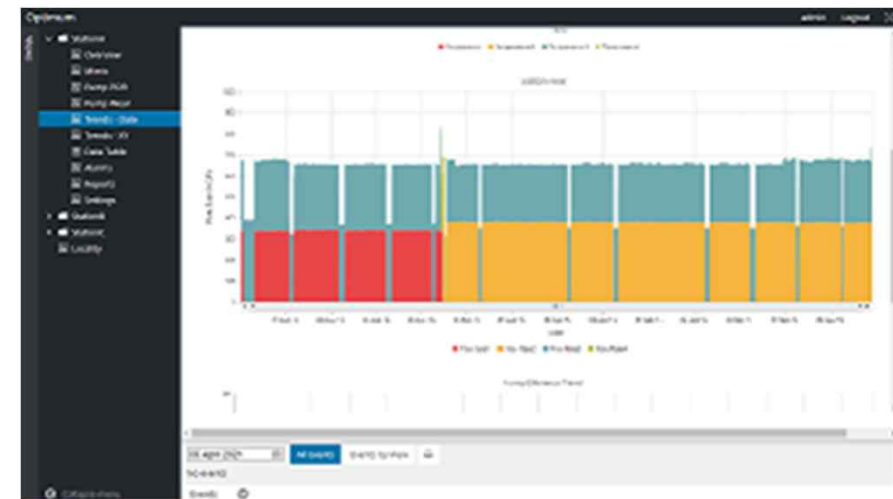
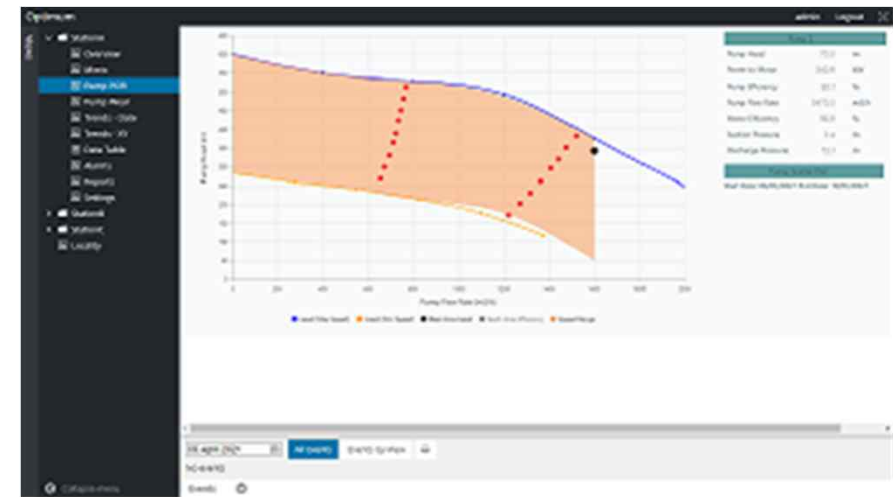
스마트 펌프 에너지 관리 시스템

흡입, 토출 온도, 압력 센서



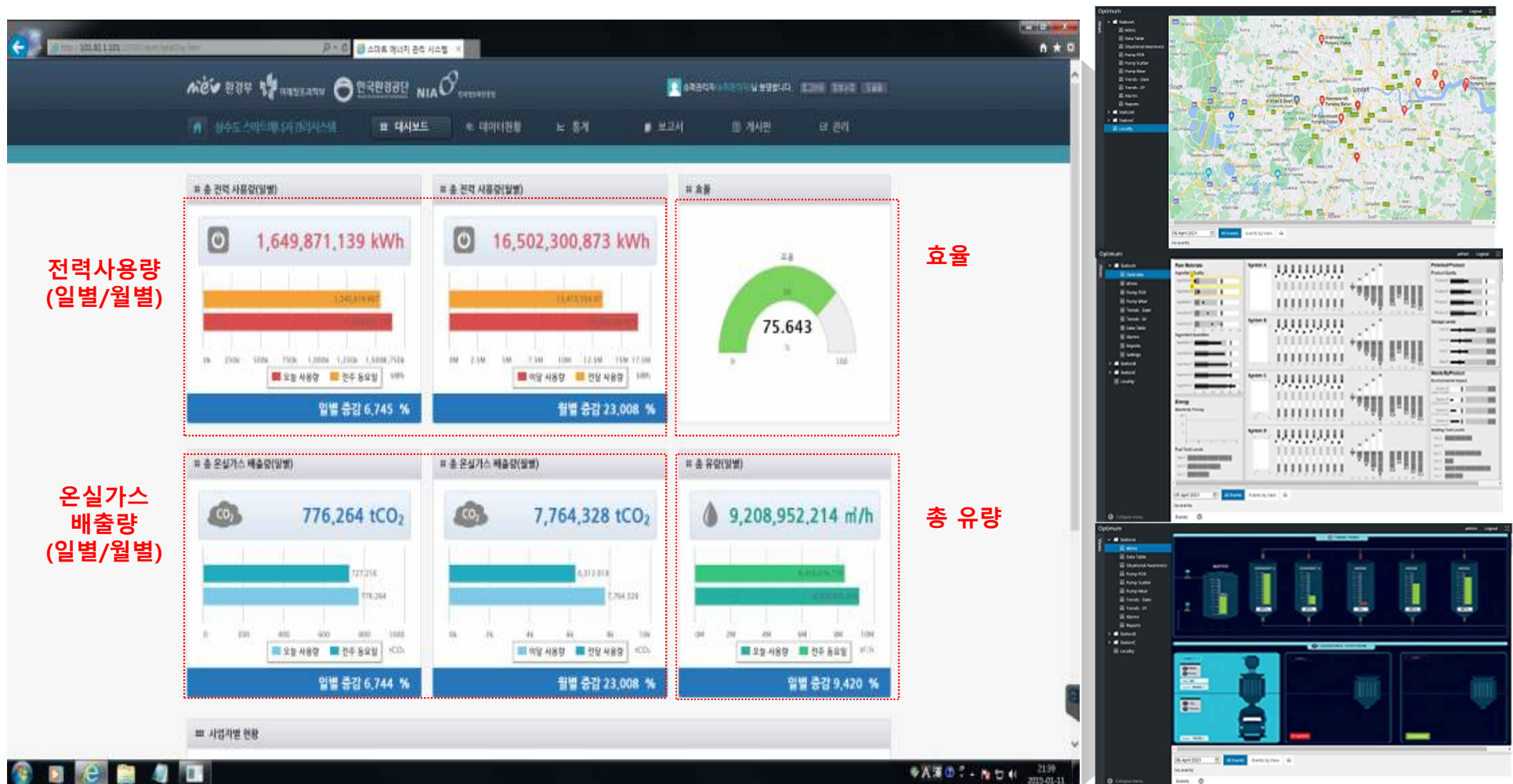
1. 흡입, 토출 온도 차 측정 (ΔT)
2. 흡입, 토출 압력 측정
3. 동력 측정 (kW)

실시간 펌프 운전점 확인



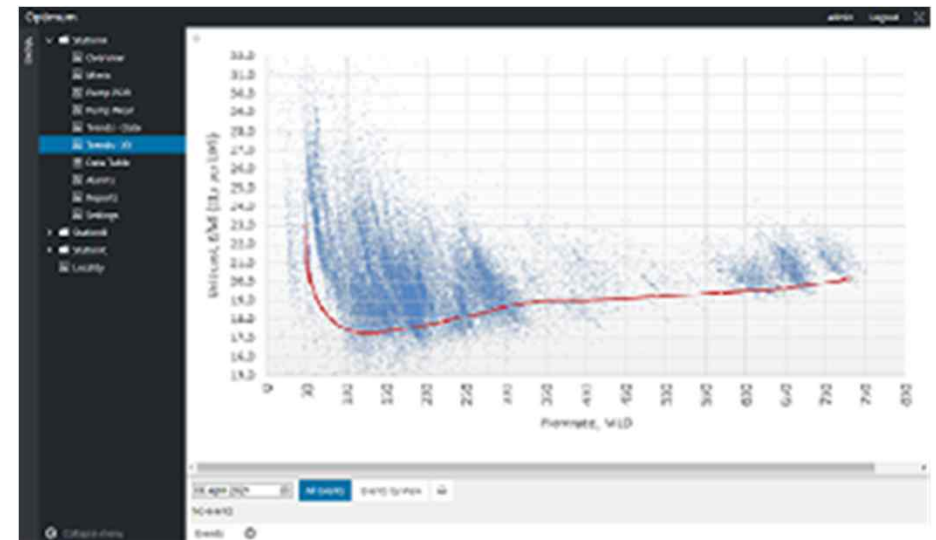
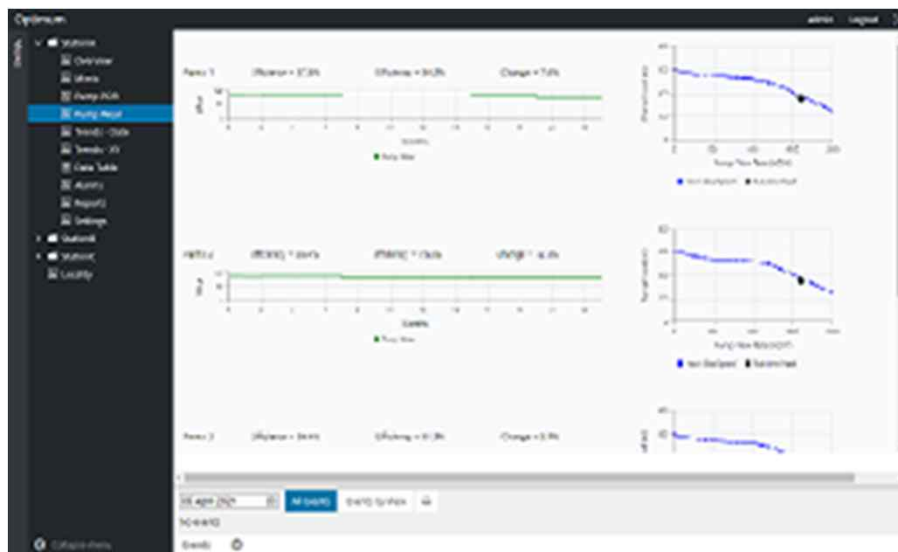
스마트 펌프 에너지 관리 시스템

가동 중인 펌프에 대한 운전현황, 효율, 전력사용량 등을 관리하고,
최적 운전 조합, 최적 유지보수 시기 제시 등으로 에너지(탄소저감) 실현



스마트 펌프 에너지 관리 시스템

Pump Head (m)	유량 대 동력비 kW/(m ³ /hr)						
	1	2	3	4	5	6	7
25	0.1043	0.1006	0.0993	0.1026	0.1006	0.1000	0.1040
28	0.1092	0.1070	0.1045	0.1077	0.1056	0.1047	0.1083
31	0.1150	0.1140	0.1106	0.1133	0.1114	0.1103	0.1136
34	0.1220	0.1218	0.1180	0.1188	0.1184	0.1175	0.1205
37	0.1312	0.1307	0.1275	0.1280	0.1274	0.1285	0.1307
Average	0.1163	0.1148	0.1120	0.1140	0.1127	0.1122	0.1154



펌프 효율 지수 도입

Pump Energy Indicator (PEI)

A new metric was developed during the program that expands upon the concept of specific energy and relates the power consumption more directly to the level of service provided by the pump (and the motor) combined. That is, the purpose of a pump is to provide flow and pressure (head) and, in order to provide a more consistent comparison across pumps of different pressure ranges, the Pump Energy Indicator (PEI) was developed. The PEI metric is an instantaneous benchmark that normalizes the specific energy metric against the head produced by the pump, and has the adjusted units of kWh/Mm³/m H₂O (i.e., energy consumed per million cubic metres of volume per unit of head produced by the pump), as follows:

$$PEI = \frac{P}{10^6 \cdot Q \cdot H}$$

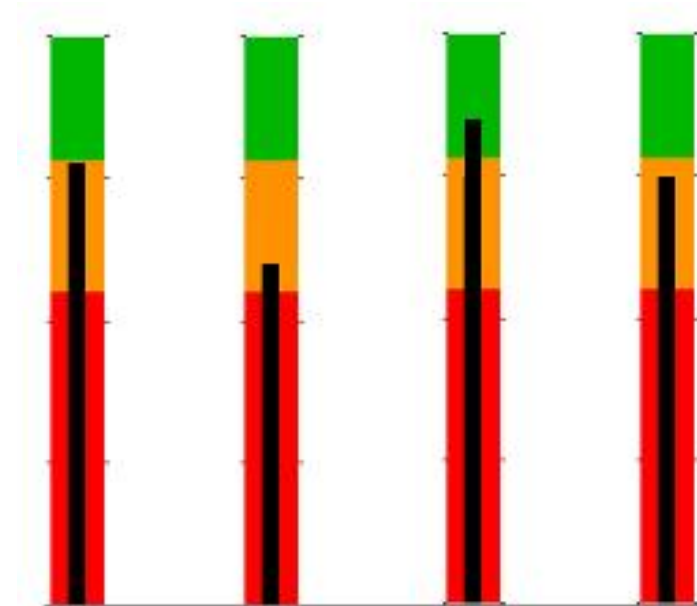
where P is the input electrical power (kW)
 Q is the flow rate (m³/s)
 H is the total dynamic head (m H₂O)

The higher value of PEI, the higher the amount of energy (and money) that is needed for the pump (and motor) to deliver its service to the hydraulic system it belongs to. A perfect (i.e., 100% efficient) pump and motor combination would have a PEI value of 2725 kWh/Mm³/m. While the PEI metric is inversely proportional, and thus similar to wire-to-water efficiency, it does however provide a useful energy focused benchmarking approach.

In some ways, this metric resembles the Green Pump Index (GPX) referred to earlier given that both explicitly account for the pressure (head) component of the pump's vocation. While the GPX only considers the static head, as discussed earlier, the PEI considers the static head as well as the head requirements to overcome the forces required for the motion of water (velocity head) as well as to overcome friction within the piping network into which the pump is delivering flow, the combination of which is referred to Total Dynamic Head (TDH).

Using the PEI approach, the resulting statistical analysis of the data results in a much narrower variation than provided for by the specific energy, illustrating that this metric more directly relates the power consumption to the desired output of the pump (i.e., both flow and pressure), and is accordingly quite reliable for benchmarking purposes. Figure 24 illustrates the strong relationship between the PEI metric and the measured Efficiency Loss. In stark contrast, these figures also show that there is no discernible relationship between Specific Energy (or Volumetric Energy Consumption) and these same parameters. It is noted that the PEI metric closely resembles the International Water Association's (IWA) Standardised Energy Consumption³² performance indicator, which is reported in units of kWh/m³/100 m. There is a subtle difference between each metric in that the IWA's Standardised Energy Consumption is meant to be an annualized value, whereas the PEI has

³² Alegre, H., Baptista, J. M., Cabrera, E., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W., Parena, R. (2006). Performance Indicators for Water Supply Services (2nd Edition). IWA Publishing.



Pump	1	2	3	4
------	---	---	---	---

펌프 성능 지시계 상에서 레드존에 위치한 펌프는 유지보수가 필요한 상태임

펌프 효율 지수 관리

효율지수 2,725점 일 때 펌프의 종합효율 100% 기준, 현재 펌프의 절대 성능 비교할 수 있는 Index 제공

위의 그림과 같은 효율지수를 상시 제시하여 적기에 펌프의 유지보수를 실시하여 에너지 낭비를 차단하고 보고서를 통하여 현황 보고 및 절감 방법 제시

스마트 펌프에너지 관리 사례

□□제철소



무선 데이터 수집 및 상태 진단



흡입, 토출관 무선 센서 설치



흡입, 토출관 무선 압력 센서 설치

250kW 펌프 3대	기존 운전	최적 운전	에너지 절감 비율
펌프 조합	펌프 2,3,6	펌프 3,5,6	
유량 대 동력비	0.1125	0.1023	약 9%
비용 환산	약 7억5천만 원	약 6억 7천만 원	약 8천만 원 절감

스마트 펌프 에너지 관리 사례

◇◇취수장



Pump Performance Analysis Chart(펌프 성능 분석 차트)

펌프번호	유량 m3/h	양정 m	펌프 설계 최적 운전점 %	현재 상태 운전점 %	효율 저하 비율 %	모터 효율 %	일 펌프 운전시간 시간	최초 펌프 성능 기반		현재 상태		효율 저하로 인한 손실	
								동력 kW	연간 전력 요금 (원)	동력 kW	연간 전력 요금 (원)	동력 kW	연간 전력 요금 (원)
1	1,909	54	86	75.3	11	96.0	24	340	₩297,795,186	388	₩340,111,368	48	₩42,316,182
2	1,963	56	86	82.0	4	96.0	0	364	₩0	382	₩0	18	₩0
3	5,871	44	86	78.0	8	96.0	24	842	₩737,960,449	929	₩813,648,701	86	₩75,688,251
4	4,124	55	86	82.1	4	96.0	0	751	₩0	786	₩0	35	₩0
5	3,666	56	86	69.0	17	96.0	24	682	₩597,452,405	850	₩744,650,824	168	₩147,198,419
6	3,968	58	86	84.0	2	96.0	0	761	₩0	780	₩0	18	₩0

연간 총 에너지 손실 **₩265,202,852**
16%

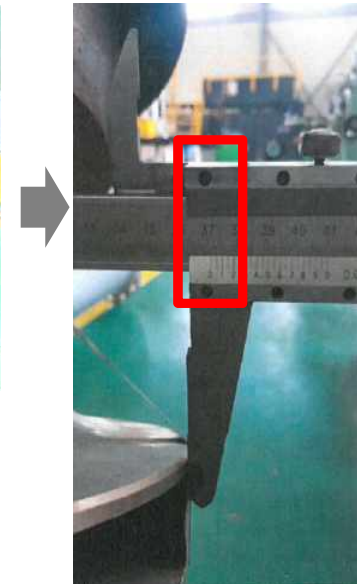
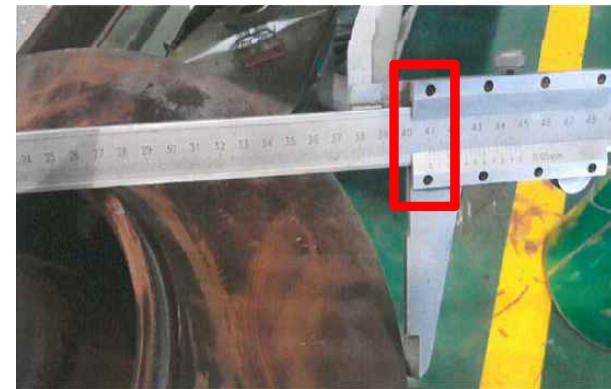
300kW 펌프 2대, 800kW 펌프 4대 운영

연간 유량 약 1억 톤, 에너지 비용 약 20억

○○가압장



정속 펌프 3대, 변속 펌프 2대 운영
임펠러 축소 가공을 통한 절감 사례



410mm -> 371mm 축소

- 임펠러 가공 후 펌프 2호기 **41kW 전력에너지 감소**
- 임펠러 가공 전, 후 모두 동일 유량($666\text{m}^3/\text{h}$)를 송수
- **임펠러 축소 가공 후 10.9% 에너지 절감**

스마트 펌프 에너지 관리 효과

- 기존 조합 운전 : 2016년 12월 4일 이전
- 최적 조합 운전 : 2016년 12월 5일 이후
- 유량이 가장 비슷한 날짜의 한전 i-SMART 데이터를 참고로 계산

비교	날짜	i-SMART 사용량	총 kW	총 유량	유량·동력 비	i-SMART 사용요금	일 절감액	연간 기대 절감액
		kWh	kW	m³/h	kW/m³/h	원	원(%)	
기존 조합 운전	2016/11/29	45,551	542,326	2,563,275	0.2116	4,646,969	445,000 (9.6%)	최적 조합 운전 시 연간 7% (약1억원) 가량 절감 가능
최적 조합 운전	2016/12/21	41,670	493,264	2,546,096	0.1937	4,201,969	* 기존-최적 조합 운전간 비교	
기존 조합 운전	2016/12/01	46,608	555,348	2,612,407	0.2126	4,807,933	335,313 (7%)	가량 절감 가능
최적 조합 운전	2016/12/09	43,560	517,939	2,610,558	0.1984	4,472,620	* 기존-최적 조합 운전간 비교	
기존 조합 운전	2016/12/02	46,582	554,310	2,574,863	0.2153	4,796,289	333,984 (7%)	가량 절감 가능
최적 조합 운전	2016/12/15	42,957	504,851	2,592,226	0.1948	4,462,304	* 기존-최적 조합 운전간 비교	

스마트 펌프 에너지 관리 시스템 구축 사례(일부)

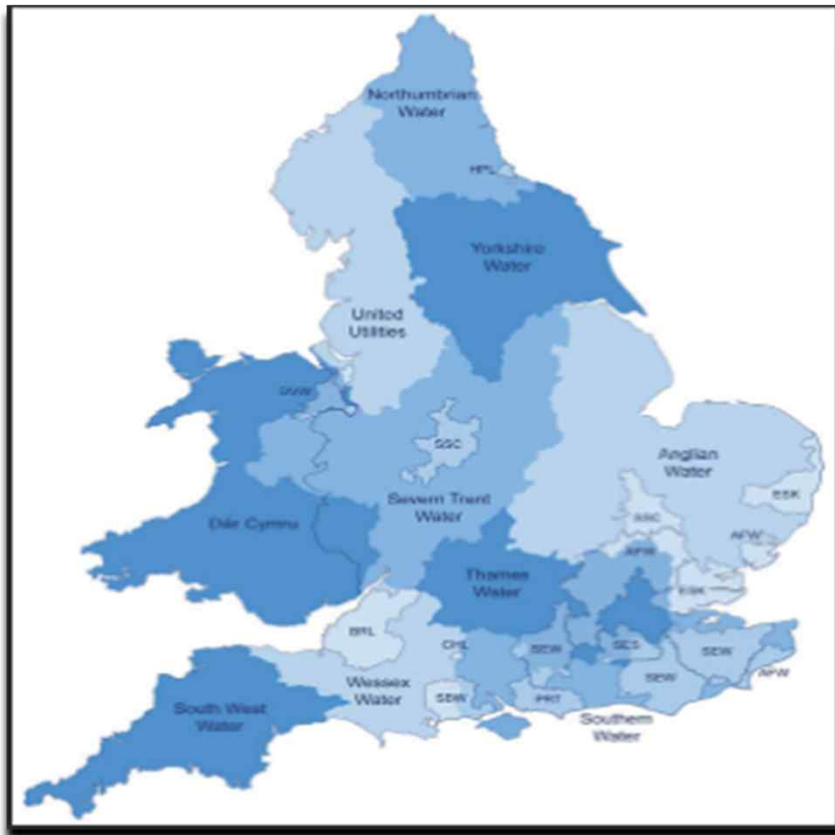
번호	설치 연도	회사명	펌프 대수	계약금액 (천원)	절감효과 (%)
1	1998	○○ 석유화학	2	20,000	8
2	2001	○○○공사 ○취수장	9	270,000	9.2
3	2003	○○○공사 ○가압장 외	27	620,000	10.5
4	2007	○○광역시	12	360,000	12.1
5	2014	○○부 취수장 외	30	880,000	14.6
6	2017	○○제철소	7	70,000	10.8
7	2020	○○폴리켄	3		펌프 진단
8	2020	○○제철소	2		펌프 진단
9	2021	○○우유	1		펌프 진단
10	2021	○○제약	3		펌프 진단

쿨링 워터 펌프 온실가스 저감 예시

펌프대수	유량	양정	설계효율	현재효율	가동시간	정격	현재동력	연간소요 동력비	연간 동력손실비	온실가스 저감
	m3/h	m	%	%	hrs	kW	kW	WON	WON	tonnes CO2
1	3000	50	85	81.3	24	510	529	463,037,076	16,342,485	787
2	3000	50	85	79.1	24	510	548	480,013,151	33,318,560	816
3	3000	50	85	81.6	24	510	531	465,306,866	18,612,275	791
4	3000	50	85	78.5	24	510	552	483,682,041	36,987,450	822
5	3000	50	85	79.4	24	510	546	478,199,499	31,504,908	813
6	3000	50	85	79.4	0	510	0	0	0	0
7	3000	50	85	79.4	0	510	0	0	0	0
								2,370,238,634	136,765,678	4,030

펌프 에너지 관리 시스템 사용 국가

영국



네덜란드



감사합니다