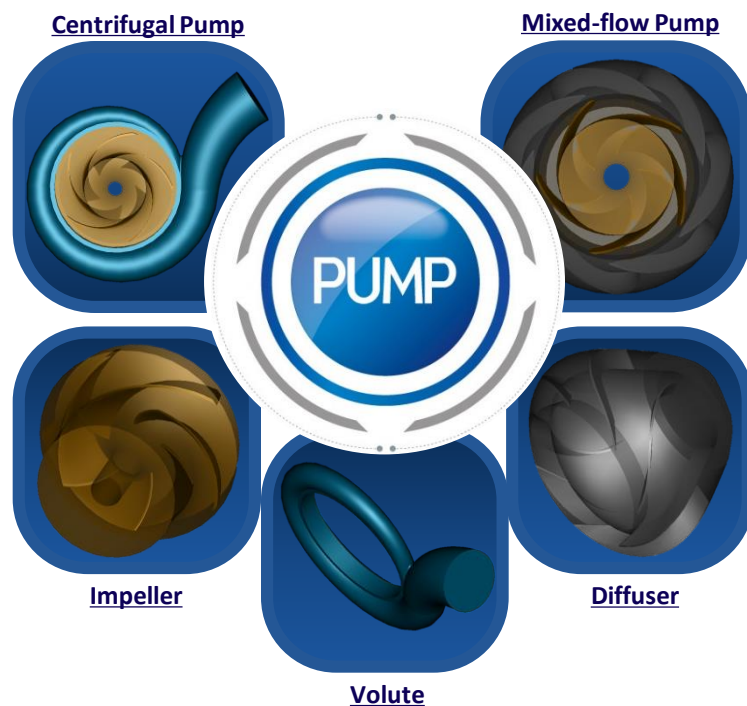


# PumpON

## Validation report



## 1. Introduction

1-1 PumpON

1-2 개발목표

1-3 원심펌프 최적설계 Database

1-4 사류펌프 최적설계 Database

## 2. **Ns 185** centrifugal pump 설계과정

2-1 Design specification

2-2 PumpON 형상 설계

2-3 Performance prediction curve

2-4 CAD file, TurboGrid curve file export

2-5 ANSYS CFX 해석 결과

2-6 유량에 따른 펌프 성능 검토

## 3. **Ns 550** mixed-flow pump 설계과정

3-1 Design specification

3-2 PumpON 형상 설계

3-3 Performance prediction curve

3-4 CAD file, TurboGrid curve file export

3-5 ANSYS CFX 해석 결과

3-6 유량에 따른 펌프 성능 검토

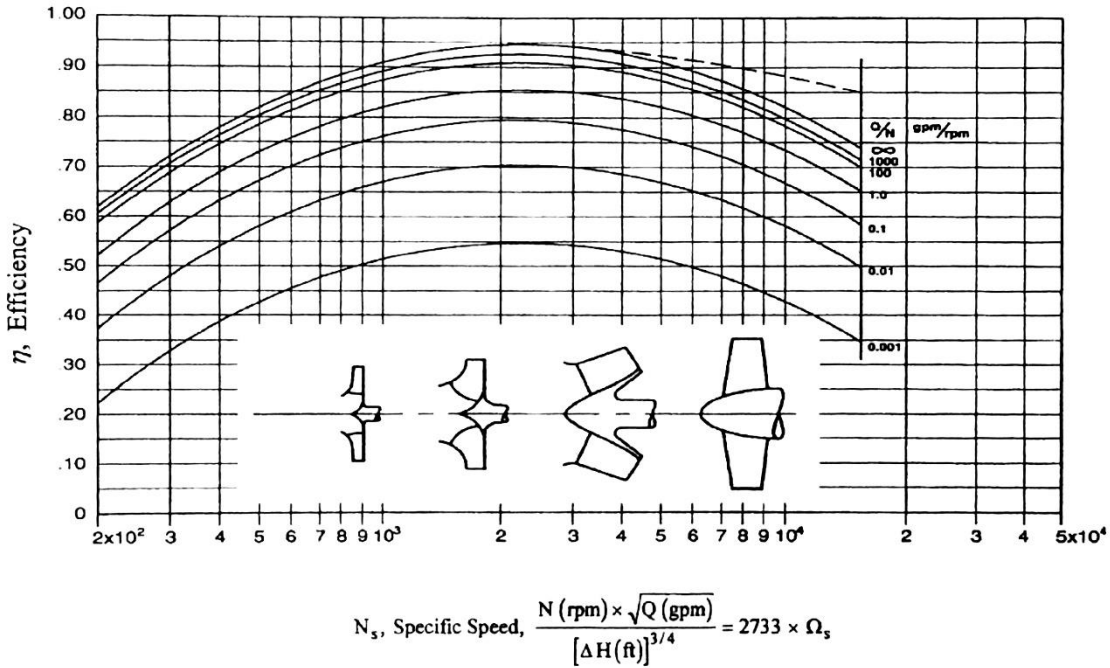
## 1-1 PumpON

PumpON은 비속도 150 에서 1200 급의 원심 및 사류펌프에 대해 최적 설계를 적용한 수력 설계와 실험을 통한 검증으로 개발된 펌프 형상 DataBase(D/B)를 이용하여 Pump의 Hydraulic 부를 One-Click으로 설계할 수 있는 프로그램이다.

PumpON이 빠른 시간 내에 고성능 펌프를 설계할 수 있는 바탕은 프로그램 개발 단계에서 수행된 실험과 CFD를 통해 성능이 검증된 펌프의 형상 D/B 를 이용하기 때문이다. 사용자가 입력한 펌프 설계 데이터(유량, 양정, 회전수)를 바탕으로 고효율, 고흡입성능의 펌프 형상을 도출하기 위해서는 기존에 익히 알려진 설계 식을 바탕으로 기본설계를 수행한 후 펌프의 성능을 높이기 위해 반복된 CFD 해석 혹은 실험 및 경험을 통한 설계변경이 이루어지는 상당한 시간의 과정이 필요하다. 그러나, PumpON은 국가과제(과제 명 : 비속도 150~1200급 원심 및 사류펌프 설계기술 개발) 과정의 참여기관(한국생산기술연구원, 한국기계연구원, 인하대학교, 애플렉스)에서 수력 부 최적설계, 시제품 제작 및 성능시험에 5년의 개발기간을 거쳐 공인 기관의 인증을 받아 확보한 신뢰성 있는 고성능 펌프의 형상 D/B를 사용하기 때문에 설계자는 추가 시간이 필요없이 PumpON으로부터 One-Click으로 고성능 펌프 형상을 확보할 수 있고, PumpON에서 가시화된 3차원 형상을 직접 확인 할 수 있다.

본 보고서는 사용자가 입력한 펌프 사양을 바탕으로 PumpON을 이용한 형상 설계 과정과 CAD 처리 및 이를 이용한 CFD 해석 과정을 보여주고 해석결과와 실험결과와의 비교 검토를 통해 PumpON 설계 결과의 적합성을 검토하였다.

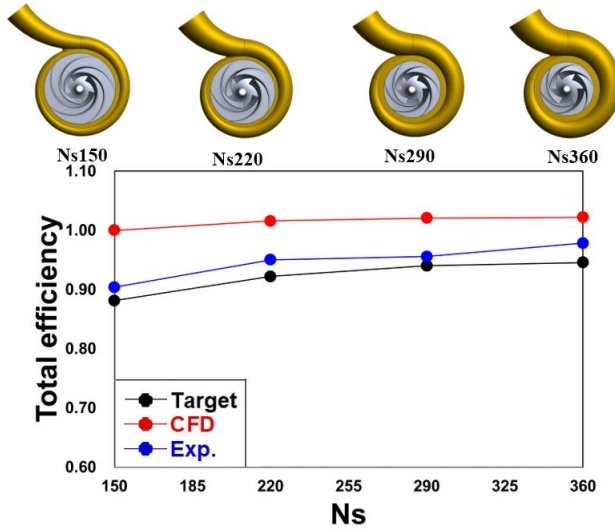
## 1-2 개발 목표



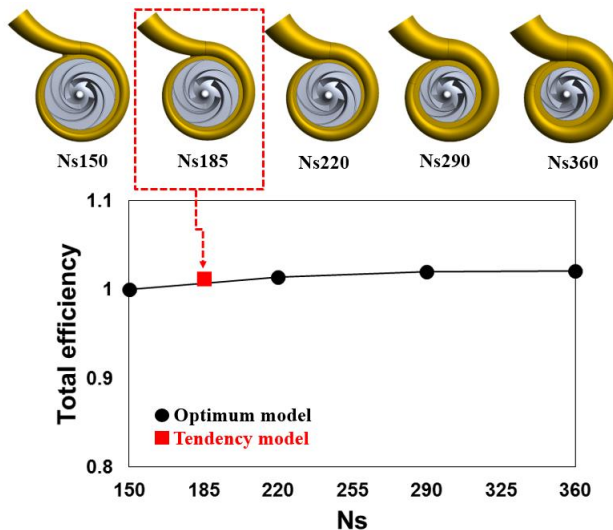
기준 성능 곡선 (Pump Handbook – McGraw Hill, 2008, 4<sup>th</sup> edition)

PumpON은 일반적으로 제시되는 펌프의 효율보다 고효율의 펌프를 One-Click 으로 설계하는 것을 목표로 개발되었다. 위의 그림은 Pump Handbook에 제시된 비속도와 조도에 따른 기준 효율 곡선이다. PumpON은 위에 제시된 효율보다 높은 효율을 달성할 수 있는 형상을 확보하기 위해 넓은 비속도 범위의 원심 및 사류펌프의 최적 형상을 설계하고 CFD 해석과 실험을 통해 인증된 펌프 DB를 확보하였다.

## 1-3 원심펌프 최적설계 Database

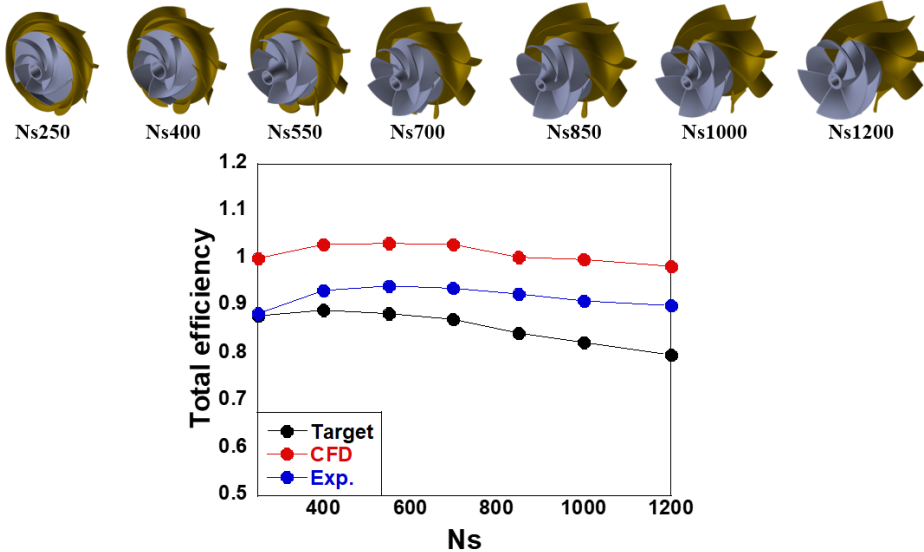


최적화된 원심펌프 형상 DB를 확보하기 위해 CFD 해석과 실험을 통해 입증된 설계 형상은 위의 그림과 같다. 비속도 150~360 급의 원심펌프 형상을 최적 설계한 결과 위의 그림과 같이 목표(Target, 기준 효율 곡선 이상)효율 보다 높은 효율을 달성하는 형상 임을 실험결과로 입증 받았다. CFD 해석결과는 실험결과보다 높은 효율을 나타내는데 실험에 포함된 Mechanical loss 등이 반영되지 않았기 때문이다.

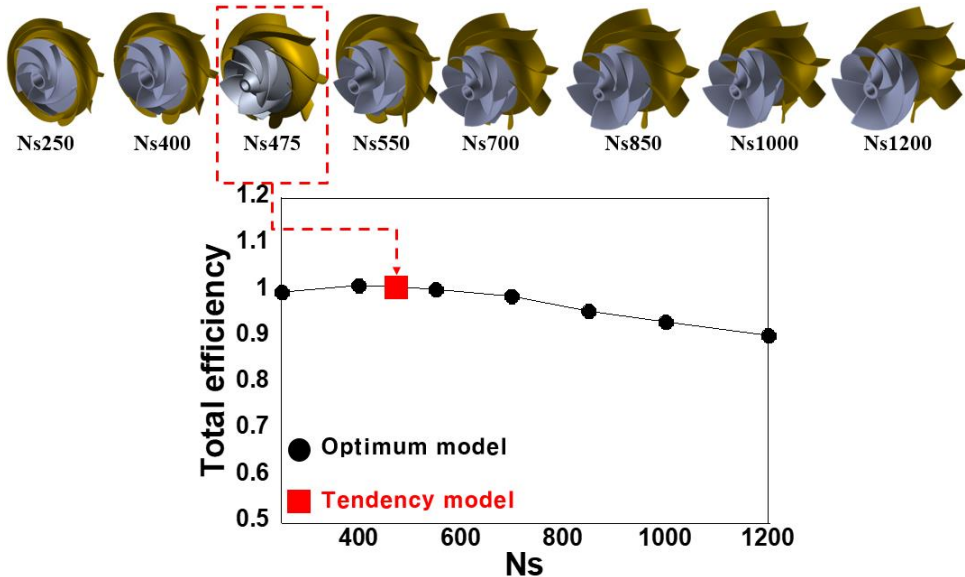


최적 설계된 펌프 형상 DB를 이용해 PumpON으로 임의의 비속도(Tendency model)에 대해 One-Click으로 설계한 결과 많은 시간을 들여 CFD 해석과 실험을 통해 얻은 것과 같은 결과를 보이는 것을 위의 그림에서 확인할 수 있다. 이와 같이 최적설계 된 DB를 사용하기 때문에 고성능의 펌프 형상을 빠른 시간에 설계하여 개발시간을 줄일 수 있다.

## 1-4 사류펌프 최적설계 Database



최적화된 사류펌프 형상 DB를 확보하기 위해 CFD 해석과 실험을 통해 인증된 펌프의 형상과 성능은 위의 그림과 같다. 비속도 250~1200 급의 사류펌프 형상을 최적 설계한 결과 위의 결과와 같이 목표(Target, 기준 효율 곡선 이상) 효율 보다 높은 효율을 달성하는 형상 임을 실험결과로 인증 받았다. CFD 해석결과는 실험결과보다 높은 효율을 나타내는데 실험에 포함된 Mechanical loss 등이 반영되지 않았기 때문이다.



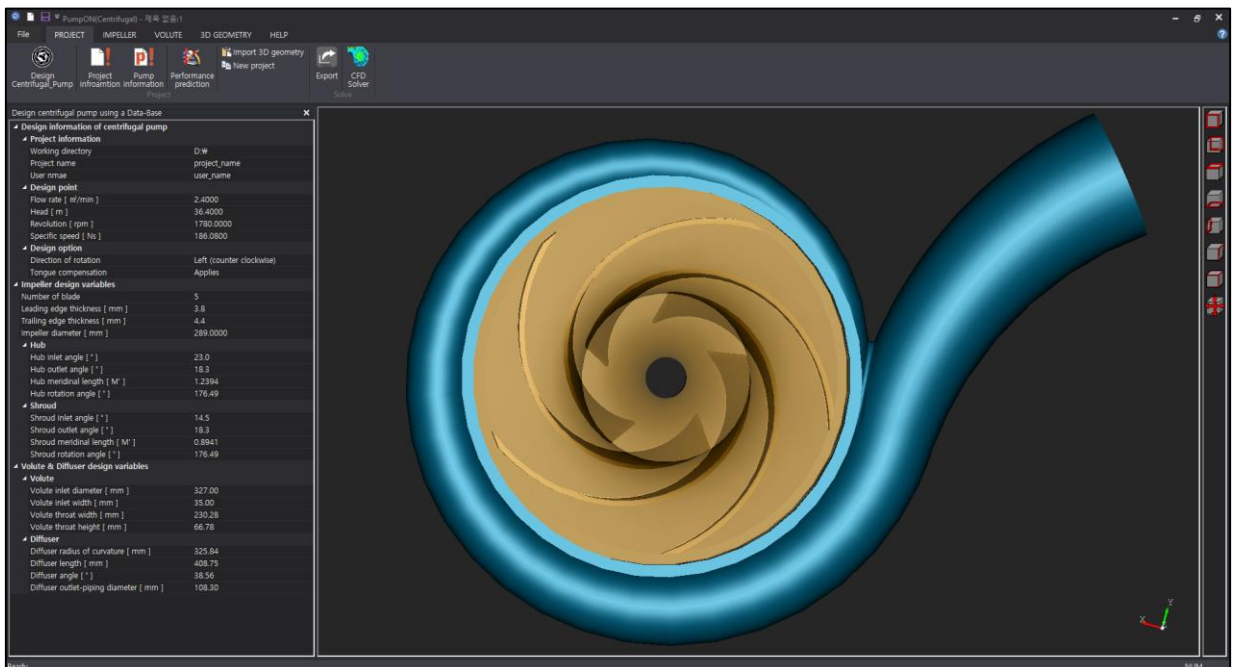
최적 설계된 펌프 형상 DB를 이용해 PumpON으로 임의의 비속도(Tendency model)에 대해 One-Click으로 설계한 결과 많은 시간을 들여 CFD 해석과 실험을 통해 얻은 것과 같은 경향을 보이는 것을 두번째 그림에서 확인할 수 있다. 이와 같이 최적설계된 DB를 사용하여 고성능의 펌프 형상을 빠른 시간에 설계하여 개발시간을 줄일 수 있다.

## 2-1 Design specification

Specific speed	185
Rotation speed	1780 [rpm]
Flow rate	2.4 [m <sup>3</sup> /min]
Head	36.4 [m]
Direction of rotation	Left (counter clockwise)
Number of impeller blade	5

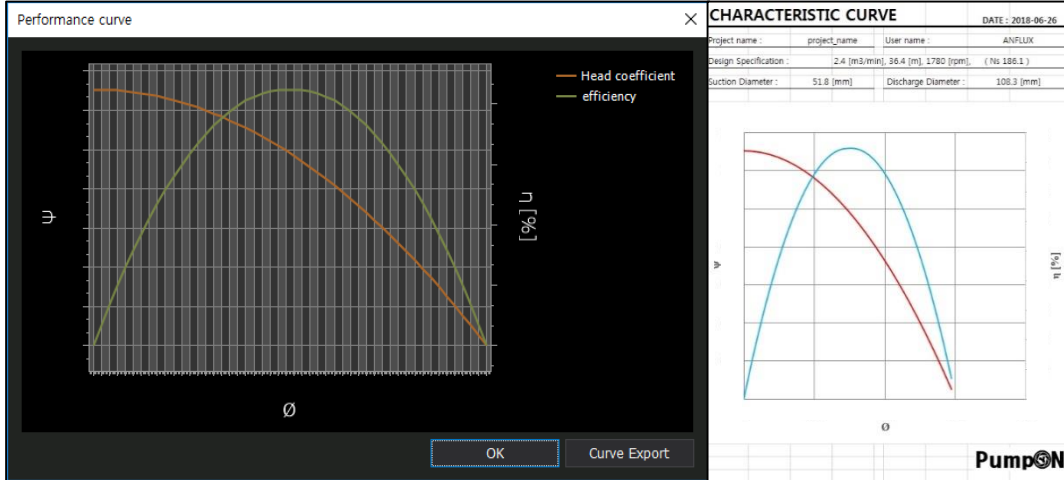
## 2-2 PumpON 형상 설계

유량 2.4 [m<sup>3</sup>/min], 양정 36.4 [m], 회전 수 1780 [rpm]을 입력하면 3차원 형상 설계 결과가 나타나고 이에 대한 정보를 CAD 및 CFD 해석프로그램 관련 데이터로 출력할 수 있다.



## 2-3 Performance prediction curve

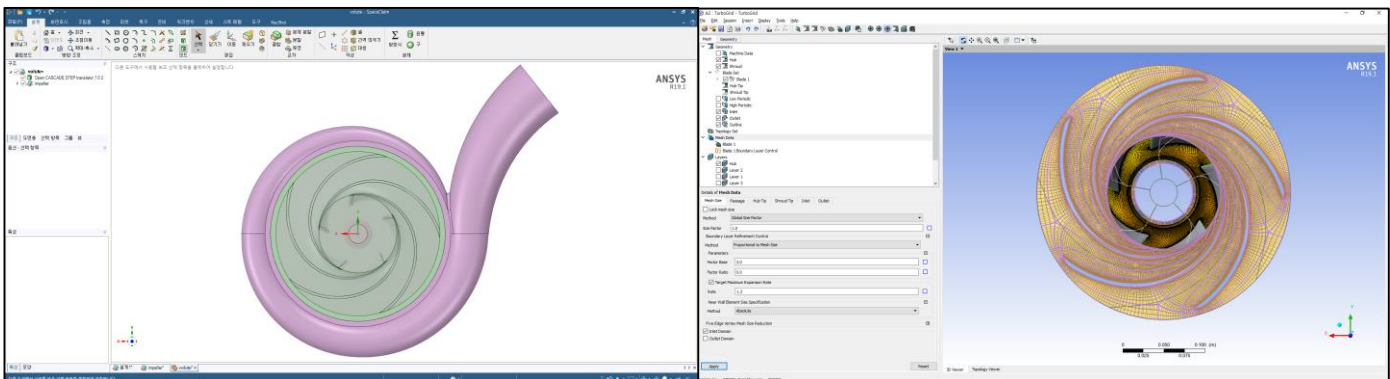
설계된 펌프가 발휘할 수 있는 성능을 예측한 성능 곡선을 제공한다. 설계된 형상의 Q-H curve 및 Q-Efficiency curve를 제공하여 Hydraulic 성능 및 Curve 특성에 대해 예측할 수 있다.



## 2-4 CAD file, TurboGrid curve file export

설계된 펌프 형상을 제작 및 해석에 사용할 수 있도록 CAD데이터로 출력할 수 있고 CAD데이터 형식은 IGES, STEP 및 STL 형식이 있다.

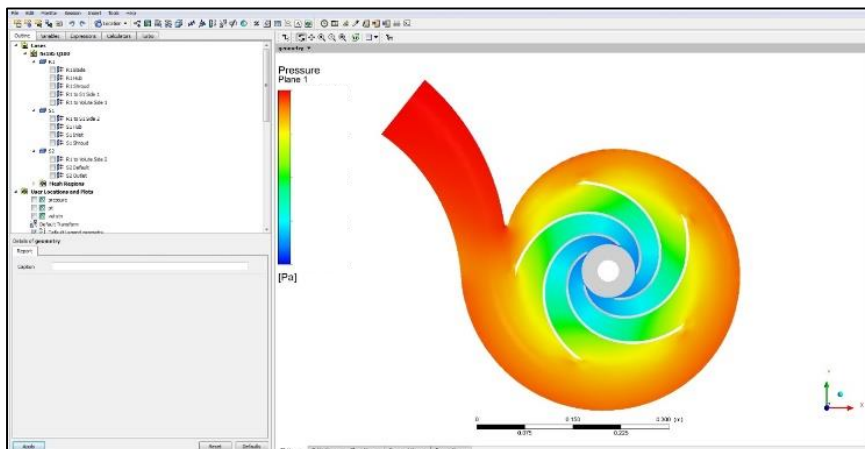
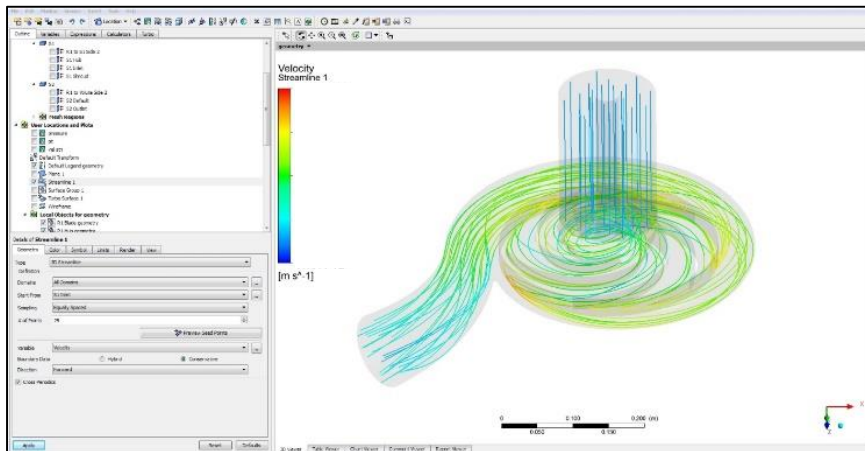
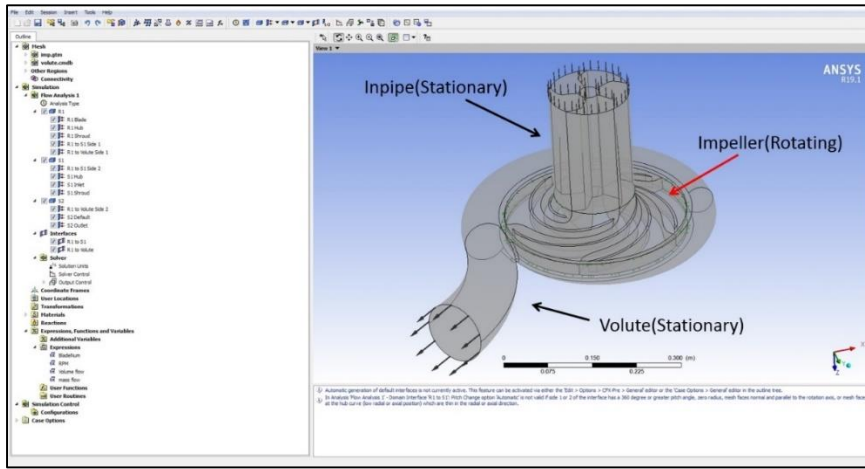
또한 유체기계해석에 사용되는 ANSYS CFX의 격자 생성기인 TurboGrid에서 Import 할 수 있는 Curve 파일을 제공하여 CFD 해석에 효율성을 높일 수 있다.





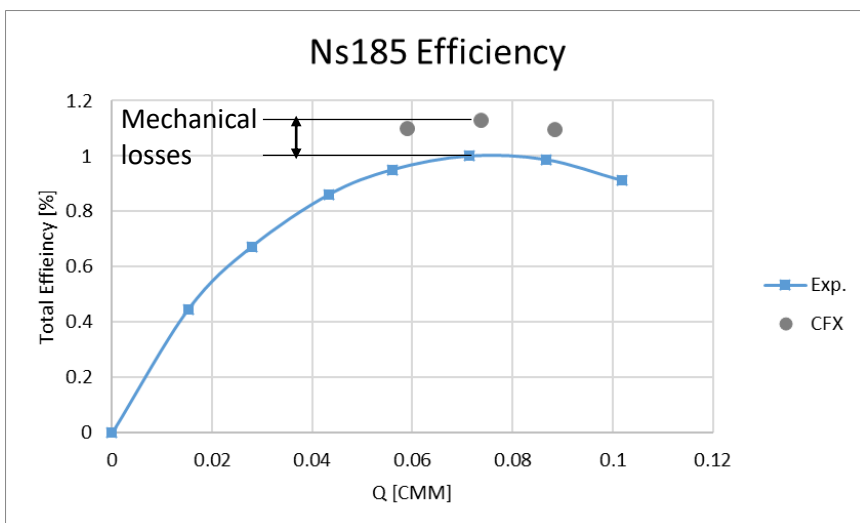
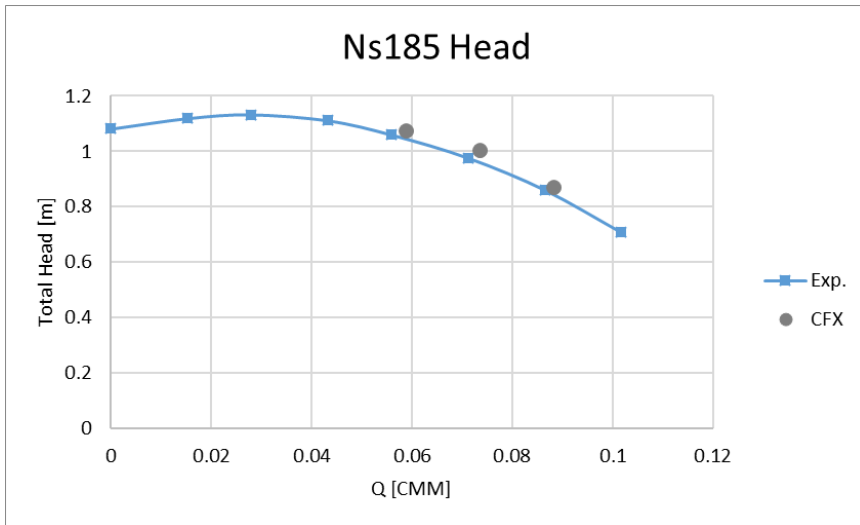
## 2-5 ANSYS CFX 해석 결과

ANSYS CFX를 통해 경계조건을 설정하고 유동 해석을 진행 한 결과 아래의 그림과 같이 설계점에서 유동 박리와 같은 현상 없이 부드러운 유동 분포를 보이는 것을 확인할 수 있다.



### 2-6 유량에 따른 펌프 성능 검토

설계 점 이외의 유량에 대해 CFD 해석결과와 실험결과를 비교하여 PumpON으로 설계한 형상의 탈설계점 성능을 검토하였다. 유동 해석 결과와 실험 결과를 비교하여 보면, CFD 해석결과는 실제 실험값과 유사한 것을 확인 할 수 있다. 특히 양정은 실험값과 거의 같은 결과를 보이며, 효율의 경우 해석에서는 고려하지 못한 손실에 의한 차이가 나타난다. 실제 실험한 펌프는 마찰에 의한 손실과 Wearing-ring 및 Balance Hole 등에 의한 누설 유량 손실을 유동해석에서 이 부분이 반영되지 않아 발생된 차이로 볼 수 있다.

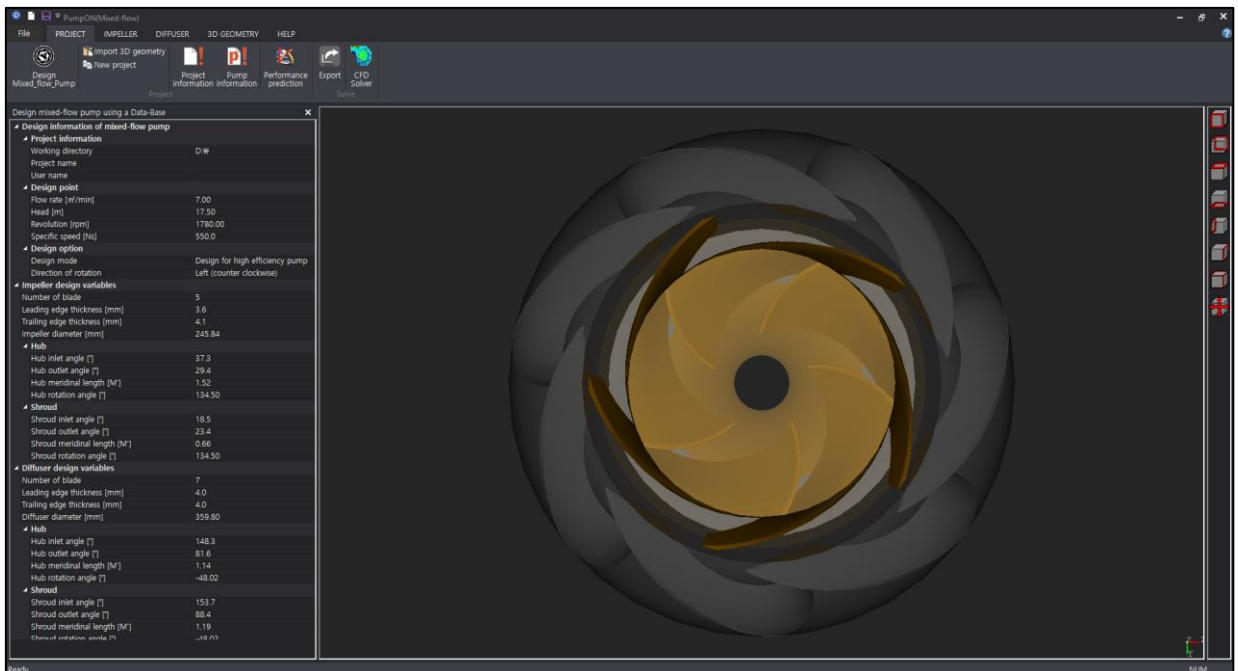


## 3-1 Design specification

Specific speed	550
Rotation speed	1780 [rpm]
Flow rate	7.0 [m <sup>3</sup> /min]
Head	17.5 [m]
Direction of rotation	Left (counter clockwise)
Number of impeller blade   diffuser blade	5   7

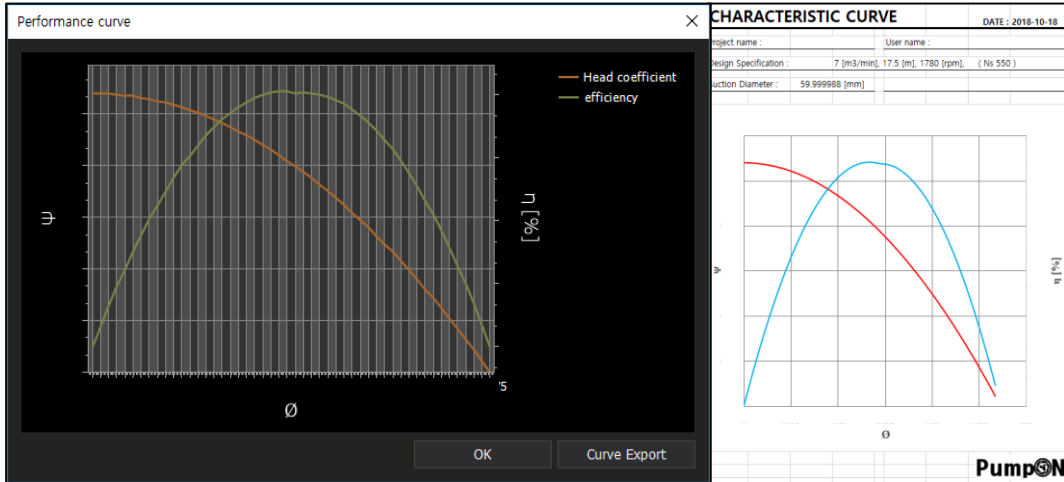
## 3-2 PumpON 형상 설계

유량 7.0 [m<sup>3</sup>/min], 양정 17.5 [m], 회전 수 1780 [rpm]을 입력하면 3차원 형상 설계 결과가 나타나고 이에 대한 정보를 CAD 및 CFD 해석프로그램 관련 데이터로 출력할 수 있다.



## 3-3 Performance prediction curve

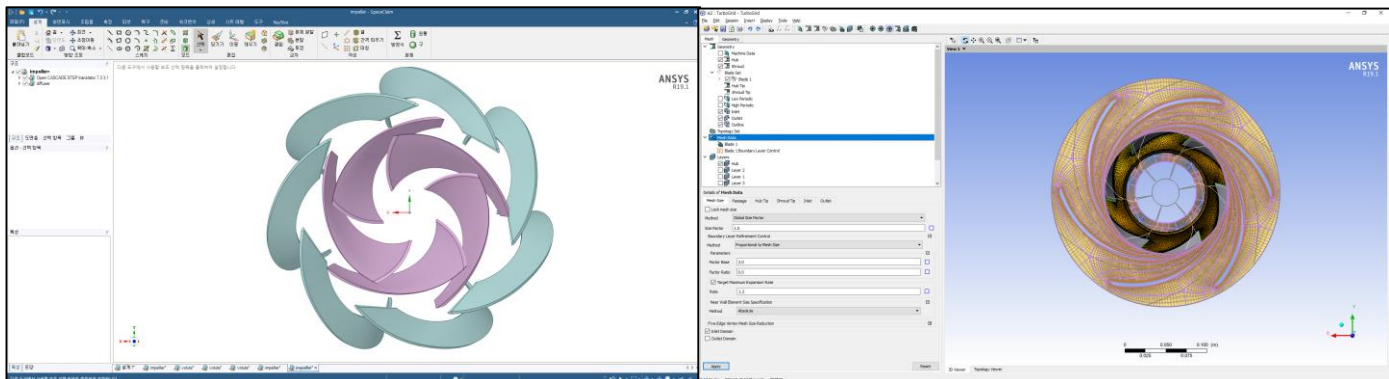
설계된 펌프가 발휘할 수 있는 성능을 예측한 성능 곡선을 제공한다. 설계된 형상의 Q-H curve 및 Q-Efficiency curve를 제공하여 Hydraulic 성능 및 Curve 특성에 대해 예측할 수 있다.



## 3-4 CAD file, TurboGrid curve file export

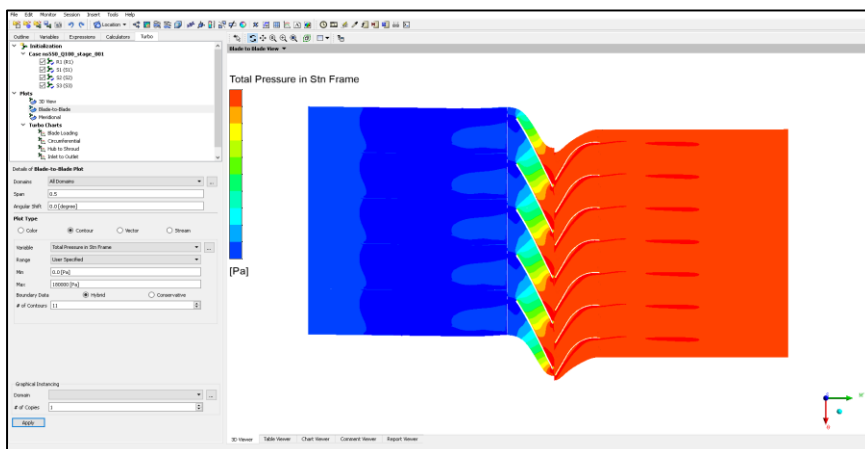
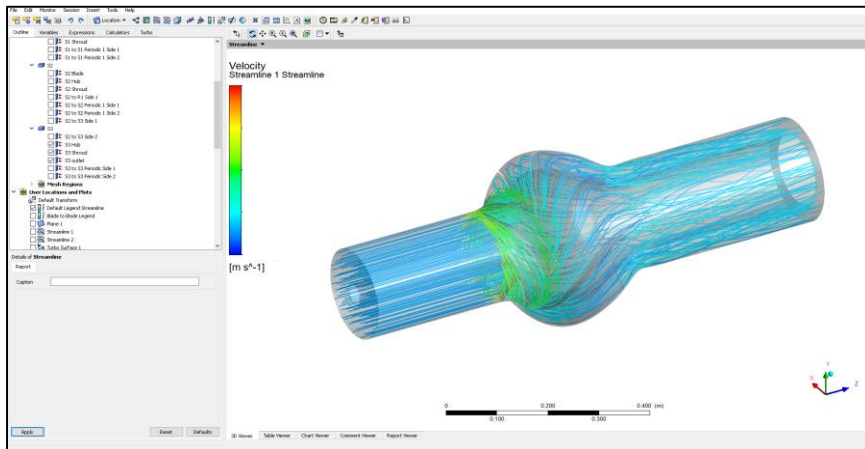
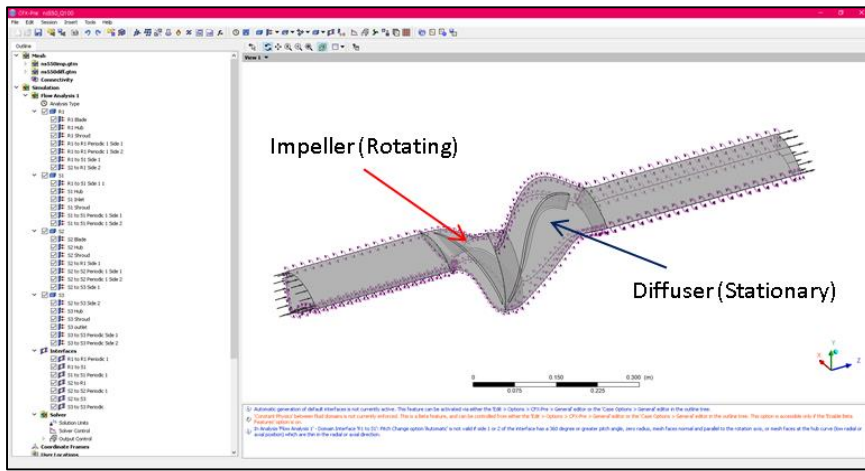
설계된 펌프 형상을 제작 및 해석에 사용할 수 있도록 CAD데이터로 출력할 수 있고 CAD데이터 형식은 IGES, STEP 및 STL 형식이 있다.

또한 유체기계해석에 사용되는 ANSYS CFX의 격자 생성기인 TurboGrid에서 Import 할 수 있는 Curve 파일을 제공하여 CFD 해석에 효율성을 높일 수 있다.



## 3-5 ANSYS CFX 해석 결과

ANSYS CFX를 통해 경계조건을 설정하고 유동 해석을 진행 한 결과 아래의 그림과 같이 설계점에서 유동 박리와 같은 현상 없이 부드러운 유동 분포를 보이는 것을 확인할 수 있다.



## 3-6 유량에 따른 펌프 성능 검토

설계 점 이외의 유량에 대해 CFD 해석결과와 실험결과를 비교하여 PumpON으로 설계한 형상의 탈설계점 성능을 검토하였다. 유동 해석 결과와 실험 결과를 비교하여 보면, CFD 해석결과는 실제 실험값과 유사한 것을 확인 할 수 있다. 특히 양정은 실험값과 거의 같은 결과를 보이며, 효율의 경우 해석에서는 고려하지 못한 손실에 의한 차이가 나타난다. 실제 실험한 펌프는 마찰에 의한 손실과 Wearing-ring 및 Balance Hole 등에 의한 누설 유량 손실을 유동해석에서 이 부분이 반영되지 않아 발생한 차이로 볼 수 있다.

