NEXTFOAM

ParaView 활용:
렌더링과 보고서 자동화

2023.10.19

NextFOAM. Co., Ltd.
박현강, 이현웅

서론

1. CFD 수요 증가
   - 전통적인 조선해양, 공력해석 뿐 아니라 소 축사 내부 온도 해석, 실리콘 제조, 심지어 비닐 하우스 내부 온도 분포까지 해석을 원하는 수요가 증가함.
2. 직관적인 후처리 결과 필요
   - 자연스럽게 CFD를 잘모르는 사람들도 CFD관련 결과보고서를 접함.
   - 따라서 엔지니어들만 알아볼 수 있는 단순숫자표기 보다 이미지나 동영상의 형태로 결과를 보여주는 작업이 필요함. 그러나 일반적으로 CFD 결과를 보기 좋게 만드는 일은 많은 수고와 시간이 소요됨.
3. 너무 많은 후처리 작업량
   - 컴퓨터 성능이 올라가면서 최적화, 민감도 테스트 등에 더 많은 케이스를 집어 넣을 수 있게 됨.
   - 그러나 그 만큼 단순 노동인 후처리 양도 늘어남.

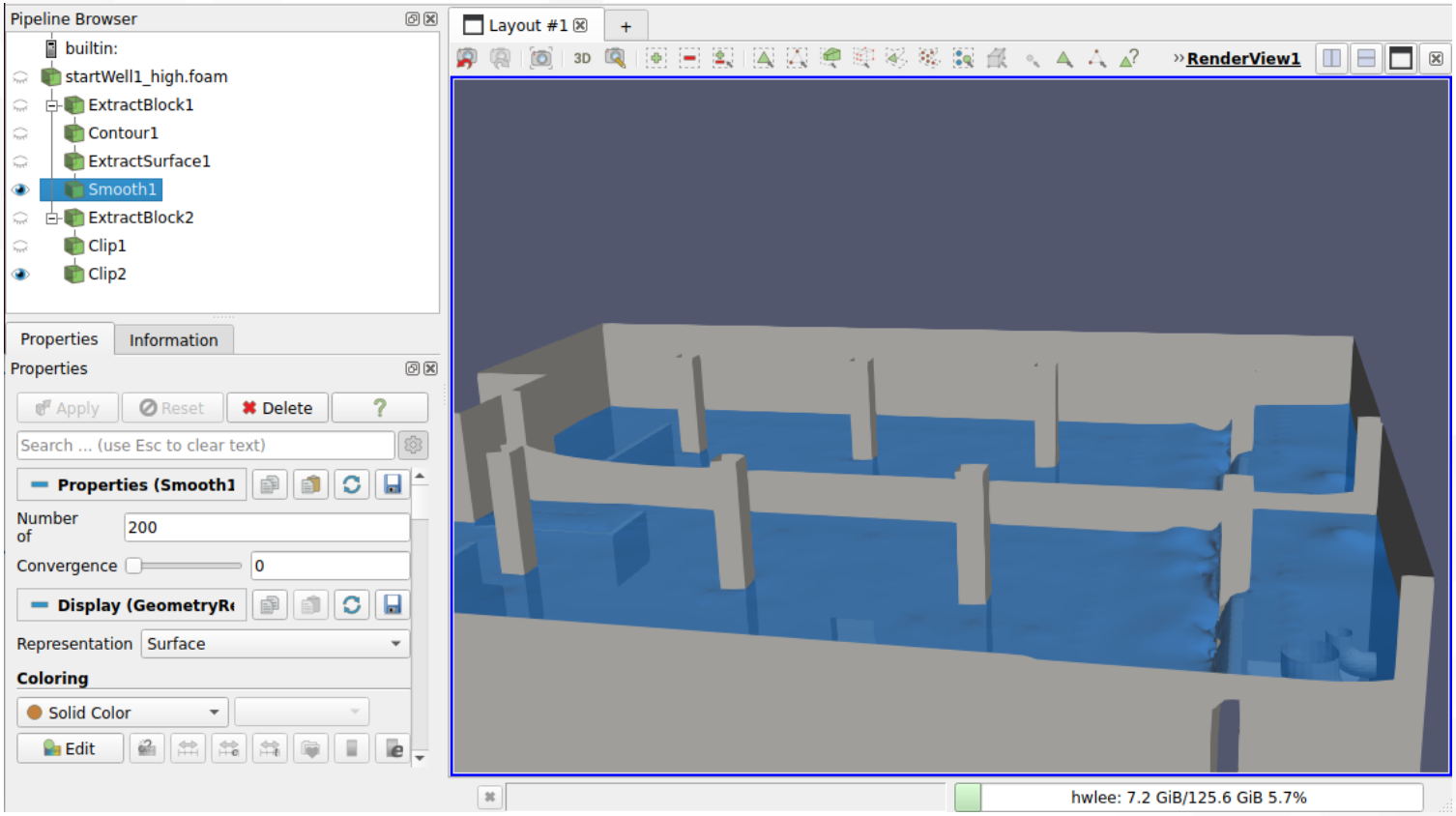
멋지고 한눈에 들어오는 결과물을 편하게 나오게 하고 싶다!
→ **ParaView를 활용한 렌더링 테크닉과 보고서 자동화**

목차

1. ParaView 렌더링

1. 레이 트레이싱

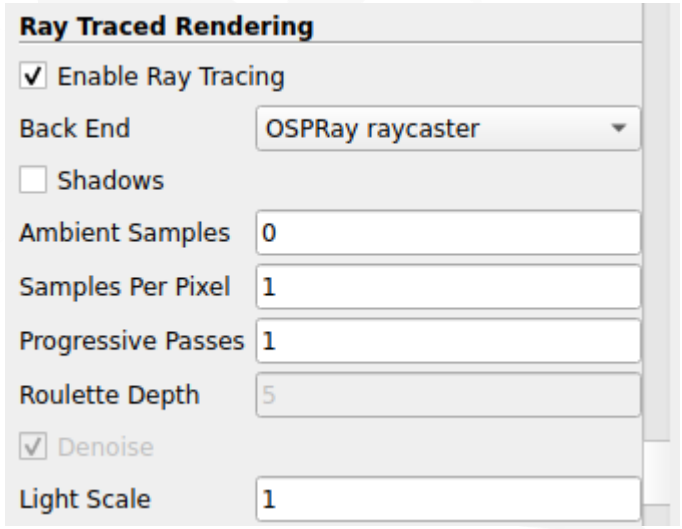
- 모 정수장의 형상의 일부
- 벽 형상에 Clip도 하고 Water Contour에 smooth도 사용해봤지만 그닥 이쁘지 않다.

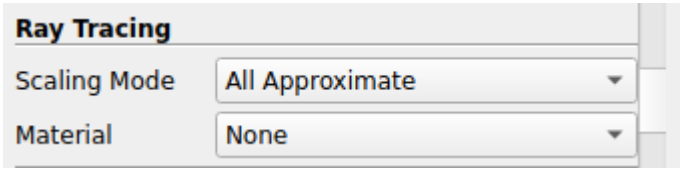


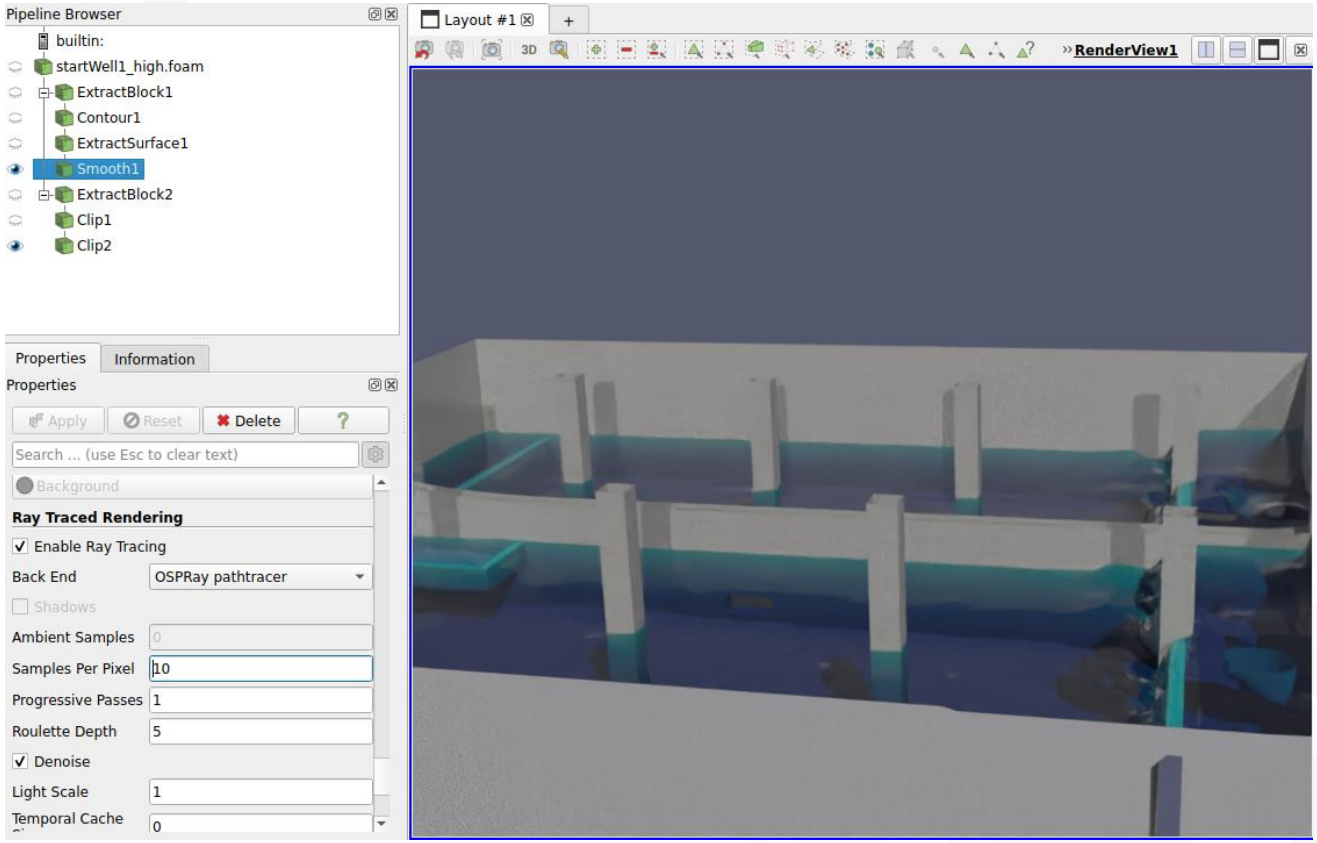
1. ParaView 렌더링

1. 레이 트레이싱

- ParaView Render Properties 가장 하단에 Ray Tracing을 적용
- Material을 적용하면 단숨에 그럴 듯 해진다.



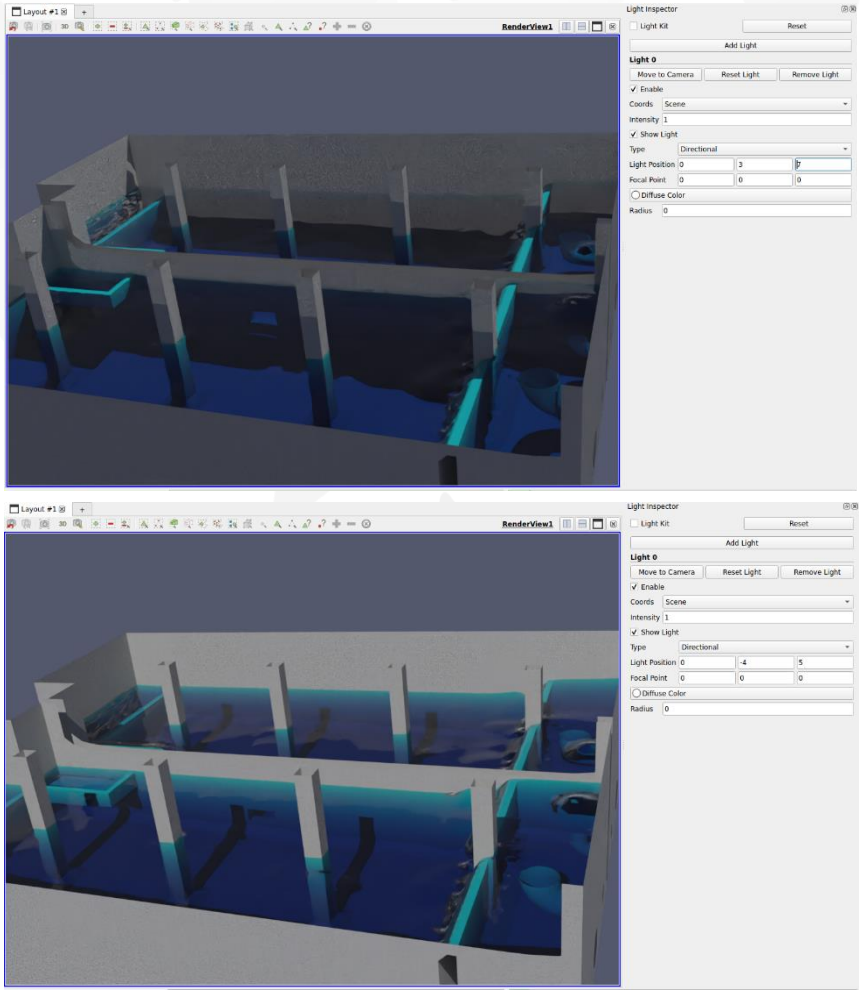


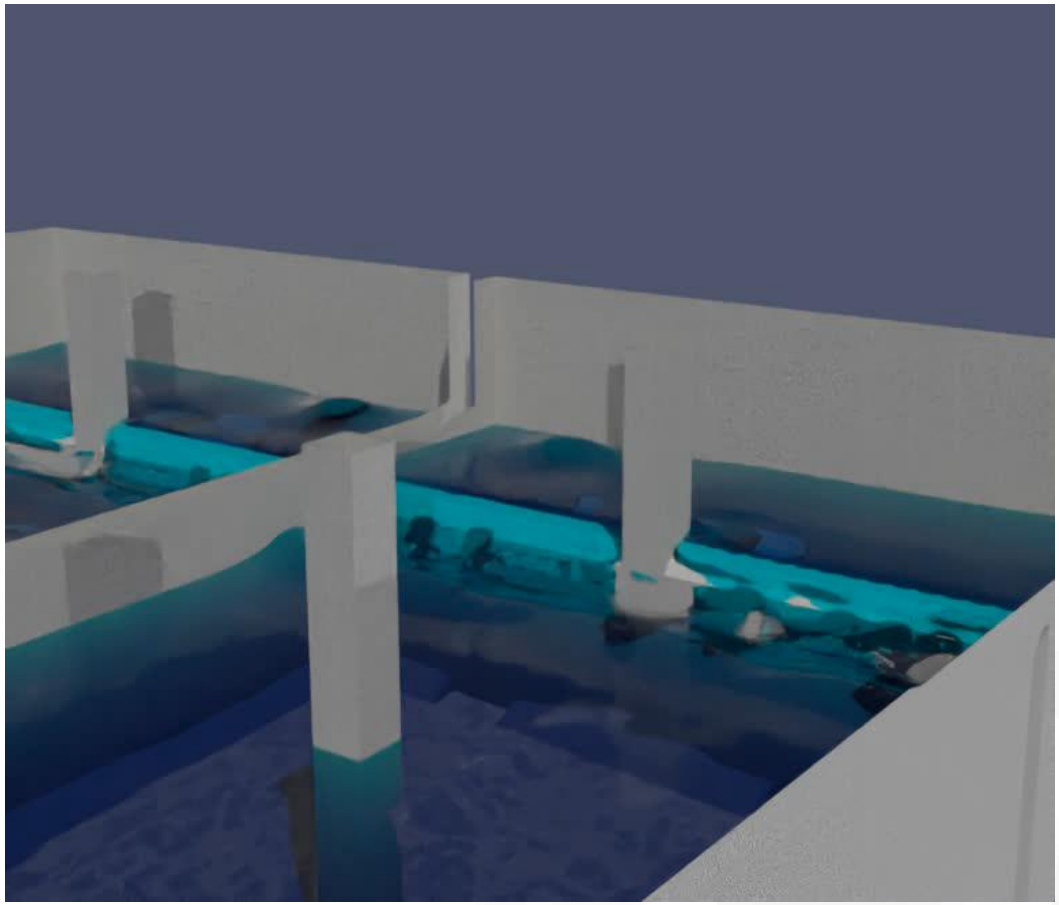


1. ParaView 렌더링

1. 레이 트레이싱

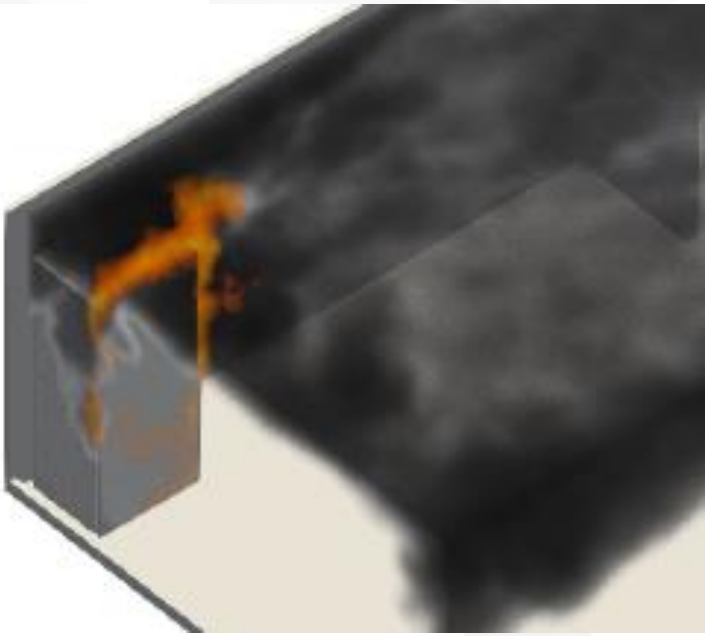
- Light Inspector를 사용해 조명을 원하는 대로 조절할 수 있다.





1. ParaView 렌더링

1. 레이 트레이싱
   - 실내 화재 해석에서의 후처리 사용례



1. ParaView 렌더링

1. 레이 트레이싱

- Material 설정법
- 설정 파일 위치 => [paraview경로] / share / [paraview버전] / materials / ospray_mats.json
- 공식 깃랩 참조 https://gitlab.kitware.com/paraview/materials/-/blob/master/ospray_mats.json
- 인텔 OSPRay 참조 https://www.ospray.org/documentation.html#materials

- 지원되는 Material Type

1) Principled
2) CarPaint
3) Metal
4) Glass
5) Luminous
6) ...

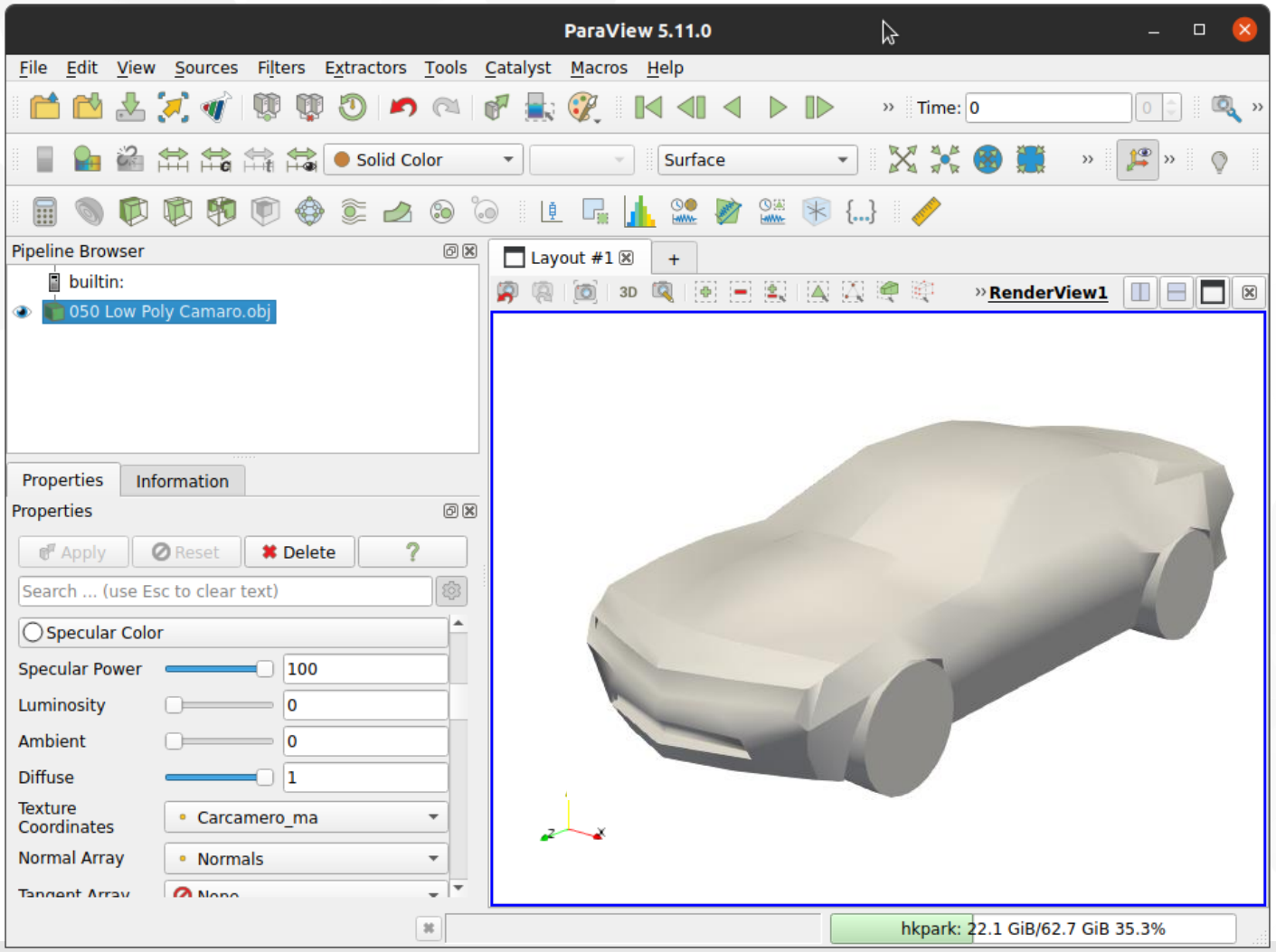
```
"Glass_water": {
            "type": "Glass",
            "doubles": {
                "attenuationColor": [0.00, 0.467, 0.745],
                "etaInside": [1.33]
            },

"Fire1": {
            "type": "Luminous",
            "doubles": {
                "color": [0.8, 0.2, 0.0],
                "intensity": [0.3],
                "transparency": [0.01]
            }
        }
```

1. ParaView 렌더링

[모델링 파일 출처](https://www.sketchoverflow.com/product/low-poly-camaro-car-3d-model/)

2. 텍스쳐

- STL파일이나 OBJ파일에 텍스쳐를 입히기 위한 좌표값이 있다면, 텍스쳐를 불러올 수 있다.

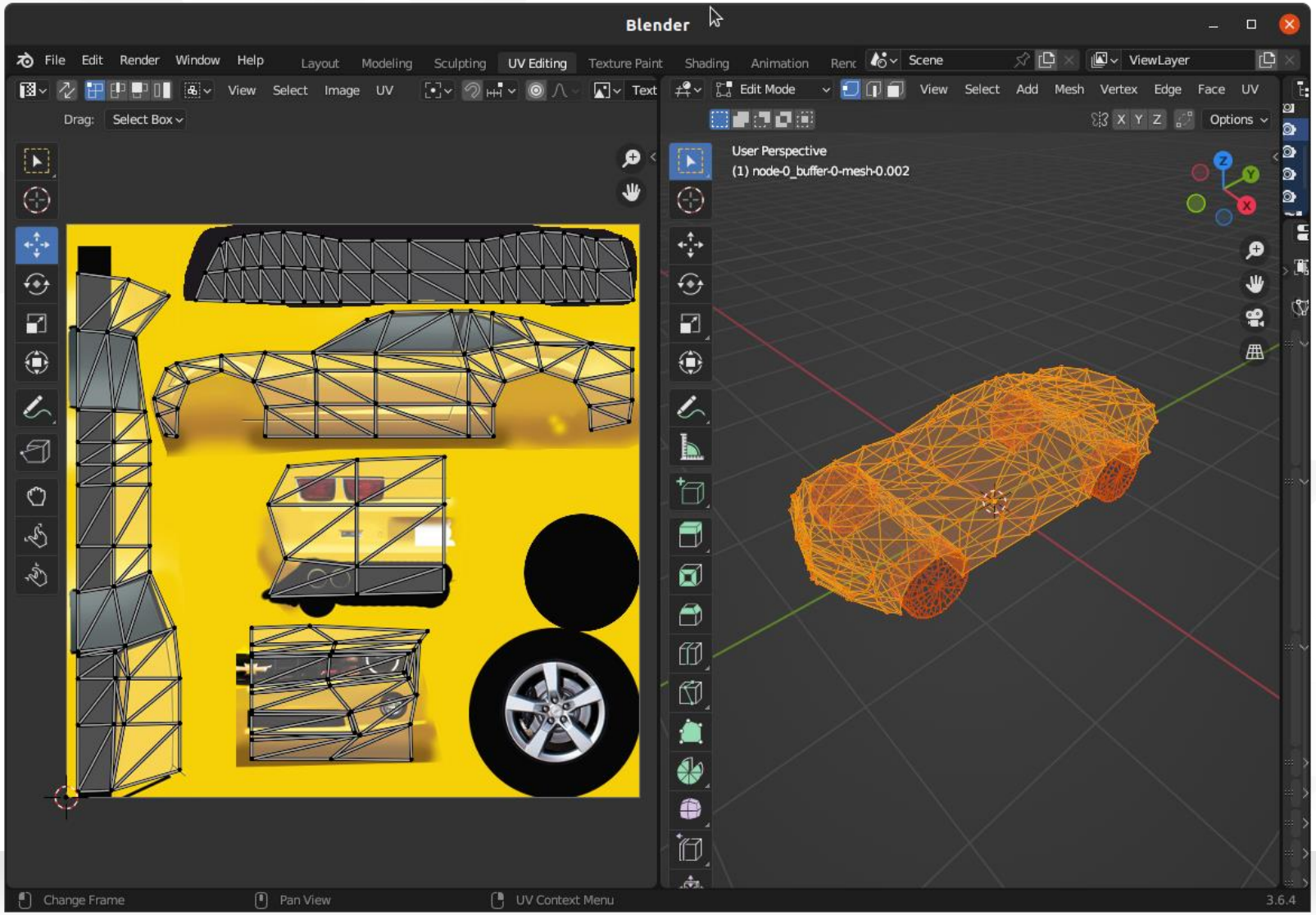


1. ParaView 렌더링

모델링 파일 출처
https://www.sketchoverflow.com/product/low-poly-camaro-car-3d-model/

2. 텍스쳐

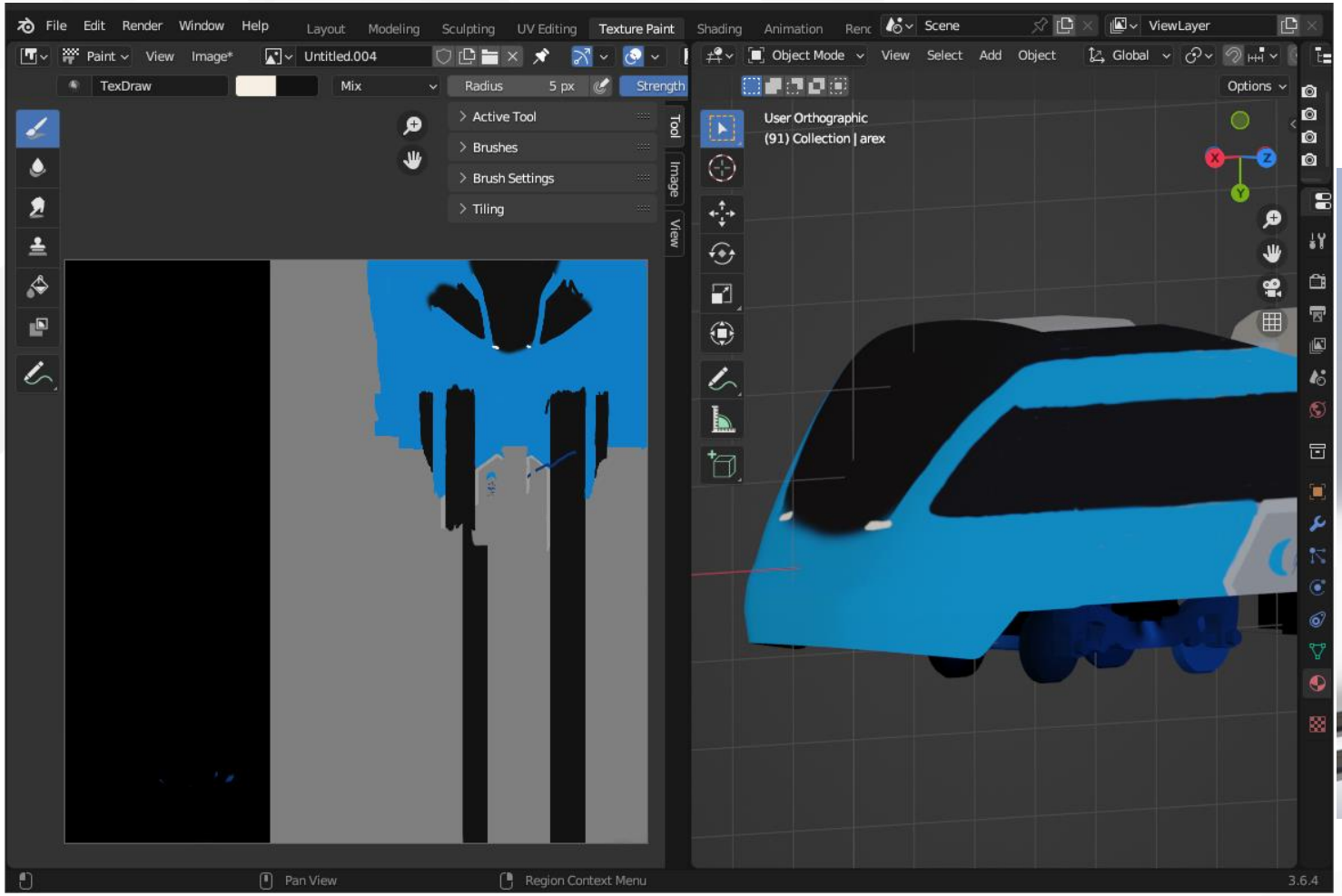
- OBJ 파일에 좌표값을 넣는것은 Blender를 이용해 작업할 수 있다.



1. ParaView 렌더링

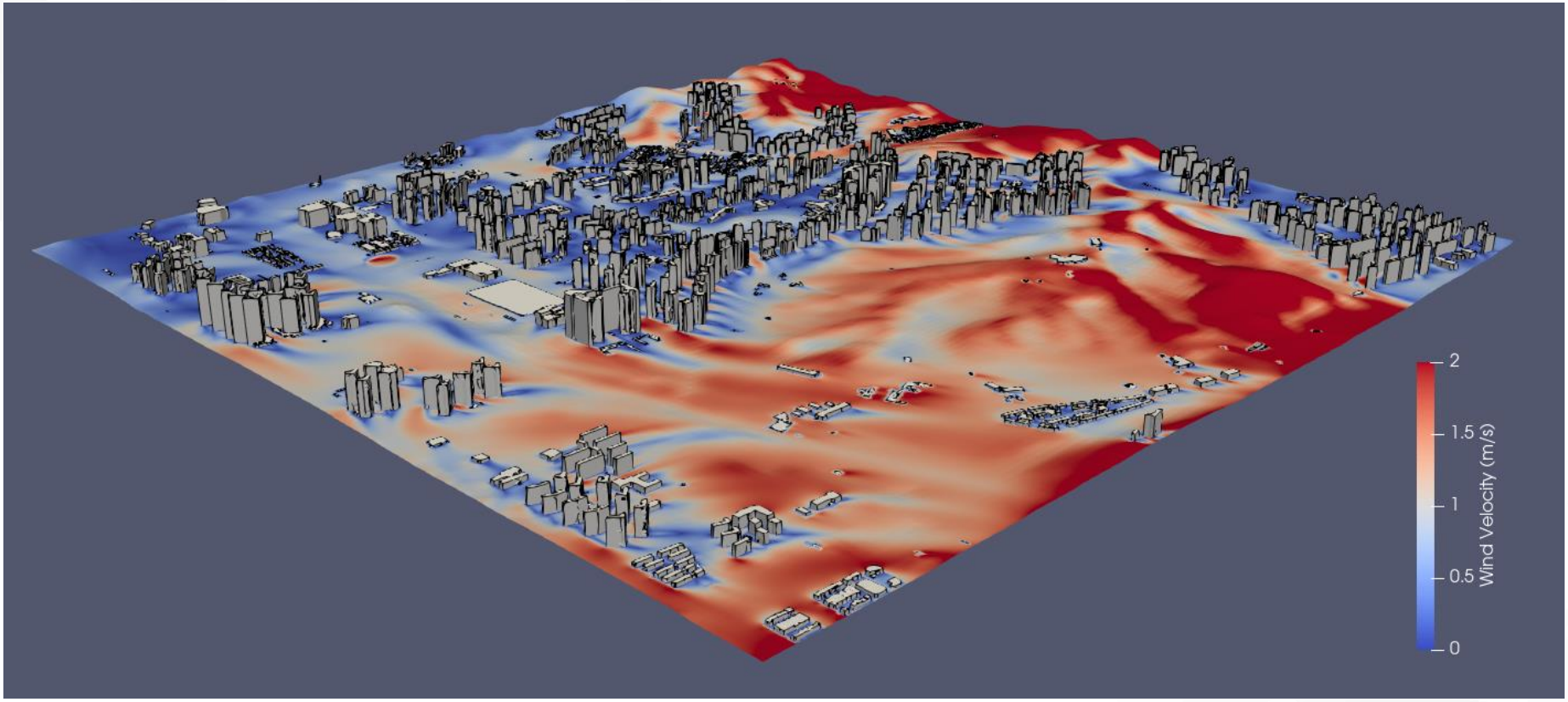
우측 사진 출처: 포커스 인천 뉴스
http://www.focusincheon.com/news/articleView.html?idxno=1767

2. 텍스쳐
   - 주의! 금손만 작업하세요...

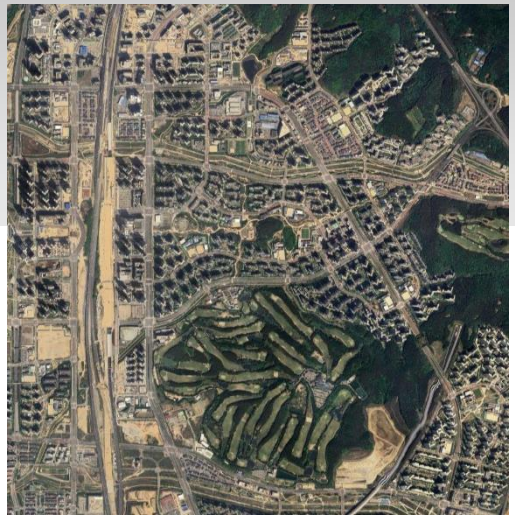


1. ParaView 렌더링

2. 텍스쳐
   - 동탄지역의 주변 건물과 지형으로 인한 빌딩풍을 모사한 표고 2m 바람의 속도장이다.
   - 지형과 건물을 전부 따와 모사했지만 그에 비해 지형이 와닿지 않는다.

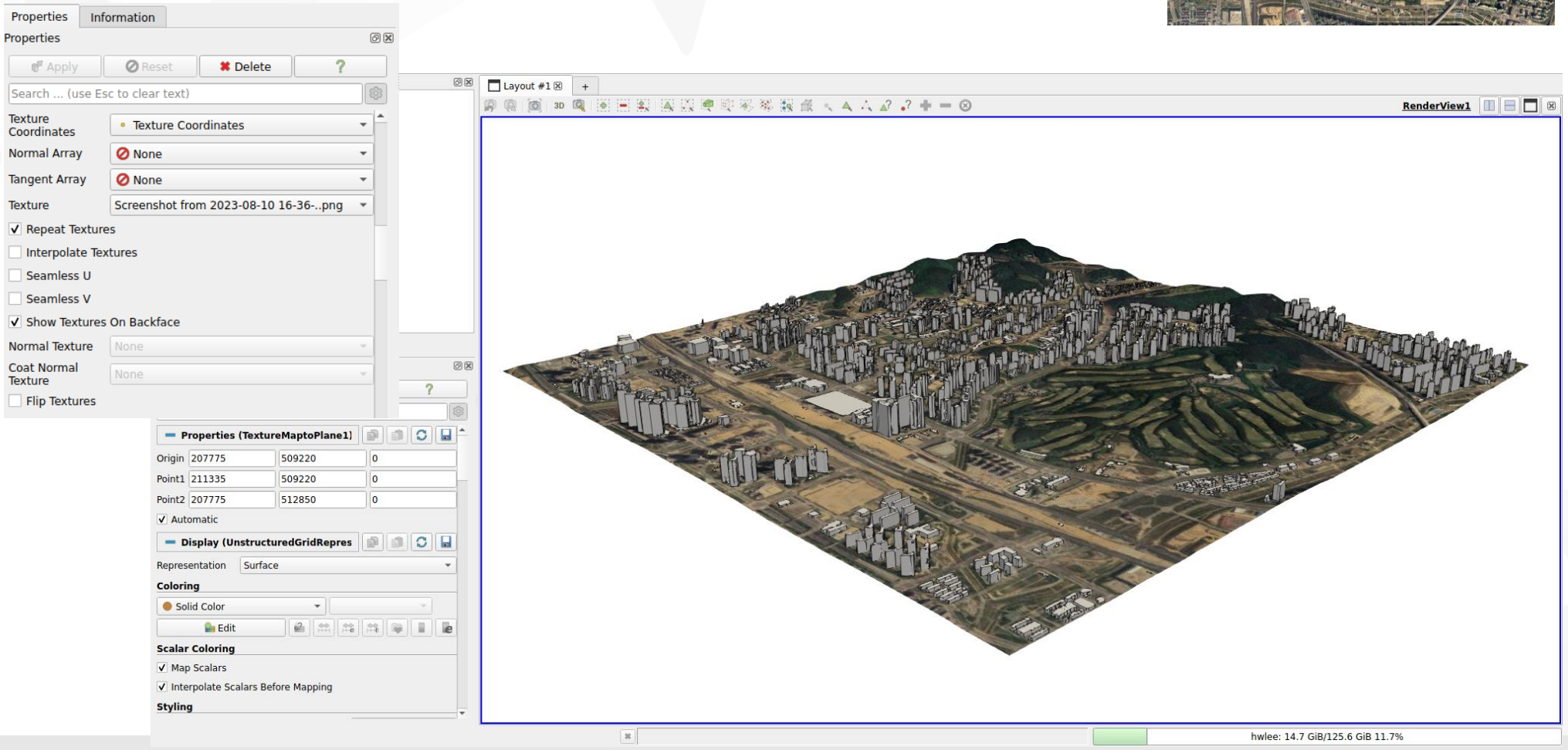


1. ParaView 렌더링



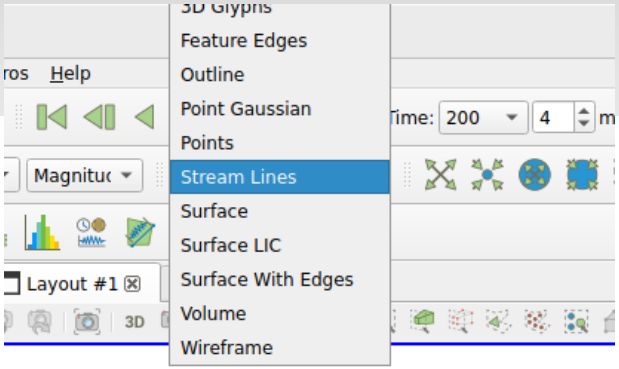
2. 텍스쳐

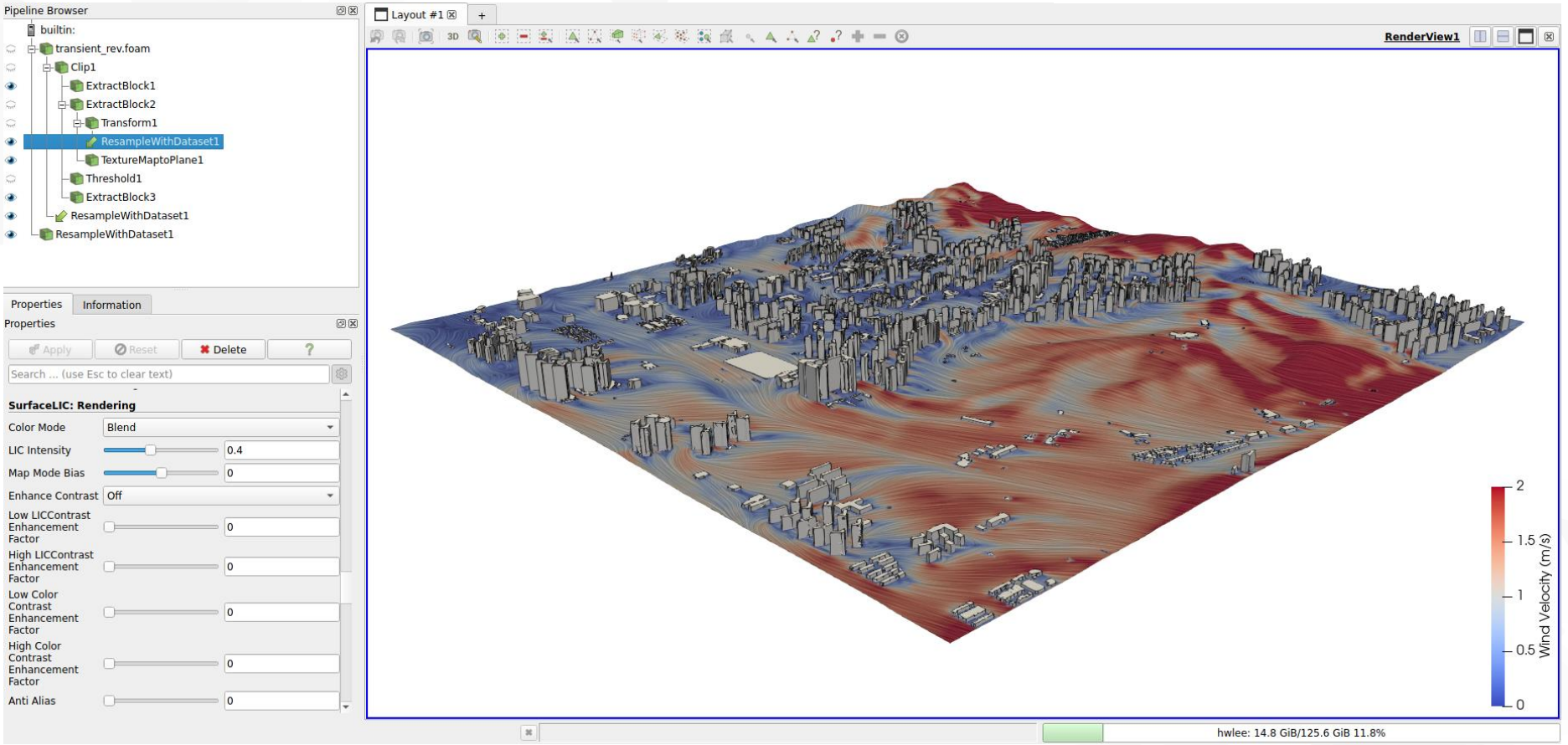
- TextureMaptoPlane() 필터를 이용해 면에 텍스쳐를 입힐 수 있다.
- 구글 맵에서 따온 이미지를 우리가 생성한 3D 지형에 정사영하여 입힌다.



1. ParaView 렌더링

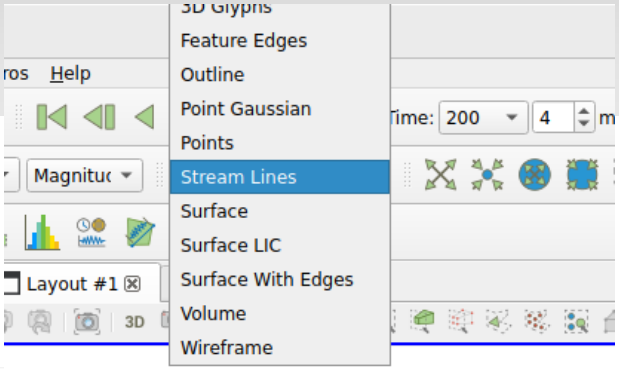
3. Representation
   - Surface LIC Rendering (plugin)
   - 표면에 라인을 추가해 유선을 모사하여 볼 수 있게 해줌

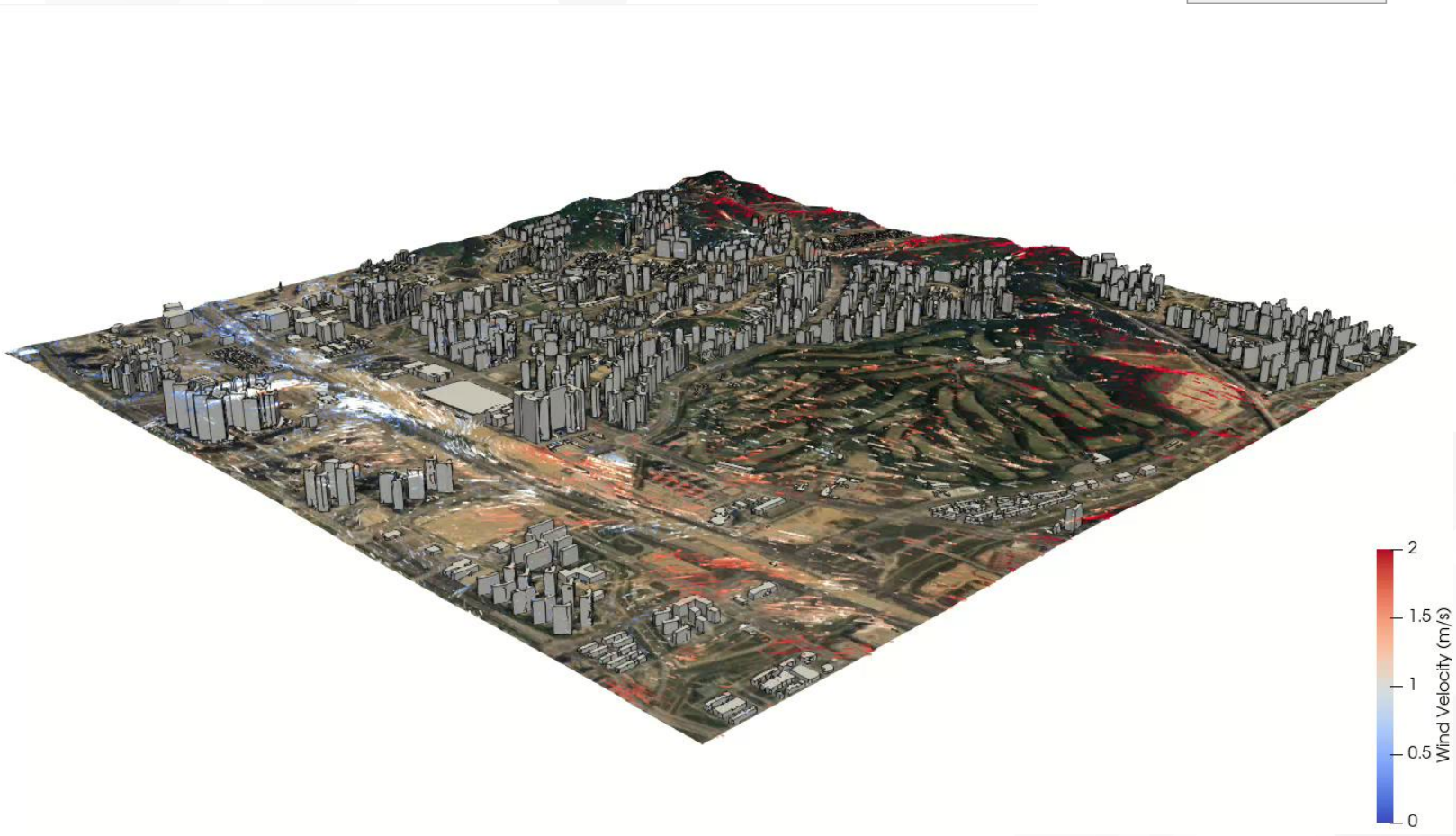




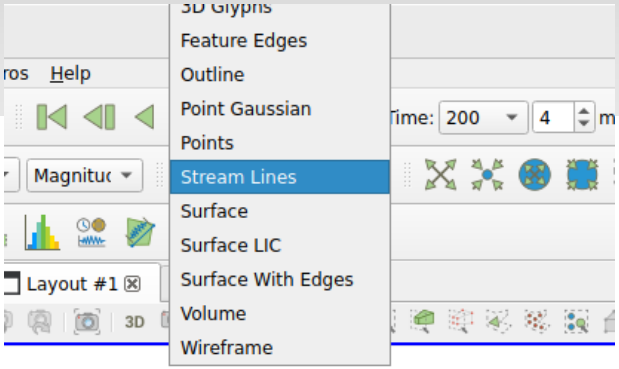
1. ParaView 렌더링

3. Representation
   - Stream Line Rendering (plugin)
   - 움직이는 스트림 라인을 추가해줌



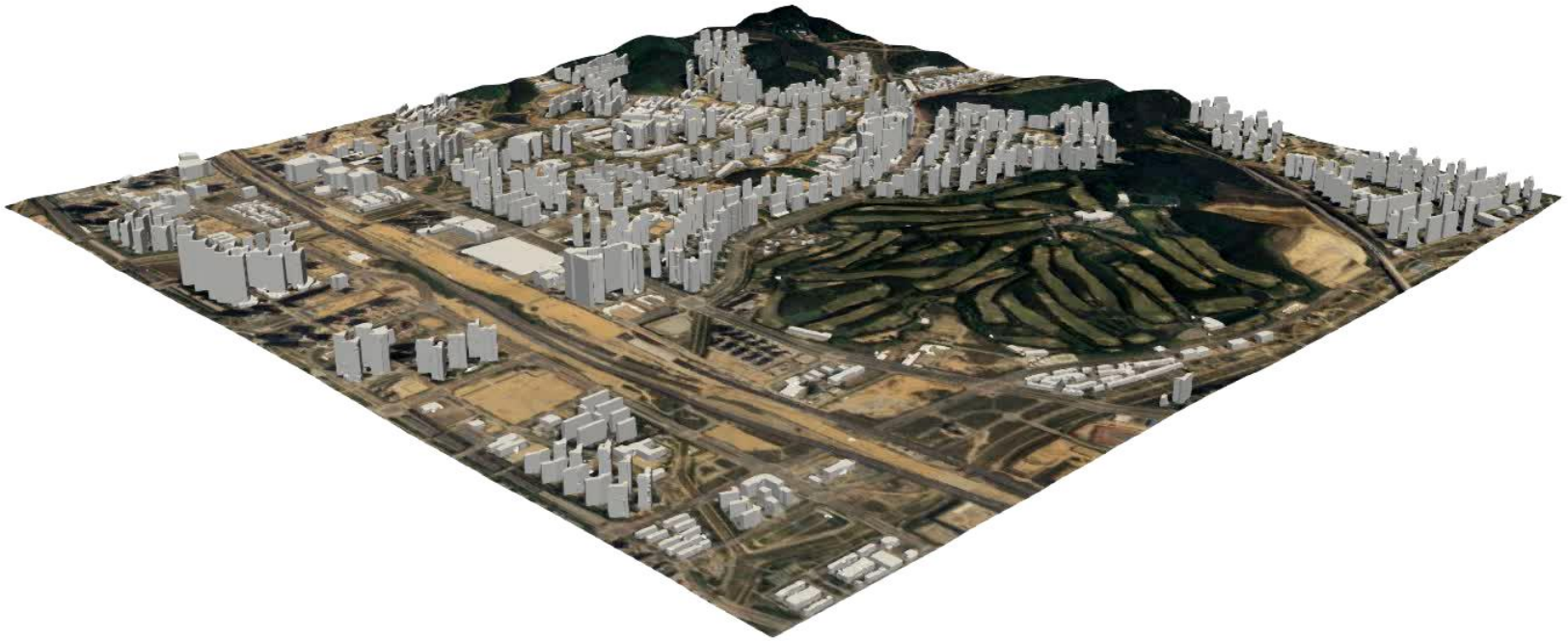


1. ParaView 렌더링



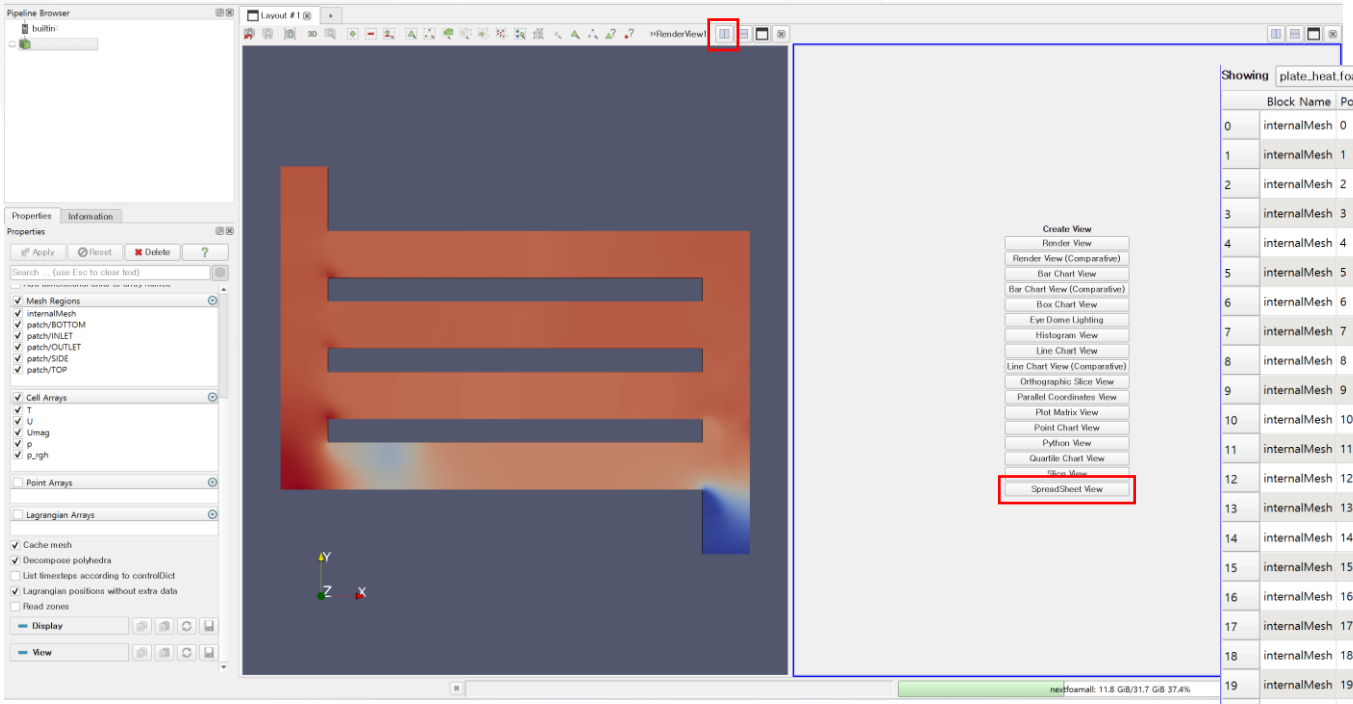
3. Representation
   - Volume Rendering
   - 가스나 특정 소스 등이 어디에 얼마나 뭉쳐 있는지 가시화 해줌

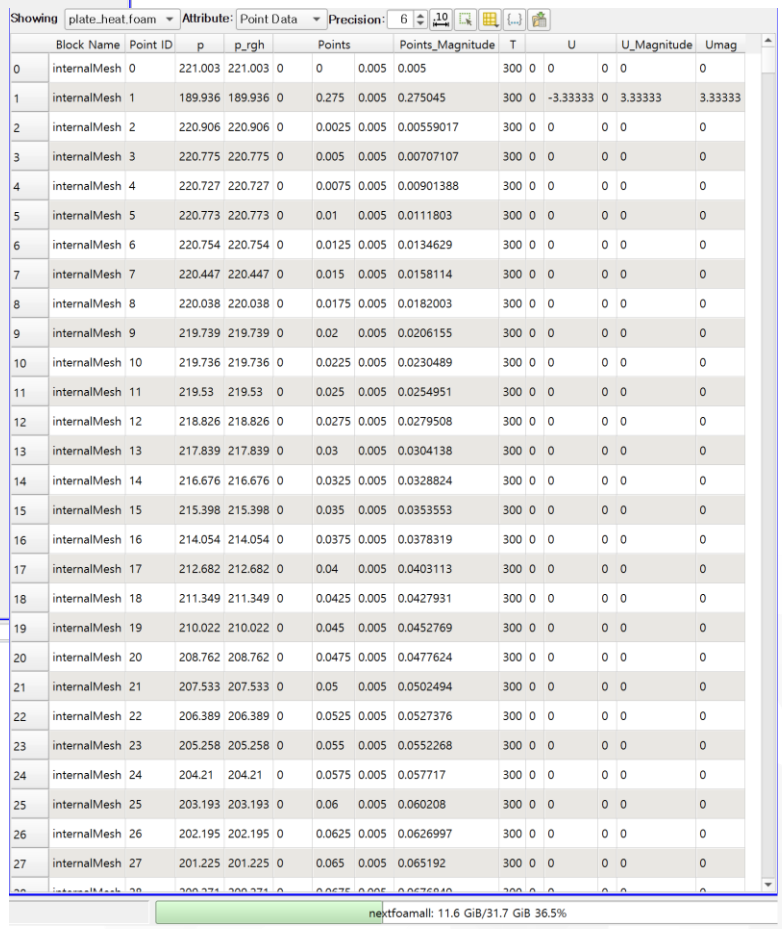
Time: 0 s



2. ParaView 데이터 처리

1. Spread sheet
   - ParaView의 View 중 Spreadsheet View를 통해 데이터를 직접적으로 확인할 수 있다.

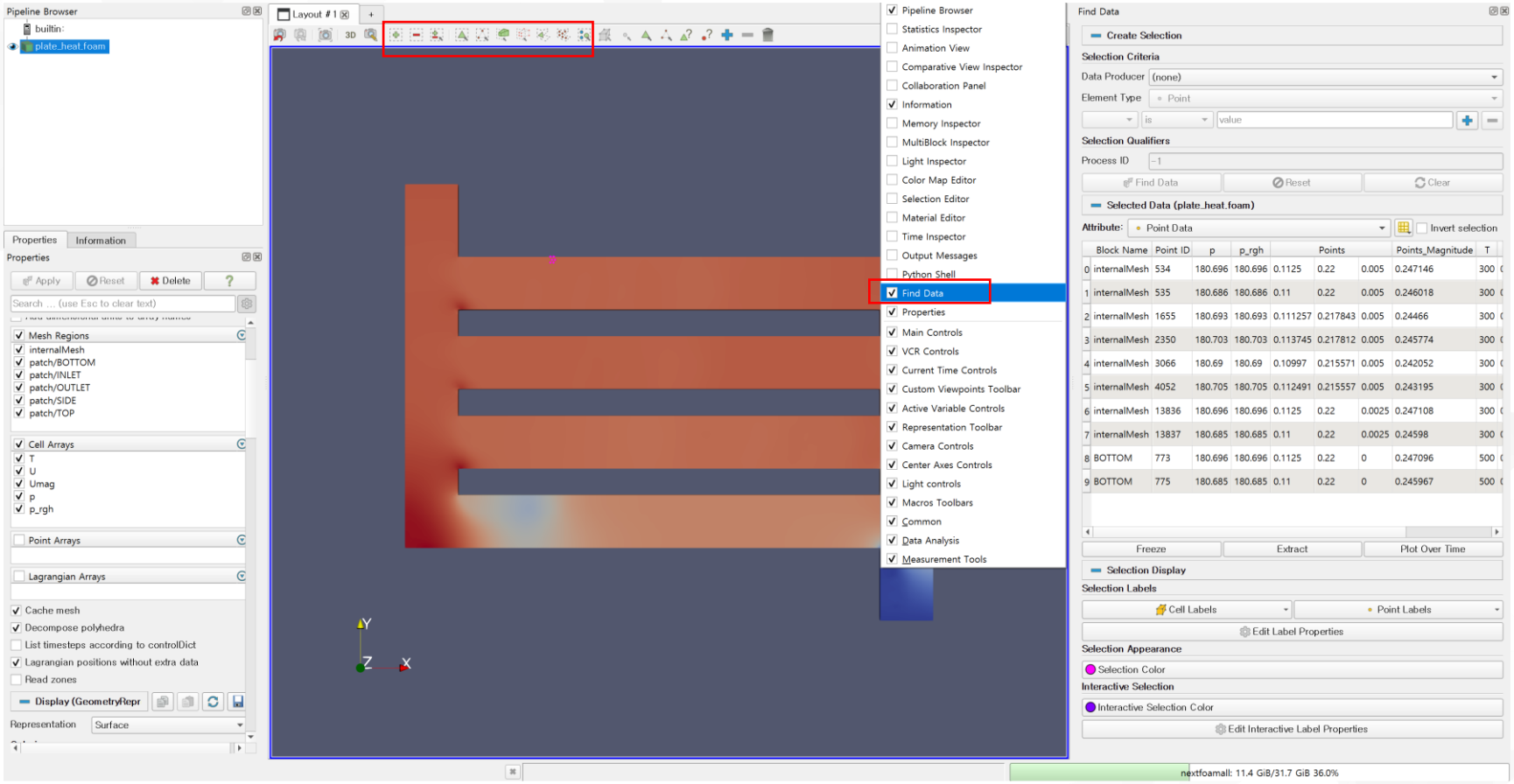




2. ParaView 데이터 처리

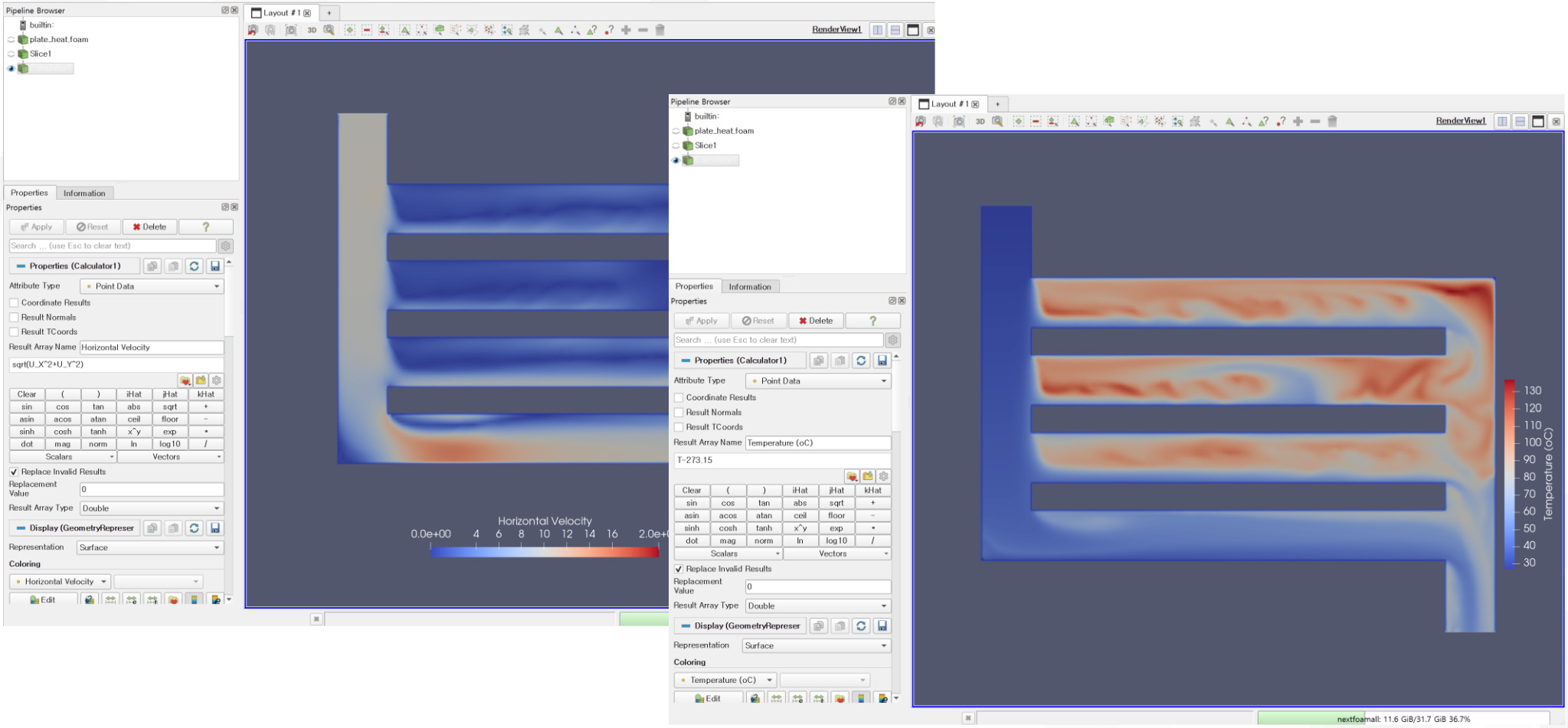
2. Find data

- ParaView 5.11 부터 추가된 기능
- 상단 툴바에서 Find Data 탭을 활성화 시키면 내가 원하는 셀의 데이터를 확인할 수 있다.



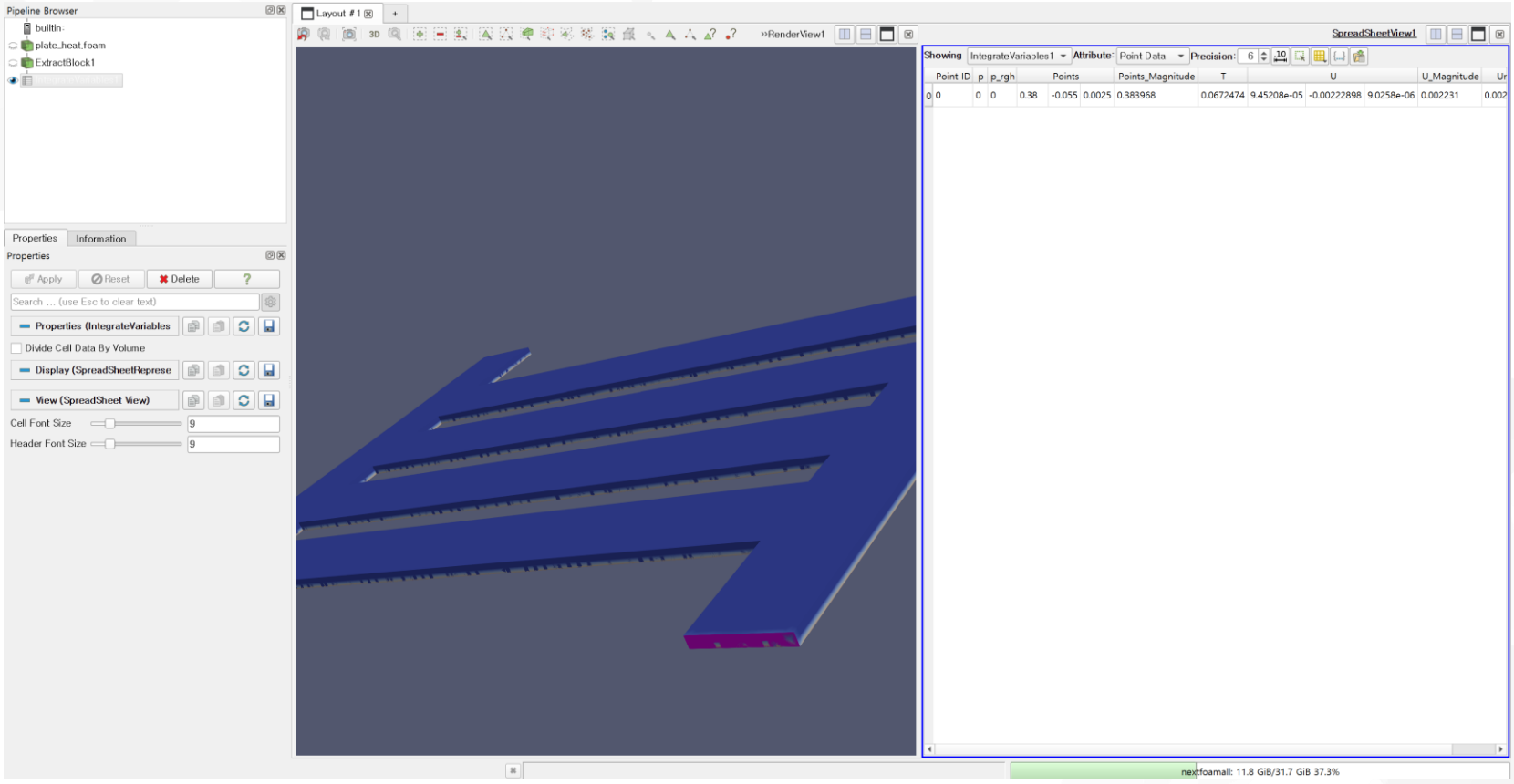
2. ParaView 데이터 처리

3. Calculator
   - Cell Value를 가공하여 새로운 데이터로 만들 수 있는 필터
   - 절대 온도에 273.15를 감산해 섭씨로 만들거나 벡터의 원하는 성분만 뽑아서 확인할 수 있다.



2. ParaView 데이터 처리

4. integrateVariable
   - 해당 Field의 값을 Area나 Volume으로 적분하여 하나의 값으로 보여주는 필터
   - 원하는 patch (outlet, inlet 등) 에서 부피 유량을 찾아낼 수 있다.
   - 따라서 해당 케이스에서 유량은 0.002231 m^3/s



2. ParaView 데이터 처리

5. Pvpython과 Fetch()

- ParaView의 여러 기능들은 pvpython 모듈을 이용해 python을 통해 제어할 수 있다.
- Pvpython 내에서 정보들은 객체화된 형태로 저장된다. 따라서 얻은 정보에 바로 접근할 수 없다.
- Fetch() 함수를 이용해 vtk 정보를 python에서 제어할 수 있는 int나 double 형태로 추출할 수 있다.

```
outletVariable = IntegrateVariables(Input=outlet_block)
outlet_data = paraview.servermanager.Fetch(outletVariable)
outlet_pressure_integ = outlet_data.GetCellData().GetArray('p').GetValue(0)
outlet_area = outlet_data.GetCellData().GetArray('Area').GetValue(0)
outlet_pressure = outlet_pressure_integ / outlet_area
```

목표 : Outlet의 평균 압력 추출

1. IntegrateVariables 필터를 이용해 outlet patch의 면적 적분 값을 생성한다.
2. Servermanager.Fetch() 함수를 이용해 '적분된 data'를 사용할 수 있는 '변수'로 변환한다.
3. GetCellData().GetArray('p').GetValue(0) 함수를 사용해 대상 객체의 행렬 중 첫번째 셀의 'p' 스칼라 값을 반환한다.
4. GetCellData().GetArray('Area').GetValue(0) 함수를 사용해 대상 객체의 행렬 중 첫번째 셀의 넓이 값을 반환한다.
   * (IntegrateVariables 필터를 사용했기 때문에 첫번째 셀에 적분 값이 저장된다.)
5. 적분된 압력을 넓이로 나누어 평균 압력을 저장한다.

3. 보고서 자동화

1. 객체 제어

- 자동화를 위해 임의의 입력 파일에 대한 데이터 구조를 스크립트 스스로 판단할 수 있는 알고리즘 필요
- 대상의 기하 구조 판단을 위해 케이스의 Hierachy 정보를 추출

  → GetHeirachy() 함수 사용해 Multi-block 내 각 block의 이름을 저장

```
# case data를 불러옴.
foam_case_data = import_foam_case(str(self.input_dict['filename']))

node_path_list = []
hierarchy = foam_case_data.GetDataInformation().DataInformation.GetHierarchy()
node_path_list.append(hierarchy.GetNodePath(0))
for i in hierarchy.GetChildNodes(0):
    node_path_list.append(hierarchy.GetNodePath(i))
```

- 조건문을 사용해 inlet, outlet 과 같은 특정 patch의 주소를 딕셔너리 형태로 저장 가능
- ExtractBlock 함수를 사용해 block의 데이터를 사용하기 편하게 분리하여 객체 형태로 저장

```
def find_index(self, node_path_list):
    index_dict = {"internal": [], "inlet": [], "outlet": [], "Patches": []}
    for node_path in node_path_list:
        if 'internalMesh' in node_path:
            index_dict["internal"] = [node_path]
        elif 'boundary' == node_path:
            if 'inlet' in node_path.lower():
                index_dict["inlet"] = [node_path]
            elif 'outlet' in node_path.lower():
                index_dict["outlet"] = [node_path]

    return index_dict
```

```
def extractBlock(foam_case_data, node_path):

    extractblock1 = ExtractBlock(Input=foam_case_data)
    extractblock1.Selectors = node_path
    extractblock1.UpdatePipeline()

    return extractblock1
```

3. 보고서 자동화

2. 렌더 뷰 컨트롤

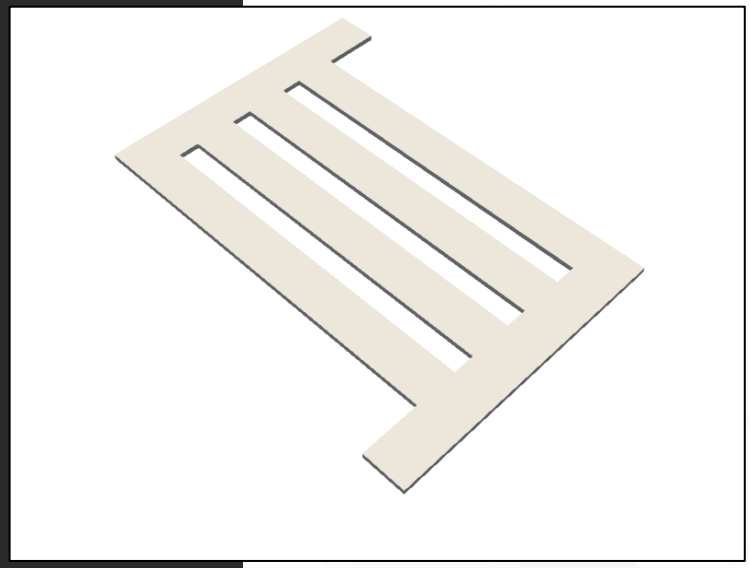
- 자동으로 카메라의 시점을 조절하기 위해서는 대상 객체의 기하정보 필요

  → GetDataInformation().GetBounds() 함수 사용

```
>>> geo_minmax_list = list(foam_case_data.GetDataInformation().GetBounds())
>>> geo_minmax_list
[0.0, 0.4000000059604645, -0.054999999701976776, 0.2750000059604645, 0.0, 0.004999999888241291]
```

- 기하 정보를 이용하여 임의의 객체에 대한 isometric 시점의 RenderView를 생성가능

```
def create_isometric_view(geo_minmax_list, type='forward', name='Isometric view'):

    x_length = geo_minmax_list[1] - geo_minmax_list[0]
    y_length = geo_minmax_list[3] - geo_minmax_list[2]
    z_length = geo_minmax_list[5] - geo_minmax_list[4]

    ref_length = (x_length ** 2 + y_length ** 2 + z_length ** 2) ** 0.5

    center_x = (geo_minmax_list[0] + geo_minmax_list[1]) / 2
    center_y = (geo_minmax_list[2] + geo_minmax_list[3]) / 2
    center_z = (geo_minmax_list[4] + geo_minmax_list[5]) / 2

    # Create a new 'Render View'
    isometricview1 = CreateView('RenderView')
    isometricview1.ViewSize = [800, 600]
    isometricview1.CenterOfRotation = [center_x, center_y, center_z]
    isometricview1.StereoType = 'Crystal Eyes'
    isometricview1.CameraPosition = [center_x - 0.8 * ref_length,
                                     center_y + 0.8 * ref_length, center_z + 1.2 * ref_length]
    isometricview1.CameraViewUp = [0.5, -0.5, 0.5]
    isometricview1.CameraFocalPoint = [center_x - 0.15 * x_length, center_y + y_length * 0.15, center_z]
    isometricview1.Background = [1.0, 1.0, 1.0]
```



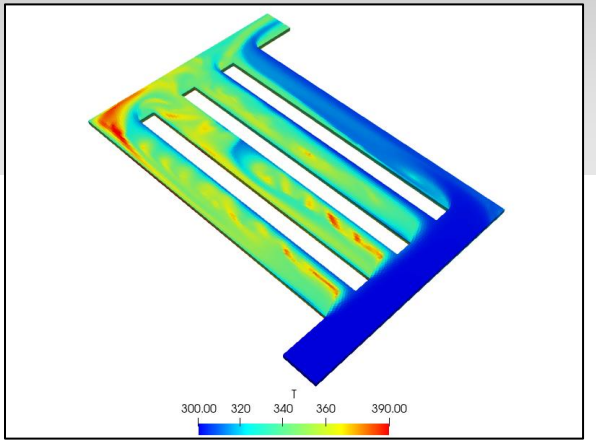
3. 보고서 자동화

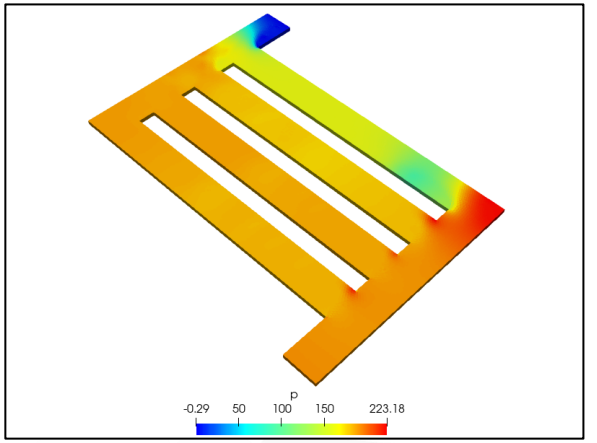
3. 밸류 렌더링

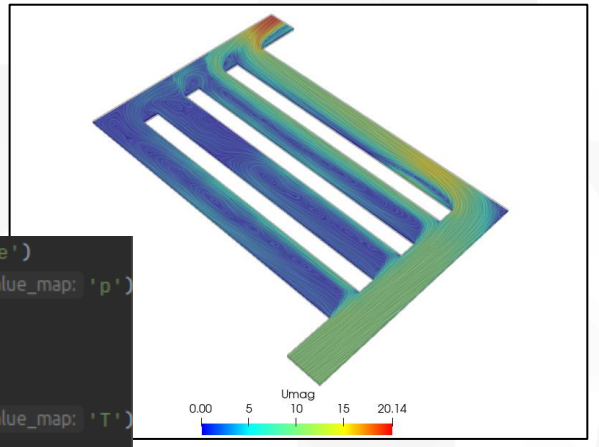
- 원하는 스칼라와 객체를 렌더뷰에 투영
- GetArray()와 GetRange() 함수를 이용해 최대 최소 값과 RGB 값 조절
- Python의 적절한 활용으로 여러 이미지를 자동으로 출력

```
def solid_view(contour_object, renderview1, value_map='nan'):
    # show data in view
    solid_display = Show(contour_object, renderview1, 'GeometryRepresentation')
    solid_display.Representation = 'Surface'

    ColorBy(solid_display, ('CELLS', value_map, 'Magnitude'))

    LUT = GetColorTransferFunction(value_map)
    scalar_map = contour_object.PointData.GetArray(value_map).GetRange()
    uLUT_min = scalar_map[0]
    uLUT_max = scalar_map[1]

    LUT.ApplyPreset('Jet', True)
    LUT.RGBPoints = [uLUT_min, 0.0, 0.0, 1.0,
                     uLUT_min + (uLUT_max - uLUT_min) * 0.25, 0.0, 1.0, 1.0,
                     uLUT_min + (uLUT_max - uLUT_min) * 0.5, 0.5, 1.0, 0.5,
                     uLUT_min + (uLUT_max - uLUT_min) * 0.75, 1.0, 1.0, 0.0,
                     uLUT_max, 1.0, 0.0, 0.0]
    LUT.NanColor = [1.0, 0.0, 0.0]
    LUT.ScalarRangeInitialized = 1.0
```

```
isometricview1, layout1 = create_isometric_view(self.geo_minmax_dict['internal'], name='Total Pressure')
[pressure_display, total_pressure_view1] = solid_view(self.block_dict['internal'], isometricview1, value_map: 'p')
SaveScreenshot(str(self.png_dir / 'isometric_total_pressure.png'), view=total_pressure_view1)

isometricview2, layout2 = create_isometric_view(self.geo_minmax_dict['internal'], name='Temperature')
[temperature_display, temperature_view1] = solid_view(self.block_dict['internal'], isometricview2, value_map: 'T')
SaveScreenshot(str(self.png_dir / 'isometric_temperature.png'), view=temperature_view1)
```







3. 보고서 자동화

4. py-pptx

- Python 패키지 py-pptx를 이용해 pptx 파일을 자동 생성
- 슬라이드를 생성하고 텍스트 박스, 그림, 표를 만들수 있음

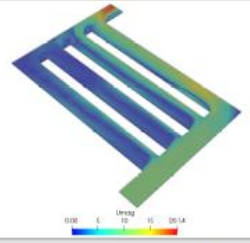
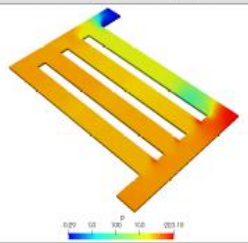
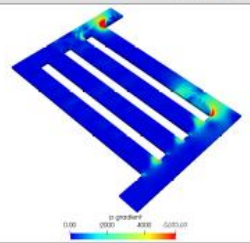
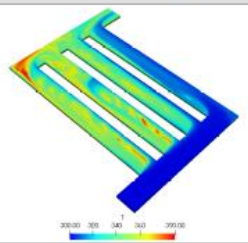
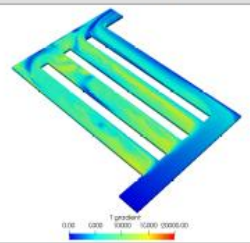
```
# ppt 객체 생성
presentation = pptx.Presentation()
# 새 slide 생성
slide_layout = presentation.slide_layouts[6]
slide1 = presentation.slides.add_slide(slide_layout)

# slide 제목 생성
txBox = slide1.shapes.add_textbox(Cm(0.5), Cm(0.5), Cm(8), Cm(3))
tf = txBox.text_frame
p = tf.paragraphs[0]
p.text = "* Pressure Drop
p.alignment = PP_ALIGN.LE
p.font.size = Pt(12)
p.font.name = 'Times New
```

```
def make_table_slide(slide, cols, rows, data, title_left, title_top):

    # 셀 크기 설정
    first_col_width = Cm(2)
    col_width = Cm(3.5)
    row_height = Cm(1)

    # table 위치 및 크기 설정
    table_width = cols * col_width + first_col_width
    table_height = rows * row_height
    left = title_left
    top = title_top + p.font.size + row_height / 2

    # 행렬 생성
    shape = slide.shapes.add_table(rows, cols, left, top, table_width, ta
    table = shape.table
```

```
#이미지 붙여넣기
solid_image = os.path.join(address, 'solid_isometricview.png')
slide1.shapes.add_picture(solid_image, Cm(0), Cm(2), Cm(10), Cm(7.5))
```

제목	판형 열교환기 Type A 유체 Type B				
입구 유량	0.5 kg/s	입구 온도	300 K	벽면 온도	500 K

■ 해석 결과

Solid View	Streamline (m/s)
	
Total Pressure (Pa)	**Pressure Gradient (Pa/m)**
	
Temperature (K)	**Temperature Gradient (K/m)**
	
Pressure Drop (Pa)	**Temperature Increment (K)**
189.79	36.23

작성자	Hyunwoong Lee	작성일자	2023-09-20_12-52	NextFOAM Co., LTD.

요약 및 결론

1. 오픈 소스 소프트웨어인 ParaView의 다양한 **렌더링 방식**에 대해 알아보았다.
2. ParaView로 읽은 case **데이터를 활용하는 방식**에 대해 알아보았다.
3. 미리 정해놓은 **렌더링 뷰**를 사용해 **이미지나 영상을 자동으로 출력**할 수 있었다.
4. python-pptx 라이브러리를 연동해 **자동으로 보고서를 출력**했다.

다수의 케이스를 이용해 다량의 보고서를 만들어야 할 때, 한 번 스크립트를 만들어 두면 효과적으로 보고서를 자동화 할 수 있다!

중요한 장면들은 여러 렌더링 기법을 통해 강조하면 좋다.

감사합니다.