

Casi applicativi del BIM nelle infrastrutture e nel tunneling

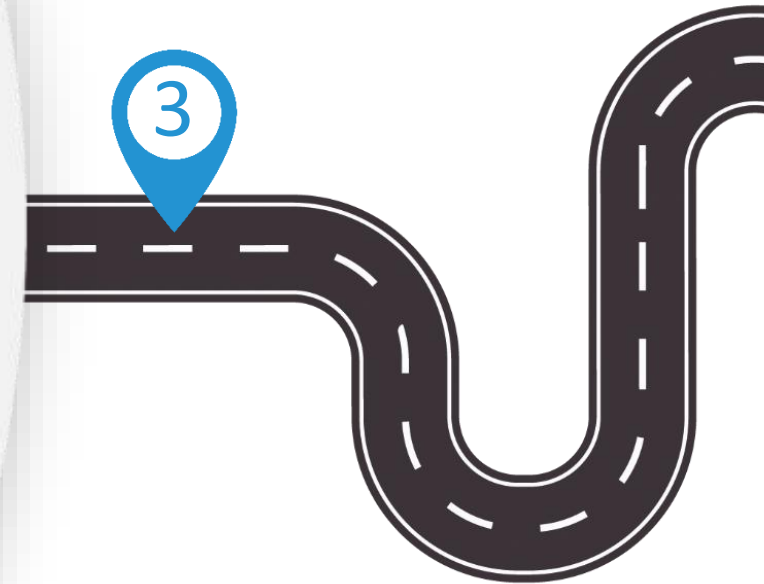
Arch. Christian Pallaria | *BIM Manager*

Ing. Danilo Vercellino | *BIM Department Manager*



TORINO

LINGOTTO - AULA MAGNA
19 NOVEMBRE 2019



cosa NON vi dirò oggi...

- NON VI DIRO' quanto è bello e quanto si risparmia usando il BIM
- NON VI DIRO' che passare al BIM è più conveniente in termini di tempo e costi
- NON VI DIRO' che passare al BIM diventerà obbligatorio nei prossimi anni
- NON VI DIRO' nulla in merito agli standard che regolamentano

Vi racconterò una storia....
l'utilizzo del BIM



Tanto tempo fa si parlava di BIM...

Era il lontano 2012...

Geodata vinse la progettazione della Linea 2 della metropolitana di Lima in Perù

Decidemmo di saltare dall'altra parte...
decidemmo che avremmo realizzato il progetto in
BIM

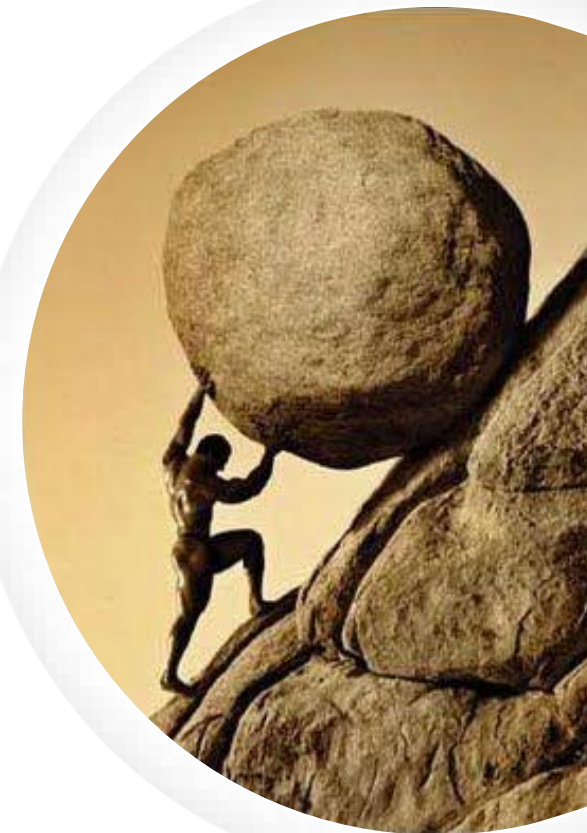
Lì tutto ebbe inizio....



Tanto tempo fa si parlava di BIM...

Da allora abbiamo realizzato:

- **Più di 70 progetti** realizzati con tecnologia BIM, di cui almeno 20 con un approccio FULL BIM a 360° (anche per la gestione dell'informazione)
- Circa **300 manufatti** tra stazioni, pozzi o edifici fuori terra
- Più di **500 Km di linee** fra metro e ferrovie



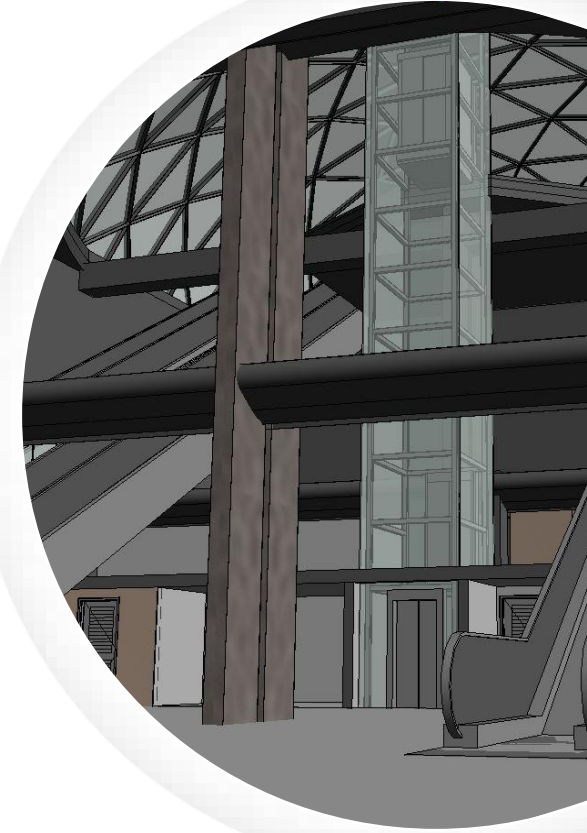
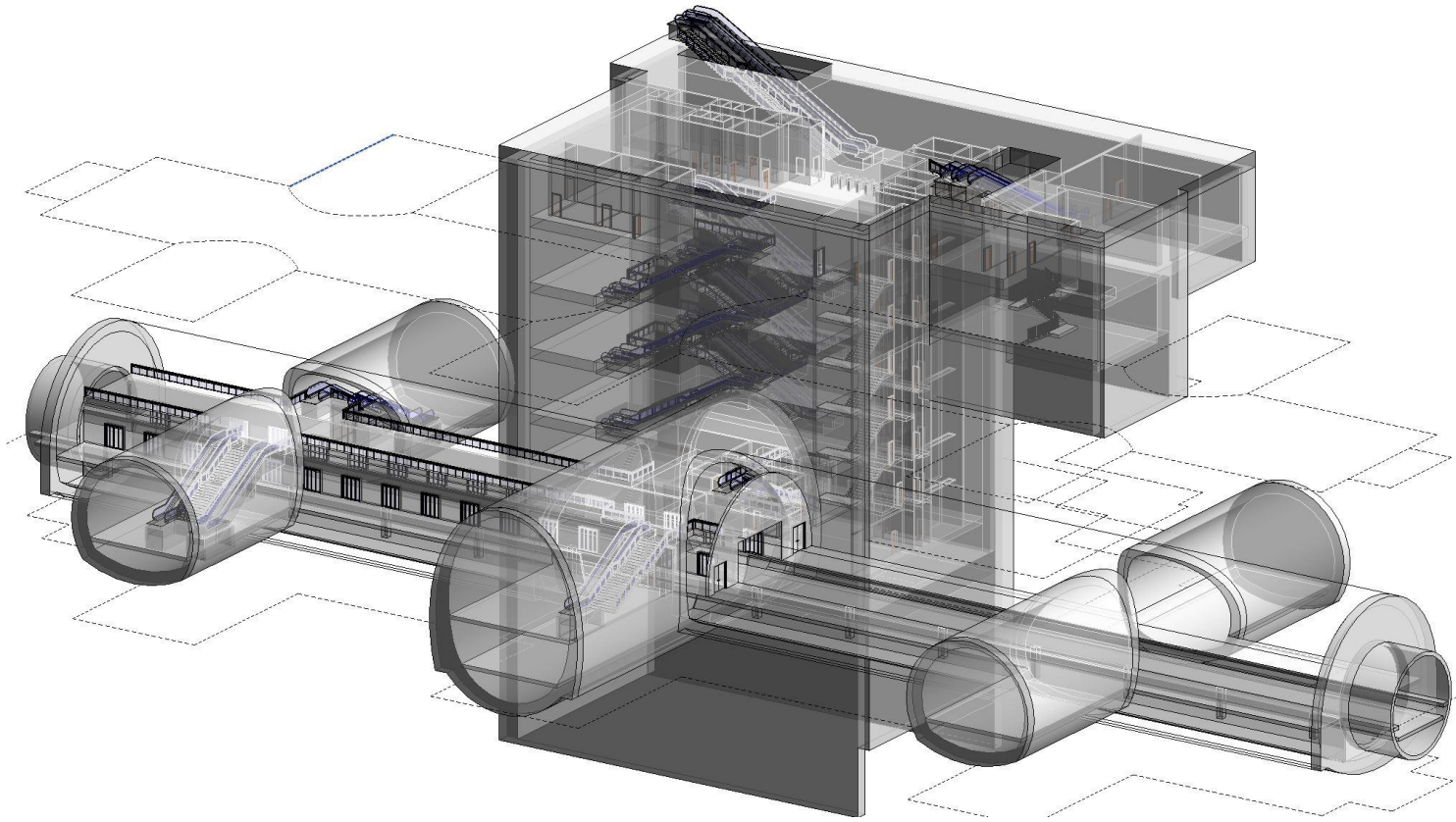
Da allora...abbiamo realizzato in BIM:

1. Progettazione preliminare di alcune stazioni della linea **RED Line della Metro di Doha**
2. Progettazione preliminare di tutte le stazioni (35) della **metro di Lima linea 2**
3. Progettazione preliminare di 22 stazioni della **Metro di Curitiba**.
4. Studio di alcune stazioni della **Metro di Quito**
5. Progettazione esecutiva di alcune stazioni della **Metro Sao Paulo**
6. Studio costruttivo della caverna **3PS a Monaco**
7. Progettazione di una **tratta urbana della linea NFSC a Sydney** di lunghezza 6km con 3 stazioni
8. Progetto di due stazioni **metropolitane a Mosca**
9. Progetto completo BIM di 6 **linee della metropolitana di Istanbul**
10. Santiago del Cile – **Ferrovia Santiago-Batuco**
11. **Forrestfield Airport Link** – Perth Australia
12. **Tunnel di base del Brennero** (tender design)
13. **Centrale idroelettrica «El Bala»** - Bolivia
14. **Metro Melbourne**: tunnel e progettazione dei conci

Tools personalizzati per la realizzazione e l'accelerazione dei processi di progettazione e modellazione BIM in ambito infrastrutturale

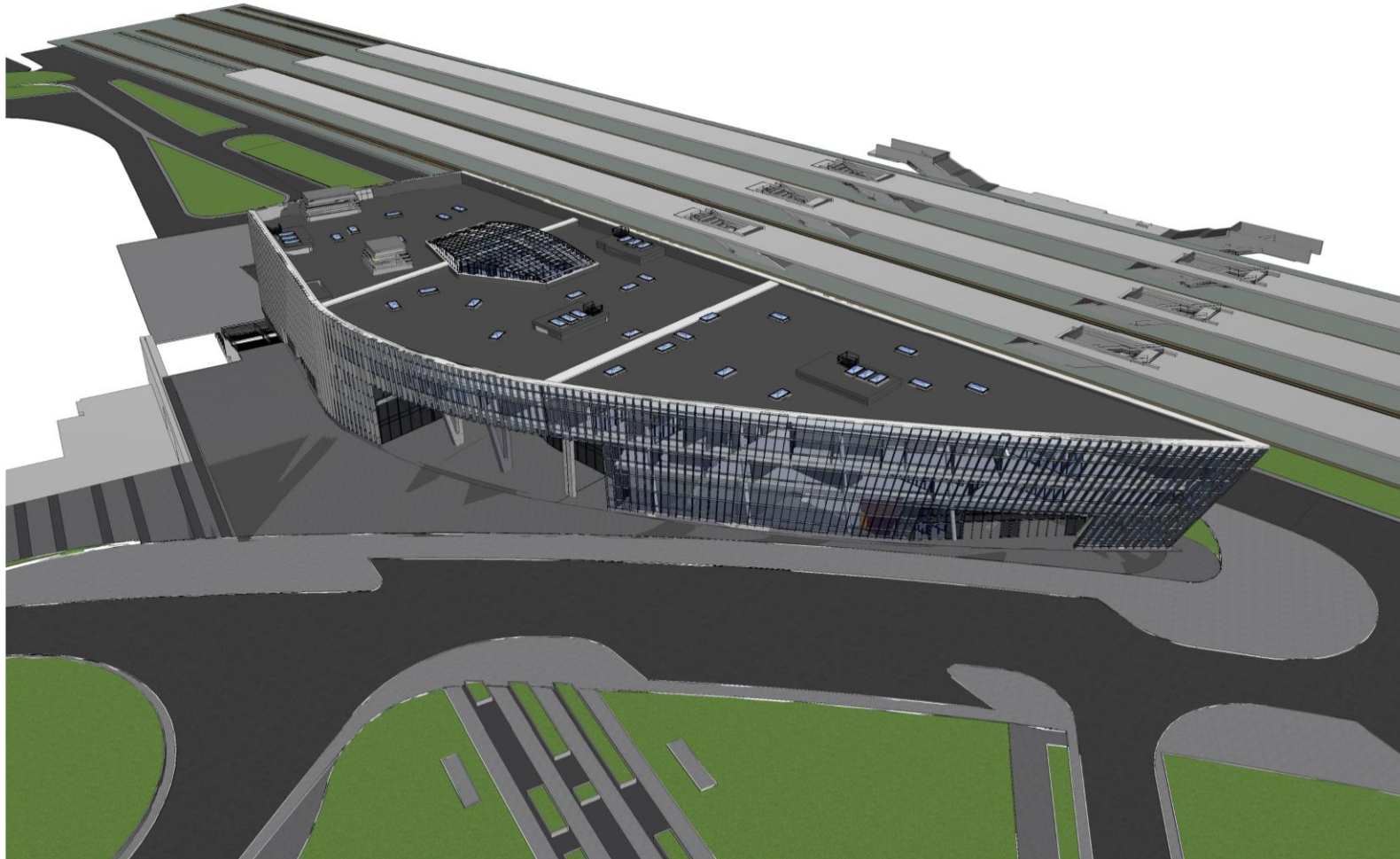


Alcuni esempi...



Metro Curitiba, Brasile

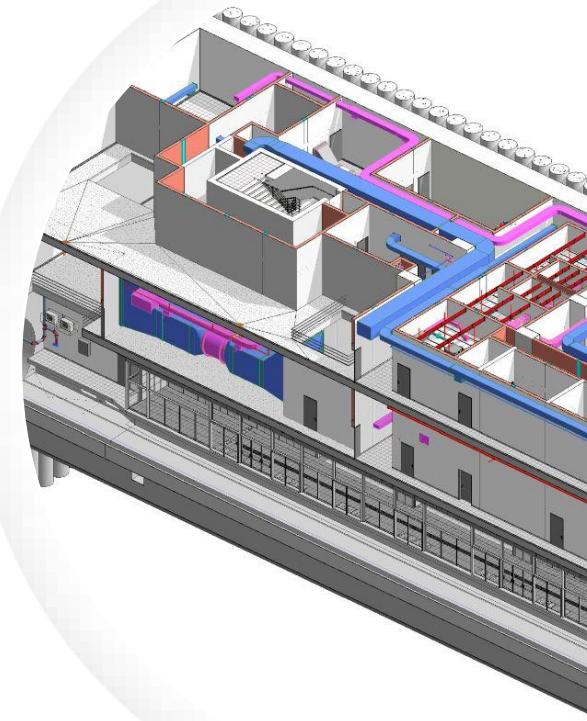
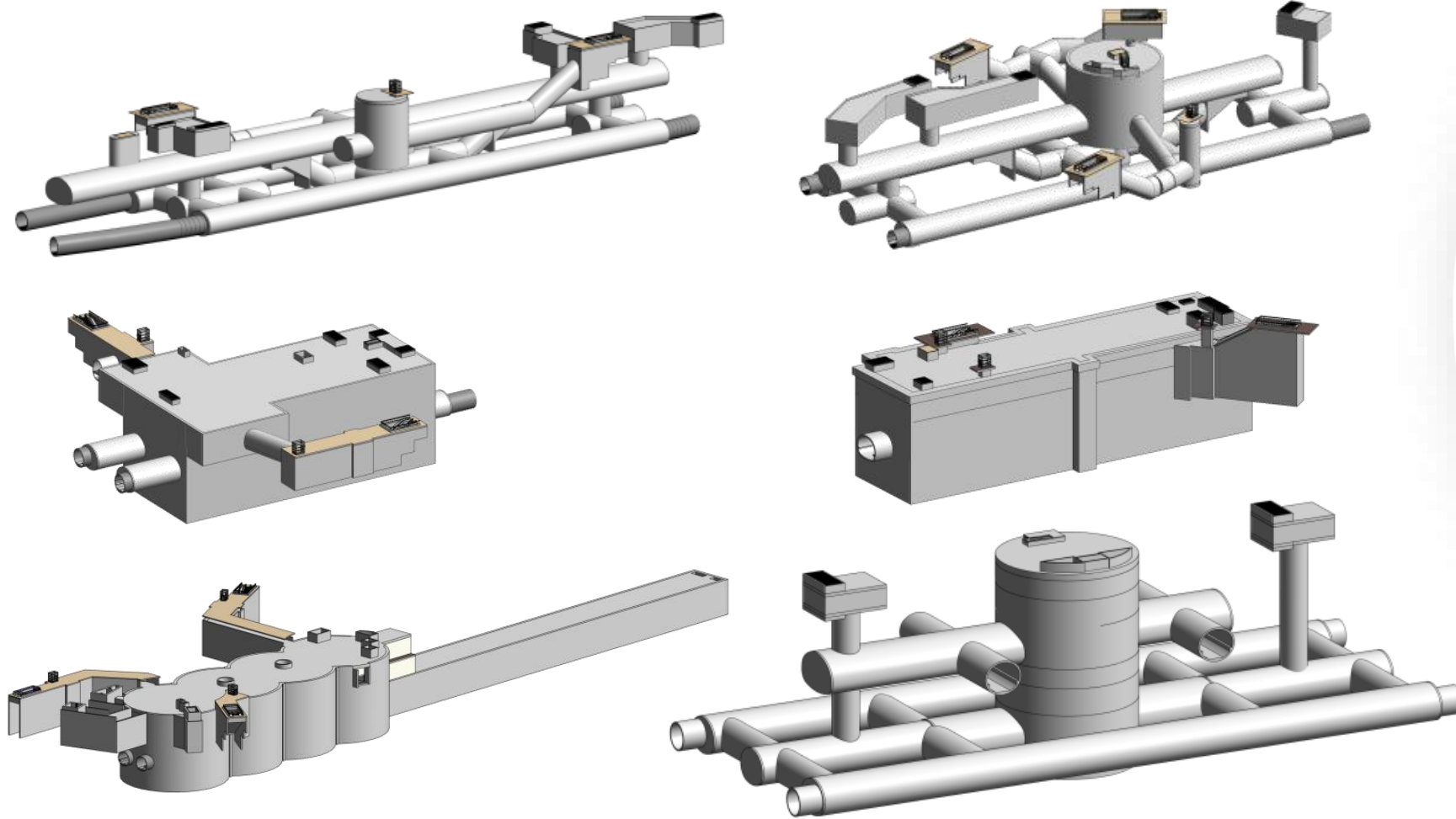
Alcuni esempi...



Stazione intermodale Metro Mosca, Russia



Alcuni esempi...

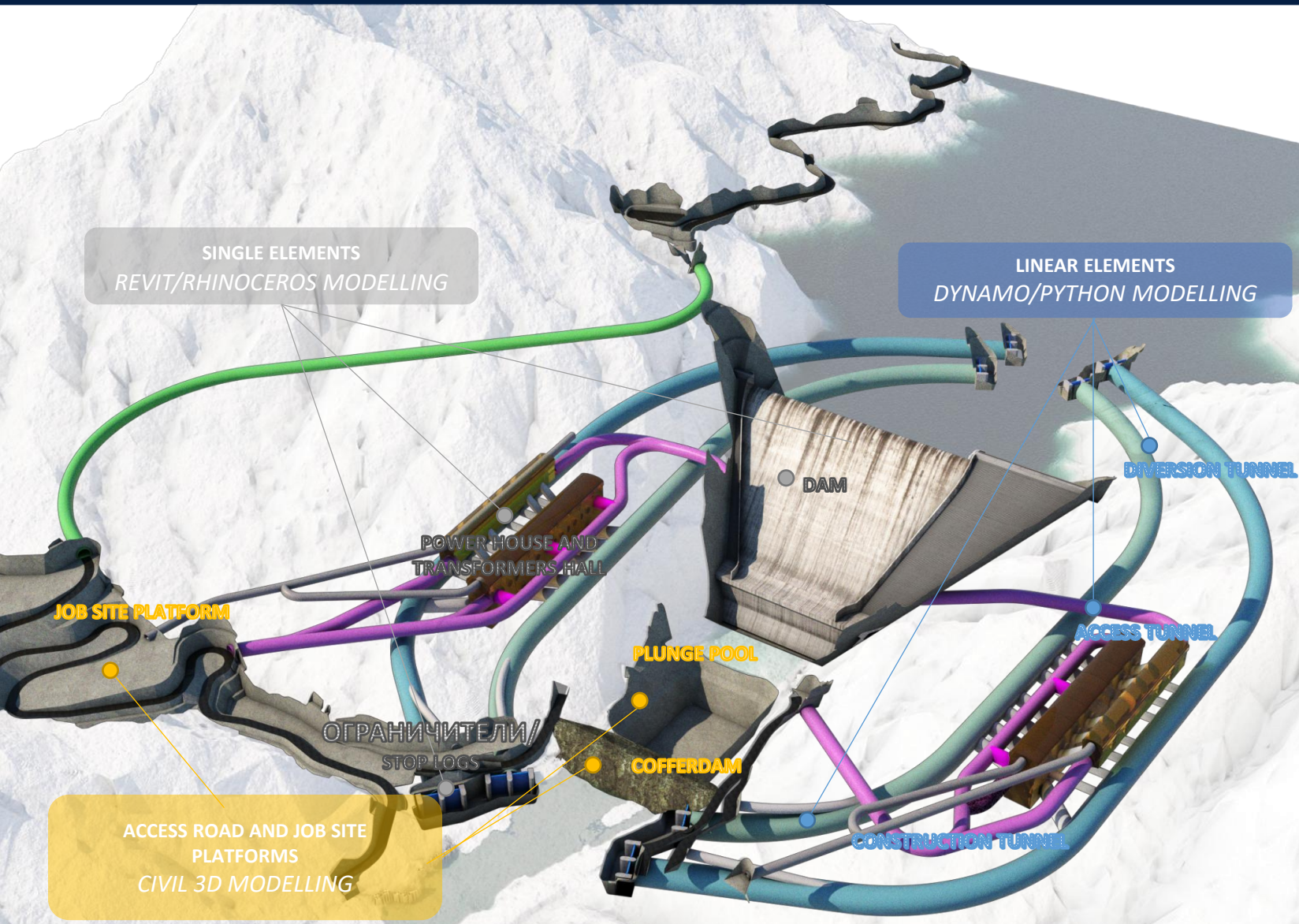


Metro Istanbul, Turchia

Il problema...

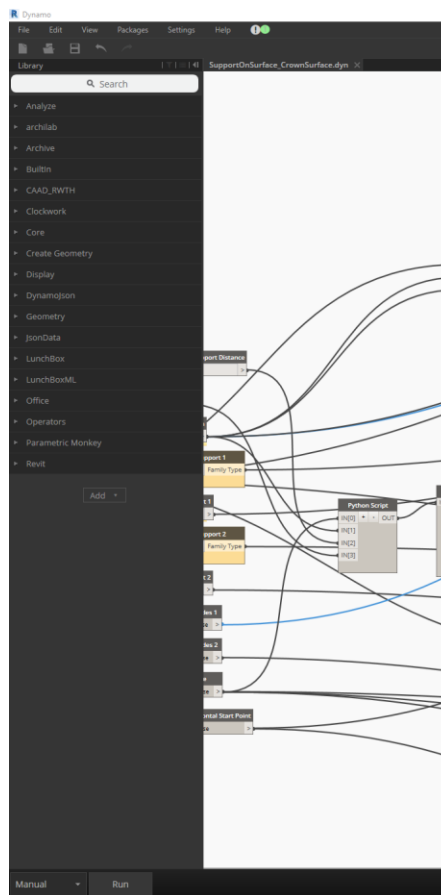


Il problema...



La soluzione.

Python è un semplice
oggetti. Permette
stati compilati dire

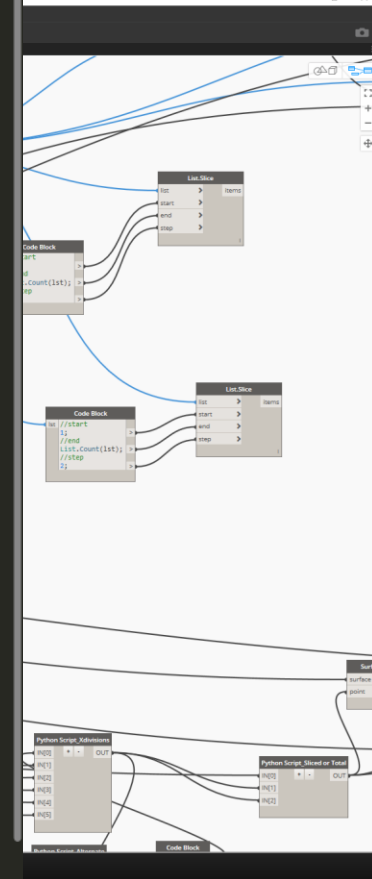


```
1 #Declaration section#
2
3 import sys
4 import clr
5
6 py_path = r'C:\Program Files (x86)\IronPython 2.7\Lib\
7 sys.path.append(py_path)
8 import os
9
10 clr.AddReference('ProtoGeometry')
11 from Autodesk.DesignScript.Geometry import *
12
13 clr.AddReference('RevitAPIUI')
14 from Autodesk.Revit.UI import *
15
16 clr.AddReference('RevitAPI')
17 from Autodesk.Revit.DB import *
18 from Autodesk.Revit.Creation import *
19
20 clr.AddReference('RevitNodes')
21 import Revit
22
23 clr.ImportExtensions(Revit.Elements)
24 clr.ImportExtensions(Revit.GeometryConversion)
25
26 clr.AddReference('RevitServices')
27 from RevitServices.Persistence import DocumentManager
28 from RevitServices.Transactions import TransactionManager
29
30 doc = DocumentManager.Instance.CurrentDBDocument
31
32 lineLoads = []
33
34 elements = UnwrapElement(IN[0])
35 distributions = UnwrapElement(IN[1])
36 force = IN[2].ToXYZ()
37 moment = IN[3].ToXYZ()
38 LLType = UnwrapElement(IN[4])
39 case = IN[5]
40
41
42
43 TransactionManager.Instance.EnsureInTransaction(doc)
44
45 loadCasesCollector = FilteredElementCollector(doc).OfClass(LoadCase)
46
47 loadCases = []
48
49 for c in loadCasesCollector:
50     loadCases.append(c)
51
52 if len(loadCases)>0 and case<len(loadCases):
53     loadCase = loadCases[case - 1]
54 else:
55     loadCase = 0
56
57 for i in range(0, len(elements)):
58     ll = LineLoad.Create(doc,elements[i],force*distributions[i],moment,LLType)
59     if loadCase != 0:
60         ll.LoadCaseId = loadCase.id
61     lineLoads.append(ll)
62
63 TransactionManager.Instance.TransactionTaskDone()
64
65 Run Save Changes Revert
```

Revit API

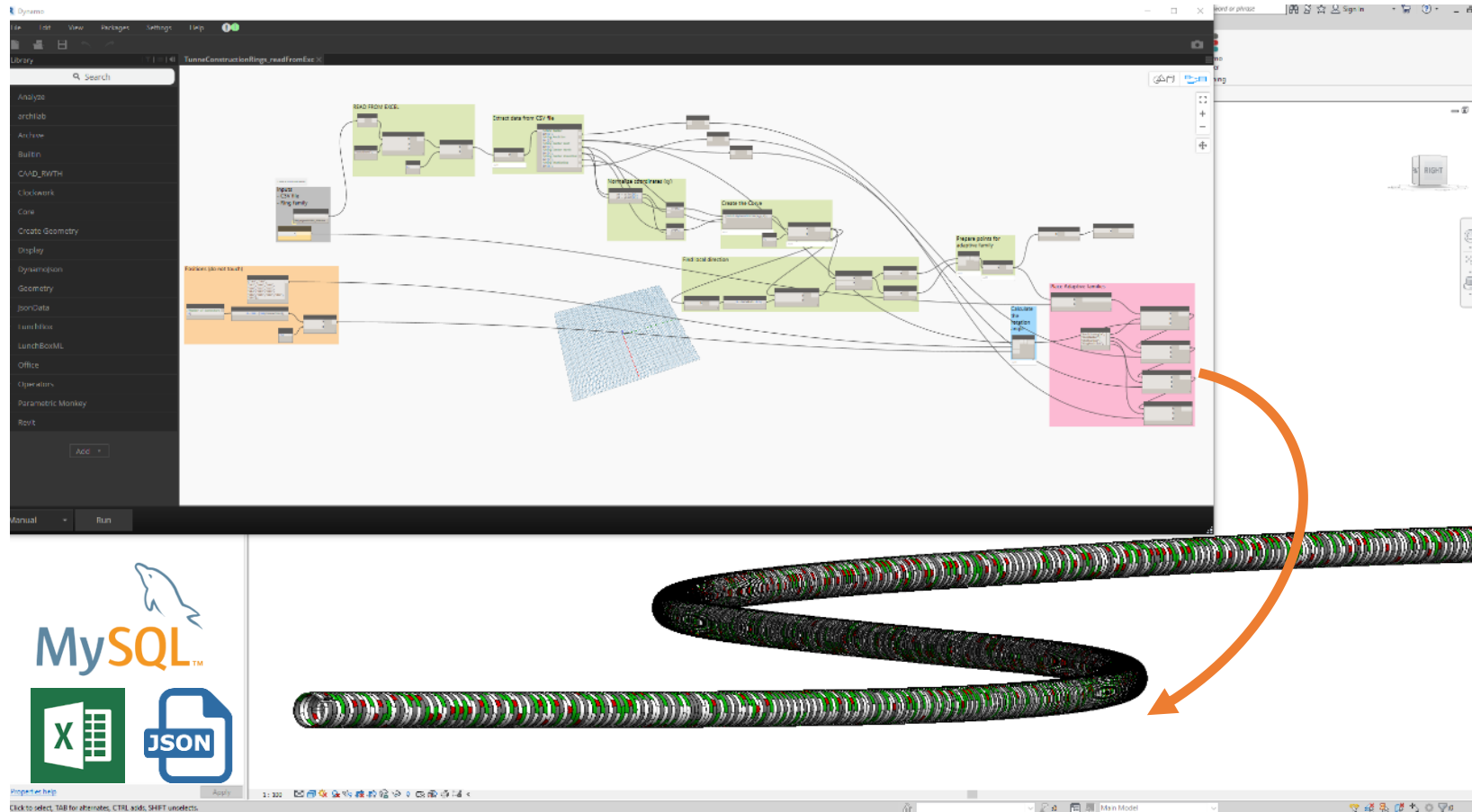
Il tuo amico

è orientato ad
che non sono già



Modellare un tunnel in TBM con Dynamo

Leggendo le coordinate provenienti da Civil 3D, otteniamo un modello perfettamente georiferito in Revit, potendo anche assegnare informazioni ai singoli elementi



Modellare un tunnel in TBM con Dynamo

Il file (excel o altro) di input contiene informazioni ulteriori rispetto alle coordinate X, Y e Z del tracciato, che possono essere scritte nei singoli ring del tunnel

S1082_229.xlsx - Excel										
File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Developer Add-ins Help Acrobat Team Tell me what you want to do										
KB										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Ring Number	Date and time (Ring selection)	Ring	Ring center EAST value [m]	Ring center NORTH value [m]	Ring center HEIGHT value [m]	Ring center Stationing [m]				
1	23.05.2018 18:27:10	U13	400217,058	4568159,562	51,136	27941,38				
2	24.05.2018 07:00:38	U08	400218,015	4568158,407	51,147	27939,88				
3	24.05.2018 15:09:40	U13	400219,004	4568157,270	51,144	27938,37				
4	24.05.2018 22:14:33	U15	400220,011	4568156,157	51,185	27936,87				
5	26.05.2018 15:53:50	U10	400221,019	4568155,044	51,181	27935,37				
6	26.05.2018 23:44:07	U05	400222,031	4568153,936	51,197	27933,87				
7	27.05.2018 06:28:25	U07	400223,026	4568152,809	51,206	27932,37				
8	28.05.2018 16:17:58	U12	400224,026	4568151,695	51,200	27930,87				
9	29.05.2018 03:52:33	U04	400225,026	4568150,579	51,204	27929,37				
10	29.05.2018 11:37:20	U09	400226,022	4568149,456	51,188	27927,87				
11	29.05.2018 18:07:55	U01	400227,012	4568148,326	51,178	27926,37				
24	23 01.06.2018 16:37:37	U12	400238,934	4568134,812	51,179	27908,35	34,53	-8	-1	
25	24 01.06.2018 22:27:04	U01	400239,920	4568133,675	51,182	27906,84	36,04	5	2	
26	25 02.06.2018 02:53:39	U09	400240,913	4568132,553	51,186	27905,35	37,53	4	5	
27	26 02.06.2018 06:28:20	U14	400241,858	4568131,384	51,201	27903,84	39,04	68	20	
28	27 02.06.2018 11:01:49	U06	400242,887	4568130,287	51,180	27902,34	40,54	23	-2	
29	28 02.06.2018 14:57:09	U01	400243,863	4568129,142	51,187	27900,83	42,05	49	4	
30	29 03.06.2018 23:04:20	U09	400244,832	4568128,035	51,191	27899,36	43,52	56	7	
31	30 04.06.2018 02:01:08	U14	400245,855	4568126,897	51,186	27897,83	45,05	41	0	
32	31 04.06.2018 05:31:47	U16	400246,835	4568125,812	51,199	27896,37	46,51	25	12	
33	32 04.06.2018 09:45:40	U05	400247,870	4568124,667	51,210	27894,83	48,05	7	21	
34	33 04.06.2018 13:34:03	U10	400248,870	4568123,547	51,212	27893,33	49,55	-2	21	
35	34 04.06.2018 16:14:56	U08	400249,866	4568122,454	51,210	27891,85	51,03	-25	17	

Modellare un tunnel in TBM con Dynamo

Properties

GD_3339TBM_Ring

Generic Models (1) Edit Type

Construction

InstallationDate	23/05/2018 10:27:10
RingNumber	178
SegmentPosition	U16
Stationing (m)	27941
Damage_SegmentA	RE+RE
Damage_SegmentB	
Damage_SegmentC	
Damage_SegmentD	RB
Damage_SegmentE	
NumberOfDamagesPerRing	3
HorizontalDeviation (mm)	14
VerticalDeviation (mm)	-43

Dimensions

PositionAngle	247.50°
Volume	

Identity Data

Image	
Comments	
Mark	

Phasing

Phase Created	New Construction
Phase Demolished	None

Adaptive Component

Flip	☐
------	--------------------------

[Properties help](#) Apply

Autodesk Revit 2018 - Dynamo_TBM.rvt - 3D View: (3D)

Image Add-Ins BIMcollab TOOLS 4 BIM Extensions Modify | Generic Models

Create Mode Host Model

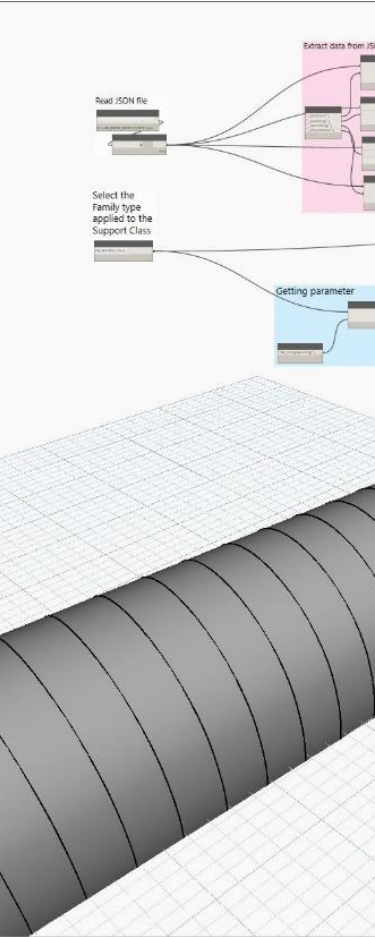
TOP FRONT

Dynamo

Main Model



Modellare un tunnel NATM con Dynamo

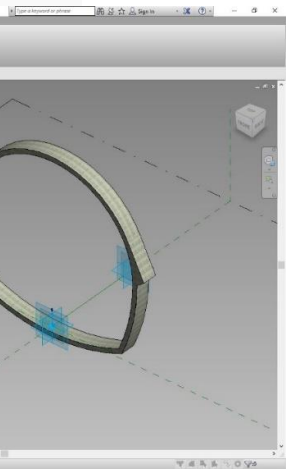


Tipi di famiglia

Nome del tipo: PW3_15cm

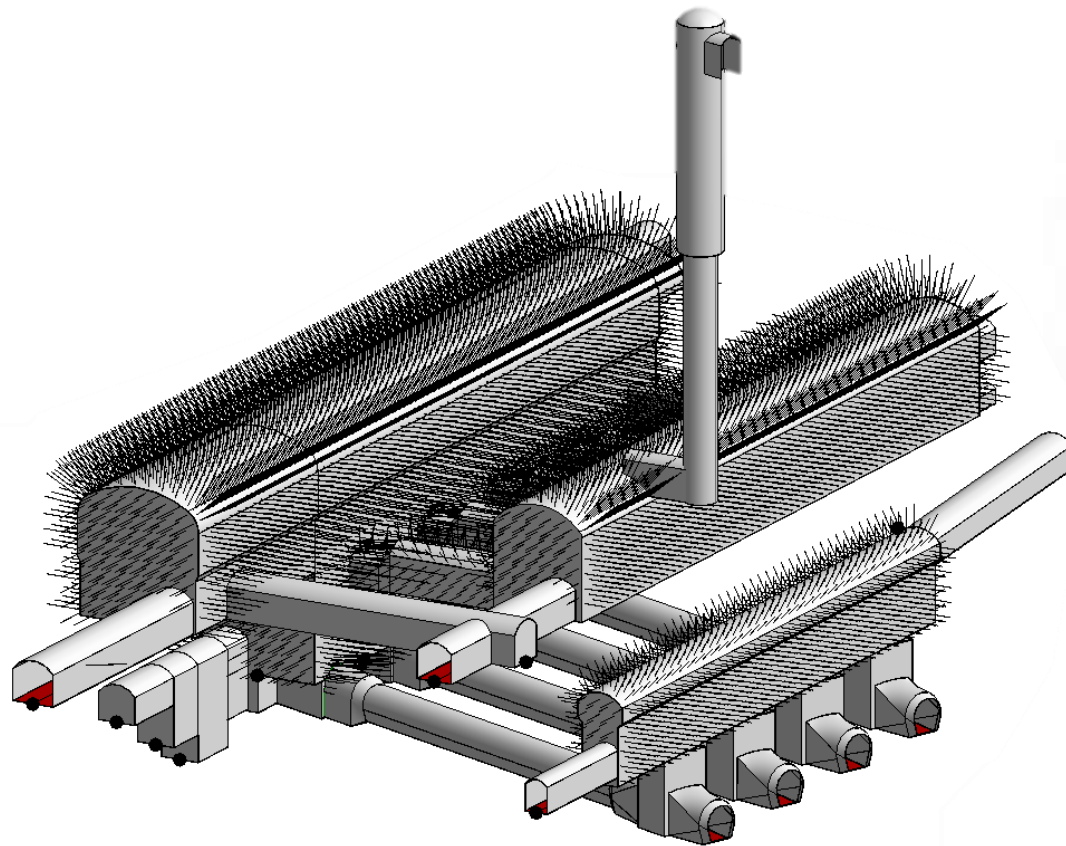
Parametri di ricerca

Parametro	Valore	Formula	Blocca
Costruzione			
GD_LongSpacing (default)	2.0000	=	☐
Materiali e finiture			
GD_Material	Concrete, Cast-in-Place, Gray	=	
Dati			
GD_STD_NumberOfElement	16	=	☐
GD_STR_NumberOfElement	0	=	☐
GD_TEI_ElementVolume	0.000000	=	
GD_WIM_ElementArea	0.000000	=	
Visibilità			
GD_ProfileSelector<Modelli gene	PRF_PW3	=	
Dati identità			
GD_CreatedBy	Alberto Bolzonello	= "Alberto Bolzonello"	
GD_ElementDescription	SHC: SFR40 - 15cm THICK	=	
Immagine tipo		=	
Nota chiave		=	
Modello	RCK	= "RCK"	
Produttore	Geodata Engineering	= "Geodata Engineering"	
Commenti sul tipo	SHC(T826.2) + STD(I62.1)	=	
URL		=	
Descrizione		=	
Codice assieme		=	
Costo		=	



Modellazione automatica dei supporti

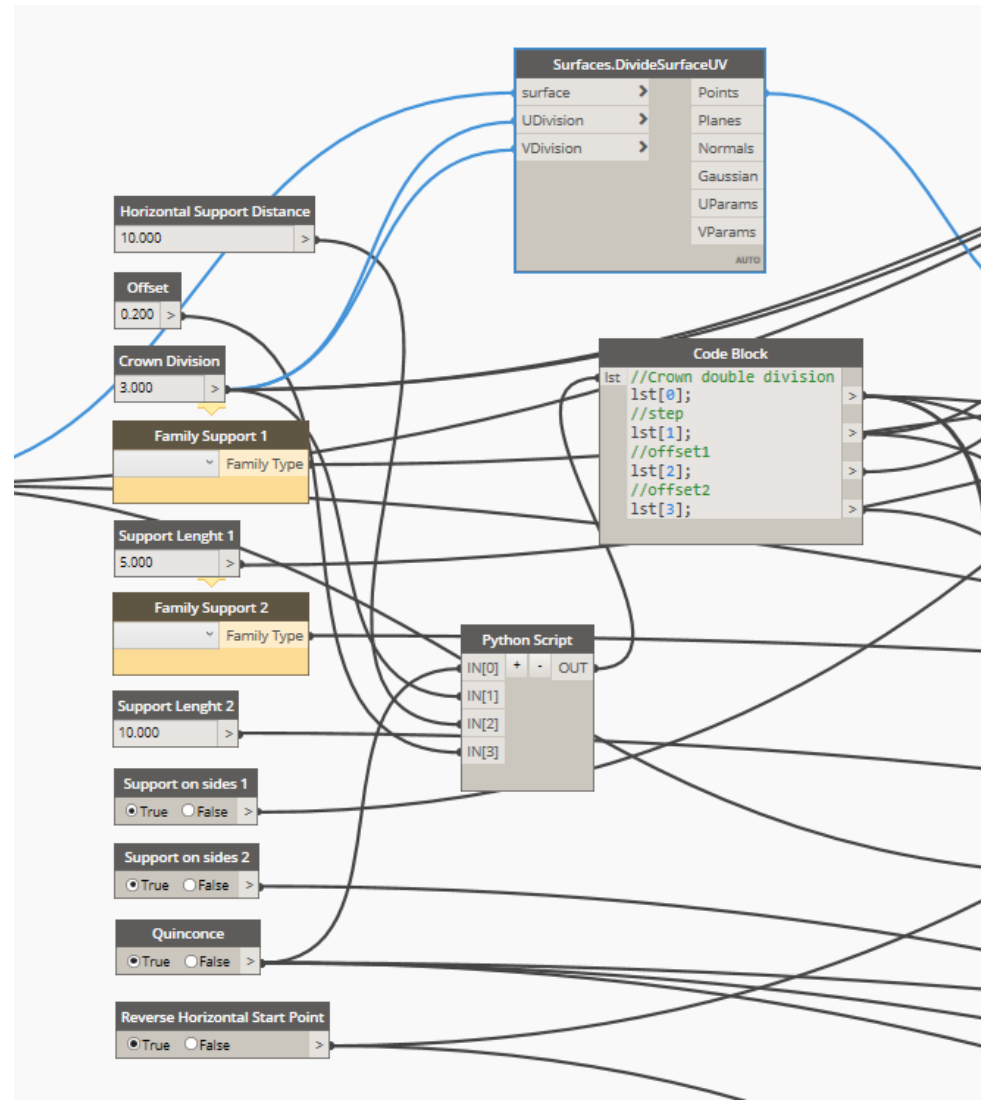
- Dynamo è stato utilizzato anche per realizzare i supporti di scavo di prima fase nei tunnel puntuali (come la Power House nell'esempio a fianco)
- Cliccando le superfici e definendo i dati di input, i supporti vengono modellati in maniera automatizzata



Modellazione automatica dei supporti

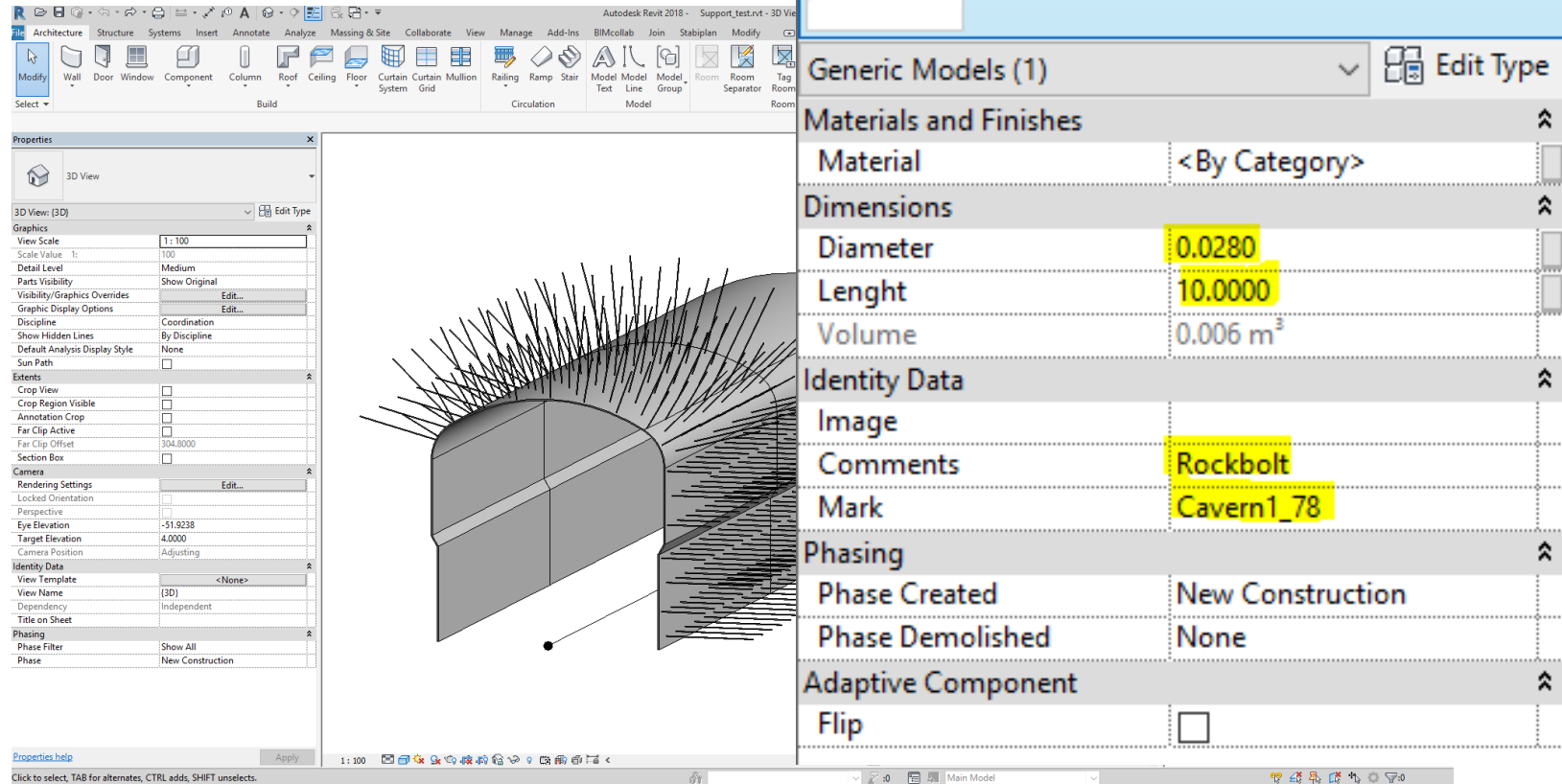
Il codice permetterà di definire:

- Offset del punto iniziale;
- Distanza X
- Distanza Y
- Lunghezza dei supporti
- Raggio del supporto
- Materiale e tipologia del supporto
- Impostazione della posa (normale o quinconce)



Modellazione automatica dei supporti

I parametri vengono scritti nel modello tramite codice



The screenshot displays the Autodesk Revit 2018 interface. The main view is a 3D perspective of a tunnel support structure, showing a curved wall with a series of vertical reinforcement elements. The Properties panel on the right is open, showing the 'Support' object. The 'Generic Models (1)' section is expanded, displaying the following parameters:

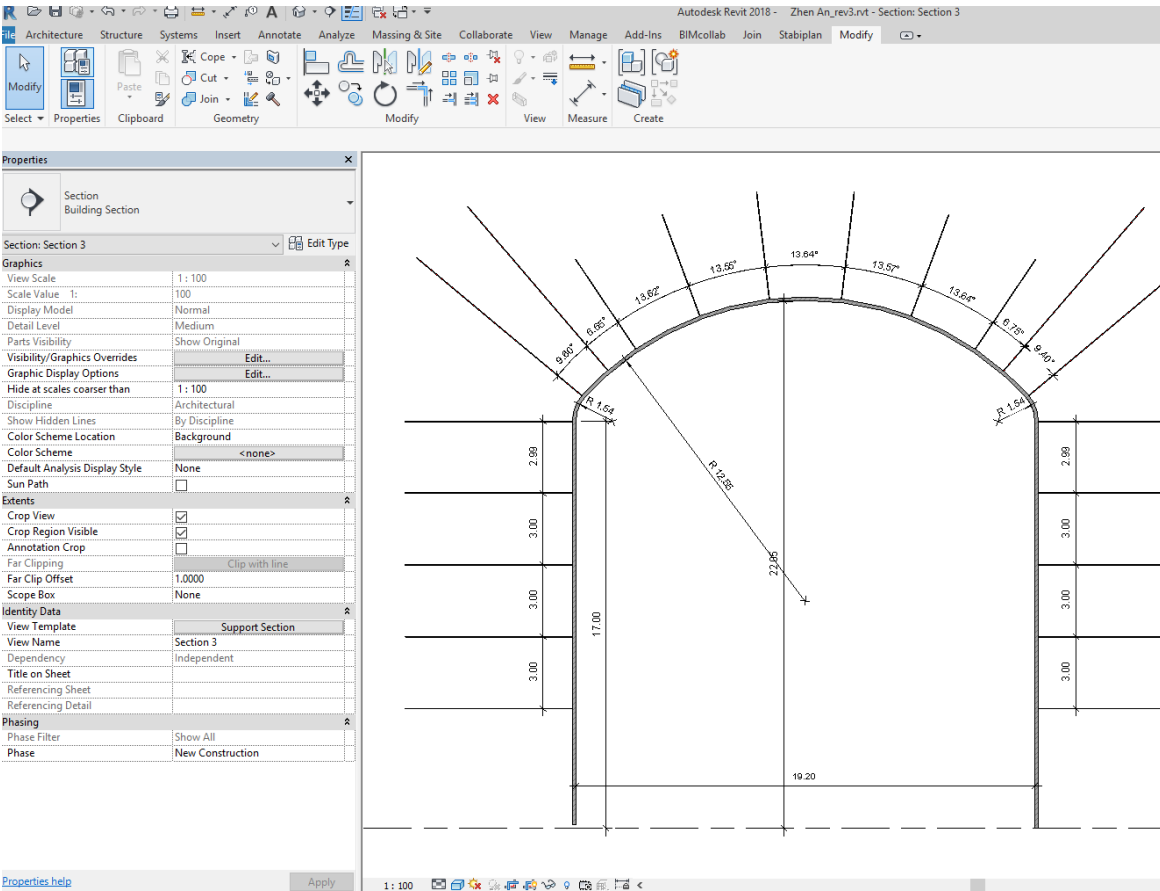
Materials and Finishes	
Material	<By Category>
Dimensions	
Diameter	0.0280
Length	10.0000
Volume	0.006 m ³
Identity Data	
Image	
Comments	Rockbolt
Mark	Cavern1_78
Phasing	
Phase Created	New Construction
Phase Demolished	None
Adaptive Component	
Flip	☐

The left Properties panel shows the '3D View' settings, including View Scale (1:100), Detail Level (Medium), and various display options. The bottom status bar indicates the current view is 'Main Model'.



Modellazione automatica dei supporti

Tutti i dati vengono utilizzati sia per la produzione degli elaborati (dato geometrico) sia per la produzione dei computi (dato informativo)



<BoQ_Supports>	
A	B
Type	Lenght
cable-bolt-L20	
cable-bolt-L20	880.00 m
cable-bolt-L20: 44	880.00 m
cable-bolt-L25	
cable-bolt-L25	2400.00 m
cable-bolt-L25: 96	2400.00 m
D25/L3_rock-bolt	
D25/L3_rock-bolt: 592	1776.00 m
D25/L4.5_rock-bolt	
D25/L4.5_rock-bolt: 158	711.00 m
D25/L5_rock-bolt	
D25/L5_rock-bolt: 629	3145.00 m
D28/L4.5_rock-bolt	
D28/L4.5_rock-bolt: 2809	12640.50 m
D28/L5.5_rock-bolt	
D28/L5.5_rock-bolt: 332	1826.00 m
D28/L7_rock-bolt	
D28/L7_rock-bolt: 573	4011.00 m
D28/L9_rock-bolt	
D28/L9_rock-bolt: 1702	15318.00 m
D28/L9_rock-bolt	
D28/L9_rock-bolt: 349	3141.00 m
D32/L9_pre-stressed	
D32/L9_pre-stressed: 1841	16569.00 m



Esempio di simulazione 4D e 5D realizzato con Civil 3D



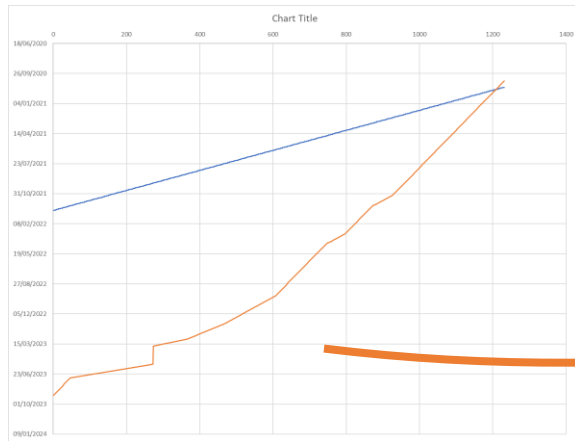
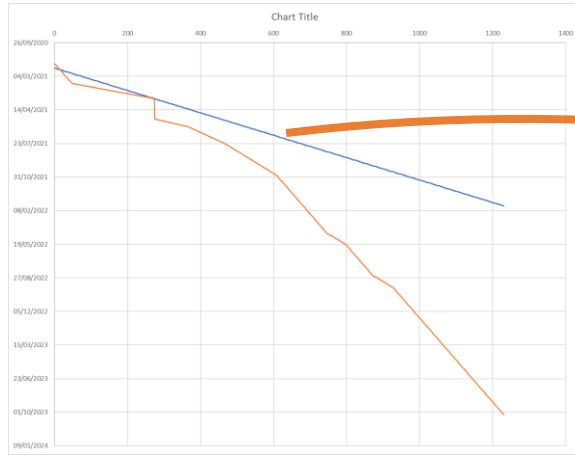
Simulazioni 4D e 5D....OGGI!



Scavo di prima fase



Rivestimento strutturale definitivo



```
newPk = 0
newSpace = 0
LimMin = 20
LimMax = 50

for dataA in Tlin:
    for dataB in Texc:
        if Texc.index(dataB) < len(Texc):
            if dataA == dataB or (datetime.datetime.strptime(dataA, '%d/%m/%Y') >= datetime.datetime.strptime(dataB, '%d/%m/%Y') and datetime.datetime.strptime(dataA, '%d/%m/%Y') < datetime.datetime.strptime(dataB, '%d/%m/%Y')):
                if PKexc[Texc.index(dataB)] - PKlin[Tlin.index(dataA)] <= LimMin:
                    print(Tlin[Tlin.index(dataA)])
                    newPk = PKlin[Tlin.index(dataA)] + LimMax
                    print(newPk)
                    for pk in PKexc:
                        if newPk <= pk and newPk > PKexc[PKexc.index(pk)-1]:
                            print(pk)
                            newSpace = abs(datetime.datetime.strptime(Texc[PKexc.index(pk)], '%d/%m/%Y') - datetime.datetime.strptime(Tlin[Tlin.index(dataA)], '%d/%m/%Y'))
                            Tlin[Tlin.index(dataA)] = Texc[PKexc.index(pk)]
                            print(newSpace)

        for i in range(Tlin.index(dataA), len(Tlin)):
            Tlin[i] = (datetime.datetime.strptime(Tlin[i], '%d/%m/%Y') + datetime.timedelta(newSpace, days)).strftime('%d/%m/%Y')
            break

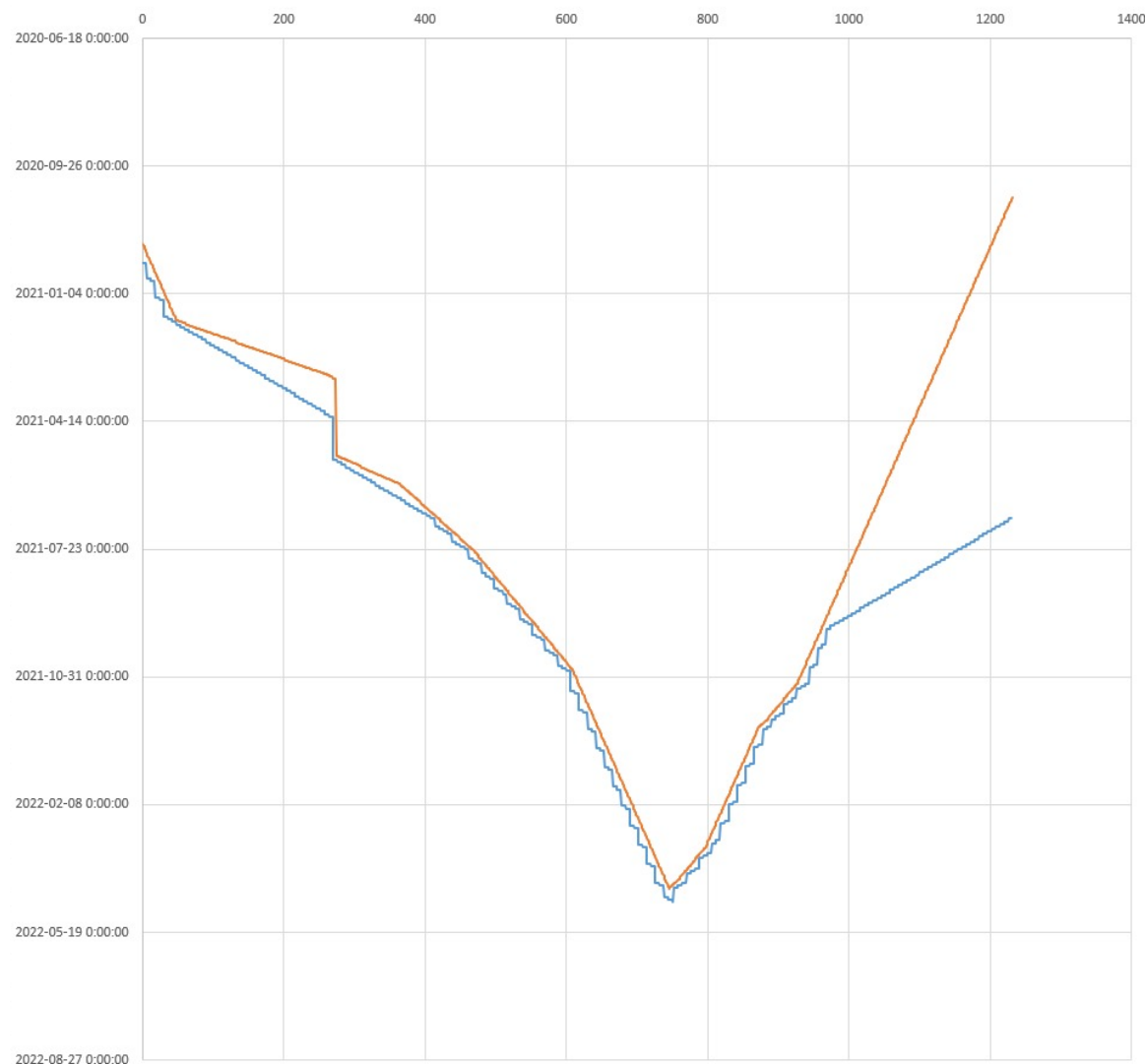
for i in range(1, max(len(Tlin), len(Texc))+1):
    if i <= len(Tlin):
        foglio.cell(i,1).value = datetime.datetime.strptime(Tlin[i-1], '%d/%m/%Y')
        foglio.cell(i,2).value = PKlin[i-1]
    if i <= len(Texc):
        foglio.cell(i,4).value = datetime.datetime.strptime(Texc[i-1], '%d/%m/%Y')
        foglio.cell(i,5).value = PKexc[i-1]

if (len(Tlin) > len(Texc)):
    foglio.cell(len(Tlin)+1,1).value = datetime.datetime.strptime(Tlin[len(Tlin)], '%d/%m/%Y')
    foglio.cell(len(PKlin)+1,2).value = PKlin[len(PKlin)]
else:
    foglio.cell(len(PKlin)+1,2).value = PKlin[len(PKlin)]
```



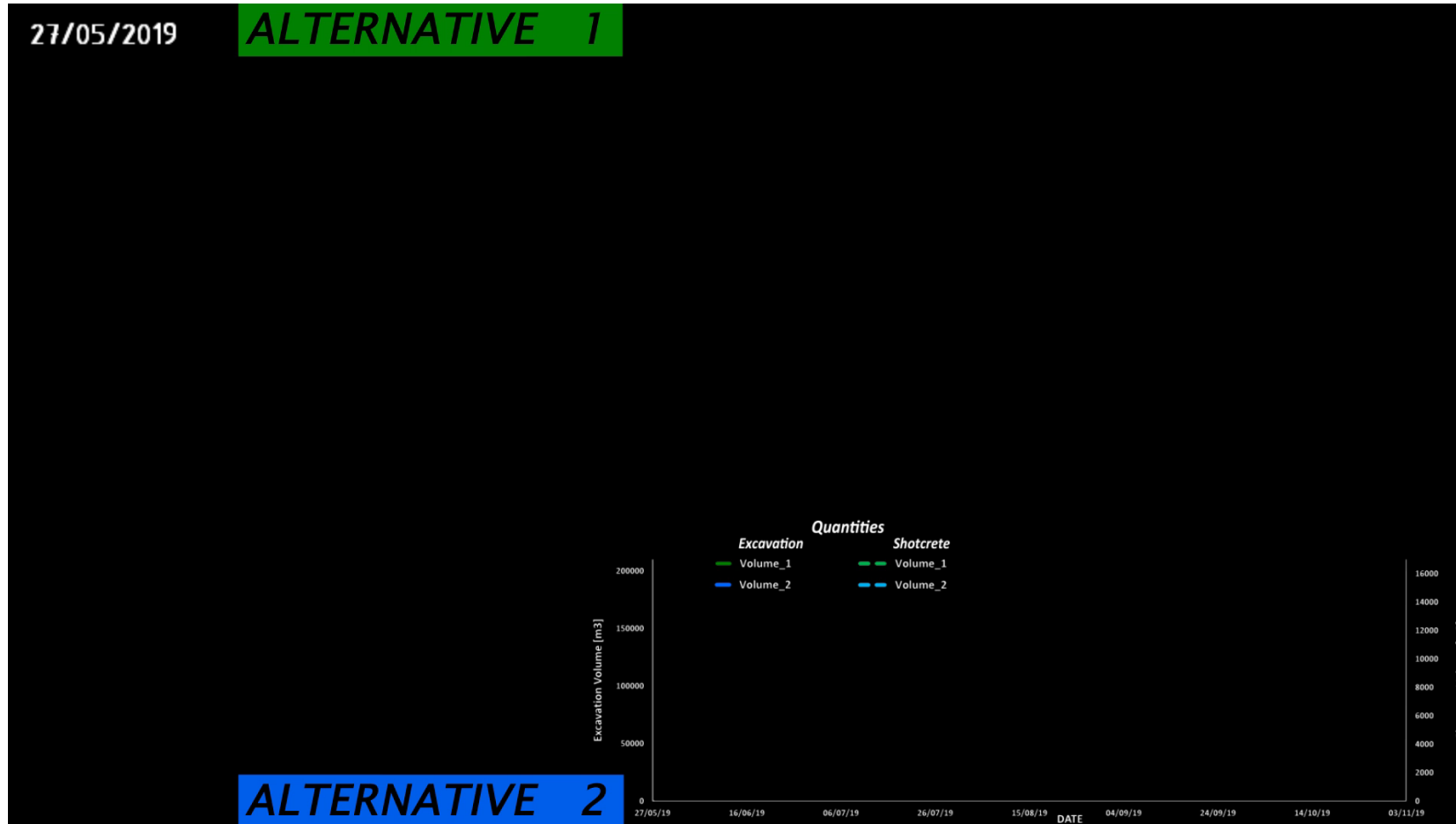
Simulazioni 4D e 5D...OGGI!

Oggi inseriamo nel codice la data di inizio scavo e lui calcola in automatico gli avanzamenti, restituendo il grafico di scavo e del rivestimento definitivo, nonché scrivendo le date di inizio e fine nei singoli elementi...

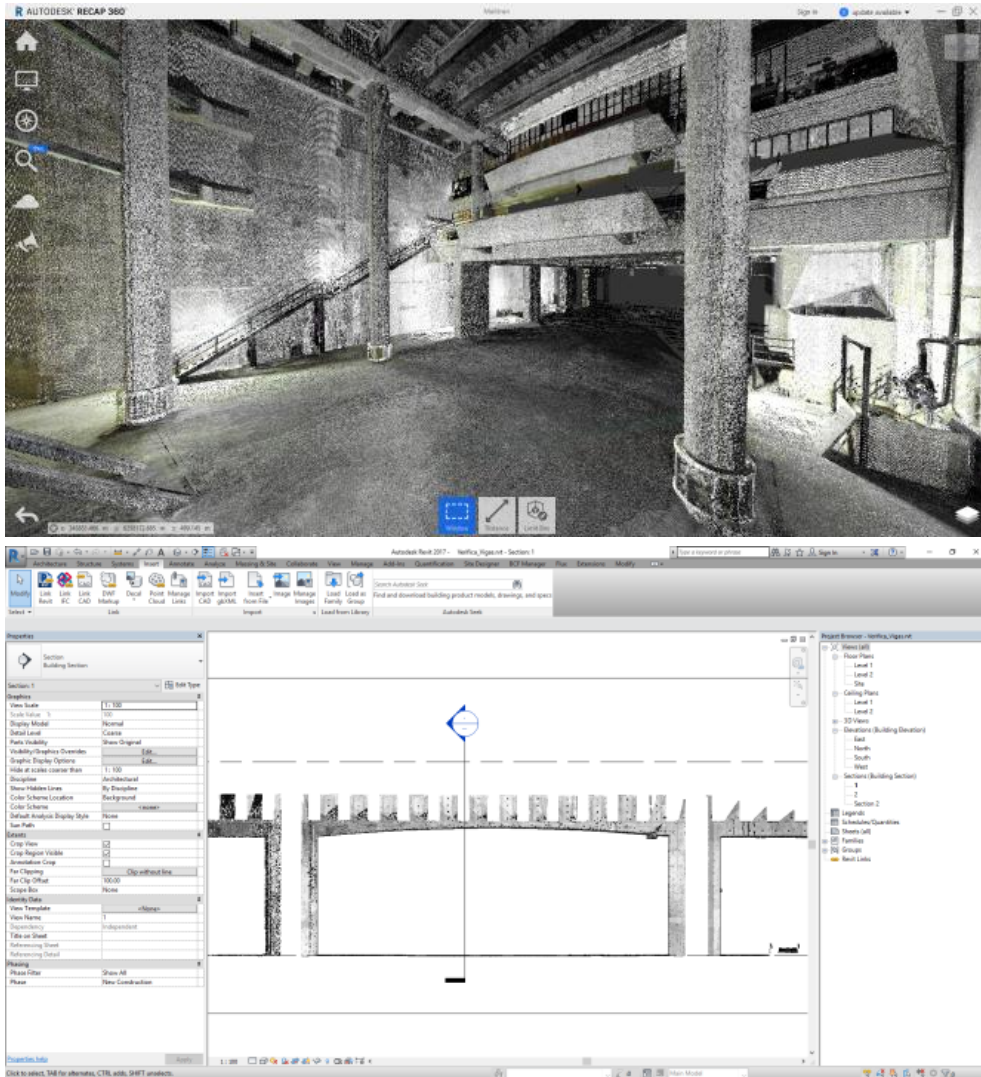


Simulazioni 4D e 5D...OGGI!

E il 4D è servito!



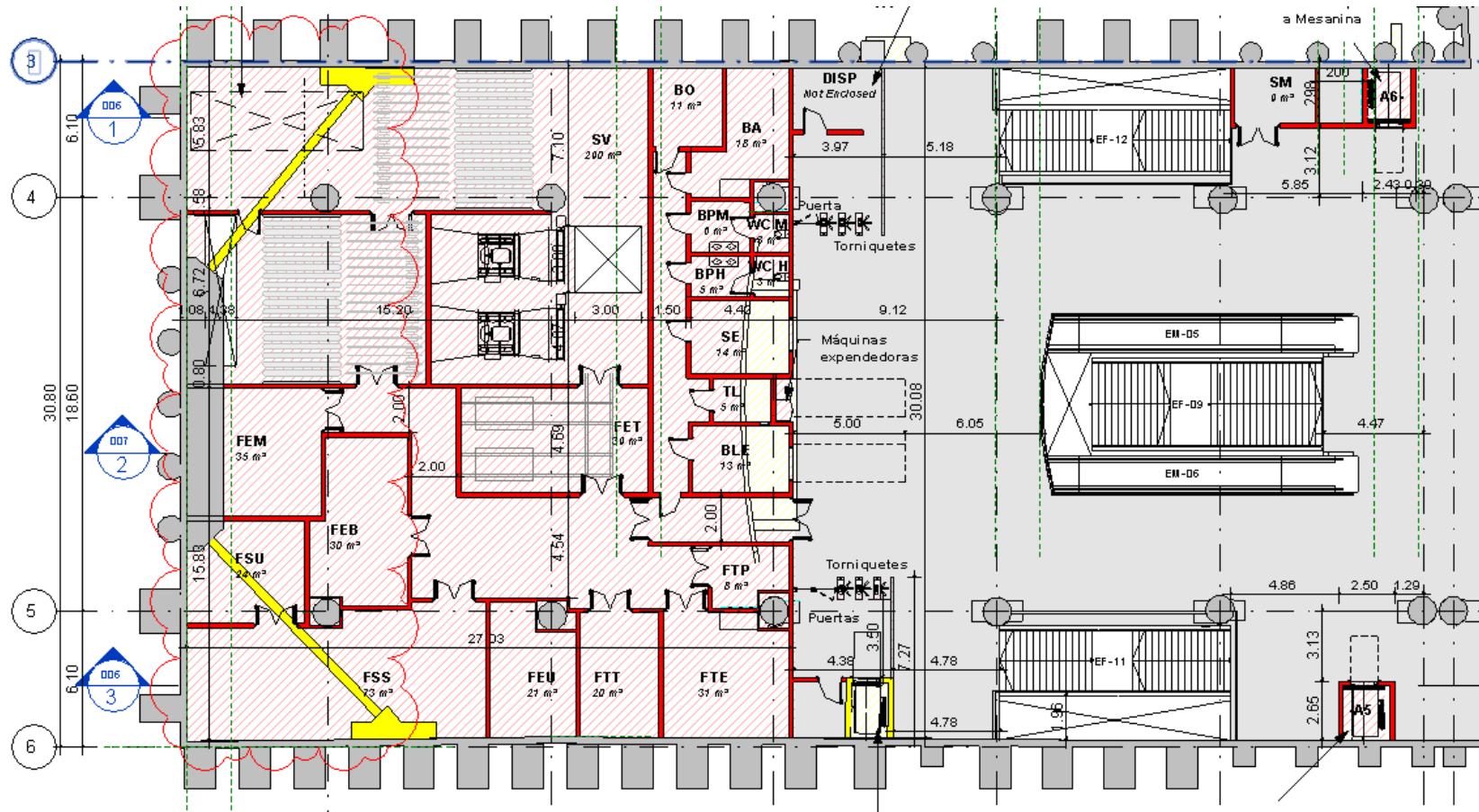
Lavorare con le nuvole di punti



- Santiago del Cile. Progetto di una stazione all'interno di una stazione ferroviaria già esistente e costruita nel 2004.
- Il rilievo è stato realizzato con metodologia laserscan che ha consentito di realizzare la modellazione dell'as built esattamente come era, riducendo al minimo gli errori o le tolleranze
- La nuvola di punti viene gestita in Recap360 e poi importata in Revit



Lavorare con le fasi di Revit



New elements



Demolishing

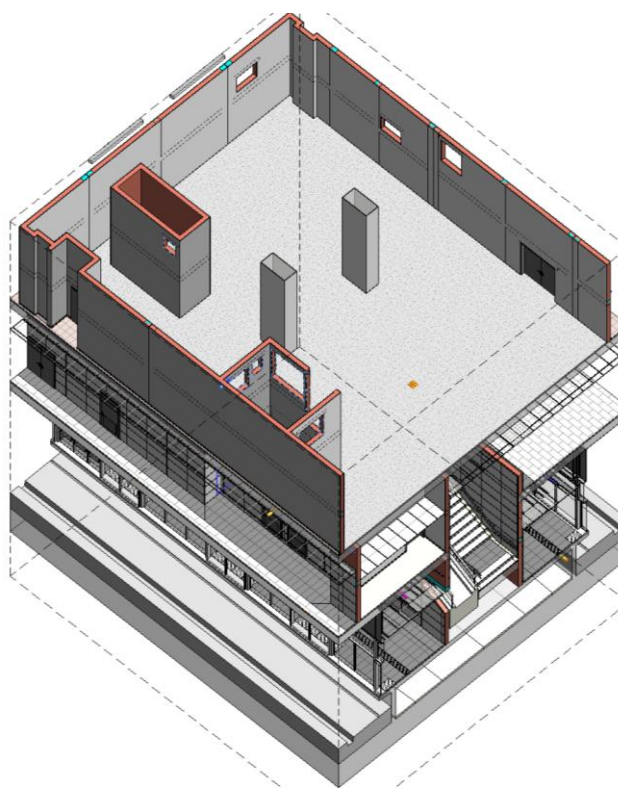
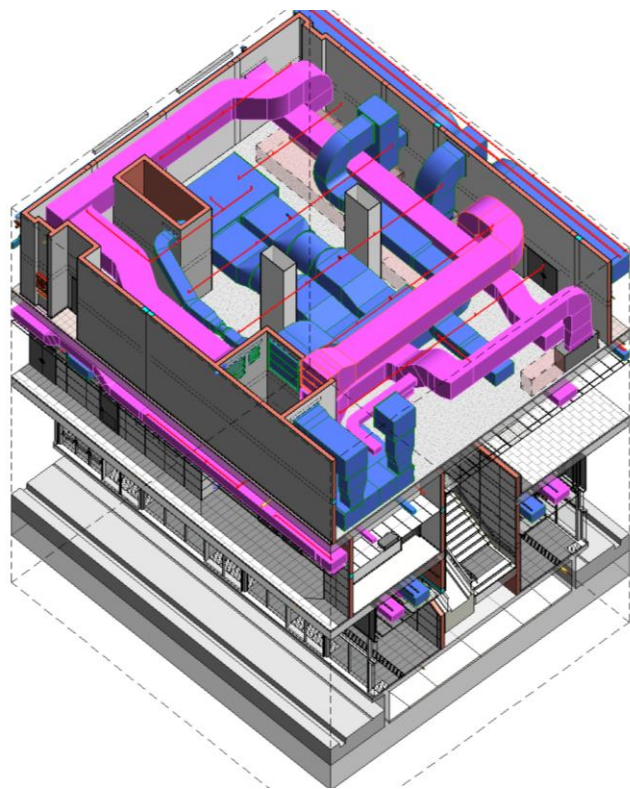


Existing structure



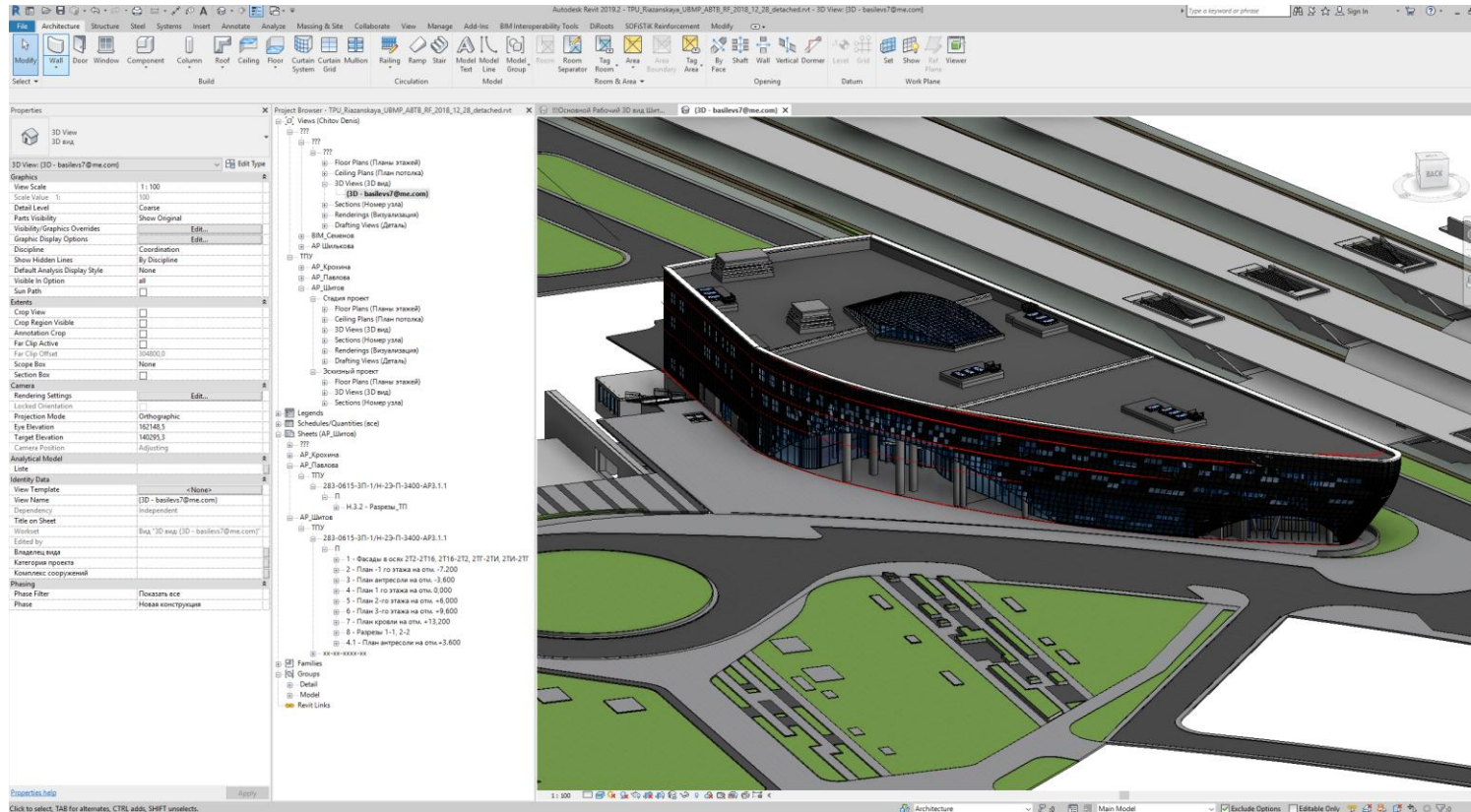
Il MEP e la gestione delle aperture

L'utilizzo di specifici tools ha consentito la clash detection e la realizzazione di tutte le aperture in modo completamente automatizzato

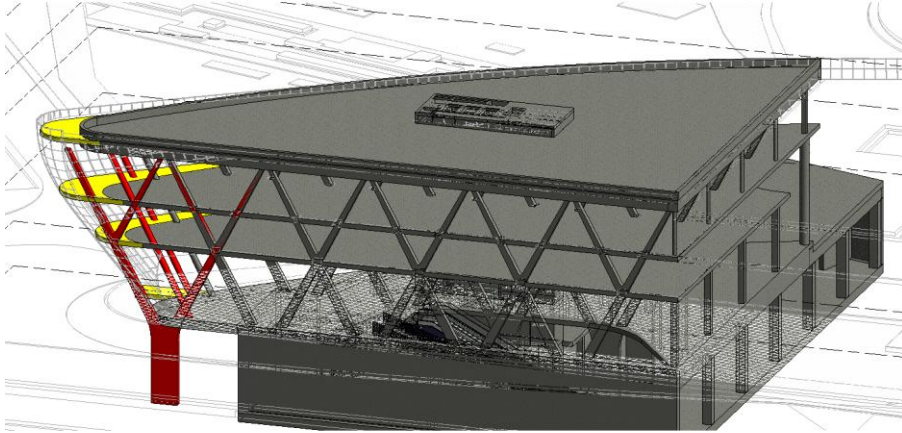


Lavorare con le fasi di Revit

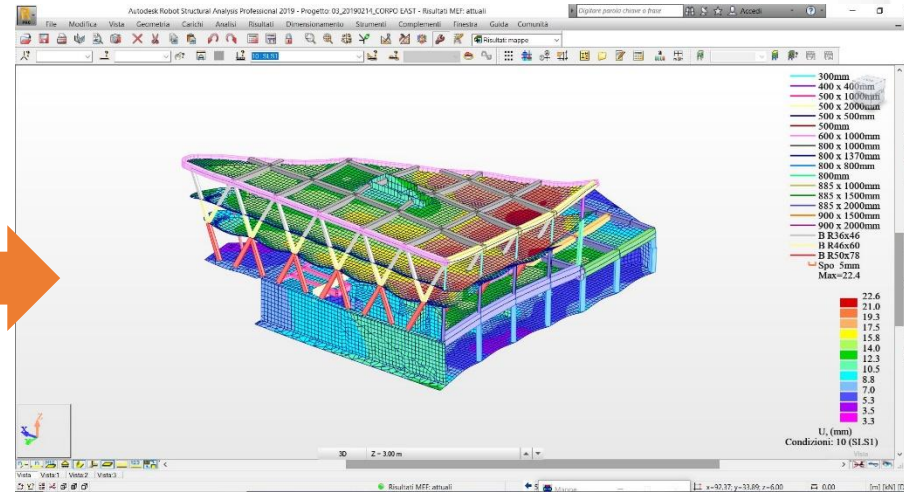
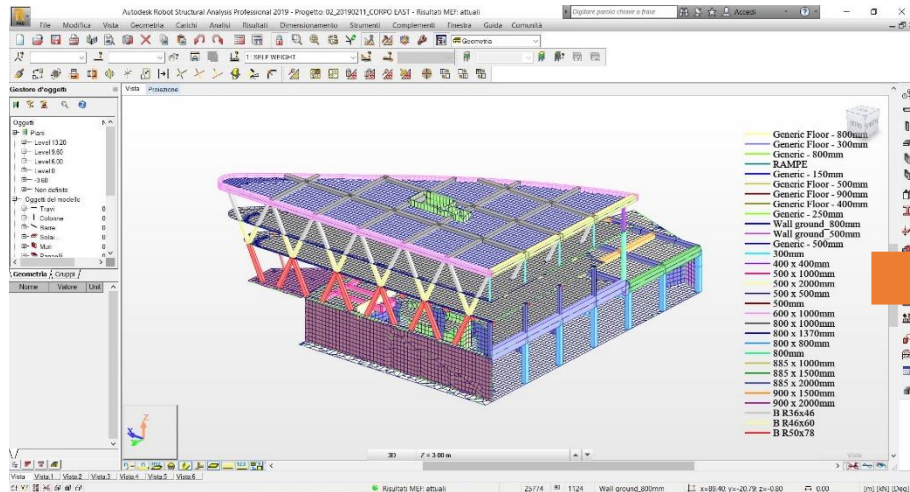
Quando il progetto è complesso, l'adozione del BIM è un MUST (gestire tutte le discipline in un'unica piattaforma da un valore aggiunto e contribuisce alla riduzione degli errori)



Lavorare con le fasi di Revit



- Il modello strutturale è stato realizzato interamente in Revit, definendo anche i carichi e le relative combinazioni
- Il modello Revit è stato importato direttamente in Robot Structural Analysis (che o legge per intero con alcune limitazioni che vanno gestite in modo particolare caso per caso). Tutti gli aggiornamenti progettuali possono essere poi gestiti dall'interoperabilità dei due software.

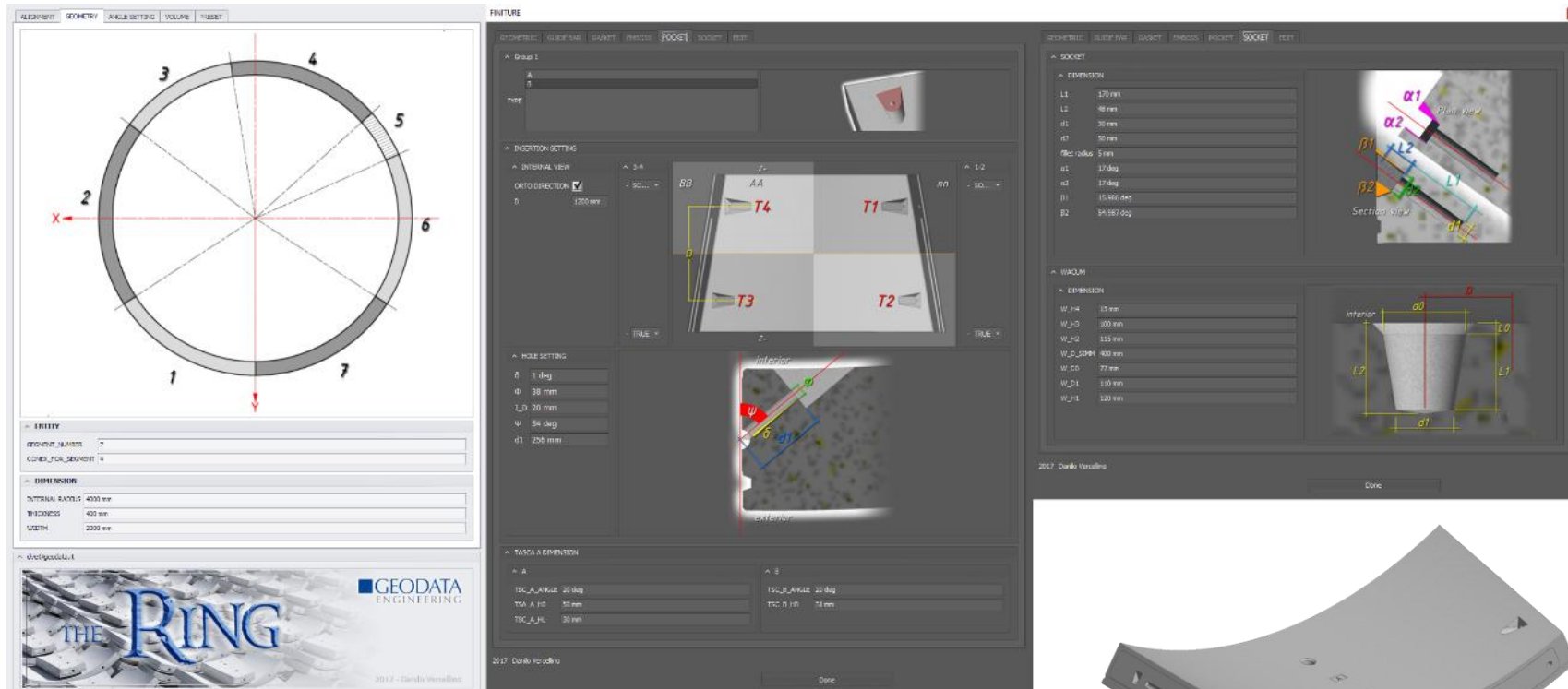


Перспективный вид со стороны гостиничного к

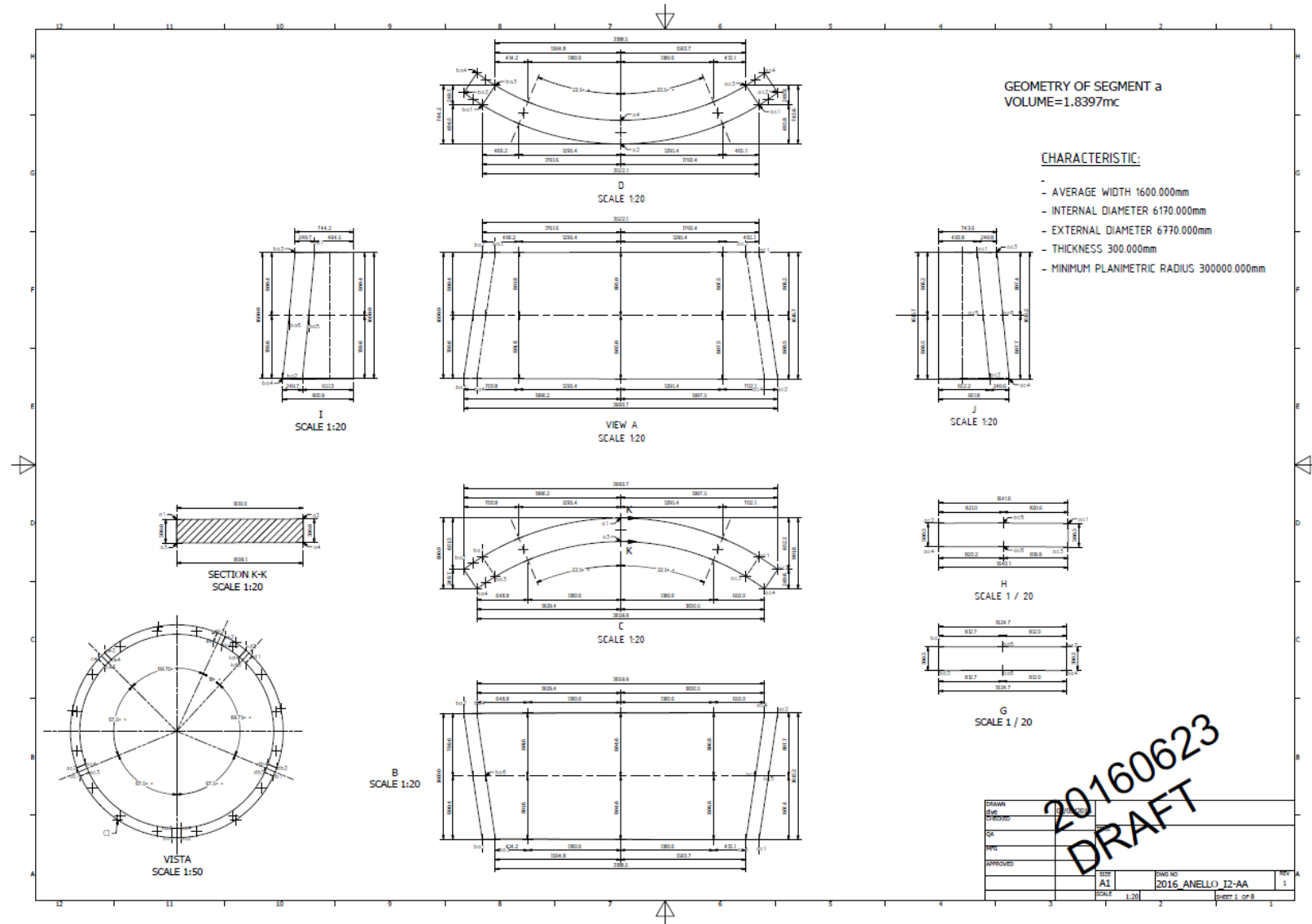


Modellazione automatica dei conci della TBM

Tool per Inventor sviluppato internamente per realizzare il progetto dei conci della TBM

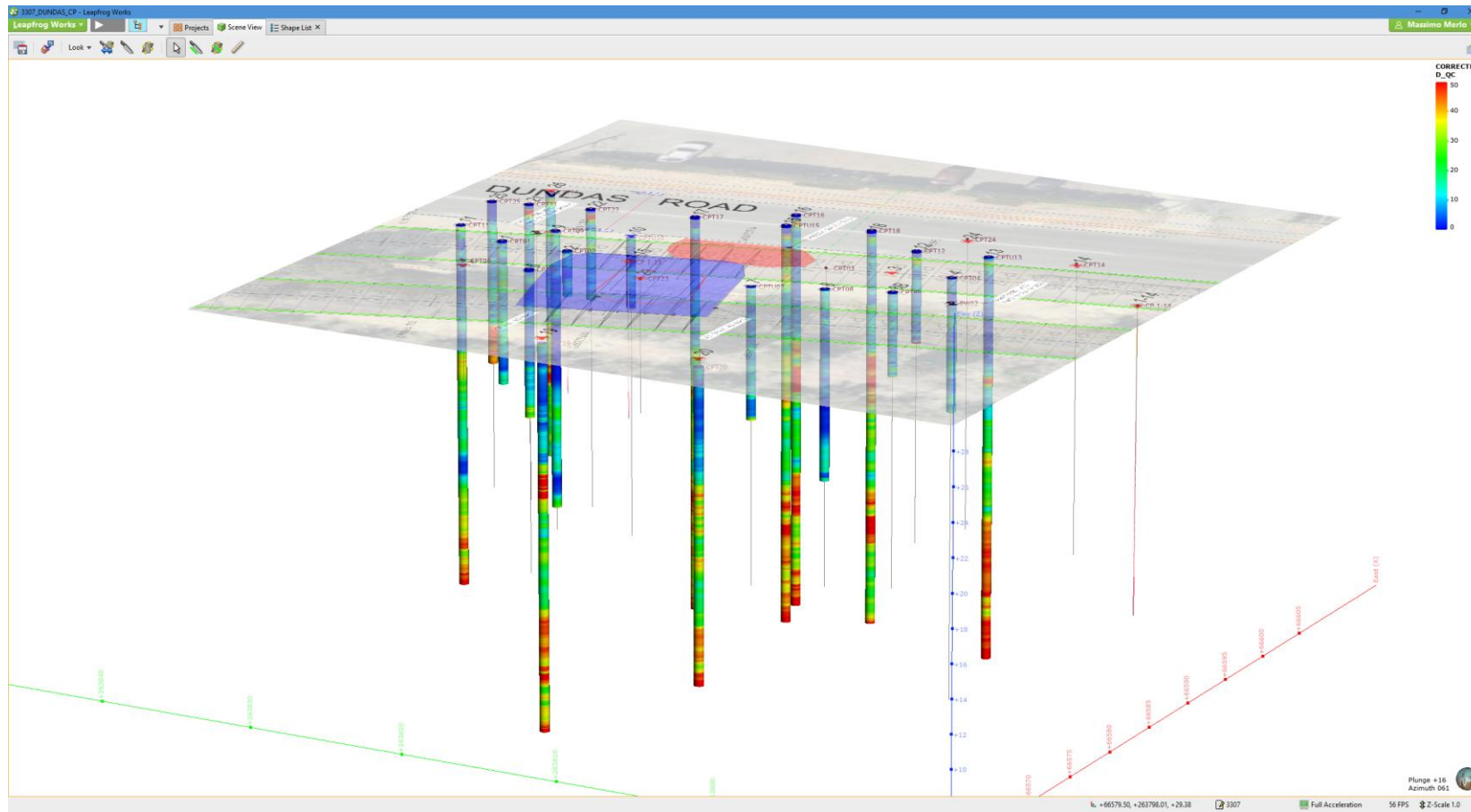


Modellazione automatica dei conci della TBM



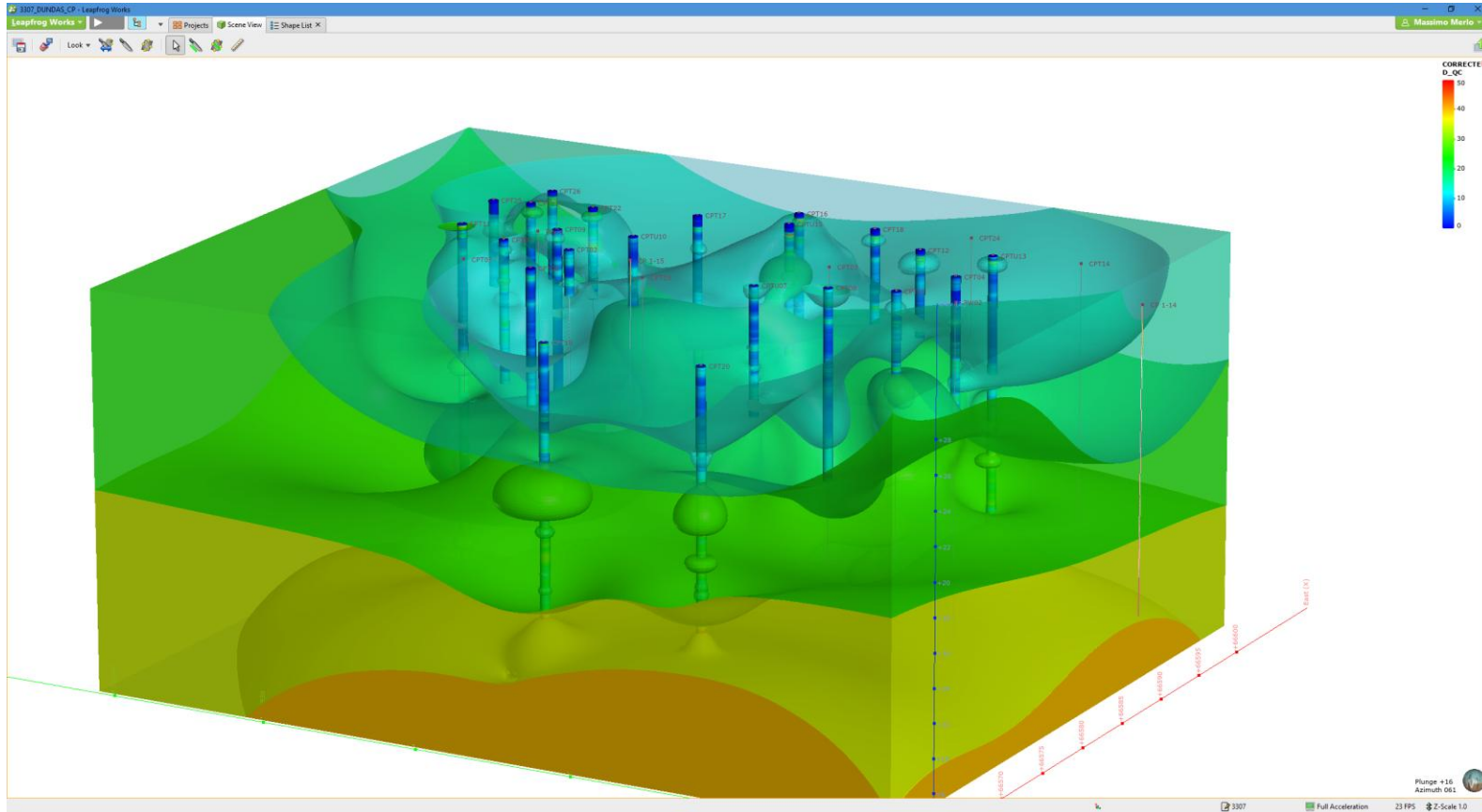
Modellazione Geologica

Inseriamo i dati di input all'interno di Leapfrog



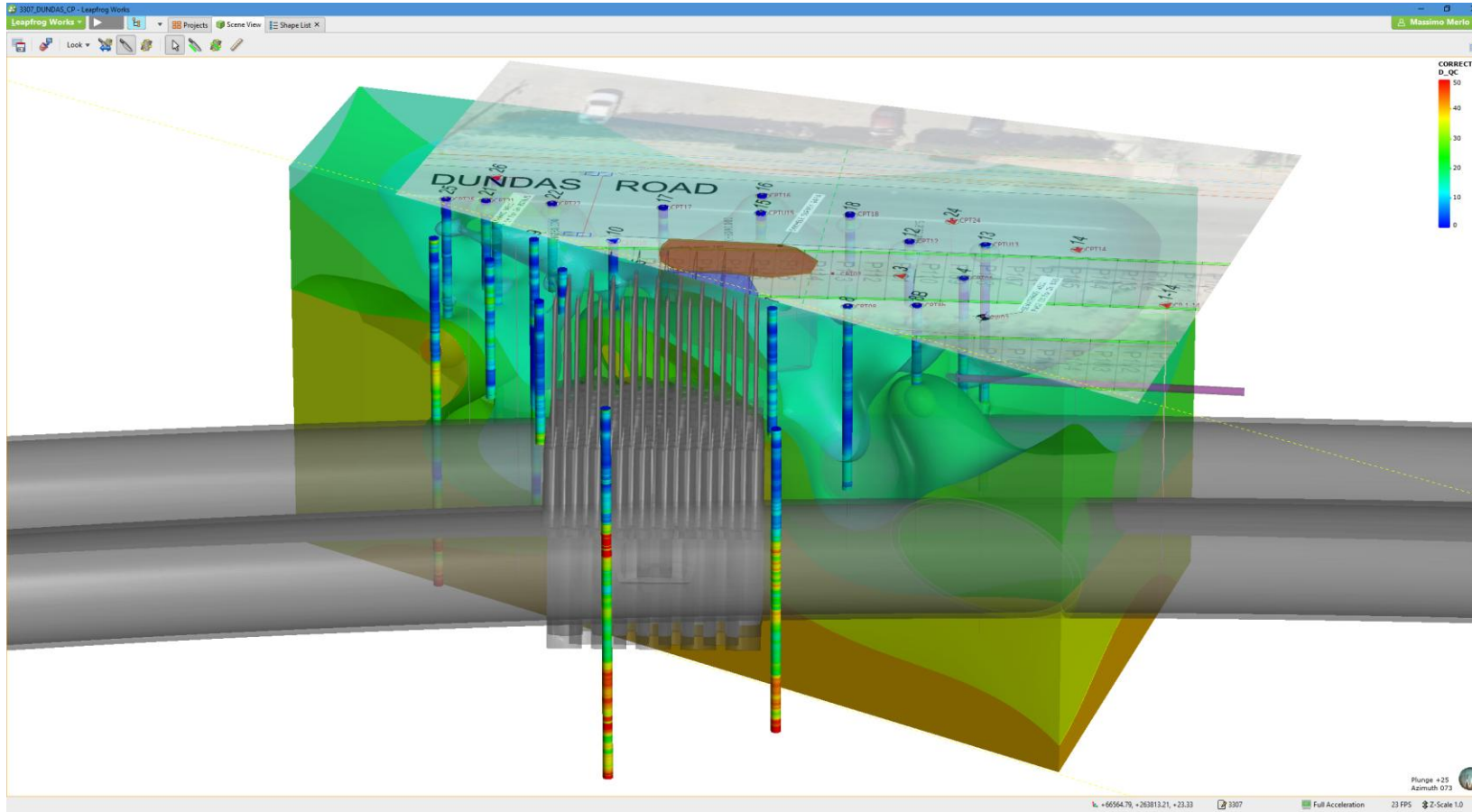
Modellazione Geologica

Realizziamo la stratigrafia

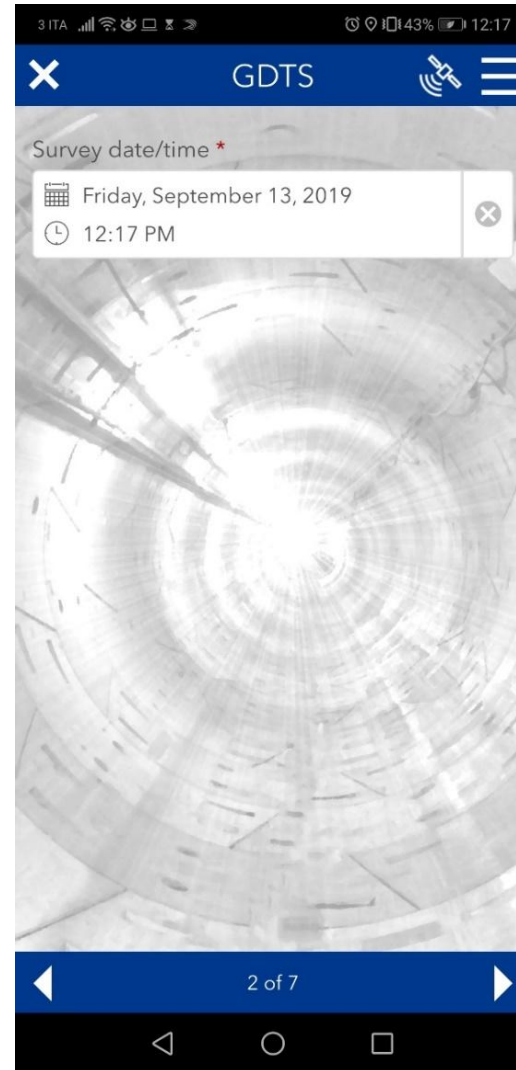
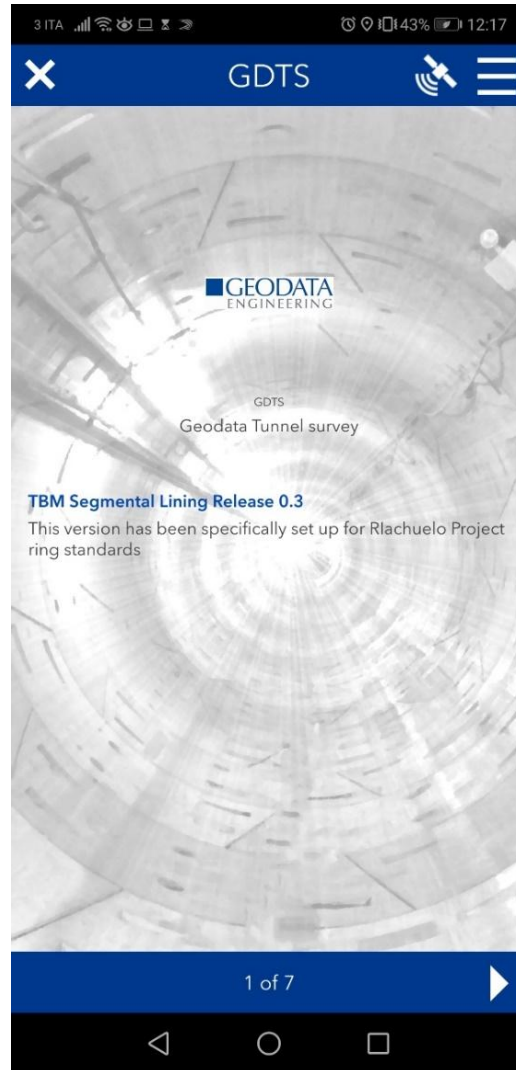
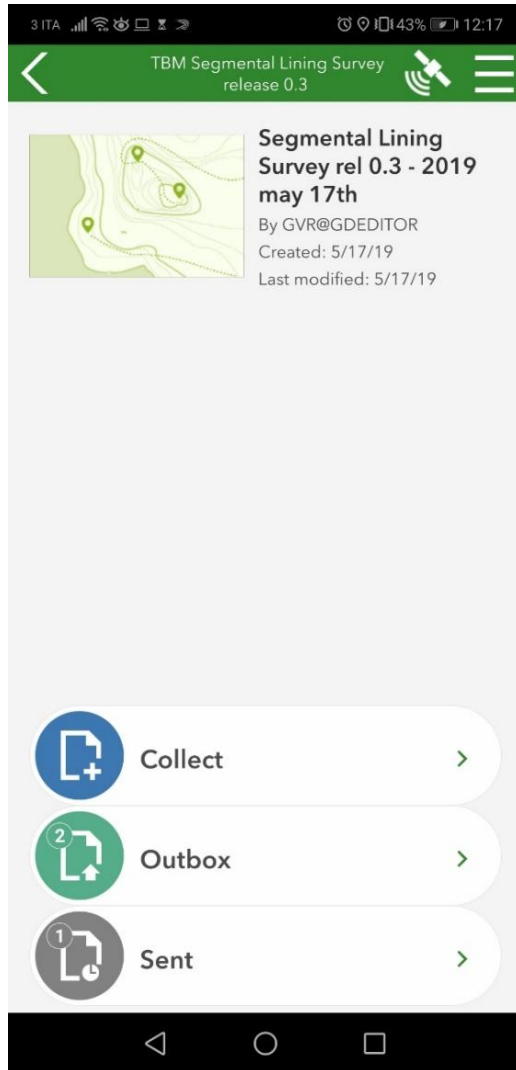


Modellazione Geologica

Incrociamo i modelli per evidenziarne le criticità



App Geodata: Segmental Lining Survey



App Geodata: Segmental Lining Survey

3 ITA 143% 12:17

GDTs

RING BIO

Ring number *

1,234

Ring length

1.5

Tunnel Starting Chainage

12.345

Calculated Ring chainage

3 of 7

3 ITA 143% 12:17

GDTs

DAMAGE - IDENTIFY SEGMENT

Ring key position *

Please select ring key segment position

Segment type *

Please identify the damaged segment type
(A = key segment)

4 of 7

3 ITA 143% 12:17

GDTs

DAMAGE POSITION ON THE SEGMENT

Segment damage schema

FRONT-LEFT FRONT-SIDE FRONT-RIGHT

SIDE-LEFT SIDE SIDE-RIGHT

BOTTOM-LEFT BOTTOM-SIDE BOTTOM-RIGHT

TBM ADVANCE DIRECTION

Segment damage position

☐ Front - left

☐ Front - side

☐ Front - right

☐ Side - left

☐ Side (center)

☐ Side - right

5 of 7



App Geodata: Segmental Lining Survey

3 ITA 100% 12:17

GDTs

DAMAGE TYPE

Damage type *

Please select the damage type observed in the chosen position, if possible take a photo.

- ☐ Problem solved
- ☐ RP - Reparación de esquina
- ☐ BR - Reparación de borde
- ☐ RF - Reparación de fisura
- ☐ RE - Rotura esquina
- ☐ RG - Rotura general

Damage type schema (draft)

we could put a different schema in funcdtion of what the user may choose in the "damage type" dropdown menu

Esquina

Borde

Shot a damage photo

You may want to collect some photo with your abitual photo application and chose the best one from your device image gallery before saving it to the survey. You can do it anytime just before sending your survey to the server. Choosing an

6 of 7

3 ITA 100% 12:18

GDTs

DAMAGE TYPE

Damage type *

Please select the damage type observed in the chosen position, if possible take a photo.

Damage type schema (draft)

we could put a different schema in funcdtion of what the user may choose in the "damage type" dropdown menu

Esquina

Borde

Shot a damage photo

You may want to collect some photo with your abitual photo application and chose the best one from your device image gallery before saving it to the survey. You can do it anytime just before sending your survey to the server. Choosing an image asap is highly suggested

6 of 7

3 ITA 100% 12:18

GDTs

FINAL COMMENT AND APPROVAL

Segment survey comment

Please input a comment

1000

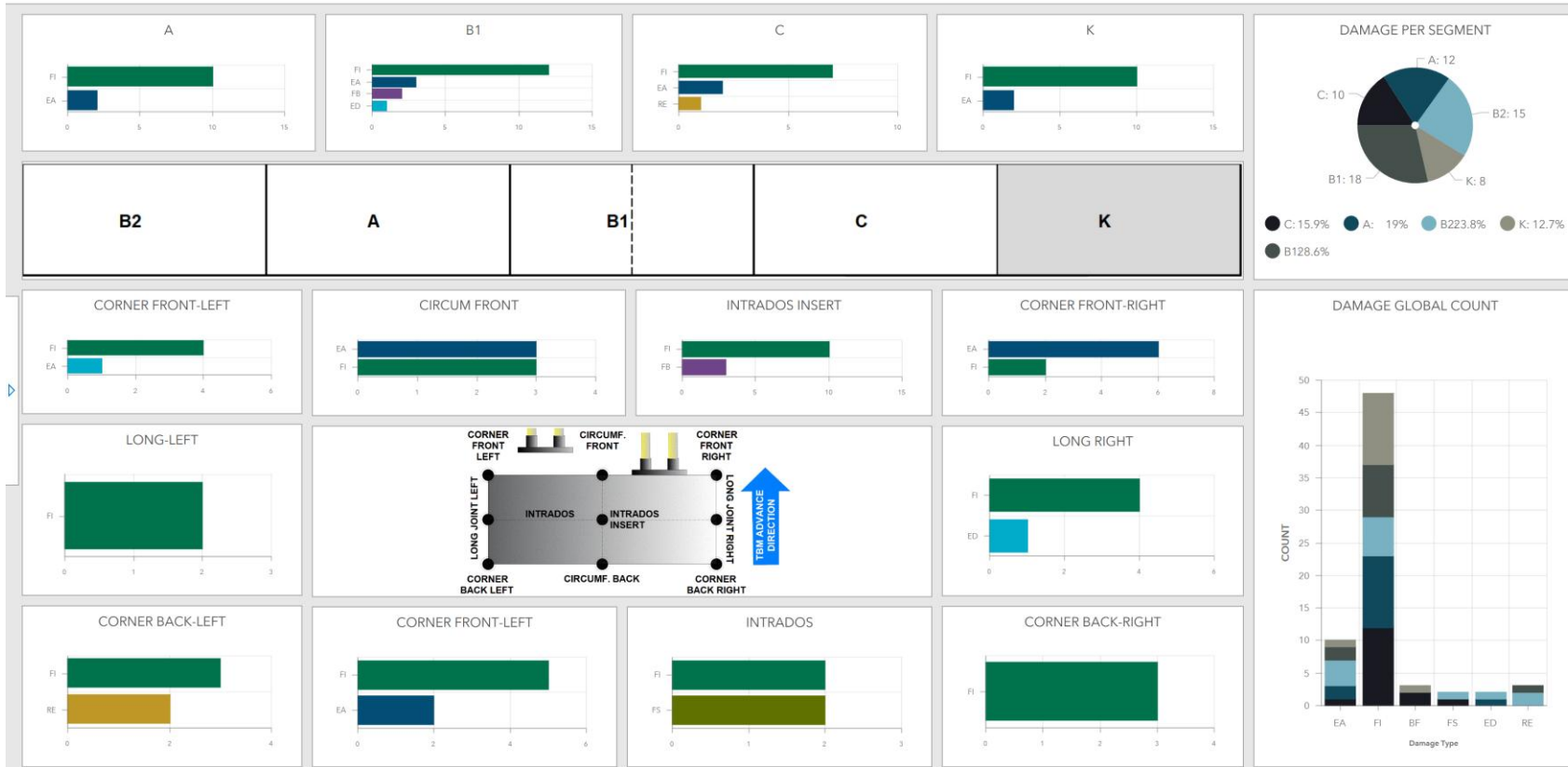
Inspector confirmation sign *

7 of 7

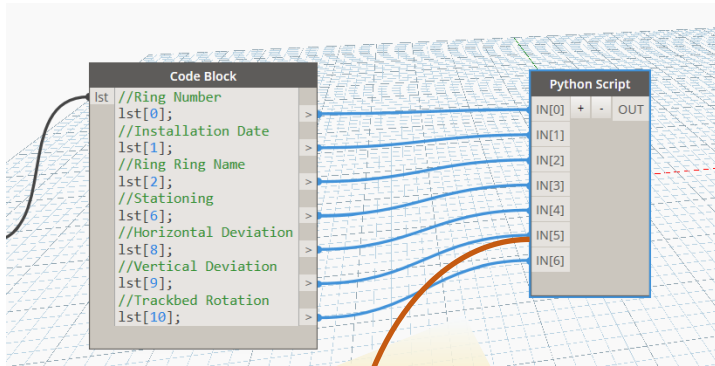


App Geodata: Segmental Lining Survey

GEODATA TBM SEGMENT LINING SURVEY - Data Dashboard 3122-RIACHUELO L1 - TUNNEL DCBC (D=4500mm)



II TWIN MODEL



Revit può essere connesso con un database MySQL per immagazzinare dati (per esempio sull'utilizzo del codice) ma anche leggere dati (per esempio quelli derivanti dal VMT o dalla Lining Survey App)

Questo consente di avere in tempo reale una visualizzazione immediata e virtuale di quello che sta succedendo dentro il cantiere, dall'altra parte del mondo!

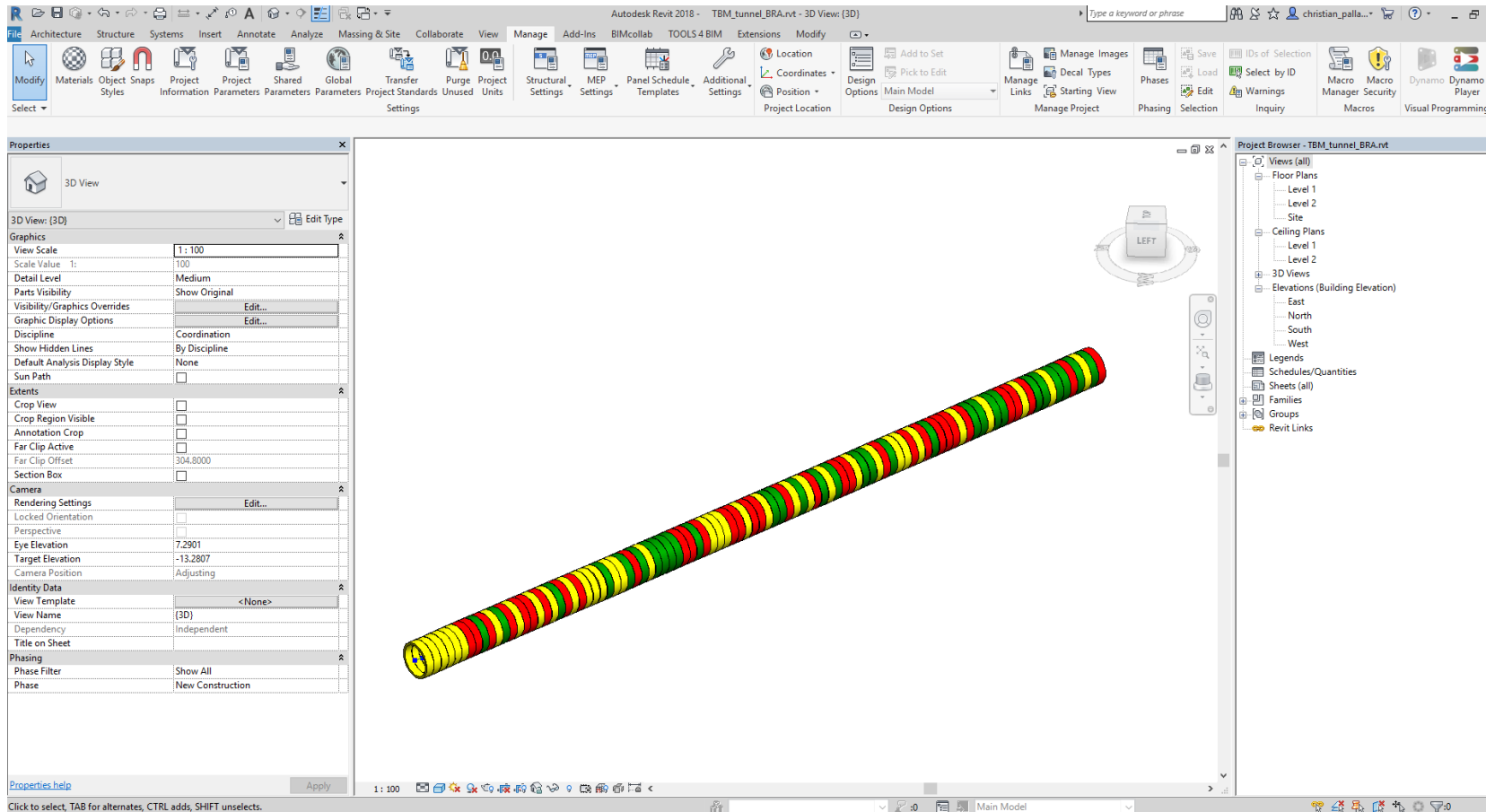
```
def writeMySQL(queryvals, table, z):
    query = "INSERT INTO %s (%s, %s, %s, %s, %s, %s, %s) VALUES (%s, %s, %s, %s, %s, %s, %s)" % (table, 'RingNumber', 'InstallationDate', 'RingName', 'Stationing', 'HorizDev', 'VertDev', 'TrackRot')
    queryparams = ['@val1', '@val2', '@val3', '@val4', '@val5', '@val6', '@val7']
    cmd = MySQLCommand(table, conn)
    cmd.execute(query)
    cmd.execute(queryparams)
```

run_id	RingNumber	InstallationDate	RingName	Stationing	HorizDev	VertDev	TrackRot
1	1	2018-05-23 18:27:10	U1	27941.3796864265	13.6168474748077	-42.9047544990267	0
2	2	2018-05-24 07:00:38	U2	27939.8807464611	60.5952133558814	-32.4175859504427	0
3	3	2018-05-23 18:27:10	U3	27941.3796864265	13.6168474748077	-42.9047544990267	0
4	4	2018-05-24 07:00:38	U4	27939.8807464611	60.5952133558814	-32.4175859504427	0
5	5	2018-05-23 18:27:10	U5	27941.3796864265	13.6168474748077	-42.9047544990267	0
6	6	2018-05-24 07:00:38	U6	27939.8807464611	60.5952133558814	-32.4175859504427	0
7	7	2018-05-23 18:27:10	U7	27941.3796864265	13.6168474748077	-42.9047544990267	0
8	8	2018-05-24 07:00:38	U8	27939.8807464611	60.5952133558814	-32.4175859504427	0
9	9	2018-05-23 18:27:10	U9	27941.3796864265	13.6168474748077	-42.9047544990267	0
10	10	2018-05-24 07:00:38	U10	27939.8807464611	60.5952133558814	-32.4175859504427	0



II TWIN MODEL

Il Twin Model è la rappresentazione in real time di ciò che sta accadendo all'interno dell'opera e tramite la manipolazione dei dati possiamo ottenere rappresentazioni grafiche differenti: nell'esempio qui sotto sono colorati i ring in funzione del numero di danni che hanno subito durante la fase di posa



Grazie



TORINO

LINGOTTO - AULA MAGNA

19 NOVEMBRE 2019

