



Ipar 4.0 megoldásokat fejlesztő adat- és rendszertudományi
szakmérnök képzés

Folyamatinformatika - Ontológia fejlesztés

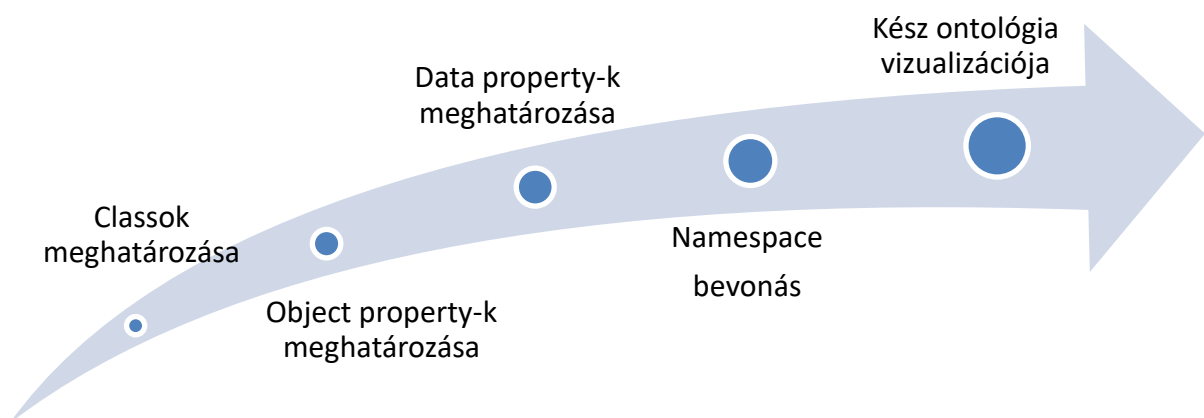
Beadandó feladat

Károly Balázs
(XJZHNT)
2020. 11. 30.

1 A rendszer leírása

Szakdolgozatomban a Dunai Finomítóban, az energiaigények előrejelzéséhez használt regressziós modellek felülvizsgálatával, ill. azok fejlesztési lehetőségeivel foglalkozom. Maga a létesítmény 800 ha-on terül el, 48 üzemében évente kb. 8 millió tonna kőolajat dolgoz fel. A működési költségek legnagyobb részét az energiaköltségek teszik ki, így a stratégia és a hosszútávú tervezés szempontjából azok kellően pontos predikciója elengedhetetlen.

Felépítéséből és az iparág jellegéből adódóan, a finomítói tevékenységek rendkívül bonyolult kapcsolati hálóval írhatók le. A folyamatos működés biztosításához több szervezet (tervezés, üzemeltetés, karbantartás stb.) több folyamatának összehangolt működése szükséges. Egy termék előállításához különböző fizikai-kémiai folyamatok, üzemek szükségesek, melyek jelentős mennyiségű energiát igényelnek. Ezeket a tevékenységeket megfelelő módon ütemezni szükséges akár karbantartás, akár a vevői igények, vagy a termékszabványoknak való megfelelés szempontjából. A beadandó feladat során ezeket a kapcsolatokat ismertetem, a termelés és energiamenedzsment kapcsolatára vonatkozóan. Az ontológia tervezést a következő sorrendben végeztem:



1. ábra: Az ontológiatervezés lépései

2 Ontológia tervezése

2.1 Classok meghatározása

A modellezett, bonyolult rendszerünkben a kapcsolatok és interakciók leírásához, vagyis az ontológia elkészítéséhez részrendszereket szükséges meghatároznunk, melyeket magukban már egyszerűen értelmezhetünk, leírhatunk. Ezen részrendszerek lesznek a class-ok az ontológiánkban. Finomítói környezetben ezeket a következőképpen definiáltam. A class-ok egyenrangúak, sub-class nem került definiálásra.

1. Product (P)

Ez maga a termék/termékek, melyeket a finomítói tevékenység során elő kell állítanunk. Különböző specifikációkat figyelembe véve ebből kb. 200 létezik a finomítóban. A beadandó során az egyszerűség kedvéért kizárólag a PB, benzin és gázolaj termékeket, mint gyűjtőnevek használok.

2. Activity (A)

Ez azon szükséges technológiák csoportja, melyek segítségével a finomító kőolajból értékes, a szabványoknak megfelelő termékeket állít elő (pl. kénmentesítés, desztilláció stb.)

3. Unit (U)

Azon Dunai Finomítóban található konkrét üzemek, melyekben a fenti kémiai, fizikai műveletek megvalósíthatók.

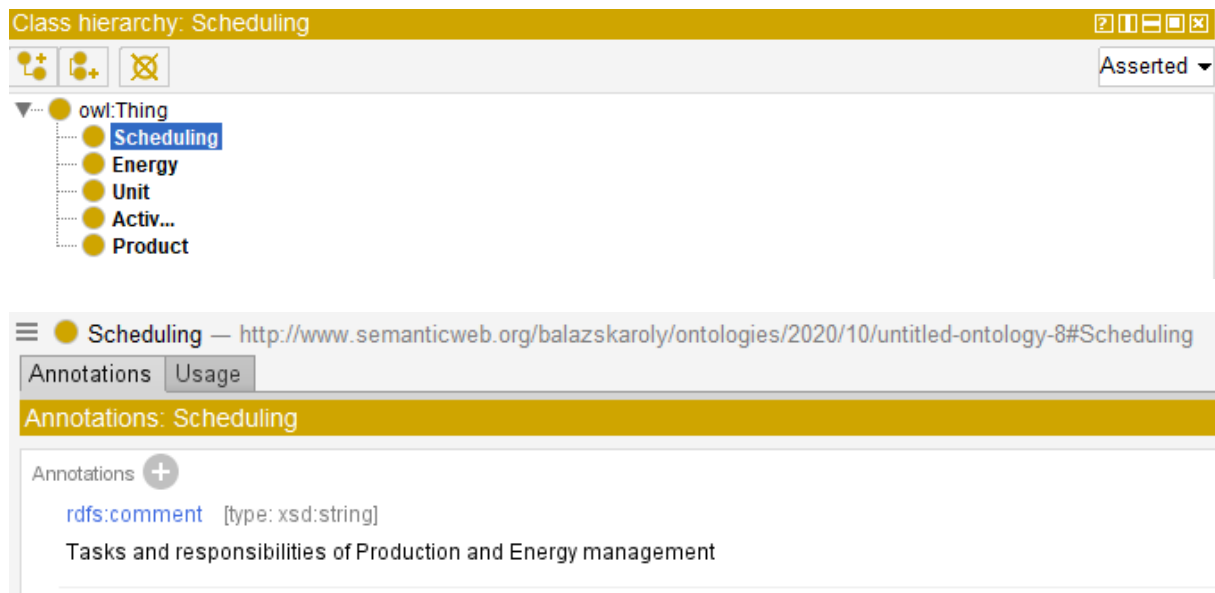
4. Energy (E)

Amint említettem, a finomító legjelentősebb költségelemei maguk a felhasznált energiák. Ebben az esetben villamosenergia, földgáz, fűtőgáz és gőz.

5. Scheduling (S)

Azon ütemezési tevékenységek, melyek elengedhetetlenek a finomító működése céljából. Vonatkozhatnak mind a technológiákra, mind az energiákra.

A felsorolt 5 class-t felvettem az ontológia tervezőbe, rdfs:comment-ként rövid magyarázatot fűztem hozzájuk.

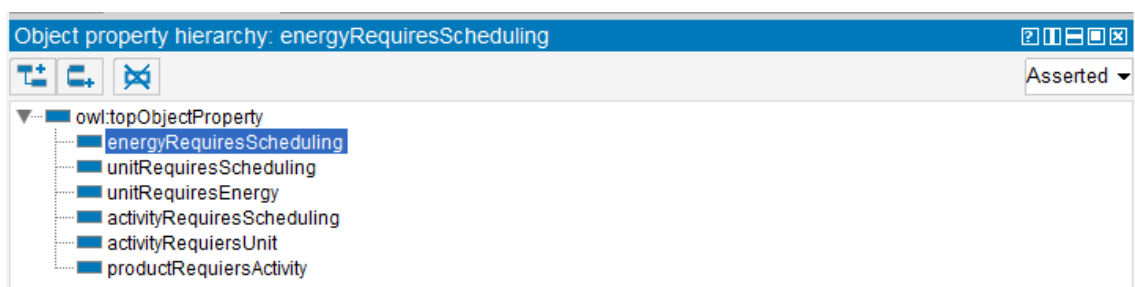


2. ábra: A felvett class-ok

2.2 Object property-k meghatározása

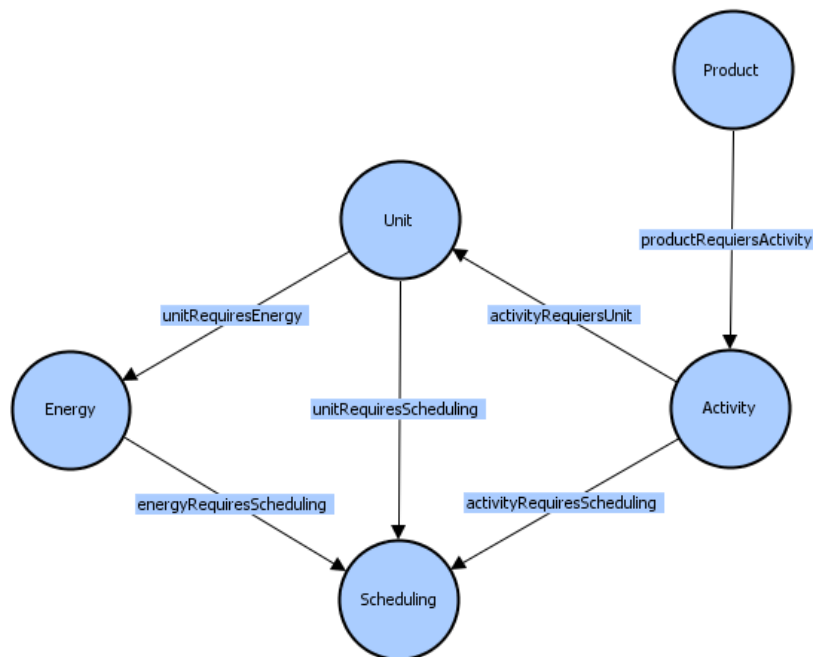
A classok kapcsolatainál a következő módon jártam el.

1. Minden termék igényel valamilyen finomítói eljárást -, „*productRequiersActivity*”
2. A különböző eljárásokat adott üzemekben lehet véghez vinni-, „*activityRequiersUnit*”
3. A különböző eljárások az alapanyagminőség, igények, szabványok stb. függvényében különböző ütemezési feladatokat igényelnek -, „*activityRequiresScheduling*”
4. Az egyes üzemek jelentős mértékű energiát használnak fel
-, „*unitRequiresEnergy*”
5. Az üzemek karbantartás szempontjából szintén ütemezési feladatokat igényelnek
-, „*unitRequiresScheduling*”
6. Az energiák elosztása és beszerzése szintén ütemezéshez kötött –
-, „*energyRequiresScheduling*”



3. ábra: A felvett Object property-k

Az Object property-k domain és range definiálása után a kapcsolati hálót már megnézhetjük VOWL nézetben:



4. ábra: A kezdetleges ontológia VOWL ábrázolásban

2.3 Data property-k meghatározása

A következő data property-k kerültek meghatározásra:

1. táblázat: A felvett data property-k

Date Property	Típus	Magyarázat
ProductName	srt	A termék neve
ProductUsage	srt	A termék felhasználási módja
ActivityName	srt	Az eljárás neve
ActivityType	srt	Az eljárás típusa
UnitID	srt	Az üzem neve
UnitCapacity	int	Az üzem kapacitása
EnergyType	srt	Az energia típusa
EnergySource	srt	Az energia forrása
EnergyCost	int	Az energia költsége
SchedulingType	srt	Az ütemezési feladat típusa

2. táblázat: Az data property-khez tartozó individualok, adatok

	ProductName	ProductUsage
P1	PB	LPG, cooking, heating
P2	Gasoline	Petchem, fuel
P3	Diesel	Fuel

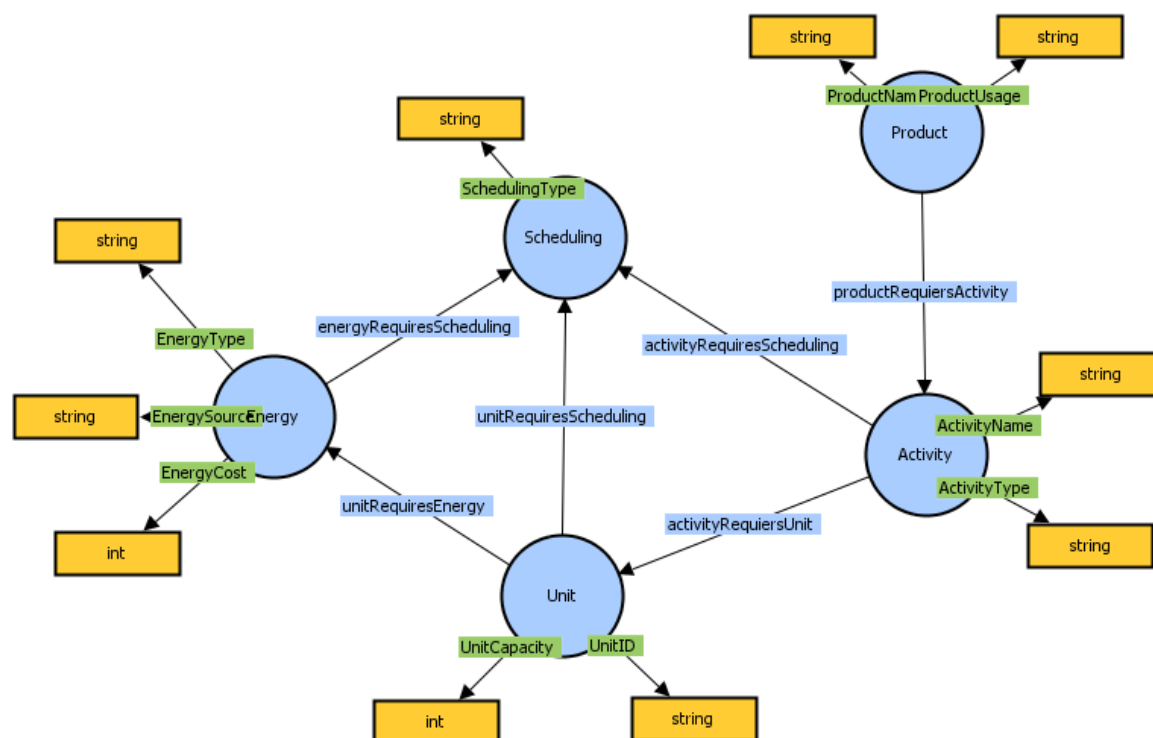
	ActivityName	ActivityType
A1	Distillation	Physical
A2	Hydrogen production	Chemical
A3	Thermal cracking	Chemical
A4	Catalytic cracking	Chemical
A5	Desulphurisation	Chemical
A6	Reforming	Chemical
A7	Blending	Physical

	UnitID	UnitCapacity
U1	DCDU1	3000
U2	DCDU2	8200
U3	DCDU3	10500
U4	DGDES	200
U5	DHPP1	50
U6	DHPP2	90
U7	DDCKU	3500
U8	DFCCU	3900
U9	DREFC	1850
U10	DGHT3	8200
U11	DMHCK	6000
U12	DBLEND	25

	EnergyType	EnergySource	EnergyCost
E1	Natural gas	FGSZ	15
E2	Fuel gas	DR	10
E3	MP steam	DF_BF	2000
E4	HP steam	DF_BF	2000
E5	Electricity	MAVIR	45

	SchedulingType
S1	Production Scheduling
S2	Maintenance Scheduling
S3	Short-term forecast
S4	Long-term forecast
S5	Scheduling
S6	Nomination

Ezek után a VOWL nézet a következő módon alakult:

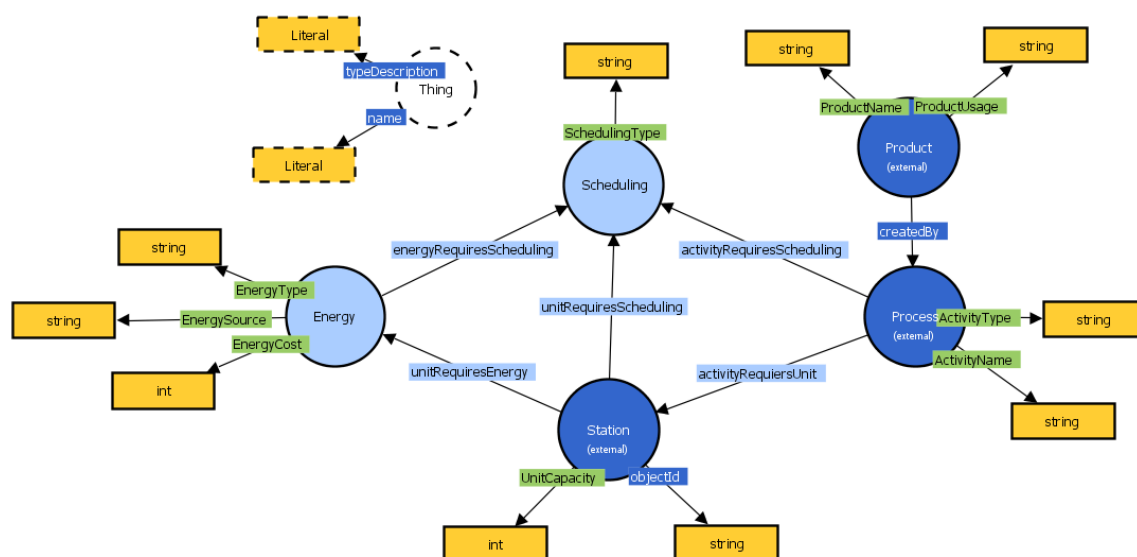


2.4 Namespace bővítés

Az ontológiát a RAMI és SCORVOc namespace-ek bevonásával fejlesztettem, a következők szerint:

Eredeti	Fejlesztett	Innen
CLASS		
Product	"Product"	RAMI
Unit	"Station"	RAMI
Activity	"Process"	SCORVOc
OBJECT PROPERTY		
productRequiresActivity	"crated by"	RAMI
DATA PROPERTY		
Name	"name"	RAMI
ID	"object ID"	RAMI
Type	"type description"	RAMI

A kész ontológia VOWL plugint használva a következő:



5. ábra: Az object és data propertyket, valamint a bevont namespace-eket egyaránt ábrázoló ontológia

2.5 Adatok betöltése

A modell adatokkal történő feltöltését a Cellfie plugin segítségével végeztem. Ehhez egy, a különböző kapcsolatokhoz (Object properties) és data property-ket tartalmazó excelt hoztam létre. A teljesség igénye nélkül, a beolvasást követően a modell fell volt töltve az általam definiált adatokkal:

The screenshot displays the Cellfie application interface. At the top, the target ontology is identified as 'untitled-ontology-8' with a URL. Below this, a workbook is open, showing a table with columns for Product, Activity, Unit, and Energy. The table contains data for various products like LPG, Gasoline, and Diesel, and activities like Distillation, Hydrogen production, and Catalytic cracking. The bottom section of the interface shows 'Transformation Rules' with a table of rules for loading data from the spreadsheet into the ontology. The rules specify the source sheet, column ranges, and the corresponding ontology properties and types.

Sheet Name	Start Column	End Column	Start Row	End Row	Rule	Comment
All_DATA	I	I	2	+	Individual: @I* Types: Station Facts: objectId @J*(xsd:string), UnitCapacity @K*(xsd:integer)	
Unit_Energy	B	F	1	+	Individual: @A* Types: Station Facts: unitRequiresEnergy @**	
All_DATA	M	M	2	+	Individual: @M* Types: Energy Facts: EnergyType @N*(xsd:string), EnergySource @O*(xsd:string), EnergyCost @P*(xsd:integer)	
All_DATA	K	K	1	+	Individual: @R* Types: Scheduling Facts: SchedulingType @S*(xsd:string)	

6. ábra: Az adatok definiálásának módja, és azok beolvasásának folyamata

untitled-ontology-8 (http://www.semanticweb.org/balazskaroly/ontologies/2020/10/untitled-ontology-8) : [C:\Users\balazskaroly\OneDrive - MOLGROUP\Documentumok\par4.0\Oktatási anyagok\Folyamatinformatika\Ontológia beadandó\KB_dead_DUF1_namespace.owl]

File Edit View Reasoner Tools Refactor Window Help

< > untitled-ontology-8 (http://www.semanticweb.org/balazskaroly/ontologies/2020/10/untitled-ontology-8) Search...

Active ontology x Entities x Individuals by class x DL Query x SPARQL Query x VOWL x OntoGraf x

Classes Object properties Annotation properties Datatypes Individuals

Class hierarchy: Station

owl:Thing

- Process
- Station
- Product
- Scheduling
- Energy

Data property hierarchy: typeDescription

owl:topDataProperty

- typeDescription
 - ActivityType
 - SchedulingType
 - EnergyType
- objectid
 - name
 - ActivityName
 - ProductName
 - EnergyCost
 - EnergySource
 - UnitCapacity
 - ProductUsage

Annotation property hierarchy: owl:backwardCompatibleWith

- owl:backwardCompatibleWith
- owl:deprecated
- owl:incompatibleWith
- owl:priorVersion
- owl:versionInfo
- rdfs:comment
- rdfs:isDefinedBy
- rdfs:label
- rdfs:seeAlso

Station — http://ais.fraunhofer.de/vocabs/rami#Station

Annotations Usage

Usage: Station

Show: ☒ this ☒ disjoints ☒ named sub/superclasses

Found 37 uses of Station

- activityRequirersUnit
 - activityRequirersUnit Range Station
- objectid
 - objectid Domain Station
- Station
 - Class: Station
 - Station rdfs:comment "Specific units in Danube Refinery"^^xsd:string
- U1
 - U1 Type Station
- U10
 - U10 Type Station
- U11
 - U11 Type Station
- U12
 - U12 Type Station
- U2
 - U2 Type Station
- U3
 - U3 Type Station

Description: Station

Equivalent To +

SubClass Of +

General class axioms +

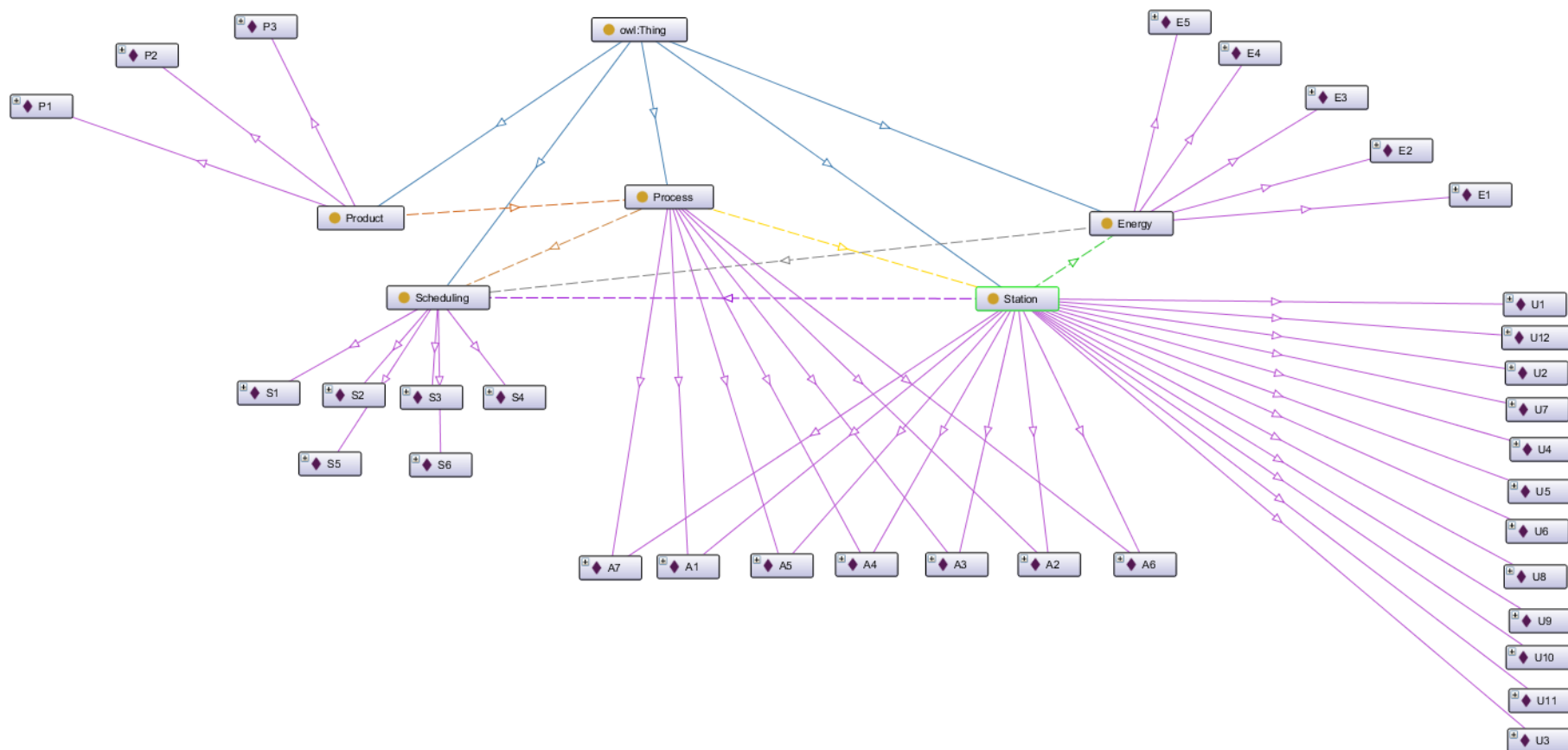
SubClass Of (Anonymous Ancestor)

Instances +

- U1
- U10

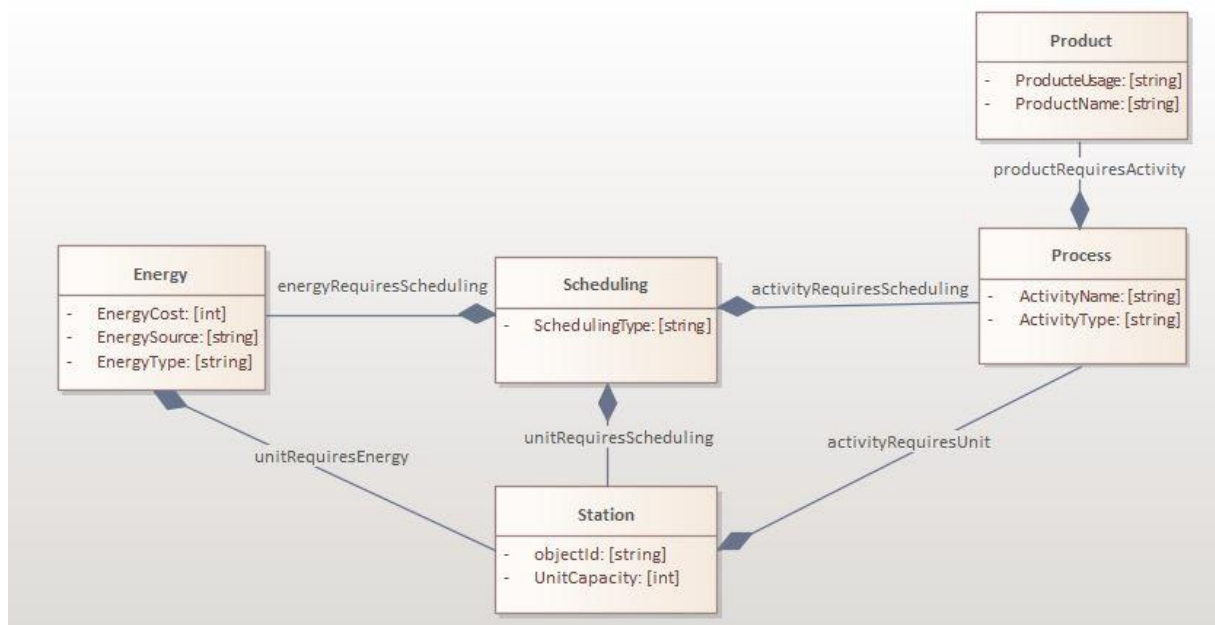
7. ábra: A felvett adatok és kapcsolatok helyességének ellenőrzése

A kész ontológia, adatokkal feltöltve, OntoGraf-ban megjelenítve:



8. ábra: Az individualokat is tartalmazó kész ontológia OntoGraf-ban

Ontology metrics:	
Metrics	
Axiom	327
Logical axiom count	266
Declaration axioms count	56
Class count	5
Object property count	6
Data property count	12
Individual count	33
Annotation Property count	1



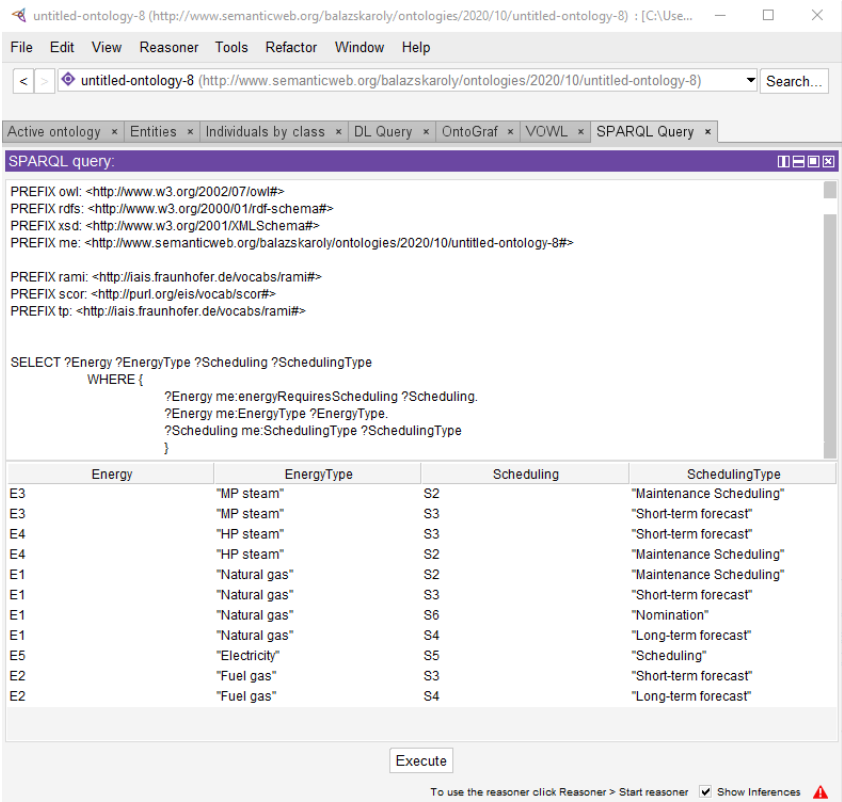
9. ábra: Az ontológia adatainak összefoglalása, és az UML asszociációs diagram

3 Adatlekérdezések

Miután az adatok feltöltésre kerültek, SPARQL segítségével a különböző adatlekérdezések végrehajthatók, miután a szükséges IRI-eket felvettem a PREFIX-ek közé.

3.1 Egyes energiák ütemezési feladatai

Ezzel a lekérdezéssel arra voltam kíváncsi, hogy az egyes energiafajták tervezése milyen ütemezési feladatokat igényelnek.



The screenshot shows a SPARQL query interface with the following query:

```
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX me: <http://www.semanticweb.org/balazskaroly/ontologies/2020/10/untitled-ontology-8#>

PREFIX rami: <http://iais.fraunhofer.de/vocabs/rami#>
PREFIX scor: <http://purl.org/eis/vocab/scor#>
PREFIX tp: <http://iais.fraunhofer.de/vocabs/rami#>

SELECT ?Energy ?EnergyType ?Scheduling ?SchedulingType
WHERE {
    ?Energy me:energyRequiresScheduling ?Scheduling.
    ?Energy me:EnergyType ?EnergyType.
    ?Scheduling me:SchedulingType ?SchedulingType
}
```

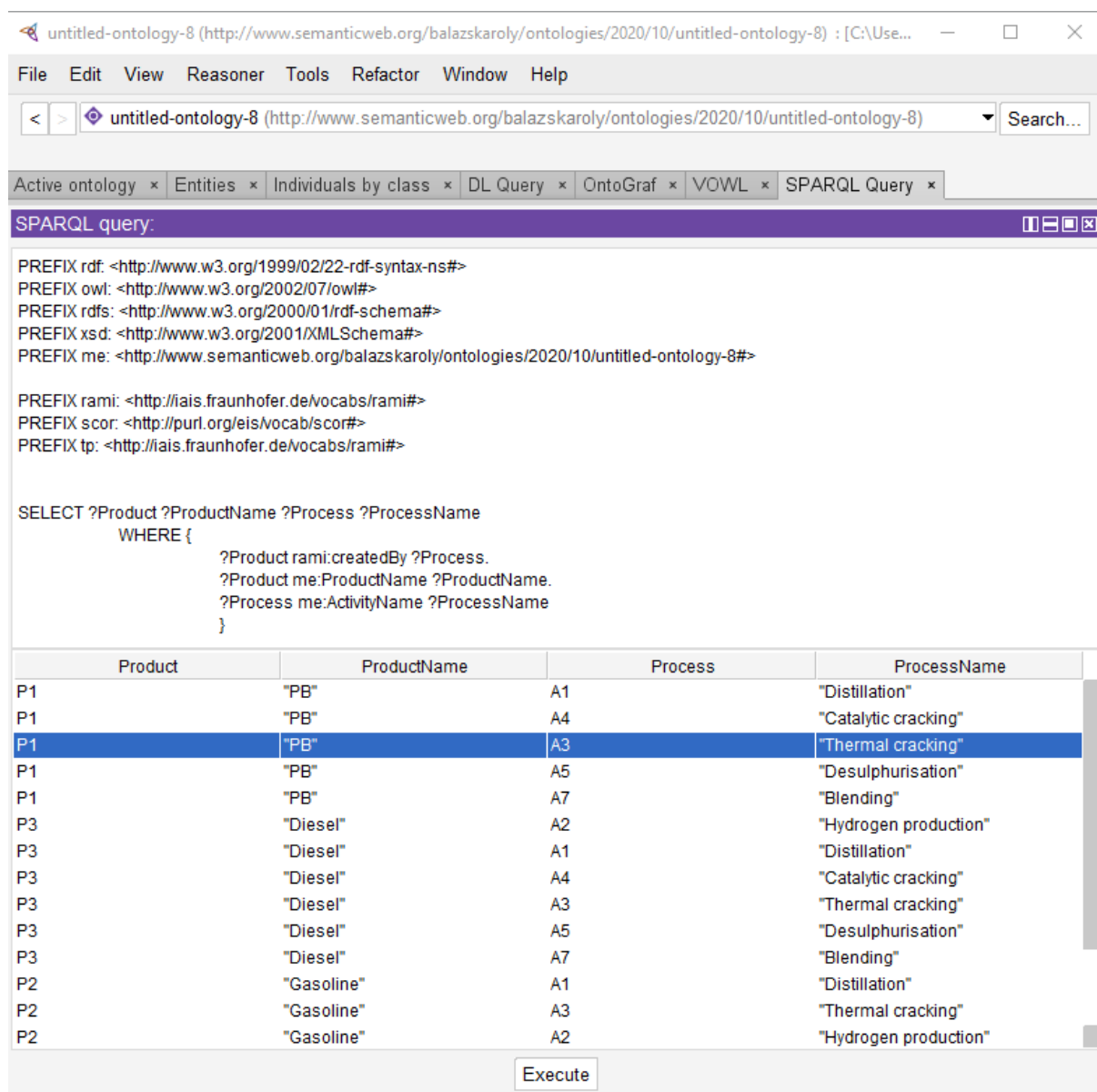
The results are displayed in a table with the following columns: Energy, EnergyType, Scheduling, and SchedulingType.

Energy	EnergyType	Scheduling	SchedulingType
E3	"MP steam"	S2	"Maintenance Scheduling"
E3	"MP steam"	S3	"Short-term forecast"
E4	"HP steam"	S3	"Short-term forecast"
E4	"HP steam"	S2	"Maintenance Scheduling"
E1	"Natural gas"	S2	"Maintenance Scheduling"
E1	"Natural gas"	S3	"Short-term forecast"
E1	"Natural gas"	S6	"Nomination"
E1	"Natural gas"	S4	"Long-term forecast"
E5	"Electricity"	S5	"Scheduling"
E2	"Fuel gas"	S3	"Short-term forecast"
E2	"Fuel gas"	S4	"Long-term forecast"

10. ábra: Energiák szükséges ütemezéseinek lekérdezése

Látható, hogy a földgázigények tervezése magában foglalja rövid -és hosszútávú előrejelzéseket, karbantartással összefüggő tervezéseket, valamint a napi operatív nominálásokat.

3.2 Az egyes termékekhez szükséges eljárások



The screenshot shows a web-based SPARQL query interface. The browser address bar displays the URL: `http://www.semanticweb.org/balazskaroly/ontologies/2020/10/untitled-ontology-8`. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Reasoner, Tools, Refactor, Window, Help) and a toolbar with navigation and search icons. Below the toolbar, there are tabs for 'Active ontology', 'Entities', 'Individuals by class', 'DL Query', 'OntoGraf', 'VOWL', and 'SPARQL Query'. The 'SPARQL Query' tab is active, showing a query editor with the following content:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX me: <http://www.semanticweb.org/balazskaroly/ontologies/2020/10/untitled-ontology-8#>

PREFIX rami: <http://iais.fraunhofer.de/vocabs/rami#>
PREFIX scor: <http://purl.org/eis/vocab/scor#>
PREFIX tp: <http://iais.fraunhofer.de/vocabs/rami#>

SELECT ?Product ?ProductName ?Process ?ProcessName
WHERE {
    ?Product rami:createdBy ?Process.
    ?Product me:ProductName ?ProductName.
    ?Process me:ActivityName ?ProcessName
}
```

Below the query editor, a table displays the results of the query. The table has four columns: Product, ProductName, Process, and ProcessName. The results are as follows:

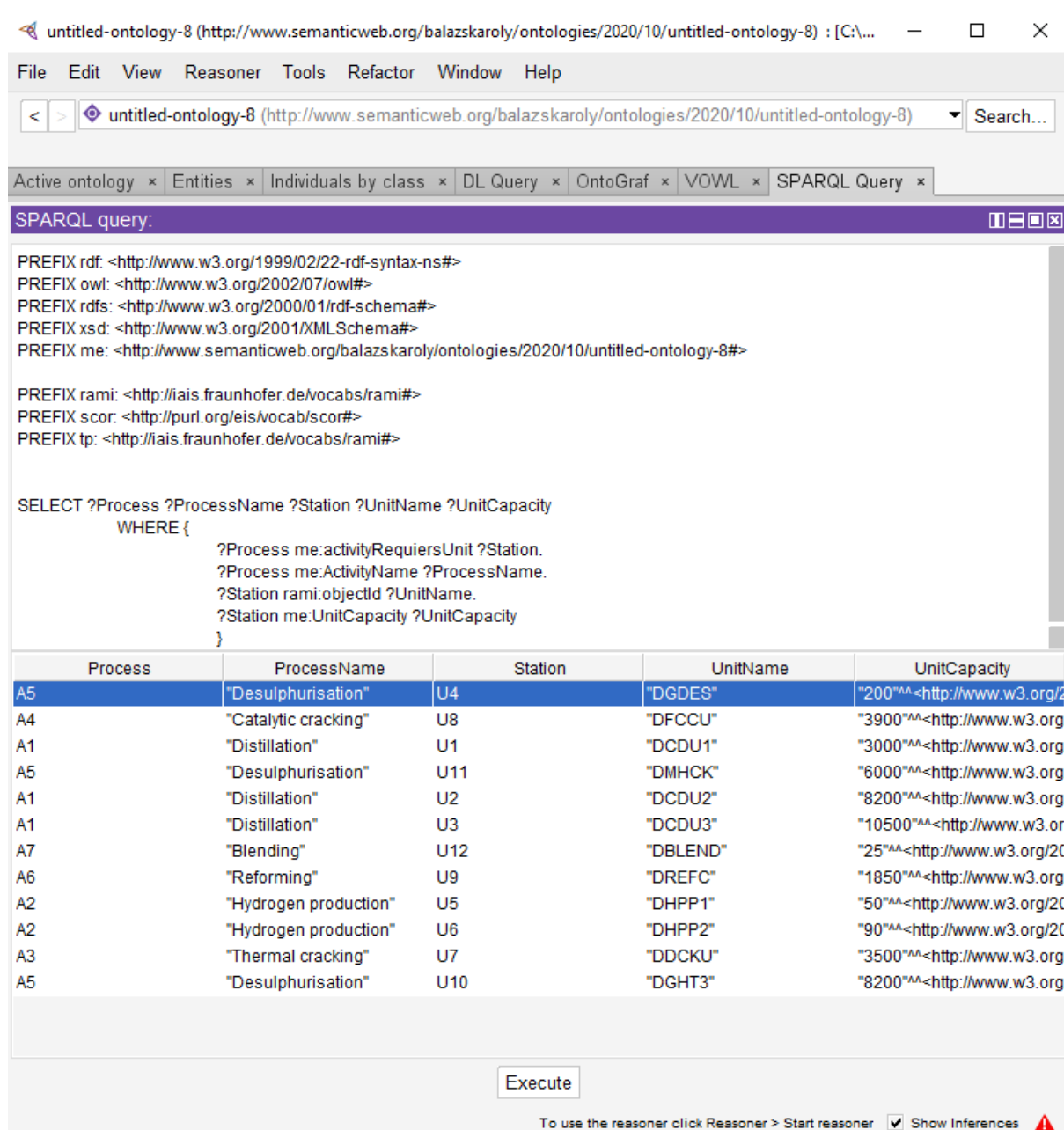
Product	ProductName	Process	ProcessName
P1	"PB"	A1	"Distillation"
P1	"PB"	A4	"Catalytic cracking"
P1	"PB"	A3	"Thermal cracking"
P1	"PB"	A5	"Desulphurisation"
P1	"PB"	A7	"Blending"
P3	"Diesel"	A2	"Hydrogen production"
P3	"Diesel"	A1	"Distillation"
P3	"Diesel"	A4	"Catalytic cracking"
P3	"Diesel"	A3	"Thermal cracking"
P3	"Diesel"	A5	"Desulphurisation"
P3	"Diesel"	A7	"Blending"
P2	"Gasoline"	A1	"Distillation"
P2	"Gasoline"	A3	"Thermal cracking"
P2	"Gasoline"	A2	"Hydrogen production"

At the bottom of the interface, there is an 'Execute' button.

11. ábra: Termékek előállításához szükséges eljárások lekérdezése

A lekérdezés eredménye pontosan visszaadja, hogy pl. a PB termékek előállításához szükség van desztillációra, katalitikus és termikus krakkolásra, valamint kénmentesítésre.

3.3 Az egyes eljárások üzemi megvalósítása a Dunai Finomítóban



The screenshot shows the Protégé application window with the SPARQL query editor. The query is as follows:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX me: <http://www.semanticweb.org/balazskaroly/ontologies/2020/10/untitled-ontology-8#>

PREFIX rami: <http://iais.fraunhofer.de/vocabs/rami#>
PREFIX scor: <http://purl.org/eis/vocab/scor#>
PREFIX tp: <http://iais.fraunhofer.de/vocabs/rami#>

SELECT ?Process ?ProcessName ?Station ?UnitName ?UnitCapacity
WHERE {
    ?Process me:activityRequiersUnit ?Station.
    ?Process me:ActivityName ?ProcessName.
    ?Station rami:objectId ?UnitName.
    ?Station me:UnitCapacity ?UnitCapacity
}
```

The results table is displayed below the query:

Process	ProcessName	Station	UnitName	UnitCapacity
A5	"Desulphurisation"	U4	"DGDES"	"200"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A4	"Catalytic cracking"	U8	"DFCCU"	"3900"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A1	"Distillation"	U1	"DCDU1"	"3000"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A5	"Desulphurisation"	U11	"DMHCK"	"6000"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A1	"Distillation"	U2	"DCDU2"	"8200"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A1	"Distillation"	U3	"DCDU3"	"10500"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A7	"Blending"	U12	"DBLEND"	"25"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A6	"Reforming"	U9	"DREFC"	"1850"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A2	"Hydrogen production"	U5	"DHPP1"	"50"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A2	"Hydrogen production"	U6	"DHPP2"	"90"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A3	"Thermal cracking"	U7	"DDCKU"	"3500"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
A5	"Desulphurisation"	U10	"DGHT3"	"8200"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>

At the bottom of the window, there is an "Execute" button and a status bar that reads: "To use the reasoner click Reasoner > Start reasoner" with a checked box for "Show Inferences" and a warning icon.

12. ábra: A DUFI-ban az egyes eljárásokat megvalósító üzemek lekérdezése

A lekérdezés eredményéből kiderül, hogy pl. a kőolaj desztillációját a Dunai Finomítóban a DCDU1, DCDU2 és DCDU3 jelű üzemekben végzik, melyek kapacitása rendre 3000, 8200 és 10500 t/nap. Kiderül továbbá, hogy katalitikus krakkolásra a 3900 t/nap kapacitású FCC üzem, termális krakkolásra pedig a 3500 t/nap kapacitású DDCKU üzem áll rendelkezésre.