



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΕΠΑΦΩΝ ΓΙΑ
ΕΠΙΛΥΤΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
Βίκτωρας Γιαννάκη

Επιβλέπων: Βασίλειος Βεσκουκής
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2025



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΕΠΑΦΩΝ ΓΙΑ
ΕΠΙΛΥΤΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
Βίκτωρας Γιαννάκη

Επιβλέπων: Βασίλειος Βεσκουκής
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την κάτωθι τριμελή επιτροπή την 3^η Ιουλίου 2025.

Βασίλειος Βεσκουκής
Καθηγητής ,Ε.Μ.Π.

Άρης Δήμεας
Επικουρος Καθηγητής ,Ε.Μ.Π.

Νικόλαος Παπασπύρου
Καθηγητής ,Ε.Μ.Π.

Βίκτωρας Γιαννάκη

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών ΕΜΠ

Copyright © Βίκτωρας Γιαννάκη, 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόδίου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Το GAMS είναι ένα λογισμικό που χρησιμοποιείται για την επίλυση και τη μοντελοποίηση σύνθετων προβλημάτων. Υποστηρίζει τη δική του γλώσσα προγραμματισμού, σχεδιασμένη ειδικά για μαθηματική μοντελοποίηση και βελτιστοποίηση. Το λογισμικό αυτό βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους τομείς, όπως τα οικονομικά, τα μαθηματικά, η ενέργεια, οι μεταφορές κ.ά., επιτρέποντας τη διαχείριση πολύπλοκων συστημάτων και τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την επίλυση αποθηκεύονται και μπορούν να αναλυθούν, ώστε να εντοπιστούν τρόποι βελτιστοποίησης του προβλήματος.

Το GAMS διαθέτει διάφορους επιλυτές (solvers), οι οποίοι είναι αλγόριθμοι για την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον καταλληλότερο επιλυτή, ανάλογα με τις απαιτήσεις του προβλήματος και τον τύπο του μοντέλου. Τέλος, το GAMS μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε διαδραστικά με εφαρμογή-πελάτη είτε μέσω προγραμματιστικών διεπαφών (APIs), επιτρέποντας την ενσωμάτωσή του σε εφαρμογές.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην ανάπτυξη λογισμικού εργαλείου για τη διαχείριση της ροής εργασιών που σχετίζονται με την εκτέλεση, παρακολούθηση και οπτικοποίηση αποτελεσμάτων υπολογιστικών μοντέλων, τα οποία έχουν υλοποιηθεί για το οικοσύστημα του GAMS.

Λέξεις-κλειδιά: GAMS, GDX, gams-tool, gams-api, parser-api, endpoint, gdx-dump, Διακύμανση, Σκιώδης τιμή.

Abstract

GAMS (General Algebraic Modeling System) is a software tool used for solving and modeling complex problems. It supports its own programming language, specifically designed for mathematical modeling and optimization. The software is applied in various domains such as economics, mathematics, energy, transportation, and more, enabling the management of complex systems and optimal decision-making. The results produced from the solution process are stored and can be analyzed to identify ways to further optimize the problem.

GAMS includes a variety of solvers, which are algorithms designed to solve mathematical problems. Users can choose the most appropriate solver depending on the problem's requirements and the type of model. Finally, GAMS can be used either interactively through a client application or programmatically via APIs, making it integrable with other applications.

This thesis aims to develop a software tool for managing workflows related to the execution, monitoring, and visualization of computational model results implemented within the GAMS ecosystem.

Keywords: GAMS, GDX, gams-tool, gams-api, parser-api , endpoint, gdxdump, Marginal, shadow price.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, κλείνει ένα σημαντικό κεφάλαιο της φοιτητικής μου ζωής. Τα χρόνια αυτά ήταν γεμάτα προκλήσεις, εμπειρίες και πολύτιμη γνώση. Δεν θα είχα φτάσει ως εδώ χωρίς τη στήριξη της οικογένειάς μου και των φίλων μου, που με ενθάρρυναν και με στήριζαν σε κάθε βήμα αυτής της πορείας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Βασίλειος Βεσκούκης, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, την καθοδήγησή του, τα εποικοδομητικά σχόλια και τη συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα και ερευνητή Χρίστο Χατζηχριστοφή, για τη βοήθειά του και την υποστήριξή του κατά τη διάρκεια της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ όλους όσοι συνέβαλαν, με τον τρόπο τους, σε αυτή την όμορφη και απαιτητική πορεία στο ΕΜΠ.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή - Θεωρητικό Υπόβαθρο για το Λογισμικό GAMS	25
1.1	GAMS Εισαγωγή	25
1.2	Κίνητρο	25
1.3	Βασικά Είδη Προβλημάτων στο GAMS	26
1.4	Συγγραφή Προγραμμάτων	26
1.4.1	Βασικά Στοιχεία του GAMS	26
1.5	Έλεγχος Εκτέλεσης	27
1.5.1	Dollar Controls	27
1.5.2	Command Line Parameters	28
1.6	Αποτελέσματα Εκτελέσεων	29
1.7	Εργαλεία του Οικοσυστήματος GAMS	30
1.8	Σκιώδης Τιμή - Διακύμανση (Shadow Price / Marginal)	32
1.9	Ορισμός Μοντέλων στο GAMS και Βελτιστοποίησή τους με Βάση τη Διακύμανση	32
1.9.1	Αποθήκευση και Πώληση Ενέργειας Παραγόμενης από Φωτοβολταϊκά σε Υβριδικά Συστήματα Αποθήκευσης (Μπαταρίες και Υδρογόνο)	32
1.9.1.1	Δεδομένα Εισόδου (Σύνολα και Παράμετροι)	33
1.9.1.2	Ορισμός Μεταβλητών	35
1.9.1.3	Ορισμός Εξισώσεων	36
1.9.1.4	Ορισμός Μοντέλου και Επίλυση	38
1.9.1.5	Ανάλυση Μοντέλου	38
1.9.2	Αποθήκευση και Πώληση Ενέργειας Παραγόμενης από Φωτοβολταϊκά σε Υβριδικά Συστήματα Αποθήκευσης (Μπαταρίες και Υδρογόνο) με Χρήση Αρχείων Εισόδου	39
1.9.2.1	Ορισμός Μοντέλου	39
1.9.2.2	Εισαγωγή Δεδομένων από Αρχεία ΓΔΕ	40
1.9.2.3	Συνέχεια Ορισμού Μοντέλου	41
1.10	Αξιοποίηση Τεχνητής Νοημοσύνης κατά την Εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας	43
1.11	Υπόλοιπα Κεφάλαια και Στόχος	43
2	Λογισμικό Ελέγχου για Ελεγχόμενη Εκτέλεση και Αυτοματοποίηση (opt-trace)	45

2.1	Λογισμικό opt-trace	45
2.2	Μελέτη περίπτωσης χρήσης	45
2.2.1	Αυθεντικοποίηση Χρήστη	46
2.2.1.1	Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης	46
2.2.1.2	Activity Diagram UML	46
2.2.2	Προβολή Ιστορικού Καταγραφών	46
2.2.2.1	Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης	47
2.2.2.2	Activity Diagram - Προβολή μηνυμάτων προς των χρήστη	47
2.2.3	Διαχείριση Αρχείων Εισόδου και Ορισμός Μοντέλου	47
2.2.3.1	Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης	47
2.2.3.2	Activity Diagram UML - Ανέβασμα αρχείων	48
2.2.3.3	Activity Diagram UML - Διαγραφή αρχείων	48
2.2.3.4	Activity Diagram UML - Προβολή αρχείου	48
2.2.3.5	Activity Diagram UML - Μεταγλώττιση αρχείου	48
2.2.3.6	Activity Diagram UML - Προβολή αρχείων εισόδου ενός μοντέλου	49
2.2.3.7	Activity Diagram UML - Αλλαγή αρχείων εισόδου μοντέλου	51
2.2.4	Διαχείριση και Ρύθμιση Εξαγωγών GDX	52
2.2.4.1	Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης	52
2.2.4.2	Activity diagram UML - Επιλογή Μοντέλου	52
2.2.4.3	Activity Diagram UML - Δημιουργία ρύθμισης GDX export	53
2.2.4.4	Activity Diagram UML - Προβολή πεδίων κάποιας υπάρχουσας ρύθμισης	53
2.2.4.5	Activity Diagram UML - Διαγραφή ρύθμισης GDX export	53
2.2.4.6	Activity Diagram UML - Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση αυτόματης παραγωγής διαγραμμάτων για κάποια ρύθ- μιση	53
2.2.5	Εκτέλεση Μοντέλων	54
2.2.5.1	Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης	54
2.2.5.2	Activity Diagram UML - Εκτέλεση Μοντέλου	54
2.2.6	Διαχείριση και Αλληλεπίδραση με τα Αποτελέσματα	54
2.2.6.1	Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης	55
2.2.6.2	Activity Diagram UML - Προβολή Εκτελέσεων Μο- ντέλου	55
2.2.6.3	Activity Diagram UML - Λειτουργίες Σχετικές με Ε- κτελέσεις Μοντέλου	56

2.2.6.4	Activity Diagram UML – Διαχείριση Διαγραμμάτων και Πινάκων	57
2.2.6.5	Activity Diagram UML – Δημιουργία Διαγραμμάτων .	58
2.2.6.6	Activity Diagram UML – Δημιουργία Πινάκων	59
2.2.6.7	Activity Diagram UML – Διαγραφή Μοντέλων	59
2.2.7	Δημιουργία Αναφοράς Εγγράφου	59
2.2.7.1	Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης	60
2.2.7.2	Activity Diagram UML – Λειτουργίες για τη Σύνθεση Αναφοράς	60
2.3	Αρχιτεκτονική συστήματος	60
2.3.1	Βάση Δεδομένων και Αυτοματοποίηση	61
2.3.2	Χρήση λογισμικού από χρήστες.	61
2.3.3	Περιγραφή Αρχιτεκτονικής	62
2.4	Βάση δεδομένων	63
2.4.1	Συλλογή – ModelInformation	64
2.4.1.1	Παράδειγμα ορίσμου Transport μοντέλου:	66
2.4.1.2	Παράδειγμα ορίσμου Transport με gdxin αρχεία : .	69
2.4.2	Συλλογή – ModelExportCollection	71
2.4.3	Συλλογή – Runs Collection	72
2.4.4	Συλλογή – ReportComponentsCollection	73
2.4.5	Συλλογή – Files collection	74
2.4.6	Συλλογή – Logs collection	76
2.4.7	Συλλογή – client collection	77

3 Τεκμηρίωση και Χρήση των Υπηρεσιών gams-tool, parser-api και gams-api

79

3.1	Υγεία Συστήματος @GET /api/v1/health	80
3.2	Σύνδεση Χρήστη @POST /api/v1/login	80
3.2.1	Ορισμός - Request Body	80
3.2.2	Διάγραμμα UML για - controller	81
3.3	Προστασία κλίσεων στο λογισμικό	81
3.4	Έλεγχος Μοντέλων	82
3.4.1	Ανάκτηση Μοντέλων @GET /api/v1/models	82
3.4.1.1	Ορισμός - HTTP Response	82
3.4.1.2	Διάγραμμα UML για - controller	82
3.4.2	Ανάκτηση Μοντέλου @GET /api/v1/models/:model_id . . .	82
3.4.3	Διαγραφή Μοντέλου @DELETE /api/v1/models/:model_id .	83
3.5	Έλεγχος ρυθμίσεων - gdx exports	83
3.5.1	Ανάκτηση ρυθμίσεων - gdx exports @GET /api/v1/model_exports/:model_id	83
3.5.1.1	Ορισμός - HTTP Response	83
3.5.1.2	Διάγραμμα UML για - controller	84

3.5.2	Ενεργοποίηση σημαίας αυτόματης παράγωγης διαγραμμάτων -	
	@PATCH /api/v1/model_exports/:gdx_id	84
3.5.2.1	Ορισμός - HTTP Request Body	84
3.5.2.2	Διάγραμμα UML για - controller	85
3.5.3	Διαγραφή ρύθμισης -	
	gdx export @DELETE /api/v1/model_exports/:gdx_id	85
3.5.4	Προσθήκη ρύθμισης -	
	gdx export @POST /api/v1/model_exports	86
3.5.4.1	Ορισμός - HTTP Request Body	86
3.5.4.2	Διάγραμμα UML για - controller	86
3.6	Έλεγχος Εκτέλεσης Μοντέλων	87
3.6.1	Εκτέλεση Μοντέλων @POST /api/v1/runs/:file_id	87
3.6.1.1	Διάγραμμα UML για - auto chart generation	88
3.6.2	Ανάκτηση Εκτελέσεων Μοντέλου @GET /api/v1/runs/:id	88
3.6.2.1	Ορισμός - HTTP Response	88
3.6.2.2	Διάγραμμα UML για - controller	88
3.6.3	Διαγραφή Εκτέλεσης - @DELETE /api/v1/runs/:id	89
3.6.4	Λήψη αποτελεσμάτων αρχείο (.zip) -	
	@GET /api/v1/downloadZIP/:id	90
3.6.5	Λήψη αποτελεσμάτων αρχείο (.json) -	
	@GET /api/v1/downloadJSON/:id	90
3.7	Έγγραφα Αναφοράς	91
3.7.1	Ανάκτηση εγγράφων αναφοράς (Διαγράμματα - πινάκες) -	
	Πλήρες @GET /api/v1/docsFull/:model_id	91
3.7.1.1	Ορισμός - HTTP Response	91
3.7.1.2	Διάγραμμα UML για - controller	91
3.7.2	Ανάκτηση εγγράφων αναφοράς (Διαγράμματα - πινάκες) -	
	Μειωμένα @GET /api/v1/docs/:model_id	92
3.7.2.1	Ορισμός - HTTP Response	92
3.7.2.2	Διάγραμμα UML για - controller	92
3.7.3	Ανάκτηση εγγράφου αναφοράς (Διαγράμματα - πινάκες) - Πλήρες	
	@GET /api/v1/doc/:doc_id	93
3.7.4	Εισαγωγή Σημειώσεων για Διαγράμματα ή Πίνακες	
	@PATCH/api/v1/doc/:doc_id	93
3.7.4.1	Ορισμός - HTTP request body	93
3.7.4.2	Διάγραμμα UML για - controller	93
3.7.5	Διαγραφή εγγράφου αναφοράς (Διαγράμματα ή Πίνακες)	
	@DELETE/api/v1/doc/:doc_id	94
3.7.6	Δημιουργία διαγράμματος @POST /api/v1/chart	94
3.7.6.1	Ορισμός - HTTP Request Body	94
3.7.6.2	Διάγραμμα UML για - controller	96

3.7.7	Δημιουργία πίνακα @POST /api/v1/table	97
3.7.7.1	Ορισμός - HTTP Request Body	97
3.7.7.2	Διάγραμμα UML για - controller	98
3.8	Αρχεία Χρήστη	98
3.8.1	Ανέβασμα Αρχείων - @POST /api/v1/upload	98
3.8.1.1	Ορισμός - HTTP Response	98
3.8.1.2	Διάγραμμα UML για- controller	99
3.8.2	Ανάκτηση αρχείων χρήστη - @GET /api/v1/files	99
3.8.2.1	Ορισμός - HTTP Response	99
3.8.2.2	Διάγραμμα UML για- controller	100
3.8.3	Ανάκτηση αρχείου χρήστη - @GET /api/v1/files/:id	100
3.8.3.1	Ορισμός - HTTP Response	100
3.8.3.2	Διάγραμμα UML για- controller	100
3.8.4	Διαγραφή Αρχείου - @DELETE /api/v1/files/:id	101
3.8.5	Ανάκτηση αρχείων εισόδου ενός μοντέλου - @GET /api/v1/imports/:id	101
3.8.5.1	Ορισμός - HTTP Response	101
3.8.5.2	Διάγραμμα UML για- controller	102
3.8.6	Θέσπιση Σύνδεσης Μεταξύ Αρχείων - @PATCH /api/v1/link/:model_id/:original_id/:link_id . . .	102
3.8.7	Μεταγλώττιση αρχείου @POST /api/v1/transfer/:id	103
3.9	Ανάκτηση μηνυμάτων προς χρήση - @GET /api/v1/logs	104
3.10	Τεκμηρίωση και Χρήση του Parser API	105
3.10.1	Ορισμός μοντέλου - @POST /api/v1/model-info-parse . . .	105
3.10.1.1	Ορισμός - HTTP Response	105
3.10.1.2	Διάγραμμα UML για- controller	106
3.10.2	Εξαγωγή Αποτελεσμάτων από GDX σε JSON @POST /api/v1/parse-results	107
3.11	Ορισμός και Περιγραφή του Υφιστάμενου Λογισμικού GAMS-API . .	108
4	Υλοποίηση Περιβάλλοντος Εργασίας και Εφαρμογές	109
4.1	Αυθεντικοποίηση Χρήστη	109
4.1.1	Sequence Diagram UML	110
4.1.2	Λογισμικό opt-trace	110
4.2	Κεντρική Σελίδα - Προβολή Μηνυμάτων και Ιστορικού	111
4.2.1	Sequence Diagram UML	111
4.2.2	Λογισμικό opt-trace	112
4.3	Σελίδα Αρχείων Εισόδου (Imports Page)	113
4.3.1	Sequence Diagram UML	113
4.3.2	Λογισμικό opt-trace	114
4.3.3	Ανέβασμα και Αλληλεπίδραση Αρχείων Εισόδου	114

4.3.3.1	Sequence Diagram UML	115
4.3.3.2	Διαδικασία ανεβάσματος αρχείων στο Περιβάλλον Εργασίας	117
4.3.3.3	Διαδικασία Διαγραφής Αρχείων στο Περιβάλλον Εργασίας	120
4.3.3.4	Διαδικασία Προβολής Αρχείων στο Περιβάλλον Εργασίας	120
4.3.3.5	Διαδικασία Μεταγλώττισης Αρχείων στο Περιβάλλον Εργασίας	121
4.3.4	Αλληλεπίδραση Αρχείων Εισόδου (.gdx) με τα Αντίστοιχα Μοντέλα	122
4.3.4.1	Sequence Diagrams UML	122
4.3.4.2	Διαδικασία Προβολής Imports Αρχείων στα Μοντέλα στο Περιβάλλον Εργασίας	123
4.3.4.3	Διαδικασία Θεοπίσης Συνδέσμων Imports Αρχείων στα Μοντέλα στο Περιβάλλον Εργασίας	124
4.4	Σελίδα Διαχείρισης και Δημιουργίας GDX Export Configs για Μοντέλα	126
4.4.1	Επιλογή Μοντέλου	127
4.4.1.1	Sequence diagram UML	127
4.4.1.2	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Μετά την Επιλογή Μοντέλου	128
4.4.2	Προσθήκη Καινούριας Ρύθμισης GDX Export Configuration .	129
4.4.2.1	Sequence Diagram UML	129
4.4.2.2	Λογισμικό opt-trace	129
4.4.3	Ενεργοποίηση / Απενεργοποίηση Σημαίας Auto Chart Generation σε GDX Export Configuration	134
4.4.3.1	Sequence Diagram UML	134
4.4.3.2	Λογισμικό opt-trace	134
4.4.4	Προβολή πεδίων που περιλαμβάνονται σε ένα GDX Export Configuration.	135
4.4.4.1	Λογισμικό opt-trace	135
4.4.5	Διαγραφή GDX Export Configuration.	137
4.4.5.1	Sequence Diagram UML	137
4.4.5.2	Λογισμικό opt-trace	137
4.5	Σελίδα για εκτέλεση μοντέλων (run GMS Page)	138
4.5.1	Εκτέλεση Μοντέλων	140
4.5.1.1	Sequence Diagram UML	140
4.5.1.2	Λογισμικό opt-trace	140
4.6	Σελίδα Διαχείρισης, Ανάλυσης και Αλληλεπίδρασης με Αρχεία Εξόδου (Outputs Pages)	141
4.6.1	Αλληλεπίδραση με τις εκτελέσεις των μοντέλων	143

4.6.1.1	Sequence Diagrams UML	143
4.6.1.2	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Προ- βολή Εκτελέσεων	144
4.6.1.3	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Προ- βολή Πεδίων στο Αρχείο Εκτέλεσης	146
4.6.1.4	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Λήψη JSON	148
4.6.1.5	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Λήψη ZIP	149
4.6.1.6	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Δια- γραφή Εκτέλεσης	151
4.6.2	Προβολή και Αλληλεπίδραση με Διαγράμματα και Πίνακες . .	152
4.6.2.1	Sequence Diagrams UML	152
4.6.2.2	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Προ- βολή λίστας Διαγραμμάτων και Πινάκων.	153
4.6.2.3	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Προ- βολή Διαγράμματος ή Πίνακα.	154
4.6.2.4	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Δια- γραφή Διαγράμματος ή Πίνακα.	156
4.6.3	Δημιουργία Διαγραμμάτων	158
4.6.3.1	Sequence Diagram UML	158
4.6.3.2	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Δη- μιουργία Διαγράμματος	158
4.6.4	Δημιουργία Πινάκων	166
4.6.4.1	Sequence Diagram UML	166
4.6.4.2	Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Δη- μιουργία Πίνακα	166
4.6.5	Διαγραφή Μοντέλων	172
4.6.5.1	Sequence Diagram UML	172
4.6.5.2	Λογισμικό opt-trace – Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Δια- γραφή Μοντέλου	172
4.7	Σελίδα Δημιουργίας Αναφοράς και Σχολιασμού Διαγραμμάτων και Πι- νάκων (Reports Build Page)	173
4.7.1	Sequence Diagrams UML	174
4.7.1.1	Λογισμικό opt-trace	175
4.7.1.2	Λογισμικό opt-trace - Διαδικασία δημιουργίας Ανα- φοράς	175
4.7.1.3	Λογισμικό opt-trace - Διαδικασία Εισαγωγής Σχο- λίων και Σημειώσεων	178

5 Επίλογος 181

5.1	Κύρια Χαρακτηριστικά του opt-tace	181
-----	---	-----

5.2 Δειγματική αναφορά μοντέλου 1.9.2	182
5.3 Προτεινόμενα Χαρακτηριστικά για το Μέλλον	191
5.4 Σύνοψη	191
Βιβλιογραφία	193

Κατάλογος Σχημάτων

1.1	Input Sets and Scalars	33
1.2	Forecasted Solar Production (Part 1)	33
1.3	Forecasted Solar Production (Part 2)	33
1.4	Market Price Estimates Parameter	34
1.5	Decision Variables Definition (Part 1)	35
1.6	Decision Variables Definition (Part 2)	35
1.7	List of Model Equations	36
1.8	Mathematical Definition of Constraints – Part 1	36
1.9	Mathematical Definition of Constraints – Part 2	37
1.10	Mathematical Definition of Constraints – Part 3	37
1.11	Model Execution and Optimization in GAMS	38
1.12	Model: Sell Solar Energy – Main Definition	39
1.13	Model: Sell Solar Energy	40
1.14	Model: Sell Solar Energy	40
1.15	Model: Sell Solar Energy	41
1.16	Model: Sell Solar Energy	41
1.17	Model: Sell Solar Energy	42
1.18	Model: Sell Solar Energy	42
1.19	Model: Sell Solar Energy	42
2.1	USE CASE login	46
2.2	Log in - Activity Diagram	46
2.3	USE CASE home page	47
2.4	activity diagram UML go to home page	47
2.5	USE CASE imports-files page	47
2.6	Activity diagram UML upload files	48
2.7	Activity diagram UML drop a file	48
2.8	Activity diagram UML reveal file	48
2.9	Activity diagram UML compile a .gms file	48
2.10	Activity diagram UML view imports	49
2.11	Activity diagram UML set imports	51
2.12	USE CASE set up.gdx page	52
2.13	Activity diagram UML for selecting a model in exports page	52
2.14	Activity diagram UML for adding new.gdx config	53

2.15	Activity diagram UML for displaying exported fields	53
2.16	Activity diagram UML for drop a gdx config	53
2.17	Activity diagram UML for set up auto chart generation	53
2.18	USE CASE runs page	54
2.19	Activity diagram UML for run a gms model	54
2.20	USE CASE outputs page	55
2.21	Activity diagram UML for displaying model runs	55
2.22	Activity diagram UML for available actions on runs table	56
2.23	Activity diagram UML for actions on the documents table	57
2.24	Activity diagram UML for creating charts	58
2.25	Activity diagram UML for creating a table	59
2.26	Activity diagram UML for the deletion of a model	59
2.27	USE CASE build report page	60
2.28	Activity diagram UML for report build page	60
2.29	Deployment UML	62
2.30	fieldSchema - definition of a field	63
2.31	registerFieldOpt - definition of fields	63
2.32	Highcharts	63
2.33	model information schema	64
2.34	Example of a transport model	66
2.35	Example of a transport model - components of fields	67
2.36	Example of a transport model - components of fields	67
2.37	Example of a transport model - components of fields	68
2.38	Example of a transport model with gdxin files	69
2.39	Example of a transport model - parts of files	70
2.40	Example of a transport model - parts of files	70
2.41	model export collection schema	71
2.42	runs collection schema	72
2.43	reports components collection schema	73
2.44	files collection schema	74
2.45	logs collection schema	76
2.46	client collection schema	77
3.1	health controller	80
3.2	login body request	80
3.3	login controller	81
3.4	validate jwt	81
3.5	fetch models response	82
3.6	fetch models controller	82
3.7	fetch model controller	82
3.8	delete model controller	83
3.9	http response for fetch model exports	83

3.10	fetch model exports	84
3.11	request body for activating auto-gen	84
3.12	activate auto chart controller	85
3.13	delete gdx export controller	85
3.14	add gdx export request	86
3.15	add GDX export controller	86
3.16	run gms model controller	87
3.17	auto chart generation UML	88
3.18	http response for fetch runs	88
3.19	fetch runs controller	88
3.20	Delete run with zip controller	89
3.21	download zip controller	90
3.22	download json file controller	90
3.23	http response for full docs	91
3.24	fetch full report documents	91
3.25	http response for reports components reduced	92
3.26	fetch reduced report documents	92
3.27	fetch report document controller	93
3.28	patch notes http request	93
3.29	patch notes controller	93
3.30	delete report component	94
3.31	http request for create chart	94
3.32	create chart controller	96
3.33	http request for creating a table	97
3.34	create table controller	98
3.35	file row struct	98
3.36	upload controller	99
3.37	http response for fetch files	99
3.38	fetch files controller	100
3.39	http response for fetch file	100
3.40	fetch file controller	100
3.41	delete a file controller	101
3.42	http response for model imports	101
3.43	fetch model imports controller	102
3.44	patch model imports controller	102
3.45	compile gms file controller	103
3.46	logs controller	104
3.47	http response for describe model	105
3.48	describe model controller	106
3.49	parse gdx to json controller	107
4.1	login sequence diagram	110

4.2	log in page	110
4.3	Sequence UML diagram UML go to home page	111
4.4	view messages in home page	112
4.5	view full message user interface	113
4.6	Sequence UML diagram go to imports page	113
4.7	Imports page	114
4.8	Sequence diagram UML for upload files	115
4.9	Sequence diagram UML for drop files	116
4.10	Sequence diagram UML for reveal file content	116
4.11	Sequence diagram UML for compile gms files	117
4.12	'+' upload file button location	118
4.13	select files to upload	118
4.14	'upload' button location	119
4.15	'close' button location	119
4.16	drop file button location	120
4.17	Reveal file button	121
4.18	reveal file modal dialog	121
4.19	'build' button location	122
4.20	Sequence diagram UML for view imports	122
4.21	Sequence diagram UML for set imports	123
4.22	'select gms model' location on imports page	123
4.23	View imports of a model that has gdxin files	124
4.24	view imports of a model that does not have gdxin file	124
4.25	set links between gdxin files of a model	125
4.26	view link choices in imports page	125
4.27	Sequence diagram UML go to setUpGdxPage	126
4.28	open set up gdx page	127
4.29	Sequence diagram UML for selecting a model in exports page	127
4.30	set up exports page after selecting a model	128
4.31	Sequence diagram for addinng a new gdx	129
4.32	location of button 'new GDX-config'	130
4.33	fill create a new gdx form	130
4.34	view fill create a new gdx form	131
4.35	location 'select all' button for all fields	131
4.36	location 'select all' button for a type of fields fields	132
4.37	location 'unselect all' button for a type of fields fields	132
4.38	location of 'save' btn for new gdx config	133
4.39	new gdx config added to table	133
4.40	Sequence diaram UML for set up auto chart generation	134
4.41	location of 'auto-gen' checkbox	135
4.42	location of 'visibility' button for fields	136

4.43	view.gdx fields in tables	136
4.44	view.gdx fields in json format	137
4.45	Sequence diagram UML for drop a.gdx config	137
4.46	location of '-' drop.gdx button	138
4.47	Sequence diagram UML for going to runs models page	139
4.48	open page run a.gms model	139
4.49	Sequence diagram UML for running a.fms model	140
4.50	location of 'play' button in runs page	141
4.51	Sequence diagram UML go to outputs page	142
4.52	open outputs page	142
4.53	Sequence diagram UML for fetch runs	143
4.54	Sequence diagram UML for dropping a run	143
4.55	Sequence diagram UML for download json file	144
4.56	Sequence diagram UML for download zip results	144
4.57	location of 'RUNS' button in outputs page	145
4.58	view runs of a model	145
4.59	location of button 'RUNS' in outputpage	146
4.60	location of 'visibility' button in runs table	147
4.61	view exported of a run fields in a table	147
4.62	view exported of a run fields in json format	148
4.63	location of 'RUNS' button in outputs page	148
4.64	location of 'download json' button in runs table	149
4.65	location of 'RUNS' button in outputs page	150
4.66	location of 'download zip' button in runs table	150
4.67	location of 'RUNS' button in outputs page	151
4.68	location of '-' drop button in runs table	152
4.69	Sequence diagram UML fetch charts and tables	152
4.70	Sequence diagram UML drop report document	153
4.71	location of 'list' button in outputs page	153
4.72	view report documents list in outputs page	154
4.73	location of 'list' button in outputs page	155
4.74	location of 'Preview' button in documents table	155
4.75	view a chart in (read-only) modal - dialog	156
4.76	location of 'list' button in outputs page	157
4.77	location of "-" drop button in table Documents	157
4.78	Sequence diagram UML for creating charts	158
4.79	location of "Add Chart" button	159
4.80	Create Chart form step 1	159
4.81	Create Chart form step 1 choose x-axis	160
4.82	Create chart form step 2	161
4.83	Choose data file for y-axis	161

4.84	Choose fields for y-axis	162
4.85	create chart form step3 change to equation and variables	162
4.86	Display of a generic field	163
4.87	location of '+' add new data file button	164
4.88	create chart form step 3 that uses 2 gdx files	164
4.89	location of 'delete' button for gdx data in form	165
4.90	location of 'save' button in create chart form	165
4.91	Sequence diagram UML for creating a table	166
4.92	location of "Add table" button in outputs page	167
4.93	create table form	167
4.94	create table after the selection of data file	168
4.95	fill field in create table form	168
4.96	location of 'add new field to the table' button in create form	169
4.97	create table with more than one fields set	169
4.98	location of "delete" button for field	170
4.99	location of 'add new run file' button	170
4.100	fields from 2 different run files	171
4.101	location of "delete" button for a run file	171
4.102	location of 'save' button in create table form	172
4.103	Sequence diagram UML for model deletion	172
4.104	Τοποθεσία του κουμπιού "-" για τη διαγραφή μοντέλου	173
4.105	Sequence diagram UML for going to report-builds-page	174
4.106	Sequence diagram UML for selecting a model in reports builds page	174
4.107	Sequence diagram UML for saving notes in a Document	175
4.108	Report builds page after model selection	175
4.109	Report builds page use of drag and drop -1	176
4.110	Report builds page use of drag and drop -2	176
4.111	Report builds page use of drag and drop -3	177
4.112	location of "Create Report" button in report-builds-page	178
4.113	write notes	179
4.114	location of "save" button for notes	179

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή - Θεωρητικό Υπόβαθρο για το Λογισμικό GAMS

1.1 GAMS Εισαγωγή

Το GAMS (General Algebraic Modeling System) [1] είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη μαθηματική μοντελοποίηση και τη βελτιστοποίηση σύνθετων προβλημάτων. Αναπτύχθηκε το 1987 με χρηματοδότηση από την Παγκόσμια Τράπεζα και στη συνέχεια υποστηρίχθηκε από την GAMS Development Corporation. Χρησιμοποιείται ευρέως από μαθηματικούς, οικονομολόγους και επαγγελματίες της επιχειρησιακής έρευνας. Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάδειξη των δυνατοτήτων του GAMS μέσω της ανάπτυξης μιας φιλικής προς τον χρήστη διεπαφής, η οποία θα διευκολύνει την αλληλεπίδραση με το σύστημα και θα ενισχύσει τη συνολική εμπειρία χρήσης.

1.2 Κίνητρο

Το λογισμικό GAMS αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την επίλυση μαθηματικών μοντέλων, προσφέροντας μεγάλη ευελιξία και ισχύ στη διαμόρφωση και εκτέλεση πολύπλοκων υπολογιστικών προβλημάτων. Ωστόσο, η χρήση του σε καθημερινό επίπεδο συνοδεύεται από ορισμένες δυσκολίες, ιδιαίτερα όσον αφορά την πρόσβαση και την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα της εκτέλεσης αποθηκεύονται συνήθως σε αρχεία, και ο χρήστης καλείται να τα διαβάσει, να τα επεξεργαστεί, να τα ομαδοποιήσει ή ακόμη και να τα οπτικοποιήσει με μη αυτοματοποιημένα μέσα.

Αυτό δημιουργεί την ανάγκη για ένα περιβάλλον που θα διευκολύνει τον χρήστη στην παρακολούθηση και ανάλυση των εκτελέσεων, με σκοπό την αυτοματοποίηση και την καλύτερη διαχείριση των αποτελεσμάτων. Μέσα από την παρούσα εργασία προτείνεται η κατασκευή ενός συστήματος το οποίο θα υποστηρίξει την εισαγωγή, εκτέλεση και παρακολούθηση GAMS μοντέλων με πιο φιλικό και αποδοτικό τρόπο. Το σύστημα θα επιτρέπει την παραμετροποίηση των δεδομένων εισόδου, την απο-

θήκευση και οργάνωση των εξόδων, καθώς και τη δυνατότητα οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων.

Ένα επιπλέον σημαντικό κίνητρο προέρχεται από το γεγονός ότι οι άδειες χρήσης για εμπορικούς solvers μπορεί να είναι αρκετά δαπανηρές. Η ανάπτυξη μιας υποδομής σε περιβάλλον υπολογιστικού νέφους (cloud-based) για την απομακρυσμένη εκτέλεση μοντέλων από διαφορετικούς χρήστες, μπορεί να προσφέρει μια πιο οικονομική και ευέλικτη λύση. Παράλληλα, η εφαρμογή που προτείνεται στοχεύει στο να βελτιώσει τη συνολική εμπειρία του χρήστη, να επιταχύνει τη διαδικασία ανάλυσης και να ενισχύσει τη χρησιμότητα του GAMS στο πλαίσιο της καθημερινής πρακτικής. Για να μπορέσει να υλοποιηθεί αποτελεσματικά το σύστημα, είναι απαραίτητο να παρουσιαστούν συνοπτικά ορισμένα βασικά στοιχεία του GAMS, τα οποία κρίνονται απαραίτητα για την κατανόηση της λειτουργίας του προτεινόμενου συστήματος.

1.3 Βασικά Είδη Προβλημάτων στο GAMS

- **Γραμμικά προβλήματα (LP):** Προβλήματα που χρησιμοποιούν γραμμικές εξισώσεις για τον ορισμό του στόχου και των περιορισμών τους.
- **Μη-Γραμμικά προβλήματα (NLP):** Περιλαμβάνουν μη-γραμμικές συναρτήσεις, απαιτώντας πιο σύνθετους αλγορίθμους.

Η **συνάρτηση στόχου (Objective Function)** στο GAMS είναι αυτή που ο χρήστης επιθυμεί να μεγιστοποιήσει ή να ελαχιστοποιήσει, π.χ. το κέρδος ή το κόστος.

1.4 Συγγραφή Προγραμμάτων

Το GAMS προτείνει δύο στυλ γραφής:

- **Πρώτο στυλ:**

- *Data* → δηλώσεις συνόλων και παραμέτρων
- *Model* → δηλώσεις μεταβλητών και εξισώσεων
- *Solution* → επίλυση και εμφάνιση

- **Δεύτερο στυλ:**

- *Model* → *Data* → *Solution*

1.4.1 Βασικά Στοιχεία του GAMS

1. Σύνολα (Sets)

Τα σύνολα είναι το θεμελιώδες δομικό στοιχείο ενός μοντέλου στο GAMS.

Χρησιμοποιούνται για την οργάνωση των δεδομένων και την περιγραφή της δομής του προβλήματος. Ένα σύνολο μπορεί να περιλαμβάνει στοιχεία όπως πόλεις, προϊόντα ή άλλες οντότητες που σχετίζονται με το μοντέλο.

2. **Scalars**

Οι scalars είναι μονοδιάστατες μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν μεμονωμένες τιμές, όπως η χωρητικότητα μιας αποθήκης ή το κόστος ανά χιλιόμετρο μεταφοράς.

3. **Παράμετροι (Parameters)**

Οι παράμετροι αντιστοιχούν σε μεταβλητές που ορίζονται σε σχέση με ένα σύνολο και παίρνουν συγκεκριμένες τιμές για κάθε στοιχείο του συνόλου. Για παράδειγμα, η απόσταση μεταξύ δύο πόλεων σε ένα μοντέλο μεταφοράς μπορεί να οριστεί ως παράμετρος.

4. **Πίνακες (Tables)**

Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση δεδομένων πολλαπλών διαστάσεων. Για παράδειγμα, ένας πίνακας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση των αποστάσεων μεταξύ όλων των υποκαταστημάτων.

5. **Μεταβλητές (Variables)**

Στο GAMS, οι μεταβλητές χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν τις άγνωστες ποσότητες που επιθυμούμε να υπολογίσουμε στο μοντέλο, όπως η ποσότητα αγαθών που θα παραχθούν ή η τιμή ενός προϊόντος.

6. **Εξισώσεις (Equations)**

Οι εξισώσεις καθορίζουν τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών στο μοντέλο. Αυτές χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν περιορισμούς ή στόχους που πρέπει να ικανοποιηθούν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας βελτιστοποίησης.

1.5 Έλεγχος Εκτέλεσης

Το λογισμικό GAMS παρέχει δύο τρόπους ελέγχου και παρέμβασης κατά την εκτέλεση ενός μοντέλου. Ο πρώτος τρόπος είναι μέσω της χρήσης των **dollar controls**, ενώ ο δεύτερος γίνεται μέσω των **command-line parameters**. Αυτές οι μέθοδοι επιτρέπουν την προσαρμογή της διαδικασίας εκτέλεσης, προσφέροντας ευελιξία στη ρύθμιση και διαχείριση του μοντέλου.

1.5.1 Dollar Controls

Τα dollar-control options στο GAMS χρησιμοποιούνται για να δοθούν εντολές στον compiler, επηρεάζοντας τη συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ή της μεταγλώττισης ενός μοντέλου. Αυτές οι οδηγίες δεν αποτελούν μέρος της γλώσσας μοντελοποίησης του GAMS και, συνεπώς, δεν εμφανίζονται στην αναφορά εκτέλεσης ως τμήμα του προγράμματος.

Ο συντακτικός τύπος των dollar controls βασίζεται στη χρήση του συμβόλου \$ στην αρχή κάθε γραμμής. Τοποθετούνται απευθείας στο αρχείο .gms και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς, όπως ρύθμιση μορφοποίησης, έλεγχος ροής, και αλληλεπίδραση με το περιβάλλον εκτέλεσης.

Τα **dollar controls** μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Μορφοποίηση σχολίων εισόδου** (Input comment format [2])
- **Μορφοποίηση δεδομένων εισόδου** (Input data format [3])
- **Μορφοποίηση εξόδου** (Output format [4])
- **Χάρτες αναφοράς** (Reference maps [5])
- **Έλεγχος προγράμματος** (Program control [6])
- **Λειτουργίες GDX** (GDX operations [7])
- **Μεταβλητές χρόνου μεταγλώττισης και περιβάλλοντος** (Compile-time and environment variables [8])
- **Ορισμοί μακροεντολών** (Macro definitions [9])
- **Συμπίεση και κρυπτογράφηση αρχείων πηγαίου κώδικα** (Compressing and encrypting source files [10])

Η σωστή χρήση των dollar-control statements παρέχει σημαντική ευελιξία στον χρήστη, επιτρέποντας τη δυναμική διαχείριση των ροών πληροφορίας και της συμπεριφοράς του μοντέλου κατά την εκτέλεση.

1.5.2 Command Line Parameters

Οι command line parameters [11] είναι παράμετροι που δίνονται μέσω της γραμμής εντολών κατά την εκτέλεση ενός μοντέλου στο περιβάλλον του GAMS και επιτρέπουν τον άμεσο και ευέλικτο έλεγχο του τρόπου εκτέλεσης. Αποτελούν έναν από τους βασικούς μηχανισμούς παραμετροποίησης τόσο του οικοσυστήματος GAMS όσο και των ίδιων των μοντέλων. Οι παράμετροι αυτοί μπορεί να καθορίζονται από τον χρήστη για να χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι στο μοντέλο του ή να σχετίζονται με τον τρόπο μεταγλώττισης και εκτέλεσης, επηρεάζοντας πτυχές όπως η επιλογή επιλυτή, ο χειρισμός αρχείων κ.α. .

Ανάλογα με τη λειτουργικότητά τους, οι παράμετροι αυτοί κατηγοριοποιούνται ως εξής:

1. **Γενικές παράμετροι (General Options)** Περιλαμβάνουν επιλογές που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του μεταγλωττιστή και της συνολικής εκτέλεσης του μοντέλου. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι η δημιουργία τεκμηρίωσης (**docfile**), η χρήση άδειας μέσω της παραμέτρου **license** κ.α. .

2. **Παράμετροι επιλυτή (Solver Options)** Αναφέρονται στις επιλογές που σχετίζονται με τον επιλεγμένο επιλυτή, όπως ο καθορισμός του ίδιου του επιλυτή (π.χ. **CBC**, **CONOPT**), τα όρια επαναλήψεων, ο διαθέσιμος χρόνος επίλυσης κ.α. .
3. **Παράμετροι αποθήκευσης και επανεκκίνησης (Save/Restart Options)**
Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της κατάστασης ενός μοντέλου και για την επανεκκίνησή του σε μεταγενέστερο χρόνο. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν το ίδιο μοντέλο πρόκειται να εκτελεστεί ξανά με διαφορετικά δεδομένα, μειώνοντας σημαντικά τον συνολικό χρόνο εκτέλεσης.
4. **Παράμετροι που ορίζονται από τον χρήστη (User-defined Parameters)**
Αποτελούν παραμέτρους που καθορίζονται ρητά από τον χρήστη κατά την εκτέλεση, μέσω της γραμμής εντολών. Οι τιμές αυτές μπορούν να προσπελαύνονται από το εσωτερικό του μοντέλου και να χρησιμοποιούνται ως είσοδοι ή ρυθμιστικά μεγέθη.

1.6 Αποτελέσματα Εκτελέσεων

Το GAMS, μετά την εκτέλεση ενός μοντέλου, παράγει αυτόματα ένα αρχείο με κατάληξη `.lst`, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα αποτελέσματα της εκτέλεσης [12]. Το αρχείο αυτό μπορεί να διαβαστεί με έναν απλό επεξεργαστή κειμένου και οργανώνεται σε πέντε κύρια τμήματα, ανάλογα με τη φάση εκτέλεσης του μοντέλου:

1. **Compilation**

Περιλαμβάνει την εκτύπωση του αρχείου εισόδου, μηνύματα σφαλμάτων μεταγλώττισης (αν υπάρχουν), λίστες αντικειμένων GAMS και πίνακες συσχετίσεων.

2. **Execution**

Παρουσιάζει τα αποτελέσματα από εντολές καθώς και πιθανά σφάλματα κατά την εκτέλεση.

3. **Model Generation**

Περιλαμβάνει αναλυτικά τις εξισώσεις και τις μεταβλητές του μοντέλου, στατιστικά μοντελοποίησης και ενδεχόμενα σφάλματα στη φάση δημιουργίας του μαθηματικού μοντέλου.

4. **Solution**

Παρέχεται από τον εξωτερικό επιλυτή και περιλαμβάνει την αναφορά επίλυσης (solve summary), λεπτομέρειες απόδοσης του επιλυτή, την απεικόνιση των τιμών των μεταβλητών (solution listing) και συνοπτική αναφορά.

5. **Post-Solution**

Το τελικό μέρος του αρχείου περιέχει τη συνοπτική αναφορά εκτέλεσης και πληροφορίες για τα παραγόμενα αρχεία.

Ωστόσο, η μορφή αυτή παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα. Καθώς όλα τα δεδομένα συγκεντρώνονται σε ένα ενιαίο αρχείο, η χρήση τους καθίσταται πιο δύσκολη και λιγότερο ευέλικτη, ειδικά για τον αναλυτή που ενδιαφέρεται για συγκεκριμένες πληροφορίες. Το αρχείο `.lst` περιλαμβάνει συχνά μεγάλο όγκο δεδομένων που δεν είναι απαραίτητα για την ανάλυση, γεγονός που καθιστά τη διαδικασία εντοπισμού των κρίσιμων αποτελεσμάτων πιο χρονοβόρα και επιρρεπή σε σφάλματα. Επιπλέον, η επαναχρησιμοποίηση των αποτελεσμάτων σε άλλα μοντέλα είναι περιορισμένη, καθώς απαιτεί χειροκίνητη επεξεργασία.

Για τον λόγο αυτό, το GAMS προσφέρει την εναλλακτική εξαγωγής των αποτελεσμάτων σε μορφή GDX (GAMS Data Exchange), η οποία προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα :

- Οργάνωση των αποτελεσμάτων σε ξεχωριστά, μικρότερα αρχεία.
- Επιλογή εξαγωγής μόνο των απαραίτητων δεδομένων, μειώνοντας την πληροφοριακή «υπερφόρτωση».
- Ευκολότερη επαναχρησιμοποίηση των δεδομένων σε νέα μοντέλα ή προσομοιώσεις.
- Δυνατότητα μετατροπής των δεδομένων σε άλλες μορφές (όπως CSV) με εργαλεία όπως το `gdxdump`.

Η εξαγωγή των δεδομένων πραγματοποιείται συνήθως στο τέλος του μοντέλου με χρήση της εντολής `execute_unload`, η οποία αποθηκεύει τις επιθυμητές μεταβλητές και παραμέτρους σε αρχείο τύπου `.gdx`.

1.7 Εργαλεία του Οικοσυστήματος GAMS

Το οικοσύστημα του GAMS παρέχει μια σειρά από εργαλεία [13], σχεδιασμένα να διευκολύνουν τον χρήστη στην εκτέλεση συνηθισμένων αλλά και πιο εξειδικευμένων εργασιών, εντός ή εκτός του μοντέλου. Σε αντίθεση με τους επιλυτές ή άλλες επεκτάσεις, τα εργαλεία αυτά δεν απαιτούν άδεια χρήσης (license) για την ενεργοποίησή τους. Η χρήση τους ενισχύει σημαντικά τη λειτουργικότητα του GAMS, προσφέροντας δυνατότητες για χειρισμό δεδομένων, αριθμητικές πράξεις, διαχείριση αρχείων GDX κ.ά.

Τα εργαλεία αυτά ταξινομούνται σε πέντε βασικές κατηγορίες :

- **Algorithmic Tools (alg):** Παρέχουν αλγοριθμικές λειτουργίες, όπως ταξινόμηση ή κατάταξη δεδομένων (Rank).
- **Data Tools (data):** Παρέχουν δυνατότητες πρόσβασης σε εξωτερικές πηγές δεδομένων, όπως ExcelDump, CSVRead, CSVWrite και SqliteWrite.
- **GDX Services (gdxservice):** Εργαλεία διαχείρισης αρχείων GDX, όπως GDX-Encoding και GDXRename.

- **Linear Algebra (linalg):** Περιλαμβάνουν πράξεις γραμμικής άλγεβρας, όπως Cholesky, Eigenvalue, Eigenvector, Invert και Ordinary Least Squares (OLS).
- **Windows-only Tools (win32):** Εργαλεία που είναι διαθέσιμα μόνο σε συστήματα Windows, όπως ShellExecute, MSAppAvail, ExcelTalk και ExcelMerge.

Ένα από τα πιο χρήσιμα εργαλεία είναι το **gdxdump**, το οποίο επιτρέπει την ανάγνωση και την εξαγωγή δεδομένων από αρχεία τύπου GDX.

Τρόποι Εκτέλεσης Εργαλείων

Κάθε εργαλείο μπορεί να εκτελεστεί με τρεις βασικούς τρόπους:

- **Κατά τη μεταγλώττιση** με τη χρήση της εντολής `$callTool`.
- **Κατά την εκτέλεση** του μοντέλου, μέσω της εντολής `executeTool`.
- **Αυτόνομα από τη γραμμή εντολών**, μέσω της εντολής `gams-tool-name`.

Χρήσιμα Εργαλεία του GAMS

- **GDXCOPY** — Μετατρέπει ένα αρχείο GDX σε διαφορετική μορφή GDX, π.χ. με άλλες ρυθμίσεις συμπίεσης ή κωδικοποίησης.
- **GDXDIFF** — Συγκρίνει τα δεδομένα συμβόλων με το ίδιο όνομα, τύπο και διάσταση σε δύο αρχεία GDX και καταγράφει τις διαφορές σε ένα τρίτο αρχείο GDX.
- **GDXDUMP** — Εξάγει τα σύμβολα του GAMS προγράμματος και τα εμφανίζει στην έξοδο.
- **EXCELDUMP** — Εξάγει όλα τα φύλλα εργασίας ενός αρχείου Excel και τα μετατρέπει σε σύμβολα του GAMS.
- **CSVREAD** — Φορτώνει δεδομένα από αρχείο CSV και τα αποθηκεύει σε GAMS σύμβολα.
- **CSVWRITE** — Εξάγει ένα GAMS σύμβολο και το αποθηκεύει σε αρχείο CSV.
- **SQL2GMS** — Μετατρέπει δεδομένα από σχεσιακή βάση δεδομένων SQL σε μορφή που μπορεί να διαβαστεί από το GAMS.
- **XLS2GMS** — Μετατρέπει δεδομένα από λογιστικό φύλλο Excel σε μορφή συμβατή με το GAMS.

1.8 Σκιώδης Τιμή – Διακύμανση (Shadow Price / Marginal)

Η διακύμανση (ή αλλιώς σκιώδης τιμή) αποτελεί ένα από τα βασικά παράγωγα μεγέθη που προκύπτουν κατά την επίλυση ενός προβλήματος βελτιστοποίησης. Στο GAMS, η σκιώδης τιμή εκφράζει το πώς επηρεάζεται ο αντικειμενικός στόχος από μια απειροελάχιστη μεταβολή είτε σε μια εξίσωση (περιορισμό), είτε σε μια μεταβλητή.

Η έννοια αυτή ερμηνεύεται διαφορετικά ανάλογα με το σημείο στο οποίο εμφανίζεται:

- Για μια **εξίσωση** (π.χ. περιορισμός), η διακύμανση [14] δείχνει την αύξηση ή μείωση στη τιμή του αντικειμενικού στόχου, εάν η δεξιά πλευρά της εξίσωσης αυξηθεί κατά μία μονάδα.
- Για μια **μεταβλητή**, η διακύμανση [15] δείχνει την αύξηση ή μείωση στη τιμή του αντικειμενικού στόχου όταν η τιμή της μεταβλητής αυξομειωθεί κατά μια μονάδα .

1.9 Ορισμός Μοντέλων στο GAMS και Βελτιστοποίησή τους με Βάση τη Διακύμανση

1.9.1 Αποθήκευση και Πώληση Ενέργειας Παραγόμενης από Φωτοβολταϊκά σε Υβριδικά Συστήματα Αποθήκευσης (Μπαταρίες και Υδρογόνο)

Στην παρούσα ενότητα διατυπώνεται ένα πρόβλημα διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκά συστήματα, με σκοπό την αποθήκευση ή πώληση της ενέργειας σε χρονικές περιόδους. Μέσω του παραδείγματος αυτού παρουσιάζεται η διαδικασία ορισμού και επίλυσης ενός μαθηματικού μοντέλου στο GAMS.

Το πρόβλημα επικεντρώνεται στη λήψη αποφάσεων σχετικά με το ποιο ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας θα αποθηκευτεί και ποιο θα πωληθεί στο δίκτυο, με στόχο τη μεγιστοποίηση των συνολικών εσόδων.

1.9.1.1 Δεδομένα Εισόδου (Σύνολα και Παράμετροι)

1	SETS		
2		t "Time periods" /t0*t47/	
3		;	
4			
5	SCALAR		
6		SP_CAPACITY "Solar plant installed capacity" / 50 /	
7		BESS_STORAGE_CAPACITY "Battery storage capacity" / 100 /	
8		BESS_POWER_OUTPUT "BESS max power output" / 50 /	
9		H2_STORAGE_CAPACITY "Capacity of H2 storage subsystem" / 500 /	
10		H2_POWER_OUTPUT "Power output of Fuel cell" / 50 /	
11		ELECTROLYZER_COEF "Efficiency of electrolyzer" / 0.5 /	
12		STATUS_H2_0 "Initial storage status of H2 tank" / 0 /	
13		STATUS_BESS_0 "Initial storage status of BESS" / 0 /	
14		;	
15			

Σχήμα 1.1: Input Sets and Scalars

15			
16	PARAMETERS		
17		SOLAR_PROD_FORECAST(t) "Production forecast"	
18		/	
19		t0 0	
20		t1 0	
21		t2 0	
22		t3 0	
23		t4 0	
24		t5 0	
25		t6 0	
26		t7 0	
27		t8 4.02	
28		t9 12.91	
29		t10 20.56	
30		t11 24.82	
31		t12 26.59	
32		t13 25.91	

Σχήμα 1.2: Forecasted Solar Production (Part 1)

33			t14 22.17
34			t15 14.71
35			t16 5.06
36			t17 0.13
37			t18 0
38			t19 0
39			t20 0
40			t21 0
41			t22 0
42			t23 0
43			t24 0
44			t25 0
45			t26 0
46			t27 0
47			t28 0

Σχήμα 1.3: Forecasted Solar Production (Part 2)

48			t29 0
49			t30 0
50			t31 0
51			t32 4.25
52			t33 14.4
53			t34 23.14
54			t35 27.75
55			t36 29.14
56			t37 27.93
57			t38 23.45
58			t39 15.39
59			t40 5.32
60			t41 0.15
61			t42 0
62			t43 0
63			t44 0

Forecasted Solar Production (Part 3)

64			t45 0
65			t46 0
66			t47 0
67			
68		/	
69		DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t)	"Price estimation for power market (DA)"
70		/	
71			t0 180
72			t1 170.28
73			t2 155.72
74			t3 147.09
75			t4 91
76			t5 104
77			t6 140.6
78			t7 147.09

Σχήμα 1.4: Market Price Estimates Parameter

Όπως φαίνεται στον παραπάνω κώδικα το μοντέλο βασίζεται σε ένα βασικό σύνολο χρόνου t , το οποίο αποτελείται από χρονικές περιόδους διάρκειας 1 ώρας για συνολική διάρκεια 48 ωρών (2 ημέρες).

Υπάρχουν δύο κύριες παράμετροι:

1. Η προβλεπόμενη παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάνελ
2. Η εκτίμηση της τιμής πώλησης ενέργειας στο δίκτυο για κάθε χρονική περίοδο

Επιπλέον, περιλαμβάνονται σταθερές που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, όπως:

1. Η χωρητικότητα των φωτοβολταϊκών,
2. Η ισχύς και η αποθηκευτική ικανότητα της μπαταρίας,
3. Σταθερές για την περιγραφή ενός συστήματος αποθήκευσης υδρογόνου (H2).

Η συνολική εγκατάσταση χαρακτηρίζεται από δύο βασικά συστήματα αποθήκευσης: μια μπαταρία (BESS) και ένα σύστημα υδρογόνου (H2).

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα εισόδου, το μοντέλο στοχεύει να προσδιορίσει τις βέλτιστες χρονικές περιόδους πώλησης ενέργειας ώστε να μεγιστοποιηθούν τα συνολικά έσοδα.

1.9.1.2 Ορισμός Μεταβλητών

```

122 POSITIVE VARIABLES
123     SOLAR_PRODUCTION(t)      "Solar Production Forecast (MWh)"
124     STATUS_BESS(t)           "Storage status of BESS (MWh)"
125     STATUS_H2(t)             "Storage status of H2 tank (MWh)"
126     OPT_POWER_SYSTEM(t)      "Optimized solar power to infuse directly to the system (MWh)"
127     OPT_POWER_BESS(t)        "Optimized power to store in BESS (MWh)"
128     OPT_POWER_H2(t)          "Optimized power to store in H2 (MWh)"
129     OPT_BESS_SYSTEM(t)       "Optimized power from BESS to the system (MWh)"
130     OPT_H2_SYSTEM(t)         "Optimized power from H2 to the system (MWh)"
131     TOTAL_POWER_SYSTEM(t)    "Total power to the system (MWh)"
132     REVENUE_NO_STORAGE(t)    "Revenue without storage (Euros)"
133     TOTAL_REVENUE_OPTIMIZED(t) "Revenue from selling energy to the System (Euros)"
134     REVENUE_DIRECT(t)        "Revenue from selling directly energy (Euros)"
135     REVENUE_BESS_SALES(t)     "Revenue from selling from BESS (Euros)"
136     REVENUE_H2POWER_SALES(t)  "Revenue from selling from H2 (Euros)"
137     PRODUCTION_TO_STORAGE(t) "How much from the solar production goes to the hybrid system (MWh)"
138 ;
---
```

Σχήμα 1.5: Decision Variables Definition (Part 1)

```

VARIABLES
    OPT_TARGET                "Quantity to optimize (Euros)"
    NO_STORAGE_REVENUE        "Non optimized Total Revenue without storage (Euros)"
;
```

Σχήμα 1.6: Decision Variables Definition (Part 2)

Για να επιλυθεί το παραπάνω γραμμικό πρόβλημα, απαιτείται ο ορισμός των μεταβλητών απόφασης. Σε αντίθεση με τις παραμέτρους (που είναι σταθερές τιμές), οι μεταβλητές έχουν δυναμική τιμή η οποία προσαρμόζεται από τον solver κατά την επίλυση του μοντέλου.

1.9.1.3 Ορισμός Εξισώσεων

145	EQUATIONS	
146	solar_prod_fc(t)	"Store the solar production from input as output"
147	v_spf_min(t)	"Lower bound of Solar production forecast"
148	v_spf_max(t)	"Upper bound of Solar production forecast"
149	b_sb_min	"Lower bound of BESS initial status"
150	b_sb_max	"Upper bound of BESS initial status"
151	b_01	"BESS eq 1"
152	b_02(t)	"BESS eq 2"
153	b_03(t)	"BESS eq 3"
154	b_04(t)	"BESS eq 4"
155	b_05(t)	"BESS eq 5"
156	b_06(t)	"BESS eq 6"
157	b_07(t)	"BESS eq 7"
158	h_01(t)	"H2 eq 1"
159	h_02(t)	"H2 eq 2"
160	h_03(t)	"H2 eq 3"
161	h_04(t)	"H2 eq 4"
162	h_05(t)	"H2 eq 5"
163	h_06(t)	"H2 eq 6"
164	h_07(t)	"H2 eq 7"
165	op_01(t)	"Operation 1"
166	op_03(t)	"Operation 3"
167	op_04(t)	"Operation 4"
168	r_01(t)	"Revenue 1"
169	r_02(t)	"Revenue 2"
170	r_03(t)	"Revenue 3"
171	r_04(t)	"Revenue 4"
172	r_05(t)	"Revenue 5"
173	g_01(t)	"General eq 1"
174	ot_01	"Optimization Target 1"
175	non_opt_trgt	"Equation to find the revenue without storage"
176	;	

Σχήμα 1.7: List of Model Equations

178	solar_prod_fc(t)..	SOLAR_PRODUCTION(t) =e= SOLAR_PROD_FORECAST(t);
179		
180	v_spf_min(t)..	SOLAR_PROD_FORECAST(t) =g= 0;
181		
182	v_spf_max(t)..	SOLAR_PROD_FORECAST(t) =l= SP_CAPACITY;
183		
184	b_sb_min..	STATUS_BESS_0 =g= 0;
185		
186	b_sb_max..	STATUS_BESS_0 =l= BESS_STORAGE_CAPACITY;
187		
188	b_01(t)..	STATUS_BESS(t-1) + OPT_POWER_BESS(t) =l= BESS_STORAGE_CAPACITY;
189		
190	b_02(t)..	STATUS_BESS(t) =e= STATUS_BESS(t-1) + OPT_POWER_BESS(t) - OPT_BESS_SYSTEM(t);
191		
192	b_03(t)..	OPT_POWER_BESS(t) =l= BESS_STORAGE_CAPACITY;
193		
194	b_04(t)..	OPT_BESS_SYSTEM(t) - OPT_BESS_SYSTEM(t-1) =l= BESS_POWER_OUTPUT;
195		
196	b_05(t)..	OPT_BESS_SYSTEM(t) =l= BESS_POWER_OUTPUT;
197		
198	b_06(t)..	OPT_BESS_SYSTEM(t-1) - OPT_BESS_SYSTEM(t) =l= BESS_POWER_OUTPUT;
199		
200	b_07(t)..	OPT_BESS_SYSTEM(t) =g= 0;
201		
202	h_01(t)..	STATUS_H2(t-1) + OPT_POWER_H2(t) * ELECTROLYZER_COEF =l= H2_STORAGE_CAPACITY;
203		

Σχήμα 1.8: Mathematical Definition of Constraints – Part 1

```

203      STATUS_H2(t) =e= STATUS_H2(t-1) + OPT_POWER_H2(t) * ELECTROLYZER_COEF - OPT_H2_SYSTEM(t);
204      h_02(t)..
205      OPT_POWER_H2(t) * ELECTROLYZER_COEF =l= H2_STORAGE_CAPACITY;
206      h_03(t)..
207      OPT_H2_SYSTEM(t) - OPT_H2_SYSTEM(t-1) =l= H2_POWER_OUTPUT;
208      h_04(t)..
209      OPT_H2_SYSTEM(t) =l= H2_POWER_OUTPUT;
210      h_05(t)..
211      OPT_H2_SYSTEM(t-1) - OPT_H2_SYSTEM(t) =l= H2_POWER_OUTPUT;
212      h_06(t)..
213      OPT_H2_SYSTEM(t) =g= 0;
214      h_07(t)..
215      SOLAR_PROD_FORECAST(t) =g= OPT_POWER_SYSTEM(t) + OPT_POWER_BESS(t) + OPT_POWER_H2(t);
216      op_01(t)..
217      TOTAL_POWER_SYSTEM(t) =e= OPT_POWER_SYSTEM(t) + OPT_BESS_SYSTEM(t) + OPT_H2_SYSTEM(t);
218      op_03(t)..
219      TOTAL_POWER_SYSTEM(t) =l= SP_CAPACITY + BESS_POWER_OUTPUT + H2_POWER_OUTPUT;
220      op_04(t)..
221      TOTAL_REVENUE_OPTIMIZED(t) =e= TOTAL_POWER_SYSTEM(t) * DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t);
222      r_01(t)..
223      REVENUE_DIRECT(t) =e= SOLAR_PROD_FORECAST(t) * DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t);
224      r_02(t)..
225      REVENUE_NO_STORAGE(t) =e= SOLAR_PROD_FORECAST(t) * DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t);
226      r_03(t)..
227      REVENUE_BESS_SALES(t) =e= OPT_BESS_SYSTEM(t) * DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t);
228      r_04(t)..
229      REVENUE_H2POWER_SALES(t) =e= OPT_H2_SYSTEM(t) * DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t);
230      r_05(t)..

```

Σχήμα 1.9: Mathematical Definition of Constraints – Part 2

```

231      g_01(t)..
232      PRODUCTION_TO_STORAGE(t) =e= OPT_POWER_BESS(t) + OPT_POWER_H2(t);
233      non_opt_trgt..
234      NO_STORAGE_REVENUE =e= SUM(t, REVENUE_NO_STORAGE(t));
235      ot_01..
236      OPT_TARGET =e= SUM(t, TOTAL_REVENUE_OPTIMIZED(t));
237

```

Σχήμα 1.10: Mathematical Definition of Constraints – Part 3

Στο παραπάνω τμήμα του κώδικα περιγράφονται οι εξισώσεις του προβλήματος. Για παράδειγμα, στο συγκεκριμένο μοντέλο, η εξίσωση `b_sb_max` εκφράζει ότι η ενέργεια που μπορεί να αποθηκευτεί στη μπαταρία σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή δεν επιτρέπεται να ξεπερνά τη μέγιστη χωρητικότητά της.

Αντίστοιχα, η εξίσωση `b_01` διασφαλίζει ότι η συνολική ενέργεια που αποθηκεύεται στην μπαταρία (δηλαδή η ενέργεια που ήδη υπήρχε αποθηκευμένη την προηγούμενη χρονική περίοδο, συν την εισερχόμενη ενέργεια) δεν υπερβαίνει τη χωρητικότητά της.

Η συγκεκριμένη εξίσωση χρησιμοποιείται για να επισημανθεί μία ιδιαιτερότητα της γλώσσας GAMS: όπως συμβαίνει και με τις μεταβλητές, παραμέτρους και σύνολα, οι εξισώσεις μπορούν να δηλωθούν χωρίς ρητό περιορισμό στο σύνολο τιμών που καλύπτουν (domain). Αν δεν δοθεί σαφής περιορισμός, τότε το GAMS θα θέσει το σύνολο τιμών ως γενικό .

Για παράδειγμα, αν στη γραμμή 188, όπου η εξίσωση `b_01(t)` εφαρμόζεται ως προς το σύνολο t , γίνει κατά λάθος χρήση άλλου συνόλου, όπως $t2$ (που αντιστοιχεί σε άλλο χρονικό εύρος — π.χ., 3 ημέρες αντί για 2), το GAMS δεν θα επιστρέψει συντακτικό σφάλμα και θα επιτρέψει την εκτέλεση του μοντέλου, ακόμα και αν η μαθηματική λογική δεν είναι πλέον σωστή.

Για τον λόγο αυτό, είναι καλή πρακτική να δηλώνεται ρητά το σύνολο (domain) στο οποίο εφαρμόζεται κάθε εξίσωση . Έτσι εξασφαλίζεται ότι το μοντέλο παραμένει ελεγχόμενο, επεκτάσιμο και πιο προστατευμένο από λογικά λάθη.

1.9.1.4 Ορισμός Μοντέλου και Επίλυση

```
238  MODEL
239      solver_model_000 /all/;
240
241  SOLVE
242      solver_model_000 using lp maximizing OPT_TARGET;
```

Σχήμα 1.11: Model Execution and Optimization in GAMS

Στο πιο πάνω τμήμα του κώδικα ορίζεται το μοντέλο, δίνοντάς του ένα όνομα και υποδεικνύοντας ότι πρέπει να χρησιμοποιήσει όλες τις εξισώσεις και τις μεταβλητές που έχουν δηλωθεί στα προηγούμενα τμήματα.

Με τη χρήση της εντολής Solve, δίνεται στο GAMS η οδηγία να επιλύσει το συγκεκριμένο μοντέλο, με στόχο τη μεγιστοποίηση της μεταβλητής OPT_TARGET , η οποία εκφράζει το συνολικό κέρδος. Η επίλυση γίνεται με γραμμικές μεθόδους .

1.9.1.5 Ανάλυση Μοντέλου

Η ανάλυση του μοντέλου πραγματοποιείται από τον αναλυτή, αφού προηγουμένως εκτελέσει το μοντέλο στο GAMS. Ο χρήστης οφείλει να έχει διαμορφώσει το μαθηματικό πρότυπο με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να εξετάσει τις πτυχές του προβλήματος που τον ενδιαφέρουν.

Για παράδειγμα, αν ο στόχος είναι η μελέτη της συμπεριφοράς του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας (π.χ. η μπαταρία ή το σύστημα υδρογόνου), ο αναλυτής μπορεί να εξετάσει συγκεκριμένες εξισώσεις και να μελετήσει τη συμβολή συγκεκριμένων παραμέτρων στο δεξί μέλος. Σημεία ενδιαφέροντος αποτελούν παράμετροι που είναι δυνατόν να τροποποιηθούν στην πράξη, όπως η χωρητικότητα ή η ισχύς της μπαταρίας.

Η μεταβολή αυτών των παραμέτρων επηρεάζει τη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Για παράδειγμα, μία αύξηση κατά μία μονάδα στη χωρητικότητα της μπαταρίας μπορεί να επιφέρει αύξηση ή μείωση του συνολικού κέρδους.

Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να μελετήσει τη συμβολή της ηλεκτρολυτικής σταθεράς (ELECTROLYZER_COEF) στο σύστημα υδρογόνου, θα πρέπει να αναδιαμορφώσει την εξίσωση που αντιστοιχεί στη γραμμή 204 ως εξής:

$$\begin{aligned} h_02(t) : \quad & \text{STATUS_H2}(t) - \text{STATUS_H2}(t-1) + \text{OPT_H2_SYSTEM}(t) = \\ & = \text{OPT_POWER_H2}(t) \times \text{ELECTROLYZER_COEF} \end{aligned} \quad (1.1)$$

1.9.2 Αποθήκευση και Πώληση Ενέργειας Παραγόμενης από Φωτοβολταϊκά σε Υβριδικά Συστήματα Αποθήκευσης (Μπαταρίες και Υδρογόνο) με Χρήση Αρχείων Εισόδου

Σε αυτή την υποενότητα επαναπροσεγγίζουμε το μοντέλο 1.9.1 με στόχο να αναδείξουμε τη δυνατότητα παραμετροποίησής του μέσω εξωτερικών αρχείων εισόδου. Συγκεκριμένα, παρουσιάζουμε πώς η χρήση των μηχανισμών dollar control statements στο GAMS επιτρέπει τη δημιουργία ενός ευέλικτου μοντέλου, το οποίο μπορεί να εκτελείται πολλαπλές φορές με διαφορετικά σύνολα δεδομένων, χωρίς την ανάγκη τροποποίησης του ίδιου του κώδικα. Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιβάλλοντα όπου απαιτείται η ανάλυση πολλαπλών σεναρίων.

Για το συγκεκριμένο μοντέλο, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί και στον επίλογο της εργασίας ως παράδειγμα εφαρμογής του λογισμικού που αναπτύξαμε, αξιοποιούμε πραγματικά δεδομένα από δύο εξωτερικές πηγές. Τα δεδομένα παραγωγής από φωτοβολταϊκά συστήματα αντλήθηκαν από [16], ενώ οι τιμές πώλησης ενέργειας βασίζονται σε στοιχεία που συλλέχθηκαν από [17]. Από τις παραπάνω πηγές εξήχθησαν δεδομένα ειδικά για την περιοχή της Αττικής, τα οποία και χρησιμοποιούνται στην παρούσα προσομοίωση.

1.9.2.1 Ορισμός Μοντέλου

```
1  SETS
2  |   t "Time periods"
3  ;
4
5  Set scalarName /
6  |   SP_CAPACITY,
7  |   BESS_STORAGE_CAPACITY,
8  |   BESS_POWER_OUTPUT,
9  |   H2_STORAGE_CAPACITY,
10 |   H2_POWER_OUTPUT,
11 |   ELECTROLYZER_COEF,
12 |   STATUS_H2_0,
13 |   STATUS_BESS_0
14 /;
15
16
17
18 SCALAR
19 |   SP_CAPACITY           "Solar plant installed capacity"           / 0 /
20 |   BESS_STORAGE_CAPACITY "Battery storage capacity"                 / 0 /
21 |   BESS_POWER_OUTPUT     "BESS max power output"                   / 0 /
22 |   H2_STORAGE_CAPACITY   "Capacity of H2 storage subsystem"         / 0 /
23 |   H2_POWER_OUTPUT       "Power output of Fuel cell"                / 0 /
24 |   ELECTROLYZER_COEF     "Efficiency of electrolyzer"               / 0 /
25 |   STATUS_H2_0           "Initial storage status of H2 tank"        / 0 /
26 |   STATUS_BESS_0         "Initial storage status of BESS"           / 0 /
27 ;
```

Σχήμα 1.12: Model: Sell Solar Energy – Main Definition

1.9.2.2 Εισαγωγή Δεδομένων από Αρχεία ΓΔΕ

```
28 Parameter installation_environment(scalarName);
29
30 $gdxin energyModelInputParams.gdx
31 $load installation_environment = installation_environment
32 $gdxin
33
34 SP_CAPACITY          = installation_environment("SP_CAPACITY");
35 BESS_STORAGE_CAPACITY = installation_environment("BESS_STORAGE_CAPACITY");
36 BESS_POWER_OUTPUT    = installation_environment("BESS_POWER_OUTPUT");
37 H2_STORAGE_CAPACITY  = installation_environment("H2_STORAGE_CAPACITY");
38 H2_POWER_OUTPUT      = installation_environment("H2_POWER_OUTPUT");
39 ELECTROLYZER_COEF    = installation_environment("ELECTROLYZER_COEF");
40 STATUS_H2_0          = installation_environment("STATUS_H2_0");
41 STATUS_BESS_0        = installation_environment("STATUS_BESS_0");
42
43
44 PARAMETERS
45 | SOLAR_PROD_FORECAST(t)      "Production forecast" ,
46 | DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t) "Price estimation for power market (DA)"
47 ;
48 * set the data input
49 $gdxin solapricesJULYweek2019.gdx
50 $load t = Dim1
51 $load SOLAR_PROD_FORECAST = solarPanelData
52 $gdxin
53
54 $gdxin pricesJULYweek2019.gdx
55 $load DA_POWER_PRICE_ESTIMATE = prices
56 $gdxin
57
```

Σχήμα 1.13: Model: Sell Solar Energy

```
28 Parameter installation_environment(scalarName);
29
30 $gdxin energyModelInputParams.gdx
31 $load installation_environment = installation_environment
32 $gdxin
33
34 SP_CAPACITY          = installation_environment("SP_CAPACITY");
35 BESS_STORAGE_CAPACITY = installation_environment("BESS_STORAGE_CAPACITY");
36 BESS_POWER_OUTPUT    = installation_environment("BESS_POWER_OUTPUT");
37 H2_STORAGE_CAPACITY  = installation_environment("H2_STORAGE_CAPACITY");
38 H2_POWER_OUTPUT      = installation_environment("H2_POWER_OUTPUT");
39 ELECTROLYZER_COEF    = installation_environment("ELECTROLYZER_COEF");
40 STATUS_H2_0          = installation_environment("STATUS_H2_0");
41 STATUS_BESS_0        = installation_environment("STATUS_BESS_0");
42
43
44 PARAMETERS
45 | SOLAR_PROD_FORECAST(t)      "Production forecast" ,
46 | DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t) "Price estimation for power market (DA)"
47 ;
48 * set the data input
49 $gdxin solapricesJULYweek2019.gdx
50 $load t = Dim1
51 $load SOLAR_PROD_FORECAST = solarPanelData
52 $gdxin
53
54 $gdxin pricesJULYweek2019.gdx
55 $load DA_POWER_PRICE_ESTIMATE = prices
56 $gdxin
57
```

Σχήμα 1.14: Model: Sell Solar Energy

Όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες, το μοντέλο χρησιμοποιεί δεδομένα από τρία διαφορετικά αρχεία τύπου GDX . Το πρώτο αρχείο περιέχει τα scalars. Είναι απαραίτητο να ομαδοποιούνται μαζί σε μια παράμετρο , καθώς τα GDX αρχεία δεν

υποστηρίζουν την αποθήκευση μόνο scalars.

Τα άλλα δύο αρχεία περιέχουν δεδομένα για το σύνολο και τις παραμέτρους, τα οποία έχουν εξαχθεί και μορφοποιηθεί με χρήση των εργαλείων gams-tools, από τα αρχικά αρχεία Excel που λήφθηκαν από εξωτερικές πηγές .

1.9.2.3 Συνέχεια Ορισμού Μοντέλου

```

59
60 POSITIVE VARIABLES
61     SOLAR_PRODUCTION(t)      "Solar Production Forecast (MWh)"
62     STATUS_BESS(t)           "Storage status of BESS (MWh)"
63     STATUS_H2(t)             "Storage status of H2 tank (MWh)"
64     OPT_POWER_SYSTEM(t)      "Optimized solar power to infuse directly to the system (MWh)"
65     OPT_POWER_BESS(t)        "Optimized power to store in BESS (MWh)"
66     OPT_POWER_H2(t)          "Optimized power to store in H2 (MWh)"
67     OPT_BESS_SYSTEM(t)       "Optimized power from BESS to the system (MWh)"
68     OPT_H2_SYSTEM(t)         "Optimized power from H2 to the system (MWh)"
69     TOTAL_POWER_SYSTEM(t)    "Total power to the system (MWh)"
70     REVENUE_NO_STORAGE(t)     "Revenue without storage (Euros)"
71     TOTAL_REVENUE_OPTIMIZED(t) "Revenue from selling energy to the System (Euros)"
72     REVENUE_DIRECT(t)        "Revenue from selling directly energy (Euros)"
73     REVENUE_BESS_SALES(t)     "Revenue from selling from BESS (Euros)"
74     REVENUE_H2POWER_SALES(t)  "Revenue from selling from H2 (Euros)"
75     PRODUCTION_TO_STORAGE(t) "How much from the solar production goes to the hybrid system (MWh)"
76 ;
77
78 VARIABLES
79     OPT_TARGET                "Quantity to optimize (Euros)"
80     NO_STORAGE_REVENUE        "Non optimized Total Revenue without storage (Euros)"
81 ;
82

```

Σχήμα 1.15: Model: Sell Solar Energy

```

82
83 EQUATIONS
84     solar_prod_fc(t)          "Store the solar production from input as output"
85     v_spf_min(t)              "Lower bound of Solar production forecast"
86     v_spf_max(t)              "Upper bound of Solar production forecast"
87     b_sb_min                  "Lower bound of BESS initial status"
88     b_sb_max                  "Upper bound of BESS initial status"
89     b_01(t)                   "BESS eq 1"
90     b_02(t)                   "BESS eq 2"
91     b_03(t)                   "BESS eq 3"
92     b_04(t)                   "BESS eq 4"
93     b_05(t)                   "BESS eq 5"
94     b_06(t)                   "BESS eq 6"
95     b_07(t)                   "BESS eq 7"
96     h_01(t)                   "H2 eq 1"
97     h_02(t)                   "H2 eq 2"
98     h_03(t)                   "H2 eq 3"
99     h_04(t)                   "H2 eq 4"
100    h_05(t)                   "H2 eq 5"
101    h_06(t)                   "H2 eq 6"
102    h_07(t)                   "H2 eq 7"
103    op_01(t)                   "Operation 1"
104    op_03(t)                   "Operation 3"
105    op_04(t)                   "Operation 4"
106    r_01(t)                    "Revenue 1"
107    r_02(t)                    "Revenue 2"
108    r_03(t)                    "Revenue 3"
109    r_04(t)                    "Revenue 4"
110    r_05(t)                    "Revenue 5"
111    g_01(t)                    "General eq 1"
112    ot_01                      "Optimization Target 1"
113    non_opt_trgt               "Equation to find the revenue without storage"
114 ;

```

Σχήμα 1.16: Model: Sell Solar Energy

```

115
116 solar_prod_fc(t)..          SOLAR_PRODUCTION(t) =e= SOLAR_PROD_FORECAST(t);
117
118 v_spf_min(t)..             SOLAR_PROD_FORECAST(t) =g= 0;
119
120 v_spf_max(t)..             SOLAR_PROD_FORECAST(t) =l= SP_CAPACITY;
121
122 b_sb_min..                 STATUS_BESS_0 =g= 0;
123
124 b_sb_max..                 STATUS_BESS_0 =l= BESS_STORAGE_CAPACITY;
125
126 b_01(t)..                  STATUS_BESS(t-1) + OPT_POWER_BESS(t) =l= BESS_STORAGE_CAPACITY;
127
128 b_02(t)..                  STATUS_BESS(t) =e= STATUS_BESS(t-1) + OPT_POWER_BESS(t) - OPT_BESS_SYSTEM(t);
129
130 b_03(t)..                  OPT_POWER_BESS(t) =l= BESS_STORAGE_CAPACITY;
131
132 b_04(t)..                  OPT_BESS_SYSTEM(t) - OPT_BESS_SYSTEM(t-1) =l= BESS_POWER_OUTPUT;
133
134 b_05(t)..                  OPT_BESS_SYSTEM(t) =l= BESS_POWER_OUTPUT;
135
136 b_06(t)..                  OPT_BESS_SYSTEM(t-1) - OPT_BESS_SYSTEM(t) =l= BESS_POWER_OUTPUT;
137
138 b_07(t)..                  OPT_BESS_SYSTEM(t) =g= 0;

```

Σχήμα 1.17: Model: Sell Solar Energy

```

139
140 h_01(t)..                  STATUS_H2(t-1) + OPT_POWER_H2(t) * ELECTROLYZER_COEF =l= H2_STORAGE_CAPACITY;
141
142 h_02(t)..                  STATUS_H2(t) - STATUS_H2(t-1) + OPT_H2_SYSTEM(t) =e= OPT_POWER_H2(t) * ELECTROLYZER_COEF ;
143
144 h_03(t)..                  OPT_POWER_H2(t) * ELECTROLYZER_COEF =l= H2_STORAGE_CAPACITY;
145
146 h_04(t)..                  OPT_H2_SYSTEM(t) - OPT_H2_SYSTEM(t-1) =l= H2_POWER_OUTPUT;
147
148 h_05(t)..                  OPT_H2_SYSTEM(t) =l= H2_POWER_OUTPUT;
149
150 h_06(t)..                  OPT_H2_SYSTEM(t-1) - OPT_H2_SYSTEM(t) =l= H2_POWER_OUTPUT;
151
152 h_07(t)..                  OPT_H2_SYSTEM(t) =g= 0;
---
```

Σχήμα 1.18: Model: Sell Solar Energy

```

153
154 op_01(t)..                 SOLAR_PROD_FORECAST(t) =g= OPT_POWER_SYSTEM(t) + OPT_POWER_BESS(t) + OPT_POWER_H2(t);
155
156 op_03(t)..                 TOTAL_POWER_SYSTEM(t) =e= OPT_POWER_SYSTEM(t) + OPT_BESS_SYSTEM(t) + OPT_H2_SYSTEM(t);
157
158 op_04(t)..                 TOTAL_POWER_SYSTEM(t) =l= SP_CAPACITY + BESS_POWER_OUTPUT + H2_POWER_OUTPUT;
159
160 r_01(t)..                  TOTAL_REVENUE_OPTIMIZED(t) =e= TOTAL_POWER_SYSTEM(t) * DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t);
161
162 r_02(t)..                  REVENUE_DIRECT(t) =e= SOLAR_PROD_FORECAST(t) * DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t);
163
164 r_03(t)..                  REVENUE_NO_STORAGE(t) =e= SOLAR_PROD_FORECAST(t) * DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t);
165
166 r_04(t)..                  REVENUE_BESS_SALES(t) =e= OPT_BESS_SYSTEM(t) * DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t);
167
168 r_05(t)..                  REVENUE_H2POWER_SALES(t) =e= OPT_H2_SYSTEM(t) * DA_POWER_PRICE_ESTIMATE(t);
169
170 g_01(t)..                  PRODUCTION_TO_STORAGE(t) =e= OPT_POWER_BESS(t) + OPT_POWER_H2(t);
171
172 non_opt_trgt..             NO_STORAGE_REVENUE =e= SUM(t, REVENUE_NO_STORAGE(t));
173
174 ot_01..                    OPT_TARGET =e= SUM(t, TOTAL_REVENUE_OPTIMIZED(t));
175
176 MODEL
177 | solver_model_000 /all/;
178
179 SOLVE
180 | solver_model_000 using lp maximizing OPT_TARGET;
181
---
```

Σχήμα 1.19: Model: Sell Solar Energy

Η παραπάνω σειρά εικόνων παρουσιάζει τη συνέχεια του ορισμού του μοντέλου. Η δομή παραμένει ίδια με αυτήν που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη υποενότητα, ωστόσο εδώ το μοντέλο έχει σχεδιαστεί ώστε να αξιοποιεί εξωτερικά δεδομένα εισόδου, καθιστώντας το επαναχρησιμοποιήσιμο για διαφορετικά σενάρια .

1.10 Αξιοποίηση Τεχνητής Νοημοσύνης κατά την Εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας

Η Τεχνητή Νοημοσύνη [18] λειτούργησε ως ένα ιδιαίτερα υποστηρικτικό εργαλείο κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η συμβολή της υπήρξε σημαντική κυρίως στην κατανόηση θεωρητικών και τεχνικών εννοιών, στην αναζήτηση εναλλακτικών προσεγγίσεων και στην αποσαφήνιση ζητημάτων που προέκυψαν κατά την υλοποίηση. Μέσω διαδραστικών συζητήσεων, διευκόλυνε τη μελέτη του λογισμικού GAMS και ενίσχυσε την κατανόηση της μεθοδολογίας, συμβάλλοντας έτσι στην ουσιαστική πρόοδο της εργασίας. Τέλος, βοήθησε και στη σύνταξη του κειμένου, προσφέροντας υποστήριξη στη διαμόρφωση και την τελική επεξεργασία του περιεχομένου.

1.11 Υπόλοιπα Κεφάλαια και Στόχος

Ο βασικός στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός λογισμικού συστήματος που θα βελτιώνει ουσιαστικά την εμπειρία του χρήστη κατά τη χρήση του GAMS, τόσο σε επίπεδο εκτέλεσης μοντέλων όσο και σε επίπεδο ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε το λογισμικό opt-trace.

Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζονται τα εξής:

- Ένα κεφάλαιο αφιερωμένο στο opt-trace, το οποίο περιγράφει τη φιλοσοφία σχεδίασης, την αρχιτεκτονική του, και τη βασική περίπτωση χρήσης στην οποία βασίστηκε η ανάπτυξή του.
- Ένα κεφάλαιο με αναλυτική τεκμηρίωση του backend συστήματος, συμπεριλαμβανομένων όλων των διαθέσιμων API endpoints, των υπηρεσιών που προσφέρονται και της μεταξύ τους διασύνδεσης.
- Ένα κεφάλαιο που περιγράφει τη χρήση του opt-trace από την πλευρά του τελικού χρήστη. Περιλαμβάνονται αναλυτικά βήματα, ενδεικτικά σενάρια χρήσης και στιγμιότυπα από τη διεπαφή του λογισμικού.
- Τέλος, ο επίλογος συνοψίζει τα συμπεράσματα της εργασίας και ενσωματώνει μια μικρή μελέτη στην οποία εφαρμόζεται το λογισμικό opt-trace για την ανάλυση του μοντέλου [1.9.2], το οποίο παρουσιάστηκε σε προηγούμενη ενότητα.

Κεφάλαιο 2

Λογισμικό Ελέγχου για Ελεγχόμενη Εκτέλεση και Αυτοματοποίηση (opt-trace)

2.1 Λογισμικό opt-trace

Για την αυτοματοποίηση διαδικασιών που προκύπτουν από τη χρήση και τη μελέτη των αποτελεσμάτων των μοντέλων, αναπτύχθηκε ειδικό λογισμικό, το οποίο είναι υπεύθυνο για την εκτέλεση των μοντέλων και τη συλλογή των αποτελεσμάτων.

Το λογισμικό αυτό αποτελείται από τέσσερα επιμέρους μέρη:

- **gams-api**: Υπεύθυνο για την εκτέλεση των μοντέλων GAMS (παρέχεται από το εργαστήριο).
- **User Interface (UI)**: Το γραφικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.
- **gams-tool**: Παρέχει υποστηρικτικά εργαλεία για τη διαχείριση των μοντέλων.
- **gams-parser-api**: Ασχολείται με την ανάλυση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

2.2 Μελέτη περίπτωσης χρήσης

Το λογισμικό opt-trace [19] αναπτύσσεται με σκοπό την ενίσχυση της λειτουργικότητας του GAMS, παρέχοντας ένα γραφικό περιβάλλον που αυτοματοποιεί βασικά βήματα της διαδικασίας μοντελοποίησης, εκτέλεσης και ανάλυσης αποτελεσμάτων.

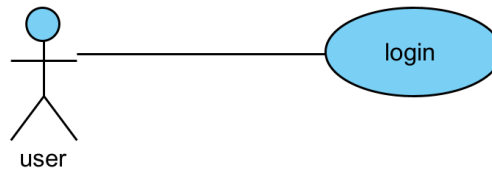
Η παρούσα ενότητα περιλαμβάνει:

- Τα Διαγράμματα Περίπτωσης Χρήσης ανά λειτουργία (Use Case Diagrams),
- Τα Διαγράμματα Δραστηριότητας (Activity Diagrams),
- Την περιγραφή των βασικών λειτουργιών του συστήματος.

2.2.1 Αυθεντικοποίηση Χρήστη

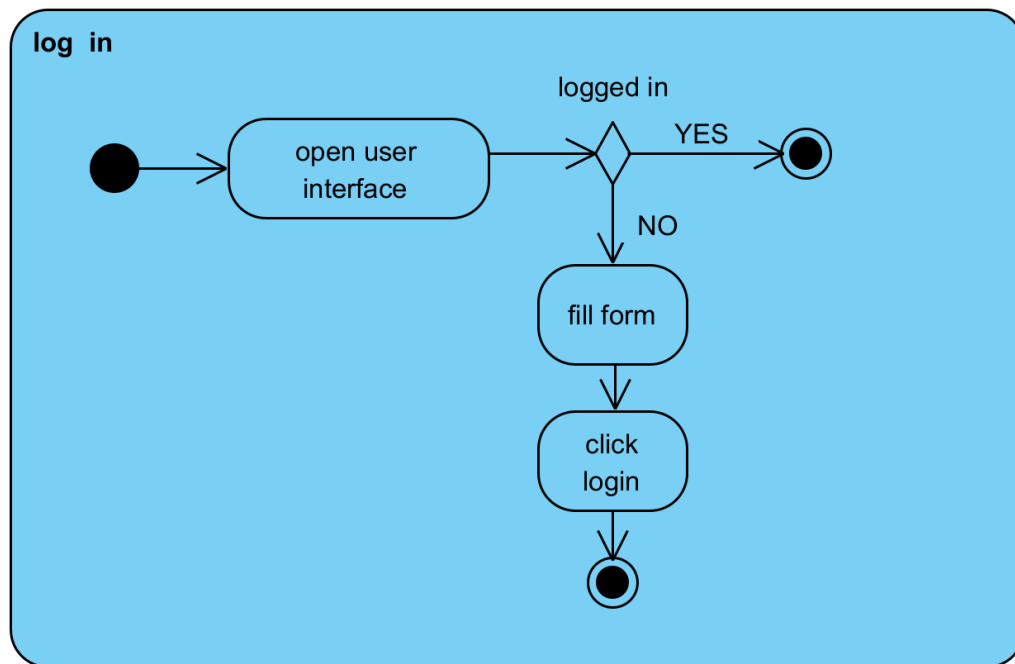
Για να μπορέσει ο χρήστης να χρησιμοποιήσει το λογισμικό, θα πρέπει πρώτα να είναι ταυτοποιημένος μέσω της διαδικασίας εισόδου (login).

2.2.1.1 Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης



Σχήμα 2.1: USE CASE login

2.2.1.2 Activity Diagram UML



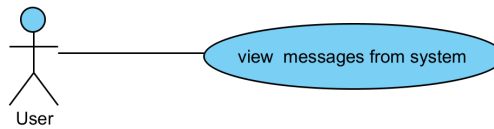
Σχήμα 2.2: Log in - Activity Diagram

2.2.2 Προβολή Ιστορικού Καταγραφών

Στο λογισμικό, η εκτέλεση και η μεταγλώττιση πρέπει να γίνονται ασύγχρονα. Για αυτόν τον λόγο, είναι απαραίτητο να υπάρχει κάποιος τρόπος ώστε ο χρήστης του λογισμικού να λαμβάνει μηνύματα για το αν η εκτέλεση ή η μεταγλώττιση πέτυχε ή απέτυχε.

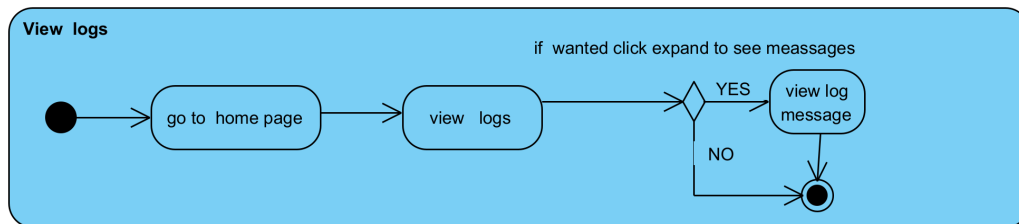
Έτσι, στο λογισμικό έχει ενσωματωθεί μια λειτουργία καταγραφής ιστορικού, η οποία αποθηκεύει ενημερωτικά μηνύματα σχετικά με τις ενέργειες του χρήστη στο σύστημα.

2.2.2.1 Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης



Σχήμα 2.3: USE CASE home page

2.2.2.2 Activity Diagram - Προβολή μηνυμάτων προς των χρήστη



Σχήμα 2.4: activity diagram UML go to home page

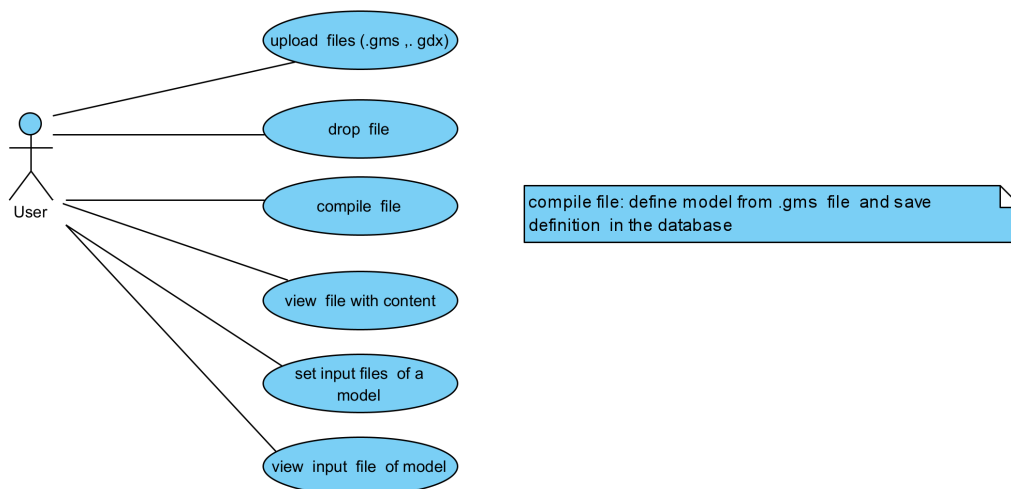
2.2.3 Διαχείριση Αρχείων Εισόδου και Ορισμός Μοντέλου

Το λογισμικό θα πρέπει να παρέχει λειτουργίες ώστε ο χρήστης να μπορεί να διαχειρίζεται τα αρχεία εισόδου και τα μοντέλα (.gms, .gdx).

Ο χρήστης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να μεταγλωττίζει τα αρχεία .gms σε μοντέλα μέσα στο σύστημα.

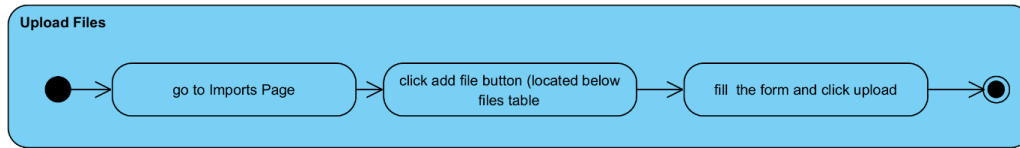
Επιπλέον, θα μπορεί να ορίζει ποια αρχεία εισόδου .gdx θα χρησιμοποιεί το μοντέλο κατά την εκτέλεση. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιεί πολλαπλές εκτελέσεις του ίδιου μοντέλου με διαφορετικά δεδομένα εισόδου.

2.2.3.1 Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης



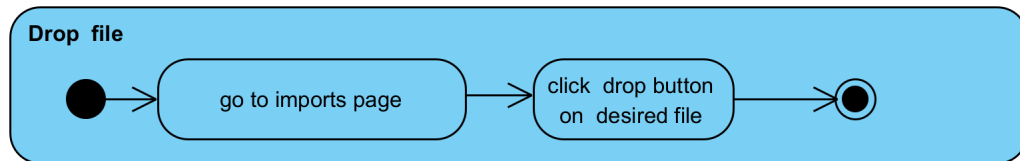
Σχήμα 2.5: USE CASE imports-files page

2.2.3.2 Activity Diagram UML - Ανέβασμα αρχείων



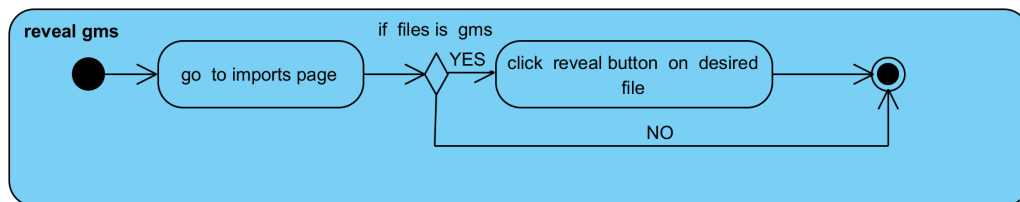
Σχήμα 2.6: Activity diagram UML upload files

2.2.3.3 Activity Diagram UML - Διαγραφή αρχείων



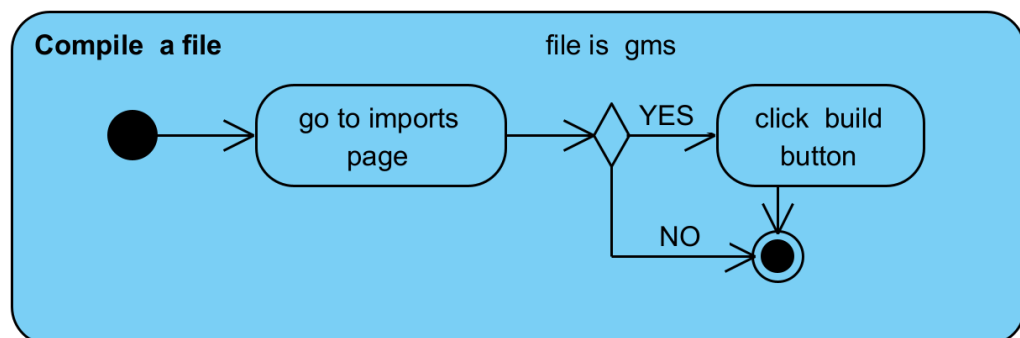
Σχήμα 2.7: Activity diagram UML drop a file

2.2.3.4 Activity Diagram UML - Προβολή αρχείου



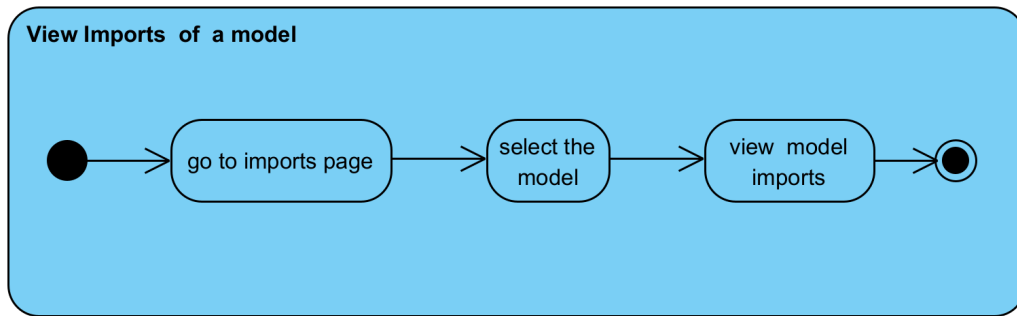
Σχήμα 2.8: Activity diagram UML reveal file

2.2.3.5 Activity Diagram UML - Μεταγλώττιση αρχείου



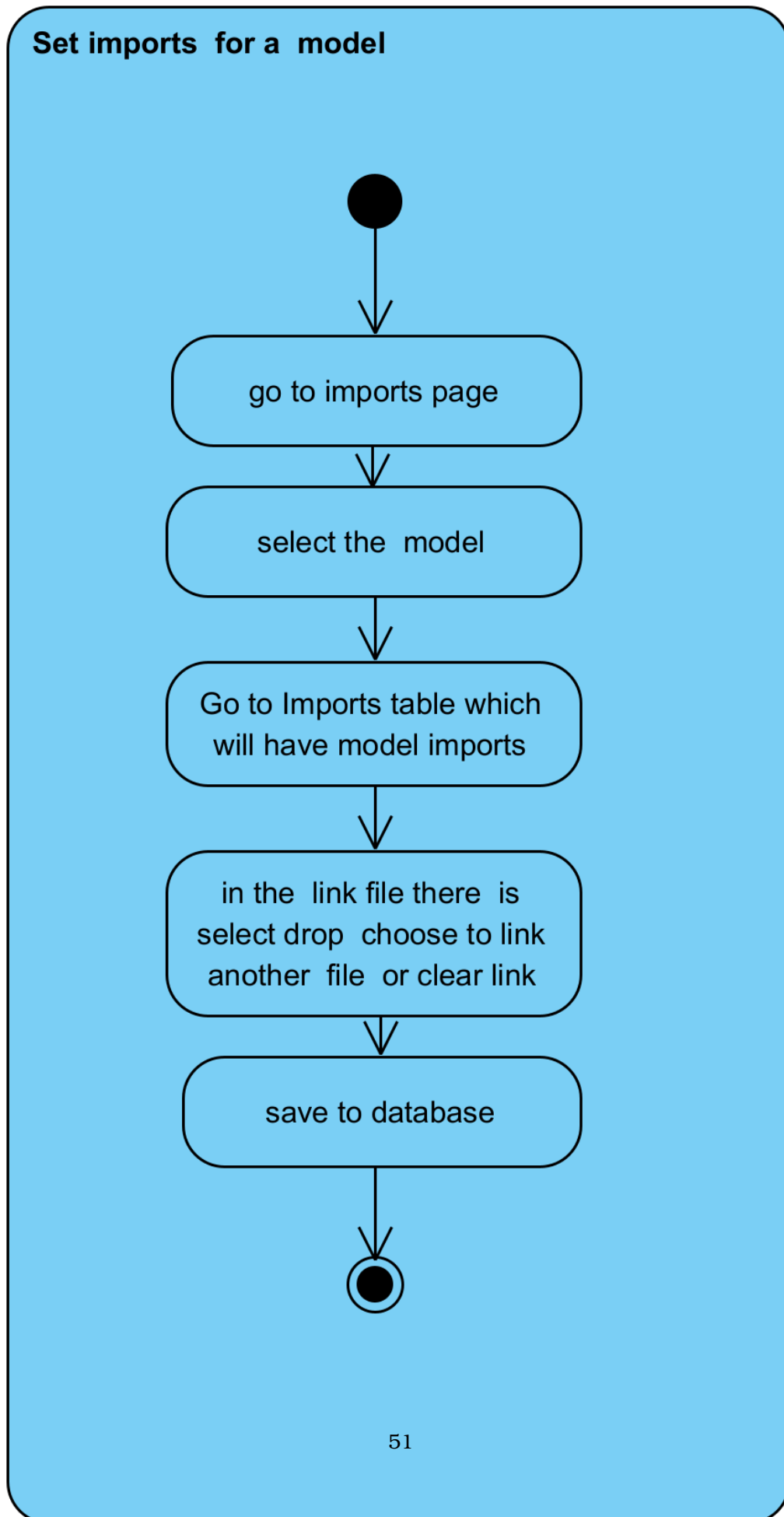
Σχήμα 2.9: Activity diagram UML compile a .gms file

2.2.3.6 Activity Diagram UML - Προβολή αρχείων εισόδου ενός μοντέλου



Σχήμα 2.10: Activity diagram UML view imports

2.2.3.7 Activity Diagram UML - Αλλαγή αρχείων εισόδου μοντέλου



2.2.4 Διαχείριση και Ρύθμιση Εξαγωγών GDX

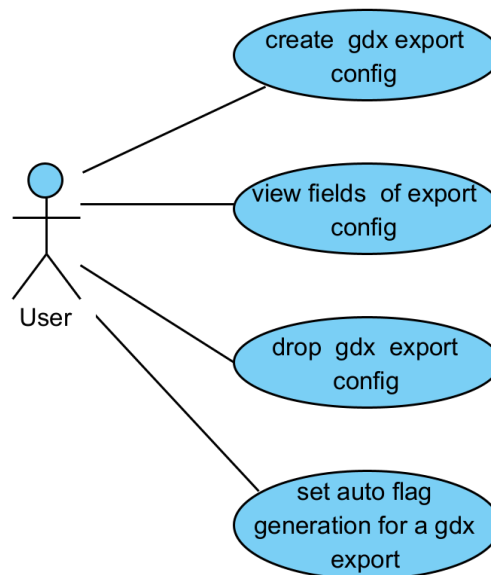
Για τις ανάγκες του συστήματος, το λογισμικό πρέπει να διατηρεί τα αποτελέσματα των μοντέλων σε αρχεία τύπου .gdx. Ο χρήστης πρέπει να έχει τη δυνατότητα να ορίσει ποια εξαγόμενα δεδομένα θα περιλαμβάνονται σε αυτά τα αρχεία, καθώς και να διαχειριστεί τις σχετικές ρυθμίσεις.

Συγκεκριμένα, απαιτείται να υποστηρίζονται λειτουργίες όπως:

1. Η δημιουργία νέων ρυθμίσεων εξαγωγής.
2. Η προβολή και διαγραφή υφιστάμενων ρυθμίσεων.
3. Η ενεργοποίηση/απενεργοποίηση αυτόματης παραγωγής διαγραμμάτων με βάση τις εξαγωγές.

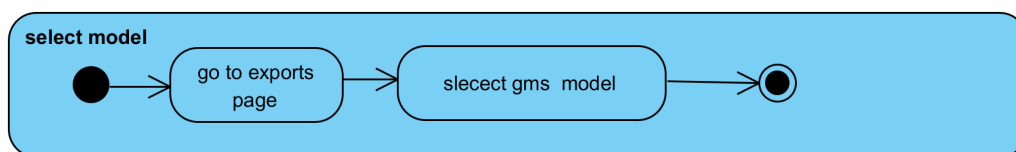
Η επιλογή μοντέλου αποτελεί προϋπόθεση για όλες τις παραπάνω λειτουργίες, καθώς οι εξαγωγές συνδέονται άμεσα με συγκεκριμένα μοντέλα.

2.2.4.1 Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης



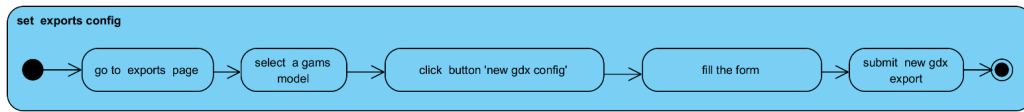
Σχήμα 2.12: USE CASE set up gdx page

2.2.4.2 Activity diagram UML - Επιλογή Μοντέλου



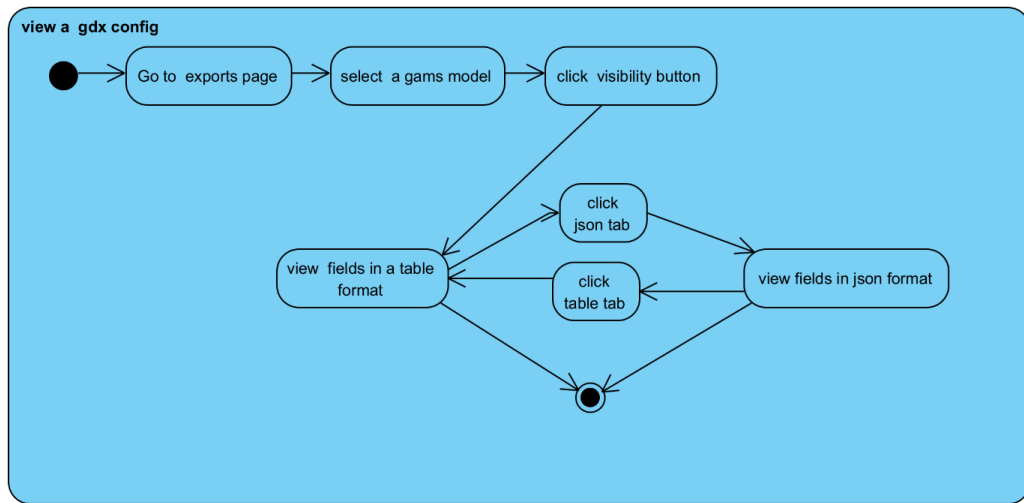
Σχήμα 2.13: Activity diagram UML for selecting a model in exports page

2.2.4.3 Activity Diagram UML - Δημιουργία ρύθμισης GDX export



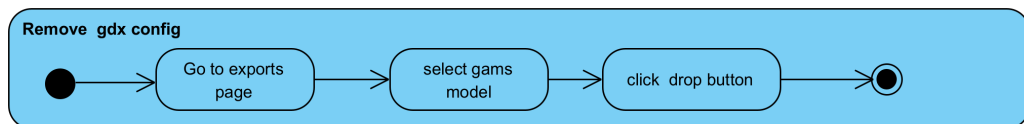
Σχήμα 2.14: Activity diagram UML for adding new gdx config

2.2.4.4 Activity Diagram UML - Προβολή πεδίων κάποιας υπάρχουσας ρύθμισης



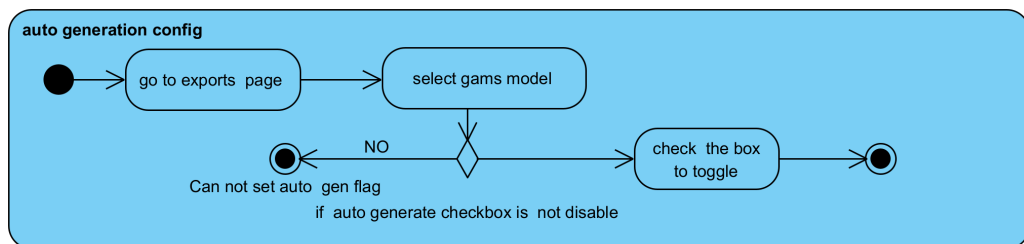
Σχήμα 2.15: Activity diagram UML for displaying exported fields

2.2.4.5 Activity Diagram UML - Διαγραφή ρύθμισης GDX export



Σχήμα 2.16: Activity diagram UML for drop a gdx config

2.2.4.6 Activity Diagram UML - Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση αυτόματης παραγωγής διαγραμμάτων για κάποια ρύθμιση



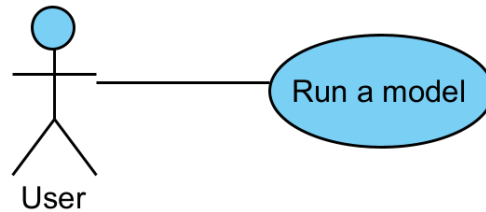
Σχήμα 2.17: Activity diagram UML for set up auto chart generation

2.2.5 Εκτέλεση Μοντέλων

Το λογισμικό πρέπει να παρέχει λειτουργικότητα που επιτρέπει στον χρήστη να εκτελεί κάποιο από τα διαθέσιμα μοντέλα του.

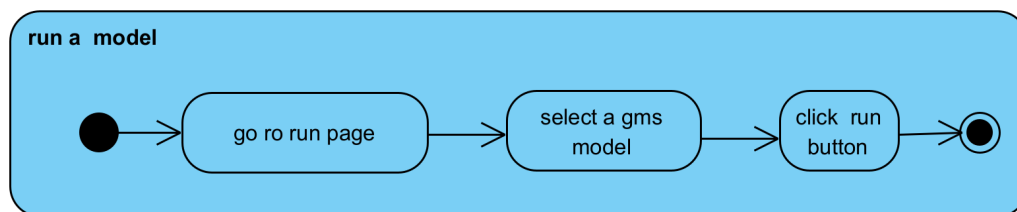
Απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτέλεση είναι η προηγούμενη επιλογή ενός συγκεκριμένου μοντέλου από τον χρήστη.

2.2.5.1 Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης



Σχήμα 2.18: USE CASE runs page

2.2.5.2 Activity Diagram UML - Εκτέλεση Μοντέλου

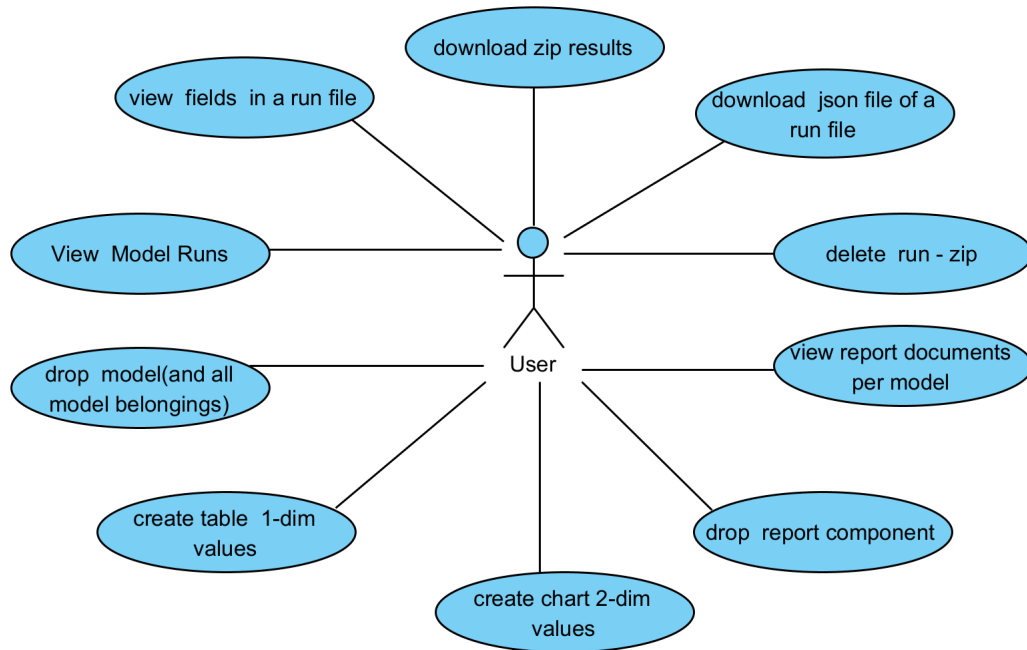


Σχήμα 2.19: Activity diagram UML for run a gms model

2.2.6 Διαχείριση και Αλληλεπίδραση με τα Αποτελέσματα

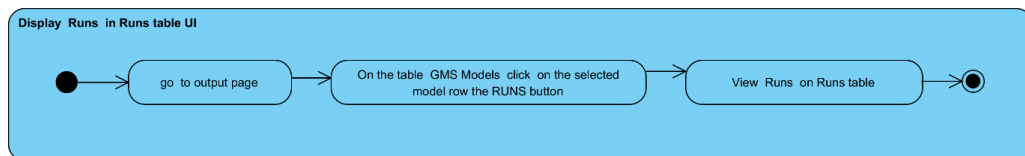
Για να μπορέσει ο χρήστης να διαχειριστεί τα αρχεία αποτελεσμάτων και να οπτικοποιήσει τα δεδομένα, το λογισμικό πρέπει να υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες.

2.2.6.1 Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης



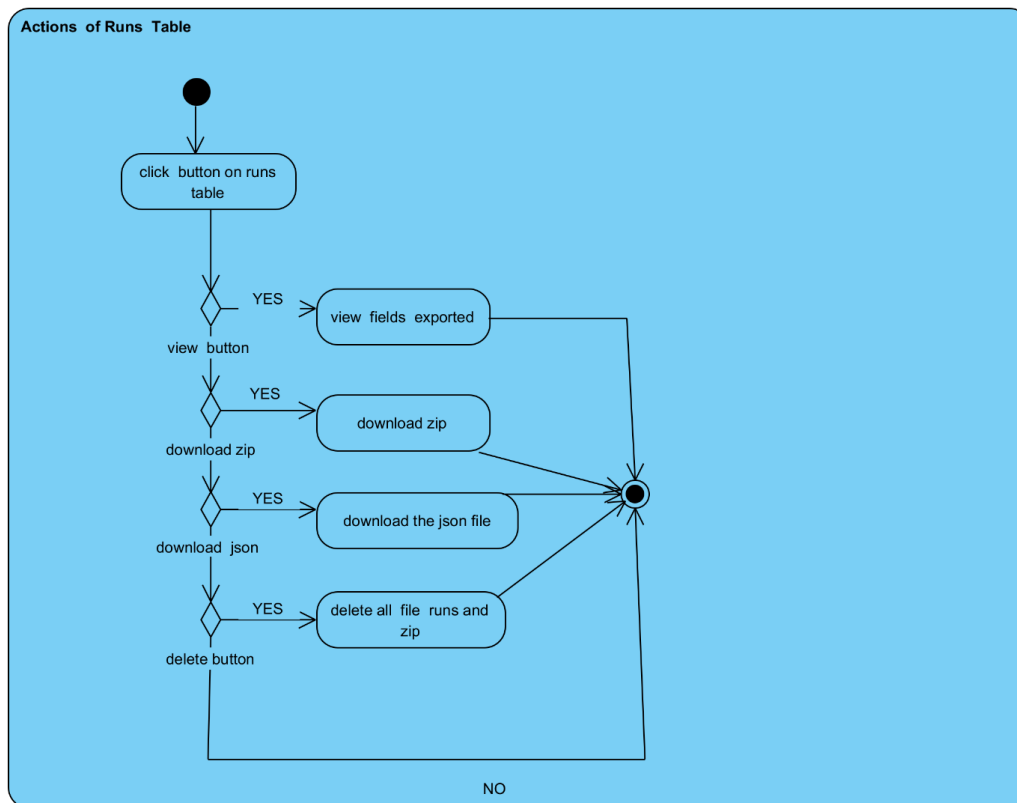
Σχήμα 2.20: USE CASE outputs page

2.2.6.2 Activity Diagram UML - Προβολή Εκτελέσεων Μοντέλου



Σχήμα 2.21: Activity diagram UML for displaying model runs

2.2.6.3 Activity Diagram UML – Λειτουργίες Σχετικές με Εκτελέσεις Μοντέλου

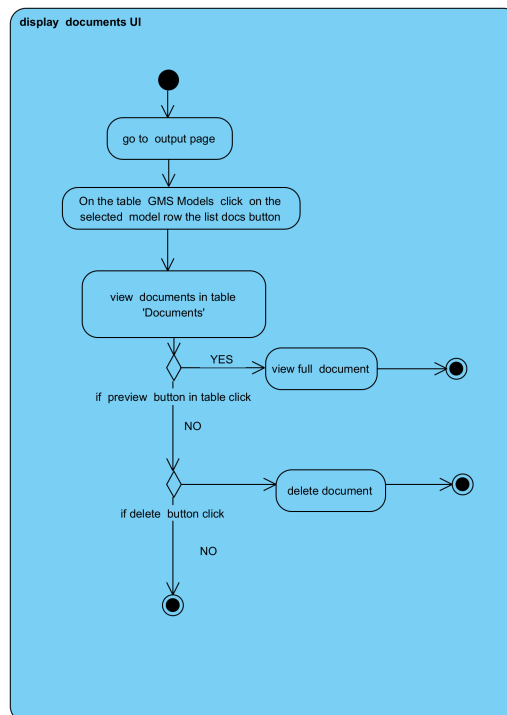


Σχήμα 2.22: Activity diagram UML for available actions on runs table

Όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα, το λογισμικό πρέπει να παρέχει τις εξής λειτουργίες για τη διαχείριση των εκτελέσεων ενός μοντέλου:

1. Προβολή των πεδίων που περιλαμβάνονται στο αρχείο αποτελεσμάτων.
2. Λήψη συμπιεσμένου αρχείου (.zip) που περιέχει όλα τα αρχεία .gdx και τα αντίστοιχα .json μιας εκτέλεσης.
3. Λήψη συγκεκριμένου αρχείου αποτελεσμάτων σε μορφή .json.
4. Διαγραφή επιλεγμένης εκτέλεσης.

2.2.6.4 Activity Diagram UML – Διαχείριση Διαγραμμάτων και Πινάκων

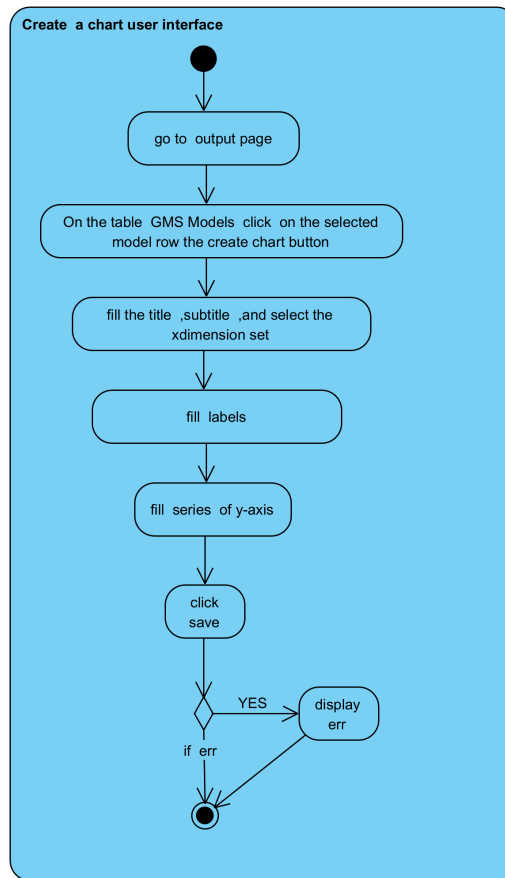


Σχήμα 2.23: Activity diagram UML for actions on the documents table

Οι κύριες λειτουργίες που παρέχονται μέσω της διαχείρισης διαγραμμάτων και πινάκων είναι:

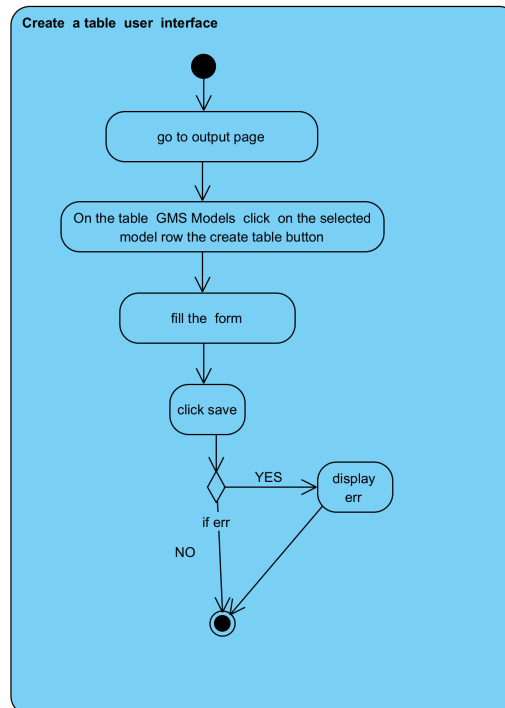
1. Προβολή επιλεγμένου πίνακα ή διαγράμματος.
2. Διαγραφή πίνακα ή διαγράμματος από τη λίστα εγγράφων.

2.2.6.5 Activity Diagram UML – Δημιουργία Διαγραμμάτων



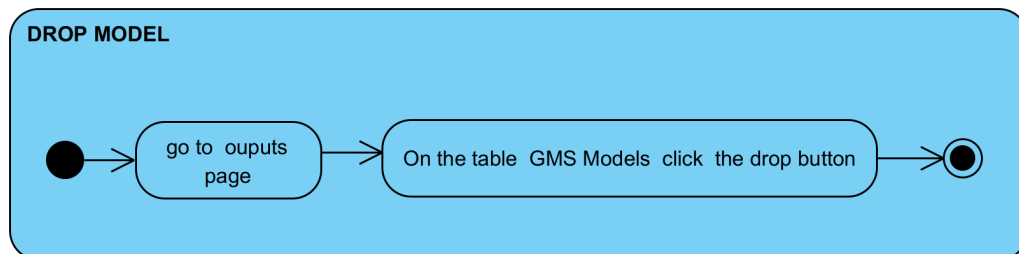
Σχήμα 2.24: Activity diagram UML for creating charts

2.2.6.6 Activity Diagram UML – Δημιουργία Πινάκων



Σχήμα 2.25: Activity diagram UML for creating a table

2.2.6.7 Activity Diagram UML – Διαγραφή Μοντέλων



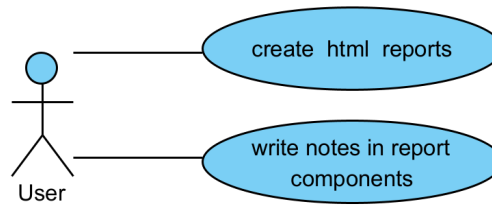
Σχήμα 2.26: Activity diagram UML for the deletion of a model

2.2.7 Δημιουργία Αναφοράς Εγγράφου

Τέλος, είναι απαραίτητο να υποστηρίζονται δύο βασικές λειτουργίες που επιτρέπουν στον χρήστη να δημιουργεί αναφορές και να σημειώνει/σχολιάζει τα οπτικοποιημένα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, το σύστημα θα πρέπει να περιλαμβάνει:

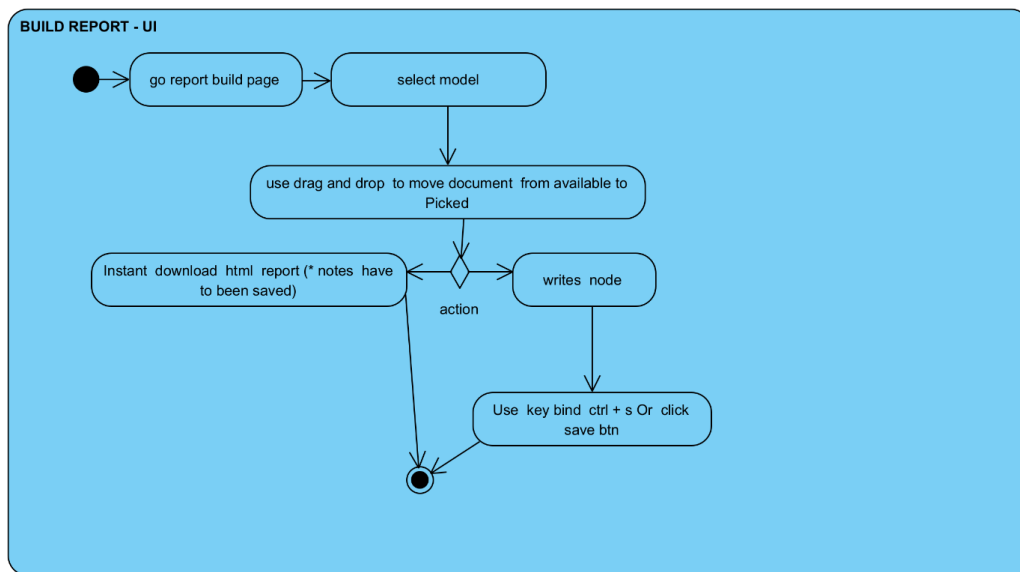
- Λειτουργία σχολιασμού διαγραμμάτων και πινάκων.
- Λειτουργία σύνθεσης αναφοράς για ένα επιλεγμένο μοντέλο.

2.2.7.1 Διάγραμμα Περίπτωσης Χρήσης



Σχήμα 2.27: USE CASE build report page

2.2.7.2 Activity Diagram UML – Λειτουργίες για τη Σύνθεση Αναφοράς



Σχήμα 2.28: Activity diagram UML for report build page

2.3 Αρχιτεκτονική συστήματος

Λεδομένου ότι το εργαλείο προορίζεται για χρήση εντός του εργαστηρίου, το γραφικό περιβάλλον χρήστη (User Interface) σερβίρεται απευθείας από το gams-tool. Η επιλογή αυτή στοχεύει στη μείωση του αριθμού των απαιτούμενων Docker containers και στην αύξηση της ταχύτητας επικοινωνίας μεταξύ του UI και του gams-tool.

Το gams-tool είναι άμεσα συνδεδεμένο με τα υπόλοιπα τρία μέρη του συστήματος, χρησιμοποιώντας έναν proxy μηχανισμό για την επικοινωνία με τα endpoints των gams-parser-api και gams-api. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται ενιαία πρόσβαση στις λειτουργίες του συστήματος.

Σημείωση:

Στην περίπτωση που επιθυμούμε την αποσύνδεση του UI από το gams-tool, μπορούμε να σερβίρουμε το Angular build μέσω διαφορετικού Docker container. Σε αυτήν την περίπτωση, χρησιμοποιούνται proxy configurations, τα οποία κάνουν forward τα αιτήματα προς το gams-tool μέσω του endpoint /api.

Με αυτήν την αρχιτεκτονική, καθίσταται δυνατή η χρήση όλου του λογισμικού αποκλειστικά μέσω του gams-tool, γεγονός που προσδίδει μεγαλύτερη ευελιξία και απλότητα στην ανάπτυξη και στη χρήση του συστήματος.

2.3.1 Βάση Δεδομένων και Αυτοματοποίηση

Για την αυτοματοποίηση λειτουργιών του συστήματος, καθώς και για την ευκολότερη διαχείριση και χρήση του γραφικού περιβάλλοντος (UI), επιλέχθηκε η χρήση βάσης δεδομένων τύπου NoSQL, συγκεκριμένα MongoDB.

Η επιλογή αυτή έγινε λόγω της φύσης των δεδομένων, τα οποία είναι κατά κύριο λόγο σε μορφή JSON. Οι NoSQL βάσεις, όπως η MongoDB, υποστηρίζουν εγγενώς τη μορφή αυτή, επιτρέποντας την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων χωρίς προκαθορισμένο σχήμα (schema-less).

Επιπλέον, η δομή του συστήματος δεν απαιτεί τη χρήση σχέσεων (joins) μεταξύ διαφορετικών πινάκων, όπως συμβαίνει στις σχεσιακές βάσεις. Η πλειονότητα των λειτουργιών βασίζεται σε μεμονωμένες συλλογές, ενώ σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται ανάκτηση δεδομένων από περισσότερες από μια, αυτό πραγματοποιείται μέσω ξεχωριστών αιτημάτων (queries) από την πλευρά του εργαλείου, χωρίς να απαιτείται χρήση join σε επίπεδο βάσης δεδομένων.

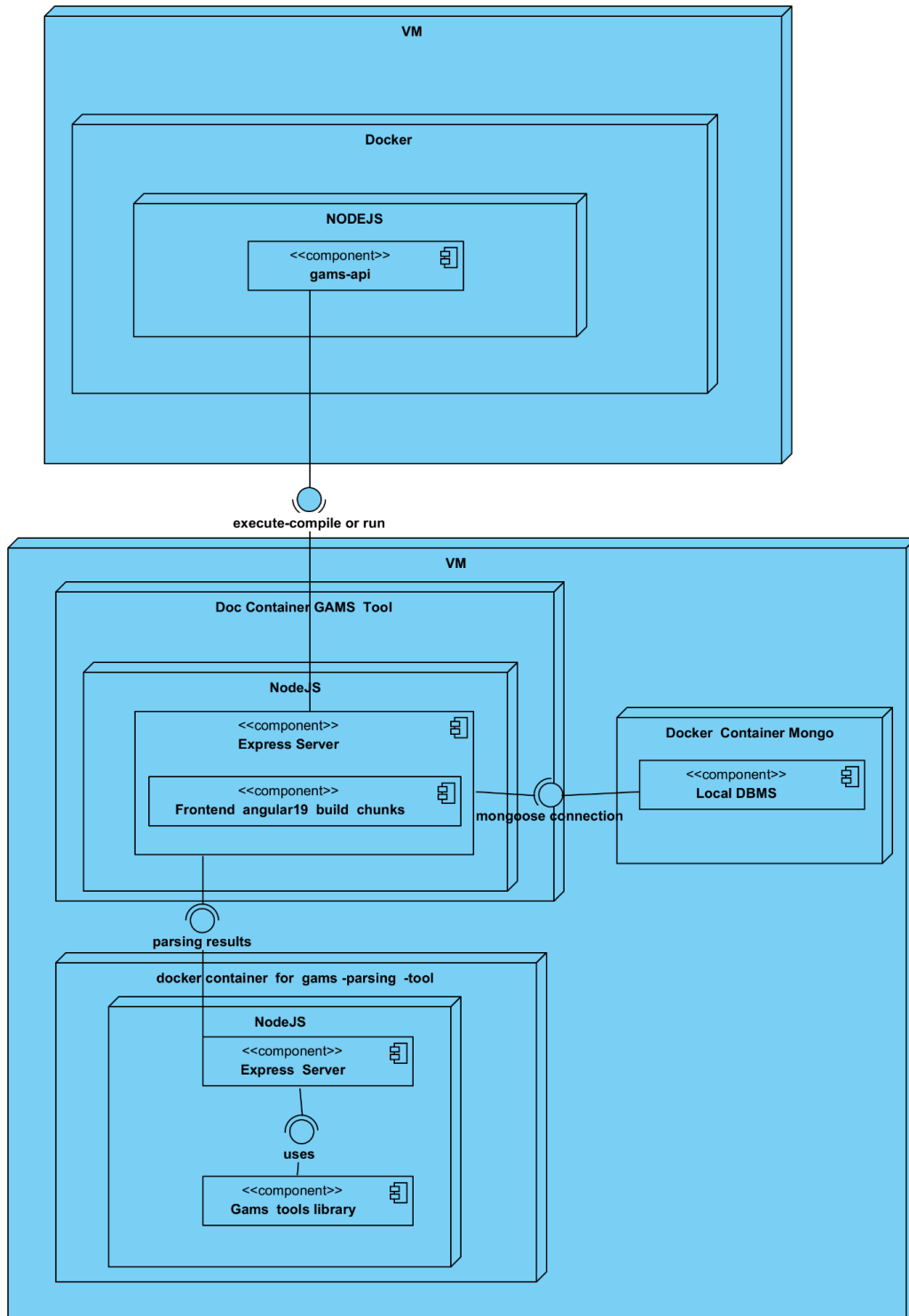
2.3.2 Χρήση λογισμικού από χρήστες.

Το λογισμικό προσφέρει τις παρακάτω βασικές λειτουργίες. Για να μπορέσει ο χρήστης να έχει πρόσβαση στο σύστημα και να χρησιμοποιήσει τις παρεχόμενες δυνατότητες, απαιτείται πρώτα η διαδικασία σύνδεσης (login).

Η ανάγκη για αυθεντικοποίηση προκύπτει από το γεγονός ότι τα έγγραφα και τα δεδομένα που διαχειρίζεται το σύστημα είναι προσωποποιημένα, δηλαδή απομονωμένα ανά χρήστη. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται ότι κάθε χρήστης έχει πρόσβαση μόνο στα δικά του δεδομένα και δεν μπορεί να δει ή να επεξεργαστεί δεδομένα άλλων χρηστών.

Σημείωση : Αυτό το μοντέλο απομόνωσης των εγγράφων per user ενισχύει την ασφάλεια, προστατεύει την ιδιωτικότητα και υποστηρίζει την πολυ-χρηστικότητα του συστήματος.

2.3.3 Περιγραφή Αρχιτεκτονικής

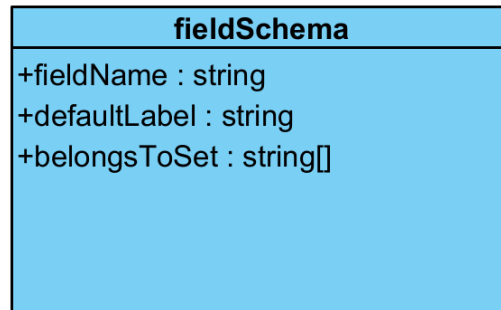


Σχήμα 2.29: Deployment UML

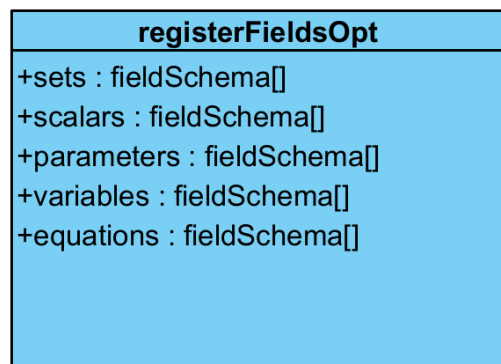
Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, έχουμε στη διάθεσή μας δύο virtual machines. Στην πρώτη εκτελείται το υπάρχον λογισμικό, το gams-api. Στο δεύτερο μηχάνημα εκτελούνται τα υπόλοιπα δύο συστατικά, μαζί με τη βάση δεδομένων, σε Docker containers.

2.4 Βάση δεδομένων

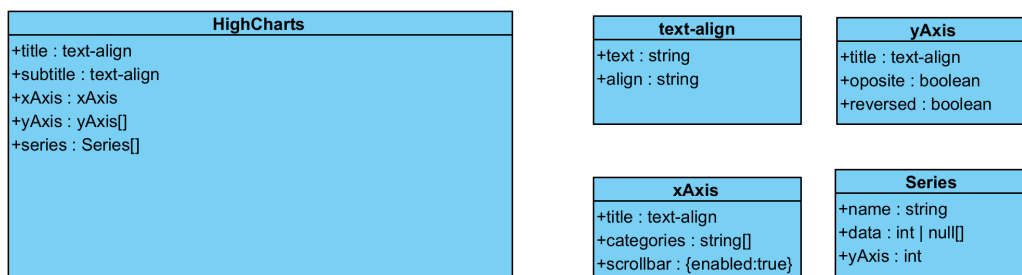
Για να μπορέσουμε να ορίσουμε τη βάση δεδομένων, πρέπει πρώτα να ορίσουμε μερικά θεμελιώδη δομικά στοιχεία, τα οποία χρησιμοποιούνται από το λογισμικό.



Σχήμα 2.30: fieldSchema - definition of a field

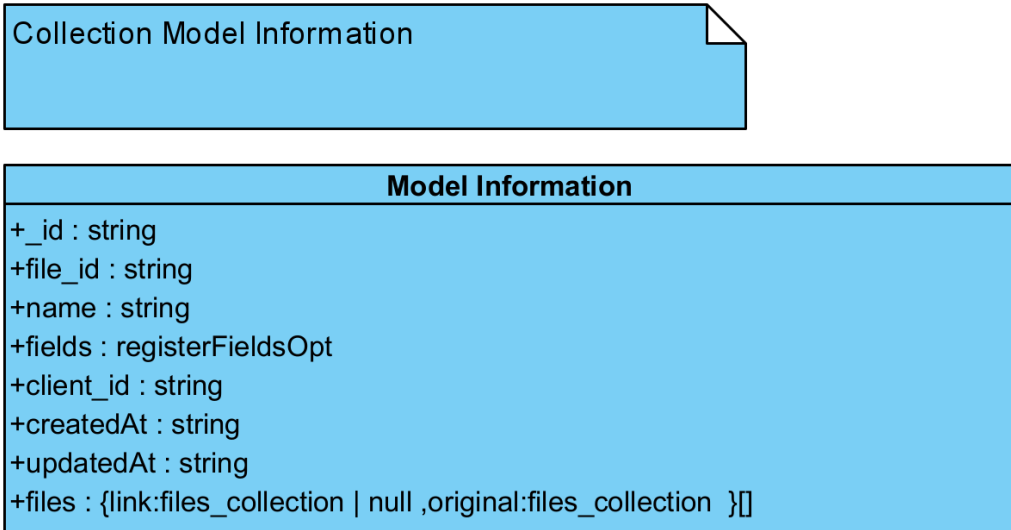


Σχήμα 2.31: registerFieldOpt - definition of fields



Σχήμα 2.32: Highcharts

2.4.1 Συλλογή – ModelInformation



Σχήμα 2.33: model information schema

Στο σύστημα χρησιμοποιείται μία συγκεκριμένη συλλογή για την αποθήκευση πληροφοριών που σχετίζονται με τον ορισμό μοντέλων. Κάθε έγγραφο στην συλλογή αυτή περιλαμβάνει τα εξής πεδία:

- `_id`: Το μοναδικό αναγνωριστικό (ID) της εγγραφής.
- `name` (string): Όνομα του μοντέλου, το οποίο ορίζεται αυτόματα με βάση το όνομα του αρχείου που ανέβηκε.
- `file_id` (ObjectId): Το αναγνωριστικό της εγγραφής του σχετικού αρχείου στο σύστημα.
- `fields` (object): JSON αντικείμενο που περιλαμβάνει οργανωμένες πληροφορίες για τα στοιχεία του μοντέλου όπως εξάγονται από το αρχείο `.gms`. Οι πληροφορίες ομαδοποιούνται σε πέντε βασικές κατηγορίες:
 - `sets`
 - `scalars`
 - `parameters`
 - `variables`
 - `equations`

Κάθε στοιχείο σε αυτές τις κατηγορίες περιλαμβάνει τα εξής μεταδεδομένα:

- `fieldName`: Το όνομα του πεδίου όπως έχει οριστεί στο αρχείο `.gms`.
- `defaultLabel`: Περιγραφή του πεδίου όπως δηλώνεται στο αρχείο `.gms`. Η ετικέτα αυτή χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των labels σε διαγράμματα μόνο όταν η σημαία `autoGenerated` είναι ενεργοποιημένη (true).

- belongsToSet (array): Λίστα με τα σύνολα στα οποία ανήκει το πεδίο. Το πεδίο αυτό είναι πάντα παρόν – σε περίπτωση που το πεδίο είναι μη-πολυδιάστατο (π.χ. scalar), η λίστα είναι κενή ([]).

Αυτή η δομή παρέχει σαφή και επεκτάσιμη αναπαράσταση των δεδομένων κάθε μοντέλου, επιτρέποντας στο σύστημα να κατανοεί τη δομή και τη σημασία κάθε οντότητας. Με βάση αυτή τη δομή υποστηρίζονται λειτουργίες όπως:

1. Δημιουργία διαγραμμάτων (charts) και πινάκων (tables) για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.
 2. Παραγωγή ρυθμίσεων εξαγωγής σε μορφή GDX (GAMS Data Exchange).
- client_id (ObjectId): Το αναγνωριστικό του χρήστη στον οποίο ανήκει το μοντέλο.
 - createdAt (timestamp): Η ημερομηνία και ώρα δημιουργίας της εγγραφής.
 - updatedAt (timestamp): Η ημερομηνία και ώρα της τελευταίας ενημέρωσης της εγγραφής.
 - files (list): Λίστα αρχείων εισόδου τύπου GDX που σχετίζονται με το μοντέλο. Περιλαμβάνει:
 - original: Το αρχικό αρχείο gdxin.
 - link: Αν δεν είναι null, τότε πρόκειται για αρχείο gdxin που χρησιμοποιείται αντικαθιστώντας το original κατά την εκτέλεση.

2.4.1.1 Παράδειγμα ορίσμου Transport μοντέλου:

```
1  Set
2      i 'canning plants' / seattle, san-diego /
3      j 'markets'         / new-york, chicago, topeka /;
4
5  Parameter
6      a(i) 'capacity of plant i in cases'
7          / seattle    350
8            san-diego  600 /
9
10     b(j) 'demand at market j in cases'
11         / new-york   325
12           chicago    300
13           topeka     275 /;
14
15  Table d(i,j) 'distance in thousands of miles'
16      | | | | new-york | chicago | topeka |
17      |---|---|---|
18      seattle | 2.5 | 1.7 | 1.8 |
19      san-diego | 2.5 | 1.8 | 1.4 |;
20
21  Scalar f 'freight in dollars per case per thousand miles' / 90 /;
22
23  Parameter c(i,j) 'transport cost in thousands of dollars per case';
24  c(i,j) = f*d(i,j)/1000;
25
26  Variable
27      x(i,j) 'shipment quantities in cases'
28      z      'total transportation costs in thousands of dollars';
29
30  Positive Variable x;
31
32  Equation
33      cost      'define objective function'
34      supply    'observe supply limit at plant i'
35      demand(j) 'satisfy demand at market j';
36
37  cost..      z =e= sum((i,j), c(i,j)*x(i,j));
38
39  supply(i).. sum(j, x(i,j)) =l= a(i);
40
41  demand(j).. sum(i, x(i,j)) =g= b(j);
42
43  Model transport / all /;
44
45  solve transport using lp minimizing z;
46
47  --
```

Σχήμα 2.34: Example of a transport model

Στο συγκεκριμένο μοντέλο, έχουμε εσκεμμένα τροποποιήσει το domain του supply από το set i σε γενικό (generic), δηλαδή η εξίσωση ορίζεται για οποιαδήποτε τιμή και όχι αποκλειστικά για τα στοιχεία του set i.

```

"variables": [
  {
    "fieldName": "x",
    "belongsToSet": ["i", "j"],
    "defaultLabel": "shipment quantities in cases"
  },
  {
    "fieldName": "z",
    "belongsToSet": [],
    "defaultLabel": "total transportation costs in thousands of dollars"
  }
],

```

Σχήμα 2.35: Example of a transport model – components of fields

```

"fields": {
  "sets": [
    {
      "fieldName": "i",
      "belongsToSet": [],
      "defaultLabel": "canning plants"
    },
    {
      "fieldName": "j",
      "belongsToSet": [],
      "defaultLabel": "markets"
    }
  ],
  "scalars": [
    {
      "fieldName": "f",
      "belongsToSet": [],
      "defaultLabel": "freight in dollars per case per thousand miles"
    }
  ],
  "parameters": [

```

Σχήμα 2.36: Example of a transport model – components of fields

```

    "equations": [
      {
        "fieldName": "cost",
        "belongsToSet": [],
        "defaultLabel": "define objective function"
      },
      {
        "fieldName": "demand",
        "belongsToSet": ["j"],
        "defaultLabel": "satisfy demand at market j"
      },
      {
        "fieldName": "supply",
        "belongsToSet": ["*"],
        "defaultLabel": "observe supply limit at plant i"
      }
    ]
  }

```

Σχήμα 2.37: Example of a transport model – components of fields

Ένας σημαντικός παράγοντας για τη σωστή λειτουργία του λογισμικού μας είναι η ορθή οριοθέτηση των διαστάσεων στο συγκεκριμένο μοντέλο. Η αλλαγή που έγινε στη γραμμή 33 οδήγησε τον parser να θεωρήσει ότι το supply είναι γενικό (generic). Αυτό επηρεάζει την αυτόματη παραγωγή των charts για το supply, καθώς δεν είναι γνωστή η διάσταση του προβλήματος και, κατά συνέπεια, δεν παράγεται το αντίστοιχο chart. Για το λόγο αυτό, όταν απαιτείται γενικός ορισμός, στο user interface υπάρχει ειδική φόρμα κατασκευής διαγραμμάτων, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη σχετική διάσταση για το chart.

2.4.1.2 Παράδειγμα ορίσμου Transport με gdxin αρχεία :

```
1  Set
2      i 'canning plants'
3      j 'markets' ;
4
5  $GDXIN plants.gdx
6  $LOAD i = plants
7  $GDXIN
8
9
10
11  $GDXIN markets.gdx
12  $LOAD j = markets
13  $GDXIN
14
15  Parameter
16      a(i) 'capacity of plant i'
17      b(j) 'demand at market j';
18
19  Table  d(i,j) 'distance between plant i and market j';
20
21  $GDXIN capacity.gdx
22  $LOAD a = A
23  $GDXIN
24
25  $GDXIN demand.gdx
26  $LOAD b = B
27  $GDXIN
28
29  $GDXIN distances.gdx
30  $LOAD d = C
31  $GDXIN
32
33
34
35  Scalar f 'freight in dollars per case per thousand miles' / 90 /;
```

Σχήμα 2.38: Example of a transport model with gdxin files

```

"files": [
  {
    "link": null,
    "original": {
      "fileName": "capacity.gdx",
      "client_id": "684820830e3ac7106afb36cc",
      "solverNames": [],
      "_id": "6848212da7c4077cab39a227",
      "createdAt": "2025-06-10T12:12:29.637Z",
      "updatedAt": "2025-06-10T12:14:37.047Z",
      "__v": 0
    }
  },
  {
    "link": {

```

Σχήμα 2.39: Example of a transport model - parts of files

```

{
  "link": {
    "fileName": "demandBIG.gdx",
    "client_id": "684820830e3ac7106afb36cc",
    "solverNames": [],
    "_id": "6848212ea7c4077cab39a22d",
    "createdAt": "2025-06-10T12:14:54.448Z",
    "updatedAt": "2025-06-10T12:14:54.448Z"
  },
  "original": {
    "fileName": "demand.gdx",
    "client_id": "684820830e3ac7106afb36cc",
    "solverNames": [],
    "_id": "6848212da7c4077cab39a22b",
    "createdAt": "2025-06-10T12:12:29.995Z",
    "updatedAt": "2025-06-10T12:14:37.047Z",
    "__v": 0
  }
}

```

Σχήμα 2.40: Example of a transport model - parts of files

Κατά την εκτέλεση του μοντέλου, στην παράμετρο a θα φορτωθούν δεδομένα από το αρχείο capacity.gdx, ενώ στην παράμετρο b από το αρχείο demandBIG.gdx.

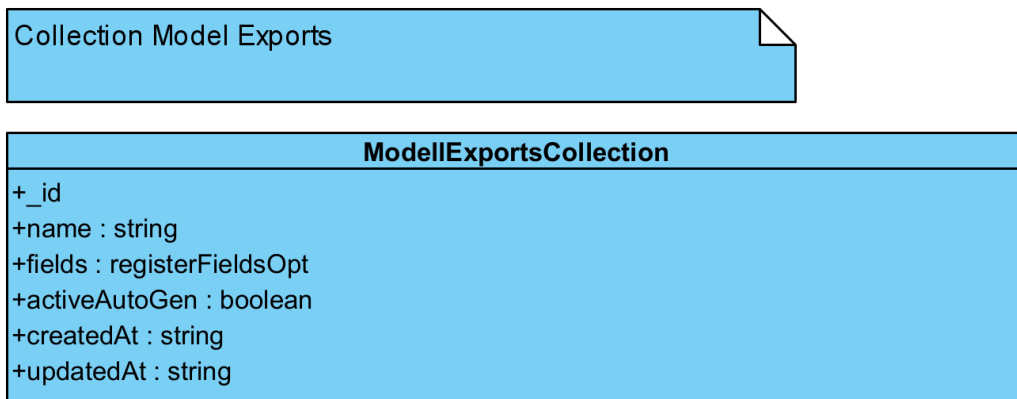
Συνίσταται τα original αρχεία GDX που δηλώνονται να είναι όσο το δυνατόν μικρότερα, για τους εξής λόγους:

1. Ταχύτερο compilation του μοντέλου από τον GAMS compiler.
2. Το gams-api εκτελεί ένα μοντέλο κάθε φορά, κάνοντας χρήση μηχανισμού mutex για αποκλειστική πρόσβαση στους πόρους. Αυτό σημαίνει ότι το API χάνει χρόνο εξαιτίας της επανειλημμένης διαδικασίας compilation, η οποία καθυστερεί την εκτέλεση.

3. Ο χρήστης επιβαρύνεται με χρεώσεις για μη παραγωγικό χρόνο εκτέλεσης, καθώς η καθυστέρηση συμβαίνει πριν ακόμη ξεκινήσει ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων.

Για τους παραπάνω λόγους, είναι βέλτιστη πρακτική να χρησιμοποιούνται ελαφριά αρχεία GDX ως original, και όπου απαιτείται μεγάλο αρχείο, αυτό να συνδέεται μέσω του πεδίου link.

2.4.2 Συλλογή – ModelExportCollection



Σχήμα 2.41: model export collection schema

Στο σύστημα χρησιμοποιείται μια ειδική συλλογή για την αποθήκευση πληροφοριών που σχετίζονται με τις ρυθμίσεις εξαγωγής αποτελεσμάτων, όπως ορίζονται από τον χρήστη. Το κάθε έγγραφο σε αυτή τη συλλογή καθορίζει τι επιθυμεί ο χρήστης να εξαχθεί μετά την εκτέλεση ενός μοντέλου.

Πεδία εγγράφου:

- **_id (ObjectId):** Το μοναδικό αναγνωριστικό της εγγραφής.
- **name (string):** Όνομα του export configuration, το οποίο ορίζεται από τον χρήστη.
- **fields (object):** Αντικείμενο που περιλαμβάνει τα πεδία (π.χ. παραμέτρους, μεταβλητές) τα οποία ο χρήστης επιθυμεί να εξαχθούν από τα αποτελέσματα του μοντέλου.
- **activeAutoGen (boolean):** Αν η τιμή είναι true, τότε κατά την εκτέλεση του μοντέλου ενεργοποιείται αυτόματα η διαδικασία παραγωγής εξαγόμενων πεδίων μέσω του μηχανισμού auto-generation.
- **createdAt (timestamp):** Η ημερομηνία και ώρα δημιουργίας της εγγραφής.
- **updatedAt (timestamp):** Η ημερομηνία και ώρα της τελευταίας τροποποίησης της εγγραφής.

2.4.3 Συλλογή – Runs Collection

Runs collection

Runs Collection
+_id : string +RunID : string +GDXName : string +client_id : string +fields : registerFieldsOpt +model_id : string +location : string +createdA : string +updatedAt : string

Σχήμα 2.42: runs collection schema

Στο σύστημα χρησιμοποιείται μια ειδική συλλογή για την αποθήκευση πληροφοριών που σχετίζονται με τα αποτελέσματα των εκτελέσεων των μοντέλων. Κάθε έγγραφο σε αυτή τη συλλογή αντιστοιχεί σε μία εκτέλεση ενός μοντέλου με συγκεκριμένο export gdx configuration και περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα δεδομένα και μεταδεδομένα.

Πεδία εγγράφου:

- `_id` (ObjectId): Το μοναδικό αναγνωριστικό της εγγραφής.
- `RunId` (string): Τυχαίο String μήκους 10 χαρακτήρων, μοναδικό για κάθε εκτέλεση. Χρησιμοποιείται για τη διάκριση των εκτελέσεων.
- `GDXName` (string): Το όνομα της εξαγωγής (export configuration), που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το `RunId` ως όνομα του JSON αρχείου που αποθηκεύεται στο σύστημα.
- `fields` (object): JSON αντικείμενο που περιλαμβάνει τα πεδία (παράμετροι, μεταβλητές κ.λπ.) τα οποία περιέχονται στα αποτελέσματα αυτής της εκτέλεσης.
- `client_id` (ObjectId): Το αναγνωριστικό του χρήστη στον οποίο ανήκει ή συγκεκριμένη εκτέλεση .
- `model_id` (ObjectId): Αναφορά στο μοντέλο από το οποίο προέρχεται η εκτέλεση (αντιστοιχεί σε εγγραφή της συλλογής model information).

- location (string): Η διαδρομή στο σύστημα αρχείων όπου είναι αποθηκευμένο το .zip με τα πλήρη αποτελέσματα της εκτέλεσης.
- createdAt (timestamp): Η ημερομηνία και ώρα δημιουργίας της εγγραφής.
- updatedAt (timestamp): Η ημερομηνία και ώρα της τελευταίας τροποποίησης της εγγραφής.

2.4.4 Συλλογή – ReportComponentsCollection

Collection Reports Componets

reports-components-collection
+_id : string +doc_title : string +doc_type : string +component : HighCharts string +model_id : string +notes : string +createdAt : string +updatedAt : string

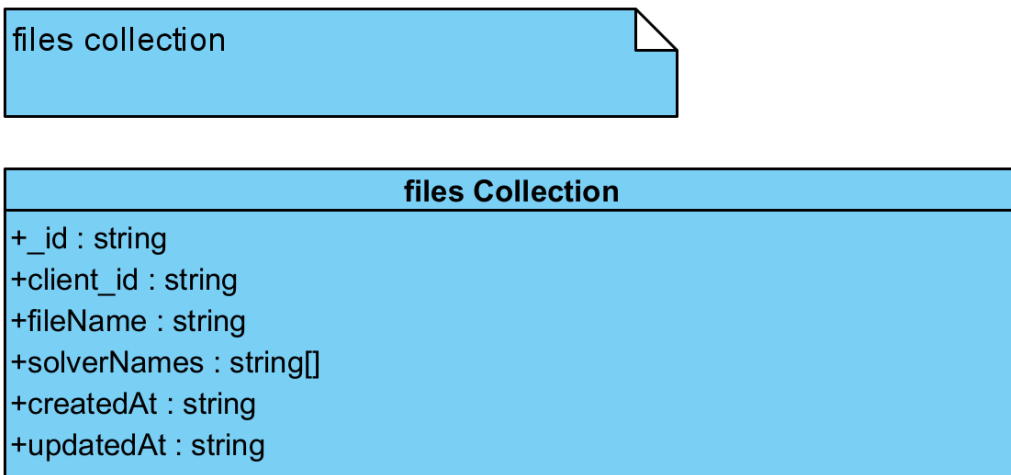
Σχήμα 2.43: reports components collection schema

Η συλλογή αυτή χρησιμοποιείται για την αποθήκευση διαγραμμάτων και πινάκων που δημιουργούνται από τον χρήστη μέσω του λογισμικού. Κάθε έγγραφο αντιστοιχεί σε ένα στοιχείο αναφοράς και περιλαμβάνει τα εξής πεδία :

- _id (ObjectId): Το μοναδικό αναγνωριστικό της εγγραφής.
- doc_title (string): Τίτλος που δίνεται από τον χρήστη, για ευκολότερη αναγνώριση του περιεχομένου.
- doc_type (string): Τύπος εγγράφου – μπορεί να είναι chart (διάγραμμα) ή html (πίνακας σε DOM μορφή).
- component (html , Highcharts): Το περιεχόμενο του στοιχείου (διάγραμμα ή πίνακας).
- model_id (ObjectId): Αναφορά στο μοντέλο στο οποίο ανήκει το στοιχείο.

- notes (string): Σχόλια ή σημειώσεις του χρήστη για το στοιχείο.
- createdAt (timestamp): Ημερομηνία και ώρα δημιουργίας της εγγραφής.
- updatedAt (timestamp): Ημερομηνία και ώρα τελευταίας τροποποίησης της εγγραφής.

2.4.5 Συλλογή – Files collection



Σχήμα 2.44: files collection schema

Η συλλογή αυτή χρησιμοποιείται για την αποθήκευση πληροφοριών που σχετίζονται με τα αρχεία των χρηστών. Δεν αποθηκεύεται το ίδιο το αρχείο, αλλά μεταδεδομένα που απαιτούνται από το σύστημα για τη διαχείρισή του.

Πεδία εγγράφου:

- _id (ObjectId): Το μοναδικό αναγνωριστικό της εγγραφής.
- filename (string): Το όνομα του αρχείου.
- client_id (ObjectId): Αναφορά στον χρήστη στον οποίο ανήκει το αρχείο.
- solverNames (Array<String>): Ισχύει για αρχεία τύπου .gms. Περιέχει λίστα με τα ονόματα των μοντέλων που ορίζονται μέσα στο συγκεκριμένο αρχείο. Το λογισμικό χρησιμοποιεί αυτή τη λίστα για να εξάγει στατιστικά στοιχεία σχετικά με την επίλυση των μοντέλων.
- createdAt (timestamp): Ημερομηνία και ώρα δημιουργίας της εγγραφής.
- updatedAt (timestamp): Ημερομηνία και ώρα της τελευταίας τροποποίησης της εγγραφής.

Σημαντική σημείωση για τα ονόματα αρχείων

Το συγκεκριμένο σύστημα δεν υποστηρίζει την αποθήκευση ονομάτων αρχείων που περιλαμβάνουν διαδρομές φακέλων. Ο λόγος είναι ότι το gams-api δεν υποστηρίζει την ανάγνωση αρχείων από φακέλους: όλα τα αρχεία κατά την εκτέλεση αποσυμπίεζονται και τοποθετούνται στο ίδιο directory. Συνεπώς, όταν στέλνεται αρχείο τύπου .zip που περιλαμβάνει υποφακέλους (π.χ. folder/data.gdx), το gams-api το χειρίζεται ως απλό data.gdx, αγνοώντας τον φάκελο. Αυτό προκαλεί ασυμβατότητα, ειδικά όταν στο GAMS χρησιμοποιούνται ρητές αναφορές σε αρχεία μέσα σε φακέλους (π.χ. gdxin folder/data.gdx).

Για να αποφευχθούν τέτοιου είδους σφάλματα, στο σύστημα επιλέγεται να αποθηκεύεται μόνο το απλό όνομα του αρχείου, χωρίς διαδρομές ή φακέλους.

Τρόπος Οργάνωσης και Αποθήκευσης Αρχείων στο Σύστημα

Τα αρχεία των χρηστών αποθηκεύονται στο φάκελο assets του συστήματος. Η αποθήκευση γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται:

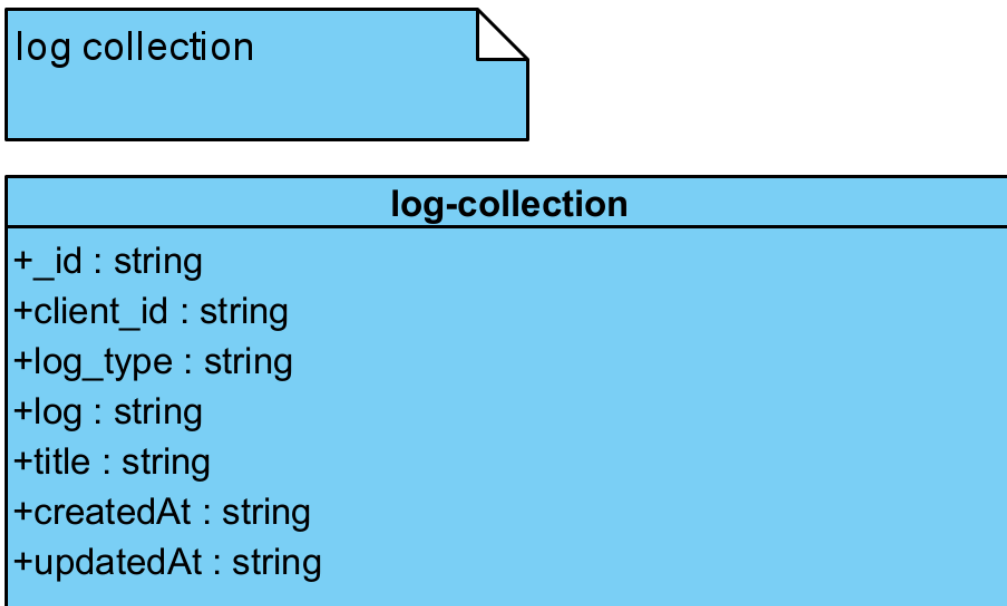
- Η μοναδικότητα του μονοπατιού (path) για κάθε χρήστη και αρχείο.
- Η κατανομή των αρχείων σε υποφακέλους σταθερού μήκους (ανά 5 χαρακτήρες).

Δομή Μονοπατιού Αποθήκευσης

Η τελική διαδρομή αποθήκευσης κάθε αρχείου προκύπτει μέσα από μια διαδικασία μετασχηματισμών με τη χρήση της συνάρτησης κατακερματισμού SHA-256, και περιλαμβάνει τρία επίπεδα πληροφορίας:

1. **Ταυτότητα Χρήστη:** Χρησιμοποιείται η τιμή client_id του χρήστη, από την οποία υπολογίζεται hash(client_id) και κρατούνται οι πρώτοι 10 χαρακτήρες.
2. **Υποφάκελος (αν υπάρχει):** Αν το αρχείο προέρχεται από κάποια υποδιαδρομή (δηλαδή υπάρχει folder/filename.ext), τότε από τη διαδρομή του φακέλου υπολογίζεται hash(folder) και κρατούνται οι πρώτοι 15 χαρακτήρες. Αν δεν υπάρχει υποφάκελος, αυτό το τμήμα παραλείπεται.
3. **Όνομα αρχείου:** Από το βασικό όνομα του αρχείου (χωρίς επέκταση) υπολογίζεται hash(basename) και κρατούνται οι πρώτοι 8 χαρακτήρες. Η τελική επέκταση (π.χ. .gdx, .zip, .gms) διατηρείται.

2.4.6 Συλλογή – Logs collection



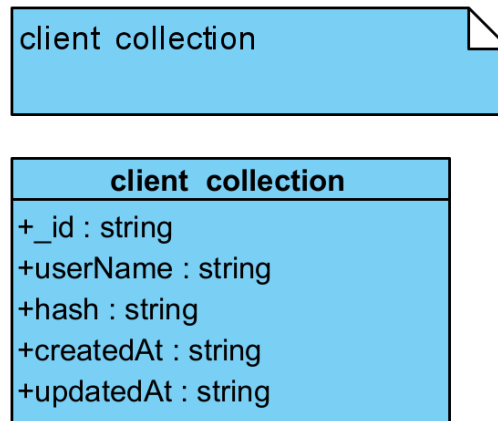
Σχήμα 2.45: logs collection schema

Η συλλογή αυτή χρησιμοποιείται από το σύστημα για την αποθήκευση μηνυμάτων που σχετίζονται αποκλειστικά με ενέργειες που εκτελεί ο χρήστης. Περιλαμβάνει καταγραφές σχετικές με την εκτέλεση μοντέλων, όπως επιτυχείς ενέργειες ή σφάλματα που επηρεάζουν τη λειτουργία (π.χ. αν το `gams-api` είναι εκτός λειτουργίας και δεν μπορεί να ολοκληρωθεί η εκτέλεση, καταγράφεται μήνυμα σφάλματος ('system-error') ώστε ο χρήστης να ενημερωθεί).

Πεδία εγγράφου:

- `_id` (ObjectId): Μοναδικό αναγνωριστικό της εγγραφής.
- `log_type` (string): Κατηγορία μηνύματος. Τιμές: "info", "error", "system-error", "warning".
- `client_id` (ObjectId): Αναφορά στον χρήστη στον οποίο απευθύνεται το μήνυμα.
- `log` (string): Περιεχόμενο του μηνύματος.
- `createdAt` (timestamp): Ημερομηνία και ώρα δημιουργίας της εγγραφής.
- `updatedAt` (timestamp): Ημερομηνία και ώρα τελευταίας τροποποίησης της εγγραφής.

2.4.7 Συλλογή – client collection



Σχήμα 2.46: client collection schema

Η συλλογή αυτή χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των χρηστών του συστήματος καθώς και των στοιχείων ταυτοποίησής τους. Κάθε εγγραφή αντιστοιχεί σε έναν μοναδικό χρήστη και περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την αναγνώριση και πιστοποίησή του.

Πεδία εγγράφου:

- **_id (ObjectId):** Μοναδικό αναγνωριστικό της εγγραφής (client_id).
- **userName (string):** Το όνομα χρήστη που χρησιμοποιείται για σύνδεση στο σύστημα.
- **hash (string):** Η κρυπτογραφημένη (SHA-256) έκδοση του κωδικού πρόσβασης.
- **createdAt (timestamp):** Ημερομηνία και ώρα δημιουργίας της εγγραφής.
- **updatedAt (timestamp):** Ημερομηνία και ώρα της τελευταίας τροποποίησης της εγγραφής.

Κεφάλαιο 3

Τεκμηρίωση και Χρήση των Υπηρεσιών `gams-tool`, `parser-api` και `gams-api`

Το σύστημα αποτελείται από τρεις βασικές υπηρεσίες – `gams-tool`, `parser-api` και `gams-api` – οι οποίες συνεργάζονται στενά για την υλοποίηση του συνόλου των λειτουργιών της εφαρμογής.

Ο πυρήνας του συστήματος είναι το `gams-tool`, το οποίο έχει υλοποιηθεί σε Node.js [20] και παρέχει τα βασικά σημεία διεπαφής (endpoints) για τη διαχείριση, εκτέλεση και επεξεργασία μοντέλων GAMS, καθώς και για τη διαχείριση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων.

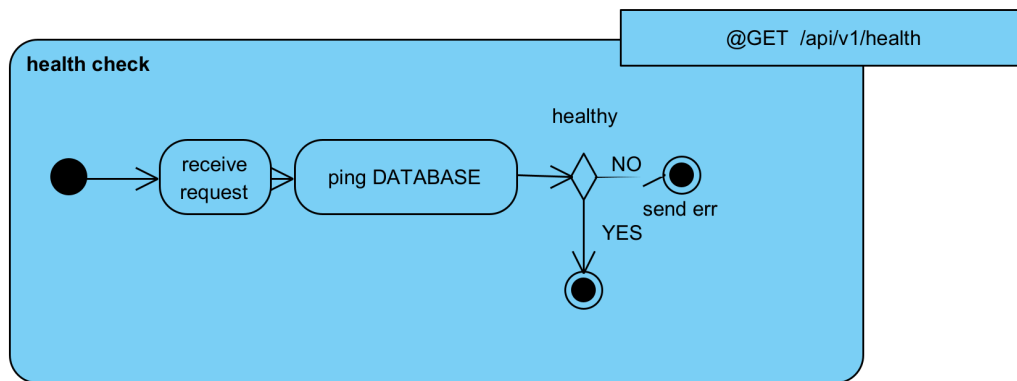
Το `gams-api` λειτουργεί ως ενδιάμεσο επίπεδο (middleware), αναλαμβάνοντας την ενοποίηση και δρομολόγηση αιτημάτων μεταξύ του `gams-tool` και των υπόλοιπων υπηρεσιών μέσω των proxy διαδρομών:

- `/gams-tools-api`, για επικοινωνία με το `parser-api`
- `/gams-api`, για επικοινωνία με το `gams-tool`

Στα επόμενα τμήματα του κεφαλαίου παρουσιάζεται αναλυτικά η λειτουργία και τα διαθέσιμα endpoints κάθε υπηρεσίας, καθώς και παραδείγματα χρήσης.

Σημείωση: Στα διαγράμματα VPP [21], σε όποιο από τα endpoint δεν αναγράφεται ρητά `@RESPONSE`, η απάντηση της κλήσης είναι κενή ({}), με HTTP status 200 OK.

3.1 Υγεία Συστήματος @GET /api/v1/health



Σχήμα 3.1: health controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για να επαληθευτεί αν το gams-api είναι ενεργό και λειτουργεί κανονικά.

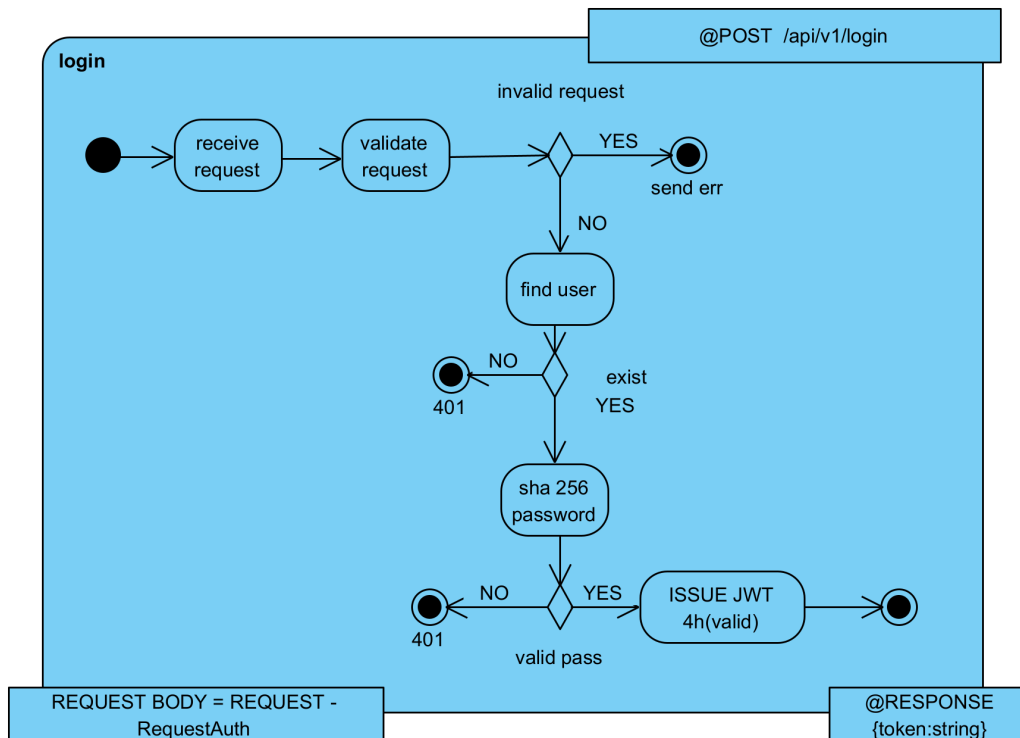
3.2 Σύνδεση Χρήστη @POST /api/v1/login

3.2.1 Ορισμός - Request Body

REQUEST - RequestAuth
+userName : string
+password : string

Σχήμα 3.2: login body request

3.2.2 Διάγραμμα UML για - controller

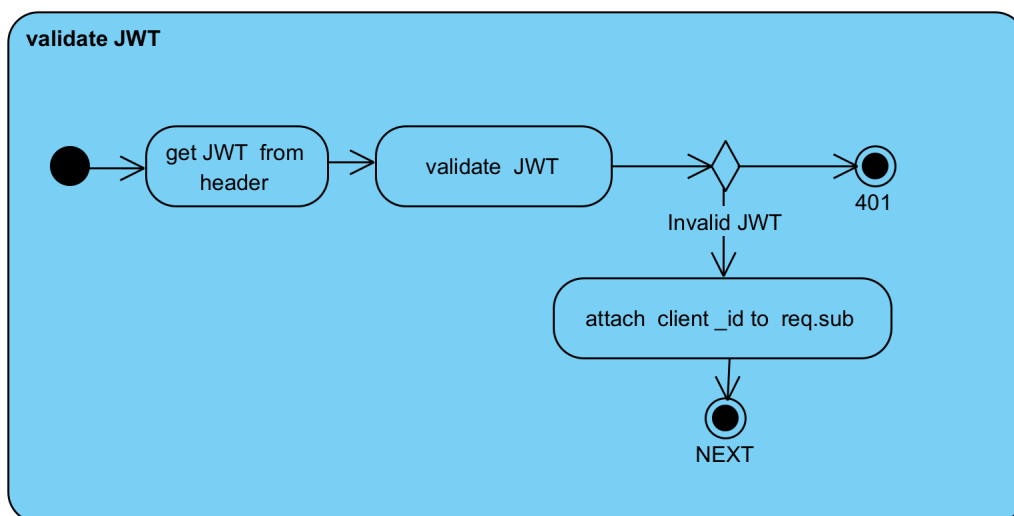


Σχήμα 3.3: login controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για σύνδεση στο λογισμικό.

3.3 Προστασία κλίσεων στο λογισμικό

Τα υπόλοιπα endpoints που παρατίθενται παρακάτω απαιτούν ταυτοποίηση χρήστη προκειμένου να είναι προσβάσιμα. Η διαδικασία ταυτοποίησης πραγματοποιείται ως εξής:

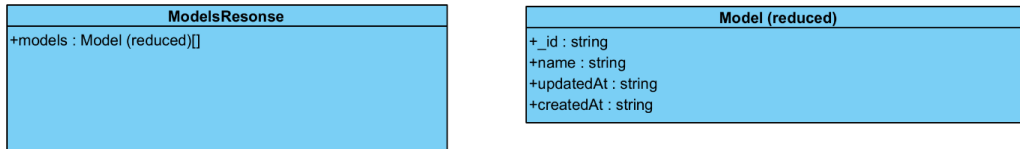


Σχήμα 3.4: validate jwt

3.4 Έλεγχος Μοντέλων

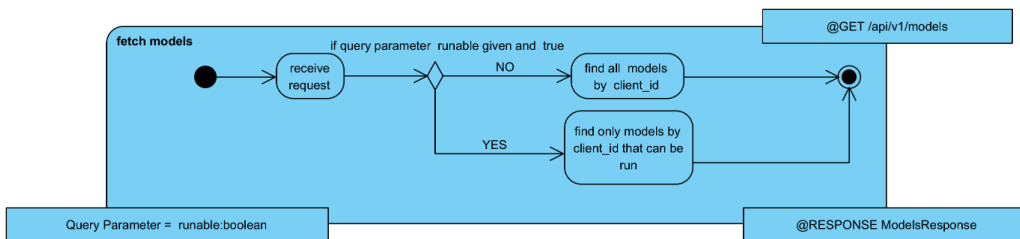
3.4.1 Ανάκτηση Μοντέλων @GET /api/v1/models

3.4.1.1 Ορισμός - HTTP Response



Σχήμα 3.5: fetch models response

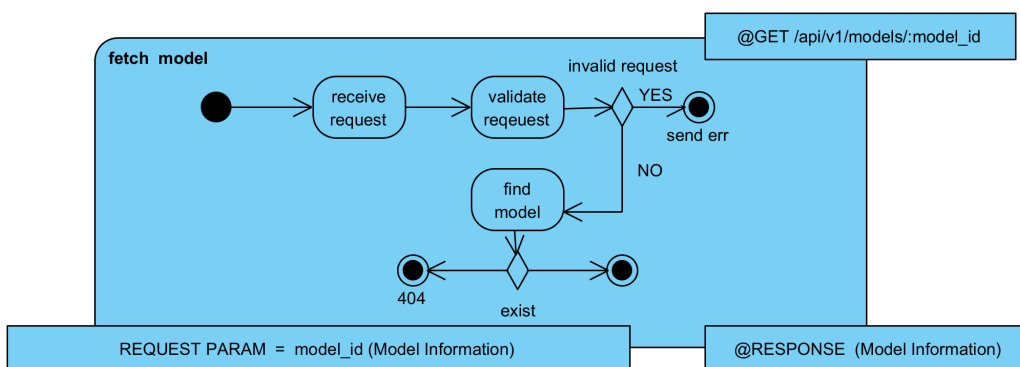
3.4.1.2 Διάγραμμα UML για - controller



Σχήμα 3.6: fetch models controller

Το endpoint αυτό επιστρέφει όλα τα μοντέλα που έχουν καταχωρηθεί από τον χρήστη που είναι συνδεδεμένος. Αν δοθεί η παράμετρος runnable=true (π.χ. /api/v1/models?runnable=true), τότε επιστρέφονται μόνο τα μοντέλα που μπορούν να εκτελεστούν.

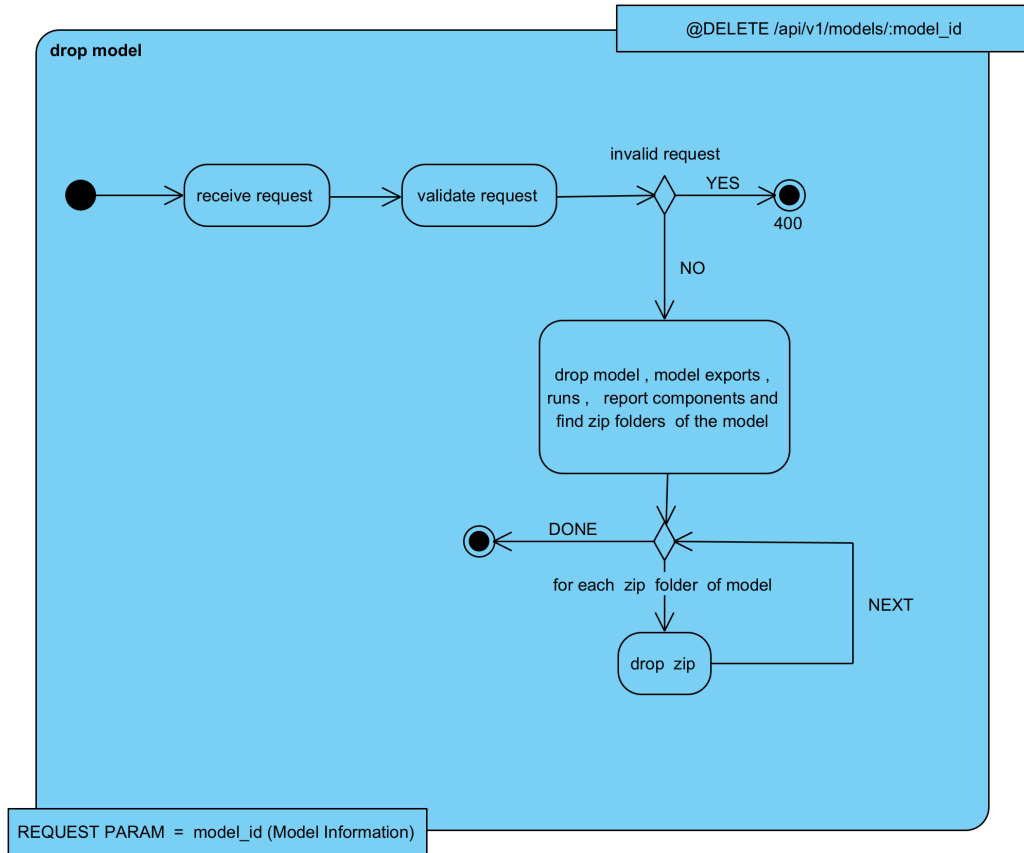
3.4.2 Ανάκτηση Μοντέλου @GET /api/v1/models/:model_id



Σχήμα 3.7: fetch model controller

Με το συγκεκριμένο endpoint γίνεται ανάκτηση των πλήρων στοιχείων ενός μοντέλου, βάσει του μοναδικού του αναγνωριστικού (_id) που έχει καταχωρηθεί στη βάση.

3.4.3 Διαγραφή Μοντέλου @DELETE /api/v1/models/:model_id



Σχήμα 3.8: delete model controller

Με το συγκεκριμένο endpoint διαγράφεται ένα μοντέλο, καθώς και όλα τα αρχεία, οι ρυθμίσεις και οι εκτελέσεις που σχετίζονται με αυτό, βάσει του μοναδικού αναγνωριστικού του (_id) που έχει καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων.

3.5 Έλεγχος ρυθμίσεων - gdx exports

3.5.1 Ανάκτηση ρυθμίσεων -

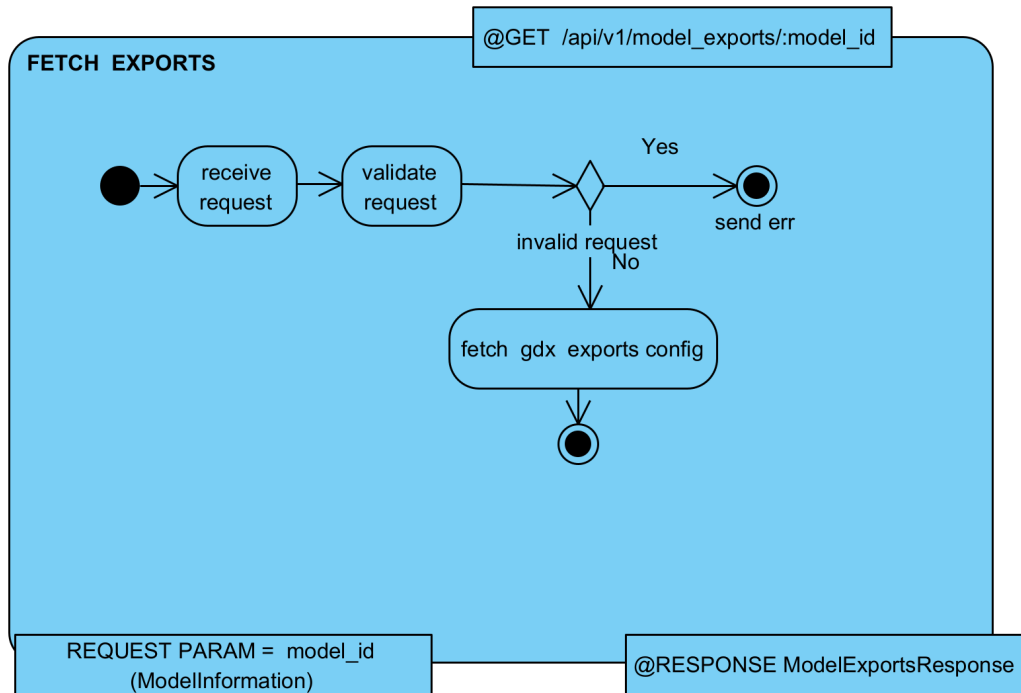
gdx exports @GET /api/v1/model_exports/:model_id

3.5.1.1 Ορισμός - HTTP Response

ModelExportsResponse
+gdxs : ModelExportsCollection[]

Σχήμα 3.9: http response for fetch model exports

3.5.1.2 Διάγραμμα UML για - controller



Σχήμα 3.10: fetch model exports

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για να παρέχει στον χρήστη μια λίστα με όλες τις ρυθμίσεις που σχετίζονται με την εξαγωγή GDX αρχείων ενός μοντέλου.

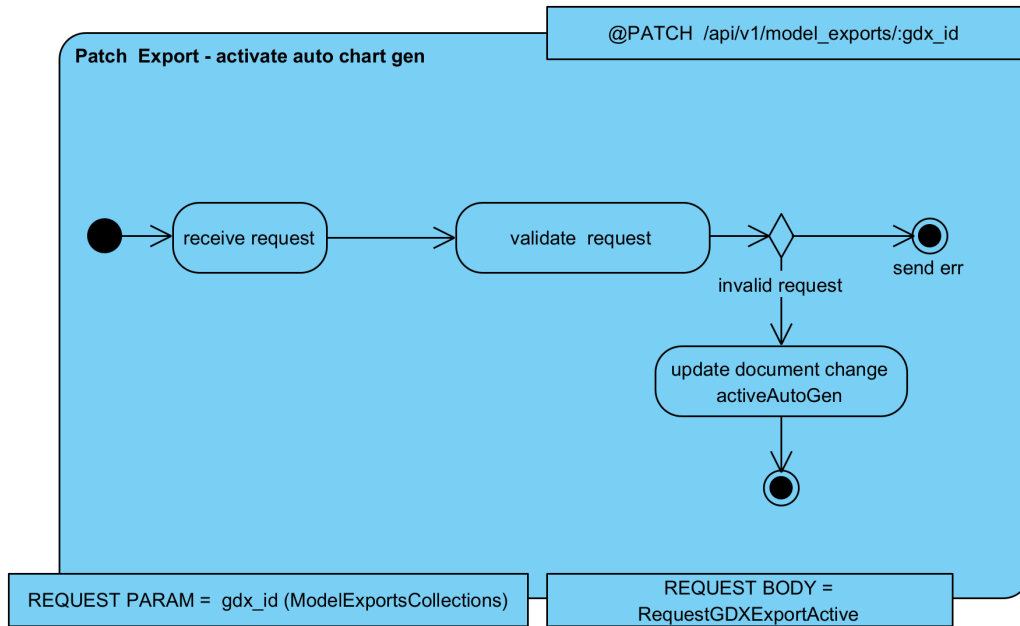
3.5.2 Ενεργοποίηση σημαίας αυτόματης παράγωγης διαγραμμάτων - @PATCH /api/v1/model_exports/:gdx_id

3.5.2.1 Ορισμός - HTTP Request Body

REQUEST - RequestGDExportActive
+active : boolean

Σχήμα 3.11: request body for activating auto-gen

3.5.2.2 Διάγραμμα UML για - controller

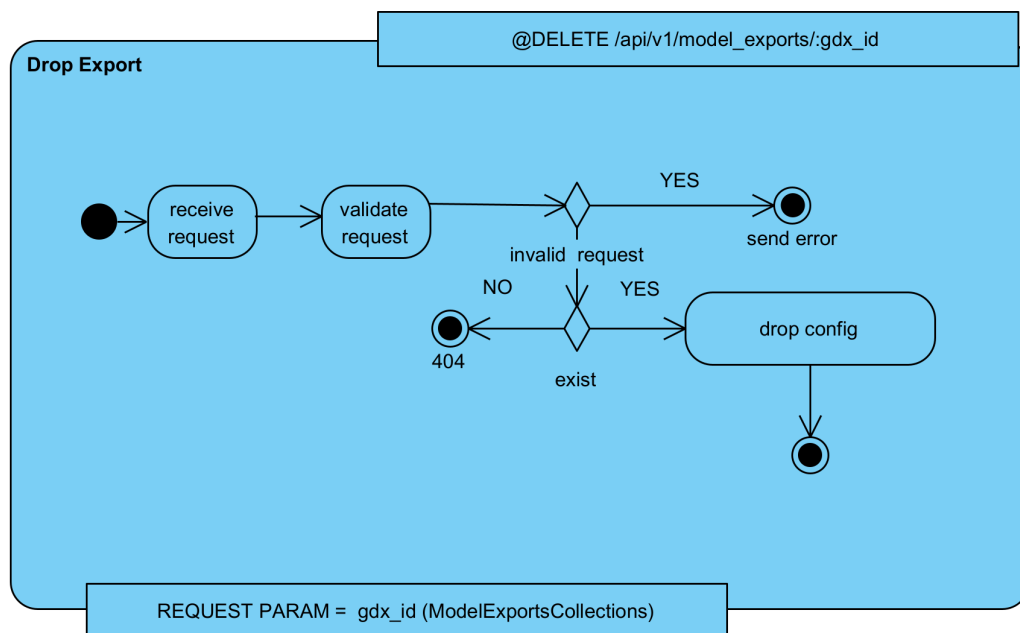


Σχήμα 3.12: activate auto chart controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για να αλλάξει την τιμή της σημαίας activeAutoGen σε request.active για μία συγκεκριμένη εγγραφή GDX configuration

3.5.3 Διαγραφή ρύθμισης -

gdx export @DELETE /api/v1/model_exports/:gdx_id

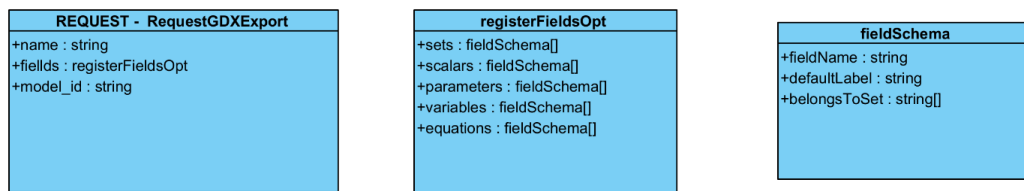


Σχήμα 3.13: delete gdx export controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για διαγραφή ενός export configuration ώστε να μην χρησιμοποιηθεί σε μελλοντικές εκτελέσεις του μοντέλου.

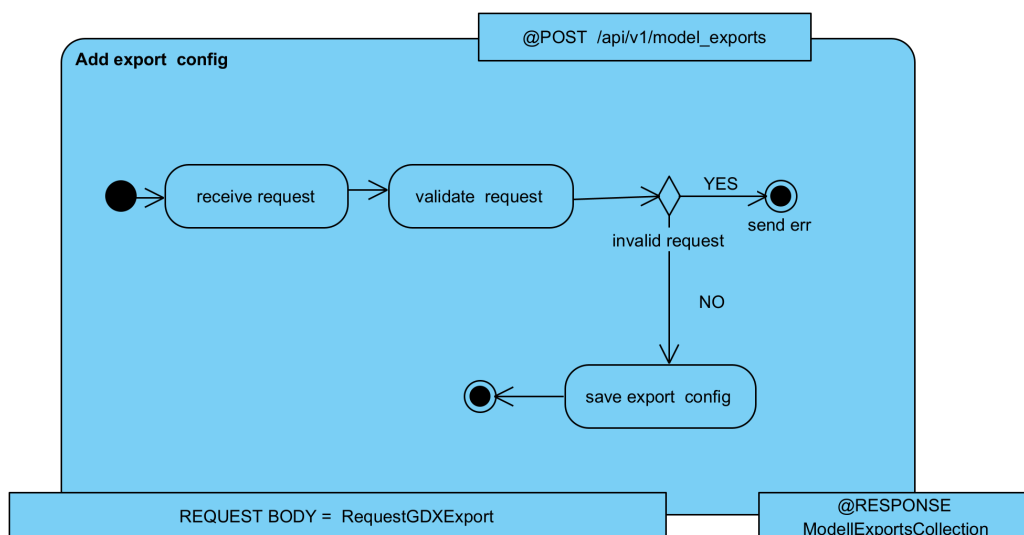
3.5.4 Προσθήκη ρύθμισης - gdx export @POST /api/v1/model_exports

3.5.4.1 Ορισμός - HTTP Request Body



Σχήμα 3.14: add gdx export request

3.5.4.2 Διάγραμμα UML για - controller



Σχήμα 3.15: add GDX export contorller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για την καταχώριση ενός νέου export configuration.

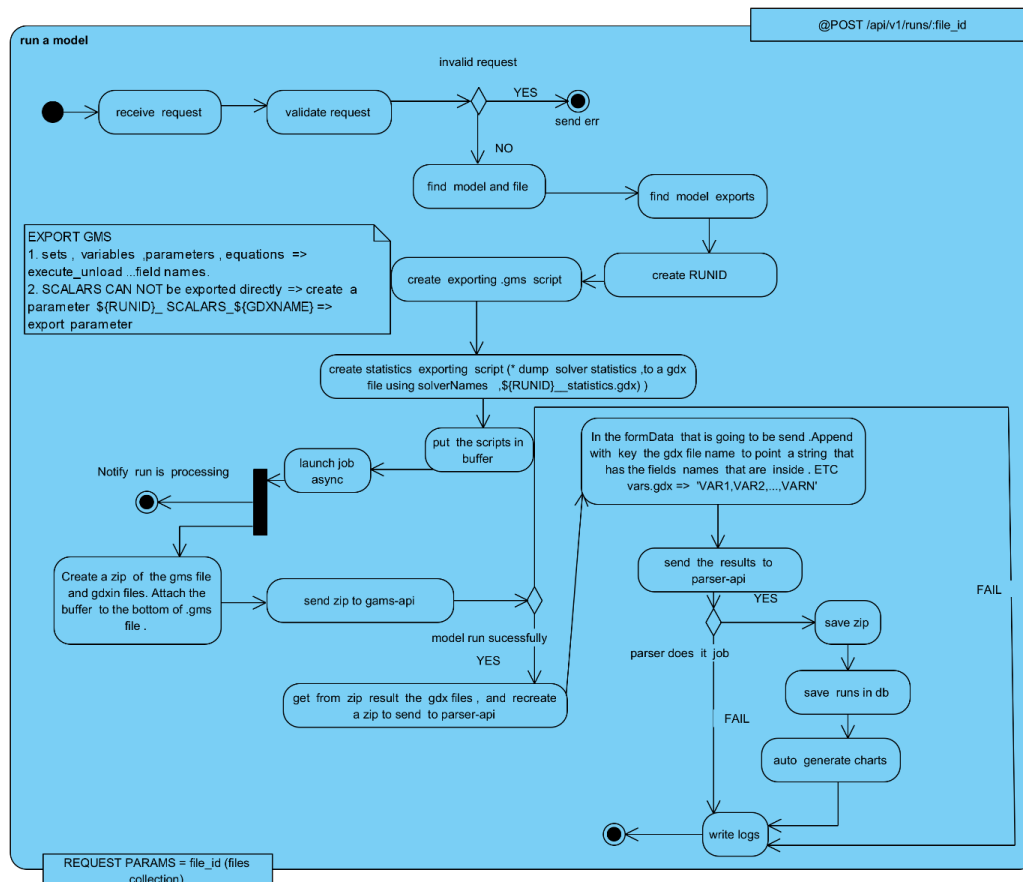
Τα export configurations χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση ενός μοντέλου ώστε να καθορίσουν ποιες μεταβλητές, παράμετροι, σύνολα και εξισώσεις θα εξαχθούν, καθώς και σε ποιο αρχείο .gdx θα αποθηκευτούν τα δεδομένα αυτά.

Σημειώσεις:

- Το πεδίο name είναι υποχρεωτικό.
- Το name πρέπει να αποτελείται αποκλειστικά από αλφαριθμητικούς χαρακτήρες (λατινικά γράμματα και αριθμούς). Το μόνο επιτρεπόμενο ειδικό σύμβολο είναι η κάτω παύλα (_).

3.6 Έλεγχος Εκτέλεσης Μοντέλων

3.6.1 Εκτέλεση Μοντέλων @POST /api/v1/runs/:file_id



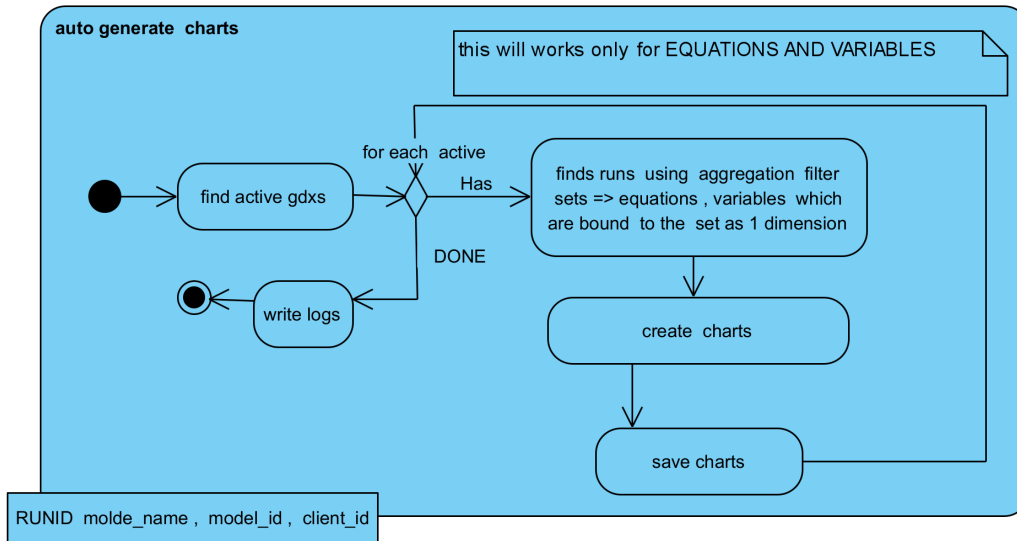
Σχήμα 3.16: run gms model controller

Το συγκεκριμένο endpoint είναι υπεύθυνο για την εκτέλεση ενός μοντέλου GAMS. Πραγματοποιεί όλες τις απαραίτητες ενέργειες προετοιμασίας και επικοινωνεί με τα υπόλοιπα δύο API (gams-api και gams-parser-api) προκειμένου να εκτελέσει το μοντέλο και να εξαγάγει τα αποτελέσματα.

Κατά την κλήση του, το σύστημα:

- Δημιουργεί ένα μοναδικό RunId ώστε κάθε εκτέλεση να μπορεί να διαχωρίζεται και να παρακολουθείται ανεξάρτητα.
- Δημιουργεί αυτόματα τις απαιτούμενες ρυθμίσεις (configurations) ώστε να μπορεί το μοντέλο να εκτελεστεί σωστά και να παραχθούν τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

3.6.1.1 Διάγραμμα UML για - auto chart generation



Σχήμα 3.17: auto chart generation UML

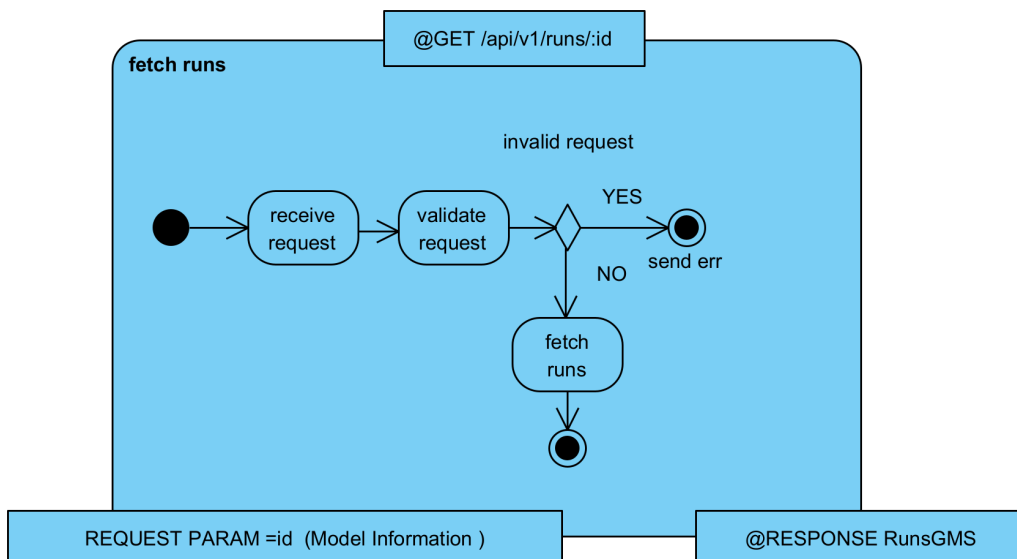
3.6.2 Ανάκτηση Εκτελέσεων Μοντέλου @GET /api/v1/runs/:id

3.6.2.1 Ορισμός - HTTP Response

RunsGMS
+runs : Runs Collection[]

Σχήμα 3.18: http response for fetch runs

3.6.2.2 Διάγραμμα UML για - controller

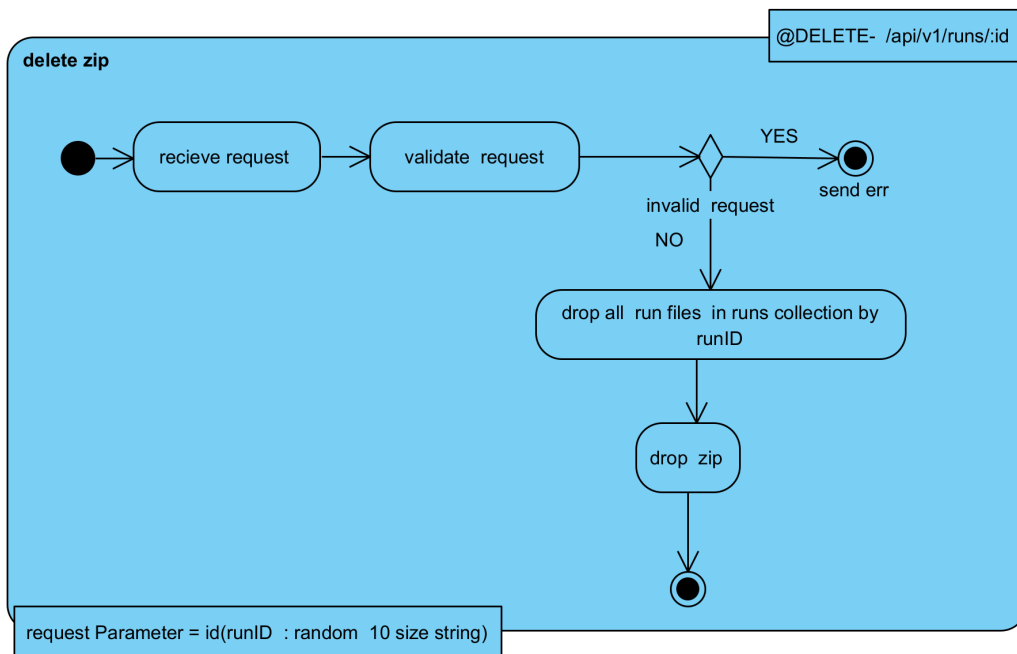


Σχήμα 3.19: fetch runs controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για την ανάκτηση όλων των εκτελέσεων που έχουν πραγματοποιηθεί για ένα συγκεκριμένο μοντέλο.

Σημείωση: Τα αποτελέσματα των εκτελέσεων (όπως τιμές μεταβλητών ή εξαγόμενα δεδομένα) δεν περιλαμβάνονται στην απόκριση αυτού του endpoint. Αντ' αυτού, επιστρέφονται μόνο οι σχετικές εγγραφές εκτελέσεων, οι οποίες περιέχουν τα απαραίτητα μεταδεδομένα που επιτρέπουν στο σύστημα να εντοπίσει, να αναλύσει ή να παρουσιάσει τα αποτελέσματα, όταν αυτό απαιτηθεί.

3.6.3 Διαγραφή Εκτέλεσης - @DELETE /api/v1/runs/:id



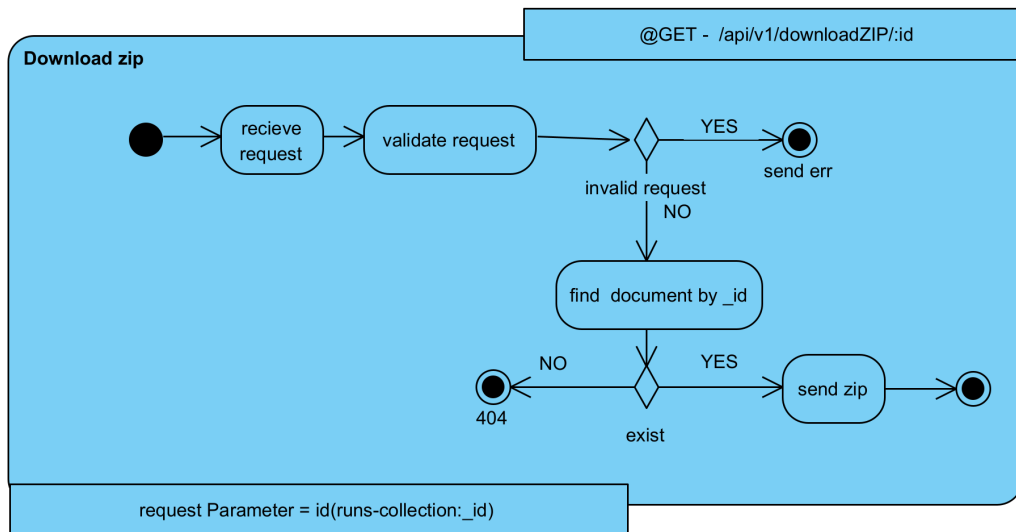
Σχήμα 3.20: Delete run with zip controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για τη διαγραφή των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από μια εκτέλεση μοντέλου με βάση το μοναδικό RunId για κάθε εκτέλεση .

Σημείωση: Η διαγραφή αφορά αποκλειστικά τα δεδομένα αποτελεσμάτων που σχετίζονται με την εκτέλεση. Το σύστημα δεν διαγράφει διαγράμματα ή πίνακες που έχουν παραχθεί βάσει αυτών των αποτελεσμάτων.

3.6.4 Λήψη αποτελεσμάτων αρχείο (.zip) -

@GET /api/v1/downloadZIP/:id



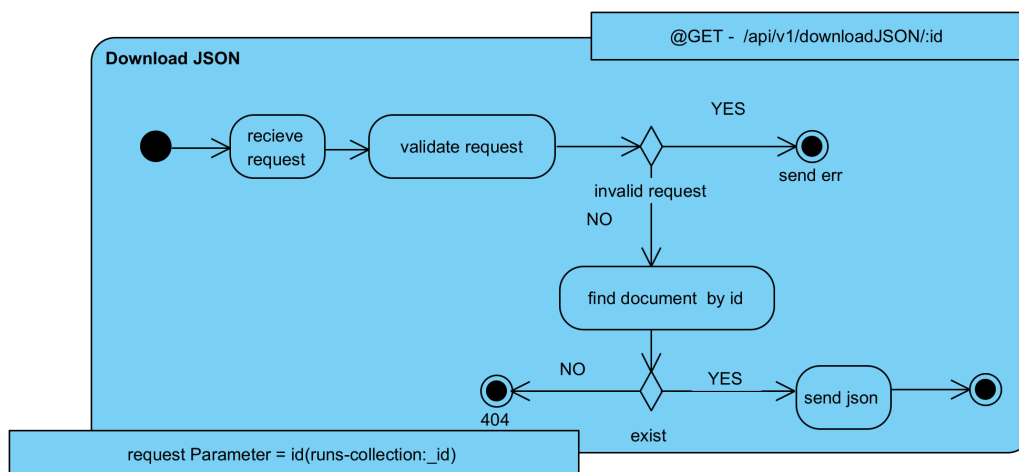
Σχήμα 3.21: download zip controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται ώστε ο χρήστης να κατεβάσει αρχείο ZIP που περιέχει τα αποτελέσματα μιας εκτέλεσης.

Σημείωση: Το αρχείο ZIP περιλαμβάνει όλα τα παραχθέντα JSON και GDX αρχεία που προέκυψαν από την αντίστοιχη εκτέλεση (runId).

3.6.5 Λήψη αποτελεσμάτων αρχείο (.json) -

@GET /api/v1/downloadJSON/:id



Σχήμα 3.22: download json file controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται ώστε ο χρήστης να κατεβάσει αρχείο JSON που περιέχει τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εκτέλεσης, για το αντίστοιχο αρχείο GDX .

3.7 Έγγραφα Αναφοράς

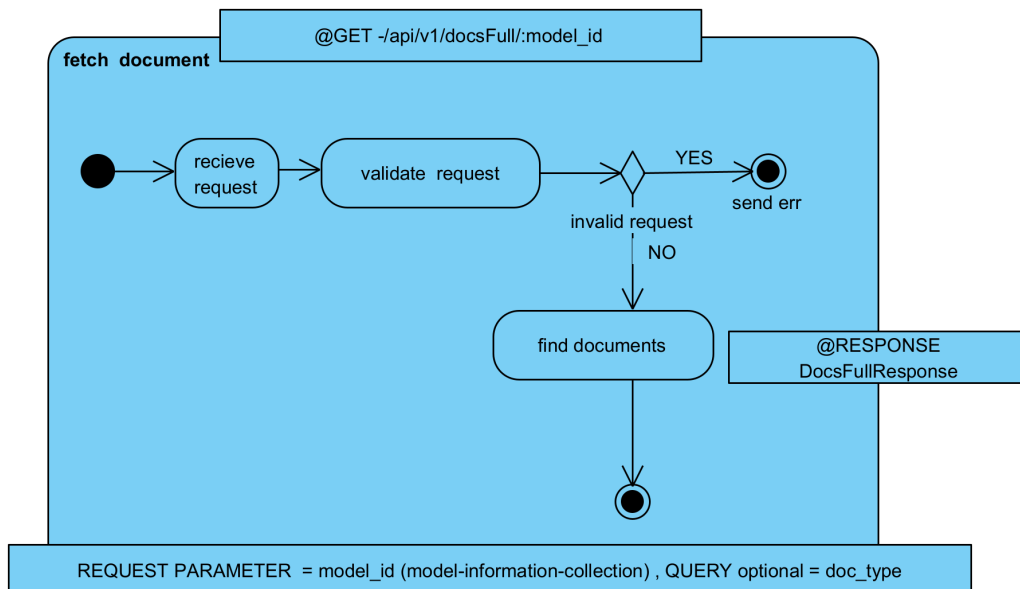
3.7.1 Ανάκτηση εγγράφων αναφοράς (Διαγράμματα – πινάκες) - Πλήρες @GET /api/v1/docsFull/:model_id

3.7.1.1 Ορισμός - HTTP Response

Docs Full Response
+docs : reports-components-collection[]

Σχήμα 3.23: http response for full docs

3.7.1.2 Διάγραμμα UML για - controller



Σχήμα 3.24: fetch full report documents

Το συγκεκριμένο endpoint επιστρέφει μία λίστα με όλα τα διαγράμματα και πινάκες που έχουν δημιουργηθεί από τον χρήστη για το αντίστοιχο μοντέλο. Τα δεδομένα αυτά προκύπτουν από τις εκτελέσεις του μοντέλου και αποτελούν οπτικοποιήσεις των αποτελεσμάτων του.

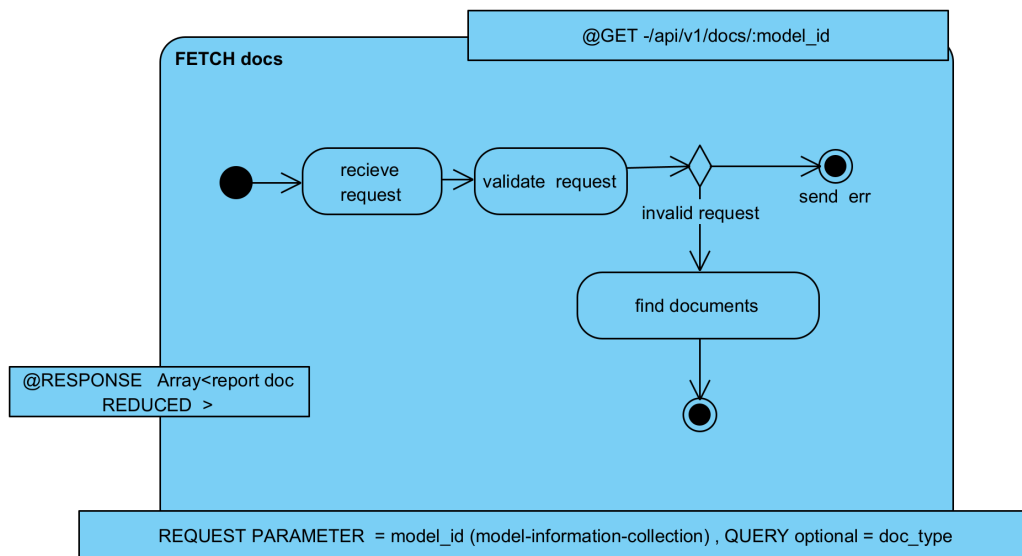
3.7.2 Ανάκτηση εγγράφων αναφοράς (Διαγράμματα – πινάκες) - Μειωμένα @GET /api/v1/docs/:model_id

3.7.2.1 Ορισμός - HTTP Response

report doc REDUCED
+_id : string
+doc_type : string
+doc_title : string
+createdAt : string
+updatedAt : string

Σχήμα 3.25: http response for reports components reduced

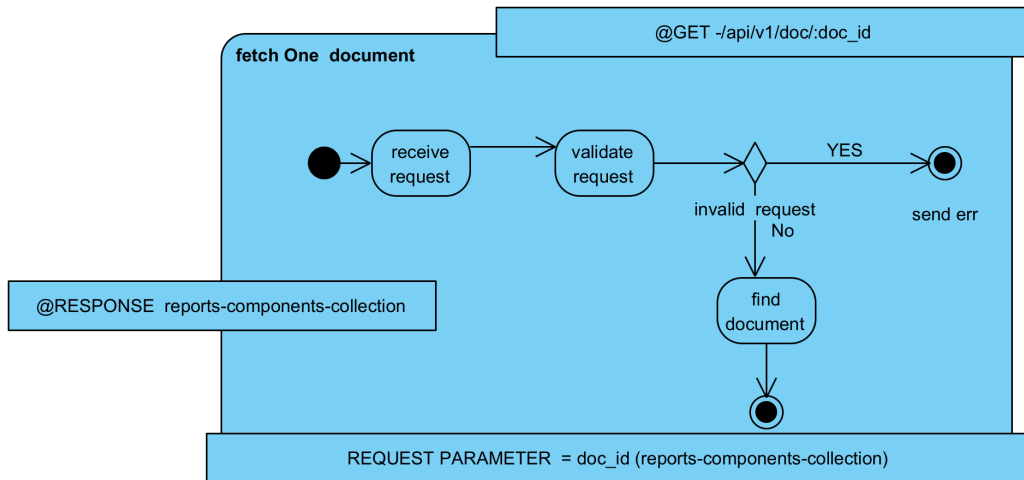
3.7.2.2 Διάγραμμα UML για - controller



Σχήμα 3.26: fetch reduced report documents

Το συγκεκριμένο endpoint επιστρέφει μία λίστα με όλα τα διαγράμματα και πίνακες που έχουν δημιουργηθεί από τον χρήστη για το αντίστοιχο μοντέλο. Σε αντίθεση με το endpoint docsFull, εδώ δεν περιλαμβάνεται το περιεχόμενο των διαγραμμάτων ή πινάκων (όπως π.χ. τα δεδομένα του chart ή οι τιμές του πίνακα), γεγονός που μειώνει σημαντικά το μέγεθος της απάντησης και ενδείκνυται για περιπτώσεις όπου απαιτείται μόνο επισκόπηση.

3.7.3 Ανάκτηση εγγράφου αναφοράς (Διαγράμμα – πινάκας) - Πλήρες @GET /api/v1/doc/:doc_id

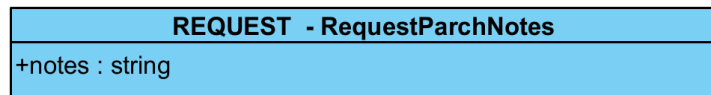


Σχήμα 3.27: fetch report document controller

Το συγκεκριμένο endpoint επιστρέφει το διάγραμμα ή τον πίνακα που αντιστοιχεί στο δοθέν _id.

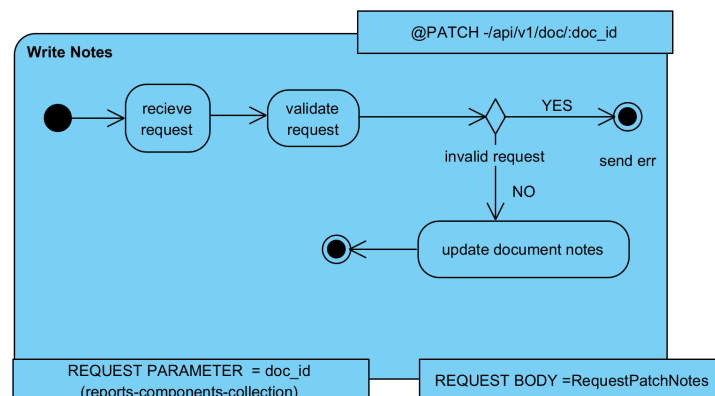
3.7.4 Εισαγωγή Σημειώσεων για Διαγράμματα ή Πίνακες @PATCH/api/v1/doc/:doc_id

3.7.4.1 Ορισμός - HTTP request body



Σχήμα 3.28: patch notes http request

3.7.4.2 Διάγραμμα UML για - controller

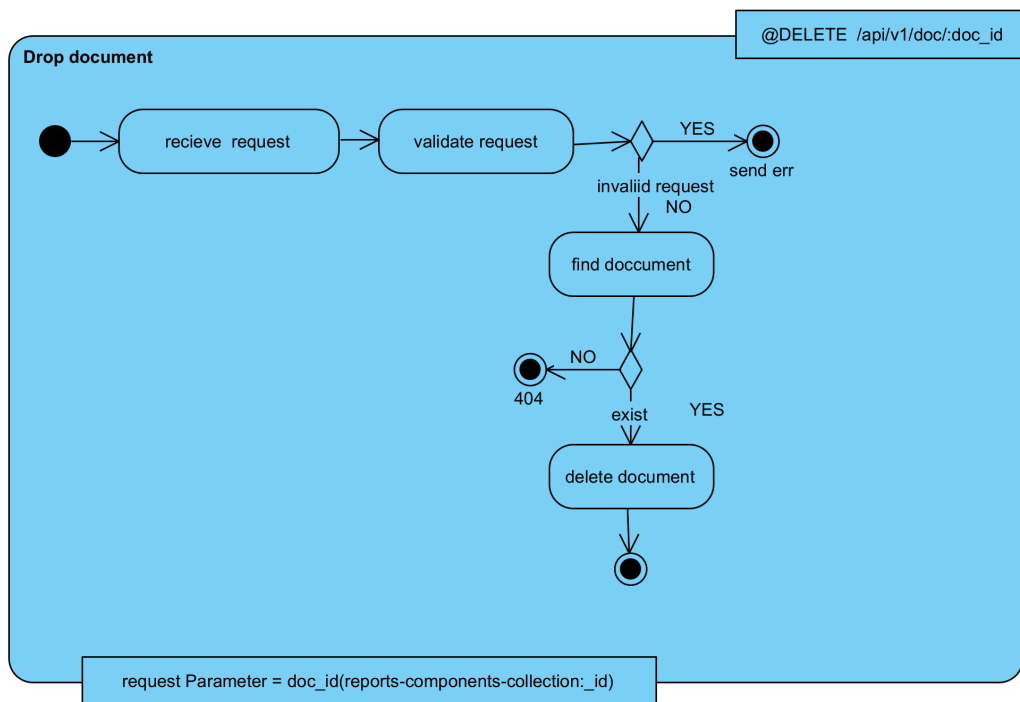


Σχήμα 3.29: patch notes controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για την εισαγωγή ή ενημέρωση σημειώσεων (notes) σε ένα διάγραμμα ή πίνακα. Οι σημειώσεις αυτές αποθηκεύονται μαζί με το στοιχείο (chart/table) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσθέσουν ερμηνευτικά σχόλια ή επεξηγήσεις από τον χρήστη

3.7.5 Διαγραφή εγγράφου αναφοράς (διάγραμμα η πινάκας)

@DELETE/api/v1/doc/:doc_id



Σχήμα 3.30: delete report component

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για τη διαγραφή ενός διαγράμματος ή πίνακα.

3.7.6 Δημιουργία διαγράμματος @POST /api/v1/chart

3.7.6.1 Ορισμός - HTTP Request Body

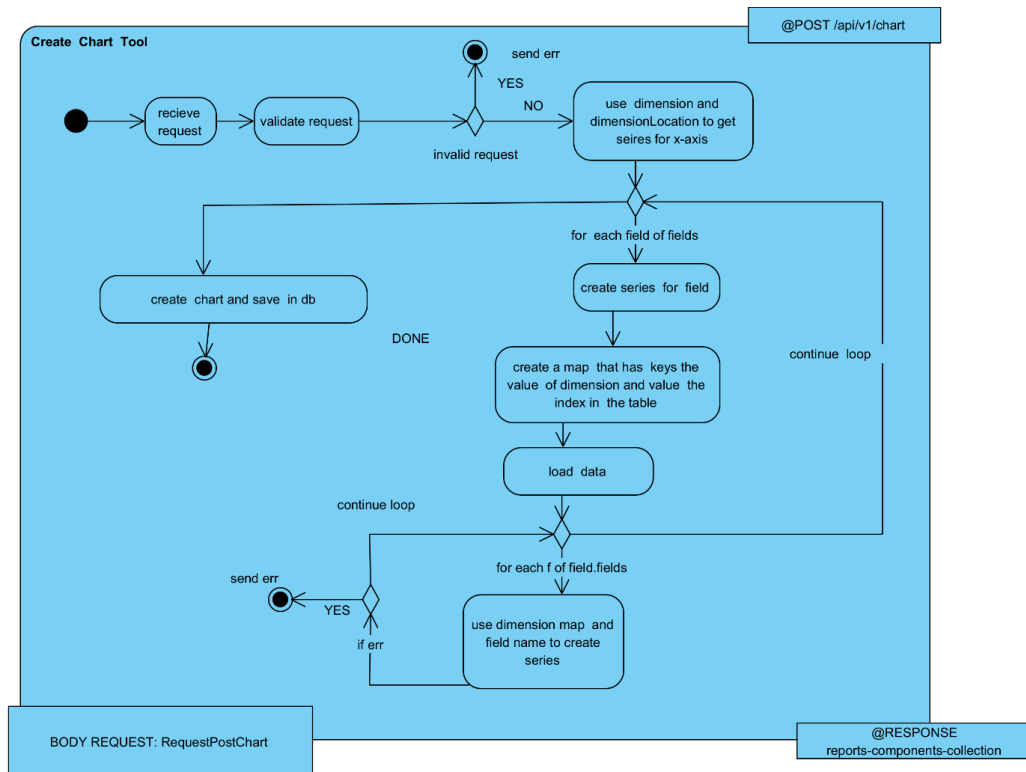
REQUEST - RequestPostChart	FieldLocation
+doc_title : string	+jsonFileName : string
+title : string	+zipLocation : string
+subtitle : string	
+shadowprice : boolean	
+dimension : string	
+dimensionLocation : FieldLocation	
+xaxis : string	
+yaxis : string	
+fields : fields[]	
+model_id : string	

fields
+fromGDX : FieldLocation
+fields : string[]

Σχήμα 3.31: http request for create chart

1. doc_title (string): Ο τίτλος του εγγράφου (π.χ. Ανάλυση Επιδόσεων).
2. title (string): Ο τίτλος που εμφανίζεται στο διάγραμμα.
3. subtitle (string): Υπότιτλος για το διάγραμμα (προαιρετικό).
4. shadowprice (boolean): Αν είναι true, τότε για κάθε πεδίο (αν είναι μεταβλητή ή εξίσωση) θα εμφανίζεται επιπλέον και η marginal τιμή (π.χ. shadow price). Το σύστημα δημιουργεί αυτόματα και ένα δεύτερο (αντίθετο) διάγραμμα με αυτές τις τιμές.
5. dimension (string): Το όνομα του set από το GAMS που χρησιμοποιείται για τον άξονα X (π.χ. TIME, AREA).
6. dimensionLocation (FieldLocation): Τοποθεσία του αρχείου που περιέχει τα δεδομένα του dimension. Περιλαμβάνει:
 - jsonFileName – το όνομα του αρχείου .json.
 - zipLocation – η διαδρομή προς ZIP.
7. xaxis (string): Ετικέτα του άξονα X στο γράφημα (π.χ. Χρονική περίοδος).
8. yaxis (string): Ετικέτα του άξονα Y (π.χ. Ισχύς (MW)).
9. fromGDX: ίδια δομή με dimensionLocation, δηλ. πού βρίσκονται τα δεδομένα.
 - fields: string[] – λίστα από ονόματα μεταβλητών, παραμέτρων ή εξισώσεων π.χ. ['STATUS_BESS', 'h01'].
10. model_id (string): Αναγνωριστικό του μοντέλου στο οποίο ανήκει το γράφημα.

3.7.6.2 Διάγραμμα UML για - controller



Σχήμα 3.32: create chart controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για τη δημιουργία διαγραμμάτων που βασίζονται σε δεδομένα από μία ή περισσότερες εκτελέσεις μοντέλων, υπό την προϋπόθεση ότι αυτές μοιράζονται κοινή διάσταση (ίδιο set στον άξονα X, όπως για παράδειγμα ο χρόνος). Τα διαγράμματα αυτά κατασκευάζονται με χρήση της βιβλιοθήκης Highcharts [22].

Κατά τη διαδικασία δημιουργίας του διαγράμματος:

1. Τα δεδομένα του άξονα Y μπορούν να προέρχονται από διαφορετικά runId, εφόσον η διάσταση X είναι κοινή για όλες τις εκτελέσεις.
2. Το σύστημα δημιουργεί έναν χάρτη αντιστοίχισης (dimension map), ο οποίος αντιστοιχίζει κάθε μοναδική τιμή της διάστασης X σε συγκεκριμένο index σε πίνακα.
3. Η χρήση του χάρτη είναι απαραίτητη, καθώς ενδέχεται να μην υπάρχουν διαθέσιμες τιμές Y για κάθε στοιχείο της X διάστασης· συνεπώς, απαιτείται σαφής αντιστοίχιση ώστε να διασφαλίζεται η συνέπεια στη δόμηση των δεδομένων.

Σημείωση: Εάν κατά τη δημιουργία του διαγράμματος διαπιστωθεί ότι ο χάρτης διάστασης δεν καλύπτει όλες τις απαιτούμενες τιμές για την αντιστοίχιση $X \rightarrow Y$, το αίτημα απορρίπτεται και επιστρέφεται σφάλμα 400 – Bad Request, ώστε να αποτραπεί η παραγωγή εσφαλμένων ή ελλιπών αναπαραστάσεων.

3.7.7 Δημιουργία πίνακα @POST /api/v1/table

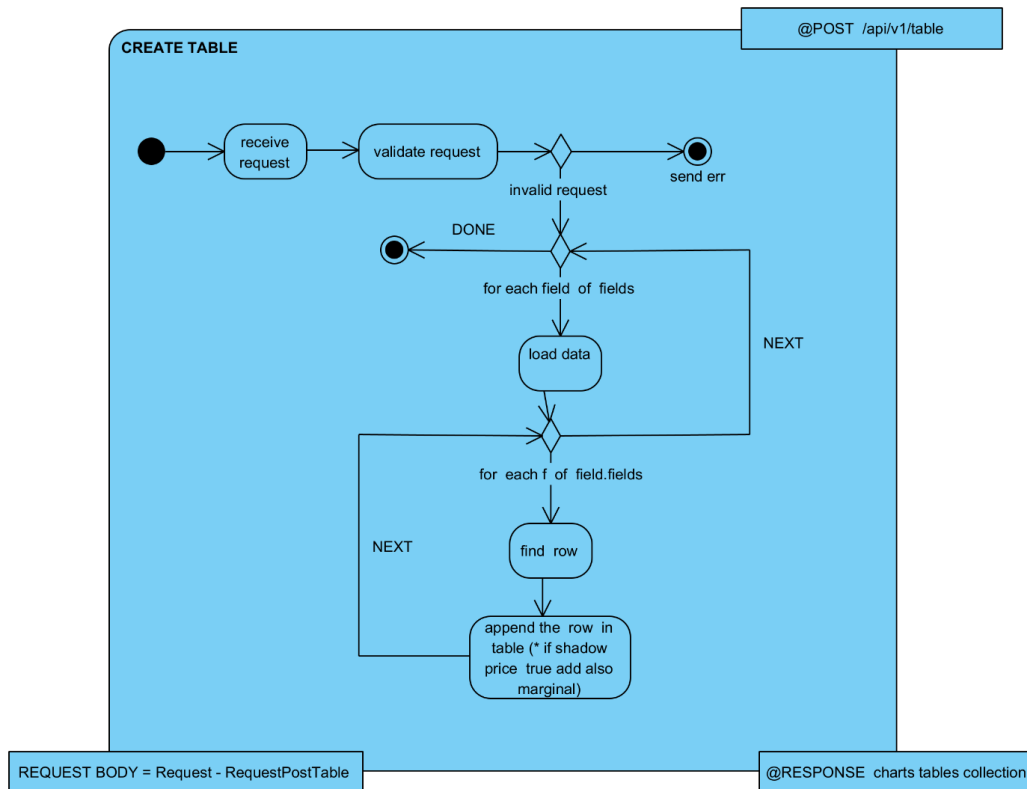
3.7.7.1 Ορισμός - HTTP Request Body

Request - RequestPostTable	Fields Table	field info
+doc_title : string +title : string +shadowprice : boolean +model_id : string +fields : Fields Table[]	+fromGDX : FieldLocation +fields : field info[]	+name : string +suffix : string +optionType : string

Σχήμα 3.33: http request for creating a table

1. doc_title (string): Ο τίτλος του εγγράφου στο οποίο εντάσσεται ο πίνακας (π.χ. "Πίνακας Αποτελεσμάτων").
2. title (string): Ο τίτλος που εμφανίζεται πάνω από τον πίνακα στην τελική απεικόνιση.
3. shadowprice (boolean): Αν είναι true, τότε για κάθε πεδίο που αντιστοιχεί σε μεταβλητή ή εξίσωση θα εμφανίζεται και η τιμή του shadow price (marginal).
4. fields (Array'FieldsTable'): Ορίζονται τα δεδομένα που θα εμφανιστούν στον πίνακα. Κάθε στοιχείο περιλαμβάνει:
 - fromGDX: Αντικείμενο που δηλώνει την τοποθεσία του GDX αρχείου (ίδια δομή με dimensionLocation – περιλαμβάνει jsonFileName και zipLocation).
 - fields: Πίνακας με πεδία (field info[]), όπου κάθε στοιχείο έχει:
 - name: Το όνομα του πεδίου (π.χ. μεταβλητής ή εξίσωσης).
 - suffix: Συμβολοσειρά που προστίθεται στο τέλος της γραμμής ως επεξήγηση ή μονάδα μέτρησης.
 - optionType: Τύπος του πεδίου: "scalar", "equation" ή "variable".
5. model_id (string): Το αναγνωριστικό του μοντέλου στο οποίο σχετίζεται ο πίνακας.

3.7.7.2 Διάγραμμα UML για - controller



Σχήμα 3.34: create table controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για τη δημιουργία πινάκων που βασίζονται σε δεδομένα από μία ή περισσότερες εκτελέσεις μοντέλων.

3.8 Αρχεία Χρήστη

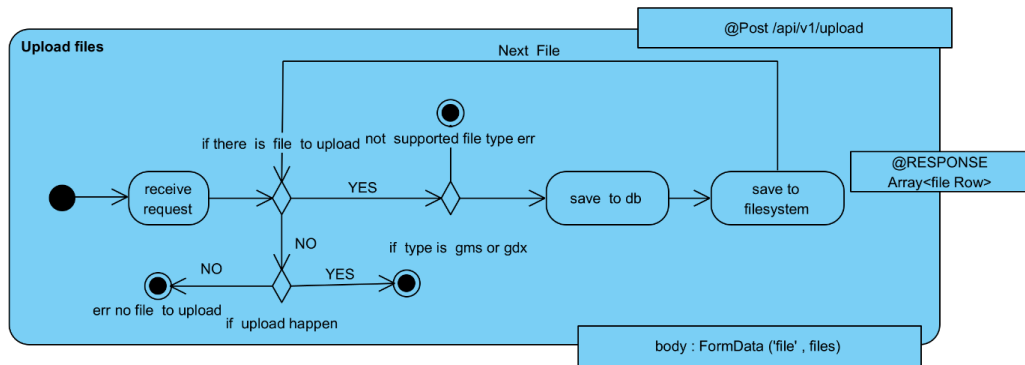
3.8.1 Ανέβασμα Αρχείων - @POST /api/v1/upload

3.8.1.1 Ορισμός - HTTP Response

file Row
+_id : string
+fileName : string
+createdAt : string
+updatedAt : string

Σχήμα 3.35: file row struct

3.8.1.2 Διάγραμμα UML για- controller



Σχήμα 3.36: upload controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για την αποστολή αρχείων στο λογισμικό. Υποστηρίζει την ταυτόχρονη αποστολή πολλαπλών αρχείων. Υποστηριζόμενοι τύποι αρχείων:

1. .gdx (GAMS Data Exchange)
2. .gms (GAMS Model File)

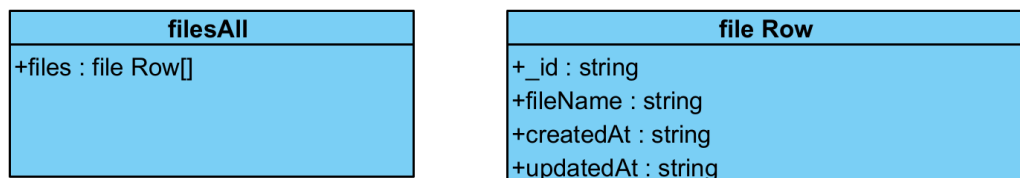
Συμπεριφορά: Μετά την επιτυχή αποστολή, η απάντηση του συστήματος περιλαμβάνει έναν πίνακα (array) με τα ονόματα ή μεταδεδομένα των αρχείων που ανέθηκαν με επιτυχία.

Σημειώσεις:

1. Το endpoint απορρίπτει αρχεία διαφορετικού τύπου.

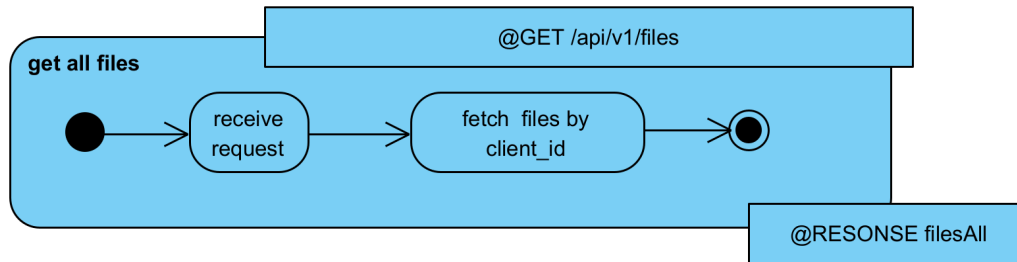
3.8.2 Ανάκτηση αρχείων χρήστη - @GET /api/v1/files

3.8.2.1 Ορισμός - HTTP Response



Σχήμα 3.37: http response for fetch files

3.8.2.2 Διάγραμμα UML για- controller

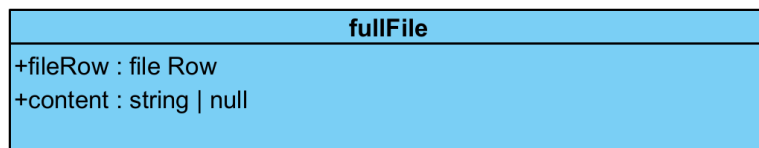


Σχήμα 3.38: fetch files controller

Το συγκεκριμένο endpoint επιστρέφει μία λίστα με όλα τα αρχεία που έχει ανεβάσει ο χρήστης στο σύστημα.

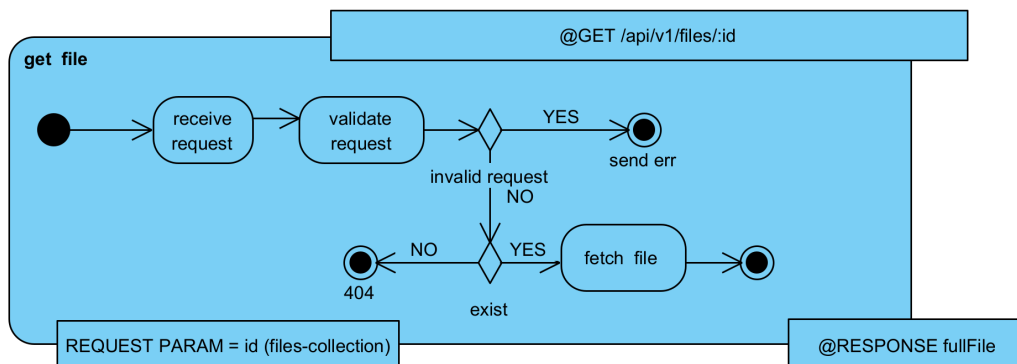
3.8.3 Ανάκτηση αρχείου χρήστη - @GET /api/v1/files/:id

3.8.3.1 Ορισμός - HTTP Response



Σχήμα 3.39: http response for fetch file

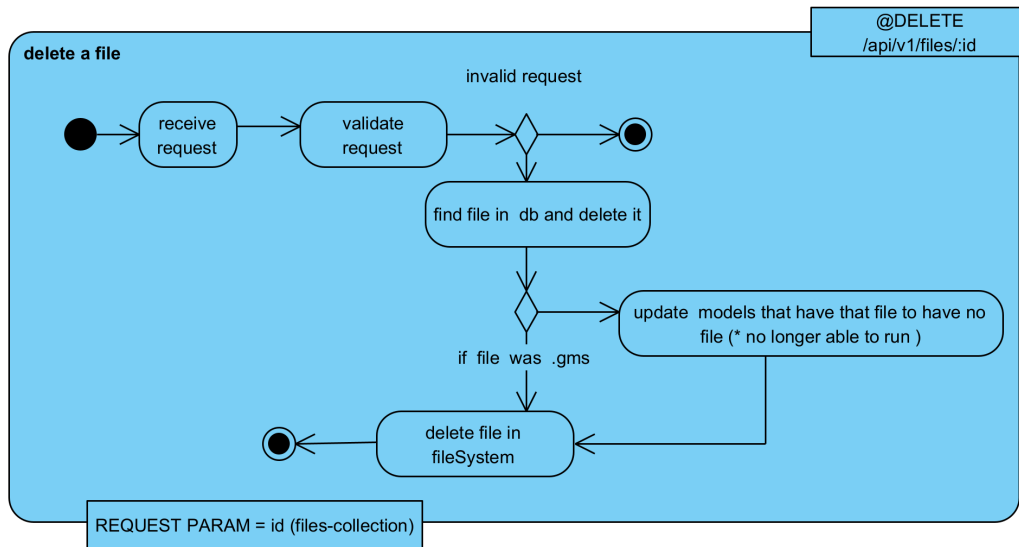
3.8.3.2 Διάγραμμα UML για- controller



Σχήμα 3.40: fetch file controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για την ανάκτηση αρχείου που έχει αποθηκευτεί στο σύστημα.

3.8.4 Διαγραφή Αρχείου - @DELETE /api/v1/files/:id

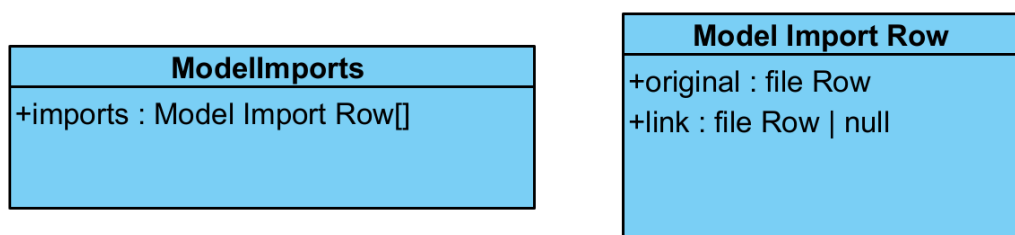


Σχήμα 3.41: delete a file controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για τη διαγραφή αρχείου που έχει αποθηκευτεί στο σύστημα. Ο χρήστης παρέχει το μοναδικό αναγνωριστικό (id) του αρχείου, και το σύστημα αφαιρεί το αντίστοιχο αρχείο από τη βάση δεδομένων και το σύστημα αρχείων, εφόσον αυτό υπάρχει.

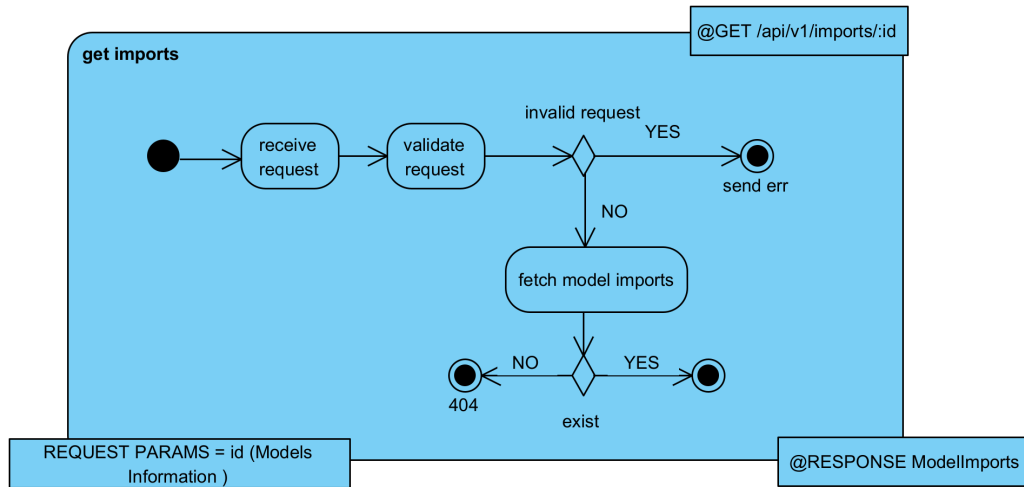
3.8.5 Ανάκτηση αρχείων εισόδου ενός μοντέλου - @GET /api/v1/imports/:id

3.8.5.1 Ορισμός - HTTP Response



Σχήμα 3.42: http response for model imports

3.8.5.2 Διάγραμμα UML για- controller



Σχήμα 3.43: fetch model imports controller

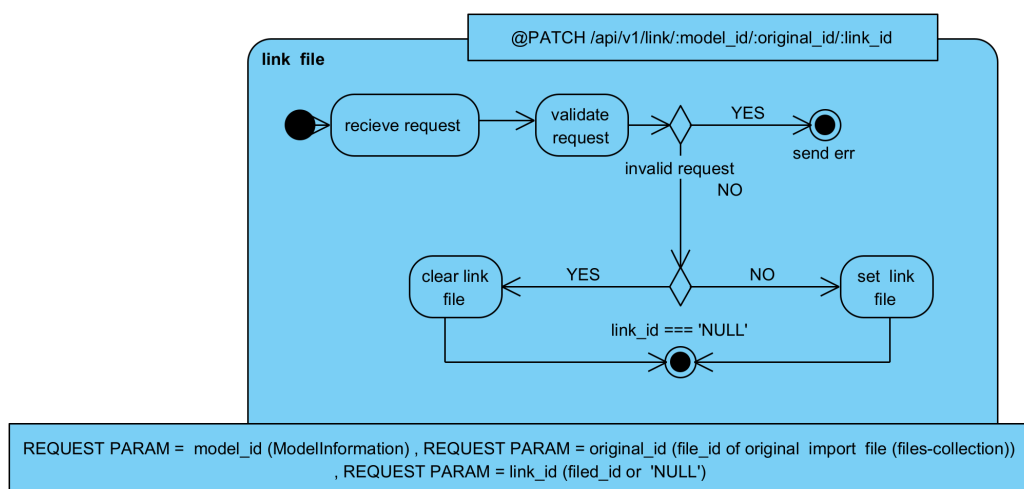
Το συγκεκριμένο endpoint επιστρέφει μία λίστα με όλα τα GDX input αρχεία που έχουν καταχωρηθεί για ένα συγκεκριμένο μοντέλο, καθώς και τα αντίστοιχα link αρχεία που μπορεί να τα αντικαθιστούν κατά την εκτέλεση.

Η απόκριση περιλαμβάνει : Για κάθε στοιχείο στη λίστα :

1. original: Το αρχικό .gdx αρχείο όπως έχει ανέβει από τον χρήστη.
2. link: Το αρχείο που χρησιμοποιείται αντικαθιστώντας το αρχικό κατά την εκτέλεση του μοντέλου. Αν είναι null, τότε η εκτέλεση γίνεται με το original

3.8.6 Θέσπιση Σύνδεσης Μεταξύ Αρχείων –

@PATCH /api/v1/link/:model_id/:original_id/:link_id



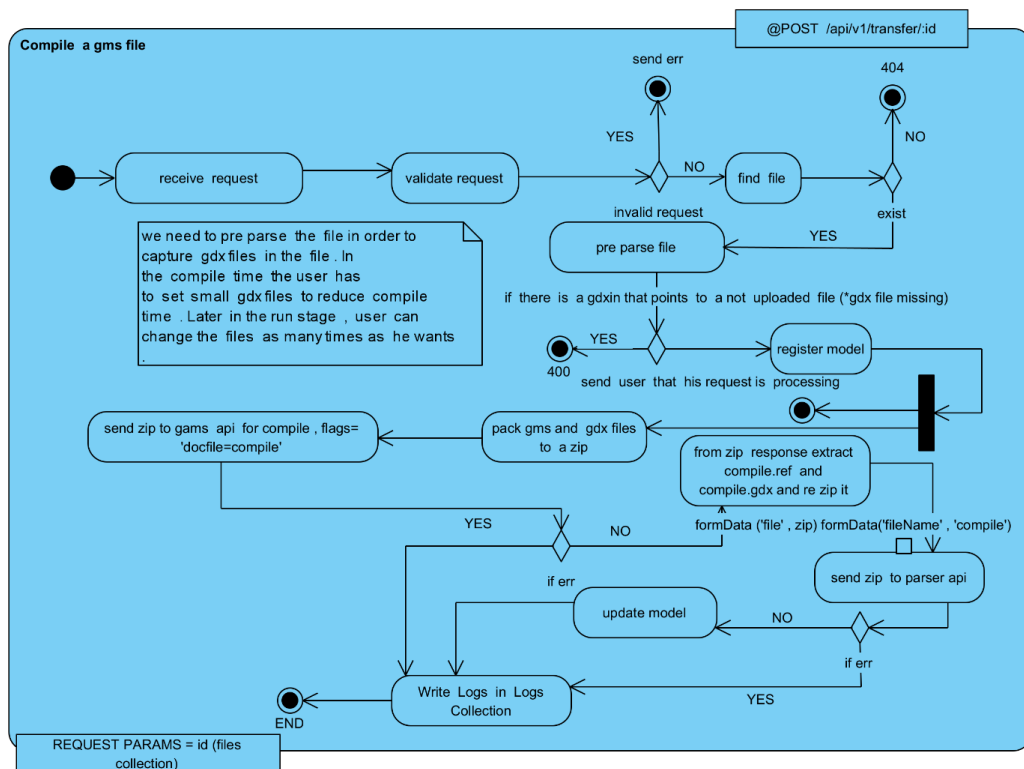
Σχήμα 3.44: patch model imports controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για να συσχετίσει (link) ένα νέο αρχείο GDX με ένα αρχικό GDX αρχείο του μοντέλου. Η συσχέτιση αυτή ενημερώνει το σύστημα ώστε, κατά την εκτέλεση, να χρησιμοποιεί το νέο αρχείο στη θέση του αρχικού. Παράμετροι διαδρομής:

1. model_id: Αναγνωριστικό του μοντέλου.
2. original_id: Το _id του αρχικού αρχείου GDX.
3. link_id: Το _id του νέου αρχείου GDX που θα το αντικαθιστά.

Συμπεριφορά: Κατά την εκτέλεση, αν έχει οριστεί σύνδεση, το σύστημα θα χρησιμοποιήσει το link_id αντί του original_id. Αν δεν υπάρχει link_id, τότε χρησιμοποιείται το αρχικό αρχείο.

3.8.7 Μεταγλώττιση αρχείου @POST /api/v1/transfer/:id



Σχήμα 3.45: compile gms file controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για τη μεταγλώττιση ενός GAMS αρχείου (.gms) με σκοπό την εξαγωγή των πληροφοριών ορισμού του μοντέλου. Η μεταγλώττιση δεν σχετίζεται με την εκτέλεση του μοντέλου και χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την ανάλυση της δομής του. Χαρακτηριστικά:

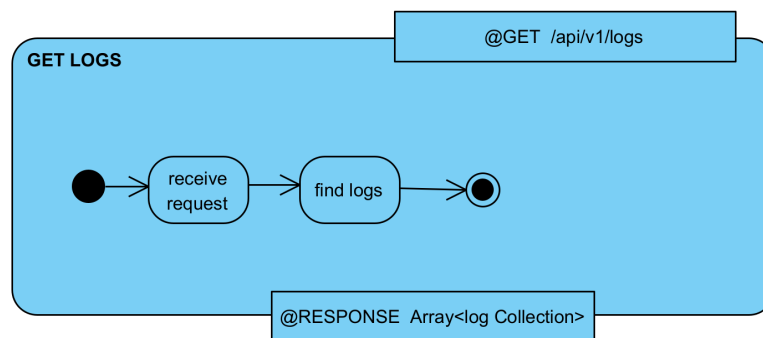
1. Το αρχείο που μεταγλωττίζεται δεν εκτελείται.

Σημειώσεις:

1. Η μεταγλώττιση πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ελαφριά και γρήγορη, καθώς δεν προορίζεται για εκτέλεση, αλλά μόνο για ανάλυση του αρχείου.
2. Συνιστάται τα αρχεία εισόδου να είναι μικρού μεγέθους, περιλαμβάνοντας μόνο όσα απαιτούνται για την περιγραφή του μοντέλου.

3.9 Ανάκτηση μηνυμάτων προς χρήστη –

@GET /api/v1/logs



Σχήμα 3.46: logs controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για να ανακτήσει ο χρήστης τα μηνύματα που του έχει αποστείλει το σύστημα. Τα μηνύματα αυτά αφορούν:

1. Πληροφορίες σχετικά με την πορεία εκτελέσεων.
2. Προειδοποιήσεις ή σφάλματα.

Σημειώσεις:

1. Τα μηνύματα παρέχουν κρίσιμη πληροφόρηση στον χρήστη για να κατανοήσει τη ροή των διαδικασιών και να ενεργήσει κατάλληλα.

3.10 Τεκμηρίωση και Χρήση του Parser API

Το parser-api αποτελεί ένα ανεξάρτητο microservice του συνολικού λογισμικού, υλοποιημένο σε Node.js [20]. Έχει σχεδιαστεί με σκοπό να παρέχει εξειδικευμένα εργαλεία και λειτουργίες που σχετίζονται με την ανάλυση και επεξεργασία αρχείων στο οικοσύστημα της GAMS. Το συγκεκριμένο API εξυπηρετεί δύο βασικές λειτουργίες:

1. Εξαγωγή του ορισμού μοντέλου (model definition) από τα αρχεία .gdx και .ref, τα οποία παράγονται κατά τη διαδικασία της μεταγλώττισης (compile).
2. Μετατροπή αποτελεσμάτων GDX σε JSON μορφή, ώστε είτε ο χρήστης να μπορεί να τα δει και να τα αξιοποιήσει, είτε το σύστημα να μπορεί να κατασκευάσει διαγράμματα ή πίνακες.

Η κύρια τεχνολογική λειτουργία του βασίζεται στο εργαλείο GDXDUMP, μέσω του οποίου πραγματοποιείται το parsing και μετατροπή των GAMS δεδομένων σε μορφές κατανοητές και αξιοποιήσιμες από το υπόλοιπο λογισμικό. Τα διαθέσιμα endpoints του parser-api περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.

Σημείωση: Όλα τα endpoints του parser-api για το version1 (api/v1/*) είναι επίσης διαθέσιμα μέσω του gams-tool, μέσω της proxy διαδρομής:/gams-tools-api.

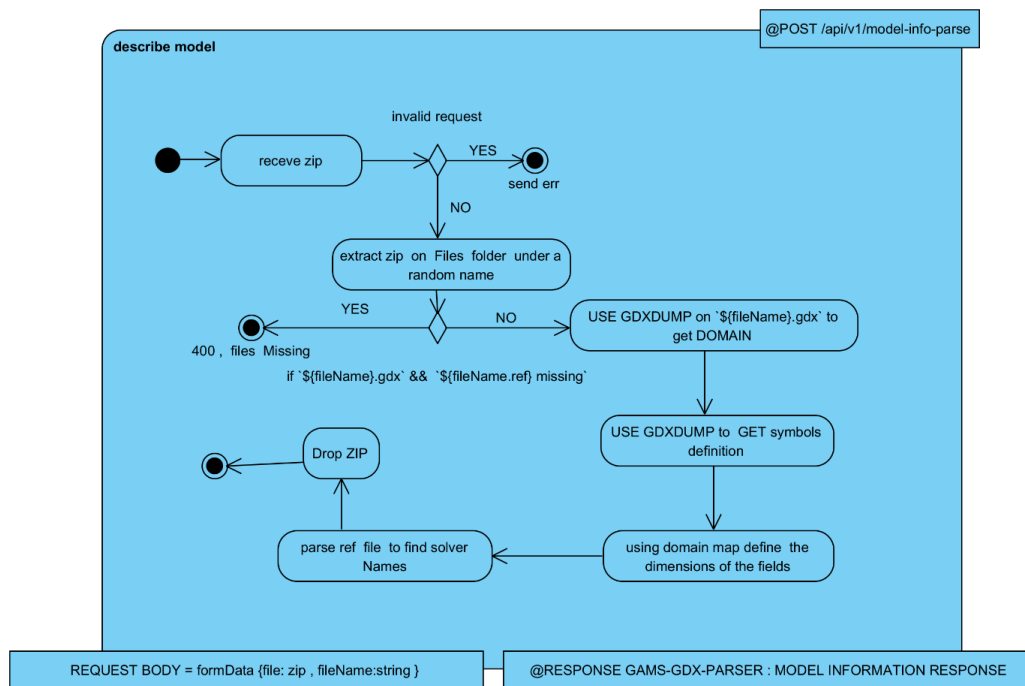
3.10.1 Ορισμός μοντέλου - @POST /api/v1/model-info-parse

3.10.1.1 Ορισμός - HTTP Response

GAMS-GDX-PARSER : MODEL INFORMATION RESPONSE
+fields : registerFieldsOpt +solverName : string[]

Σχήμα 3.47: http response for describe model

3.10.1.2 Διάγραμμα UML για- controller



Σχήμα 3.48: describe model controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για την απόκτηση του ορισμού ενός μοντέλου GAMS.

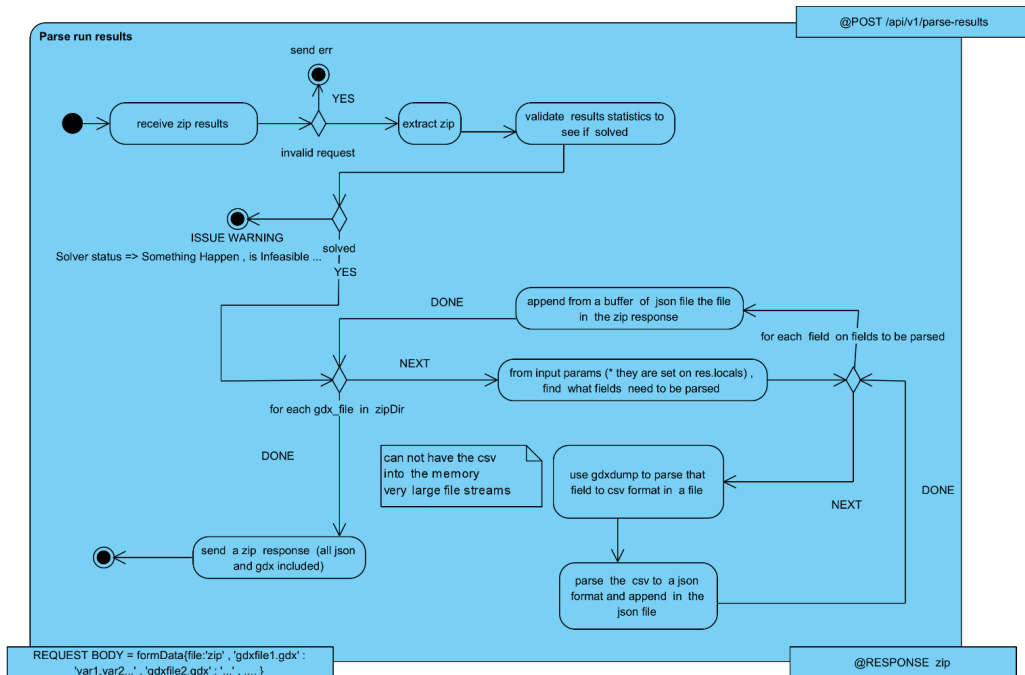
Απαιτήσεις: Το αρχείο εισόδου πρέπει να είναι σε μορφή .zip και να περιλαμβάνει υποχρεωτικά τα παρακάτω αρχεία, τα οποία προκύπτουν από τη διαδικασία μεταγλώττισης (compile) του μοντέλου:

1. *.gdx
2. *.ref

Παράμετροι:

1. filename (string): Το όνομα των παραπάνω αρχείων χωρίς την κατάληξη. Δηλαδή, αν τα αρχεία είναι model.gdx και model.ref, τότε filename = "model".

3.10.2 Εξαγωγή Αποτελεσμάτων από GDX σε JSON @POST /api/v1/parse-results



Σχήμα 3.49: parse gdx to json controller

Το συγκεκριμένο endpoint χρησιμοποιείται για να μετατρέψει αρχεία GDX σε μορφή JSON, ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν από το σύστημα ή τον χρήστη για την κατασκευή διαγραμμάτων, πινάκων .

Λειτουργία: Η κλήση αποστέλλει ένα αρχείο .zip που περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα αρχεία .gdx.Μαζί με το αρχείο, στέλνεται ένα form-data αντικείμενο με παραμέτρους τύπου key = value, όπου :

1. Key: είναι το όνομα του αρχείου GDX μέσα στο zip (π.χ. results.gdx)
2. Value: είναι μια λίστα με τα πεδία (σύνολα, μεταβλητές, παράμετροι, εξισώσεις) που θέλουμε να εξαχθούν σε JSON, χωρισμένα με κόμμα.

Παράδειγμα FormData:

1. File: results.zip
2. results.gdx: 't,STATUS_BEES,STATUS_H2'

3.11 Ορισμός και Περιγραφή του Υφιστάμενου Λογισμικού GAMS-API

Το gams-api αποτελεί ένα ανεξάρτητο microservice που παρέχεται από το εργαστήριο και έχει ως στόχο την εκτέλεση μοντέλων GAMS. Η κύρια λειτουργία του είναι να λαμβάνει όλα τα απαραίτητα αρχεία ενός μοντέλου (σε μορφή .zip) καθώς και τις παραμέτρους εκτέλεσης (μέσω της μεταβλητής args) και να πραγματοποιεί την εκτέλεση του μοντέλου με χρήση του συστήματος GAMS. Το .zip αρχείο θα πρέπει να περιέχει όλα τα αρχεία στον ίδιο φάκελο χωρίς υποκαταλόγους. Μετά την ολοκλήρωση της εκτέλεσης, το API επιστρέφει ένα αρχείο .zip που περιέχει όλα τα αρχεία εισόδου και τα παραγόμενα αρχεία εξόδου, τα οποία δημιουργήθηκαν κατά τη διαδικασία εκτέλεσης. Το gams-api είναι επίσης προσβάσιμο μέσω του εργαλείου gams-tool, χρησιμοποιώντας τη διαδρομή /gams-api.

Κεφάλαιο 4

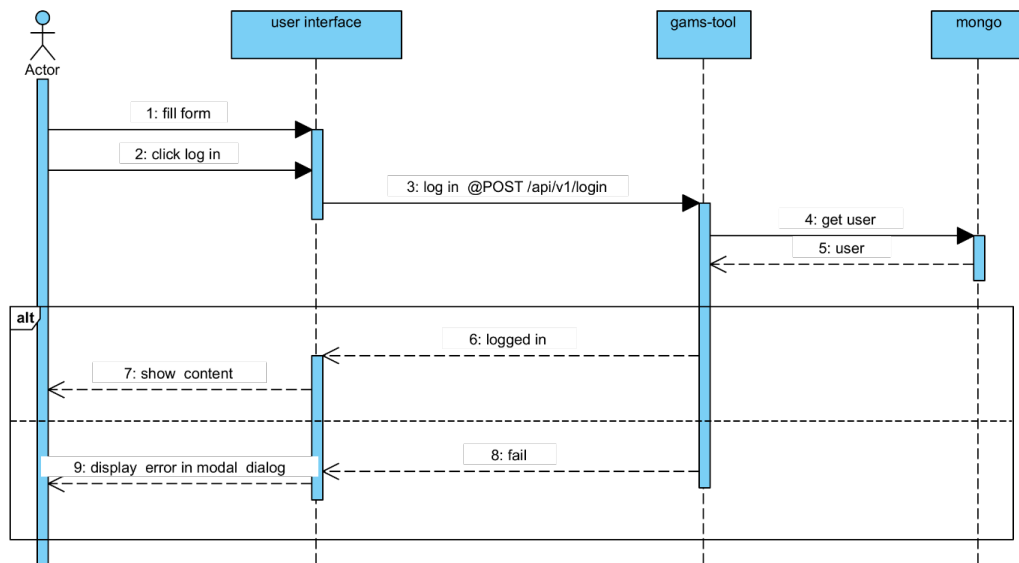
Υλοποίηση Περιβάλλοντος Εργασίας και Εφαρμογές

Για την αποδοτικότερη αξιοποίηση του παραπάνω εργαλείου, αναπτύχθηκε ένα γραφικό περιβάλλον χρήστη (User Interface) με χρήση του Angular 19 [23]. Μέσω αυτού, προσφέρεται μία πιο φιλική και ευέλικτη εμπειρία στον τελικό χρήστη, καθιστώντας ευκολότερη τη διαχείριση και αλληλεπίδραση με τα διαθέσιμα εργαλεία και λειτουργίες του συστήματος. Η σχεδίαση του frontend βασίστηκε στο Angular Material [24], το οποίο προσφέρει μια συλλογή από μοντέρνα και εύχρηστα στοιχεία διεπαφής. Επιπλέον, για την απεικόνιση δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη Highcharts [22], που επιτρέπει τη δημιουργία δυναμικών και διαδραστικών γραφημάτων, ενισχύοντας την οπτική κατανόηση των αποτελεσμάτων. Το γραφικό περιβάλλον σερβίρεται απευθείας από το backend εργαλείο gams-tool, αποτελώντας έτσι ενιαίο μέρος της συνολικής εφαρμογής.

4.1 Αυθεντικοποίηση Χρήστη

Δεδομένου ότι όλες οι προσφερόμενες υπηρεσίες απαιτούν ταυτοποίηση, το περιβάλλον χρήστη ενσωματώνει μηχανισμό ελέγχου ταυτότητας. Εφόσον ο χρήστης δεν είναι συνδεδεμένος (δηλαδή δεν διαθέτει έγκυρο token), τότε εμφανίζεται αυτόματα μια φόρμα σύνδεσης σε μορφή διαλόγου (modal dialog). Η φόρμα αυτή μπορεί να ενεργοποιηθεί σε οποιαδήποτε σελίδα του συστήματος, χωρίς να απαιτείται ειδική ανακατεύθυνση. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται ενιαία και απρόσκοπτη εμπειρία χρήσης, ενώ παράλληλα διασφαλίζεται η πρόσβαση μόνο από εξουσιοδοτημένους χρήστες.

4.1.1 Sequence Diagram UML



Σχήμα 4.1: login sequence diagram

4.1.2 Λογισμικό opt-trace

The screenshot shows a web application interface with a dark blue header bar containing 'Menu', 'OPT-TRACE', and a 'Logout' link. A sidebar on the left lists menu items: Home, Set the imports, Set the GDX exports, Run GMS programs, Output-Analytics, and chart build report. The main content area is light gray and features a white 'Log In' form. The form has two input fields: 'Username*' with the value 'admin' and 'Password*'. Below the fields is a 'Login' button.

Σχήμα 4.2: log in page

Προεπιλεγμένος Χρήστης (Default User). Για λόγους αρχικού ελέγχου και ανάπτυξης, κατά την κατασκευή της εφαρμογής δημιουργήθηκε προεπιλεγμένος χρήστης μέσω του mongo-express. Τα στοιχεία σύνδεσης που έχουν οριστεί είναι τα εξής:

1. Username: admin

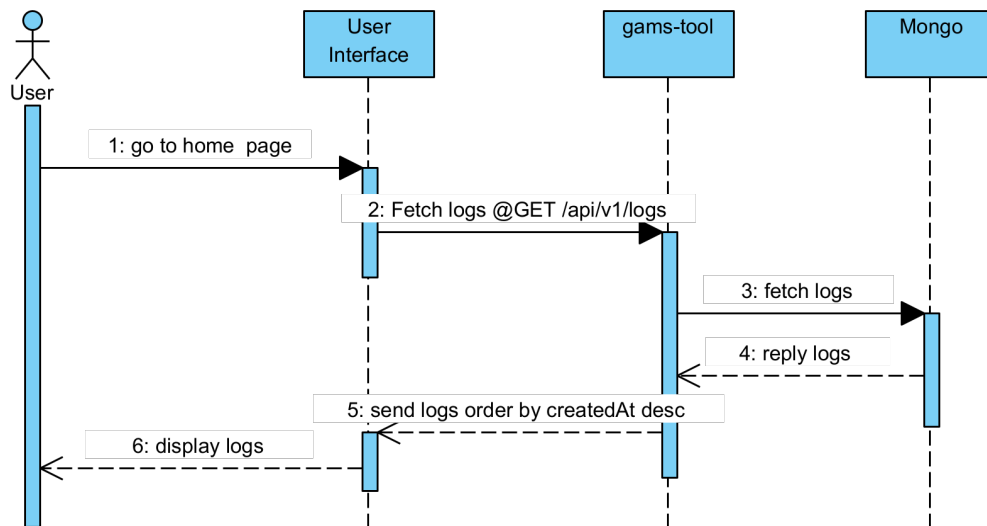
2. Password: root

4.2 Κεντρική Σελίδα – Προβολή Μηνυμάτων και Ιστορικού

Στην κεντρική σελίδα της εφαρμογής προβάλλονται :

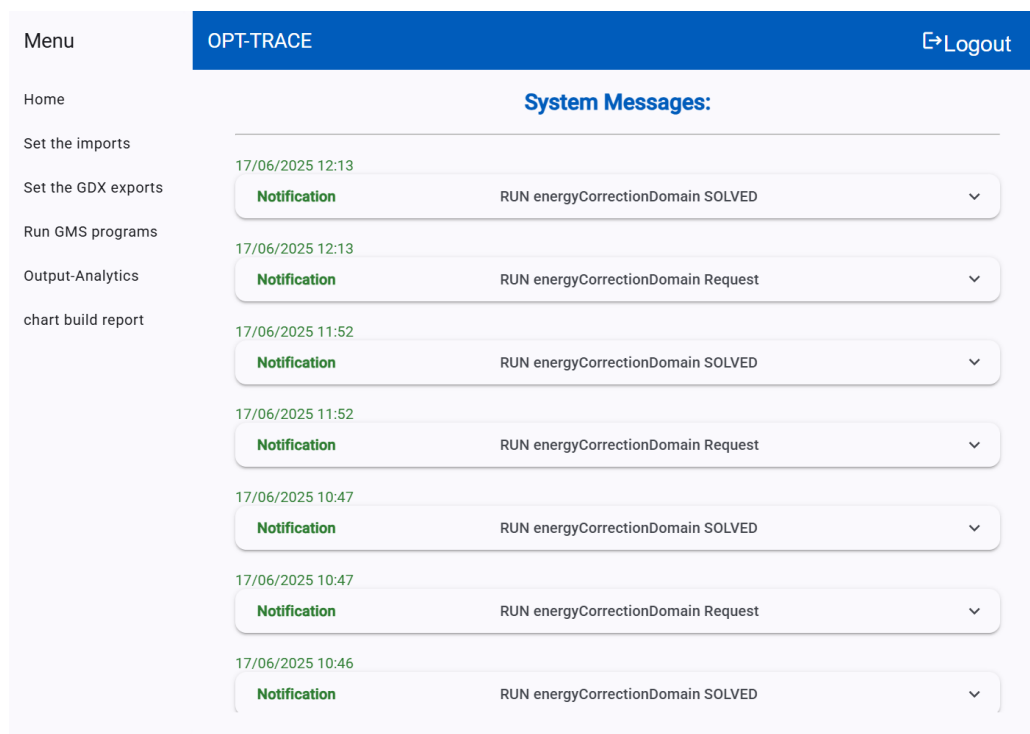
1. Τα μηνύματα που αποστέλλει το σύστημα προς τον χρήστη.
2. Το ιστορικό καταγραφής ενεργειών (log history), το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις λειτουργίες, τις ειδοποιήσεις ή τυχόν σφάλματα που έχουν προκύψει κατά τη χρήση του συστήματος.

4.2.1 Sequence Diagram UML



Σχήμα 4.3: Sequence UML diagram UML go to home page

4.2.2 Λογισμικό opt-trace



Σχήμα 4.4: view messages in home page

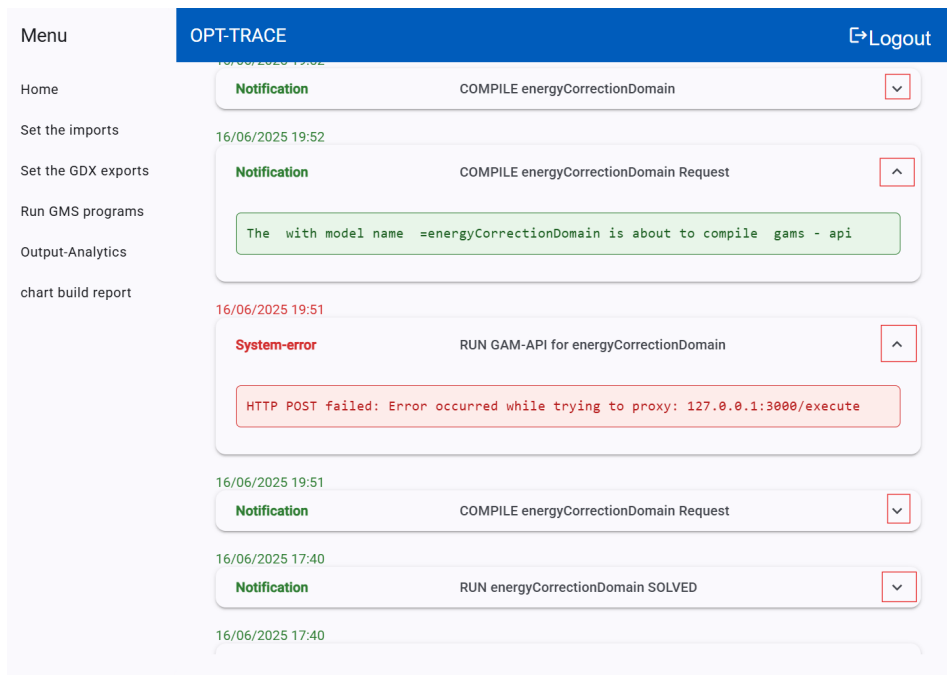
Τα μηνύματα που αποστέλλονται από το σύστημα προς τον χρήστη προβάλλονται με σαφή χρωματική ένδειξη, ανάλογα με την κατηγορία του κάθε μηνύματος:

1. Notification – Πράσινο: Γενικές ενημερώσεις ή επιβεβαιώσεις ενεργειών.
2. Error – Κόκκινο: Σφάλματα που σχετίζονται με την εφαρμογή ή τον χρήστη.
3. System Error – Κόκκινο: Σφάλματα σε επίπεδο συστήματος.
4. Warning – Πορτοκαλί: Προειδοποιήσεις για πιθανές προβληματικές καταστάσεις.

Τα μηνύματα προβάλλονται με τη μορφή καρτελών (cards). Κάθε κάρτα περιλαμβάνει:

1. Τον τύπο του μηνύματος με αντίστοιχη χρωματική σήμανση
2. Τον τίτλο του μηνύματος
3. Ένα κουμπί επέκτασης που βρίσκεται στη δεξιά πλευρά της κάρτας

Όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί επέκτασης, εμφανίζεται το πλήρες περιεχόμενο του μηνύματος. Διαφορετικά, παραμένει ορατή μόνο η σύνοψη (είδος και τίτλος).

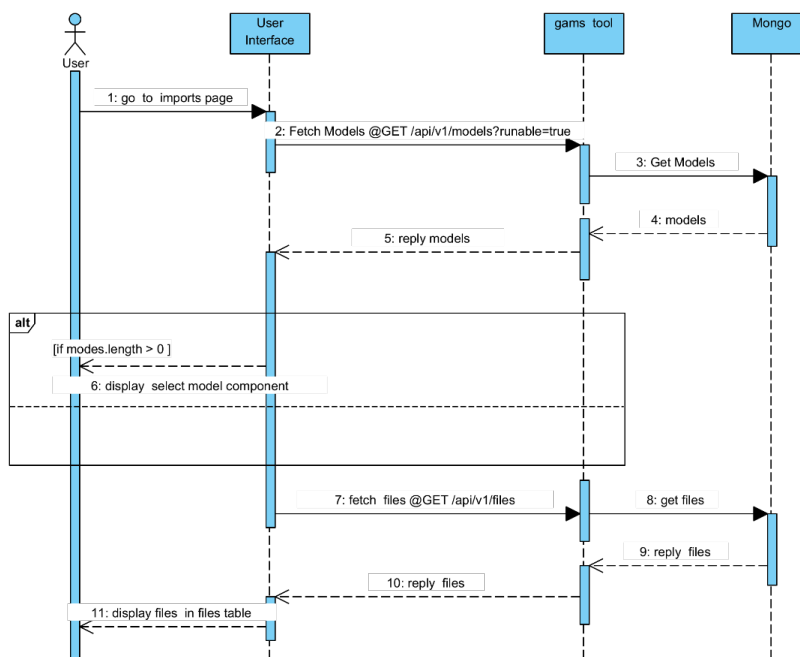


Σχήμα 4.5: view full message user interface

4.3 Σελίδα Αρχείων Εισόδου (Imports Page)

Σε αυτή τη σελίδα του λογισμικού μας παρέχεται η δυνατότητα να αλληλεπιδράσουμε με τα αρχεία του χρήστη.

4.3.1 Sequence Diagram UML



Σχήμα 4.6: Sequence UML diagram go to imports page

4.3.2 Λογισμικό opt-trace

Menu

OPT-TRACE

Logout

Home

Set the imports

Set the GDX exports

Run GMS programs

Output-Analytics

chart build report

Select GAMS model

Select GAMS model*

Imports:

original file	link file
---------------	-----------

Files:

file name	Created at
energy.gms	14/06/2025 22:34
energyModelInputParams.gdx	16/06/2025 12:30
energyCorrectionDomain.gms	16/06/2025 16:29
solapricesJULYweek2019.gdx	16/06/2025 16:29
pricesJULYweek2019.gdx	16/06/2025 16:29

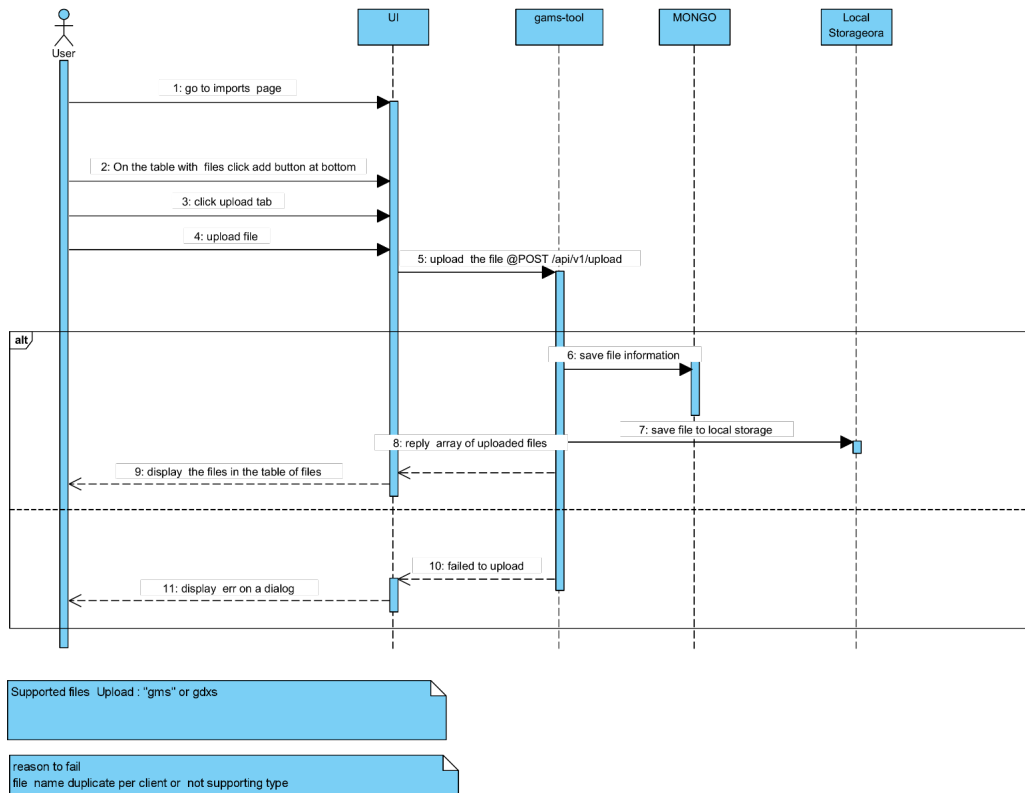
+

Σχήμα 4.7: Imports page

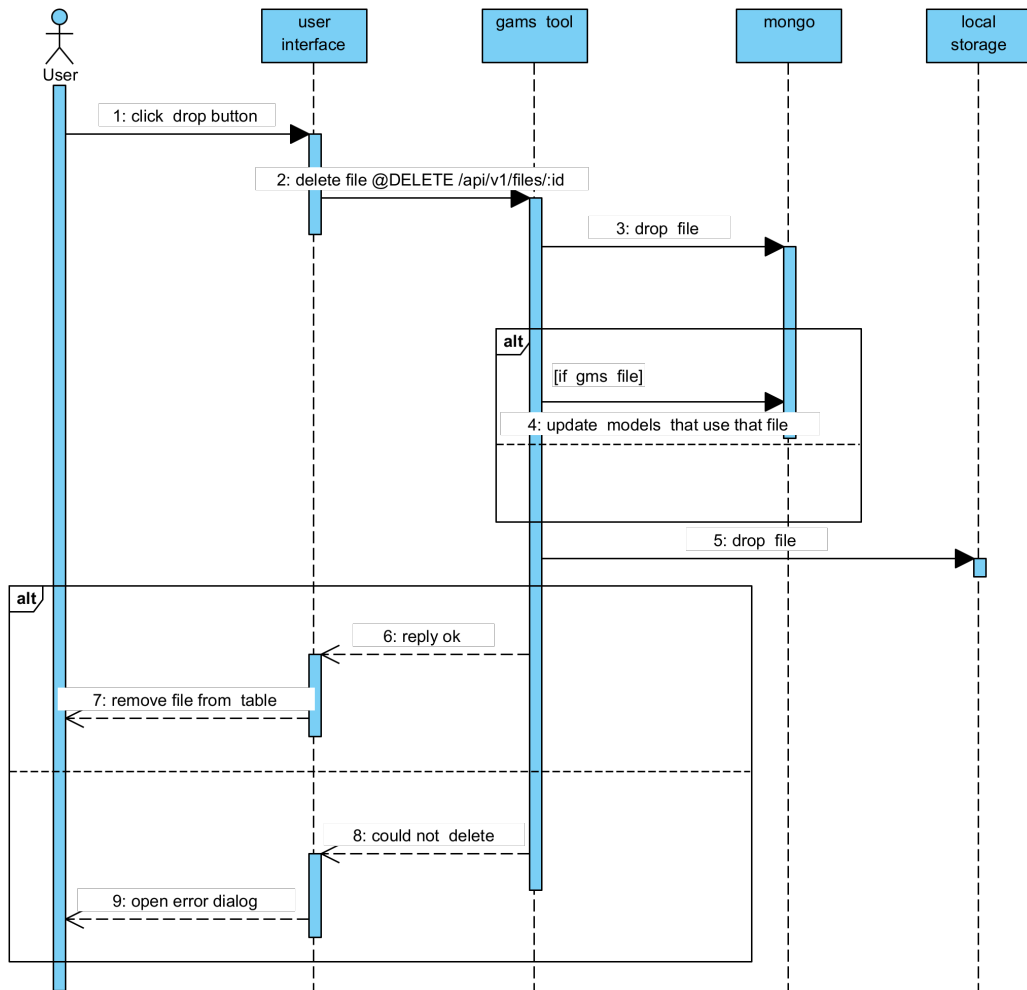
4.3.3 Ανέδασμα και Αλληλεπίδραση Αρχείων Εισόδου

Σε αυτή τη σελίδα του λογισμικού μας παρέχεται η δυνατότητα να ανεβάσουμε αρχεία τύπου .gms ή .gdx και να αλληλεπιδράσουμε με αυτά.

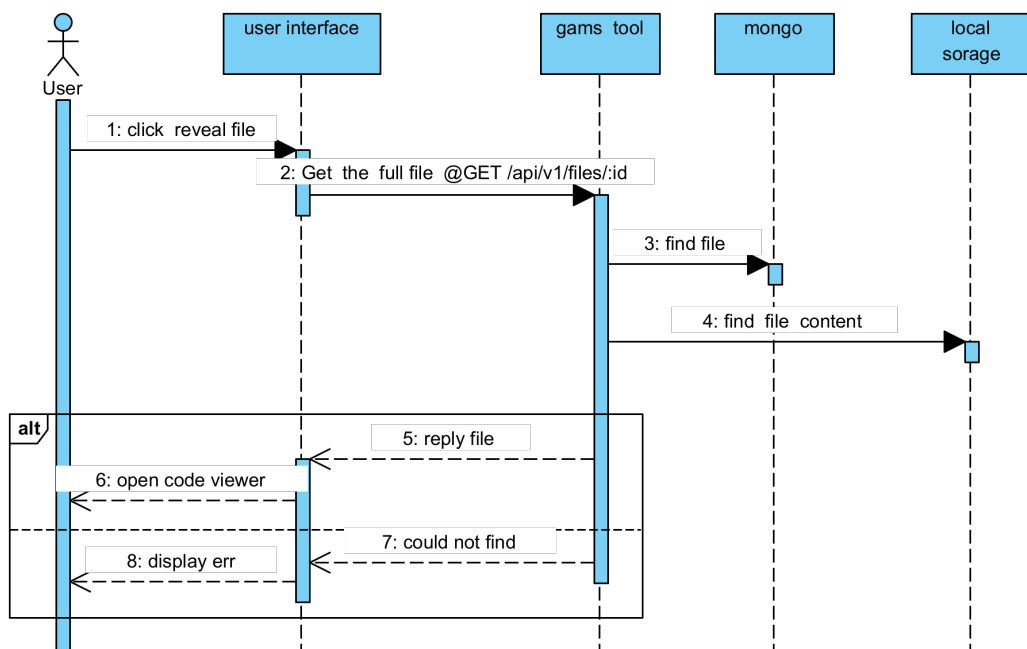
4.3.3.1 Sequence Diagram UML



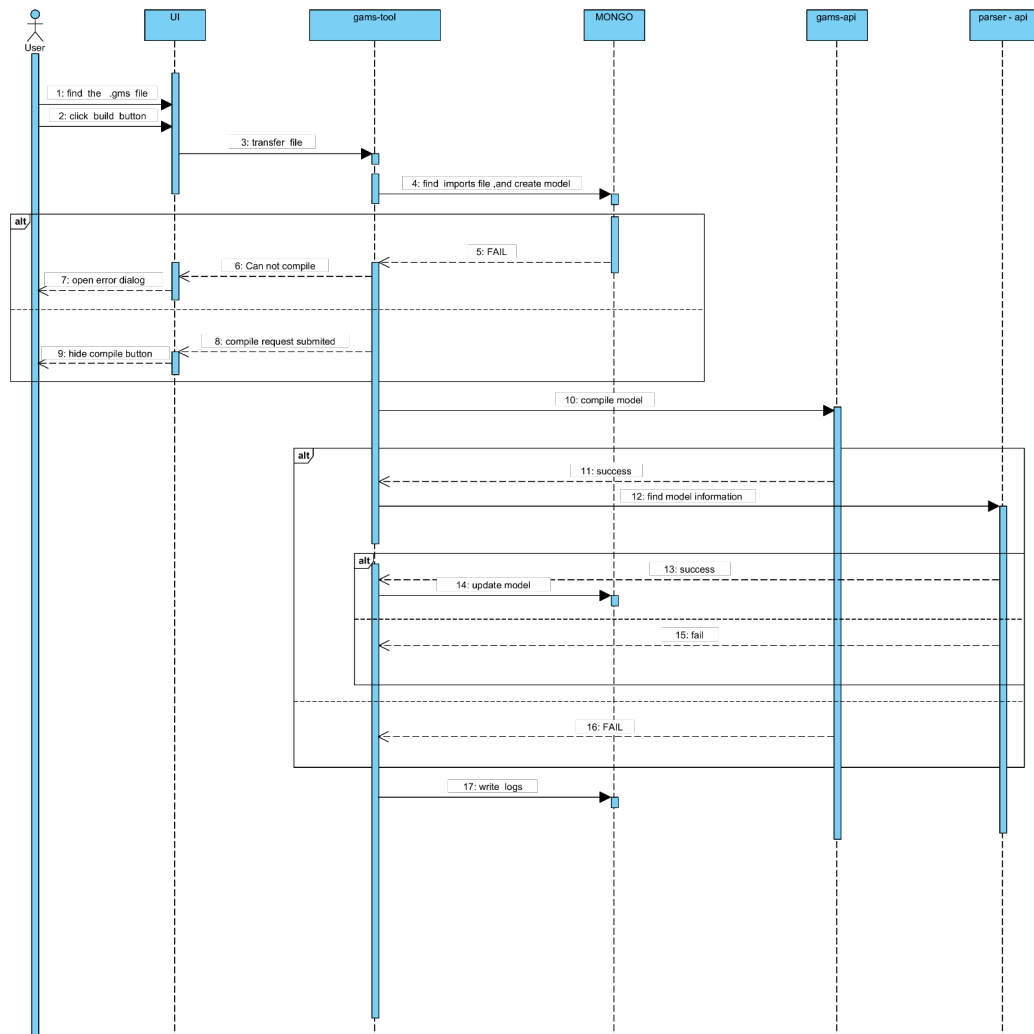
Σχήμα 4.8: Sequence diagram UML for upload files



Σχήμα 4.9: Sequence diagram UML for drop files



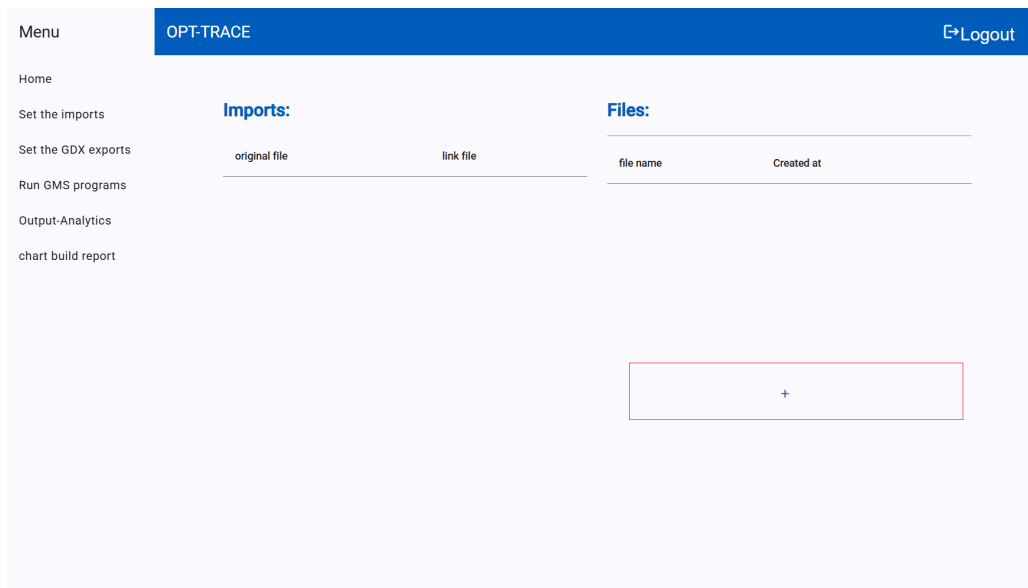
Σχήμα 4.10: Sequence diagram UML for reveal file content



Σχήμα 4.11: Sequence diagram UML for compile gms files

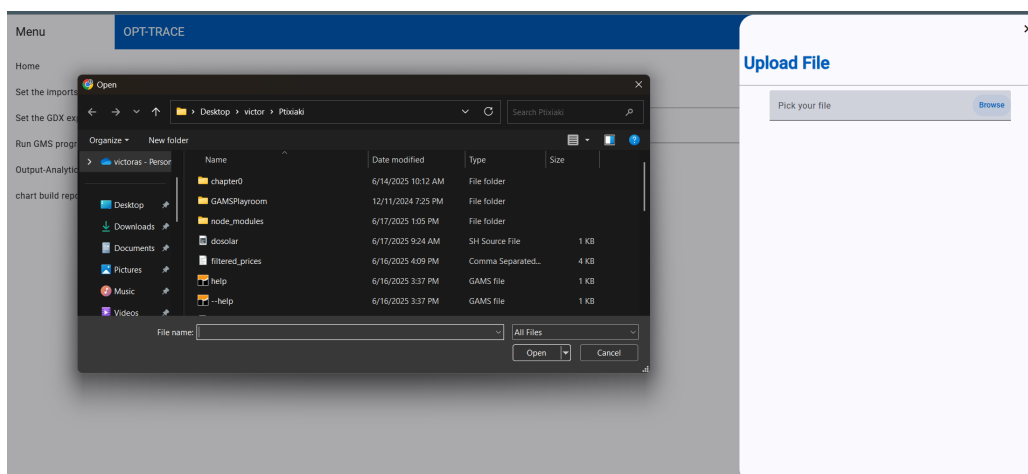
4.3.3.2 Διαδικασία ανεβάσματος αρχείων στο Περιβάλλον Εργασίας

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα με τα αρχεία εισόδου.
2. Στον πίνακα αρχείων, επιλέγουμε το κουμπί "+".

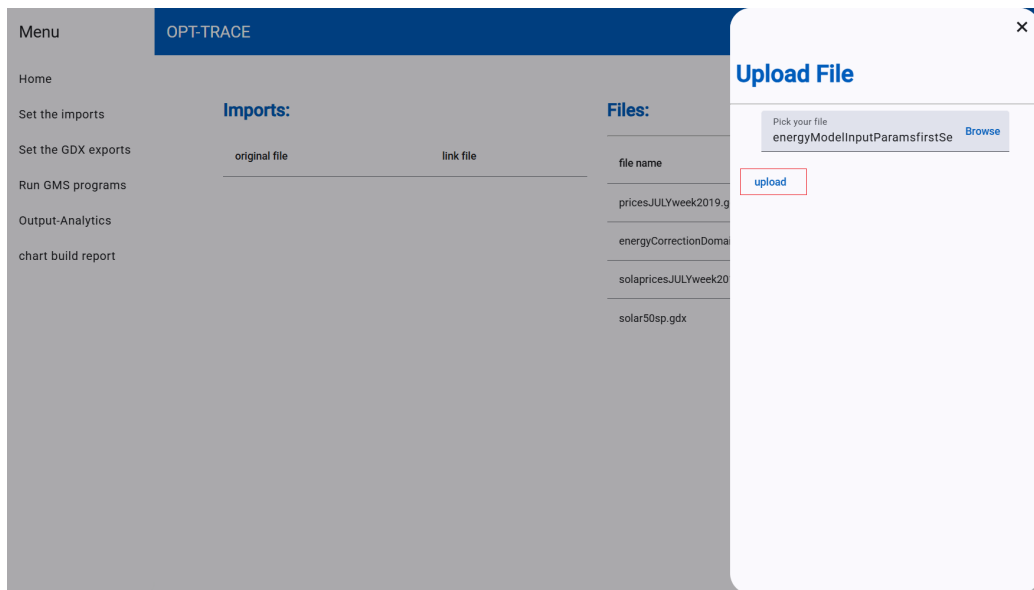


Σχήμα 4.12: '+' upload file button location

3. Επιλέγουμε το/τα αρχείο/αρχεία από τον υπολογιστή μας και πατάμε "Upload".



Σχήμα 4.13: select files to upload

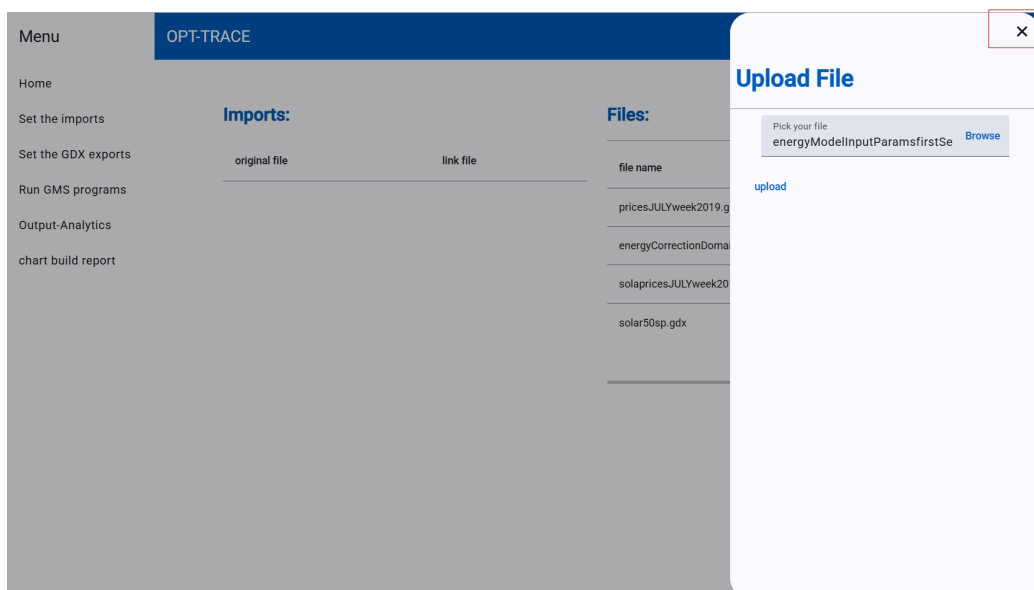


Σχήμα 4.14: 'upload' button location

Σημείωση :

- (α') Η φόρμα υποστηρίζει ανέβασμα πολλαπλών αρχείων ταυτόχρονα.
- (β') Το API αποδέχεται μόνο αρχεία τύπου .gdx και .gms. Άλλα είδη αρχείων δεν θα γίνονται αποδεκτά.

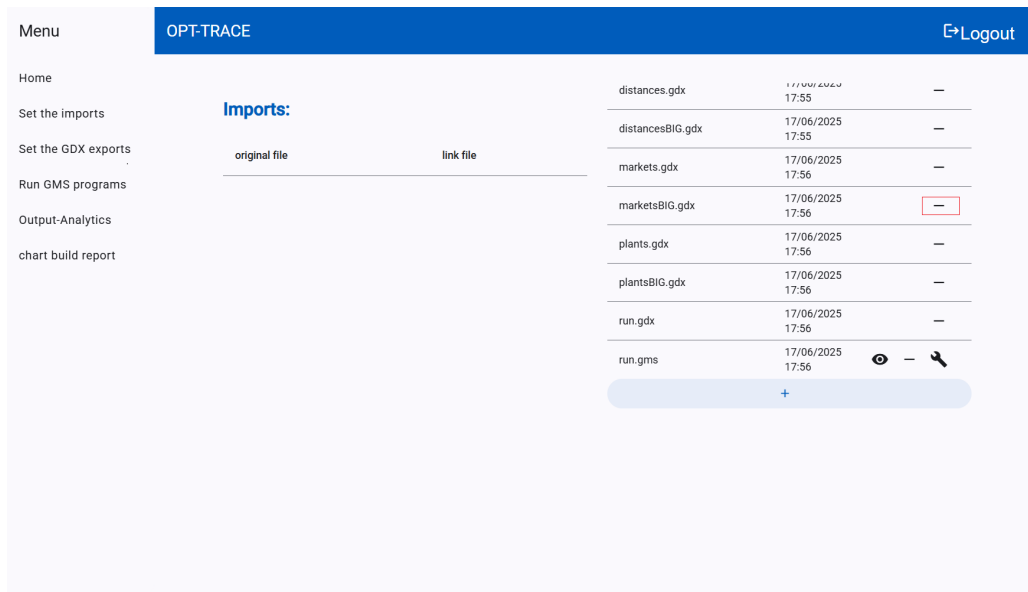
4. Αν επιθυμούμε να ανεβάσουμε επιπλέον αρχεία, συνεχίζουμε να χρησιμοποιούμε την ίδια φόρμα. Διαφορετικά, αν δεν έχουμε άλλα αρχεία να προσθέσουμε, μπορούμε να κλείσουμε τη φόρμα από το εικονίδιο κλεισίματος επάνω δεξιά.



Σχήμα 4.15: 'close' button location

4.3.3.3 Διαδικασία Διαγραφής Αρχείων στο Περιβάλλον Εργασίας

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα με τα αρχεία εισόδου.
2. Στον πίνακα αρχείων, εντοπίζουμε το αρχείο που θέλουμε να διαγράψουμε.
3. Πατάμε το κουμπί “-” στη γραμμή του συγκεκριμένου αρχείου για να το διαγράψουμε.

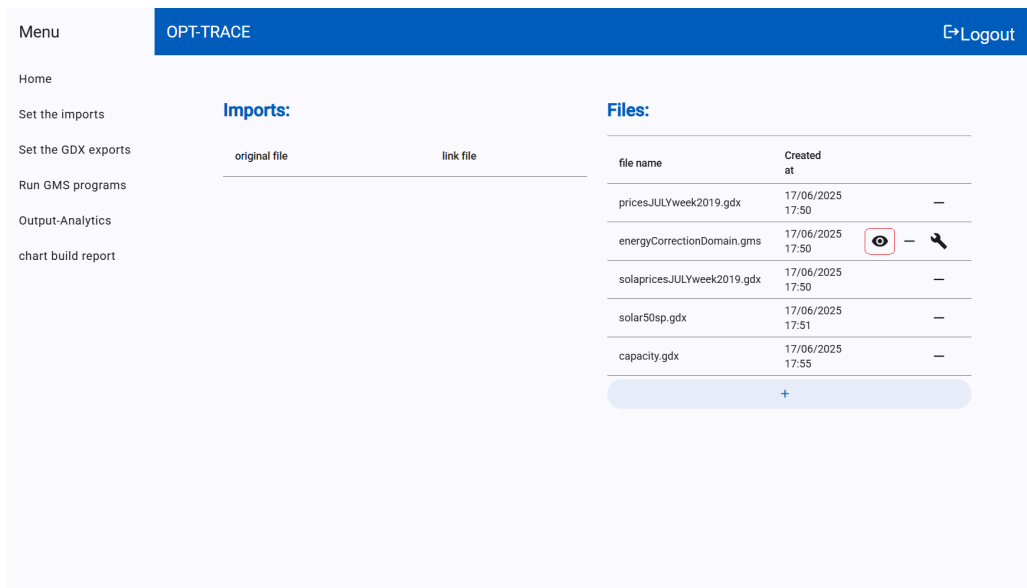


Σχήμα 4.16: drop file button location

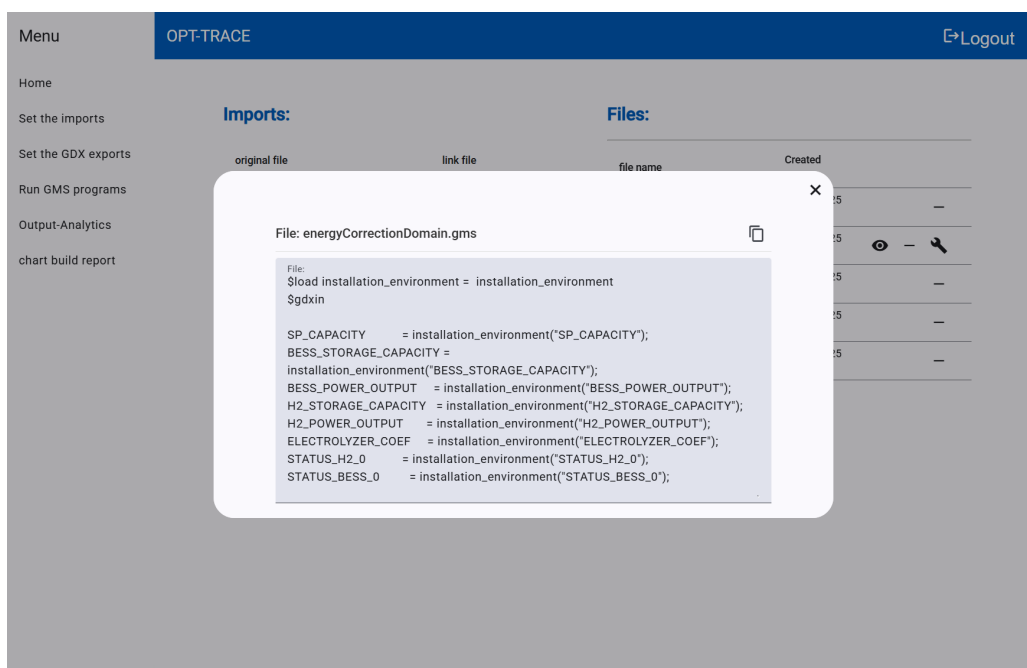
Για παράδειγμα: Αν πατήσουμε το κουμπί “-” στη γραμμή του αρχείου marketsBIG.gdx, το αρχείο αυτό θα διαγραφεί οριστικά.

4.3.3.4 Διαδικασία Προβολής Αρχείων στο Περιβάλλον Εργασίας

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα με τα αρχεία εισόδου.
2. Στον πίνακα αρχείων, εντοπίζουμε το αρχείο που θέλουμε να προβάλλουμε.
3. Πατάμε το κουμπί “visibility” (εικονίδιο ματιού) στη γραμμή του συγκεκριμένου αρχείου για να το προβάλλουμε.



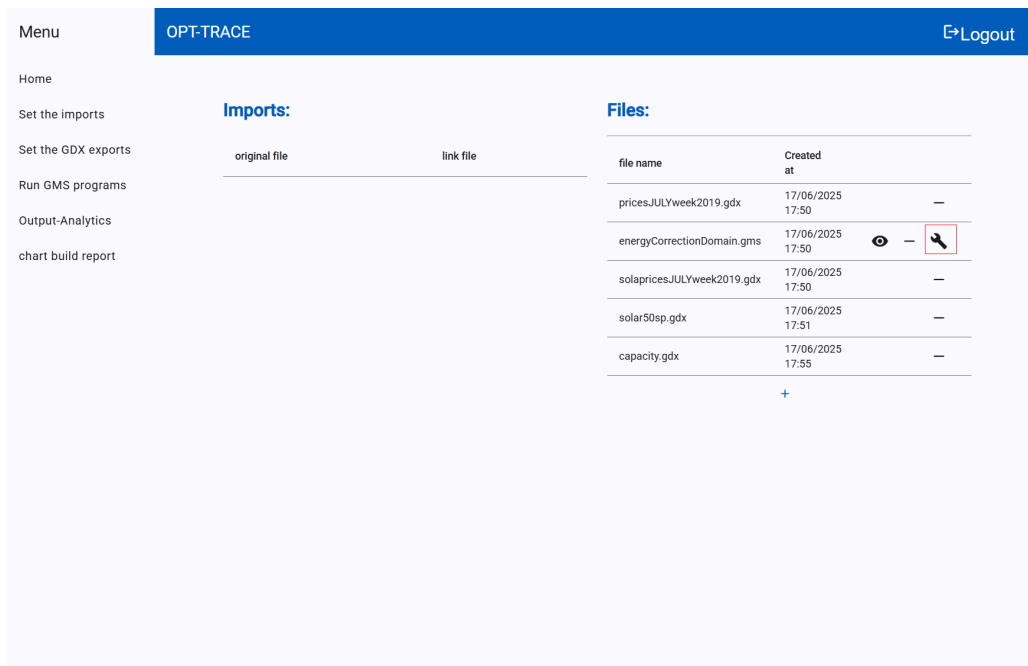
Σχήμα 4.17: Reveal file button



Σχήμα 4.18: reveal file modal dialog

4.3.3.5 Διαδικασία Μεταγλώττισης Αρχείων στο Περιβάλλον Εργασίας

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα με τα αρχεία εισόδου.
2. Στον πίνακα αρχείων, εντοπίζουμε το αρχείο που θέλουμε να μεταγλωττίσουμε.
3. Πατάμε το κουμπί "build" (εικονίδιο εργαλείου) στη γραμμή του συγκεκριμένου αρχείου για να ξεκινήσει η μεταγλώττιση και να γίνει καταχώριση (register) του μοντέλου στη βάση.

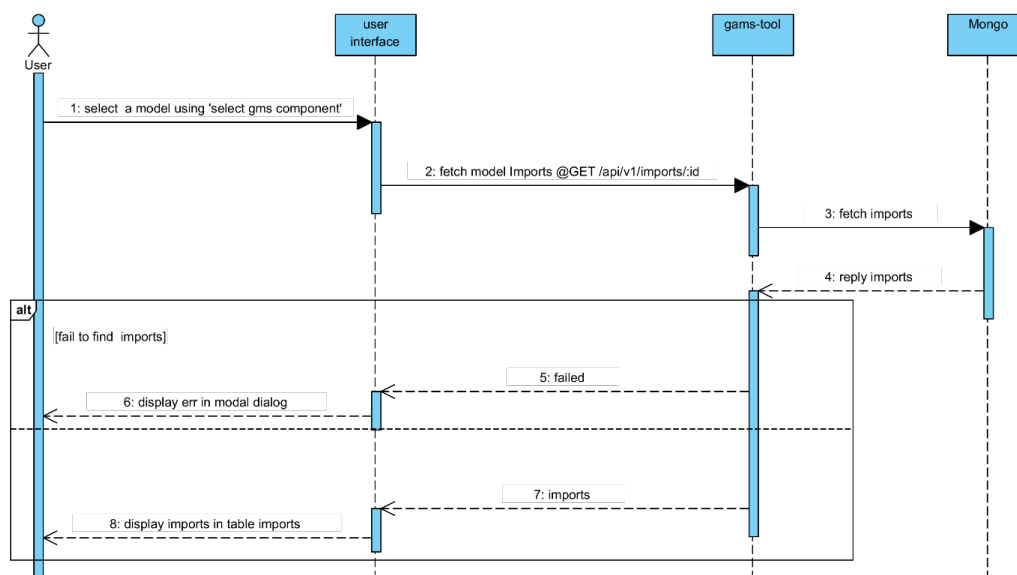


Σχήμα 4.19: 'build' button location

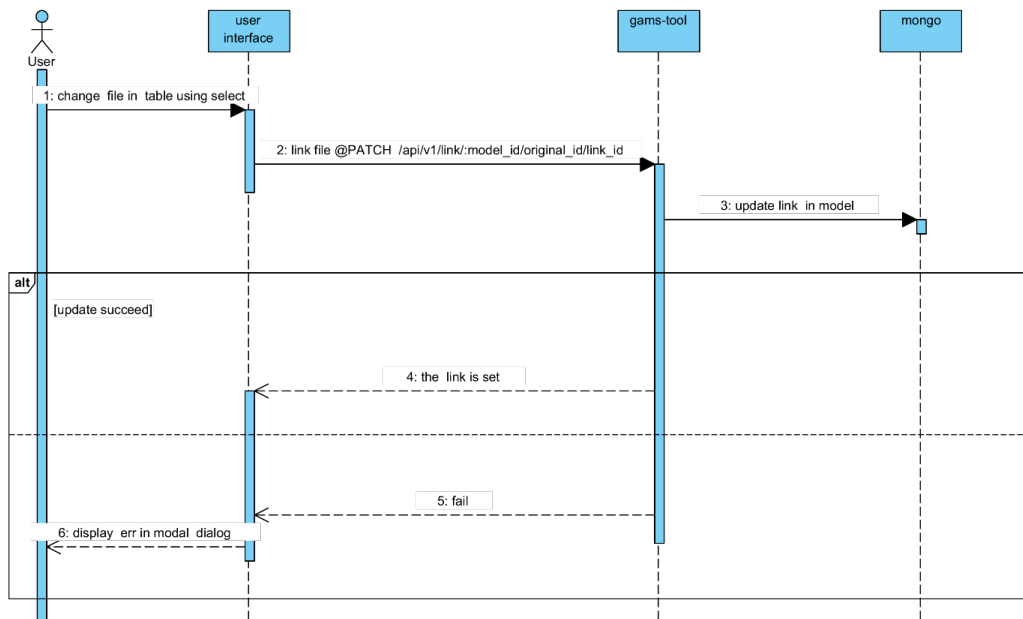
4.3.4 Αλληλεπίδραση Αρχείων Εισόδου (.gdx) με τα Αντίστοιχα Μοντέλα

Στη συγκεκριμένη σελίδα μας παρέχεται η δυνατότητα να αλληλεπιδράσουμε με τα αρχικά αρχεία εισόδου (.gdx)

4.3.4.1 Sequence Diagrams UML



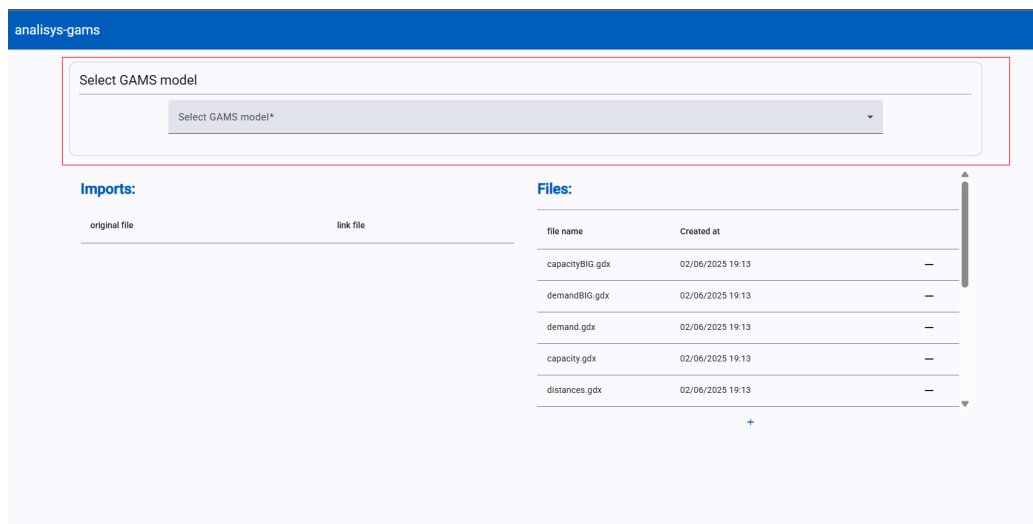
Σχήμα 4.20: Sequence diagram UML for view imports



Σχήμα 4.21: Sequence diagram UML for set imports

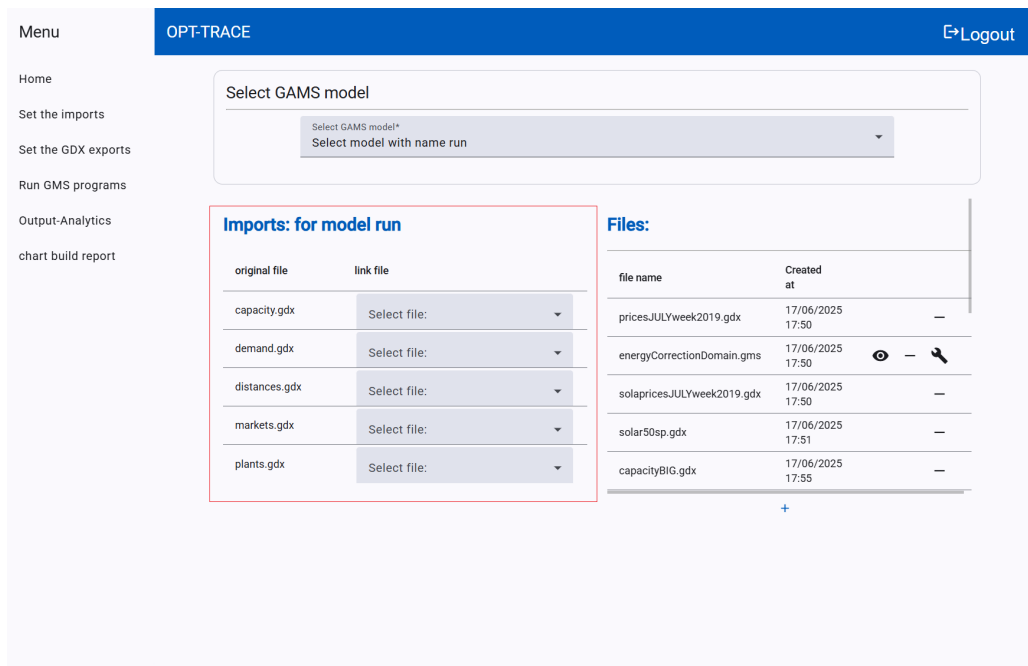
4.3.4.2 Διαδικασία Προβολής Imports Αρχείων στα Μοντέλα στο Περιβάλλον Εργασίας

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα με τα αρχεία εισόδου.
2. Επιλέγουμε το GMS (μοντέλο) από το μενού επιλογής "Select GMS component".

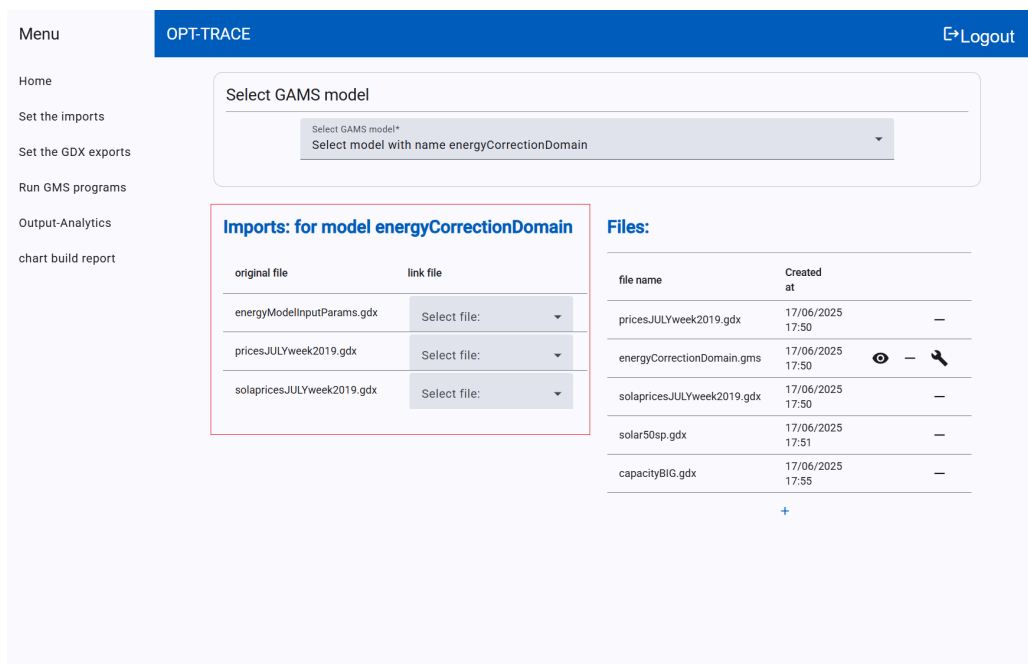


Σχήμα 4.22: 'select gms model' location on imports page

3. Στον πίνακα Imports βλέπουμε τα αρχεία .gdx που χρησιμοποιεί το μοντέλο ως αρχεία εισόδου.



Σχήμα 4.23: View imports of a model that has.gdx files



Σχήμα 4.24: view imports of a model that does not have.gdx file

4.3.4.3 Διαδικασία Θεοπίσης Συνδέσμων Imports Αρχείων στα Μοντέλα στο Περιβάλλον Εργασίας

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα με τα αρχεία εισόδου.
2. Επιλέγουμε το GMS (μοντέλο) από το μενού επιλογής "Select GMS component".

3. Στον πίνακα εντοπίζουμε το αρχείο για το οποίο θέλουμε να αποσυνδέσουμε ή να συνδέσουμε άλλο αρχείο εισόδου.

Imports: for model run	
original file	link file
demand.gdx	Select file: ▼
capacity.gdx	Select file: ▼
distances.gdx	Select file: ▼
plants.gdx	Select file: ▼
markets.gdx	Select file: ▼

Σχήμα 4.25: set links between.gdxin files of a model

Imports: for model run	
original file	link file
demand.gdx	Select file: ▼
capacity.gdx	NO FILE
distances.gdx	capacityBIG.gdx
plants.gdx	demandBIG.gdx
markets.gdx	capacity.gdx
	distances.gdx
	distancesBIG.gdx

Σχήμα 4.26: view link choices in imports page

Παραδείγματα :

1. Αν επιλέξουμε την επιλογή "NO File", τότε αποσυνδέεται οποιοδήποτε αρχείο εισόδου για το συγκεκριμένο import και στην εκτέλεση θα χρησιμοποιηθεί το προεπιλεγμένο αρχείο (π.χ. demand.gdx).

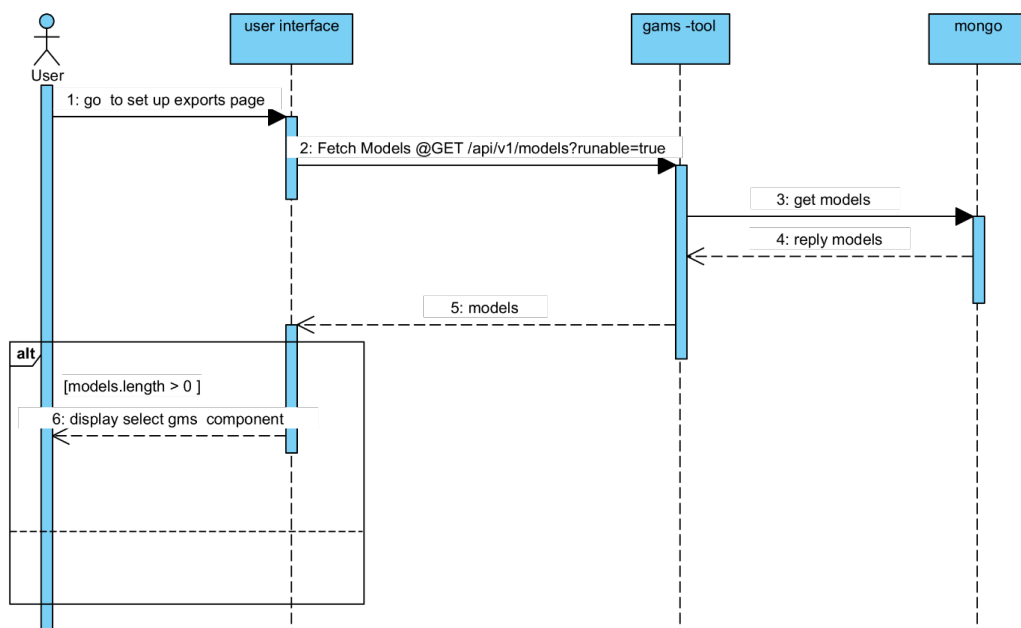
2. Αν επιλέξουμε το αρχείο demandBIG.gdx, τότε κατά την εκτέλεση το μοντέλο θα χρησιμοποιήσει το demandBIG.gdx ως αρχείο εισόδου.

4.4 Σελίδα Διαχείρισης και Δημιουργίας GDX Export Configs για Μοντέλα

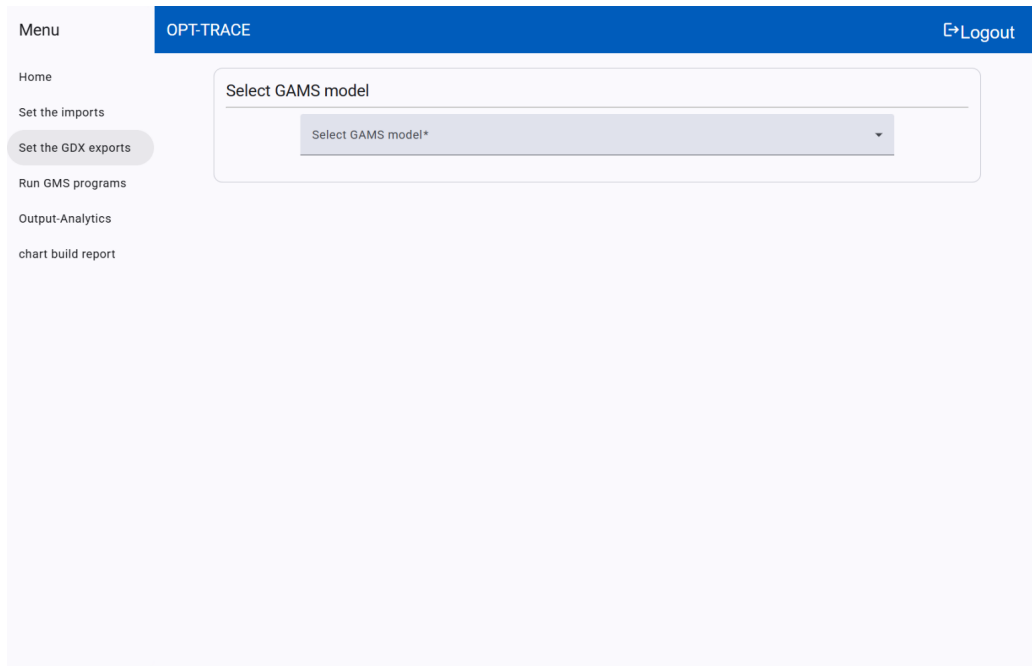
Σε αυτήν τη σελίδα διαχειριζόμαστε τις ρυθμίσεις εξαγωγής δεδομένων GDX για συγκεκριμένα μοντέλα (GMS components). Τα export configurations εισάγονται αυτόματα κατά το στάδιο της εκτέλεσης.

Προσοχή: αν δεν έχει δημιουργηθεί κάποιο export configuration, δεν θα γίνει καταγραφή αποτελεσμάτων. Οι διαθέσιμες λειτουργίες είναι:

1. Προβολή λίστας ρυθμίσεων εξαγωγής: Εμφανίζεται η λίστα με όλες τις υπάρχουσες ρυθμίσεις εξαγωγής για το εκάστοτε μοντέλο.
2. Δημιουργία νέας ρύθμισης εξαγωγής: Μπορούμε να δημιουργήσουμε νέα ρύθμιση εξαγωγής δεδομένων που να αφορά συγκεκριμένο μοντέλο.
3. Διαγραφή ρυθμίσεων εξαγωγής: Επιλογή και διαγραφή ρυθμίσεων εξαγωγής που δεν χρειάζονται πλέον.
4. Ορισμός σημαίας αυτόματης δημιουργίας διαγράμματος (autoGen chart): Μπορούμε να ορίσουμε μία ρύθμιση για αυτόματη δημιουργία διαγράμματος από τα εξαγόμενα δεδομένα.



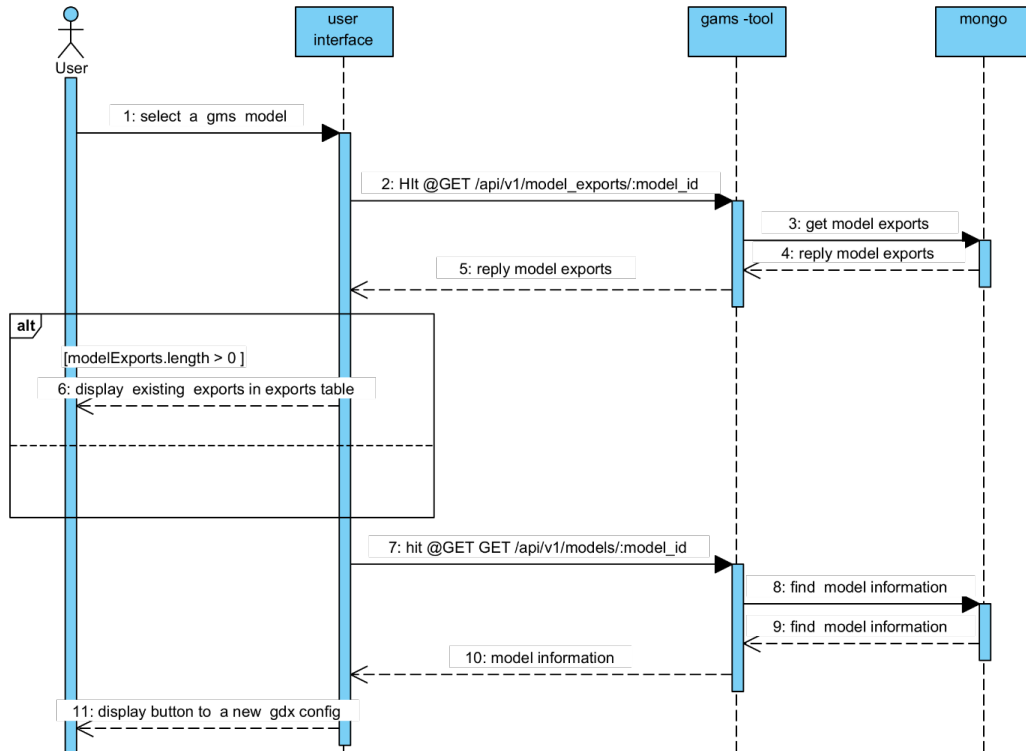
Σχήμα 4.27: Sequence diagram UML go to setUpGdxPage



Σχήμα 4.28: open set up gdx page

4.4.1 Επιλογή Μοντέλου

4.4.1.1 Sequence diagram UML



Σχήμα 4.29: Sequence diagram UML for selecting a model in exports page

4.4.1.2 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Μετά την Επιλογή Μοντέλου

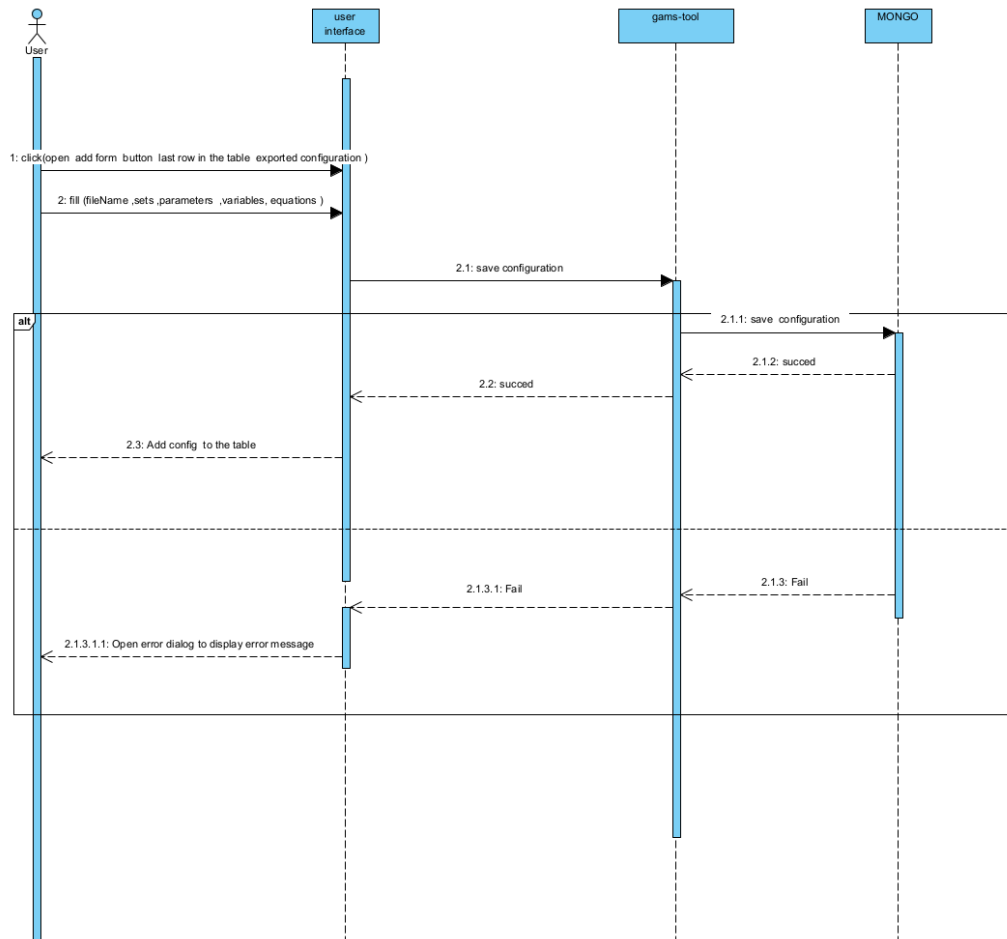
The screenshot displays the OPT-TRACE web application interface. On the left is a vertical menu with options: Menu, Home, Set the imports, Set the GDX exports, Run GMS programs, Output-Analytics, and chart build report. The main header is blue with 'OPT-TRACE' and a 'Logout' button. The main content area has a light blue background. At the top, there's a 'Select GAMS model' section with a dropdown menu showing 'Select model with name energyCorrectionDomain'. Below this is a 'GDX exports for gms file' section containing a table with three rows: 'variables', 'equations', and 'rest'. Each row has columns for 'Gdx File', 'Exported Fields', 'Created at', 'Updated at', and 'Auto Generation'. The 'Auto Generation' column includes a checkbox and an eye icon. At the bottom right of the table is a 'new gdx config' link. The table footer shows 'Items per page: 5' and '1 - 3 of 3'.

Gdx File	Exported Fields	Created at	Updated at	Auto Generation
variables	1,+(17 fields)	17/06/2025 18:12	17/06/2025 18:12	☐ Auto Generation —
equations	1,+(30 fields)	17/06/2025 18:13	17/06/2025 18:13	☒ Auto Generation —
rest	BESS_POWER_OUTPUT,+(10 fields)	17/06/2025 18:13	17/06/2025 18:13	☐ Auto Generation —

Σχήμα 4.30: set up exports page after selecting a model

4.4.2 Προσθήκη Καινούριας Ρύθμισης GDX Export Configuration

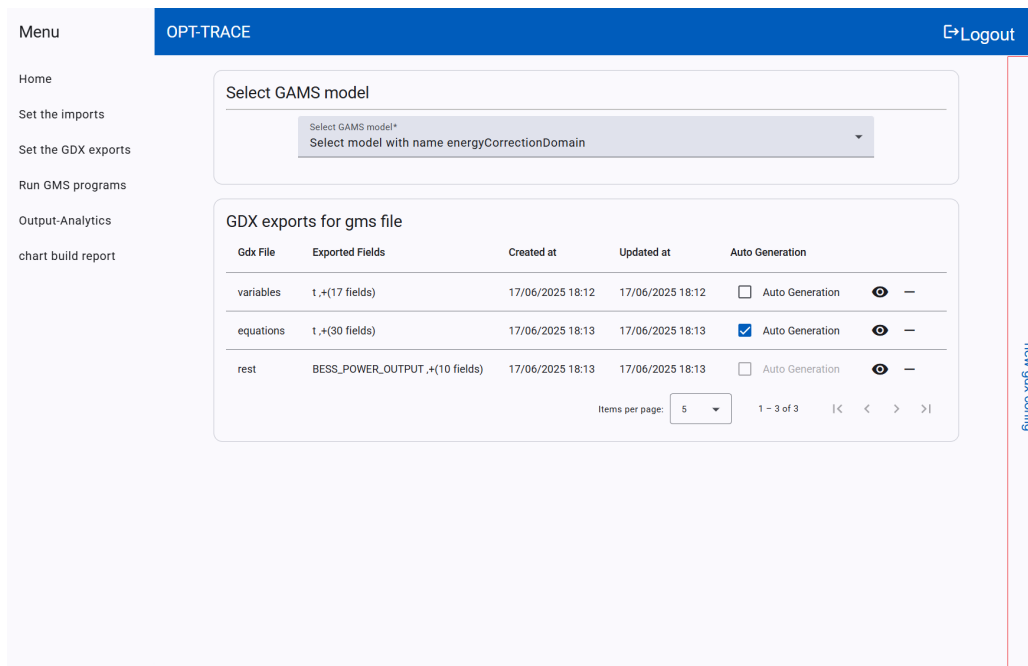
4.4.2.1 Sequence Diagram UML



Σχήμα 4.31: Sequence diagram for adding a new.gdx

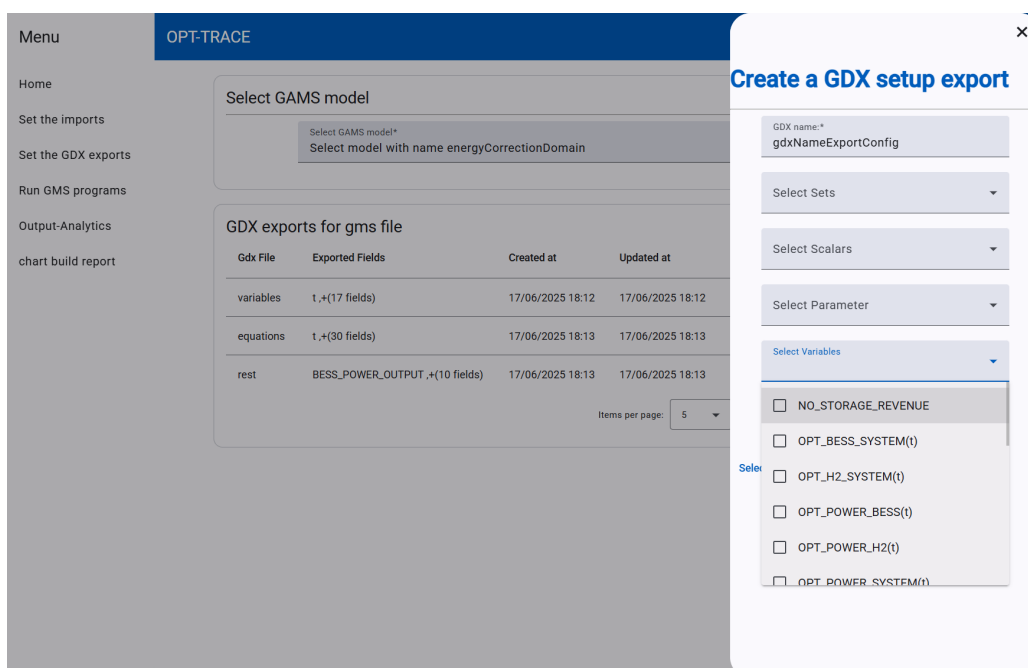
4.4.2.2 Λογισμικό opt-trace

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα με τα exports configurations.
2. Επιλέγουμε το GMS (μοντέλο) από το μενού επιλογής "Select GMS component".
3. Πατάμε το κουμπί δεξιά "new GDX Config".

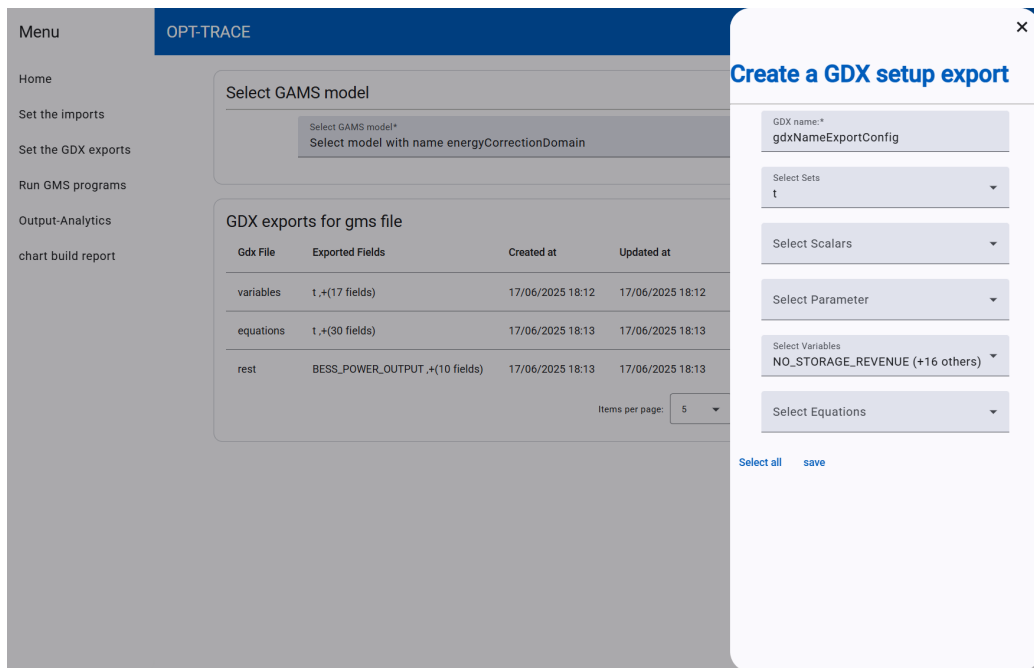


Σχήμα 4.32: location of button 'new GDX-config'

4. Συμπληρώνουμε τη φόρμα: δίνουμε ένα όνομα στο GDX configuration για να μπορούμε να ξεχωρίζουμε μεταξύ των configurations (το όνομα αυτό χρησιμοποιείται και ως όνομα του gdx αρχείου). Επιλέγουμε για καθεμία από τις πέντε κατηγορίες ποια πεδία επιθυμούμε να εξαχθούν.

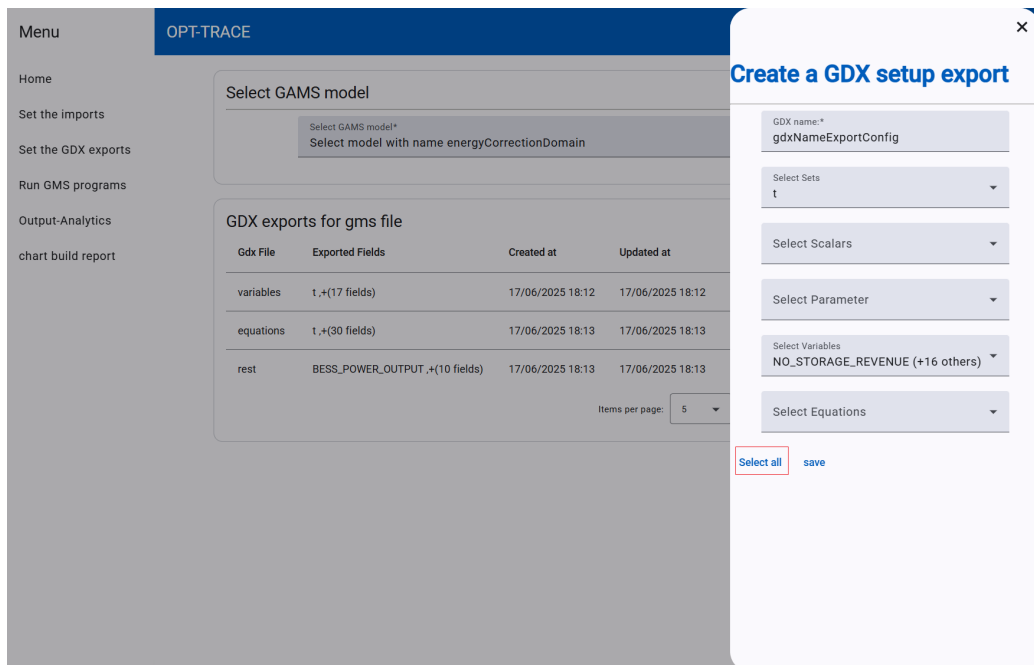


Σχήμα 4.33: fill create a new gdx form

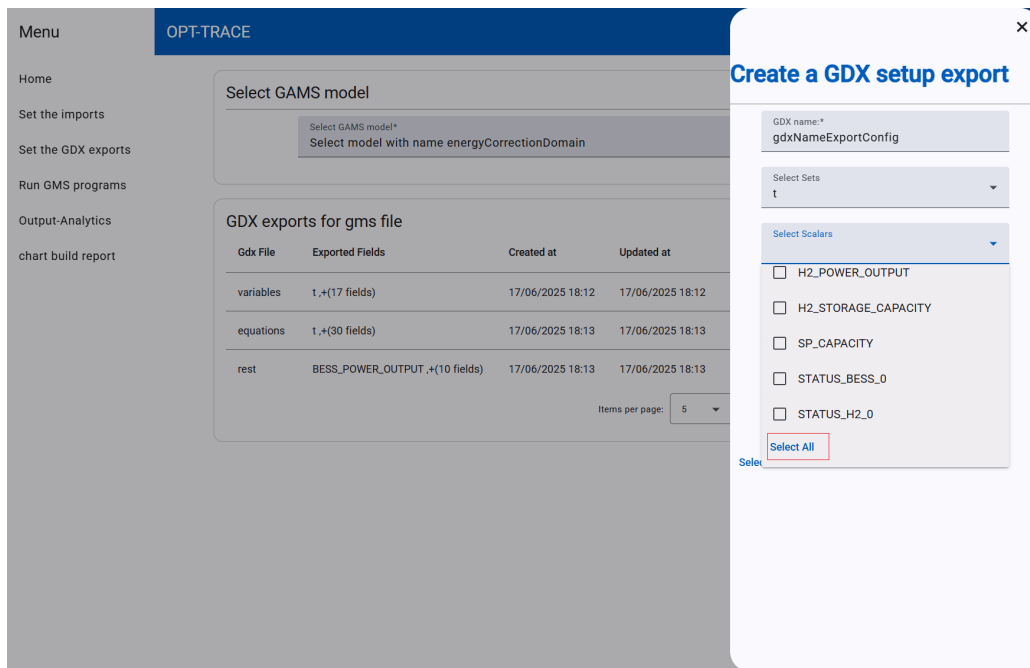


Σχήμα 4.34: view fill create a new gdx form

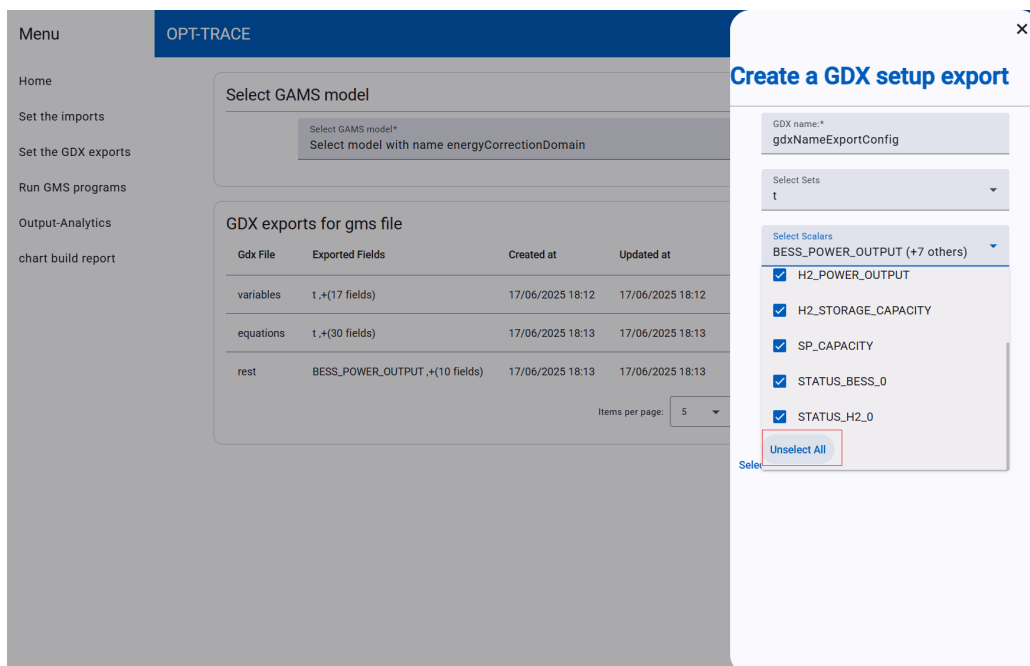
Υπάρχει επίσης επιλογή για "Select all" ή "Unselect all" για κάθε κατηγορία πεδίων, ώστε να μπορούμε εύκολα να επιλέξουμε ή να αποεπιλέξουμε όλα τα πεδία με ένα κλικ.



Σχήμα 4.35: location 'select all' button for all fields

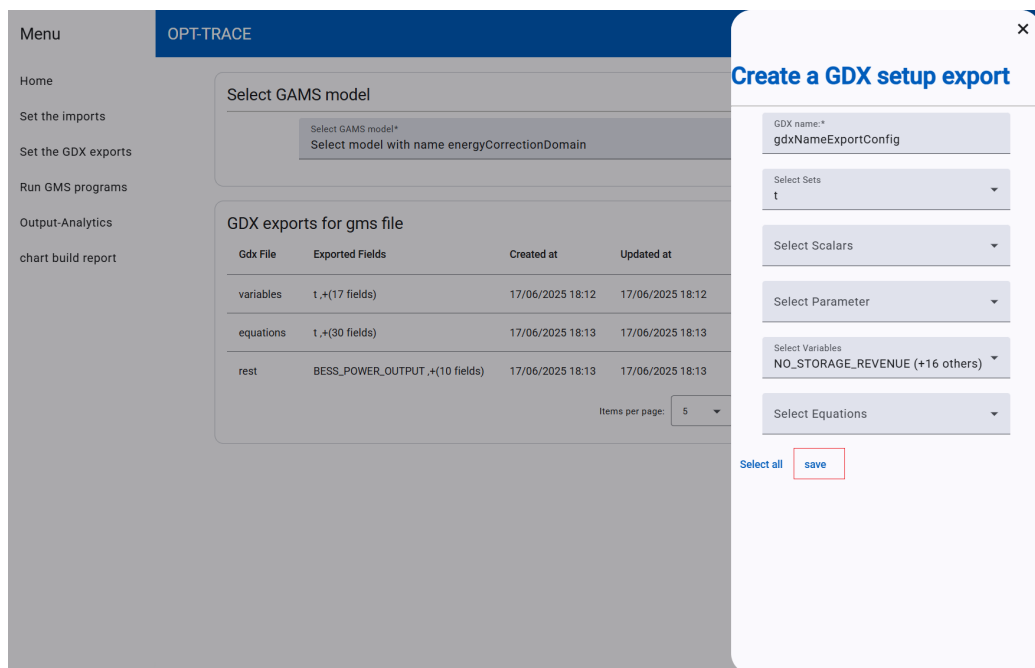


Σχήμα 4.36: location 'select all' button for a type of fields fields

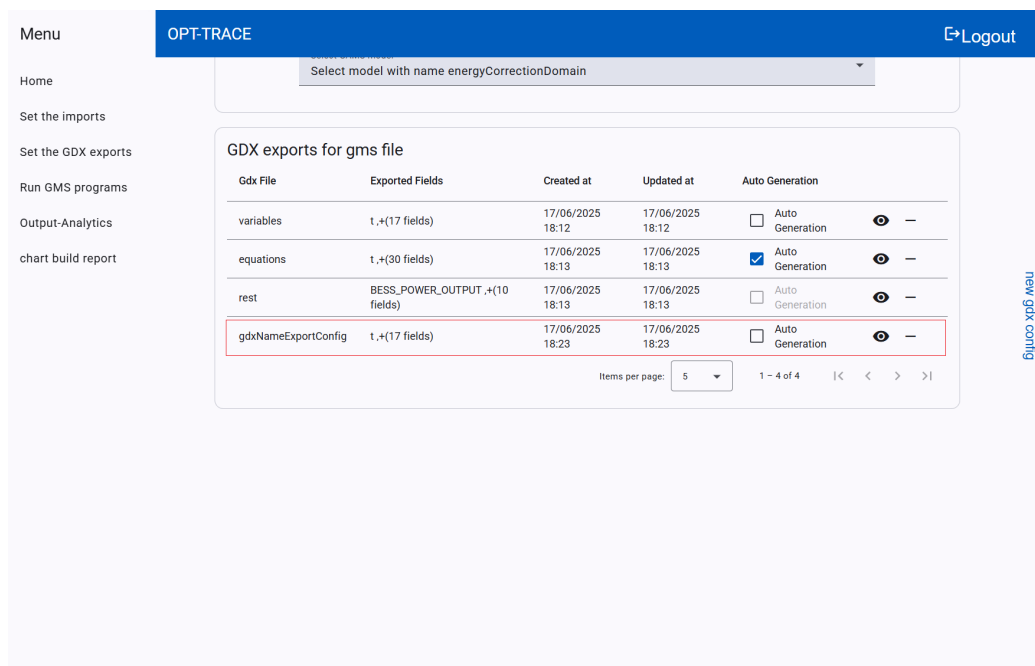


Σχήμα 4.37: location 'unselect all' button for a type of fields fields

5. Πατάμε το κουμπί "Save". Η φόρμα κλείνει και η καινούρια ρύθμιση προ-στίθεται στον πίνακα με τα GDX configurations.



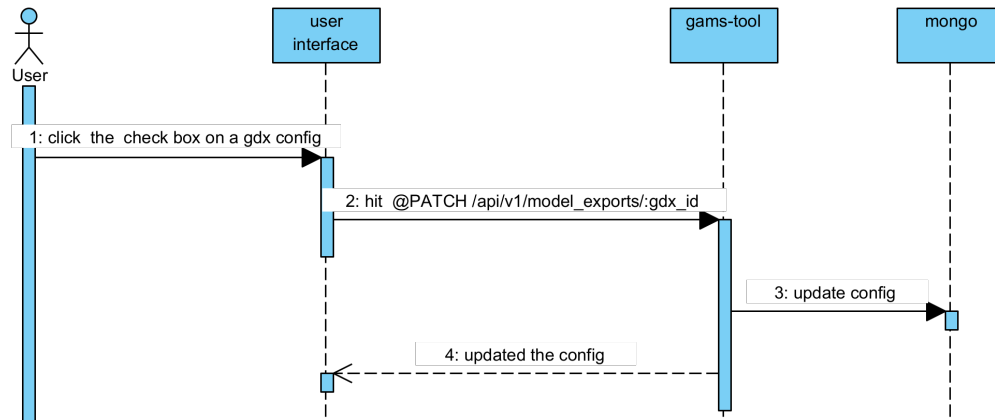
Σχήμα 4.38: location of 'save' btn for new gdx config



Σχήμα 4.39: new gdx config added to table

4.4.3 Ενεργοποίηση / Απενεργοποίηση Σημαίας Auto Chart Generation σε GDX Export Configuration

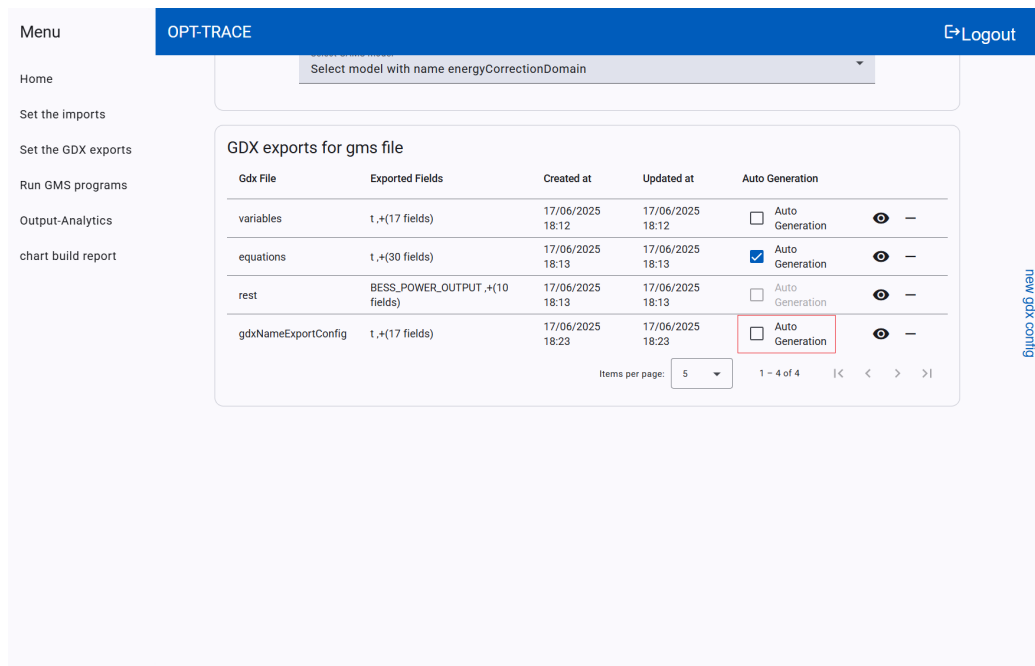
4.4.3.1 Sequence Diagram UML



Σχήμα 4.40: Sequence diagram UML for set up auto chart generation

4.4.3.2 Λογισμικό opt-trace

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα με τα exports configurations.
2. Επιλέγουμε το GMS (μοντέλο) από το μενού επιλογής "Select GMS component".
3. Εντοπίζουμε τη GDX configuration όπου περιέχονται τα sets και τα πεδία που θέλουμε να δημιουργούνται για αυτά τα charts, και εναλλασσόμαστε την κατάσταση της σημαίας auto gen. Τα διαγράμματα που δημιουργούνται αφορούν τα πεδία εξισώσεων και μεταβλητών που βρίσκονται στο GDX config, τα οποία έχουν ως μία διάσταση κάποια από τα set που περιλαμβάνονται σε αυτό το config και είναι διδιάστατα δηλαδή(x,y).

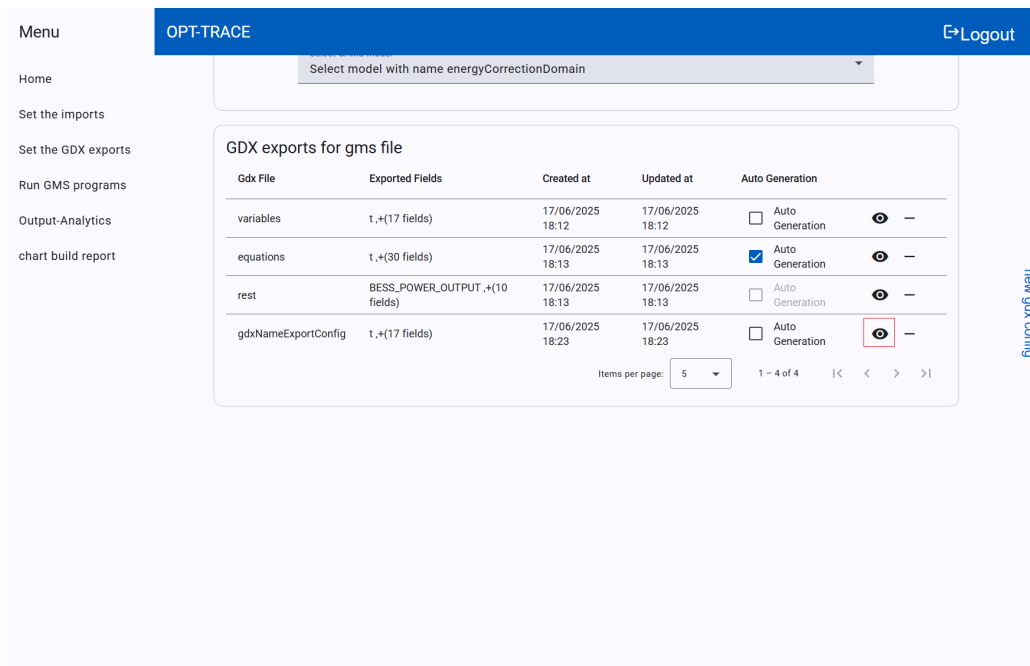


Σχήμα 4.41: location of 'auto-gen' checkbox

4.4.4 Προβολή πεδίων που περιλαμβάνονται σε ένα GDX Export Configuration.

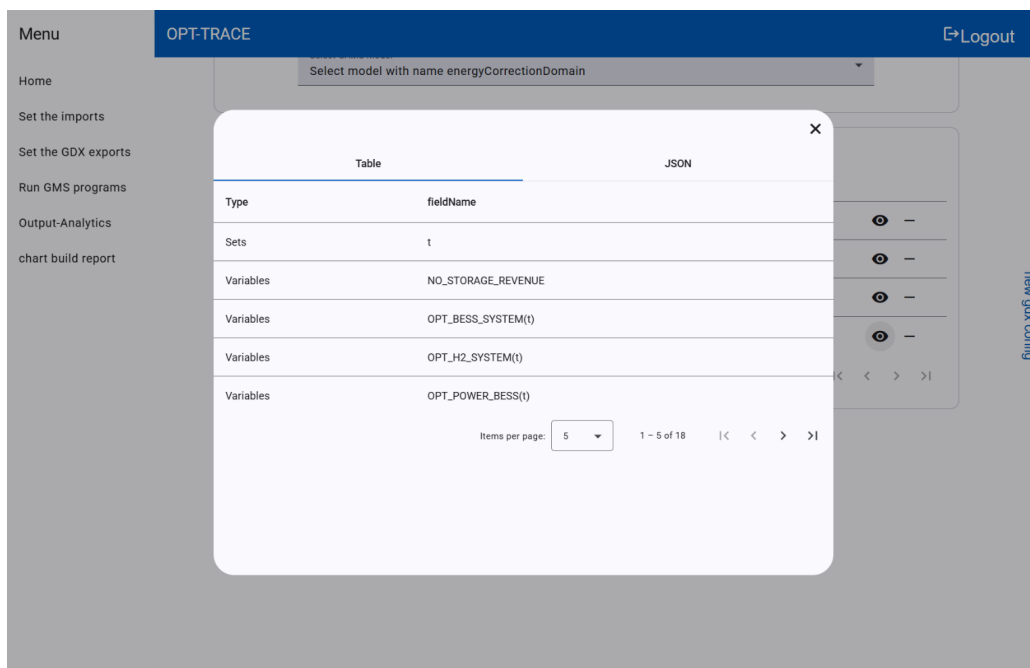
4.4.4.1 Λογισμικό opt-trace

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα με τα exports configurations.
2. Επιλέγουμε το GMS (μοντέλο) από το μενού επιλογής "Select GMS component".
3. Εντοπίζουμε τη GDX configuration που επιθυμούμε και πατάμε το κουμπί "visibility" στη γραμμή της, για να εμφανιστούν αναλυτικά τα πεδία που περιλαμβάνονται στη συγκεκριμένη ρύθμιση εξαγωγής.

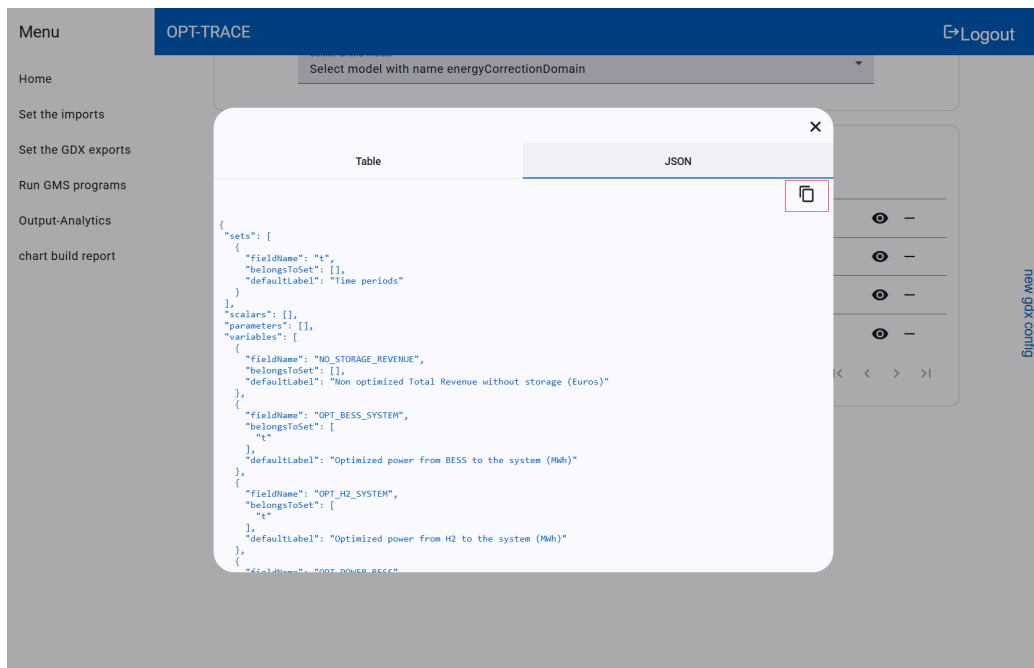


Σχήμα 4.42: location of 'visibility' button for fields

Στην προβολή του JSON, υπάρχει και η δυνατότητα αντιγραφής στο πρόχειρο (copy to clipboard), ώστε ο χρήστης να μπορεί εύκολα να αποθηκεύσει ή να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα της GDX export configuration αλλού.



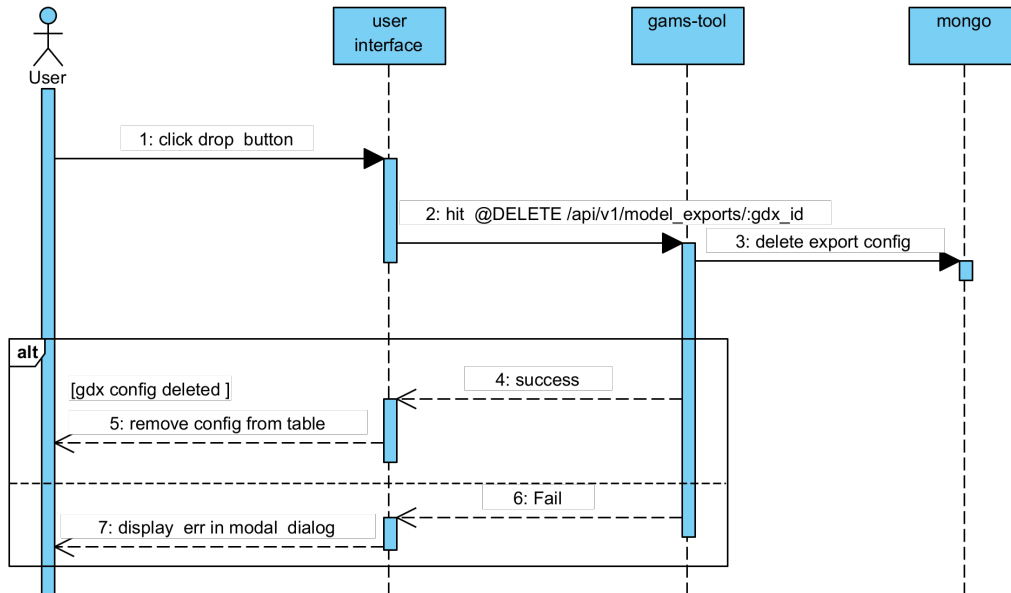
Σχήμα 4.43: view gdx fields in tables



Σχήμα 4.44: view gdx fields in json format

4.4.5 Διαγραφή GDX Export Configuration.

4.4.5.1 Sequence Diagram UML



Σχήμα 4.45: Sequence diagram UML for drop a gdx config

4.4.5.2 Λογισμικό opt-trace

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα με τα exports configurations.
2. Επιλέγουμε το GMS (μοντέλο) από το μενού επιλογής "Select GMS component".

- Εντοπίζουμε τη GDX configuration που επιθυμούμε να διαγραφεί και πατάμε το κουμπί “-” στη γραμμή της.

The screenshot shows the OPT-TRACE web application. On the left is a menu with options: Home, Set the imports, Set the GDX exports, Run GMS programs, Output-Analytics, and chart build report. The main area has a blue header with 'OPT-TRACE' and a 'Logout' button. Below the header, there's a 'Select GAMS model' section with a dropdown menu. The main content is a table titled 'GDX exports for gms file'. The table has the following data:

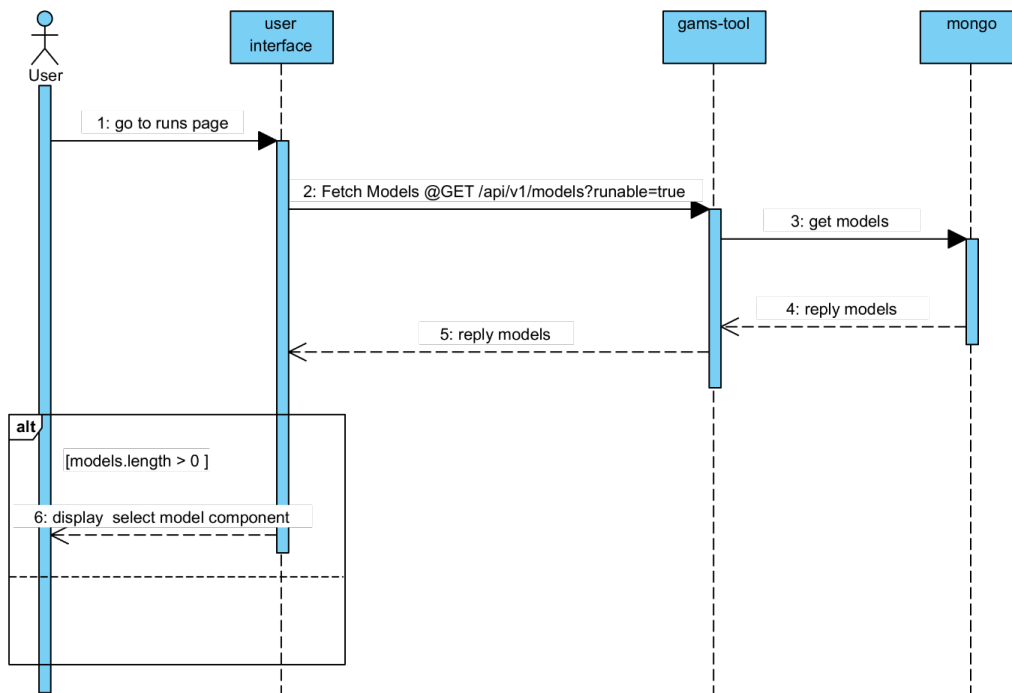
Gdx File	Exported Fields	Created at	Updated at	Auto Generation
variables	t,+(17 fields)	17/06/2025 18:12	17/06/2025 18:12	☐ Auto Generation
equations	t,+(30 fields)	17/06/2025 18:13	17/06/2025 18:13	☒ Auto Generation
rest	BESS_POWER_OUTPUT ,+(10 fields)	17/06/2025 18:13	17/06/2025 18:13	☐ Auto Generation
gdxNameExportConfig	t,+(17 fields)	17/06/2025 18:23	17/06/2025 18:23	☐ Auto Generation

At the bottom of the table, there is a pagination control showing 'Items per page: 5' and '1 - 4 of 4'. A vertical label 'new gdx config' is positioned to the right of the table.

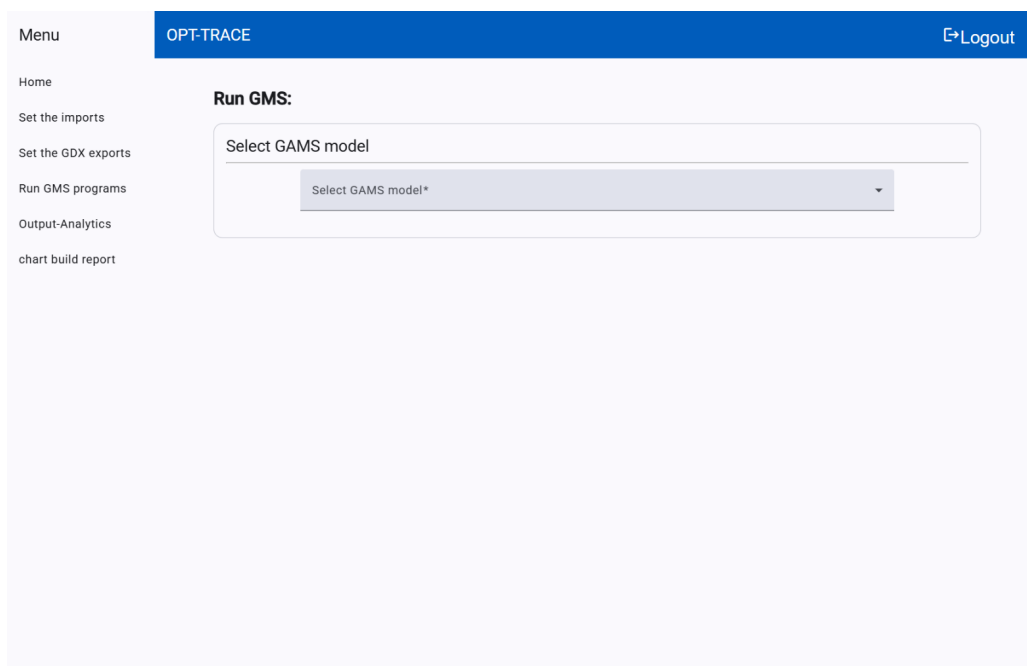
Σχήμα 4.46: location of '-' drop gdx button

4.5 Σελίδα για εκτέλεση μοντέλων (run GMS Page)

Αυτή η σελίδα χρησιμοποιείται για να δοθούν εντολές εκτέλεσης στα μοντέλα του χρήστη. Ο χρήστης είναι υπεύθυνος για τις ρυθμίσεις (configurations) που έχει ορίσει για κάθε μοντέλο. Πριν ξεκινήσει η εκτέλεση, θα πρέπει να έχει διασφαλίσει ότι όλα τα απαραίτητα δεδομένα εισόδου, καθώς και τα GDX export configurations (εφόσον απαιτούνται), έχουν ρυθμιστεί σωστά.



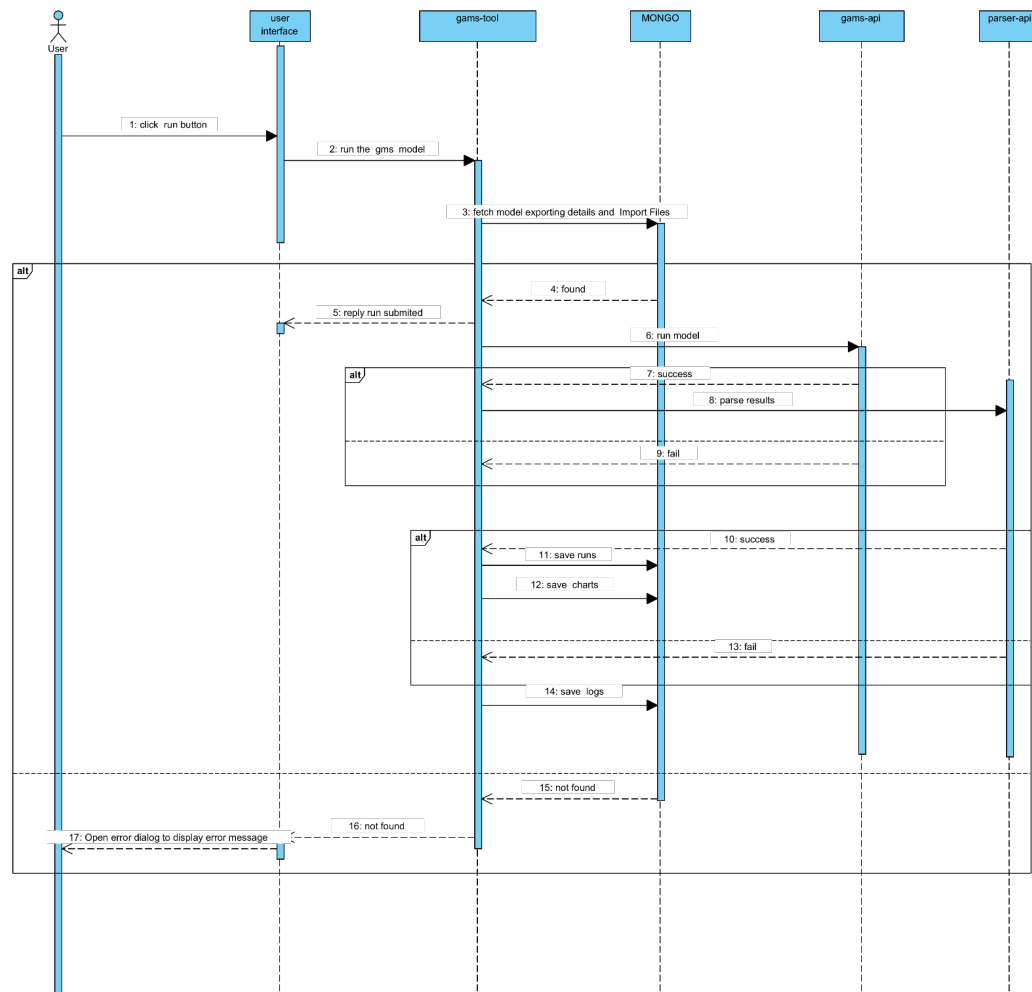
Σχήμα 4.47: Sequence diagram UML for going to runs models page



Σχήμα 4.48: open page run a gms model

4.5.1 Εκτέλεση Μοντέλων

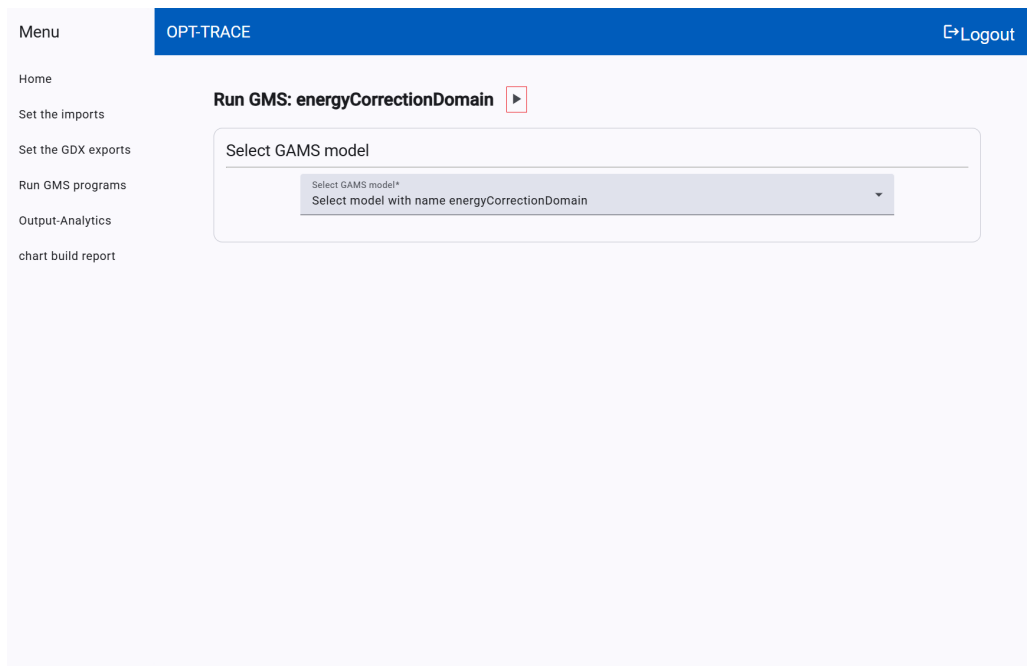
4.5.1.1 Sequence Diagram UML



Σχήμα 4.49: Sequence diagram UML for running a fms model

4.5.1.2 Λογισμικό opt-trace

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα "runsGMS".
2. Επιλέγουμε το GMS (μοντέλο) από το μενού επιλογής "Select GMS component".
3. Πατάμε το κουμπί "Play" για να ξεκινήσει η εκτέλεση του μοντέλου.



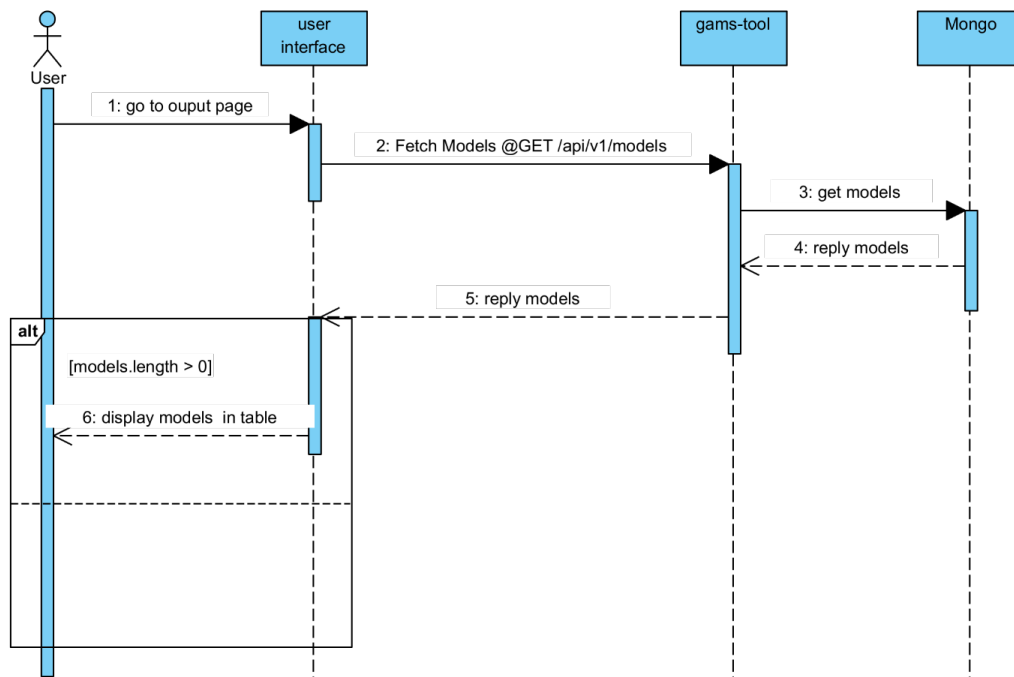
Σχήμα 4.50: location of 'play' button in runs page

4.6 Σελίδα Διαχείρισης, Ανάλυσης και Αλληλεπίδρασης με Αρχεία Εξόδου (Outputs Pages)

Η σελίδα Outputs χρησιμοποιείται για να παρακολουθούμε και να αλληλεπιδρούμε με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις εκτελέσεις των μοντέλων.

Δυνατότητες της Σελίδας Outputs:

1. Προβολή αποτελεσμάτων: Μπορούμε να εξετάσουμε τα δεδομένα εξόδου με πίνακες και διαγράμματα.
2. Διαγραφή αποτελεσμάτων: Έχουμε τη δυνατότητα να διαγράψουμε παλιές ή ανεπιθύμητες εκτελέσεις.
3. Οπτικοποίηση: Δημιουργία διαγραμμάτων και πινάκων για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.
4. Λήψη αρχείων: Κατεβάζουμε τα αρχεία εξόδου που προέκυψαν από προηγούμενες εκτελέσεις.
5. Διαγραφή μοντέλων: Παρέχεται η δυνατότητα διαγραφής ενός μοντέλου, μαζί με όλες τις εκτελέσεις και τις ρυθμίσεις του.



Σχήμα 4.51: Sequence diagram UML go to outputs page

Menu

Home
Set the imports
Set the GDX exports
Run GMS programs
Output-Analytics
chart build report

OPT-TRACE

Logout

GMS Models

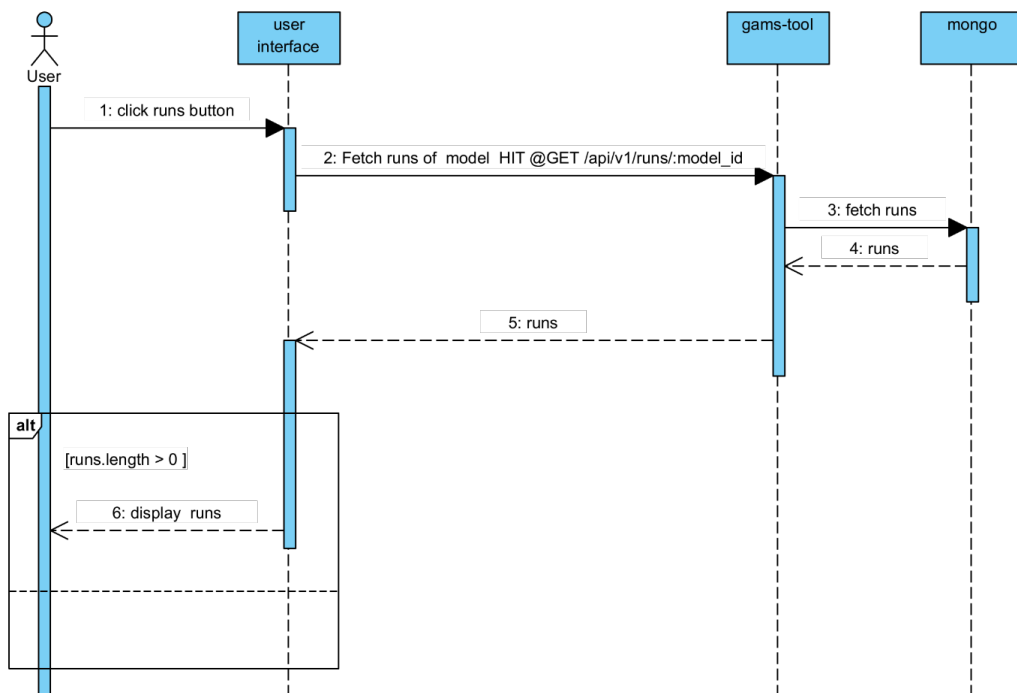
model name	Created At	
run	17/06/2025 18:07	~ RUNS + 📄 -
energyCorrectionDomain	17/06/2025 18:07	~ RUNS + 📄 -

Items per page: 5
1 - 2 of 2
|< < > >|

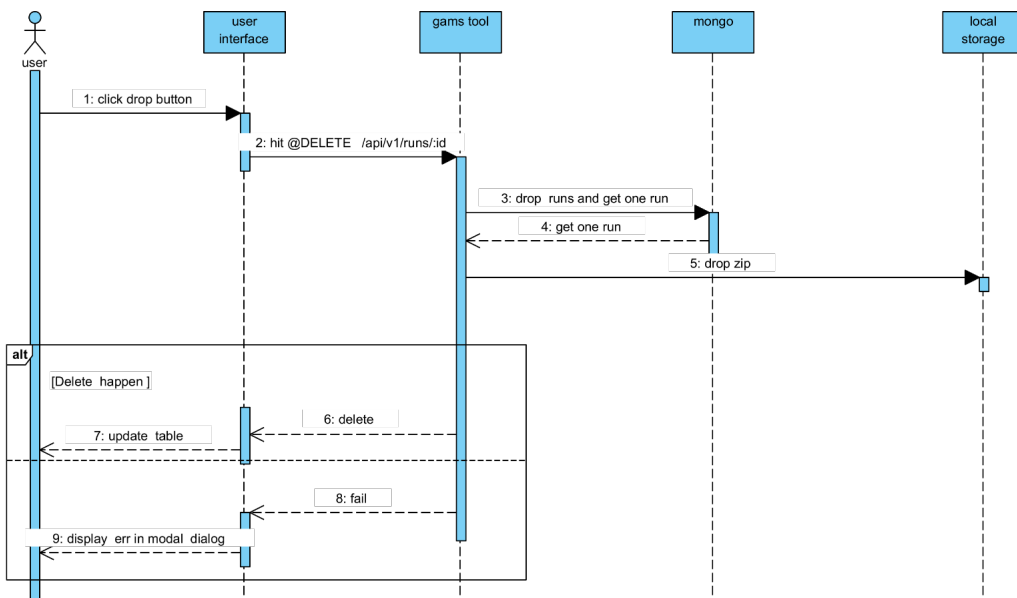
Σχήμα 4.52: open outputs page

4.6.1 Αλληλεπίδραση με τις εκτελέσεις των μοντέλων

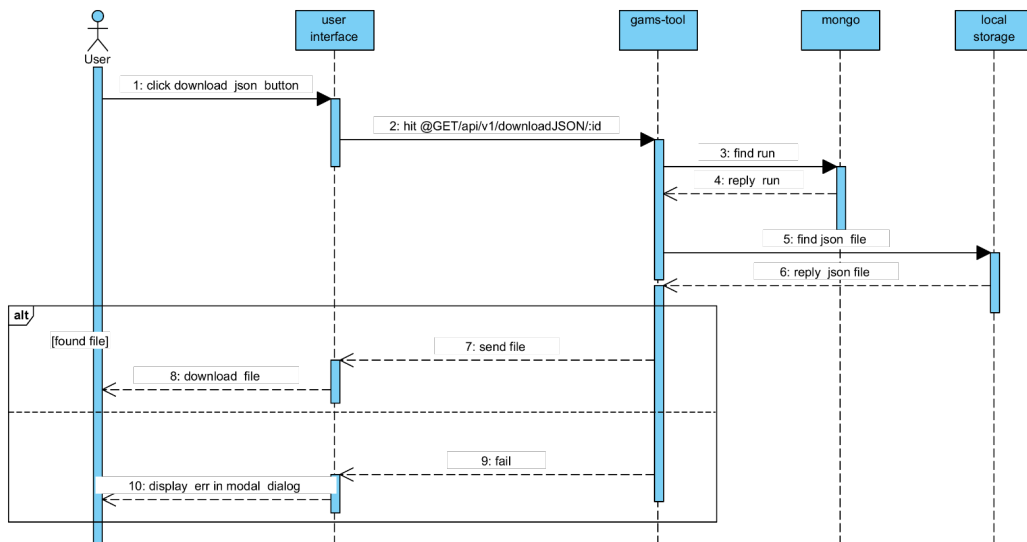
4.6.1.1 Sequence Diagrams UML



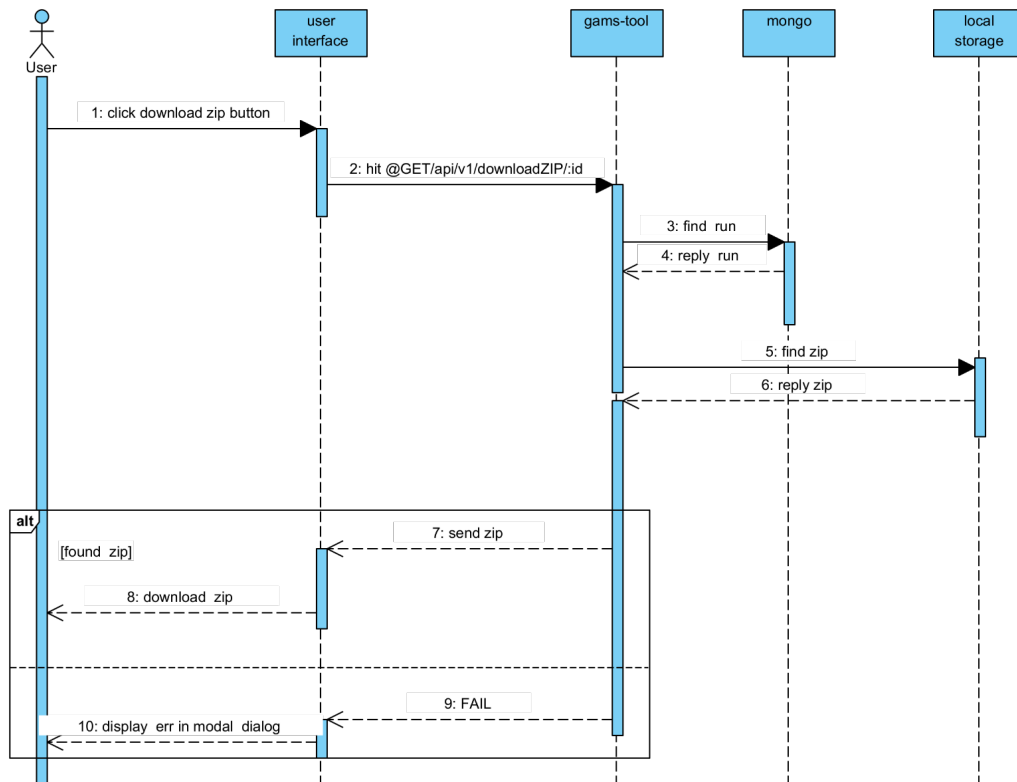
Σχήμα 4.53: Sequence diagram UML for fetch runs



Σχήμα 4.54: Sequence diagram UML for dropping a run



Σχήμα 4.55: Sequence diagram UML for download json file



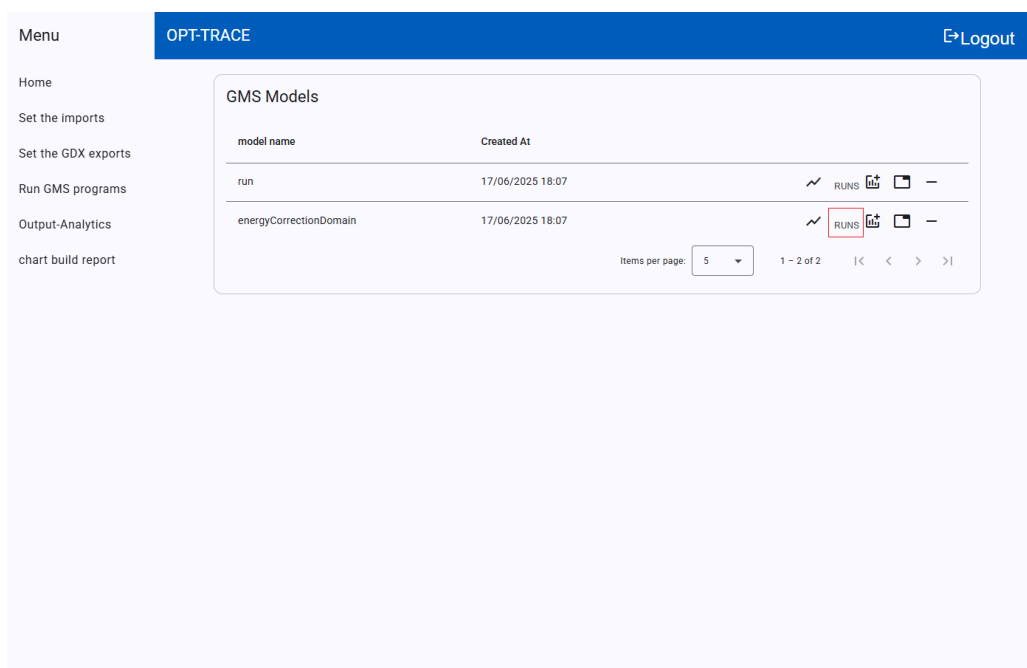
Σχήμα 4.56: Sequence diagram UML for download zip results

4.6.1.2 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Προβολή Εκτελέσεων

Ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα, μπορούμε να δούμε τις διαθέσιμες εκτελέσεις για κάθε μοντέλο και να αλληλεπιδράσουμε με τα αποτελέσματά τους:

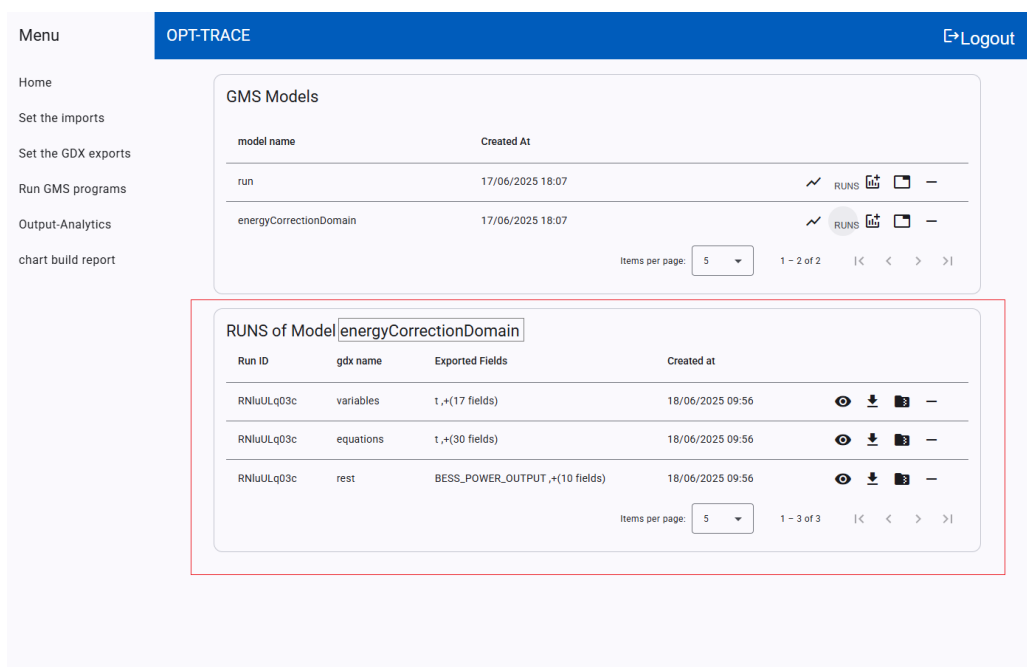
1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).
2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) μέσα από τον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.

3. Πατάμε το κουμπί "Runs" δίπλα στο μοντέλο.



Σχήμα 4.57: location of 'RUNS' button in outputs page

4. Αν υπάρχουν διαθέσιμα αποτελέσματα, τότε κάτω από τον πίνακα των μοντέλων εμφανίζεται ο πίνακας με τις εκτελέσεις του επιλεγμένου μοντέλου.

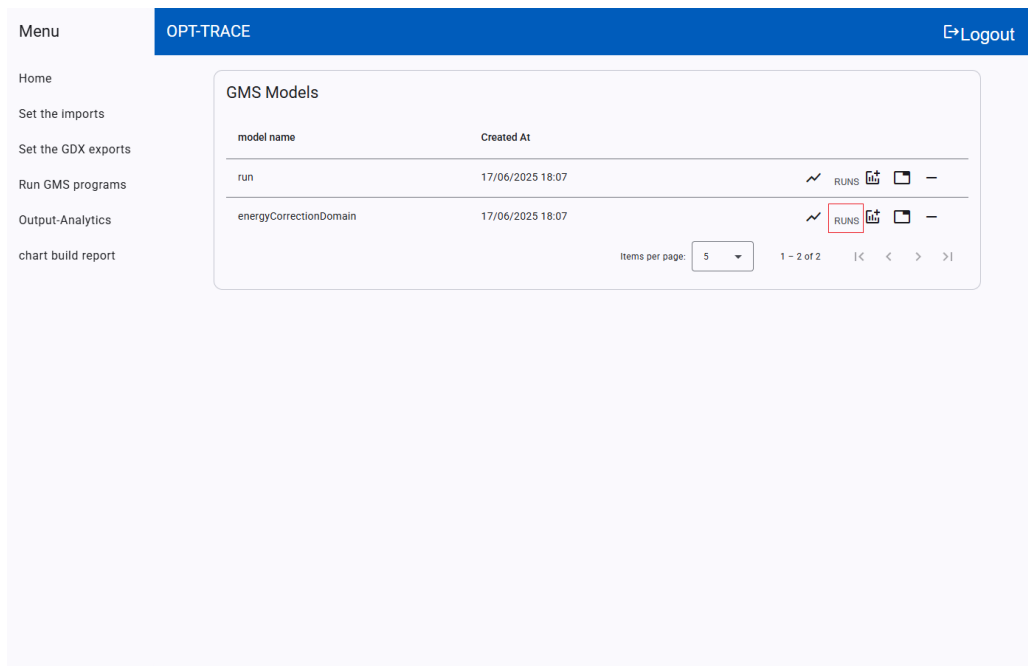


Σχήμα 4.58: view runs of a model

4.6.1.3 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Προβολή Πεδίων στο Αρχείο Εκτέλεσης

Βήματα :

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).
2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) στον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.
3. Πατάμε το κουμπί "Runs" δίπλα στο μοντέλο για να εμφανιστεί ο πίνακας εκτελέσεων.



Σχήμα 4.59: location of button 'RUNS' in outputpage

4. Πατάμε το κουμπί "visibility" στη γραμμή της εκτέλεσης που μας ενδιαφέρει για να δούμε τα πεδία που υπάρχουν σε αυτήν.

Menu

Home

Set the imports

Set the GDx exports

Run GMS programs

Output-Analytics

chart build report

OPT-TRACE

Logout

GMS Models

model name	Created At	
run	17/06/2025 18:07	RUNS
energyCorrectionDomain	17/06/2025 18:07	RUNS

Items per page: 51 - 2 of 2<>>|

RUNS of Model energyCorrectionDomain

Run ID	gdx name	Exported Fields	Created at	
RNluULq03c	variables	t,+(17 fields)	18/06/2025 09:56	
RNluULq03c	equations	t,+(30 fields)	18/06/2025 09:56	
RNluULq03c	rest	BESS_POWER_OUTPUT,+(10 fields)	18/06/2025 09:56	

Items per page: 51 - 3 of 3<>>|

Σχήμα 4.60: location of 'visibility' button in runs table

Menu

Home

Set the imports

Set the GDx exports

Run GMS programs

Output-Analytics

chart build report

OPT-TRACE

Logout

GMS Models

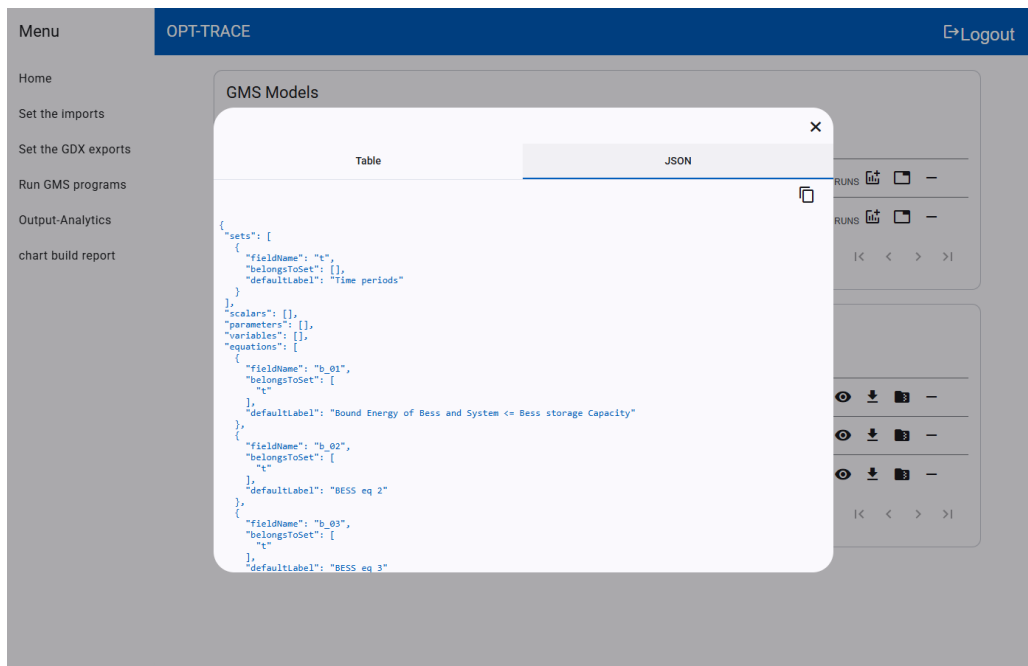
Table

JSON

Type	fieldName
Sets	t
Equations	b_01(t)
Equations	b_02(t)
Equations	b_03(t)
Equations	b_04(t)

Items per page: 51 - 5 of 31<>>|

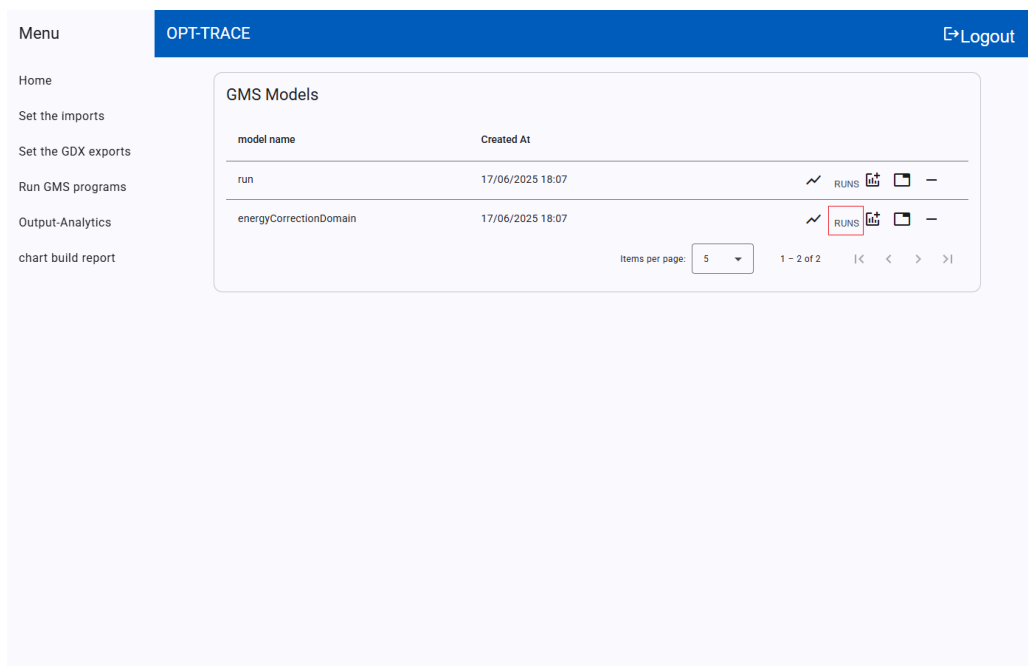
Σχήμα 4.61: view exported of a run fields in a table



Σχήμα 4.62: view exported of a run fields in json format

4.6.1.4 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Λήψη JSON

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).
2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) στον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.
3. Πατάμε το κουμπί "Runs" δίπλα στο μοντέλο για να εμφανιστεί ο πίνακας εκτελέσεων.



Σχήμα 4.63: location of 'RUNS' button in outputs page

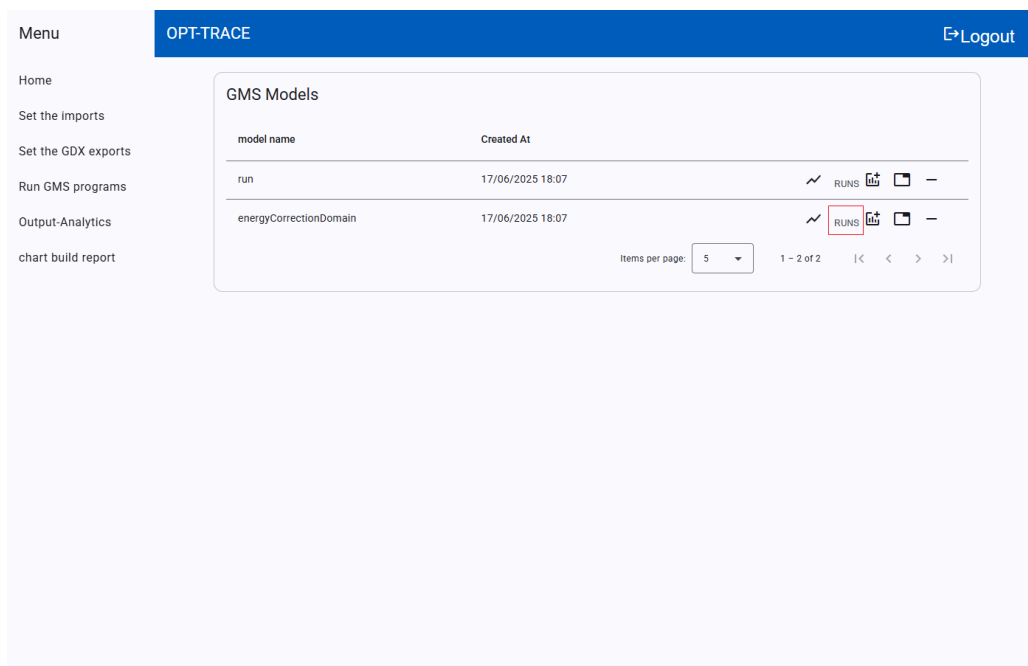
4. Στη γραμμή της εκτέλεσης που μας ενδιαφέρει, πατάμε το κουμπί λήψης JSON για να κατεβάσουμε τα αποτελέσματα της εκτέλεσης σε μορφή .json.

The screenshot shows the OPT-TRACE web application. On the left is a menu with options: Home, Set the imports, Set the GDX exports, Run GMS programs, Output-Analytics, and chart build report. The main area has a blue header with 'OPT-TRACE' and a 'Logout' button. Below the header is a table with columns 'model name' and 'Created At'. It lists two models: 'run' and 'energyCorrectionDomain', both created on 17/06/2025 at 18:07. Below this table is a section titled 'RUNS of Model energyCorrectionDomain' containing a detailed table of runs. This table has columns: Run ID, gdx name, Exported Fields, Created at, and actions. The actions column contains icons for eye, download, and a minus sign. A red box highlights the download icon (which looks like a document with a download arrow) for the first three rows of this table. At the bottom right of the runs table, there is a pagination control showing 'Items per page: 10' and '1 - 6 of 6'.

Σχήμα 4.64: location of 'download json' button in runs table

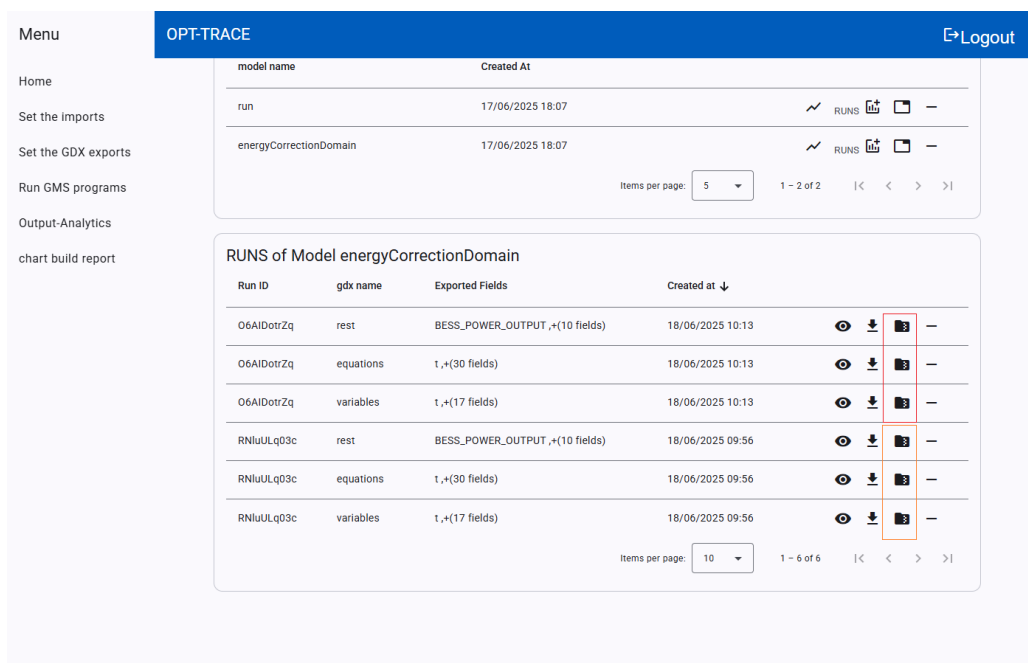
4.6.1.5 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Λήψη ZIP

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).
2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) στον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.
3. Πατάμε το κουμπί "Runs" δίπλα στο μοντέλο για να εμφανιστεί ο πίνακας εκτελέσεων.



Σχήμα 4.65: location of 'RUNS' button in outputs page

4. Σε μία από τις γραμμές που αντιστοιχούν σε εκτέλεση που μας ενδιαφέρει, αν πατήσουμε το κουμπί λήψης ZIP, θα κατεβάσουμε ένα αρχείο .zip που περιέχει όλα τα αρχεία εξόδου της συγκεκριμένης εκτέλεσης.

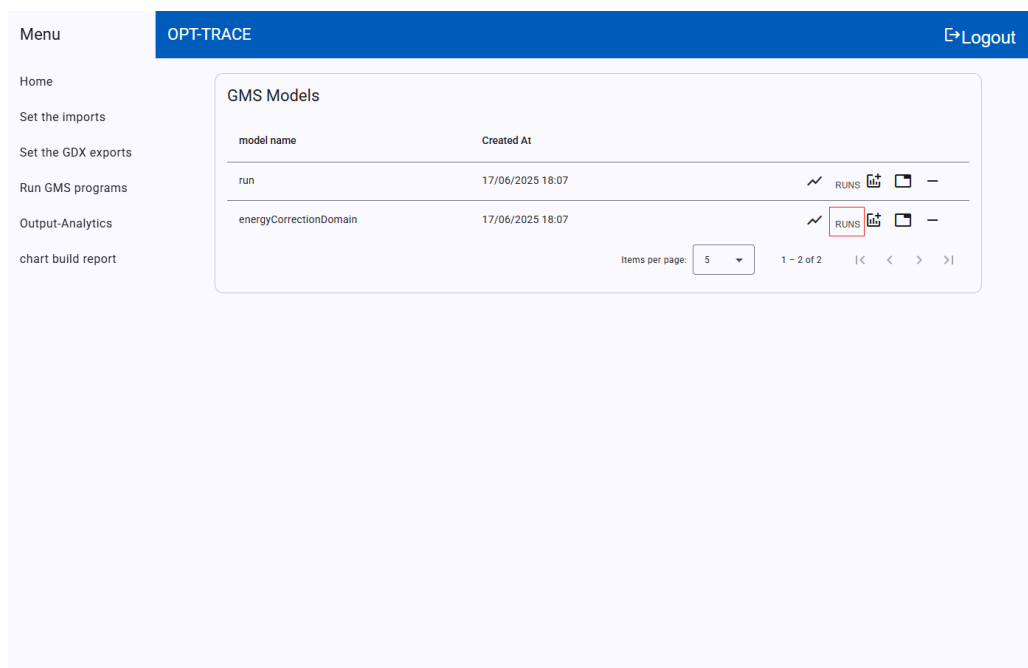


Σχήμα 4.66: location of 'download zip' button in runs table

Στον συγκεκριμένο πίνακα εμφανίζονται δύο εκτελέσεις.

4.6.1.6 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Διαγραφή Εκτέλεσης

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).
2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) στον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.
3. Πατάμε το κουμπί "Runs" δίπλα στο μοντέλο για να εμφανιστεί ο πίνακας εκτελέσεων.



Σχήμα 4.67: location of 'RUNS' button in outputs page

4. Σε μία από τις γραμμές που αντιστοιχούν σε εκτέλεση που μας ενδιαφέρει, πατάμε το κουμπί "-" για να διαγράψουμε την εκτέλεση, μαζί με το αρχείο .zip που περιέχει όλα τα αρχεία εξόδου της.

Menu

Home
Set the imports
Set the GDX exports
Run GMS programs
Output-Analytics
chart build report

OPT-TRACE

Logout

GMS Models

model name	Created At	
run	17/06/2025 18:07	✓ RUNS 📄 📄 —
energyCorrectionDomain	17/06/2025 18:07	✓ RUNS 📄 📄 —

Items per page: 5
1 - 2 of 2
|< < > >|

RUNS of Model energyCorrectionDomain

Run ID	gdx name	Exported Fields	Created at ↓	
O6AIDotrZq	rest	BESS_POWER_OUTPUT ,*(10 fields)	18/06/2025 10:13	👁 📄 📄 —
O6AIDotrZq	equations	t ,*(30 fields)	18/06/2025 10:13	👁 📄 📄 —
O6AIDotrZq	variables	t ,*(17 fields)	18/06/2025 10:13	👁 📄 📄 —
RNluULq03c	rest	BESS_POWER_OUTPUT ,*(10 fields)	18/06/2025 09:56	👁 📄 📄 —
RNluULq03c	equations	t ,*(30 fields)	18/06/2025 09:56	👁 📄 📄 —
RNluULq03c	variables	t ,*(17 fields)	18/06/2025 09:56	👁 📄 📄 —

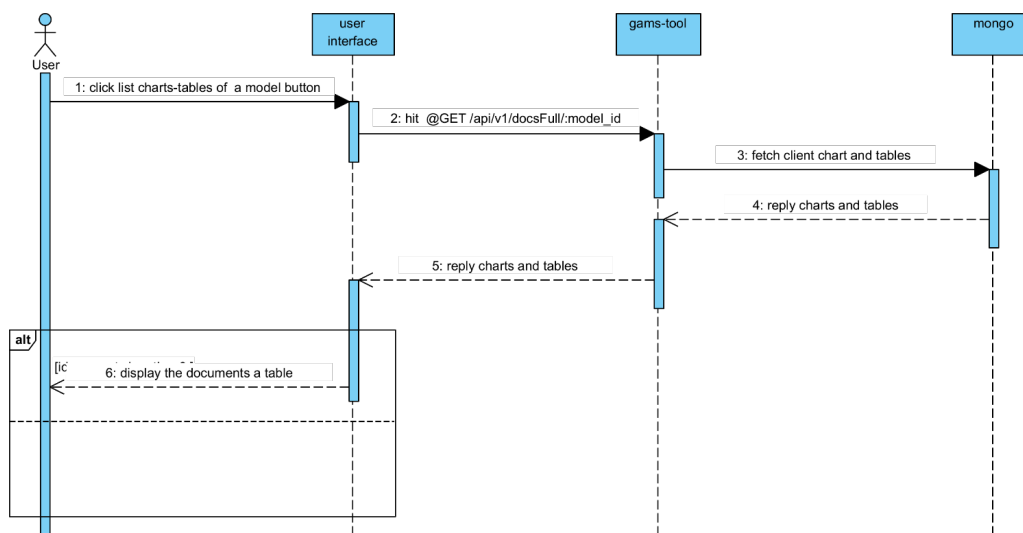
Items per page: 10
1 - 6 of 6
|< < > >|

Σχήμα 4.68: location of '-' drop button in runs table

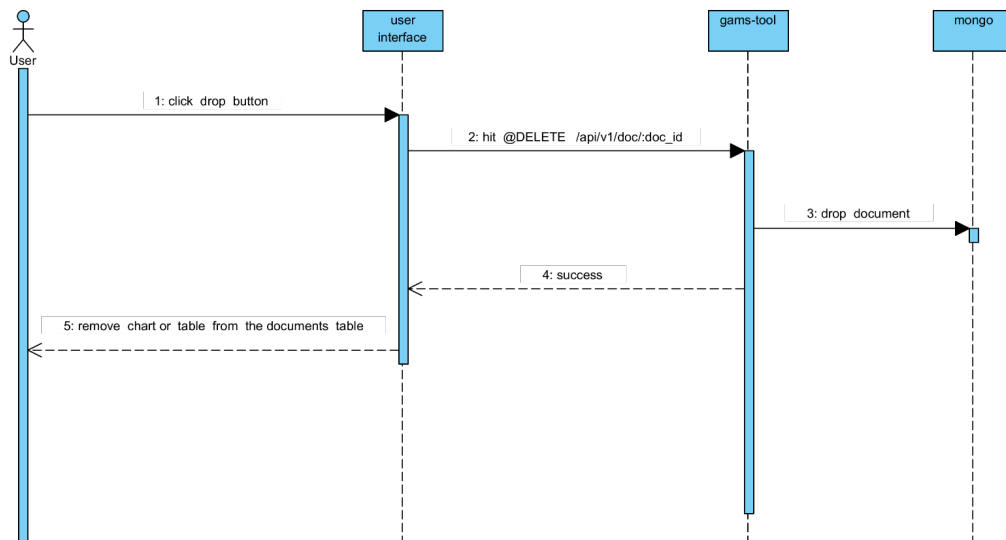
4.6.2 Προβολή και Αλληλεπίδραση με Διαγράμματα και Πίνακες

Σε αυτήν την ενότητα της σελίδας, μπορείτε να προβάλλετε και να αλληλεπιδράσετε με διαγράμματα και πίνακες. Παρέχεται η δυνατότητα εμφάνισης των δεδομένων τόσο σε οπτική μορφή (διάγραμμα) όσο και σε μορφή πίνακα.

4.6.2.1 Sequence Diagrams UML



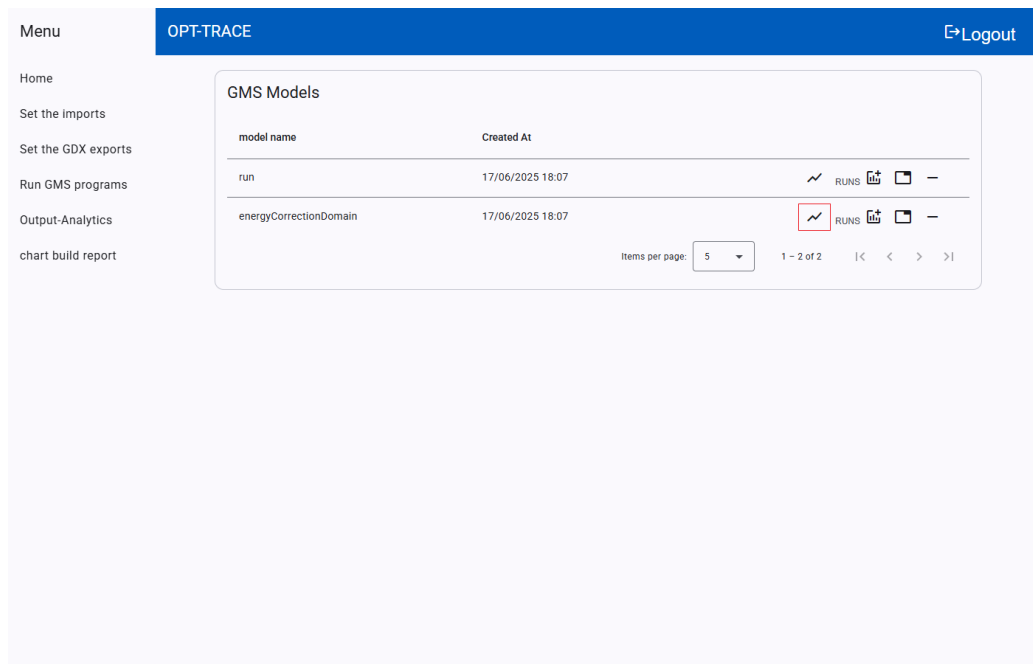
Σχήμα 4.69: Sequence diagram UML fetch charts and tables



Σχήμα 4.70: Sequence diagram UML drop report document

4.6.2.2 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Προβολή λίστας Διαγραμμάτων και Πινάκων.

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).
2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) στον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.
3. Πατάμε το κουμπί "list" δίπλα στο μοντέλο για να εμφανιστεί ο πίνακας εκτελέσεων.



Σχήμα 4.71: location of 'list' button in outputs page

4. Κάτω από τον πίνακα "GMS Models" βρίσκεται ο πίνακας "Documents", όπου

εμφανίζεται η λίστα με τα διαθέσιμα διαγράμματα (charts) και πίνακες (tables) για τις εκτελέσεις του μοντέλου.

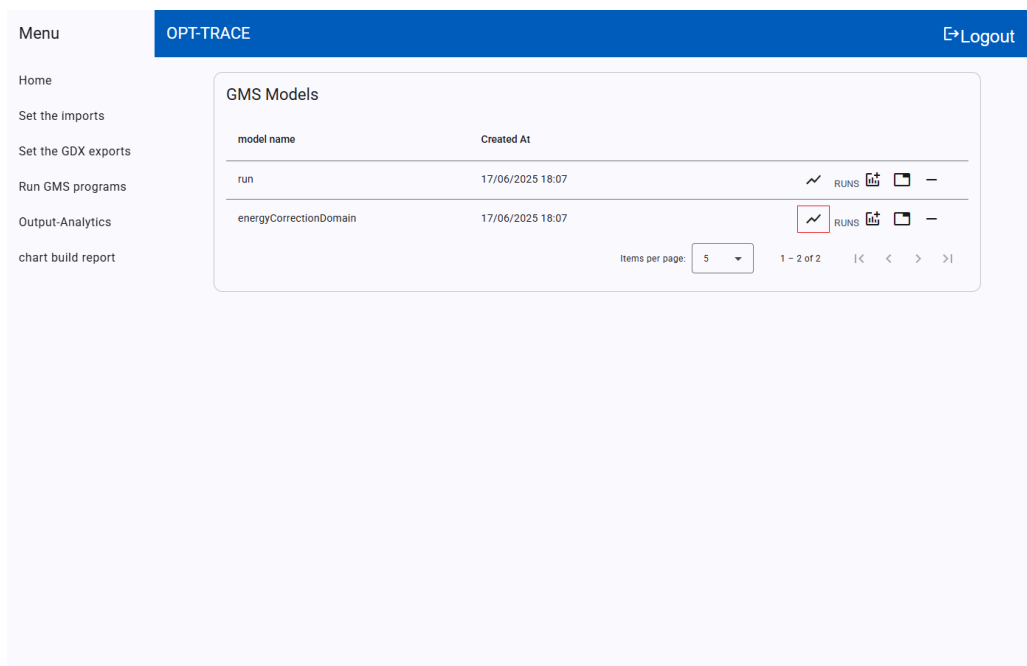
The screenshot shows the OPT-TRACE web interface. On the left is a menu with options: Home, Set the Imports, Set the GDX exports, Run GMS programs, Output-Analytics, and chart build report. The top bar is blue with 'OPT-TRACE' and a 'Logout' button. The main content area displays a table of documents. The table has columns: id, doc title, type, created at, and last updated. There are five rows of documents, all of type 'chart'. Each row has a 'list' icon (a square with a plus sign) and a minus icon. Below the table, there is a pagination bar showing 'Items per page: 5' and '1 - 5 of 52'.

id	doc title	type	created at	last updated
685263338ebd5c0acab65652	RNIuULq03c - h_03 VS t, gdx=equations,	chart	18/06/2025 09:56	18/06/2025 09:56
685263338ebd5c0acab65654	RNIuULq03c - r_04 VS t, gdx=equations,	chart	18/06/2025 09:56	18/06/2025 09:56
685263338ebd5c0acab65656	RNIuULq03c - v_spf_max VS t, gdx=equations,	chart	18/06/2025 09:56	18/06/2025 09:56
685263338ebd5c0acab65658	RNIuULq03c - solar_prod_fc VS t, gdx=equations,	chart	18/06/2025 09:56	18/06/2025 09:56
685263338ebd5c0acab6565a	RNIuULq03c - op_01 VS t, gdx=equations,	chart	18/06/2025 09:56	18/06/2025 09:56

Σχήμα 4.72: view report documents list in outputs page

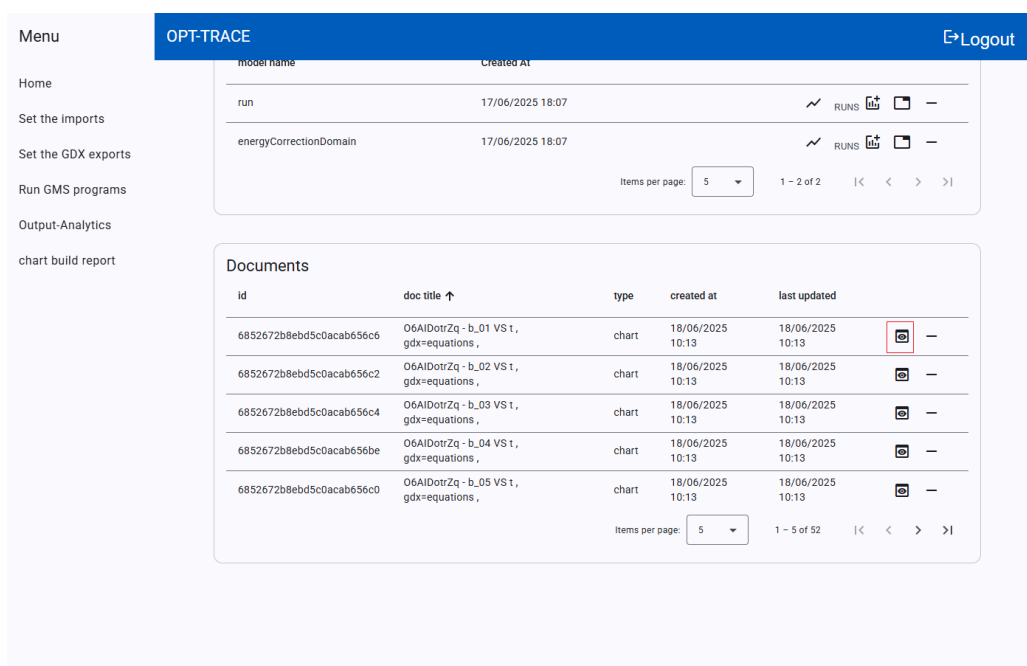
4.6.2.3 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Προβολή Διαγράμματος ή Πίνακα.

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).
2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) στον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.
3. Πατάμε το κουμπί "list" δίπλα στο μοντέλο για να εμφανιστεί ο πίνακας εκτελέσεων.



Σχήμα 4.73: location of 'list' button in outputs page

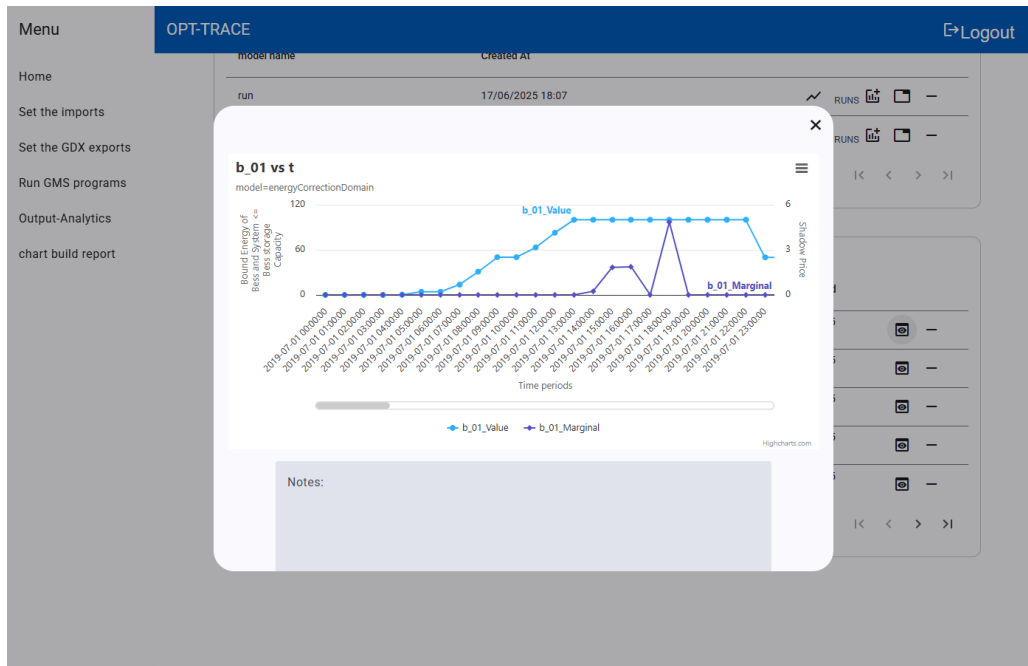
4. Στη γραμμή με το γράφημα που μας ενδιαφέρει, πατάμε το κουμπί "Preview" για να το δούμε αναλυτικά.



Σχήμα 4.74: location of 'Preview' button in documents table

5. Στο παράθυρο προεπισκόπησης (modal-dialog) που ανοίγει, εμφανίζεται το διάγραμμα ή ο πίνακας, καθώς και ό,τι έχει καταχωρηθεί χειροκίνητα στο πεδίο "Notes" του συγκεκριμένου εγγράφου. Το στοιχείο αυτό της σελίδας είναι ενεργό μόνο για ανάγνωση (read-only), δηλαδή δεν είναι δυνατή η επεξεργασία

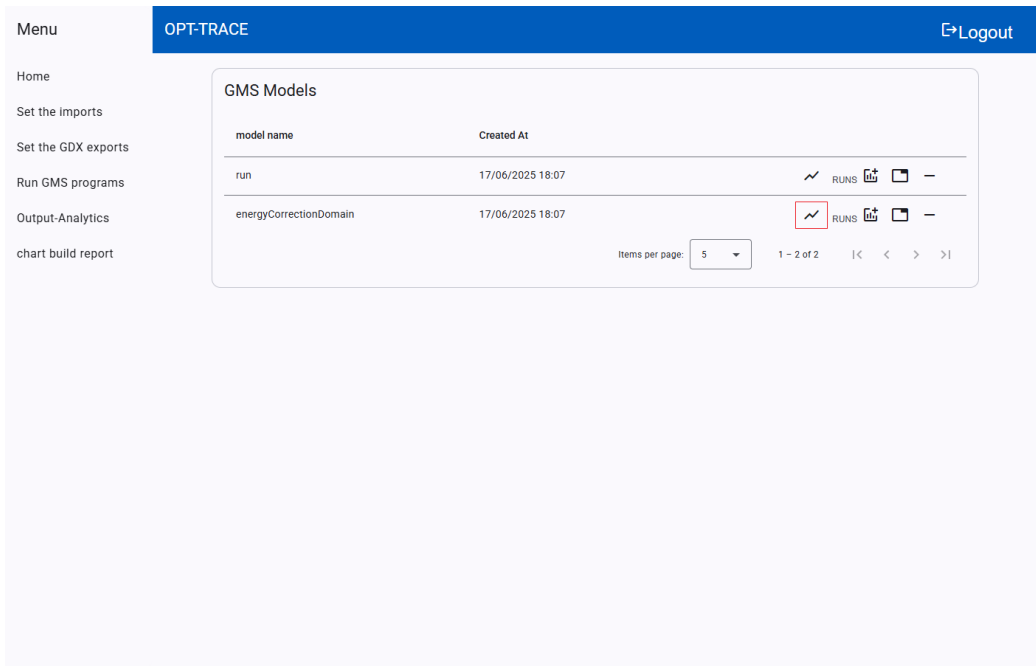
του περιεχομένου των σημειώσεων από εδώ.



Σχήμα 4.75: view a chart in (read-only) modal - dialog

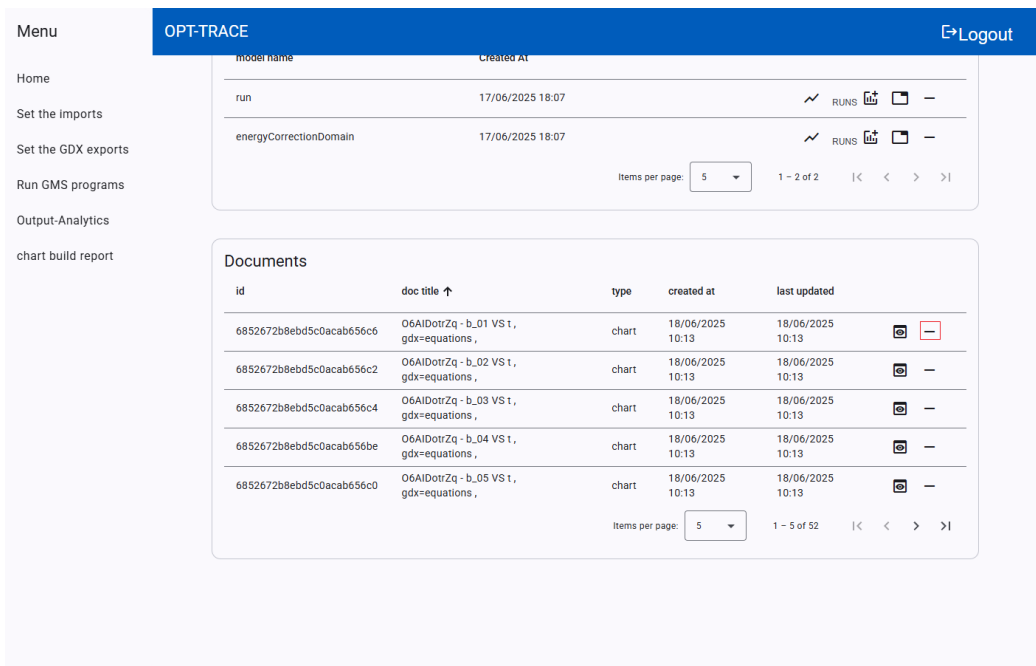
4.6.2.4 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Διαγραφή Διαγράμματος ή Πίνακα.

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).
2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) στον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.
3. Πατάμε το κουμπί "list" δίπλα στο μοντέλο για να εμφανιστεί ο πίνακας εκτελέσεων.



Σχήμα 4.76: location of 'list' button in outputs page

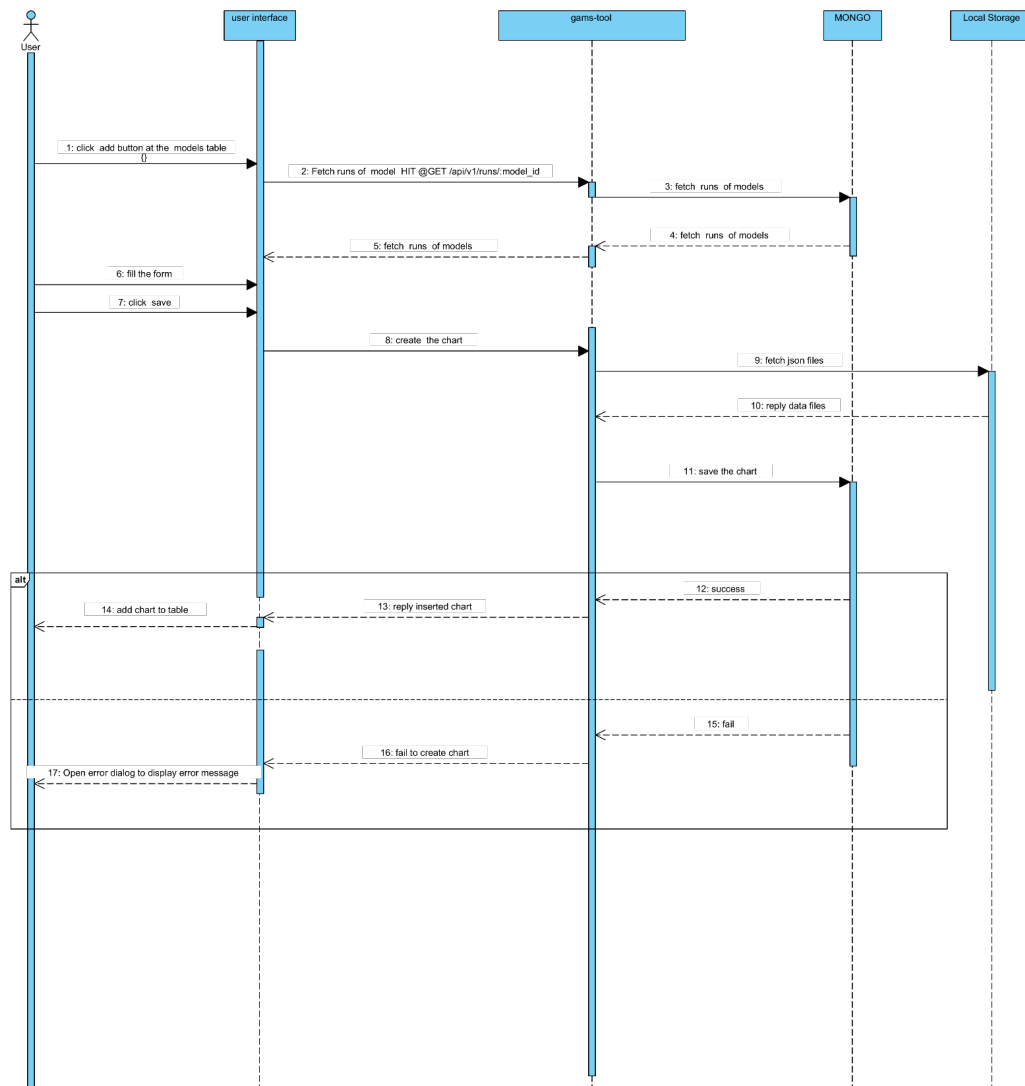
4. Στη γραμμή με το γράφημα ή πίνακα που μας ενδιαφέρει να διαγραφουμε , πατάμε το κουμπί “-” .



Σχήμα 4.77: location of "-" drop button in table Documents

4.6.3 Δημιουργία Διαγραμμάτων

4.6.3.1 Sequence Diagram UML



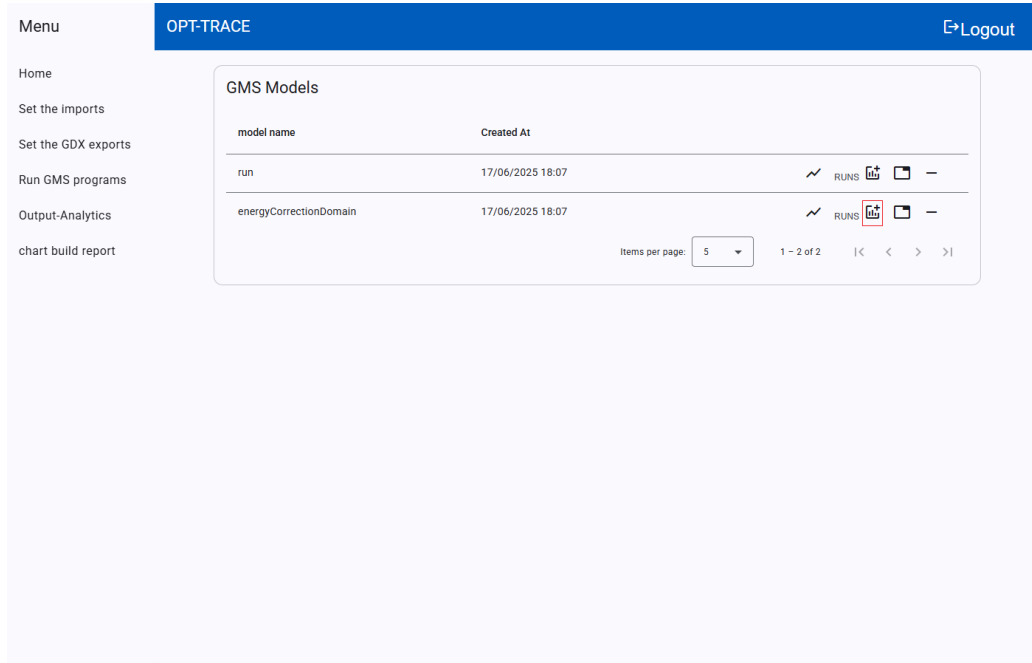
Σχήμα 4.78: Sequence diagram UML for creating charts

4.6.3.2 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Δημιουργία Διαγράμματος

Σε αυτήν την ενότητα της σελίδας, μπορείτε να δημιουργήσετε διαγράμματα χρησιμοποιώντας μία ή περισσότερες εκτελέσεις ενός συγκεκριμένου μοντέλου (GMS). Η λειτουργία αυτή σας επιτρέπει να οπτικοποιήσετε και να συγκρίνετε αποτελέσματα, αξιοποιώντας τόσο τα δεδομένα που δόθηκαν ως είσοδο στο μοντέλο όσο και τα αποτελέσματα της εκτέλεσης. Προϋπόθεση είναι τα δεδομένα αυτά να έχουν δυο διαστάσεις(x,y), καθώς η παρουσία περισσότερων διαστάσεων δεν υποστηρίζεται στη διαδικασία δημιουργίας διαγραμμάτων.

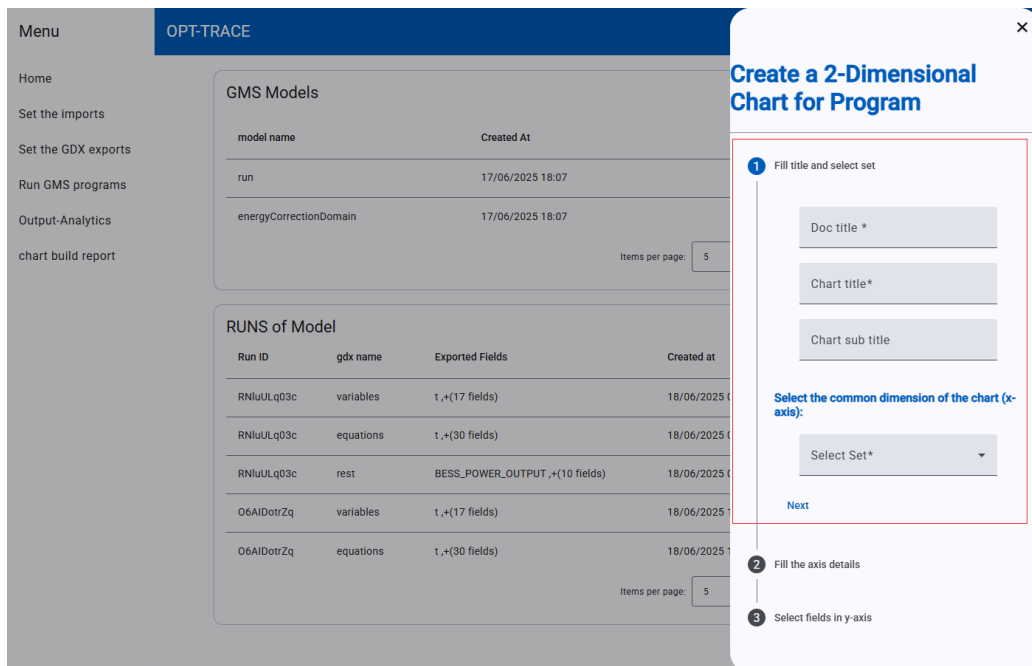
1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).

2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) στον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.
3. Πατάμε το κουμπί "Add Chart" δίπλα στο μοντέλο για να εμφανιστεί η φόρμα δημιουργίας διαγράμματος.

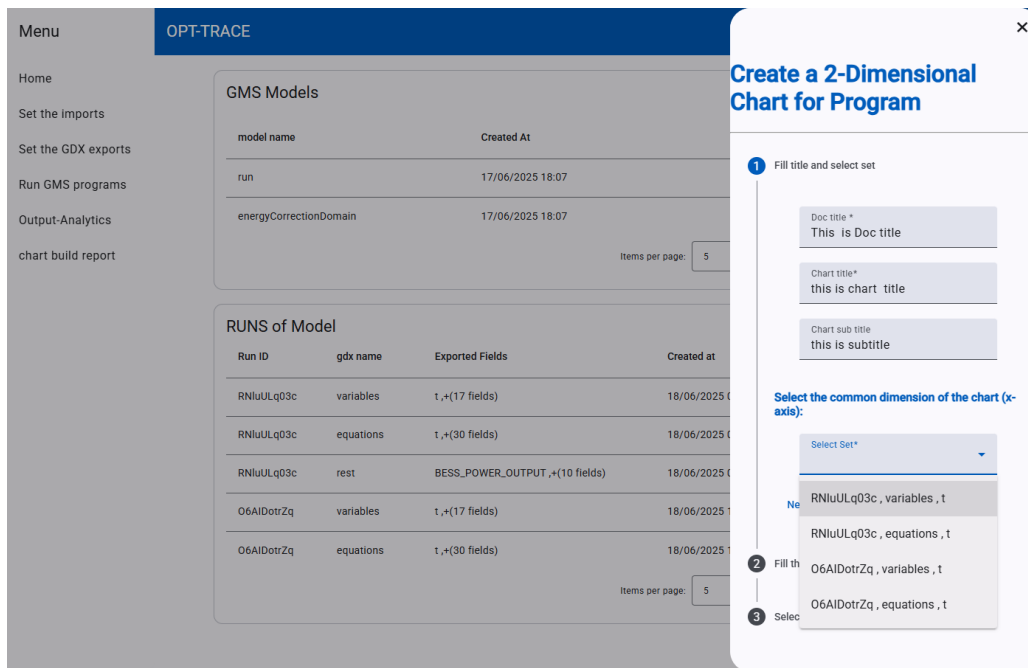


Σχήμα 4.79: location of "Add Chart" button

4. Η φόρμα εμφανίζεται στα δεξιά της οθόνης μας σε modal-dialog παράθυρο και αποτελείται από 3 μέρη. Στο πρώτο μέρος:



Σχήμα 4.80: Create Chart form step 1



Σχήμα 4.81: Create Chart form step 1 choose x-axis

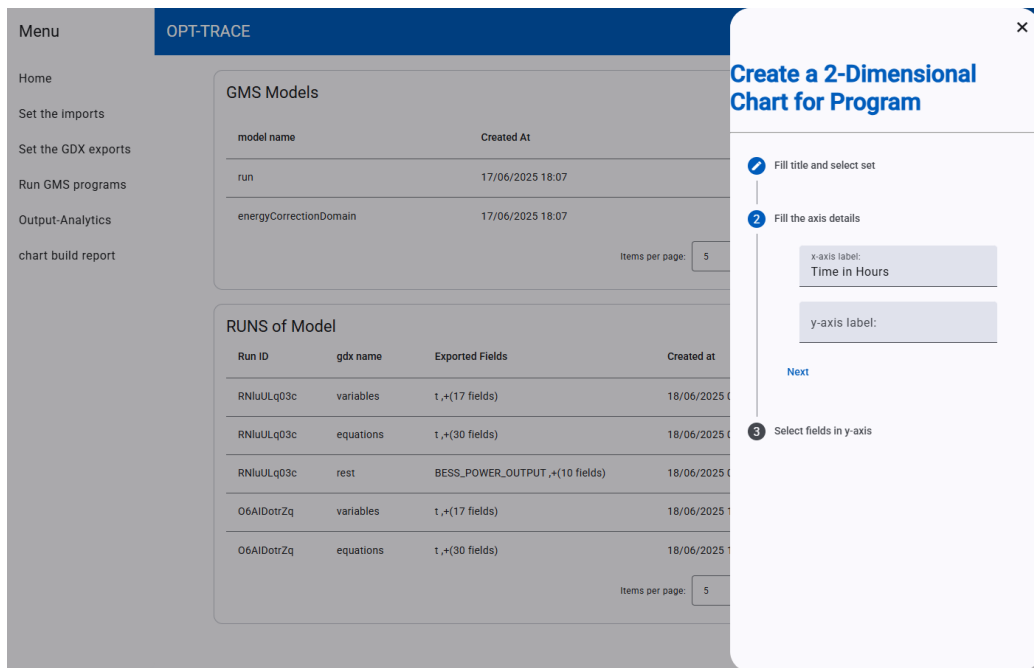
5. Συμπληρώνουμε στοιχεία για τον τίτλο του εγγράφου που θα εμφανίζεται στον πίνακα 'Documents'.
6. Εισάγουμε τον τίτλο που θέλουμε να εμφανίζεται στο διάγραμμα.
7. επιλέγουμε τον άξονα x.

Τα διαθέσιμα sets εμφανίζονται σε ένα πεδίο επιλογής (select). Αυτά τα sets παράγονται από τα δεδομένα των εκτελέσεων (runs) που έχουμε λάβει από το API και δημιουργούμε εγγραφές που περιλαμβάνουν:

- (α') 'RunId' (εκτέλεση),
- (β') 'GDX name' (από ποιο αρχείο προέρχεται),
- (γ') 'Πεδίο set'.

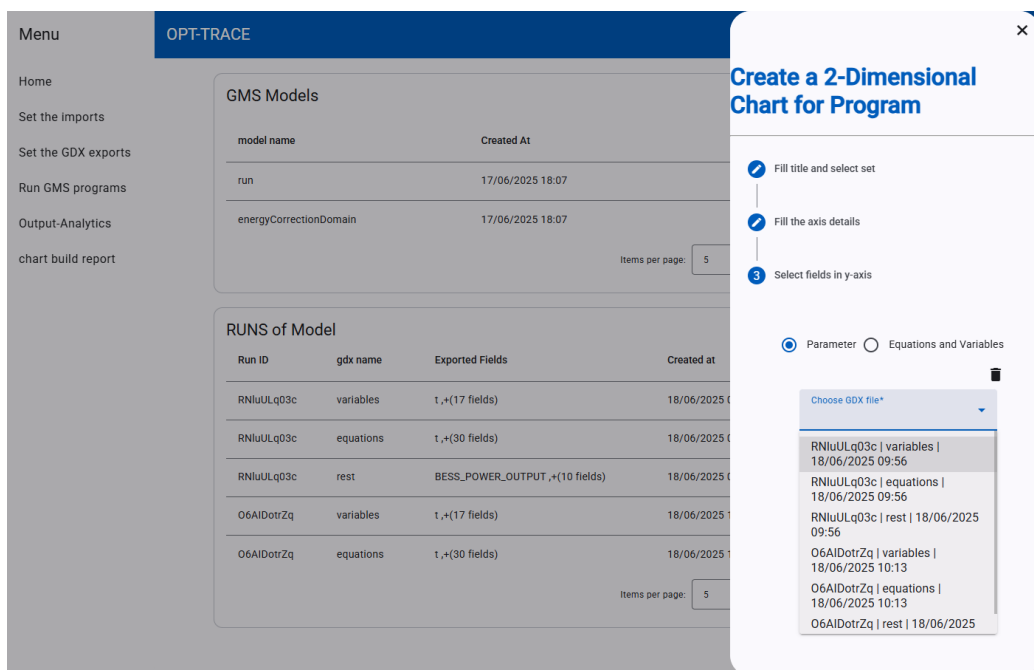
Όταν επιλέγουμε ένα set, τότε αυτόματα οι επιλογές για το τρίτο μέρος της φόρμας ανανεώνονται, ώστε να μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε παραμέτρους, εξισώσεις και μεταβλητές που είναι δισδιάστατες και ανήκουν στο συγκεκριμένο set.

8. Στο δεύτερο μέρος της φόρμας, συμπληρώνουμε τα labels που θα εμφανίζονται στους άξονες του διαγράμματος, μόνο αν επιθυμούμε να υπάρχουν στο διάγραμμα

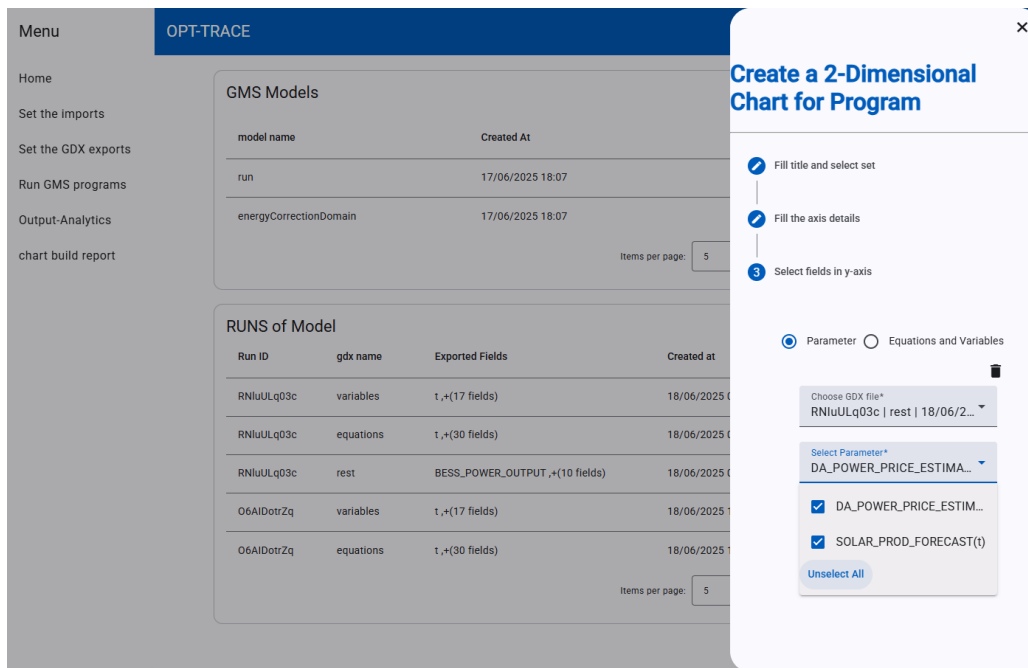


Σχήμα 4.82: Create chart form step 2

9. Στο τρίτο μέρος της φόρμας, επιλέγουμε το αρχείο που περιέχει τα δεδομένα για τον άξονα y και τα πεδία που επιθυμούμε να εμφανιστούν στο διάγραμμα.

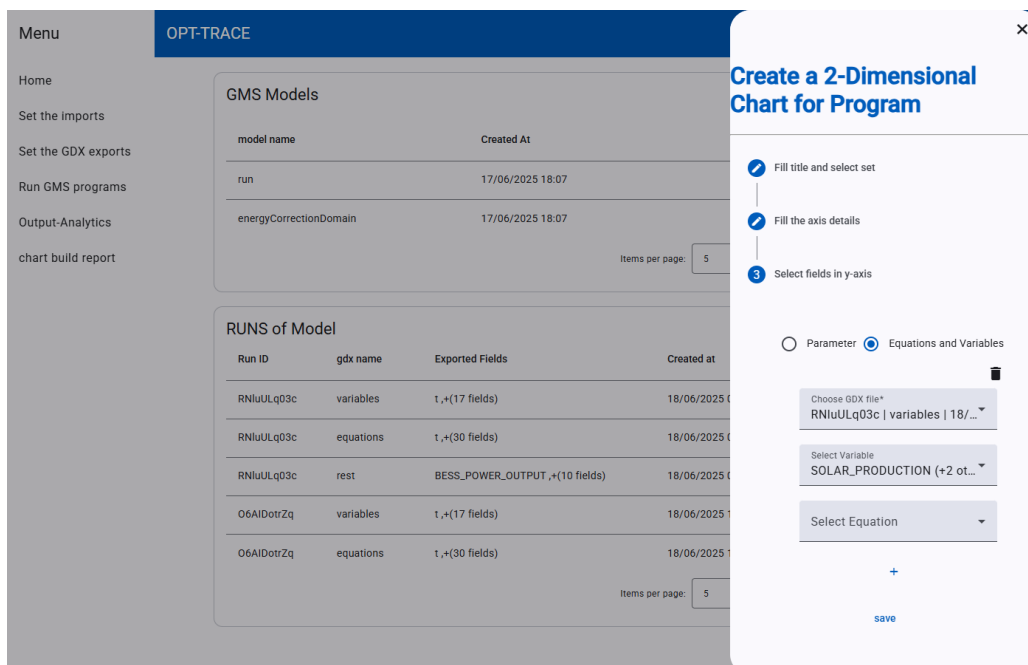


Σχήμα 4.83: Choose data file for y-axis

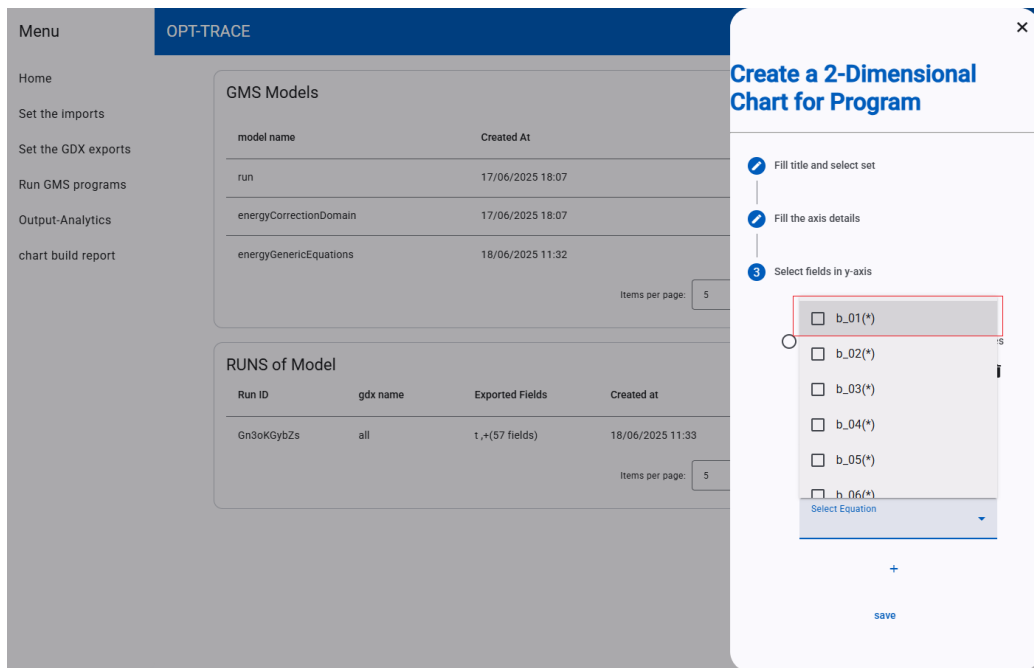


Σχήμα 4.84: Choose fields for y-axis

Όπως παρατηρούμε, η φόρμα ξεχωρίζει τα διαγράμματα σε διαγράμματα παραμέτρων και διαγράμματα εξισώσεων και μεταβλητών. Η βασική διαφορά είναι ότι οι παράμετροι δεν έχουν marginal (shadow price), δηλαδή δεν μπορούμε να φτιάξουμε διαγράμματα που βασίζονται σε αυτήν την τιμή.



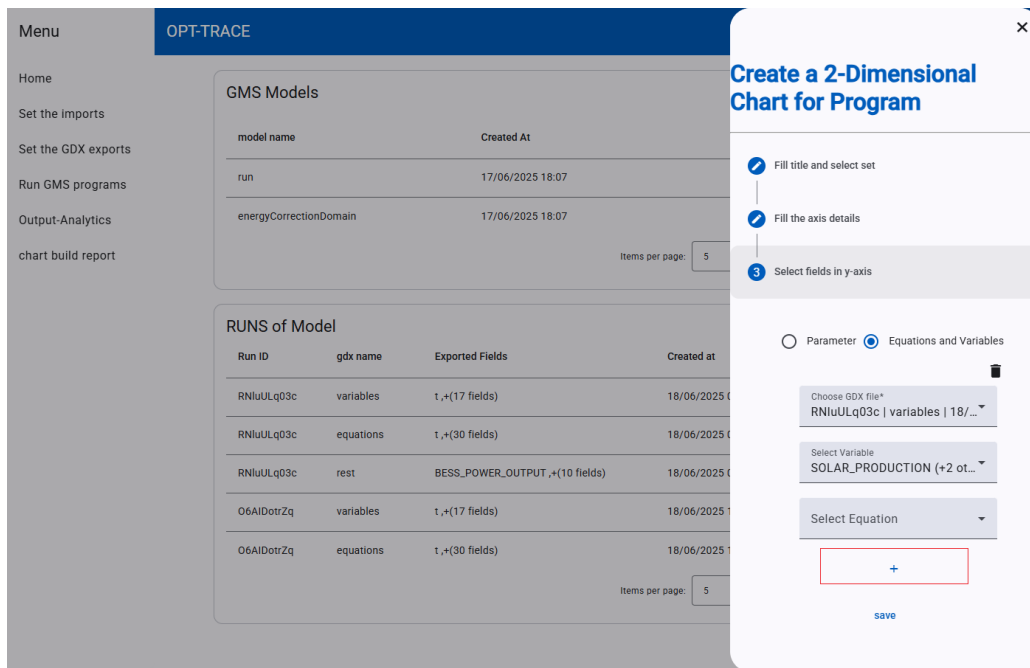
Σχήμα 4.85: create chart form step3 change to equation and variables



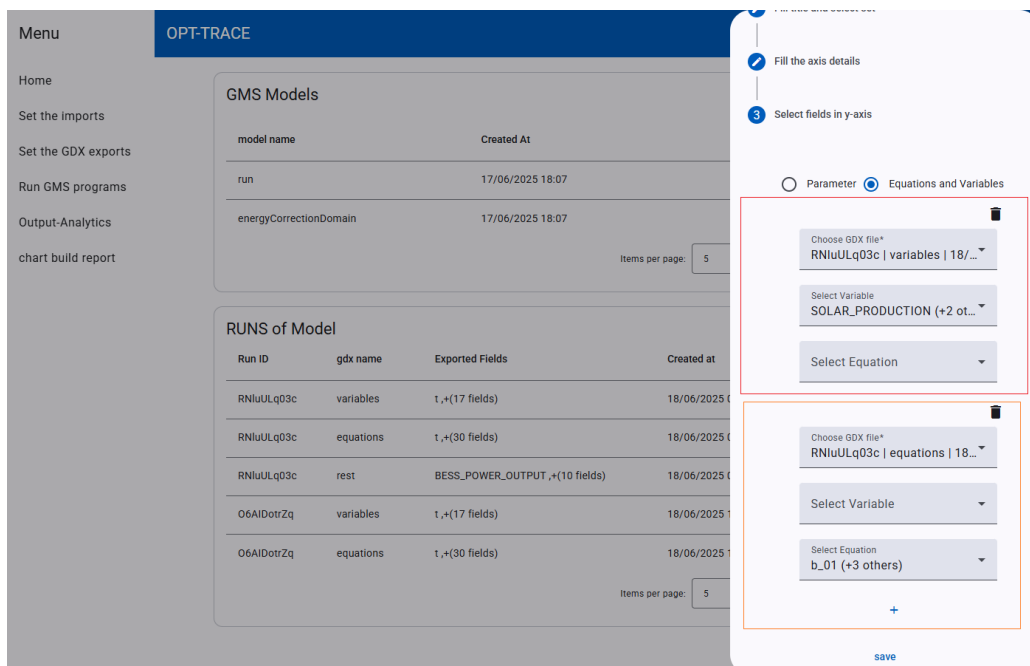
Σχήμα 4.86: Display of a generic field

Όπως προαναφέρθηκε στο κομμάτι του ορισμού της βάσης δεδομένων, εάν ο χρήστης για κάποιο λόγο δηλώσει τη μεταβλητή, την εξίσωση ή την παράμετρο ως γενική (generic), μέσω της χειροκίνητης φόρμας μπορούμε να την επιλέξουμε. Για το λόγο αυτό υπάρχει η επισήμανση με αστερίσκο (*). Εμπιστευόμαστε τον χρήστη ότι αυτή η επιλογή είναι σωστή. Εάν δεν ισχύει, τότε δεν θα δημιουργηθεί το διάγραμμα, γιατί το πεδίο δεν έχει τιμές στον άξονα y για το αντίστοιχο x.

10. Εάν θέλουμε να προσθέσουμε δεδομένα από άλλες εκτελέσεις ή από άλλο αρχείο GDX, τότε πατάμε το κουμπί '+’.

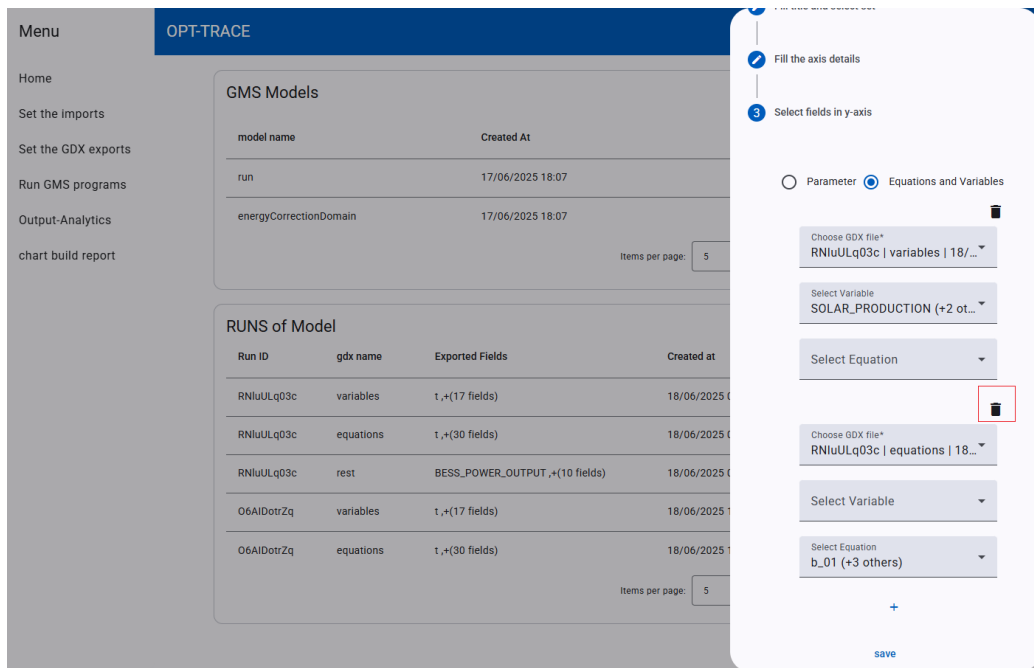


Σχήμα 4.87: location of '+' add new data file button



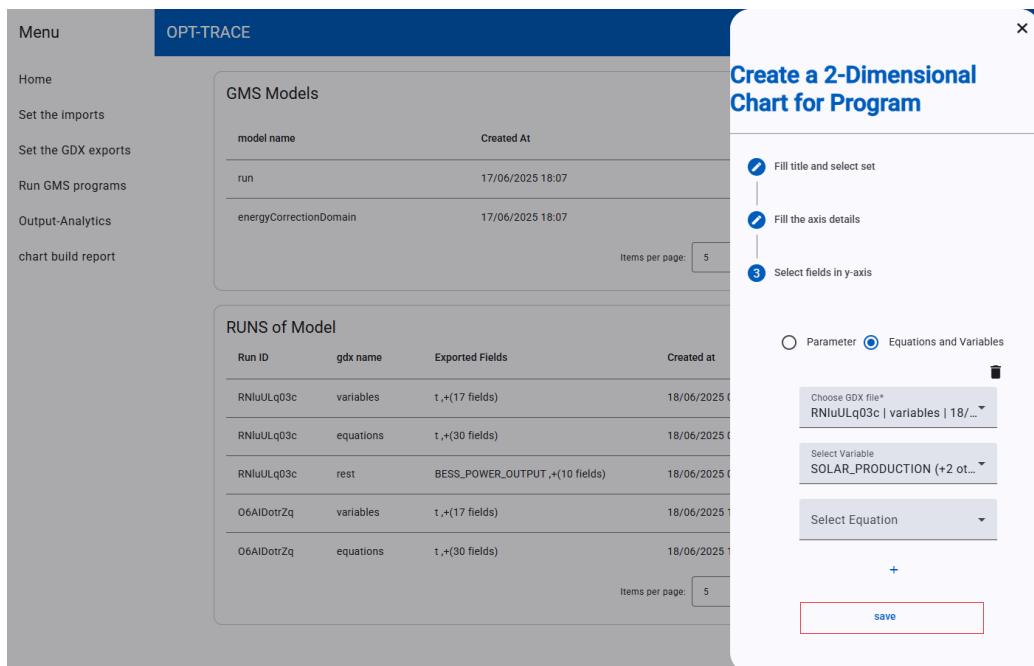
Σχήμα 4.88: create chart form step 3 that uses 2 gdx files

11. Εάν θέλουμε να διαγράψουμε κάποια από αυτές τις δύο ή περισσότερες φόρμες, πατάμε το κουμπί "delete" που βρίσκεται πάνω από κάθε φόρμα.



Σχήμα 4.89: location of 'delete' button for gdx data in form

12. Για να δημιουργήσουμε το διάγραμμα, πατάμε το κουμπί «save»



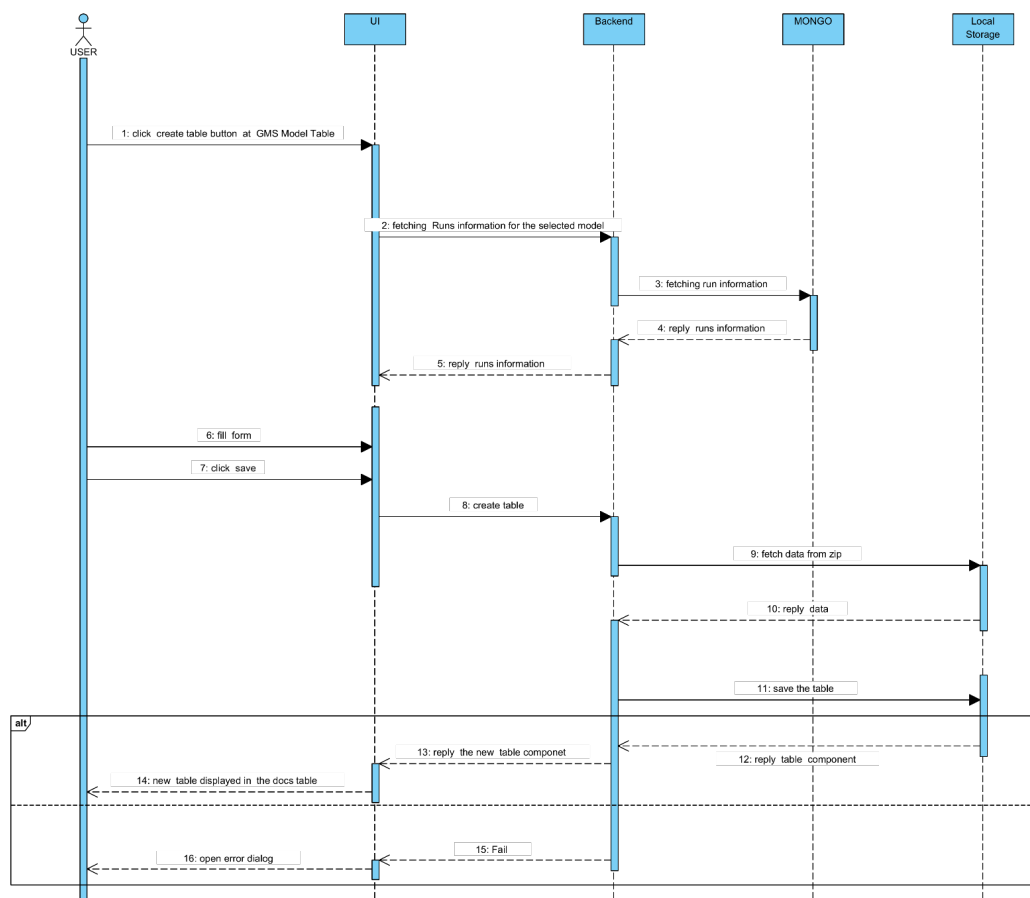
Σχήμα 4.90: location of 'save' button in create chart form

13. Η φόρμα παραμένει ανοιχτή, αλλά τα διαγράμματα έχουν δημιουργηθεί και προστέθηκαν στον πίνακα "Documents". Αν ο χρήστης θέλει να δημιουργήσει νέο διάγραμμα, κάνει τις αλλαγές στη φόρμα και επαναλαμβάνει τη διαδικασία.

4.6.4 Δημιουργία Πινάκων

Σε αυτήν την ενότητα της σελίδας, μπορείτε να δημιουργήσετε πίνακες χρησιμοποιώντας μία ή περισσότερες εκτελέσεις ενός συγκεκριμένου μοντέλου (GMS). Η λειτουργία αυτή σας επιτρέπει να οπτικοποιήσετε και να συγκρίνετε αποτελέσματα, αξιοποιώντας τόσο τα δεδομένα που δόθηκαν ως είσοδο στο μοντέλο όσο και τα αποτελέσματα της εκτέλεσης. Προϋπόθεση είναι τα δεδομένα αυτά να έχουν ακριβώς μία διάσταση, δηλαδή να είναι μονοδιάστατα (π.χ. $x = a$, $b = 1$).

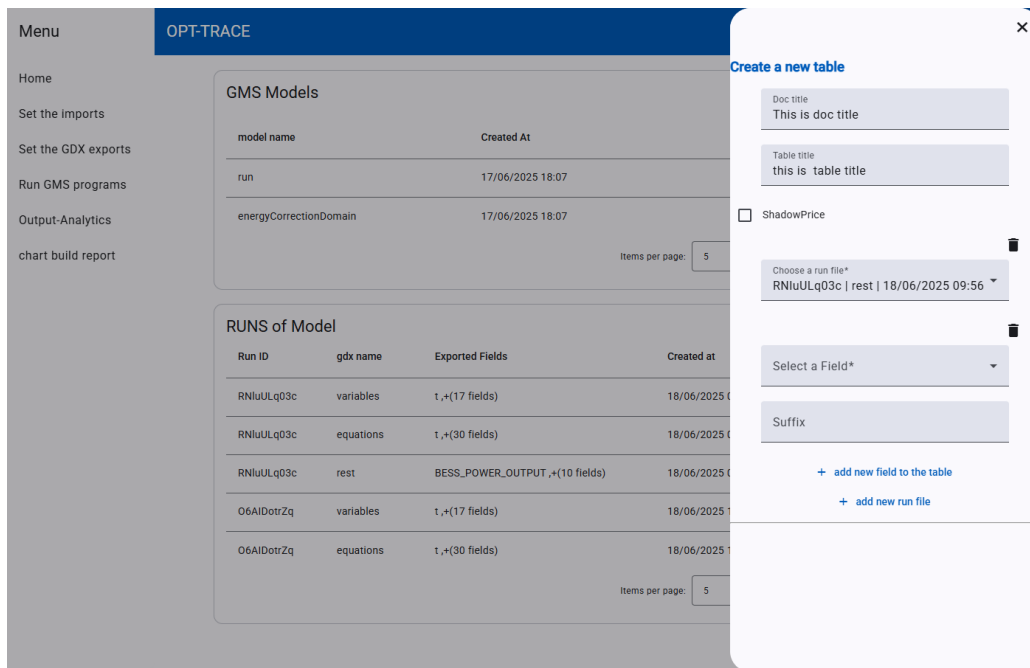
4.6.4.1 Sequence Diagram UML



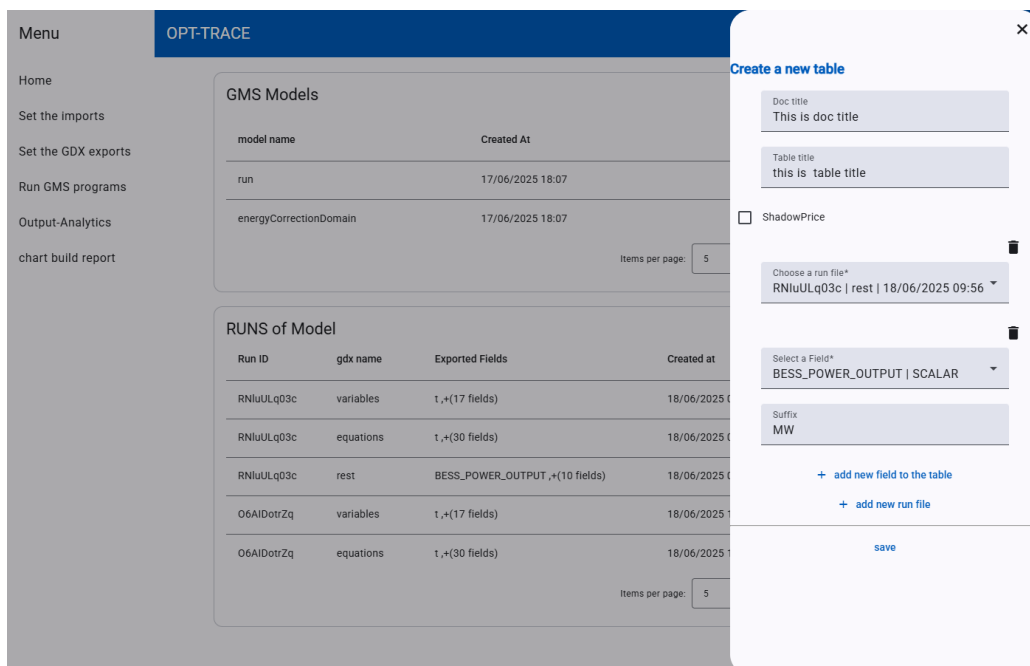
Σχήμα 4.91: Sequence diagram UML for creating a table

4.6.4.2 Λογισμικό opt-trace Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Δημιουργία Πίνακα .

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).
2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) στον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.
3. Πατάμε το κουμπί "Add table" δίπλα στο μοντέλο για να εμφανιστεί η φόρμα δημιουργίας διαγράμματος.



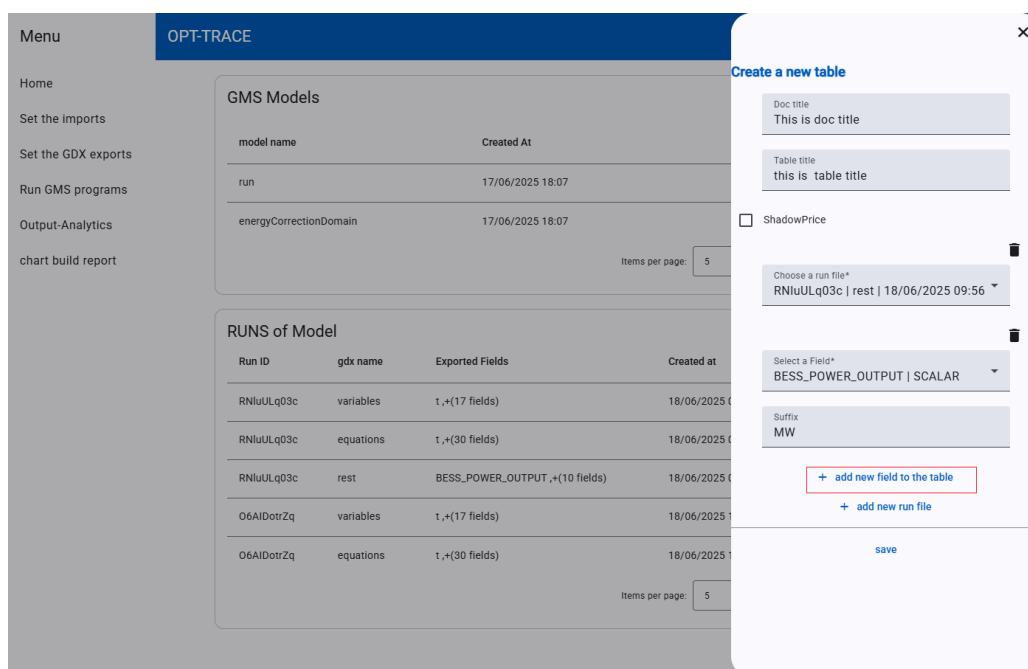
Σχήμα 4.94: create table after the selection of data file



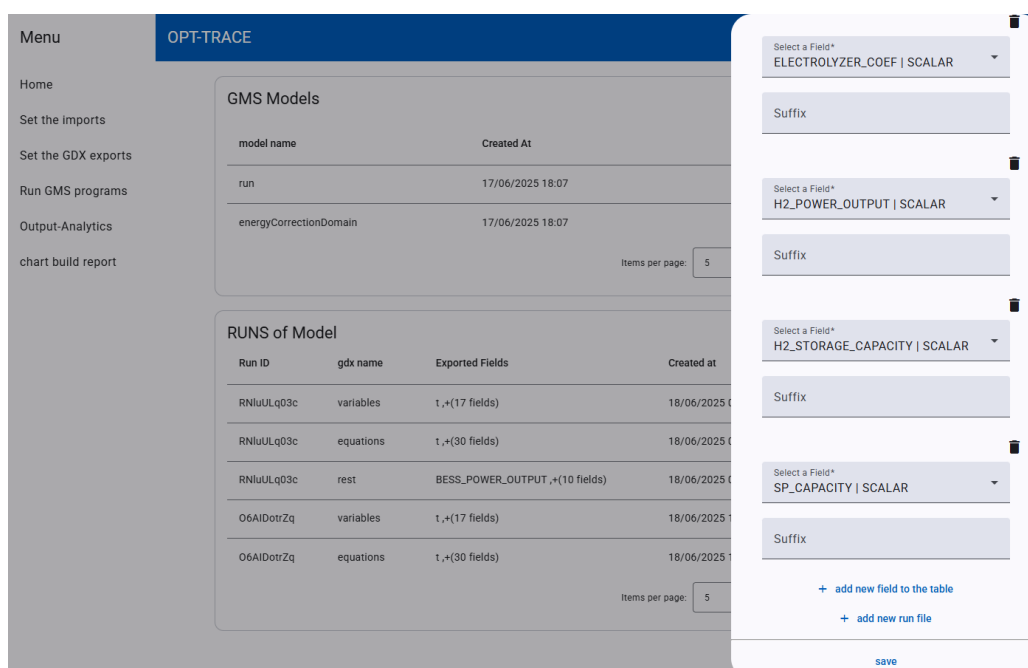
Σχήμα 4.95: fill field in create table form

Το suffix είναι μια λέξη ή πρόταση που θέλουμε να εμφανίζεται δεξιά της τιμής, π.χ. 'BESS_POWER_OUTPUT', 50 MW.

Προσθήκη περισσότερων πεδίων από ένα αρχείο GDX στη φόρμα.

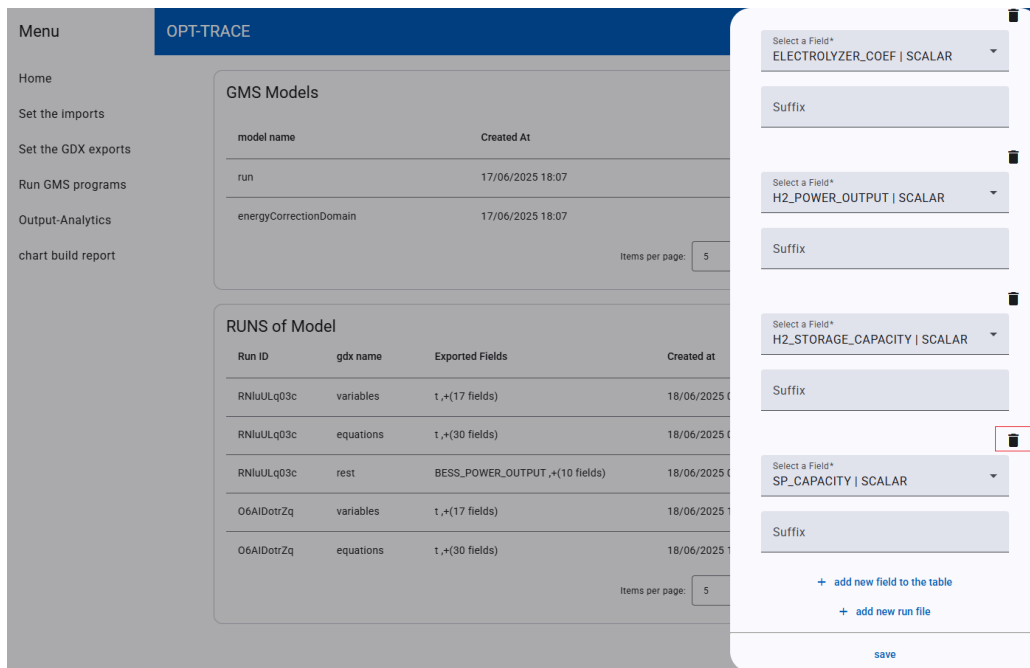


Σχήμα 4.96: location of 'add new field to the table' button in create form



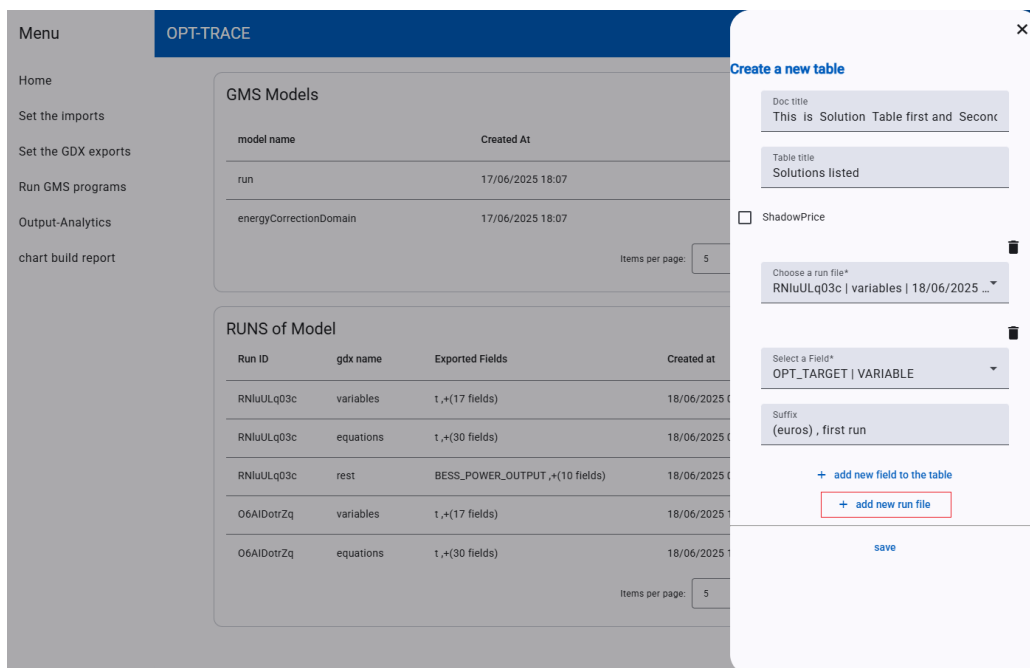
Σχήμα 4.97: create table with more than one fields set

Διαγραφή πεδίων όπου επιλέχθηκαν .

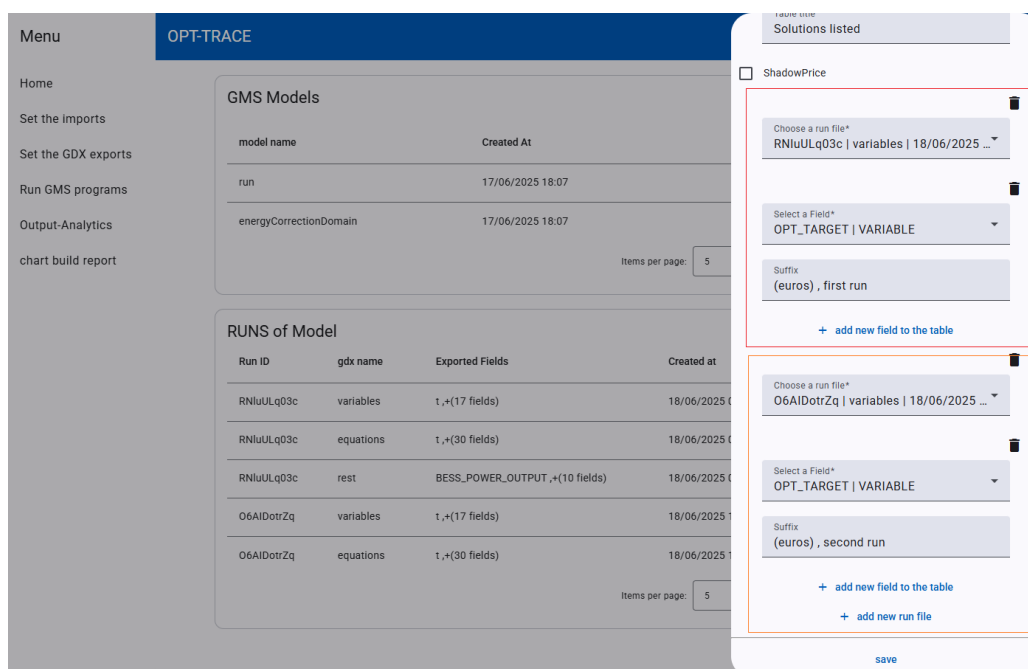


Σχήμα 4.98: location of "delete" button for field

Για να προσθέσουμε πεδία από διαφορετικά αρχεία GDX

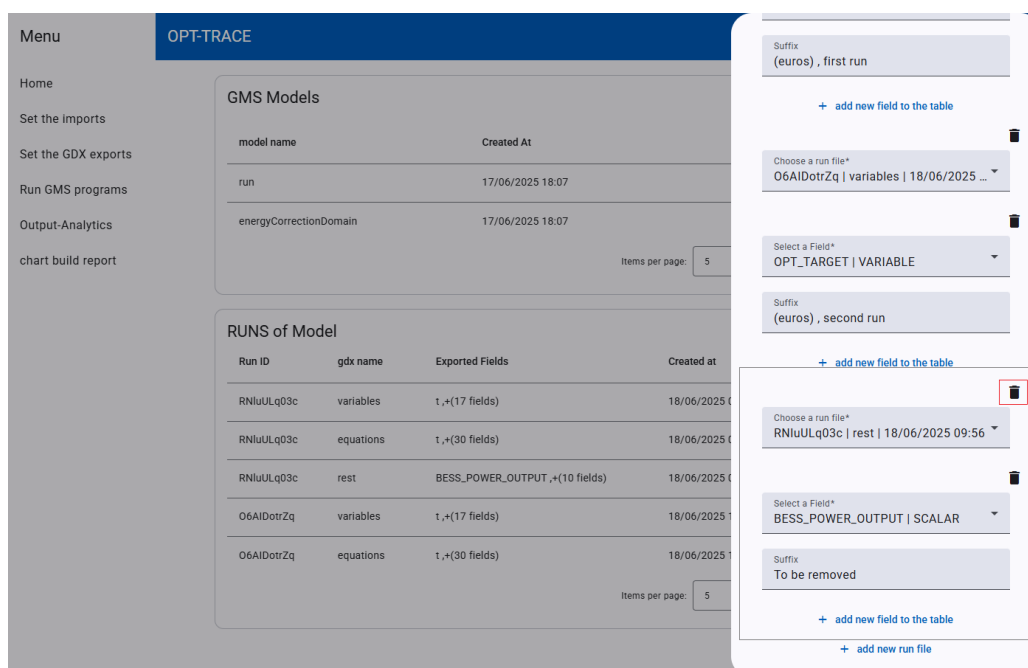


Σχήμα 4.99: location of 'add new run file' button



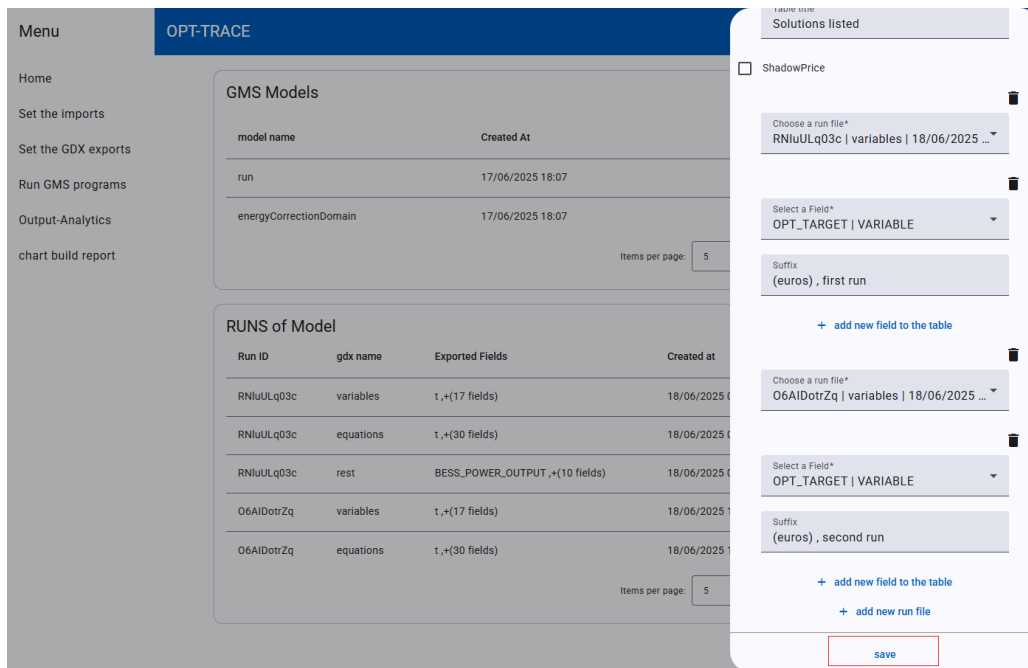
Σχήμα 4.100: fields from 2 different run files

Για να αφαιρέσουμε αυτή την επιλογή, πατάμε το κουμπί "delete".



Σχήμα 4.101: location of "delete" button for a run file

5. Τέλος, για να δημιουργήσουμε τον πίνακα πατάμε το κουμπί "save". Η φόρμα παραμένει ανοιχτή και ο χρήστης μπορεί να επαναλάβει τη διαδικασία για να δημιουργήσει και άλλον πίνακα. Ο πίνακας προστίθεται αυτόματα στον πίνακα "Documents".

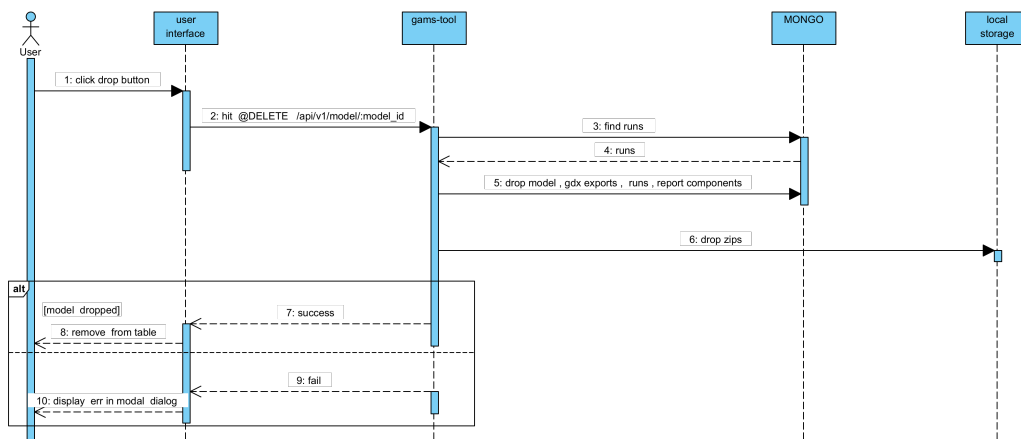


Σχήμα 4.102: location of 'save' button in create table form

4.6.5 Διαγραφή Μοντέλων

Από αυτό το σημείο της σελίδας, ο χρήστης μπορεί να διαγράψει ένα μοντέλο.

4.6.5.1 Sequence Diagram UML

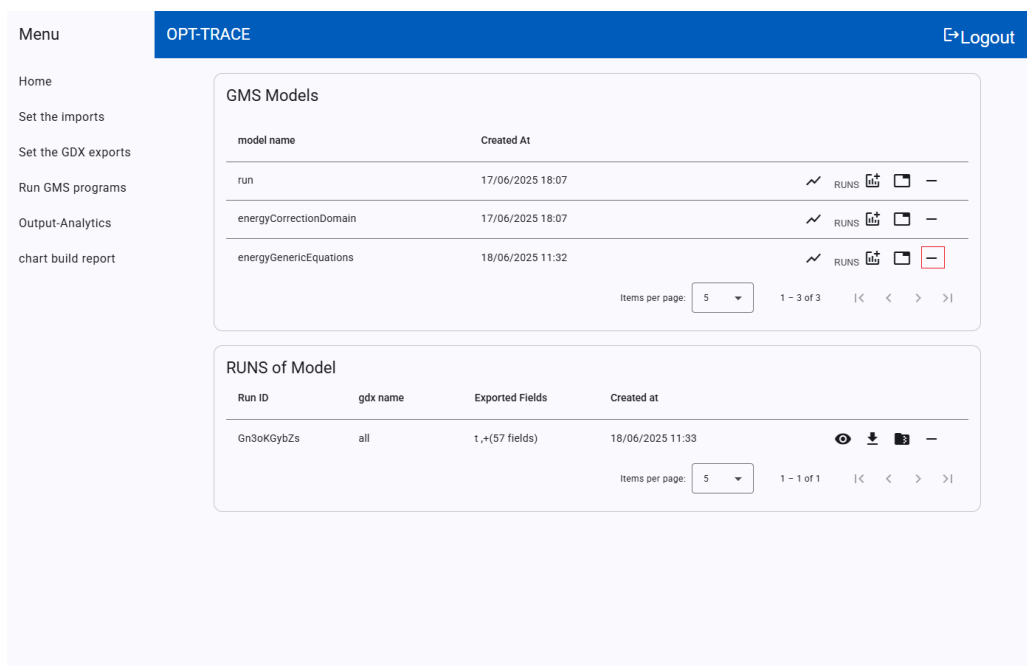


Σχήμα 4.103: Sequence diagram UML for model deletion

4.6.5.2 Λογισμικό opt-trace – Σελίδα Αρχείων Εξόδου – Διαγραφή Μοντέλου

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα αρχείων εξόδου (Outputs Page).
2. Εντοπίζουμε το επιθυμητό GMS (μοντέλο) στον πίνακα με τα διαθέσιμα μοντέλα.

3. Πατάμε το κουμπί "-" δίπλα από το μοντέλο για να ξεκινήσει η διαδικασία διαγραφής του.

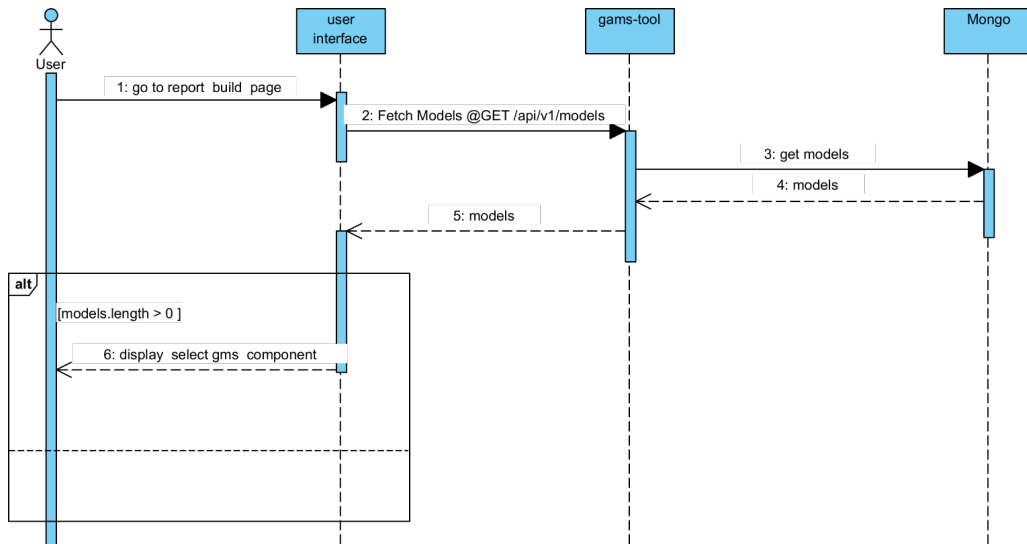


The screenshot shows the OPT-TRACE web application interface. On the left is a menu with options: Home, Set the imports, Set the GDX exports, Run GMS programs, Output-Analytics, and chart build report. The main content area is titled 'OPT-TRACE' and has a 'Logout' button in the top right. Below the title bar, there are two tables. The first table is 'GMS Models' with columns 'model name' and 'Created At'. It lists three models: 'run', 'energyCorrectionDomain', and 'energyGenericEquations'. Each model has a 'RUNS' button and a minus sign button. The second table is 'RUNS of Model' with columns 'Run ID', 'gdx name', 'Exported Fields', and 'Created at'. It lists one run: 'Gn3oKcYbZs' with 'all' fields and '18/06/2025 11:33' created at. Both tables have a pagination control showing 'Items per page: 5' and '1 - 3 of 3' for the first table, and '1 - 1 of 1' for the second table.

Σχήμα 4.104: Τοποθεσία του κουμπιού "-" για τη διαγραφή μοντέλου

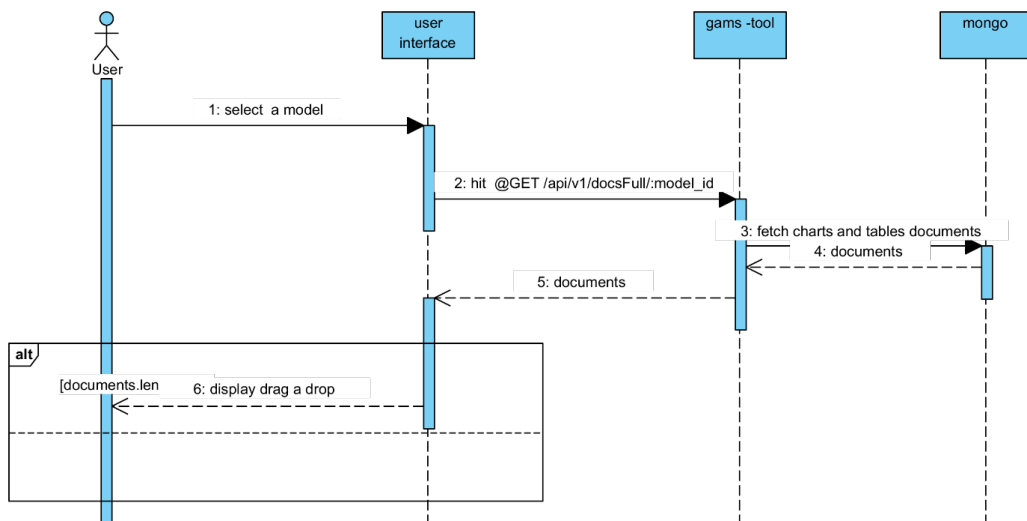
4.7 Σελίδα Δημιουργίας Αναφοράς και Σχολιασμού Διαγραμμάτων και Πινάκων (Reports Build Page)

Η σελίδα δημιουργίας αναφοράς και σχολιασμού διαγραμμάτων και πινάκων (Reports Build Page) χρησιμοποιείται για τη σύνθεση αναφορών που περιλαμβάνουν επιλεγμένα διαγράμματα και πίνακες από τα δεδομένα εξόδου των μοντέλων GMS. Ο χρήστης αρχικά μεταβαίνει σε αυτήν τη σελίδα και επιλέγει το μοντέλο που τον ενδιαφέρει από την αντίστοιχη λίστα. Έπειτα, μπορεί να επιλέξει από τη λίστα διαθέσιμων εγγράφων τα διαγράμματα και τους πίνακες που θέλει να περιληφθούν στην αναφορά. Για κάθε στοιχείο που προστίθεται, υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης προσωπικών σχολίων ή παρατηρήσεων που σχετίζονται με τα δεδομένα, καθώς και αναδιάταξής τους στη σειρά που επιθυμεί.

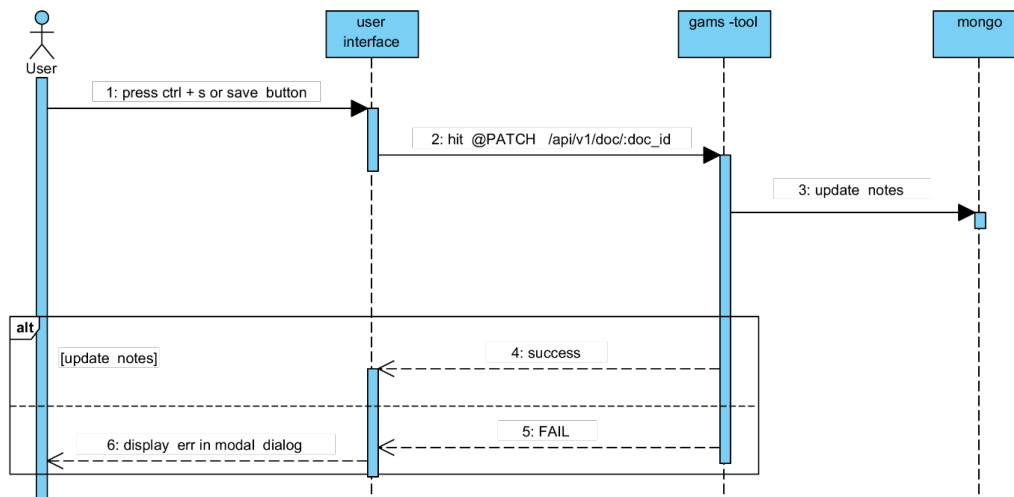


Σχήμα 4.105: Sequence diagram UML for going to report-builds-page

4.7.1 Sequence Diagrams UML

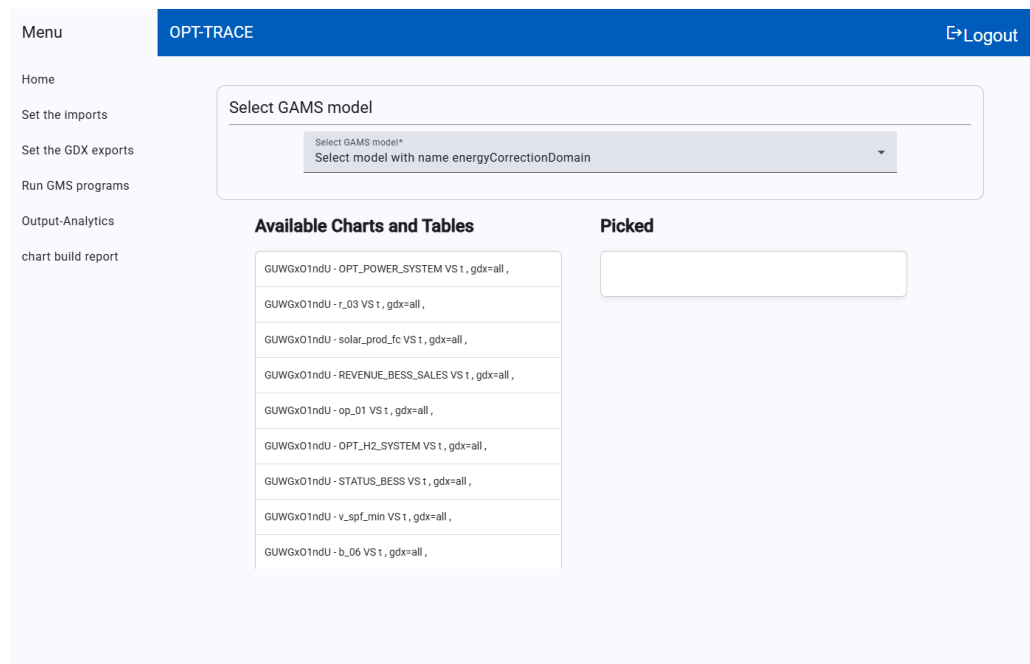


Σχήμα 4.106: Sequence diagram UML for selecting a model in reports builds page



Σχήμα 4.107: Sequence diagram UML for saving notes in a Document

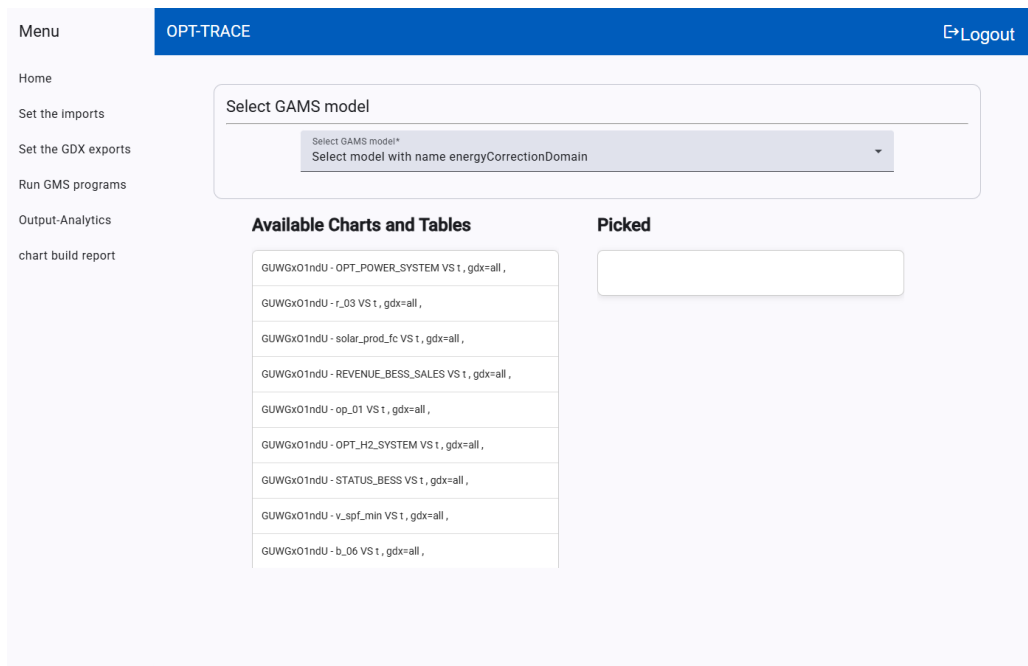
4.7.1.1 Λογισμικό opt-trace



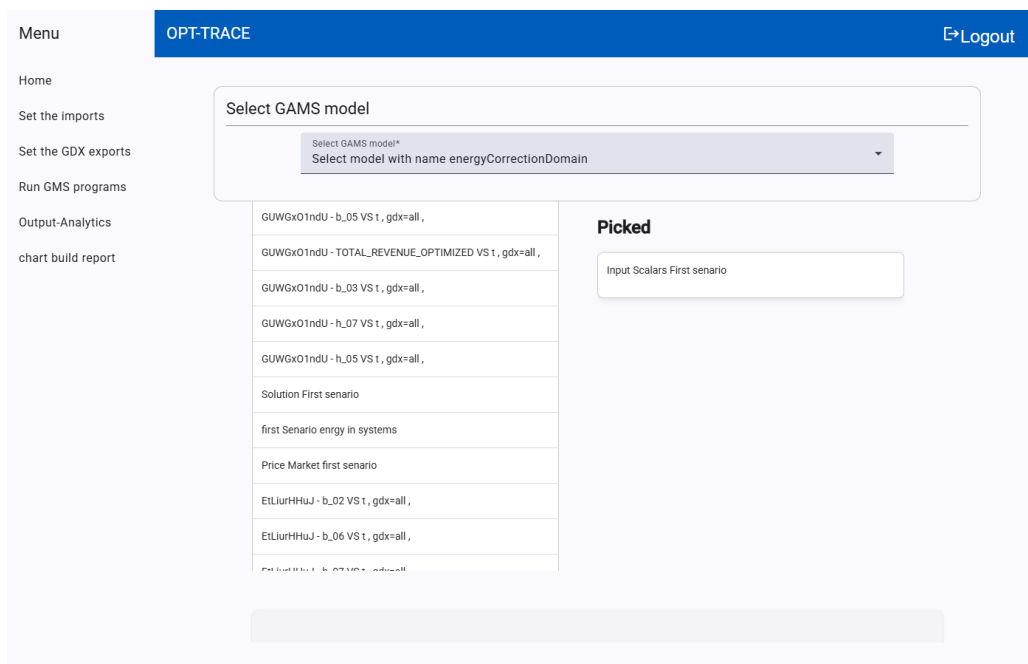
Σχήμα 4.108: Report builds page after model selection

4.7.1.2 Λογισμικό opt-trace - Διαδικασία δημιουργίας Αναφοράς

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα reportCharts.
2. Επιλέγουμε το επιθυμητό μοντέλο από το μενού επιλογής "Select GAMS model".
3. Χρησιμοποιώντας drag and drop, μεταφέρουμε τα έγγραφα (διαγράμματα ή πίνακες) από τη λίστα "Available" στη λίστα "Picked" — και αντίστροφα, για να τα αφαιρέσουμε.



Σχήμα 4.109: Report builds page use of drag and drop -1



Σχήμα 4.110: Report builds page use of drag and drop -2

Menu
OPT-TRACE
Logout

Home
Set the imports
Set the.gdx exports
Run GMS programs
Output-Analytics
chart build report

Select GAMS model
Select GAMS model*
Select model with name energyCorrectionDomain

GUWGx01ndU - v_spf_min VS t , gdx=all ,
GUWGx01ndU - b_06 VS t , gdx=all ,
GUWGx01ndU - SOLAR_PRODUCTION VS t , gdx=all ,
GUWGx01ndU - b_07 VS t , gdx=all ,
GUWGx01ndU - h_04 VS t , gdx=all ,
GUWGx01ndU - op_04 VS t , gdx=all ,
GUWGx01ndU - REVENUE_NO_STORAGE VS t , gdx=all ,
GUWGx01ndU - b_04 VS t , gdx=all ,
GUWGx01ndU - h_02 VS t , gdx=all ,
GUWGx01ndU - OPT_POWER_H2 VS t , gdx=all ,

Picked

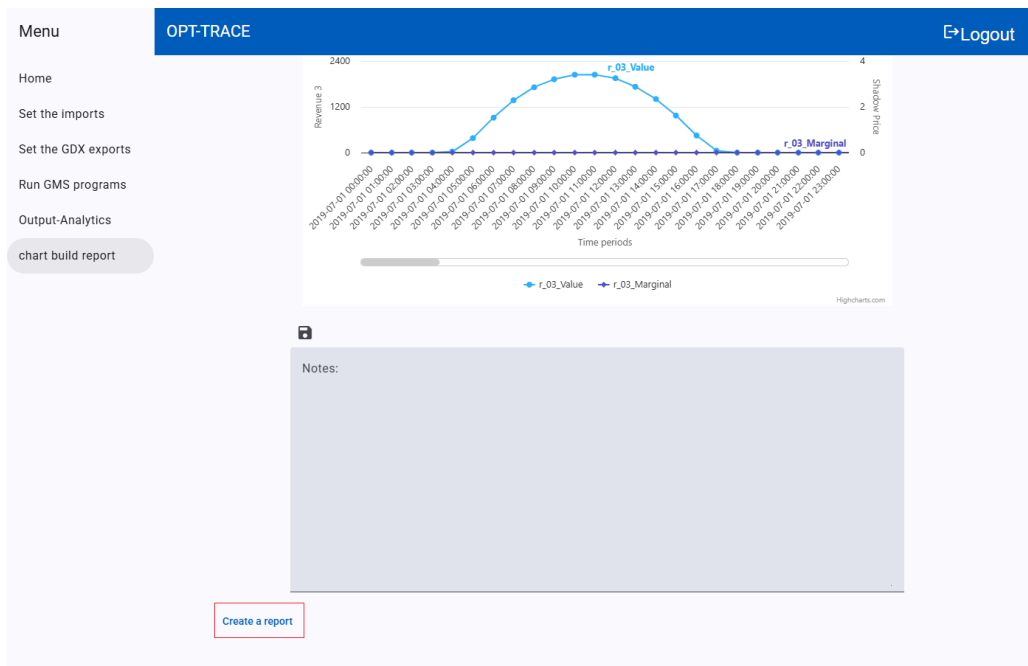
Input Scalars First senario
Price Market first senario
first Senario enrgy in systems
GUWGx01ndU - b_01 VS t , gdx=all ,

Input

Field	Value
BESS_POWER_OUTPUT	30
BESS_STORAGE_CAPACITY	30
ELECTRIFIED_LOAD	0.4

Σχήμα 4.111: Report builds page use of drag and drop -3

- Με τη μέθοδο drag and drop καθορίζουμε και τη σειρά εμφάνισής τους στη λίστα "Picked", η οποία καθορίζει τη σειρά στην τελική αναφορά HTML.
- Πατάμε το κουμπί "Create Report" και δημιουργείται ένα αρχείο HTML με την αναφορά.



Σχήμα 4.112: location of "Create Report" button in report-builds-page

4.7.1.3 Λογισμικό opt-trace - Διαδικασία Εισαγωγής Σχολίων και Σημειώσεων

1. Μεταβαίνουμε στη σελίδα reportCharts.
2. Επιλέγουμε το επιθυμητό μοντέλο από το μενού επιλογής "Select GAMS model".
3. Χρησιμοποιούμε drag and drop για να μεταφέρουμε τα έγγραφα (διαγράμματα ή πίνακες) από τη λίστα "Available" στη λίστα "Picked" — και αντίστροφα, για να τα αφαιρέσουμε.
4. Επιλέγουμε το επιθυμητό component και γράφουμε τη σημείωση ή το σχόλιό μας.

Menu

OPT-TRACE
Logout

Home
Set the imports
Set the GDx exports
Run GMS programs
Output-Analytics
chart build report

συμβολή της στο τελικό αποτέλεσμα θα είναι +4.87 ευρώ. Δηλαδή, εκείνη τη χρονική στιγμή, η προσθήκη 1MW στη χωρητικότητα αποδίδει επιπλέον 4.87 ευρώ στην αντικειμενική συνάρτηση. Το άθροισμα της συνολικής διακύμανσης είναι +62.49 ευρώ.

Γενικά, η διακύμανση είναι θετική, γεγονός που δείχνει ότι η αύξηση χωρητικότητας προσφέρει επιπλέον όφελος. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι το διάγραμμα δείχνει τη συμβολή εκείνης της στιγμής, δεδομένου ότι στις υπόλοιπες χρονικές στιγμές η χωρητικότητα δεν αυξήθηκε. Συνεπώς, η αύξηση αφορά αποκλειστικά την επίδραση σε ένα μεμονωμένο χρονικό σημείο και όχι στη συνολική διάρκεια του χρονικού ορίζοντα.

Solution

Field	Value
OPT_TARGET	109244.058097534 (euros)
NO_STORAGE_REVENUE	106577.092555658 (euros)

Notes:

Όπως μπορούμε να δούμε από τον παραπάνω πίνακα, το συνολικό κέρδος που προκύπτει από τη χρήση της μπαταρίας ανέρχεται σε 2667 ευρώ. Η τιμή του πεδίου NO_STORAGE_REVENUE αντιπροσωπεύει το μέγιστο έσοδο που μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση αποθήκευσης.

Σχήμα 4.113: write notes

5. Πατάμε Ctrl + S ή το κουμπί "Save" για να αποθηκευτεί η αλλαγή. Διαφορετικά, η σημείωση δεν αποθηκεύεται.

Menu

OPT-TRACE
Logout

Home
Set the imports
Set the GDx exports
Run GMS programs
Output-Analytics
chart build report

συμβολή της στο τελικό αποτέλεσμα θα είναι +4.87 ευρώ. Δηλαδή, εκείνη τη χρονική στιγμή, η προσθήκη 1MW στη χωρητικότητα αποδίδει επιπλέον 4.87 ευρώ στην αντικειμενική συνάρτηση. Το άθροισμα της συνολικής διακύμανσης είναι +62.49 ευρώ.

Γενικά, η διακύμανση είναι θετική, γεγονός που δείχνει ότι η αύξηση χωρητικότητας προσφέρει επιπλέον όφελος. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι το διάγραμμα δείχνει τη συμβολή εκείνης της στιγμής, δεδομένου ότι στις υπόλοιπες χρονικές στιγμές η χωρητικότητα δεν αυξήθηκε. Συνεπώς, η αύξηση αφορά αποκλειστικά την επίδραση σε ένα μεμονωμένο χρονικό σημείο και όχι στη συνολική διάρκεια του χρονικού ορίζοντα.

Solution

Field	Value
OPT_TARGET	109244.058097534 (euros)
NO_STORAGE_REVENUE	106577.092555658 (euros)

Notes:

Όπως μπορούμε να δούμε από τον παραπάνω πίνακα, το συνολικό κέρδος που προκύπτει από τη χρήση της μπαταρίας ανέρχεται σε 2667 ευρώ. Η τιμή του πεδίου NO_STORAGE_REVENUE αντιπροσωπεύει το μέγιστο έσοδο που μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση αποθήκευσης.

Σχήμα 4.114: location of "save" button for notes

Κεφάλαιο 5

Επίλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία είχε ως βασικό στόχο την αξιοποίηση του λογισμικού GAMS μέσα από τη δημιουργία ενός υποστηρικτικού συστήματος που βελτιώνει σημαντικά τη λειτουργικότητα και τη χρηστικότητα του. Μέσα από την ανάλυση των θεωρητικών βάσεων του GAMS και την κατανόηση των τύπων προβλημάτων που μπορεί να επιλύσει, αναδείχθηκε η ανάγκη για ένα εργαλείο που να διευκολύνει την παραμετροποίηση, την εκτέλεση και κυρίως την ανάλυση των αποτελεσμάτων με πιο φιλικό και αποδοτικό τρόπο.

Το εργαλείο που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της εργασίας αυτής, το `opt-trace`, διευκολύνει σημαντικά τη χρήση του GAMS, καθώς απλοποιεί τη διαδικασία εκτέλεσης των μοντέλων και ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Το σύστημα αυτό προσφέρει μια ολοκληρωμένη εμπειρία στον χρήστη, μετατρέποντας μια κατά βάση γραμμική και χειροκίνητη διαδικασία, όπως αυτή μέσω του CLI, σε μία δυναμική και αυτοματοποιημένη διαδικασία μέσω διεπαφής χρήστη.

5.1 Κύρια Χαρακτηριστικά του `opt-tace`

Τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος που αναπτύχθηκε και τα οποία ενισχύουν τη διαδικασία ανάλυσης περιλαμβάνουν:

- **Εύκολη εκτέλεση μοντέλων χωρίς ανάγκη εμπορικής άδειας:** Το σύστημα διαθέτει ενσωματωμένη άδεια χρήσης του επιλύτη CBC μέσω του GAMS, γεγονός που καθιστά δυνατή την εκτέλεση μοντέλων χωρίς να απαιτείται από τον χρήστη η αγορά εμπορικής άδειας.
- **Δυνατότητα επανεκτέλεσης μοντέλων με διαφορετικά σύνολα δεδομένων:** Ο χρήστης μπορεί εύκολα να υποβάλει νέα δεδομένα εισόδου και να επανεκτελέσει το ίδιο μοντέλο μέσω του γραφικού περιβάλλοντος του συστήματος.
- **Συνδυαστική απεικόνιση αποτελεσμάτων:** Τα αποτελέσματα από πολλές εκτελέσεις του ίδιου μοντέλου μπορούν να παρουσιαστούν συγκριτικά σε ενιαία διαγράμματα, διευκολύνοντας την αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων.

- **Αυτόματη παραγωγή διαγραμμάτων:** Εφόσον το επιθυμεί ο χρήστης, το σύστημα δημιουργεί αυτόματα γραφήματα που απεικονίζουν τα βασικά αποτελέσματα κάθε εκτέλεσης.
- **Σύνθεση τεκμηριωμένης αναφοράς:** Παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας αναφοράς σε μορφή HTML, με δυνατότητα προσθήκης σχολίων τόσο στα αποτελέσματα όσο και στα δεδομένα εισόδου.
- **Εξαγωγή αποτελεσμάτων:** Όλα τα αποτελέσματα μπορούν να εξαχθούν σε συμπιεσμένη μορφή ZIP, περιλαμβάνοντας αρχεία GDX και JSON, επιτρέποντας την περαιτέρω αξιοποίησή τους εκτός του συστήματος.

5.2 Δειγματική αναφορά μοντέλου 1.9.2

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζουμε μια αναφορά που κατασκευάστηκε από το λογισμικό opt-trace για το μοντέλο «Αποθήκευση και Πώληση Ενέργειας Παραγόμενης από Φωτοβολταϊκά σε Υβριδικά Συστήματα Αποθήκευσης (Μπαταρίες και Υδρογόνο) με χρήση αρχείων εισόδου» [1.9.2].

Πριν αναφερθούμε αναλυτικά στην αναφορά και στα ενδεικτικά γραφήματα και πίνακες της παρούσας προσομοίωσης, θεωρούμε χρήσιμο να επισημάνουμε μία γενική παρατήρηση που προέκυψε από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της πρώτης εβδομάδας του Ιουλίου.

Κατά τη διάρκεια αυτής της εβδομάδας, οι τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο παρουσίασαν μικρές διακυμάνσεις. Ως εκ τούτου, δεν εντοπίστηκαν σημαντικές ευκαιρίες κερδοφορίας μέσω στρατηγικής αποθήκευσης και μεταγενέστερης πώλησης της ενέργειας, σε συστήματα αποθήκευσης με υψηλές ενεργειακές απώλειες.

Συγκεκριμένα, όταν η αποθήκευση πραγματοποιείται μέσω τεχνολογιών με χαμηλό συντελεστή απόδοσης — όπως τα συστήματα αποθήκευσης υδρογόνου — τότε μόνο εξαιρετικά αποδοτικές λύσεις (με συντελεστή απόδοσης ≥ 0.9) μπορούν να προσφέρουν ουσιαστικό οικονομικό όφελος. Διαφορετικά, η άμεση πώληση της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο είναι προτιμότερη.

Αντιθέτως, στην περίπτωση αποθήκευσης σε μπαταρίες, όπου οι ενεργειακές απώλειες είναι πρακτικά αμελητέες, η αξιοποίηση του αποθηκευτικού συστήματος παραμένει συμφέρουσα ακόμα και με σχετικά μικρές διακυμάνσεις τιμών. Συνεπώς, η αποθήκευση μέσω μπαταριών όχι μόνο δεν επιβαρύνει την εγκατάσταση, αλλά προσφέρει λειτουργικό πλεονέκτημα και ευελιξία στο ενεργειακό σύστημα.

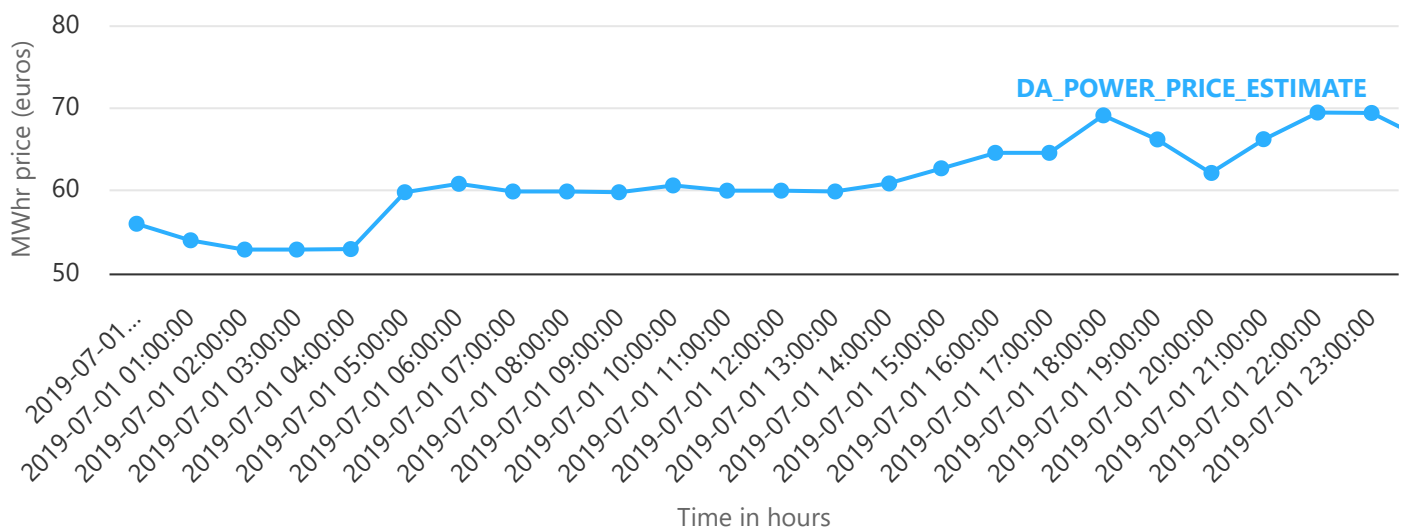
Input

Field	Value
BESS_POWER_OUTPUT	30
BESS_STORAGE_CAPACITY	30
ELECTROLYZER_COEF	0.6
H2_POWER_OUTPUT	50
H2_STORAGE_CAPACITY	300
SP_CAPACITY	50

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, αξίζει να επισημανθεί ότι το σύστημα αποθήκευσης μέσω υδρογόνου παρουσιάζει σημαντικές απώλειες, καθώς ο συντελεστής απόδοσης του ηλεκτρολυτή (ELECTROLYZER_COEF) είναι μόλις 60%. Αυτό σημαίνει ότι το 40% της εισερχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας χάνεται κατά τη διαδικασία παραγωγής υδρογόνου.

Price Market

price market - energy-sales-July-2019



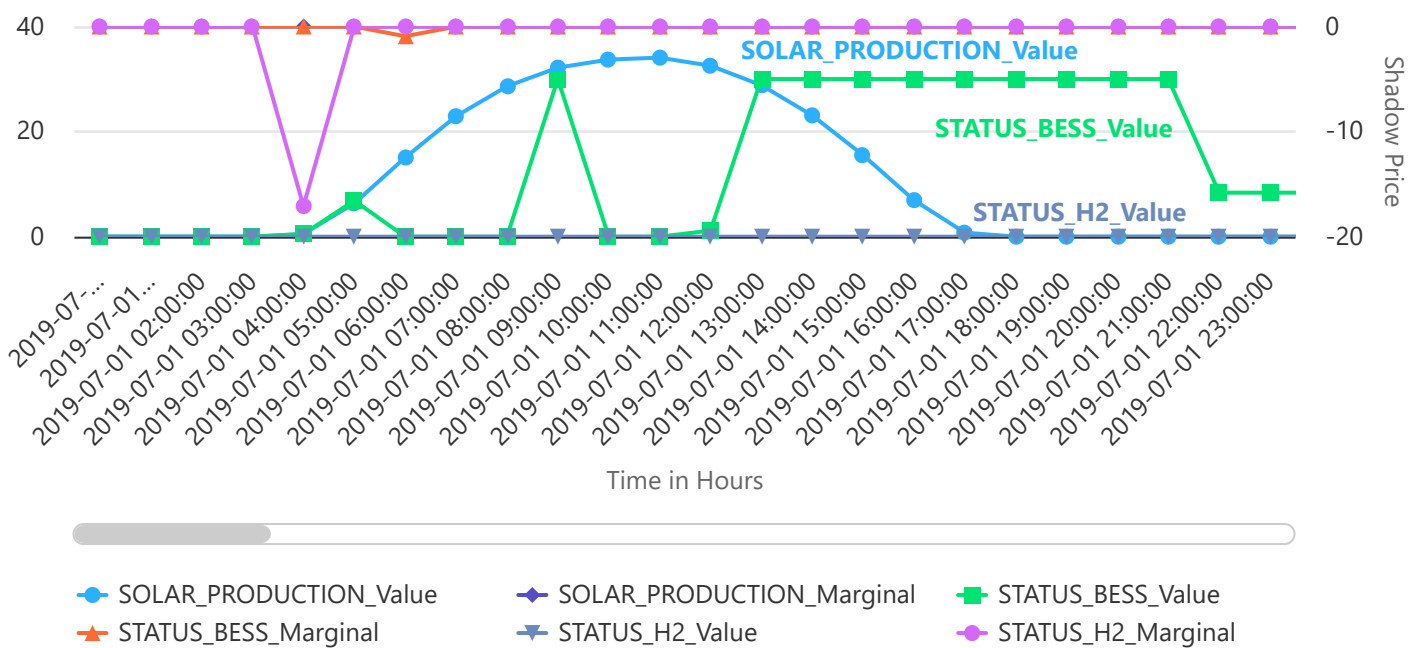
DA_POWER_PRICE_ESTIMATE

Highcharts.com

μεμονωμένες απότομες αυξήσεις – της τάξης των 15 €/MWh – ωστόσο αυτές είναι σπάνιες. Στη μεγάλη πλειονότητα των περιπτώσεων, οι διακυμάνσεις παραμένουν χαμηλές, συνήθως κάτω από τα 5 €/MWh. Όπως θα φανεί και στη συνέχεια της ανάλυσης, σε ένα τέτοιο πλαίσιο τιμών, η χρήση συστήματος αποθήκευσης υδρογόνου με υψηλές απώλειες καθίσταται μη συμφέρουσα. Οι απώλειες ενέργειας σε συνδυασμό με τις χαμηλές μεταβολές στην τιμή πώλησης δεν επιτρέπουν ουσιαστική αξιοποίηση του συστήματος.

Solar Prod , STATUSH2,STATUSBESS vs Time

energy-sales-July-Week1-2019



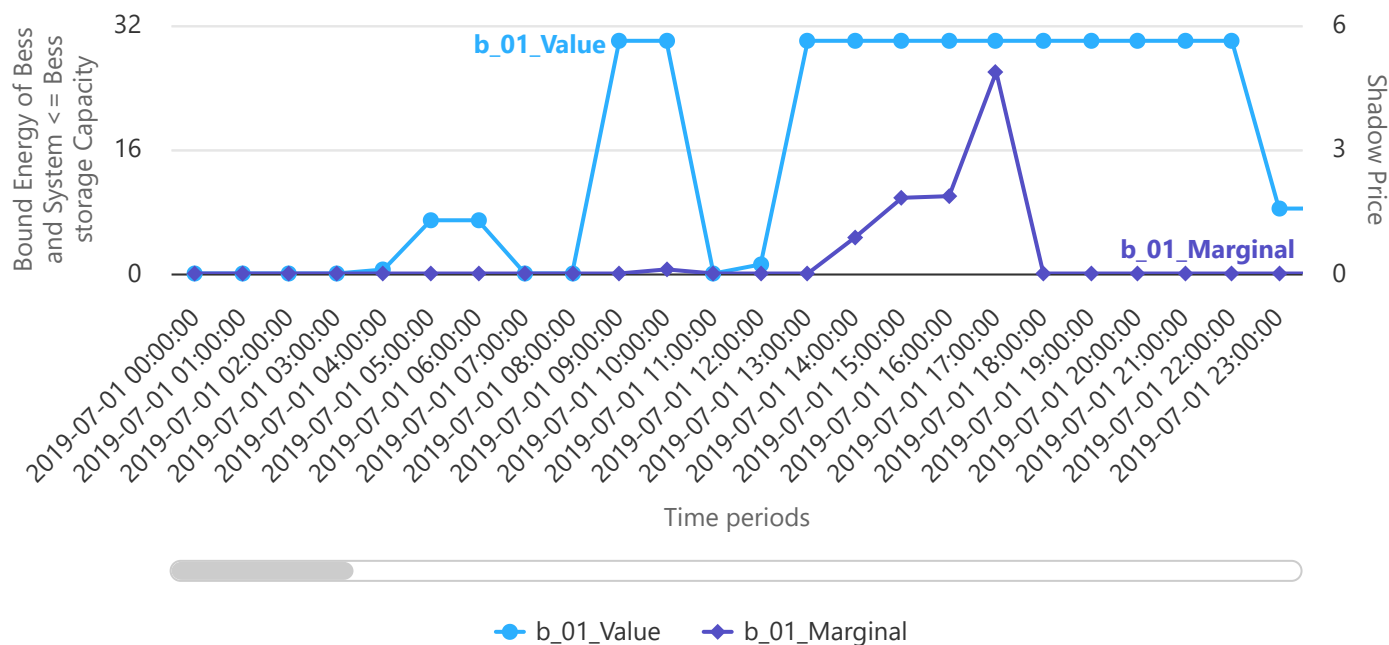
Highcharts.com

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ξεκάθαρα ότι το σύστημα αποθήκευσης υδρογόνου (H₂) δεν χρησιμοποιείται καθόλου στη λύση του μοντέλου. Αυτό οφείλεται κυρίως στον χαμηλό συντελεστή απόδοσης του συστήματος (0.6), δηλαδή περίπου το 40% της αποθηκευμένης ενέργειας χάνεται κατά τη διαδικασία ανάκτησης. Παράλληλα, οι τιμές πώλησης ενέργειας για τις συγκεκριμένες ημέρες παρουσίασαν μικρές διακυμάνσεις, γεγονός που καθιστά ασύμφορη τη στρατηγική αποθήκευσης και επαναπώλησης της ενέργειας. Κατά συνέπεια, το σύστημα αποθήκευσης παραμένει ανενεργό, παρά το γεγονός ότι επιβαρύνει την εγκατάσταση με κόστος συντήρησης και λειτουργίας – κόστος το οποίο δεν έχει συμπεριληφθεί στην παρούσα ανάλυση. Για να αξιοποιηθεί ουσιαστικά ένα τέτοιο σύστημα, απαιτείται είτε τεχνολογία υψηλότερης απόδοσης, είτε έντονες και απότομες διακυμάνσεις στις τιμές πώλησης, ειδικά κατά τις νυχτερινές ώρες, όταν δεν υπάρχει παραγωγή από φωτοβολταϊκά. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο παραπάνω διάγραμμα δεν μας ενδιαφέρει η στιγμιαία διακύμανση των τιμών, καθώς αποτυπώνεται το συνολικό πλάνο διαχείρισης της ενέργειας μέσω αποθήκευσης. Οι τιμές εκεί αντιστοιχούν σε μια βελτιστοποιημένη στρατηγική κατανομής της ενέργειας στον χρόνο και όχι σε ευκαιριακές πωλήσεις.

Συνεπώς, οποιαδήποτε αλλαγή στο πλάνο αποθήκευσης επιφέρει αναπόφευκτα αλλαγές και στο πλάνο πώλησης

b_01 vs t

model=energyCorrectionDomain

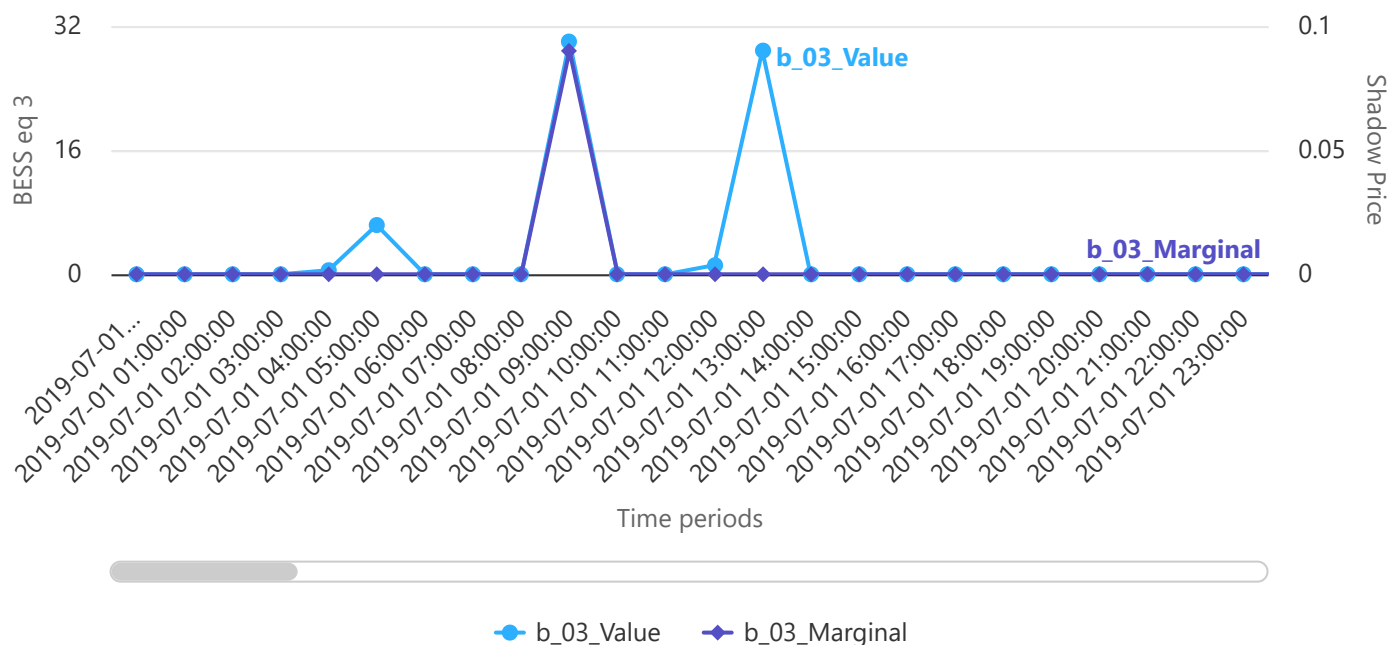


Highcharts.com

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε την εξίσωση `bess_1`, η οποία δείχνει πώς μεταβάλλεται το αποτέλεσμα της επίλυσης ανάλογα με τη χωρητικότητα της μπαταρίας. Συγκεκριμένα, στο σημείο αυτό (1/7/2019, ώρα 17:00), βλέπουμε ότι αν η χωρητικότητα αυξηθεί από 30MW σε 31MW, τότε η συμβολή της στο τελικό αποτέλεσμα θα είναι +4.87 ευρώ. Δηλαδή, εκείνη τη χρονική στιγμή, η προσθήκη 1MW στη χωρητικότητα αποδίδει επιπλέον 4.87 ευρώ στην αντικειμενική συνάρτηση. Το άθροισμα της συνολικής διακύμανσης είναι +62.49 ευρώ. Γενικά, η διακύμανση είναι θετική, γεγονός που δείχνει ότι η αύξηση χωρητικότητας προσφέρει επιπλέον όφελος. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι το διάγραμμα δείχνει τη συμβολή εκείνης της στιγμής, δεδομένου ότι στις υπόλοιπες χρονικές στιγμές η χωρητικότητα δεν αυξήθηκε. Συνεπώς, η αύξηση αφορά αποκλειστικά την επίδραση σε ένα μεμονωμένο χρονικό σημείο και όχι στη συνολική διάρκεια του χρονικού ορίζοντα. Αυτό σημαίνει ότι το αποτέλεσμα που βλέπουμε είναι τοπικό και δεν εγγυάται ότι μια γενικευμένη αύξηση χωρητικότητας θα έχει πάντοτε θετικό αντίκτυπο. Για παράδειγμα, αν η τιμή της ενέργειας δεν παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις ή αν το σύστημα δεν έχει πλεονάζουσα παραγωγή προς αποθήκευση, τότε η επιπλέον χωρητικότητα μπορεί να παραμείνει ανεκμετάλλευτη. Ωστόσο, η συγκεκριμένη παρατήρηση επιβεβαιώνει ότι, υπό ορισμένες συνθήκες, το σύστημα αξιοποιεί τη διαθέσιμη μπαταρία και ότι υπάρχει περιθώριο βελτίωσης μέσω επένδυσης σε επιπλέον αποθηκευτικό χώρο.

b_03 vs t

model=energyCorrectionDomain



Highcharts.com

Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση που προκύπτει από την αύξηση της ισχύος εξόδου της μπαταρίας. Παρατηρούμε ότι η μεταβολή αυτή έχει αμελητέα επίδραση στην τελική λύση, καθώς η συνεισφορά της στην αντικειμενική συνάρτηση δεν ξεπερνά τα 2 ευρώ για αύξηση της ισχύος εξόδου από 30MW σε 31MW. Αυτό υποδεικνύει ότι, για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και δεδομένες συνθήκες αγοράς, ο περιοριστικός παράγοντας στο σύστημα δεν είναι η ισχύς εξόδου της μπαταρίας, αλλά πιθανώς η συνολική χωρητικότητα ή οι τιμές της ενέργειας. Με άλλα λόγια, η μπαταρία μπορεί να εκφορτιστεί επαρκώς εντός του χρονικού ορίου που τίθεται από το μοντέλο, και η επιπλέον ισχύς εξόδου δεν προσφέρει ουσιαστικό πλεονέκτημα.

Solution

Field	Value
OPT_TARGET	109244.058097534 (euros)
NO_STORAGE_REVENUE	106577.092555658 (euros)

Όπως μπορούμε να δούμε από τον παραπάνω πίνακα, το συνολικό κέρδος που προκύπτει από τη χρήση της μπαταρίας ανέρχεται σε 2667 ευρώ. Η τιμή του πεδίου NO_STORAGE_REVENUE αντιπροσωπεύει το μέγιστο έσοδο που μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση αποθήκευσης.

Solution After Bess increase

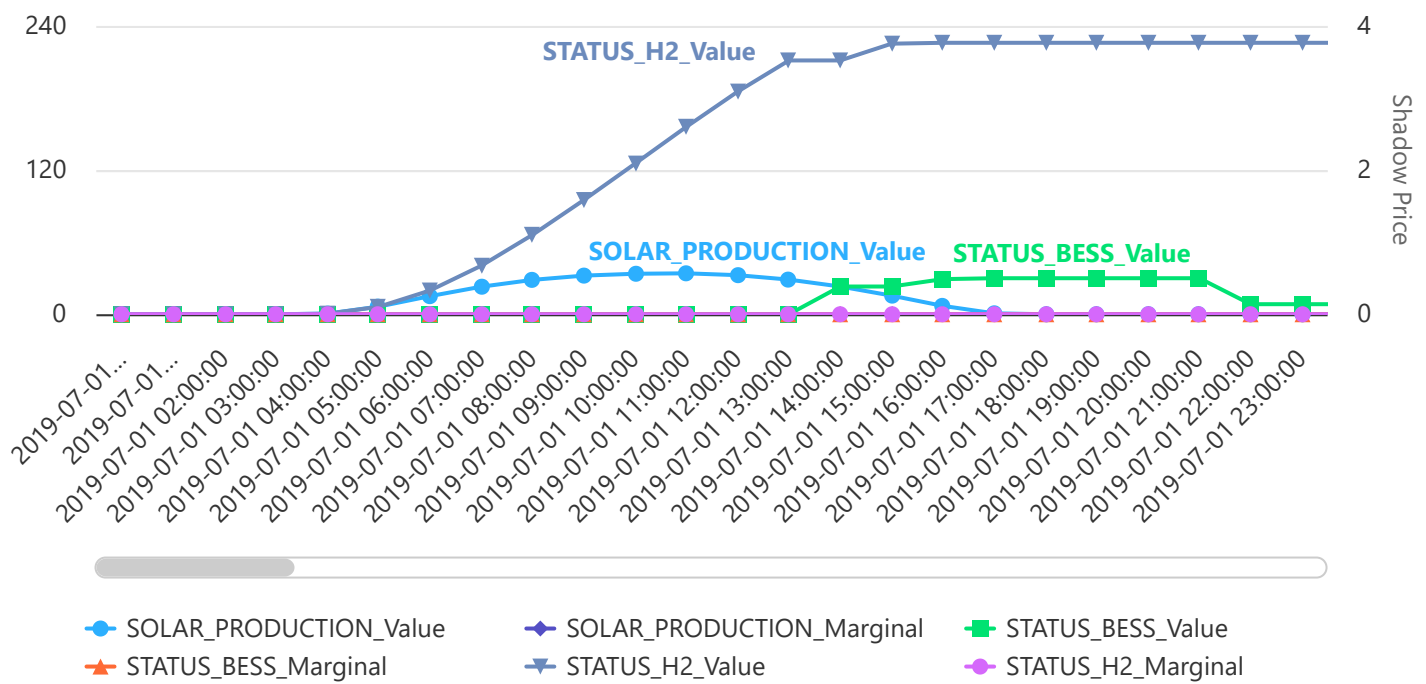
Field	Value
OPT_TARGET	109308.278097534 (euros)
NO_STORAGE_REVENUE	106577.092555658 (euros)

Παρατηρώντας τον επόμενο πίνακα, διαπιστώνουμε ότι προκύπτει αύξηση 64,22 ευρώ με την αύξηση της χωρητικότητας της μπαταρίας από 30MW σε 31MW. Από την προηγούμενη ανάλυση, είχαμε υπολογίσει μια εκτίμηση ότι η αύξηση αυτή θα απέφερε έως και 62,49 ευρώ. Όπως φαίνεται, η τελική αύξηση στο κέρδος για ολόκληρο το χρονικό διάστημα της συγκεκριμένης εβδομάδας επιβεβαιώνει την αρχική πρόβλεψη, καθώς βρίσκεται πολύ κοντά στο αναμενόμενο επίπεδο.

Input Table

Field	Value
BESS_POWER_OUTPUT	30
BESS_POWER_OUTPUT	30
ELECTROLYZER_COEF	0.9
H2_POWER_OUTPUT	50
H2_STORAGE_CAPACITY	300
SP_CAPACITY	50

Solar Prod , STATUSH2, STATUSBESS vs Time

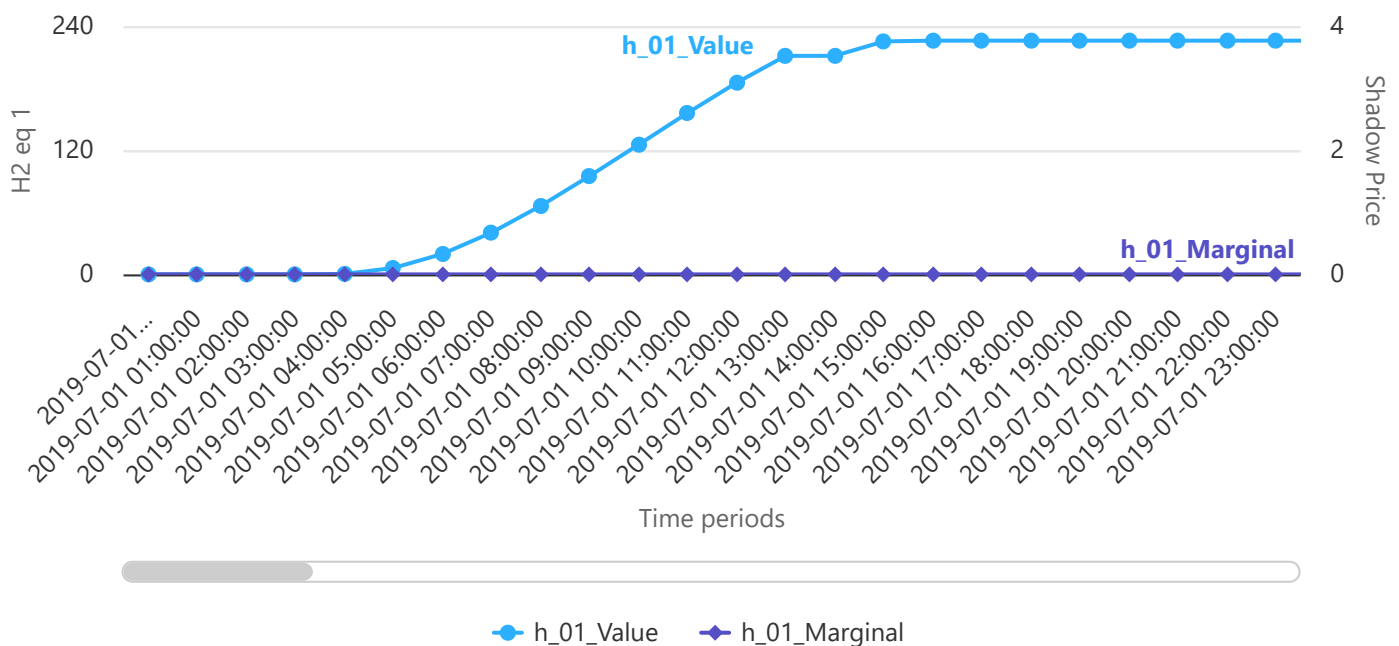


Highcharts.com

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα και όπως αναμέναμε, αφού τοποθετήσουμε ένα σύστημα H₂ με χαμηλές απώλειες 10%, το σύστημα αποθήκευσης του H₂ συμφέρει εάν αξιοποιηθεί στην εγκατάσταση. Και όπως φαίνεται, περισσότερη ενέργεια καταλήγει στο σύστημα υδρογόνου· περιμένουμε αύξηση στα έσοδα λόγω της αύξησης του αποθηκευτικού χώρου.

h_01 vs t

model=energyCorrectionDomain

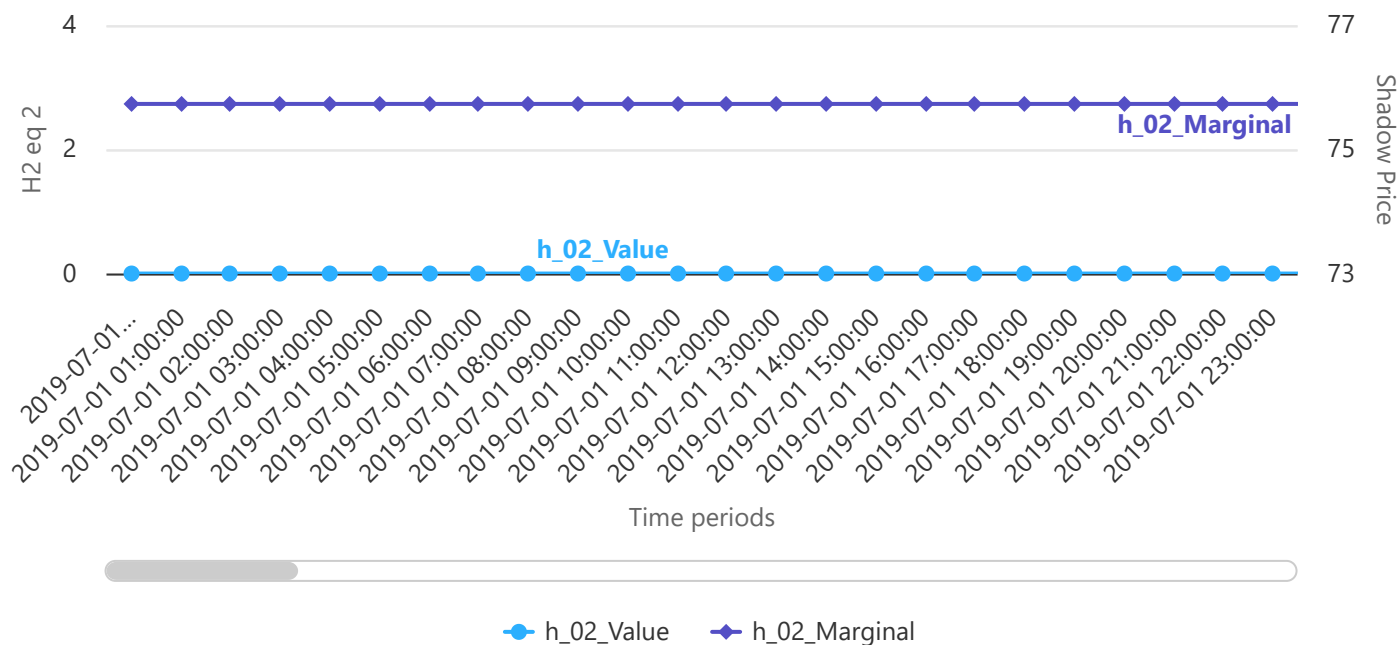


Highcharts.com

Στο πιο πάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι η αύξηση του κέρδους σε σχέση με τη χωρητικότητα του συστήματος(H2) είναι πολύ μικρή, 1.48 ευρώ.

h_02 vs t

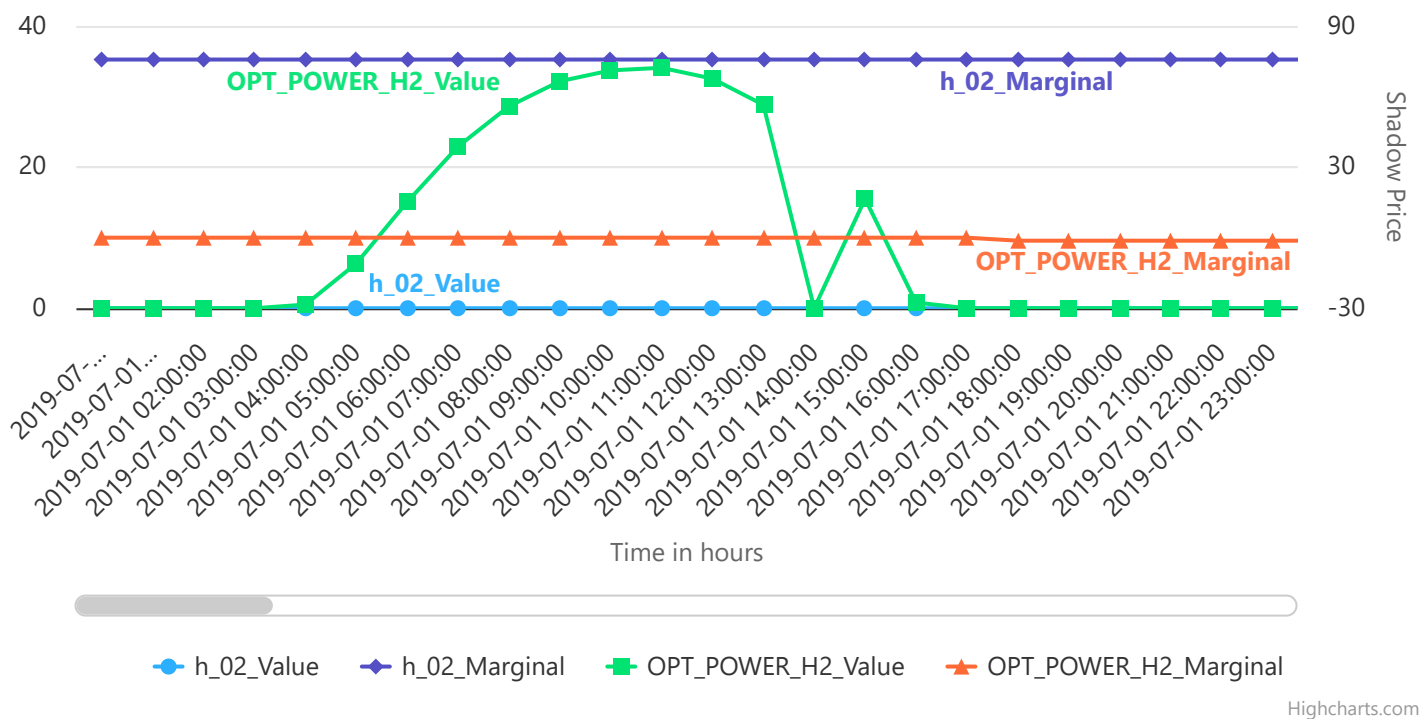
model=energyCorrectionDomain



Highcharts.com

Από το πιο πάνω διάγραμμα φαίνεται η αύξηση του κέρδους σε συνάρτηση με τον συντελεστή απόδοσης και την ενέργεια που αποθηκεύεται. Ωστόσο, αυτό το διάγραμμα δεν αποτυπώνει με ακρίβεια τη συνολική εικόνα. Για να κατανοήσουμε σωστά τη συμβολή της αύξησης του συντελεστή, θα πρέπει να επικεντρωθούμε στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο το σύστημα πραγματικά λειτουργεί, δηλαδή όταν ισχύει ότι $OPT_POWER_H2(t) > 0$. Αυτό συμβαίνει επειδή, σε χρονικές στιγμές όπου το σύστημα δεν αποθηκεύει ενέργεια, μια μικρή μεταβολή στον συντελεστή δεν επηρεάζει καθόλου το αποτέλεσμα. Συνεπώς, το διάγραμμα αυτό περιλαμβάνει και σημεία που δεν συνεισφέρουν στη διακύμανση και 'αραιώνουν' την πραγματική εικόνα της επίδρασης του συντελεστή απόδοσης. Για μια πιο ακριβή αξιολόγηση, πρέπει να απομονώσουμε τις χρονικές στιγμές όπου η ισχύς αποθήκευσης είναι θετική και να εξετάσουμε την τιμή στο δεξί μέλος. Επιπλέον, αν υποθέσουμε μικρή μεταβολή της εγκατάστασης, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η αποθηκευμένη ισχύς παραμένει σχεδόν σταθερή και να μελετήσουμε ποια μεταβολή στον συντελεστή είναι απαραίτητη ώστε να προκύψει η διακύμανση που εμφανίζεται στο διάγραμμα – αλλά μόνο στο πεδίο ορισμού όπου ορίζεται ουσιαστικά.

h_02,OPT_POWER_H2 vs Time



Από το παρόν διάγραμμα μπορούμε να εντοπίσουμε το διάστημα στο οποίο η αύξηση του συντελεστή απόδοσης του συστήματος αποθήκευσης υδρογόνου (H_2) επιφέρει ουσιαστικό όφελος. Συγκεκριμένα, αυτό μπορεί να διαπιστωθεί παρατηρώντας τις τιμές του $H_2_marginal$ μόνο για τα χρονικά σημεία όπου ισχύει $OPT_POWER_H_2 > 0$, δηλαδή όταν το σύστημα βρίσκεται σε λειτουργία και αποθηκεύει ενέργεια.

Solution

Field	Value
OPT_TARGET	114183.364740968 (euro)
NO_STORAGE_REVENUE	106577.092555658 (euro)

Όπως φαίνεται, η αλλαγή στο σύστημα αποθήκευσης οδήγησε σε αύξηση του κέρδους κατά 4939 ευρώ.

5.3 Προτεινόμενα Χαρακτηριστικά για το Μέλλον

Για την περαιτέρω βελτίωση και αξιοποίηση του opt-trace, προτείνονται τα εξής χαρακτηριστικά :

- Υποστήριξη ομάδων χρηστών για συνεργατική χρήση μοντέλων και κοινή διαχείριση εκτελέσεων.
- Αποστολή αναφορών μέσω email, είτε αυτόματα είτε κατά απαίτηση.
- Αυτόματη αποθήκευση εξόδων (GDX) στο προσωπικό αποθηκευτικό σύστημα του χρήστη για μελλοντική χρήση.
- Δημιουργία μοντέλων στο σύστημα όπως το μοντέλο [1.9.2], προσβάσιμων από όλους τους χρήστες με την δυνατότητα εισαγωγής μόνο των δεδομένων.
- Δυναμικά φίλτρα στους πίνακες στο περιβάλλον εργασίας , π.χ. φιλτράρισμα κατά ημερομηνία ή βάσει λέξεων-κλειδιών, ώστε να διευκολύνεται η στοχευμένη αναζήτηση δεδομένων.

5.4 Σύνοψη

Η πτυχιακή εργασία συνδύασε θεωρητική κατανόηση του GAMS με πρακτική ανάπτυξη ενός καινοτόμου εργαλείου που βελτιώνει καθοριστικά την εμπειρία του τελικού χρήστη. Το opt-trace επιταχύνει και απλοποιεί την εκτέλεση μαθηματικών μοντέλων, προσφέροντας εργαλεία ανάλυσης και οπτικοποίησης που δεν υπάρχουν στο βασικό περιβάλλον του GAMS.

Η εργασία αυτή ανοίγει τον δρόμο για μελλοντική επέκταση και επαγγελματική χρήση του συστήματος, ενώ αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για το πώς η τεχνολογία μπορεί να ενσωματωθεί σε υπάρχοντα εργαλεία προς όφελος της καθημερινής πρακτικής και της επιστημονικής ανάλυσης.

Βιβλιογραφία

- [1] G. D. Corporation. “Gams - a user’s guide”, GAMS Development Corporation. (), [Online]. Available: <https://www.gams.com/>.
- [2] G. D. Corporation. “Dollar-controls affecting the input comment format”, GAMS Development Corporation. (), [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_DollarControlOptions.html#UG_DollarControl_OptionsAffectingInputCommentFormat.
- [3] G. D. Corporation. “Dollar-controls input data format”, GAMS Development Corporation. (), [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_DollarControlOptions.html#UG_DollarControl_OptionsAffectingInputDataFormat.
- [4] G. D. Corporation. “Dollar-controls affecting the output format”, GAMS Development Corporation. (), [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_DollarControlOptions.html#UG_DollarControl_OptionsAffectingOutputFormat.
- [5] G. D. Corporation. “Dollar-controls affecting the listing of reference maps”, GAMS Development Corporation. (), [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_DollarControlOptions.html#UG_DollarControl_OptionsAffectingListingOfReferenceMaps.
- [6] G. D. Corporation. “Dollar-controls affecting program control”, GAMS Development Corporation. (), [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_DollarControlOptions.html#UG_DollarControl_OptionsAffectingProgramControl.
- [7] G. D. Corporation. “Dollar-controls for.gdx operations”, GAMS Development Corporation. (), [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_DollarControlOptions.html#UG_DollarControl_GDXOperations.
- [8] G. D. Corporation. “Dollar-controls output for compile-time variables and environment variables”, GAMS Development Corporation. (), [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_DollarControlOptions.html#UG_DollarControl_EnvironmentVariables.

- [9] G. D. Corporation. “Dollar-controls for macro definitions”, GAMS Development Corporation. 0, [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_DollarControlOptions.html#UG_DollarControl_MacroDefinitions.
- [10] G. D. Corporation. “Dollar-controls for compressing and encrypting source files”, GAMS Development Corporation. 0, [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_DollarControlOptions.html#UG_DollarControl_CompressionAndEncryptingOfSourceFiles.
- [11] G. D. Corporation. “The gams call and command line parameters”, GAMS Development Corporation. 0, [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_GamsCall.html.
- [12] G. D. Corporation. “Gams output”, GAMS Development Corporation. 0, [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/UG_GAMSOutput.html.
- [13] G. D. Corporation. “Tools manuals”, GAMS Development Corporation. 0, [Online]. Available: https://www.gams.com/latest/docs/T_MAIN.html.
- [14] G. D. Corporation. “Equation attributes”, GAMS Development Corporation. 0, [Online]. Available: https://www.gams.com/49/docs/UG_Equations.html#UG_Equations_Attributes.
- [15] G. D. Corporation. “Variable attributes”, GAMS Development Corporation. 0, [Online]. Available: https://www.gams.com/49/docs/UG_Variables.html#UG_Variables_VariableAttributes.
- [16] J. P. M. L. Matti Juhani Koivisto. “Solar pv generation time series (pecd) – 2021 update”. Accessed: 2025-06-16. (2021), [Online]. Available: https://data.dtu.dk/articles/dataset/Solar_PV_generation_time_series_PECD_2021_update_/19727239.
- [17] E. Climate. “European wholesale electricity price data”. Accessed: 2025-06-16. (2024), [Online]. Available: <https://ember-energy.org/data/european-wholesale-electricity-price-data/>.
- [18] OpenAI. “Chatgpt by openai”. Accessed: 2025-06-16. (2025), [Online]. Available: <https://chat.openai.com>.
- [19] V. Giannaki. “Opt-trace”. Accessed: 2025-06-18. (2025), [Online]. Available: <https://github.com/ntua/opt-trace>.
- [20] O. Foundation. “Node.js”. Accessed: 2025-06-18. (2024), [Online]. Available: <https://nodejs.org/>.
- [21] V. P. International. “Visual paradigm - visual modeling and agile development tools”. Accessed: 2025-06-18. (2025), [Online]. Available: <https://www.visual-paradigm.com>.

- [22] H. AS. “Highcharts - interactive javascript charts”. Accessed: 2025-06-16. (2024), [Online]. Available: <https://www.highcharts.com/>.
- [23] Angular Team. “Angular - web application framework”. Accessed: 2025-06-16. (2024), [Online]. Available: <https://angular.io/>.
- [24] Angular Team. “Angular material - ui component library”. Accessed: 2025-06-16. (2024), [Online]. Available: <https://material.angular.io/>.