



**UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII**

ing. Lazăr Ștefan HORON

TEZA DE DOCTORAT

STUDII PRIVIND OPTIMIZAREA CALCULULUI AUTOMAT LA LUCRĂRILE DE DRUMURI

Domeniul de doctorat: Inginerie civilă

**Conducător Științific,
Prof. Dr. Ing. Mihai Iliescu**

**Cluj-Napoca
2015**

CUPRINS

Capitolul 1. Introducere	1
1.1. Necesitatea și actualitatea temei de doctorat	1
1.1.1 Tendințele de dezvoltare în circulația rutieră.....	1
1.1.2 Probleme de proiectare constatate pe drumurile nou construite în România.....	4
1.1.3 Necesitatea și actualitatea temei de doctorat	6
1.2. Obiectivele și structura tezei de doctorat	7
1.2.1 Obiectivele tezei de doctorat	7
1.2.2 Structura tezei de doctorat	8
Capitolul 2. Prezentarea programelor de proiectare utilizate în prezent la calculul drumurilor	12
2.1. Advanced Road Design (ARD).....	12
2.1.1. Crearea și analiza suprafețelor terenului natural	14
2.1.2. Trasarea în plan a axei drumului	15
2.1.3. Definirea profilurilor transversale tip ale drumului	16
2.1.4. Amenajarea în spațiu a curbelor	17
2.1.5. Proiectarea profilului longitudinal	18
2.1.6. Editarea elementelor din profil transversal	20
2.1.7. Proiectarea intersecțiilor	22
2.1.8. Generarea rapoartelor de trasare	23
2.1.9. Generarea rapoartelor care conțin cantitățile de lucrări	23
2.1.10. Generarea planșelor	24
2.2. MX Road (MOSS)	27
2.2.1. Prezentarea modului de lucru al programului	28
2.2.2. Introducerea datelor topografice în MX	29
2.2.3. Definirea axei în plan cu MX	29
2.2.4. Proiectarea profilului longitudinal	30
2.2.5. Definirea elementelor profilului transversal	31
2.2.6. Proiectarea lucrărilor de terasamente în MX	33
2.2.7. Definirea sistemului rutier	34

2.2.8.	Generarea profilurilor transversale din MX.....	35
2.2.9.	Generarea rapoartelor de cantități cu MX	36
2.2.10.	Analiza traseului în perspectivă	36
2.3.	Autocad Civil 3D - Autodesk.....	37
2.3.1.	Generarea modelului 3D al terenului în Autocad Civil 3D	38
2.3.2.	Trasarea axei în plan cu Civil 3D	38
2.3.3.	Geometrizarea profilului longitudinal în Autocad Civil 3D	39
2.3.4.	Definirea profilului transversal tip în Autocad Civil 3D	40
2.3.5.	Generarea modelului 3D al proiectului în Autocad Civil 3D	41
2.3.6.	Analiza traseului proiectat	42
2.4.	Micro Piste	43
2.4.1.	Crearea modelului 3D al terenului natural și definirea aliniamentului orizontal în Micro Piste	44
2.4.2.	Definirea profilului longitudinal în Micro Piste	44
2.4.3.	Definirea profilurilor transversale în Micro Piste	45
2.4.4.	Analiza traseului pe baza perspectivelor	45
2.4.5.	Generarea planșelor și a rapoartelor specifice proiectului	46
2.5.	Civil Software - Road Design.....	49
2.5.1	Prelucrarea datelor topografice	49
2.5.2	Pichetarea traseului și extragerea profilurilor transversale din teren	49
2.5.3	Proiectarea axei în plan	50
2.5.4	Proiectarea profilului longitudinal	51
2.5.5	Proiectarea profilului transversal	51
2.5.6	Semnalizarea rutieră	52
2.5.7	Dimensionarea sistemului rutier	52

Capitolul 3. Influența softurilor de proiectare asupra performanțelor

	traseelor de drumuri	54
3.1.	Definirea criteriilor de performanță la drumuri.....	54
3.2.	Influența softurilor de proiectare asupra performanțelor traseelor de drumuri	56
3.2.1.	Adaptabilitatea la normativele românești a softurilor de proiectare..	57
3.2.2.	Modul de prelucrare a datelor topografice	58

3.2.2.1. Softuri care lucrează pe suprafețe triangulate	59
3.2.2.2. Softuri care prelucrează datele topografice prin citirea punctelor 3D din ridicarea topografică	62
3.2.3. Modul de stocare a datelor proiectului.....	62
3.2.4. Interfața de lucru a programelor și aplicabilitatea lor în proiectele mari	63
3.2.5. Acuratețea rezultatelor și posibilitatea de transpunere a acestora în teren	68
3.2.6. Timpul necesar pentru prelucrarea datelor în program	70
3.2.7. Posibilitatea unor intervenții ulterioare asupra proiectului	71
3.2.8. Modul în care programul contribuie la stabilirea unor măsuri de siguranța circulației	72
3.2.9. Concluzii	74
Capitolul 4. Metode de optimizare a rezultatelor procesului de proiectare a drumurilor.....	79
4.1. Descrierea noțiunilor de perspective ale traseului.....	79
4.2. Optimizarea procesului de proiectare a drumurilor prin analiza perspectivelor traseului.....	84
Capitolul 5. Generarea automată a tablourilor de perspectivă a traseului cu ajutorul “Road Perspective Design”.....	90
5.1. Prezentarea aplicației “Road Perspective Design”	90
5.2. Modul de lucru al programului	90
5.2.1. Citirea datelor în program	91
5.2.2. Definirea parametrilor de perspectivă	93
5.2.3. Prelucrarea datelor în vederea realizării tabloului de perspectivă a traseului	94
5.2.4. Stabilirea coordonatelor observatorului și a orientării acestuia	94
5.2.5. Extragerea punctelor de pe traseu care intră în sectorul pe care se generează tabloul de perspectivă	100
5.2.6. Transpunerea coordonatelor punctelor de pe traseu în coordonate relative față de poziția observatorului	106
5.2.7. Calculul coordonatelor de proiecție ale elementelor traseului de drum	111

5.2.8. Generarea tabloului de perspectivă	112
Capitolul 6. Studii de caz.....	114
6.1. Îmbunătățirea unor proiecte de autostrăzi prin analizarea perspectivelor traseului	114
6.2. Analiza traseului de pe DN1C în zona Km 108+240	118
6.3. Analiza unor cazuri particulare ale perspectivelor traseului.....	121
6.3.1. Începutul de curbă din plan în racordarea convexă din profil longitudinal.....	121
6.3.2. Zone cu traseu boltit și vălurit.....	123
6.3.3. Traversarea unor zone depresionare.....	125
Capitolul 7. Aplicabilitatea „Road Perspective Design” în proiectarea drumurilor	128
7.1. Aplicabilitatea practică a Road Perspective Design	128
7.2. Aplicabilitatea didactică a Road Perspective Design	130
Capitolul 8. Concluzii. Contribuții personale.....	132
Bibliografie	136
Anexe	142

Lista figurilor cuprinse în teza de doctorat

Capitolul 1. INTRODUCERE

- Figura 1. 1 Ponderea traficului pentru diferite moduri de transport în România
Figura 1. 2 Harta proiectelor rutiere din Master Planul General de Transport al României în perioada 2014 -2030
Figura 1. 3 Determinarea traseului de urmat, al unui vehicul, prin calculul secvențial al poziției acestuia pe baza unor reperi din marcaj
Figura 1. 4 Frângerea în perspectivă a unui traseu de autostradă
Figura 1. 5 Crearea unui efect de rampă pe un traseu de autostradă
Figura 1. 6 Pierderea din câmpul de vizibilitate a unui vehicul care circulă în același sens

Capitolul 2. PREZENTAREA PROGRAMELOR DE PROIECTARE UTILIZATE ÎN PREZENT LA PROIECTAREA DRUMURILOR

- Figura 2. 1 Principalele etape de proiectare a drumurilor în ARD pe platforma Civil 3D
Figura 2. 2 Etapele de definire a racordărilor la intersecții, a platformelor de întoarcere la drumurile înfundate și a platformelor adiacente carosabilului în ARD
Figura 2. 3 Extragerea rezultatelor din proiectele realizate cu ARD în Civil 3D
Figura 2. 4 Modulul de creare a suprafețelor teren în mediul Autocad și Bricscad
Figura 2. 5 Geometrizarea axei în plan pentru ARD
Figura 2. 6 Ferestrele de introducere a datelor în Horizontal Design
Figura 2. 7 Definirea elementelor profilurilor transversale tip și a straturilor din structura rutieră
Figura 2. 8 Fereastra de editare particularizată a straturilor rutiere
Figura 2. 9 Aplicarea supraînălțărilor și supralărgirilor traseului
Figura 2. 10 Definirea elementelor din profilul longitudinal
Figura 2. 11 Vizualizarea simultană în program a planului de situație, a profilului longitudinal și a profilurilor transversale
Figura 2. 12 Corelarea instantanee a elementelor din cele trei proiecții ale drumului, plan de situație, profil longitudinal și profil transversal
Figura 2. 13 Fereastra de definire a grosimilor minime de ranforsare
Figura 2. 14 Fereastra Edit Design Data din ARD
Figura 2. 15 Caseta de lărgire realizată în ARD
Figura 2. 16 Amenajarea casetelor de lărgire la nivelul de racord cu drumul existent, având variabil stratul de reprofilare
Figura 2. 17 Modelarea intersecțiilor în T cu ARD, prin corelarea profilurilor longitudinale atât în axa drumului, cât și la marginea carosabilului
Figura 2. 18 Generarea rapoartelor de trasare din ARD
Figura 2. 19 Generarea din ARD a rapoartelor care conțin cantitățile de lucrări
Figura 2. 20 Plan de situație generat automat prin ARD
Figura 2. 21 Profil longitudinal generat automat prin ARD
Figura 2. 22 Profil transversal curent generat automat prin ARD
Figura 2. 23 Vizualizarea spațială a elementelor proiectate cu ajutorul ARD
Figura 2. 24 Principalele etape de lucru în MX Road

- Figura 2. 25 Crearea modelului terenului natural în MX
- Figura 2. 26 Parametrii profilului longitudinal
- Figura 2. 27 Profil longitudinal generat prin MX
- Figura 2. 28 Definierea numărului de benzi specifice carosabilului
- Figura 2. 29 Editarea profilurilor transversale tip în MX
- Figura 2. 30 Vizualizarea interactivă a elementelor din plan, profil longitudinal și profil transversal în MX
- Figura 2. 31 Selectarea modului de amenajare a taluzurilor în MX
- Figura 2. 32 Definierea taluzurilor de racord cu terenul natural
- Figura 2. 33 Definierea modalităților de amenajare pentru sistemul rutier
- Figura 2. 34 Definierea straturilor din sistemului rutier
- Figura 2. 35 Vizualizarea profilurilor transversale în MX
- Figura 2. 36 Generarea profilurilor transversale cu MX
- Figura 2. 37 Rapoarte de cantități generate din MX
- Figura 2. 38 Generarea perspectivelor în MX
- Figura 2. 39 Prezentarea principalelor etape ale proiectului în AutoCAD Civil 3D
- Figura 2. 40 Crearea suprafețelor topo în AutoCAD Civil 3D
- Figura 2. 41 Definierea axei în plan în AutoCAD Civil 3D
- Figura 2. 42 Definierea criteriilor geometrice în lungul traseului în AutoCAD Civil 3D
- Figura 2. 43 Geometrizarea profilului longitudinal în AutoCAD Civil 3D [proiect local]
- Figura 2. 44 Definierea subansamblelor în AutoCAD Civil 3D
- Figura 2. 45 Definierea profilului tip în AutoCAD Civil 3D cu ajutorul subansamblelor
- Figura 2. 46 Crearea unui coridor prin combinarea elementelor din plan, profil longitudinal și profil transversal
- Figura 2. 47 Vizualizarea spațială a traseului proiectat în AutoCAD Civil 3D
- Figura 2. 48 Verificarea stadiului de execuție a lucrărilor cu ajutorul Civil 3D
- Figura 2. 49 Principalele etape de lucru cu MicroPiste
- Figura 2. 50 Plan de situație creat cu MicroPiste
- Figura 2. 51 Geometrizarea profilului longitudinal în MicroPiste
- Figura 2. 52 Definierea profilurilor transversale în MicroPiste
- Figura 2. 53 Vizualizarea perspectivelor traseului în MicroPiste
- Figura 2. 54 Plan de situație generat prin MicroPiste
- Figura 2. 55 Profil longitudinal generat prin MicroPiste
- Figura 2. 56 Profiluri transversale generate prin MicroPiste
- Figura 2. 57 Tablou de perspectivă generat automat prin MicroPiste
- Figura 2. 58 Perspective secvențiale generate automat prin MicroPiste
- Figura 2. 59 Fereastra de definire a racordărilor orizontale cu Civil Software - Road Design
- Figura 2. 60 Etichetarea în plan a curbilor de racordare cu Civil Software - Road Design
- Figura 2. 61 Profil longitudinal proiectat cu Civil Software - Road Design
- Figura 2. 62 Fereastra de alegere a indicatoarelor rutiere
- Figura 2. 63 Fereastra de definire a straturilor rutiere în vederea calculului de eforturi și deformații cu Programul Calderom 2000

Capitolul 3. INFLUENȚA SOFTURILOR DE PROIECTARE ASUPRA PERFORMANȚELOR TRASEELOR DE DRUMURI

- Figura 3. 1 Modelarea suprafeței terenului în ARD în mediul AutoCAD sau BricsCad
- Figura 3. 2 Modelarea suprafeței terenului cu Civil 3D
- Figura 3. 3 Completarea informațiilor din ridicarea topografică prin suprafețe importante din Google Earth în Civil 3D
- Figura 3. 4 Structura de meniuri și butoane de lansare comenzi din ARD
- Figura 3. 5 Profil transversal tip de autostradă în zonă de deal
- Figura 3. 6 Meniul "Create/Edit Multi Section Batters" din ARD
- Figura 3. 7 Definirea taluzurilor și banchetelor cu "Multi Section Batter Template Editor" din ARD
- Figura 3. 8 Profiluri transversale de autostradă cu/ fără berme, generate automat din ARD
- Figura 3. 9 Profil debleu cu șanț de gardă
- Figura 3. 10 Profil debleu fără șanț de gardă
- Figura 3. 11 Modelarea spațială a lucrărilor de consolidare în ARD, cu evidențierea stratificației terenului
- Figura 3. 12 Model proiectat pentru o alunecare de teren, generat prin ARD și Civil 3D
- Figura 3. 13 Definirea parametrilor pentru analiza de vizibilitate în ARD
- Figura 3. 14 Raport cu puncte de pierdere a vizibilității, generat prin ARD

Capitolul 4. METODE DE OPTIMIZARE A REZULTATELOR PROCESULUI DE PROIECTARE A DRUMURILOR

- Figura 4. 1 Formarea imaginii obiectului pe retina ochiului uman
- Figura 4. 2 Formarea imaginii în perspectivă
- Figura 4. 3 Formarea tabloului perspectiv
- Figura 4. 4 Suprapunerea efectelor perspective din plan și profil longitudinal pentru traseele aflate în curbe
- Figura 4. 5 Suprapunerea efectelor perspective din plan și profil longitudinal pentru traseele aflate în curbe
- Figura 4. 6 Desen abstract privind formarea în perspectivă a imaginii traseului
- Figura 4. 7 Relația dintre viteza de deplasare și poziția asupra căruia se concentrează atenția șoferilor în conul de vizibilitate
- Figura 4. 8 Tablou de perspectivă a traseului, realizat prin metode statice pe baza datelor din ARD
- Figura 4. 9 Redare traseu prin metode dinamice cu funcția "Drive" din AutoCad CIVIL 3D - Autodesk

Capitolul 5. GENERAREA AUTOMATĂ A TABLOURILOR DE PERSPECTIVĂ A TRASEULUI CU AJUTORUL "ROAD PERSPECTIVE DESIGN"

- Figura 5. 1 Generarea din ARD a poliliniilor 3D ale proiectului
- Figura 5. 2 Schema de funcționare a aplicației Road Perspective Design
- Figura 5. 3 Butonul de Selecție Date din fereastra de prelucrare date
- Figura 5. 4 Mesaj de eroare returnat în cazul selectării unui alt tip de obiect decât 3D Polyline
- Figura 5. 5 Fereastra de definire a parametrilor de perspectivă.

- Figura 5. 6 Schema de calcul pentru coordonatele in plan ale observatorului
- Figura 5. 7 Verificarea intervalului kilometric pentru punctele de pe traseu
- Figura 5. 8 Calculul coordonatelor relative ale punctelor de pe traseu in raport cu pozitia observatorului
- Figura 5. 9 Tablou de perspectivă generat cu "Road Design Perspective"

Capitolul 6. STUDII DE CAZ

- Figura 6. 1 Profil longitudinal proiectat inițial
- Figura 6. 2 Definierea parametrilor de vizibilitate pentru SIGHT DISTANCE din ARD
- Figura 6. 3 Rapoarte de vizibilitate obținute cu funcția SIGHT DISTANCE din ARD
- Figura 6. 4 Tablou de perspectivă autostradă generat cu Road Perspective Design în axa benzii 1 pe baza elementelor 3D din ARD
- Figura 6. 5 O formă prelucrată a tabloului de perspectivă din figura 6.4
- Figura 6. 6 Profil longitudinal reproiectat
- Figura 6. 7 Tablou de perspectivă autostradă generat după regeometrizarea traseului
- Figura 6. 8 Frângerea traseului pe banda 1 de circulație pe DN1C, Km 108+240
- Figura 6. 9 Evidențierea pantelor compuse pe baza unui model 3D
- Figura 6. 10 Tablou de perspectivă generat pe baza poliliniilor 3D din model pentru situația inițială
- Figura 6. 11 Reducerea valorilor pantelor compuse prin împărțirea supralărgirii în curbă
- Figura 6. 12 Tablou de perspectivă generat pe baza poliliniilor 3D din model după regeometrizarea traseului
- Figura 6. 13 Plan de situație pe un traseu sinuos în zonă de deal
- Figura 6. 14 Profil longitudinal proiectat inițial
- Figura 6. 15 Tablou de perspectivă generat cu Road Perspective Design
- Figura 6. 16 Profil longitudinal reproiectat
- Figura 6. 17 Tablou de perspectivă regenerat după reproiectare
- Figura 6. 18 Vederea în plan a unui traseu vălurit
- Figura 6. 19 Profilul longitudinal al traseului vălurit
- Figura 6. 20 Traseul boltit și vălurit evidențiat prin perspectiva generată cu Road Perspective Design
- Figura 6. 21 Profil longitudinal reproiectat
- Figura 6. 22 Perspectiva traseului după regeometrizarea profilului longitudinal
- Figura 6. 23 Plan de situație la o intersecție de două drumuri
- Figura 6. 24 Profil longitudinal proiectat cu cote obligate în zona intersecției
- Figura 6. 25 Tablou de perspectivă generat în sens invers kilometrajului
- Figura 6. 26 Profil longitudinal reproiectat
- Figura 6. 27 Tabloul de perspectivă regenerat după reproiectarea profilului longitudinal

Lista tabelelor cuprinse în teza de doctorat:

- Tabelul 3.1* Analiza domeniilor de aplicabilitate a softurilor de proiectare existente
- Tabelul 4.1* Înălțimi uzuale ale observatorului și ale obiectului țintă pentru analiza vizibilității asupra traseului de drum în diverse țări din lume

Capitolul 1. INTRODUCERE

1.1. Necesitatea și actualitatea temei de doctorat

1.1.1. Tendințele de dezvoltare în circulația rutieră

Drumurile au fost dintotdeauna elemente de bază în dezvoltarea unei societăți, asigurând mobilitatea oamenilor și a mărfurilor.

În funcție de destinația lor principală, drumurile pot fi:

- de interes social
- de interes turistic
- de interes economic
- de interes administrativ
- de interes militar

După 1989, prin orientarea României spre o economie de piață liberă, prin scăderea semnificativă a ramurii industriei grele, traficul rutier a cunoscut o creștere explozivă. ^[30]

Conform datelor furnizate de Institutul Național de Statistică și cuprinse în Master Planul General de Transport al României, în prezent traficul rutier deține o mare parte a transportului de mărfuri (48.32%) și persoane (74.36%). ^[59]

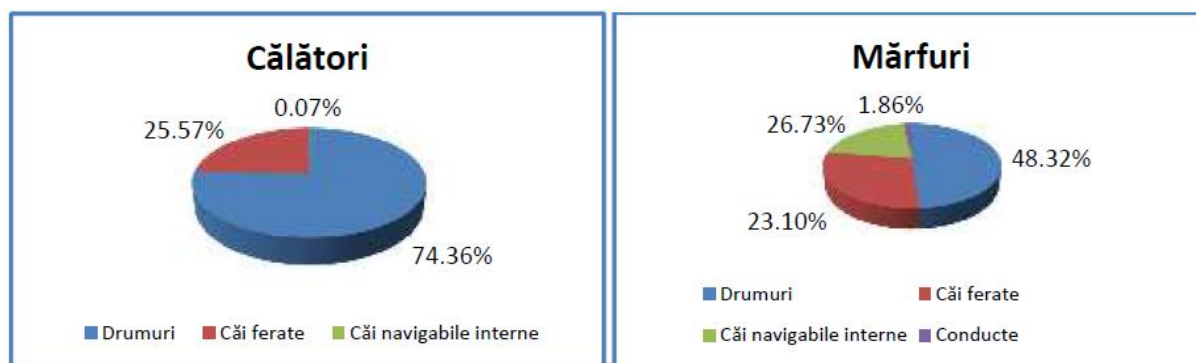


Figura 1. 1 Ponderea traficului pentru diferite moduri de transport în România ^[59]

Rețeaua de drumuri din România este împărțită în cinci categorii ^[59]:

- Autostrăzi - A;
- Drumuri Naționale și Europene – DN/E;
- Drumuri Naționale – DN;
- Drumuri Județene – DJ;
- Drumuri Comunale – DC.

România are în prezent aproximativ 750 km de autostradă, iar ținta prevăzută în Master Planul General de Transport al României pentru anul 2030 este de 2074 Km de autostradă ^[59], asta însemnând un plan de construcție în viitor pentru aproximativ 1300 de km de autostradă. În Master Planul de Transport mai este prevăzută și construcția a 1.877 km de drumuri expres, 3.147 km de drumuri naționale și europene. ^[59]

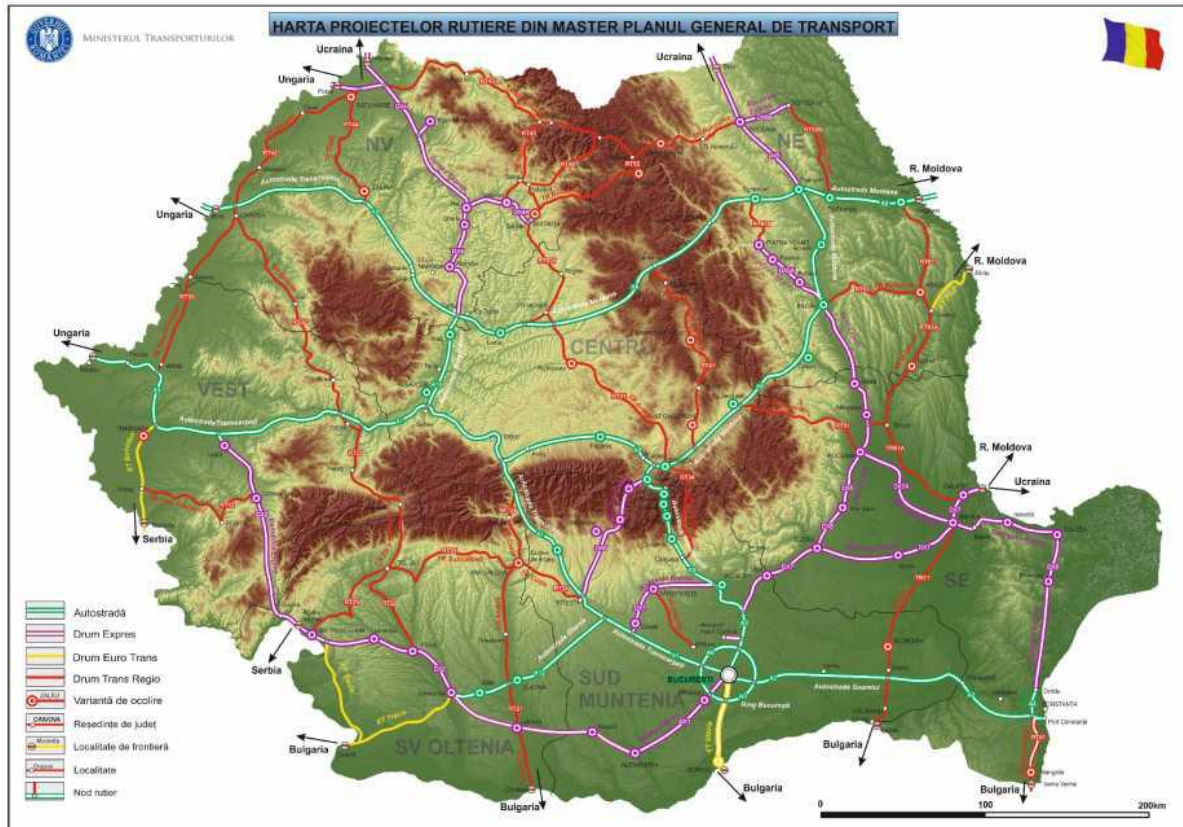


Figura 1.2 Harta principalelor proiecte rutiere din Master Planul General de Transport al României în perioada 2014 -2030 ^[59]

Principalele etape cuprinse în procesul de viabilizare a rețelelor de transporturi rutiere sunt:

- proiectare
- execuție
- întreținere
- exploatare

Una din cele mai importante etape este cea de proiectare, care poate influența considerabil toate celelalte etape.

Criteriile de bază pentru stabilirea parametrilor de proiectare sunt:

- încadrarea traseului de drum în condițiile de relief
- asigurarea fluenței traficului rutier

- asigurarea condițiilor de confort și siguranță a participanților la trafic
- asigurarea eficienței economice pentru cheltuielile de execuție și exploatare.

Procesul de proiectare a drumurilor cuprinde următoarele faze:

- stabilirea traseului folosind hărți topografice și geologice
- realizarea studiilor de teren (planuri topografice, studii geotehnice)
- stabilirea elementelor geometrice ale traseului în plan, profil longitudinal și profil transversal
- proiectarea elementelor de colectare și evacuare a apelor
- realizarea planurilor de marcaje și semnalizare rutieră
- realizarea planurilor de plantații rutiere
- calculul cantităților de lucrări
- verificarea documentațiilor.

Tendințele dezvoltării tehnice a circulației rutiere sunt de a reduce cât mai mult influența factorului uman asupra procesului de conducere a vehiculelor prin realizarea unor sisteme care să “conducă” singure autovehiculele, cu ajutorul unor ghidaje prin GPS, completate de ghidaje de la sol realizate prin montarea unor senzori de ghidaj în interiorul marcajelor laterale ale drumului, calculatorul de bord al vehiculului putând “conduce” vehiculul prin stabilirea poziției în raport cu reperii din marcaj. În țările dezvoltate, deja există vehicule capabile să meargă fără șofer.

În lucrarea “Robust Lane Marking Detection and Geometry Computation”, scrisă de A. López, J. Serrat, C. Cañero, F. Lumbreras și T. Graf, este descris procesul de calcul a geometriei traseului pe baza unor senzori amplasați în marcajele laterale ale benzilor de circulație.

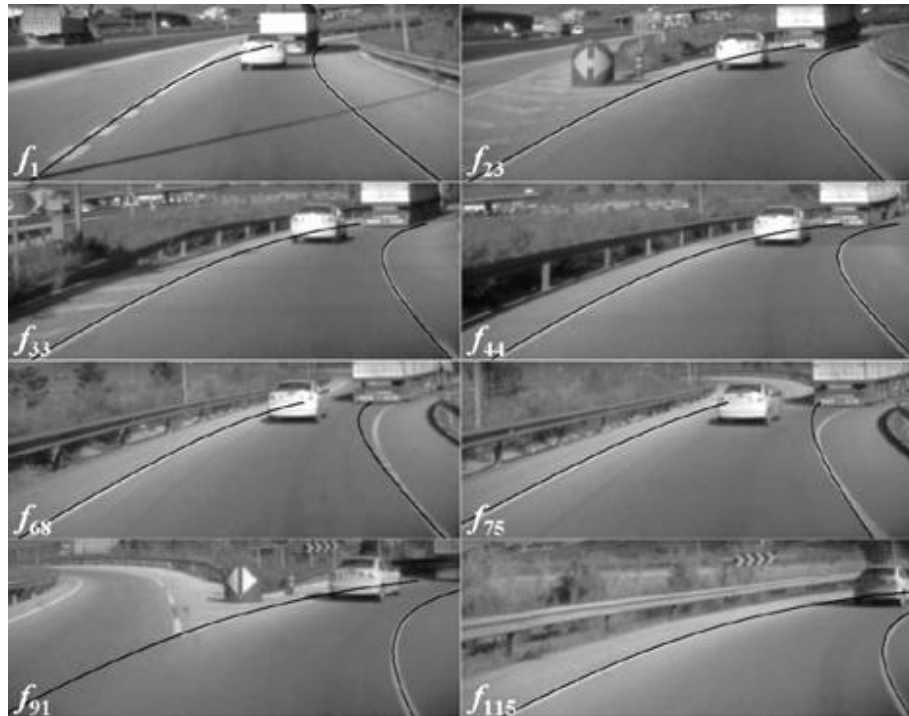


Figura 1.3 Determinarea traseului de urmat, al unui vehicul, prin calculul secvențial al poziției acestuia pe baza unor reperi din marcaj ^[49]

Determinarea poziției vehiculului în raport cu senzorii din marcaj se poate face numai în condițiile în care nu există frângeri ale traseului pe distanța pe care se face recepția informațiilor secvențiale primite de la senzorii din marcaj. În cazul unor frângeri ale traseului pot apărea erori grave.

Pentru ca în viitor astfel de practici să poată fi implementate și în România, este nevoie ca geometria drumului să fie astfel realizată încât să existe cât mai puține frângeri ale traseului, cel puțin pe drumurile care se vor construi în viitor.

1.1.2. Probleme de proiectare constatate pe drumurile nou construite în România

În contextul dezvoltării accelerate a rețelei de drumuri, din dorința de a “eficientiza” costurile de realizare a investițiilor, apar la proiectele de autostrăzi unele probleme legate de confortul optic al șoferilor participanți la trafic.

În mod normal, aceste drumuri sunt utilizate cu precădere de către șoferii care conduc o perioadă mai lungă de timp și cărora un traseu neconfortabil din punct de vedere al percepției traseului de urmat le sporește considerabil gradul de oboseală.

Din păcate, la parcurgerea traseelor de autostradă executate în ultimii ani în România se observă foarte multe zone de “frângere” a traseului - figura 1.3, sau

crearea unui “efect de rampă” prin dispariția bruscă a traseului din perspectivă în zone de vârf de rampă - figura 1.4, pierderea din câmpul de vizibilitate a unui vehicul din față care circulă pe același sens - figura 1.5.



Figura 1.4 Frângerea în perspectivă a unui traseu de autostradă ^[40]



Figura 1.5 Crearea unui efect de rampă pe un traseu de autostradă ^[40]



Figura 1.6 Pierderea din câmpul de vizibilitate a unui vehicul care circulă în același sens ^[74]

Imaginile din figurile 1.4, 1.5 și 1.6 au fost realizate pe diferite sectoare de autostradă din România. În figurile 1.4 și 1.6 s-a folosit aparatură de apropiere, imaginile fiind secvențiale pentru o mai bună evidențiere a defectelor de perspectivă generate de traseu. În figura 1.6 se observă cum vehiculul de culoare roșie din imaginea din stânga dispăre de tot din câmpul de vizibilitate în imaginea din dreapta.

Astfel de situații pot fi foarte periculoase pentru șoferii care se pregătesc să se angajeze în depășire, crezând că banda a doua de circulație este liberă.

Aceste situații pot fi evitate, în general, printr-o geometrizare corespunzătoare a traseului, prin corelarea elementelor din planul de situație cu cele din profil longitudinal, ținându-se cont de relieful parcurs.

De multe ori din dorința de a reduce cât mai mult costurile lucrărilor apare tendința de a ne apropia de trasee în plan cât mai drepte, lungimile de execuție fiind în aceste situații mai reduse, iar la proiectarea profilului longitudinal se adoptă de multe ori valorile limită ale razelor de racordare, din condiția de reducere a volumelor de terasament. Un alt motiv care generează, de obicei, rabat de la recomandările normelor de proiectare în ceea ce privește confortul optic al traseelor autostrăzilor este reducerea la minim a amprentei la sol a traseului de autostradă, în vederea reducerii suprafețelor de teren care trebuie expropriate pentru realizarea investiției.

Aceste reduceri de costuri, în general puțin semnificative, au efect pozitiv doar asupra costurilor inițiale de realizare a investiției, însă generează un impact negativ asupra economiei globale, prin creșterea numărului de accidente rutiere și mărirea consumului de carburant datorită realizării de către șoferi a unor manevre bruște asupra vehiculelor, în lipsa unei percepții din timp a traseului de urmat.

Deficiențele de confort optic generate de oricare din factorii amintiți anterior, se pot corecta doar cu costuri foarte mari, soluțiile de tipul plantațiilor rutiere nefiind eficiente în cazul autostrăzilor.

1.1.3. Necesitatea și actualitatea temei de doctorat

Având în vedere tendința de dezvoltare rapidă a rețelelor naționale de drumuri, se impune stabilirea unor metode de proiectare rapidă a elementelor geometrice ale drumurilor, urmărindu-se în deplină concordanță toți parametrii de bază amintiți anterior.

Așa cum este arătat în capitolul 1.1.3, Master Planul General de Transport al României propune o extindere foarte mare a rețelelor de transport rutier în perioada

2014 – 2030, însă, pentru ca aceste investiții să contribuie la o dezvoltare durabilă a României, este important să analizăm modul în care aceste trasee se dezvoltă încă din faza de proiectare, pentru a evita apariția unor probleme legate de corelarea spațială a elementelor traseului, de tipul celor prezentate la punctul 1.1.2.

Este important să ținem cont de tendințele internaționale de dezvoltare a traficului rutier, prin care se urmărește automatizarea procesului de conducere a vehiculelor cu ajutorul unor tehnici performante de ghidare a vehiculelor cu ajutorul unor senzori implantați în marcajul lateral al benzilor, corelat cu sisteme GPS de stabilire a poziției vehiculelor. În cazul unor probleme de pierdere din perspectivă a traseului, aceste metode sunt foarte greu de implementat, datorită unor erori care pot să apară la ecranarea semnalului transmis.

Este, de asemenea, important să dezvoltăm aceste rețele de transport din perspectiva participanților la trafic, aceștia fiind beneficiarii direcți ai investițiilor.

Pe piața de proiectare din România există multe softuri care permit vizualizarea realistă de ansamblu a traseului proiectat, utilizate în practica actuală, însă este important ca aceste analize să se realizeze în parametri matematici, din poziția șoferului, modul în care participanții la trafic percep traseul de drum, având un rol important asupra condițiilor de exploatare ale traseului.

1.2. Obiectivele și structura tezei de doctorat

1.2.1 Obiectivele tezei de doctorat

Obiectivul principal al prezentei teme de doctorat este realizarea unui sistem care să contribuie la optimizarea modului actual de lucru în procesul de proiectare a drumurilor.

Datorită complexității procesului de proiectare a drumurilor, lucrarea va urmări în principal metode de optimizare a modului de lucru în stabilirea elementelor geometrice și analiza parametrilor de confort a participanților la trafic (vizibilitate și confort optic).

Printre obiectivele ce se doresc a fi studiate se numără: metode utilizate în practica actuală de proiectare a drumurilor, analiza softurilor de proiectare existente și stabilirea unor metode de optimizare a procesului de calcul automat al lucrărilor de drumuri.

În practica actuală, datorită termenelor accelerate ale procesului de proiectare a drumurilor, apar de multe ori neconcordanțe între ideea inițială de proiect și rezultatul proiectului, acest fenomen având un impact negativ asupra funcționalității traseului de drum.

De asemenea, în contextul în care în procesul de proiectare s-a trecut, nu de foarte mult timp, de la practica de lucru „la planșetă”, la proiectarea asistată de calculator, s-a creat între inginerii proiectanți o rupere de generații, mulți dintre cei care lucrează în prezent în procesul de proiectare, neavând experiența urmăririi în execuție sau în exploatare a lucrărilor proiectate.

Tema de doctorat își propune identificarea unor metode de îmbunătățire a rezultatului procesului de proiectare, atât în etapele de execuție a lucrărilor de drumuri, cât și în exploatare. Este necesar să urmărim ca și ingineri proiectanți de drumuri și din perspectiva utilizatorilor finali, a șoferilor, rezultatele procesului de proiectare.

Astfel, se dorește prin tema de doctorat stabilirea unei proceduri pentru generarea automată a unor tablouri de perspectivă care să permită inginerului proiectant, să urmărească și să analizeze spațial rezultatele procesului de proiectare pentru evitarea situațiilor de disfuncționalități.

1.2.2 Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat este structurată pe 8 capitole cuprinzând inventarierea practicilor actuale utilizate la proiectarea drumurilor și identificarea unor metode de optimizare a procesului de proiectare a drumurilor:

În *capitolul 1* este formulată o *introducere* asupra temei de doctorat.

În acest capitol este explicitată necesitatea și actualitatea temei de doctorat și este prezentat modul de structurare a tezei de doctorat. Este redată ponderea traficului rutier în România și sunt prezentate tendințele de dezvoltare în circulația rutieră.

Necesitatea și actualitatea temei de doctorat sunt fundamentate prin prezentarea câtorva probleme constatate pe rețelele de drumuri nou construite în România și a impactului pe care aceste probleme îl pot avea asupra participanților la trafic și asupra posibilității de implementare în viitor a unor tehnici de automatizare a procesului de conducere a vehiculelor.

În *capitolul 2* se realizează prezentarea programelor de proiectare utilizate în prezent la calculul drumurilor.

Este prezentat modul de lucru și rezultatele obținute la realizarea proiectelor de drumuri cu Advanced Road Design (ARD), MX Road (MOSS), Autocad Civil 3D (C3D), Micro Piste, Civil Software - Road Design.

Sunt descrise, pentru fiecare soft în parte, modalitățile de prelucrare a datelor topografice, de geometrizare a axei în plan, de definire a profilurilor longitudinale și transversale și de generare a rapoartelor specifice proiectului. Sunt prezentate, de asemenea, modalitățile prin care softurile permit analizarea spațială a traseului proiectat din perspectiva conducătorilor auto.

În *capitolul 3* se descrie influența softurilor de proiectare asupra performanțelor traseelor de drumuri.

Sunt descrise criteriile de analiză a performanțelor traseelor de drumuri și sunt prezentate modalitățile prin care folosirea softurilor de proiectare pot influența performanțele traseelor de drumuri. Se prezintă o analiză a softurilor de proiectare din privința adaptabilității la normativele românești a softurilor de proiectare, a modului de prelucrare a datelor topografice, de stocare a datelor proiectului, a interfeței de lucru a programelor și a posibilității folosirii acestora în proiecte mari de infrastructură. Sunt analizate, de asemenea, acuratețea rezultatelor și posibilitatea transpunerii acestora în teren, timpul necesar pentru prelucrarea datelor în program, posibilitatea unor intervenții ulterioare asupra proiectelor și modul în care programele pot contribui la stabilirea unor măsuri de siguranță a circulației.

În acest capitol este redată o analiză multicriterială a softurilor de proiectare folosite în prezent pe piața din România la geometrizarea traseelor de drumuri și sunt prezentate câteva concluzii referitoare la capacitățile softurilor de proiectare de a răspunde cerințelor inginerilor proiectanți de drumuri.

În *capitolul 4* sunt prezentate metode de optimizare a rezultatelor procesului de proiectare a drumurilor.

Sunt descrise noțiunile de perspective ale traseului, fiind redați parametrii de formare a acestora.

În lucrare sunt prezentate modalitățile prin care perspectivele traseului de drum influențează modul de comportare a participanților la trafic și implicit modul de exploatare a traseului de drum.

În acest capitol sunt prezentate metode de optimizare a procesului de proiectare a drumurilor prin analiza perspectivelor traseului.

În *capitolul 5* sunt prezentate procedurile pentru generarea automată a tablourilor de perspectivă ale traseului, cu ajutorul "Road Perspective Design".

Este prezentată aplicația software Road Perspective Design, o creație proprie, menită să genereze automat tablouri de perspective ale traseului, pornind de la elemente de tip polilinii 3D din mediul Autocad, generate prin softurile de proiectare a drumurilor, sau provenite direct din ridicarea topografică.

În acest capitol sunt descrise principiile de funcționare ale aplicației și sunt redate formulele matematice folosite la crearea softului.

În lucrare sunt cuprinse, tot în capitolul 5, structurile de "cod" ale programului, pentru fiecare procedură de generare automată a tablourilor de perspectivă.

În *capitolul 6*, intitulat studii de caz, sunt prezentate câteva studii de caz în care, cu ajutorul perspectivelor de traseu s-au pus în evidență câteva probleme legate de geometrizarea traseului și au fost aduse îmbunătățiri considerabile proiectelor de drumuri.

Sunt prezentate studii de caz privind folosirea Road Perspective Design în cadrul unor proiecte de autostrăzi și în analiza traseului de pe DN1C în zona Km 108+240, după implementarea proiectului de reabilitare. Este prezentată, de asemenea, utilizarea Road Perspective Design la analiza unor cazuri particulare ale perspectivelor traseului, respectiv începutul de curbă din plan în racordarea convexă din profil longitudinal, zone cu traseu boltit și vălurit și traversarea unor zone depresionare.

În *capitolul 7* se prezintă aplicabilitatea „Road Perspective Design” în proiectarea drumurilor.

În acest capitol este descrisă aplicabilitatea programului Road Perspective Design, atât în practica proiectării drumurilor, cât și aplicabilitatea didactică a acestuia în formarea unei gândiri de ansamblu asupra traseului de drum de către inginerii proiectanți mai puțin experimentați, sau de către studenții facultăților de profil.

Road Perspective Design este o creație proprie și a fost gândită ca o aplicație auxiliară inginerului proiectant de drumuri, în scopul de a-i permite acestuia o analiză spațială mai amănunțită a traseelor de drum pe care le proiectează. Programul îi permite inginerului să analizeze, din poziția șoferului, traseul proiectat.

Capitolul 8 din lucrare este intitulat Concluzii. Contribuții personale.

Sunt redate concluzii asupra elementelor prezentate în cuprinsul tezei. Datele prezentate în această lucrare pun în evidență faptul că modul în care șoferii se comportă în trafic, este puternic influențat de modul în care aceștia percep informațiile legate de traseu.

Astfel, este important ca inginerii proiectanți de drumuri să aibă posibilitatea analizării traseului din poziția participanților la trafic. Eventualele disfuncționalități ale traseului rezultate din necorelarea elementelor geometrice din plan cu cele din profil longitudinal și transversal, pot fi corectate ușor doar în faza de proiectare, ulterior costurile și implicațiile pentru corecția eventualelor probleme de geometria traseului fiind foarte mari.

Cu metodele descrise în cuprinsul tezei, respectiv prin generarea tablourilor de perspectivă din poziția șoferului cu ajutorul aplicației Road Perspective Design, inginerul proiectant are posibilitatea de a urmări continuitatea traseului și de a localiza și remedia eventualele deficiențe ale elementelor geometrice ale traseului. Astfel de proceduri sunt importante, mai ales că, în cazul în care se dorește implementarea unor măsuri de automatizare a procesului de conducere a autovehiculelor, eventuale frângeri ale traseului în perspectivă poate crea mari probleme.

Capitolul 2. PREZENTAREA PROGRAMELOR DE PROIECTARE UTILIZATE ÎN PREZENT LA PROIECTAREA DRUMURILOR

2.1. Advanced road design (ARD)

Aplicația Advanced Road Design (ARD) este dezvoltată de firma CadApps Australia, lucrează peste platformele BricsCAD, AutoCAD, AutoCAD Civil 3D având funcționalități avansate pentru proiectarea și reabilitarea drumurilor la standarde românești. Include comenzi de bază pentru trasarea elementelor geometrice ale drumurilor (plan și vertical), racordarea automată a intersecțiilor, generarea automată a profilelor longitudinale și transversale și calculul volumelor de terasamente.

Aplicatia Advanced Road Design (ARD) este caracterizată la nivelul inginerilor proiectanți români, ca fiind una dintre cele mai performante și dinamice soluții software pentru proiectarea și reabilitarea drumurilor. De la modelarea terenului natural și geometrizarea traseului cu amenajarea automată a curbilor conform standardelor în vigoare (STAS 863-85, PD 162-2002, forestiere etc.), la extragerea listelor de cantități și raportarea în fișiere a elementelor proiectate, la tipărirea automată a planșelor de execuție în format AutoCAD, ARD se constituie drept un instrument indispensabil pentru orice inginer proiectant.

În ARD se îmbină metodele de geometrizare bazate pe aplicarea liniară a unui profil specific pe un aliniament, cu metodele bazate pe controlarea elementelor din profil transversal cu ajutorul stringurilor.

Principalele etape de realizare a unui proiect în ARD constau din:

- introducerea datelor topografice și realizarea modelului digital al terenului;
- geometrizarea axei în plan a traseului drumului;
- setarea parametrilor și a stilurilor de lucru;
- definirea profilurilor transversale tip ale drumului;
- crearea elementului drum și amenajarea în spațiu a curbilor;
- geometrizarea profilului longitudinal;
- editarea elementelor din profil transversal (variații, geometrizare particularizată a unor coduri din profilul transversal);
- proiectarea drumurilor cu care se intersectează drumul principal și amenajarea intersecțiilor;
- generarea planșelor și a rapoartelor de trasare;
- generarea listelor de cantități specifice proiectului.

O formă schematizată a precedentului de lucru cu ARD este următoarea:

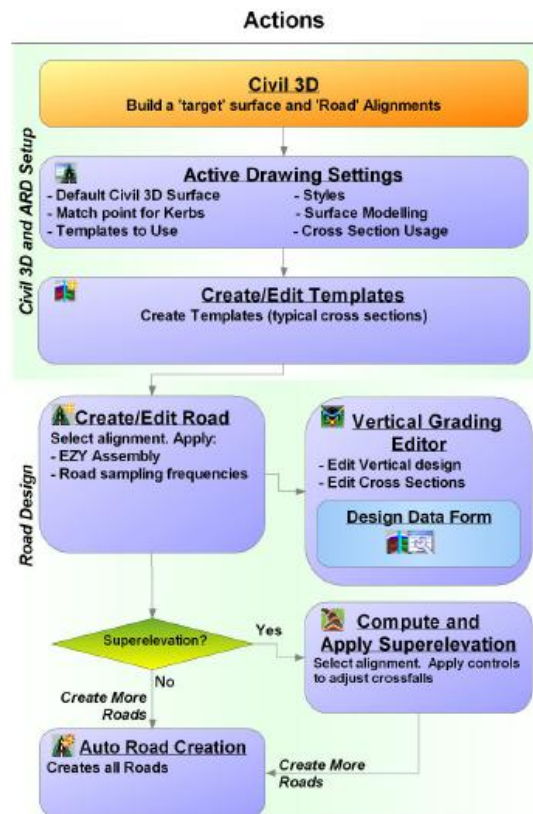


Figura 2. 1 Principalele etape de proiectare a drumurilor în ARD pe platforma Civil 3D [ARD-HELP]

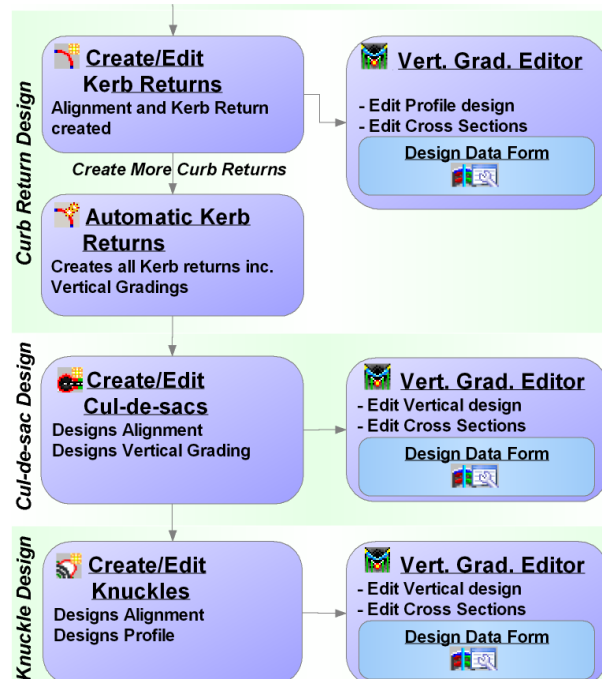


Figura 2. 2 Etapele de definire a racordărilor la intersecții, a platformelor de întoarcere la drumurile înfundate și a platformelor adiacente carosabilului în ARD [ARD-HELP]

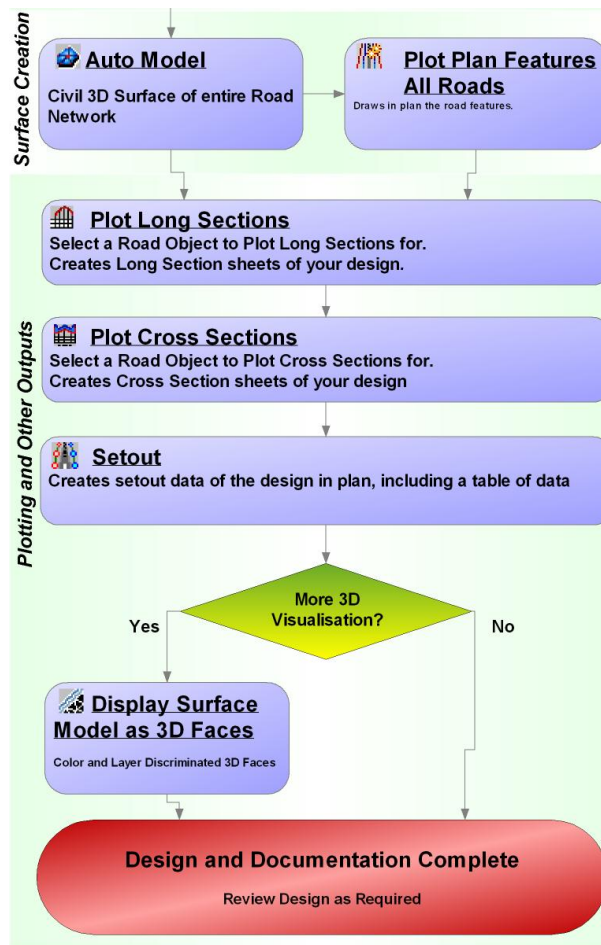


Figura 2. 3 Extragerea rezultatelor din proiectele realizate cu ARD în Civil 3D [ARD-HELP]

2.1.1. Crearea si analiza suprafetelor terenului natural

În funcție de platforma de lucru, modelarea terenului natural în ARD se poate realiza prin module proprii, în ARD peste platforma AUTOCAD sau BRICSCAD, respectiv folosind modulele dedicate din mediul CIVIL 3D, în cazul utilizării ARD peste platforma CIVIL 3D.

Suprafetele pot fi create din 3D face-uri, puncte, polilinii 3D, fisier de puncte sau importate dintr-un fisier XML.

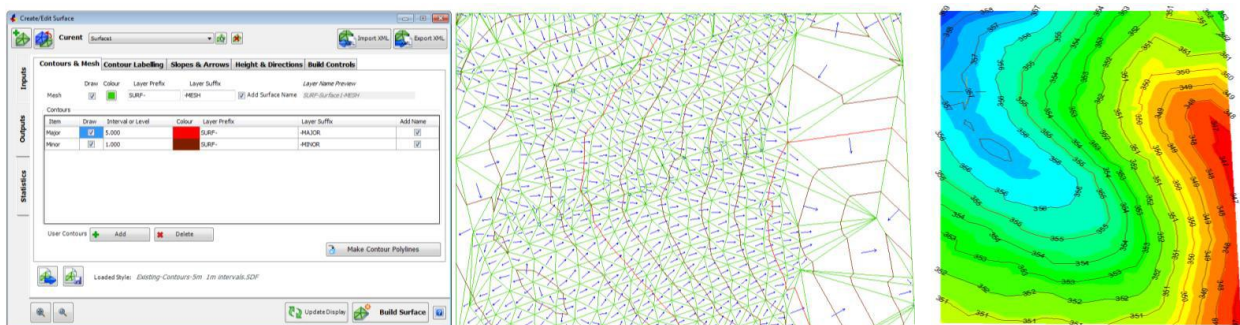


Figura 2. 4 Modulul de creare a suprafețelor teren în mediul Autocad și Bricscad [4]

Suprafețele triangulate se pot afișa prin triunghiuri (3D Faces), prin curbe de nivel, direcții de înclinare a pantelor, sau se pot afișa palete de culori în funcție de cotele de nivel.

2.1.2. Trasarea în plan a axei drumului

Definirea axei drumului în ARD se poate face prin specificarea în program a vârfurilor curbilor și a elementelor curbilor de racordare specifice fiecărui vârf, prin convertirea unei polilinii în format AX (în cazul în care racordările sunt doar cu arce de cerc), prin import din format XML, sau cu ajutorul aplicației Horizontal Design, cu care se poate genera un fișier "Romal", sau se poate exporta elementul ax în format XML.

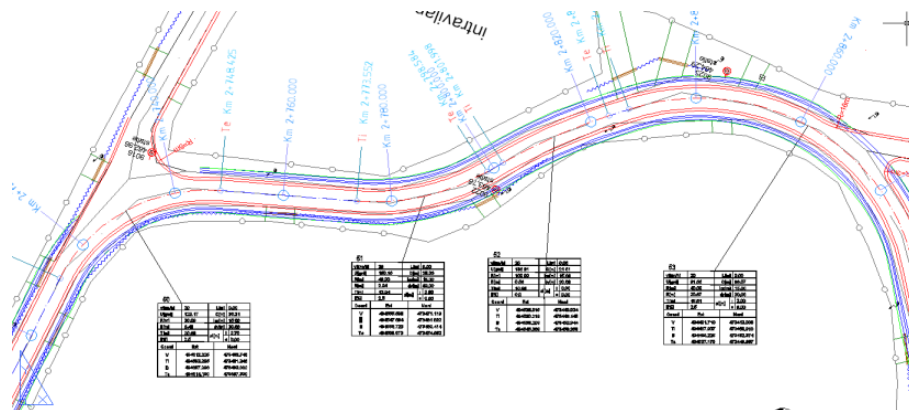


Figura 2.5 Geometrizarea axei în plan pentru ARD [4]

Aplicația Horizontal Design este o aplicație românească, dezvoltată la Cluj-Napoca de firma Civil Software. Aceasta are incluse regulile de geometrizare a axei în plan în conformitate cu standardele românești în vigoare (STAS 863-85, PD 162-2002, forestiere, etc.)

În forma actuală, Horizontal Design are o interfață grafică îmbunătățită, cu funcții care permit definirea mai multor "drumuri" în același fișier de lucru, permițând, de asemenea, geometrizarea clotoidelor cap-la-cap și a celor cu arce inegale.

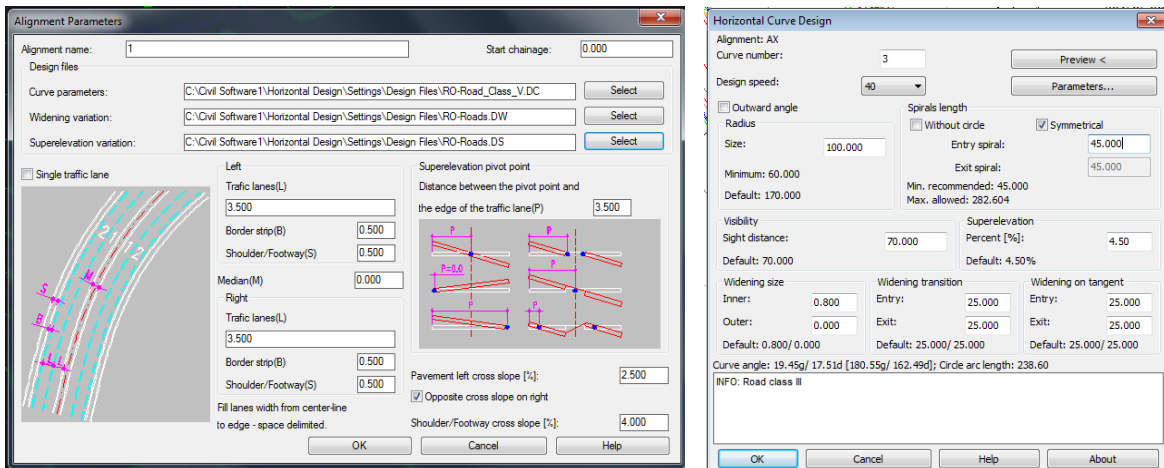


Figura 2. 6 Ferestrele de introducere a datelor în Horizontal Design [4]

Aplicația permite proiectarea fiecărei curbe în funcție de rază și viteza de proiectare, oferind utilizatorului posibilitatea de previzualizare a formei în plan a elementelor proiectate. În funcție de viteza de proiectare aleasă, programul indică valorile razelor minime și a celor recomandate, permițând corelarea tuturor elementelor specifice unei curbe, respectiv supraînălțarea, supralărgirea, lungimea curbilor de racordare și distanța de vizibilitate.

Dacă unghiul la vârf este $U > 198.75g$, softul ne atenționează conform STAS 863-85 că nu mai este nevoie de racordare în plan rezultând o frântură.

Odată stabilite, elementele curbilor de racordare sunt afișate pe plan într-o tabelă care cuprinde numărul curbei, viteza la care a fost proiectată, unghiul la vârf format de aliniamente, raza de racordare aplicată, lungimile bisectoarei și a tangentei curbei, valoarea supraînălțării, lungimile arcelor de clotoidă și a arcului de cerc central, distanța de vizibilitate și valorile supralărgirii carosabilului la interiorul și la exteriorul curbei.

2.1.3. Definirea profilurilor transversale tip ale drumului

În ARD, definirea profilurilor transversale tip ale drumului se face prin definirea succesivă prin distanțe orizontale și pante sau diferențe verticale a codurilor specifice profilului transversal, pornind din axa drumului (codul C.L.).

Straturile care alcătuiesc sistemul rutier, sau orice alte stratificații (trotoare, acostamente, etc.) se definesc prin funcția "Edit Section", în fereastra de declarare a stratificațiilor, fiind introduse grosimile straturilor și materialele din care acestea sunt alcătuite.

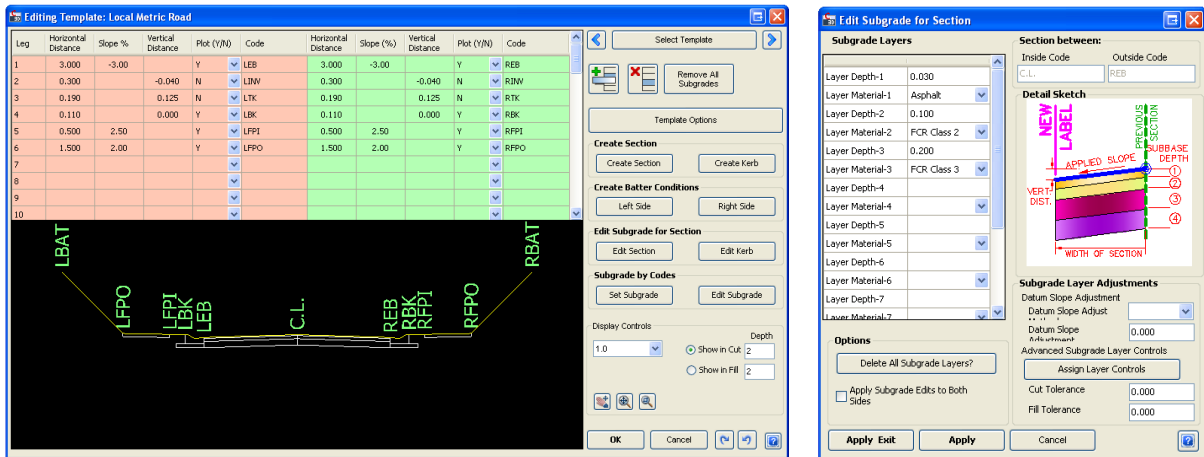


Figura 2.7 Definirea elementelor profilurilor transversale tip și a straturilor din structura rutieră

Programul are funcții care permit extinderea straturilor rutiere sau modificarea înclinății acestora, ori stabilirea bazei stratului pe suprafața existentă.

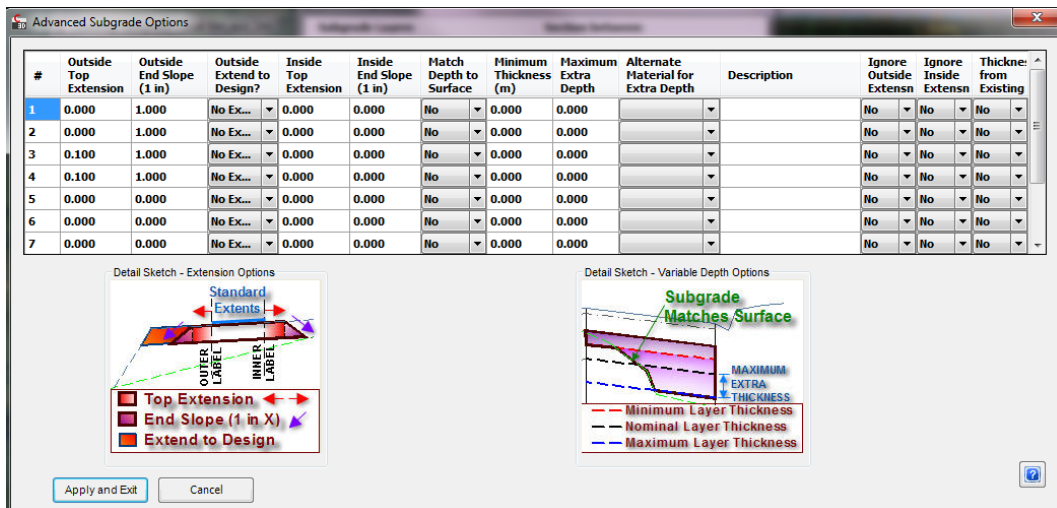


Figura 2.8 Fereastra de editare particularizată a straturilor rutiere

2.1.4. Amenajarea în spațiu a curbilor

Aplicarea automată a supraînălțărilor și supralărgirilor se realizează în ARD prin citirea fișierului de "speed" generat cu ajutorul Horizontal Design pe baza datelor din tabelele curbilor și a parametrilor specifici ai traseului (clasa tehnică a drumului, pantele transversale din aliniament, etc.), definiți în Horizontal Design prin funcția "Road Parameters". Astfel, soft-ul aplică automat supraînălțările și supralărgirile pentru un număr infinit de curbe respectând cerințele normativelor.

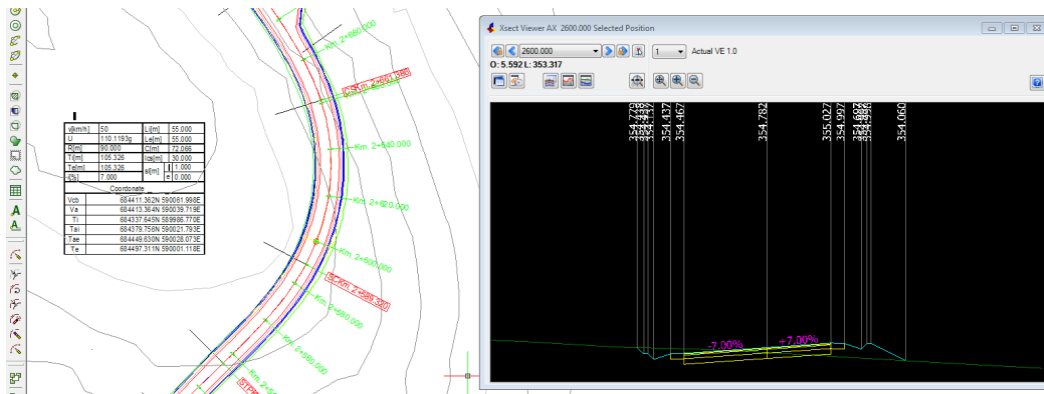


Figura 2. 9 Aplicarea supraînălțărilor și supralărgirilor traseului [4]

2.1.5. Proiectarea Profilului Longitudinal

Proiectarea profilului longitudinal în ARD se face prin definirea poziției pe orizontală și pe verticală a fiecărui punct de schimbare a declivității și specificarea elementelor de racordare care vor fi atribuite fiecăruia. În funcție de parametrii specificați în program, acesta calculează automat și propune o primă formă a profilului longitudinal, principiile de amenajare fiind de asigurarea lungimilor minime de racordare ținând seama de factorii de confort specifici pentru racordarea convexă și concavă, astfel încât volumele de terasamente să fie balansate. În mod dinamic și rapid, cu ajutorul câtorva butoane, utilizatorul poate modifica poziția schimbătorilor de declivitate, astfel încât aceștia să asigure condiții optime proiectului.

În funcție de dorința proiectantului, programul poate afișa în fereastra de lucru pozițiile kilometrice ale traseului, diferențele în ax ale profilului longitudinal, punctele de maxim și minim ale profilului longitudinal, volumele de terasamente, cotele proiect, cotele teren, declivitățile, tubulaturile intersectate.

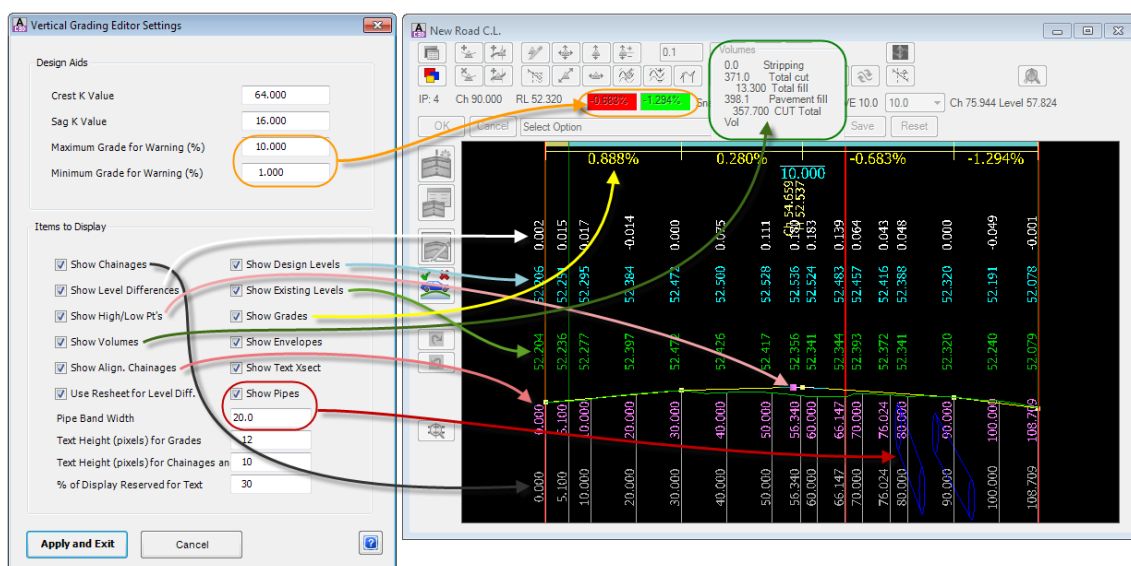


Figura 2. 10 Definirea elementelor din profilul longitudinal [ARD – Help]

Elementul principal prin care se definește ARD este modul de lucru dinamic, putând fi afișat simultan profilul longitudinal, planul de situație și profilul transversal.

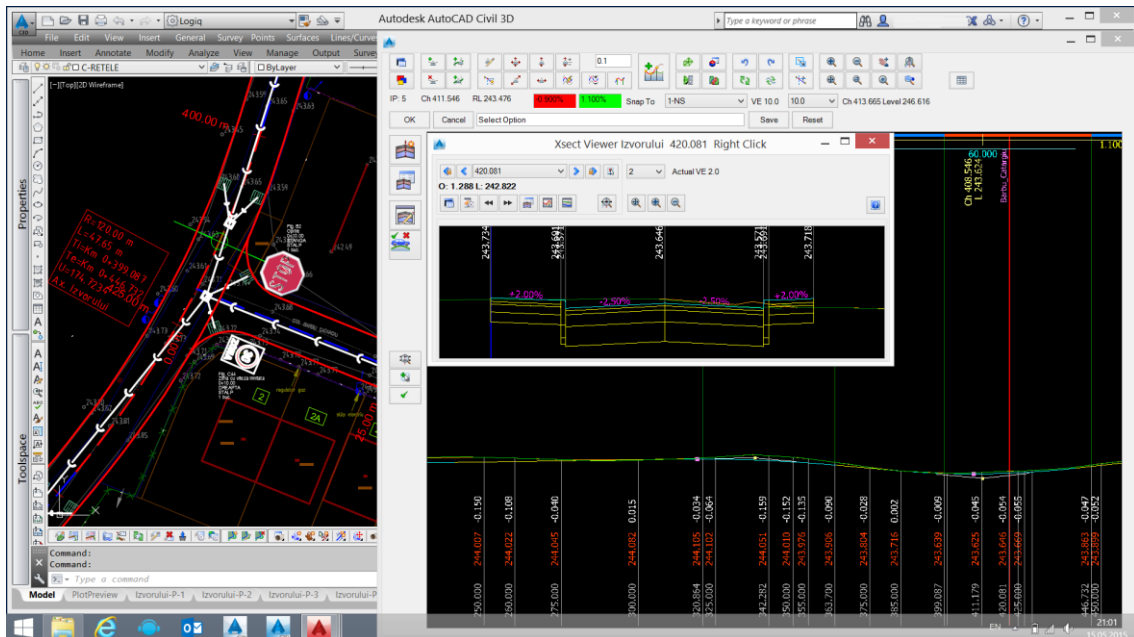


Figura 2. 11 Vizualizarea simultană în program a planului de situație, a profilului longitudinal și a profilurilor transversale

În versiunea actuală, având caracteristici dinamice îmbunătățite, programul permite actualizarea instantanee a planului de situație la orice modificare a profilului longitudinal sau a elementelor din profilurile transversale inclusiv în zona intersecțiilor.

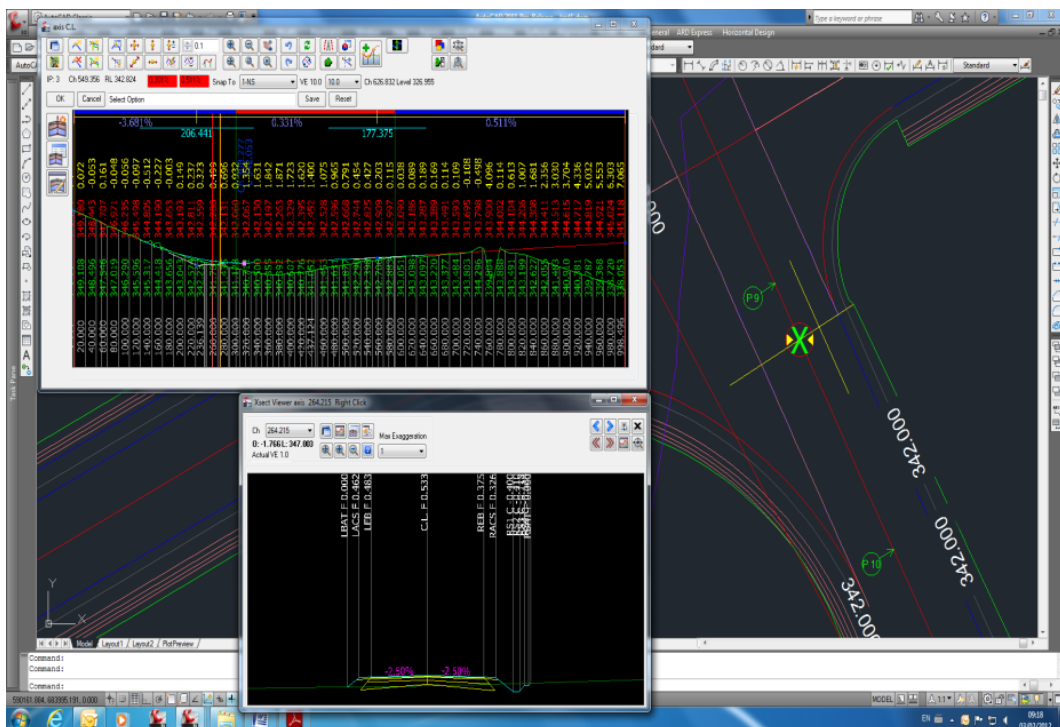


Figura 2. 12 Corelarea instantanee a elementelor din cele trei proiecții ale drumului, plan de situație, profil longitudinal și profil transversal [11]

În cadrul proiectelor de reabilitare a drumurilor existente, programul oferă posibilitatea calculării grosimii minime de ranforsare pentru fiecare profil transversal și aplicarea acesteia ca și contrângere în profil longitudinal.

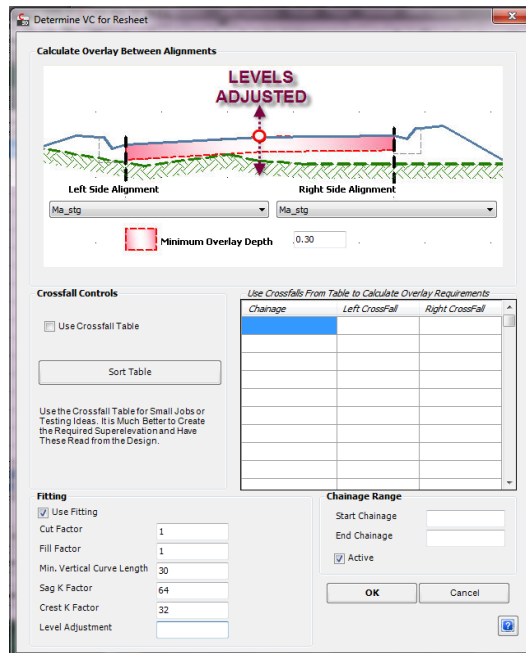


Figura 2. 13 Fereastra de definire a grosimilor minime de ranforsare

2.1.6. Editarea elementelor din profil transversal

Editarea elementelor din profil transversal se realizează din fereastra Edit Design Data (Design Data Form).

Rubricile cuprinse în "Edit Design Data" sunt: "Templates", "Variations", "C3D Alignment Super", "Table Drains", "Batters", "Auto Merge", Design Constraints", "Striping", "Compaction Factors", "Subgrade Definition", "Template Super", "Subgrade Super", "Legacy Verges", "Conditional Templates", "Multi Leg Drains".

Dintre acestea, mai importante sunt "Templates" pentru aplicarea profilurilor transversale tip, "Variations" pentru definirea diverselor variații ale codurilor față de declarațiile din profilurile tip, pentru adăugarea sau ștergerea unor coduri din profilul tip, "Table Drains" pentru aplicarea diferitelor tipuri de șanțuri, "Batters" pentru modificarea înclinației și eventual a formei taluzurilor față de situațiile definite prin "template", "Design Constraints" pentru definirea constrângerilor care se impun unui cod din profilul transversal tip, "Striping" pentru definirea grosimilor de decapare a terenului vegetal, "Conditional Templates" pentru aplicarea condiționată a altor secțiuni tip decât cele declarate la rubrica "Templates", "Multi Leg Drains", pentru definirea unor secțiuni particularizate de șanțuri, sau elemente de consolidare a terasamentelor.

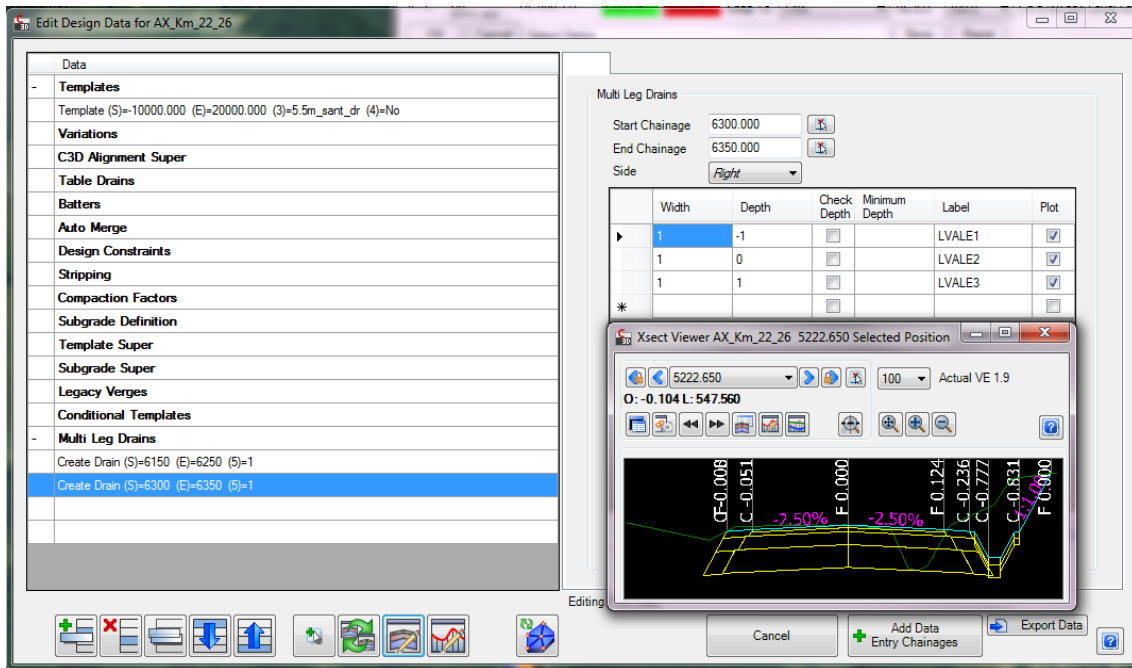


Figura 2. 14 Fereastra Edit Design Data din ARD

Prin funcțiile din "Edit Design Data", softul oferă posibilitatea aplicării unor profiluri longitudinale pentru marginile carosabilului sau pentru ale unor coduri din profilul transversal precum rigole, șanțuri, diferite de cele proiectate în axa drumului.

Este permisă, de asemenea, realizarea casetelor de lărgire a carosabilului, corelată cu tehnologia de execuție a straturilor superioare prin păstrarea unei grosimi variabile la marginea interioară a casetei și o pantă constantă pe toată lățimea casetei pentru stratul de reprofilare.

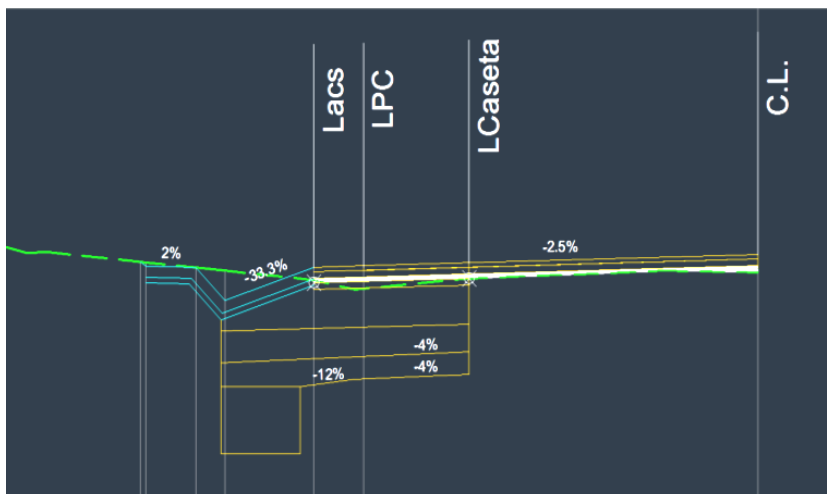


Figura 2. 15 Caseta de lărgire realizată în ARD [4]

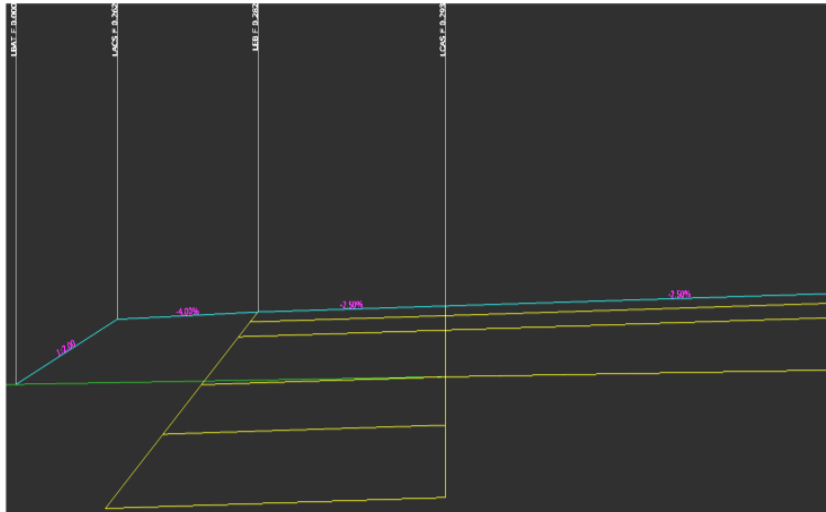


Figura 2. 16 Amenajarea casetelor de lărgire la nivelul de racord cu drumul existent, având variabil stratul de reprofilare [4]

2.1.7. Proiectarea intersecțiilor

ARD permite automatizarea racordărilor la intersecții cu corelarea cotelor străzilor intersectate. Actualizarea cotelor la modificarea profilului străzii se face automat. Racordările pot fi de mai multe tipuri, controlul profilului longitudinal al acestora fiind corelat cu marginile străzilor din intersecție. Se pot tipări automat planșele de execuție și extrage în fișiere de coordonate de trasare XYZ toate elementele transversalelor curente proiectate.

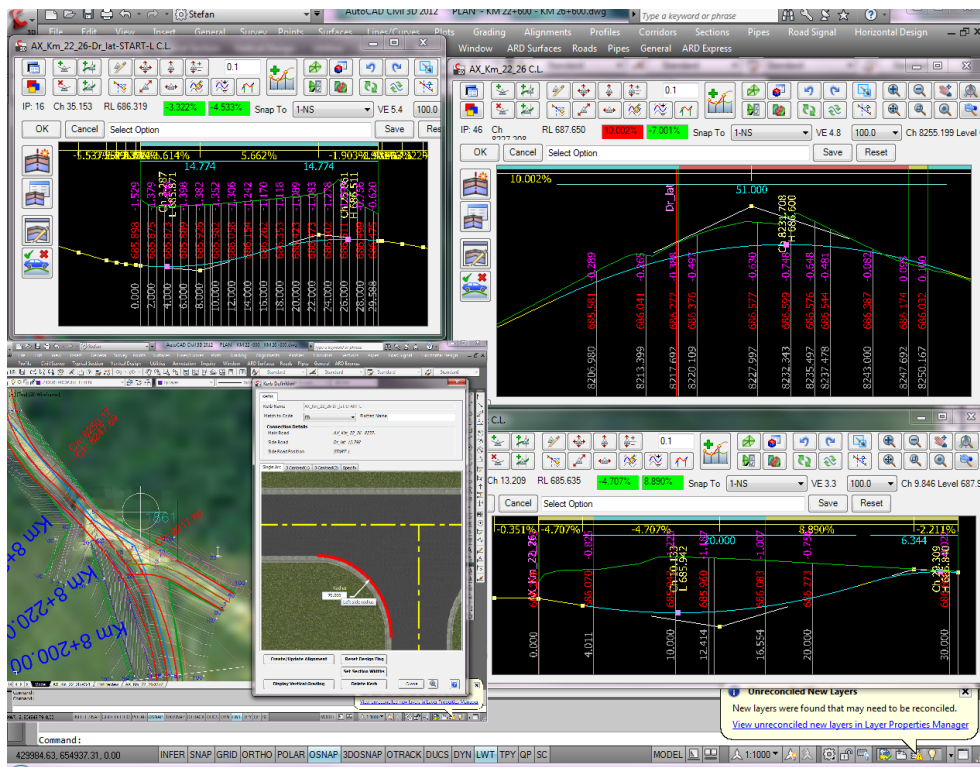


Figura 2. 17 Modelarea intersecțiilor în T cu ARD, cu corelarea profilurilor longitudinale atât în axa drumului, cât și la marginea carosabilului

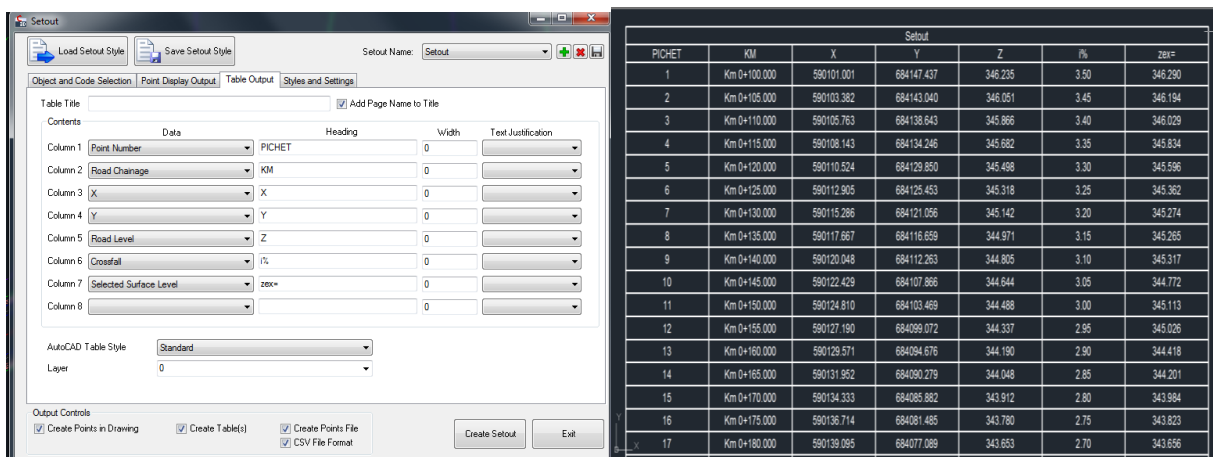
În situația intersecțiilor cu sensuri giratorii, programul permite o corelare a cotelor drumului principal cu toate elementele de racordare ale intersecției, permițând geometrizarea separată a profilului longitudinal pe calea inelară și pe curbele de racordare de la marginea acesteia cu marginile carosabilului din cale curentă.

În cazul intersecțiilor denivelate, utilizatorul are posibilitatea de a ignora intersecția dintre aliniamente, programul amenajând astfel drumurile separat, ca și când acestea nu s-ar intersecta.

2.1.8. Generarea rapoartelor de trasare

Odată finalizat proiectul, proiectantul poate genera din ARD rapoarte de trasare în coordonate spațiale, pentru toate elementele din profilul transversal.

Prin funcția MULTI OBJECT SETOUT se pot crea tabele dinamice cu coordonate de trasare ce se actualizează în timp real la orice modificare, existând posibilitatea salvării în fișiere externe de tip TXT sau CSV.



PICHET	KM	X	Y	Z	%	ZRP
1	Km 0+100.000	590101.001	684147.437	346.235	3.50	346.290
2	Km 0+105.000	590103.382	684143.040	346.051	3.45	346.194
3	Km 0+110.000	590105.763	684138.643	345.866	3.40	346.029
4	Km 0+115.000	590108.143	684134.246	345.682	3.35	345.834
5	Km 0+120.000	590110.524	684129.850	345.498	3.30	345.598
6	Km 0+125.000	590112.905	684125.453	345.318	3.25	345.362
7	Km 0+130.000	590115.286	684121.056	345.142	3.20	345.274
8	Km 0+135.000	590117.667	684116.659	344.971	3.15	345.205
9	Km 0+140.000	590120.048	684112.263	344.805	3.10	345.317
10	Km 0+145.000	590122.429	684107.866	344.644	3.05	344.772
11	Km 0+150.000	590124.810	684103.469	344.488	3.00	345.113
12	Km 0+155.000	590127.190	684099.072	344.337	2.95	345.026
13	Km 0+160.000	590129.571	684094.676	344.190	2.90	344.418
14	Km 0+165.000	590131.952	684090.279	344.048	2.85	344.201
15	Km 0+170.000	590134.333	684085.882	343.912	2.80	343.984
16	Km 0+175.000	590136.714	684081.485	343.780	2.75	343.823
17	Km 0+180.000	590139.095	684077.089	343.653	2.70	343.656

Figura 2. 18 Generarea rapoartelor de trasare din ARD^[4]

În mediul Autocad sau BricsCad, unde aliniamentele de ax sunt definite prin ARD, există posibilitatea de a crea rapoarte sub forma .csv sau tabelar în desen cu elementele geometrice ale axei drumului.

2.1.9. Generarea rapoartelor care conțin cantitățile de lucrări

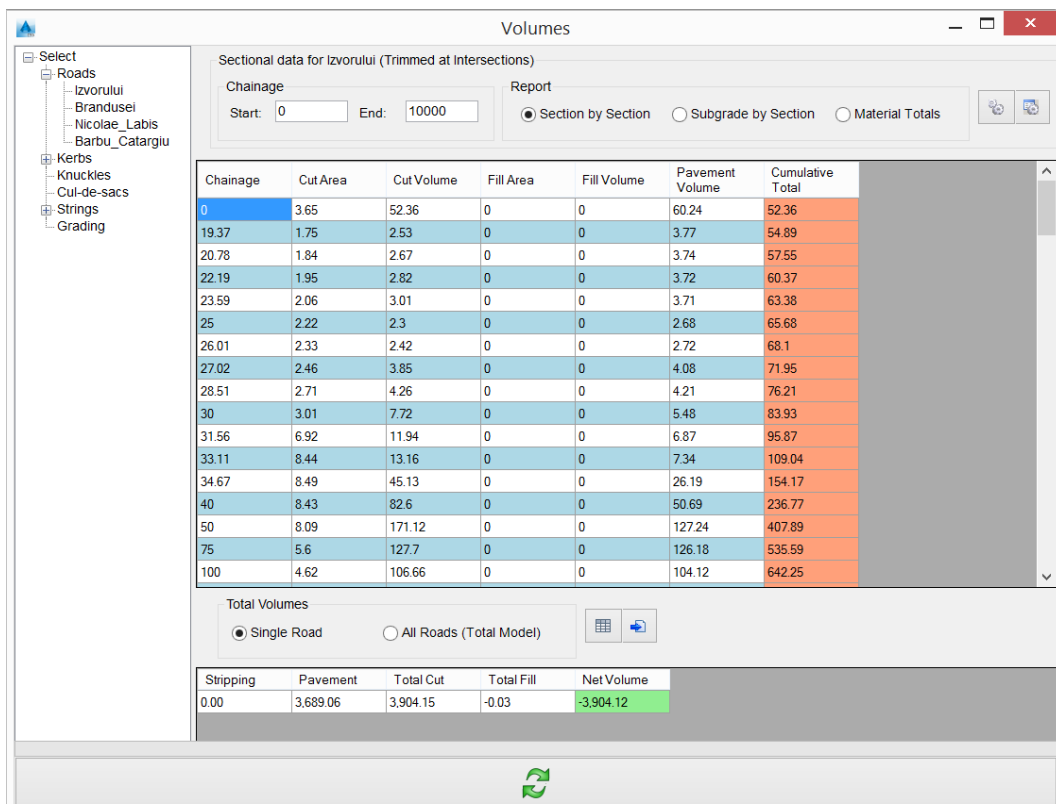
După terminarea proiectului, prin ARD se oferă inginerului posibilitatea generării rapoartelor de cantități.

În cazul unor proiecte conținând mai multe drumuri legate într-o rețea, se pot genera rapoarte de cantități individuale pe fiecare drum, sau se pot face rapoarte generale asupra întregului proiect.

În funcție de setările realizate de utilizator, rapoartele pot fi făcute pe diverse tipuri de material, calculate între coduri, secțiuni cu secțiuni, sau pe totalul materialelor.

În cazul lucrărilor de terasamente, programul calculează automat diferența dintre volumele de săpătură și umplutură, oferind inginerului informații foarte utile în vederea compensării terasamentelor. Programul ține cont și de factorii de spor specificați de utilizator pentru lucrările de săpătură, respectiv umplutură.

În versiunea actuală, programul actualizează automat listele care conțin cantitățile de lucrări, după fiecare modificare din proiect.



Sectional data for Izvorului (Trimmed at Intersections)

Chainage Start: 0 End: 10000

Report: Section by Section Subgrade by Section Material Totals

Chainage	Cut Area	Cut Volume	Fill Area	Fill Volume	Pavement Volume	Cumulative Total
0	3.65	52.36	0	0	60.24	52.36
19.37	1.75	2.53	0	0	3.77	54.89
20.78	1.84	2.67	0	0	3.74	57.55
22.19	1.95	2.82	0	0	3.72	60.37
23.59	2.06	3.01	0	0	3.71	63.38
25	2.22	2.3	0	0	2.68	65.68
26.01	2.33	2.42	0	0	2.72	68.1
27.02	2.46	3.85	0	0	4.08	71.95
28.51	2.71	4.26	0	0	4.21	76.21
30	3.01	7.72	0	0	5.48	83.93
31.56	6.92	11.94	0	0	6.87	95.87
33.11	8.44	13.16	0	0	7.34	109.04
34.67	8.49	45.13	0	0	26.19	154.17
40	8.43	82.6	0	0	50.69	236.77
50	8.09	171.12	0	0	127.24	407.89
75	5.6	127.7	0	0	126.18	535.59
100	4.62	106.66	0	0	104.12	642.25

Total Volumes: Single Road All Roads (Total Model)

Stripping	Pavement	Total Cut	Total Fill	Net Volume
0.00	3,689.06	3,904.15	-0.03	-3,904.12

Figura 2. 19 Generarea din ARD a rapoartelor care conțin cantitățile de lucrări

2.1.10. Generarea planșelor

Programul ARD permite generarea în planul de situație a tuturor muchiilor definite în profilul transversal, sub forma unor polilinii 2D sau polilinii 3D. Aplicația oferă, de asemenea, afișarea pe planul de situație a tuturor informațiilor (cote de nivel, coordonate, număr punct, etc.) legate de orice "Cod" din profilul transversal.

Planul de situație poate fi așezat automat în planșe cu ajutorul programului, acesta având afișate toate elementele specifice proiectului, respectiv datele curbelor de racordare din plan, pichetarea traseului, etc.

În profilul longitudinal, programul are posibilitatea de a afișa toate elementele specifice de trasare a drumului, respectiv poziția schimbătorilor de declivitate și elementele de racordare din profil longitudinal, diagrama amenajărilor în spațiu, etc. În funcție de dorința utilizatorului, pe profilul longitudinal al drumului se pot afișa toate profilurile specifice ale elementelor de drum, respectiv cotele șanțurilor, elevația zidurilor de sprijin, etc. Este oferită, de asemenea, posibilitatea evidențierii automate a zonelor de săpătură - umplură, prin hașurarea în culori specifice a acestora.

În profil transversal, se pot afișa toate elementele caracteristice ale profilului, cu o bună corelare a tuturor elementelor (trepte de înfrățire, decapare teren vegetal, etc.).

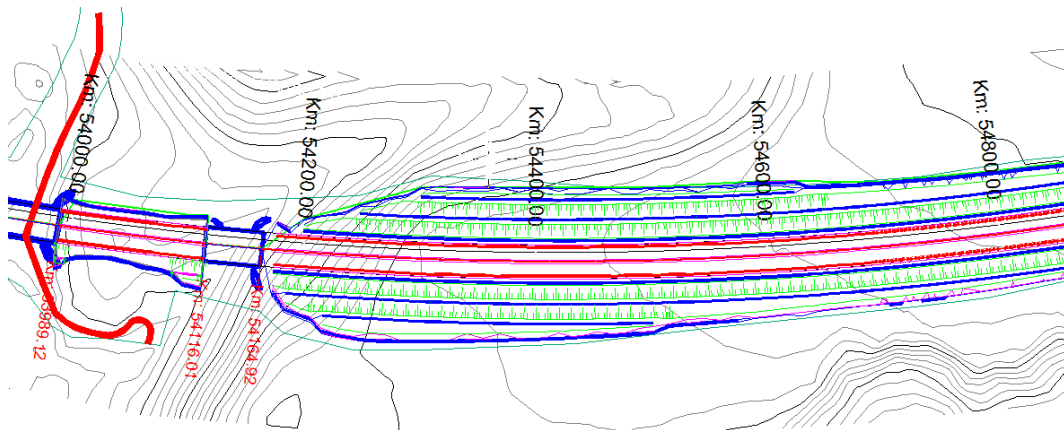


Figura 2. 20 Plan de situație generat automat prin ARD

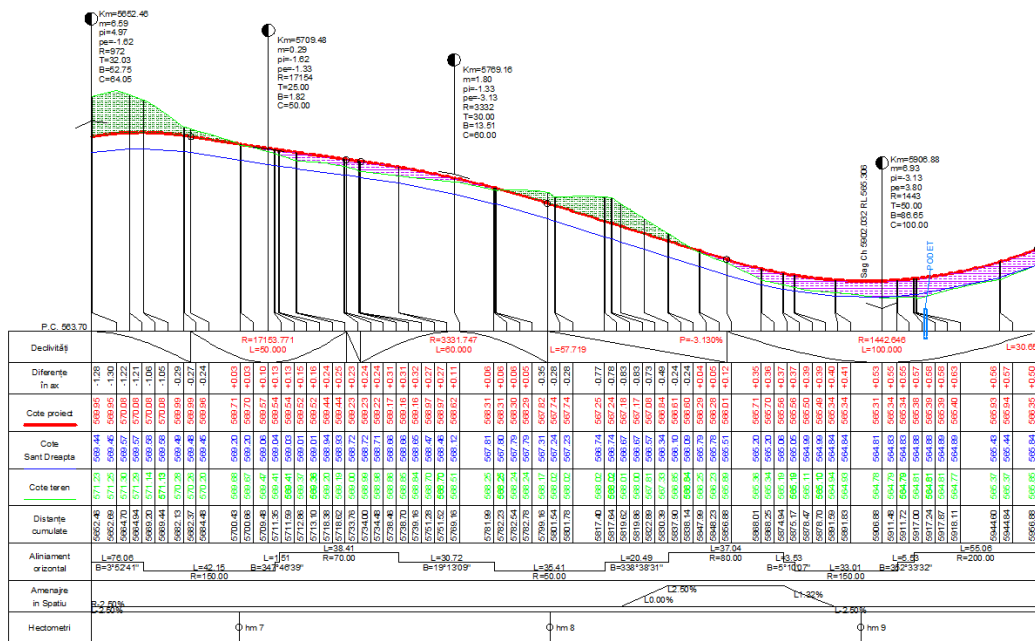


Figura 2. 21 Profil longitudinal generat automat prin ARD

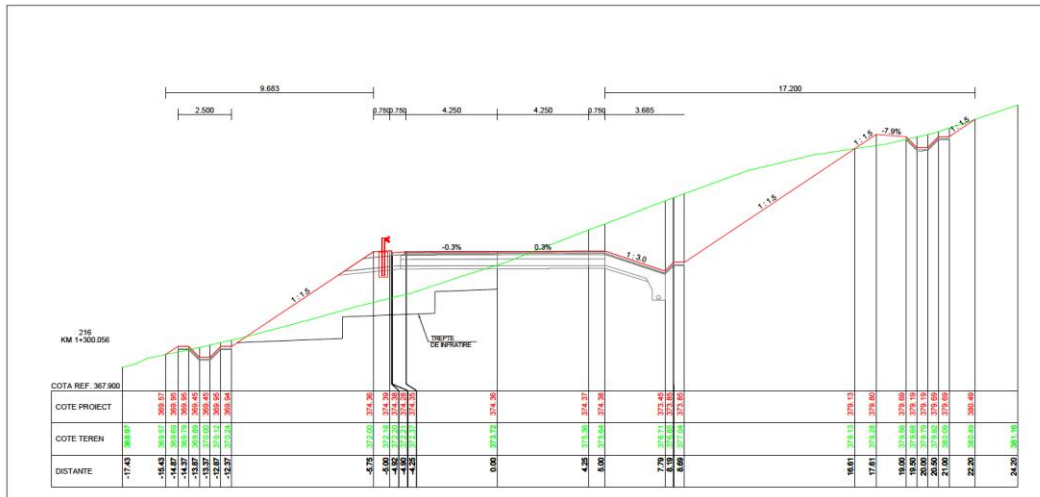


Figura 2.22 Profil transversal curent generat automat prin ARD

Odată modelat proiectul, utilizatorul are posibilitatea realizării unor reprezentări grafice 3D ale proiectului, folosind elementele 3D generate automat de program, respectiv polilinii 3D, suprafețe de triangulație a elementelor proiectate, etc.

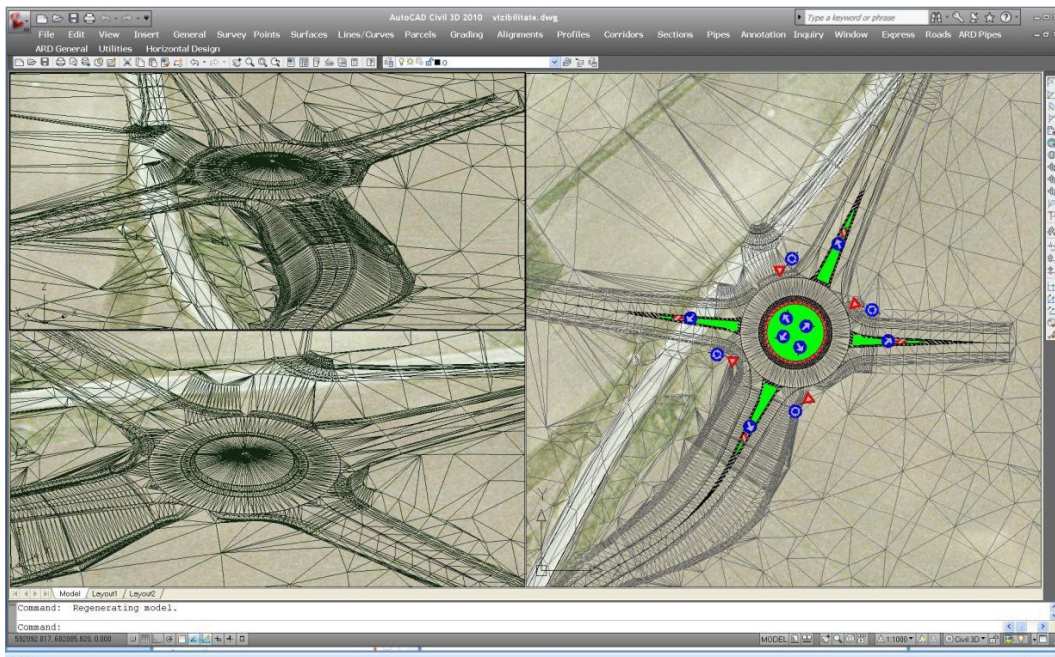


Figura 2.23 Vizualizarea spațială a elementelor proiectate cu ajutorul ARD [4]

2.2. MX Road (MOSS)

MX este un program produs și comercializat de către firma americană Bentley Systems din Paxton, Philadelphia, dezvoltat pe parcursul a 40 de ani de experiență în marile proiecte mondiale.

Programul este utilizat cu succes în toate tipurile de lucrări de infrastructură, având module specifice fiecărui tip de lucrare: drumuri, poduri, căi ferate.

Modulul de bază utilizat la proiectarea drumurilor și autostrăzilor este MX ROAD.

Pentru proiectele de reabilitare și întreținere a drumurilor existente programul are modulul MX RENEW, care are elemente specifice pentru calculul grosimilor minime de ranforsare, pentru crearea casetelor, etc.

Pentru modernizarea străzilor se folosește MX URBAN. Programul permite calcularea geometriei străzilor ținând seama de cotele existente la limitele de proprietate și de zonele de siguranță ale rețelelor de utilități existente.

Principalele etape de lucru sunt:

- ❖ Importarea datelor topografice și generarea modelului de triangulație a terenului natural;
- ❖ Trasarea axei în plan (aliniamentul orizontal);
- ❖ Geometrizarea profilului longitudinal;
- ❖ Definirea elementelor din profil transversal (platforma drumului, sistemul rutier, elementele de racord cu terenul natural);
- ❖ Analiza traseului spațială a traseului pe baza perspectivelor generate automat, sau prin randarea traseului în lungul unui aliniament indicat de utilizator;
- ❖ Exportarea datelor din program în format Genio, DXF, sau DWG
- ❖ Generarea rapoartelor specifice proiectului (rapoarte de cantități de lucrări și rapoarte de trasare a elementelor geometrice ale traseului).



Figura 2. 24 Principalele etape de lucru în MX Road

2.2.1. Prezentarea modului de lucru al programului

Așa cum este descris în "Programe de calcul pentru drumuri - Gavril Hoda, 2008", MX poate funcționa în 3 moduri: Grafic, Linemode și Background.

Modul "normal" de funcționare este modul "Grafic", în care lucrul se realizează cu ajutorul butoanelor și ferestrelor specifice de editare a obiectelor. Rezultatele operațiunilor se afișează pe ecran, în timp real.

Acest mod de lucru are următoarele avantaje:

- introducerea datelor se realizează ușor
- rezultatele se afișează în timp real pe ecran
- prin interfața sugestivă, utilizatorul este ghidat în folosirea programului

Modul "Linemode" presupune introducerea datelor prin comenzi specifice. Acest mod este recomandat pentru operațiuni scurte, utilizatorilor avansați, care deja cunosc lista de comenzi specifice programului.

Modul "Background" presupune introducerea comenzilor prin generarea fișierelor "input", care conțin o înșiruire de comenzi specifice programului. Pentru afișarea rezultatelor, programul generează un fișier de "output", care permite utilizatorului o verificare a rezultatului.

Avantajele acestui mod de lucru sunt:

- procesarea în interiorul programului a unei cantități mari de date
- productivitate mare datorită repetitivității unor grupări de comenzi specifice
- afișarea datelor se realizează într-un fișier extern, ușor de prelucrat ulterior

2.2.2. Introducerea datelor topografice în MX

Pe baza datelor topografice se generează în MX un model 3D, reprezentând modelul terenului natural. Acest model odată finalizat și validat va fi exportat în fișier GENIO.

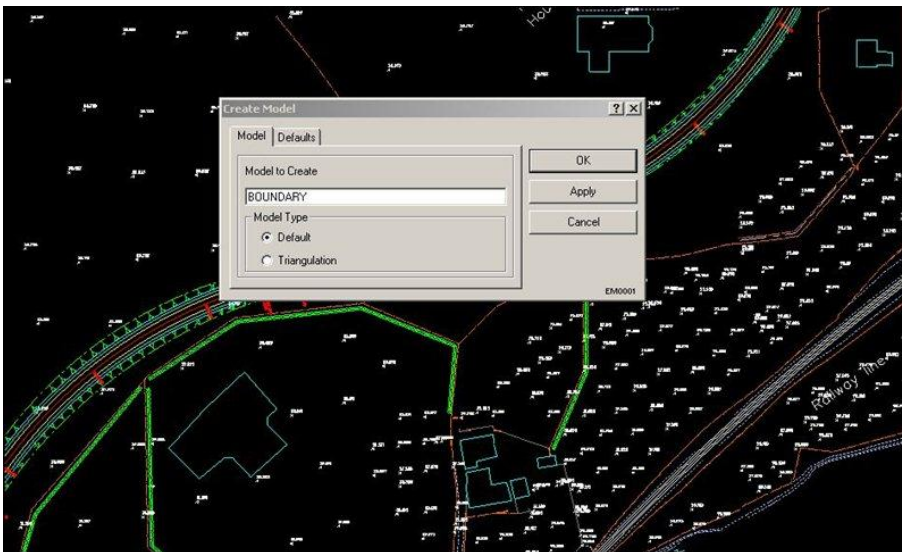


Figura 2. 25 Crearea modelului terenului natural în MX^[18]

2.2.3. Definirea axei în plan cu MX

Pentru geometrizarea axei în plan, MX oferă 2 metode de proiectare a aliniamentelor, o metodă "rapidă" (Quick Alignment) care permite concepția rapidă a aliniamentelor mai simple (fără curbe cu tangente comune și fără asocieri de aliniamente) și metoda complexă (Alignment). Pe lângă acestea în plan aliniamentele mai pot fi realizate și din polilinii convertite în aliniamente sau prin metode "Best Fit"

care recuperează aliniamente pe baza unor constrângeri geometrice față de string-uri existente. (Gavril Hoda - 2008).

Metoda rapidă (Quick Alignment) este o metodă foarte productivă și necesită cunoștințe minime de utilizare, beneficiind și de un suport grafic adecvat.

Metoda clasică (Alignment) este o metodă care permite un control mai bun asupra aliniamentelor, fiind recomandată în situații mai complexe precum: serpentine, puncte de trecere obligate, intersecții complexe cu multe aliniamente asociate.

2.2.4. Proiectarea profilului longitudinal

Proiectarea profilului longitudinal presupune în mod similar proiectarea axei în plan, introducerea în program a schimbătorilor de declivitate (Vertical Point) și definirea parametrilor de racordare verticală care vor fi asociați acestor elemente.

Proiectarea profilului longitudinal începe cu definirea în program a parametrilor specifici proiectului, respectiv a razelor minime de racordare convexă și concavă, a declivităților minime și maxime, a modului de calcul al racordărilor verticale, a elementelor vizibile în timpul lucrului și a parametrilor care vor fi afișați în profilul longitudinal proiectat.

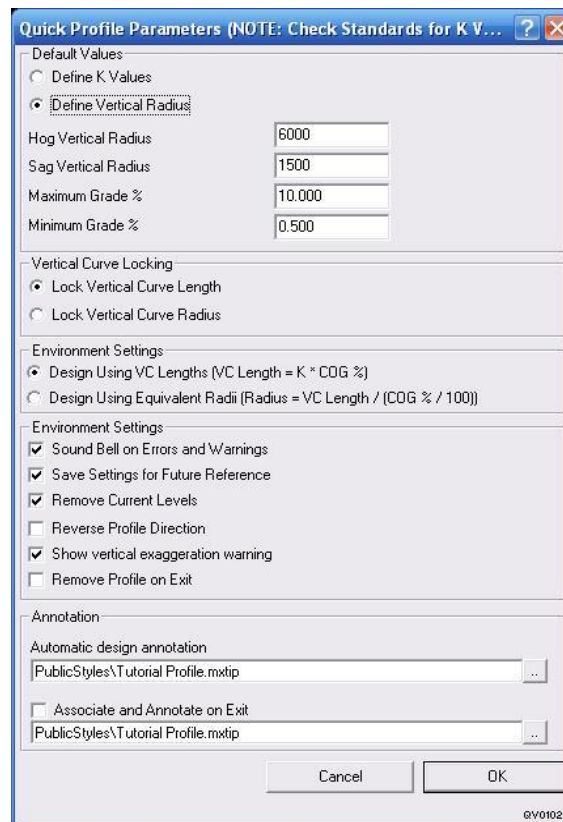


Figura 2. 26 Parametrii profilului longitudinal [34]

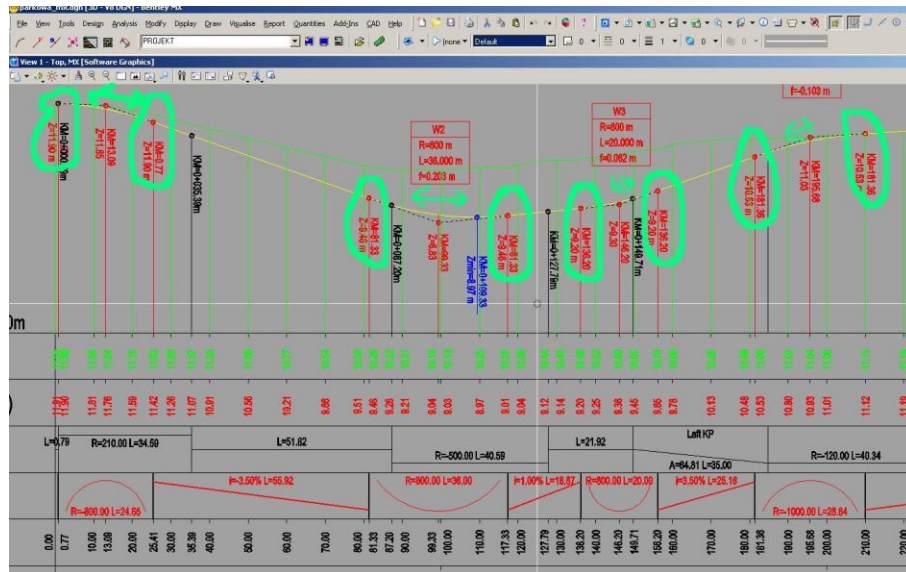


Figura 2. 27 Profil longitudinal generat prin MX^[18]

2.2.5. Definirea elementelor profilului transversal

Definirea elementelor din profil transversal se face prin atribuirea parametrilor specifici unui aliniament definit anterior. Specificarea elementelor caracteristice traseului se realizează pas cu pas, definindu-se mai întâi numărul de benzi ale carosabilului.

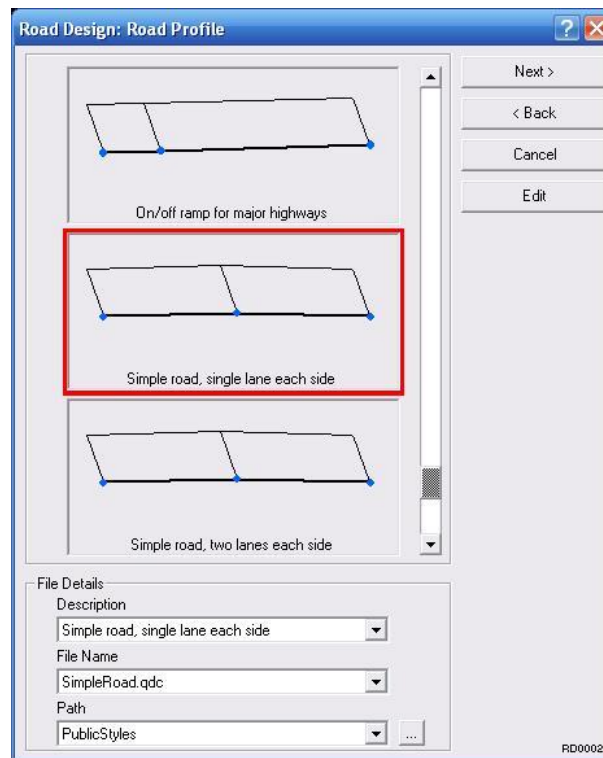


Figura 2. 28 Definirea numărului de benzi specifice carosabilului^[34]

Aceste profile tip sunt disponibile în fișiere care sunt editabile în funcție de ce avem nevoie. Profilurile pot fi cu o bandă, cu două benzi, sau cu trei benzi pe sens.

Editarea profilurilor tip se face prin selectarea elementului care se dorește editat și specificarea lățimilor și pantelor transversale cu care amenajarea. Utilizatorul poate adăuga sau șterge din elementele definite anterior pentru profilul transversal.

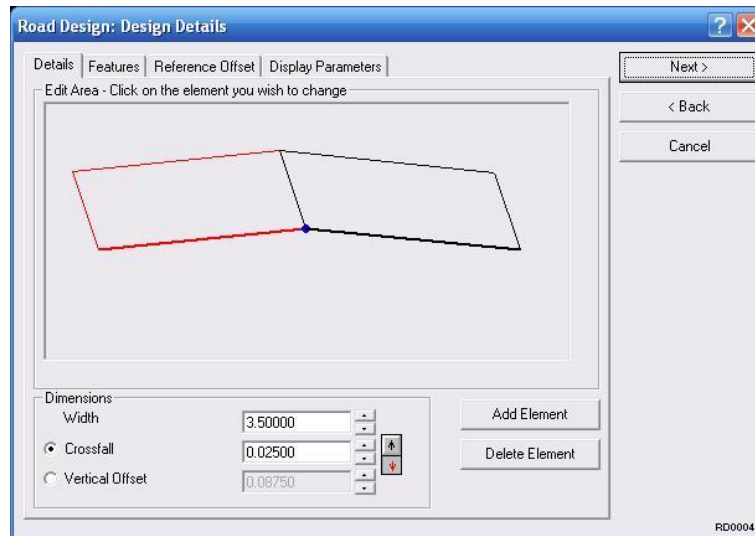


Figura 2. 29 Editarea profilurilor transversale tip în MX [34]

Ultima etapă constă în definirea domeniilor specifice fiecărui profil transversal, putând fi definite mai multe profiluri tip pentru un drum.

Amenajarea în spațiu a curbelor se poate face după ce string-urile ce alcătuiesc partea carosabilă au fost adăugate în model. Supralărgirile se aplică separat pe fiecare parte prin definirea fiecărui string.

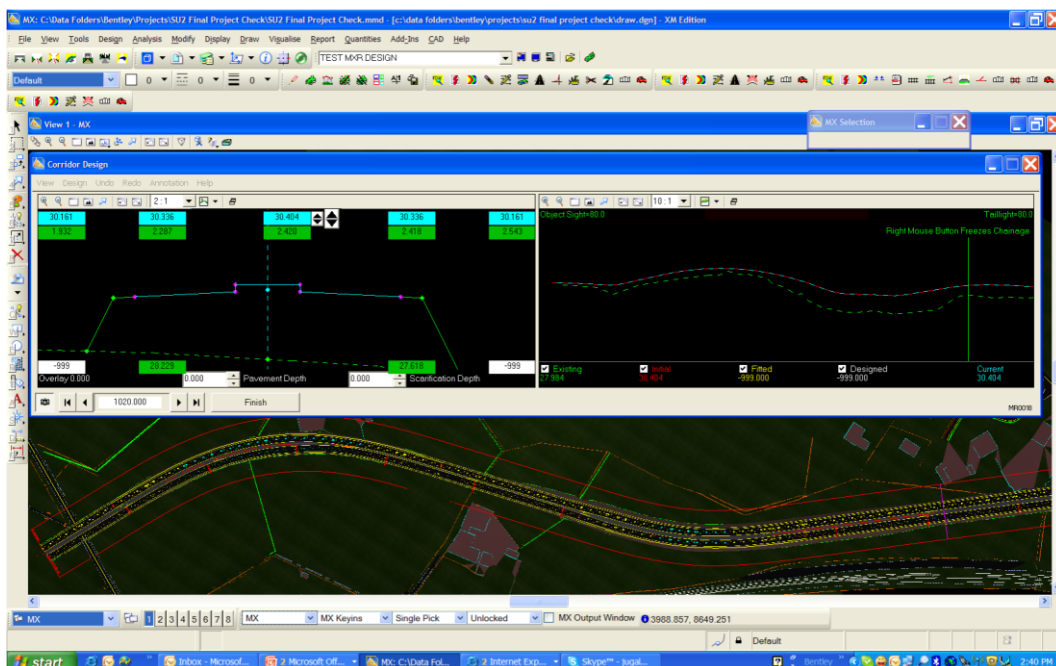


Figura 2. 30 Vizualizarea interactivă a elementelor din plan, profil longitudinal și profil transversal în MX [18]

2.2.6. Proiectarea lucrărilor de terasamente în MX

Racordul elementelor de pe platforma drumului cu terenul natural se realizează în rubrica “Earthsorks” din program. Aici se definește forma șanțurilor, a taluzurilor, etc. Alegerea formei elementelor de racord cu terasamentul se face dintr-o listă tipizată, definită anterior în program. Se pot alege profiluri de șanțuri cu, sau fără banchetă, taluzuri cu, sau fără berme.

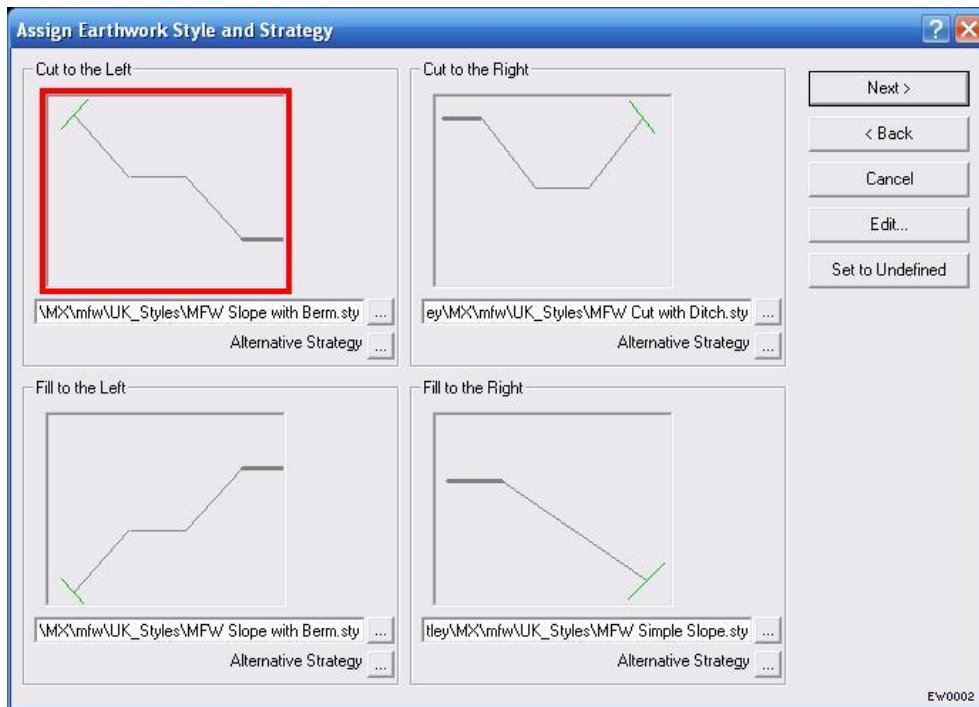


Figura 2. 31 Selectarea modului de amenajare a taluzurilor în MX [34]

Fiecare soluție alternativă poate fi stocată într-un fișier și utilizată ulterior la calculul interfețelor. În fereastra de “Slope/Berm Combination” se poate realiza editarea interfeței, putând fi introduse un număr foarte mare de elemente.

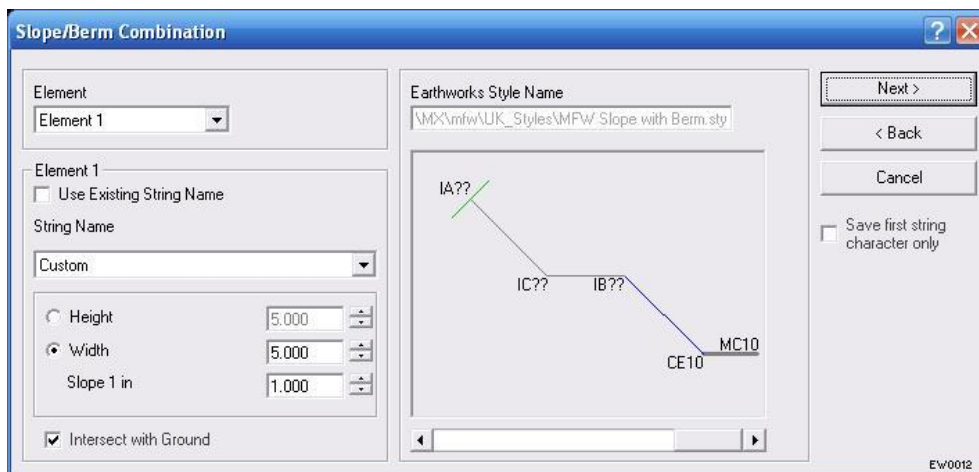


Figura 2. 32 Editarea interfeței de record cu terenul natural [34]

2.2.7. Definirea sistemului rutier

Definirea în program a datelor referitoare la sistemul rutier se face în fereastra “Pavement and Subgrade Design” din meniul “Design”.

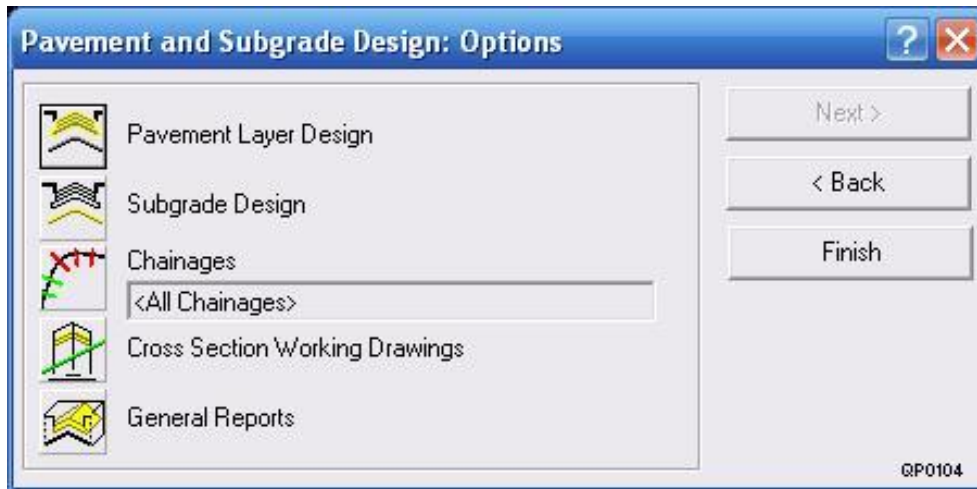


Figura 2. 33 Definirea modalităților de amenajare pentru sistemul rutier [34]

Sistemul rutier poate fi ales dintr-o listă de sisteme predefinite, sau se pot crea structuri noi definite de utilizator.

În fereastra “Pavement layer Design” se definesc grosimile straturilor și tipurile de material. Sistemul rutier ales poate fi asociat unor sectoare de drum (zone) care au același profil transversal tip.

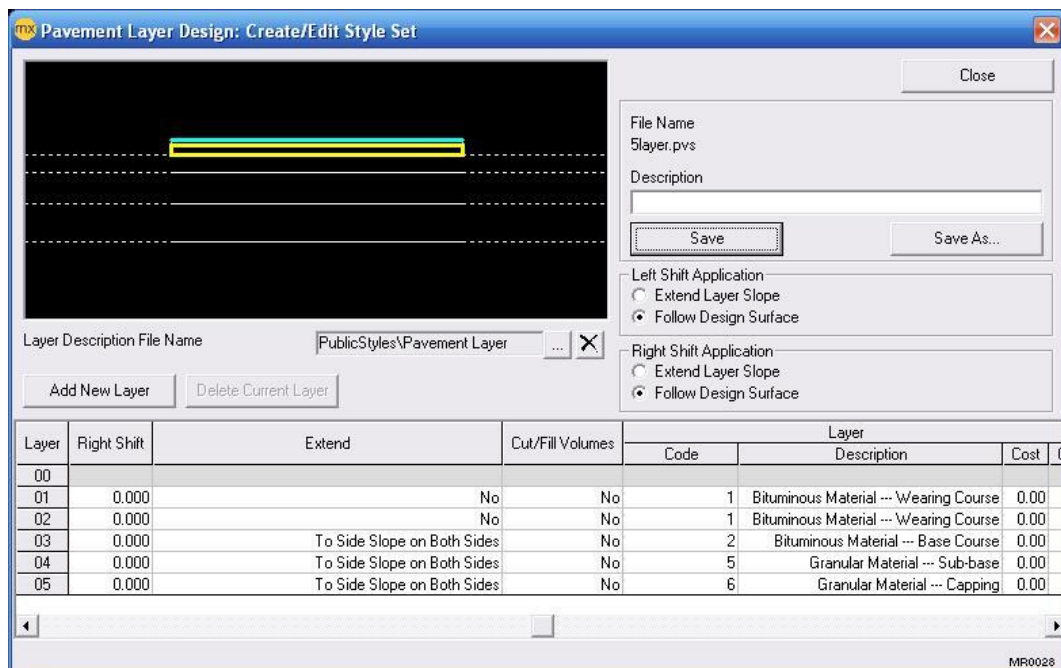


Figura 2. 34 Definirea straturilor din sistemului rutier [8]

Programul are module specifice pentru definirea lucrărilor pregătitoare, precum lucrările de decapare teren vegetal, straturi de îmbunătățire a terenului de fundare sau a patului drumului, aferente fiecărei zone.

Odată atașat profilului transversal tip specific unei zone, acesta poate fi vizualizat grafic printr-o fereastră specifică din program. Se pot parcurge pe rând toate profilurile transversale dintr-o anumită zonă.

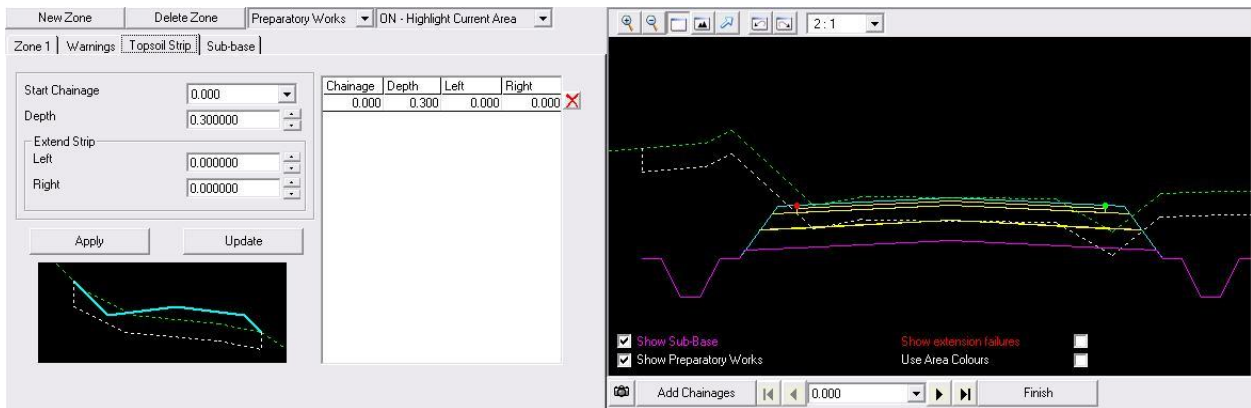


Figura 2. 35 Vizualizarea profilurilor transversale în MX [34]

2.2.8. Generarea profilurilor transversale din MX

Având definite traseul în plan, profilul longitudinal și profilurile transversale tip, se pot genera profilurile transversale curente.

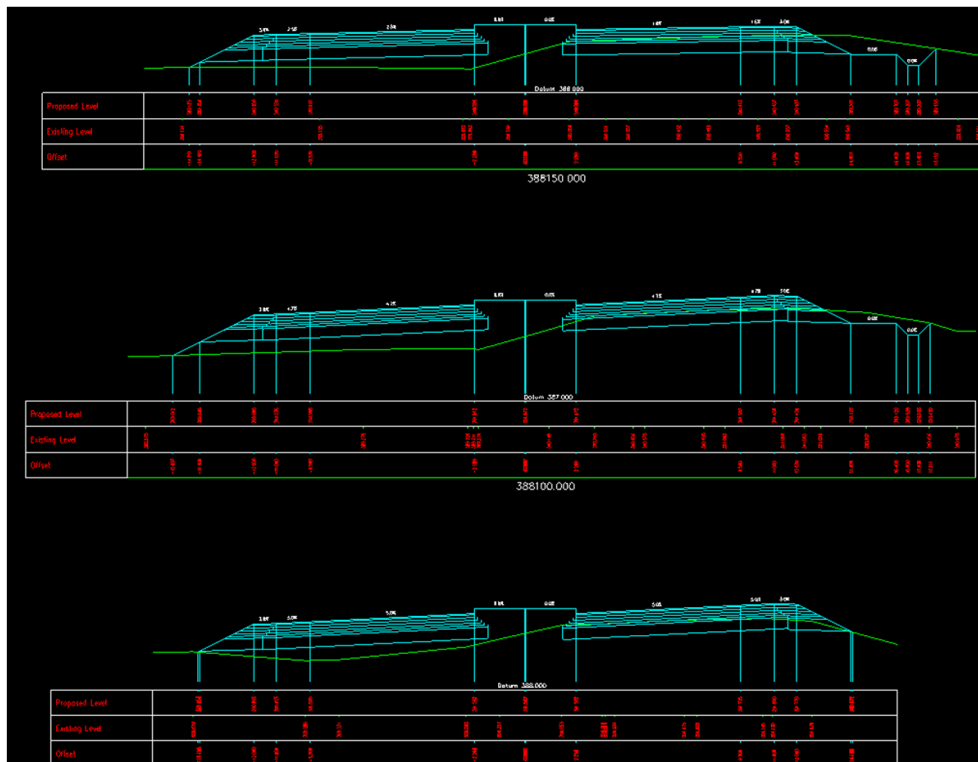


Figura 2. 36 Generarea profilurilor transversale cu MX [18]

2.2.9. Generarea rapoartelor de cantități cu MX

Rapoartele de cantități generate în MX pot fi sub forma unor fișiere Excel, grupate în foi de calcul individuale, sau cumulate într-un singur tabel de calcul.

Chainage	Billing Code	Description	Depth	Volume	Area - 1 Cum	Zone - 1 Cum	Plan Area	Area - 1 Cum
0-		Layer 1	0.04	0	0	0	0	0
0-		Layer 2	0.06	0	0	0	0	0
0-		Layer 3	0.2	0	0	0	0	0
0-		Layer 4	0.25	0	0	0	0	0
10-		Layer 1	0.04	3.2	3.2	3.2	80.02	80.02
10-		Layer 2	0.06	4.8	4.8	4.8	80.02	80.02
10-		Layer 3	0.2	19.2	19.2	19.2	99.11	99.11
10-		Layer 4	0.25	25.75	25.75	25.75	106.9	106.9
20-		Layer 1	0.04	3.2	6.4	6.4	80.02	160.04
20-		Layer 2	0.06	4.8	9.6	9.6	80.02	160.04
20-		Layer 3	0.2	19.2	38.4	38.4	99.11	198.22
20-		Layer 4	0.25	25.75	51.5	51.5	106.9	213.8
30-		Layer 1	0.04	3.2	9.6	9.6	80.02	240.06
30-		Layer 2	0.06	4.8	14.4	14.4	80.02	240.06
30-		Layer 3	0.2	19.2	57.6	57.6	99.11	297.33
30-		Layer 4	0.25	25.75	77.25	77.25	106.9	320.7

Figura 2. 37 Rapoarte de cantități generate din MX [34]

2.2.10. Analiza traseului în perspectivă

După finalizarea proiectului, pe baza datelor din MX se pot genera tablouri perspective ale traseului, sau se poate face o randare spațială a traseului, după un aliniament care definește poziția în spațiu a observatorului.

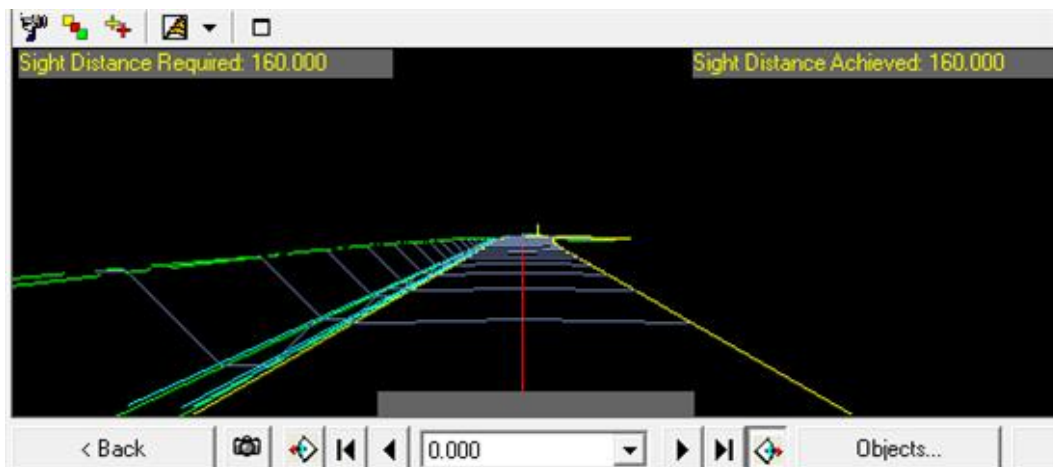


Figura 2. 38 Generarea perspectivelor în MX [18]

2.3. AutoCAD Civil 3D - Autodesk

Autocad Civil 3D este platforma dezvoltată de Autodesk pentru amenajarea lucrărilor de infrastructură. Programul are o vastă răspândire, fiind utilizat cu succes în marile proiecte de infrastructură

În Autocad Civil 3D, datele proiectului sunt stocate în fișierul DWG al proiectului, fiind posibilă exportarea datelor în format XML.

Dezvoltarea proiectelor în Autocad Civil 3D cuprinde mai multe etape:

- ❖ definirea modelului terenului natural și a datelor care definesc situația existentă pe amplasamentul proiectului, inclusiv rețelele de utilități existente;
- ❖ definirea axei în plan a traseului de drum;
- ❖ definirea condițiilor geometrice care se aplică traseului, respectiv vitezele de proiectare și supraînălțările traseului în curbe;
- ❖ definirea profilului longitudinal al traseului;
- ❖ definirea subansamblelor care alcătuiesc profilul transversal tip;
- ❖ generarea modelului 3D al proiectului, sub forma unui coridor rezultat prin combinarea elementelor celor 3 proiecții, respectiv plan de situație, profil longitudinal și profil transversal;
- ❖ analiza traseului proiectat și generarea rapoartelor traseului în vederea transpunerii acestuia în teren.

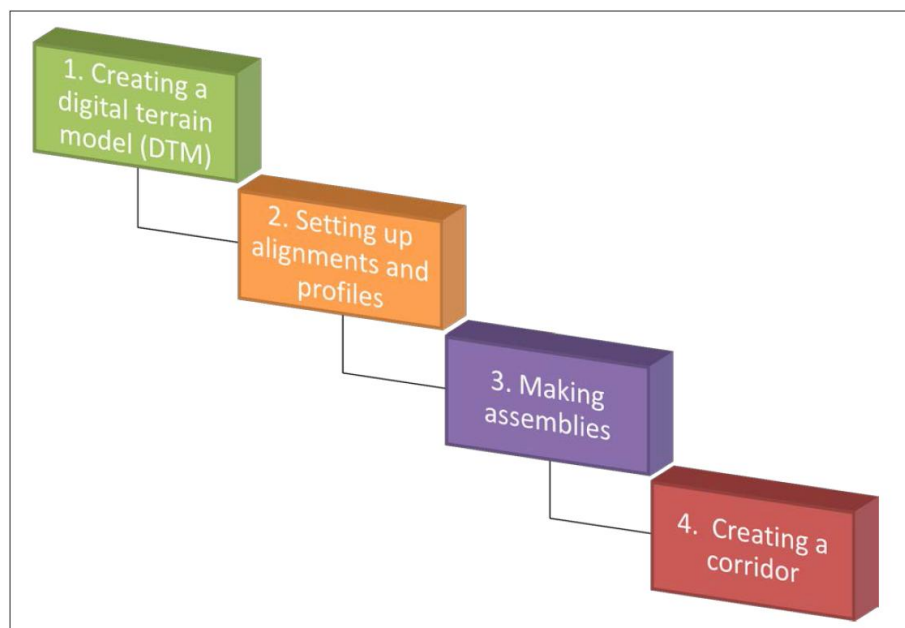


Figura 2. 39 Prezentarea principalelor etape ale proiectului în AutoCAD Civil 3D [52]

2.3.1. Generarea modelului 3D al terenului în Autocad Civil 3D

Suprafețele 3D ale terenului natural se definesc cu ajutorul punctelor Civil 3D din ridicarea topografică, al poliliniilor 3D care definesc liniile de rupere de pantă din profilul transversal (“breaklines”), al poliliniilor 2D care formează conturul suprafețelor (“boundaries”), precum și cu ajutorul obiectelor 3D conținute în fișierul DWG (“points”, “blocks”, etc.).

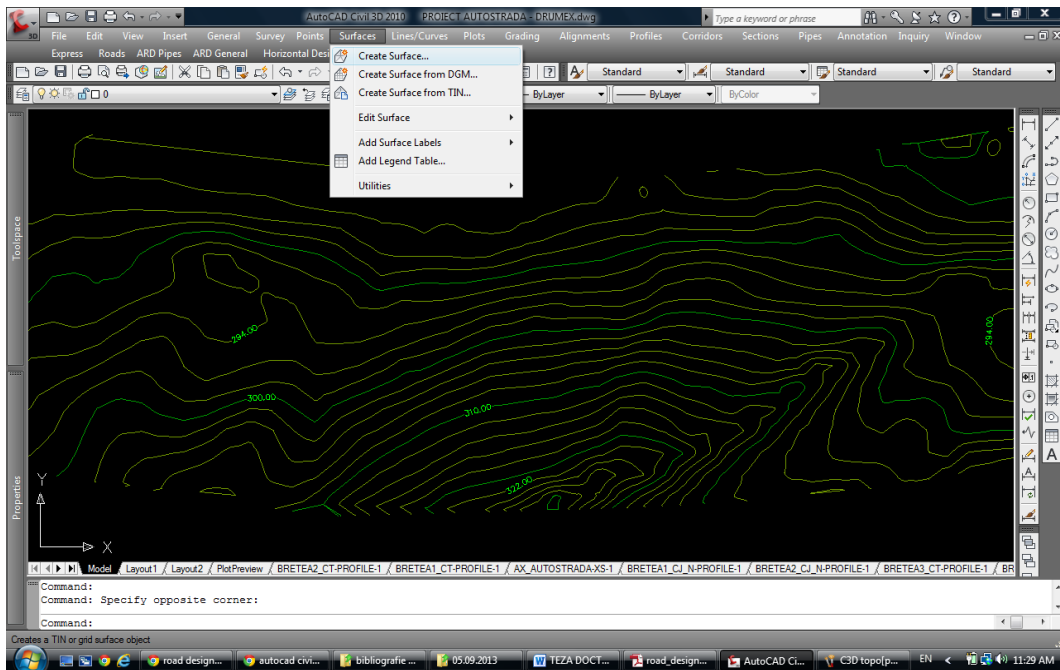


Figura 2. 40 Crearea suprafețelor topo în AutoCAD Civil 3D

Modelul 3D al terenului natural se poate genera cu ajutorul elementelor 3D din cadrul proiectului, sau prin importarea punctelor din fișierele externe conținând ridicarea topografică.

2.3.2. Trasarea axei în plan cu Autocad Civil 3D

În Civil 3D axele în plan se construiesc cu elemente de tip “Alignments”. Aceste elemente pot fi generate prin conversia poliliniilor 2D din fișierul DWG, sau pot fi create cu ajutorul instrumentelor specific Civil 3D pentru crearea aliniamentelor.

Pentru geometrizarea spațială a traseului, vor fi aplicate în lungul aliniamentului criteriile definite anterior pentru elementele traseului, respectiv viteza de proiectare specifică fiecărui sector de drum și condițiile de supraînălțare a traseului în curbă.

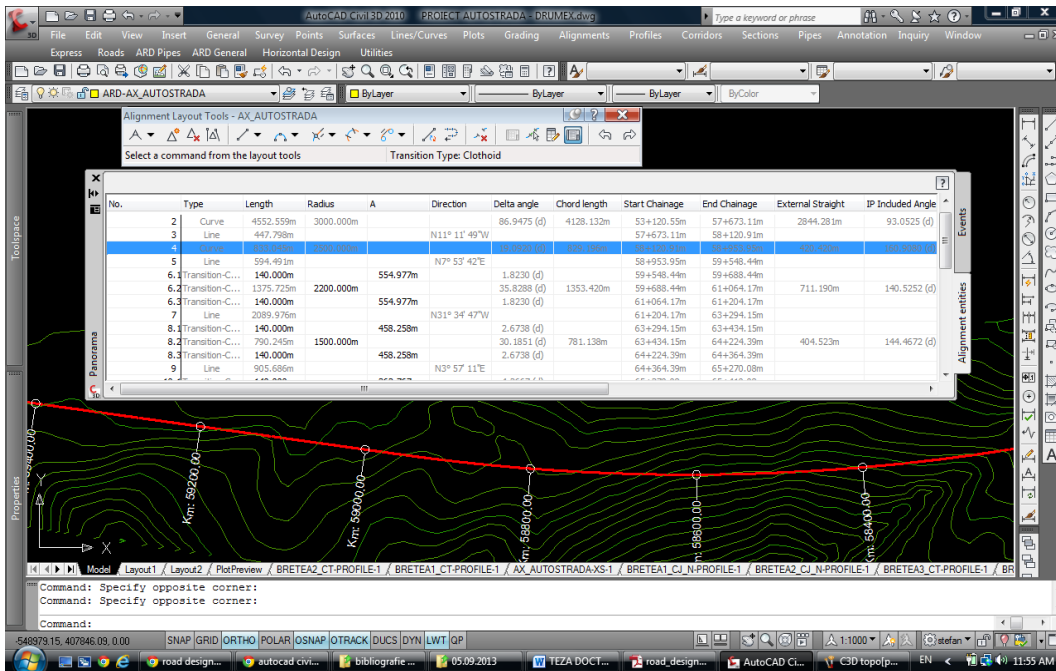


Figura 2. 41 Definirea axei din plan în AutoCAD Civil 3D

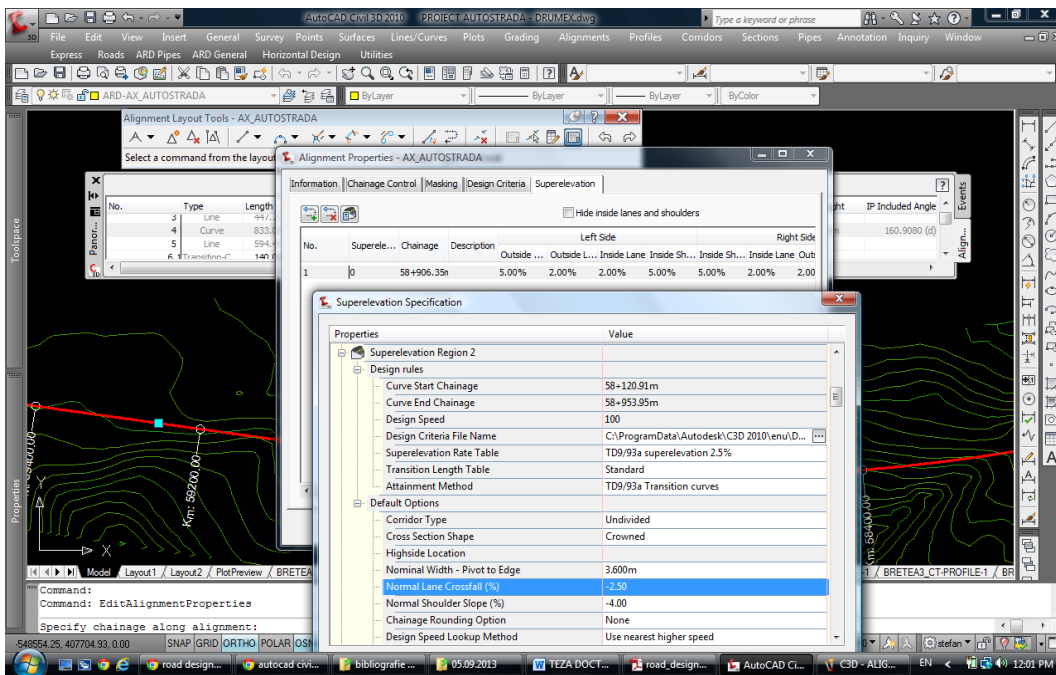


Figura 2. 42 Definirea criteriilor geometrice în lungul traseului în AutoCAD Civil 3D

2.3.3. Geometrizarea profilului longitudinal în Autocad Civil 3D

Profilul longitudinal definește cotele proiectului în lungul aliniamentului. Profilul longitudinal poate fi geometrizat prin specificarea declivităților și a curbelor de racordare.

Proiectarea profilului longitudinal se poate realiza pe baza unor parametri predefiniți de utilizator în funcție de valorile minime ale coeficientului de confort k (distanța

orizontală pentru care se realizează o variație de 1% pe curba verticală), bazat pe lungimea minimă a distanțelor de vizibilitate.

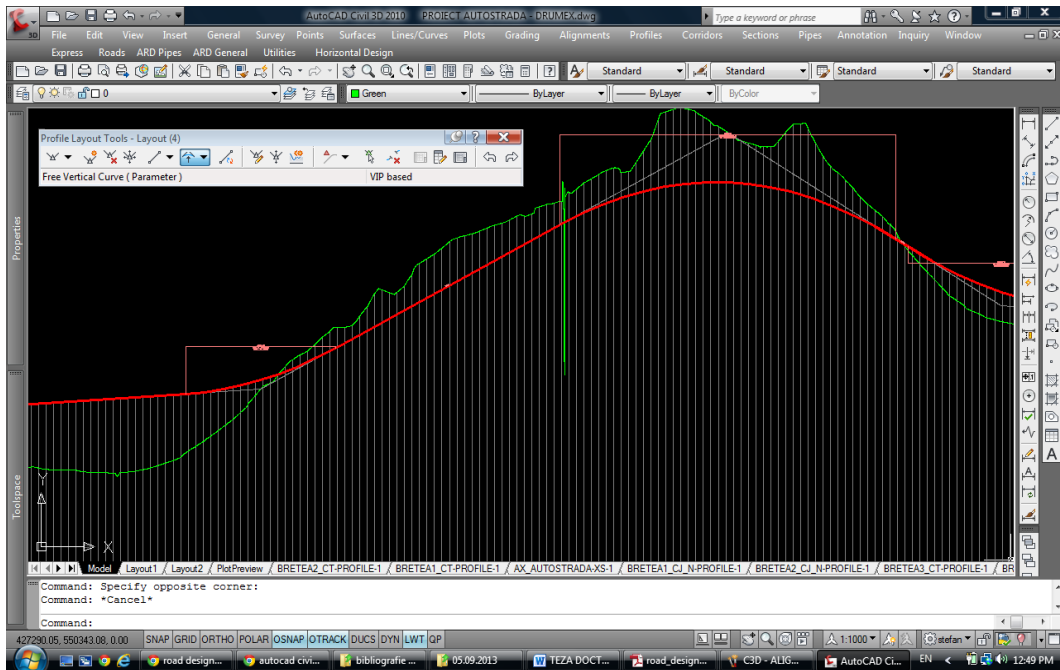


Figura 2. 43 Geometrizarea profilului longitudinal în Civil 3D

2.3.4. Definirea profilului transversal tip în Autocad Civil 3D

Definirea profilului transversal tip se face cu ajutorul subansamblelor predefinite în cadrul programului. Acestea pot să fie subansamble definite implicit în program, sau pot fi unele personalizate, create de utilizator.

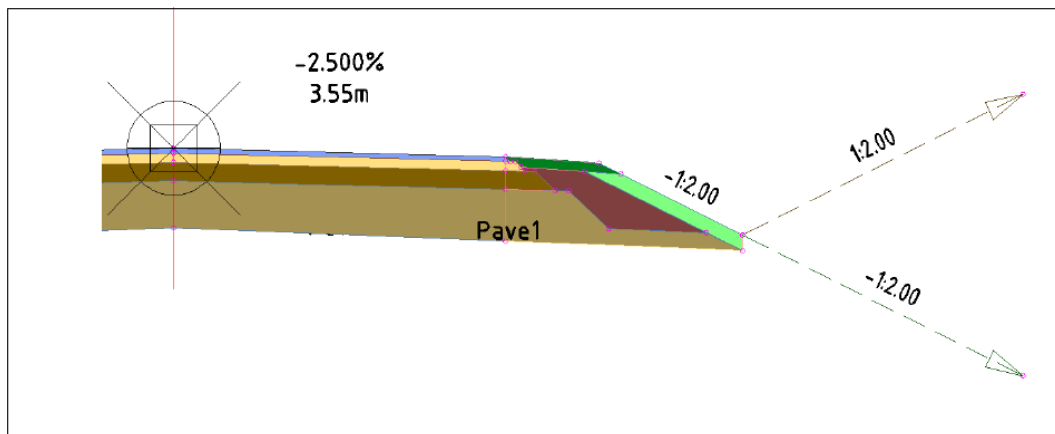


Figura 2. 44 Definirea subansamblelor în Civil 3D ^[52]

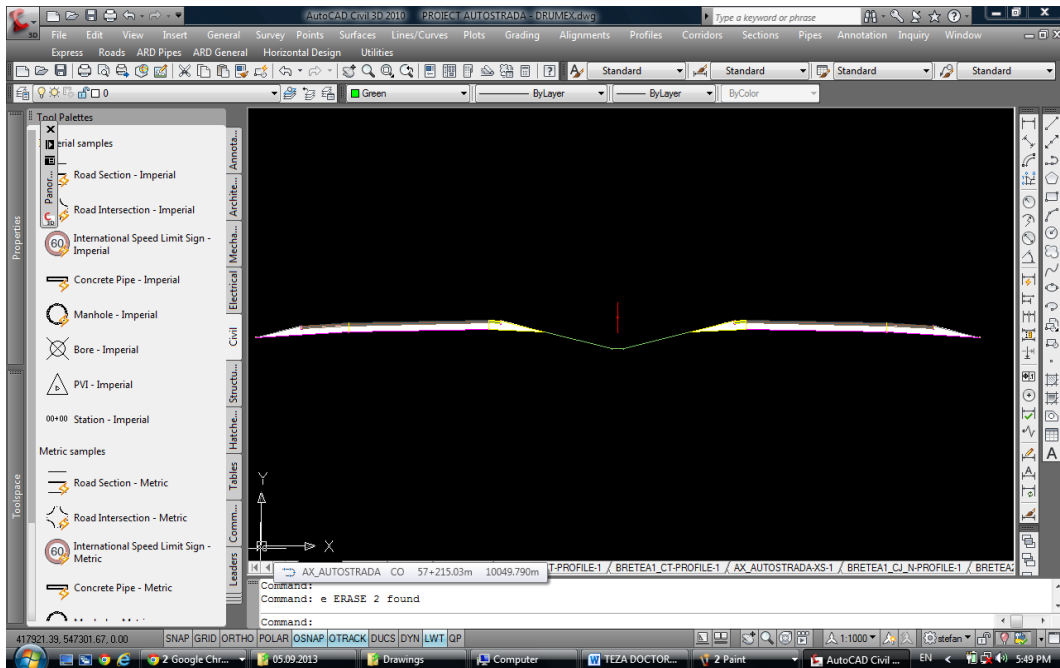


Figura 2. 45 Definirea profilului tip în Civil 3D cu ajutorul subansamblelor [C3D – Help -Tutorials]

2.3.5. Generarea modelului 3D al proiectului în Autocad Civil 3D

După definirea elementelor din plan, profil longitudinal și profil transversal, se creează modelul 3D al proiectului sub forma unui coridor.

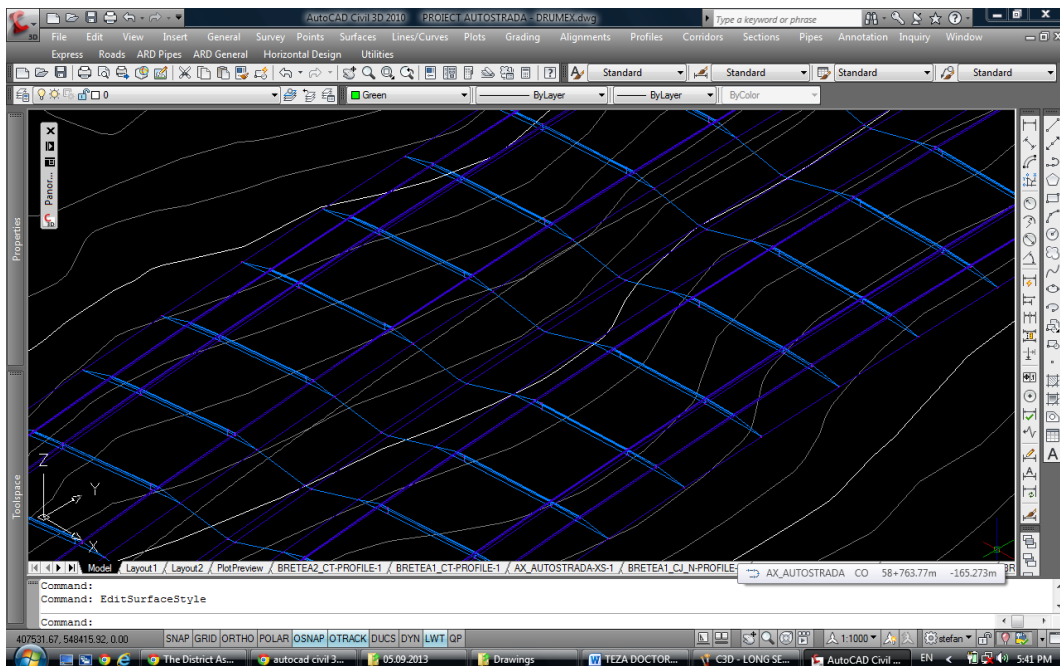


Figura 2. 46 Crearea unui coridor prin combinarea elementelor din plan, profil longitudinal și profil transversal

2.3.6. Analiza traseului proiectat

După finalizarea proiectului, pentru analiza traseului se poate face o vizualizare spațială cu funcția drive. Această metodă permite analiza vizibilității spațiale asupra traseului.

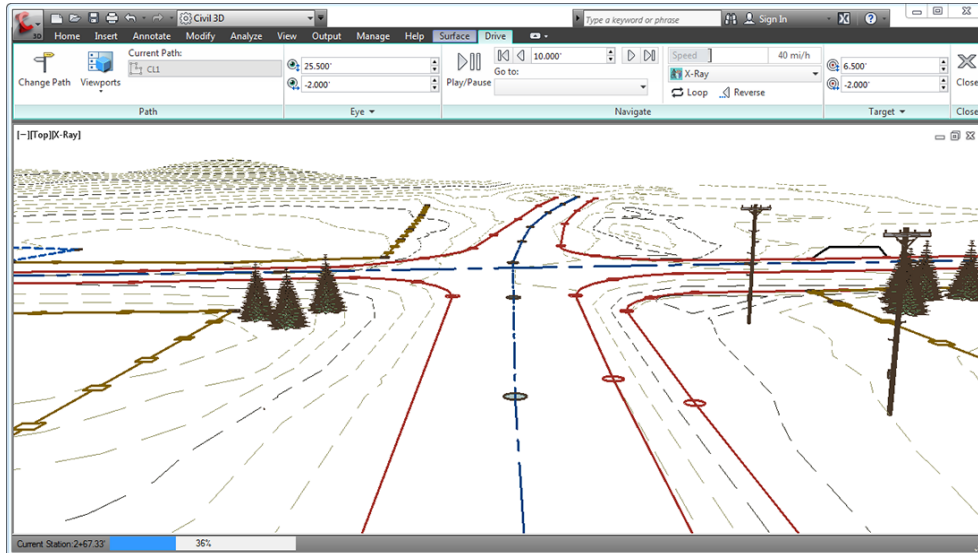


Figura 2. 47 Vizualizarea spațială a traseului proiectat în Civil 3D [86]

Programul Autocad Civil 3D poate fi folosit cu succes la urmărirea lucrărilor pe parcursul execuției. Având funcții complexe de prelucrare a suprafețelor triangulate, softul poate genera foarte rapid secțiuni pe orice direcție a suprafeței de triangulație, generând foarte rapid și rapoarte cu volume de lucrări calculate între două suprafețe de referință (suprafața terenului natural și nivelul lucrărilor executate până la un moment dat).

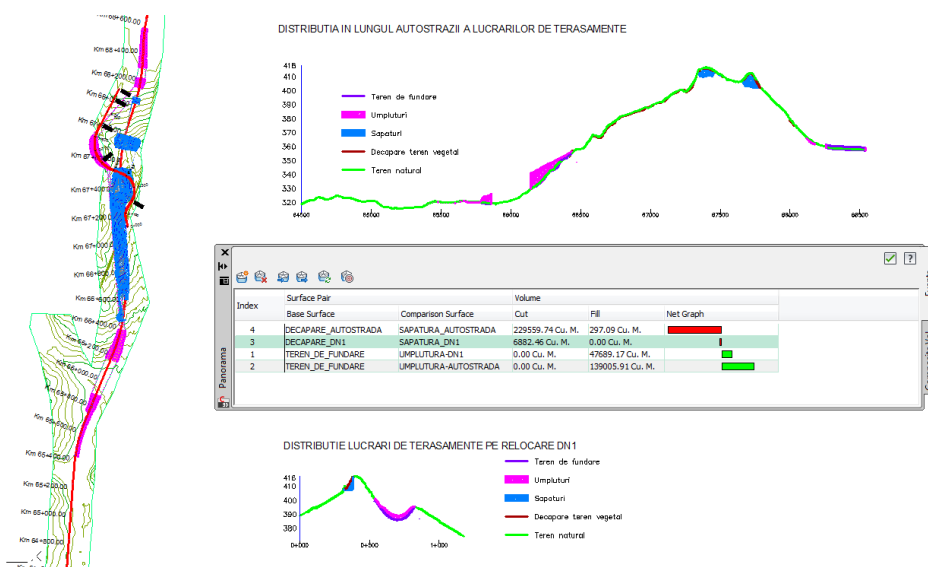


Figura 2. 48 Verificarea stadiului de execuție a lucrărilor cu ajutorul Civil 3D

2.4. Micro Piste

Așa cum este descris în “Manuel de reference Piste 5.0 – Conception d’infrastructures linéaires”, Micro Piste este un program de origine franceză, dezvoltat în mai bine de 30 de ani de Setra (Service d’Etudes Techniques des Routes et Autoroutes). Programul a fost folosit cu succes în implementarea marilor proiecte de infrastructură din Franța.

Programul poate fi folosit atât la realizarea unor drumuri noi, cât și la reabilitarea drumurilor existente.

Programul este conceput pentru realizarea proiectelor liniare.

Procedura de lucru cu Micro Piste presupune următoarele etape de lucru:

- ❖ Generarea modelului de triangulație a terenului natural din linii și puncte 3D (TPL) și definirea aliniamentului orizontal;
- ❖ Definirea unui profil longitudinal în lungul axei din plan;
- ❖ Construirea profilurilor transversale prin aplicarea unui profil transversal tip în acord cu profilul longitudinal și picheții definiți în plan;
- ❖ Analiza traseului pe baza perspectivelor generate automat;
- ❖ Generarea planșelor și a rapoartelor specifice proiectului.

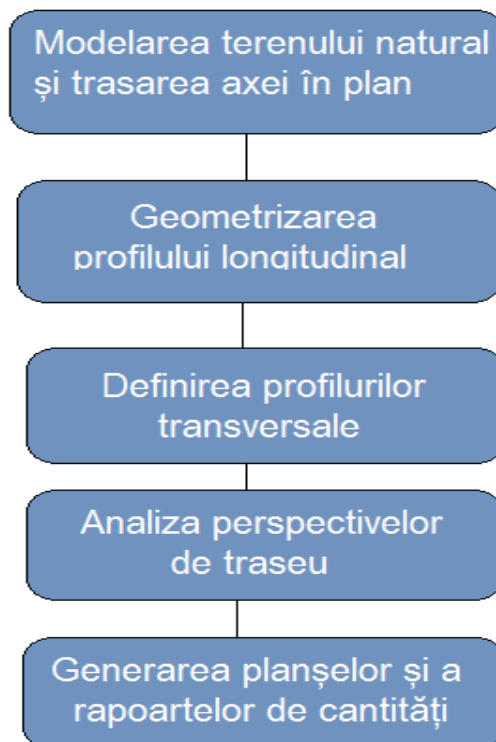


Figura 2. 49 Principalele etape de lucru cu MicroPiste

2.4.1. Crearea modelului 3D al terenului natural și definirea aliniamentului orizontal în Micro Piste

În Micro Piste, realizarea modelului 3D al terenului natural se face prin modulul “Terrain”, cu ajutorul căruia se generează suprafețe triangulate 3D pe baza punctelor și a liniilor de rupere de pantă din profilul transversal. Micro Piste este conceput să poată procesa un număr de maxim 40 de puncte într-un profil transversal.

Geometrizarea axei în plan a traseului de drum se face prin crearea unor fișiere Input, care conțin coordonatele vârfurilor și parametrii curbilor de racordare din plan.

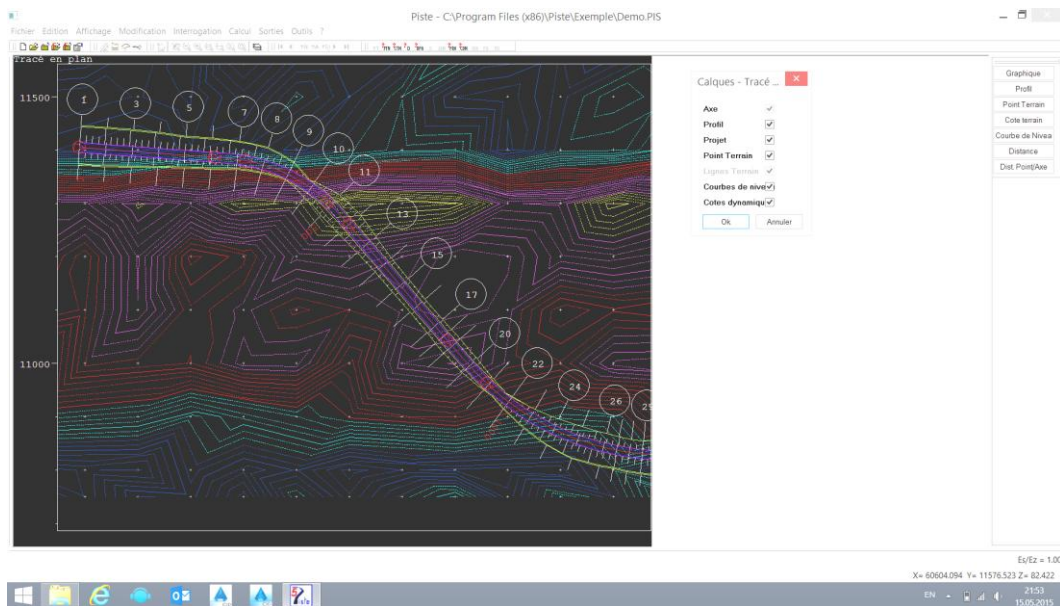


Figura 2. 50 Plan de situație creat cu MicroPiste
[Micro Piste 5.0 - Demo]

2.4.2. Definirea profilului longitudinal în Micro Piste

Definirea profilului longitudinal se face prin specificarea poziției schimbătorilor de declivitate și a elementelor de racordare verticală aferente fiecărui schimbător.

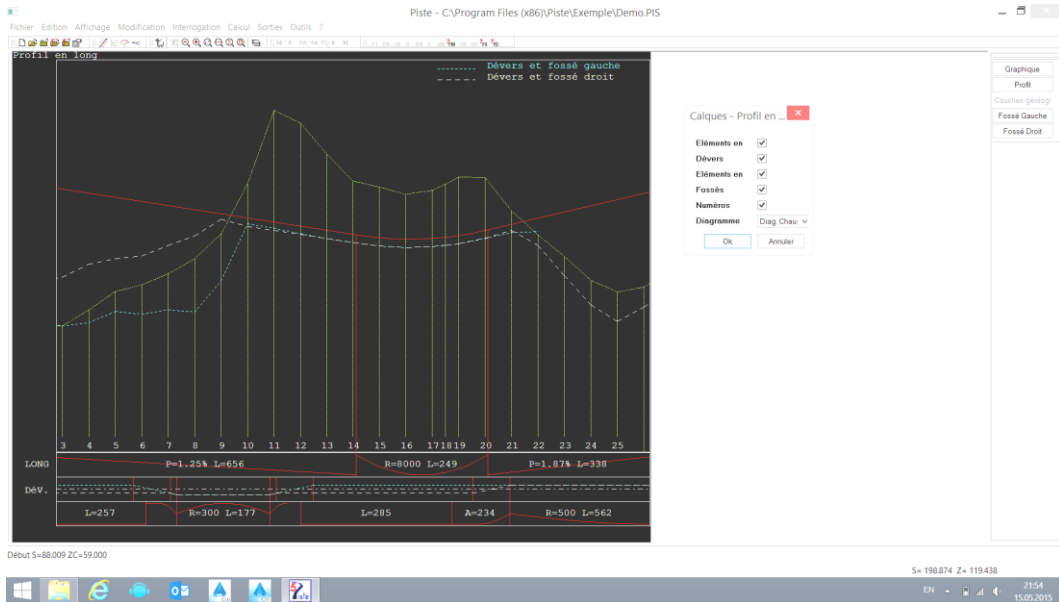


Figura 2. 51 Geometrizarea profilului longitudinal în MicroPiste [Micro Piste 5.0 - Demo]

2.4.3. Definirea profilurilor transversale în Micro Piste

Definirea profilurilor transversale se face prin specificarea punctelor specifice fiecărui element din profilul transversal.

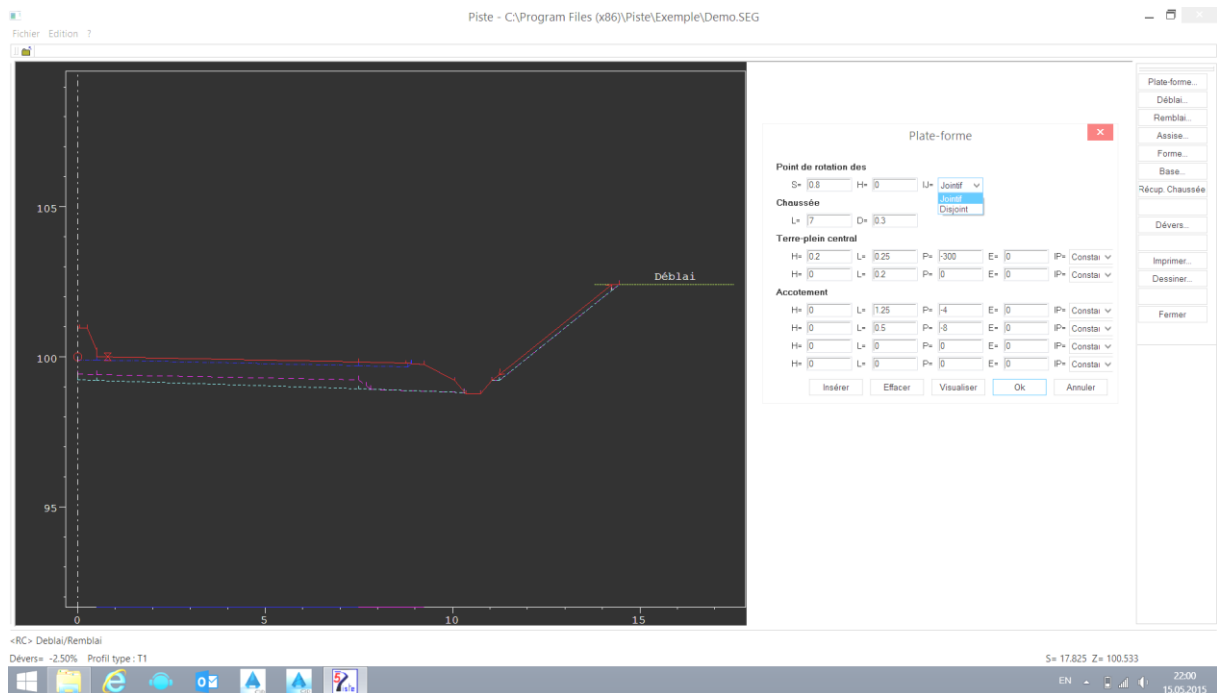


Figura 2. 52 Definirea profilurilor transversale în MicroPiste [Micro Piste 5.0 - Demo]

2.4.4. Analiza traseului pe baza perspectivelor

După definirea tuturor elementelor specifice celor 3 proiecții ale traseului de drum, respectiv plan, profil longitudinal și profil transversal, programul permite

inginerului o analiză combinată a acestora prin generarea automată a unor tablouri de perspectivă.

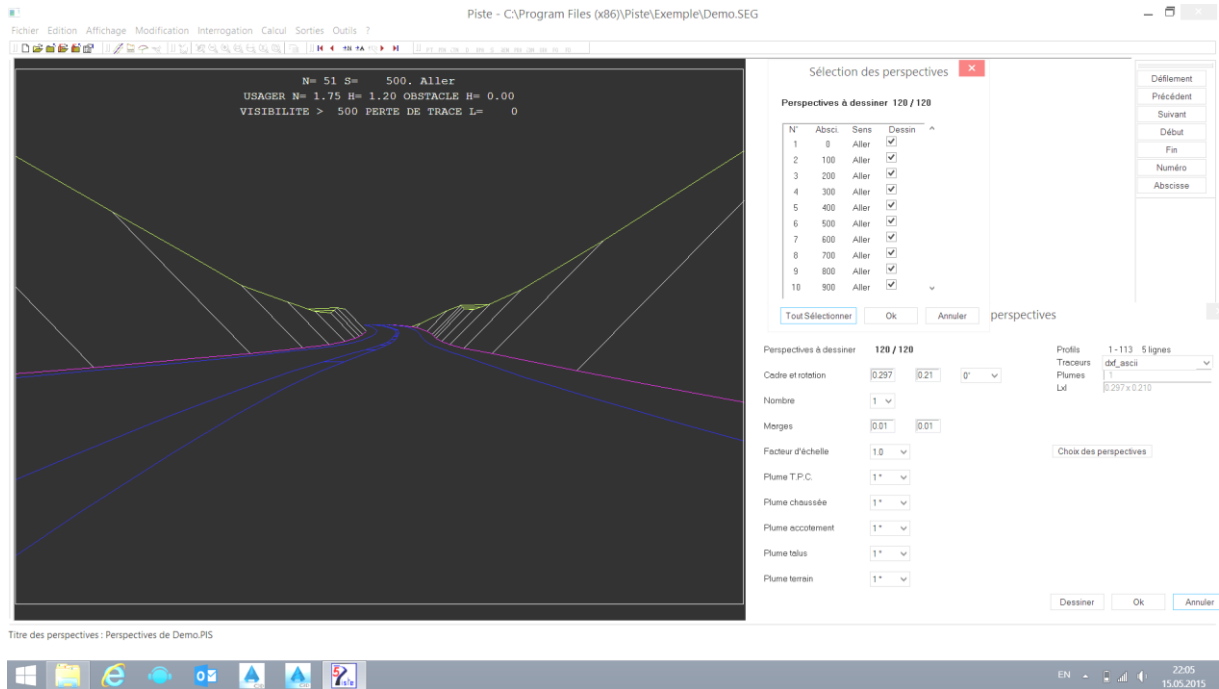


Figura 2. 53 Vizualizarea perspectivelor traseului în MicroPiste [Micro Piste 5.0 - Demo]

2.4.5. Generarea planșelor și a rapoartelor specifice proiectului

După finalizarea proiectului, programul generează planșele proiectului în fișiere de format DXF. Se generează, de asemenea, rapoartele de trasare și rapoartele de cantități.

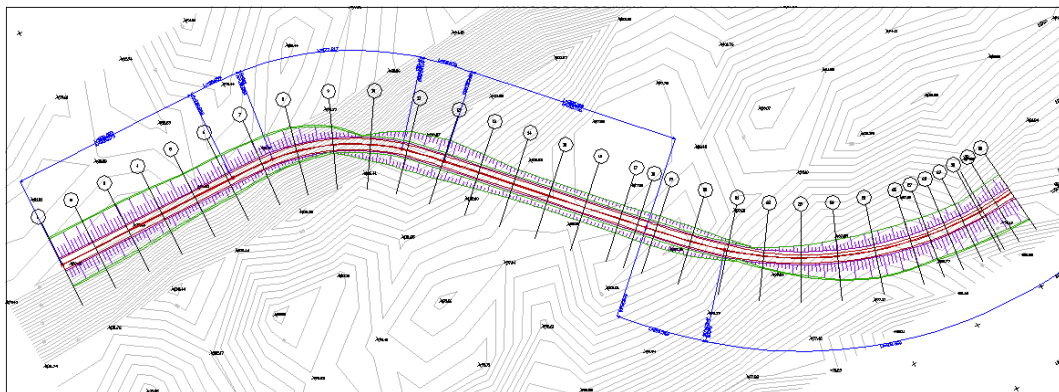


Figura 2. 54 Plan de situație generat prin MicroPiste [Micro Piste 5.0 - Demo]

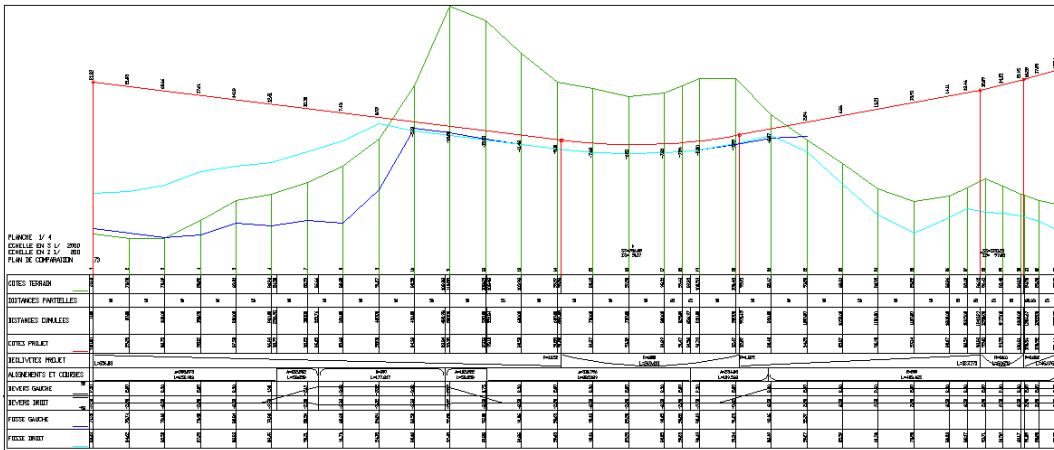


Figura 2. 55 Profil longitudinal generat prin MicroPiste [Micro Piste 5.0 - Demo]

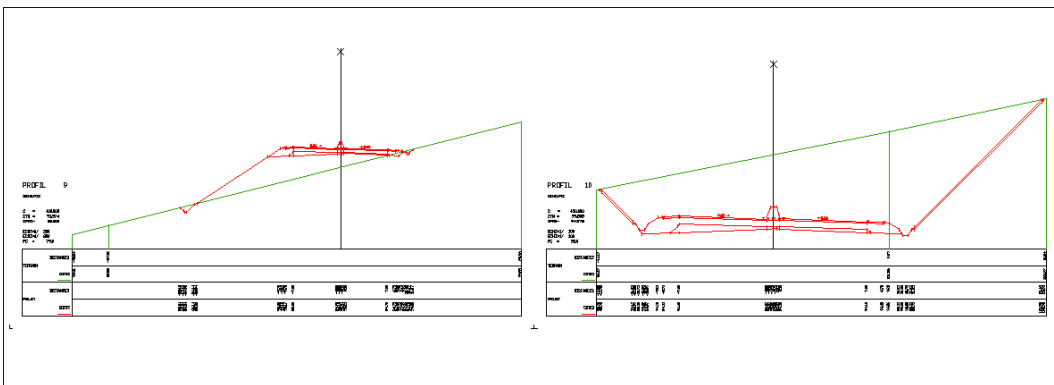


Figura 2. 56 Profiluri transversale generate prin MicroPiste [Micro Piste 5.0 - Demo]

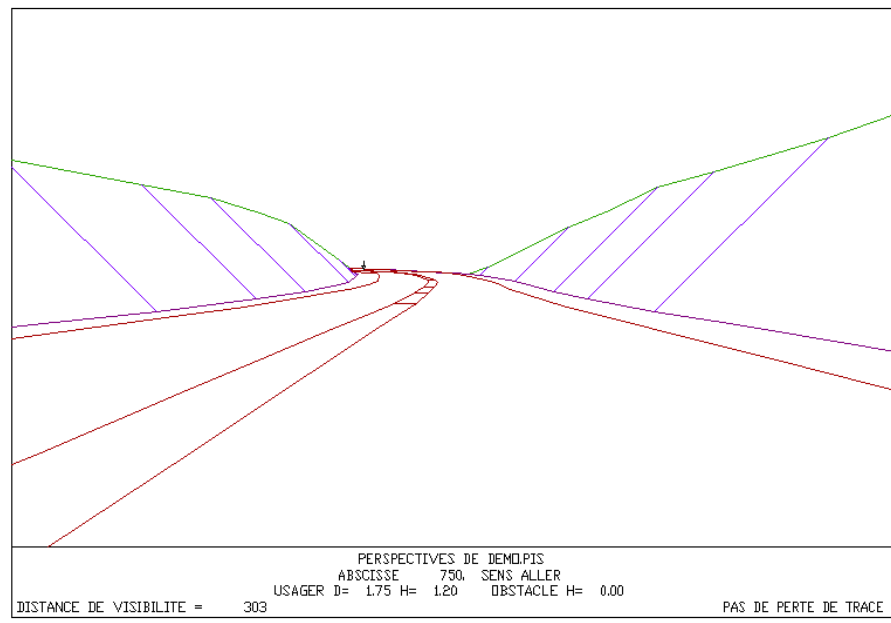
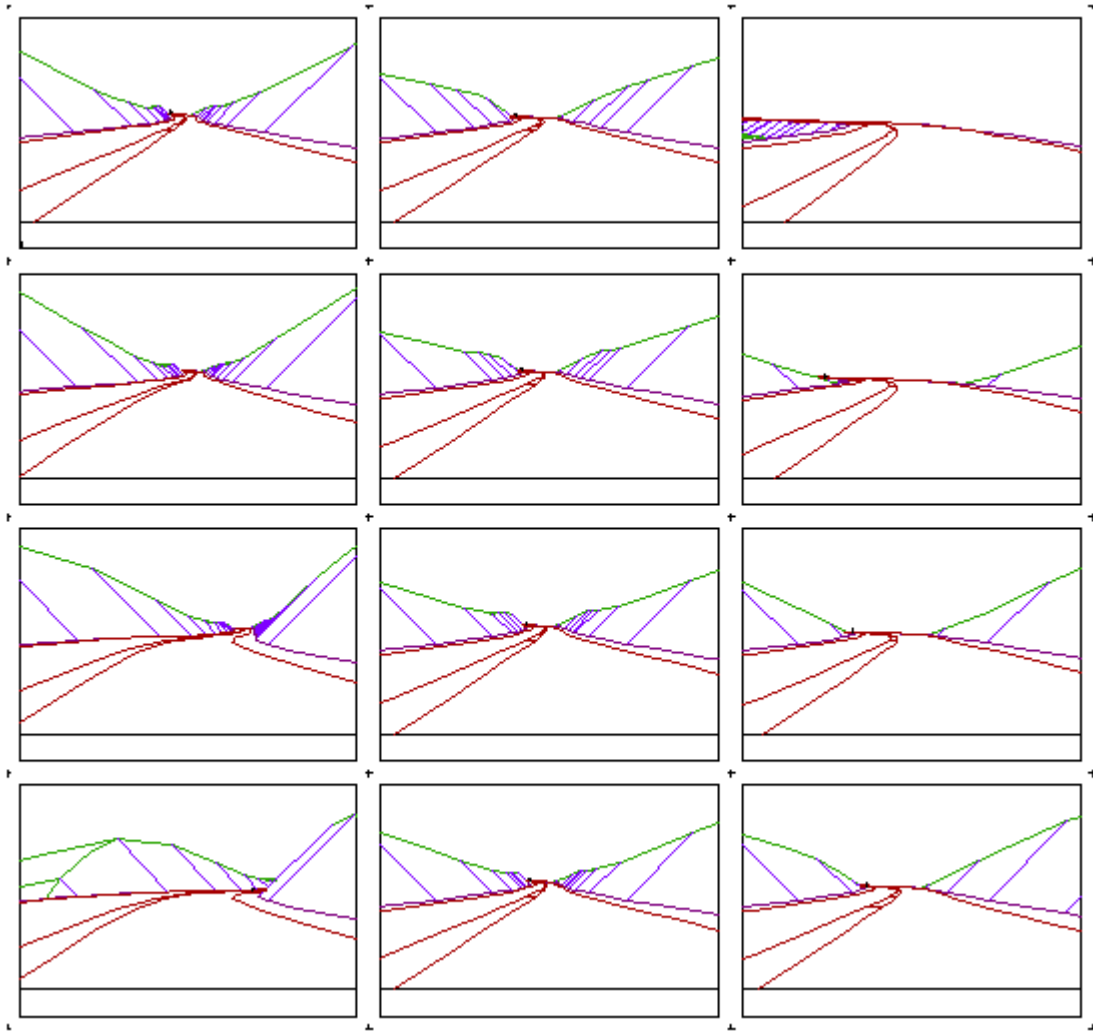


Figura 2. 57 Tablou de perspectivă generat automat prin MicroPiste [Micro Piste 5.0 - Demo]

Programul generează automat perspective secvențiale ale traseului, la intervale definite de utilizator.



*Figura 2. 58 Perspective secvențiale generate automat prin MicroPiste
[Micro Piste 5.0 - Demo]*

2.5. Civil Software - Road Design

Programul informatic Road Design este o aplicație software din familia CAD (Computer Aided Design) ce se adresează domeniilor topografie și proiectare drumuri și poduri.

Aplicația este dezvoltată și poate funcționa pe platformele AutoCAD 2000-2013, IntelliCAD (testată pe ProgeCAD 2006-2009, CADian 2008) excepție făcând modulul Extended Calderom 2000 ce funcționează independent.

Pachetul software cuprinde module de topografie și proiectare, documentație/manual, exemple, cât și interfață pentru o instalare facilă.

Lucrul în mediile AutoCAD conferă flexibilitate și putere datorită interfeței grafice specifice acestor platforme cât și posibilității prelucrării ulterioare sau în paralel a fișierelor generate de către program cu comenzi specifice AutoCAD.

Utilizarea facilă a programului cu cunoștințe minime de operare în AutoCAD nu presupune utilizatori special pregătiți pentru mediile de proiectare CAD. Aplicația dispune de interfață prietenoasă și intuitivă în timpul exploatarei.

Modulele de proiectare și de prelucrare a datelor funcționează, în general, interdependent – rezultatele unora constituindu-se în date de intrare pentru altele.

Aplicația tratează întreg procesul de proiectare: de la datele culese pe teren la forma finală a proiectului.

Modulele de proiectare sunt programate pe baza normativelor românești.

2.5.1 Prelucrarea datelor topografice

“Civil/Survey – Base” este modulul de "bază" al aplicației, acesta fiind cel care realizează prelucrări topografice, generează automat planuri de situație (inserează simboluri sau unește puncte după coduri), generează model digital TIN din puncte și linii/polylinii, curbe de nivel, ajută la amenajări de platforme etc.

2.5.2 Pichetarea traseului și extragerea profilurilor transversale din teren

„Profile” este modulul din program în care din datele încărcate sau prelucrate cu modulul "bază" se generează profiluri prin terenul existent (longitudinale, transversale, oarecare), programul realizând calculul cotelor în diferite puncte ale acestor profiluri. În acest modul în program se realizează pichetarea traseului.

2.5.3 Proiectarea axei în plan

“Horizontal Design” este modulul de proiectare în plan orizontal al drumurilor, în conformitate cu standardele românești, cu funcții de export ale coordonatelor axului sau caracteristicilor curbelor inclusiv în format ARD (Advanced Road Design - software produs de firma Civil Survey Solutions din Australia și distribuit în Europa prin firma Australian Design Company). Programul are funcții speciale pentru trasarea curbelor în plan, în care sunt parametrizate toate elementele geometrice din STAS-ul 863-85. Astfel, în funcție de viteza aleasă pentru traseu, programul se corelează cu bazele de date proprii și recomandă valorile optime conform STAS. Utilizatorul are posibilitatea de a modifica aceste valori. Programul reface automat calculele parametrilor de racordare cu valorile indicate de utilizator și returnează un mesaj de eroare, în cazul în care rezultatele nu corespund condițiilor recomandate de STAS.

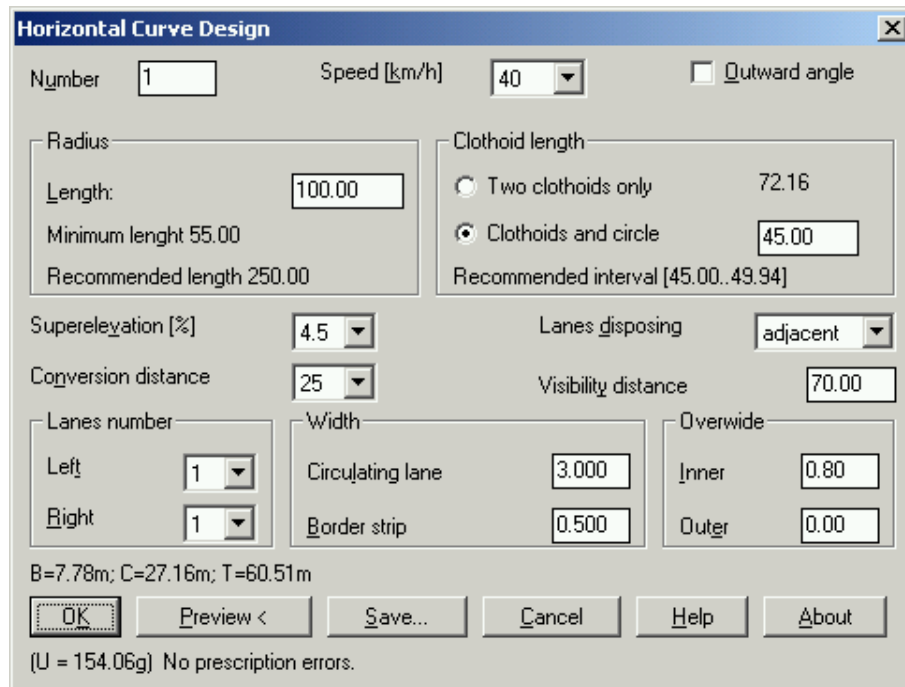


Figura 2. 59 Fereastra de definire a racordărilor orizontale

După acceptarea parametrilor de racordare de către utilizator, programul generează în mediul Autocad etichete specifice fiecărei curbe.

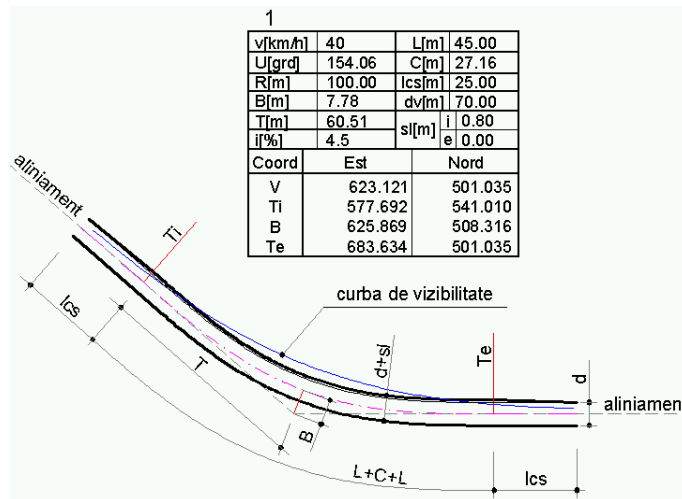


Figura 2. 60 Etichetarea în plan a curbelor de racordare

2.5.4 Proiectarea profilului longitudinal

“Vertical Design” este modul de proiectare în plan vertical al drumurilor cu preluarea profilului longitudinal definit de aliniamentele și curbele proiectate în plan orizontal. În acest modul, programul are funcții specifice pentru amenajarea racordărilor verticale și calculul cotelor proiect și a diferențelor în ax.

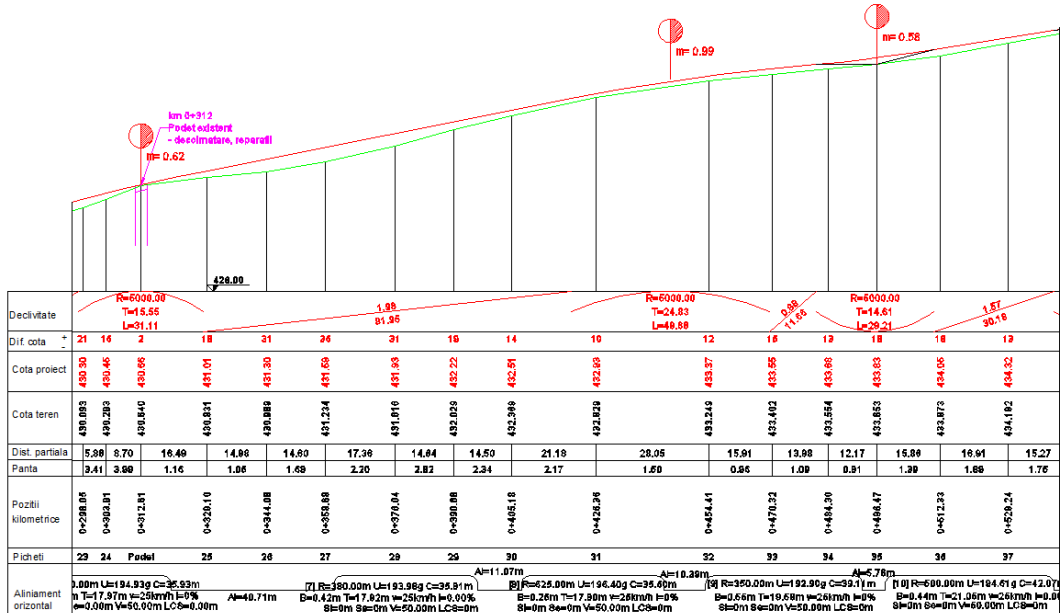


Figura 2. 61 Profil longitudinal proiectat cu Civil Software - Road Design

2.5.5 Proiectarea profilului transversal

„Typical Section” este un modul de proiectare a profilurilor transversale și de calcul a cantităților de lucrări pe baza profilurilor transversale. În acest modul se

realizează aplicarea profilurilor proiectate asupra profilurilor transversale existente. Se preiau automat datele proiectate în plan orizontal și vertical (cote ax, supralărgiri, supraînălțări).

2.5.6 Semnalizarea rutieră

“Road Signal” este modulul de asistență în semnalizare rutieră. Acesta conține o bibliotecă de peste 200 semne de circulație, utilizatorul putând alege dintr-o listă, indicatoarele rutiere de care are nevoie, spre a le transpune pe planul de situație. Categoriile de indicatoare rutiere, catalogate după funcțiuni, sunt: avertizare, prioritate, restricții, obligație, orientare, informare, adiționale, lucrări, altele.

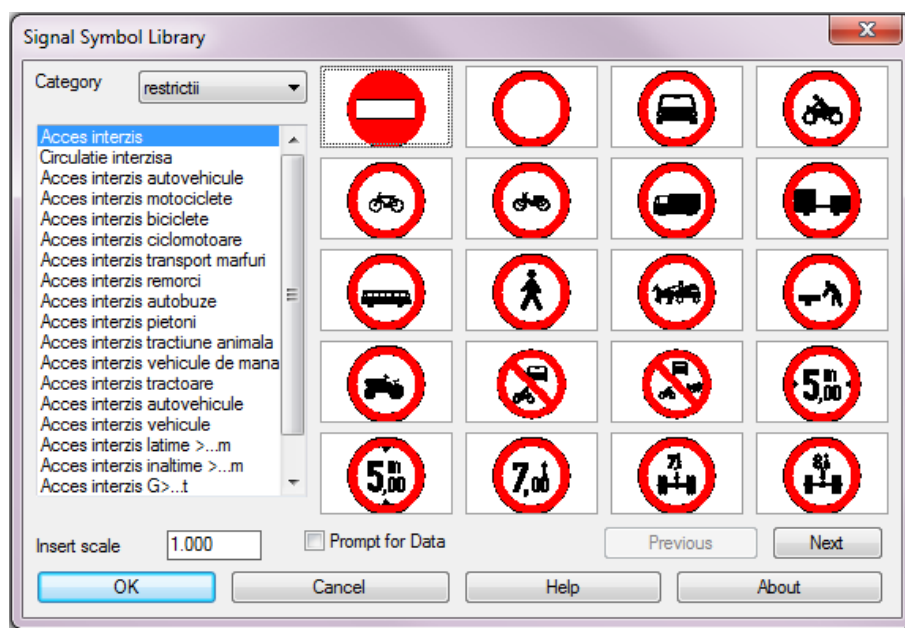


Figura 2. 62 Fereastra de alegere a indicatoarelor rutiere

După definirea indicatoarelor rutiere în planul de situație, programul oferă posibilitatea generării unor rapoarte cu inventarul semnelor utilizate.

2.5.7 Dimensionarea structurilor rutiere

„Extended Calderom 2000” este interfața grafică pentru calculul structurilor rutiere. Acesta funcționează împreună cu programul CALDEROM 2000 care este parte integrantă din "Normativul pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple și semirigide (metoda analitica)" indicativ AND 550.

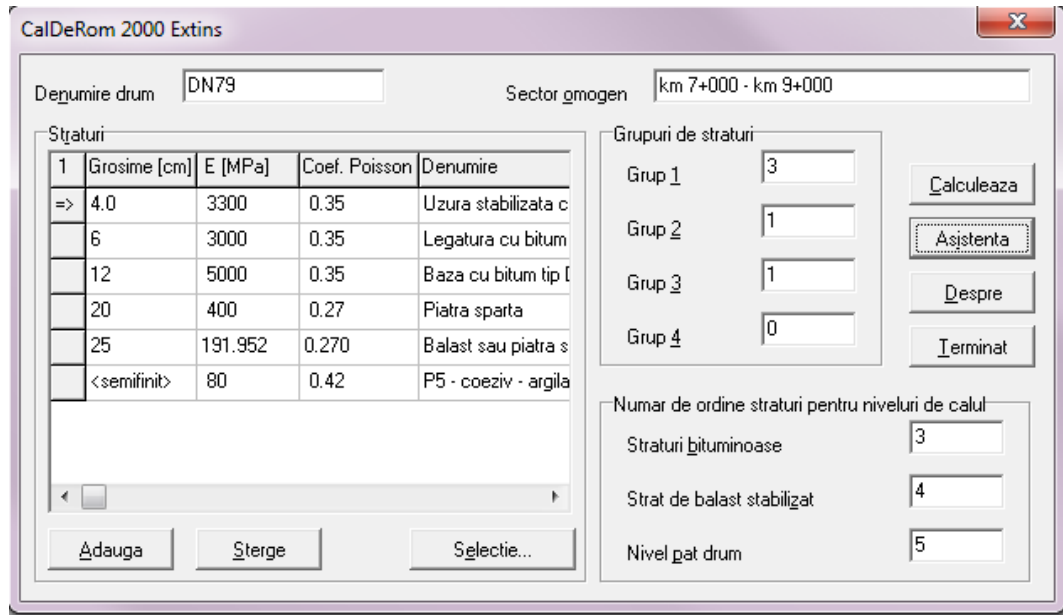


Figura 2. 63 Fereastra de definire a straturilor rutiere în vederea calculului de eforturi și deformații cu Programul Calderom 2000

Programul mai are în componență și modulul "Utilities" care include funcții utile în prelucrarea desenelor AutoCAD (așezare în planșă, filtrări rapide, comenzi utile pentru manipularea entităților „block”).

Capitolul 3. INFLUENȚA SOFTURILOR DE PROIECTARE ASUPRA PERFORMANȚELOR TRASEELOR DE DRUMURI

3.1. Definirea criteriilor de performanță

Criteriile de performanță la drumuri sunt elementele de bază care se urmăresc pentru atingerea și menținerea nivelelor de performanță impuse de cerințele utilizatorilor, specifice diferitelor categorii de drumuri.

Analiza nivelelor de performanță ale traseelor de drum se realizează prin:

- ❖ gradul de satisfacție al utilizatorului
- ❖ indicatorii economici
- ❖ impactul asupra mediului (emisii de noxe, gestiunea resurselor pentru materialele de masa)
- ❖ impactul social și dezvoltarea durabilă (timpii cu imobilizarea parcului de autovehicule și imobilizarea persoanelor).

Satisfacția utilizatorului este dată de calitatea suprafeței de rulare, elementele de siguranța circulației și taxele directe sau indirecte pe care le plătește pentru utilizarea rețelei rutiere respective.

Caracteristicile principale care trebuie asigurate, pentru obținerea nivelelor minime de performanță, specifice diferitelor categorii de drumuri sunt:

- ❖ rezistență mecanică și stabilitate
- ❖ siguranță la foc
- ❖ igienă, sănătate și mediu ambiant
- ❖ siguranță în exploatare
- ❖ protecție împotriva zgomotului
- ❖ economie de energie și izolare termică
- ❖ confortul participanților la trafic
- ❖ timp cât mai scurt la parcurgerea traseului
- ❖ eficiența economică a investiției
- ❖ valorificarea potențialului local al zonei în care se află sectorul de drum
- ❖ reducerea timpului de execuție a lucrărilor
- ❖ întreținerea ușoară
- ❖ asigurarea condițiilor de circulație la intervenții ulterioare

Principalele metode de implementare a cerințelor de performanță la drumuri și pe baza cărora se aleg, în general, soluțiile de realizare a lucrărilor de drumuri constau din:

- ❖ alegerea traseului astfel încât influențele climatice în perioada de exploatare să fie minime (formare ceață, polei, viscolire, etc.);
- ❖ asigurarea capacității de circulație pe toată durata de exploatare;
- ❖ alegerea unei structuri rutiere care să corespundă cerințelor de proiectare și de exploatare a sectorului de drum;
- ❖ analizarea corectă a costurilor globale, pe toată durata de exploatare a drumului (investiție+întreținere+exploatare);
- ❖ asigurarea funcționalității privind siguranța în exploatare și economia de energie
- ❖ durabilitatea construcției astfel încât să se asigure performanțe specifice, pe toată durata de exploatare a sectorului de drum, luând în considerare toți factorii care influențează condițiile de exploatare (cicluri de îngheț - dezgheț, agenți corozivi, solicitări la oboseală, umiditate, factori biologici, etc.)

Grupând elementele enumerate anterior, rezultă trei grupe principale care definesc performanța în domeniul rutier și care trebuie urmărite la toate lucrările de drumuri:

- ❖ siguranța traficului rutier
- ❖ durabilitatea lucrărilor de drumuri
- ❖ eficiența lucrărilor de drumuri.

Atingerea performanțelor la lucrările de drumuri se poate face numai printr-o analiză judicioasă a elementelor legate de:

- ❖ geometrizarea corespunzătoare a traseului
- ❖ alegerea unor caracteristici tehnice corespunzătoare pentru materialele utilizate
- ❖ alegerea unor tehnologii de punere în operă corespunzătoare materialelor utilizate
- ❖ calculul și dimensionarea corespunzătoare a structurilor rutiere, luând în considerare caracteristicile tehnice ale materialelor utilizate
- ❖ alegerea antreprenorilor astfel încât să fie asigurată capabilitatea de executare a lucrărilor, în parametri solicitați
- ❖ executarea lucrărilor în condiții climatice corespunzătoare

- ❖ întreținerea corespunzătoare a lucrărilor de drumuri
- ❖ urmărirea comportării în timp și intervenția la timp, atunci când se impune

Este important a se acorda o atenție deosebită asupra acestor elemente, încă din faza de proiectare, iar pentru obținerea unor performanțe în procesul de proiectare se impune folosirea unor softuri performante care să corespundă nevoilor inginerilor proiectanți pentru fiecare lucrare în parte.

3.2. Influența softurilor de proiectare asupra performanțelor traseelor de drumuri

Performanțele traseului de drum sunt dependente atât de o gestionare corespunzătoare a procesului de proiectare, cu practici performante, folosind personal specializat și softuri care să permită utilizatorilor dezvoltarea conceptului traseului astfel încât să poată fi pus cu succes în teren, cât și de performanțele din procesul de execuție, obținute cu utilaje și echipamente performante, cu personal specializat și cu materiale care să asigure cerințele de calitate.

În mod normal, proiectarea drumurilor ar trebui să urmărească atent, în funcție de cerințele de performanță impuse pentru categoriile sau clasele tehnice ale drumurilor, obținerea performanțelor drumului în ceea ce privește siguranța în exploatare, durabilitatea lucrărilor și eficiența economică atât la execuție cât și în perioada de exploatare.

Siguranța în exploatare rezultă din aplicarea tuturor măsurilor care se impun pentru condiții de siguranța circulației și asigurarea confortului participanților la trafic.

Pentru a obține parametri corespunzători de circulație, la proiectare se fac simulări ale traseelor, în vederea realizării unui echilibru între costurile lucrării și condițiile traseului. Analizarea corespunzătoare a traseului din punct de vedere a vizibilității și a confortului optic are influențe directe asupra modului în care se exploatează traseul și asupra costurilor de exploatare a traseului.

Elementele de vizibilitate și confort optic, rezultate prin suprapunerea tuturor proiecțiilor traseului (plan de situație, profil longitudinal și profil transversal), influențează capacitatea de circulație a traseului și comportamentul șoferilor în trafic, toate acestea având influențe directe asupra costurilor de exploatare ale traseului, asupra consumului

de carburant, asupra timpului de parcurgere a traseului și asupra costurilor cu spitalizarea în cazul unor accidente petrecute pe traseu.

Elementele geometrice ale traseului, respectiv pantele longitudinale și transversale ale drumului influențează în mod direct durabilitatea traseului, în funcție de valorile lor și de corelarea lor în mod corespunzător rezultând condițiile de scurgere a apelor.

O geometrizare corespunzătoare a traseului, care ține cont de condițiile de relief specifice traseului are o influență directă asupra costurilor de execuție, prin echilibrarea volumelor de terasament.

Astfel de performanțe ale proiectului se pot obține numai folosind pentru geometrizarea traseului, softurile adaptate cerințelor.

Se impune astfel stabilirea unor criterii de analiză a capacităților softurilor de proiectare și o analiză a modului de lucru al acestora softurilor, pentru a fi folosite cu succes spre atingerea nivelelor de performanță corespunzătoare traseelor de drumuri proiectate.

Criteriile după care se face analiza capacităților softurilor de proiectare sunt:

- ❖ adaptabilitatea la standardele românești;
- ❖ modul de prelucrare a datelor topografice;
- ❖ modul de înregistrare a datelor;
- ❖ interfața de lucru și aplicabilitatea softurilor în proiecte liniare și neliniare de mare anvergură;
- ❖ acuratețea rezultatelor și posibilitatea de transpunere a acestora în teren;
- ❖ timpul necesar pentru prelucrarea datelor;
- ❖ posibilitatea unor intervenții ulterioare asupra proiectului;
- ❖ modul în care programul contribuie la stabilirea unor măsuri de siguranța circulației.

3.2.1. Adaptabilitatea la normativele românești a softurilor de proiectare

Având în vedere că majoritatea softurilor performante de proiectare sunt produse în alte țări, este important a se urmări adaptabilitatea acestora la prevederile normativelor românești, în ceea ce privește geometrizarea axei în plan și amenajarea în spațiu.

Dintre softurile care răspund cel mai bine acestor cerințe sunt Civil Software - Road Design și ARD.

Civil Software - Road Design este un soft dezvoltat în România de firma Civil Software, inițial ca și aplicație internă de lucru și mai apoi ca și aplicație comercială de proiectarea drumurilor. Aplicația are definite toate elementele standardelor românești de geometrizare.

ARD (Advanced Road Design) este un soft de proiectare a drumurilor, produs în Australia și adaptat standardelor românești de proiectare. Softul are aplicabilitate la proiectarea drumurilor noi, la reabilitarea și ranforsarea drumurilor existente, modernizarea străzilor, sistematizări verticale și amenajarea platformelor industriale, rezolvând situații dintre cele mai complexe precum taluzurile cu berme aplicate pe lățime variabilă în funcție de nivelul de terasament și șanțurile de gardă. Adaptarea la standardele românești a softului s-a realizat prin înglobarea modului de "Horizontal Design" din aplicația Civil Software - Road Design.

MX este un program produs și comercializat de către firma americană Bentley Systems din Paxton, Philadelphia, adaptabilitatea la standardele românești realizându-se de către inginerii proiectanți. În funcție de abilitățile acestora se pot realiza aplicații auxiliare care să reglementeze anumiți parametri ai softului în concordanță cu normele naționale.

Autocad Civil 3D este aplicația dezvoltată de Autodesk pentru proiectarea lucrărilor de infrastructură. Programul are în componență "Romanian Country Kit", care a fost creat pentru adaptarea la standardele românești de afișare a datelor. Cu acest modul se poate realiza amenajarea în spațiu a curbilor în mod automat, însă doar pentru curbe izolate. În cazul unor curbe succesive, este necesară intervenția manuală asupra datelor din program.

MICRO PISTE este un program de proiectare de proveniență franceză, fiind dezvoltat de Sétra (serviciul de studii tehnice a drumurilor și autostrăzilor). Adaptarea modului de afișare a datelor și amenajarea în spațiu a curbilor în conformitate cu normativele românești se poate realiza doar manual. Programul are însă funcții avansate care pot fi de mare folos inginerului proiectant.

3.2.2. Modul de prelucrare a datelor topografice

Modul în care softul prelucrează datele topografice, influențează în mod direct precizia cu care se geometrizează traseul, în raport cu terenul natural.

Din punct de vedere al modului de citire a datelor topografice softurile se grupează astfel:

- softuri care lucrează pe suprafețe triangulate ale terenului natural: ARD, Autocad CIVIL 3D, MX, MICRO PISTE, etc.

- softuri care prelucrează datele topografice prin citirea punctelor 3D aliniate pe profile, din ridicarea topografică : Civil Software - ROAD DESIGN și MICRO PISTE, etc.

3.2.2.1. Softuri care lucrează pe suprafețe triangulate

În categoria programelor care lucrează pe suprafețe triangulate ale terenului natural intră ARD, Autocad CIVIL 3D, MX, MICRO PISTE, etc.

Metoda modelării suprafețelor triangulate constă în introducerea în modulul teren al programului, punctele specifice și a limitele de rupere de pantă din ridicarea topografică.

Aceste suprafețe pot fi create cu ajutorul punctelor topografice și a liniilor conținute în fișierul de lucru, sau prin importarea datelor din formate externe de tip ".txt", ".csv" sau XML. Avantajul metodei este acela de a avea posibilitatea interogării cotelor sau secționării terenului natural în orice punct a modelului terenului prin interpolare pe suprafața de triangulație.

Odată generate suprafețele pot fi exportate pentru siguranță și în fișiere externe de tip "XML" sau "Genio", de unde pot fi reimportate în orice moment în fișierul de lucru.

a) Modelarea datelor topografice în mediul ARD (versiunea care lucrează sub mediul AUTOCAD sau BRICS CAD)

În programul ARD (versiunea care lucrează sub mediul AUTOCAD sau BRICS CAD), introducerea datelor topografice se poate face cu ajutorul elementelor conținute în fișierul DWG sau prin importarea din fișiere XML (Extensible Markup Language).

Elementele din DWG cu ajutorul cărora se generează suprafețele 3D pot fi puncte în spațiu, polilinii 3D, polilinii 2D puse la cotă, reprezentând curbe de nivel.

ARD lucrează în două moduri, respectiv sub mediul AutoCad ori BricsCad sau sub mediul Civil 3D.

În mediul AutoCad sau BricsCad, programul are inclus și modulul "ARD Surfaces" pentru generarea suprafețelor 3D ale terenului natural, iar în mediul Autocad Civil 3D, programul folosește suprafețele de teren definite în Civil 3D.

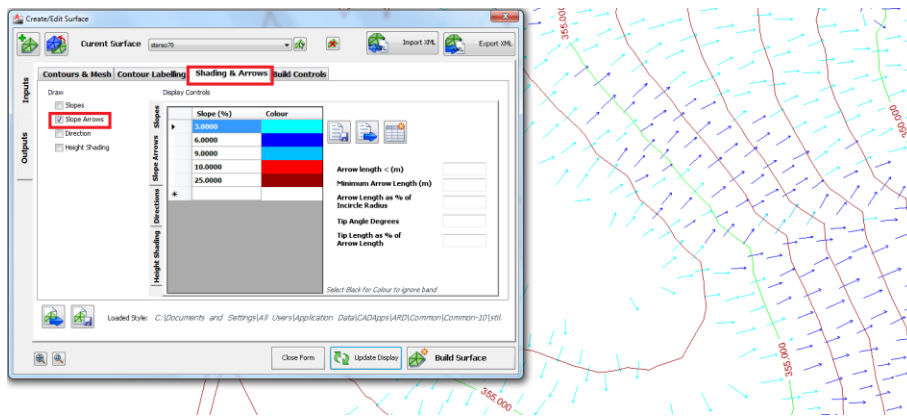


Figura 3. 1 Modelarea suprafeței terenului în ARD în mediul Autocad sau BricsCad^[4]

b) Modelarea datelor Topografice în mediul Civil 3D

În mediul Civil 3D modelul terenului natural se definește prin introducerea punctelor Civil 3D, a “break line” – urilor, a curbelor de nivel, „contours”, fișiere externe de puncte 3D, conturul suprafeței, precum și obiecte 3D din desenul DWG (puncte AutoCad, blocuri de date și alte elemente poziționate la cotă, etc.)

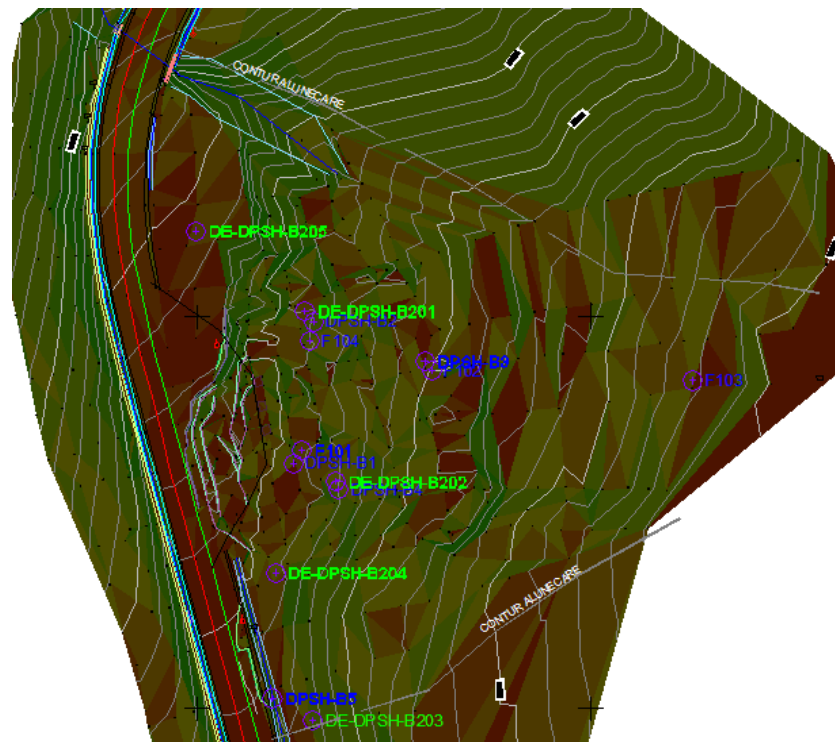


Figura 3. 2 Modelarea suprafeței terenului cu Civil 3D^[35]

Programul are, de asemenea, opțiunea de importare a suprafețelor topografice din fișier extern XML sau de a genera o suprafață triangulată din Google Earth.

În cazul suprafețelor importate din Google Earth, trebuie luat în considerare faptul că au la bază măsurători din satelit, în cazul zonelor ecranate cu vegetație sau

cu construcții, erorile putând fi de ordinul zecilor de metri. Totuși în multe situații această metodă poate completa cu succes măsurătorile realizate în teren cu aparatură topografică, oferind o imagine de ansamblu a terenului natural și a direcțiilor în care se scurg apele pe versanți.



Figura 3. 3 *Completarea informațiilor din ridicarea topografică prin suprafețe importante din Google Earth în Civil 3D* ^[35]

Pentru georeferențierea hărților și ortofotoplanurilor, programul are un modul "Map", cu ajutorul căruia hărțile sau ortofotoplanurile pot fi transpuse pe poziția geografică.

c) Datele topografice în MX

În MX suprafețele 3D ale terenului natural se generează prin conversia datelor grafice din fișierul de lucru, prin importarea acestora din fișiere externe sau prin importarea efectivă a unor suprafețe triangulate din fișiere externe "Genio" sau "LAND XML".

O altă metodă de introducere a datelor topografice este digitizarea, care presupune atașarea hărților și culegerea punctelor specifice cu digitizorul din program.

d) Modelarea suprafețelor triangulate ale terenului natural în MICRO - PISTE

În Micro - Piste modelarea suprafețelor triangulate ale terenului se realizează prin importarea din DXF a fișierelor de puncte și linii, pe care programul le prelucrează

într-o rețea de triangulație. Modul prin care programul realizează modelul terenului natural este unul performant. În ceea ce privește modelarea liniilor de rupere de pantă, se întâmplă de multe ori ca punctele din ridicarea topografică să nu fie unite cu polilini 3D. Folosind ca și elemente de definire a ruperilor de pantă elemente de tip linie, Micro Piste face corelarea coordonatelor din plan ale punctelor și ale vertecșilor liniilor de rupere de pantă, iar dacă aceste coordonate coincid în plan, programul atribuie liniei de rupere de pantă cota punctului din ridicarea topografică.

Programul oferă și posibilitatea de introducere a profilurilor transversale din teren, realizate prin selectarea punctelor din ridicarea topografică.

3.2.2.2. Softuri care prelucrează datele topografice prin citirea punctelor 3D din ridicarea topografică

În categoria programelor care prelucrează datele topografice prin citirea punctelor 3D din ridicarea topografică intră Civil Software - Road Design și Micro - Piste.

Metoda constă în selectarea în mediul AutoCad a punctelor, profil cu profil și salvarea lor în fișiere externe în cazul Micro - Piste, respectiv în blocul de date al profilului în cazul Civil Software - Road Design.

Chiar dacă necesită un timp de lucru mai mare pentru selecarea profilurilor transversale, metoda poate fi la îndemâna inginerilor în cadrul unor proiecte care necesită o precizie mai mare a cotelor proiectate față de cotele teren (covoare asfaltice subțiri, etc.)

Metoda poate fi folosită cu succes și pentru verificarea cantităților de lucrări pe profilele executate, caz în care, metoda interpolării pe profile cu triangulație poate genera erori considerabile.

Există și programe care lucrează pe suprafețe triangulate, dar care pentru eliminarea erorilor din calculul pe profiluri interpolate au introdus în metodele de generare a profilurilor transversale la distanțe predefinite și profilurile prin punctele definite de utilizator. În ARD, cu opțiunea "Use Profile" se oferă posibilitatea utilizatorului de a impune poziția profilurilor transversale exact în punctele măsurate în teren, reducându-se astfel erorile din interpolare.

3.2.3. Modul de stocare a datelor proiectului

Felul în care programul stochează datele proiectului are influență directă asupra siguranței datelor din proiect.

În cadrul programelor de proiectare a drumurilor datele proiectului pot fi stocate în baze de date externe sau în fișierele de lucru.

Din categoria programelor care lucrează cu baze de date externe fac parte: ARD, MX, Civil Software - ROAD DESIGN, MICRO - PISTE, iar în categoria programelor care stochează datele proiectului în fișierul de lucru intră Autocad CIVIL 3D.

3.2.4. Interfața de lucru a programelor și aplicabilitatea lor în proiectele mari

Pentru obținerea unor rezultate bune ale proiectului, programul de proiectare trebuie să ofere posibilitatea utilizatorului de a se concentra asupra deciziilor care trebuie luate asupra proiectului, înțelegând cu ușurință pașii care trebuie urmați în program pentru dezvoltarea proiectului.

Un aspect important în dezvoltarea programelor este interfața de lucru și ușurința utilizatorilor de a opera în interiorul programului de calcul.

Majoritatea programelor au modulele de lucru structurate pe meniuri și submeniuri, unele având și palete cu butoane de lansare a comenzilor.

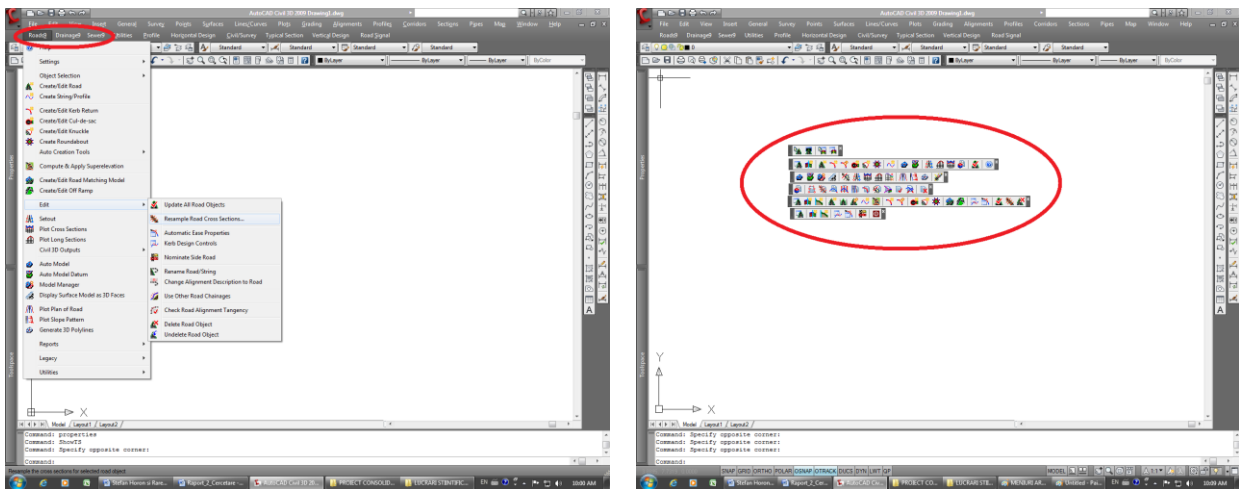


Figura 3.4 Structura de meniuri și butoane de lansare comenzi din ARD

Metodele de lucru pot fi prin aplicarea profilului transversal tip pe o axă a drumului (ARD, Civil Software - Road Design, Autocad Civil 3D, Micro - Piste, etc.) sau prin definirea unor stringuri interdependente care să stabilească secțiunea transversală a drumului (MX).

Ușurința utilizatorilor (inginerilor proiectanți) de a înțelege și de a opera în interiorul programului de proiectare are o influență deosebită asupra calității proiectului și implicit asupra performanței traseului de drum. Este astfel important modul în care se

face prezentarea softului în manualele de prezentare și operativitatea "tutorialelor" din "Help".

În momentul de față nu se mai poate vorbi de performanțe în proiectarea drumurilor fără a se vorbi de programe performante de proiectare a drumurilor.

Tendențele programelor de proiectare sunt de a acoperi o gamă cât mai largă a proiectelor de drumuri, dezvoltând în permanență metode de proiectare a ranforsărilor drumurilor existente, metode optimizate de geometrizare a drumurilor noi și de amenajare a intersecțiilor de drumuri și a nodurilor rutiere.

În cazul unor proiecte mari de tipul rețelelor stradale (cartiere), autostrăzilor sau șoselelor ocolitoare în zone accidentate în care intervin volume mari de lucrări, dinamicitatea programelor de proiectare și capacitatea de a rezolva situații complexe sunt hotărâtoare pentru calitatea și eficiența economică a traseelor.

În țara noastră, cele mai utilizate programe de calcul în cazul proiectelor mari și complexe sunt MX (datorită complexității sale) și ARD (datorită ușurinței în modelarea traseelor coroborat cu funcții complexe de rezolvare a unor probleme deosebite).

În ARD, principiul de funcționare constă în definirea profilului transversal tip, "template", care se aplică apoi pe axa drumului, formând elemente de tip "road". Programul are și metode de control a elementelor din profilul transversal prin string-uri, metoda fiind numită sugestiv „string design”.

În situația unor proiecte cu volume mari de lucrări, funcții de echilibrare a volumelor de terasamente de tipul “Balanced Earthworks” din ARD pot avea influențe importante asupra economicității proiectului de drum.

Programul permite balansarea volumelor de terasamente luând în calcul factori de multiplicare pentru debleu / rambieu, pentru situațiile în care pământul rezultat din săpătură nu poate fi folosit în întregime la umplutură.

De asemenea, în cazul proiectelor mari, apar de multe ori ramblee sau deblee înalte, care generează situații complexe a profilurilor transversale, introducându-se condițiile de racord cu terenul natural, care pot varia din profil în profil.

În aceste situații este important ca în program să existe funcții de rezolvare a taluzurilor complexe de tipul “Complex Batters” din ARD.

Elementele care definesc profilul transversal ca și profil complex sunt taluzurile cu berme și șanțurile de gardă. Acestea se numesc elemente complexe, deoarece pentru automatizarea lor este necesară programarea unor condiții prin care softurile să adauge anumite coduri suplimentare profilului transversal definit ca profil caracteristic

("template"). Astfel de cazuri sunt des întâlnite la lucrări de drumuri noi, în special autostrăzi în zonă de deal.

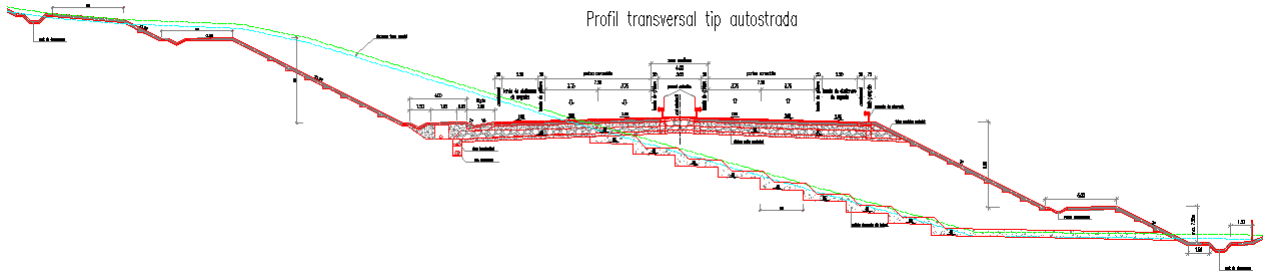


Figura 3.5 Profil transversal tip de autostradă în zonă de deal [38]

Pentru definirea taluzurilor complexe în ARD, se folosește funcția "Create/Edit Multi Section Batters" din meniul „Roads”.

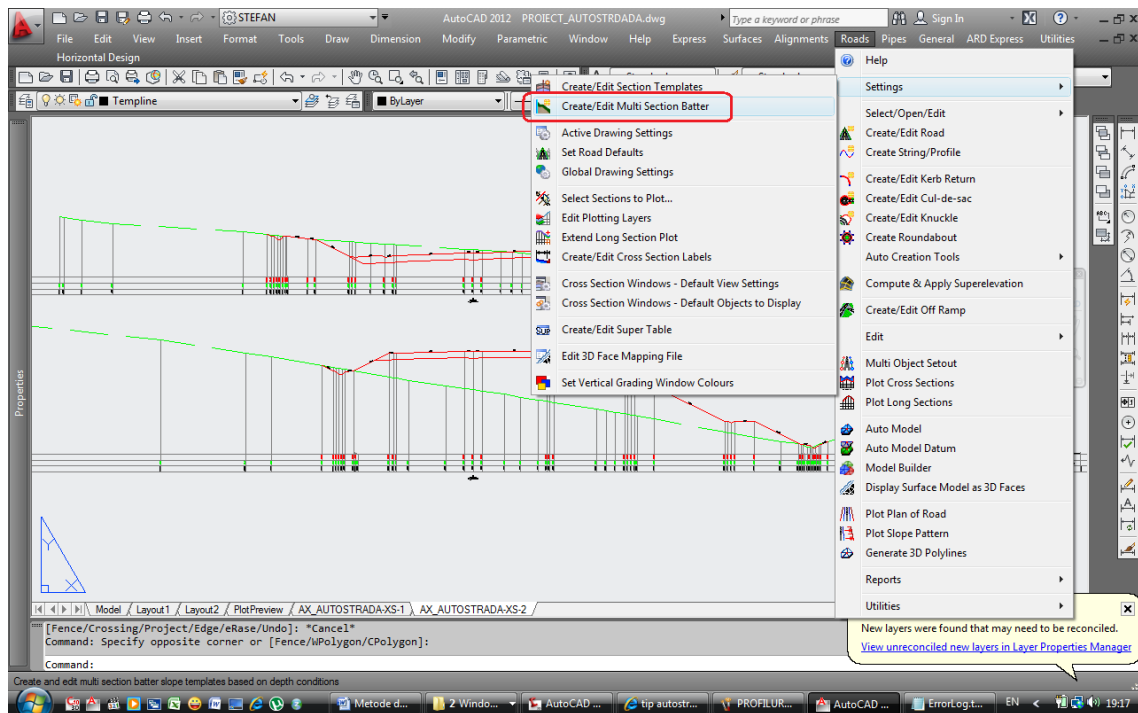


Figura 3.6 Meniul "Create/Edit Multi Section Batters" din ARD [38]

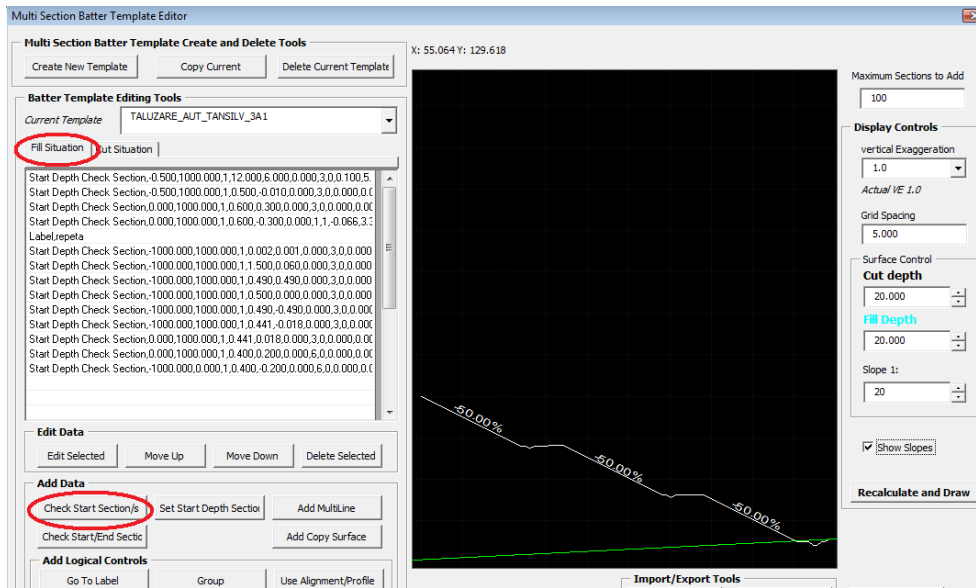


Figura 3.7 Definierea taluzurilor și banchetelor cu "Multi Section Batter Template Editor" din ARD [38]

Programul caută progresiv, pe intervalele de înălțime stabilite pentru introducerea bermelor, funcție de natura terenului (în cazul de față din 6 în 6m), punctul de intersecție a taluzurilor cu terenul natural. Dacă punctul nu întâlnește linia terenului în intervalul studiat, se adaugă coduri suplimentare pentru berme, respectiv pentru rigolele aplicate pe berme. [38]

Se pot adăuga condiții prin care, dacă diferența de nivel dintre ultimul punct analizat și intersecția liniei taluzului cu terenul natural este mai mică decât o anumită valoare definită de către utilizator (proiectant), programul să forțeze păstrarea înclinației taluzului până la intersecția cu terenul natural, fără a mai introduce suplimentar banchete. De exemplu, pentru situația în care înălțimea punctului de intersecție cu terenul natural este la 6.05m, față de 6.0m cât era intervalul definit pentru adăugarea bermelor, se impune în soft taluzul de 6.05m înălțime, fără banchete. [38]

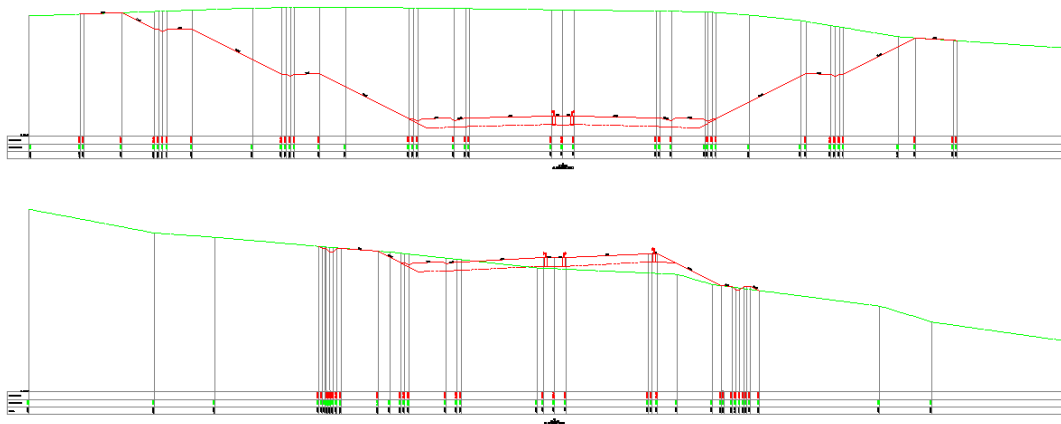


Figura 3.8 Profiluri transversale de autostradă cu/ fără berme, generate automat din ARD [38]

Avantajul folosirii ARD în cazul profilurilor de autostradă, costă în posibilitatea de a analiza poziția marginii platformei din "template" (codurile de acostament) comparativ cu nivelul terenului natural și de a stabili soluțiile care să se aplice la marginea platformei: rigolă de acostament și spațiu pentru parapet în cazul profilurilor de rambleu, respectiv rigolă triunghiulară la marginea acostamentului, prevăzută cu guri de scurgere, și spațiu pentru amplasarea rețelelor de canalizare pluvială și de telefonie, în situațiile de debleu. Funcțiile din ARD folosite în aceste situații sunt „Conditional Delete” și „Conditional Template”. „Conditional Delete” șterge din „template” codurile de rambleu în situațiile de debleu, respectiv codurile de debleu când profilul este în rambleu, iar „Conditional Template” aplică diferențiat profilul caracteristic pentru situațiile de rambleu sau debleu. [38]

În vederea condiționării șanțurilor de gardă în situațiile de debleu, se adaugă profilului transversal un punct situat la o distanță 5.0 m pe orizontală (lățimea recomandată pentru amenajarea șanțurilor cu cavalier), măsurată din punctul de intersecție a taluzului proiectat, cu terenul natural. Prin funcția "Copy Existing", se precizează în program ca pe cei 5.0m, linia proiectată să urmărească fidel linia terenului. Se adaugă un punct de control situat pe orizontală, la distanță mică (1-10cm) de ultimul punct, în exteriorul intervalului de 5.0m și se compară poziția lui față de terenul natural. Dacă este mai sus decât terenul natural, rezultă că terenul natural are tendință de scădere spre exteriorul platformei drumului, nefiind necesară adăugarea șanțului de gardă, iar dacă este sub cota terenului natural, se consideră că terenul natural este mai sus, situație în care se adună apă spre platforma drumului, fiind necesare a se introduce punctele pentru șanțul de gardă. [38]

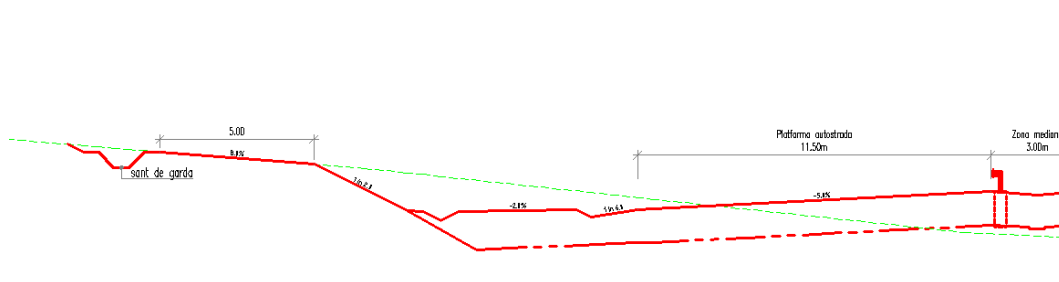


Figura 3. 9 Profil debleu cu șanț de gardă [38]

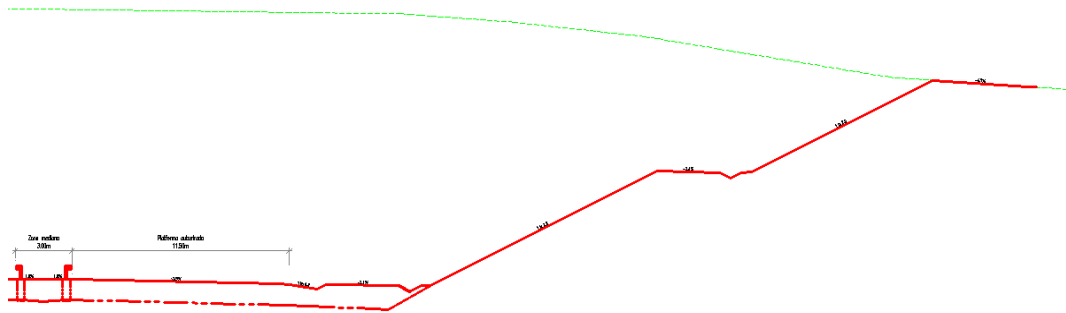


Figura 3.10 Profil debleu fără șanț de gardă [38]

În cazul proiectelor realizate cu MX, utilizatorul are posibilitatea adăugării unor coduri suplimentare pentru amenajarea racordului platformei drumului cu terenul natural. Dezavantajul metodei este acela că pentru a defini domeniile de amenajare a interfețelor taluzurilor, este nevoie de intervenția utilizatorului în definirea numărului de coduri de interfață necesare amenajării în parametri corespunzători a racordului cu terenul natural. Folosind metoda de geometrizare a elementelor pe baza stringurilor, MX oferă utilizatorului posibilitatea de a controla cotele tuturor elementelor din profilul transversal. În ultimele versiuni, au fost adăugate și în ARD funcții care să-i permită utilizatorului controlul cotelor punctelor generate cu "Complex Batters" cu ajutorul unor stringuri create de utilizator.

3.2.5. Acuratețea rezultatelor și posibilitatea de transpunere a acestora în teren

Un element important pentru ca un traseu de drum să corespundă cerințelor de performanță este ca rezultatele din programele de proiectare să aibă o acuratețe corespunzătoare și fie asigurată posibilitatea de transpunere facilă a acestora în teren.

Pentru a transpune în teren datele din proiect este nevoie de funcții din program care să genereze rapoarte de trasare ale tuturor punctelor care influențează traseul de drum, respectiv coordonatele axei în plan și a elementelor geometrice ale acesteia, elementele profilului longitudinal, cu evidențierea poziției schimbărilor de declivitate și a racordărilor verticale, punctele în care se realizează variațiile pantelor transversale și a lățimilor carosabilului, precum și coordonatele rectangulare a tuturor elementelor care alcătuiesc profilul transversal al drumului.

Este de asemenea important modul în care se extrag din program rapoartele cantităților de lucrări ale proiectului.

În ARD, generarea listelor de cantități de lucrări se poate face prin însumarea cantităților de lucrări aferente proiectului sau cu specificarea pe poziții kilometrice a cantităților aferente fiecărui profil transversal. Cu funcții de generare automată a planșelor de execuție, ARD aduce formate tipizate ale planșelor, reducându-se astfel posibilitatea apariției unor erori de redactare.

În cazul unor proiecte complexe de tipul modelării alunecărilor de teren, este importantă capacitatea programelor de a lucra cu mai multe suprafețe reprezentând stratificația terenurilor, nivelul apelor subterane, etc., astfel încât să se poată stabili în orice punct poziția lucrărilor de consolidare față de fiecare strat din subsol, astfel încât alegerea punctelor de calcul de stabilitate să se poate face în punctele cele mai defavorabile din punct de vedere a stabilității terenului. [35]

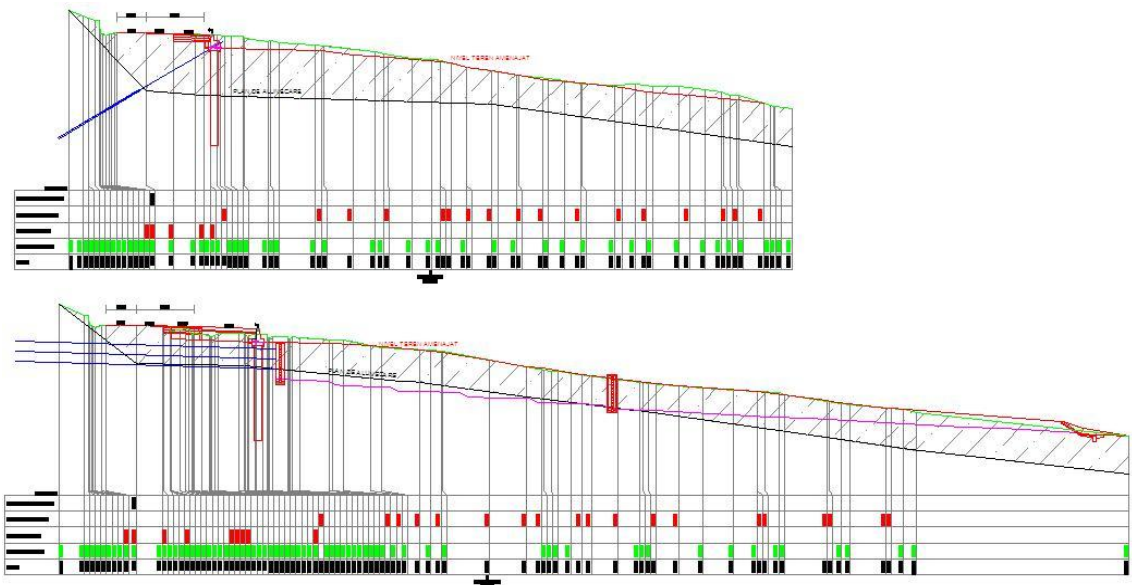


Figura 3. 11 Modelarea spațială a lucrărilor de consolidare în ARD, cu evidențierea stratificației terenului [35]

Pentru analiza situațiilor proiectate este recomandată, în astfel de situații, generarea unor modele spațiale ale soluțiilor proiectate.

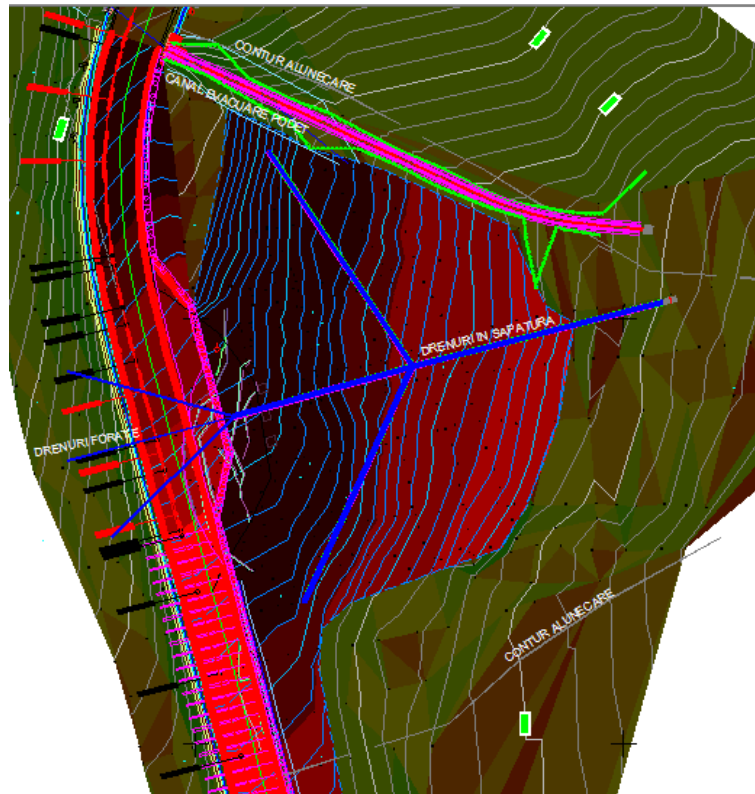


Figura 3. 12 Model proiectat pentru o alunecare de teren, generat cu ARD și Civil 3D [35]

În figura 3.12 este prezentat un caz în care într-o zonă cu alunecări de teren, a cărei formă inițială în plan este redată în figura 3.2, după realizarea lucrărilor de consolidare a versanților, folosind softurile ARD și Civil 3D, s-a realizat o remodelare a versantului.

3.2.6. Timpul necesar pentru prelucrarea datelor în program

Având în vedere tendințele de accelerare a proceselor de dezvoltare a rețelelor de drumuri, este necesar a ne îndrepta tot mai mult atenția asupra modului în care se gestionează timpul pentru prelucrarea datelor în program. Sunt astfel utile programe care lucrează cu baze de date externe, permițând divizarea proiectului cu posibilitatea de a lucra mai mulți ingineri în același timp pe un proiect. Asamblarea datelor se face în acest caz prin funcții de importare a datelor din fișiere externe.

În ARD importul datelor din fișiere externe se poate face cu funcțiile "Import VC", din "Vertical Gradient Editor/ Compute Vertical Design from Existing Data" pentru a importa profilul longitudinal geometrizat în afara proiectului, respectiv funcția "Import" din "Design Data Form" pentru a importa specificațiile proiectului legate de variațiile profilului transversal al drumului, definite în afara proiectului. Există astfel posibilitatea ca în cadrul aceluiași proiect să lucreze mai mulți ingineri proiectanți în același timp,

corelarea datelor realizându-se prin importarea la final în baza de date principală a datelor prelucrate în baze de date externe.

În MX acest import se poate face din fișierele "Genio". MX are avantajul de a stoca tot proiectul într-un singur fișier "Genio", care corelat cu stiluri parametrizate de afișare salvate de către utilizator în extern, permite oricui să realizeze modificări parțiale, sau substanțiale asupra proiectului și să regenereze fișierul "Genio" cu datele proiectului. În ceea ce privește timpul de prelucrare a datelor, în MX, modul rapid de lucru este modul „Background” , care presupune introducerea unor comenzi în fișiere “Input”, iar afișarea datelor se realizează într-un fișier extern, verificarea datelor necesitând timp suplimentar.

Prin dinamicitatea sa, ARD oferă inginerilor proiectanți posibilitatea realizării proiectului în timp real, cu vizualizarea corelată a tuturor elementelor din plan, profil longitudinal și profil transversal.

În Civil 3D, chiar dacă datele sunt stocate în interiorul fișierului DWG, este posibilă divizarea proiectului prin exportarea și importarea datelor în format XML.

3.2.7. Posibilitatea unor intervenții ulterioare asupra proiectului

Un alt aspect pe care un program de proiectare trebuie să îl faciliteze în cadrul unui proiect de drum este flexibilitatea soluțiilor și posibilitatea unor intervenții ulterioare asupra proiectului.

În acest sens este importantă dinamicitatea proiectului și capacitatea de a corela în timp real cele trei proiecții ale traseului, respectiv plan de situație, profil longitudinal și profil transversal. Acest mod de lucru se regăsește în ARD și MX (modul de lucru normal).

În ARD orice modificare asupra profilului longitudinal sau transversal ale proiectului, se regăsește automat în toate cele trei proiecții modificându-se automat și listele de cantități.

Refăcând rapoartele de trasare și regenerând planșele de execuție se reîmprospătează practic tot proiectul cu opțiunile de import și export a datelor din profil longitudinal și profil transversal, programul oferă utilizatorului opțiuni de “what if” (ce se întâmplă, dacă) punând inginerul proiectant în situația de a analiza toate opțiunile și de a alege cea mai bună variantă a proiectului. Softul oferă, de asemenea, posibilitatea de revenire la o situație salvată anterior, în cazul în care se constată că acea variantă

aducea proiectului parametri mai buni decât versiunea curentă. O atenție deosebită trebuie acordată în cazul modificărilor traseului în plan, având în vedere că toate elementele de proiectare din profil longitudinal (schimbători, declivități) și din profil transversal (domenii de aplicare și variații ale profilului transversal tip) se definesc pe baza pozițiilor lor kilometrice.

3.2.8. Modul în care programul contribuie la stabilirea unor măsuri de siguranța circulației

În practica proiectării drumurilor, foarte important este modul în care, după punerea în practică a proiectului este influențat nivelul de viață al participanților la trafic.

Astfel, este important ca luarea unor decizii asupra proiectului să fie orientată către beneficiarii direcți ai proiectului, respectiv participanți la trafic.

Se poate deduce că este important ca programele de proiectare să ofere inginerului posibilitatea luării unor decizii în ceea ce privește măsurile care se impun pentru asigurarea vizibilității și confortului optic.

Conducerea autovehiculului este un fenomen complex care are la bază un sistem format din conducător auto – vehicul – traseu de drum. Este important ca la stabilirea parametrilor drumului să se țină seama de acest sistem și de strânsa legătură între părțile sale componente. ^[42]

Comportamentul șoferului este puternic influențat de geometria traseului de drum, în special parametrii din plan orizontal precum razele curbilor de racordare sau frecvența alternării sensurilor curbilor au un impact important asupra comportării șoferilor în trafic. Corelat cu elementele din plan, trebuie acordată o atenție sporită declivităților și racordărilor verticale, lățimii benzilor de circulație, lățimii acostamentului și distanțelor de vizibilitate. ^[40]

Odată ce s-au stabilit elementele geometrice din plan orizontal, profil longitudinal și profiluri transversale, este esențial a se realiza analiza spațială a traseului prin metode în care se urmărește modul în care șoferul percepe traseul, urmărindu-se, în spațiu, punctele în care se pierde vizibilitatea, eventuale poziții în care apar frângeri spațiale ale traseului, care disturbă percepția confortabilă a șoferului asupra manevrelor pe care urmează să le facă. ^[40]

În situațiile în care distanța de vizibilitate asigurată, este aproape de valorile STAS necesare pentru depășire, însă sub limita acestor valori, este important să se ia

măsurii de limitare a distanțelor de vizibilitate prin plantații rutiere ori alte mijloace. Aceste situații creează șoferilor senzația falsă că au o percepție suficientă asupra traseului pentru a efectua în condiții de siguranță manevre de depășire, fiind cauză importantă în producerea accidentelor. [42]

De asemenea, posibilele frângeri ale traseului, cauzate de o necorelare corespunzătoare a celor trei proiecții ale traseului, respectiv plan orizontal, profil longitudinal și profil transversal, concentrează atenția șoferilor asupra punctelor critice în care se simt nesiguri, provocând acționări bruște asupra vehiculelor, disturbând percepția fluentă asupra traseului de urmat.

Analiza traseului din punct de vedere al confortului optic se poate face prin metode statice, generând perspective ale traseului, în punctele critice, sau prin redare dinamică cu aplicații care simulează parcurgerea traseului de la diferite înălțimi ale ochiului șoferului. [41]

Rapoartele cu punctele de pierdere a vizibilității se pot obține ușor prin aplicații care permit analiza spațială a traseului pe modelul 3D al proiectului. Imaginile ce urmează redau un raport de vizibilitate generat prin modelare cu ARD, cu funcția "SIGHT DISTANCE", analizând traseul din ambele sensuri de mers.

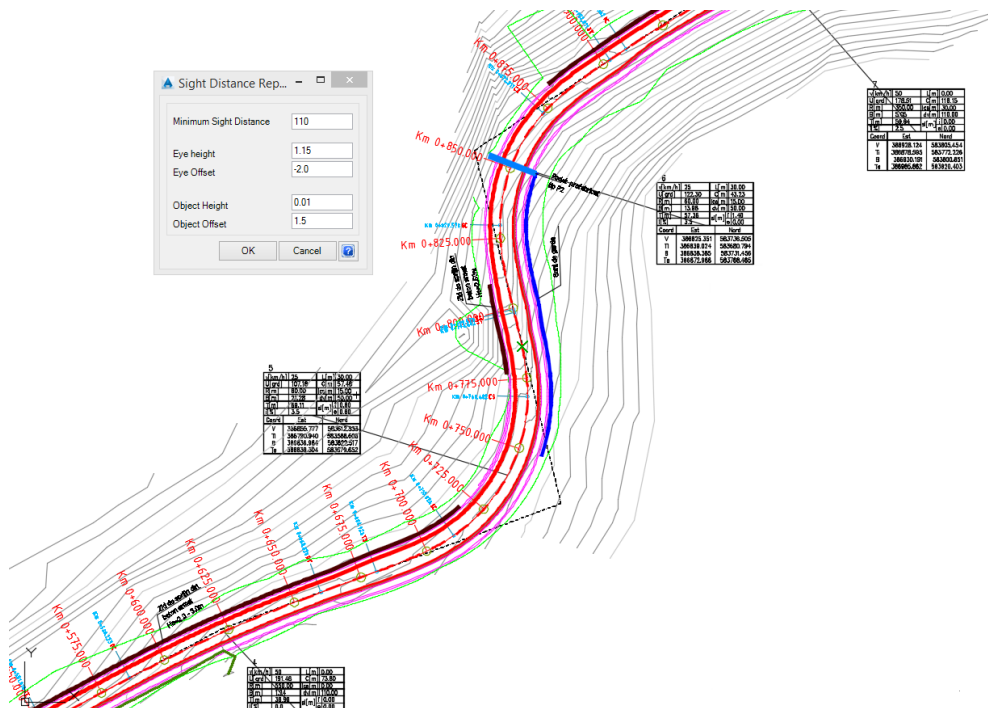


Figura 3. 13 Definierea parametrilor pentru analiza de vizibilitate în ARD



Figura 3. 14 Raport cu puncte de pierdere a vizibilității, generat prin ARD

3.2.9. Concluzii

Oricât de performant ar fi un soft, el nu poate substitui gândirea inginerului proiectant în dezvoltarea unui proiect. Performanța softului de proiectare se măsoară prin gradul de informații pe care îl oferă inginerului, într-un timp cât mai scurt, spre a-i facilita acestuia luarea unor decizii în cadrul proiectului.

Din analiza softurilor de proiectare rezultă că, în privința adaptabilității la cerințele de proiectare din România, cel mai bine se comportă ARD pe platforma Autocad Civil 3D, împreună cu modulul Horizontal Design din Civil Software – Road Design.

Programul folosește din Autocad Civil 3D modulul de prelucrare a suprafețelor triangulate (Surfaces) și modulul de aliniamente (Alignments), pe care le completează cu funcții dinamice de definire a profilurilor transversale, de geometrizare a profilului longitudinal prin vizualizarea interactivă a profilurilor transversale și a poziției din plan, de editare a elementelor din profil transversal, de generarea automată a rapoartelor de trasare și a rapoartelor cu cantitățile de lucrări și de generare automată a planșelor. Pentru proiectarea intersecțiilor, programul găsește automat punctul de intersecție dintre două aliniamente de ax și corelează automat profilul longitudinal de pe drumul secundar cu profilul transversal de pe drumul principal.

Pentru geometrizarea axei în plan și pentru amenajarea în spațiu a curbilor în conformitate cu standardele românești, ARD folosește aplicația românească Horizontal Design, din Civil Software – Road Design.

În ceea ce privește modul de prelucrare a datelor topografice, cel mai bine se poate lucra cu Autocad Civil, care oferă utilizatorului posibilitatea generării modelului 3D

al terenului natural folosind elemente din fișierul DWG, sau din fișiere externe de puncte topografice. Programul oferă, de asemenea, posibilitatea suprapunerii spațiale a ridicării topografice peste ortofotoplanurile din biblioteca BING (Microsoft Maps), sau peste hărțile din Google Earth în versiunile până la Autocad Civil 3D 2013.

În privința modului de stocare a datelor proiectului, cel mai avantajos este MX, care poate stoca datele întregului proiect într-un singur fișier Genio.

În ARD exportarea datelor în fișiere externe se face individual pentru elementele din plan, din profil longitudinal și din fereastra de editare a elementelor din profil transversal. Elementele din plan se pot exporta în fișierul XML, atât în versiunea pentru Autocad Civil 3D, cât și în versiunea de sine stătătoare, care rulează sub Autocad sau Bricscad.

În privința interfeței de lucru și a aplicabilității programelor în proiecte mari, cel mai bine se comportă MX, prin faptul că oferă inginerului posibilitatea vizualizării spațiale a traseului cu ajutorul perspectivelor, sau a randării acestuia în lungul unui string definit de utilizator. În zona intersecțiilor denivelate, MX oferă posibilitatea corelării profilului longitudinal cu stringul de margine carosabil de pe drumul principal, fără a fi neapărat necesar să existe o intersecție între axa bretelei și axa drumului principal. Programul mai are și avantajul unor funcții complexe de realizare a interfeței cu terenul natural, oferind inginerilor posibilitatea de a controla cotele tuturor stringurilor care definesc elementele din profil transversal.

ARD este foarte aproape de acest nivel, având pe lângă o interfață prietenoasă și sugestivă și funcții avansate de modelare a taluzurilor complexe, de amenajare a casetelor de lărgire a fundațiilor drumului existent, de amenajare automată a treptelor de înfrățire ținând cont de nivelul de decapare a terenului vegetal. În zona intersecțiilor denivelate, pentru a putea amenaja traseul bretelelor racordat la marginea carosabilului de pe drumul principal, este nevoie de măsuri suplimentare de realizare a unor suprafețe de triangulație ale carosabilului proiectat de pe drumul principal, pe care să se așeze profilul longitudinal al bretelei pe zona de racord cu drumul principal. În cazul unor modificări în profilul longitudinal de pe drumul principal, este necesară refacerea modelului proiectat 3D al acestuia și reșezarea profilului longitudinal de pe bretea, pe această suprafață.

În privința acurateții rezultatelor și a posibilității transpunerii acestora în teren, cel mai bine se comportă MX, care dezvoltat de-a lungul unei perioade de peste 40 de ani, a fost folosit în proiecte de infrastructură din toată lumea și a fost foarte bine adaptat

cerințelor diferitelor categorii de lucrări de drumuri și nevoilor din șantier. Marile companii de construcții au deja dezvoltate aplicații proprii care să le faciliteze transpunerea în teren a datelor din MX.

Cu funcții automate de extragere a datelor din program, ARD aduce și el formate tipizate ale planșelor și a rapoartelor extrase, reducându-se astfel posibilitatea apariției unor erori de redactare.

Pentru urmărirea pe șantier a stadiului lucrărilor, foarte utilă poate fi folosirea funcțiilor din Civil Software – Road Design, programul permițând calculul cantităților prin interogarea ariilor dintre straturi.

Aplicabilitate similară are și Autocad Civil 3D, în cazul căruia, calculul cantităților, la un anumit nivel de execuție se realizează între suprafețe triangulate.

În privința timpului necesar pentru prelucrarea datelor în program , cel mai bine este adaptat cerințelor inginerilor proiectanți, programul ARD, prin faptul că proiectarea se realizează în timp real, cu vizualizare dinamică a tuturor elementelor, iar generarea planșelor și a rapoartelor specifice proiectului se realizează automat.

În MX, modul rapid de lucru este modul „Background” ^[34], care presupune introducerea unor comenzi în fișiere „Input”, iar afișarea datelor se realizează într-un fișier extern, verificarea datelor necesitând timp suplimentar.

Din analiza privind posibilitatea unor intervenții ulterioare asupra proiectului , cel mai bine se comportă ARD, în care orice modificare asupra profilului longitudinal sau transversal al proiectului, se regăsește automat în toate cele trei proiecții, modificându-se automat și listele de cantități din program. Regenerarea rapoartelor de trasare și regenerarea planșelor se realizează, de asemenea, automat.

În privința modului în care programul contribuie la stabilirea unor măsuri de siguranța circulației , cel mai bine se comportă Micro Piste și MX, care oferă inginerilor posibilitatea de a analiza spațial traseul de drum pe baza perspectivelor pe care le generează (Micro Piste, MX), ori prin randarea traseului în lungul unui aliniament (MX).

Un nivel apropiat îl oferă și Autocad Civil 3D, care prin funcția „Drive”, permite inginerului să urmărească desfășurarea spațială a traseului.

Un alt mod de lucru poate fi acela de a folosi ARD și aplicația „Road Signal” din Civil Software – Road Design.

Prin ARD se generează rapoartele cu pierderea vizibilității asupra traseului, iar cu Road Signal se proiectează semnalizarea rutieră, ținând cont de rapoartele de vizibilitate generate din ARD. În cazul utilizării ARD pe platforma Autocad Civil 3D,

există posibilitatea de a exporta proiectul realizat prin ARD într-un "Corridor Civil 3D", iar din Civil 3D, cu funcția "Drive", se poate realiza o vizualizare spațială din poziția indicată de utilizator a elementelor proiectate. Dezavantajul metodei este acela că în cazul unor intervenții asupra elementelor geometrice în ARD, trebuie refăcut exportul către Autocad Civil 3D, și reluată procedura cu funcția "Drive" din Civil 3D.

În tabelul 3.1 se prezintă, sub rezerva nivelului personal de cunoaștere, o analiză multicriterială a domeniilor de aplicabilitate a softurilor de proiectare, într-o interpretare realizată pe baza unei experiențe de 10 ani în proiectarea drumurilor, folosind aceste softuri.

Tabelul 3.1 Analiza domeniilor de aplicabilitate a softurilor de proiectare existente

Nr. Crt.	Criterii de analiză	ARD	MX	Autocad Civil 3D	Micro Piste	Civil Software – Road Design
1	Adaptabilitatea la normativele românești a softurilor de proiectare	***	*	**	*	***
2	Modul de citire a datelor topografice	**	**	***	**	*
3	Modul de stocare a datelor proiectului	**	***	**	*	*
4	Interfața de lucru a programelor și aplicabilitatea lor în proiectele mari	***	***	**	*	*
5	Acuratețea rezultatelor și posibilitatea de transpunere a acestora în teren	**	***	*	*	*
6	Timpul necesar pentru prelucrarea datelor în program	***	*	*	*	*
7	Posibilitatea unor intervenții ulterioare asupra proiectului	***	**	**	*	*
8	Modul în care programul contribuie la stabilirea unor măsuri de siguranța circulației	*	***	**	***	*
PUNCTAJ		19	18	15	11	10

Analiza prezentată în tabelul 3.1, pune în evidență calități foarte bune ale programului ARD, surclasând categoric celelalte softuri la capitolul rapidității de

prelucrare a datelor în program. Folosirea aplicației ARD pe platforma Autocad Civil 3D și folosind aplicația Horizontal Design aduce un plus de valoare la prelucrarea datelor topografice prin dinamicitatea cu care Autocad Civil 3D face acest lucru, respectiv o foarte bună adaptare la normativele românești de proiectare prin înglobarea Horizontal Design.

Se impune însă, identificarea unor metode care sporească modul în care programul contribuie la stabilirea unor măsuri de siguranța circulației și să faciliteze analiza spațială a zonelor în care există riscul de pierdere a vizibilității asupra traseului, în vederea unor intervenții punctuale pentru înlăturarea problemelor.

Capitolul 4. METODE DE OPTIMIZARE A REZULTATELOR PROCESULUI DE PROIECTARE A DRUMURILOR

4.1 Descrierea noțiunilor de perspective ale traseului

Constituindu-se ca un fenomen complex, conducerea autovehiculului are la bază un sistem alcătuit din traseu de drum – vehicul – conducător auto. A nu ține seama de acest sistem complex la stabilirea elementelor geometrice ale traseului, poate genera disfuncționalități majore la parcurgerea traseului de către participanții la trafic.

Cu ajutorul ochilor șoferul percepe informația despre traseu și după ce o procesează acționează asupra vehiculului modificându-și parametri de mișcare în funcție de informația procesată. Astfel, procesul de conducere a autovehiculului depinde de geometria traseului de drum, vehicul, condiții meteo, condiții de trafic și chiar de însuși conducătorul auto.

Comportamentul șoferului este puternic influențat de geometria traseului de drum, în special de parametri din plan orizontal. Corelat cu elementele din plan, trebuie acordată o atenție sporită declivităților și racordărilor verticale, lățimii benzilor de circulație, lățimii acostamentelor și distanțelor de vizibilitate.

Un traseu de drum, judicios stabilit, trebuie să asigure, pe lângă o securitate deplină a circulației, un confort optic ridicat, o succesiune de impresii și imagini care să nu mențină încordată atenția conducătorului auto. În reprezentarea sa tridimensională (plan de situație, profil longitudinal, profil transversal), drumul trebuie tratat ca o construcție spațială; reprezentările tridimensionale trebuie astfel corelate încât să se obțină o reprezentare spațială continuă, fără distorsionări și lipsită de orice aspecte inestetice.

De multe ori, chiar dacă proiectarea a fost condusă riguros pe baza condițiilor dinamice ce se impun pentru asigurarea fluxurilor de circulație, după execuția drumului rezultă desfășurări spațiale defectuoase, care înrăutățesc fluenta traficului, constituie cauze de accidente, reducând nivelul de serviciu și capacitatea de circulație a drumului.

Cauzele care duc la apariția punctelor critice sunt următoarele:

- ❖ lipsa unei corelări corespunzătoare a proiecțiilor ortogonale, poate afecta stabilitatea punctelor astfel încât condițiile de siguranță și confort să nu fie asigurate;
- ❖ natura foarte variată a parametrilor de calcul folosiți la dimensionarea elementelor geometrice în cele trei proiecții ortogonale, în cazul în care aceștia variază în limite foarte largi, sau își modifică valorile în

funcție de suprafața îmbrăcăminte rutiere, condițiile de vizibilitate, caracteristicile traficului (intensitate, viteză).

Din punct de vedere al confortului optic, metodele de investigare sunt următoarele:

- ❖ Analiza spațială a drumului folosind modele realizate pe baza elementelor geometrice ale drumului în plan, profil longitudinal și profil transversal, reprezentate la o scară caracteristică;
- ❖ Vizualizarea spațială a traseului prin folosirea unor machete, scara 1:200, care să cuprindă drumul cu lucrările de artă și accesoriile aferente încadrate în formele de relief specifice. Inconvenientul metodei se evidențiază prin dificultatea realizării machetelor pe sectoare lungi.
- ❖ Studiul traseului prin analiza tabloului de perspectivă al drumului, vizualizat din mai multe puncte de vedere: al pietonului, în cazul sistematizării arterelor urbane, sistematizărilor verticale din zona construcțiilor monumentale, la accesele pasajelor denivelate; al turistului, specific vederilor panoramice din poziții laterale platformei, situate în general la altitudine; al conducătorului auto, corespunzător pozițiilor succesive pe care le ocupă autovehiculul în deplasarea sa pe drum.

Perspectiva este o metodă de construcție a imaginii tridimensionale pe un plan bidimensional care pornește de la reconstituirea procesului vederii umane. [wikipedia - Studiul Perspectivei]

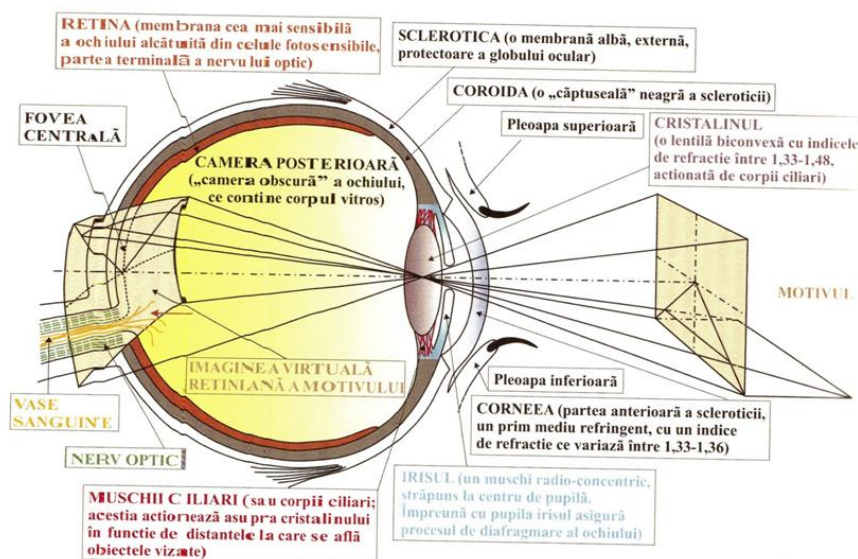


Figura 4. 1 Formarea imaginii obiectului pe retina ochiului uman [23]

Vederea umana se poate aproxima cu un sistem de proiecție conică în care razele vizuale ce formează un con vizual, urmăresc marginile obiectului privit și delimitează conturul aparent al acestuia. Prin intersectarea conului vizual cu un plan (tabloul perspectiv) se obține imaginea perspectivă a obiectului studiat. [22]

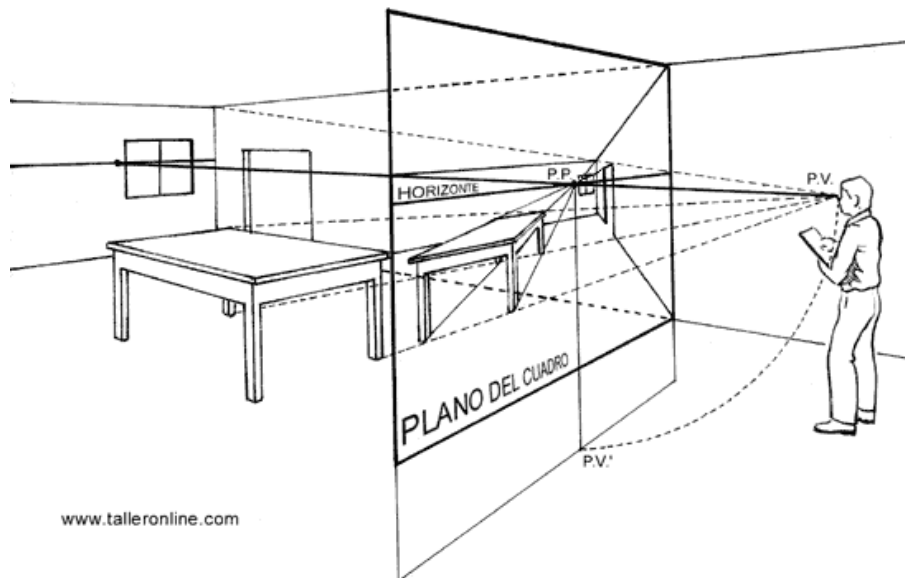


Figura 4.2 Formarea imaginii în perspectivă [87]

Imaginea rezultată este foarte apropiată de imaginile reale creându-se un spațiu virtual. Construcția spațiului virtual este dezvoltată prin definirea conceptelor geometrice specifice, respectiv sistemul de referință, coordonatele punctului, figuri geometrice plane și volumetrice. Construcția perspectivelor apelează la epura axonometrică, compusă din plan și elevație, la care adaugă în cele două vederi poziția ochiului observatorului. Proiecția elementelor se obține direct din planul tabloului prin linii de proiecție în vederea verticală frontală. Sistemul abordează proiecția conică, respectiv proiectarea imaginii dintr-un punct fix aflat în fața tabloului suficient de aproape de el pentru a se forma piramida vizuală. [101]

La realizarea tabloului de perspectivă se utilizează elementele geometrice din planul de situație, din profilul longitudinal și din profilul transversal.

Considerând punctul de vedere V și sistemul de referință format de planele H (planul orizontal care conține punctul de vedere V), T (planul tabloului) și P (planul perpendicular pe H și T , care trece prin punctul de vedere).

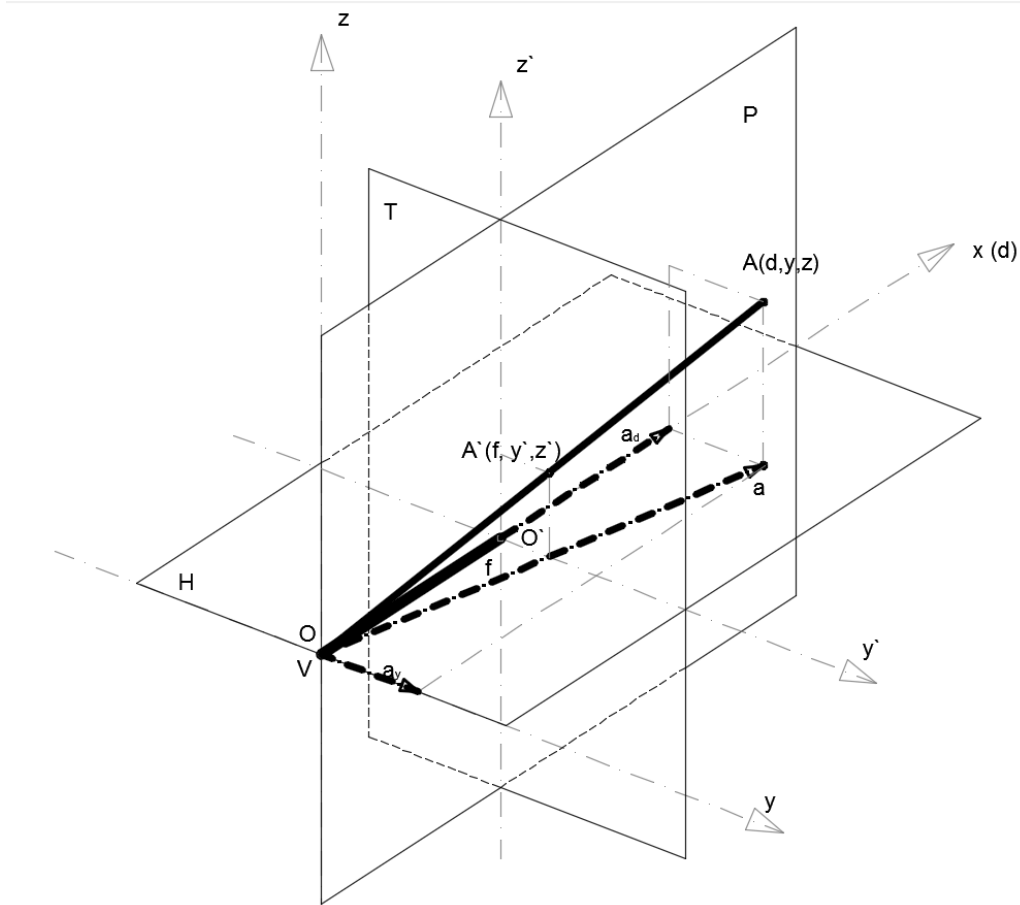


Figura 4.3 Formarea tabloului perspectiv^[41]

Lungimea segmentului $OO' = f$ reprezintă distanța de la punctul de vedere până la planul tabloului.

Sistemul de proiecție astfel format, va avea pe axa Ox , distanțele cumulate în lungul traseului drumului, pe axa Oy , poziția punctului în profil transversal, iar pe axa Oz se vor considera cotele specifice elementelor de traseu.

Astfel, punctele de coordonate absolute ale traseului, se vor transpune în tabloul de perspectivă prin coordonatele de proiecție ale acestora. Coordonatele punctelor din planul de proiecție vor fi :

$$y' = (y/d) \cdot f; \quad z' = (z/d) \cdot f, \quad [41] \quad (4.1)$$

unde d este ordonata în planul orizontal H .

Perspectiva elementelor drumului se obține unind printr-o linie continuă punctele de coordonate (y', z') .

Metoda câmpului de vedere optim (C.V.O) este metoda prin care se poate aprecia confortul optim. Caracteristicile geometrice în plan și în profil longitudinal ale drumului, se desfășoară astfel încât să nu oblige conducătorul autovehiculului să-și

concentreze atenția vizuală asupra unui punct de imobilitate prelungită sau asupra unor puncte distincte și dispersate situate în afara câmpului de vedere optim^[1].

În figura 4.4 este prezentat modul formării imaginii spațiale a traseului prin corelarea traseului în aliniament din plan, cu diferite moduri de amenajare în profil longitudinal.

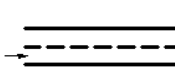
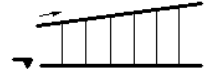


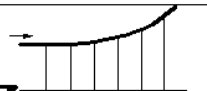
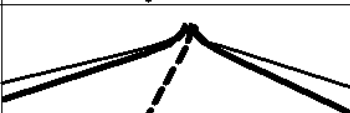
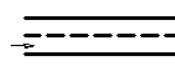
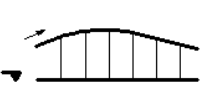

<i>Modul de amenajare în plan a traseului</i>	<i>Modul de amenajare în profil longitudinal a traseului</i>	<i>Imagine spațială a traseului</i>
 <p>Aliniament</p>	 <p>Panta constanta</p>	
 <p>Aliniament</p>	 <p>Racordare concava</p>	
 <p>Aliniament</p>	 <p>Racordare convexa</p>	

Figura 4.4 Suprapunerea efectelor perspective din plan și profil longitudinal pentru traseele din aliniament^[41]

În figura 4.5 este prezentat modul formării imaginii spațiale a traseului prin corelarea traseului în curbă din plan, cu diferite moduri de amenajare în profil longitudinal.





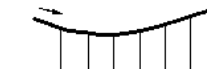

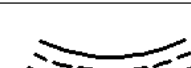


<i>Modul de amenajare în plan a traseului</i>	<i>Modul de amenajare în profil longitudinal a traseului</i>	<i>Imagine spațială a traseului</i>
 <p>Curba</p>	 <p>Panta constanta</p>	
 <p>Curba</p>	 <p>Racordare concava</p>	
 <p>Curba</p>	 <p>Racordare convexa</p>	

Figura 4.5 Suprapunerea efectelor perspective din plan și profil longitudinal pentru traseele aflate în curbe^[41]

Pe planul tabloului de perspectivă, delimitarea câmpului de vedere optim constă în stabilirea unui cadru în interiorul căruia atenția vizuală dispersată domină total și

comod asupra conducătorului, care se poate focusa asupra unui punct al cadrului, fără să neglijeze celelalte puncte ale cadrului și fără să depună un efort suplimentar. Cadrul C.V.O are dimensiunile în raportul $x/y=1.6$ ($x=16\text{cm}$, $y=10\text{cm}$).

Valorile folosite uzual pentru întocmirea tabloului perspectiv sunt următoarele:

- $h=1.10\text{m}$ (înălțimea ochiului observatorului)

- $f=0.50\text{m}$ (distanța focală)

-C.V.O pe planul tabloului cu $x=16\text{cm}$; $y=10\text{cm}$ (câmpul de vedere optim)

În tabelul 4.1 sunt redată înălțimile uzuale ale ochiului observatorului (șoferului), precum și ale obiectului țintă pentru calculul distanțelor de vizibilitate în profil longitudinal și pentru analiza spațială a traseului de drum.

Tabelul 4.1 Înălțimi uzuale ale observatorului și ale obiectului țintă pentru analiza vizibilității asupra traseului de drum în diverse țări din lume ^[24]

Țara	Înălțimea ochiului observatorului situat în:		Înălțimea obiectului țintă
	Autovehicul	Camion	
Australia	1.15	1.80	0.20
Austria	1.00	-	0.00 - 0.19
Marea Britanie	1.05	-	0.26
Canada	1.05	-	0.38
Franța	1.00	-	0.35
Germania	1.00	2.50	0.00-0.45
Grecia	1.00	-	0.00-0.45
Africa de sud	1.05	1.80	0.15-0.60
Suedia	1.10	-	0.20
Elveția	1.00	2.50	0.15
SUA	1.07	-	0.15

4.2 Optimizarea procesului de proiectare a drumurilor prin analiza perspectivelor traseului

Odată ce s-au stabilit elementele geometrice din plan orizontal, profil longitudinal și profiluri transversale, este esențial a se realiza analiza spațială a traseului prin metode prin care se urmărește modul în care șoferul percepe traseul, analizându-se în

spațiu, punctele în care se pierde vizibilitatea, eventuale poziții în care apar frângeri spațiale ale traseului, de natură a disturba percepția confortabilă a șoferului asupra traseului.

Asigurarea confortului optic este indispensabilă drumurilor moderne pentru viteze mari de circulație, deoarece aceasta permite conducătorului auto să aplice din timp și fără efort suplimentar manevrele conducerii în siguranță a autovehiculului.

Panorama oferită conducătorului auto, datorită mobilității sale neîntrerupte și schimbătoare, cuprinde perspective succesive, care se proiectează conic pe transparența parbrizului său. Pentru a stabili geometric elementele tabloului perspectiv, trebuie fixat planul tabloului și punctul de vedere. Planul tabloului trebuie să fie invariabil în raport cu ochiul conducătorului și este situat la înălțimea h față de calea de rulare, iar tabloul este parbrizul, considerat la distanța f de punctul de vedere ("distanța focală").

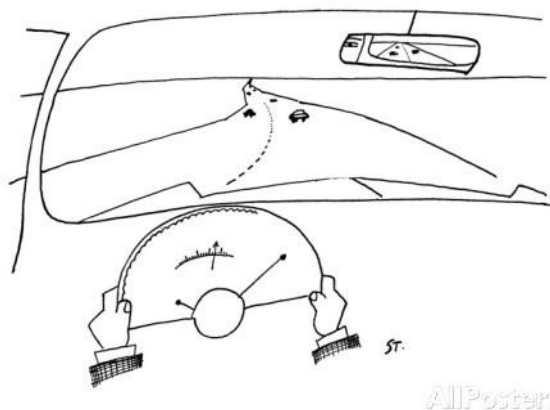


Figura 4.6 Desen abstract privind formarea în perspectivă a imaginii traseului [74]

Așa cum este descris și în manualul de proiectare a elementelor geometrice pentru autostrăzi publicat de Autoritatea de Tranzit din Noua Zeelandă [23], conducerea autovehiculelor este strâns legată de percepția vizuală asupra traseului, criteriile importante care trebuie avute în vedere la proiectarea drumurilor fiind:

- ❖ abilitatea șoferilor de a percepe elementele traseului și de a le asocia modului de condus;
- ❖ ordinea în care elementele traseului se succed în percepția șoferului, eventuale frângeri ale traseului, creând șoferilor o falsă impresie asupra modului în care trebuie abordat traseul;
- ❖ timpul necesar pentru percepția elementelor de pe traseu.

Luând în considerare capacitatea limitată a șoferilor de a percepe dimensiunea reală a obiectelor, sau a distanțelor la care acestea se află față de el, este important să controlăm elementele traseului astfel încât percepția șoferilor asupra acestuia să fie înlesnită.

Ochiul uman poate detecta stimuli vizuali pe un unghi de 180° pe direcție orizontală și de 130° pe direcție verticală, putând aprecia corect distanța față de obiecte și dimensiunea acestora până la o distanță de 100m^[23]. În continuarea acestei distanțe, obiectele pot fi apreciate doar prin comparație cu obiecte a căror dimensiuni sunt familiare observatorului. Cu cât viteza de rulare crește, unghiul de vizibilitate scade. Unghiul în care, pentru o anumită viteză de deplasare, șoferii pot percepe obiectele aflate în fața lor, formează conul de vizibilitate.

În lucrarea "Limitările umane în conducerea autovehiculelor", publicată în 1937 de J R Hamilton și L L Thurston, au fost redată câteva aspecte referitoare la capacitatea șoferilor de a percepe obiectele aflate în vecinătatea traseului de drum^[35]:

- ❖ cu cât viteza crește, cu atât numărul obiectelor care influențează reacțiile șoferilor crește și el. Observarea obiectelor aflate în afara ariei de atenție a șoferilor poate deveni foarte periculoasă. Concentrarea este orientată pe traseul de drum și pe obiectele aflate în imediata vecinătate a traseului de drum. Traseul de drum trebuie astfel geometrizat încât să sugereze fluent cursivitatea sa.

- ❖ odată cu creșterea vitezei, distanța până la punctul asupra căruia se concentrează atenția șoferilor crește și ea. Șoferii au tendința de a-și analiza porțiunea de traseu necesară pentru a-și coordona reacțiile imediate. La o viteză de 70Km/h, punctul de "focusare" este situat la o distanță de aproximativ 400m, iar la o viteză de 120Km/h, punctul asupra căruia se concentrează atenția șoferilor este situat la o distanță de aproximativ 1000m în fața lor. Astfel, obiectele care se doresc să fie aduse în atenția șoferilor, pentru a fi recunoscute de la distanță, trebuie poziționate cât mai aproape de axa câmpului de vizibilitate și trebuie avut în vedere că dimensiunile obiectelor să fie ușor de perceput.

- ❖ pe măsură ce concentrarea șoferilor crește, câmpul vizual scade, obiectele aflate în zona laterală fiind tot mai greu de perceput, formându-se efectul de tunel. Acest lucru se poate fi limitat printr-o bună gestionare a curbilor orizontale, astfel încât obiectele aflate în lateral să fie aduse în câmpul de vizibilitate al șoferilor. Conducerea vehiculelor pe aliniamente lungi poate genera efecte hipnotice asupra șoferilor.

❖ pe măsură ce viteza crește, îndepărtându-se punctul de "focusare", obiectele aflate în imediată apropiere a șoferilor, chiar dacă ele se află într-un plan mai apropiat, sunt greu de perceput de șoferi.

❖ percepția spațială se reduce, pe măsură ce viteza crește. Oamenii au nevoie de indicii date de spațiul înconjurător pentru a percepe obiectele aflate în mișcare prin poziția relativă față de acestea.

Astfel, este important ca în perspectiva șoferilor să apară obiecte de dimensiuni ușor de apreciat, de genul parapetilor, a plantațiilor rutiere, pentru a le permite acestora să aprecieze corect distanța față de obiectele de pe traseu.

În cazul traseelor cu aliniamente lungi, fără elemente comparative este dificil pentru șoferi să stabilească dacă vehiculele aflate în fața lor sunt aflate în staționare, sau în mișcare și dacă sunt în mișcare, care este viteza lor de deplasare.

Prin introducerea unor curbe pe traseu, pentru obiectele (vehiculele) aflate în mișcare, componenta orizontală a poziției acestora în percepția șoferului va fi mai nuanțată, șoferul putând să compare poziția secvențială a obiectului aflat în mișcare, în raport cu obiectele staționare care apar în perspectiva sa.

Este, de asemenea, important să controlăm prin geometria traseului punctul asupra căruia se concentrează atenția șoferilor. În funcție de viteza de deplasare, punctul asupra căruia se concentrează atenția șoferilor se modifică.

În procesul de proiectare trebuie urmărită atent atât armonia internă a traseului, constând într-o corelare judicioasă a elementelor celor trei proiecții care alcătuiesc traseul, cât și armonia traseului de drum cu spațiul care îl înconjoară.

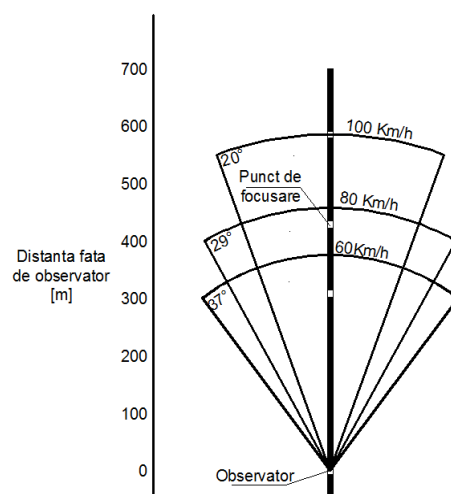


Figura 4. 7 Relația dintre viteza de deplasare și poziția asupra căruia se concentrează atenția șoferilor în conul de vizibilitate [76]

O proiectare judicioasă presupune combinarea tuturor elementelor de pe traseul drumului în concordanță cu viteza de bază a traseului, astfel încât șoferii să fie încurajați să mențină o viteză constantă în lungul traseului pe o lungime cât mai mare.

Analiza traseului din punct de vedere al confortului optic se poate face prin metode statice, generând perspective ale traseului, în punctele critice, sau prin redare dinamică cu aplicații care simulează parcurgerea traseului de la diferite înălțimi ale ochiului șoferului.

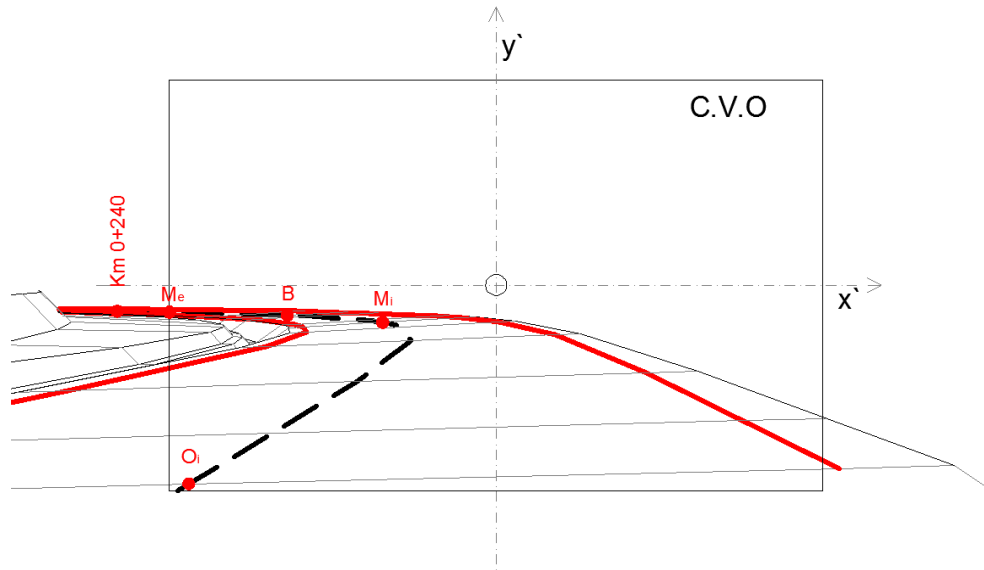


Figura 4. 8 Tablou de perspectivă a traseului, realizat prin metode statice pe baza datelor din ARD

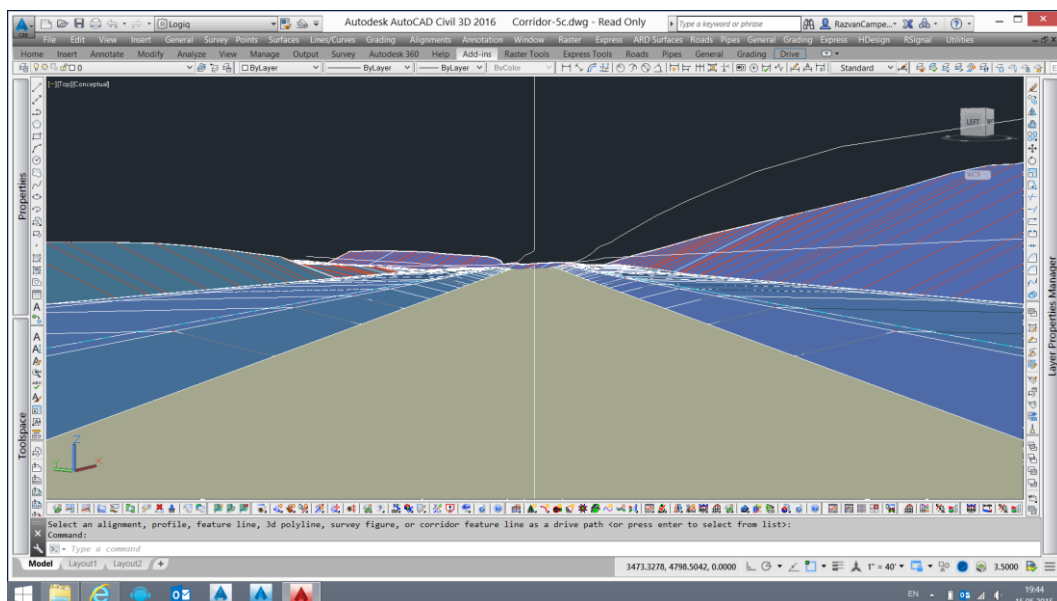


Figura 4. 9 Redare traseu prin metode dinamice cu funcția "Drive" din AutoCAD CIVIL 3D - Autodesk [C3D – Help - Tutorial]

Prin analizele spațiale ale traseului, se pot observa ușor punctele critice ale traseului și analiza modului prin care proiectul corespunde criteriilor de performanță ale traseului de drum pentru care a fost realizat. Se poate analiza porțiunea din traseu pe care este asigurată vizibilitatea în vederea efectuării manevrelor de depășire și se poate evalua confortul optic al participanților la trafic.

În figura 4.8, se poate vedea cum prin degajarea câmpului de vizibilitate, în câmpul de vedere optim al șoferului este sugerată continuarea traseului printr-o curbă la stânga în care marginile carosabilului se închid asimptotic, cu variații line ale pantelor longitudinale și transversale, astfel încât să nu apară pierderi ale traseului, sau a unor părți ale traseului din câmpul de vedere al șoferilor.

În figura 4.9, prin conturarea taluzurilor, i se sugerează șoferului traseul de urmat, însă datorită unei curbe prea scurte de racordare orizontală, se crează șoferilor senzația că traseul de drum se termină în zona de intrare în curbă, marginile carosabilului nefiind închise în perspectiva șoferului. Rezultatul este crearea efectului de rampă în perspectiva șoferilor.

În funcție de clasa tehnică pentru asigurarea capacității de circulație, lungimea tronsoanelor cu posibilitate de depășire, trebuie să fie cel puțin 50% pentru drumurile din clasa tehnică II, 40% pentru drumurile din clasa tehnică III, 30% pentru drumurile din clasa tehnică IV, 25% pentru drumurile din clasa tehnică V și drumuri de exploatare.

Analiza perspectivelor traseului are ca scop stabilirea unor concluzii cu privire la înscrierea traseului în formele de relief, a condițiilor de percepere vizuală a drumului de către conducătorul auto în deplasarea sa, respectiv întocmirea de modele matematice pentru proiectarea elementelor geometrice ale drumului pe baza criteriului de confort optic, în concordanță cu criteriile mecanice.

Astfel, în urma analizei traseului din punct de vedere al perspectivelor, inginerul proiectant poate stabili modificările care se impun asupra elementelor geometrice din plan, profil longitudinal și profil transversal, astfel încât prin combinarea elementelor celor trei proiecții să rezulte un traseu de drum confortabil, din punct de vedere optic, pentru participanții la trafic.

Capitolul 5. GENERAREA AUTOMATĂ A TABLOURILOR DE PERSPECTIVĂ A TRASEULUI CU AJUTORUL “ROAD PERSPECTIVE DESIGN”

5.1 Prezentarea programului “Road Perspective Design”

Aplicația “Road Perspective Design” este o creație proprie, menită să genereze automat tablouri de perspective ale traseului, pornind de la elemente de tip polilinii 3D generate din programele de proiectare după finalizarea proiectului, sau din ridicarea topografică.

Codul sursă al aplicației a fost scris în Visual Basic For Applications, sub versiunea de Autocad 2010.

5.2 Modul de lucru al programului

Odată finalizat proiectul, se generează în plan poliliniile 3D reprezentând elementele specifice profilului transversal al proiectului.

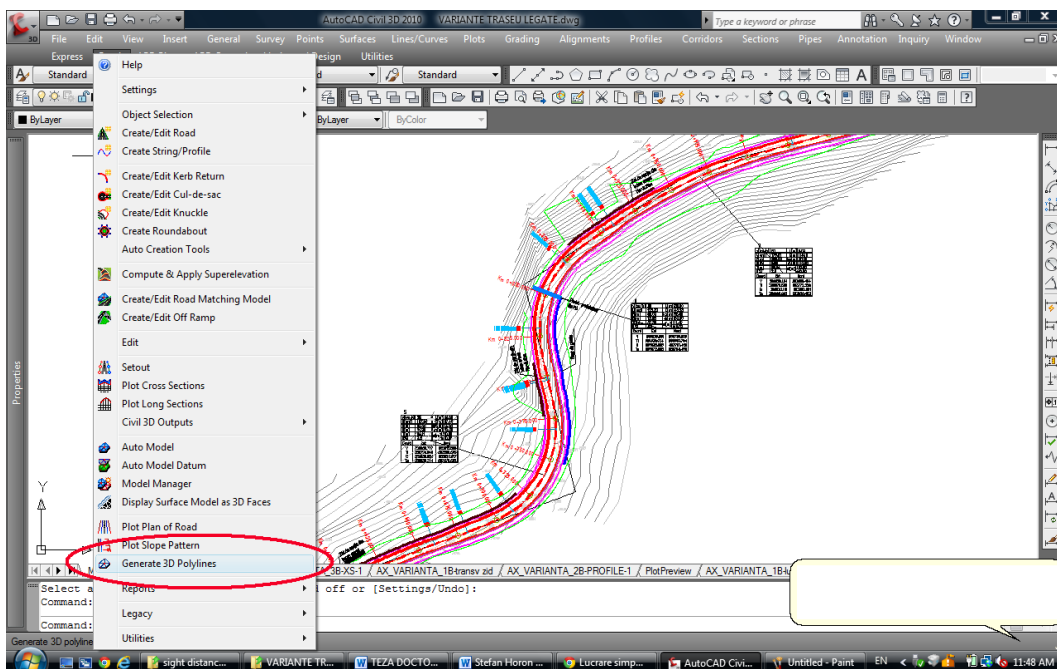


Figura 5. 1 Generarea din ARD a poliliniilor 3D ale proiectului

Acestea, împreună cu poliliniile 3D din ridicarea topografică vor constitui datele de intrare ale programului.

Schema de funcționare a aplicației Road Perspective Design este redată în figura 5.2.

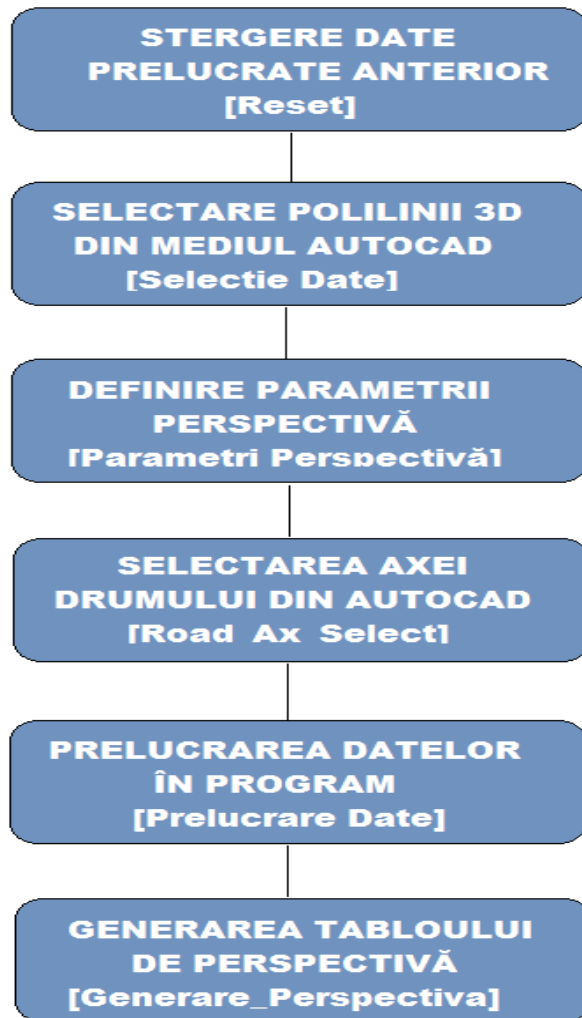


Figura 5. 2 Schema de funcționare a aplicației Road Perspective Design

5.2.1 Citirea datelor în program

Citirea datelor în program se va face printr-o funcție din soft, care se va lansa prin apăsarea butonului de comandă “Selecție Date”.

Se selectează pe rând toate poliliniile 3D specifice proiectului și se salvează coordonatele vârfurilor acestor polilinii într-un fișier text “Polylines Coordinates” din directorul de date al programului. Fiecare nouă polilinie selectată este marcată în fișierul de date prin indicative de “START”.

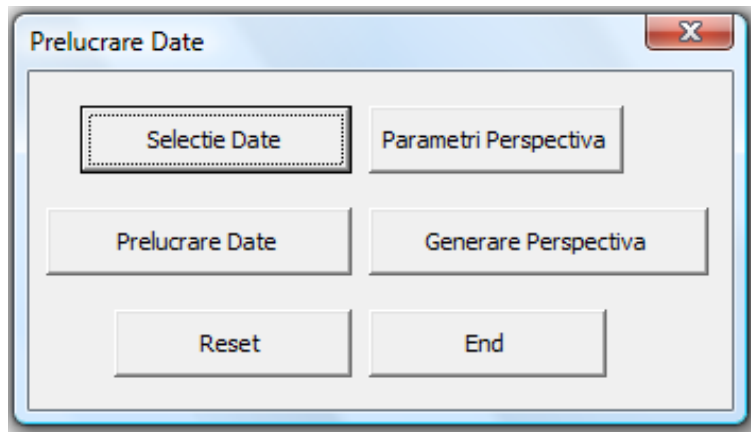


Figura 5. 3 Butonul de Selecție Date din fereastra de prelucrare date

În cazul selectării unui alt tip de obiect decât 3D Poly, programul returnează un mesaj de atenționare în acest sens.

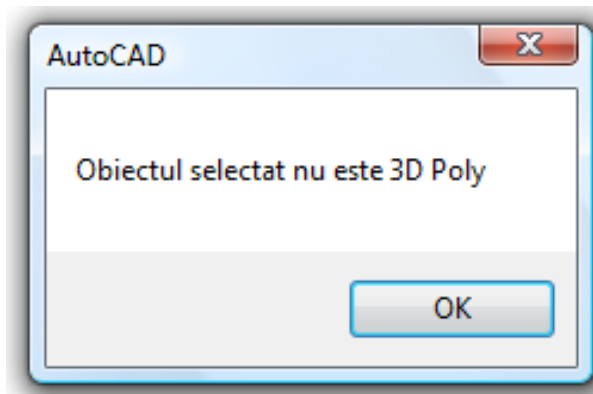


Figura 5. 4 Mesaj de eroare returnat în cazul selectării unui alt tip de obiect decât 3D Polyline

Structura de "cod" scrisă în program pentru procedura de "Selecție Date" este:

```
Public Sub WriteAll3DPolylinesToFile(strFilename As String)
Dim objSelectionSet As AcadSelectionSet
Dim oP3D As Acad3DPolyline
Dim lngL As Long
Dim oEnt As AcadEntity
Dim intGroupCode(0) As Integer
Dim i As Integer
Dim varDataCode_3D(0) As Variant
On Error Resume Next

ThisDrawing.Utility.GetEntity oEnt, "Selectati 3DPoly!"
If TypeOf oEnt Is Acad3DPolyline Then
Set oP3D = oEnt
Open strFilename For Append Access Write As #10
```

```
Print #10, "START X"  
Print #10, "START Y"  
Print #10, "START Z"  
For lngL = 0 To UBound(oP3D.Coordinates)  
Write #10, oP3D.Coordinates(lngL)  
Next lngL  
Close #10  
Else  
MsgBox "Obiectul selectat nu este 3D Poly"  
End If  
  
End Sub
```

5.2.2 Definirea parametrilor de perspectivă

După selectarea datelor, urmează definirea parametrilor tabloului de perspectivă. După apăsarea butonului de comandă pentru "Parametri Perspectivă", se deschide fereastra de setare a parametrilor de perspectivă, cuprinzând următoarele:

- ❖ poziția kilometrică de start a traseului, "Start Chainage";
- ❖ poziția kilometrică la care se dorește amplasarea ochiului observatorului (al șoferului) pentru generarea tabloului de perspectivă, "Driver Chainage";
- ❖ lungimea traseului pe care se dorește afișarea tabloului de perspectivă, "Sight Distance";
- ❖ distanța focală a tabloului de perspectivă (distanța de la ochiul observatorului până la planul de proiecție al tabloului de perspectivă), "Driver's window";
- ❖ poziția observatorului față de axa drumului, "Driver Offset";
- ❖ înălțimea ochiului observatorului față de nivelul drumului, "Driver Height";

Fereastra conține, de asemenea și un buton de selectare a axei drumului, "Road_Ax_Select", pentru calculul pozițiilor kilometrice ale traseului. După selectarea polilinieii 3D reprezentând axa drumului, programul salvează coordonatele vârfurilor acestei polilinieii în fișierul "Ax_Coordinates.txt".

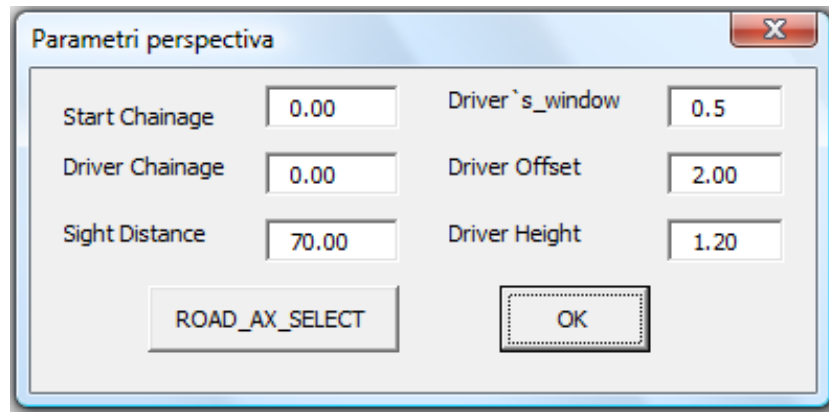


Figura 5. 5 Fereastra de definire a parametrilor de perspectivă

5.2.3 Prelucrarea datelor în vederea realizării tabloului de perspectivă a traseului

Prelucrarea datelor presupune următoarele proceduri:

- ❖ stabilirea coordonatelor observatorului (șoferului) pe traseu și cele ale punctului de orientare a acestuia;
- ❖ extragerea din totalul punctelor de pe traseu a acelor care corespund intervalului specificat de utilizator, respectiv $[Driver_Chainage, (Driver_Chainage+Sight_Distance)]$;
- ❖ rototranslația coordonatelor absolute ale punctelor de pe traseu, din intervalul specificat anterior, în coordonate relative față de poziția șoferului;
- ❖ calculul coordonatelor de proiecție ale elementelor traseului

5.2.4 Stabilirea coordonatelor observatorului și a orientării acestuia

Stabilirea poziției observatorului presupune determinarea coordonatelor punctului din care se dorește analiza perspectivei traseului. Orientarea tabloului de perspectivă se face prin calculul coordonatelor punctului de orientare a acestuia. Aceste puncte vor defini orientarea axei O_1x' a tabloului de perspectivă. În practică, aceste puncte vor fi "poziție șofer", respectiv "orientare șofer".

Pentru determinarea acestor coordonate se parcurge pas cu pas fișierul cu coordonatele din axa drumului și se calculează distanțele cumulate "D" până la poziția în care

$$D \geq \text{Driver_Chainage} - \text{Start_chainage}, \quad (5.1)$$

Driver_Chainage și Start_Chainage fiind definite anterior în paramentrii tabloului de perspectivă.

Formula de calcul a distanțelor cumulate va fi:

$$D_i = D_{i-1} + \sqrt{(y_i - y_{i-1})^2 + (x_i - x_{i-1})^2}, \quad [84] \quad (5.2)$$

unde D_i este distanța până la punctul "i", iar D_{i-1} este distanța până la punctul anterior.

Se rețin într-un șir de date ("array" cu trei câmpuri) coordonatele de pe axa drumului dinainte și de după poziția șoferului: (x_{i-1}, y_{i-1}) , respectiv (x_i, y_i) .

Coordonatele de ax echivalente poziției kilometrice a șoferului se determină impunând condiția ca poziția șoferului de coordonante (x', y') să fie pe segmentul de dreaptă format de cele două puncte (x_{i-1}, y_{i-1}) și (x_i, y_i) .

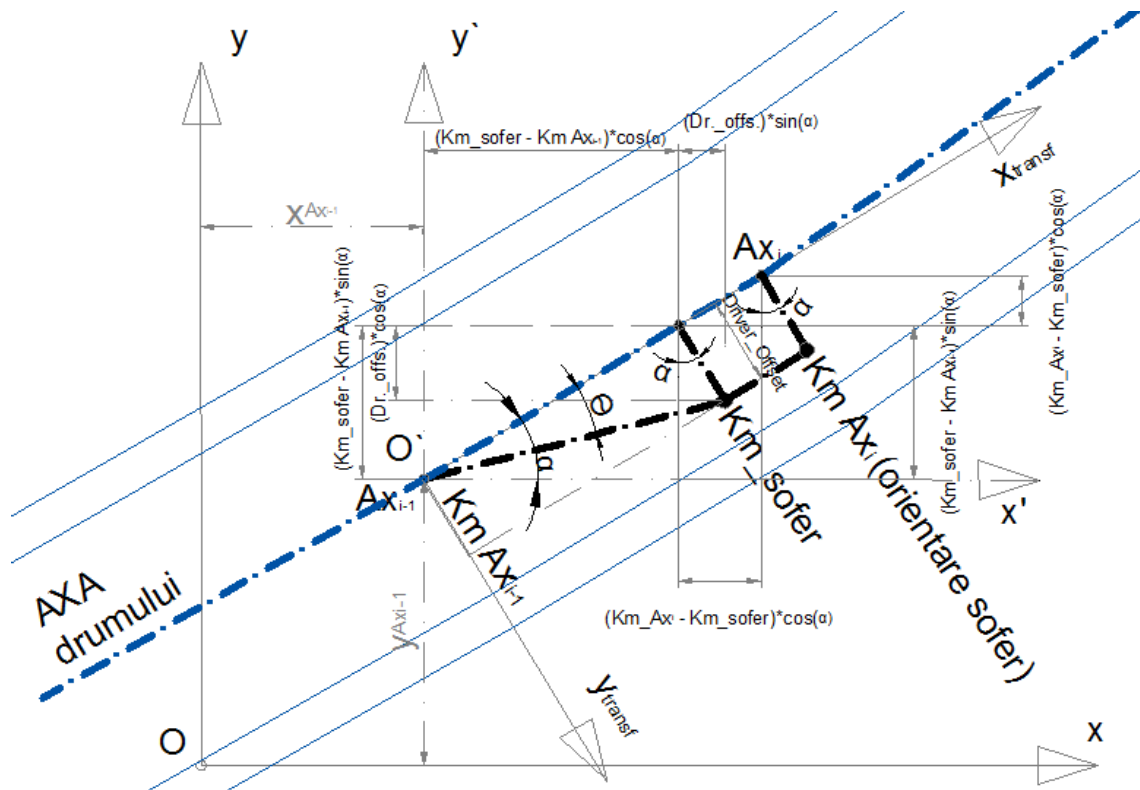


Figura 5.6 Schema de calcul pentru coordonatele în plan ale observatorului

Considerând α , unghiul de rotire a sistemului de coordonate, respectiv unghiul dintre axele $O'X_{transf}$ și $O'X'$, coordonatele poziției observatorului (X_{driver}, Y_{driver}) vor fi:

$$x_{driver} = x_{Ax_{i-1}} + (Driver_chainage - Km_{Ax_{i-1}}) * \cos(\alpha) + Driver_offset * \sin(\alpha) \quad [84] \quad (5.3)$$

$$y_{driver} = y_{Ax_{i-1}} + (Driver_chainage - Km_{Ax_{i-1}}) * \sin(\alpha) - Driver_offset * \cos(\alpha) \quad [84] \quad (5.4)$$

unde :

$$\alpha = \text{atg} \left(\frac{y_{Ax_i} - y_{Ax_{i-1}}}{x_{Ax_i} - x_{Ax_{i-1}}} \right) \quad [84] \quad (5.5)$$

Coordonatele punctului de orientare vor avea următorii parametri:

$$x_{driver_orientation} = x_{Ax_{i-1}} + (Km_{Ax_i} - Km_{Ax_{i-1}}) * \cos(\alpha) + Driver_offset * \sin(\alpha) \quad [84] \quad (5.6)$$

$$y_{driver_orientation} = y_{Ax_{i-1}} + (Km_{Ax_i} - Km_{Ax_{i-1}}) * \sin(\alpha) - Driver_offset * \cos(\alpha) \quad [84] \quad (5.7)$$

Coordonatele poziției șoferului și cele de orientare a tabloului de perspectivă se vor salva într-un fișier text “driver_coordinates_file.txt”

Structura de cod scrisă în soft pentru determinarea coordonatelor observatorului și cele de orientare a acestuia este:

```
Public Sub Prelucrare_date()
Dim dwPline As AcadPolyline
Dim dw3dPoly As Acad3DPolyline
Dim dblpts() As Double
Dim Driver_Coordinates(), AX_Coordinates_Array(), driver_orientation(),
driver_Auxiliar_coordinates(), sir_x(), sir_y(), sir_z(),
Sir_proiectie_Ax() As Variant
Dim AX_Coordinates, fd, pointfile, auxiliar_file, auxiliar_coordonate_file,
X_File, Y_File, Z_File, D_partiale, dist_partiale_ax As String
Dim countline, sline, spoint, spersp, driverline, AX_line As String
Dim sir_coord(), sir_auxiliar_coord(), sir_coord_persp(),
sir_coord_transf() As Variant
Dim i, j, k, nTgtRow, n, m, nr_puncte, nr_puncte_ax As Integer
Dim App As AcadApplication
Dim ActDr As ThisDrawing
Dim Start_Chainage, Driver_Chainage, Sight_Distance As Double
Dim Dist_focala, Driver_offset, Driver_Height As Double
Dim Alfa, Teta As Double

Set App = AcadApplication
Set ActDr = ThisDrawing
auxiliar_file = "C:\Users\Stefan\Desktop\VBA2015\DATE\auxiliar_file.txt"
```

Studii privind optimizarea calculului automat la lucrările de drumuri

```
Polyline_coordinates_file="C:\Users\Stefan\Desktop\VBA2015\DATE\Polylines_
Coordinates.txt"
```

```
Open Polyline_coordinates_file For Input Access Read Shared As #2
```

```
AX_Coordinates="C:\Users\Stefan\Desktop\VBA2015\DATE\Ax_Coordinates.txt"
Open AX_Coordinates For Input Access Read Shared As #13
```

```
Do Until EOF(2)
k=k+1
ReDim Preserve sir_coord(2,k)
For j=0 To 2
Line Input #2,sline
sir_coord(j,k)=sline
Next
nr_puncte=k
Loop
```

```
Close#2
Close#13
```

```
Driver_offset=Val (Parametri_perspectiva.Driver_offset.text)
Dist_focala=Val (Parametri_perspectiva.Driverwindow.text)
Driver_Height=Val (Parametri_perspectiva.Driver_Height.text)
Start_Chainage=Val (Parametri_perspectiva.Start_Chainage.text)
Driver_Chainage=Val (Parametri_perspectiva.Driver_Chainage.text)
Sight_Distance=Val (Parametri_perspectiva.Sight_Distance.text)
Driver_offset=Val (Parametri_perspectiva.Driver_offset.text)
```

```
D_partiale="C:\Users\Stefan\Desktop\VBA2015\DATE\D_Partiale.txt"
Open D_partiale For Append Access Write As #8
```

```
AX_Coordinates="C:\Users\Stefan\Desktop\VBA2015\DATE\AX_Coordinates.TXT"
OpenAX_CoordinatesForInputAccessReadSharedAs#13
```

```
nTgtRow=0
j=0
i=0
k=0
n=0
m=-1
```

```
DoUntilEOF(13)
k=k+1
ReDim Preserve AX_Coordinates_Array(2,k)
For j=0 To 2
Line Input#13, AX_line
AX_Coordinates_Array(j,k)=Val(AX_line)
Print#8,"Sircoordonate("&j&","&k&")="&AX_Coordinates_Array(j,k)
Next
Loop

Print#8,k

'determinare coordonate sofer
i = 0
dist_partiale_ax = 0
Dist_punct_ax = 0

Do Until (Dist_punct_ax >= (Driver_Chainage - Start_Chainage))
Or (i >= n - 1)
i = i + 1

dist_partiale_ax = Sqr((Cdbl(AX_Coordinates_Array(0, i + 1)) -
Cdbl(AX_Coordinates_Array(0, i))) * (Cdbl(AX_Coordinates_Array(0, i + 1))
- Cdbl(AX_Coordinates_Array(0, i))) + (Cdbl(AX_Coordinates_Array(1, i +
1)) - Cdbl(AX_Coordinates_Array(1, i))) * (Cdbl(AX_Coordinates_Array(1, i
+ 1)) - Cdbl(AX_Coordinates_Array(1, i))))

Dist_punct_ax = Dist_punct_ax + dist_partiale_ax

Print #8, "Dist_partiale_Ax" & dist_partiale_ax
Print #8, "Dist_punct_Ax" & Dist_punct_ax
Loop

nTgtRow = i

ReDim Preserve driver_Auxiliar_coordinates(2, 2)
For j = 0 To 2
driver_Auxiliar_coordinates(j, 1) = AX_Coordinates_Array(j, nTgtRow)
driver_Auxiliar_coordinates(j, 2) = AX_Coordinates_Array(j, nTgtRow + 1)
Print #8, "driver_Auxiliar_coordinates(" & j & "," & 1 & ")" &
driver_Auxiliar_coordinates(j, 1)
```

Studii privind optimizarea calculului automat la lucrările de drumuri

```
Print #8, "driver_Auxiliar_coordinates(" & j & ", " & 2 & ")" &
driver_Auxiliar_coordinates(j, 2)

ReDim Preserve Driver_Coordinates(2, 2)

Alfa = Atn((driver_Auxiliar_coordinates(1, 2) -
driver_Auxiliar_coordinates(1, 1)) / (driver_Auxiliar_coordinates(0, 2) -
driver_Auxiliar_coordinates(0, 1))) * (180 / 3.14159265358979)

'coordonate sofer
Driver_Coordinates(0, 1) = driver_Auxiliar_coordinates(0, 1) +
(Driver_Chainage - (Start_Chainage + Dist_punct_ax - dist_partiale_ax)) *
Cos(Alfa * (3.14159265358979 / 180)) + (Driver_offset * Sin(Alfa *
(3.14159265358979 / 180)))

Driver_Coordinates(1, 1) = driver_Auxiliar_coordinates(1, 1) +
(Driver_Chainage - (Start_Chainage + Dist_punct_ax - dist_partiale_ax)) *
Sin(Alfa * (3.14159265358979 / 180)) - (Driver_offset * Cos(Alfa *
(3.14159265358979 / 180)))

Driver_Coordinates(2, 1) = driver_Auxiliar_coordinates(2, 1) +
(Driver_Chainage - (Start_Chainage + Dist_punct_ax - dist_partiale_ax)) *
(driver_Auxiliar_coordinates(2, 2) - driver_Auxiliar_coordinates(2, 1)) /
(Dist_punct_ax - (Dist_punct_ax - dist_partiale_ax)) + Driver_Height

'coordonate orientare sofer
Driver_Coordinates(0, 2) = driver_Auxiliar_coordinates(0, 1) +
(dist_partiale_ax) * Cos(Alfa * (3.14159265358979 / 180)) + (Driver_offset
* Sin(Alfa * (3.14159265358979 / 180)))

Driver_Coordinates(1, 2) = driver_Auxiliar_coordinates(1, 1) +
(dist_partiale_ax) * Sin(Alfa * (3.14159265358979 / 180)) - (Driver_offset
* Cos(Alfa * (3.14159265358979 / 180)))

Driver_Coordinates(2, 2) = driver_Auxiliar_coordinates(2, 2) +
Driver_Height
Next

Close #8
driver_coordinates_file = "C:\Users\Stefan\Desktop\VBA
2015\DATE\driver_coordinates_file.txt"
```



```

Open driver_coordinates_file For Append Access Write As #11
Print #11, Driver_Coordinates(0, 1)
Print #11, Driver_Coordinates(1, 1)
Print #11, Driver_Coordinates(2, 1)
Print #11, Driver_Coordinates(0, 2)
Print #11, Driver_Coordinates(1, 2)
Print #11, Driver_Coordinates(2, 2)
Close #11
Close #13
    
```

5.2.5 Extragerea punctelor de pe traseu care intră în sectorul pe care se generează tabloul de perspectivă

Pentru a se verifica dacă punctele de pe traseu corespund intervalului kilometric [Driver_Chainage, (Driver_Chainage+Sight_Distance)], se parcurg simultan două șiruri de coordonate, respectiv coordonatele punctelor de pe axa drumului din fișierul "AX_coordinates_file.txt" într-un șir de date și coordonatele tuturor punctelor de pe traseul drumului, din fișierul "Polylines_Coordinates.txt" în alt șir.

Se calculează coordonatele proiecțiilor, pe axa drumului, a tuturor punctelor de pe traseul drumului și se compară pe rând cu fiecare lungime de segment de pe axa drumului, suma proiecțiilor pe axa drumului a punctelor specifice traseului.

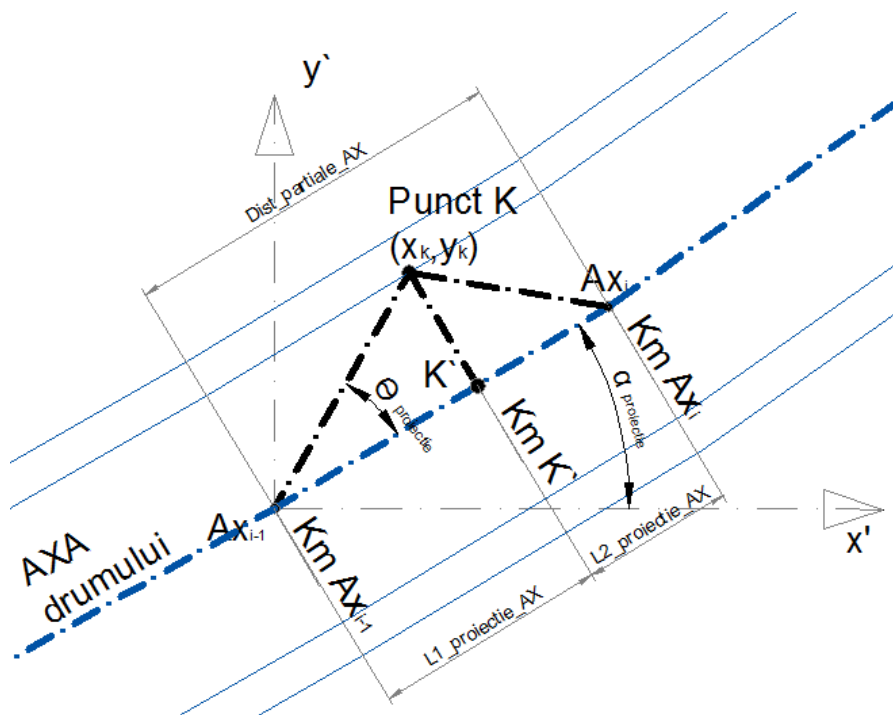


Figura 5.7 Verificarea intervalului kilometric pentru punctele de pe traseu

Considerând α , unghiul format de dreapta care unește punctele Ax_i și Ax_{i+1} , cu axa orizontală $O'X'$, respectiv θ , unghiul format de dreptele $Ax_i Ax_{i+1}$ cu $Ax_i K$, coordonatele de proiecție în plan, a punctului k pe intervalul de ax $(i,i+1)$ vor avea următoarele valori:

$$x_{pr_punct_k} = \sqrt{(y_{punct_k} - y_{Ax_i})^2 + (x_{punct_k} - x_{Ax_i})^2} * \cos(\alpha_{proiectie}) * \cos(\theta_{proiectie}) - x_{Ax_i} \quad [84] \quad (5.8)$$

$$y_{pr_punct_k} = \sqrt{(y_{punct_k} - y_{Ax_i})^2 + (x_{punct_k} - x_{Ax_i})^2} * \cos(\alpha_{proiectie}) * \sin(\theta_{proiectie}) - y_{Ax_i} \quad [84] \quad (5.9)$$

unde:

$$\alpha_{proiectie} = \text{atg} \left(\frac{y_{Ax_{i+1}} - y_{Ax_i}}{x_{Ax_{i+1}} - x_{Ax_i}} \right) \quad [84] \quad (5.10)$$

$$\theta_{proiectie} = \text{atg} \left(\frac{y_k - y_{Ax_i}}{x_k - x_{Ax_i}} \right) - \alpha_{proiectie} \quad [84] \quad (5.11)$$

Lungimile segmentelor de proiecție a punctului k pe intervalul de ax $(i,i+1)$ vor fi:

$$L1_{proiectie} = \sqrt{(y_{punct_k} - y_{Ax_i})^2 + (x_{punct_k} - x_{Ax_i})^2} \quad [84] \quad (5.12)$$

$$L2_{proiectie} = \sqrt{(y_{punct_k} - y_{Ax_{i+1}})^2 + (x_{punct_k} - x_{Ax_{i+1}})^2} \quad [84] \quad (5.13)$$

Lungimile segmentului de ax pe intervalul de ax $(i,i+1)$ vor fi:

$$L_{Ax(i,i+1)} = \sqrt{(y_{Ax_{i+1}} - y_{Ax_i})^2 + (x_{Ax_{i+1}} - x_{Ax_i})^2} \quad [84] \quad (5.14)$$

Condiția ca proiecția unui punct de pe traseu să aparțină unui segment de pe axa drumului, este ca suma lungimilor segmentelor de proiecție să fie egală cu lungimea segmentului respectiv.

$$L_{Ax(i,i+1)} \simeq L1_{proiectie} + L2_{proiectie} \quad [84] \quad (5.15)$$

Dacă este îndeplinită condiția de egalitate, calculează poziția kilometrică a punctului de proiecție de pe axa drumului, corespunzător punctului k de pe traseu și se

verifică apartenența punctului k în intervalul kilometric $[Driver_Chainage, (Driver_Chainage+Sight_Distance)]$.

Formula de calcul a poziției kilometrice corespunzătoare punctului k este:

$$Km_{pr_k} = Start_chainage + Km_{Axi} + Ll_{proiectie} \quad (5.16)$$

Dacă este îndeplinită condiția:

$$Driver_Chainage \leq Km_{pr_k} \leq Driver_Chainage + Sight_Distance, \quad (5.17)$$

se scriu într-un fișier "Auxiliar_coordonate_file.txt", coordonatele punctului k .

Structura de cod scrisă în Visual Basic For Applications pentru procedura de filtrare a punctelor de pe traseul de drum, care intră în intervalul $[Driver_Chainage, (Driver_Chainage+Sight_Distance)]$ este:

```
.....  
dist_partiale_ax = 0  
Dist_punct_ax = 0  
auxiliar_coordonate_file = "C:\Users\Stefan\Desktop\VBA  
2015\DATE\Auxiliar_Coordonate_file.txt"  
Open auxiliar_coordonate_file For Append Access Write As #15  
Open Polyline_coordinates_file For Input Access Read Shared As #2  
  
j_aux = 0  
k = 1  
Do Until k = nr_puncte - 1  
Dist_punct_ax = 0  
For i = 1 To nr_puncte_ax - 1  
dist_partiale_ax = Sqr((Cdbl(AX_Coordinates_Array(0, i + 1)) -  
Cdbl(AX_Coordinates_Array(0, i))) * (Cdbl(AX_Coordinates_Array(0, i +  
1)) - Cdbl(AX_Coordinates_Array(0, i))) + (Cdbl(AX_Coordinates_Array(1,  
i + 1)) - Cdbl(AX_Coordinates_Array(1, i))) *  
(Cdbl(AX_Coordinates_Array(1, i + 1)) - Cdbl(AX_Coordinates_Array(1,  
i))))  
  
Alfa_proiectie = Atn((Cdbl(AX_Coordinates_Array(1, i + 1)) -  
Cdbl(AX_Coordinates_Array(1, i))) / (Cdbl(AX_Coordinates_Array(0, i +  
1)) - Cdbl(AX_Coordinates_Array(0, i)))) * 180 / 3.14159265358979
```

```
Dist_punct_ax = Dist_punct_ax + dist_partiale_ax

ReDim Preserve Sir_proiectie_Ax(2, k)
If sir_coord(0, k) <> "START X" Then
    diferenta = ((sir_coord(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)) +
(sir_coord(1, k) - AX_Coordinates_Array(1, i))) + ((sir_coord(0, k + 1)
- AX_Coordinates_Array(0, i + 1)) + (sir_coord(1, k + 1) -
AX_Coordinates_Array(1, i + 1)))

If diferenta = 0 Then
Teta_proiectie = 0
Sir_proiectie_Ax(0, k) = sir_coord(0, k)
Sir_proiectie_Ax(1, k) = sir_coord(1, k)
Km_punct = Start_Chainage + (Dist_punct_ax - dist_partiale_ax)

If (Driver_Chainage <= Km_punct) And (Km_punct < (Driver_Chainage +
Sight_Distance)) Then

For p = 0 To 2
Print #15, sir_coord(p, k)
Next

End If
Else
Teta_proiectie = (1) * (Atn((sir_coord(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i)) / (sir_coord(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i))) * 180 /
3.14159265358979 - Alfa_proiectie)

If Dist_punct_ax = 0 Then

If (Teta_proiectie = 0) Then
Sir_proiectie_Ax(0, k) = sir_coord(0, k)
Sir_proiectie_Ax(1, k) = sir_coord(1, k)
Km_punct = Start_Chainage + (Dist_punct_ax - dist_partiale_ax)
Else

If (Teta_proiectie > 90) Or (Teta_proiectie < 0) Then
Sir_proiectie_Ax(0, k) = (-1) * (Sqr((sir_coord(1, k) -
AX_Coordinates_Array(1, i)) * (sir_coord(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i)) + (sir_coord(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)) * (sir_coord(0, k)
- AX_Coordinates_Array(0, i))) * Cos(Alfa_proiectie * 3.14159265358979 /
180) * Cos(Teta_proiectie * 3.14159265358979 / 180))
```

```
Sir_proiectie_Ax(1, k) = (-1) * (Sqr((sir_coord(1, k) -
AX_Coordinates_Array(1, i)) * (sir_coord(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i)) + (sir_coord(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)) * (sir_coord(0, k)
- AX_Coordinates_Array(0, i))) * Sin(Alfa_proiectie * 3.14159265358979 /
180) * Cos(Teta_proiectie * 3.14159265358979 / 180))

Else

Sir_proiectie_Ax(0, k) = (1) * Sqr((sir_coord(1, k) -
AX_Coordinates_Array(1, i)) * (sir_coord(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i)) + (sir_coord(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)) * (sir_coord(0, k)
- AX_Coordinates_Array(0, i))) * Cos(Alfa_proiectie * 3.14159265358979 /
180) * Cos(Teta_proiectie * 3.14159265358979 / 180)

Sir_proiectie_Ax(1, k) = (-1) * (Sqr((sir_coord(1, k) -
AX_Coordinates_Array(1, i)) * (sir_coord(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i)) + (sir_coord(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)) * (sir_coord(0, k)
- AX_Coordinates_Array(0, i))) * Sin(Alfa_proiectie * 3.14159265358979 /
180) * Cos(Teta_proiectie * 3.14159265358979 / 180))

End If
End If
Else

If (Teta_proiectie = 0) Then
Sir_proiectie_Ax(0, k) = sir_coord(0, k)
Sir_proiectie_Ax(1, k) = sir_coord(1, k)
Km_punct = Start_Chainage + (Dist_punct_ax - dist_partiale_ax)
Else

If (Teta_proiectie > 90) Or (Teta_proiectie < 0) Then
Sir_proiectie_Ax(0, k) = (-1) * (Sqr((sir_coord(1, k) -
AX_Coordinates_Array(1, i)) * (sir_coord(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i)) + (sir_coord(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)) * (sir_coord(0, k)
- AX_Coordinates_Array(0, i))) * Cos(Alfa_proiectie * 3.14159265358979 /
180) * Cos(Teta_proiectie * 3.14159265358979 / 180) -
AX_Coordinates_Array(0, i))

Sir_proiectie_Ax(1, k) = (-1) * (Sqr((sir_coord(1, k) -
AX_Coordinates_Array(1, i)) * (sir_coord(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i)) + (sir_coord(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)) * (sir_coord(0, k)
```

```
- AX_Coordinates_Array(0, i)) * Sin(Alfa_proiectie * 3.14159265358979 /
180) * Cos(Teta_proiectie * 3.14159265358979 / 180) -
AX_Coordinates_Array(1, i))

Else
Sir_proiectie_Ax(0, k) = (1) * (Sqr((sir_coord(1, k) -
AX_Coordinates_Array(1, i)) * (sir_coord(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i)) + (sir_coord(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)) * (sir_coord(0, k)
- AX_Coordinates_Array(0, i))) * Cos(Alfa_proiectie * 3.14159265358979 /
180) * Cos(Teta_proiectie * 3.14159265358979 / 180) -
AX_Coordinates_Array(0, i))

Sir_proiectie_Ax(1, k) = (-1) * (Sqr((sir_coord(1, k) -
AX_Coordinates_Array(1, i)) * (sir_coord(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i)) + (sir_coord(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)) * (sir_coord(0, k)
- AX_Coordinates_Array(0, i))) * Sin(Alfa_proiectie * 3.14159265358979 /
180) * Cos(Teta_proiectie * 3.14159265358979 / 180) -
AX_Coordinates_Array(1, i))

End If
End If

L1_proiectie_AX = Sqr((Sir_proiectie_Ax(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i)) * (Sir_proiectie_Ax(1, k) - AX_Coordinates_Array(1, i)) +
(Sir_proiectie_Ax(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)) *
(Sir_proiectie_Ax(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i)))

L2_proiectie_AX = Sqr((Sir_proiectie_Ax(1, k) - AX_Coordinates_Array(1,
i + 1)) * (Sir_proiectie_Ax(1, k) - AX_Coordinates_Array(1, i + 1)) +
(Sir_proiectie_Ax(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i + 1)) *
(Sir_proiectie_Ax(0, k) - AX_Coordinates_Array(0, i + 1)))
Print #8, "Punct " & k & "(" & sir_coord(0, k) & "," & sir_coord(1, k) &
"," & sir_coord(2, k) & ")"
Print #8, "Punct_ax:", i
Print #8, "Teta_proiectie:" & Teta_proiectie
Print #8, "Alfa_proiectie", Alfa_proiectie
Print #8, "Coordonate proiectie ax pentru punctul " & "(" & p & "," & k
& "):" & "(" & Sir_proiectie_Ax(0, k) & "," & Sir_proiectie_Ax(1, k) &
")"
Print #8, "L1_Proiectie_Ax:" & "(" & p & "," & k & "):" &
L1_proiectie_AX
```

```
Print #8, "L2_Proiectie_Ax:" & "(" & p & "," & k & "):" &
L2_proiectie_AX
Print #8, "Suma proiectiilor:" & L1_proiectie_AX + L2_proiectie_AX
Print #8, "Distanțe_partiale_ax:" & dist_partiale_ax
Print #8, "Dist_punct_ax:", Dist_punct_ax

If ((L1_proiectie_AX + L2_proiectie_AX) - dist_partiale_ax <= 0.005) Or
((dist_partiale_ax - (L1_proiectie_AX + L2_proiectie_AX)) > 0.005) Then
Km_punct = Start_Chainage + (Dist_punct_ax - dist_partiale_ax) +
L1_proiectie_AX

If (Driver_Chainage <= Km_punct) And (Km_punct < (Driver_Chainage +
Sight_Distance)) Then
For p = 0 To 2
Print #15, sir_coord(p, k)
Next
Print #8, "Km_punct:", Km_punct
End If
End If
End If
End If
Else
If Km_punct = Driver_Chainage Then
Print #15, "START X"
Print #15, "START Y"
Print #15, "START Z"
End If
End If
Next
k = k + 1
Loop
Close #15
.....
```

5.2.6 Transpunerea coordonatelor punctelor de pe traseu în coordonate relative față de poziția observatorului

Se deschide fișierul "Auxiliar_coordonate_file.txt", conținând coordonatele filtrate ale elementelor traseului de drum, se parcurge linie cu linie și se scriu într-un șir de date cu trei câmpuri aceste valori.

Coordonatele poziției observatorului și cele de orientare din “driver_coordinates_file.txt”, se vor scrie și ele în șiruri de date.

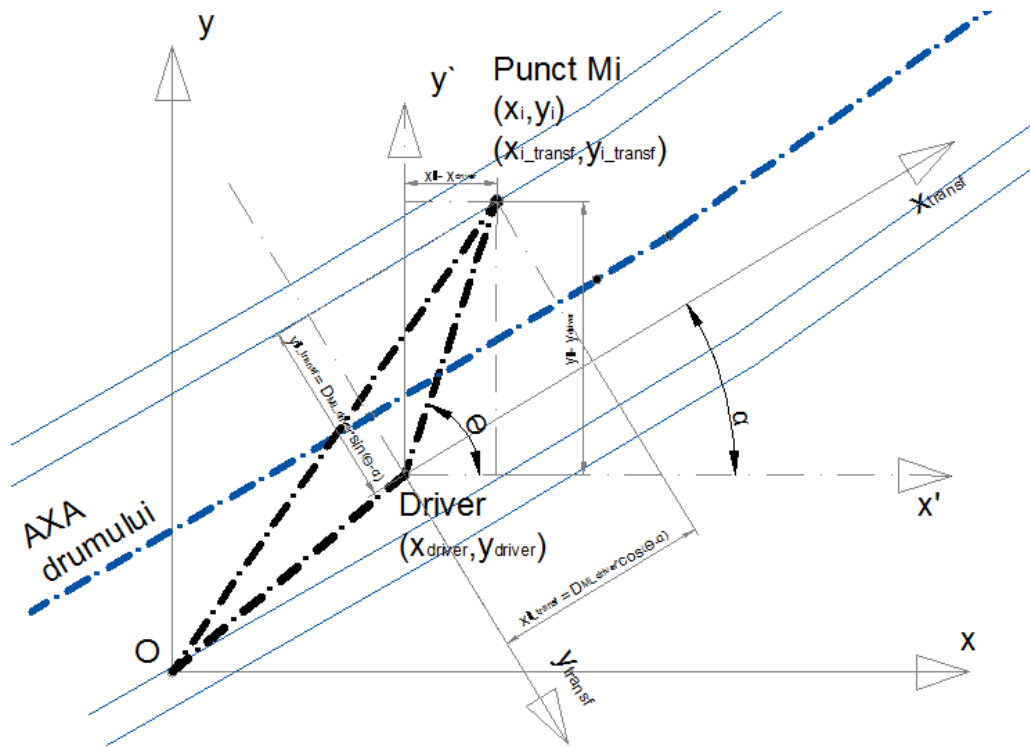


Figura 5.8 Calculul coordonatelor relative ale punctelor de pe traseu în raport cu poziția observatorului

Considerând α , unghiul de orientare a șoferului față de direcția axei orizontale, (unghiul dintre axele $O'X_{transf}$ și $O'X$), respectiv θ_i , unghiul care dictează poziția punctului M_i față de axa orizontală (unghiul dintre dreptele $O'M_i$ și $O'X$), se calculează coordonatele relative ale punctului M_i de pe traseul de drum în raport cu poziția șoferului cu următoarele formule:

$$x_{i_transf} = \sqrt{(y_i - y_{driver})^2 + (x_i - x_{driver})^2} * \cos(\theta - \alpha) \quad [84] \quad (5.18)$$

$$y_{i_transf} = \sqrt{(y_i - y_{driver})^2 + (x_i - x_{driver})^2} * \sin(\theta - \alpha) \quad [84] \quad (5.19)$$

$$z_{i_transf} = z_i - z_{driver} \quad [60] \quad (5.20)$$

$$\alpha = \text{atg} \left(\frac{y_{Orientare} - y_{driver}}{x_{Orientare} - x_{driver}} \right) \quad [84] \quad (5.21)$$

$$\theta_i = \text{atg} \left(\frac{y_i - y_{driver}}{x_i - x_{driver}} \right) \quad [84] \quad (5.22)$$

Valorile x_{i_tranf} , y_{i_tranf} , z_{i_tranf} , se salvează într-un șir de date ("array") „șir_coord_transf (j,i)", având $j=0\div 2$.

Se scriu într-un fișier „auxiliar.txt" coordonatele transformate.

Structura de program pentru transformarea coordonatelor proiectului în coordonate relative față de poziția observatorului este:

```
.....  
driver_coordinates_file = "C:\Users\Stefan\Desktop\VBA  
2015\DATE\driver_coordinates_file.txt"  
  
Open driver_coordinates_file For Input Access Read Shared As #11  
nTgtRow = 1  
j = 0  
i = 1  
k = 0  
n = 0  
m = -1  
  
Do Until EOF(11)  
k = k + 1  
ReDim Preserve Driver_Coordinates(2, k)  
  
For j = 0 To 2  
Line Input #11, driverline  
Driver_Coordinates(j, k) = Val(driverline)  
Next  
  
Loop  
  
auxiliar_file = "C:\Users\Stefan\Desktop\VBA 2015\DATE\auxiliar_file.txt"  
Polyline_coordinates_file = "C:\Users\Stefan\Desktop\VBA  
2015\DATE\Auxiliar_coordonate_file.txt"  
  
Open Polyline_coordinates_file For Input Access Read Shared As #15  
Open auxiliar_file For Append Access Write As #4  
  
ReDim Preserve dblpts(0 To 2) As Double  
k = 0  
  
Do Until EOF(15)  
k = k + 1
```

```
ReDim Preserve sir_coord(2, k)

For j = 0 To 2
Line Input #15, sline
sir_coord(j, k) = sline
Next
Loop

n = k
Close #15
nTgtRow = 1
i = 0
j = 0

D_partiale = "C:\Users\Stefan\Desktop\VBA 2015\DATE\D_Partiale.txt"
pointfile = "C:\Users\Stefan\Desktop\VBA 2015\DATE\Point_File.txt"
Open D_partiale For Append Access Write As #8
Open pointfile For Append Access Write As #10

Dim D As Integer
Dim x1, y1, x2, y2, X_driver, Y_driver, Z_driver As Long

On Error Resume Next
PI_VAL = 3.14159265358979

For i = 1 To n

If sir_coord(0, i) <> "START X" Then
ReDim Preserve sir_coord_transf(2, i)

Teta = Atn((sir_coord(1, i) - Driver_Coordinates(1, 1)) / (sir_coord(0, i)
- Driver_Coordinates(0, 1))) * (180 / PI_VAL)

Alfa = Atn((Driver_Coordinates(1, 2) - Driver_Coordinates(1, 1)) /
(Driver_Coordinates(0, 2) - Driver_Coordinates(0, 1))) * (180 / PI_VAL)

Print #8, "Teta: " & Teta
Print #8, "Argument teta: ", ((sir_coord(1, i) - Driver_Coordinates(1, 1))
/ (sir_coord(0, i) - Driver_Coordinates(0, 1)))
Print #8, "Alfa: " & Alfa

If Alfa > 0 Then
```

```
sir_coord_transf(0, i) = (1) * (Sqr((sir_coord(1, i) -  
Driver_Coordinates(1, 1)) * (sir_coord(1, i) - Driver_Coordinates(1, 1)) +  
(sir_coord(0, i) - Driver_Coordinates(0, 1)) * (sir_coord(0, i) -  
Driver_Coordinates(0, 1)))) * Cos((Teta - Alfa) * (PI_VAL / 180))
```

```
sir_coord_transf(1, i) = (1) * (Sqr((sir_coord(1, i) -  
Driver_Coordinates(1, 1)) * (sir_coord(1, i) - Driver_Coordinates(1, 1)) +  
(sir_coord(0, i) - Driver_Coordinates(0, 1)) * (sir_coord(0, i) -  
Driver_Coordinates(0, 1)))) * Sin((Teta - Alfa) * (PI_VAL / 180))
```

```
sir_coord_transf(2, i) = sir_coord(2, i) - Driver_Coordinates(2, 1)
```

```
Else
```

```
sir_coord_transf(0, i) = (1) * (Sqr((sir_coord(1, i) -  
Driver_Coordinates(1, 1)) * (sir_coord(1, i) - Driver_Coordinates(1, 1)) +  
(sir_coord(0, i) - Driver_Coordinates(0, 1)) * (sir_coord(0, i) -  
Driver_Coordinates(0, 1)))) * Cos((Teta - Alfa) * (PI_VAL / 180))
```

```
sir_coord_transf(1, i) = (-1) * (Sqr((sir_coord(1, i) -  
Driver_Coordinates(1, 1)) * (sir_coord(1, i) - Driver_Coordinates(1, 1)) +  
(sir_coord(0, i) - Driver_Coordinates(0, 1)) * (sir_coord(0, i) -  
Driver_Coordinates(0, 1)))) * Sin((Teta - Alfa) * (PI_VAL / 180))
```

```
sir_coord_transf(2, i) = sir_coord(2, i) - Driver_Coordinates(2, 1)
```

```
End If
```

```
Print #8, "Driver_Height", Driver_Height
```

```
Print #8, sir_coord_transf(0, i) & " " & sir_coord_transf(1, i) & " " &  
sir_coord_transf(2, i)
```

```
Print #4, sir_coord_transf(0, i)
```

```
Print #4, sir_coord_transf(1, i)
```

```
Print #4, sir_coord_transf(2, i)
```

```
End If
```

```
Next
```

```
On Error Resume Next
```

```
.....
```

5.2.7 Calculul coordonatelor de proiecție ale elementelor traseului de drum

Se parcurge șirul de coordonate transformate, atâta timp cât $\text{sir_coordate_transf}(0,i) \neq \text{"START X"}$ și se calculează cu formula Euclidiană de calcul a distanțelor, distanțe parțiale între puncte și distanțe cumulate în lungul elementului de drum.

$$D_{\text{parțiale}_i} = \sqrt{(y_i - y_{i-1})^2 + (x_i - x_{i-1})^2} \quad [84] \quad (5.23)$$

$$D_{\text{cumulate}_i} = (D_{\text{cumulate}_{i-1}} + D_{\text{parțiale}_i}) + (\text{Start_chainage} - \text{Driver_chainage}) \quad (5.24)$$

Coordonatele de proiecție vor fi:

$$x_{i_persp} = (x_i / D_{\text{cumulate}_i}) * D_{\text{focală}} * 1000 \quad [41] \quad (5.25)$$

$$y_{i_persp} = (y_i / D_{\text{cumulate}_i}) * D_{\text{focală}} * 1000 \quad [41] \quad (5.26)$$

$$z_{i_persp} = (z_i / D_{\text{cumulate}_i}) * D_{\text{focală}} * 1000 \quad [41] \quad (5.27)$$

Aceste coordonate se scriu în fișierul "Point_File.txt". Structura de program pentru această procedură este:

```

.....
dist_partiale = 0
Dist_punct = 0
For i = 2 To n
If sir_coord(0, i) = "START X" Then
dist_partiale = 0
Dist_punct = 0
Else
dist_partiale = Sqr((Cdbl(sir_coord_transf(0, i)) -
Cdbl(sir_coord_transf(0, i - 1))) * (Cdbl(sir_coord_transf(0, i)) -
Cdbl(sir_coord_transf(0, i - 1))) + (Cdbl(sir_coord_transf(1, i)) -
Cdbl(sir_coord_transf(1, i - 1))) * (Cdbl(sir_coord_transf(1, i)) -
Cdbl(sir_coord_transf(1, i - 1))))
Dist_punct = Dist_punct + dist_partiale
End If
Write #8, "Dist_partiale:", dist_partiale

```

```
Write #8, "Dist_punct:", Dist_punct
ReDim Preserve sir_coord_persp(2, i) As Variant
For j = 0 To 2
If Dist_punct = 0 Then
sir_coord_persp(j, i) = 0
Print #8, "Punct:", i
Write #8, "sir_coord_persp(", j, i, ")", sir_coord_persp(j, i)
Else
Print #8, "Dist_punct:", Dist_punct
Print #8, "Dist_partiale:", dist_partiale
Print #8, "Punct:", i
sir_coord_persp(j, i) = (sir_coord_transf(j, i) / Dist_punct) *
Dist_focala * 1000
Write #8, "sir_coord_persp(", j, i, ")", sir_coord_persp(j, i)
End If
Next
persp_point = sir_coord_persp(1, i) & " " & sir_coord_persp(2, i) & " " & 0
Print #10, persp_point
Next
On Error Resume Next
Close #4
Close #5
Close #6
Close #7
Close #8
Close #10
Close #11
```

5.2.8 Generarea tabloului de perspectivă

Se parcurge fișierul cu punctele de construcție a tabloului de perspectivă, "Point_file.txt" și se rețin aceste puncte într-un șir de tip "double".

Se generează polilini 3D din șirul de date. Tabloul de perspectivă va avea un sistem de coordonate yOz, întrucât axa x este orientată în lungul drumului.

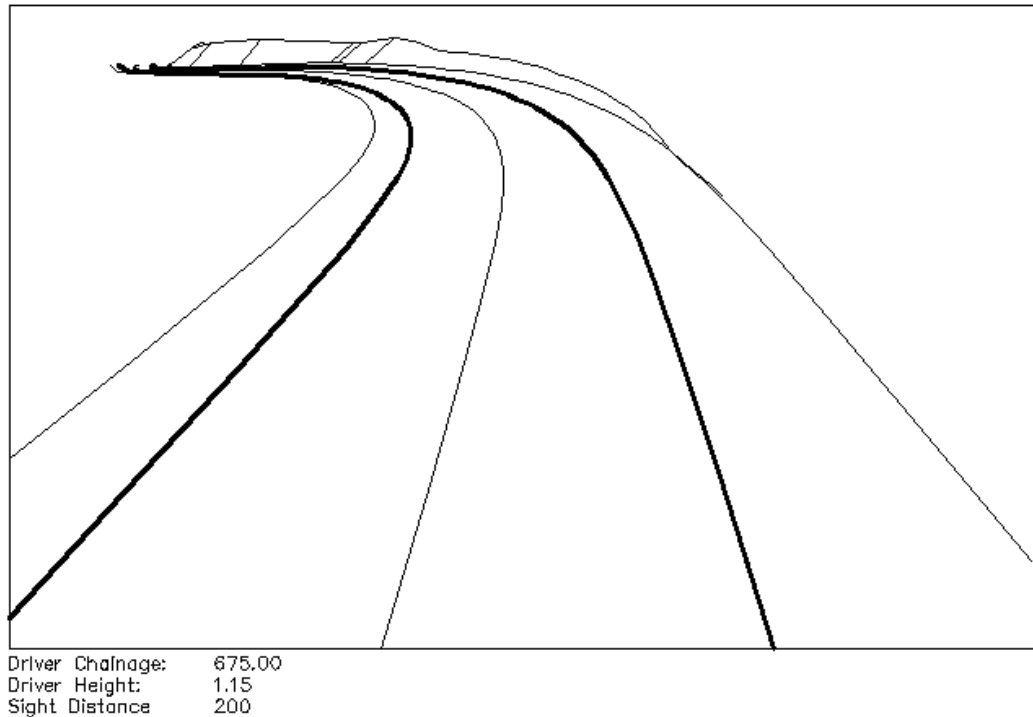


Figura 5.9 Tablou de perspectivă generat cu "Road Design Perspective"

Procedura scrisă în program pentru generarea tabloului de perspectivă este:

```
Public Sub Genereaza_Perspectiva()  
Dim pointfile, lineread As String  
Dim dw3dPoly As Acad3DPolyline  
Dim dblpts() As Double  
Dim m As Integer  
m = -1  
pointfile = "C:\Users\Stefan\Desktop\VBA 2015\DATE\point_file.txt"  
Open pointfile For Input Access Read Shared As #3  
Do Until EOF(3)  
Input #3, lineread  
Do Until lineread = "START_X START_Y START_Z" Or EOF(3)  
m = m + 1  
ReDim Preserve dblpts(m) As Double  
Input #3, dblpts(m)  
Loop  
Set dw3dPoly = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DPoly(dblpts)  
m = -1  
Loop  
Close #3  
End Sub
```

Capitolul 6. STUDII DE CAZ

6.1 Îmbunătățirea unor proiecte de autostrăzi prin analiza perspectivelor traseului

În cadrul unui proiect de autostradă, la faza de elaborare proiect au fost întâlnite câteva probleme legate de proiectarea profilului longitudinal. Se impunea geometrizarea traseului ținând cont de cotele obligate la pasajele care traversau autostrada, fără a crește foarte mult volumul lucrărilor de terasamente, întrucât pământurile existente în zonă nu erau din categorii corespunzătoare spre a fi folosite la umpluturi.

Întrucât prin tema de proiectare se solicita ca în cazul pasajelor superioare autostrăzii, din motive de siguranța circulației, să nu se amenajeze pile intermediare în zona mediană, din considerente de costuri, au rezultat mai eficiente soluțiile de amenajare a traversărilor cu pasaje inferioare autostrăzii. Acestea erau amenajate în principal în zona de traversare a văilor existente, în care oricum erau necesare structuri de poduri.

Astfel, pe un tronson situat în apropierea “Centrului de întreținere și coordonare”, în care trebuia asigurat pe sub autostradă gabaritul de trecere al vehiculelor de întreținere, s-a încercat inițial o geometrizare a profilului longitudinal ținând cont de toate condițiile amintite anterior, respectând prevederile Normativului PD-162/2002 –“Proiectare autostrăzi extraurbane” cu privire la asigurarea pantelor minime și maxime, respectiv a pasului minim de proiectare. Profilul longitudinal era cel din imaginea următoare:

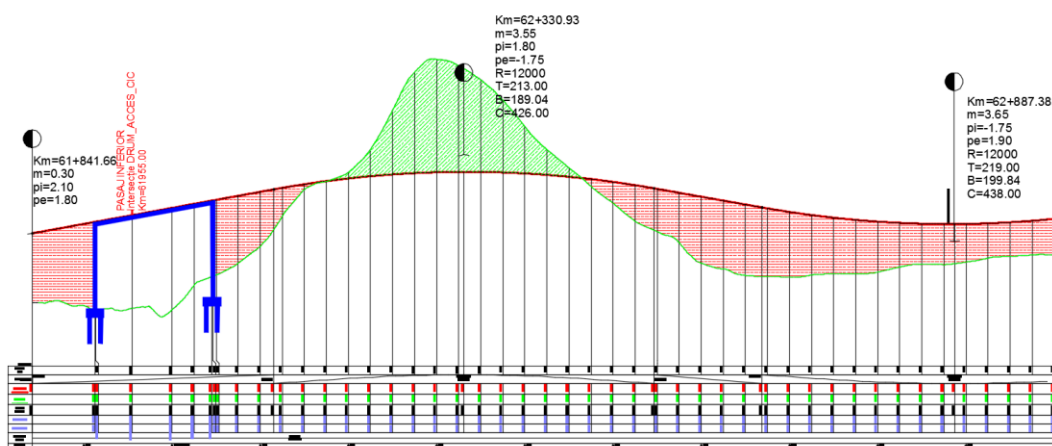


Figura 6.1 Profil longitudinal proiectat inițial

Pentru analiza vizibilității traseului, s-au generat din ARD, cu funcția “SIGHT DISTANCE” rapoarte pentru distanțele de vizibilitate specifice traseului.

În figura 6.2, se poate observa modul de definire a parametrilor de vizibilitate folosind funcția “Sight Distance” din ARD (Advanced Road Design). Au fost definite valorile minime ale distanțelor de vizibilitate, în conformitate cu PD 162-2002, precum și poziția șoferului și a obiectelor țintă pentru analiza vizibilității. Poziția șoferului s-a stabilit la 9m de la ax, iar obiectele țintă s-au definit cu înălțime 0, pe fiecare dintre marginile carosabilului (la 2m, respectiv 12m de la axa autostrăzii).

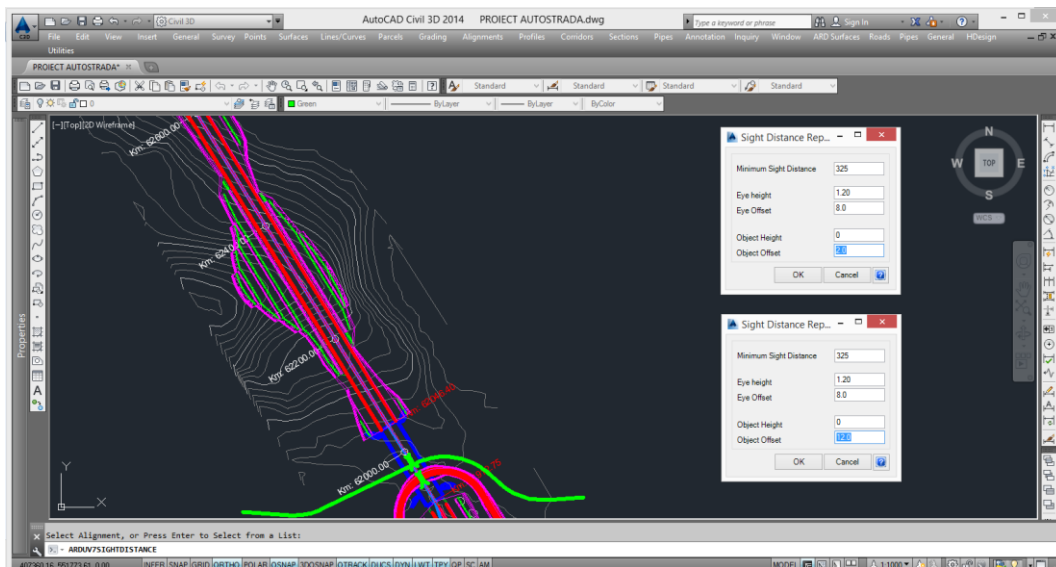


Figura 6.2 Definirea parametrilor de vizibilitate pentru SIGHT DISTANCE din ARD [40]

În figura 6.3 se evidențiază zonele cu pierderile de vizibilitate determinate cu “Sight Distance” din ARD. S-au obținut câte două rapoarte pentru fiecare dintre sensurile traseului de autostradă, pentru a se observa eventualele puncte de pierderi ale traseului din perspectivă.

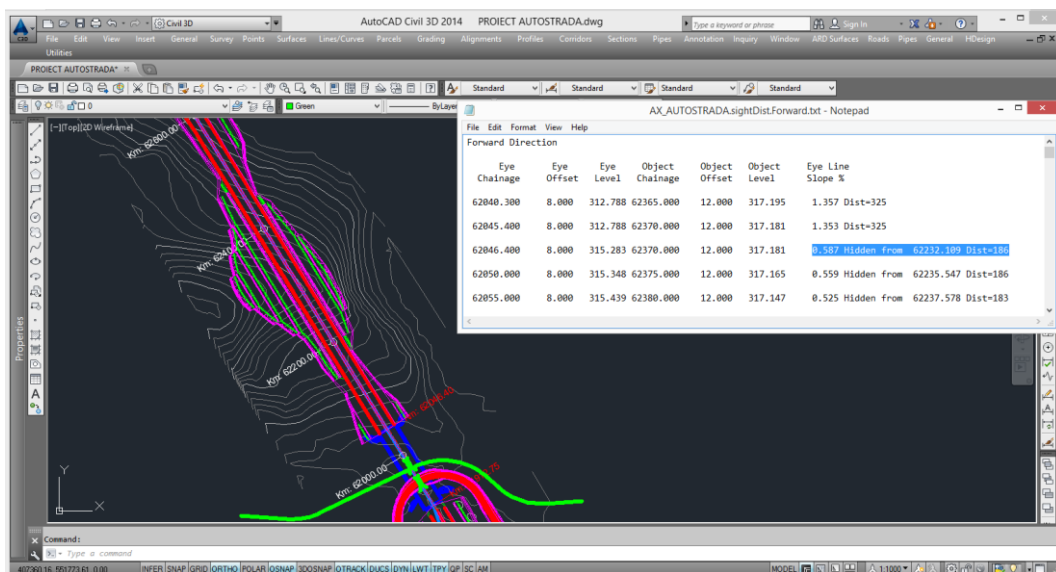


Figura 6.3 Rapoarte de vizibilitate obținute cu funcția SIGHT DISTANCE din ARD [40]

Pe baza acestor rapoarte s-au stabilit zonele critice ale traseului, în care s-au generat tablouri de perspectivă prin conturarea câmpului de vedere optim.

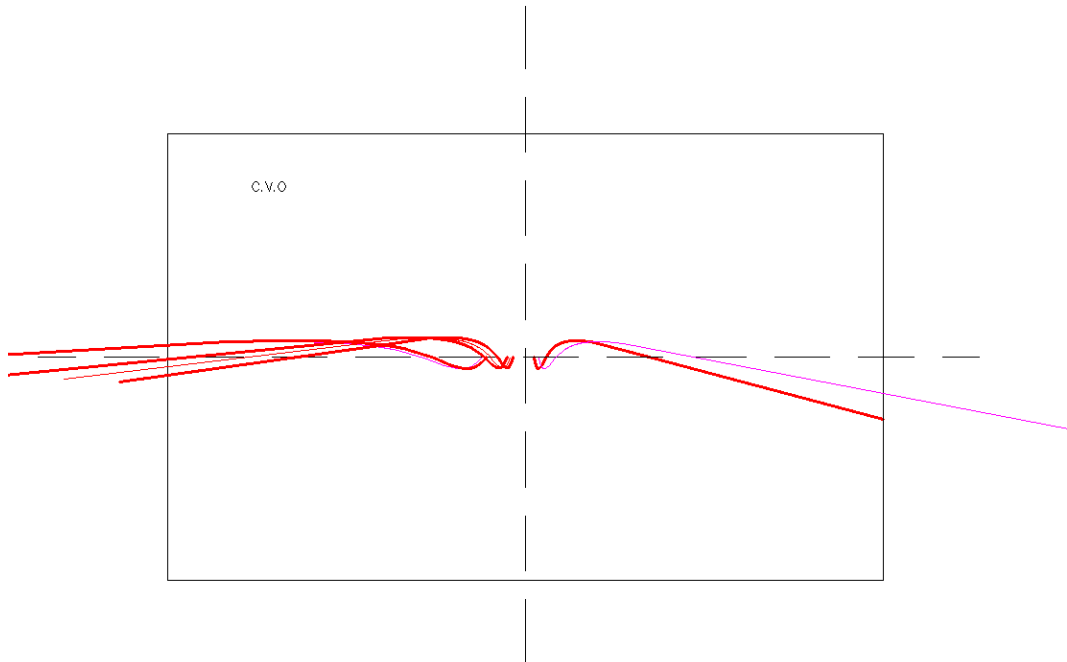


Figura 6.4 Tablou de perspectivă autostradă generat cu Road Perspective Design în axa benzii 1 pe baza elementelor 3D din ARD ^[40]

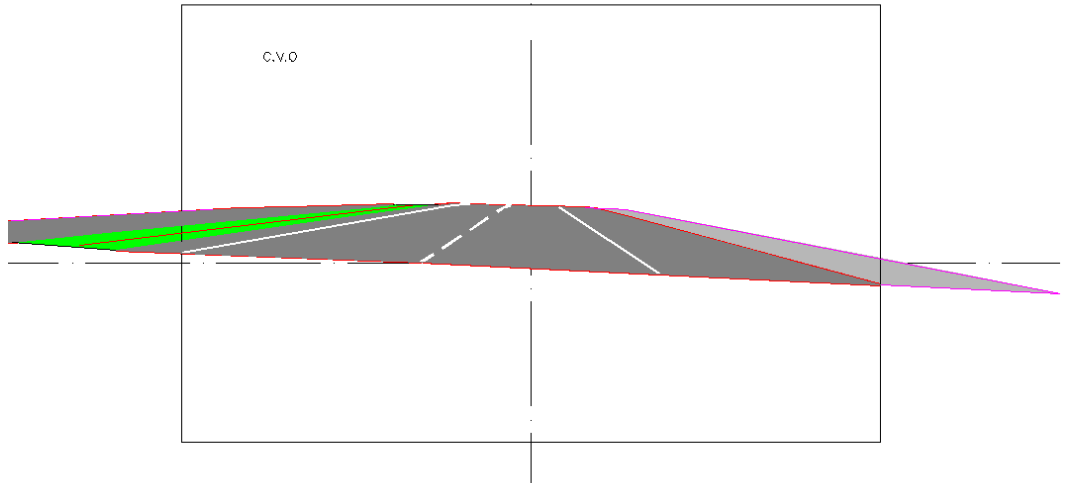


Figura 6.5 O formă prelucrată a tabloului de perspectivă din figura 6.4 ^[40]

Se poate observa că traseul se pierde din câmpul de vizibilitate, fără a sugera șoferilor continuarea traseului din punctul în care se pierde vizibilitatea, creându-se efectul de rampă, fapt care impunea intervenții asupra elementelor geometrice ale traseului.

La reprojectarea profilului longitudinal s-a încercat mai întâi mărirea lungimilor de racordare, fapt care însă s-a dovedit a nu fi suficient. O ridicare a nivelului autostrăzii

În zona care aducea probleme de pierdere a traseului din perspectivă ar fi dus la umpluturi de 12-14m pe lungimi de 800 -1000m. Astfel se impunea modificarea în ansamblu a soluțiilor de amenajare din zonă.

Profilul longitudinal reproiectat presupunea renunțarea la ideea de amenajare cu pasaj inferior a traversărilor și amenajarea unui pasaj superior. S-a coborât astfel nivelul liniei roșii și s-a înlăturat “dâmbul” care creaa probleme în ceea ce privește percepția în ansamblu asupra traseului de către participanții la trafic. Pentru traversarea văii existente în apropiere s-a ales soluția unei structuri ovoidale din tablă ondulată L=5m, înglobată în terasament. Intersecția cu drumul de acces spre “Centrul de întreținere și coordonare a autostrăzii” a fost mutate, astfel că pasajul superior pentru traversarea autostrăzii de către drumul de acces la CIC s-a amenajat în zona în care autostrada era în debleu, pentru reducerea costurilor cu construirea rampelor de acces spre pasaj.

Probleme au apărut în zona în care s-a adâncit debleul, fiind necesară extinderea zonei de expropriere, însă având în vedere faptul că în zonă terenul avea destinația de pășune, această problemă era relativ ușor de depășit.

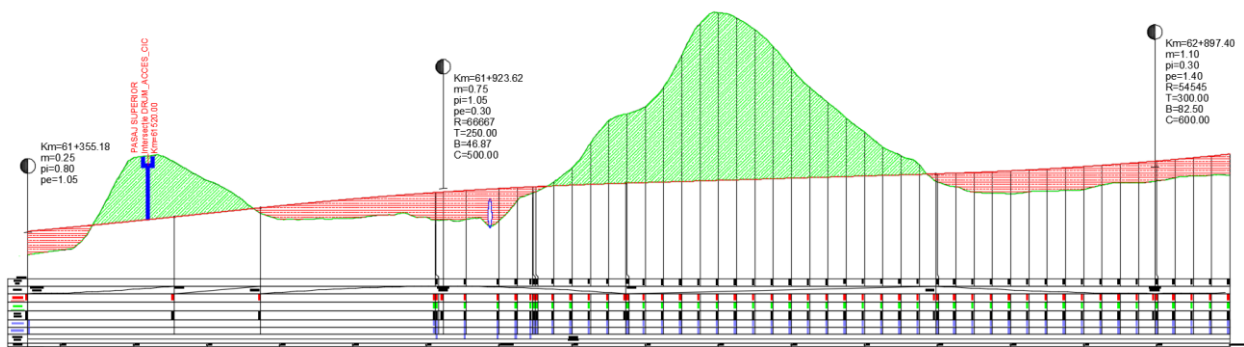


Figura 6.6 Profil longitudinal reproiectat

Tabloul de perspectivă generat după regiometrizarea profilului longitudinal este următorul:

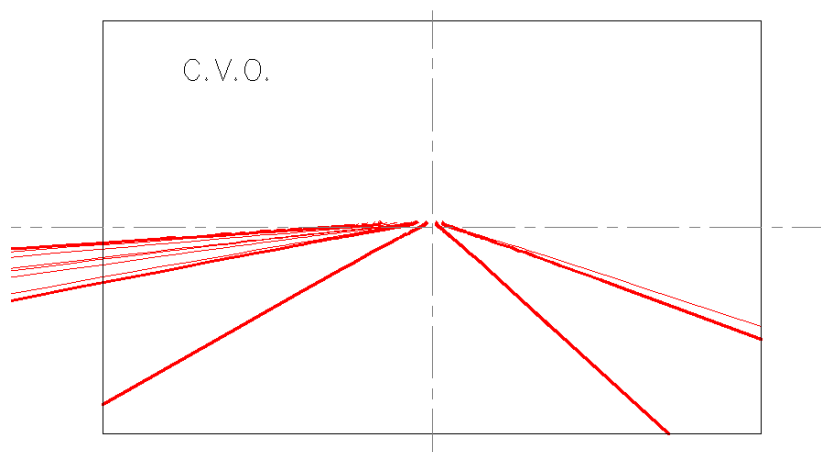


Figura 6.7 Tablou de perspectivă autostradă generat după regeometrizarea traseului

Se poate observa că traseul se conturează clar în perspectivă, marginile benzii carosabile fiind închise asimptotic în centrul câmpului de vedere optim, fiind astfel ușor pentru șoferi să urmărească traseul în mod confortabil și să-și programeze din timp manevrele pe care urmează să le facă.

6.2 Analiza traseului de pe DN1C în zona Km 108+240

În cadrul proiectelor de reabilitare a drumurilor, în situațiile în care se introduce banda suplimentară pentru vehicule lente, pe trasee cu curbe strânse și declivități pronunțate pot să apară unele deficiențe de perspectivă, chiar în situația amenajării traseului în conformitate cu prevederile STAS-ului 863-85, care reglementează “Elementele geometrice ale traseelor” pentru lucrările de drumuri. Conform STAS-ului 863-85, se recomandă ca amenajarea supralărgirii curbelor să se realizeze la interiorul curbelor.

Astfel de probleme au fost constatate și în zona Km 108+240 pe DN1C, în cadrul programului de reabilitare.



Figura 6.8 Frângerea traseului pe banda 1 de circulație pe DN1C, Km 108+240

În această zonă, traseul are un profil mixt, cu debleu pe partea dreaptă și rambleu pe partea stângă.

S-a analizat situația din zonă și s-au constatat unele aspecte referitoare la amenajarea supralărgirilor în curbă conform prevederilor STAS 863-85.

Conform prevederilor STAS 863-85, “pentru a se putea asigura circulația unor autovehicule cu lungime mare, partea carosabilă a drumurilor în curbe cu raze mai mici de 226m, se supralărgeste cu o mărime “S” egală cu suma supralărgirilor “e” ale fiecărei benzi de circulație. Supralărgirea “S” se prevede spre interiorul curbei, însă în cazuri cu totul excepționale, sau în localități, când această prevedere ar conduce la lucrări foarte

grele sau la demolări, se admite ca supralărgirile “e” să se prevadă pentru fiecare bandă de circulație separat, pe dreapta privind sensul de mers”.

În cazuri particulare, precum cel prezentat la Km 108+240 pe DN1C din cadrul programului de reabilitare, o proiectare care urmărește strict recomandările STAS-ului 863-85, poate duce la apariția unor valori foarte mari ale pantelor compuse pe prima bandă (spre interiorul curbei).

Inițial, s-a proiectat traseul cu o curbă cu rază de 25m (amenajată pentru o viteză de 25Km/h), supralărgită integral la interior. Unghiul dintre aliniamente era de 109.89 grade. Valoarea totală a supralărgirii curbei a rezultat de 7.20m (3x240cm). Panta longitudinală s-a amenajat cu o valoare de 5.7%. Panta compusă pe banda carosabilă din interior ajungea în aceste situații la valori de peste 19%.

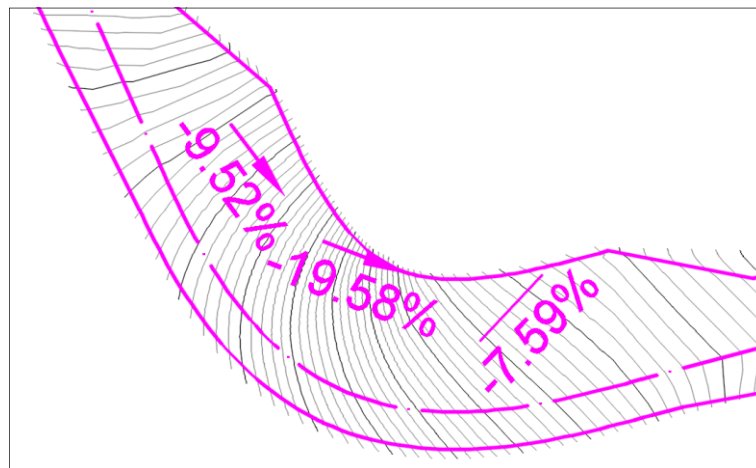


Figura 6. 9 Evidențierea pantelor compuse pe baza unui model 3D

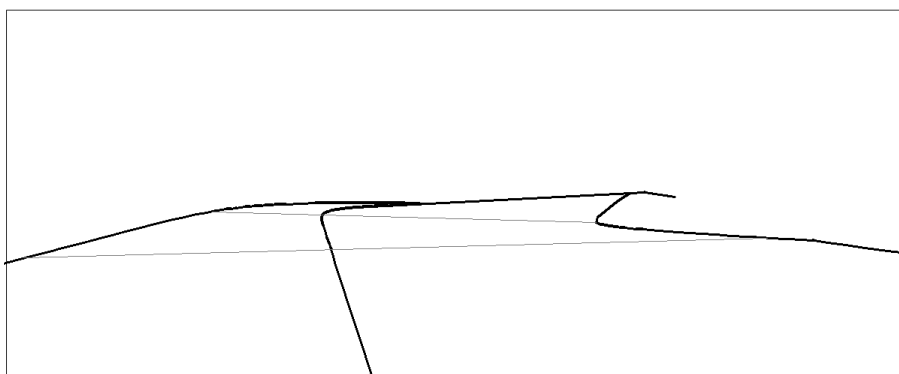


Figura 6. 10 Tabloul de perspectivă generat pe baza poliliniilor 3D din model pentru situația inițială

Ulterior s-a revenit asupra proiectului și s-a modificat traseul, axa drumului fiind retrasă spre dreapta, însă de această dată împărțind supralărgirea pe fiecare parte a

drumului, respectiv 4.80m (2benzi x 240cm) la interior și 2.40m (1 bandă x 240cm) la exterior.

S-a constatat că deși panta longitudinală în ax a crescut datorită reducerii lungimii traseului, pantele compuse la nivelul benzilor au scăzut la valori sub 12%.

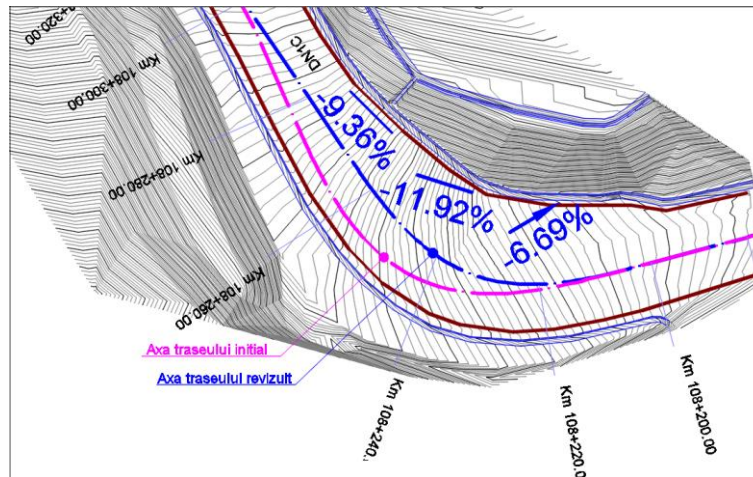


Figura 6. 11 Reducerea valorilor pantelor compuse prin împărțirea supralărgirii în curbă

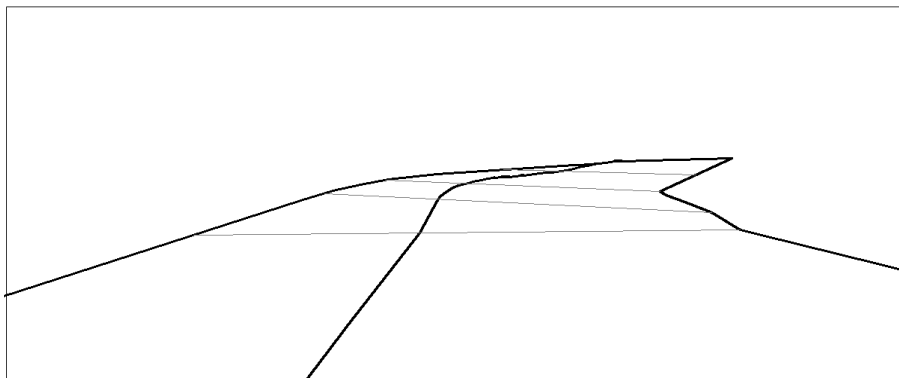


Figura 6. 12 Tablou de perspectivă generat pe baza poliliniilor 3D din model după regiometrizarea traseului

În tabloul de perspectivă generat după regiometrizarea traseului se poate observa o îmbunătățire a traseului, chiar dacă efectul de treaptă nu a fost eliminat complet, acesta a fost mult diminuat. O formă care să corespundă total cerințelor de confort optic ar fi fost posibilă doar prin modificări majore aduse traseului și prin lucrări de consolidare foarte costisitoare.

Chiar dacă panta longitudinală în ax a crescut, faptul că panta transversală de 7% a fost împărțită, face ca panta longitudinală la marginea din dreapta a carosabilului să scadă, oferind șoferilor o mai bună percepție asupra traseului, eliminând efectul de treaptă care apărea în primul caz la nivelul marginii din dreapta a carosabilului.

6.3 Analiza unor cazuri particulare ale perspectivelor traseului

6.3.1 Începutul de curbă din plan în racordarea convexă din profil longitudinal

Începutul curbei din plan într-o zonă de racordare convexă în profil longitudinal, poate crea unele probleme la parcurgerea traseului, fiind dificil pentru șoferi să perceapă configurația traseului.

În figura 6.13 este redat un plan de situație pe un traseu sinuos în zonă de deal.

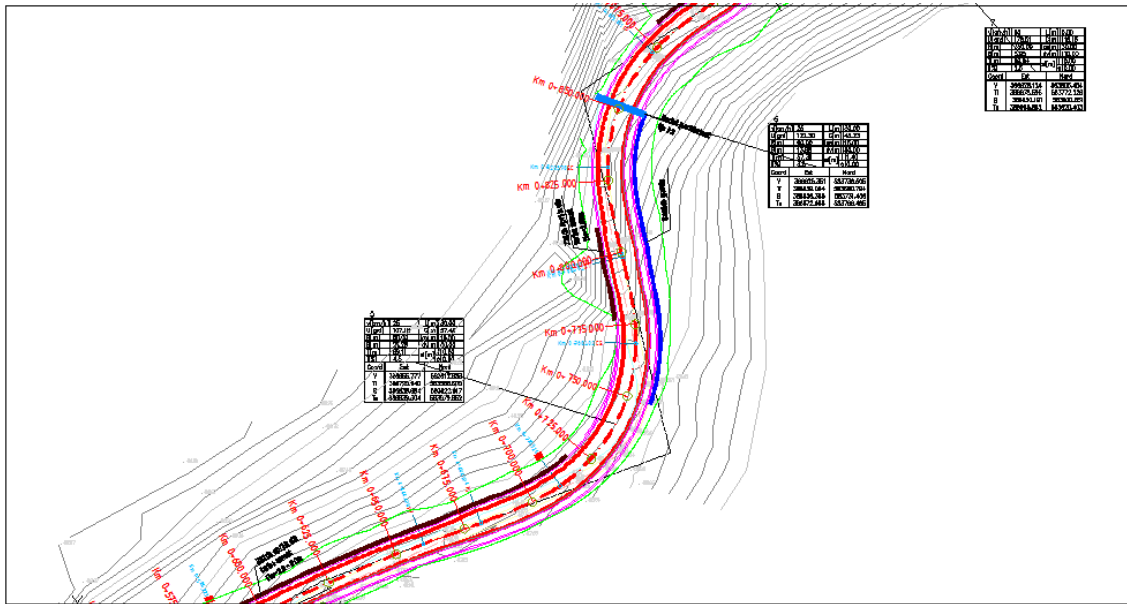


Figura 6.13 Plan de situație pe un traseu sinuos în zonă de deal

Profilul longitudinal proiectat inițial era cel din figura 6.14.

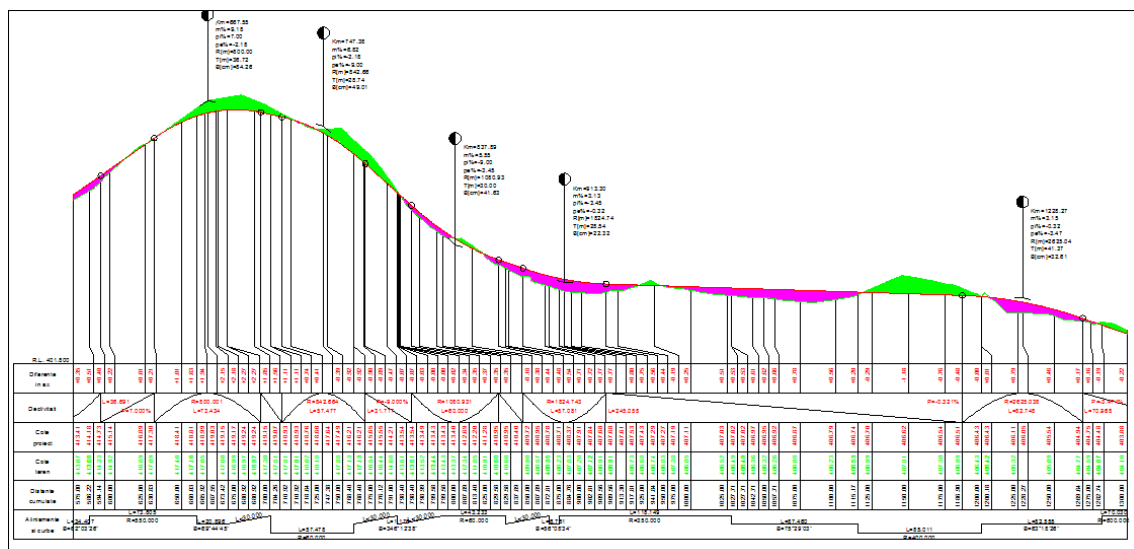


Figura 6.14 Profil longitudinal proiectat inițial

Tabloul de perspectivă generat cu Road Perspective Design pentru analiza traseului în zona punctului de maxim din profil longitudinal era cel din figura 6.15

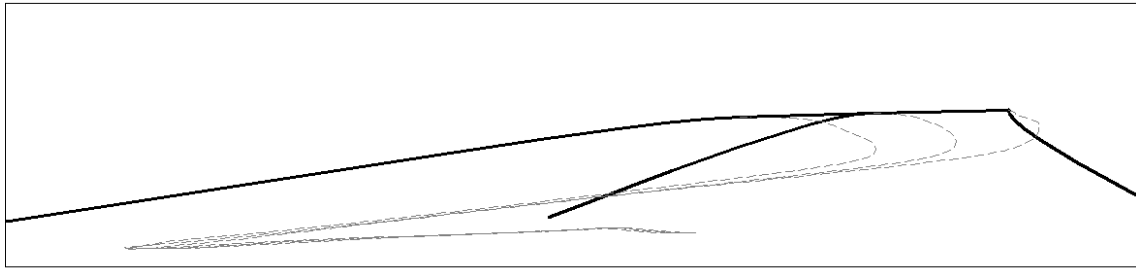


Figura 6.15 Tablou de perspectivă generat cu Road Perspective Design

Tabloul de perspectivă pune în evidență un efect de rampă al traseului, care generează o dificultate a șoferilor pentru a percepe faptul că pe traseu urmează o schimbare de direcție printr-o curbă la stânga.

S-a regeometrizat traseul și s-a generat din nou tabloul de perspectivă.

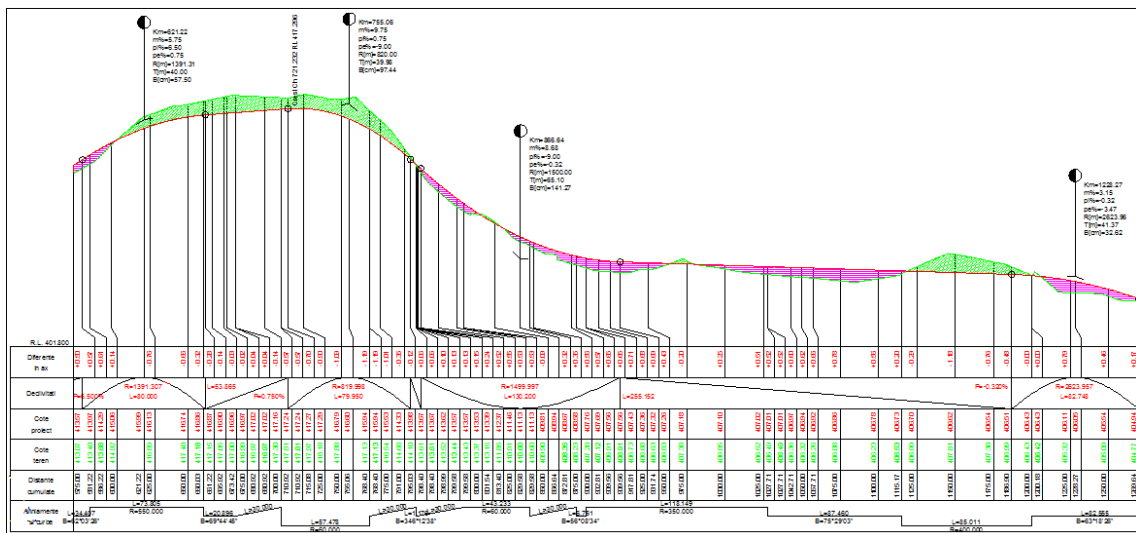


Figura 6.16 Profil longitudinal reprojectat

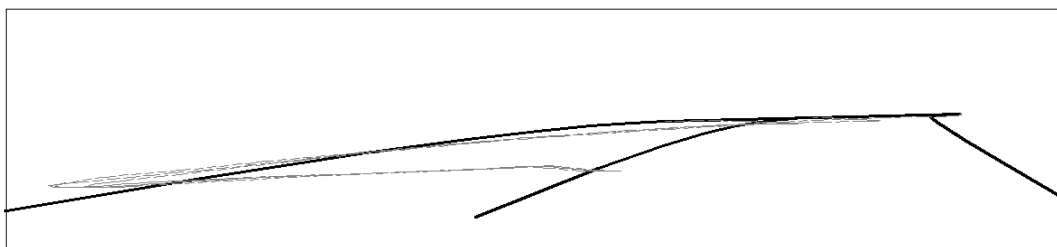


Figura 6.17 Tablou de perspectivă regenerat după reproiectare

Imaginea 6.17 arată o îmbunătățire a caracteristicilor traseului, prin mutarea punctului de maxim din profil longitudinal în interiorul curbei din plan, fiind astfel mai ușor pentru șoferi să perceapă porțiunea de traseu care se desfășoară în fața lor.

6.3.2 Zone cu traseu boltit și vălurit

Traseul boltit rezultă, de obicei, din racordări verticale de lungimi reduse, care pot genera eclipsarea unor părți din carosabil, sau pot genera perspective care produc iluzia optică de ștrangulare a platformei drumului, mai ales în cazul unor aliniamente lungi. [1]

În cazul unor alternanțe ale racordărilor verticale de lungimi reduse, traseul apare vălurit, în perspectivă rezultând o serie de ștrangulări aparent succesive, precum și dispariția cu intermitență din câmpul vizual a unor porțiuni ale traseului. [1]

În imaginile următoare sunt redată vederea în plan și profilul longitudinal ale unor astfel de situații.

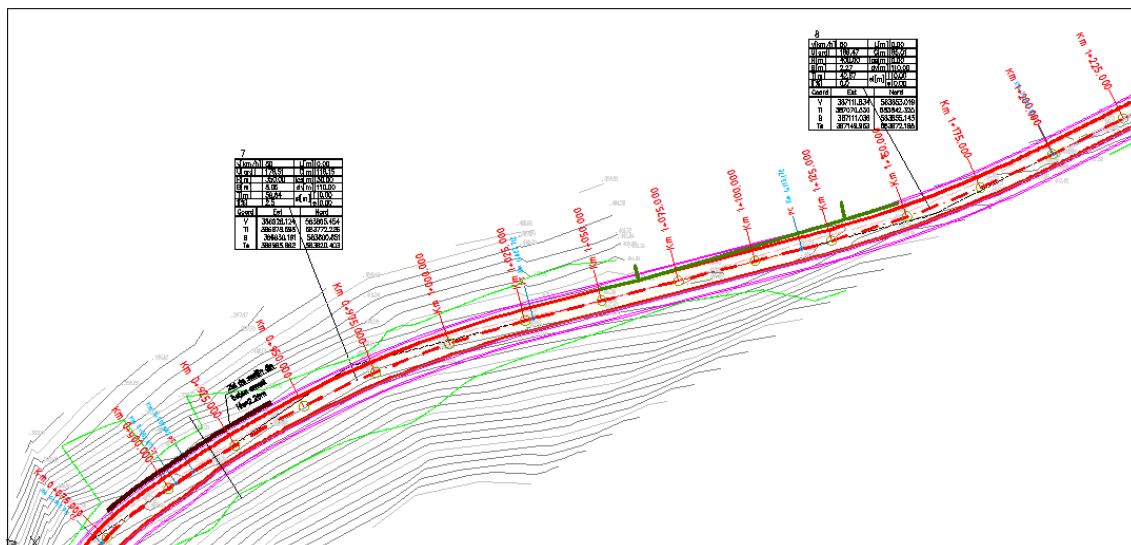


Figura 6. 18 Vederea în plan a unui traseu vălurit

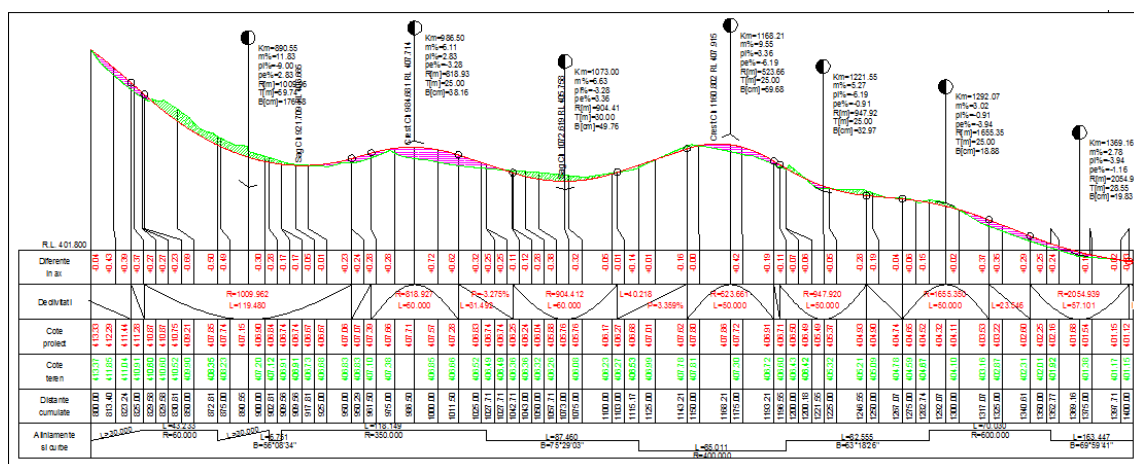


Figura 6. 19 Profilul longitudinal al traseului vălurit

O vedere în perspectivă a traseului este redată în imaginea următoare.

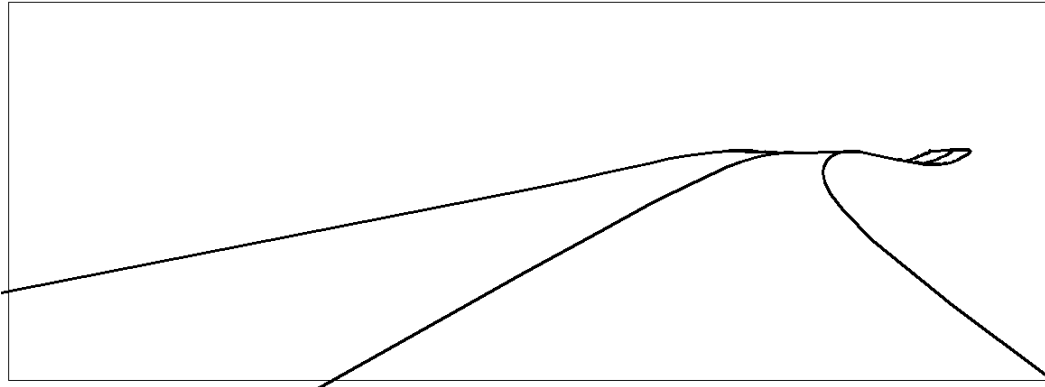
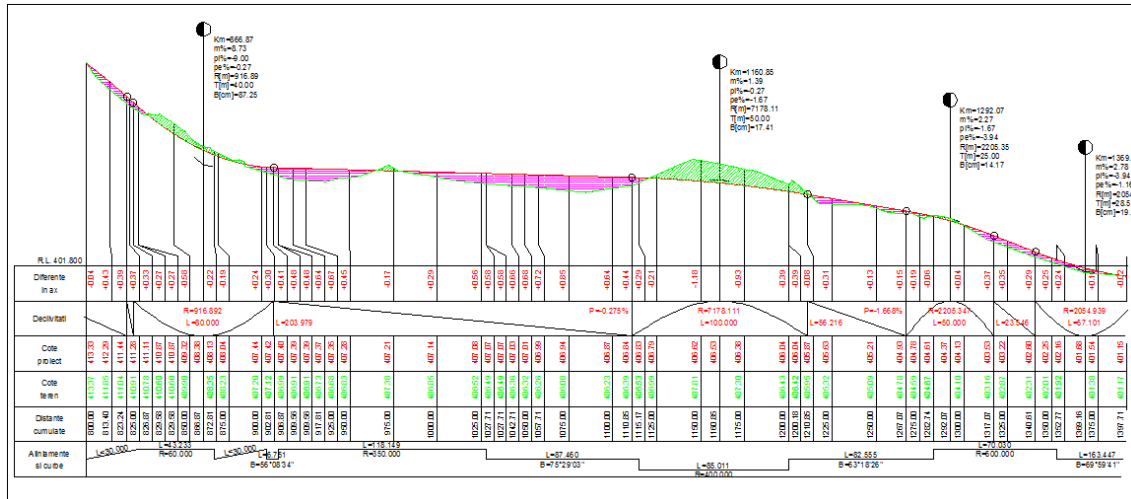


Figura 6.20 Traseul boltit și vălurit evidențiat prin perspectiva generată cu Road Perspective Design

Se impune astfel o regeometrizare a traseului, prin refacerea profilului longitudinal cu un pas de proiectare mărit, înlăturarea alternanțelor din profil longitudinal prin reducerea numărului de schimbători de pantă.



La proiectarea profilului longitudinal s-a constatat formarea unei depresiuni în zona de intersecție dintre cele două drumuri, astfel că se impunea analiza vizibilității asupra traseului în această zonă. Având în vedere că în sensul kilometrajului înainte de zona de depresiune, s-a considerat că nu sunt puncte de maxim care să obtureze vizibilitatea șoferilor. S-a constatat însă că ar fi putut să apară probleme la parcurgerea traseului în sens invers kilometrajului, datorită unui dâmb care s-a format.

Pentru generarea unui tablou de perspectivă în sensul invers kilometrajului, s-a inversat cu funcția "Grading/Edit Feature Line Geometry/Reverse" din Autocad Civil 3D, sensul poliliniilor 3D generate din ARD pentru axa drumului și pentru marginile carosabilului. La introducerea parametrilor de perspectivă în Road Perspective Design, pentru „Driver Offset” s-a introdus valoarea de "-2.0", pentru a calcula coordonatele poziției șoferului pe banda corespunzătoare parcurgerii traseului în sens invers kilometrajului.

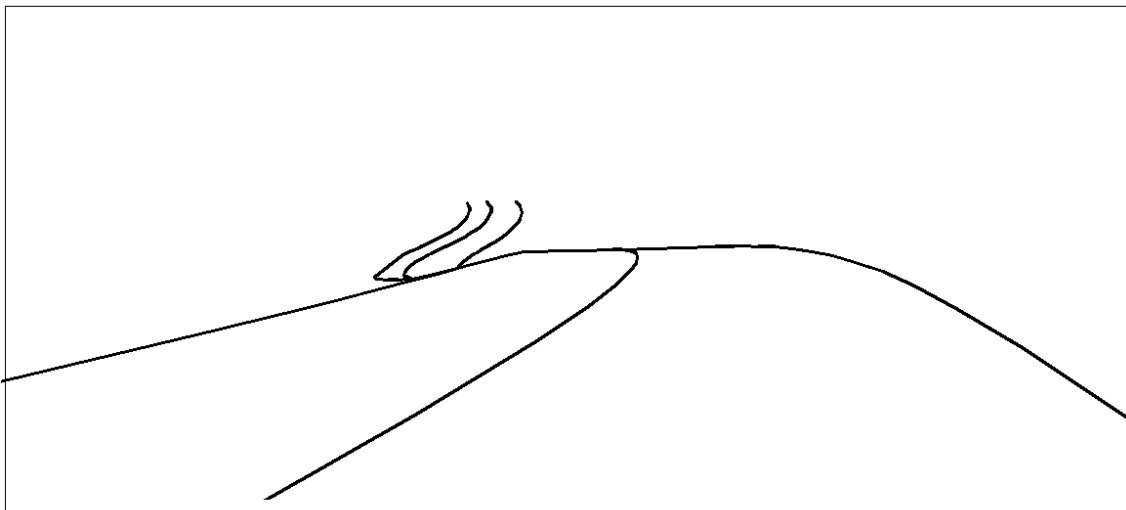


Figura 6. 25 Tablou de perspectivă generat în sens invers kilometrajului

Tabloul de perspectivă generat arată o pierdere din perspectivă a traseului în zona de depresiune, fiind astfel obturată și vizibilitatea în zona intersecției.

S-a corectat profilul longitudinal prin ridicarea zonei de depresiune și prin reducerea pantei de după zona intersecției.

După modificarea profilului longitudinal, s-a regenerat tabloul de perspectivă și s-a refăcut analiza traseului în perspectivă pe drumul principal.

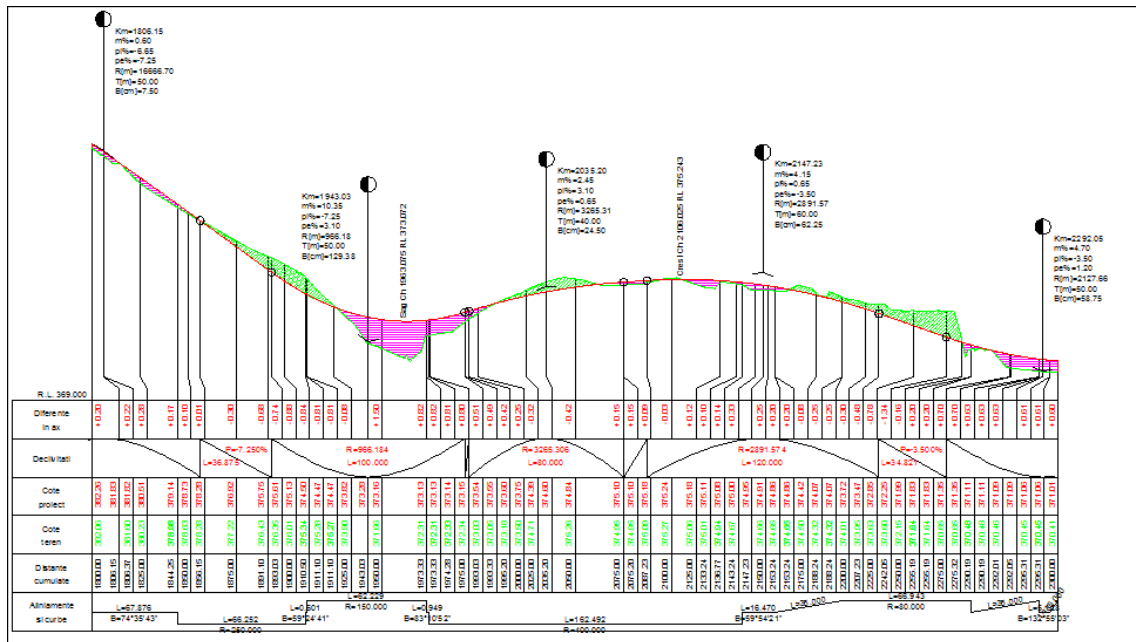


Figura 6.26 Profil longitudinal reproiectat

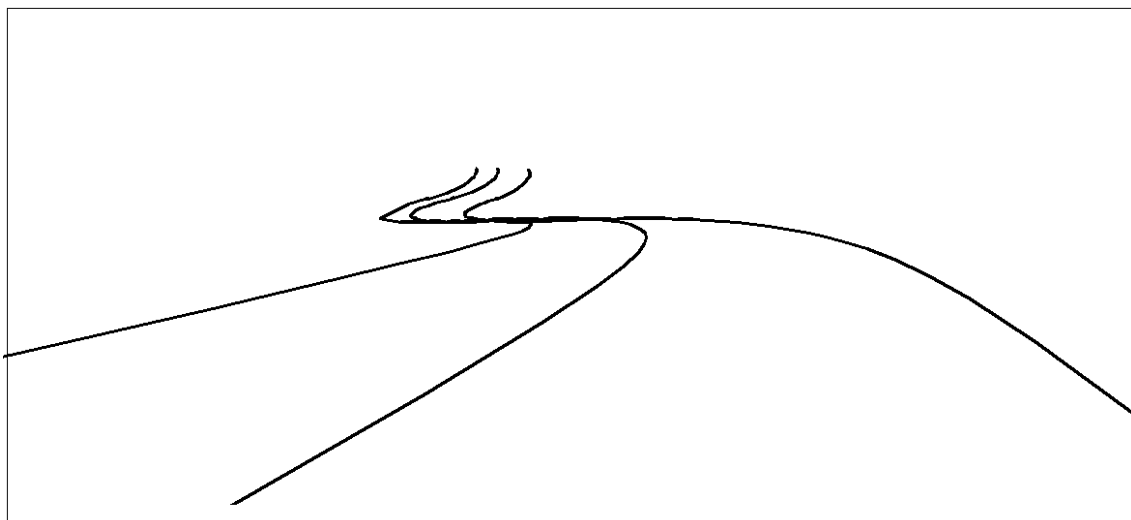


Figura 6.27 Tabloul de perspectivă regenerat după reproiectarea profilului longitudinal

Din analiza tabloului de perspectivă se observă îmbunătățire a condițiilor de vizibilitate și confort optic al șoferului. Se observă că s-au înlăturat zonele de pierdere a traseului de drum din perspectivă.

Capitolul 7. APLICABILITATEA “ROAD PERSPECTIVE DESIGN” ÎN PROIECTAREA DRUMURILOR

Road Perspective Design este o creație proprie și a fost gândită ca o aplicație auxiliară inginerului proiectant de drumuri, în scopul de a-i permite acestuia o analiză spațială mai amănunțită a traseelor de drum pe care le proiectează. Programul îi permite inginerului să analizeze, din poziția șoferului, traseul proiectat.

În funcție de poziția șoferului indicată de utilizator și de lungimea pe care se dorește afișarea tablourilor de perspectivă, de obicei distanța de vizibilitate din STAS 863-85 pentru viteza de proiectare a sectorului respectiv, programul calculează coordonatele de relative ale elementelor traseului de drum și le transpune pe un tablou de proiecție, constituit la distanța indicată de utilizator ca și distanță focală (în general, distanța de la ochiul șoferului până la parbrizul vehiculului).

Se oferă astfel o imagine de ansamblu asupra traseului, inginerul având posibilitatea de a interveni punctual în rezolvarea unor deficiențe de perspectivă.

Programul folosește ca și date de intrare poliliniile 3D rezultate prin unirea automată, în lungul drumului a elementelor caracteristice pentru sectorul de drum (carosabil, borduri, trotuare, șanțuri, taluzuri, coronamente podețe, parapete, etc.).

Aceste polilinii 3D pot fi generate din softurile de proiectare (de exemplu “Make Autocad Objects” – ARD), sau pot rezulta direct din ridicarea topografică. Poliliniile 3D ale traseului proiectat se pot obține cu majoritatea softurilor prezentate în capitolul 2 din prezenta lucrare.

Folosirea poliliniilor 3D din ridicarea topografică oferă inginerului proiectant posibilitatea analizării perspectivelor asupra traseului existent, în vederea stabilirii corecte a măsurilor de intervenție care se impun pentru îmbunătățirea caracteristicilor geometrice ale traseului.

Metoda folosirii ca și date de intrare în soft a poliliniilor 3D are avantajul faptului că generarea perspectivelor poate fi realizată și de către terțe persoane, care au la dispoziție un format DWG 3D al proiectului, fără să fie nevoie să aibă acces la toată baza de date a proiectului.

7.1 Aplicabilitatea practică a Road Perspective Design

Road Perspective Design poate fi o unealtă de folos atât pentru inginerii proiectanți cât și pentru cei care fac verificarea proiectului.

În practica actuală, pentru analiza traseelor proiectate se folosesc de obicei metode de randare automată a traseului, metode care au multe avantaje, ele permițând simularea parcurgerii continue a traseului de la diferite înălțimi, însă acestea trebuie completate cu metode de analiză statică a câmpului de vedere al șoferului, astfel încât să se poată aprecia modul în care șoferul va percepe traseul de drum.

Controlul perspectivelor traseului poate însemna într-o mare măsură controlul comportamentului în trafic. Este important ca porțiunea de traseu pe care șoferul o are în perspectivă să fie adaptată vitezelor pentru care a fost proiectat traseul. O perspectivă prea mică asupra traseului va induce șoferilor o stare de nesiguranță, provocând manevre bruște asupra vehiculului, iar o perspectivă prea mare îi va face pe șoferi să-și reducă atenția asupra traseului.

Mărirea porțiunii de traseu în perspectivă se poate realiza prin intervenții asupra elementelor geometrice ale traseului, iar limitarea tabloului de perspectivă se poate face prin scoaterea din perspectivă a unor porțiuni de traseu cu ajutorul plantațiilor rutiere, sau prin intervenții asupra elementelor geometrice ale traseului.

În condițiile modernizării sau reabilitării unor trasee de drumuri, de tipul celor prezentate în capitolul 6.2, din considerente de reducere a impactului asupra unor proprietăți private, sau pentru a evita realizarea unor lucrări de consolidare costisitoare, se impune folosirea unor valori excepționale ale elementelor geometrice.

Prin suprapunerea caracteristicilor geometrice cu valori excepționale din plan și din profil longitudinal, pot să apară unele deficiențe de perspective ale traseului. Printr-o analiză spațială a perspectivelor traseului, aceste situații pot fi îmbunătățite considerabil.

De asemenea, la amenajarea unor trasee de drumuri noi, la traversarea unor văi sau dâmburi, pot să apară pierderi ale traseului, sau a unor părți ale acestuia din câmpul de vizibilitate al șoferilor. O analiză spațială a situației, poate îmbunătăți elementele traseului, încă din fazele în care acest lucru se poate face cu costuri relativ reduse.

Generarea tabloului perspectiv atașat planului de situație în punctele critice ale traseului, poate înlesni luarea unor referitoare la implementarea proiectului, prin îmbunătățirea percepției asupra traseului de către toți factorii decidenți din cadrul proiectului.

Prin setarea în Road Perspective Design, în "Parametri Perspectivă", a parametrului "Sight Distance" egal cu distanța de vizibilitate impusă de STAS 863-85,

se oferă inginerului posibilitatea vizualizării spațiale a traseului pe porțiunea pe care trebuie asigurată vizibilitatea șoferilor la parcurgerea traseului.

7.2 Aplicabilitatea didactică

În practica actuală, apar de multe ori neconcordanțe între ideea inițială de proiect și rezultatul proiectului, generând deficiențe asupra funcționalității traseului de drum. Pe măsura ce inginerii proiectanți dobândesc mai multă experiență, astfel de probleme dispar. acumulării de experiențe.

În contextul în care, în procesul de proiectare a drumurilor s-a trecut, nu de foarte mult timp, de la practica de lucru pe hâtie, „pe planșetă”, la proiectarea asistată de calculator, creându-se între inginerii proiectanți o rupere de generații, mulți dintre cei care lucrează în prezent în procesul de proiectare nu au experiența urmăririi în execuție sau în exploatare a lucrărilor proiectate, pentru a putea rezolva anumite probleme complexe rezultate din combinarea elementelor din plan, profil longitudinal și profil transversal.

În zilele noastre acest deficit de experiență poate fi completat cu metode suplimentare de verificare a rezultatelor procesului de proiectare. Trebuie doar să oferim posibilitatea inginerilor mai puțin experimentați să observe spațial, măcar în mediul virtual traseele pe care le proiectează.

O formare a gândirii spațiale a inginerilor încă din momentul formării lor profesionale, respectiv în perioada de studii, poate avea un impact foarte bun asupra experiențelor lor practice, după terminarea studiilor.

În acest sens, prin introducerea în cadrul unor cursuri de proiectare asistată de calculator, sau în cadrul proiectelor de diplomă a unor metode de vizualizare spațială a elementelor proiectate ale traseului, de tipul celei prezentate în capitolul 5 din prezenta lucrare, poate dezvolta foarte mult capacitatea cursanților de a înțelege impactul pe care îl are orice modificare adusă elementelor proiectate din oricare dintre cele trei proiecții, asupra traseului de drum.

O metodă utilă ar putea fi de analiza spațială prin generarea tablourilor de perspectivă folosind polilini 3D din ridicarea topografică a unui traseu de drum existent, pentru a observa eventualele zone de frângere a traseului, stabilirea împreună cu îndrumătorul de proiect a măsurilor de intervenție asupra elementelor geometrice și

regenerarea și analizarea tablourilor de perspectivă pe baza poliliniilor 3D generate după corectarea prin proiect a elementelor geometrice.

Capitolul 8. CONCLUZII. CONTRIBUȚII PERSONALE

Studiile realizate în domeniul siguranței circulației au arătat că unul dintre principalii factori cauzatori de producerea accidentelor de circulație este factorul uman.

Așa cum a fost prezentat în capitolul 1 al prezentei lucrări, tendințele viitorului sunt de a construi limita influența factorului uman asupra procesului de conducere a vehiculelor prin implementarea unor sisteme care să “conducă” singure autovehiculele prin intermediul unor ghidaje din marcajele de delimitare a benzilor, corelate cu o poziționare prin GPS a poziției vehiculelor și cu anumiți senzori care să stabilească poziția celorlalte vehicule aflate în trafic.

Fără o bună gestionare a elementelor geometrice ale traseelor de drum, este dificil să putem vorbi de implementarea unor astfel de metode pe drumurile din România.

Datele prezentate în această lucrare pun în evidență faptul că comportamentul șoferilor și modul în care aceștia acționează asupra vehiculelor sunt puternic influențate de modul în care aceștia percep informațiile legate de traseul pe care urmează să-l parcurgă.

Pentru îmbunătățirea condițiilor de siguranță a circulației, se impune aplicarea unor metode de verificare a continuității și cursivității elementelor geometrice în lungul traseului. Este important să evităm configurațiile geometrice care nu sunt predictibile pentru șoferi și care pot genera un comportament necorespunzător al participanților la trafic, cu manevre bruște asupra vehiculelor. [8]

Unul dintre principalele motive ale producerii accidentelor îl constituie lipsa unei percepții corespunzătoare a traseului de către șoferi. Aceste deficiențe de înțelegere a traseului au ca și principale cauze suprapunerea nefavorabilă a elementelor din planurile orizontal și vertical ale traseului de drum. Optimizarea spațială a traseului trebuie făcută din fazele preliminare ale proiectului, când modificările elementelor pot fi făcute ușor. [2]

În practica actuală pentru analiza traseelor proiectate se folosesc de obicei metode de randare automată a traseului, metode care au multe avantaje, ele permițând simularea parcurgerii traseului din poziția șoferului, însă acestea trebuie completate cu metode de analiză statică a câmpului de vedere optim, astfel încât să se determine cu exactitate punctele critice ale traseului și să se aducă îmbunătățiri corespunzătoare configurației geometrice a traseului.

Metodele utilizate în prezent de randare a traseelor de drumuri cu simulări video de parcurgere a acestora, pot avea un caracter relativ, acestea neavând neapărat corespondență cu parametrii și reglementările ingineresti de geometrizare a traseului.

Există anumite situații în care chiar dacă, la geometrizarea traseelor de drumuri, se urmăresc atent prevederile și recomandările normativelor în vigoare, pot să apară unele probleme la exploatarea traseului.

Cu echipamente și aplicații moderne se pot stabili metode care să permită inginerului proiectant să analizeze spațial traseul drumului pe care-l proiectează, atât din punct de vedere al confortului la rulare, cât și din punct de vedere al condițiilor de vizibilitate și confort optic. Acest lucru îi permite inginerului să intervină asupra traseului încă din faza de proiectare, când eventuale intervenții nu măresc valorile de cost pentru implementarea proiectului.

Cu metodele descrise în cadrul prezentei lucrări, respectiv de generare a tablourilor de perspectivă din poziția șoferului, inginerul proiectant are posibilitatea de a urmări continuitatea traseului, de a localiza și analiza eventualele deficiențe ale traseului.

Analiza multicriterială realizată la punctul 3 din lucrare asupra domeniilor de aplicabilitate a softurilor de proiectare existente pe piața din România a pus în evidență calități foarte bune ale programului ARD pentru dezvoltarea proiectelor de drumuri, însă au fost deficiențe privind modul în care programul poate contribui la stabilirea unor măsuri de siguranța circulației și la analiza confortului optic al traseului. Aplicația Road Perspective Design, creată de mine și prezentată în lucrare, poate completa programul ARD în privința vizualizării spațiale a traseului proiectat din perspectiva conducătorului auto.

Realizând perspectivele pe baza poliliniilor 3D din fișierul DWG, programul poate fi folosit în cadrul proiectelor realizate cu orice soft care generează polilinii 3D, fără a fi nevoie să existe o legătură la baza de date a programelor de proiectare. Se pot genera perspective ale traseului și pe baza poliliniilor 3D din ridicarea topografică.

Studiile de caz realizate asupra perspectivelor de traseu generate cu "Road Perspective Design", o aplicație software creată de mine, pun în evidență câteva situații în care o analiză amănunțită asupra perspectivelor, poate schimba o concepție de bază asupra proiectului.

Perspectivele generate cu Road Perspective Design pot fi instrumente de folos inginerilor proiectanți în analiza spațială a traseului spre a înlătura eventualele

deficiențe de confort optic rezultate dintr-o posibilă necorelare a elementelor din planul orizontal cu cele din planurile verticale. Prin returnarea tabloului perspectiv sub forma unor polilinii, programul oferă inginerului posibilitatea de a localiza exact poziția în care apar eventuale deficiențe privind vizibilitatea șoferilor asupra traseului și de a le înlătura.

Deși nu a fost conceput în acest sens, fiind dedicat mai mult analizelor pentru platforma drumului, programul Road Perspective Design poate fi folosit și în modelarea spațiului adiacent traseului de drum spre o evaluare judicioasă asupra încadrării traseului în peisaj.

Perspectivalele de traseu oferă inginerilor proiectanți de drumuri posibilitatea de a se transpune în poziția șoferilor și de a lua decizii care să fie avantajoase în primul rând pentru șoferi, aceștia fiind beneficiarii direcți ai traseului de drum.

De multe ori, mici intervenții realizate punctual de către inginerii proiectanți pot să aibă un impact foarte mare asupra siguranței circulației.

Eliminarea unor probleme de disfuncționalitate ale traseului, încă din faza de proiectare se poate realiza cu costuri reduse.

Contribuțiile personale asupra lucrării au constat din:

- ❖ identificarea unor materiale bibliografice care să contribuie la finalizarea tezei de doctorat;
- ❖ crearea structurii tezei de doctorat;
- ❖ analiza direcțiilor de dezvoltare ale rețelelor de drumuri din România;
- ❖ constatarea din experiența profesională a unor probleme care pot să apară la proiectarea drumurilor;
- ❖ observarea pe teren a unor probleme ale traseelor de drumuri;
- ❖ identificarea cauzelor care au dus la apariția acestor probleme;
- ❖ studierea softurilor de proiectare utilizate în prezent la proiectarea drumurilor;
- ❖ identificarea modului prin care softurile de proiectare utilizate la geometrizarea traseelor pot influența traseele de drum;

- ❖ stabilirea unor criterii de performanță a softurilor de proiectare a drumurilor;
- ❖ analiza multicriterială a domeniilor de aplicabilitate a softurilor de proiectare;
- ❖ studierea modului de formare a tablourilor de perspectivă ale traseelor de drumuri;
- ❖ prezentarea unor metode de optimizare a procesului de proiectare prin analiza perspectivelor de traseu;
- ❖ documentarea asupra unor modalități de generare automată a tablourilor de perspectivă;
- ❖ realizarea unei aplicații de soft care să permită generarea automată a tablourilor de perspectivă, folosind ca și date de intrare poliliniile 3D generate de programele de proiectare, sau provenite direct din ridicarea topografică;
- ❖ realizarea unor studii de caz privind îmbunătățirea elementelor traseului prin analiza perspectivelor generate cu aplicația soft creată de mine;
- ❖ analiza aplicabilității practice a aplicației soft creată de mine;
- ❖ analiza posibilității de utilizare a Road Perspective Design în scopuri didactice;
- ❖ formularea unor concluzii cu privire la optimizarea calculului automat la lucrările de drumuri prin analiza spațială a traseelor de drum cu ajutorul tablourilor de perspectivă.

Dirrecțiile viitoare de cercetare vor fi în sensul dezvoltării aplicației Road Perspective Design, creată de mine, astfel încât să se genereze perspective secvențiale ale traseului și să se contureze anumiți parametri care să sugereze inginerilor proiectanți necesitatea unor intervenții pentru remedierea eventualelor probleme care pot să apară la proiectarea drumurilor.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Adams M. (2007) – “Installing a VBA macro and button into Autocad” [www.EngineeringSurveyor.com]
- [2] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 2004)– „An Introduction to the highway safety manual” [http://www.highwaysafetymanual.org].
- [3] Asociația Profesională de Drumuri și Poduri din România (2010) – “Rezoluția celui de-al XIII-lea Congres Național de Drumuri și Poduri”
- [4] Australian Design Company - Advanced Road Design (ARD) – "Proiectarea completă a drumurilor". [http://australiandc.ro]
- [5] Autodesk – “Road Design with AutoCAD Civil 3D”, [http://static-dc.autodesk.net/]
- [6] Autodesk (2006) - “Autocad Civil 3D versus Bentley MX Software” [http://images.autodesk.com]
- [7] Autodesk BIM solutions – “Customer success story: BIM Paves the Way. Atkins & Skanska Balfour Beatty widen London`s M25 motorway” [http://static-dc.autodesk.net].
- [8] Bella F., D’Agostini (2010) – “Driving simulation for design consistency“ – 4th International Symposium of Highway Geometric Design, Valencia [http://www.4ishgd.valencia.upv.es].
- [9] Bentley Systems – “Bentley MX 2004 Edition, MX Command Language Reference”
- [10] Bentley Systems, - “MXROAD String – Based modeling for road and highway design. 2009” [http://ftp2.bentley.com]
- [11] Borș I. (2000) – “Analiză Numerică – Lucrări” – Universitatea Tehnică din Cluj – Napoca.
- [12] Brânzei D., Anița S., Onofraș E., Isvoranu G. (1983) – “Bazele raționamentului geometric” – Editura Academiei Române
- [13] Câmpean R. și Horon Ș. (2006) – “Infrastructura cartierului rezidențial Meseș din Zalău amenajată cu Advanced Road Design (ARD)” – Revista MAX CAD Magazine 3/2006
- [14] Campean Razvan (Via Logiq S.R.L), Florin Balcu (Australian Dc) - "Note De Curs – Advanced Road Design"
- [15] Cantisani G., Di Vito M., – “D.I.T.S.: a software for sight distance verification and optical defectiveness recognition” – 4th International Symposium on Highway Geometric Design [www.4isghd.valecia.upv.es]

- [16] Chen W.F., Liew J. Y. R. (2003) –“Civil Engineering HandBook” – CRC Press LLC.
- [17] Civil Survey Solutions Pty Ltd. – “Advanced Road Design V13. Road Design Tutorials” [<http://civilsurveysolutions.com.au>].
- [18] Comunities Bentley - forum - [www.comunities.bentley.com]
- [19] Conron C. E. (2010) – „Development of a performance-based highway design process: Incorporation Safety Considerations into Highway Design - A Dissert for the Worcester Polytechnic Institute for the Degree of Doctor of Philolosophy in Civil Engineering” [www.wpi.edu].
- [20] Constantinescu I. V.(2001) – “Tehnologii performante și echipamente pentru realizarea structurilor rutiere” – Editura Impuls București (2001)
- [21] Coțiu A. (1982) – “Analiză Matematică”– Institutul Politehnic Cluj-Napoca.
- [22] Cottingam M. (2006) – “Mastering AutoCAD VBA” [<http://eu.wiley.com>]
- [23] Cristi Petria - "Perspectiva - Note de Curs Arhitectură Anul 2" [www.scribd.com]
- [24] D. W. Wharwood (Midwest Research Institute), D. B. Fambro (Texas A&M University), B. Fishburn (Roads Anda Traffic Authority Of New South Wales), H. Joubert (African Consulting Engineers), R. Lamm (University Of Karlsruhe), B. Psarianos (National Technical University Of Athens) - "International Sight Distance Practices - Transportation" [<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec003/ch32.pdf>]
- [25] Diaconu E., Dicu M., Racanel C. (2006) – "Căi de comunicații rutiere, principii de proiectare" – Conspress București 2006.
- [26] Drăgan D., Mârza C. (2002) – “Geometrie Descriptivă” – Editura U.T. PRES Cluj-Napoca.
- [27] Enescu M., Gheorghe I. (1982) – “Probleme ale arhitecturii contemporane” – Editura Tehnică București
- [28] Firmin Paul E. (2006) - “Satellite Navigation Technology Applications for Intelligent Transport systems: a European Perspective ”[<http://eprints.whiterose.ac.uk>]
- [29] Florin Stoica, Dana Simian, Universitatea “Lucian Blaga” Sibiu, CNCSIS 33/2007 - "O abordare multi-agent pentru un sistem de conducere inteligentă a autovehiculelor" [<http://stiinte.ulbsibiu.ro>].
- [30] FNQROC (Australia, 2009) „Development manual operational works design guidline – Road geometry“ – [www.fnqroc.gld.gov.au]
- [31] Global road safety partnership (2008) – “Managementul vitezei - Manual de siguranță rutieră pentru factorii de decizie și pentru profesioniști” [<http://grsp.drupalgardens.com/>].

- [32] Goodheart-Willcox Co. – AutoCAD and Its Applications-Advanced - “Introduction to Visual Basic for Applications (VBA)” [www.g-learning.com]
- [33] Helmers G. (2014) – „Nordic Human Factors Guideline” [www.trafitec.dk]
- [34] Hoda Gavril (2008) - "Programe de calcul pentru drumuri"
- [35] Horon Ș. și Bogdan R. (2013) – “Modelarea lucrărilor de consolidare folosind softuri performante de proiectare” – Simpozionul Național de Materiale și Tehnologii Noi în Construcția și Întreținerea Drumurilor și Podurilor 2013, Cluj-Napoca
- [36] Horon Ș. și Lăcătuș G. F. (2008) – “Aplicația Advanced Road Design (ARD) la lucru – Proiect de consolidare sistem rutier pe DJ 106C Cisnădie-Sadu, județul Sibiu” – Revista de Drumuri și Poduri -62/2008
- [37] Hyperpics –“Introduction VBA for AutoCad (Mini Guide)” – [http://www.hyperpics.com]
- [38] Iliescu M. și Horon Ș. (2012) - "Metode de proiectare rapidă a profilurilor transversale complexe la lucrările de drumuri" - Simpozion Național de Materiale și Tehnologii 2012, Cluj-Napoca
- [39] Iliescu M. și Horon Ș. (2013) – “Metode nedistructive de investigare a deficiențelor de structură rutieră folosind tehnologiile radar” – Simpozionul Național de Materiale și Tehnologii Noi în Construcția și Întreținerea Drumurilor și Podurilor 2013, Cluj-Napoca
- [40] Iliescu M. și Horon Ș. (2014) - "Studii privind optimizarea calculului automat la lucrările de drumuri" - Congres Național de Drumuri 2014, Cluj Napoca
- [41] Iliescu Mihai (2012) – "Proiectarea Drumurilor. Teorie și Practică"
- [42] Iliescu Mihai, Horon Ștefan (2011). "Geometria drumului și comportamentul în trafic" - Revista de Drumuri și Poduri -107/2011
- [43] Iliescu Mihai, Săvoiu Filomela (2013). Autostrăzi
- [44] Istrate O. – “Criterii de evaluare – baza pentru discuții – Softuri educaționale” [http://www.1educat.ro]
- [45] Jackson M. (2006) – “The role of structure: a software engineering perspective” [www.springer.com]
- [46] Kersten P. R., Kak A. C. (1993) – „A Tutorial on Lisp Object – Oriented Programming for Blackboard Computation (Solving the Radar Traking Problem)
- [47] L. Chen-Fu, D. M. Levinson (2013)- “ROAD: Interactive Geometric Design Tool for Transportation Education and Training” – Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice [http://nexus.umn.edu].

- [48] Latham J. (2008) – “Programming in Microsoft Excel VBA – An Introduction” [www.jlathamsite.com]
- [49] Lòpez A. , Serrat J., Cañero C., Lumbreras F. and Graf T. (2009) - “Robust lane marking detection and road geometry computation” - International Journal of Automotive Technology [http://refbase.cvc.uab.es]
- [50] Luca R. (2008) – Teza de Doctorat - UTC-N – "Optimizarea traseelor de drumuri și autostrăzi din România în concordanță cu normele europene, utilizând programe moderne de proiectare"
- [51] M. Dietze, D. Ebersbach, Ch. Lippold, K. Mallschutzke, G. Gatti (2005) - "Road Geometry, Driving Behaviour And Road Safety" –Ri-Tud-Wp10-R1_Basics [http://ripcord.bast.de]
- [52] M. Sc. Josip Bosnjak, B. Sc. C.E. Denis Simenic, B. Sc. C.E., Hrvoje Bosnjak (2012) – “Modern trends in road design process in Croatia” – [The 1st Albanian Congress on Roads, Tirana 2012].
- [53] Matasaru Tr., Craus I., Dorobanțu St. (1980) – "Drumuri. Calcul și Proiectare"
- [54] McDonald L. R. (2000) – “An Introduction to VBA in Excel” [http://www.few.vu.nl]
- [55] Mertzanis F., Boutsakis A., Kaparakis I., Mavromatis S., Psarianos B. (2013) – “Road Safety and Simulation” - International Conference RSS 2013
- [56] Mertzanis Fotis S., Hatzi J. Viviana (2011) – “Model for sight distance calculation and three–dimensional alignment evaluation in divided and undivided highways” - 3rd RSS Conference, Indianapolis, USA [http://onlinepubs.trb.org].
- [57] Microsoft Dynamics GP (2013) – „VBA Developer`s Guide” [http://dyndeveloper.com]
- [58] Ministerul Transporturilor și Infrastructurii (2011) – “Strategia de transport intermodal în România 2020”.
- [59] Ministerul Transporturilor, Aecom (2015) – “Master Plan General de Transport al României” [http://mt.ro].
- [60] Mușat C. C. – “Topografie” [www.ct.upt.ro]
- [61] Nieto M., Laborda J. A., Salgado L.– „Road environment modeling using robust perspective analysis and recursive Bayesian segmentation” – [http://oa.upm.es].
- [62] Niță A., Niță M., Olăroiu N, Pinteș R., Sichim C., Tarasă D. (2008) – “Microsoft – Introducere în .net Framework – Suport de curs pentru elevi” [www.microsoft.com].
- [63] Pascu V. R. – “ Managementul proiectelor” [http://ccimn.ulbsibiu.ro]

- [64] Peticilă M. (2010) – “Administrarea unei rețele de drumuri și corelații între management, calitatea lucrărilor și cercetarea rutieră” – CAR 2010
- [65] Popescu Anastasiu D. – “Algoritmi geometrici” – Editura L&S Informat [www.ls-informat.ro]
- [66] Roads V6.3. Reference Manual - Knowledge Base
- [67] S.C. INCERTRANS S.A. – NE 021-2013 – “Normativ privind stabilitatea cerințelor tehnice de calitate a drumurilor legate de cerințele utilizatorilor”
- [68] Săvoiu F. și Horon Ș. – “Road plantations and optical comfort” - Civil Engineering PhD International Conference - Proceedings of the First International Conference for PhD students in Civil Engineering, 2012 Cluj-Napoca
- [69] Scottish executive – The Highway Agency (2005) – “Design manual for roads and bridges - Road geometry” – [www.standardsforhighways.co.uk].
- [70] SETRA (2006) – „Manuel de reference Micro Piste 5 – Conception d`infrastructures lineaires. Version 5.06” [http://genie-civil.olympie.in]
- [71] Shoulder Design in Bentley MX, John Moses, Bentley Systems Pty Ltd, [http://members.iinet.net.au]
- [72] South African National Roads Agency Limited – “Geometric design guidelines” [http://www.nra.co.za].
- [73] Stas 863 - 85 - Elemente geomterice ale traseelor de drumuri
- [74] Steinberg S., – “Abstract point of view from driver’s perspective” [www.allposters.com]
- [75] Tegzeșiu S., Tegzeșiu R. – “Modelarea geometriei alunecărilor de teren cu Advanced Road Design (ARD) și AutoCAD Civil 3D”
- [76] Transit New Zealand – ARARAU AOTEAROA – "State Highway Geometric Design Manual - Basic Design Criteria"
- [77] Transportation Association of Canada (2006) – “Highway design manual - Geometric design and structure standards” [www.dot.ca.gov].
- [78] Transportation Association of Canada – „Holders of the Geometric Design for Canadian Road – Updates to the Geometric Design Guide for Canadian Roads” (1999) – [http://tac-atc.ca].
- [79] Transportation Association of Canada (1999) – “Geometric Design Guide for Canadian Roads” – [http://tac-atc.ca].
- [80] Transportation Association of Canada (2014) – “Geometric Design Manual for Canadian Roads” [http://tac-atc.ca]

- [81] U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration – “Road Safety Audit Case Studies: Using Three – Dimensional Design Visualization in the Road Safety Audit Process” [<http://safety.fhwa.dot.gov>]
- [82] U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (2006) – “Road Safety Audit Guidelines” [<http://safety.fhwa.dot.gov>]
- [83] U.S. National Cooperative Highway Research Program (2004) – “Road Safety Audits “ [<http://onlinepubs.trb.org>]
- [84] Udriște C., Vernic G., Tomuleanu V. (1995) – “Matematică. Geometrie Analitică. Manual pentru clasa a XI-a” – Editura Didactică și Pedagogică, R.A., București
- [85] Universitas Galatiensis – “Programare în mediul AutoCAD” [<http://www.1,naoe.ugal.ro>]
- [86] *** - www.s2.manifo.com
- [87] *** - www.talleronline.com
- [88] *** - www.cadtutor.net/forum
- [89] *** - www.vbaexpress.com/forum
- [90] *** - <http://forums.augi.com>
- [91] *** - <http://knowledge.autodesk.com>
- [92] *** - <http://forums.autodesk.com/>
- [93] *** - <http://www.cadforums.net/>
- [94] *** - <http://visiblevisual.com/>
- [95] *** - <http://www.bricsys.com/>
- [96] *** - <http://forum.civilsurveysolutions.com.au/>
- [97] *** - <http://forum.softpedia.com/>
- [98] *** - <http://www.cadforum.cz/>
- [99] *** - <http://www.eng-tips.com/>
- [100] *** - <http://www.mateforum.ro/>
- [101] *** - http://ro.wikipedia.org/wiki/Studiul_Perspectivei

Anexe

- **Curriculum Vitae**
- **Lista lucrări publicate**