



Universitatea
Transilvania
din Braşov

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea: Silvicultură și Exploataři Forestiere

Ing. Vasile Boghian

TEZĂ DE DOCTORAT

CERCETĂRI PRIVIND FIABILITATEA DRUMURILOR FORESTIERE

RESEARCH ON THE RELIABILITY OF FOREST ROADS

REZUMAT/ABSTRACT

Coordonator științific:

Prof. Dr. Ing. Gheorghe Ignea

Braşov 2020



MINISTERUL
EDUCAȚIEI ȘI
CERCETĂRII
ȘTIINȚIFICE

OIPOSDRU



Investește în oameni!

FONDUL SOCIAL EUROPEAN

Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013

Axa prioritară 1 „Educație și formare profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere”

Domeniul major de intervenție 1.5. „Programe doctorale și post-doctorale în sprijinul cercetării”

Titlul proiectului: Burse doctorale și postdoctorale pentru cercetare de excelență

Numărul de identificare al contractului: POSDRU/159/1.5/S/134378

Beneficiar: Universitatea Transilvania din Brașov

Partener:

Ing. Vasile Boghian

TEZĂ DE DOCTORAT

Cercetări privind fiabilitatea drumurilor forestiere

Research on the reliability of forest roads

Domeniul de doctorat: Silvicultură

REZUMAT/ABSTRACT

Scientific supervisor

Prof. Dr. Ing. Gheorghe Ignea

Brașov 2020

Comisia de D-lui (D-nei)

.....

COMPONENȚA

Comisiei de doctorat

Numită prin ordinul Rectorului Universității Transilvania din Brașov

Nr. din

Prof.dr.ing. Iosif VOROVENCII	Președinte, Universitatea Transilvania din Brașov
Prof.dr.ing. Gheorghe IGNEA	Conducător științific, Universitatea Transilvania din Brașov
Cercet. Șt. gr. I Lucian Constantin DINCĂ	Referent oficial, INCDS „Marin Drăcea” - București
Conf. dr. ing. Nicușor Flavius BOJA	Referent oficial, Universitatea de Vest „Vasile Goldiș” din Arad
Prof.dr.ing. Stelian Alexandru BORZ	Referent oficial, Universitatea Transilvania din Brașov

Data, ora și locul susținerii publice a tezei de doctorat: 30.09.2020, ora 12:00, online pe platforma <http://bbb.unitbv.ro/b>

Eventualele aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării vă rugăm să le transmiteți în timp util, pe adresa vasile.boghian@unitbv.ro

Totodată vă invităm să luați parte la ședința publică de susținere a tezei de doctorat.

Vă mulțumim!

Mulțumiri

Această teză de doctorat a fost elaborată sub îndrumarea științifică a domnului prof.dr.ing. Gheorghe IGNEA, căruia îi mulțumesc pentru acceptarea ca doctorand, pentru sprijinul și indicațiile acordate pe întreaga perioadă de pregătire și elaborare a tezei de doctorat.

Cu această ocazie țin să mulțumesc minunaților mei profesori de la Facultatea de Silvicultură și Exploatați Forestiere din Brașov, pentru cunoștințele dobândite în perioada studenției, care au pus bazele formării mele profesionale ca inginer silvic.

De asemenea, doresc să aduc mulțumirile mele către distinșii membrii ai Comisiei de evaluare și susținere a tezei de doctorat, domnul prof.dr.ing. Iosif Vorovencii, Președintele Comisiei – Prodecan al Facultății de Silvicultură și Exploatați Forestiere din Brașov, precum și referenților științifici: conf.dr.ing. Nicușor Flavius Boja – Decan al Facultății de Științe ale Naturii, Inginerie și Informatică din Arad, C.S.gr.I. dr.ing. Lucian Constantin Dincă – INCD „Marin Drăcea” București, prof.dr.ing. Stelian Alexandru Borz – Universitatea Transilvania din Brașov Facultatea de Silvicultură și Exploatați Forestiere.

Mulțumiri deosebite adresez Comisiei de îndrumare care a fost alături de mine pe toată perioada elaborării tezei de doctorat: doamnei prof.dr.ing. Valentina Doina Ciobanu, domnului conf.dr.ing. Rudolf Derczeni, precum și domnului prof.dr.ing. Stelian Alexandru Borz.

Mulțumiri deosebite doresc să aduc și personalului Ocolului Silvic Moinești, cu ajutorul cărora am reușit să culeg datele necesare elaborării acestei teze, personalului Direcției Silvice Bacău pentru sfaturi și personalului Secției de Drumuri Forestiere Onești cu care am efectuat culegerea datelor din teren.

Nu în ultimul rând aduc mulțumiri familiei, prietenilor care m-au încurajat în toată această perioadă și m-au susținut fizic, psihic și emoțional. Doamne ajută!

Autorul

CUPRINS

CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL AL CUNOȘTINȚELOR	7
1.1. <i>Fiabilitatea drumurilor forestiere</i>	7
1.2. <i>Considerații generale privind drumurile forestiere</i>	9
1.3. <i>Fiabilitatea infrastructurii drumurilor forestiere</i>	10
1.4. <i>Fiabilitatea suprastructurii drumurilor forestiere</i>	16
1.5. <i>Influența apei asupra pământurilor</i>	18
1.6. <i>Influența traficului asupra drumurilor forestiere</i>	19
1.7. <i>Dimensionarea sistemelor rutiere</i>	20
1.8. <i>Eficiența economică a cheltuielilor cu drumurile forestiere</i>	21
CAPITOLUL 2. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE LUCRĂRII	24
2.1. <i>Scopul cercetărilor</i>	24
2.2. <i>Obiectivele cercetărilor</i>	24
CAPITOLUL 3. LOCUL CERCETĂRIILOR ȘI MATERIALE ȘI METODE DE	25
3.1. <i>Locul cercetărilor</i>	25
3.2. <i>Metodologia de cercetare</i>	26
3.2.1. <i>Drumurile forestiere alese pentru cercetare</i>	27
3.2.2. <i>Degradările apărute la drumurile forestiere</i>	28
3.2.2.1 <i>Observații din teren</i>	28
3.2.3 <i>Tehnica de colectare</i>	31
3.2.4. <i>Observații privind acțiunea traficului asupra drumurilor forestiere</i>	32
3.2.4.1. <i>Contactul dintre roată și drum</i>	33
3.2.5. <i>Antemăsurători la drumurile studiate</i>	33
3.2.5.1 <i>Organizarea lucrărilor de întreținere a drumurilor forestiere</i>	34
3.2.6. <i>Masa lemnoasă exploatată și transportată pe drumurile forestiere</i>	35
3.2.7. <i>Analiza cheltuielilor cu lucrările de întreținere a drumurilor forestiere</i>	36
3.2.8. <i>Portanța drumurilor forestiere</i>	37
3.2.8.1. <i>Determinarea grosimii straturilor rutiere după metoda deformației critice</i>	38
CAPITOLUL 4. REZULTATELE CERCETĂRII	41
4.1. <i>Costurile pentru reabilitarea drumurilor forestiere</i>	41
4.2. <i>Cantitatea de masă lemnoasă exploatată</i>	52
4.3. <i>Stabilirea grosimii straturilor rutiere pentru drumul auto forestier Coman Negru</i>	54
4.4. <i>Determinarea portanței sistemului rutier</i>	58
4.5. <i>Oportunitatea modernizării drumurilor auto forestiere</i>	62
4.6. <i>Corelații între costul lucrărilor de reabilitare a drumurilor și masa lemnoasă transportată</i>	65
4.7. <i>Materialele din structura drumului și fiabilitatea acestora</i>	67
CAPITOLUL 5. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI RECOMANDĂRI PENTRU PRODUCȚIE	74
5.1. <i>Concluzii</i>	74
5.2. <i>Contribuții personale</i>	75
5.3. <i>Recomandări pentru producție</i>	75
<i>Bibliografie</i>	77

CONTENTS

CHAPTER 1. THE ACTUAL STAGE OF KNOWLEDGE	7
1.1. Reliability of forest roads.....	7
1.2. General considerations about forest roads.....	9
1.3. Forest road infrastructure.....	10
1.4. Forest road superstructure.....	16
1.5. The influence of water on the land.....	18
1.6. The influence of traffic on the forest roads.....	19
1.7. Sizing pavement.....	20
1.8. Economic efficiency of forest road.....	21
CHAPTER 2. AIM AND RESEARCH OBJECTIVES	24
2.1. Aim of the reserch.....	24
2.2. Objectives of the research.....	24
CHAPTER 3. THE PLACE . MATHERIALS AND METHODES	25
3.1. The researchs place.....	25
3.2. Methodology of the research.....	26
3.2.1. Forest roads chosen for research.....	27
3.2.2. Degradation of forest roads.....	28
3.2.2.1. Remarks from the field.....	28
3.2.3. Erosion of forest roads.....	31
3.2.4. Remarks about the action of traffic on forest roads.....	32
3.2.4.1. The contact between wheel and road.....	33
3.2.5. Pre-measurements on the forest roads.....	33
3.2.5.1. Organization of forest road maintenance works.....	34
3.2.6. Wood harvested and transported on forest roads.....	35
3.2.7. Analysis of expenses with forest road maintenance works.....	36
3.2.8. Bearing capacity of forest roads.....	37
3.2..1. Sizing of non-rigid road systems, according to the critical deformation method.....	38
CHAPTER 4. RESEARCH RESULTS	41
4.1. Costs for forest road rehabilitation.....	41
4.2. The amount of wood harvested.....	52
4.3. Establishing the thickness of the road layers for the Coman Negru forest road.....	54
4.4. Determination of the load-bearing capacity of the forest roads.....	58
4.5. The opportunity to modernize forest roads.....	62
4.6. Correlations between the cost of road rehabilitation works and the transported wood mass.....	65
4.7. Road structure materials and their reliability.....	67
CHAPTER 5. CONCLUSIONS, PERSONAL CONTRIBUTIONS AND PRODUCTION RECOMMENDATIONS	
5.1. Conclusions.....	74
5.2. Personal contributions.....	75
5.3. Recommendations for production.....	75
References.....	77

CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL AL CUNOȘTINȚELOR

1.1 Fiabilitatea drumurilor forestiere

Fiabilitatea drumurilor forestiere reprezintă probabilitatea ca drumurile forestiere să își îndeplinească funcția intenționată, pentru care au fost proiectate, în condiții de exploatare și pentru o anumită perioadă de timp determinată. „Termenul fiabilitate provine din cuvântul de origine franceză „fiabilité” care se referă la studiul defectărilor sistemelor și care este o componentă esențială a siguranței în funcționare”. Termenul fiabilitate tradus din engleză înseamnă demn de încredere, sigur, trainic, iar tradus din limba rusă înseamnă siguranță, securitate, solidaritate. În limba română sinonime pentru fiabilitate ar fi „siguranță în funcționare” și este alcătuit din patru componente fiabilitate, mentenabilitate, disponibilitate și securitate. Fiabilitatea este o probabilitate de bună funcționare într-un interval de timp de la momentul dării în folosință până la un moment stabilit încă de la începutul în funcție de traficul prezent și de cantitatea de masă lemnoasă ce se transportă. Fiabilitatea se poate referi atât la un sistem, echipament sau un produs cât și la un process tehnologic.

Fiabilitatea poate fi exprimată sub mai multe forme (Zaharia, 2010):

- Fiabilitate previzională sau proiectată – se stabilește în faza de proiectare a drumului forestier și pe baza structurii și a fiabilității materialelor folosite se verifică fiabilitatea în raport cu specificațiile tehnice din proiect:
- Fiabilitate experimentală sau de laborator – se determină în laboratoare pe baza elementelor extrase din teren și supuse unor condiții asemănătoare cu cele din teren (mecanice, termice, electrice, temperatură, umiditate etc.). Prin fiabilitatea experimentală se verifică și „corectitudinea calculelor efectuate la stabilirea fiabilității previzionale”.
- Fiabilitatea operațională sau efectivă – se poate observa în timpul exploatării propriu-zise a drumurilor în condiții reale de teren și pentru o perioadă determinată de timp.
- Fiabilitatea nominală este un indicator de fiabilitate și care prin realizarea proiectului de drum este prescrisă în specificații (standarde, documente, norme, contracte, caiete de sarcini etc.) și care se referă la durata de viață, utilizare sau conservare a acestuia, garantată de furnizor.
- Fiabilitatea potențială se stabilește la punerea în funcțiune a drumului forestier și se poate estima și experimental pe baza unor probe extrase.

În practică, se calculează fiabilitatea previzională în stadiul realizării proiectului. După o perioadă de timp în care drumul forestier s-a folosit, acesta a suferit degradări, care trebuie a se repara pentru ca drumul să poată fi folosit în condiții normale de siguranță. Pentru drumurile forestiere fiabilitatea se poate estima pentru o perioadă de timp în care drumul forestier să funcționeze în condiții de siguranță fără a apărea degradări în structura rutieră, de aceea se i-a în considerare reabilitarea structurii rutiere după o perioadă de câțiva ani sau după de s-a transportat intens o cantitate de masă lemnoasă estimată inițial în proiect.

Fiabilitatea drumurilor forestiere este caracterizată de capacitatea structurii rutiere de a funcționa un timp determinat în condiții de siguranță și confort. Fiabilitatea reprezintă totalitatea calităților

structurii rutiere și reprezintă capacitatea acestuia de a funcționa în condiții de siguranță fără a se deteriora o perioadă de timp și fiind utilizat în condiții normale. Fiabilitatea reprezintă însușirea de a fi fiabil, de a avea siguranță în exploatare.

Fiabilitatea reprezintă o știință care se ocupă cu studierea tuturor elementelor care se i-au în considerare în fazele inițiale ale proiectelor și care să asigure o utilizare eficientă și în siguranță pe o anumită perioadă unui sistem (Zaharia, 2010). Fiabilitatea unui sistem este proprietatea sistemului de a rezista fără a se deteriora o perioadă de timp în condiții de utilizare normală.

1.2 Considerații generale privind drumurile forestiere

Drumul forestier reprezintă o structură complexă de lucrări de construcții și amenajări destinate circulației vehiculelor care transportă materialul lemnos, dar care vine și în sprijinul celorlalte activități silvice: al culturii pădurilor, al protecției și pazei pădurilor, al vânătorii și amenajării pădurilor (Bereziuc, 1974). Conform Codului Silvic, drumurile forestiere sunt căi de transport tehnologic, de utilitate privată, utilizate pentru: gospodărirea pădurilor, desfășurarea activităților de vânătoare și pescuit sportiv, intervenții în caz de avarii, calamități sau dezastre, fiind închise circulației publice, cu excepția activităților sportive, de recreere și turism care se pot practica numai cu acordul proprietarului, iar în cazul pădurilor proprietate publică a statului, cu acordul administratorului acestora.

Dezvoltarea rețelei de drumuri auto în interiorul pădurii, în concordanță cu interesele de protecție și de producție ale acesteia, este menită să faciliteze execuția lucrărilor silviculturale și de a permite valorificarea superioară, în condiții economice, a tuturor produselor pădurii, în rândul cărora masa lemnoasă are ponderea cea mai mare. Extinderea treptată a rețelei de drumuri forestiere, permite sporirea ponderii tratamentelor intensive și valorificarea completă a masei lemnoase, contribuie la generalizarea tehnologiilor moderne de exploatare și la atragerea în circuitul economic și al produselor provenite din operațiuni culturale și de igienă a pădurii (Olteanu, 2010).

Structura drumurilor forestiere este alcătuită din două părți componente: infrastructura drumului realizată prin construcția tuturor terasamentelor, lucrărilor de artă, consolidare și sprijin și suprastructura drumului sau corpul drumului realizată prin suprapunerea mai multor straturi rutiere de grosimi variabile aceasta cuprinzând și amenajarea acostamentelor (Olteanu, 2003).

Pentru a face circulabilă o suprafață de teren neregulată, cu diverse forme de relief sunt necesare lucrări de săpătură, umplutură, lucrări de consolidare și de evacuare a apelor precum și realizarea lucrărilor de artă. Totalitatea acestor lucrări reprezintă infrastructura drumurilor și are rolul de a susține partea carosabilă și de a transmite eforturile preluate de la suprastructură, către terenurile de fundație, de a asigura continuitatea căii la trecerea peste diferite obstacole (Zarojanu, 2010).

Partea consolidată, calea drumului, este alcătuită din mai multe straturi formând corpul structurii rutiere. La drumurile moderne aceste straturi sunt (Amundsen, 1995):

- Îmbrăcămintea reprezentată de stratul de la suprafața căii de rulare care suportă direct circulația autovehiculelor și acțiunea factorilor climatici, fiind alcătuită din stratul de uzură și stratul de rezistență;
- Stratul de bază este situat imediat sub îmbrăcămintea și preia de la aceasta sarcinile pe care le repartizează mai departe pe o suprafață mai mare către stratul următor;
- Fundația este primul strat de la suprafața terasamentelor iar funcția acestui strat este de a distribui terasamentelor toate presiunile și sarcinile care acționează la suprafața căii de rulare.

1.3 Fiabilitatea infrastructurii drumurilor forestiere

Infrastructura reprezintă totalitatea lucrărilor necesare pentru pregătirea terasamentelor, lucrări de consolidare, protejare, asanare (drenuri, ziduri de sprijin, lucrări de protejare și consolidare a taluzurilor) precum și lucrări de artă realizate pentru depășirea unor obstacole naturale cum ar fi râurile și zonele dificile, acestea din urmă fiind reprezentate de poduri și podețe (Bereziuc, 1974, Olteanu, 2003).

În funcție de modul în care va fi exploatat un drum forestier și a cantității de biomasă forestieră ce va fi transportată pe drum, la execuția terasamentelor se va ține seama ca acestea să fie stabile, durabile, ușor de întreținut și să prezinte costuri de întreținere relativ reduse (* * *, 2011a). Terasamentele se construiesc cu un an înainte de așternerea straturilor suprastructurii și se va compacta în anul în care se realizează suprastructura pentru a nu cheltui bani cu transportul utilajelor pe șantier de două ori. Prin execuția terasamentelor unui drum se înțelege efectuarea lucrărilor de realizare a platformei drumului, taluzurilor, șanțurilor și a bombamentului astfel încât apa provenită din precipitații și din topirea zăpezilor să poată fi evacuată într-un interval de timp cât mai redus pentru a se evita stagnarea apei în zona drumului (Zarojanu, 2007). Aceste lucrări se pot executa de regulă cu buldozere sau excavatoare (Șlincu, 2013, Caliskan, 2013). Conform normativului de proiectare a drumurilor forestiere utilizarea excavatorului, la execuția terasamentelor, prezintă comparativ cu buldozerul următoarele:

- Impactul ecologic este minim;
- Controlul mai ridicat asupra mișcărilor reduce riscul desprinderii bolovanilor și stâncilor de pe versanți;
- Treptele de înfrățire se execută direct cu excavatorul, fără manoperă suplimentară și înaintează odată cu săpătura în pământ;
- taluzurile se realizează conform proiectului la înclinațiile stabilite;
- anrocamentele realizate cu excavatorul sunt ordonate comparativ cu cele realizate cu buldozerul.

Infrastructura unei rețele de drumuri forestiere existente în cadrul unei unități de producție trebuie să îndeplinească condițiile următoarele:

- să fie repartizată uniform pe teritoriul unității de producție;

- să nu aducă prejudicii pădurii, apelor, solurilor și mediului înconjurător;
- să pună în valoare arboretele din care sunt recoltate produsele lemnoase;
- să permită circulația tuturor vehiculelor în condiții de siguranță.

Structura geologică, ca și particularitățile geotehnice și hidrologice ale terenului, influențează atât amplasarea, cât și modul de construcție al infrastructurilor de drumuri ce intră în alcătuirea rețelei. Structura geologică a terenului pe care se desfășoară traseul condiționează stabilitatea straturilor de pe amplasamentul sau din vecinătatea drumului, metodele de execuție ale terasamentelor, precum și existența materialelor de construcție locale, necesare pentru realizarea infrastructurii. Considerentele geotehnice privesc natura și calitățile fizico-mecanice ale pământurilor care alcătuiesc terenul pe care urmează să se desfășoare traseul. Considerentele hidrogeologice privesc regimul apelor subterane și au consecințe atât asupra stabilității terenului pe care se amplasează drumul cât și asupra eventualelor degradări ale sistemului rutier, prin înmuierea patului datorită ascensiunii apei capilare. Astfel dacă pentru terenurile cu sol stâncos construcțiile de drumuri nu ridică probleme deosebite, pentru terenurile aluvionare, însă, executarea platformei drumului necesită cunoașterea caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului pe care se va așeza fundația, precum și a modului de comportare a apei freactice. Greutăți de construcție mai mari se întâmpină în terenurile argiloase care din cauza plasticității lor, necesită măsuri speciale pentru ca suprastructura să nu se taseze neregulat în masa argiloasă și să se deformeze. Terenurile bune sunt cele construite din pietriș, situate în general, în partea superioară a teraselor.

Dotarea în continuare a pădurilor cu drumuri presupune eficiență atât în stabilirea soluțiilor tehnice, cât și în transpunerea pe teren a acestora și în mărirea fondurilor. Problemele legate de eficiența economică a investițiilor și de reducerea cheltuielilor de execuție nu sunt noi pentru activitatea de construcție a drumurilor forestiere. În trecut ele s-au rezolvat în special prin folosirea materialelor locale, extinderea mecanizării lucrărilor, extinderea prefabricatelor etc. O pârghie importantă a constituit-o, de asemenea, și scurtarea duratei de execuție a obiectivelor printr-o eșalonare cât mai judicioasă a lucrărilor și urmărirea respectării termenelor, ceea ce de fapt se traduce printr-o cât mai bună organizare a șantierului.

Totalitatea lucrărilor prin care se deplasează pământul pentru execuția infrastructurii (STAS 2914-84) unui drum poartă numele de lucrări de terasamente. Deplasarea pământurilor se poate realiza din gropi de împrumut pentru a realiza rambleul drumului și de la debleul drumului către depozite de pământ. De obicei se dorește ca profilul drumului să fie mixt astfel încât cantitatea de pământ din debleu să se folosească la realizarea rambleului. Mișcarea pământurilor este lucrarea pentru care se studiază și analizează eficiența economică maximă pentru deplasarea pământului și folosirea optimă a mijloacelor de transport în strânsă legătură cu instalațiile și utilajele folosite la realizarea lucrărilor de terasamente. Pământurile folosite la realizarea terasamentelor sunt pământuri propriu-zise sau dezagregate ale rocilor, sau pentru economie se pot folosi materiale artificiale de umplutură cum ar fi zgură brută, deșeuri de carieră sau cenușa rezultată de la termocentrale (Bohrn et al 2014). Terenurile pe care se execută terasamentele trebuie să fie stabile, să fie durabile, să asigure portanța necesară și să fie ușor de întreținut în exploatare. Terenurile pe care se vor construi terasamentele unui drum forestier se vor studia din punct de

vedere geologic, hidrologic și geotehnic. Studiile care sunt necesare acestei etape în construcția drumului forestier se realizează pentru a evidenția caracteristicile fizico-mecanice dar și caracteristicile de compactare (STAS 2914-84). Caracteristicile fizico-mecanice sunt evidențiate prin determinarea compoziției granulometrice, limitei de plasticitate, sensibilitatea pământului la fenomenul de îngheț-dezghet, precum și unghiul de frecare interioară și coeziunea dintre agregatele ce intră în alcătuirea terasamentelor, capacitatea de umflare și contracție, conținutul de săruri solubile, cantitatea de material organic, modulul de deformație liniară și modulul de compresibilitate. Pământurile cu consistență scăzută cum ar fi nămoluri, mături, turbă ce prezintă săruri solubile mai mult de 5% precum și bulgării de pământ sau pământ cu materiale putrescibile nu se vor folosi la realizarea terasamentelor mai ales în rambleu. Pământurile argiloase considerate că prezintă sensibilitate medie sau ridicată la umflare-contracție și la fenomenul de îngheț-dezghet vor fi stabilizate mecanic cu lianți precum varul sau cenușa sau se vor îndepărta în totalitate de pe platforma drumului forestier.

Terasamentele se realizează pe terenuri care să le asigure portanța, să fie durabile, stabile și ușor de întreținut în exploatare. Forma și dimensiunile lucrărilor de terasamente, precum și tipul lucrărilor de apărare și protecție sunt cele prevăzute în proiecte.

Materialele folosite la realizarea terasamentelor sunt:

- Pământul vegetal - se folosește exclusiv pe suprafețele ce urmează a fi însămânțate și plantate și provine de la decopertarea zonei de amplasare a amprizei drumului sau de pe alte suprafețe locale de terene. Nu se folosește la realizarea fundațiilor sau în rambleuri.
- Cenușa de termocentrală - se poate folosi în zonele în care pământul pentru realizarea terasamentelor este greu de procurat. Cenușa de termocentrală se folosește în mijlocul rambleului taluzurile fiind acoperite cu un strat de pământ de 0,5 m; se mai poate folosi și ca strat de formă la suprafața terasamentelor, iar în zonele cu un nivel ridicat al apelor freactice sub caenușa de termocentrală se realizează un strat drenant de 0,5 m de balast.
- Pământurile pentru terasamente - sunt compozite, alcătuite dintr-o fracțiune granulară principală și din fracțiuni granulare secundare. Acestea sunt denumite cu un termen principal, care corespunde fracțiunii principale și cu unul sau mai mulți termeni de calificare, care descriu fracțiunile secundare, de exemplu: pietriș nisipos sau argilă cu pietriș. La realizarea umpluturilor cu înălțimi mai mari de 3,00 m se pot folosi la baza acestora blocuri de piatră sau din beton cu dimensiunea de maximum 0,50 m, cu condiția împănării golurilor cu pământ, asigurării tasărilor în timp, realizării unei umpluturi omogene de pământ de calitate corespunzătoare pe cel puțin 2,00 m grosime la partea superioară a rambleului.
- Pământuri pentru straturi de protecție - se folosesc pentru realizarea straturilor de protecție a rambleurilor erodabile, trebuie să aibe calitățile pământurilor care se admit la realizarea rambleurilor, fiind excluse nisipurile și pietrișurile aluvionare. Aceste pământuri nu trebuie să aibă elemente cu dimensiuni mai mari de 100 mm.

Scopurile principale ale acestor construcții de apărare, consolidare și protecția apelor sunt:

- protecția infrastructurii prin colectarea apei de pe suprafața drumului și a apei subterane și favorizarea evacuării acesteia;
- realizarea unui sprijin pentru taluzuri și pentru terasamente și protecția lor împotriva producerii alunecărilor de teren;
- protecția structurii rutiere în cazul unor avalanșe.

Aceste lucrări sunt cele mai costisitoare elemente ale drumurilor și de aceea costul pentru realizarea acestor elemente este stâns legat de fiabilitatea în timp și rezistența la condițiile de utilizare. Aceste lucrări de apărare, consolidare și protecție a apelor se execută concomitent cu construcția terasamentelor, sau imediat după ce acestea au fost construite sau reabilitate (Olteanu, 2010). Aceste lucrări trebuie să fie realizate astfel încât să nu fie afectat echilibrul ecologic al zonei și chiar să contribuie la regenerarea plantelor din vecinătatea drumului (Olteanu, 2008).

Pentru colectarea și evacuarea apelor provenite din precipitații sau din topirea zăpezii se realizează unele lucrări cum ar fi șanțuri sau rigole la marginea acostamentului, șanțuri de gardă, șanțuri de evacuare și casuiri (Olteanu, 2010). Aceste construcții se realizează pentru ca apa să nu pătrundă în corpul drumului și să producă eroziuni locale sau să micșoreze capacitatea portantă a drumului (Ochterski, 2004).

Pentru colectarea și evacuarea apelor subterane de gravitație se execută lucrări speciale numite drenuri pentru coborârea nivelului apei. Pentru consolidarea și protejarea taluzurilor (Kolka et al. 2004) se folosesc diferite metode de instalare a vegetației. Rădăcinile plantelor fie arbori, arbuști sau pătura erbacee contribuie foarte bine la stabilizarea taluzurilor (Ramin et al. 2012), iar în zonele unde este posibil ca drumul să fie viscolit iarna, pe taluzuri se poate instala o perdea forestieră de protecție formată din arbuști. În afară de instalarea vegetației pe taluzuri sau dacă taluzurile au pante foarte mari care nu permite instalarea vegetației se recurge la alte lucrări (* * *, 2011a), cum ar fi protejarea taluzurilor cu nuiele și fascine, protejarea taluzurilor prin acoperirea cu plase de sârmă libere sau ancorate sau la fel de eficient este și realizarea unor straturi de piatră numite pereuri, protejarea taluzurilor prin amplasarea de căsoaie, gabioane, stabilopozii sau protejarea cu anrocamente (Miron, et al 2006).

Lucrările de artă sunt acele elemente ale infrastructurii drumului reprezentate de poduri, podețe, viaducte, pasaje denivelate și tunele (Ionașcu, 1971). Aceste construcții se realizează pentru continuitatea părții carosabile a drumului în cazul traversării unor obstacole naturale sau artificiale (* * *, 2011a). În cazul drumurilor forestiere cele mai întâlnite lucrări care se vor lua în considerare sunt podurile și podețele care se realizează pentru traversarea unor cursuri de apă sau văi adânci văi accidentate, sau intersecții cu alte căi de comunicație.

Podețele sunt lucrări de artă care se realizează pentru traversarea unor cursuri de apă și la care deschiderea nu depășește 5 metri, iar podurile sunt acele lucrări a căror deschidere depășește 5 metri. Lucrările de artă pentru a asigura o fiabilitate în timp se execută în general din beton, beton armat, dar în ultimii ani datorită necesității de a reduce costurile dar și datorită rezistenței mărite

se folosesc material lemnoase de cele mai multe ori tratate sau stratificate dar și tablă ondulată sau PVC (Ignea et al., 2011, Hutopilă, 2013).

Pe drumurile forestiere se utilizează podețe de diferite tipuri cum ar fi tubular, dalat, pe grinzi, boltit și mai rar ovoidal. Pentru stabilirea tipului de podeț ce urmează a se construi sunt necesare observațiile din teren legate de natura terenului și condițiile geomorfologice din zona amplasamentului, mărimea debitului de apă al pârâului care urmează a fi traversat, înălțimea de construcție disponibilă, protecția mediului înconjurător, categoria drumului, includerea în peisajul zonei, eficiența tehnico economică pentru care se stabilește natura materialelor din care se va executa precum și reducerea perioadei de punere în funcțiune a drumului (Ignea et al., 2011).. Dacă există mai multe soluții care se pot adopta pentru îndeplinirea condițiilor din teren atunci soluția optimă se va baza pe baza unei analize tehnico-economice (Miron et al., 2006).

Podurile mari sunt rar întâlnite pe drumurile forestiere la traversarea unor cursuri de apă ale unor râuri de mari dimensiuni, aceste poduri formează obiectul unor proiecte aparte. Studiile de amplasare a acestor poduri se realizează odată cu proiectul drumului și se va ține seama la amplasare de unele indicații cum ar fi: traversarea cursului de apă să se realizeze perpendicular sau cât mai aproape de normală; podul nu trebuie să fie în curbă ci în aliniament cu drumul; albia să fie cât se poate de stabilă iar dacă se realizează lucrări de corectare sau mutare a albiei se stabilizează malurile; terenul fundației conform studiilor geotehnice, posedă portanța necesară stabilității construcției; racordarea drumului la pod să fie de preferat în aliniament sau raza curbei de racordare să fie mare pentru sporirea vizibilității. Stabilirea dimensionării hidraulice se calculează în conformitate cu actele legislative Normativ PD 95 – 77 și PD 161 – 85 cu respectarea O.M. nr. 148/27.02.1997 emis de Ministerul Apelor Pădurilor și Protecției Mediului.

Podurile fac parte din categoria construcțiilor complexe, evoluția lor fiind caracteristică fiecărei epoci a societății omenеști. Forma și dimensiunile podurilor sunt determinate de tipul materialului utilizat la construcția lor (lemn, piatră brută, zidărie, fontă, fier, oțel și beton, materiale compozite) și de nivelul tehnologic existent la momentul construcției. Atunci când amplasarea podului se studiază concomitent cu traseul drumului, se stabilește pe baza unei analize tehnico-economice soluția finală de amplasare a podului și integrarea acestuia în traseu (Miron et al., 2006).

Podurile din lemn, în special podurile din lemn netratat chimic, sunt lucrări de artă considerate provizorii, datorită fenomenului de putrezire care afectează rapid elementele din lemn. În cazul în care un pod din lemn este destinat a funcționa un timp mai îndelungat, se iau măsuri de protecție a lemnului (acoperire, impregnare sau vopsire). Podurile de lemn tratate chimic (impregnat), oferă impermeabilitate și protecție împotriva putrezirii, mușcăiului și împotriva radiațiilor solare ultraviolete. Principala problemă a podurilor de lemn este învechirea urmată de degradare a lemnului din care sunt realizate, o mare parte dintre acestea având nevoie în mod current de reparații (Choi et al., 2008).

Podurile dalate au o alcătuire simplă determinată de faptul că sunt structuri simplu rezemate, în general cu o singură deschidere. Din punct de vedere al alcătuirii, suprastructura podurilor dalate este alcătuită dintr-o dală din beton armat sau precomprimat, care poate fi realizată din beton monolit sau din elemente prefabricate. Dalele pot fi executate cu secțiuni plină, iar pentru

reducerea consumului de beton și a greutateii proprii a suprastructurii se utilizează dale cu goluri având diferite forme (Ionașcu, 1971). Pentru reducerea costurilor legate de cofraje, dar și de manoperă, la realizarea suprastructurii podurilor se utilizează și elemente prefabricate. Dalele realizate astfel au forma unor fâșii longitudinale de lungime egală cu cea a dalei și lățime variabilă stabilită pe criterii de rezistență și constructive (Ionașcu, 1971, Bereziuc et al., 2008).

Alegerea soluțiilor tehnice optime pentru lucrările de artă, reprezintă unul dintre cele mai importante aspecte pentru proiectarea unui drum forestier, astfel încât execuția lucrărilor de artă să fie cât mai ieftină și să necesite o mentenanță minimă. Costurile pentru o mentenanță superioară sunt acceptate doar dacă sunt însoțite de economii substanțiale de capital. Deciziile trebuie luate pe considerentul unei vederi generale și a unor indicatori pentru următoarele aspecte:

- tipul de sol și condițiile de amplasare a lucrărilor de artă;
- cerințele de proiectare pentru respectivele lucrări;
- volumul traficului luat în considerare pe drumul forestier;
- resursele disponibile.

Eficiența economică a investițiilor poate fi definită printr-o serie de indicatori de eficiență. În cele ce urmează se va face referire numai la unul dintre indicatorii considerat de importanță deosebită: raportul dintre efectul economic și volumul investiției.

Creșterea valorii acestui raport are implicații dintre cele mai favorabile asupra eficienței și ca atare trebuie să se urmărească toate căile care conduc la acest deziderat; una dintre cele mai raționale este urmărirea celor mai mari efecte economice în paralel cu diminuarea volumului investițiilor pentru același obiectiv de construcție.

Efectul economic al investițiilor reprezintă suma rezultatelor utile ale acestora; efectul economic poate fi măsurat cantitativ (fizic sau valoric) sau calitativ (îmbunătățirea condițiilor de muncă). Volumul investițiilor se exprimă de regulă sub formă valorică și reprezintă efortul financiar necesar realizării investițiilor. În ansamblu, creșterea eficienței economice impune ca sarcini de bază în domeniul lucrărilor de poduri, urmărirea permanentă a următoarelor obiective principale:

- creșterea gradului de eficientizare a lucrărilor;
- reducerea greutateii proprii a podurilor și implicit a elementelor componente;
- reducerea consumurilor de materiale;
- scăderea continuă a costurilor;
- creșterea productivității muncii în paralel cu reducerea manoperei pe șantiere;
- reducerea termenelor de execuție și de dare în funcțiune.

Desigur, această enumerare nu trebuie considerată ca limitativă, ci numai ca prioritară. În cele ce urmează se vor analiza pe scurt implicațiile unora dintre obiectivele menționate asupra valorii indicatorului global de eficiență. În domeniul transporturilor de material lemnos, reducerea duratei de execuție a investițiilor destinate căilor de comunicații și deci implicit și a podurilor și podețelor, crează posibilitatea obținerii unor efecte economice favorabile la scara întregii economii din domeniul silvic.

1.4 Fiabilitatea suprastructurii drumurilor forestiere

Suprastructura drumurilor reprezintă totalitatea lucrărilor pentru asigurarea unei suprafețe de rulare cât mai bune și în condiții optime de siguranță și confort (Bereziuc, 1989, Olteanu, 2008). Suprastructura este reprezentată de totalitatea straturilor formate din agregate minerale și întinse pe patul drumului în diferite grosimi și grade de compactare în vederea asigurării unei capacități portante care să permită circulația autovehiculelor grele pe drum în condiții de siguranță (Antoniade, 2015, Miron et al., 2006).

Astfel pentru a reduce costurile cu transportul materialelor, acestea trebuie procurate din apropierea locului unde are loc construcția sau reabilitarea unui drum. Astfel se găsește soluția optimă de execuție a lucrărilor la costuri minime pe baza unei cercetări sistematice și prin folosirea unor tehnologii adecvate cerințelor de trafic din zona respectivă (Olteanu, 2010). Pentru realizarea lucrărilor de construcție sau reabilitare a unui drum existent se vor folosi materiale precum pământuri, agregate naturale și lianți realizându-se în același timp calculele de dimensionare specifice în funcție de traficul prevăzut și de condițiile meteorologice.

Pentru a rezista în bune condiții la acțiunea traficului rutier, în anumite zone climatice, structura rutieră a drumurilor este alcătuită dintr-un sistem complex de straturi formate din diferite agregate având diferite procente de argilă în componența lor (Fairbrother, 2011). La realizarea acestui sistem complex de straturi se va ține seama de o serie de caracteristici de exploatare a drumului precum (Nestor et al., 1983):

- Intensitatea și caracterul circulației;
- Capacitatea de transport (tone între două reparații);
- Valoarea investiției inițiale;
- Termenele și costurile reparației;
- Costul de revenire al transporturilor;
- Termenele de recuperare a investiției inițiale.

Corpul drumului este considerat a fi un mediu stratificat, omogen și izotrop, iar o sarcină care acționează la suprafața structurii rutiere este repartizată uniform pe suprafața de contact. În orice punct al structurii rutiere apar eforturi și deformații a căror intensitate scade cu adâncimea. Cu cât grosimea structurii rutiere este mai mare cu atât încărcarea la nivelul patului drumului este repartizată pe o suprafață mai mare, prin urmare valoarea forțelor rezultante care acționează asupra patului drumului este mai mică.

Stratul superior al structurii rutiere este cel mai solicitat suportând direct circulația și acțiunea factorilor climatici și de aceea ar trebui să fie cel mai rezistent și foarte bine compactat. Pe măsură ce straturile se află mai aproape de suprafața terasamentelor acestea se construiesc mai puțin rezistente deoarece sunt mai puțin solicitate. Îmbrăcămintea trebuie să fie netedă și impermeabilă (Miron, et al 2006).

Îmbrăcămintea drumului preia direct sarcinile orizontale, verticale și tangențiale datorate contactului dintre suprafața drumului și roțile autovehiculelor și este direct supusă și acțiunii

factorilor climatici. Stratul de bază este situat sub îmbrăcăminte și preia sarcinile verticale ale traficului cu aceeași intensitate ca la suprafața îmbrăcăminții și le repartizează astfel încât să nu depășească portanța straturilor inferioare.

Stratul de fundație preia sarcinile de la stratul de bază pe care le distribuie și le repartizează mai departe către patul drumului. Pentru a asigura portanța la nivelul fiecărui strat rutier acestea au nevoie de o grosime bine stabilită și o compactare suficientă pentru a rezista. Substratul poate fi realizat din nisip sau balast având o grosime de 10 – 15 cm sau geotextil, rolul lui fiind (Bereziuc et al., 2009, 2010, Brânzea, 2012, Miron et al., 2006):

- Drenant, colectează apele meteorice care se infiltrează în corpul drumului și asigură îndepărtarea lor în așa fel încât să nu ajungă apa la patul drumului și a se îmbibe cu apă;
- Anticapilar, taie ascensiunea capilară a apelor subterane și împiedică ridicarea acestora către patul drumului;
- Anticontaminant, împiedică ascensiunea noroiului (argilă îmbibată în apă) care s-ar forma pe patul drumului și care sub acțiunea circulației are tendința de a pătrunde în corpul drumului;
- Antigel, rezistă la acțiunea fenomenului de îngheț;
- Contribuie la repartizarea uniformă a eforturilor pe patul drumului;
- Amortizează șocurile;
- Reduce presiunea unitară la nivelul patului drumului.

Evacuarea apelor din precipitații sau provenite din topirea zăpezii și care pătrund până în stratul de protecție sau stratul inferior de fundație diferă în funcție de situația existentă (Miron et al., 2006). Astfel evacuarea apelor prezente în structura rutieră se realizează prin drenare cu ajutorul șanțurilor (rigolelor) sau prin construirea unui strat între taluzul rambleurilor și taluzul drumului. Acest strat se va realiza cu o pantă transversală de 10 -12 % pe ultimii 80 de cm, până la taluzul drumului. La reabilitarea drumurilor dacă se va lărgi platforma drumului se pot realiza drenuri transversale de acostament amplasate la o distanță de 10 -20 de metri în funcție de declivitatea terenului și având lățimea de 25 – 30 de cm și grosimea de 30 – 50 de cm. Panta drenurilor de acostament este de 4 – 5 % și se realizează normal pe axa drumului atunci când declivitatea este mai mică de 2 %.

Principiul macadamului sau a împănării se realizează în structură deschisă (Mihăilescu et al., 2005), din sorturi de piatră monogranulară așternută în reprize și cilindrată puternic (macadamuri simple și tratate, anrobate deschise, tratamente bituminoase de suprafață). Sub acțiunea circulației autovehiculelor de mare tonaj, datorită fenomenului de sfărâmare a granulelor, aceste straturi se închid (Miron, et al 2006).

Principiul betonului sau a amestecurilor compacte se realizează din materiale cu granulozitate închisă ceea ce face ca structura lor să fie compactă, închisă cu volum minim de goluri. Coeziunea joacă un rol important iar frecarea internă asigură preluarea eforturilor interne (pământuri stabilizate, anrobate compacte, betoane și mortare). Agregatele minerale (Ozturk, et al 2013) care intră în alcătuirea straturilor rutiere sunt legate cu un liant (argilă, var, ciment, bitum) și în funcție de natura liantului se pot prepara betoane argiloase, betoane de ciment și betoane asfaltice (Ozturk, et al 2013).

Tipurile de structuri rutiere utilizate pe drumurile forestiere sunt:

- structuri rutiere din pământ și pământ îmbunătățit utilizate pentru drumuri sezoniere slab circulat;
- structuri rutiere din împietruiri simple cu un strat sau cu doua straturi de agregate, sunt utilizate pentru drumuri principale și secundare cu importanță mică;
- structuri rutiere cu îmbrăcămînți tip macadam protejat și macadam asfaltic, folosite pentru drumurile principale și magistrale;
- structuri rutiere cu îmbrăcămînți moderne (materiale anrobate, betoane asfaltice, betoane de ciment), utilizate pentru drumurile magistrale și principale.

Pământurile sunt principalele materiale de construcție folosite la executarea lucrărilor de drumuri. După modul de comportare față de acțiunea forțelor exterioare, rocile din care sunt alcătuite pământurile sunt de două feluri: roci tari și roci moi.

Rocile tari sau stâncile sunt roci solide, nedeformabile, rezistente la acțiunea mecanică exterioară (granit, bazalt, sisturi cristaline etc).

Rocile moi sau pământurile s-au format prin dezagregarea și alterarea rocilor tari sub acțiunea agenților fizici, chimici sau biologici (argila, loes-ul, nisipul, pietrișul).

1.5 Influența apei asupra pământurilor

Apa este unul dintre factorii importanți care influențează fiabilitatea drumurilor forestiere. Apa influențează fiabilitatea drumurilor forestiere în toate cele trei stări de agregare. Infiltrarea apei meteorice în substraturile drumului, duce la slăbirea legăturilor structurale prin interpunerea unui film de apă infiltrată la contactul de transfer la fisură sau la contactul direct între granulele anrobate cu lianți (Zarojanu, 2010). Prin acest fenomen de umezire a contactelor intergranulare din structura stratului rutier, apare o reducere a capacității portante la nivelul structurii rutiere. Efectul este reducerea caracteristicilor fizico-mecanice, care nu mai au posibilitatea de a prelua sarcini de la încărcarea cu autovehicule și de a le transmite stratului suport. Apa de infiltrație conduce la reduceri ale transferului la fisură și prin urmare la pierderi ale capacității portante (Zarojanu, 2010). În cazul pietrei sparte prezente în structura sistemului rutier, apa de infiltrație se acumulează la suprafața pietrei în pelicule și astfel reduce frecarea de contact cu repercusiuni negative asupra capacității portante la nivelul structurii rutiere. Apa infiltrată la nivelul pământului din patul drumului conduce la tasări necontrolate. Sub efectul ciclic al traficului, deformațiile la nivelul patului drumului sunt practic necontrolabile (Zarojanu, 2010), necesitatea de refacere a structurii rutiere fiind însoțită de costuri foarte mari.

Datorită fenomenului de îngheț-dezghet, la care apa este supus, la diferențe de temperaturi negative și pozitive se produc daune destul de importante structurilor rutiere. Când temperatura ajunge să scadă sub zero grade celsius apa este supusă fenomenului de îngheț, moleculele de apă se solidifică, se cristalizează iar volumul gheții crește. Creșterea volumului interacționează cu

agregatele din structura straturilor rutiere și le modifică poziționarea. Chiar și în condițiile în care apa rămâne în structura sistemului rutier în stare lichidă produce o umiditate crescută care provoacă scăderea portanței sistemului rutier.

1.6 Influența traficului asupra fiabilității drumurilor forestiere

Traficul reprezintă totalitatea mijloacelor de transport marfă și persoane și a oamenilor care circulă pe o structură rutieră într-o perioadă de timp. Componenta și intensitatea traficului a fost mereu un factor important atât pentru degradările produse sistemelor rutiere cât și pentru dimensionarea acestora datorită sarcinii care o exercită la contactul dintre roată și suprafața căii de rulare. Dezvoltarea rețelelor de drumuri auto s-a realizat odată cu nevoia de a transporta și comercializa marfă necesară dezvoltării civilizațiilor. De la apariția primelor căruțe și până la circulația a mii de autovehicule pe un anumit tronson, într-un anumit interval, construcția și întreținerea drumurilor a cunoscut o continuă dezvoltare.

La proiectarea și construirea drumurilor forestiere se ține seama de componenta traficului și de circulația autovehiculelor în condiții de confort și de siguranță (Ciobanu, 1999). Influența traficului asupra drumurilor forestiere este reprezentată de totalitatea autovehiculelor care circulă pe un drum oarecare și este caracterizat de componentă, intensitate, viteză de circulație și (Săceanu et al., 2012, Carlsson et al., 2013) parametrii constructivi ai autovehiculelor. Aceste însușiri sunt foarte importante de știut pentru stabilirea elementelor geometrice și constructive ale drumului. Creșterea performanțelor în domeniul construcțiilor de autovehicule printre care și viteza stă la baza calculului de realizare a elementelor geometrice ale drumului. Astfel raza curbilor și distanța de redresare, distanța dintre două curbe successive în aliniament, lățimea drumului și tipul înclinațiilor în profil transversal, stabilirea pantelor pentru mersul în plin și mersul în gol sunt elemente ce țin seama de viteza pentru care se proiectează drumul (Petković et al., 2014). Alcătuirea sistemului rutier precum și determinarea grosimii straturilor care formează sistemul rutier este condiționat de greutatea vehiculelor și distribuirea acestora pe axe dar și de contactul între roată și drum (Săceanu, 2014). Componenta traficului și intensitatea contribuie la determinarea numărului de benzi de circulație ce se vor construi.

Traficul pe drumurile forestiere este majoritar compus din autovehicule care transportă biomasa lemnoasă din platforma primară a parchetelor de exploatare și până la centrele de sortare și prelucrare. Aceste sarcini care acționează asupra sistemului rutier se descompune în spațiu pe trei axe astfel: la nivelul contactului dintre roată și cale se produc tensiuni tangențiale, verticale și orizontale (Ciobanu et al., 2012). Studiul portanței drumurilor este în strânsă legătură cu caracteristicile contactului celor două componente care interacționează, roata și calea de rulare. Caracteristica acestui contact este produsul dintre presiunea exercitată de roată exprimată în MPa și diametrul care se realizează la contactul roții pe drum exprimat în milimetri. Așadar cunoașterea acestor doi factori este foarte importantă pentru calculul determinării capacității portante a drumului precum și la dimensionarea straturilor rutiere. Cunoscut mai este faptul că intensitatea

traficului este foarte importantă deoarece un număr repetat și mare de treceri pe același tronson determină degradări (Ciobanu et al., 2012) mai costisitoare atât suprastructurii drumului cât în cazuri mai rele și a infrastructurii acestuia.

1.7 Dimensionarea sistemelor rutiere

Odată cu dezvoltarea mașinilor și creșterea greutateii lor și a mărfii transportate pentru a se face livrarea din „poartă în poartă” se observă că drumurile nu sunt destul de fiabile prezentând diverse degradări de la elementele geometrice la structura straturilor rutiere. Astfel odată cu înființarea Comitetul Internațional Permanent al Inginerilor de Drumuri, se dezvoltă tot mai mult straturile impermeabile din suprastructura drumurilor în special cele din bitum, asfalt (O'Mahony et al. 2000) și ciment, pentru a răspunde cerințelor de performanță ale noilor autovehicule. Astfel la începutul secolului XX Europa avea o rețea de drumuri pietruite mai mică decât Imperiul Roman (Dorobanțu, 2015).

De-a lungul timpului încă de prin anii 1650 a fost enunțată teoria elasticității materialelor și s-a realizat modulul de deformare a lui Young de către Robert Hook, iar Isaac Newton a stabilit tot în acea perioadă o relație privind vâscozitatea fluidelor. Schimbarea comportamentului și a proprietății materialelor odată cu trecerea timpului a fost studiată de către fizicieni și matematicieni ai vremii precum Voigt Karl, Thomas Sir Williams, lord Kevin și James Clark Maxwell. Referitor tot la îmbrăcăminți asfaltice și din beton precum și la întreținerea drumurilor pe timpul iernii și stabilirea unei fiabilități pe termen lung a drumurilor s-a realizat în SUA un program strategic pentru drumuri aprobat în 1987.

Astfel s-au clasificat tipurile de pământuri cu ajutorul metodei empirice CBR care se folosește și în zilele de azi pentru verificarea metodelor analitice. O altă metodă de dimensionare a structurilor rutiere este metoda Miltistrat Burmister care pornind de la teoria elasticității și cum se comportă solidele caracterizate de diferite module de elasticitate unul având o grosime finită iar celălalt o grosime semifinită. Sistemul Tristrat Jeuffroy este o metodă de dimensionare care i-a un calcul două straturi rutiere și pământul din patul drumului fiecare având o grosime h și fiind caracterizat de modulul de elasticitate E . Pe baza acestor date s-a determinat deformația specifică verticală care este prezentă în patul drumului și în partea superioară a straturilor rutiere și deformația specifică la întindere care este prezentă în partea inferioară a straturilor rutiere. Pe baza acestei metode în SUA s-au realizat structuri rutiere pe drumurile importante din trei și cinci straturi rutiere luând în calcul numărul de camioane prezente pe acea secțiune de drum. Dezvoltarea realizării unor sisteme rutiere cât mai durabile și fiabile în timp s-a realizat doar prin observarea diferitelor defecte care au apărut în structura straturilor rutiere de la compactări, tasări, rupturi datorate forfecării, până la fisuri și microdeformații.

1.8 Eficiența economică a cheltuielilor cu drumurile forestiere

Proiectarea unei rețele pentru transporturi forestiere este o problemă complexă, vizând aspecte atât de ordin tehnic cât și de ordin economic. Astfel fiecare soluție tehnică presupune un efort de investiție și are o anumită eficiență economică. Pentru aprecierea corectă a eficienței economice este necesară cunoașterea efectelor economice generale ale dotării pădurilor cu drumuri și în special, a problemelor legate de costul transportului materialului lemnos de la cioată până la centrul de sortare și preindustrializare a lemnului sau depozitul fabricii de prelucrare. Un efect economic important îl constituie pierderile din suprafața productivă a pădurii prin construcția rețelei de drumuri, care se reflectă, în final, prin pierderi de masă lemnoasă.

Cea mai însemnata pondere din cadrul transporturilor forestiere o reprezintă transportul materialului lemnos recoltat. Astfel la studiul de proiectare a rețelei de drumuri se urmărește în principal, ca printr-o amplasare judicioasă să se reducă la minim cheltuielile necesare pentru deplasarea masei lemnoase de la cioată la centrele de prelucrare și consum. Cheltuielile de transport sunt alcătuite din costul colectării, costul construcției drumului auto, costul întreținerii drumului și costul transportului propriu-zis. Cunoașterea cheltuielilor de transport determină desimea optimă a rețelei și stabilirea celor mai corespunzătoare tipuri de drum.

Cheltuielile de colectare - depind pe de-o parte de teren și arboret, iar pe de altă parte de dotarea tehnică, acestea din urmă fiind cunoscute, cheltuielile se determină în baza normelor și a tarifelor în vigoare. În grupa cheltuielilor de colectare se distinge o componentă variabilă și una constantă. Cheltuielile constante includ formarea sarcinii și legările-dezlegările materialului lemnos, precum și eventualele stivuri ale acestuia pe marginea drumului sau în platform primară; ele nu depind de lungimea distanței de colectare și nici nu presupun întotdeauna aceleași operațiuni.

Cheltuielile variabile pot provoca o oarecare nesiguranță în calcule deoarece odată cu reducerea distanței de colectare se poate modifica și sistemul de colectare. Costurile constante depind de mijloacele folosite la apropiatul lemnului (tractor, funicular) de volumul arborelui și de specie (foioase rașinoase).

Amortismentul anual se determină ca raport între amortismentul anual al rețelei și lungimea acesteia, iar amortismentul rețelei se determină

$$A = (\text{valoarea inițială} - \text{valoarea finală}) / \text{durata de amortizare}$$

Durata de amortizare depinde de durata de serviciu a drumului, durată care, la rândul său, este determinată de modul de construcție, gradul de utilizare și modul de întreținere al drumului. Forma organizată a lucrărilor de întreținere și reparații permite creșterea perioadei de serviciu a drumului ceea ce face ca durata de amortizare să fie destul de mare. La noi în țară legislația stabilește la 1% norma de amortizare și deci la 100 de ani, termenul de recuperare a investiției.

Reducerea costurilor de întreținere se realizează prin:

- corelarea corespunzătoare între standardul de execuție al drumurilor rețelei și traficul de pe acestea;

- mecanizarea lucrărilor de întreținere;
- folosirea unor tehnologii adecvate și respectarea întocmai a acestora;
- concentrarea lucrărilor de întreținere și efectuarea lor fără întrerupere.

Pierderile de masă lemnoasă datorate construcției rețelei de drumuri. În calculele referitoare la eficiența economică a dotării pădurilor cu drumuri auto se pot lua în considerare pierderile de masă lemnoasă provocate pe toată perioada de amortizare, de faptul că ampriza drumului ocupă o suprafață forestieră care ar putea fi productivă. Această mărime depinde de lungimea rețelei de drumuri și de lățimea medie a amprizei. Ampriza depinde de dimensiunile în profil transversal ale elementelor constructive ale drumului, de natura și înclinarea terenului și de cota de lucru. Ampriza va fi mai mare cu cât lățimea platformei și a șanțurilor laterale sunt mai mari, înclinările adoptate pentru taluzuri sunt mai mici, terenul este mai înclinat iar cotele de lucru sunt mai mari.

Realizarea unei rentabilități maxime în colectarea și transportul lemnului au condus la noțiunea de desime optimă a rețelei de drumuri, indicator cu o puternică nuanță economică. Ideea desimii optime a preocupat permanent specialiștii din sectorul silvic, astfel că din 1876 se spunea că rețeaua trebuie astfel construită încât cheltuielile pentru construcție și întreținere să se găsească într-un raport proporțional cu avantajele ce urmează să fie obținute de pe urma acestei construcții. Majoritatea specialiștilor definesc desimea optimă drept acea desime la care se realizează cel mai mic cost de colectare și transportul lemnului, inclusiv cheltuielile legate de amenajarea și întreținerea căilor folosite în acest scop. Alții pornind de la premisa că existența drumurilor auto influențează în mod pozitiv desfășurarea întregului proces de gospodărire a pădurii, definesc desimea optimă drept acea desime a rețelei de drumuri care conduce la cel mai scăzut cost al producției forestiere. În acest mod se i-a în considerare totalitatea cheltuielilor de muncă, începând de la întemeierea arboretului și până la aducerea lemnului în circuitul economic.

Mărimea desimii optime variază în limite foarte mari de la 2 la 60 m/ha. Acest lucru este justificat prin faptul că la baza calculelor se au în vedere elementele economice, care variază în timp și spațiu. Trebuie avut în vedere că o rețea nu se proiectează pe un teritoriu virgin ci în condițiile unei rețele de transport existente, care aduce cu sine numeroase implicații și care trebuie completată cât mai judicios. Din această cauză desimea variază chiar în condiții similare de relief, arboret, tratament silvicultural și tehnică de colectare, în funcție de specificul local al rețelei existente.

Pentru determinarea desimii optime se au în vedere două principii:

- principiul cheltuielilor minime pentru colectarea și transportul lemnului ;
- principiul consumului minim de timp și de muncă.

Pornind de la aceste 2 principii s-au elaborat mai multe relații ale desimii optime. Majoritatea relațiilor au la bază primul principiu și anume acela al cheltuielilor minime pentru colectarea și transportul lemnului. Alți autori au căutat să introducă în relația desimii optime indici noi și coeficienți care să țină seama și de consumul minim de timp și muncă. Indiferent de principiul în baza căruia se determină desimea optimă, productivitatea lucrărilor, la aceeași desime depinde de

modul de amplasare a rețelei de drumuri în cuprinsul suprafeței păduroase. De aici rezultă importanța corelării desimii optime cu indicele de accesibilitate a pădurii.

În afara metodei analitice de calcul, desimea optimă mai poate fi determinată și cu ajutorul diagramei sintezei, care se bazează pe reprezentarea curbei cumulative a cheltuielilor care afectează colectarea și transportul lemnului.

Cheltuielile totale de colectare și transport a masei lemnoase sunt alcătuite din costul colectării C_c , costul construcției drumului C_a , și costul de întreținere C_i . Diagrama sintezei pune în evidență noi aspecte astfel, eficiența asupra reducerii cheltuielilor scade odată cu creșterea desimii de drumuri, pentru ca la valori mai mari decât desimea optimă suma cheltuielilor să crească.

Pierderea financiară este mai mică în cazul depășirii desimii optime decât în cazul nerealizării acesteia. Cunoașterea desimii optime are o importanță deosebită, întrucât de valoarea sa depinde nu numai mărimea eforturilor de investiție în drumuri auto, ci și modul de amplasare a drumurilor în cadrul rețelei, în așa fel încât eficiența deschiderii pădurii să fie maximă.

Din datele Regiei Naționale a Pădurilor în perioada 1960-2005, s-au realizat 26704,3 km drumuri forestiere, ritmul de dezvoltare fiind de 580,5 km/an. Din datele prezentate rezultă că în perioada 1960-1988 fondul forestier al țării noastre a fost dotat cu o rețea permanentă de transport forestier cu lungimea de 25000 km ceea ce reprezintă o medie de realizare de 960 km/an. Cu toate că ritmul de dezvoltare a rețelei de drumuri forestiere a fost cuprins între 800 -1100 km pe an înainte de 1986, acest lucru tot nu a permis exploatarea întregului volum de biomasă lemnoasă prevăzut la exploatare din cauza lipsei de accesibilitate. Distanțele medii de colectare în acea perioadă erau cuprinse între 1,2-1,4 km.

Astfel indicele de densitate a drumurilor forestiere este de 5,10 m/ha. Ținând cont de faptul că 9088,9 km de drumuri forestiere sunt necirculabili, rezultă ca indicele real de densitate al rețelei de transport este de 3,68 m/ha. Dacă la rețeaua de drumuri forestiere existentă se i-a în considerare și cei 7624,7 km de drumuri publice din pădure unde este permisă colectarea lemnului și cei 1453 km drumuri de exploatare aparținând altor sectoare, indicele de densitate al rețelei de căi de transport se mărește la 6,5 m/ha. Această densitate a rețelei de drumuri forestiere este mult mai mică față de densitatea drumurilor forestiere din alte țări ale Uniunii Europene care prezintă un relief asemănător.

CAPITOLUL 2. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR

1.1. Scopul cercetării

Drumurile auto forestiere reprezintă o necesitate atât pentru exploatarea masei lemnoase și transportul acesteia cât și pentru gospodărirea durabilă a pădurilor reprezentată de realizarea lucrărilor silvotehnice, paza și protecția pădurilor, protecția și stingerea incendiilor și scop recreativ turistic. Scopul numărul unu al tezei este de a stabili fiabilitatea unor drumuri forestiere. Stabilirea factorilor care contribuie la degradarea drumurilor și felul în care aceștia acționează este alt scop de îndeplinit. Apa, traficul, factorii climatici și cantitatea de masă lemnoasă transportată determină degradarea drumurilor forestiere. Alt scop este stabilirea costurilor cu lucrările de reabilitare a drumurilor forestiere. Determinarea grosimii staturilor rutiere, modulele de deformație, materialele din care sunt alcătuite straturile rutiere, patul drumului, conținutul de argilă, costurile de întreținere și reparații. Stabilirea cantității de masă lemnoasă transportată și realizarea observațiilor cu privire la fiabilitatea drumurilor forestiere.

Spre deosebire de drumurile publice, drumurile forestiere sunt caracterizate de o intensitate a traficului redusă cu sarcini mari. Portanța drumurilor a fost studiată și s-au adus soluții tehnice de tot felul încă de la apariția primelor vehicule cu roți. Scopul cercetării este de a alege soluții optime de creștere a fiabilității drumurilor forestiere la costuri cât mai reduse. Oportunitatea asfaltării unui drum forestier în vederea realizării studiului de fiabilitate.

2.2. Obiectivele cercetării

Obiectivele acestei cercetări este de a realiza documentarea despre fiabilitate, ce reprezintă și cum se stabilește fiabilitatea pentru drumurile forestiere. Identificarea factorilor de care depinde fiabilitatea unui drum forestier. Stabilirea costul mediu al lucrărilor de întreținere al unui kilometru de drum auto forestier din zona cercetată pe baza cheltuielilor din ultimii 13 ani. Determinarea capacității portante a drumurilor și stabilirea grosimii straturilor rutiere pentru a crește fiabilitatea drumurilor forestiere în perioada următoare de timp. Costul necesar pentru realizarea unui strat de diferite grosimi de asfalt și oportunitatea investiției în vederea realizării unui drum forestier fiabil o perioadă de timp mai îndelungată deoarece situația actuală necesită drumuri forestiere permanente. Soluții pentru reducerea costurilor de întreținere și reparații a drumurilor auto forestiere și soluțiile adoptate pentru a realiza această reducere. Alte obiective stabilite sunt de a stabili o legătură între costul de întreținere al unui drum forestier, degradările sistemului rutier, portanța drumurilor și masa lemnoasă transportată pe aceste drumuri forestiere.

CAPITOLUL 3. LOCUL CERCETĂRILOR. MATERIALE ȘI METODE

3.1 Locul cercetărilor

Locul unde s-a efectuat cercetarea este situat pe raza Ocolului Silvic Moinești din cadrul Direcției Silvice Bacău. Acest ocol administrează atât pădurile proprietate publică a statului din cadrul Regiei Naționale a Pădurilor – ROMSILVA, cât și pădure proprietate privată. Unitățile de producție care alcătuiesc fondul forestier al Ocolului Silvic Moinești sunt în număr de 7, acestea fiind prezentate în **tabelul 1**:

Tabelul 1 Situația unităților de producție din cadrul O.S.Moinești

Sursa: Amenajament Studiu general OS Moinești

Unități de producție		Suprafața ha
Număr	Denumire	
I	Tazlăul Sărat	4131,49
II	Bolătău	4111,51
III	Solonț	2606,82
IV	Scorțeni	1809,19
V	Poduri	720,52
VI	Schit	4436,31
VII	Frumoasa	1471,88
Total		19287,72

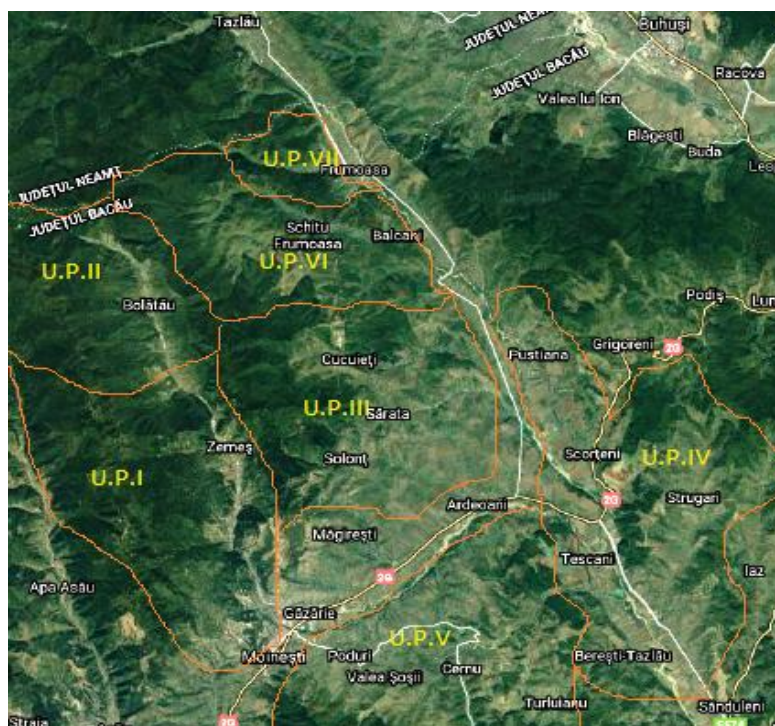


Figura 2 Harta unităților de producție din cadrul Ocolului Silvic Moinești

Sursa : [Google.com/maps/](https://www.google.com/maps/)

Rețeaua de drumuri prezentă în fondul forestier al Ocolului Silvic Moinești cu suprafața de 19287,72 ha, este formată din 427,08 km drumuri auto din care: 257,96 km drumuri de exploatare petrolieră, 71,90 km drumuri publice și 97,22 km drumuri forestiere. Drumurile publice luate în considerare sunt acele drumuri care străbat efectiv suprafața de pădure sau se află la o distanță optimă de scos-apropiat din țara noastră de maxim 1,2 km distanța până la pădure. Rețeaua drumurilor existente este suficientă pentru accesibilizarea suprafețelor de pădure din care se vor extrage materiale lemnoase rezultate din produse principale și secundare, luându-se o distanță maximă de colectare de 1200 m. Indicele de densitate a rețelei de drumuri existente este de 22,14 m/ha, din care drumurile forestiere au un indice de 5,04 m/ha, drumurile publice au indicele care indică desimea de 3,73 m/ha, iar drumurile de exploatare petrolieră au un indice de 13,37 m/ha.

Masa lemnoasă ce gravitează la rețeaua de drumuri are volumul de 1014263 m³ se referă la posibilitatea extragerii acestei cantități din produse principale și secundare în perioada de 10 ani cât are valabilitate prezentul amenajament al ocolului silvic (2015-2024).

În situația în care toate drumurile sunt funcționale rezultă o distanță medie de colectare ce se prezintă astfel:

Tabelul 2 Repartiția fondului forestier în funcție de distanța de colectare

Distanța medie de scos-apropiat m	Procentul din suprafața totală a fondului forestier %
<400	43
401-700	29
701-1000	14
1001-1300	5
1301-1600	6
>1600	3

3.2 Metodologia de cercetare

Cercetările efectuate se referă pe de-o parte la analiza unor drumuri forestiere cu privire la cheltuielile cu lucrări de întreținere și reparații curente și reparații capitale pentru perioada în care a intrat în vigoare amenajamentul precedent și până în prezent (13 ani). În altă ordine de idei s-au adunat toate costurile cu drumurile forestiere din ultimii 13 ani și s-a realizat prețul mediu pentru reabilitarea unui kilometru de drum forestier. S-a realizat actualizarea prețurilor deoarece valoarea de acum 13-15 ani a banilor nu se poate compara cu valoarea actuală. Alegerea unor drumuri forestiere din zona studiată și analizarea tuturor defectelor care au avut loc la acele drumuri, precum și cauzele care au dus la deteriorarea drumului dar și soluții optime de implementat pentru a crește fiabilitatea drumurilor respective. Analizarea structurii drumurilor forestiere care au în alcătuire diferite straturi de materiale de diferite rezistențe, precum și patul drumului care se situează pe diferite formațiuni tectonice. S-a realizat comparația prețurilor necesare pentru

exploatarea mesei lemnoase în scenariul în care drumul studiat nu a s-ar fi construit și situația actuală când drumul construit există. Metodologia de cercetare este de stângere a informațiilor cu privire la costurile lucrărilor de reabilitare a drumurilor forestiere și informații despre masa lemnoasă exploatare din pădurile deservite de drumurile forestiere studiate. Metoda observației în teren a degradărilor apărute la drumurile forestiere și ce efecte au asupra fiabilității drumurilor. Determinarea grosimilor straturilor rutiere pentru reabilitarea unui drum în vederea asfaltării și efectele acestei soluții cu privire la fiabilitatea pe o perioadă stabilită. Determinarea în laborator a comportării materialelor folosite la reabilitarea drumurilor forestiere în condițiile reale de exploatare a unui drum forestier.

3.2.1. Drumurile forestiere alese pentru cercetare

Pentru această cercetare s-au ales drumuri din cadrul Ocolului Silvic Moinești, din diferite UP-uri și care sa fie reprezentative pentru zona respectivă. Drumurile sunt situate atât în zona montana cât și în zona deluroasă și sunt drumuri pe care se realizează transportul unor cantități de masă lemnoasă mai mare sau mai mică în funcție de suprafața de pădure deservită și de clasa de vârstă a pădurii deservită. Drumurile sunt situate pe diferite formațiuni tectonice, formate din bolovănișuri/pietrișuri, nisipuri și argile nisipoase, acest lucru fiind favorabil alunecărilor de teren de suprafață.

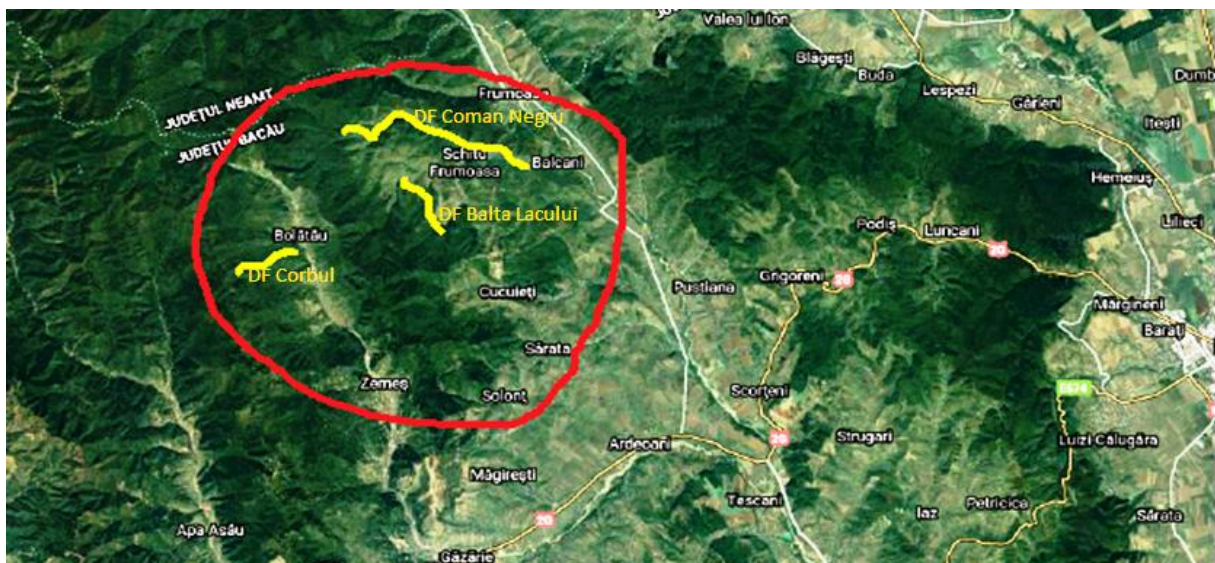


Figura 3 Drumurile forestiere alese pentru cercetare

Sursa [Google.com/maps](https://www.google.com/maps)

Tabelul 4 *Caracteristicile drumurilor forestiere studiate*

Criteria	DF Coman Negru	DF Corbu	DF Balta Lacului
Data punerii în funcțiune	01.12.1964	01.12.1966	01.12.1969
Lungimea drumului (km)	6,3	2,0	2,4
Lățimea platformei	3,5-5,5	3,0-4,0	2,5-4,0
Unitatea de Producție	VI	II	III
Ramificat la intersecția cu drumul	DC 186	180A	DF Solon'-Cucuie'i
Suprafața de pădure deservită (ha)	226,4	94,4	88,9
Cantitatea de masa lemnoasă transportată anul	10800	2800	5400
Numărul de poduri	2	-	-
Numărul de podețe	19	13	14
Ziduri de sprijin (m)	-	264	24
Altitudinea început/sfârșit (m)	400/600	710/900	500/700
Starea actuală	bună	bună	bună
Valoara inițială (lei) 1990	8105632	1295614	2117169
Valoarea inițială actualizată (lei)	6769824	1082097	1768260
Valoarea actuală după amortizare	508	2641	8360

Drumurile forestiere alese pentru cercetarea sunt drumul forestier Coman Negru, drumul forestier Corbu și drumul forestier Balta Lacului. Aceste drumuri au fost alese din unități de producție diferite din cadrul Ocolului Silvic Moinești, au lungimi diferite și în funcție de cantitatea de masă lemnoasă ce se transportă anual pe aceste drumuri, drumul forestier Coman Negru poate fi considerat drum principal pentru că pe acest drum se transportă o cantitate de masă lemnoasă de peste 10000 metrii cubi anual, iar celelalte două drumuri pot fi considerate drumuri secundare.

În perioada 2005-2017, pe aceste drumuri s-a intervenit cu lucrări de reabilitare precum lucrări de întreținere curentă și lucrări de reparații curente. Doar pentru drumul forestier Coman Negru s-au realizat lucrări de reparații capitale în anul 2007 ca urmare a producerii unor calamități la nivelul terasamentului datorate viiturilor provocate de precipitațiile abundente din acea perioadă. Tot din tabelul 4 se poate observa că indiferent de lungimea drumurilor forestiere, diferența de altitudine între punctul de început al drumului și cel de sfârșit este de 200 m. Drumurile se prezintă într-o stare bună care necesită lucrări de întreținere curentă.

3.2.2. Degradările apărute la drumurile forestiere studiate

3.2.2.1 Observații din teren

În urma evaluărilor din teren a drumurilor forestiere alese pentru acest studiu privind fiabilitatea, s-au inventariat toate defecțiunile apărute după iarna anului 2017, în primăvara anului 2018 cu ocazia realizării antemăsurătorilor necesare elaborării devizelor pentru lucrările de întreținere și reparații a drumurilor în anul 2018. Astfel s-au identificat gropi de diferite dimensiuni ale

diametrului și adâncimii, lăsături, tasări și ogașe apărute atât din cauza traficului auto cât și datorită scurgerii apei la vale, pe drum, apă provenită din topirea zăpezilor dar și cu ocazia ploilor de primăvară. S-au identificat șanțuri necurățate și colmatate atât cu pământuri provenite de pe taluzurile drumurilor, cât și cu resturi de exploatare aduse din parchetele de exploatare de către apă. În zonele în care șanțurile și podețele au fost colmatate apa a ieșit pe drum și a spălat formațiunile de nisip în urmă rămânând doar pietre mari spălate precum și ogașe pe unde s-a scurs apa. În unele zone unde panta terenului este foarte mică sau drumul este drept și nu favorizează scurgerea apei, apa stagnează și se formează bălți care pun în pericol siguranța circulației, datorită scăderii portanței sistemului rutier. În zonele unde apa pâraurilor s-a apropiat foarte tare de platforma drumului cum este cazul la drumul auto forestier Coman Negru apa a săpat sub platforma drumului acesta surpându-se pe porțiuni de 10-20 metri. Astfel la realizarea antemăsurătorilor s-au măsurat lungimile, diametrele și adâncimea gropilor, lășăturilor, ogașelor și altor denivelări pentru a putea estima cantitatea de material necesară umplerii acestor defecțiuni pentru a readuce drumul forestier în condiții de circulație normală și în deplină siguranță. S-au măsurat surpările și alunecările și s-au luat în vedere consolidarea malurilor atât cu gabioane cât și cu căsoaie și s-a stabilit și necesarul de material pentru umplutură precum și modul de achiziție al acestuia.



Figura 4 *Lăsături*



Figura 5 *Șanț colmatat*



Figura 6 *Spălări*



Figura 7 *Alunecări, surpări*

În cazul apei care s-a apropiat de drumul forestier s-au purtat discuții despre mutarea albiei pârâului și canalizarea acestuia cu diguri pe porțiunea afectată a drumului pentru a proteja sistemul rutier.

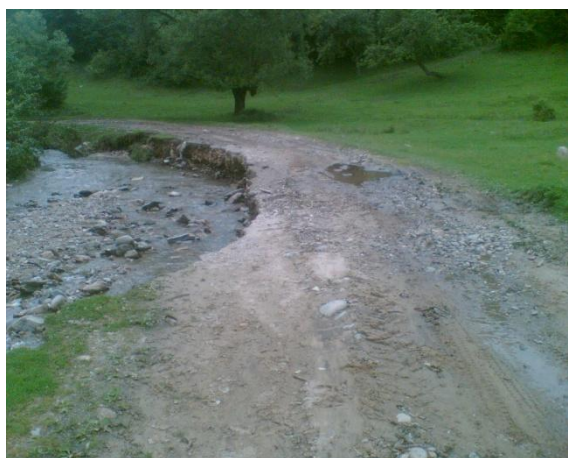


Figura 8 *Spălări surpări*



Figura 9 *Gropi*

În figurile de la 4 la 9 se pot observa diferite tipuri ale degradării sistemului rutier. După cum se poate observa în toate pozele este prezentă apa și se observă și urmele roților autovehiculelor care circulă pe aceste drumuri auto, principalii factori ai degradării drumurilor forestiere.

Astfel cu ajutorul unei rulete s-au măsurat degradările observate la începutul anului 2017. Pe fiecare drum s-a realizat o suprafață de probă de 100 metrii pentru 2,0 km de drum ceea ce a rezultat că pe drumul forestier Coman Negru s-au realizat trei suprafețe de probă.

Tabelul 5 *Suprafețele degradate din cadrul suprafețelor de probă*

Criteria	DF Coman Negru			DF Corbu	DF Balta Lacului
Suprafața de probă	1	2	3	1	1
Suprafața degradată de gropi (mp)	12,4	13,5	9,7	10,1	13,2
Suprafața degradată de lăsături (mp)	4,3	8,2	5,4	15,8	17,2
Suprafața totală afectată	16,7	21,7	15,1	25,9	30,4

Din tabelul 5 se observă că suprafața afectată de către gropile și lăsăturile prezente în piețele de probă de 100 metrii pătrați este cuprinsă între 15% și 30%. Aceste procente sunt destul de mari dar în mare măsură depind de faptul că s-au măsurat toate denivelările care prezentau adâncimi mai mari de 1 cm ceea ce cu afectează serios circulația în condiții de siguranță dar poate reduce viteza de deplasare atunci când mijloacele de transport a masei lemnoase sunt încărcate.

Pentru alunecările de teren s-a măsurat volumul care este necesar pentru a reface aceste degradări. Alunecările de teren au fost identificate doar pe drumul Balta Lacului pe o porțiune de 20 m lungime și o lățime medie de 1,5 m. Alunecarea de teren s-a produs pe o porțiune de drum unde era prezent un zid de sprijin format din gabioane. Suprafața de drum afectată de această alunecare este de 30 metrii pătrați. Alte degradări identificate pe teren au fost două surpări provocate de cursul pârâului Coman care a săpat la baza drumului. Suprafețele celor două surpări

au fost măsurate cu ajutorul ruletei, lungimea primeia fiind de 10 m, iar a celei de a doua de 15 m, lăţimea ambelor fiind cuprinsă între 0,5-1,5 m.

3.2.3. Tehnica de colectare a lemnului

Între procesul de colectare și dezvoltare a unei rețele de transport există o legătură strânsă și orice modificare în metoda de colectare are influența sa asupra proiectării deschiderii unei păduri. Dezvoltarea rețelei de colectare în cuprinsul unei suprafețe forestiere nu depinde numai de gradul de dotare al acesteia cu drumuri auto. Intervine, în mod direct, și tehnica de colectare preconizată, care, la rândul său, depinde de o multitudine de factori, inclusiv de dezvoltarea rețelei de drumuri. În regiunile muntoase și deluroase procedeele de colectare sunt determinate de teren, atât de natura acestuia cât și, în special, de înclinarea versantului. Un rol important în stabilirea tehnicii de colectare îl joacă și cantitatea de material lemnos ce urmează să fie colectată de pe unitatea de suprafață, inclusiv greutatea și lungimea trunchiurilor sau arborilor: orice deplasare va fi cu atât mai rentabilă cu cât cantitatea de lemn de pe unitatea de suprafață va fi mai mare, iar la stabilirea costurilor sunt determinate de dimensiunile pieselor celor mai frecvente. De asemenea și consistența arboretului influențează productivitatea și costul lucrărilor de colectare; cu cât arboretul este mai consistent și în special cu cât subarboretul este mai dezvoltat cu atât colectarea lemnului este îngreunată și încetinită.

Dintre lucrările de colectare prezintă importanță deosebită, cele de apropiat, respectiv cele de deplasare a lemnului din tason la o cale permanentă de transport; lucrările de adunat și scos interesează doar în măsura în care prin extinderea rețelei de drumuri se modifică tehnica folosită la efectuarea lor sau volumul de muncă. Actualmente, principalele mijloace mecanizate folosite în exploatarea forestiere la apropiatul lemnului, în cadrul Ocolului Silvic Moinești sunt tractoarele.

Tractoarele au fost printre primele mașini de tracțiune folosite la colectarea lemnului. Inițial de tip universal sau agricol, apoi adaptate condițiilor de lucru din pădure, tractoarele sunt întâlnite frecvent în exploatarea forestiere din toate țările cu terenuri păduroase. La noi în țară pornindu-se de la tractoarele universale, dotate cu echipamente de lucru specifice exploatărilor forestiere, s-a trecut la tractorul specializat TAF-650. Ca mijloace de colectare sunt indicate în terenurile cu pante până la 30°, deși de multe ori sunt utilizate și în condiții de relief mai dificile.

Cu toate că tractoarele articulate forestiere sunt în măsură să învingă rampe de până la 20% la cursa în plin și 40% la cursa în gol, totuși, în regiunile accidentate, este recomandabil ca rețeaua drumurilor de tractor să fie astfel dezvoltată încât să asigure apropiatul lemnului numai la vale, iar declivitățile drumurilor să se mențină între 10..20%; pe asemenea drumuri tractoarele se deplasează fără dificultăți deosebite, inclusiv cele de tip universal, atât în sensul transportului în plin, cât și în sensul transportului în gol.

La amplasarea drumurilor de tractor trebuie avut în vedere și fenomenul de eroziune a terenului (Oancea, 2013, Călinoiu, 2011). Eroziunea la drumurile auto forestiere este mai accentuată în zonele de munte și deal unde un rol important îl are panta pe care sunt realizate aceste construcții

rutiere. În cazul studiilor specific forestiere cum este și acest caz un factor important al producerii eroziunii este tehnologia de exploatare adoptată (Enache, 2013, Richard, 2011). Cele mai bune soluții pentru reducerea eroziunii sunt realizarea de lucrări hidrotehnice și împăduririle, iar ținând cont de tehnicile de exploatare recomandarea este ca lemnul să fie scos cu ajutorul funicularului (Duță, 2012) care transportă buștenii suspendați sau prin semitârâre caz în care eroziunea se va produce sub linia funicularului cu un impact mult mai mic asupra mediului și ecosistemului.

La pante sub 10% efectele eroziunii sunt estompate, limitându-se doar la partea superioară a solului; odată cu creșterea pantei efectele eroziunii se fac simțite la adâncimi tot mai mari, formând fâgașe tot mai adânci care fac ca uneori traseele existente să fie părăsite și să se realizeze noi trasee.

În cazul tractoarelor articulate distanța de apropiat, eficientă din punct de vedere tehnic și economic, este de 600...800 m, peste această distanță productivitatea scăzând simțitor. Lățimea zonei de adunat este determinată de caracteristicile tractorului (puterea motorului, lungimea cablului) și de distanța admisă pentru corhănire (75...100 m). În continuare, materialul lemnos este apropiat cu tractorul până la un drum auto secundar sau principal. Drumurile auto au declivități mai mari și se desfășoară pieziș pe versant, sau în serpentine, în funcție de configurația generală a terenului. Pentru ca distanța de apropiat să se mențină în limite admisibile, se amenajează din loc în loc drumuri de legătură. Lungimea cumulată a diferitelor categorii de drumuri, pentru 100 ha padure, este: 2,5...3 km drumuri de apropiat, 2,5 km drumuri secundare, 1 km drum principal.

3.2.4. Observații privind acțiunea traficului asupra drumurilor forestiere

După apă, traficul pe drumurile auto forestiere reprezintă următorul factor important de degradare a sistemelor rutiere. În țara noastră după cum este cazul și în cadrul Ocolului Silvic Moinești, rețeaua de drumuri forestiere a fost proiectată și executată în principal între anii 1959-1983, perioadă în care industria autovehiculelor de transport a masei lemnoase nu era dezvoltată, iar drumurile au fost dimensionate pentru a rezista unei sarcini precum autocamioane de mici dimensiuni maxim 15 tone, transportul masei lemnoase fiind realizat în proporție destul de mare de căruțe. În perioada actuală din considerente de economie s-a ajuns ca la un singur transport să se transporte cantități de masă lemnoasă de 40-60 tone la un singur transport. Drumurile au ajuns să resimtă aceste presiuni și s-au deteriorat de aceea știința a venit cu tot felul de soluții pentru a crește portanța sistemelor rutiere și modele de calcul pentru a dimensiona grosimea diferitelor straturi de materiale pietroase ce se adaugă la modernizarea drumurilor forestiere. Toate aceste soluții de dimensionare a straturilor rutiere, de mărire a capacității portante și de stabilire a modelelor geometrice de realizare a căii de rulare sunt influențate de caracteristicile traficului. Caracteristicile traficului sunt: compoziția traficului, viteza de proiectare a traficului, intensitatea traficului și cea care aduce cele mai mari degradări sistemelor rutiere, contactul dintre suprafața roții și suprafața de rulare a drumului.

3.2.4.1 Contactul dintre roată și drum

Contactul dintre roată și drum este cel care produce cele mai multe degradări fizice ale drumurilor forestiere tasările, lăsăturile și chiar gropile. Dacă nu ar exista trafic celelalte degradări nu s-ar mai produce sau va trece o perioadă foarte îndelungată. Contactul dintre roată și drum poate fi de mai multe feluri, contactul dintre roțile motoare și drum, contactul celorlalte roți cu suprafața de rulare, contactul roților în aliniament și în zonele curbe ale drumului, contactul cu diferite presiuni în anvelope (Dinu, 2010) și contactul în zonele în care calea de rulare este în stare perfectă și când calea prezintă diferite degradări (găuri, ogașe). La contactul dintre roată și sistemul rutier se produc mai multe tipuri de forțe care produc degradarea suprastructurii drumurilor în general sau chiar și a infrastructurii ceea ce ar face drumul necirculabil. Forțele care acționează pe direcție verticală sunt forțe de tasare compactare, cele care se propagă longitudinal sunt forțe de forfecare iar forțele care acționează pe direcție laterală sunt forțe de refulare.

În cazul în care roțile sunt în zona curbă a unui drum auto forestier sau în cazul roților motoare care transmit la suprafața de contact forțe tangențiale datorate forței centrifuge, curbele izostatice nu vor mai fi simetrice în raport cu axa verticală ci se vor deplasa pe direcția de mișcare a autovehiculului (Dinu, 2010).

3.2.5. Antemăsurători la drumurile studiate

În urma deplasării în teren s-a realizat observarea generală a stării drumurilor și luarea celor mai bune soluții sub aspectele tehnic și economic. S-au observat gradul de deteriorare a fiecărui drumurilor, individual, începând cu calea de rulare, ziduri de sprijin și până la starea șanțurilor și a podețelor. În continuare s-a ales realizarea antemăsurătorilor pentru drumul auto forestier Coman Negru din cadul O.S. Moinești. Volumul găurilor, tasărilor, ogașelor și a lăsăturilor nu a fost nevoie a se determina pentru că s-a adoptat reprofilarea părții carosabile pe toată lungimea drumului. S-a determinat suprafața reprofilată pentru că autogrederul are costuri pentru această lucrare la fiecare 100 metri pătrați. Calculul este lungimea ori lățimea ori numărul de treceri pentru a afla metrii pătrați și împărțim la 100 pentru a afla cantitatea pentru care se va plăti.

$$6300 \cdot 3 \cdot 2 / 100 = 378 \text{ smp}$$

Alt utilaj folosit este compactorul pentru că în urma reprofilării se va așterne un strat de balast. Costul pentru compactor este calculat la ore, pentru a compacta 1 kilometru de drum auto fiind necesare 7,5 ore se va plăti pentru întreaga lungime cantitatea de 37,5 ore. Conform normativului s-a adoptat maximul cantității de balast admisă pentru lucrările de întreținere de 35 tone pentru fiecare kilometru de drum auto astfel fiind necesară cantitatea de 220 de tone care se va așterne 60% mecanizat, reprezentând 132 tone și 40% adică 88 tone așternere manuală. Costul balastului este de 29,7 lei pe tonă, preț care include și transportul până în două depozite provizorii, unul realizat la 1 kilometru de capătul de început al drumului iar celălalt la intersecția drumului Coman Negru cu drumul forestier Negrutu adică la hectometrul 40+70. De aici este nevoie de o basculantă de 7,4 to care va transporta balastul la locul necesar de pe drum. Este nevoie de un ifron pentru a încărca balastul din depozite fiind necesare 18 ore prețul acestuia fiind calculat la

oră. Acest ifron mai este folosit încă 10 ore pentru a încărca 60 mc de bolovani pentru a realiza un blocaj de bolovani de 150 metri lungime și 2 metri lățime la hectometrul 50+20. Este nevoie de 300metrii pătrați blocaj de bolovani prețul acestuia fiind calculat la metru pătrat. Alt utilaj folosit este buldoexcavatorul pentru a curăța, săpa și profila 3 kilometri de șanț. Costul acestei lucrări este la suta de metrii cubi și necesarul se calculează:

$$3000\text{ml} * 0,37\text{mc/ml} / 100 = 11,10 \text{ smc}$$

Forța de muncă a muncitorilor mai este folosită pentru a curăța manual 1 kilometru de șanțuri, costul fiind la oră și pentru 100 de metrii liniari de șanț fiind necesare 4 ore prețul este calculat la 40 de ore. Muncitorii mai sunt folosiți pentru a aduna bolovani de lângă albia pâ râului Coman pentru realizarea blocajului de bolovani, este nevoie de 3,8 ore pentru a aduna un metru cub de bolovani și fiind necesar 300 metri pătrați de blocaj cu grosimea de 20 cm este nevoie de 60 mc bolovani fiind necesare 228 ore de lucru. Tăierea manuală a tufișurilor și a arbuștilor este realizată tot de muncitori, pentru dumul studiat fiind necesară efectuarea lucrării pe o suprafață de 30 ari. Alte cheltuieli prevăzute de antemăsurătoare sunt cele legate de transportul utilajelor (autogreder, compactor, ifron și buldoexcavator) și costurile pentru aducerea vagonului unde vor fi cazați muncitorii pe perioada lucrărilor. Toate aceste costuri se calculează la kilometru iar toată antemăsurătoarea se va atașa la anexe.

3.2.5.1 Organizarea lucrărilor de întreținere a drumurilor forestiere

Lucrările de întreținere se organizează astfel încat să se execute la timp și în bune condiții, fără a întrerupe circulația autovehiculelor. Pentru aceasta rețeaua de drumuri se împarte în districte de 50 – 100 km, iar acestea la randul lor se împart în cantone a câte 3 – 5 km.

Prin planificarea lucrărilor de reparație a drumurilor se urmărește ca acestea să se execute la timp, mecanizat și cu costuri cât mai reduse. Lucrările de reparații capitale și cele curente de gradul al II-lea se planifică pe baza ciclului de reparații. Planul anual de reparații cuprinde sarcinile pentru anul respectiv în funcție de realizările anului precedent. Acesta se defalca pe trimestre, luni și săptămâni, ținand cont de dotarea cu utilaje, de asigurarea forței de munca și de condițiile specifice de sezon.

Executarea lucrărilor de întreținere și reparații se referă atât la infrastructură cât și la suprastructură.

Tabelul 6 Tipuri de lucrări executate la întreținerea drumurilor forestiere

Lucrări executate	
Lucrări la infrastructură	acostamente se aduc la forma inițială
	șanțurile se curăță de pământ, frunze, crengi sau alte materiale care împiedică curgerea apei
	taluzurile de pământ se protejează prin plantații sau îniebare, iar taluzurile de stâncă se rănguiesc
	drenurile , prin despotmolirea lor
	zidurile de sprijin se curăță de vegetație
	podurile și podețele se curăță periodic
Lucrări la suprastructură	repararea pietruirii este necesară datorită apariției gropilor care se repară prin plombare
	repararea îmbrăcăminții
	așternerea și compactarea straturilor de agregate minerale.

Pentru evitarea producerii accidentelor de munca la întreținerea și repararea drumurilor forestiere trebuie ca toți muncitorii să participe și să cunoască normele de tehnică și sănătatea muncii, iar pentru evitarea accidentelor pe porțiunile de drum pe care se lucrează se vor monta panouri pe care se va scrie „Drum în reparație”

3.2.6. Masa lemnoasă exploatată și transportată pe drumurile forestiere

În raport cu aspectele de natură socială și economică stabilite precum și cu formațiile forestiere existente și structura arboretelor din prezent, pentru toate subunitățile de producție sau protecție constituite a fost adoptat regimul codrului.

Compoziția țel a pădurii s-a stabilit separat pentru fiecare arboret ținând seama de tipul stațiunii, tipul natural fundamental al pădurii, caracteristicile arboretului și complexul de măsuri silvotehnice posibil de aplicat pe parcurs, după cum urmează:

- SUP A: 36FA 30BR 13MO 10ST 7GO 2PAM 2DT

- SUP K: 41BR 27FA 25MO 6GO 1DT

- SUP M: 40FA 36BR 19MO 2GO 2PAM 1DT

Tratamentele care s-au adoptat la începutul realizării amenajamentului curent cât și la amenajările precedente sunt:

- Tratatamentul tăierilor progresive pentru majoritatea arboretelor normale aparținând formațiilor forestiere a amestecurilor de brad, molid și fag, a făgetelor pure montane sau de dealuri și a gorunetelor și goruneto-făgetele din zona studiată;

- Tratamentul tăierilor succesive pentru arborete care au fost parcurse anterior în cadrul acestui tratament și în care aplicarea trebuie continuată precum și într-o serie de făgere în care dinamica regenerării naturale este foarte activă;
- Tratamentul tăierilor rase în parchete mici pentru molidișurile pure precum și pentru arboretele în care intervențiile au caracter de refacere;
- Tratamentul tăierilor în crâng (cu tăiere de jos sau cu tăiere în cazănire) pentru arboretele de salcâm

Pentru arboretele pentru care s-a adoptat regimul tăierilor de conservare s-au adoptat și propus numai tăieri în cadrul lucrărilor de conservare.

Exploatabilitatea pădurii este de asemenea important de știut în acest studiu astfel pentru subunitățile de tip A – codru regulat, exploatabilitatea s-a exprimat prin vârsta exploatabilității tehnice sau de protecție după cum arboretele care permit organizarea producției de produse principale nu au sau au și funcție de protecție. Vârsta exploatabilității de protecție s-a determinat prin majorarea cu 5-10 ani a vârstei exploatabilității tehnice, în raport cu productivitatea și starea arboretelor.

Ciclurile de producție adoptate în cadrul Ocolului Silvic Moinești este de 120 de ani pentru unitățile amenajistice din cadrul unităților de producție I, II, III, VI și VII și de 110 ani pentru unitățile amenajistice din cadrul unităților de producție IV și V.

3.2.7 Analiza cheltuielile cu lucrările de întreținere și reparații a drumurilor studiate

Conform celor găsite în arhiva Ocolului Silvic Moinești există date concrete legate de costurile lucrărilor de întreținere și reparații de aproximativ 17-20 de ani. Înainte de anul 1990 nu există date concludente iar între anii 1990-2000 datele sunt relativ puține. În anul 1993 s-au realizat fișe ale mijloacelor fixe așa cum sunt denumite drumurile forestiere. Aceste fișe conțin informații despre fiecare drum în parte precum ar fi denumirea drumului auto forestier, lungimea și suprafața ocupată de drumul forestier, lățimea platformei drumului, valoarea de inventar a drumului din anul respectiv 1993, unitățile amenajistice pe care le deservește drumul în acea perioadă, cantitatea de masă lemnoasă ce gravitează și va fi transportată în următorii ani până la refacerea amenajamentului în anul 1995. Aceste fișe mai conțin numărul de inventar atât de la ministerul finanțelor precum și numărul de inventar din cadrul Regiei Naționale a Pădurilor și data punerii în funcțiune a drumului auto forestier. Pentru a ști ce lucrări sunt necesare pentru a păstra aceste drumuri deschise circulației în condiții de siguranță s-au inventariat podurile și podețele și s-a observat dacă necesită lucrări de consolidare s-au decolmatate, s-au observat lucrările de consolidare, ziduri de sprijin măsurându-se lungimea acestora și dacă prezintă defecte, precum și platforma drumurilor dacă acestea prezintă ebulmenți, afuieri, alunecări, ogașe și alte defecțiuni care necesită lucrări. În urma acestor observații se determină ce tip de lucrări necesită drumul pentru folosirea acestuia în condiții optime de siguranță a traficului și a personalului angajat.

În următoarele pagini ale acestor fișe există tabele care urmau a fi completate cu lucrările care s-au efectuat la drumurile respective precum și costurile fiecărei lucrări și data la care s-a realizat lucrarea respectivă.

În decursul anilor aceste fișe de evidență a costurilor cu lucrările de întreținere și reparații s-au modificat dar esența a rămas aceeași, astfel în anexe sunt prezentate aceste fișe tehnice ale mijloacelor fixe.

Tabelul 7 *Periodicitatea lucrărilor de reparații curente*

Drumul	Anul						
DF Corbu	2007	2011	2013				
DF Balta Lacului	2006	2009	2011	2012	2013	2014	
DF Coman Negru	2007	2012	2015				

Pentru drumul auto forestier Corbu s-au realizat lucrări de întreținere anuale, iar în anii 2007, 2011 și 2013 au fost necesare lucrări de reparații curente. Pentru drumul auto forestier Balta Lacului s-au realizat lucrări de reparații curente în anii 2006, 2009, 2011, 2012, 2013 și 2014 iar în rest doar lucrări de întreținere. Astfel în ultimii 20 de ani pe drumul auto forestier Coman Negru s-au realizat lucrări de reparații capitale în anul 2007, reparații curente în anul 2007, 2012 și 2015, iar în rest doar lucrări de întreținere.

În anul 2015 pe drumul auto forestier Coman Negru au avut loc calamități datorate ploilor abundente și în urma cărora pârâul Coman s-a umflat și a cauzat săparea către platforma drumului aceasta din urmă surpându-se. Au fost realizate lucrări de gabioane iar în anul următor s-au refăcut aceste lucrări pentru că au fost deteriorate de alte ploi și o altă creștere a nivelului apei din pârâul Coman.

3.2.8. Portanța drumurilor forestiere

Drumurile forestiere alese pentru cercetare sunt construite până la unitatea amenajistică de unde se exploatează masa lemnoasă s-au asigurat o distanță de scos-apropiat mai mică de 2000 de metri și sunt de asemenea drumuri auto care preiau masa lemnoasă de pe mai multe drumuri forestiere. În cazul nostru cum este drumul auto forestier Coman Negru care asigură transportul masei lemnoase exploatate de pe încă cinci drumuri auto forestiere și care are capacitatea de a transporta în medie peste 10000 de tone pe an, este drum principal, celelalte drumuri fiind considerate secundare având capacitatea de transport de până la 5000 de tone masă lemnoasă anual. Astfel pentru un trafic nu prea intens și pentru capacitatea de transport a masei lemnoase mai mică de 5000 de tone anual drumurile forestiere se realizează mai simplu, cu mai puține straturi de material pietros sau chiar un singur strat pentru a reduce cheltuielile.

De-a lungul timpului portanța drumurilor auto forestiere s-a stabilit cu ajutorul unor indici. Portanța drumurilor forestiere este reprezentată de capacitatea atât a fiecărui strat în parte cât și a întregului sistem rutier de a rezista la diferite sarcini cum ar fi sacina autovehiculului încărcat cu

material lemnos. Sub acțiunea acestei încărcări straturile rutiere nu ar trebui să se deformeze sau deformarea acestora să se încadreze în anumite limite. Portanța stratului de fundare a sistemului rutier este cea care condiționează portanța întregului sistem rutier. Capacitatea portantă sau portanța unui sistem rutier reprezintă aptitudinea sa de a suporta încărcările din trafic și repetarea lor în timp. Capacitatea portantă a pământurilor se referă la încărcarea pe care o poate suporta un pământ astfel încât acesta să nu se rupă și fără ca deformațiile căpătate să compromită buna exploatare a construcției.

Capacitatea portantă se apreciază prin determinarea următoarelor parametrii:

- C.B.R (Californian Bearing Ratio) acest parametru se mai numește indicele de capacitate portantă și s-a folosit mai mult la lucrările de determinare a capacității portante în laborator iar rezultatul este exprimat în procente, astfel un pământ bun pentru fundație ar avea valorile de 20-40% , iar straturile rutiere de material pietros ar avea valoarea de 40-60%;
- Modulul de deformație
- Modulul de elasticitate
- Modulul de reacție folosit mai mult pentru determinarea capacității portante la sistemele rigide pentru determinarea grosimii dalelor sau a plăcilor de beton.

Modulul de deformație s-a folosit în continuare pentru a exemplifica modul prin care cu acest parametru se poate determina grosimea straturilor rutiere. Modulul de deformație și modulul de elasticitate reprezintă raportul dintre presiunea care acționează asupra straturilor rutiere și valoarea tasării relative în primul caz, respectiv deformația elastică în cel de-al doilea caz. Presiunea care acționează asupra sistemului rutier în cazul modulului de deformație este considerată a fi uniformă la suprafața de contact.

3.2.8.1. Determinarea grosimii straturilor rutiere după metoda deformației critice

Pentru determinarea grosimii straturilor rutiere la drumurile forestiere nerigide s-a adoptat o metodă folosită de obicei la dimensionarea drumurilor publice. Această metodă a deformație critice fiind folosită la dimensionarea mai multor structuri rutiere prezintă un domeniu de aplicabilitate vast.

Pentru folosirea acestei metode a deformației este nevoie a se cunoaște traficul pentru care se determină dimensionarea drumului și tipul de sistem rutier care se va realiza pentru traficul respectiv.

Pentru a determina traficul pentru care se realizează dimensionarea stucturii rutiere, este nevoie să transformăm intensitatea reală a traficului prezentă pe sectorul de drum forestier prin reducerea intensității reale a traficului la modelul în care se determină trecerile pentru un vehicul etalon sau unitar. După cum s-a folosit și până în prezent vehiculul unitar este considerat convențional A 13, iar pentru acesta se va determina care este numărul de treceri într-un interval de 24 de ore în ambele sensuri de circulație. Vehiculul etalon considerat are caracteristicile

standard cunoscute cum este sarcina pe osia din partea posterioară a vehiculului de 91 kN, presiunea caracteristică contactului dintre anvelopa roții și calea de rulare este 0,5 Mpa iar ultima caracteristică ce ne interesează pentru aplicarea acestei metode este diametrul care se realizează la contactul dintre roată și calea de rulare care este 340 mm.

Stabilirea relației prin care se transformă traficul real în trafic cu vehicule etalon se realizează prin faptul ca același sistem rutier prezintă aceeași tasare atunci când traficurile cel real și cel teoretic sunt echivalente. Astfel un trafic la care se cunoaște caracteristicile prezentate mai sus se poate echivala cu un alt trafic cu alte valori ale caracteristicilor și a intensității traficului cu relația (10):

$$\lg N = \eta \lg N_i + 0,77 (\eta - 1) \quad (10)$$

unde η este (11):

$$\eta = \frac{p_i \cdot D_i}{p \cdot D} \quad (11)$$

Astfel prin calcularea produsului dintre presiunea specifică contactului dintre calea de rulare și anvelopă și diametrul contactului se obțin valorile pentru vehiculul convențional A13 ca fiind 170, pentru vehiculele prezente în trafic în mod normal acest produs este de regulă 150-160 pentru autovehiculele fără sarcină și de 210-220 pentru autovehiculele încărcate care au o sarcină utilă de 25 t. Dacă sarcina utilă a vehiculului este 12 t produsul celor două caracteristici este 205 iar pentru autovehicule de 28 t produsul este 198,77.

În acest mod se calculează deformația la care sistemul rutier este construit să reziste. Sistemul rutier va rezista dacă deformația critică a straturilor rutiere nu va fi mai mare decât valoarea deformației datorate intensității traficului. Relația matematică este următoarea (12):

$$E_{nec} = \frac{\pi \cdot p}{2 \lambda} [0,5 + 0,65 \lg (\gamma \cdot N)] \mu \quad (12)$$

E_{nec} reprezintă modulul deformației care este necunoscut și care trebuie calculat cu ajutorul relației 12. μ se stabilește în corelație cu condițiile diferite în care se comportă sistemul rutier acest coeficient fiind pentru siguranță.

γ - este un coeficient care se stabilește în funcție de numărul benzilor de circulație și poate fi 1 pentru o bandă și 2 pentru două benzi.

λ -deformația relativă critică

p -presiunile realizate la suprafața interacțiunii dintre roată și cale,

D - diametrul

$$E_{eq} = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{2,5}} \right) \arctg \frac{nh}{D}} \quad (13)$$

$$E_{eq} = \frac{E_1}{n^{2,5} \left[1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{2,5}} \right) \arctg \frac{n \cdot h}{D} \right]} \quad (14)$$

$$n = \sqrt[2,5]{\frac{E_1}{E_0}} \quad (15)$$

Sistemul rutier fiind alcătuit din mai multe strate rutiere, acestea se echivalează între ele și treptat se ajunge la stabilirea modulului de deformație pentru întregul sistem.

Astfel în cazul unui sistem rutier cu două straturi care au modulele deformației stabilite și grosimile straturilor sunt în cazul primului strat stabilită și în cazul celui de al doilea strat nedefinită se poate realiza echivalentul sistemului rutier prin diferența celor două module ale deformației critice ale straturilor rutiere. Prin realizarea unor relații de echivalență se pot determina atât grosimile unor straturi rutiere cât și modulele deformației necesare dacă se cunosc grosimile. Metoda deformației critice se poate folosi și cu ajutorul formulelor matematice rezultatele fiind aceleași în cadrul sistemelor nerigide. Astfel relațiile de echivalență sunt prezentate în cele ce urmează (16), (17):

$$E_{eq} = \frac{E_1}{n^{2,5} \left[1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{2,5}} \right) \arctg \frac{n \cdot h}{D} \right]} \quad (16)$$

$$E_{eq} = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{2,5}} \right) \arctg \frac{nh}{D}} \quad (17)$$

Aceste formule folosesc aceeași parametrii ca și în cazul precedent.

- n este calculat cu relația (18):

$$n = \sqrt[2,5]{\frac{E_1}{E_0}} \quad (18)$$

În funcție de parametrii cunoscuți cu ajutorul acestor relații se poate determina oricare parametru necunoscut.

CAPITOLUL 4. REZULTATELE CERCETĂRII

4.1 Costurile pentru reabilitarea drumurilor forestiere

Toate cheltuielile necesare reabilitării drumurilor forestiere pentru care s-au găsit date în cadrul Ocolului Silvic Moinești sunt din perioada 2005-2017 și sunt exprimate în noii lei ron, trecerea de la banii vechi realizându-se în anul 2005 prin eliminarea a patru zerouri astfel zece mii lei vechi au devenit un leu ron.

Deși prețurile sunt exprimate în lei noi, în decursul timpului banii s-au devalorizat datorită inflației, cursurilor de schimb valutare, dacă un euro era 3,5 lei în anul 2005, în anul 2019 valoarea unui euro era de 4,8 lei. Datorită acestor cauze prețurile se actualizează la valoarea actuală pentru anul 2019.

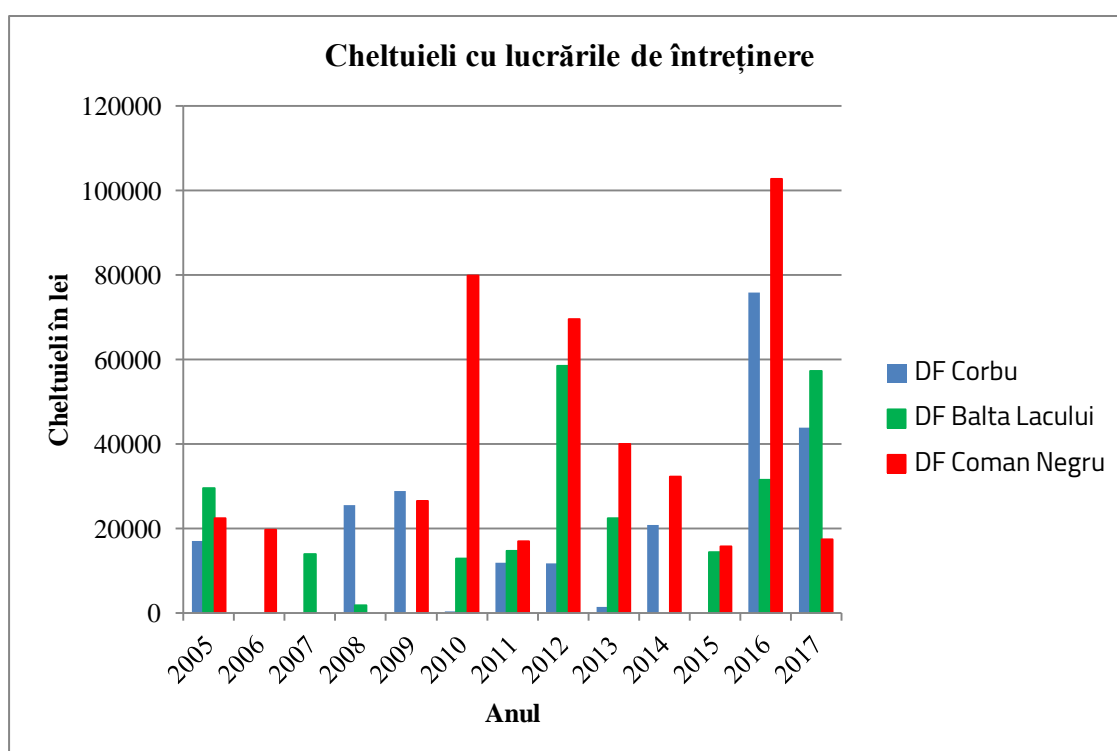


Figura 16 Graficul cheltuielilor anuale cu lucrările de întreținere a drumurilor

Lucrările de întreținere și reparație s-au realizat în totalitate cu angajații Secției de Drumuri Forestiere Onești aceasta fiind o subunitate care aparține Direcției Silvice Bacău. Cheltuielile anuale realizate pentru lucrările de întreținere și reparații ale drumurilor studiate sunt prezentate în tabelul numărul 8.

Tabelul 8 Situația cheltuielilor cu lucrările de întreținere și reparații pentru drumurile forestiere în perioada 2005-2017

Nr. crt	Denumire drum	Lungime km	Lucrări realizate	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	D.F. Corbu	2.0	Întrețineri curente	17100	0	0	25538	28915	323	11825	11811	1479	20788	0	75820	43843
			Reparații curente	0	0	29768	0	0	0	5550	0	22720	0	0	0	0
Total D.F. Corbu				17100	0	29768	25538	28915	323	17375	11811	24199	20788	0	75820	43843
2	D.F. Balta Lacului	2.4	Întrețineri curente	29515	0	13950	1822	0	12944	14752	58497	22463	0	14392	31568	57323
			Reparații curente	0	40702	0	0	38660	0	42350	37769	65410	56358	0	0	0
Total D.F. Balta Lacului				29515	40702	13950	1822	38660	12944	57102	96266	87873	56358	14392	31568	57323
3	D.F. Coman Negru	6.3	Întrețineri curente	22361	19742	0	0	26482	79872	17007	69595	40069	32296	15684	102697	17460
			Reparații curente	0	0	75740	0	0	0	0	21253	0	0	94595	0	0
			Reparații capitale	0	0	112969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total D.F. Coman Negru				22361	19742	188709	0	26482	79872	17007	90848	40069	32296	110279	102697	17460

Tabelul 9 Actualizarea prețurilor la valoarea anului 2019

	DF Corbu		DF Balta Lacului		DF Coman Negru	
	Cheltuieli	Actualizare	Cheltuieli	Actualizare	Cheltuieli	Actualizare
2005	17100	28566	29515	49305	22361	37354
2006	0	0	40702	63813	19742	30952
2007	29768	42875	13950	20092	188709	271798
2008	25538	35411	1822	2526	0	0
2009	28915	37971	38660	50768	26482	34776
2010	323	400	12944	16022	79872	98866
2011	17375	20330	57102	66815	17007	19900
2012	11811	13374	96266	109002	90848	102867
2013	24199	26350	87873	95685	40069	43631
2014	20788	22397	56358	60720	32296	34796
2015	0	0	14392	15599	110279	119531
2016	75820	83470	31568	34753	102697	113059
2017	43843	47627	57323	62270	17460	18967

Din **Figura 16** se poate observa că pentru drumul auto forestier Coman Negru s-au utilizat cei mai mulți bani mai ales în perioada 2010-2016 acest drum se situează pe primul loc privind costurile de întreținere. Acest lucru este de înțeles deoarece dintre drumurile auto forestiere luate în studiu DF Coman Negru are cea mai mare lungime, aproape triplă față de celelalte drumuri respectiv 6,3 kilometri. În prețul costului de întreținere a drumurilor auto forestiere din perioada unui an de zile intră costul cu lucrările de dezăpezire și achiziționare de material antiderapant, lucrări realizate în perioada ianuarie-mai și noiembrie-decembrie, pentru drumurile studiate din cadrul Ocolului Silvic Moinești. Alte costuri sunt cele din perioada martie-octombrie, timp în care se realizează lucrările propriu zise de întreținere: nivelare și reprofilare cu autogrederul, compactare cu compactorul, curățarea șanțurilor și podețelor colmatate atât manual cât și mecanizat cu autogrederul la șanț și buldoexcavatorul la podețe. Costul total al lucrărilor de întreținere mai cuprind costul de achiziție a materialului ce se va nivela și reprofila pentru a umple deformările din suprastructura drumului (balast, refuz ciur sau piatră spartă), costuri cu transportul materialelor și a utilajelor necesare la aceste lucrări precum și cheltuieli indirecte pentru organizarea de șantier, proiectare și inginerie sau pentru supravegherea tehnică. Astfel în **tabelul 10** s-au detaliat cheltuielile anuale necesare pentru diferite lucrări în diferite perioade din timpul unui an, pentru unul din drumurile luate în studiu.

Tabelul 10 Cheltuielile anuale pentru lucrările de întreținere

Cheltuieli cu	Denumire	Tarif unitar	Ore de funcționare	Valoarea totală
Manoperă	Pavator	24.31	473.89	11520.27
	Muncitor deservire construcții-montaj	24.31	228.00	5542.68
	Muncitor deservire	24.31	78.90	1918.06
Total			780.79	18981.00
Utilaje	Excavator pe pneuri motor termic	164.87	52.95	8729.87
	Autogreder CAT	373.99	30.16	11279.54
	Compactor static autopropulsat	238.21	82.31	19607.07
	Încărcător frontal pe pneuri 1mc	92.49	35.00	3237.15
Total			200.42	42853.62
		Valoare unitară	Cantitate necesară	Valoare totală
Materiale	Balast	29.70	375.00	11137.50
	Antiderapant	34.00	96.00	3264.00
Total			471.00	14401.50
		Tone transportate	Tarif unitar tonă	Valoare totală
Transport	Transportul materialelor cu autobasculanta dist 4 km	375.00	5.96	2235.00
	Transportul materialelor cu autobasculanta dist 8 km	96.00	11.91	1143.36
	Transportul rutier cu remorci trailer sub 20 t dist 50 km	148.00	30.00	4440.00
	Transportul rutier cu remorci trailer sub 20 t dist 15 km	148.00	25.24	3735.52
Total				11553.88
	Total General			87790.00

În **tabelul 10** se pot observa cheltuielile directe pentru realizarea lucrărilor de întreținere a unui drum forestier, aici fiind vorba despre drumul auto forestier Coman Negru. Cheltuielile directe sunt împărțite pe diferite categorii astfel fiind cheltuieli cu procurarea materialelor, în cazul lucrărilor de întreținere, materialele necesare fiind balast, în cazul nostru, dar poate fi și piatră spartă, refuz de ciur sau macadam. Achiziționarea acestor materiale se realizează prin intermediul unei firme terțe care a câștigat o licitație publică organizată de Direcția Silvică, prețul acestor materiale include prețul materialului și prețul transportului, în situația expusă s-a realizat un depozit provizoriu la aproximativ

un kilometru de începutul drumului, în curtea brigăzii silvice UP VI Schit. De aici se observă că materialul necesar pentru întreținerea drumului a fost transportat din depozitul provizoriu către drumul forestier, distanța de transport fiind de patru kilometri formată din distanța de un kilometru până unde începe drumul plus media lungimii drumului, adică trei kilometri. De asemenea la costul transportului s-a adăugat costul cu transportul rutier cu autoremorhere cu remorci treiler sub 20 de tone pe distanța de 65 de kilometri, aceasta fiind distanța de la sediul Secției de Drumuri Forestiere Onești, unde este garajul și atelierul de întreținere al utilajelor, până în comuna Balcani unde se află drumul forestier Coman Negru. Pentru că normativul nu prevede un cost pe tonă pentru distanța de 65 de kilometri, această distanță s-a împărțit în două distanțe care prevăd costuri, astfel costul transportului final fiind alcătuit din suma costului transportului pe o distanță de 50 de kilometri și a costului transportului pe o distanță de 15 kilometri. Costul pentru manoperă reprezintă valoarea cheltuită pentru un om pe oră în concordanță cu numărul de ore lucrate. Astfel pe durata unui an acest om realizează lucrări de curățare manuală a șanțurilor și rigolelor de resturi lemnoase și pietre, decolmatarea manuală a șanțurilor și podețelor, împrăștierea materialului antiderapant, curățarea manuală a taluzurilor de vegetația dăunătoare, dar și adunatul de bolovani de pe marginea pâ râului.

Lucrările specifice autogrederului sunt de nivelare a materialului adăugat la suprastructura drumului forestier, reprofilarea părții carosabile a drumului unde se poate și unde este cazul, de asemenea se realizează lucrare bună și la curățarea și reprofilarea șanțurilor. Compactorul este folosit la compactarea adaosului de material pietros după ce a fost nivelat cu autogrederul, iar excavatorul este folosit atât la decolmatarea șanțurilor și podețelor cât și la încărcarea materialului pietros din depozitul intermediar și a bolovanilor adunați din apropierea pâ râului. Dacă excavatorul și autogrederul se pot deplasa singure pe drumurile publice pentru compactor deplasarea se realizează doar cu ajutorul remorcherelor cu trailer.

Toate aceste cheltuieli prevăzute în tabelul 10, reprezintă cheltuielile directe la acestea adăugându-se și cheltuielile indirecte care reprezintă anumite procente din costurile directe. Astfel 2,25% din cheltuielile cu manopera reprezintă contribuția asiguratorie pentru muncă, 12% din costul total al lucrărilor de întreținere reprezintă cheltuieli indirecte, 0,5% din costul devizului reprezintă cheltuieli de supraveghere tehnică iar 1,5% sunt reprezentate de cheltuielile de proiectare și inginerie. Astfel prin însumarea tuturor acestor costuri rezultă cheltuielile totale cu lucrările de întreținere de pe parcursul unui an.

Tabelul 11 *Valoarea cheltuielilor indirecte*

Cheltuieli indirecte	Valoarea
contribuția asiguratorie pentru muncă	427
cheltuieli indirecte	10586
cheltuieli de supraveghere tehnică	494
cheltuielile de proiectare și inginerie	1482

Astfel costul final al lucrărilor de întreținere pentru anul 2018, pentru drumul auto forestier Coman Negru cu lungimea de 6,3 kilometri este de 100789,34 lei. Prețul pentru întreținerea unui kilometru de drum auto forestier în anul 2018 este de 15998,31 lei, asta în condițiile unui trafic de peste 10000 tone masă lemnoasă transportată pe acest drum.

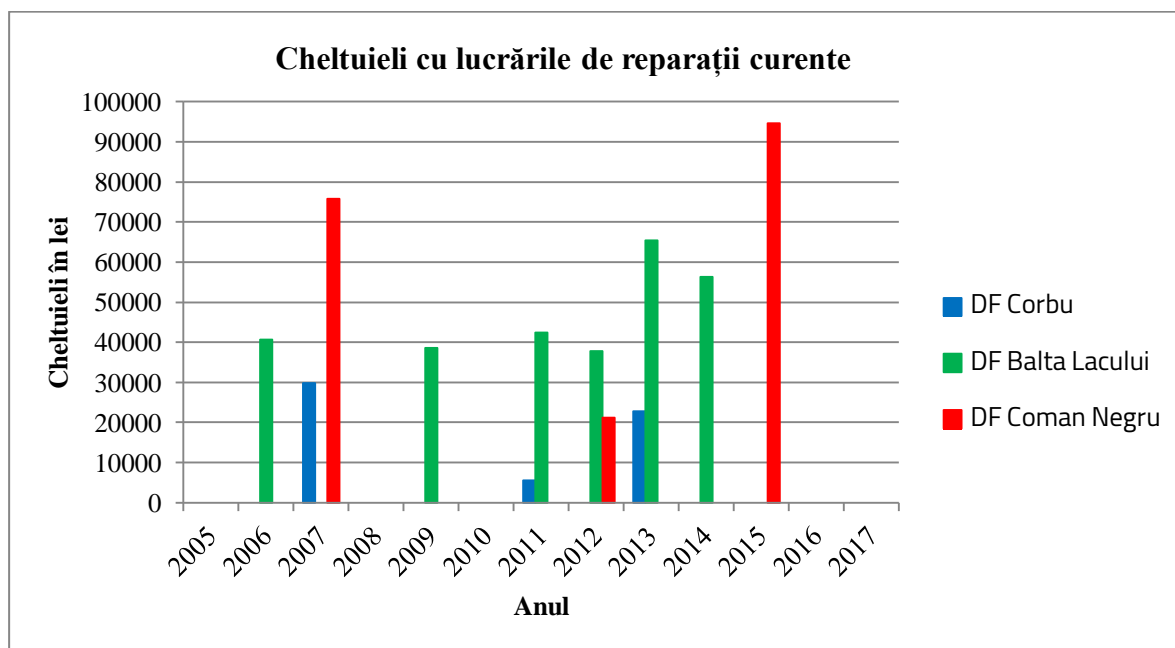


Figura 17 Graficul cheltuielilor anuale cu lucrările de reparații curente a drumurilor

Din **Figura 17** graficul cheltuielilor anuale cu lucrările de reparații curente se observă că pentru drumul auto forestier Corbul au fost necesare trei lucrări de reparații, deși intervalul de timp în care se revine cu aceste lucrări este de 5-8 ani. În perioada 2011-2013 datorită precipitațiilor abundente drumul auto a fost îmbibat cu apă aceasta neavând timp să se scurgă a rămas la suprafața suprastructurii drumului în deformațiile apărute de la traficul auto prezent. În anumite porțiuni din drumul auto forestier Corbu se află zone cu un procent al prezenței argilei mult mai ridicat decât în restul drumului. Astfel între pozițiile hectometrice 3-5 și 14-15 panta drumului este aproape zero ceea ce a făcut ca apa să stagneze în ogașele și găurile făcute de autovehiculele forestiere care transportă masa lemnoasă, favorizând scăderea capacității portante a drumului în interiorul tuturor straturilor suprastructurii. Între hectometrii 11-12 panta terenului este accentuată dar prezența unui strat de argilă fină duce de asemenea la reducerea capacității portante pe timp cu ploii abundente pe drum realizându-se o mocirlă foarte alunecoasă în care roțile autovehiculelor patinează și degradează și mai mult suprastructura drumului. Pe ultimul hectometru 19-20 nu este un procent ridicat de argilă dar panta mult mai accentuată duce la spălarea formațiunilor mici cum ar fi pietrișul de dimensiuni mici și nisipul iar în urmă rămâne doar bolovanii și pietrișul de dimensiuni mai mari, care nu au putut fi angrenați de apa, precum și ogașe de diferite dimensiuni prin care s-a scurs apa.

Lucrările de reparații curente pe drumul forestier Balta Lacului au fost în număr de șase pe o perioadă de 15 ani. Aceste lucrări s-au realizat doar pe anumite sectoare degradate de traficul autovehiculelor forestiere sau de utilajele folosite la exploatare. Zona unității de producție III Solonț unde se află drumului auto Balta Lacului prezintă porțiuni cu procente ridicate ale argilei. Astfel reparațiile au constat în adâncirea șanțurilor în zona unde apa nu se scurgea, îndepărtarea stratului de argilă de la suprafață și aducerea în schimb a unor cantități de bolovani pentru a se realiza bocaje de bolovani în locul de unde s-a îndepărtat stratul de argilă pe o anumită adâncime în vederea realizării unei portanțe mai ridicate a drumului din zona respectivă.

Dintre toate drumurile luate în studiu drumul auto forestier Coman Negru este singurul care a beneficiat de o reparație capitală. Pe lângă aceasta a mai fost nevoie de alte două reparații curente a treia din anul 2015 fiind realizată în urma unei calamități. Lucrările de reparații curente din anul 2015 au fost de realizare a unor gabioane în dreptul a două surpări realizate de pârâul Coman între hectometrii 5,00+10-5,00+30 și 6,00+20-6,00+35, care în anul următor au fost din nou distruse de o altă viitură care a necesitat refacerea calamității. La data prezentului studiu apa încă sapă în structura sistemului rutier la ultima antemăsurătoare efectuată propunând să se modifice albia pârâului cu câțiva metri și realizarea unor diguri de protecție pentru a nu mai ajunge în apropierea drumului auto. Diferențele între lucrările de întreținere curentă și reparație curentă este aceea că la lucrările de reparație curentă se realizează lucrări la nivelul infrastructurii astfel se poate repara un pod sau un podeț sau se pot realiza ziduri de sprijin, gabioane sau căsoaie aceste lucrări având costuri mai ridicate.

Lucrările specifice reparațiilor curente pentru drumul Balta Lacului se prezintă în tabelul 12 alături de costurile care intervin la aceste operații. Pentru acest lucru s-a luat în considerare lucrările aferente anului 2014.

Tabelul 12 Cheltuielile cu lucrările de reparații pentru drumul auto forestier Balta Lacului

Nr. crt.	Denumirea lucrării	Unitatea de măsură	Cantitatea	Cheltuieli cu									
				Manopera		Utilaje		Materiale		Transport			
				Preț unitar	Total	Preț unitar	Total	Preț unitar	Total	Preț unitar	Total		
1	Reprofilarea părții carosabile a drumurilor impietruite executate mecanic cu autogreder până 175 CP	100 mp	216			9,87	2131.9						
2	Săpătură cu buldoexcavator la șanț	100 mc	7,03			666.46	4685.2				1		
3	Decolmatăre cu buldoexcavator la	100 mc	2,05			666.46	1366.2				4		

	podet							
4	Îndepărtare ebulment cu buldozerul	100 mc	0.98		276.12	270.60		
5	Curățarea manuală a șanțurilor	m	200	4,89	978.0	0		
6	Împrăștierea cu lopata a pământului afânat strat uniform 10-30cm	mc	24	10,56	253.4	4		
7	Confecționare cadre metal pentru coșuri din îpletituri cu sârmă 8 mm pentru gabioane	kg	162	2,78	450.3	6	3,19	516.7
8	Confecționare cadre metal coș din îpletituri cu sârmă de oțel 12 mm	kg	271	2,41	653.1	1	2,84	769.6
9	Montarea îpletiturii de sârmă pe cadrele metalice la coșurile pentru gabioane	mp	231	5,57	1286.	67	10,80	2494.
10	Umpluturi în gabioane cu piatră brută	mc	53				59.39	3147.
11	Extras și încărcat bolovani	ora	201	18.56	3730.	56		
11	Extras și încărcat bolovani	ora	201,00	18.56	3730.56			
12	Săpătură cu buldoexcavator pe pneuri 0.21- 0.39 mc pământ cu umiditate naturală	100 mc	0.96		703.29	675.16		
13	Refacerea fundației drumului din blocaj de piatră sau bolovani	mp	34,00	13485,00	420.24			

14	Transportul rutier al materialelor semifabricate cu treilere sub 20 t pe dist 50 km	tonă	80,00		0.00	28.50	2280.00
15	Transportul rutier al materialelor semifabricate cu treilere sub 20 t pe dist 20 km	tonă	80,00		0.00	14916,00	912.00
16	Transportul materialelor cu autobasculanta pe distanța de 7 km	tonă	410,00		0.00	23986,00	3956.50
17	Procurare balast	tonă	324,00	32.00	10368,00		
18	Procurare antiderapant	tonă	86,00	34.00	2924,00		
19	Diferențe preț transport	lei	2336,00			1.00	2336.00
Total					7772,00	9129,00	20220,00
							9484,00

Conform lucrărilor enumerate în tabelul 12 se observă că toate lucrările au fost cuprinse ca fiind lucrări de reparații curente inclusiv lucrările specifice condițiilor de iarnă cum ar fi dezăpezirea și procurarea și împrăștierea materialului antiderapant. Cheltuielile pentru realizarea lucrărilor de reparații capitale sunt aceleași ca și la celelalte lucrări acestea fiind cheltuieli cu manopera, cu achiziția materialelor cu utilajele și cu transportul. În acest caz manopera oamenilor s-a efectuat atât pe teren prin curățarea șanțurilor, împrăștierea pământului cu lopata sau adunatul bolovanilor cât și în atelier unde s-au realizat lucrări de realizare a gabioanelor prin confecționarea cadrelor metalice și împletirea sârmei. Se poate observa că s-a intervenit la fundația drumului prin realizarea unor blocaje de piatră și s-au facut lucrări de consolidare cu ajutorul gabioanelor. S-a folosit de asemenea și buldozerul pentru îndepărtarea ebulmenților de pe partea carosabilă.

Toate aceste cheltuieli se împart către trei firme astfel buldozerul este de la o firmă care se ocupă cu inchirierea de utilaje, banii pentru achiziționarea de material pietros se duc la altă firmă care administrează o balastieră, iar retul banilor merg către Secția de Drumuri Forestiere Onești care pune la dispoziție o parte din utilaje precum și forța de muncă formată din personal calificat și necalificat. Pe lângă aceste cheltuieli folosite pentru lucrările propriu-zise și achiziționarea de materiale mai apar cheltuielile indirecte, cele necesare asigurărilor sociale, cheltuieli de supraveghere tehnică și cheltuieli de proiectare și inginerie.

Tabelul 13 *Cheltuieli indirecte*

Cheltuieli	Manopera	Utilaje	Materiale	Transport	Total
	7772.38	9129.13	20220.89	9484.50	46606.90
CAS	1777.54				48384.44
Cheltuieli indirecte 12%					5806.13
Total					54190.58
Cheltuieli supraveghere tehnică 2,5%					1354.76
Cheltuieli de proiectare și inginerie 1,5%					812.86
Total general					56358

Din **tabelul 13** se poate observa că la prețul pentru lucrările fizice pe teren mai apar cheltuieli cu asigurările de sănătate pentru angajații și lucrătorii la drumuri, în procent de 23% conform anului 2014 și aplicat doar pentru cheltuielile cu manopera. Restul cheltuielilor de diferite procente se aplică la valoarea totală a cheltuielilor.

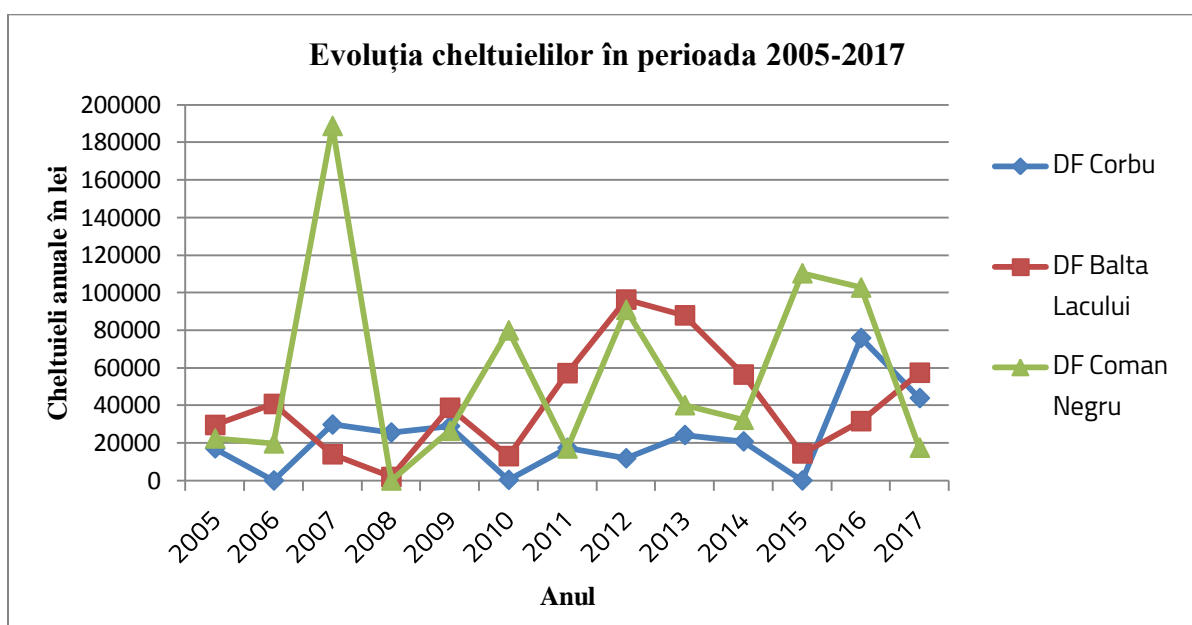


Figura 18 *Graficul cheltuielilor anuale în perioada 2005-2017*

După cum se poate observa din **figura18** în cazul în care nivelul costurilor cu lucrări de întreținere și reparații curente este mediu în fiecare an acesta prezintă o constantă. Dacă costurile sunt mari într-un an sau cresc doi ani consecutiv se observă apoi o scădere a acestor costuri în următoarea perioadă, după care iar crește și iar scade. Pe baza acestui grafic și a costurilor totale anuale s-a realizat **tabel 14** în care s-a stabilit costul mediu al unui kilometru de drum auto forestier raportat atât la lungimea drumului cât și la întreaga lungime a drumurilor luate în studiu.

Tabelul 14 Cheltuielile efectuate pentru reabilitarea drumurilor

Denumire drum	L, km	Costul total	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
D.F.Corbu	2.0	295480	17100	0	29768	25538	28915	323	17375	11811	24199	20788	0	75820	43843
D.F.Balta Lacului	2.4	538475	29515	40702	13950	1822	38660	12944	57102	96266	87873	56358	14392	31568	57323
D.F.Coman Negru	6.3	747822	22361	19742	188709	0	26482	79872	17007	90848	40069	32296	110279	102697	17460

Conform datelor prezentate în **tabelul 14** este prezentat costul total al lucrărilor efectuate fizic pe teren, lucrări realizate cu întreținerea curentă, lucrări de reparații curente și lucrări de reparații capitale. Pentru drumul auto forestier Corbu reiese că în perioada de 13 ani s-a cheltuit o sumă de 295480 lei pentru 2,0 kilometri de drum prețul per kilometru fiind de 147740 lei. Costul anual al lucrărilor pentru DF Corbul fiind de 11364,62 lei/km/an. Pentru drumul auto forestier Balta Lacului cu lungimea de 2,4 km s-a cheltuit suma de 538475 lei, prețul pentru un kilometru de drum pe o perioadă de 13 ani fiind 224364,58 lei, costul anual al lucrărilor pentru un kilometru fiind 17258,81 lei/km/an. Pentru acest drum, DF Balta Lacului a reieșit un cost mai ridicat deoarece pe acest drum au avut loc mai multe lucrări de reparații curente, aceste intervenții fiind mai costisitoare. Pentru drumul auto forestier Coman Negru cu lungimea de 6,3 km, în perioada de 13 ani, 2005-2017 s-a cheltuit pentru lucrări de întreținere curentă, reparație curentă și reparație capitală suma de 747822 lei. Astfel rezultă că în această perioadă costul lucrărilor pentru un kilometru de drum este de 118701,91 lei iar cheltuielile anuale sunt reprezentate de suma de 9130,92 lei/km/an.

După aceste calcule se observă că pentru întreținerea și menținerea drumurilor în condiții optime de circulație la realizarea transportului de masă lemnoasă în deplină siguranță, pentru un kilometru de drum auto forestier s-a cheltuit mai mult s-au mai puțin. Diferența de preț între drumurile din cele trei unități de producție diferite ale aceluiași ocol silvic sunt datorită tipului de soluri din zonă, cantității de masă lemnoasă care circulă pe drum și necesitatea intervenției cu diferite lucrări care depind de gradul de degradare a drumului și de intensitatea factorilor care produc degradări ale drumurilor.

Amplasarea drumurilor reprezintă un factor foarte important pentru că și în cazul drumului auto forestier Coman Negru care în proporție de 75% se află la distanță față de unitățile amenajistice ceea ce face ca platforma drumurilor să se usuce mult mai repede față de celelalte două drumuri forestiere care sunt în totalitate în pădure trecând chiar prin unitățile amenajistice. Panta platformei drumului care la DF Coman Negru este foarte mică în primii 75% din lungimea drumului diferența de nivel fiind poate de câțiva metri față de celelalte drumuri care prezintă diferențe de 100 de metri în altitudine la fiecare kilometru de drum.

Prețul mediu pentru un kilometru de drum luând în calcul toate lungimile drumurilor precum o rețea de drumuri și toate cheltuielile este următorul:

$295480+538475+747822=1581777$ lei – costul total pentru drumuri pe 13 ani

$2+2,4+6,3=10,7$ km – rețeaua de drumuri forestiere

$1581777/10,7=147829,63$ lei – un kilometru de drum întreținut 13 ani

$147829,63/13=11371,51$ lei – cost total întreținere un kilometru drum pe an

Costul mediu anual cu lucrările de întreținere al unui singur kilometru de drum auto forestier calculat pentru întreaga rețea de drumuri luată în studiu este apropiat cu costul mediu anual al lucrărilor de întreținere a drumului auto forestier Corbul. Se poate observa că drumul forestier Corbul nu a beneficiat de lucrări capitale precum DF Coman Negru în ultimii 13 ani iar lucrările de reparații curente nu au fost așa multe precum la DF Balta Lacului.

4.2. Cantitatea de masă lemnoasă exploatată

Masa lemnoasă exploatată care a fost și va fi transportată pe drumurile forestiere studiate provine atât de la partizile apropiate drumului și pe care acesta le deservește direct, cât și de pe alte drumuri care colectează masă lemnoasă. Astfel conform datelor preluate din amenajamente s-a stabilit pe decenii, adică cât timp este valabil un amenajament, următoarele cantități de masă lemnoasă deservită de către drumurile auto forestiere. Pentru a putea observa cantitatea de masă lemnoasă ce se transportă pe drumurile studiate ne vom duce atenția asupra drumurilor secundare care se ramifică din drumul cercetat. Drumul auto forestier Corbul preia masa lemnoasă ce gravitează și la drumul auto Prelungirea Corbul dar și de la încă doi-trei kilometri drum auto de exploatare petrolieră, care deservește unități amenajistice a cărei masă lemnoasă se transportă tot pe drumul auto forestier Corbul care are legătură directă cu drumul comunal DC 108A Moinești-Bolătău. În perioada 2005-2025 pe drumul forestier Corbul cantitatea de masă lemnoasă ce se va transporta este de 24666 metri cubi la care se adună și masa lemnoasă ce gravitează la drumul auto de exploatare petrolieră. Drumul auto forestier Balta Lacului preia de asemenea masa lemnoasă ce gravitează la alți trei kilometri de drum forestier, DF Prelungirea Balta Lacului (1,1 km drum construit în anul 2003 fiind un drum destul de nou comparativ cu celelalte drumuri prezente în cadrul O.S. Moinești) și DF Pârâul Fântâniei (1,9 km). Cantitatea de masă lemnoasă ce se transportă pe drumul forestier DF Balta Lacului în perioada 2005-2025 este de aproximativ 87347 metri cubi. În **tabelul 15** sunt prezentate cantitățile de masă lemnoasă ce s-a transportat pe toată rețeaua de drumuri care se ramifică din cele trei drumuri luate în studiul de caz.

Tabelul 15 Volumul de masă lemnoasă deservit de către drumurile forestiere

Nr. Crt	Drum colector	Denumire drum	Lungime drum km	Volumul deservit conform amenajamentului		
				2005-2014	2015-2025	total 20 ani
1	DF Corbul	DF Corbu	2.0	11579	1964	13543
		DF Prelungirea Corbu	1.7	9212	1911	11123
Total DF Corbul			3,7	20791	3875	24666
2	DF Balta Lacului	DF Balta Lacului	2.4	4870	14830	19700
		DF Pârâul Fântânii	1.9	23083	8918	32001
		DF Prelungirea Balta Lacului	1.1	26531	9115	35646
Total DF Balta Lacului			5,4	54484	32863	87347
3	DF Coman Negru	DF Coman Negru	6.3	16921	30936	47857
		DF Covata	2.6	19917	12050	31967
		DF Chitici	1.4	1266	6122	7388
		DF Negrutiu	1.3	2869	4435	7304
		DF Sărățeaua	2.0	40997	36416	77413
		DF Tisoasa	3.9	26256	37609	63865
Total DF Coman Negru			17.5	108226	127568	235794

Drumul auto forestier Coman Negru care are cea ma mare lungime din cadrul O.S. Moinești și din care se ramifică patru drumuri forestiere și unul care se află în prelungirea acestuia, preia pe durata a două decenii 2005-2025 cantitatea de masă lemnoasă de 235794 metri cubi pentru a fi transportată către beneficiarii acesteia. Astfel din tabelul anterior se observă că pe cei 17,5 km drum auto forestier cât are această rețea circulă o cantitate de masă lemnoasă de 235794 metri cubi.

În **tabelul 16** se va evidenția cantitatea de masă lemnoasă ce a fost deja transportată pe aceste drumuri forestiere pe perioada 2005-2017 pentru a observa dacă există corelații între cheltuielile cu lucrările de întreținere și reparații și cantitatea de masă lemnoasă ce s-a transportat în această perioadă, traficul reprezentând un factor important al degradării drumurilor în general. Pe baza borderourilor cu masă lemnoasă exploatabilă și a hărților amenajistice pentru a observa pe unde se transportă masa lemnoasă exploatată s-a realizat **tabelul 16**:

Tabelul 16 *Cantitate de masă lemnoasă transportată*

Nr. Crt	Denumire drum	U.P.	L km	Anul													Total
				2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
1	DF Corbul	II	2.0	1994	1873	2545	973	1435	2809	3522	1113	4457	465	1150	892	2129	25357
2	DF Balta Lacului	III	2.4	6480	5962	4891	5297	5732	2261	6120	5847	5781	5213	466	4999	2006	61055
3	DF Coman Negru	VI	6.3	8619	13940	11235	7721	12444	7236	10847	15276	7339	13569	5553	9423	8479	131681

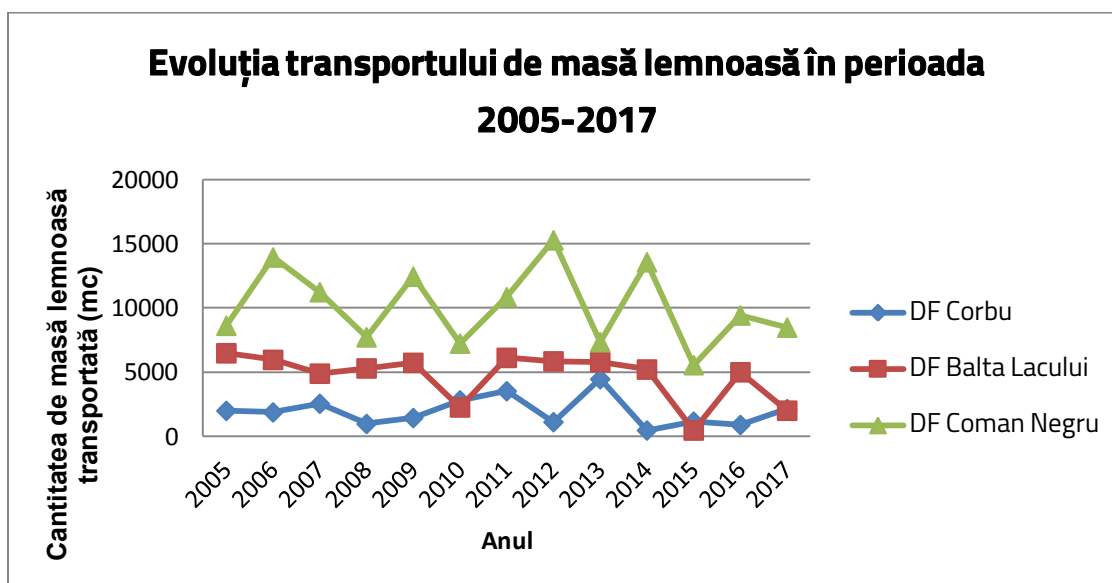


Figura 19 *Cantitatea de masă lemnoasă transportată pe drumurile auto forestiere*

În **figura 19** se poate observa cantitatea de masă lemnoasă ce a fost transportată pe drumurile forestiere studiate atât din parchetele pe care le deservește drumul auto cât și de pe celelalte drumuri care descarcă sacrinile și pe drumurile studiate.

4.3. Stabilirea grosimii straturilor rutiere pentru drumul auto forestier Coman Negru

Pentru drumul auto forestier Coman Negru cu lungimea de 6,3 km, s-a realizat determinarea grosimii straturilor rutiere după cum urmează.

Pentru reabilitarea drumului forestier Coman Negru după realizarea lucrărilor la infrastructură unde s-au realizat lucrări la terasament, taluzuri, șanțuri, podețe și ziduri de sprijin se trece la realizarea suprastucturii, când au loc lucrări de așternere a straturilor rutiere. Determinarea grosimii straturilor sistemului rutier s-a realizat prin calcularea modulului deformației critice la care s-a avut în vedere

determinările stabilite prin studiul geotehnic precum și traficul de calcul rezultat din analiza posibilității tăierilor de produse principale și secundare în perioada de 10 ani.

Traficul de calcul stabilit pe baza datelor din amenajament și a reactualizării acestora în funcție de intervențiile executate și cele care se prefigurează pentru deceniul următor este prezentat în **tabelul 17**:

Tabelul 17 Stabilirea traficului de calcul

1.1.		Volumul de masă lemnoasă exploatabil							
	MO	BR	DR	FA	GO	ST	DT	DM	TOTAL
Produse principale	5319	31404		30381					67104
Produse secundare	1418	4245		1609			45	405	7722
Total volum	6737	35649	0	31990	0	0	45	405	74826
1.2.		Masa totală a volumului exploatat							
Produse principale	6079	36115		52677					94871
Produse secundare	1682	5004		2959			90	739	10474
Total masa	7761	41119	0	55636	0	0	90	739	105345
1.3. Perioada în care se preconizează recoltarea volumului								10	ani
1.4. Trafic anual								10535	tone/an
1.5. Categoria de drum forestier								3	
1.6.		Intensitatea traficului							
Ni	Autotren 450CP,sarcina utilă 28t, 6x4						13		
	Autovehicule și derivate cu 3 osii						1		
	Trafic etalon A13						Încărcate	Descărcate	
η	Autotren 450CP,sarcina utilă 28t, 6x4						1,17	0,94	
	Autovehicule și derivate cu 3 osii						1,21	0,94	
N								40	
								3	
A13	Total vehicule etalon							43	
	Presiunea specifică transmisă de roată						p	0,5	Mpa
	Diametrul de contact						D	340	mm
	Deformația maximă admisă						λ	0,06	
	Coeficientul de siguranță						μ	1	
	Coeficientul de urmă						γ	2	

În baza traficului echivalent (43 autovehicule etalon), modulul de deformație necesar, determinat analitic pe baza prevederilor legislative ale Normativului PD-003:11, este de 23 Mpa.

Astfel pentru studierea traseului actual al drumului s-au evidențiat două tronsoane distincte după cum urmează:

- Tronsonul 1 de la km 0+000 la km 4+760 caracterizat printr-un strat rutier din balast amestec optimal, în care se regăsesc și elemente de piatră spartă cu o grosime medie de 19 cm
- Tronsonul 2 de la km 4+760 la km 6+300, caracterizat prin existența unui strat rutier din balast cu grosimea medie de 12 cm

Pentru ambele tronsoane sistemul rutier de completare este alcătuit din piatră spartă amestec optimal, grosimile fiind adoptate prin calcul în funcție de caracteristicile pământului de fundare, a straturilor rutiere existente precum și a stratului nou ce se va realiza.

Astfel tronsonul 1 de la km 0+000 până la 4+760 prezintă următoarele caracteristici:

Caracteristici pământ fundație

- Categoria pământului : **P3**
- Tipul climatic : **III**
- Regim hidrologic (1=favorabil, 2a=mediocru, 2b=defavorabil) : **2b**
- E_0 : **10 Mpa**

Caracteristici strat rutier existent/strat rutier intermediar

➤ *Material balast

- E_1 - **60 MPa** $h=19\text{cm}$ h/D - **0,559**
- n - 2,047673 x - 0,501313
- $E_0 = E_q(E_0)$: **19,95 MPa**

Caracteristicile stratului rutier nou

➤ Material

- -Piatră spartă amestec optimal E_1 : **90 MPa**
- -Modulul de deformație necesar E_{nec} : **23 MPa**

➤ Calculul stratului rutier

- h - 45 mm
- h/D - 0,132
- n - 1,826921
- x - 0,867632
- $E_q(E_0)$ - 22,99 MPa
- E_1 : 90 MPa.

Având în vedere caracteristicile anterioare, pentru partea carosabilă a drumului forestier Coman Negru tronsonul 1 se adoptă realizarea unui strat nou cu grosimea de 5 cm. Ținând cont de platformele de colectare adiacente și a platformele situate în afara împietruirilor existente se adoptă asternerea unui nou strat rutier cu grosimea de 8 cm pe întreg tronsonul. La stațiile de încrucișare și

la platformele de colectare stratul va avea grosimea de 10 cm. În funcție de distribuția capacității portante în lungul tronsonului, capacitatea portantă care se determină prin încercări de deflectometrie la momentul execuției, după realizarea fazelor de scarificare, reprofilare și compactare a stratului existent, grosimea de execuție va fi între 0-19 cm.

Pentru tronsonul 2 care se desfășoară între km 4+760 și 6+300 caracteristicile terenului pentru adoptarea grosimii noului strat sunt:

Caracteristici pământ fundație

- Categoria pământului : **P3**
- Tipul climatic : **III**
- Regim hidrologic (1=favorabil, 2a=mediocru, 2b=defavorabil) : **2b**
- E_0 : **6,5 Mpa**

Caracteristici strat rutier existent/strat rutier intermediar

➤ Material balast

- E_1 - 10 MPa
- $h=12\text{cm}$
- h/D - 0,353
- n - 1,18805
- x - 0,885509
- $E_0 = E_q(E_0)$: 7,34 Mpa

Caracteristicile stratului rutier nou

➤ Material

- Piatră spartă amestec optimal E_1 : 90 Mpa
- Modulul de deformație necesar E_{nec} : 23 MPa

Calculul stratului rutier

- h - 245 mm
- h/D - 0,721
- n - 2,725327
- x - 0,320649
- $E_q(E_{nec})$: 22,89 Mpa
- E_1 : 90 MPa.

Grosimea noului strat rutier se adoptă 25 cm și este recomandat a se realiza din piatră spartă. Sistemul rutier este alcătuit dintr-un singur strat din piatră spartă amestec optimal granulația fiind cuprinsă între 0-63 mm, a cărei grosime s-a stabilit separat pentru tronsonul 1 și tronsonul 2. Lucrările premergătoare realizării stratului rutier sunt scarificarea părții carosabile pe o adâncime de minim 5 cm, reprofilarea platformei și compactarea stratului de balast existent la gradul de

compactare Proctor modificat 98%. Straturile rutiere din amestec optimal de piatră spartă se compactează conform STAS 1913/13 până la realizarea gradului de compactare minimă în stare uscată determinată prin încercări Proctor modificat astfel: 98%, în cel puțin 93% din punctele măsurate și 95% în toate punctele măsurate.

4.4. Determinarea portanței sistemului rutier

În continuare vom studia câteva modele de sisteme rutiere tip în concordanță cu straturile de materiale pietroase prezente pe drumul studiat în detaliu DF Coman Negru, pentru a observa cum se modifică capacitatea portantă a drumului în cazul modernizării acestuia. Se vor cerceta sistemele rutiere tip de drumuri auto forestiere principale, iar apoi se vor observa cazurile în care se adăugă un strat nou de geosintetice sau îmbrăcăminți moderne.

În primul caz s-a prezentat graficul pentru modulul de deformație critică specific drumului auto forestier Coman Negru pe tronsonul al doilea după așternerea noului strat de piatră spartă amestec optimal cu modulul de deformație $E=90$ Mpa.

Tabelul 18 *Determinarea modulului de deformație a drumului având grosimea stratului nou adăugat variabilă*

E_0	h=10	h=15	h=20	h=25	h=30	Caracteristicile sistemului rutier
3	8.88995	10.89046	12.92853	14.94166	16.90427	Sistem rutier din două straturi de balast și piatră spartă amestec optimal; Stratul de fundație din balast are $E= 10$ MPa și grosimea de 12 cm iar stratul al doilea nou are grosimea de 25 cm și $E=90$ MPa
4	10.57052	12.75428	14.98795	17.19475	19.34044	
5	12.13725	14.45584	16.83033	19.17373	21.44510	
6	13.62009	16.03887	18.51479	20.95372	23.30969	
7	15.03671	17.52920	20.07655	22.57985	24.98950	
8	16.39861	18.94366	21.53870	24.08186	26.52114	
9	17.71381	20.29400	22.91741	25.48070	27.93047	
10	18.98821	21.58882	24.22457	26.79179	29.23655	
11	20.22631	22.83471	25.46926	28.02693	30.45398	
12	21.43166	24.03684	26.65862	29.19542	31.59424	
13	22.60711	25.19939	27.79843	30.30473	32.66655	
14	23.75504	26.32579	28.89340	31.36100	33.67846	
15	24.87742	27.41894	29.94752	32.36936	34.63627	

În **tabelul 18** se află calculat cu ajutorul programului excel modulul de deformație a sistemului rutier pentru tipul de sistem rutier cu două straturi de material pietros, primul strat de fundație cu grosimea de 12 cm din balast peste care se așterne noul strat de piatră spartă amestec optimal cu o grosime variabilă. Pentru cazul studiat deja s-a calculat grosimea noului strat cu ajutorul relațiilor matematice de echivalență. Acest model de calcul s-a realizat pentru a realiza grafice și a le compara în funcție de rezultatele ce se obțin pentru modulele deformației critice la diferite tipuri de structură a drumurilor auto forestiere. Astfel în funcție de modulul de deformație necesar pentru ca drumul auto forestier să fie folosit în condiții normale de confort și siguranță se poate determina dacă se adaugă un strat nou de material pietros având diferite valori ale modulului de deformație sau se poate opta pentru aceeași structură a sistemului rutier dar cu calcularea variabilă a grosimii unui strat după cum urmează.

În **figura 20** se poate observa graficul modulului de deformație stabilit pentru drumul auto forestier Coman Negru.

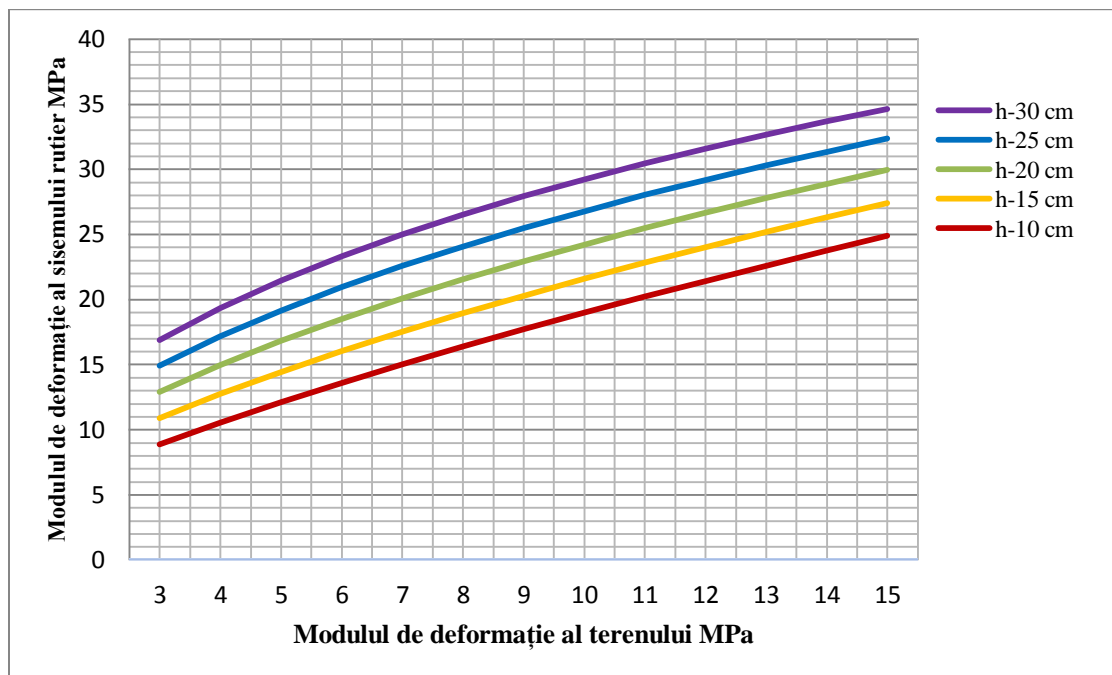


Figura 20 Graficul modulului de deformație pentru sistemul rutier cu două straturi rutiere la DF Coman Negru

În funcție de modulul de deformație al terenului pe care este construit acest drum auto se observă că modulul de deformație al întregului sistem rutier începe de la valori de aproape 9 pentru grosimea stratului adăugat de 10 cm și poate ajunge până la valori de aproape 35 pentru un strat cu grosimea de 30 de cm. Pentru drumul auto forestier Coman Negru s-a calculat grosimea noului strat de 25 de cm pentru un model de deformație al terenului de 7,34 MPa. Astfel din grafic reiese modulul de deformație al întregului ansamblu al drumului de aproximativ 23 MPa la fel ca și în calculele realizate.

Următoarele grafice s-au realizat pentru alte tipuri de sisteme rutiere cu două sau trei straturi, sisteme rutiere tip conform normativului de proiectare a drumurilor forestiere Indicativ PD-00311. Sistemele rutiere tip alese pentru acest studiu sunt acele sisteme care se pot realiza prin lucrări de modernizare pentru drumul auto forestier Coman Negru. În **figura 21** s-a ales sistemul rutier cu trei straturi, primele două straturi de balast cu modulele de deformație cu valorile de 45 MPa stratul de fundație, respectiv 50 MPa stratul superior, iar stratul superior fiind realizat din macadam cu modulul de deformație de 110 MPa. Graficul este realizat pentru grosimea variabilă a stratului de balast mijlociu între 10-30 cm, celelalte straturi având grosimea de 10 cm conform sistemului rutier tip 10 din normativ.

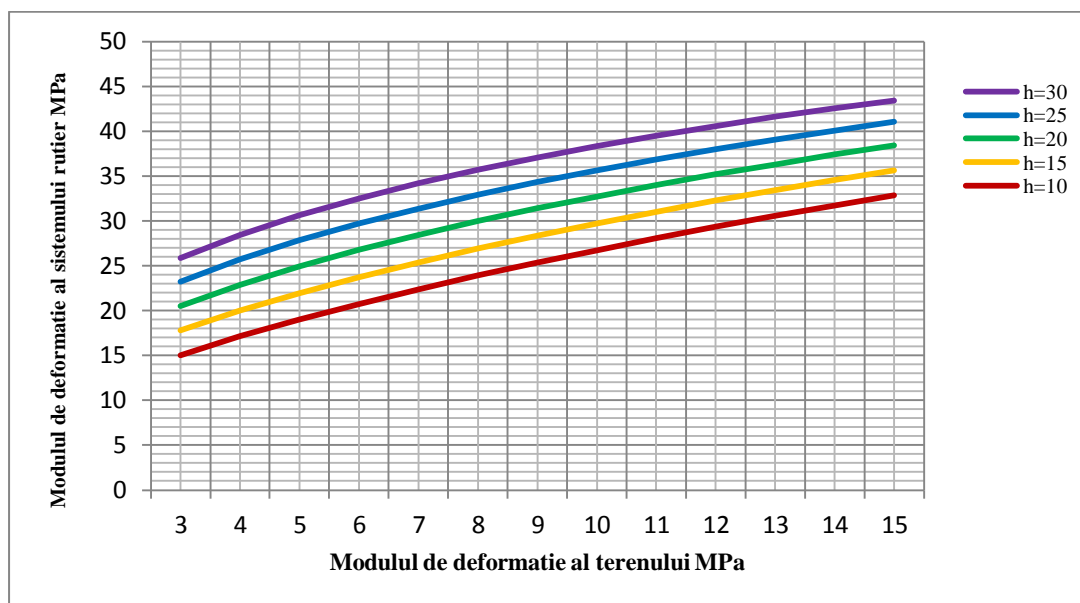


Figura 21 Graficul modulului de deformație pentru sistemul rutier cu trei straturi tip 10

Se observă că valorile modulului de deformație a sistemului rutier variază între 15-33 pentru diferitele modele de deformație ale pământului pentru grosimea stratului mijlociu de 10 cm. Pentru grosimea stratului superior de balast de 30 cm valoarea modulului de deformație variază între 26-44. Pentru drumul auto forestier Coman Negru dacă se realizează un strat de macadam la suprafață cu modelul de deformație 110, se observă că stratul mijlociu de balast ar avea grosimea de maxim 10 cm pentru același trafic prezent și la un modul al deformație pământului stabilit. Astfel în urma studierii acestui grafic ar fi necesare două straturi a câte 10 cm fiecare, unul de balast altul de macadam, în locul unui singur strat de balast de 25 cm cum s-a realizat la reabilitarea drumului forestier Coman Negru.

În următoarele două grafice din **figurile 22 și 23** sistemul rutier tip din normativ prezintă un sistem rutier cu două straturi. În primul grafic este un strat de fundație din balast de diferite grosimi între 10-30 cm având un modul al deformației de 45 MPa, și un singur strat realizat din macadam asfaltic

având grosimea de 8 cm iar valoarea modului de deformăției de 200 MPa. În al doilea grafic este prezent un sistem rutier tip cu stratul de fundație din piatră spartă

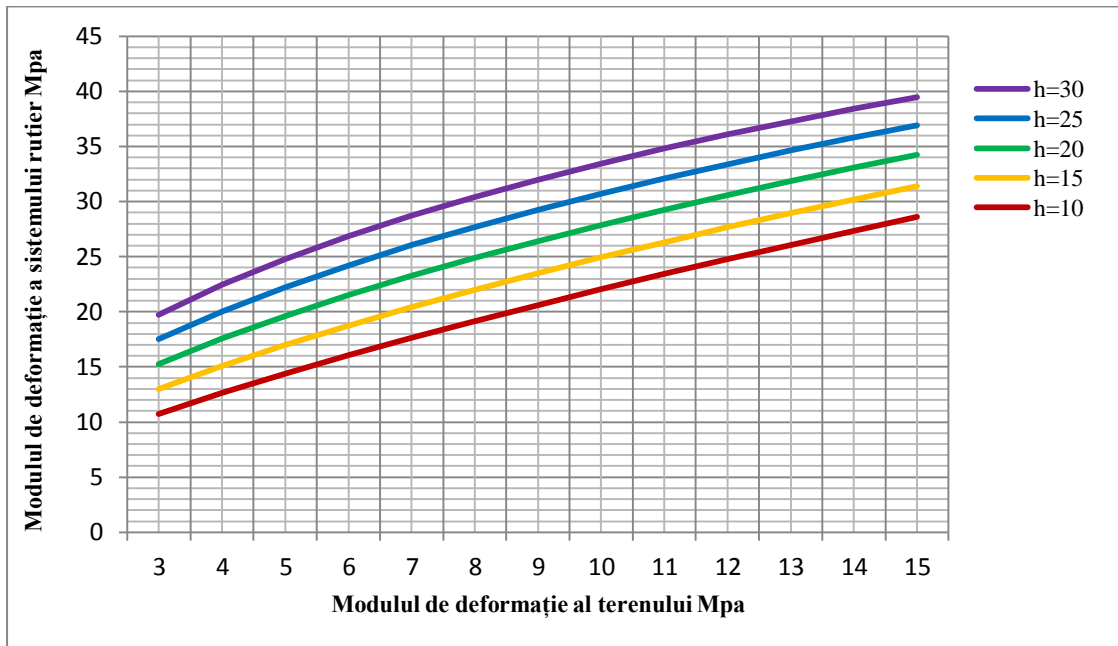


Figura 22 Graficul modului de deformăție pentru sistemul rutier cu două straturi tip 15

poligranulată cu grosime variabilă 10-30cm, având valoarea modului de deformăție de 80 MPa și un strat de macadam asfaltic având grosimea adoptată 8 cm și valoarea modului de deformăției de 200 MPa.

Prin compararea graficelor se observă că în cazul sistemului rutier cu două straturi unul din balast și celălalt din asfalt portanța sistemului rutier este mai mică decât în cazul sistemului rutier cu trei straturi două de balast și unul de macadam la suprafață. Se mai poate observa prin compararea graficelor că portanța sistemului rutier format din trei straturi este foarte mare la valoarea modului de deformăției terenului de fundație mic. La valoarea modului de deformăție al patului căii sistemului rutier mare se observă că cea mai bună portanță o are sistemul rutier format din două straturi, fundația din piatră spartă poligranulată cu grosime variabilă și un strat de macadam asfaltic de 8 cm grosime.

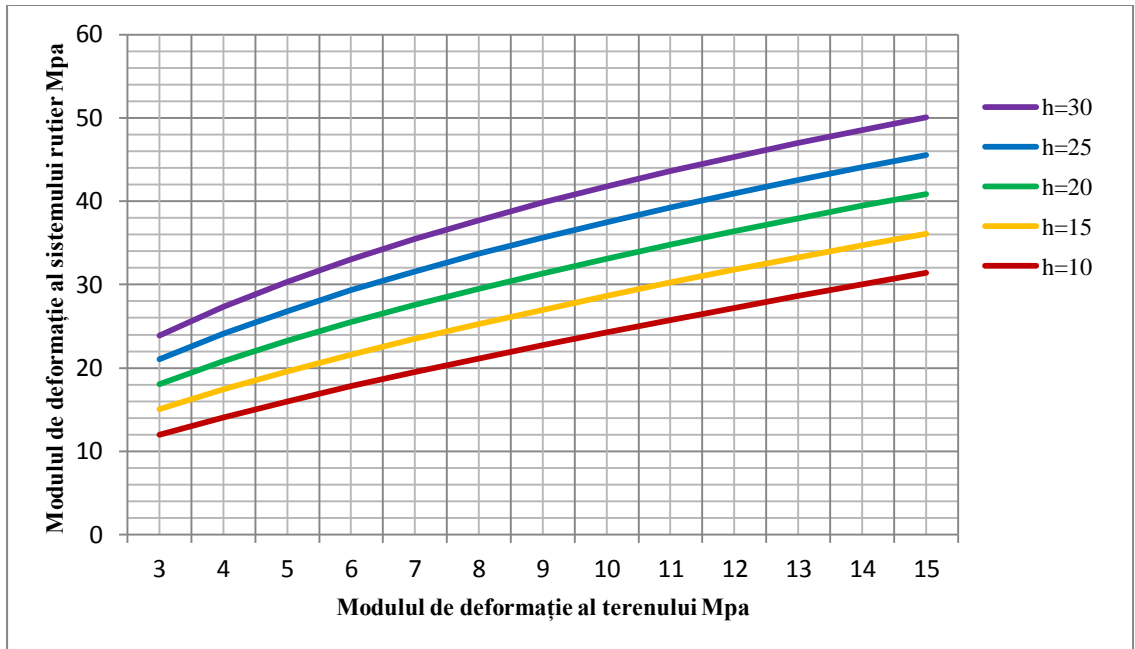
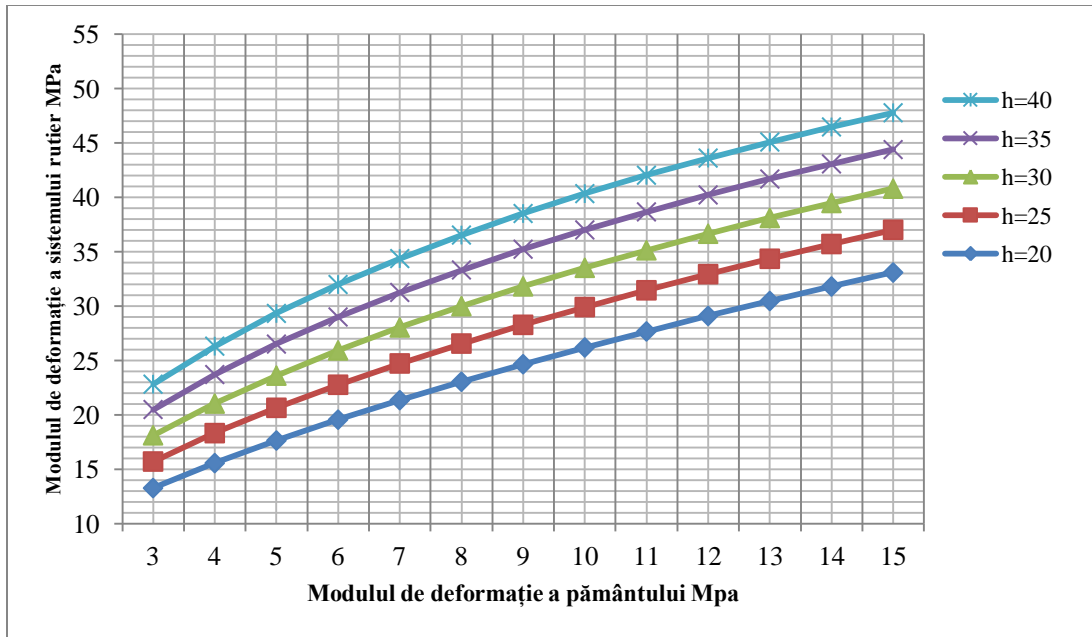


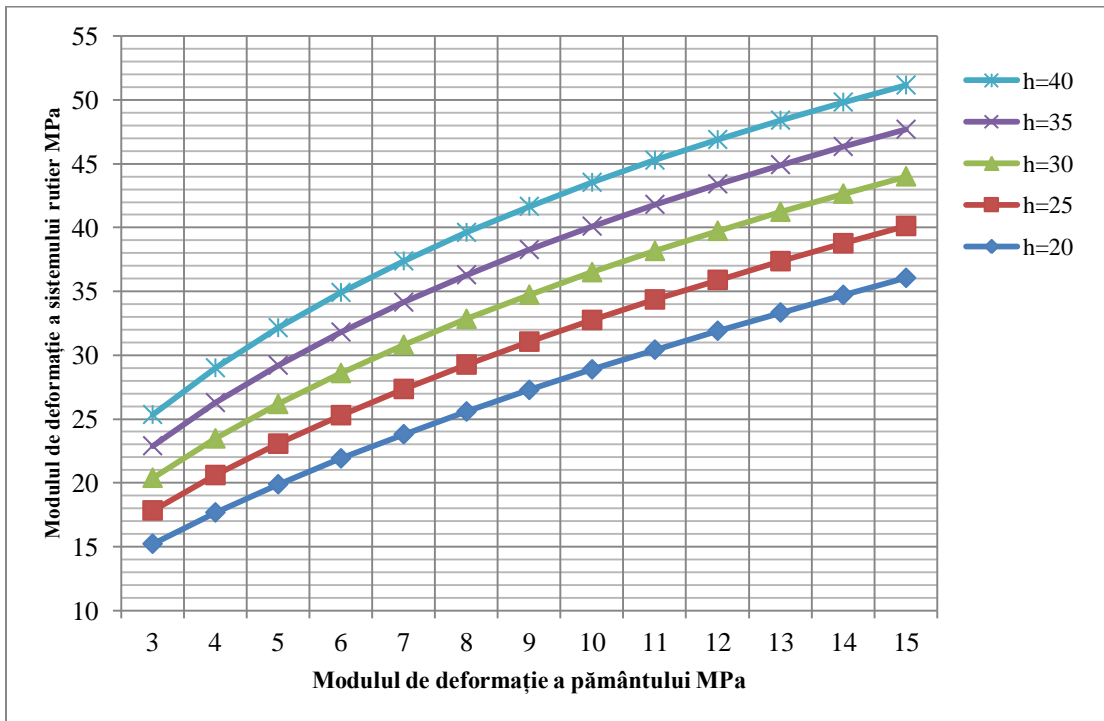
Figura 23 Graficul modulului de deformare pentru sistemul rutier cu două straturi tip 16

4.5. Oportunitatea modernizării drumurilor auto forestiere

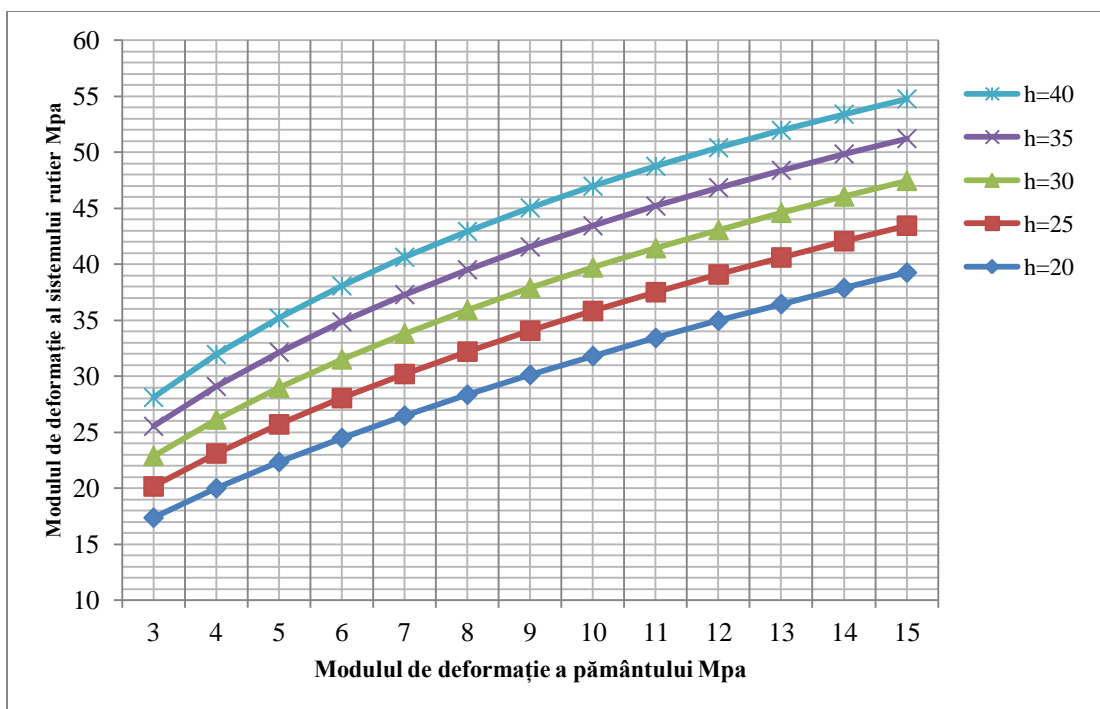
Sistemul rutier al drumului auto forestier Coman Negru este alcătuit în prezent din două straturi rutiere. Stratul de balast prezent pe primul tronson are grosimea de 19 cm și cu valoarea modulului de deformare 60 MPa la care s-au adăugat agregate minerale sub formă de piatră spartă amestec optimal de 5 cm grosime, iar al doilea tronson prezintă un strat de balast de 12 cm peste care s-a întins uniform un strat format din piatră spartă amestec optimal. Noul strat realizat are valoarea modulului de deformare 90 Mpa și cu grosimea de 25 cm. Astfel se poate considera că grosimea sistemului rutier folosit la drumul auto forestier Coman Negru este cuprinsă între 25 și 35 cm și ar avea valoarea modulului de deformare 70 Mpa. În figura 24 a,b și c s-au realizat trei grafice ale modulelor de deformare ale sistemului rutier prezent la care presupunem stratul existent variabil între 20 și 40 cm, se adaugă macadam asphaltic cu valoarea modulului de deformare de 200 MPa, dar și acest strat asphaltic având grosimea de 4, 6 respectiv 8 cm. În funcție de rezultatele obținute și de costurile necesare realizării acestor lucrări de asphaltare se cercetează oportunitatea de modernizare a drumului forestier.



a)



b)



c)

Figura 24 Modulul deformației sistemului rutier cu strat de fundație cu grosimea variabilă între 20-40 cm și grosimea stratului de macadam asfaltic: a) 4 cm, b) 6 cm, c) 8 cm

Pentru aceste grafice am luat în considerare stratul de fundație de minim 20 cm pentru că deja este prezentă în teren această grosime în straturi de balast cu amestec optimal de piatră spartă. Pentru traficul din prezent calculat la valoarea modului de deformare sistemului rutier de 25 MPa și o valoare a modului de deformare a pământului de 7,5 MPa se observă că în cazul aplicării unui strat de macadam asfaltic cu grosimea de 8 cm nu mai trebuie adăugat material în stratul de fundație, fiind necesară o grosime mai mică de 20 cm. Nici pentru aplicarea unui strat de macadam asfaltic de 4 cm nu este necesară creșterea grosimii stratului de fundație deoarece în acest caz este nevoie de o grosime de 25 cm care de asemenea este prezentă pe toată lungimea traseului drumului auto forestier Coman Negru.

Astfel costurile necesare ar fi de pregătire a stratului superior pentru a se putea realiza așternerea unui strat de asfalt și costul de achiziție și punere în operă. Lucrările și costurile aferente acestor lucrări pregătitoare au fost studiate anterior pentru că acestea la fel ca la lucrările de reparație sunt scarificarea, nivelarea și reprofilarea cu autogrederul, compactarea cu compactorul și executarea șanțurilor cu buldoexcavatorul, precum și cele cu forța de muncă manuală.

Prețul unei tone de asfalt variază între 55-85 de euro (260-410 lei) și depinde de calitatea acestuia. Densitatea asfaltului este de 1,1 tone/mc. Astfel pentru drumul forestier Coman Negru are lungimea de 6300 metri și lățimea medie la care se realizează turnarea asfaltului de 3,5 metri rezultă o suprafață de 22050 metri pătrați. Un metru cub de asfalt turnat la o grosime de 4 centimetri ajunge pentru o suprafață de aproximativ 25 metri pătrați, la un cost minim de 285 lei. De aici rezultă că

prețul unui metru pătrat de asfalt este de 11,4 lei. Pentru asfaltarea drumului auto forestier Coman Negru cu o suprafață de 22050 metri pătrați este nevoie de suma de 251370 lei cost doar pentru achiziția asfaltului. La acest preț se adaugă prețurile pentru transportul asfaltului, pentru utilaje și pentru manoperă, plus lucrările premergătoare asfaltării. Comparativ cu costul lucrărilor de întreținere și reparații prețul asfaltării nu este foarte mare ținând cont de beneficiile pe care le-ar avea această lucrare. Câștigul din vânzarea masei lemnoase anuale care circulă pe acest drum la un preț mediu de 167 lei, conform datelor Direcției Silvice Bacău ar fi de de 1670000 lei pentru aproximativ 10000 metrii cubi de lemn. Dar ținând cont că volumul de lemn care provine direct din parchetele deservite de drumul auto Coman Negru este doar de 3000 de metrii cubi anual restul provenind de pe alți 11,2 km de drum forestier, atunci venitul provenit din vânzarea masei lemnoase de 3000 metrii cubi este 501000. Chiar și așa investiția ar fi oportună deoarece efectul pe care îl prezintă asfaltarea asupra siguranței circulației, mediului, siguranței la muncă și la transportul muncitorilor, timpul scurtat pentru transport pe termen lung se amortizează ținând cont că drumul auto forestier este aproape amortizat valoarea lui în 2017 fiind de 507,63 lei. O altă explicație privind oportunitatea asfaltării este că există asfalt care conține deșeuri de plastic ori de sticlă și care asigură o rezistență chiar mai durabilă în timp. Aceste deșeuri sunt mai ieftine decât bitumul sau gudronul folosit ca liant în mixturile asfaltice și prin urmare costul ar fi redus.

Pentru celelalte drumuri auto forestiere nu s-a luat în calcul oportunitatea de asfaltare deoarece se transportă o cantitate mult prea mică de masă lemnoasă comparativ cu cele 10000 de tone care circulă pe drumul auto Coman Negru.

4.6. Corelații între costul lucrărilor de reabilitare a drumurilor și masa lemnoasă transportată

Referitor la corelația dintre costul lucrărilor de întreținere și reparație a drumurilor auto forestiere și masa lemnoasă ce se transportă pe aceste drumuri există o stânsă legătură. Cu cât se transportă o cantitate de masă lemnoasă mai mare sistemul rutier este supus la acțiunea unor forțe care duc la degradarea drumului într-un interval mai scurt. În teren însă costurile mai mari sunt în anii cu precipitații abundente. Dacă straturile rutiere sunt uscate și cantitatea de apă care provine din precipitații se scurge și se infiltrează repede în sol, drumul poate fi folosit fără reparații tot anul. Costul mare al reparațiilor este în anii când precipitațiile au fost abundente perioade îndelungate și transportul a trebuit realizat în situațiile date lemnul neputând fi ținut în platformele primare perioade îndelungate conform legilor în vigoare. Creșterea debitului pâraurilor și prezența apei corelate cu transportul masei lemnoase determină creșterea degradărilor apărute pe drumurile forestiere și prin urmare și creșteri ale costurilor de întreținere și reparații.

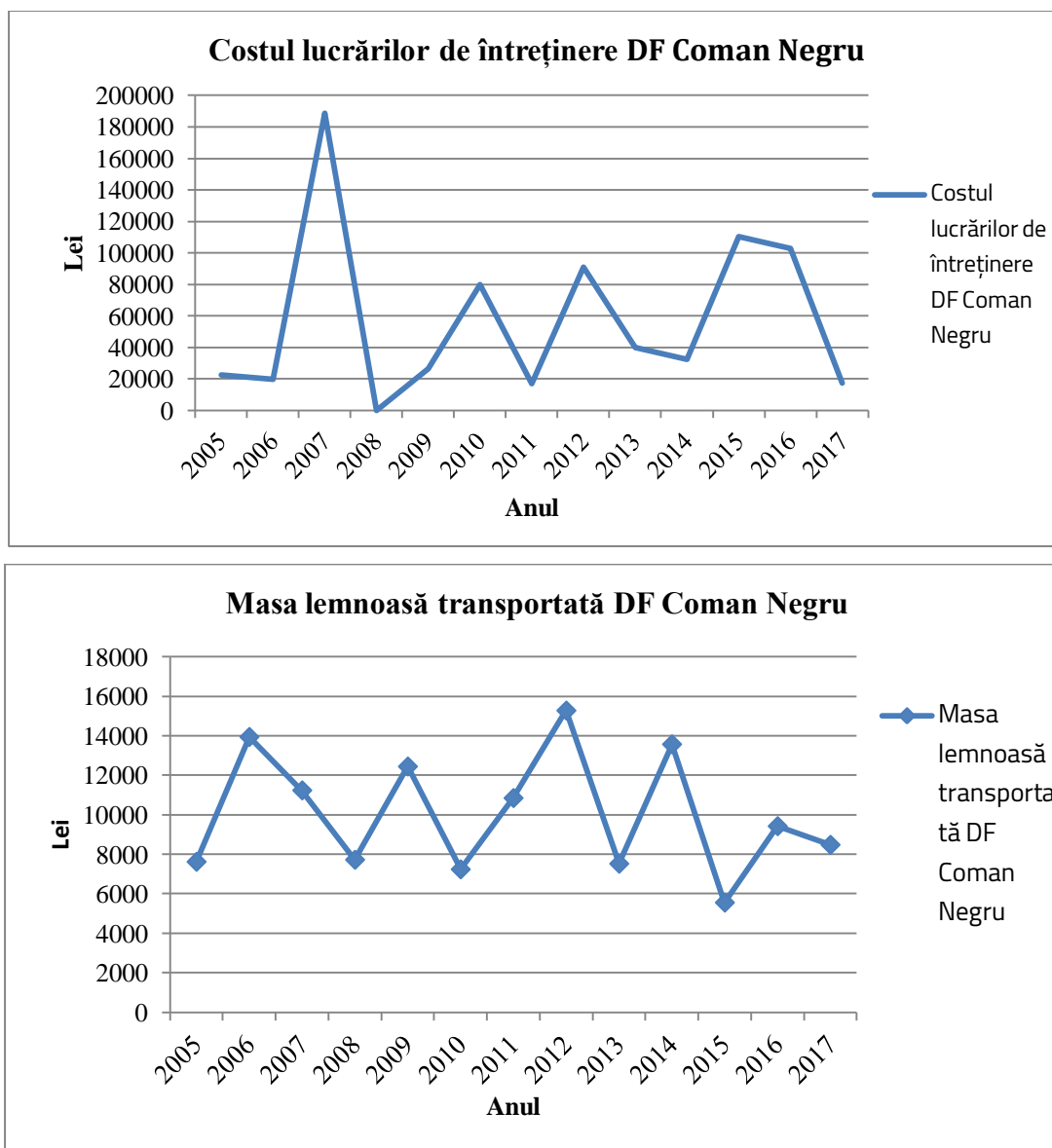


Figura 25 Costurile și masa lemnoasă transportată

Conform datelor și situației din teren pot spune că daunele produse de trafic într-un an sunt supuse cheltuielilor de reparații din anul următor. Marea majoritate a degradărilor unui drum forestier datorate traficului se produc toamna și la sfârșitul iernii deoarece multe parchete de produse principale sunt cu restricții de exploatare pe perioada verii și masa lemnoasă din produse secundare se transportă cu vehicule mici 3,5 tone sau căruțe lemnul fiind în mare parte pentru foc la populația din zonă. Ocolul Silvic Moinești asigură lemnul de foc pentru populație pentru 10 unități administrative teritoriale. Datorită faptului că Ocolul Silvic Moinești efectuează lucrările de reabilitare a drumurilor forestiere doar cu Secția de Drumuri Forestiere Onești iar aceasta din urmă realizează lucrări și la alte 13 ocoale silvice există un timp destul de mare de la realizarea antemăsurătorilor (martie-aprilie) și până la realizarea lucrărilor. În perioada mai-iunie se realizează devizele pe baza antemăsurătorilor,

după care se aprobă în comitetul directorial al Direcției Silvice apoi în funcție de practicabilitatea drumurilor din cele 14 ocoale silvice se realizează mai întâi urgențele. Astfel unele lucrări ajung să se realizeze în toamnă odată cu reînceperea exploatării produselor principale restricționate și astfel drumul nu reușește să fie reparat că se și strică după cum am observat personal pe teren. Transportul masei lemnoase nu este pe toată lungimea drumului același deoarece drumul auto forestier se intersectează cu alte drumuri astfel și costurile de întreținere și reparații variază. Astfel ar fi patru tronsoane, primul tronson ar prelua toată masa lemnoasă provenită de la toate drumurile, al doilea tronson ar prelua masa lemnoasă mai puțină fiind după intersecția cu alt drum forestier și astfel pe ultimul tronson ar trece cea mai mică cantitate de masă lemnoasă. Costurile de asemenea se vor împărți deteriorările mai mari fiind pe primele tronsoane.

4.7. Materialele din structura drumului și fiabilitatea acestora

În cea mai mare parte ne putem da seama că un drum cu multe defecțiuni are nevoie de mai mulți bani pentru a fi reparat. De aceea s-au studiat materialele din care sunt ele alcătuite, patul drumului care influențează apariția defectelor și prin urmare costurile de întreținere a drumurilor forestiere. După cum am observat la determinarea modulului de deformare portanța drumurilor și implicit rezistența acestora depinde de natura materialelor folosite și de natura substratului de fundație. Patul căii sau substratul de fundație reprezintă solul după îndepărtarea stratului vegetal în cazul începerii construcției unui drum forestier. Conform hărții solurilor României pe raza Ocolului Silvic Moinești, se află soluri din grupele brune acide, brune bazice și brune argiloiluviale.

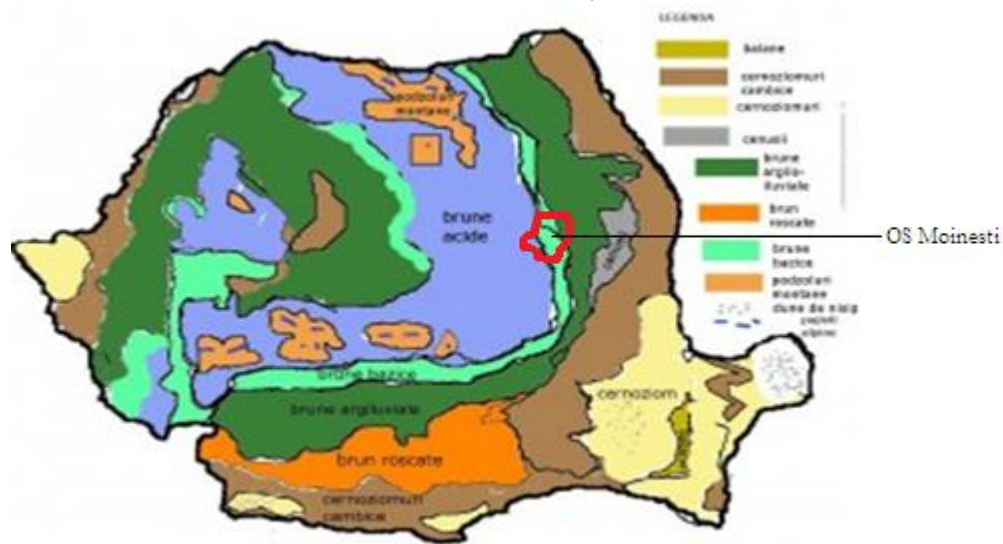


Figura 26 Harta solurilor din România

În continuare s-a cercetat dacă în lucrările realizate la drumurile forestiere utilizarea unui strat din piatră spartă amestec optimal este fiabil sau poate conduce la unele deficiențe majore atunci când nu sunt respectate anumite condiții tehnice la execuție.

În ultima perioadă, la lucrările de reabilitare a structurilor forestiere cu capacitate portantă depășită datorită în principal traficului intens și greu, constructorul angajat pentru lucrări de ranforsare a structurii rutiere existente caută soluții de realizare a straturilor rutiere în condiții de eficiență a materialelor utilizate. Această permisivitate a constructorului de utilizare a unor materiale rutiere pe criterii de performanță stabilite prin încercări de laborator propriu, a condus la apariția unor fenomene postexecuție nedorite, care au condus la numeroase situații conflictuale între constructor și beneficiarul lucrării. Se prezintă câteva situații întâlnite, care pot conduce la unele concluzii relevante pentru experiența specialiștilor în domeniul infrastructurii de transport forestier, dar și la evitarea unor astfel de situații în viitor.

După cum se cunoaște. Straturile rutiere au roluri bine determinate în cadrul structurilor rutiere. Creșterea sarcinii pe osie la vehiculele grele de transport forestier, au sporit importanța stratului de bază din cadrul structurii rutiere, în sensul în care acesta este cel care preia solicitările majore din întindere din încovoiere generate de traficul intens și greu, după schema prezentată în **figura 27**:

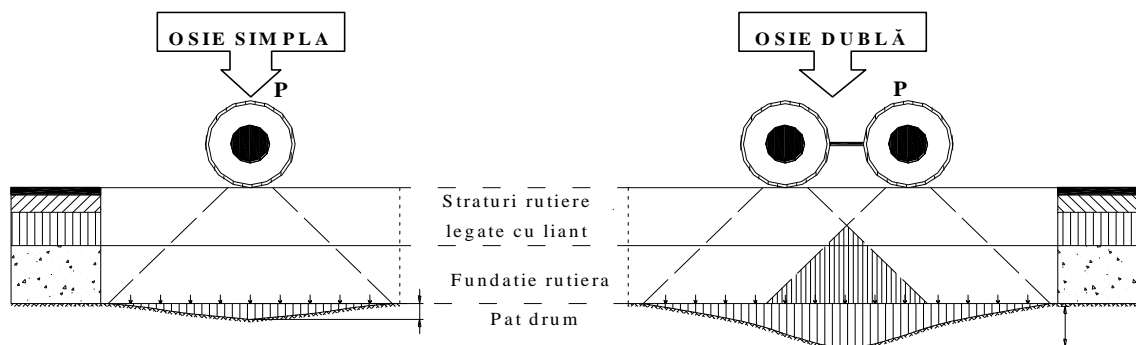


Figura 27 Distribuția sarcinilor în sistemul rutier

Aceste solicitări conduc în perioada normată de funcționare a drumului forestier la apariția fenomenului de oboseală structurală, când se inițiază fisurarea la fibra inferioară întinsă din încovoiere repetată de la stratul de bază, fenomen prezentat în **figura 28**.

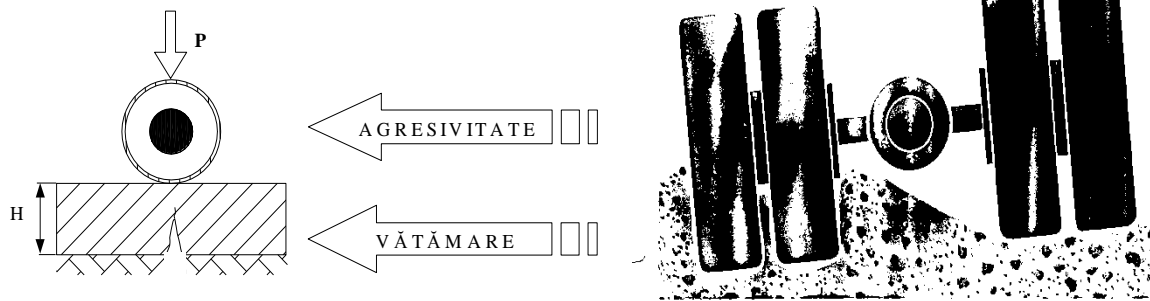
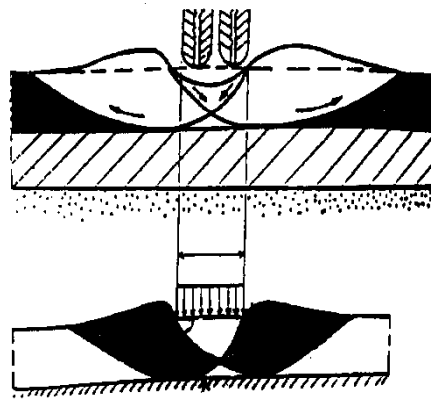


Figura 28 *Deteriorarea stratului rutier*

Apare așa numitul efect de vătămare a stratului de bază la agresivitatea traficului forestier intens și greu, în urma căruia apare în final chiar și cedarea structurii rutiere. În cazul traficului intens și greu, starea de efort – deformații din structura rutieră poate conduce la fenomene dezvoltate prin apariția unor degradări de tipul fâgașelor sau tasărilor pe urma roților autovehiculelor, defecte încadrate ca fiind defecte de structură.

Astfel s-au creat premisele unor cedări structurale, prin refulare laterală ale straturilor rutiere la marginea urmei roților, după ce inițial a fost o fază de formare a fâgașurilor și efecte ale fenomenului de oboseală structurală a drumului pe acea zonă.

În **figura 29** se demonstrează efectul de "pană rigidă", apărută prin supracompactarea straturilor rutiere sub urma roților, urmare căreia apare suprafața de cedare structurală a structurii rutiere și fenomenul de refulare laterală la urma roților. Mai sunt prezentate faze de evoluție a cedării structurale prin refularea straturilor rutiere la marginea urmei roților autovehiculelor grele respectiv apariția tasării locale, și în fine cedarea prin refulare laterală.



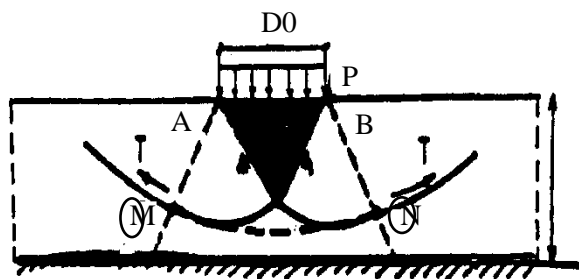


Figura 29 *Refulare laterală*

Pentru identificarea solurilor și materialelor straturilor din care este alcătuit drumul s-au preluat câteva carote. Se poate constata că din punct de vedere granulometric " Amestecul optimal 0 – 63" aprovizionat, corespunde condițiilor granulometrice, care ar trebui să corespundă unor condiții tehnice generale prevăzute în reglementările tehnice din domeniul construcțiilor de drumuri forestiere la produsul rutier piatră spartă amestec optimal cum ar fi:

- Proveniența agregatelor să fie din roci care nu sunt sensibile la alterațiile provocate de apă aer și vânt și care să fie destul de stabile. Nu se vor folosi roci șistuase sau feldspați;
- Condițiile care trebuiesc îndeplinite sunt ca aceste agregate care se folosesc la straturile de fundație să nu conțină impurități sau resturi biodegradabile în timp;
- Obținerea amestecului optim se va realiza fie prin amestecul sorturilor de diferite mărimi fie rezultă așa în urma concasării;
- Lucrările de drenare, colectare și evacuare a apelor se vor construi înainte de realizarea straturilor de fundație prin așternerea amestecului optimal de agregate.

La investigațiile de laborator, s-au consemnat următoarele:

Observații	Determinări cerute -descrierea macroscopică a probei
------------	---



Figura 30 Carote

Identificarea probei (**figura 30**) :

Cele două probe reprezintă, conform datelor transmise din teren un material artificial (antropic), făcând parte din structura drumului.

Materialul analizat are o culoare verzui-gălbuie, slab brunie, este masiv cu o friabilitate mare, respectiv o coeziune slabă, căci la lovire se desface pe de-o parte în fragmente de rocă verzuie și verzuie-gălbuie, dură, compactă, iar pe de altă parte într-un material argilos-nisipos de culoare gălbui-brunie, cu granulație medie și fină (<1mm).

În următoarea secvență s-a decis încercarea carotelor din "piatră spartă amestec optimal" la acțiunea testului de îngheț - dezgheț. Conform **figurilor 31** și **32** s-a constatat că la faza pregătitoare de imersie în apă, carota s-a dezintegrat.



Figura 31 *Agregate îmbibate cu apă*

Se poate constata aspectul materialului "piatră spartă amestec optimal" în prezența apei. Se observă faptul că partea fină se "lipește" pe suprafața agregatelor mari în prezența apei, ceea ce conduce practic la reducerea împănării de contact solicitată din punct de vedere structural al acestui strat rutier.



Figura 32 *Aspect al materialului rutier din carote*

Aspectul mâlos din masa acestui material rutier denumit "piatră spartă amestec optimal", conduce la ipoteza unei structuri materiale în strat lipsit de portanță prin împănarea agregatului, deci la o reducere a capacității portante preconizate. Trebuie de reținut că această comportare o are acest material numai în cazul supraumectării, astfel că atunci când apa lipsește din structura materială, capacitatea portantă poate fi corespunzătoare, fapt demonstrat prin extragerea carotei, unde practic aceasta a rămas compactă, ca și cum materialul granular ar fi fost aglomerat cu liant rutier (în cazul de față acest liant este de natură argiloasă)

CAPITOLUL 5. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI RECOMANDĂRI PENTRU PRODUCȚIE

5.1 Concluzii

Portanța drumurilor este un subiect de actualitate încă de când au fost create primele sisteme rutiere complexe formate din unu sau mai multe strate de agregate minerale. Modificările aduse autovehiculelor precum și construcția drumurilor traversând diferite forme de relief și fiind sub influența factorilor climatici a făcut necesară creșterea portanței acestor drumuri. Această creștere a capacității portante a drumurilor este realizată prin mai multe soluții de la determinarea grosimii diferitelor straturi rutiere și adăugarea unor substanțe care să stabilizeze agregatele minerale și până la adăugarea unor straturi de geogrilă și geotextile sau chiar turnarea unui strat de macadam asfaltic la suprafața sistemelor rutiere. Toate aceste soluții se adoptă în funcție de terenurile de fundație, procentului de argilă prezent dar și traficului prezent, intensității acestuia, masei lemnoase transportate și altor nevoi social-economice ale zonei.

Degradările drumurilor produse de combinația tuturor factorilor care contribuie la deteriorarea structurii rutiere fie că este vorba despre apă, trafic, materialele componente sau factorii climatici. Pentru fiecare dintre acești factori există soluții care se integrează în structura drumului crescând fiabilitatea acestuia pentru o anumită perioadă de timp. Cu cât costul de implementare a soluțiilor de protecție împotriva factorilor perturbatori este mai costisitoare, este garantată fiabilitatea pentru o perioadă mai îndelungată de timp exceptând cazurile exceptionale produse de fenomenele naturale cum ar fi cutremure, alunecări de teren sau viituri care se întâlnesc odată la câteva sute de ani.

Fiabilitatea unui drum forestier se poate justifica din mai multe puncte cum ar fi câștigul realizat în urma transportului masei lemnoase de la cioată la centrele de comercializare, sau fiabil pentru lucrările de pază și protecție și pentru gospodărirea durabilă a pădurilor.

Fiabilitatea unui drum se mai poate realiza și prin folosirea unor soluții ieftine și optime tehnico-economic cum ar fi podețelor din material lemnos pentru reducerea costurilor în situațiile când este nevoie traversarea unor pârâuri, sau sisteme de evacuare și drenare a apei, sau limitarea traficului greu în perioada precipitațiilor abundente când drumul este îmbibat cu apă. .

Fiabilitatea drumurilor forestiere este realizată de durabilitatea sistemului rutier în timp, fără a suferi degradări și a putea fi folosit în deplină siguranță. Soluțiile pentru a crește fiabilitatea sistemelor rutiere sunt de a mări rezistența și durabilitatea materialelor utilizate și modernizarea tehnologiilor de realizare a lucrărilor. O investiție majoră de asfaltare a drumului forestier poate aduce o reducere a cheltuielilor de întreținere pe termen lung și o fiabilitate în exploatare o perioadă mult mai lungă de timp comparativ cu situația în care drumul nu este asfaltat.

5.2. Contribuții personale

În urma analizei evaluării fiabilității drumurilor forestiere am contribuit cu obținerea eficienței drumurilor forestiere sub raportul analizei tehnico-economice. Realizarea diferitelor situații teoretice care se pot adopta pentru creșterea portanței și fiabilității drumurilor forestiere. Stabilirea modulului de deformare critică pentru drumul forestier Coman Negru și stabilirea oportunității economice de asfaltare a acestui drum.

Pentru reducerea costurilor de reabilitare a drumurilor forestiere din zona studiată am realizat un istoric al costurilor pentru lucrările de întreținere și reparație pe baza datelor prezente la Ocolul Silvic Moinești. Pe o perioadă de 13 ani 2005-2017 am studiat toate devizele, și lucrările care s-au realizat fizic pe teren și am realizat un cost mediu pe kilometru pe fiecare drum studiat. Astfel în funcție de masa lemnoasă transportată pe drumuri, și de lungimea drumurilor, precum și de materialele folosite și pământurile din zonă prețul diferă acesta fiind cuprins între 9000-17000 lei/km/an.

Am stabilit factorii care afectează fiabilitatea drumurilor și modul de acționare al acestora în cazul drumurilor studiate.

În urma calculelor și graficelor prin care am demonstrat modulul de deformare critică pentru drumul studiat și am ales soluția de a executa întinderea unui strat asfaltic pentru a crește portanța drumului, a mări siguranța circulației și sănătății în muncă, a reduce costurile cu lucrările de întreținere și a realiza fiabilitatea exploatării drumurilor în condiții normale o perioadă mai lungă de timp..

Am determinat pe baza modului de deformare critice grosimea straturilor rutiere ce urmează a se realiza la lucrările de reabilitare în vederea realizării portanței drumului necesare pentru traficul și cantitatea de masă lemnoasă exploatăată anual.

Am demonstrat că fiabilitatea depinde de factorii care contribuie la degradarea drumurilor forestiere și cu cât se adoptă soluții de modernizare a drumurilor forestiere crește și fiabilitatea utilizării acestor drumuri.

5.3 Recomandări pentru producție

Pe termen lung însă dacă luăm în vedere creșterea portanței crește și fiabilitatea iar cu cât un sistem rutier este mai fiabil costul pe o anumită perioadă va fi mai redus. Investiția inițială va fi una de proporții dar cheltuielile cu întreținerea vor scădea față de varianta nemodernizării. De cele mai multe ori modernizarea unei structuri rutiere forestiere nu este oportună datorită cantității de masă lemnoasă transportată pe un anumit sector. Drumurile secundare și principale prezintă îmbunătățiri ale structurii rutiere foarte mici datorită veniturilor din masa lemnoasă vândută și transportată pe tronsonul respectiv de drum. Suprafața deservită de un sistem rutier nu este suficientă pentru a da constant o anumită cantitate de masă lemnoasă ciclul de producție fiind de 120 ani. Drumurile trebuie menținute în stare de circulație chiar dacă în anumite perioade nu există parchete de

exploatare în zonă. Drumurile prin fiabilitatea lor contribuie și la realizarea altor obiective cum ar fi protecția și stingerea incendiilor, paza și protecția pădurilor, vânătoare, agrement, turism.

Soluțiile pentru reducerea costurilor de reabilitare a drumurilor forestiere sunt legate de acțiunea apei de pe suprafața drumurilor, astfel se recomandă realizarea unor structuri de lemn sau metal la distanțe de 100-150 de metri pentru evacuarea apei de la suprafața drumurilor. Menținerea șanturilor și podețelor curate și dacă este cazul reducerea traficului greu sau chiar interzicerea transportului masei lemnoase pe perioada precipitațiilor abundente. Astfel degradările survenite pe drumurile forestiere vor fi mai puține ceea ce atrage cheltuieli mai mici.

BIBLIOGRAFIE

1. Amenajament silvic 2015 Ocolul Silvic Moinești Studiu General 2015-2024
2. Akay E.A., Erdas O., Reis M., Yuksel A., 2007. Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques. *Building and Environment* 43 (2008) 687-695.
3. American Association of State Highways and Transportation Officials, *Geometric Design of Highways and Streets*, 2004, p. 41.
4. Amol S.B., 2011 Potential reuse of plastic waste in road construction: a review. Department of chemical Engineering Bharati Vidyapeeth Deemed University, India
5. Amundsen F.H., Experience in Traffic Safety Concerning Motorized and Non-Motorized Traffic (1989-1994). TWUTD, World Bank, Washington DC, Review of World Bank, 1995, p. 24.
6. Anderson I.B, Bauer K.M., Harwood D.W., Fitzpatrick K., 1999, Relationship to safety of geometric design consistency measures for rural two lane highways. *Transportation Research Record* 1658, pp. 43-51, TRB., p. 13
7. Antoniadă C.C., 2015. Contribuții privind majorarea capacității portante a drumurilor forestiere, în vederea extinderii transportului lemnului cu autovehicule de tonaj sporit. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov.
8. Antoniadă C., Șlincu C., Stan C., Ciobanu C., Ștefan V., 2012. Maximum loading heights for heavy vehicles used in timber transportation *Bulletin of the Transilvania University of Brasov Series II: Forestry Wood Industry Agricultural Food Engineering* Vol. 5 (54) No. 1
9. Archer J., Vogel K., 2011, *The Traffic Safety Problem in Urban Areas*. Center for Traffic Research, p. 22.
10. Ariel, E.L., Hermann, G., 1999. Function, effects, and management of forest roads. *Forest Ecology and management* 133 (2000) 249-262.
11. Auckland Transport Code of Practice, Footpaths & Pedestrian Facilities. 2013
12. Bereziuc, R. Aspecte privind desimea optimă a rețelelor de drumuri auto forestiere I.P Brașov 1970
13. Bereziuc, R. Proiectarea și construcția drumurilor forestiere. Ed. Ceres București 1974
14. Bereziuc, R., Alexandru, V., Olteanu, N., POP, I., 1989: Drumuri forestiere. Editura Tehnică, București
15. Bereziuc R., Alexandru V., Ciobanu V., Ignea G. (2008): *Elemente pentru fundamentarea normativului de proiectare a drumurilor forestiere*, Editura Universității Transilvania din Brașov.
16. Bereziuc R., Ciobanu V., Alexandru V., Antoniadă., 2011. The analysis of the unrigid road systems bearing capacity from the forest roads through the actual dimensioning methods. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, vol 4 (53), no 1.

17. Bereziuc R., Alexandru V., Ciobanu V., 2009. Regarding the sizing of flexible road systems equipped with geosynthetics, used in forest roads. Bulletin of the Transilvania University of Brasov Vol. 2 (51) - 2009 Series II
18. Bereziuc R., Alexandru V., Ciobanu V., 2010. Research regarding the use of geo-synthetics to consolidate the forest roads' roadway. Bulletin of the Transilvania University of Brasov Vol. 3 (52) - 2010
19. Bohr G., Stampfer K., 2014. Untreated wood ash as a structural stabilizing material in forest roads. Croat. Journey for eng. 35(2014)1
20. Boitor R.M., 2014, Strategii alternative pentru îmbunătățirea mobilității urbane în municipiul Cluj-Napoca. Teză de doctorat, p. 29-42.
21. Brânzea O., 2012. Contribuția geosinteticelelor la îmbunătățirea comportării sub trafic a părții carosabile a drumurilor forestiere. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov.
22. Brische C., Behnen C.J., Lenz M.T., Brandt K., Melcher E. (2012): Durability of oak timber bridges - Impact of inherent wood resistance and environmental conditions, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 75, 115-123.
23. Caliskan E., 2013 Environmental impacts of forest road construction on mountainous terrain. Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering 2013, 10:23
24. Carlsson G., Karl-Olov H., 2013, A Systematic Approach to Road Safety in Developing Countries. Infrastructure and Urban Development Department, World Bank, Washington DC, p. 77-90.
25. Călinoiu M., Pecingină I.R., 2011. Study on physical soil pollution in Gorj county, due to erosion by water and wind. Analele Universității Constantin Brâncuși din Târgu Jiu, seria inginerie, 2/2011.
26. Călin C., 2010, Contribuții privind implementarea sistemului de audit și siguranță rutieră. Teză de doctorat, p. 82.
27. Căpățână G.F. 2013. Analiza comportării dinamice a rulourilor compactoare vibratoare pentru lucrări de drumuri. Rezumat teză de doctorat. Universitatea Dunărea de jos Galați.
28. Chang J., Collins G., 2008, Landscape design and maintenance guidelines to improve the quality, safety and cost effectiveness of road corridor planting and seeding. RTA,
29. Chavan A.J., 2013. Use of plastic waste in flexible pavements. International journal of Application or innovation in engineering and management. Volume 2 Issue 4.
30. Ciobanu, D.V., 1999: Utilaje și instalații pentru construcții forestiere. Editura Universității Transilvania din Brașov.
31. Ciobanu, D.V., Alexandru V., Săceanu S.C., 2012. Degradation forms of forest gravel road roadways under heavy vehicles used in timber transport. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, vol 5 (54), no 1, p 37-42.

32. Ciobanu, D.V., Antonoaie N., 1988. Masini, utilaje si instalatii pentru constructii forestiere: Indrumar de lucrari practice. Editura Universită ii Transilvania din Braşov.
33. Choi F.C., B. Samali J. Li, Crews K. (2008): Application of the modified damage index method to timber beams, *Engineering Structures* 30, 1124–1145.
34. Cososchi B., 2005. Drumuri trasee, Editura Societă ii Academice Matei-Teiu Botez, Iaşi.
35. Croke J., Mockler S., Fogarty P., Takken I. 2005. Sediment concentration changes in runoff pathways from a forest road network and the resultant spatial pattern of catchment connectivity. *Geomorphology* 68 (2005) 257–268.
36. Croke J., Nethery M., 2006. Modelling runoff and soil erosion in logged forests: Scope and application of some existing models. *Catena* 67 (2006) 35 – 49.
37. Demir M., 2007. Impacts, management and functional planning criterion of forest road network system in Turkey. *Transportation Research Part A* 41 (2007) 56–68
38. Dinu L.L., 2010. Cercetări privind realizarea unor sisteme de reglare a presiunii în pneurile tractoarelor în concordanţă cu proprietă ile terenului şi condi iile de deplasare. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Braşov.
39. Dorobanţu S., Andrei R., 2015. Evolu ia principiilor de alcătuire şi dimensionare a structurilor rutiere. Editura Societă ii Academice "Matei - Teiu Botez" Iaşi
40. Duţă C.I., 2012. Cercetări privind colectarea lemnului în regiuni montane greu accesibile în condi iile specifice U.P. II Soveja, jud Vrancea. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Braşov.
41. Egan A., 2004. Forest roads and trails It is all about water. University of Maine Orono.
42. Enache A. 2013. Sistem de suport decizional privind optimizarea amplasării drumurilor forestiere în păduri montane din Romania. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Braşov.
43. Enache A., Stampfer K., Ciobanu C., Brânzea O., Duţă C., 2011. Forest road network planning with state of the art tools in a private forest district from lower Austria. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, vol 4 (53), no 2, p 33-40.
44. Enescu A.H., 2011. Cercetări privind utilitatea şi eficienţa economic a dezvoltării reţelelor forestiere de transport, în zona montană, cu drumuri sumar amenajate şi caracteristicile acestora. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Braşov.
45. Fairbrother S., 2011. Estimating forest road aggregate strength by measuring fundamental aggregate properties. 34th Council on Forest Engineering, June 12-15, 2011, Quebec City (Quebec)
46. Farcaş V., Leibniz O., 2013. Introducere în mecanica pământurilor nesaturate. *Revista română de geotehnică şi funda ii nr.1/2013*
47. Fransen P., Phillips C., Fahey B., 2001. Forest road erosion in new zealand: overview. *Earth Surface Processes and Landforms Earth Surf. Process. Landforms* 26, 165–174 (2001).

48. Fu B., Newhama L.T.H., Ramos-Scharroń C.E., 2010. A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed roads. *Environmental Modelling & Software* 25 (2010) 1–14.
49. Gawande P.A., 2013 Economics and viability: a review. *Journal of current chemical and pharmaceutical sciences*. Akola India
50. Grace III J.M., et al, 1996. Surface erosion control techniques on newly constructed forest roads. Annual International Meeting ASAE Phoenix Civic Plaza Phoenix, AR July 14-18.
51. Grace III J.M., et al 1998. Evaluation of erosion control techniques on forest roads. *American Society of Agricultural Engineers* VOL. 41(2):383-391.
52. Grace III J.M., 2000. Forest road sideslopes and soil conservation techniques. *Journal of Soil and Water Conservation* (First Quarter 2000) Volume 65 Number 1.
53. Grace III J.M., Clinton B. 2006 Forest road management to protect soil and water. Annual International Meetin ASABE Portland Convention Center Portland, Oregon 9 - 12 July.
54. Heckel G., 2009. Aggregate subgrade thickness determination. Illinois Department of Transportation Bureau of Materials and Physical Research Springfield, Illinois
55. Hutopilă V., 2013. Soluții ecologice pentru lucrările de artă și de apărare consolidare la drumurile forestiere. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov.
56. Ignea Gh., Borz S.A., 2011. Research regarding technical solutions choices for romanian forest roads crossing works. *Bulletin of the Transilvania University of Brașov Series II: Forestry Wood Industry Agricultural Food Engineering* Vol. 4 (53) No. 1 – 2011.
57. Ionașcu Gh. (1971): *Curs general de poduri, tuneluri și ziduri de sprijin*, Institutul Politehnic Brașov.
58. Ionașcu, Gh., 1999: Transporturi forestiere. Editura Tridona, Oltenița.
59. Kolka, R.K., Smidt M.F., 2004. Effects of forest road amelioration techniques on soil bulk density, surface runoff, sediment transport, soil moisture and seedling growth. *Forest Ecology and Management* 202 (2004) 313–323.
60. Lane P.N., Sheridan G.J., 2002. Impact of an unsealed forest road stream crossing: water quality and sediment sources. *Hydrological Processes* 16, 2599–2612.
61. Madaras, I. și col. 1996, Optimizarea re elei de drumuri auto forestiere din România. Criterii ecologice și parametri economico-sociali Universitatea Tehnică Cluj, p. 51-98.
62. M.J. O'Mahony et al. 2000 Bearing capacity of forest access roads built on peat soils *Journal of Terramechanics* 37 (2000) 127-138
63. Mihăilescu Ș., Bratu P., Zafiu G.P., Vlădeanu A., Gaidoș A., Mihăilescu S., 2005 Tehnologii și utilaje pentru executarea structurilor de drumuri vol 1., Editura Impuls București
64. Mihăilescu Ș., Bratu P., Zafiu G.P., Vlădeanu A., Gaidoș A., Mihăilescu S., 2005 Tehnologii și utilaje pentru repararea și reabilitarea drumurilor vol 2., Editura Impuls București
65. Mihăilescu Ș., Bratu P., Zafiu G.P., Vlădeanu A., Gaidoș A., Mihăilescu S., 2006 Tehnologii și utilaje pentru întreținerea sezonieră a drumurilor vol 3., Editura Impuls București

66. Mihăilescu Ș., Bratu P., Zafiu G.P., Vlădeanu A., Mladin G., Gaidoș A., 2007 Managementul proceselor tehnologice de construire, reabilitare și întreținere a drumurilor vol 4., Editura Impuls București
67. Mihășan C.D., 2009. Managementul durabil al fondului forestier în România. Rezumat teză de doctorat. Universitatea de științe agricole și medicină veterinară Cluj-Napoca.
68. Miron – Onciul M., Roibu, C., 2006, Considerații asupra ghidului de bună practică pentru drumuri forestiere în România, Analele Universității „Ștefan cel Mare” Suceava, p. 23-58.
69. Oancea C., 2013. Ghid de aplicare a bunelor practici agricole în silvicultura ECO. Editura cadrelor didactice.
70. Ochterski J., 2004 Finger Lakes Forests Best Management Practices, 2004. Cornell Cooperative Extension
71. Olinic E., Frunză A., 2013. Clasificarea pământurilor în funcție de granulozitate: trecerea de la STAS 1243-88 la SR EN 14688-2:2005. Revista română de geotehnică și fundații nr1/2013.
72. Olteanu, N Derumuri forestiere . Îndrumar pentru proiectare. Reprografia Universității din Brașov 1986
73. Olteanu, N Rețele de drumuri forestiere. Editura universității Transilvania Brașov 2003
74. Olteanu, N., 2008. Drumuri forestiere. Proiectarea drumurilor forestiere.Rețele de drumuri forestiere. Editura Universității Transilvania din Brașov
75. Olteanu, N., 2010. Drumuri forestiere. Construcția și repararea drumurilor forestiere. Editura Universității Transilvania din Brașov.
76. Ozturk T., Senturk N., 2013. The Importance of Choosing the Pavement Materials on Forest Roads international caucasian forestry symposium Artvin Turkey
77. Parsakhoo A., Lotfalian M., Hosseini A.S., 2010. Forest road planning and construction in Iranian forestry. Journal of Civil Engineering and Construction Technology Vol. 1(1), pp. 14-18.
78. Petković V., Marčeta D., Potočnik I., 2014. Horizontal and vertical alignments of forest roads. Nova meh. šumar. 35
79. Ramin N., et 2012 Forest road stabilization using bioengineering methods in Caspian Forest, Iran. Formec 8-12 October Dubrovnik Croația
80. Rajmane P.B, et al Effective utilization of waste plastic in construction of flexible pavement for improving their performance. Journal of mechanical and civil engineering
81. Riedel M.S., Vose J.M., 2002. Forest road erosion, sediment transport and model validation in the southern appalachians. Second Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference July 28 – August 1.
82. Richard M.E., 2011 Colorado State University, Colorado forest road field handbook.
83. Rummer B., et al 1997. Sedimentation associated with forest road surfacing in a bottomland-redwood-ecosystem. Forest Ecology and Management 90 (1997) 195-200.
84. Rummer B., 1999. Water quality effects of forest roads in bottomland hardwood stands. ASAEKSAE-SCGR Annual International Meeting Sheraton Centre Toronto, Canada July 18-21.

85. Sârbu L., Legendi A., 2014 Utilaje și mașini de tracțiune și transport pentru construcții, operațiuni miniere și drumuri vol 1, Editura Matrix Rom București
86. Sârbu L., Legendi A., 2014 Utilaje și mașini de tracțiune și transport pentru construcții, operațiuni miniere și drumuri vol 2, Editura Matrix Rom București
87. Stan C.A., 2012. Cercetări privind oportunitatea introducerii stabilizărilor cu emulsii enzimatică la execuția drumurilor forestiere. Rezumat teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov.
88. Săceanu S.C., 2014. Contribuții privind comportarea drumurilor forestiere în condițiile extinderii transportului lemnului cu autovehicule de transport sporit. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov.
89. Săceanu S.C., Alexandru V., 2012. Determinations regarding deflexion values generated by road timber transportation. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, vol 5 (54), no 1, p 97-102.
90. Steve Bloser et al, 2012 Environmentally Sensitive Maintenance Practices for Dirt and Gravel Roads.
91. Swift L.W.,1985. Forest road design to minimize erosion in the southern appalachians. Proceedings of forestry and water quality: a mid-south symposium. Monticello, AR: University of Arkansas. 141-151.
92. Șlincu C., 2013. Managementul riscurilor în execuția drumurilor forestiere. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov.
93. Șlincu C., Ciobanu V., Dumitrașcu A.E., 2012. Risks assessment in forest roads design. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, vol 5 (54), no 2, p 43-48.
94. Todosoiu C., 2014. Calculul, materializarea și încercarea unei sisteme de utilaje acționate de tractorul universal de 70 CP în vederea reparării și întreținerii drumurilor auto forestiere. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov.
95. Turton D., et al Best management practices for forest road construction and harvesting operations in Oklahoma. Oklahoma State University.
96. Verma S.S, 2008. Roads from plastic waste. The Indian Concrete journal
97. Visser R., Tinnelly B., Fairbrother S., 2011. Installation of Geogrid to Improve Forest Roads Construction Formec Austria October 9-13, 2011, Graz
98. Zaharia S.M., 2010. Cercetări teoretice și experimentale privind încercările accelerate de fiabilitate
99. Zarojanu D., 2007. Drumuri forestiere. Editura Universită ii Ștefan cel Mare, Suceava.
100. Zarojanu D.,2010. Geotehnică și construcții forestiere. Editura Universită ii Ștefan cel Mare, Suceava.
101. Zarojanu, D., 2010 Instala ii de transport, Ed. Universită ii din Suceava.
102. Yail J.K., Kent A.H. (2010): Modeling of timber beams strengthened with various CFRP composites, *Engineering Structures*, 32, 3225-3234.

- 103.***, 2011a: Normativ privind proiectarea drumurilor forestiere, indicativ PD-003-11. Aprobat prin Ordinul Ministrului Pădurilor și Mediului, nr. 1374 / 04.05.2012, București.
- 104.***, 2011b: Normativ privind reabilitarea drumurilor forestiere, indicativ RD-001-11. Aprobat prin Ordinul Ministrului Pădurilor și Mediului, nr. 1374 / 04.05.2012, București.
- 105.***, 2011c: Colorado State Forest Service. Colorado Forest Road. Field Handbook. Editor EDWARDS, R.M., July 2011, 146 p.
- 106.***, <https://dexonline.ro/definitie/fiabilitate>
- 107.***, <https://conspecte.com/Expertiza-Merceologica/fiabilitatea.html>
- 108.***, STAS 2914-84. Lucrări de drumuri. Terasamente. Condiții tehnice generale de calitate
- 109.***, https://ro.wikipedia.org/wiki/Eroziunea_solului
- 110.***, <https://ro.wikipedia.org/wiki/Fiabilitate>

Articole publicate

Prim autor:

1. Boghian, V., 2014: *Cercetări privind reducerea costurilor La construcția și reabilitarea drumurilor forestiere, Reserches regarding cost reduction for the construction and rehabilitation of forest roads* Revista școlii doctorale creativitate și inventică, Nr. 6 ISSN 2067-3086.
2. Boghian, V., Apăfăian, A.I, Bratu A., Ignea, G., 2015: *A review on degradation factors affecting the forest roads and their prevention*, in: Proceedings of the Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development 2014, Transilvania University Press, ISSN 1843-505, pp. 209 – 214.
3. Boghian V., 2015: *Resizing road layers at maintenance and rehabilitation of forest roads* Book of abstract The 14th International Symposium Prospects for 3th Millennium Agriculture 24-26 September, University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj Napoca pp17.
4. Boghian V., 2016: *Reliability of forest roads in the Forest District Comandău Covasna County* Book of Abstract, Poster presentation, Transilvania University Brașov pp13

Coautor:

5. Apăfăian, A.I, Boghian, V., Bratu, A., 2015: *A literature review related to the modern harvesting – forwarding equipment and the main topics of the research community*, in: Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj Napoca, Vol. 72, No. 1, 2015, Horticulture, pp. 1-16
6. Bratu, A., Ciobanu, D.V, Apăfăian, A.I, Boghian, V., 2015: *Influence of geometrical elements on the traffic safety in forest national road intersections*, in: Proceedings of the Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development 2014, Transilvania University Press, ISSN 1843-505, pp. 235 – 244

Rezumat/Abstract

Această cercetare s-a realizat pentru a verifica dacă drumurile forestiere sunt fiabile sau nu și care sunt factorii care contribuie la scăderea fiabilității și ce soluții se adoptă pentru a crește fiabilitatea acestor drumuri forestiere. După observarea factorilor care reduc fiabilitatea drumurilor forestiere prin degradarea acestora, s-a determinat costul mediu al unui kilometru de drum auto forestier și s-a calculat prețul obținut în urma comercializării masei lemnoase care a fost transportată pe drumurile cercetate. Astfel din punct de vedere economic s-a stabilit dacă drumurile forestiere au fost fiabile sau nu. S-a stabilit că fiabilitatea poate fi îmbunătățită și prin reducerea costurilor dar mai ales prin modernizarea drumurilor forestiere prin creșterea capacității portante a structurii rutiere. S-a determinat ce grosime trebuie adoptată pentru drumul forestier studiat și oportunitatea ca acest drum să fie asfaltat cu un strat de asfalt de grosimi variabile între 4 - 8 cm. S-au făcut determinări asupra materialelor care se află în alcătuirea structurilor forestiere și s-a ajuns la concluzia că în prezența umidității aceste materiale nu prezintă o siguranță în exploatare. S-a realizat un istoric al drumurilor forestiere cu privire la costurile totale care au fost necesare pentru a menține drumurile într-o stare de funcționare pe perioada exploatării a peste 100000 metrii cubi masă lemnoasă în ultimii 13 ani. S-a stabilit costul mediu al reabilitării unui kilometru de drum forestier în vederea creșterii fiabilității drumurilor prin adoptarea unor costuri ridicate în prezent și reducerea cheltuielilor de reabilitare pe o perioadă mai îndelungată.

This research was done to check if the forest roads are reliable or not and what are the factors that contribute to the decrease in reliability and what solutions are adopted to increase the reliability of these forest roads. After observing the factors that reduce the reliability of forest roads by degrading them, the average cost of one kilometer of forest road was determined and the price obtained from the sale of the timber that was transported on the investigated roads was calculated. Thus, from an economic point of view, it was established whether the forest roads were reliable or not. It has been established that reliability can also be improved by reducing costs but especially by modernizing forest roads by increasing the load-bearing capacity of the road structure. It was determined what thickness should be adopted for the studied forest road and the opportunity for this road to be paved with a layer of asphalt of varying thicknesses between 4 -8 cm. Determinations were made on the materials that make up the forest structures and it was concluded that in the presence of moisture these materials do not present a safety in operation. A history of forest roads has been made regarding the total costs that were required to keep the roads in working order during the operation of over 100,000 cubic meters of timber in the last 13 years. The average cost of rehabilitating one kilometer of forest road has been set in order to increase the reliability of roads by adopting currently high costs and reducing rehabilitation costs over a longer period.