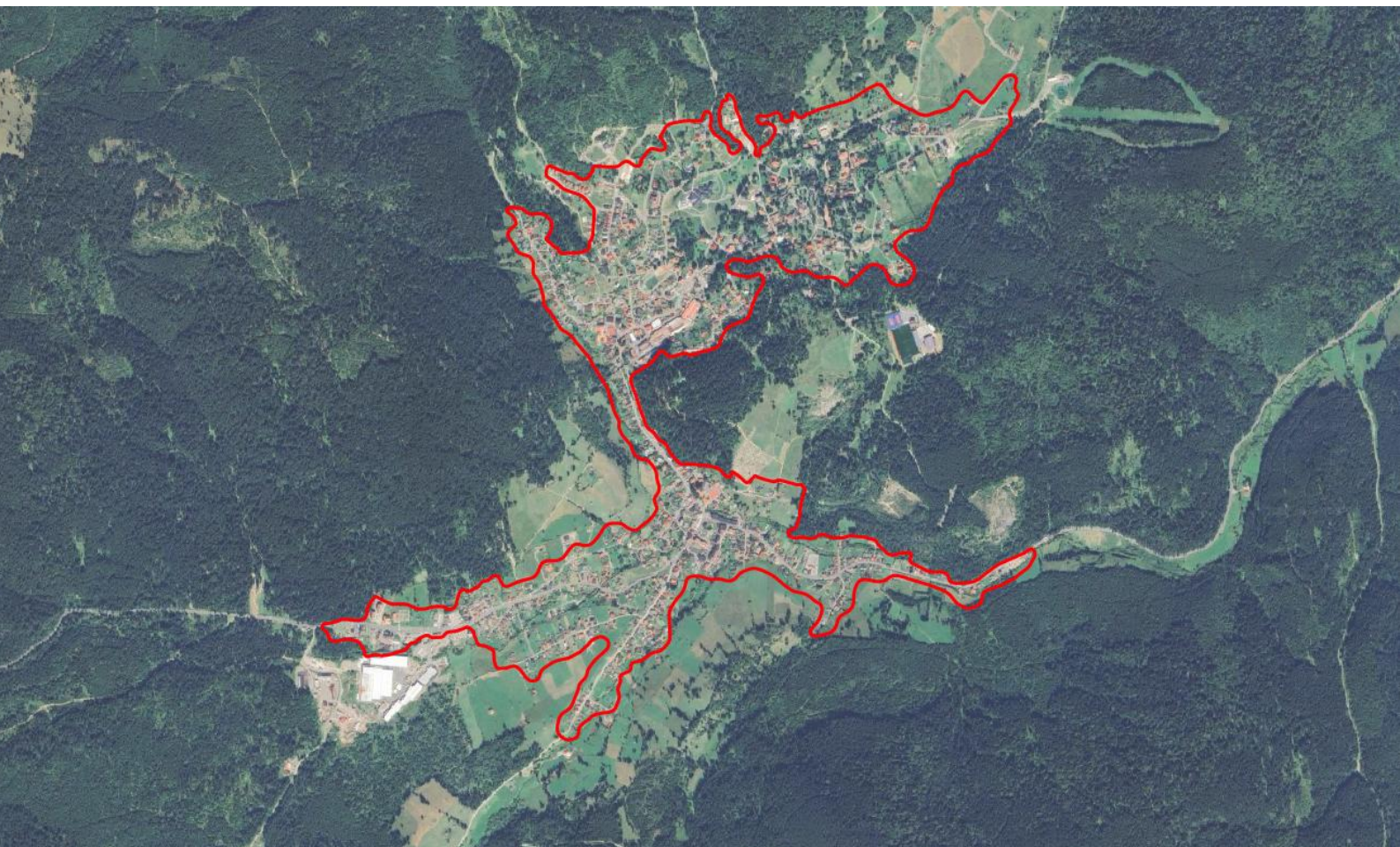


Studiu privind Condițiile Climatice, Geotehnice
și Hidrogeologice

Beneficiar
Oraș Borsec, Județ Harghita

Proiectant General
Vego Concept Engineering S.R.L.

ACTUALIZARE PLAN URBANISTIC GENERAL AL ORAȘULUI BORSEC



FOAIE DE CAPĂT

Denumire proiect	Actualizare Plan Urbanistic General al orașului Borsec
Beneficiar	Orașul Borsec, Județ Harghita
Proiectant general	Vego Concept Engineering S.R.L.
Studiu	Studiu privind Condițiile Climatice, Geotehnice și Hidrogeologice
Data elaborării	FEB 2026

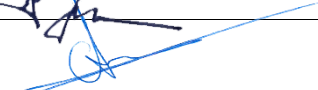
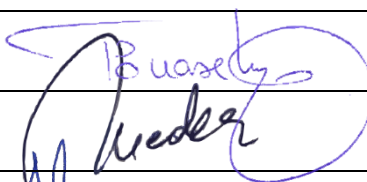
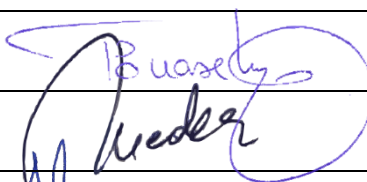
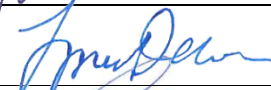
**BORSEC**

Trăiește în natură

VECOACUM, AICI,
DOAR ÎMPREUNĂ,
CONSTRUIM VIITORULNOW, HERE,
TOGETHER,
WE BUILD THE FUTURE

*Actualizarea Planului Urbanistic General al Orașului Borsec
Studiu privind Condițiile Climatice, Geotehnice și Hidrogeologice*

COLECTIV DE ELABORARE

Specialist	Ing. Madalin POPESCU	
Project manager	Virgil PROFEANU	
Colectiv elaborare	Urb. Călin ALEXANDRESCU	
	Arh. Luiza TĂNASE	
	Urb. Bianca Raluca Ioana NEDEA	
	Urb. Alexandru Georgian CHIRIȚĂ	
	Urb. Diana Iulia STĂNCIULESCU	
	Urb. Andrei Cristian CIOCAN	
	Urb. Denisa SPIREA	
	Urb. Andreea Florentina CODREANU	
	Urb. Andrei Cristian ION	
	Urb. Ilona ALBULESCU	

CUPRINS

CONDIȚII GEOTEHNICE ȘI HIDROGEOLOGICE.....	6
1. INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE	6
1.1. Scopul și Obiectivele Specifice ale Studiului	6
1.2. Necesitatea Studiului în Contextul PUG Borsec.....	8
2. CADRUL LEGAL ȘI METODOLOGIC	10
2.1. Legislație Națională Aplicabilă	10
2.2. Normative Tehnice Geotehnice și Hidrogeologice.....	12
2.3. Metodologia Elaborării Studiului.....	13
3. ANALIZA DATELOR DE INTRARE ȘI A SITUAȚIEI EXISTENTE	17
3.1. Surse de Date Utilizate	17
3.2. Descrierea Cadrului Geografic și a Utilizării Terenurilor	19
4. CADRUL GEOLOGIC ȘI GEOTEHNIC AL ZONEI	21
4.1. Geologie Regională și Context Structural	21
4.2. Litologia și Cartografierea Unităților Geotehnice Locale	22
4.3. Caracteristici Fizico-Mecanice și Profile Geotehnice (Date Foraje)	23
5. ANALIZA CADRULUI HIDROGEOLOGIC	26
5.1. Acvifere	26
5.2. Nivel Piezometric	29
5.3. Calitatea Apei Subterane	31
6. IDENTIFICAREA HAZARDELOR GEOTEHNICE	33
6.1. Hazard la Tasare.....	33
6.2. Hazard la Umflare-Contrație	35
6.3. Hazard la Lichefiere.....	37
6.4. Hărți de Hazard Geotehnic.....	38
7. ZONIFICAREA GEOTEHNICĂ A TERITORIULUI	40
7.1. Criterii și Metodologie de Zonificare	40
7.2. Harta de Zonificare Geotehnică și Descrierea Zonelor	42
8. ANALIZA RISCURILOR NATURALE CONEXE (SEISM, INUNDAȚII, ALUNECĂRI)	45
8.1. Risc seismic	45
8.2. Risc la inundații	47
8.3. Analiza riscului la alunecări de teren	49
9. VULNERABILITATEA LA POLUARE A RESURSELOR DE APĂ	52

9.1. Analiza Vulnerabilității și Surse Potențiale de Poluare	52
9.2. Măsuri de Protecție și Propuneri de Perimetre Sanitare	54
10. RECOMANDĂRI GENERALE PRIVIND CONSTRUIBILITATEA	57
10.1. Principii Generale de Construire.....	57
10.2. Recomandări pentru Zonele Favorabile (Zf)	59
10.3. Recomandări pentru Zonele cu Condiționări și Restricții (Zc, Zr)	60
11. RECOMANDĂRI SPECIFICE DE FUNDARE PE ZONE	62
11.1. Principii Generale de Construire	62
11.2. Recomandări pentru Zonele Favorabile (Zf) și cu Condiționări (Zc)	64
11.3. Soluții pentru Zonele cu Restricții (Zr) și Îmbunătățirea Terenului	66
12. IMPLICAȚII ÎN RLU: PROPUNERI DE REGLEMENTĂRI TEHNICE.....	67
12.1. Principii și Reguli Generale de Reglementare Tehnică în RLU	67
12.2. Propuneri de Articole Specifice pentru Zonele de Risc Geotehnic (Zc și Zr)	69
13. CONCLUZII, SINTEZĂ ȘI MĂSURI PRIORITARE.....	71
13.1. Sinteza Concluziilor Studiului	71
13.2. Măsuri Prioritare.....	72
14. ANEXE (HĂRȚI, DOCUMENTE AVIZARE, BIBLIOGRAFIE)	75
14.1. Hărți de Risc Geotehnic.....	75
14.2. Fișe de Foraj	76
14.3. Bibliografie și Documente de Avizare	78
15. SINTEZA DIAGNOSTICULUI, DIRECȚII STRATEGICE ȘI PRINCIPII DE REGLEMENTARE.....	81
15.1. Sinteza Diagnosticului Teritorial Integrat.....	81
15.2. Viziunea de Dezvoltare și Direcții Strategice	84
15.3. Principii de Reglementare Urbanistică (RLU) și Proiecte Prioritare.....	86

CONDIȚII GEOTEHNICE ȘI HIDROGEOLOGICE

1. INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE

Acest capitol fundamentează demersul analitic al studiului geotehnic și hidrogeologic, o componentă esențială în procesul de actualizare a Planului Urbanistic General (PUG) pentru orașul Borsec. Analiza demonstrează de ce o înțelegere riguroasă a terenului este indispensabilă pentru o dezvoltare urbană sigură și durabilă. Sunt conturate tematicile principale care vor fi explorate: 1) identificarea riscurilor geotehnice; 2) caracterizarea resurselor de apă subterană; 3) fundamentarea reglementărilor urbanistice. Fără a avansa concluzii finale, capitolul stabilește cadrul conceptual și justifică necesitatea unei abordări științifice în planificarea teritorială a stațiunii Borsec, al cărei context natural este de o complexitate deosebită.

Prezentul studiu oferă o bază de date și o interpretare tehnică solidă pentru a ghida deciziile de planificare urbanistică pe termen lung. Metodologia se concentrează pe corelarea informațiilor existente cu date noi, obținute din investigații de teren, pentru a crea o imagine completă și actualizată a condițiilor locale. Elementele cheie care conduc această cercetare includ:

A. analiza surselor de date disponibile, precum Planul Urbanistic General anterior, aprobat prin HCL Borsec nr. 43 din 2016, studiile geotehnice existente și hărțile geologice la scară regională; B. ipotezele de lucru privind interacțiunea dintre cadrul natural și dezvoltarea antropică; C. criteriile de selecție pentru zonele care necesită investigații aprofundate, bazate pe dinamica dezvoltării imobiliare recente și pe prezența unor hazarde naturale cunoscute; D. modurile de corelare a datelor geotehnice cu cele hidrogeologice pentru a înțelege fenomene complexe, precum influența apelor subterane asupra stabilității versanților. Acest cadru metodologic asigură rigoarea și relevanța analizelor, pregătind fundamentul pentru soluțiile tehnice ce vor fi detaliate ulterior.

1.1. Scopul și Obiectivele Specifice ale Studiului

Scopul fundamental al acestui studiu este de a defini caracteristicile geotehnice și hidrogeologice ale teritoriului administrativ al orașului Borsec, pentru a oferi un suport tehnic fundamentat științific în procesul de actualizare a Planului Urbanistic General. Demersul urmărește să traducă datele tehnice într-un limbaj operațional pentru urbanisti, delimitând cadrul de construibilitate al teritoriului. Sunt identificate atât zonele favorabile dezvoltării, cât și cele care prezintă limitări sau riscuri. Prin această abordare, se urmărește o planificare spațială care să asigure siguranța publică, protecția investițiilor și utilizarea durabilă a resurselor naturale, inclusiv a celor hidrominerale

specifice stațiunii Borsec. Sfera de interes a studiului cuprinde caracterizarea terenului de fundare, regimul apelor subterane și hazardele asociate, lăsând în afara sa proiectarea detaliată a soluțiilor de fundare la nivel de parcelă.

Pentru a atinge scopul propus, studiul stabilește o serie de obiective specifice, clare și măsurabile. Primul obiectiv este identificarea și cartografierea detaliată a unităților geotehnice de pe teritoriul UAT Borsec, corelând informațiile litologice cu proprietățile fizico-mecanice ale pământurilor și rocilor. Al doilea obiectiv constă în caracterizarea regimului hidrogeologic, prin determinarea adâncimii și a variațiilor nivelului apelor subterane, a direcțiilor de scurgere și a interacțiunii acestora cu rețeaua hidrografică. Pe baza acestor analize, al treilea obiectiv vizează zonificarea teritoriului în funcție de hazardele geotehnice, precum potențialul de lichefiere, tasări inegale sau prezența unor pământuri cu umflări și contracții mari. În final, al patrulea obiectiv, de natură sintetică, este fundamentarea reglementărilor tehnice care vor fi integrate în Regulamentul Local de Urbanism (RLU), traducând constrângerile și oportunitățile identificate în reguli clare de construire.

Contribuția principală a studiului la creșterea siguranței construcțiilor se materializează prin furnizarea unui cadru de referință pentru orice viitoare dezvoltare. Prin identificarea a priori a zonelor cu potențial de risc geotehnic, studiul permite evitarea amplasării investițiilor vulnerabile în perimetre periculoase sau, alternativ, impunerea unor măsuri de siguranță adecvate încă din faza de planificare. De exemplu, cunoașterea zonelor predispuse la alunecări de teren permite reglementarea regimului de construire în aceste areale, impunând studii geotehnice aprofundate și soluții de consolidare specifice. Similar, cartografierea zonelor cu un strat freatic superficial impune condiții speciale pentru proiectarea subsolurilor și a fundațiilor, prevenind astfel probleme legate de infiltrații sau de diminuarea capacității portante a terenului. În esență, studiul acționează ca un instrument de prevenție, reducând vulnerabilitatea fondului construit și crescând reziliența comunității în fața hazardelor naturale.

Fiecare obiectiv specific al analizei este direct conectat la problemele concrete ale planificării urbane. Obiectivul de zonificare geotehnică răspunde la întrebarea "unde și în ce condiții se poate construi în siguranță?", împărțind teritoriul în categorii clare: zone favorabile construcțiilor, zone cu condiționări medii și zone cu restricții severe. Obiectivul de identificare a riscurilor abordează direct problematica hazardelor, răspunzând la întrebări precum "care este probabilitatea de activare a unei alunecări de teren în zona X?". În final, obiectivul de reglementare transformă constatările tehnice în limbaj normativ, oferind un set de reguli clare pentru RLU, care să răspundă

la problema "ce condiții tehnice trebuie să îndeplinească o construcție pentru a fi autorizată într-o anumită zonă?". Fiecare obiectiv este, așadar, un pas logic în construirea unui cadru de dezvoltare sigur.

Acest studiu reprezintă o piesă centrală în arhitectura PUG-ului actualizat, oferind fundamentarea științifică pentru reglementările urbanistice. Fără o înțelegere aprofundată a terenului de fundare, orice propunere de dezvoltare – fie că vizează extinderea intravilanului, construirea de noi cartiere sau amplasarea de obiective de infrastructură – ar rămâne o ipoteză speculativă. Concluziile studiului vor influența direct planșa de reglementări urbanistice, unde vor fi delimitate zonele cu restricții, și Regulamentul Local de Urbanism, unde vor fi introduse articole specifice privind condițiile de fundare. Documentul este, prin urmare, unul de bază, a cărui necesitate derivă din responsabilitatea administrației publice de a garanta siguranța cetățenilor și de a proteja investițiile de impactul negativ al hazardelor naturale.

1.2. Necesitatea Studiului în Contextul PUG Borsec

Necesitatea elaborării unui studiu geotehnic și hidrogeologic detaliat este dictată de o triadă de factori: contextul natural complex, responsabilitatea legală a autorităților și dinamica de dezvoltare a localității. Problema centrală este absența unui instrument de planificare actualizat care să integreze riscurile geologice și hidrologice, lăsând deciziile de dezvoltare vulnerabile la hazarde. Cauzele acestei situații sunt multiple, de la evoluția cadrului normativ, care impune standarde de siguranță tot mai ridicate, până la presiunea de dezvoltare imobiliară, care poate ignora constrângerile naturale în absența unor reguli clare. Efectele potențiale variază de la avarierea construcțiilor până la punerea în pericol a siguranței publice și compromiterea resurselor naturale ale stațiunii. Studiul nu este un exercițiu academic, ci un instrument pragmatic absolut necesar.

Din punct de vedere legal, responsabilitatea pentru asigurarea unei dezvoltări sigure revine autorității publice locale, iar acest studiu este unul dintre instrumentele principale prin care această responsabilitate se materializează. Legislația în vigoare, precum Legea nr. 350/2001 privind amenajarea teritoriului și urbanismul sau Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, impune o fundamentare riguroasă a deciziilor de planificare. Mai mult, normativele tehnice specifice, cum ar fi NP 074/2014 privind documentațiile geotehnice, stabilesc clar necesitatea investigării condițiilor de teren. Fără acest studiu, PUG-ul ar fi lipsit de fundamentarea tehnică pentru a reglementa aspecte critice, precum delimitarea zonelor cu interdicție de

construire sau stabilirea condițiilor de fundare în zone dificile. Astfel, elaborarea studiului este un act de conformare la cadrul legal și un demers proactiv de prevenire a riscurilor.

Impactul concluziilor acestui studiu asupra siguranței publice și a protecției investițiilor este substanțial. Prin definirea clară a zonelor cu risc de alunecări de teren, inundații sau tasări, se creează un mecanism de protecție a viitoarelor construcții. O reglementare în RLU care interzice construirea pe un versant cu potențial activ de alunecare previne direct pierderi materiale și potențiale pierderi de vieți omenești. Similar, condiționarea construirii în lunca unui pârâu de realizarea unor studii hidrologice detaliate și de supraînălțarea cotei de fundare protejează investițiile de pagubele provocate de inundații. Acest studiu funcționează ca o poliță de asigurare la scara întregii localități, transformând riscurile potențiale în condiții de proiectare concrete și măsuri de siguranță cuantificabile.

În absența unui astfel de studiu, dezvoltarea urbanistică s-ar desfășura într-un cadru de incertitudine. Problemele care ar putea apărea variază de la cele tehnice (avarierea clădirilor din cauza tasărilor diferențiate) la cele economice (deprecierea proprietăților în zone de risc nedecarate) și ecologice (poluarea pânzei freatice). Lipsa unor reguli clare ar putea genera conflicte în comunitate și ar crește costurile de dezvoltare, prin necesitatea aplicării unor soluții de remediere costisitoare post-factum. Investiția în cunoașterea detaliată a teritoriului este, prin urmare, fundamentală pentru a evita aceste scenarii negative.

Studiul geotehnic și hidrogeologic este punctul de plecare pentru un proces de planificare responsabil. El oferă "materia primă" pentru deciziile urbanistice, dar calitatea acestora depinde de modul în care informațiile sunt interpretate și transpuse în reguli. O hartă de hazard la alunecări trebuie însoțită de un articol în RLU care să specifice clar ce tipuri de intervenții sunt permise sau interzise. Astfel, se creează o legătură directă și trasabilă între constatarea științifică și norma urbanistică. Acest studiu reprezintă veriga esențială dintre înțelegerea cadrului natural și definirea unui cadru construit sigur și durabil.

2. CADRUL LEGAL ȘI METODOLOGIC

Acest capitol ancorează studiul geotehnic și hidrogeologic în arhitectura normativă și metodologică care îi guvernează elaborarea, asigurând conformitatea, rigoarea și transparența demersului. Constatarea factuală de la care pornește este că orice analiză tehnică cu impact în planificarea teritorială trebuie să fie fundamentată pe un cadru legal explicit și să urmeze o metodologie verificabilă. Problema clară pe care o adresează este riscul ca, în absența acestei ancore, studiul să devină un exercițiu subiectiv, lipsit de forță juridică și de aplicabilitate practică în procesul de avizare a Planului Urbanistic General. Consecința directă este structurarea acestui capitol în trei piloni distincți: 1) inventarierea legislației naționale relevante care impune și condiționează astfel de studii; 2) prezentarea normativelor tehnice specifice care definesc parametrii de calcul și de siguranță; 3) descrierea explicită a metodologiei de lucru utilizate pentru elaborarea hărților de hazard și risc, asigurând astfel trasabilitatea completă de la dată brută la recomandare.

Metodologia de elaborare a prezentului capitol urmează un principiu de distilare și aplicabilitate. În loc să enumere exhaustiv fiecare articol de lege, demersul se concentrează pe extragerea acelor prevederi cu impact direct asupra obiectivelor studiului. Instrumentul principal utilizat este analiza de conformitate, prin care fiecare componentă a studiului este mapată la o cerință legală sau normativă specifică. Sursele de date primare sunt exclusiv documentele legislative și normative în vigoare, precum Legea nr. 350/2001 privind amenajarea teritoriului și urbanismul, Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, normativele din seria NP (NP 074, NP 112 etc.) și standardele europene (Eurocoduri), așa cum sunt detaliate în bibliografie. Ipoteza de lucru este că o corectă înțelegere a cadrului normativ permite nu doar evitarea neconformităților, ci și optimizarea soluțiilor de planificare. Criteriile de selecție a actelor normative s-au bazat pe relevanța directă pentru amenajarea teritoriului, calitatea în construcții, proiectarea geotehnică și managementul riscurilor naturale. Prin această abordare, capitolul nu devine un simplu inventar legislativ, ci un ghid operațional care demonstrează alinierea studiului la exigențele de rigoare și legalitate.

2.1. Legislație Națională Aplicabilă

Constatarea fundamentală este că legislația națională privind urbanismul și construcțiile impune, direct sau indirect, o analiză riguroasă a condițiilor de teren ca precondiție pentru orice dezvoltare. Problema pe care o rezolvă acest subcapitol este de a identifica și centraliza actele normative cheie care constituie baza legală a prezentului studiu. Consecința este că fiecare recomandare ulterioară va fi ancorată într-o cerință legislativă explicită, conferindu-i validitate și obligativitate în procesul

de avizare a PUG. Printre actele normative fundamentale se numără: 1) Legea nr. 350/2001 privind amenajarea teritoriului și urbanismul, care stabilește obligativitatea fundamentării documentațiilor de urbanism prin studii de specialitate; 2) Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, care impune cerința esențială de "rezistență mecanică și stabilitate", imposibil de atins fără o cunoaștere adecvată a terenului de fundare; 3) Legea nr. 575/2001 privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național - Secțiunea a V-a - Zone de riscuri naturale, care obligă la delimitarea zonelor de risc și la instituirea de măsuri specifice.

Legea Amenajării Teritoriului și Urbanismului (nr. 350/2001, republicată, cu modificările și completările ulterioare) reprezintă pilonul central care legitimează necesitatea acestui studiu. Faptul concret este că legea definește Planul Urbanistic General ca un instrument de reglementare a dezvoltării, iar studiile de fundamentare sunt menționate explicit ca fiind obligatorii pentru a susține deciziile de planificare. Problema care derivă de aici este că un PUG elaborat fără o analiză geotehnică și hidrogeologică ar fi incomplet și vulnerabil din punct de vedere legal, deoarece nu ar putea reglementa în cunoștință de cauză aspecte precum condițiile de construibilitate, delimitarea zonelor de risc sau protecția resurselor de apă subterană. Implicația directă pentru PUG-ul orașului Borsec este că prezentul studiu nu este opțional, ci o componentă esențială a dosarului de avizare, asigurând conformitatea cu principiile de dezvoltare durabilă și siguranță stipulate de lege. Fiecare hartă de risc și fiecare recomandare tehnică din acest studiu devine astfel o traducere directă a cerințelor legii în termeni spațiali și tehnici, conform Art. 46 din lege, care prevede că PUG stabilește reglementări asupra condițiilor de construire.

Legea Calității în Construcții (nr. 10/1995, republicată) introduce o constrângere de natură tehnică cu implicații directe asupra analizei geotehnice. Constatarea factuală este că legea impune șase cerințe esențiale pentru construcții, dintre care "A - Rezistență mecanică și stabilitate" este prima și cea mai importantă. Problema este că această cerință nu poate fi evaluată sau garantată fără o cunoaștere detaliată a terenului de fundare, care reprezintă suportul oricărei structuri. Consecința este că orice proiect de construcție, de la o locuință individuală la un proiect de infrastructură publică, necesită, implicit, o investigație geotehnică detaliată. Prin urmare, acest studiu, la scara PUG, oferă cadrul general care permite ulterior verificatorilor de proiecte și autorităților să evalueze dacă proiectele la nivel de parcelă respectă această cerință fundamentală. El furnizează datele de bază despre stratificație, capacitate portantă și riscuri potențiale, care devin inputuri obligatorii pentru proiectarea structurală, asigurând că interacțiunea dintre teren și structură este tratată corespunzător.

Cadrul legal este completat de legislația specifică privind riscurile naturale și protecția mediului, care adaugă straturi suplimentare de condiționalități. Un exemplu concret este Legea nr. 575/2001, care, prin aprobarea Planului de Amenajare a Teritoriului Național (PATN) - Secțiunea a V-a, impune luarea în considerare a riscurilor naturale în planificarea teritorială și interzicerea construirii în zonele de risc ridicat. O altă lege esențială este Legea Apelor (nr. 107/1996, cu modificările ulterioare), care reglementează utilizarea și protecția resurselor de apă, inclusiv a celor subterane, și impune obținerea avizelor de gospodărire a apelor pentru lucrările care pot afecta regimul de curgere sau calitatea apei. De asemenea, Ordonanța de Urgență nr. 57/2007 privind regimul ariilor naturale protejate aduce constrângeri specifice pentru zonele din Borsec care se suprapun cu situri Natura 2000, precum situl de importanță comunitară ROSCIO252 Toplița - Scaunul Rotund Borsec. Problema pentru PUG este de a integra armonios toate aceste cerințe sectoriale. Implicația este că studiul de față trebuie să ofere date nu doar pentru siguranța construcțiilor, ci și pentru fundamentarea măsurilor de protecție a mediului și de management al riscurilor, în concordanță cu aceste acte normative.

2.2. Normative Tehnice Geotehnice și Hidrogeologice

Constatarea de bază este că proiectarea geotehnică în România este un domeniu strict reglementat printr-un set de normative tehnice care stabilesc metodologia de investigare, principiile de calcul și criteriile de performanță. Problema pe care o adresează acest subcapitol este de a prezenta acele normative care constituie referința tehnică obligatorie pentru prezentul studiu. Consecința este că fiecare calcul de stabilitate, fiecare parametru geotehnic și fiecare hartă de hazard prezentată ulterior se bazează pe aceste documente, asigurând reproductibilitatea și verificabilitatea analizelor. Pilonii acestui cadru sunt reprezentați de: 1) Normativul P 100-1/2013 pentru proiectarea seismică, care definește acțiunea seismică și influența condițiilor locale de teren; 2) Normativul NP 074/2014, care stabilește conținutul-cadru al documentațiilor geotehnice; 3) Normativele specifice pentru proiectarea diferitelor tipuri de lucrări geotehnice, precum NP 112-2014 pentru fundații de suprafață, NP 123-2010 pentru fundații pe piloți sau NP 124-2010 pentru lucrări de susținere.

Proiectarea la acțiuni seismice, guvernată de normativul P 100-1/2013, este un element central, dat fiind contextul seismic al României. Faptul concret este că normativul definește parametrii accelerației seismice a terenului pentru proiectare (a_g) și impune luarea în considerare a efectelor locale de amplificare. Pentru orașul Borsec, valoarea de referință este $a_g = 0.10g$, corespunzătoare unui interval mediu de recurență (IMR) de 225 de ani. Problema tehnică este că răspunsul

terenului la acțiunea seismică depinde de proprietățile dinamice ale straturilor de suprafață, existând riscul de amplificare a undelor seismice sau de apariție a unor fenomene precum lichefierea în depozitele nisipoase afânate și saturate. Implicația directă pentru acest studiu este necesitatea de a caracteriza dinamic terenul de fundare și de a evalua potențialul de lichefiere, aceste analize fiind esențiale pentru elaborarea hărții de hazard seismic și pentru fundamentarea măsurilor de proiectare antisismică a construcțiilor.

Standardul european pentru proiectare geotehnică, Eurocod 7 (SR EN 1997-1 și SR EN 1997-2), împreună cu anexele sale naționale, reprezintă cadrul conceptual general pentru verificarea siguranței lucrărilor geotehnice. Constatarea este că acest standard introduce o abordare bazată pe stări limită (SLU - stări limită ultime și SLE - stări limită de exploatare normală) și pe utilizarea coeficienților parțiali de siguranță. Problema constă în necesitatea de a corela această abordare modernă cu normativele naționale tradiționale, care adesea conțin prevederi specifice adaptate condițiilor locale. Consecința pentru acest studiu este că toate analizele de stabilitate și capacitate portantă trebuie să fie compatibile cu filozofia Eurocod 7, utilizând valorile caracteristice ale parametrilor geotehnici, coeficienții parțiali recomandați și verificând explicit atât siguranța la colaps, cât și comportarea în exploatare (tasări, deformații). Aceasta asigură alinierea la bunele practici europene și crește nivelul de siguranță.

Normativele specifice, precum NP 112-2014 (Normativ privind proiectarea fundațiilor de suprafață), detaliază aplicarea principiilor generale la cazuri concrete. Acest normativ, de exemplu, oferă formule și metodologii de calcul pentru capacitatea portantă a terenului, estimarea tasărilor și proiectarea fundațiilor pe terenuri dificile. Problema pentru un studiu la scara PUG este de a transpune aceste reguli, valabile la nivel de obiect, într-o zonificare la scara teritoriului. Implicația este că hărțile de hazard și de zonificare geotehnică elaborate în acest studiu trebuie să utilizeze, ca bază de referință, pragurile și criteriile definite în aceste normative. De exemplu, încadrarea unui teren în categoria "dificil de fundat" se poate baza pe criteriul de capacitate portantă redusă sau tasări estimate peste limita admisibilă, ambele definite cantitativ în normativ. Astfel, se creează o legătură directă și trasabilă între norma tehnică și reglementarea urbanistică.

2.3. Metodologia Elaborării Studiului

Metodologia aplicată în acest studiu urmează un flux logic, de la general la particular, asigurând trasabilitatea de la datele de intrare la concluziile finale. Constatarea de bază este că rigoarea unui studiu de fundamentare depinde de o metodologie clară și repetabilă. Problema este de a structura un volum mare și eterogen de date (hărți, foraje, rapoarte, normative) într-o analiză

*Actualizarea Planului Urbanistic General al Orașului Borsec
Studiu privind Condițiile Climatice, Geotehnice și Hidrogeologice*

coerentă. Consecința este adoptarea unui proces în patru etape distincte: 1) Colectarea și validarea datelor de intrare; 2) Cartografierea unităților geotehnice și hidrogeologice; 3) Analiza de hazard și risc; 4) Sinteza și elaborarea recomandărilor pentru PUG. Această structură asigură că fiecare concluzie se bazează pe o etapă anterioară validată, eliminând subiectivismul și crescând gradul de certitudine al rezultatelor.

Prima etapă, colectarea și validarea datelor, reprezintă fundamentul întregii analize. Faptele concrete sunt că s-au utilizat surse multiple, ierarhizate conform gradului de încredere și actualitate:

A. date existente (Nivel de încredere: Mediu-Scăzut), precum studiul geotehnic anterior, PUG-ul din 2012, hărțile geologice și topografice;

B. date noi (Nivel de încredere: Ridicat), obținute prin realizarea a 5 foraje geotehnice de investigație;

C. date normative și legislative (Nivel de încredere: Foarte Ridicat).

Problema critică în această etapă este asigurarea coerenței și compatibilității între date provenind din surse diferite și din perioade diferite. Consecința este aplicarea unui protocol de validare încrucișată: de exemplu, informațiile litologice din hărțile geologice vechi au fost comparate cu stratificația reală observată în forajele noi, iar orice neconcordanță a fost documentată și analizată pentru a stabili modelul geotehnic cel mai plauzibil. Doar datele care au trecut acest filtru de validare au fost utilizate în etapele următoare.

Etapă a doua, cartografierea, a constat în transpunerea datelor validate într-un model spațial, utilizând un sistem GIS. Procesul a implicat: 1) Delimitarea unităților geotehnice omogene pe baza informațiilor litologice și a caracteristicilor fizico-mecanice; 2) Cartografierea nivelului hidrostatic (piezometric) și a direcțiilor de scurgere a apelor subterane; 3) Suprapunerea acestor straturi de informație cu suportul topografic și cadastral pentru a obține o imagine integrată a teritoriului. Problema a fost de a interpola informațiile punctuale (din foraje) pentru a acoperi întregul teritoriu administrativ. Soluția a constat în utilizarea unor metode de interpolare geostatistică, precum metoda kriging, care iau în considerare distribuția spațială a datelor și oferă o estimare a gradului de incertitudine. Rezultatul este un set de hărți tematice primare (litologică, hidrogeologică, geotehnică) care constituie baza pentru analiza de hazard.

Analiza de hazard și risc, a treia etapă, a tradus hărțile tematice în hărți de pericolozitate. Pentru fiecare hazard major identificat (alunecări, tasări, lichefiere, inundații), s-a aplicat o metodologie specifică, în conformitate cu normativele în vigoare. De exemplu, pentru hazardul la alunecări, s-au luat în considerare factori precum panta terenului, natura geologică, gradul de umiditate și acoperirea cu vegetație, fiecărui factor atribuindu-i-se o pondere în funcție de importanța sa. Problema a fost de a cuantifica obiectiv aceste riscuri. Consecința a fost utilizarea unor matrici de analiză și a unor modele de calcul care au permis clasificarea teritoriului în clase de hazard (redus, mediu, ridicat). Ulterior, prin suprapunerea hărților de hazard cu harta utilizării terenurilor și a infrastructurii, s-a realizat o evaluare preliminară a riscului.

Etapa finală, de sinteză și recomandări, a avut rolul de a transpune rezultatele tehnice într-un format direct utilizabil în PUG și RLU. Această etapă a inclus:

- 1) Elaborarea hărții de zonificare geotehnică, care sintetizează toate constrângerile și clasifică terenurile în funcție de construibilitate;
- 2) Formularea de recomandări generale și specifice privind condițiile de fundare, măsurile de consolidare sau restricțiile de construire pentru fiecare zonă;
- 3) Redactarea unor propuneri de articole pentru a fi incluse în RLU.

Prin această metodologie, se asigură o punte solidă și trasabilă între înțelegerea științifică a teritoriului și instrumentele administrative de reglementare, subiect ce va fi precedat de o analiză detaliată a datelor de intrare în capitolul următor.

3. ANALIZA DATELOR DE INTRARE ȘI A SITUAȚIEI EXISTENTE

Acest capitol stabilește punctul de plecare factual pentru toate analizele de specialitate ulterioare, prin sintetizarea datelor esențiale și descrierea situației existente a teritoriului administrativ al orașului Borsec. Fundamentul demersului este o imagine clară și actualizată a contextului spațial, documentar și funcțional, fără de care orice analiză geologică sau propunere urbanistică ar fi decuplată de realitate. Analiza se concentrează pe trei piloni: 1) sursele de date utilizate, 2) cadrul geografic general și 3) modul actual de utilizare a terenurilor.

Metodologia aplicată pentru constituirea acestei baze de date primare s-a axat pe colectarea, verificarea și corelarea informațiilor din surse multiple. Procesul a implicat analiza documentară a surselor oficiale, precum Planul Urbanistic General anterior, aprobat prin HCL Borsec nr. 43 din 2016, Planul de Mobilitate Urbană Durabilă din 2021 și Strategia Integrată de Dezvoltare Urbană 2021-2027, coroborate cu extragerea și procesarea datelor spațiale din surse GIS și cadastrale. S-a urmărit confirmarea și actualizarea datelor mai vechi pentru a reflecta dinamica recentă, prioritizând sursele conform ierarhiei de încredere: date cadastrale oficiale, urmate de date din studii recente și, în final, date din documentații de urbanism mai vechi. Suprapunerea acestor straturi de informație într-un sistem GIS a permis identificarea coerenței și evidențierea discrepanțelor, pregătind astfel un suport factual solid pentru analizele detaliate.

3.1. Surse de Date Utilizate

CONSTATARE FACTUALĂ: Fundamentarea analizei pornește de la un set diversificat de date de intrare, a căror sursă, calitate și actualitate condiționează direct acuratețea concluziilor. Aceste surse sunt:

- 1) Date cartografice și spațiale (suport topografic și cadastral);
- 2) Documentații de amenajarea teritoriului și planificare strategică existente (PUG 2016, PMUD 2021, SIDU 2021-2027);
- 3) Studii de fundamentare anterioare și date tehnice specifice (studiu geotehnic, studiu istoric, fișe de foraj).

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesară stabilirea unei baze de date de referință unitară și verificabilă, care să elimine ambiguitățile și să permită o analiză coerentă, dat fiind că fiecare sursă este tratată cu un grad de încredere direct proporțional cu recentalitatea și statutul său oficial.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Se impune o abordare critică, în care datele mai vechi sunt validate în raport cu cele recente, iar orice discrepanță este documentată. Această metodologie

asigură că reglementările viitoare ale PUG se vor baza pe cea mai actuală și credibilă imagine a teritoriului.

CONSTATARE FACTUALĂ: Suportul topografic și cadastral reprezintă scheletul geografic al întregii analize, permițând georeferențierea exactă a tuturor celorlalte seturi de date. Pentru UAT Borsec, există un set de date topografice la diverse scări, completat de datele vectoriale din sistemul integrat de cadastru și carte funciară.

PROBLEMĂ CLARĂ: Actualitatea acestor suporturi trebuie validată, în special în zonele cu o dinamică recentă a construcțiilor sau în arealele unde au avut loc modificări ale relieului, pentru a evita erorile de planificare.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Toate hărțile tematice generate în cadrul studiilor (geologice, hidrogeologice, de hazard) vor fi suprapuse peste acest suport topografic și cadastral actualizat. Această procedură garantează o corespondență directă cu realitatea juridică și fizică a terenului, asigurând că reglementările finale din RLU vor fi aplicabile pe parcele cadastrale concrete și în contextul reliefului real.

CONSTATARE FACTUALĂ: Documentațiile de urbanism și strategiile anterioare, în special PUG-ul aprobat în 2016, PMUD-ul din 2021 și SIDU 2021-2027, oferă o imagine a intențiilor de dezvoltare și a reglementărilor care au guvernat teritoriul în ultimul deceniu, conținând informații despre zonificarea funcțională, regimul de construire și proiectele de infrastructură planificate.

PROBLEMĂ CLARĂ: O parte din aceste prevederi pot fi depășite de evoluția reală a orașului sau de schimbările legislative, riscând să devină irelevante sau să intre în contradicție cu noile realități.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Aceste documente sunt utilizate ca un punct de referință istoric și contextual, nu ca o sursă de date absolute. Fiecare informație preluată (delimitarea intravilanului, clasificarea funcțională) este supusă unei verificări critice în raport cu situația actuală pentru a evalua gradul de implementare și relevanța continuă a reglementărilor anterioare, asigurând că noul PUG răspunde nevoilor prezente.

CONSTATARE FACTUALĂ: Studiile de specialitate preexistente, precum studiul geotehnic anterior, cel istoric sau fișele de foraj din arhive, constituie o sursă valoroasă de date tehnice punctuale, oferind informații detaliate despre stratificația terenului, caracteristici fizico-mecanice ale pământurilor sau constrângeri de natură istorică.

PROBLEMĂ CLARĂ: Distribuția adesea neuniformă a acestor date pe teritoriul analizat și vechimea lor pot ridica semne de întrebare privind relevanța în contextul actual, existând riscul extrapolării eronate.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Datele tehnice preexistente sunt integrate în analiză exclusiv ca puncte de calibrare și de verificare. O fișă de foraj dintr-o anumită zonă va fi utilizată pentru a valida sau a ajusta modelul geologic general al acelei zone, dar nu va fi extrapolată necritic. Această abordare permite valorificarea cunoașterii existente, menținând în același timp un nivel ridicat de prudență și rigoare științifică.

3.2. Descrierea Cadrului Geografic și a Utilizării Terenurilor

CONSTATARE FACTUALĂ: Teritoriul administrativ al orașului Borsec se definește printr-un cadru geografic specific zonelor montane. Localitatea este situată în nord-estul județului Harghita, la o altitudine medie de 880 m, într-o depresiune intramontană înconjurată de Munții Giurgeului, Bistriței și Călimani.

PROBLEMĂ CLARĂ: Relieful accidentat, cu versanți cu pante variate și o rețea hidrografică densă (Pârâul Vinului, Pârâul Mesteacănului etc.), impune constrângeri semnificative pentru amplasarea construcțiilor și a infrastructurii, generând o presiune constantă de a extinde construcțiile pe versanți.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Cadrul geografic este factorul dominant care modelează atât structura existentă, cât și potențialul de dezvoltare viitoare. PUG trebuie să includă o analiză atentă a stabilității versanților și să direcționeze dezvoltarea urbană prioritar de-a lungul principalelor văi, limitând și condiționând strict extinderea pe versanți.

CONSTATARE FACTUALĂ: Utilizarea actuală a terenurilor reflectă un echilibru între cadrul natural și nevoile unei stațiuni turistice. Teritoriul administrativ însumează 9.235 ha conform Caietului de Sarcini, respectiv 6.143 ha conform datelor din SIDU 2021-2027. Din această suprafață, fondul forestier este dominant (4.984 ha), terenurile agricole (pășuni și fânețe) ocupă 1.022 ha, în timp ce intravilanul are o suprafață de 297,69 ha (conform Caietului de Sarcini), respectiv 396,85 ha (conform SIDU).

PROBLEMĂ CLARĂ: Gestionarea echilibrată a acestor categorii, în special la contactul dintre intravilan și extravilan, unde există presiunea de extindere a zonelor construibile în detrimentul spațiilor naturale (păduri, pajiști).

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este necesară fundamentarea oricărei propuneri de extindere a intravilanului pe criterii stricte, care să ia în considerare nu doar oportunitatea economică, ci și constrângerile geotehnice, hidrologice și de mediu. PUG-ul va stabili reguli clare pentru zonele de tranziție, protejând capitalul natural.

CONSTATARE FACTUALĂ: La o scară detaliată, în interiorul intravilanului, se disting trei componente urbanistice principale cu funcțiuni dominante: "Borsecul de Jos" (nucleul administrativ și rezidențial, structurat de-a lungul DN 15, cu locuințe colective P+4 și dotări publice), "Borsecul de Sus" (stațiunea balneară istorică, cu vile P-P+1 și spații verzi) și "Borsecul de Mijloc" (un culoar de dezvoltare mai recent, care face legătura între celelalte două).

PROBLEMĂ CLARĂ: Această structură tripartită generează o problemă specifică de mobilitate, conectivitate și asigurare a coerenței funcționale și arhitecturale între cele trei zone distincte.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: PUG trebuie să trateze aceste trei zone ca un sistem integrat. Reglementările vor urmări îmbunătățirea legăturilor pietonale și de transport între zone, vor stabili reguli de tranziție arhitecturală și vor asigura o distribuție echilibrată a funcțiilor de interes public pe întreg teritoriul intravilan.

CONSTATARE FACTUALĂ: Cadrul construit existent, în special în zona stațiunii, prezintă o valoare arhitecturală și istorică deosebită, confirmată de înscrierea ansamblului balnear în Lista Monumentelor Istorice (HR-II-a-B-12759). Numeroase vile istorice se află într-o stare mediocră sau de precolaps.

PROBLEMĂ CLARĂ: Problema este dublă: pe de o parte, pierderea unui patrimoniu cultural valoros, iar pe de altă parte, o imagine urbană negativă care afectează direct potențialul turistic al stațiunii.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este imperativă instituirea unor reglementări clare și ferme pentru protejarea și reabilitarea acestui fond construit. RLU va delimita o Zonă Construită Protejată cu reguli stricte de intervenție. Concluziile studiului de fundamentare geotehnică contribuie la acest demers prin identificarea clădirilor vulnerabile și din punct de vedere structural, oferind un argument tehnic suplimentar pentru prioritizarea intervențiilor de consolidare și restaurare, aspecte ce preced analiza detaliată a substratului geologic.

4. CADRUL GEOLOGIC ȘI GEOTEHNIC AL ZONEI

Teritoriul administrativ al orașului Borsec este definit de o structură geologică complexă, situată la intersecția unităților tectonice ale Carpaților Orientali, fapt ce impune o abordare detaliată pentru a asigura o dezvoltare urbană sigură. Analiza geologică transpune acest context într-un set de date concrete, utilizabile în planificarea urbanistică, structurând capitolul pe trei axe: contextul geologic regional, cartografierea litologică locală și prezentarea detaliată a caracteristicilor fizico-mecanice ale pământurilor, conform datelor din investigațiile de teren.

Modelul geotehnic al zonei a fost construit prin integrarea datelor din surse multiple: 1) corelarea hărților geologice la scară regională cu observațiile geologice de suprafață; 2) interpretarea datelor extrase din fișele celor cinci foraje geotehnice de investigație (F1-F5), executate în puncte cheie ale teritoriului; 3) clasificarea unităților litologice în categorii geotehnice, pe baza proprietăților fizico-mecanice determinate în laborator. Fiecare concluzie este ancorată în date măsurabile, asigurând un grad ridicat de obiectivitate și conformitate cu normativul NP 074/2014.

4.1. Geologie Regională și Context Structural

Încadrarea geologică a UAT Borsec în unitatea Carpaților Orientali, în zona flișului cristalino-mezozoic și a depozitelor neogene vulcanice, definește complexitatea litologică și tectonică a regiunii. Această încadrare implică prezența unei mari varietăți de roci cu comportamente geotehnice diferite, de la șisturi cristaline și calcare mezozoice, la gresii, marne și argile specifice flișului, și până la andezite și tufuri vulcanice. Această diversitate face imposibilă aplicarea unei abordări geotehnice unitare, impunând delimitarea unităților geologice la scară locală și definirea unor condiționări specifice pentru fiecare. Structura tectonică regională, marcată de sisteme de falii majore precum falia pericarpațiană, introduce un factor suplimentar de complexitate, cu impact asupra stabilității generale și a circulației apelor subterane.

Unitățile tectonice majore care definesc substratul regiunii Borsec sunt Pânza de Ceahlău și Pânza de Tarcău, parte a sistemului de șariaj al flișului extern. Aceste unități sunt alcătuite predominant din succesiuni repetitive de roci sedimentare de tip "fliș" (gresii, microconglomerate, marne, argilite și șisturi argiloase), caracterizate printr-o anizotropie pronunțată și alterabilitate. Comportamentul mecanic diferă semnificativ în funcție de direcția de solicitare și de gradul de expunere la factorii de mediu. Argilele și marnele devin plastice și își pierd rezistența în prezența apei, favorizând declanșarea alunecărilor de teren, în timp ce gresiile sunt afectate de fisurare și dezagregare. Orice intervenție care implică săpături sau modificări ale regimului hidrologic în

aceste zone necesită studii geotehnice aprofundate pentru a preveni reactivarea proceselor de instabilitate.

Activitatea vulcanică neogenă din lanțul Călimani-Gurghiu-Harghita a suprapus peste formațiunile de fliș o cuvertură de roci vulcanice și piroclastite, incluzând corpuri de andezite, dacite și depozite de tufuri vulcanice. Gradul variabil de alterare și fisurare al acestor roci este critic: rocile vulcanice masive, nealterate, constituie un teren de fundare excelent, în timp ce tufurile vulcanice și zonele de andezit alterat pot avea caracteristici geotehnice slabe, fiind compresibile și sensibile la acțiunea apei. Prin urmare, este necesară o cartografiere a gradului de alterare pentru a diferenția arealele cu rocă sănătoasă, favorabile construirii, de cele cu material alterat, care impun restricții. Aceste roci vulcanice sunt, de asemenea, responsabile pentru specificul hidromineral al zonei, fiind asociate cu emergența izvoarelor carbogazoase.

Depozitele cuaternare acoperă formațiunile mai vechi și formează substratul direct pentru majoritatea construcțiilor din intravilan. Acestea includ: 1) depozite aluvionare (pietrișuri, nisipuri, argile) în luncile pâraurilor; 2) depozite deluviale (argile, prafuri, fragmente de rocă) pe versanți; 3) depozite eluviale, formate prin alterarea "in situ" a rocii de bază. Eterogenitatea extremă a acestor depozite, atât pe verticală, cât și pe orizontală, face ca proprietățile geotehnice să se poată schimba radical pe distanțe scurte. Implicația pentru orice proiect este obligativitatea realizării unor investigații geotehnice punctuale la nivel de parcelă, pentru a identifica succesiunea exactă a stratelor și a evita fundarea pe orizonturi necorespunzătoare.

4.2. Litologia și Cartografierea Unităților Geotehnice Locale

Teritoriul UAT Borsec a fost împărțit în trei unități geotehnice distincte (UG1, UG2, UG3), fiecare cu un pachet litologic specific și un comportament geotehnic predictibil. Delimitarea acestor unități, realizată pe baza tipului litologic dominant, a caracteristicilor morfologice și a datelor din foraje, stă la baza Hărții Unităților Geotehnice. Fiecare unitate este localizată cu precizie prin referire la KILOCAROURI și HECTACAROURI din sistemul GRILA TKHC, asigurând trasabilitatea și aplicabilitatea directă în GIS. Această hartă reprezintă un document de sinteză esențial pentru planificarea urbanistică.

Unitatea Geotehnică 1 (UG1) corespunde luncilor și teraselor joase ale Pârâului Vinului, fiind concentrată în KILO_CAROURILE [X10, Y05], [X11, Y05] și [X12, Y06]. Această unitate este alcătuită din depozite aluvionare recente (pietrișuri și bolovănișuri de râu, acoperite de nisipuri argiloase și prafuri), cu o grosime variabilă între 2 și 8 metri. Problema geotehnică principală este prezența unui nivel freatic superficial, găsit în foraje la adâncimi de 1,80 m până la 3,50 m. Acest

fapt implică o capacitate portantă potențial redusă în condiții de saturație și necesitatea adoptării unor măsuri de hidroizolare pentru subsoluri. În plus, depozitele nisipoase saturate prezintă un risc mediu de lichefiere în cazul unui seism major, conform P 100-3. Implicația pentru PUG este că această zonă, deși plană, necesită condiții speciale de fundare și o analiză hidrogeologică detaliată pentru orice proiect cu niveluri subterane.

Unitatea Geotehnică 2 (UG2) acoperă majoritatea versanților cu pantă redusă spre medie (5-15%), fiind identificată cu precădere în KILO_CAROURILE [X09, Yo6], [X12, Yo7] și [X13, Yo7]. Substratul este format din roci ale flișului (gresii, marne) într-un stadiu avansat de alterare, acoperite de o cuvertură de depozite deluviale cu grosimi medii de 3-5 metri. Aceste depozite sunt un amestec eterogen de argile, prafuri și fragmente de rocă, cu o mare variabilitate a caracteristicilor geotehnice și o sensibilitate ridicată la umiditate. Consecința este un potențial ridicat de tasări diferențiate și, în anumite condiții de pantă și umiditate, un risc de activare a alunecărilor de teren superficiale. Pentru această unitate, RLU va impune realizarea obligatorie a unor studii geotehnice aprofundate pentru orice construcție nouă.

Unitatea Geotehnică 3 (UG3) este specifică zonelor cu rocă vulcanică la zi sau la mică adâncime, precum cele din perimetrul carierei de travertin sau a unor culmi muntoase, localizate în principal în KILO_CAROURILE [X13, Yo8] și [X14, Yo8]. Această unitate este definită de prezența unor corpuri de andezite și travertin, roci competente cu caracteristici geotehnice superioare și capacitate portantă foarte mare. Problema în aceste zone nu este capacitatea portantă, ci gradul de fisurare și alterare a rocii de la suprafață, precum și panta terenului, care poate fi ridicată spre abruptă. Deși fundarea directă pe stâncă este o soluție excelentă, pot apărea dificultăți de execuție a săpăturilor. Aceste zone sunt, în principiu, favorabile construirii, dar cu condiționări legate de tehnologia de execuție și de sistematizarea verticală, fiind necesare studii de stabilitate a masivului de rocă pentru construcții pe versanți abrupti.

4.3. Caracteristici Fizico-Mecanice și Profile Geotehnice (Date Foraje)

Investigațiile geotehnice de teren, prin cele 5 foraje (F1-F5), au permis caracterizarea directă a proprietăților fizico-mecanice ale pământurilor. Datele obținute confirmă eterogenitatea substratului, forajele interceptând o succesiune de prafuri argiloase, argile prăfoase, nisipuri și pietrișuri, cu caracteristici variabile. Indicii de plasticitate determinați pentru straturile argiloase variază între 18% și 38%, indicând o plasticitate medie spre mare, cu implicații directe asupra potențialului de umflare și contracție.

Parametru Geotehnic	Unitate	Strat Argilos (UG1/UG2)	Strat Nisipos (UG1)
Umiditate naturală (w)	%	22 – 35	18 – 28
Greutate volumetrică (γ)	kN/m ³	18,5 – 20,0	19,5 – 21,0
Indice de Plasticitate (IP)	%	18 – 38	Nepastic
Modul Edometric (M)	kPa	3.500 – 8.000	> 15.000
Unghi de Frecare Internă (φ)	°	16 – 22	30 – 34
Coeziune (c)	kPa	15 – 35	0 – 5

Stratul predominant interceptat, în special în unitățile geotehnice UG1 și UG2, este un praf argilos de consistență plastic-vârtoasă până la plastic-moale. Umiditatea sa naturală este cuprinsă în intervalul 22 - 35 %, iar greutatea volumetrică variază între 18,5 și 20,0 kN/m³. Compresibilitatea ridicată a acestui strat, evidențiată de valorile modulului de deformare edometric (M) între 3.500 și 8.000 kPa, generează un potențial de tasare mediu spre ridicat sub încărcările de la construcții. Forajul F2, amplasat în HECTA_CAROU [X11, Yo5] · (ΔX=400 m, ΔY=300 m), a interceptat acest strat pe o grosime de 5,20 m, prezentând cele mai slabe caracteristici (M ≈ 3.500 kPa). În aceste zone va fi necesară limitarea presiunilor pe teren, adoptarea unor fundații de tip radier general sau soluții de îmbunătățire a terenului.

În forajele F1 și F4, amplasate în lunca Pârâului Vinului (HECTA_CAROURI [X10, Yo5] · (ΔX=800 m, ΔY=200 m) și [X12, Yo6] · (ΔX=200 m, ΔY=100 m)), sub stratul de praf argilos s-a interceptat un complex de depozite aluvionare (nisipuri fine până la medii și pietrișuri cu bolovăniș) începând de la adâncimi de 4,5 m, respectiv 3,0 m. Acest strat granular prezintă caracteristici geotehnice superioare, cu un unghi de frecare internă (φ) estimat la 30-34 grade și un modul de deformare (E) de peste 15.000 kPa. Deoarece acest strat este în permanență saturat cu apă (nivel hidrostatic la 1,80-2,50 m), accesarea sa prin fundații de suprafață este dificilă. Pentru structuri importante amplasate în această zonă, soluția de fundare optimă poate fi fundarea indirectă, prin piloți sau micropiloți, care să transmită încărcările direct la acest strat competent.

Sinteza datelor din foraje este ilustrată prin profile geotehnice. Un profil realizat pe direcția NV-SE, traversând KILO_CAROURILE [X12, Yo7] și [X13, Yo7], evidențiază variația grosimii

depozitelor de acoperire și adâncimea la care se găsește roca de bază alterată. Se observă că grosimea stratului compresibil de praf argilos crește de la 2-3 m în zona de versant (foraj F5) până la peste 5 m în zonele joase. Profilul arată și variația nivelului apei subterane, care urmărește în general forma reliefului. Aceste profile constituie un instrument de analiză esențial, permițând o înțelegere vizuală rapidă a problemelor geotehnice la scara unui sector de localitate și fundamentează deciziile de zonificare și reglementare.

5. ANALIZA CADRULUI HIDROGEOLOGIC

Apa subterană, atât cea potabilă, cât și cea minerală, reprezintă o resursă strategică pentru orașul Borsec, dar și un factor activ care influențează condițiile de construire. Acest capitol fundamentează înțelegerea apei ca element dinamic al teritoriului, investigând resursele de apă subterană prin identificarea și caracterizarea principalelor corpuri de apă (acvifere), analiza regimului de curgere prin cartografierea nivelului piezometric și a direcțiilor de drenaj, și evaluarea calității apei prin prisma parametrilor fizico-chimici de bază.

Metodologia aplicată în acest capitol se bazează pe o abordare integrată, corelând datele din surse multiple pentru a construi un model conceptual al sistemului hidrogeologic local. Cercetarea a inclus: 1. analiza datelor existente, precum hărțile hidrogeologice la scară regională și studiile anterioare privind resursele hidrominerale; 2. interpretarea datelor punctuale obținute din fișele celor cinci foraje geotehnice de investigație, care au furnizat informații precise despre adâncimea nivelului apei; 3. analiza datelor de laborator privind chimismul probelor de apă prelevate. Prin suprapunerea acestor seturi de date, s-a obținut o imagine coerentă a distribuției acviferelor și a regimului lor de curgere, asigurând o fundamentare tehnică solidă pentru deciziile de planificare.

5.1. Acvifere

CONSTATARE FACTUALĂ: Pe teritoriul UAT Borsec se disting două tipuri principale de acvifere: 1. Acviferele freatice de mică adâncime, cantonate în depozitele cuaternare și în orizontul de alterare a rocilor de bază, cu impact direct asupra fundațiilor; 2. Acviferele de adâncime, cantonate în roci fisurate (andezite și calcare dolomitice), care constituie sursa apelor minerale carbogazoase.

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesară identificarea, delimitarea și caracterizarea acestor corpuri de apă pentru a înțelege potențialul lor ca resursă și impactul asupra mediului construit.

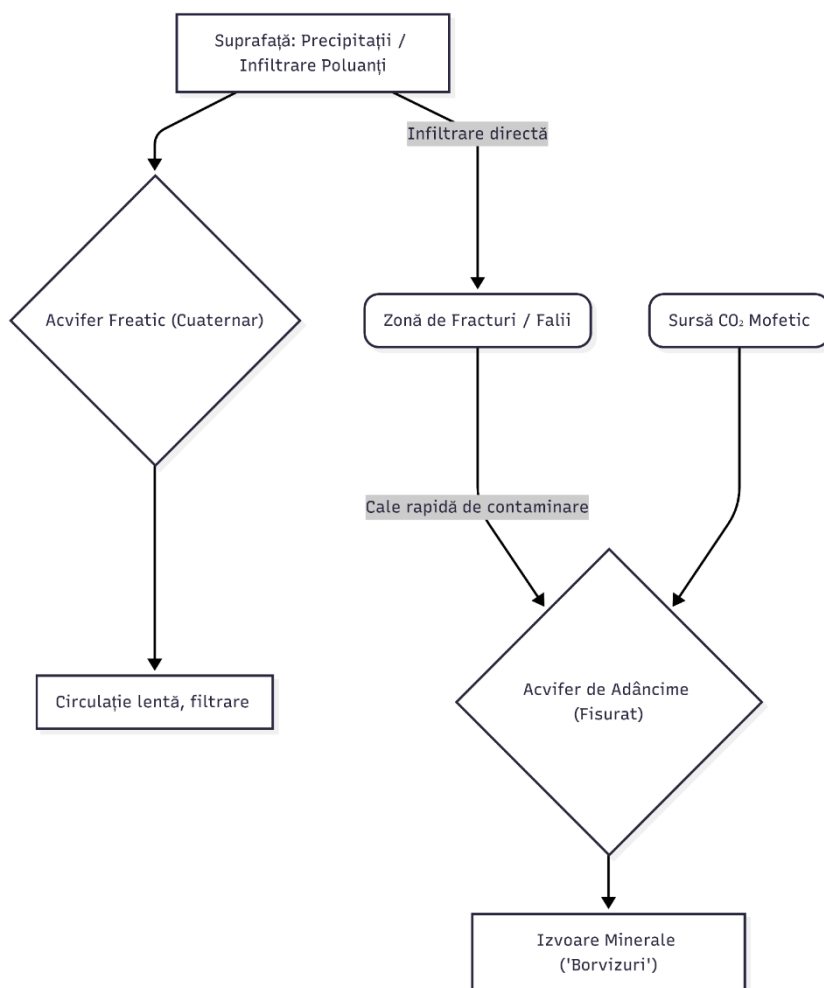
CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Analiza detaliată a acestor două sisteme acvifere este esențială pentru a fundamenta reglementări urbanistice care să asigure atât siguranța construcțiilor, cât și protecția resursei strategice hidrominerale.

Acviferele freatice din zona Borsec sunt localizate în principal în depozitele aluvionare de pe văile principale, cum ar fi cea a Pârâului Vinului, și în depozitele deluviale de pe versanți. Forajele F1, F2 și F4, executate în aceste zone, au confirmat că acviferele sunt, în general, discontinue, cu o productivitate redusă și alimentate preponderent din precipitații. Problema asociată este adâncimea redusă la care se găsește nivelul apei, variind între 1,80 m (F2) și 3,50 m (F4), și fluctuațiile sale sezoniere semnificative. Acest fapt are un impact major asupra construcțiilor cu

subsol, care necesită măsuri de hidroizolare riguroase și, în anumite cazuri, sisteme de drenaj. Mai mult, prezența apei la mică adâncime reduce capacitatea portantă a prafurilor argiloase. Implicația pentru PUG este necesitatea de a corela harta de distribuție a acviferelor freatice cu harta de zonificare geotehnică, pentru a reglementa condițiile de construire în zonele cu potențial de umiditate ridicată.

Caracteristicile hidraulice ale acviferelor freatice sunt extrem de variabile, reflectând eterogenitatea depozitelor în care sunt cantonate. Permeabilitatea acestor straturi, un parametru cheie care descrie capacitatea materialului de a lăsa apa să treacă, variază pe intervale largi. În zonele cu depozite predominant argiloase, precum cea identificată în forajul F3 (HECTACAROU [X12, Y07] · ($\Delta X=800$ m, $\Delta Y=100$ m)), permeabilitatea este redusă, ducând la acumularea apei la suprafață. În contrast, în arealele unde predomină pietrișurile și nisipurile, cum este cazul bazei depozitelor aluvionare din forajul F1 (HECTACAROU [X10, Y05] · ($\Delta X=800$ m, $\Delta Y=200$ m)), permeabilitatea este ridicată, permițând un drenaj mai bun. Gestionarea acestei variabilități este o problemă pentru planificare, deoarece nu se poate aplica o soluție unitară. Implicația este că PUG-ul trebuie să impună, prin RLU, obligativitatea determinării permeabilității locale prin încercări specifice în foraje pentru orice proiect de anvergură care ar putea influența regimul apelor freatice.

Acviferele de adâncime, sursa apelor minerale, reprezintă un sistem hidrogeologic distinct și de o importanță strategică deosebită. Aceste ape sunt asociate cu structurile geologice profunde, în special cu masivele de roci vulcanice (andezite) și formațiunile carbonatice (calcare, dolomite), fiind îmbogățite cu dioxid de carbon de origine mofetică. Protecția acestor resurse împotriva poluării și a exploatării neraționale este esențială. Aceste acvifere sunt adesea sub presiune (arteziene) și ajung la suprafață pe traseul unor falii și fracturi tectonice, formând izvoarele minerale (denumite local "borvizuri"). Aceasta creează o vulnerabilitate ridicată la contaminarea de la suprafață, care se poate propaga rapid pe aceste căi preferențiale.



Figură 1- Schemă conceptuală Acvifere, Sursă: Proiectant

Implicația pentru PUG este de o importanță capitală: este necesară instituirea unor perimetre stricte de protecție sanitară în jurul zonelor de urgență a izvoarelor și în arealele de alimentare a acviferelor de adâncime, în conformitate cu Legea Apelor nr. 107/1996. Aceste reglementări vor restricționa activități precum construcțiile industriale, depozitarea de substanțe periculoase sau utilizarea anumitor îngrășăminte agricole.

Interacțiunea dintre acviferele de suprafață și cele de adâncime este o problemă complexă. În anumite zone, pot exista legături hidraulice între cele două sisteme, fie prin straturi semipermeabile, fie direct, pe traseul fracturilor. O eventuală poluare a acviferului freatic s-ar putea propaga în timp către acviferul de adâncime, compromițând calitatea apelor minerale. Aceasta impune o abordare prudentă, considerând cele două sisteme ca fiind potențial interconectate. Măsurile de protecție nu trebuie să vizeze doar zona imediată a izvoarelor, ci întregul bazin hidrografic de alimentare. PUG-ul trebuie să promoveze o dezvoltare care să minimizeze impactul antropic asupra ciclului apei la nivel general, de la gestionarea apelor pluviale

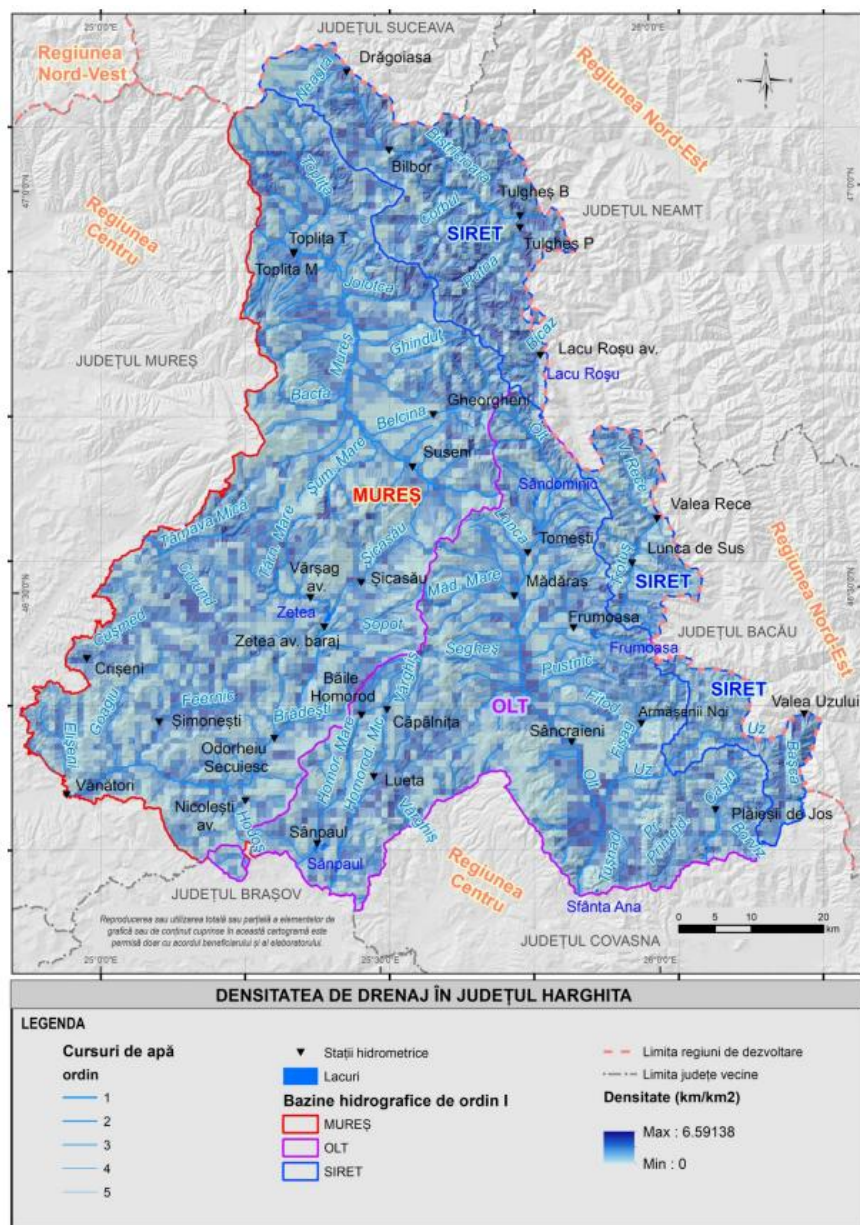
la epurarea apelor uzate, pentru a asigura pe termen lung atât calitatea resurselor hidrominerale, cât și siguranța construcțiilor.

5.2. Nivel Piezometric

CONSTATARE FACTUALĂ: Adâncimea la care se stabilizează nivelul apei subterane (nivelul piezometric) în acviferul freatic variază semnificativ, de la 1,80 m în zonele de luncă (foraj F2, HECTACAROU [X11, Y05] · ($\Delta X=400$ m, $\Delta Y=300$ m)) până la peste 6,80 m pe versanți (foraj F3, HECTACAROU [X12, Y07] · ($\Delta X=800$ m, $\Delta Y=100$ m)).

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesară cartografierea suprafeței piezometrice pentru a înțelege direcțiile de scurgere și variațiile nivelului apei.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Elaborarea Hărții Hidroizohipselor devine un pas esențial pentru a estima traseul unor eventuale poluări, a identifica zonele de alimentare/descărcare ale acviferului și a fundamenta reglementări privind cotele de fundare a construcțiilor.



Figură 2- Densitatea de drenaj în Județul Harghita, Sursa: Planul de Amenajare a Teritoriului Județean Harghita

Cartografierea suprafeței piezometrice, realizată prin interpolarea datelor de nivel hidrostatic măsurate în cele 5 foraje și corelate cu cotele talvegurilor rețelei hidrografice, arată că hidroizohipsele urmăresc, în linii mari, morfologia relieului, dar cu o pantă mult mai atenuată. Pe baza acestei hărți, se determină direcția generală de scurgere a apelor subterane, care este convergentă către collectorul principal, Pârâul Vinului, cu o direcție generală de la Nord-Vest spre Sud-Est. Gradientul hidraulic variază, fiind mai mare în zonele de versant și mai redus în zonele de luncă. Această hartă este un instrument practic ce permite estimarea traseului unor eventuale poluări și identificarea zonelor de alimentare și descărcare ale acviferului freatic.

Variațiile sezoniere ale nivelului piezometric reprezintă un factor de risc important. Măsurătorile efectuate în foraje oferă doar o imagine instantanee. Pe baza datelor istorice din studii similare și a caracteristicilor climatice, se estimează că aceste fluctuații pot atinge 1,5 până la 2,5 metri. În special în zonele de luncă, nivelul apei poate ajunge în perioadele ploioase foarte aproape de

suprafața terenului. Implicația pentru RLU este necesitatea de a impune o cotă minimă de fundare a construcțiilor, care să țină cont nu doar de adâncimea de îngheț, ci și de nivelul maxim estimat al apelor freatice, pentru a preveni infiltrațiile în subsoluri și afectarea stabilității fundațiilor.

Interacțiunea dintre apele de suprafață și cele subterane este un proces dinamic. În cea mai mare parte a teritoriului, apele subterane drenează către rețeaua hidrografică. Problema apare în perioadele de viituri, când procesul se poate inversa: apa din râu poate alimenta acviferul freatic din luncă, ducând la o ridicare rapidă a nivelului piezometric. Implicația pentru zonele construite din luncile inundabile este un risc combinat: pe lângă pericolul de inundație directă, există și riscul geotehnic asociat cu creșterea presiunii apei în pori, reducerea capacității portante și chiar apariția fenomenelor de antrenare hidrodynamică (sufozie). Aceasta subliniază necesitatea unei abordări integrate a managementului riscurilor.

Impactul activităților antropice asupra regimului hidrogeologic local nu trebuie neglijat. Orice construcție subterană (subsol adânc, pasaj, parcare) poate acționa ca o barieră în calea scurgerii naturale a apei subterane, creând un efect de baraj. Consecințele pot fi multiple: apariția unor zone cu umiditate excesivă în amonte, tasarea construcțiilor din aval sau modificarea debitului izvoarelor. Implicația pentru PUG este că proiectele de anvergură care includ lucrări subterane semnificative trebuie să fie însoțite de studii hidrogeologice detaliate, care să analizeze impactul asupra regimului de curgere și să propună soluții de drenaj sau de traversare a acviferului care să minimizeze efectul de baraj.

5.3. Calitatea Apei Subterane

CONSTATARE FACTUALĂ: Chimismul apelor subterane din UAT Borsec este divers, reflectând complexitatea litologică. Se disting două tipuri de ape: 1. Apele freatice, în general bicarbonatate calcice, cu mineralizație redusă; 2. Apele minerale de adâncime, carbogazoase, cu un conținut ridicat de fier, calciu și magneziu.

PROBLEMĂ CLARĂ: Caracterizarea acestei diversități și evaluarea calității apei în raport cu diferite utilizări, în special pentru alimentarea cu apă potabilă, precum și evaluarea vulnerabilității la poluare.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este necesară reglementarea strictă a activităților cu potențial poluator în perimetrele de alimentare ale surselor de apă, în special a celor utilizate în scop potabil sau balnear, pentru a proteja această resursă valoroasă.

Calitatea apelor din acviferul freatic este, în general, bună. Analizele de laborator pentru probele din forajele F1 și F5 au indicat valori ale principalilor indicatori care se încadrează în limitele

admise de Legea nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile, concentrația de nitrați fiind sub 50 mg/l. Problema principală pentru acest acvifer este vulnerabilitatea sa la poluarea de suprafață. Fiind la adâncime mică și neprotejat de straturi impermeabile, este expus riscului de contaminare cu substanțe provenite din fose septice neetanșe, depozite de deșeuri sau din utilizarea pesticidelor. Implicația pentru PUG este necesitatea de a reglementa strict activitățile cu potențial poluator în perimetrele de alimentare ale surselor de apă freatică utilizate în scop potabil.

Apele minerale carbogazoase reprezintă o categorie aparte, cu un chimism complex. Există peste 15 izvoare minerale, cu compoziții chimice variate (carbogazoase, feruginoase, calcice, magneziene). Problema esențială este protejarea calității și a debitului acestor izvoare. Orice modificare a regimului hidrogeologic în amonte, fie prin lucrări de construcție, fie prin foraje necontrolate, ar putea afecta căile de ascensiune a apelor mineralizate sau ar putea duce la amestecul lor cu ape de suprafață, compromițându-le proprietățile. Consecința este necesitatea unei abordări extrem de prudente și a unui control riguros al oricărei intervenții în subteran.

Tip de Apă	Utilizare Potențială	Parametri Critici de Calitate	Vulnerabilitate
Apă Freatică	Potabilă (după tratare), industrială, irigații	Nitrați, bacterii, metale grele	Ridicată (poluare de suprafață)
Apă Minerală	Balneară, îmbuteliere	Mineralizație totală, CO ₂ , Fe, Ca, Mg	Foarte Ridicată (alterarea căilor de ascensiune)

Figură 3- Tipuri de apă, Sursă: Proiectant

Harta de vulnerabilitate la poluare a acviferului freatic, elaborată pe baza adâncimii nivelului apei, permeabilității straturilor acoperitoare și pantei terenului, indică faptul că zonele cele mai expuse sunt luncile pârâurilor. Implicația directă pentru RLU este posibilitatea de a institui grade diferite de restricție pentru activitățile poluatoare. În zonele cu vulnerabilitate ridicată și foarte ridicată, se pot interzice anumite funcțiuni sau se pot impune tehnologii de epurare avansate și sisteme de monitorizare a calității apei, măsuri esențiale pentru protejarea pe termen lung a "aurului lichid" al Borsecului.

6. IDENTIFICAREA HAZARDELOR GEOTEHNICE

CONSTATARE FACTUALĂ: Teritoriul orașului Borsec, prin complexitatea sa geologică și geomorfologică, este expus la o serie de hazarde geotehnice care pot afecta siguranța fondului construit și a infrastructurii.

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesară identificarea, caracterizarea și cartografierea acestor hazarde (tasări diferențiate, umflări și contracții ale pământurilor, lichefiere seismică) pentru a putea fi gestionate corespunzător în procesul de planificare urbanistică.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Acest capitol elaborează hărțile de hazard geotehnic, delimitând perimetrele care necesită o atenție sporită și reglementări specifice, fără a propune soluții de mitigare, ci stabilind cadrul de risc pentru deciziile urbanistice.

Metodologia utilizată pentru identificarea și cartografierea hazardelor geotehnice se bazează pe o abordare multicriterială, care corelează datele geotehnice punctuale cu informații spațiale la scara întregului teritoriu administrativ. Sursele de date utilizate includ datele litologice și structurale din capitolele anterioare, informațiile stratigrafice și parametrii fizico-mecanici din forajele de investigație F1-F5, modelul digital al terenului (MDT) și datele privind seismicitatea de proiectare ($a_g=0.10g$). Instrumentele principale de analiză sunt sistemele informaționale geografice (GIS), care permit suprapunerea și corelarea acestor seturi de date. Ipoteza de lucru este că, prin combinarea factorilor predispozanți, se pot delimita zone cu grade diferite de susceptibilitate pentru fiecare tip de hazard. Criteriile de clasificare a nivelului de hazard (redus, mediu, ridicat) sunt calibrate pe baza pragurilor definite în normativele tehnice în vigoare (NP 112, P 100-3), asigurând o evaluare obiectivă și standardizată.

6.1. Hazard la Tasare

CONSTATARE FACTUALĂ: Prezența extinsă pe teritoriul UAT Borsec a unor depozite compresibile, în special prafuri argiloase și argile prăfoase de consistență redusă (plastic-moale), cu grosimi ce depășesc 5-6 metri, este confirmată de forajele F2, F3 și F5.

PROBLEMĂ CLARĂ: Potențialul acestor pământuri de a suferi tasări semnificative și inegale sub încărcările aplicate de construcții poate duce la apariția de fisuri în structuri, înclinarea clădirilor sau avarierea rețelelor edilitare.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este necesară cartografierea distribuției acestor depozite și elaborarea unei hărți de hazard la tasare, care să ghideze viitoarele dezvoltări, impunând condiționalități de construire proporționale cu nivelul de risc. Verdictul diagnostic este

că hazardul la tasare reprezintă o constrângere semnificativă pentru dezvoltarea urbană în anumite sectoare ale localității, în special în zonele joase, de luncă.

Factorii care controlează magnitudinea și distribuția hazardului la tasare în Borsec sunt de natură geologică, hidrogeologică și antropică. Cauza principală este prezența stratelor compresibile, a căror grosime și proprietăți de deformabilitate variază spațial. Forajele au evidențiat că cele mai slabe caracteristici geotehnice, cu module de deformare edometrică (M) sub pragul de 5.000 kPa, se găsesc în unitatea geotehnică UG1, în KILO_CAROURILE [X10, Y05] și [X11, Y05]. Un al doilea factor important este regimul apelor subterane; prezența unui nivel freatic superficial contribuie la menținerea unei consistențe reduse a pământurilor prăfoase și la creșterea compresibilității acestora. Nu în ultimul rând, factorul antropic, reprezentat de încărcările transmise de clădiri și de eventualele modificări ale regimului hidrologic (drenaje, excavații), poate declanșa sau accelera procesul de tasare. Efectele acestui hazard sunt în primul rând de natură structurală, afectând integritatea clădirilor. Impactul economic poate fi, de asemenea, semnificativ, implicând costuri ridicate pentru reparații sau pentru adoptarea unor soluții de fundare speciale, costisitoare.

Factor Predispozant	Tip	Descriere și Impact	Zone Afectate (KILO_CAROURI)	Sursa Datelor
Litologie	Geologic	Prezența prafurilor argiloase și argilelor moi, cu modul edometric (M) < 5.000 kPa, ducând la compresibilitate ridicată.	[X10, Y05], [X11, Y05], [X12, Y06]	Forajele F1, F2, F4, F5
Hidrogeologie	Hidrogeologic	Nivel freatic superficial (< 3 m), care saturează stratele compresibile și le reduce consistența și capacitatea portantă.	[X10, Y05], [X11, Y05]	Forajele F1, F2, F4
Antropic	Antropic	Încărcări de la construcții noi; vibrații din trafic; modificări ale drenajului natural. Accelerează și poate induce tasări.	Toate zonele de dezvoltare	PUG, PMUD

Figură 4- Table Factori Predispozanti, Sursă: Proiectant

Evaluarea potențialului de tasare s-a realizat printr-o metodologie calitativă și semi-cantitativă, adaptată la scara de lucru a PUG. Procesul a implicat următorii pași: 1. Cartografierea grosimii stratului compresibil pe baza datelor din foraje și a modelului geologic; 2. Clasificarea pământurilor în funcție de compresibilitate, pe baza valorilor modulului de deformare edometrică (M); 3. Corelarea acestor informații cu harta hidroizohipselor pentru a identifica zonele unde saturația cu apă poate agrava fenomenul. Criteriile de clasificare a hazardului au fost: A. Hazard Ridicat: zone unde stratul compresibil are o grosime de peste 5 m și $M < 5.000 \text{ kPa}$, în special în prezența unui freatic superficial; B. Hazard Mediu: zone unde stratul compresibil are grosimi între 2 și 5 m sau caracteristici de compresibilitate moderate ($5.000 \text{ kPa} < M < 10.000 \text{ kPa}$); C. Hazard Redus: zone unde roca de bază este la mică adâncime sau unde depozitele superficiale sunt predominant granulare și îndesate. Această clasificare permite o diferențiere clară a teritoriului și stă la baza elaborării hărții de hazard specifice.

Distribuția spațială a hazardului la tasare pe teritoriul UAT Borsec arată o concentrare a zonelor cu risc ridicat și mediu în lungul văilor principale, în special în "Borsecul de Jos". Această distribuție este direct legată de prezența depozitelor aluvionare și a nivelului freatic ridicat. KILOCAROURILE [X10, Y05] și [X11, Y05], care corespund zonei centrale și luncii Pârâului Vinului, sunt cele mai expuse. În contrast, zonele de versant și cele situate la altitudini mai mari, corespunzătoare unităților geotehnice UG2 (parțial) și UG3, prezintă în general un hazard la tasare redus, datorită prezenței rocii de bază la adâncimi mai mici sau a unor depozite deluviale mai consolidate. Această cartografiere a distribuției spațiale este crucială, deoarece permite suprapunerea cu planurile de dezvoltare urbană și identificarea potențialelor conflicte. O propunere de extindere a zonei rezidențiale în KILOCAROU [X11, Y05] va trebui să ia în considerare obligatoriu existența unui hazard la tasare mediu spre ridicat.

6.2. Hazard la Umflare-Contrație

CONSTATARE FACTUALĂ: Prezența în anumite areale din Borsec a unor pământuri argiloase cu potențial de umflare și contracție este confirmată de analizele granulometrice și de plasticitate efectuate pe probele din forajele F3 și F5.

PROBLEMĂ CLARĂ: Capacitatea acestor "pământuri active" de a-și modifica semnificativ volumul în funcție de variațiile de umiditate (umflare la umezire, contracție la uscare) exercită presiuni considerabile asupra fundațiilor și generează deformări periculoase.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este necesară delimitarea zonelor unde aceste pământuri sunt prezente la suprafață sau la mică adâncime și impunerea unor condiții speciale de

proiectare și execuție a construcțiilor. Verdictul diagnostic este că, deși acest hazard nu este generalizat la scara întregului UAT, el reprezintă o constrângere locală importantă care, dacă este ignorată, poate duce la avarii structurale grave.

Cauza principală a fenomenului de umflare-contrație este prezența în compoziția pământului a unor minerale argiloase specifice, precum montmorillonitul, care au capacitatea de a absorbi cantități mari de apă în structura lor cristalină. Analizele de laborator, în special determinarea limitelor Atterberg, au indicat prezența unor orizonturi de argilă cu plasticitate mare și foarte mare ($IP > 35\%$) în forajele F3 și F5, situate pe versanți cu pantă redusă în KILO_CAROURILE [X12, Yo7] și [X13, Yo7]. Efectele acestui hazard se manifestă prin: 1. Ridicarea și fisurarea fundațiilor, pardoselilor și pereților în perioadele umede; 2. Tasarea și apariția de crăpături în teren și în structuri în perioadele secetoase. Aceste mișcări ciclice duc la o degradare progresivă a construcțiilor și pot compromite integritatea structurală a acestora. Impactul este deosebit de sever pentru construcțiile ușoare, cu fundații de mică adâncime, care sunt cel mai vulnerabile la aceste mișcări diferențiate ale terenului.

Evaluarea potențialului de umflare și contracție s-a bazat pe criterii standardizate, corelate cu indicii de plasticitate (IP) al pământurilor. Metodologia a constat în: 1. Analiza rezultatelor de laborator pentru probele prelevate din foraje și identificarea straturilor cu IP ridicat; 2. Cartografierea distribuției probabile a acestor straturi la suprafață, pe baza modelului geologic și a hărții unităților geotehnice. Criteriile de clasificare a hazardului, conform normativelor în vigoare, sunt: A. Hazard Ridicat: zone cu argile de plasticitate foarte mare ($IP > 40\%$) la mică adâncime; B. Hazard Mediu: zone cu argile de plasticitate mare ($25\% < IP \leq 40\%$); C. Hazard Redus sau Nul: zone unde pământurile de la suprafață sunt necoezive (nisipuri, pietrișuri) sau argile cu plasticitate redusă ($IP \leq 25\%$). Pe baza acestor criterii, s-a constatat că hazardul mediu este prezent în anumite areale asociate unității geotehnice UG2, în special pe platourile și versanții cu pante line unde procesele de alterare sunt intense.

Distribuția spațială a hazardului la umflare-contrație este limitată la areale specifice, nefiind un fenomen generalizat pe teritoriul Borsec. Zonele cu risc mediu identificate sunt concentrate în KILOCAROURILE [X12, Yo7] și [X13, Yo7], în HECTACAROURILE ($\Delta X=800m$, $\Delta Y=100m$) respectiv ($\Delta X=100m$, $\Delta Y=600m$), corespunzând unor platouri interfluviale unde s-au dezvoltat soluri argiloase. Majoritatea teritoriului, inclusiv zonele de luncă (UG1) și zonele cu rocă la suprafață (UG3), prezintă un hazard redus sau nul. Această delimitare este de o importanță practică majoră. Implicația pentru PUG și RLU este că, pentru zonele identificate cu risc mediu, trebuie introduse reglementări specifice obligatorii. Acestea ar trebui să includă, cel puțin: A.

obligativitatea realizării unor studii geotehnice care să includă determinări specifice pentru identificarea pământurilor active; B. impunerea unor măsuri constructive speciale, precum fundarea sub adâncimea de variație a umidității, prevederea unui strat de rupere a capilarității sau realizarea unor trotuare perimetrale etanșe.

6.3. Hazard la Lichefiere

CONSTATARE FACTUALĂ: Teritoriul Borsec prezintă o combinație de factori care pot conduce la apariția fenomenului de lichefiere: prezența depozitelor de nisipuri, existența unui nivel de apă subterană superficial și încadrarea într-o zonă seismică de calcul ($a_g=0.10g$).

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesar să se evalueze dacă acești factori se pot combina în mod critic pentru a genera un hazard real de lichefiere, fenomen ce constă în pierderea bruscă a rezistenței la forfecare a pământurilor nisipoase saturate în timpul unui cutremur, cu consecințe potențial catastrofale pentru clădirile fondate pe acestea.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este necesară elaborarea unei hărți de susceptibilitate la lichefiere, care să identifice arealele unde acest fenomen este posibil. Verdictul diagnostic, bazat pe datele existente, este că riscul de lichefiere este mediu și localizat strict în anumite zone, dar nu poate fi neglijat complet fără o analiză detaliată.

Factorii care condiționează apariția lichefierii sunt: 1. Factorul seismic: intensitatea și durata mișcării seismice. Pentru Borsec, se consideră accelerația de proiectare $a_g=0.10g$; 2. Factorul geologic: prezența unor straturi de nisipuri, în special nisipuri fine și medii, cu o îndesare redusă sau medie; 3. Factorul hidrogeologic: prezența unui nivel de apă subterană care saturează aceste depozite nisipoase, în general la adâncimi mai mici de 10-15 metri. Efectul principal al lichefierii este transformarea pământului într-un fluid dens, care nu mai poate susține încărcările de la fundații, ducând la tasarea și înclinarea severă a clădirilor, ridicarea la suprafață a structurilor îngropate (cămine, rezervoare) sau la apariția unor "vulcanizări" de nisip la suprafața terenului. Forajele F1 și F4, executate în lunca Pârâului Vinului, au confirmat prezența unor astfel de straturi de nisip saturat, creând premisele pentru o analiză de detaliu.

Metodologia de evaluare a potențialului de lichefiere, la scara unui PUG, este una semi-cantitativă și se bazează pe metode simplificate, recunoscute internațional (normativ P 100-3). Procesul a inclus: 1. Identificarea stratelor potențial lichefiabile pe baza datelor din foraje (granulometrie, descriere litologică); 2. Estimarea îndesării acestor straturi, pe baza corelațiilor empirice cu datele disponibile; 3. Corelarea acestor date cu adâncimea nivelului apei subterane. Criteriile de clasificare a hazardului au fost: A. Hazard Ridicat: zone cu nisipuri fine, afânate,

saturate, situate la adâncimi mici, unde calculul simplificat indică un factor de siguranță la lichefiere subunitar; B. Hazard Mediu: zone cu nisipuri de îndesare medie sau unde nivelul apei este mai adânc, rezultând un factor de siguranță supraunitar, dar redus; C. Hazard Redus: zone unde depozitele nisipoase lipsesc, sunt îndesate, sunt nesaturate sau se află la adâncimi mari. Această abordare permite o primă triere a teritoriului și concentrarea atenției asupra zonelor cu risc real.

Distribuția spațială a hazardului la lichefiere este strict limitată la perimetrul unității geotehnice UG1, respectiv la luncile pâraurilor principale, unde se întrunesc condițiile de litologie și hidrogeologie necesare. *KILOCAROURILE* cele mai expuse sunt [X10, Y05] și [X11, Y05], în special *HECTACAROURILE* adiacente cursului de apă, unde depozitele aluvionare nisipoase sunt mai dezvoltate și nivelul freatic este mai aproape de suprafață. Versanții și platourile, alcătuite din depozite argiloase sau roci de bază, nu prezintă risc de lichefiere. Implicația pentru RLU este clară: pentru perimetrele identificate cu hazard mediu sau ridicat la lichefiere, orice autorizație de construire pentru clădiri din clasele de importanță I și II trebuie să fie condiționată de realizarea unui studiu geotehnic care să includă o analiză specifică a potențialului de lichefiere, conform prevederilor normativului P 100-3. De asemenea, se pot reglementa limitări privind tipul de construcții sau impunerea unor soluții de fundare specifice, precum piloți sau îmbunătățirea terenului.

6.4. Hărți de Hazard Geotehnic

CONSTATARE FACTUALĂ: Sinteza tuturor analizelor de hazard prezentate anterior se materializează într-un set de documente cartografice esențiale pentru planificarea urbanistică.

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesar să se prezinte aceste informații complexe într-un format vizual, intuitiv și direct utilizabil de către urbaniști, arhitecți și autorități.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Se elaborează trei hărți de hazard tematice și o hartă de sinteză: 1. Harta de hazard la tasare; 2. Harta de hazard la umflare-contrație; 3. Harta de hazard la lichefiere; 4. Harta de sinteză a hazardelor geotehnice. Fiecare hartă utilizează o legendă cromatică standardizată (verde pentru hazard redus, galben pentru hazard mediu, roșu pentru hazard ridicat), permițând o identificare vizuală imediată a zonelor cu probleme. Aceste hărți sunt instrumente de lucru fundamentale, cu implicații directe în PUG și RLU.

Elaborarea hărților de hazard în format GIS (Sistem Informațional Geografic) asigură precizia, actualizarea și interoperabilitatea acestora. Faptul concret este că fiecare zonă de hazard este un poligon georeferențiat, având attribute specifice stocate într-o bază de date. Problema pe care o

rezolvă această abordare este capacitatea de a suprapune hărțile de hazard cu alte straturi de informație, precum planul cadastral, rețelele de utilități sau planurile de dezvoltare propuse. Consecința este posibilitatea de a realiza analize spațiale complexe. De exemplu, se poate interoga sistemul pentru a obține lista tuturor parcelelor cadastrale care se suprapun peste o zonă cu hazard la alunecări ridicat sau lungimea de rețea de apă care traversează o zonă cu potențial de lichefiere. Implicația este o creștere exponențială a eficienței în procesul de planificare și de management al riscurilor. Toate localizările pe hărți vor utiliza sistemul GRILA TKHC, cu referințe la KILOCAROURI și HECTACAROURI.

Harta de sinteză a hazardelor geotehnice reprezintă documentul final cel mai important al acestui capitol, agregând informațiile din hărțile tematice. Metodologia de elaborare a acestei hărți a constat în suprapunerea hărților individuale și aplicarea unei reguli de tip "cel mai restrictiv factor". Astfel, o zonă care prezintă un hazard mediu la tasare și un hazard ridicat la lichefiere va fi încadrată pe harta de sinteză în clasa de hazard ridicat. Problema este de a evita o generalizare excesivă, dar de a oferi în același timp o imagine clară și prudentă asupra constrângerilor. Consecința este o hartă care evidențiază "punctele fierbinți" din punct de vedere geotehnic, zonele unde se cumulează mai multe tipuri de hazard. Această hartă devine instrumentul principal pentru fundamentarea zonificării geotehnice, care va fi prezentată în capitolul următor, și pentru definirea unităților teritoriale de referință (UTR) în cadrul RLU. Ea traduce un volum mare de date tehnice într-un mesaj clar și direct: "aici trebuie să fim atenți".

7. ZONIFICAREA GEOTEHNICĂ A TERITORIULUI

CONSTATARE FACTUALĂ: Sinteza analizelor de hazard, detaliate în capitolele anterioare, permite clasificarea teritoriului UAT Borsec în unități distincte de construibilitate.

PROBLEMĂ CLARĂ: Transpunerea datelor analitice complexe, precum hărțile de hazard la tasare, umflare-contrație și lichefiere, într-un instrument de planificare urbanistică simplu, operațional și direct aplicabil în procesul de avizare și autorizare.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Elaborarea Hărții de Zonificare Geotehnică este imperativă. Acest document de sinteză va sta la baza definirii condițiilor de construire în Regulamentul Local de Urbanism, transformând datele științifice într-un set de reguli administrative clare și asigurând o dezvoltare urbană sigură.

Metodologia de elaborare a zonificării geotehnice se fundamentează pe principiul suprapunerii și corelării factorilor de risc, asigurând o abordare integrată și prudentă. Instrumentul principal utilizat a fost un sistem informațional geografic (GIS), în care au fost suprapuse straturile de informație privind: 1. condițiile litologice și geotehnice; 2. condițiile hidrogeologice; 3. hazardele geotehnice specifice (tasare, umflare-contrație, lichefiere); 4. panta terenului, derivată din modelul digital. Ipoteza de lucru este că, prin combinarea acestor factori, se poate obține o imagine completă a favorabilității teritoriului pentru construire. Criteriile de selecție și de ierarhizare a zonelor s-au bazat pe pragurile și metodologiile definite în normativele tehnice în vigoare, precum NP 074 și P 100-3. Modul de corelare a implicat o analiză multicriterială, în care fiecărui factor i s-a atribuit o pondere în funcție de importanța sa, permițând o clasificare obiectivă a teritoriului în zone distincte de construibilitate.

7.1. Criterii și Metodologie de Zonificare

CONSTATARE FACTUALĂ: Zonificarea geotehnică a teritoriului UAT Borsec se fundamentează pe o matrice de criterii derivată din normativele tehnice și corelată cu datele de hazard identificate în capitolele 4, 5 și 6.

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesară traducerea interacțiunii complexe dintre litologie, apă, relief și riscuri într-un set de reguli de clasificare simple și obiective.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Se adoptă o metodologie de analiză multicriterială, care evaluează fiecare unitate teritorială pe baza a patru criterii principale, fiecare cu propriile sale praguri: 1. Caracteristicile terenului de fundare (litologie, compresibilitate, prezența pământurilor active); 2. Condițiile hidrogeologice (adâncimea nivelului freatic); 3. Nivelul de hazard geotehnic

specific (tasare, umflare-contrație, lichefiere); 4. Panta terenului. Fiecare zonă delimitată pe hartă va avea o "fișă de identitate" bazată pe acești parametri, justificând transparent încadrarea într-o clasă de construibilitate.

Primul criteriu, caracteristicile terenului de fundare, reprezintă fundamentul analizei, clasificând pământurile și rocile pe baza competenței lor geotehnice, utilizând datele din capitolul 4. Constatarea este că teritoriul Borsec prezintă o varietate mare, de la roci vulcanice competente la prafuri argiloase moi și compresibile. Problema este cuantificarea acestei varietăți. Soluția constă în clasificarea terenurilor în trei categorii principale: A. Terenuri bune, caracterizate prin capacitate portantă ridicată și compresibilitate redusă (ex: roca din UG3, pietrișurile îndesate din baza UG1); B. Terenuri medii, cu caracteristici moderate (ex: prafuri argiloase de consistență medie, nisipuri mediu îndesate din UG2); C. Terenuri slabe, cu capacitate portantă redusă și compresibilitate mare (ex: argile moi și prafuri saturate din UG1, cu $M < 5.000$ kPa). Această clasificare stă la baza evaluării favorabilității, iar fiecare unitate teritorială, la nivel de HECTA_CAROU, primește un scor pe baza acestui criteriu.

Criteriul hidrogeologic, detaliat în capitolul 5, adaugă o dimensiune esențială analizei. Constatarea este că adâncimea nivelului freatic variază semnificativ, de la sub 2 metri în zonele de luncă la peste 10 metri pe versanți, fiind un factor activ ce modifică drastic comportamentul terenului. Problema este impactul acestei variații asupra condițiilor de fundare. Consecința este introducerea a trei clase de risc hidrogeologic: A. Risc redus: nivel freatic la adâncime mare (> 6 m), fără influență asupra fundațiilor de suprafață; B. Risc mediu: nivel freatic la adâncimi moderate (3-6 m), necesitând precauții pentru subsoluri; C. Risc ridicat: nivel freatic superficial (< 3 m), care impune soluții de hidroizolare și drenaj, afectând negativ capacitatea portantă. Acest criteriu este deosebit de important în KILO_CAROURILE ce acoperă "Borsecul de Jos", [X10, Yo5] și [X11, Yo5], unde interacțiunea cu apele subterane este o constrângere majoră.

Al treilea criteriu integrează direct concluziile analizelor de hazard din capitolul 6. Constatarea este că anumite zone, deși pot avea un teren de fundare aparent bun, sunt afectate de hazarde specifice care compromit construibilitatea. Problema este agregarea acestor hazarde (tasare, umflare-contrație, lichefiere) într-un indicator sintetic. Consecința este crearea unui scor de hazard compozit pentru fiecare HECTACAROU, atribuind fiecărui hazard un scor (0 pentru redus, 1 pentru mediu, 2 pentru ridicat) și calculând o sumă ponderată. Un HECTACAROU cu hazard mediu la tasare (scor 1) și hazard ridicat la lichefiere (scor 2) va avea un scor de hazard total ridicat. Implicația este că prezența unui singur hazard de nivel ridicat este suficientă pentru a încadra o

zonă într-o clasă de construibilitate inferioară, chiar dacă celelalte criterii sunt favorabile, aplicând astfel principiul prudenței.

Panta terenului, deși un parametru topografic, este inclusă ca un criteriu geotehnic esențial datorită influenței sale asupra stabilității versanților și a costurilor. Constatarea este că relieful din Borsec variază de la zone plane la versanți abrupti. Problema este stabilirea unor praguri relevante pentru planificare. Consecința este definirea a patru clase de pantă: A. Sub 5% (favorabilă); B. Între 5% și 15% (construire posibilă cu măsuri moderate de sistematizare); C. Între 15% și 25% (construire dificilă, necesită studii de stabilitate și lucrări de sprijin); D. Peste 25% (neconstruibilă în condiții uzuale). Acest criteriu devine restrictiv în zonele de extindere a intravilanului pe versanți, precum cele din KILO_CAROURILE [X12, Yo6] și [X13, Yo7], și va fi utilizat pentru a limita densitatea și tipul construcțiilor.

Metodologia de sinteză finală constă într-un proces de suprapunere ponderată a hărților tematice corespunzătoare celor patru criterii într-un mediu GIS. Pentru fiecare HECTA_CAROU, s-a calculat un scor de favorabilitate geotehnică printr-o formulă ce integrează scorurile parțiale, acordând cea mai mare pondere criteriului de hazard specific, urmat de caracteristicile terenului de fundare, pantă și condițiile hidrogeologice. Acest proces este descris narativ, deoarece inserarea unei formule matematice nu este posibilă în acest format. Pe baza scorului final, teritoriul a fost împărțit în trei zone principale: Zona Favorabilă (Zf), Zona cu Condiționări (Zc) și Zona cu Restricții Severe sau Interdicție (Zr). Această abordare cantitativă asigură obiectivitatea și transparența procesului de zonificare, permițând o justificare tehnică solidă pentru fiecare încadrare.

7.2. Harta de Zonificare Geotehnică și Descrierea Zonelor

CONSTATARE FACTUALĂ: Aplicarea metodologiei multicriteriale a condus la elaborarea Hărții de Zonificare Geotehnică a teritoriului UAT Borsec.

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesară transpunerea acestei analize complexe într-un limbaj vizual accesibil și o descriere detaliată a fiecărei zone, pentru a oferi un instrument operațional clar.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Harta, prezentată descriptiv în absența posibilității de inserare a unei imagini, va sta la baza reglementărilor din RLU. Aceasta delimitează cele trei categorii de construibilitate, fiecare descrisă în detaliu, cu referire la KILOCAROURI și HECTACAROURI specifice, asigurând o aplicabilitate directă în procesul de autorizare.

Zona Favorabilă Construirii (Zf) cuprinde arealele unde toți indicatorii analizați prezintă valori optime, totalizând un procent redus din suprafața intravilanului. Constatarea este că aceste zone se suprapun în principal peste platourile structurale cu rocă competentă la mică adâncime (UG3) și peste terasele superioare ale pâraurilor. Un exemplu reprezentativ este platoul situat în KILO_CAROUL [X13, Yo8]. Problema geotehnică în aceste zone este practic inexistentă la scara PUG. Consecința este că se poate construi în condiții normale, respectând normativele generale de proiectare. Implicația pentru RLU este că pentru Zona Favorabilă (Zf) nu se impun condiționalități geotehnice suplimentare, dar se menține obligativitatea legală a elaborării unui studiu geotehnic la nivel de parcelă, conform NP 074.

Zona cu Condiționări (Zc) reprezintă cea mai extinsă categorie și include majoritatea zonelor construite sau destinate dezvoltării. Constatarea este că aceste areale sunt caracterizate prin prezența unuia sau a mai multor factori de risc de nivel mediu, precum un strat compresibil, un nivel freatic la adâncime moderată, un potențial mediu de umflare-contrație sau pante între 5% și 15%. Exemple tipice sunt zonele rezidențiale din "Borsecul de Jos", localizate în KILO_CAROURILE [X10, Yo5] și [X11, Yo5]. Consecința este că, în Zona cu Condiționări (Zc), construirea este permisă, dar strict condiționată de elaborarea unor studii geotehnice aprofundate. Implicația pentru RLU este introducerea unor articole specifice care să detalieze aceste cerințe, precum obligativitatea analizei potențialului de lichiefiere, necesitatea soluțiilor de fundare adaptate la tasări diferențiate sau impunerea unor măsuri de management al apelor pluviale.

Descrierea detaliată a condiționărilor din Zona Zc este esențială pentru o planificare corectă. De exemplu, în HECTACAROUL [X11, Yo5] $\cdot (\Delta X=400m, \Delta Y=300m)$, unde forajul F2 a indicat un strat de praf argilos de circa 4 metri grosime, problema dominantă este hazardul mediu la tasare. Aici, RLU ar trebui să impună o presiune maximă pe teren limitată sau utilizarea radierelor generale. Într-o altă zonă, precum HECTACAROUL [X12, Yo6] $\cdot (\Delta X=700m, \Delta Y=500m)$, panta de 12% este factorul condiționant principal. Aici, reglementările ar trebui să vizeze limitarea înălțimii clădirilor și obligativitatea prevederii unor soluții de sprijinire. Următorul tabel sintetizează aceste condiționări:



Condiționare (Hazard Mediu)	Zone Specifice (Exemple HECTA_CAROU)	Recomandări Specifice pentru RLU
Tasare	[X11, Y05] · ($\Delta X=400m$, $\Delta Y=300m$)	Limitarea presiunii pe teren; obligativitatea fundațiilor de tip radier sau grinzi continue. Calcul de tasări obligatoriu.
Umflare-Contractie	[X12, Y07] · ($\Delta X=800m$, $\Delta Y=100m$)	Fundare sub adâncimea de variație a umidității; trotuare perimetrale etanșe; management controlat al apelor pluviale.
Lichefiere	[X10, Y05] · ($\Delta X=800m$, $\Delta Y=200m$)	Analiză specifică a potențialului de lichefiere obligatorie; interzicerea construcțiilor din clasele de importanță I și II.
Pantă (5-15%)	[X12, Y06] · ($\Delta X=700m$, $\Delta Y=500m$)	Calcul de stabilitate generală obligatoriu; limitarea săpăturilor la baza versantului; lucrări de drenaj și sprijinire.

Figură 5- Tabel Recomandări RLU, Sursă: Proiectant

Zona cu Restricții Severe sau Interdicție de Construire (Zr) delimitează perimetrele cele mai vulnerabile. Constatărea este că aceste zone corespund ariilor cu hazard geotehnic ridicat. Problema este asigurarea siguranței publice. Consecința este o reglementare foarte strictă. Zonele incluse aici sunt: A. Versanții cu pante de peste 25% și cei cu potențial activ de alunecare, identificați în KILOCAROU [X13, Y07]; B. Zonele cu hazard ridicat la lichefiere din lunca Pârâului Vinului, în HECTACAROU [X10, Y05] · ($\Delta X=800m$, $\Delta Y=200m$); C. Ariile unde se cumulează mai multe hazarde. Implicația pentru PUG este că aceste zone vor fi excluse din perimetrele construibile sau încadrate în categorii funcționale compatibile (spații verzi, păduri de protecție). Orice excepție se va trata prin PUZ, pe baza unei expertize tehnice.

Harta de zonificare geotehnică nu este un document static. Constatărea este că ea nu elimină necesitatea investigațiilor la scara parcelei. Problema este asigurarea utilizării sale corecte, ca instrument de avertizare. Consecința este consolidarea în RLU a obligativității studiului geotehnic pentru TOATE construcțiile noi. Implicația este că harta va servi ca ghid pentru stabilirea exigențelor acestor studii: investigații standard în Zona Favorabilă (Zf), investigații suplimentare (foraje mai dese, analize specifice) în Zona cu Condiționări (Zc) și expertize tehnice în Zona cu Restricții (Zr). Această abordare ierarhizată asigură o utilizare eficientă a resurselor și un nivel de siguranță adecvat, pregătind terenul pentru integrarea celorlalte riscuri naturale.

8. ANALIZA RISCURILOR NATURALE CONEXE (SEISM, INUNDAȚII, ALUNECĂRI)

CONSTATARE FACTUALĂ de la care pornește acest capitol este interdependența riscurilor naturale care afectează teritoriul orașului Borsec, unde un hazard geotehnic este rareori un fenomen izolat.

PROBLEMĂ CLARĂ pe care o adresează este necesitatea unei analize integrate, care să depășească abordarea sectorială și să coreleze riscurile geotehnice (tasări, umflări, lichefiere), detaliate anterior, cu alte trei riscuri naturale majore relevante pentru zonă: riscul seismic, riscul la inundații și riscul la alunecări de teren.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG: O planificare urbanistică robustă nu se poate baza doar pe o hartă a construibilității geotehnice, ci necesită o suprapunere și o înțelegere a modului în care aceste hazarde se pot cumula sau potența reciproc, generând un nivel de risc total mai mare decât suma părților.

Metodologia acestui capitol se bazează pe principiul analizei multi-risc, corelând date și metode din discipline diferite pentru a obține o imagine de ansamblu coerentă. Instrumentele utilizate sunt sistemele GIS, în care au fost suprapuse hărțile de hazard geotehnic cu: 1) datele de zonare seismică conform normativului P100-1/2013; 2) hărțile de hazard la inundații pentru diverse perioade de revenire; 3) o hartă de susceptibilitate la alunecări de teren, elaborată pe baza datelor geologice și a modelului digital al terenului. Ipoteza de lucru este că interacțiunile dintre aceste hazarde sunt critice; de exemplu, un cutremur poate declanșa alunecări de teren, iar ploile torențiale pot exacerba atât riscul de inundații, cât și instabilitatea versanților. Criteriul de analiză este identificarea zonelor de suprapunere a hazardelor, pentru a delimita perimetrele cu cel mai ridicat grad de vulnerabilitate. Modul de corelare constă în evaluarea impactului unui hazard asupra condițiilor de manifestare a altuia, pregătind astfel fundamentul pentru o reglementare urbanistică prudentă și integrată.

8.1. Risc seismic

CONSTATARE FACTUALĂ, conform normativului P100-1/2013, este că orașul Borsec se încadrează într-o zonă seismică de calcul caracterizată de o accelerație a terenului pentru proiectare de $a_g = 0,10g$ și o perioadă de colț $T_c = 0,7$ s.

PROBLEMĂ CLARĂ care derivă de aici nu este nivelul în sine al hazardului seismic, considerat moderat, ci potențialul de amplificare locală a mișcării seismice și de declanșare a unor fenomene geotehnice induse de cutremur.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG: Este necesară transcenderea simplei preluări a valorii de zonare și analiza modului în care condițiile geotehnice locale, descrise în capitolele anterioare, pot modifica acest hazard de bază. Astfel, analiza se concentrează pe două aspecte critice: evaluarea efectelor de sit (amplificarea undelor seismice) și analiza potențialului de lichefiere a depozitelor nisipoase saturate, ambele fiind esențiale pentru o microzonare seismică corectă și pentru fundamentarea unor reglementări urbanistice specifice.

Efectele locale de amplificare seismică reprezintă o preocupare majoră în zonele cu o geologie complexă precum cea a Borsecului. Cauza este contrastul de rigiditate dintre roca de bază, mai competentă, și depozitele sedimentare de acoperire, mai moi, care pot intra în rezonanță și pot amplifica semnificativ mișcarea seismică la suprafață. Efectele posibile sunt o creștere a forțelor orizontale care acționează asupra clădirilor, depășind valorile considerate în proiectarea standard. Datele din foraje, care au evidențiat prezența unor pachete de prafuri argiloase și argile de consistență redusă, cu grosimi de până la 5-6 metri, în special în unitatea geotehnică UG1, sugerează un potențial mediu de amplificare.

Unitate Geotehnică	Litologie Dominantă	Potențial de Amplificare Seismică (estimat)	Justificare
UG1	Prafuri argiloase, argile moi, nisipuri afânate	Mediu spre Ridicat	Contrast mare de impedanță cu roca de bază; posibilitatea de rezonanță.
UG2	Depozite deluviale argiloase, rocă alterată	Redus spre Mediu	Strat de acoperire de grosime moderată, cu rigiditate variabilă.
UG3	Rocă vulcanică sau carbonatică la mică adâncime	Foarte Redus	Amplasament pe stâncă, condiții de sit ideale conform P100-1/2013.

Figură 6-Tabel Unități Geotehnice, Sursă: Proiectant

IMPLICAȚIE PUG: În absența unor studii de microzonare seismică detaliate, se recomandă o abordare prudentă, prin încadrarea zonelor corespunzătoare UG1 într-o clasă superioară de risc seismic sau prin impunerea, prin RLU, a unor studii de evaluare a răspunsului seismic al amplasamentului pentru construcțiile importante (clasele I și II) sau vulnerabile (clădiri înalte, structuri flexibile).

Un alt hazard geotehnic direct indus de un seism este lichefierea, analizată preliminar în capitolul 6. Constatarea este că în lunca Pârâului Vinului, în special în KILO_CAROURILE [X10, Y05] și [X11, Y05], există o suprapunere a celor trei factori necesari pentru declanșarea acestui fenomen: 1. prezența unor straturi de nisipuri fine și medii, confirmate de forajele F1 și F4; 2. un nivel de apă subterană superficial, care saturează aceste depozite; 3. o acțiune seismică de calcul $ag = 0,10g$. Problema este că lichefierea poate duce la pierderea completă a capacității portante a terenului, cu efecte devastatoare asupra clădirilor. Consecința este că aceste zone trebuie considerate ca având o susceptibilitate la lichefiere medie spre ridicată. Implicația directă pentru Regulamentul Local de Urbanism este necesitatea introducerii unor reglementări stricte: interzicerea construirii de obiective de importanță excepțională și deosebită (clasele I și II) în aceste perimetre și condiționarea oricărei noi construcții de realizarea unei analize specifice a potențialului de lichefiere, care să fundamenteze soluțiile de fundare, ce pot include îmbunătățirea terenului, fundarea pe piloți sau soluții de fundare de suprafață compensate.

În afara efectelor de amplificare și lichefiere, un seism poate declanșa și hazarde geotehnice conexe, precum alunecările de teren sau tasările induse de vibrații. Problema este evaluarea acestei probabilități de declanșare în lanț. Versanții aflați într-o stare de echilibru limită pot fi destabilizați de forțele seismice, ducând la alunecări bruște și extinse. Zonele identificate în secțiunea 8.3 ca având o susceptibilitate ridicată la alunecări de teren trebuie considerate ca fiind și mai periculoase în context seismic. De asemenea, pământurile necoezive afânate, chiar dacă nu lichefiază, pot suferi un proces de îndesare sub acțiunea vibrațiilor, generând tasări bruște și inegale la suprafața terenului. Consecința este că analiza riscului seismic trebuie să fie una integrată, care să ia în considerare toate aceste fenomene interconectate. Implicația pentru PUG este că hărțile de hazard seismic trebuie suprapuse cu cele de hazard la alunecări și tasări, iar reglementările pentru zonele de intersecție trebuie să fie cumulate și să reflecte cel mai restrictiv scenariu posibil, asigurând o abordare "fail-safe" în planificare.

8.2. Risc la inundații

CONSTATARE FACTUALĂ: Conform analizei hidrologice, este că zonele de luncă ale principalelor cursuri de apă care traversează Borsecul, în special Pârâul Vinului, sunt expuse riscului la inundații.

PROBLEMĂ CLARĂ nu este doar prezența acestui hazard hidrologic, ci interacțiunea sa complexă cu condițiile geotehnice și hidrogeologice. O viitură nu înseamnă doar acoperirea terenului cu apă, ci și o modificare bruscă și semnificativă a condițiilor din subteran.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG: Analiza riscului la inundații trebuie să depășească simpla delimitare a zonelor inundabile și să evalueze impactul geotehnic conex, care include: 1. saturarea rapidă a terenului de fundare și reducerea capacității sale portante; 2. creșterea presiunii apei în pori și scăderea stabilității versanților adiacenți; 3. declanșarea unor procese de eroziune a malurilor și de afuiere a fundațiilor.

Impactul direct al unei inundații asupra condițiilor de fundare este o problemă critică pentru siguranța construcțiilor din zonele de luncă, precum cele din KILO_CAROURILE [X10, Y05] și [X11, Y05]. Cauza este creșterea rapidă a nivelului apei freatice, care ajunge să satureze stratul de fundare. Acest fenomen are două efecte negative majore. Primul este reducerea rezistenței la forfecare a pământurilor, în special a celor coezive (argile, prafuri), care își pot pierde o parte din consistență. Al doilea, și mai periculos, este dezvoltarea subpresiunii apei asupra fundațiilor și a subsolurilor, care poate duce la ridicarea și chiar flotarea structurilor ușoare. Implicația pentru RLU este că, în zonele inundabile, pe lângă impunerea unei cote minime de construire peste nivelul viiturii, trebuie reglementate și condiții tehnice specifice pentru fundații, precum adoptarea unor soluții de fundare insensibile la acțiunea apei, prevederea unor sisteme de drenaj perimetral sau ancorarea clădirilor pentru a preveni flotarea.

Un alt efect major al inundațiilor este impactul asupra stabilității versanților riverani. Problema este că o creștere a nivelului apei într-un râu poate duce la o creștere corespunzătoare a nivelului apei subterane în versantul adiacent. La retragerea rapidă a apelor din albie (după viitură), apa acumulată în versant nu se poate drena suficient de repede, generând o presiune hidrodinamică suplimentară care poate declanșa alunecări de teren. Acest mecanism de "retragere rapidă" este o cauză frecventă a instabilităților în zonele de luncă. Consecința este că versanții adiacenți zonelor inundabile, chiar dacă au o pantă moderată, trebuie considerați ca având o susceptibilitate crescută la alunecări. Implicația pentru PUG este că harta de hazard la inundații trebuie utilizată și ca un strat de alertă pentru harta de susceptibilitate la alunecări, iar reglementările pentru construcțiile de la baza versanților trebuie să ia în considerare acest scenariu de risc cumulat, impunând, de exemplu, distanțe de siguranță mai mari față de piciorul taluzului sau realizarea unor lucrări de drenaj la baza versantului.

Procese de eroziune a malurilor și de afuiere locală în jurul fundațiilor (în special la poduri și podețe) reprezintă un alt risc geotehnic direct asociat cu inundațiile. Constatarea este că, în timpul viiturilor, viteza apei crește semnificativ, mărin d capacitatea sa de a eroda și transporta material solid. Problema este că această eroziune poate submina malurile, ducând la prăbușirea acestora, sau poate săpa în jurul fundațiilor, expunându-le și reducându-le capacitatea portantă. Consecința

este un risc de colaps structural pentru clădirile și infrastructurile amplasate prea aproape de mal. Implicația pentru reglementările urbanistice este necesitatea de a institui zone de protecție a malurilor, cu o lățime calculată în funcție de caracteristicile hidrologice și geotehnice ale albiei, în interiorul cărora construirea să fie interzisă. De asemenea, pentru poduri și alte lucrări de artă, este obligatorie proiectarea fundațiilor sub cota maximă de afuiere estimată și prevederea unor lucrări de protecție a picioarelor podului.

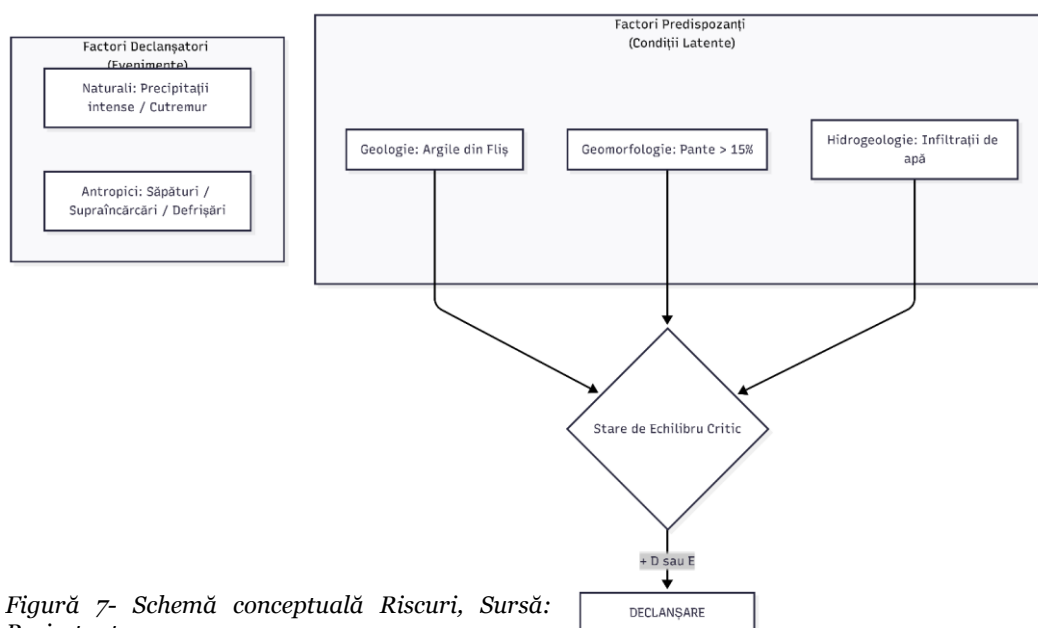
8.3. Analiza riscului la alunecări de teren

CONSTATARE FACTUALĂ, bazată pe modelul geologic și pe analiza reliefului, este că o parte semnificativă a teritoriului UAT Borsec, în special versanții modelați în formațiunile de fliș și în depozitele deluviale argiloase, prezintă o susceptibilitate naturală la alunecări de teren.

PROBLEMĂ CLARĂ pe care o adresează acest subcapitol este cartografierea acestei susceptibilități și analiza factorilor declanșatori, pentru a delimita zonele cu risc ridicat și a fundamenta măsurile de prevenire și control.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG: Elaborarea Hărții de Susceptibilitate la Alunecări de Teren este un demers esențial care va sta la baza instituirii unor reglementări severe de construire, de la condiționări tehnice speciale până la interdicția totală de construire în perimetrele cu instabilitate activă sau potențial ridicat de reactivare.

Factorii predispozanți care controlează susceptibilitatea la alunecări în zona Borsec sunt în principal de natură geologică și geomorfologică. Cauza fundamentală este prezența la mică adâncime a rocilor argiloase din formațiunile de fliș, care, prin alterare, produc pământuri cu rezistență la forfecare redusă și foarte sensibile la variațiile de umiditate. Acest substrat litologic, combinat cu pantele moderate spre abrupte ale reliefului, creează condițiile de bază pentru instabilitate. Problema este identificarea factorilor declanșatori, care pot fi naturali sau antropici. Factorii naturali principali sunt precipitațiile intense sau de lungă durată și cutremurele, ambii ducând la creșterea presiunii apei în pori și la reducerea rezistenței la forfecare. Factorii antropici, adesea decisivi în declanșarea alunecărilor locale, includ săpăturile neasigurate la baza versanților, supraîncărcarea părții superioare a versanților cu construcții sau depozite, defrișările și managementul necorespunzător al apelor de suprafață.



Figură 7- Schemă conceptuală Riscuri, Sursă: Proiectant

Metodologia de elaborare a hărții de susceptibilitate la alunecări a utilizat o abordare euristică, bazată pe analiza multicriterială în mediu GIS. Procesul a constat în suprapunerea și combinarea hărților tematice pentru principalii factori predispozanți, fiecăruia atribuindu-i-se o clasă de importanță. Factorii luați în considerare au fost: 1. Panta terenului (derivată din MDT), considerată factorul cel mai important; 2. Litologia de suprafață, cu ponderi mai mari pentru formațiunile argiloase; 3. Utilizarea terenului (pădurile având un rol stabilizator); 4. Distanța față de rețeaua hidrografică. Pe baza unui scor final calculat pentru fiecare unitate teritorială (HECTA_CAROU), teritoriul a fost împărțit în cinci clase de susceptibilitate: foarte redusă, redusă, medie, ridicată și foarte ridicată. Această hartă, deși nu are valoarea unei expertize tehnice, reprezintă un instrument de avertizare extrem de util la scara planificării generale, permițând identificarea zonelor care necesită investigații detaliate.

Distribuția spațială a zonelor cu susceptibilitate ridicată și foarte ridicată la alunecări de teren evidențiază arealele critice pentru dezvoltarea urbanistică a Borsecului. Aceste zone sunt concentrate pe versanții cu pante de peste 15% modelați în depozite deluviale argiloase, în special în KILO_CAROURILE [X12, Yo7], [X13, Yo7] și [Xo9, Yo6]. Implicația directă pentru PUG este că aceste perimetre trebuie să facă obiectul unor reglementări speciale. Pentru zonele cu susceptibilitate foarte ridicată, în special acolo unde există dovezi de instabilitate activă, se recomandă instituirea interdicției totale de construire. Pentru zonele cu susceptibilitate ridicată, construirea ar trebui permisă doar în mod condiționat, pe baza unei expertize tehnice elaborate de

*Actualizarea Planului Urbanistic General al Orașului Borsec
Studiu privind Condițiile Climatice, Geotehnice și Hidrogeologice*

un expert atestat, care să confirme stabilitatea locală a amplasamentului și să definească măsurile de siguranță și monitorizare necesare. Aceste măsuri pot include lucrări de drenaj, ziduri de sprijin, piloți forți sau limitarea gabaritului construcțiilor, asigurând astfel o abordare responsabilă a riscului. Tranziția către capitolul următor va explora modul în care vulnerabilitatea resurselor de apă subterană adaugă un nou strat de complexitate acestei analize multi-risc.

9. VULNERABILITATEA LA POLUARE A RESURSELOR DE APĂ

CONSTATARE FACTUALĂ de la care pornește acest capitol este statutul dual al resurselor de apă din UAT Borsec: o resursă economică strategică (apele minerale) și un factor activ de risc geotehnic (apele freatice superficiale), ambele fiind vulnerabile la poluarea de suprafață.

PROBLEMĂ CLARĂ este absența unui cadru de reglementare urbanistică integrat, care să gestioneze această dublă vulnerabilitate și să prevină contaminarea surselor de apă, cu impact direct asupra sănătății publice și a viabilității economice a stațiunii.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU este necesitatea elaborării unei hărți de vulnerabilitate la poluare și a fundamentării unor perimetre de protecție sanitară stricte, care să fie transpuse în reguli clare în cadrul Regulamentului Local de Urbanism. Acest capitol, așadar, nu este un simplu studiu de mediu, ci un instrument esențial de management al riscului și de protecție a resursei care definește identitatea localității.

Metodologia de analiză a vulnerabilității se bazează pe corelarea spațială a factorilor care controlează transportul poluanților de la suprafață către acvifere. Instrumentul principal este sistemul GIS, în care au fost integrate și analizate următoarele straturi de date: (1) caracteristicile stratelor acoperitoare, extrase din fișele forajelor F1-F5 (permeabilitate, grosime, prezența stratelor de argilă protectoare); (2) adâncimea nivelului apei subterane, conform hărții hidroizohipselor; (3) panta terenului, care influențează viteza de infiltrare a apelor de suprafață; (4) utilizarea actuală a terenurilor, pentru identificarea surselor potențiale de poluare. Ipoteza de lucru este că zonele cele mai vulnerabile sunt cele în care un strat acoperitor subțire și permeabil se suprapune peste un nivel de apă freatică superficial. Criteriile de clasificare a vulnerabilității (redușă, medie, ridicată, foarte ridicată) se aliniază la o metodologie standard de analiză multicriterială a factorilor predispozanți. Acest cadru metodologic asigură o evaluare obiectivă și reproductibilă a riscului.

9.1. Analiza Vulnerabilității și Surse Potențiale de Poluare

CONSTATARE FACTUALĂ este că vulnerabilitatea la poluare a acviferelor din Borsec este direct dependentă de adâncimea la care se găsește apa și de natura geologică a stratelor care o protejează.

PROBLEMĂ CLARĂ este că, în special în zonele joase ale localității (luncile pâraurilor), acviferul freatic este extrem de expus. Datele din forajele F1, F2 și F4, amplasate în KILO_CAROURILE [X10, Y05] și [X11, Y05], indică un nivel al apei la mai puțin de 3 metri adâncime și o acoperire cu straturi de pietrișuri și nisipuri, care au o permeabilitate ridicată și, implicit, o capacitate de atenuare a poluării foarte redusă.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU este că orice deversare accidentală de poluanți în aceste zone poate ajunge rapid și aproape nefiltrată în pânza de apă freatică. Implicația pentru PUG este că aceste areale, deși atractive pentru dezvoltare datorită reliefului plan, trebuie considerate zone de risc ridicat din punct de vedere al protecției apelor și necesită reglementări stricte privind activitățile permise și, mai ales, modul de evacuare a apelor uzate.

CONSTATARE FACTUALĂ este că sursele potențiale de poluare a apelor subterane din Borsec sunt de natură diversă, fiind clasificate în surse punctuale și surse difuze. Sursele punctuale, mai ușor de identificat și controlat, sunt reprezentate în principal de fosele septice individuale sau de grup neconforme, pierderile din rețeaua de canalizare existentă, depozitele de materiale de construcții sau deșeuri menajere, și potențialele scurgeri de hidrocarburi de la stațiile de carburanți sau din zonele de parcare. Sursele difuze, mai greu de gestionat, includ utilizarea îngrășămintelor și pesticidelor în agricultură pe suprafețele restrânse, dejecțiile de la animalele din gospodării, și antrenarea poluanților atmosferici de către precipitații.

PROBLEMĂ CLARĂ este cumulara efectelor acestor surse, în special în zonele dens locuite și cu un acvifer freatic vulnerabil, cum este "Borsecul de Jos".

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU este un risc constant de contaminare a apei freatice cu nitrați, bacterii și alte substanțe nocive. Implicația pentru PUG este necesitatea unei duble abordări: reglementări stricte pentru activitățile noi (ex: interzicerea foselor septice nevidanjabile în perimetrele de protecție) și un plan de măsuri pe termen lung pentru eliminarea surselor de poluare existente (ex: extinderea rețelei de canalizare și racordarea tuturor locuințelor).

Tip Sursă	Exemple de Surse Potențiale de Poluare în Borsec	Impact Potențial
Punctuale	Fose septice neetanșe; Scurgeri din rețeaua de canalizare; Depozite de deșeuri neconforme; Scurgeri accidentale de la stații de carburanți.	Contaminare localizată, dar intensă, cu nitrați, bacterii, hidrocarburi.
Difuze	Îngrășămintele agricole; Dejecții de la animale; Antrenarea poluanților de pe carosabil (săruri, hidrocarburi).	Contaminare extinsă, dar cu concentrații mai mici, în special cu nitrați și poluanți organici.

Figură 8-Tabel Surse Potențiale de Poluare, Sursă: Proiectant

CONSTATARE FACTUALĂ este vulnerabilitatea excepțională a resurselor hidrominerale de adâncime. Aceste acvifere, deși situate la adâncimi mari, sunt conectate la suprafață prin intermediul unor sisteme de falii și fracturi, care le permit ascensiunea și mineralizarea.

PROBLEMĂ CLARĂ este că aceste căi preferențiale de circulație pot funcționa și în sens invers, permițând poluanților de la suprafață să pătrundă rapid în sistemul de adâncime, ocolind capacitatea naturală de filtrare a straturilor geologice.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU este că perimetrele din jurul izvoarelor minerale și zonele de intersecție a faliilor majore sunt considerate de o vulnerabilitate excepțională. Orice intervenție în aceste zone, de la construcții cu subsoluri adânci la foraje de orice natură sau lucrări care modifică relieful, prezintă un risc major de a perturba sau contamina ireversibil resursa strategică a stațiunii. Implicația este de o importanță capitală și impune cea mai restrictivă categorie de reglementare.

Pe baza analizei multicriteriale, Harta de vulnerabilitate la poluare a acviferului freatic delimitează teritoriul UAT Borsec în patru clase: foarte ridicată, ridicată, medie și redusă. Zonele cu vulnerabilitate foarte ridicată și ridicată se concentrează în luncile pâraurilor, în KILO_CAROURILE [X10, Y05], [X11, Y05] și [X12, Y06], suprapunându-se peste unitatea geotehnică UG1. Zonele cu vulnerabilitate medie corespund în mare parte versanților cu pante line acoperiți cu depozite deluviale, în timp ce zonele cu vulnerabilitate redusă sunt asociate cu arealele cu rocă la zi sau cu versanții abrupti, împăduriți. Această hartă devine un instrument central în procesul de planificare. Problema pe care o rezolvă este oferirea unei baze obiective pentru diferențierea reglementărilor urbanistice. Consecința este că fiecare propunere de dezvoltare va putea fi evaluată rapid în funcție de impactul său potențial asupra resurselor de apă, permițând o avizare mai rapidă și mai sigură a proiectelor compatibile și respingerea fundamentată a celor riscante.

9.2. Măsuri de Protecție și Propuneri de Perimetre Sanitare

CONSTATARE FACTUALĂ este că protejarea eficientă a resurselor de apă necesită o abordare normativă, transpusă spațial prin delimitarea unor zone de protecție.

PROBLEMĂ CLARĂ este că actualul PUG nu dispune de o astfel de reglementare detaliată și actualizată, bazată pe un studiu hidrogeologic recent.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU este propunerea de instituire a unor perimetre de protecție sanitară pentru toate sursele de apă potabilă și minerală, în conformitate cu legislația în vigoare, în special Legea Apelor nr. 107/1996 și Hotărârea de Guvern nr. 930/2005. Acest demers

nu este opțional, ci o obligație legală, esențială pentru garantarea sănătății publice și pentru protejarea pe termen lung a economiei locale bazate pe turismul balnear.

Propunerea de zonare se bazează pe delimitarea a trei tipuri de perimetre de protecție sanitară, fiecare cu un regim de restricții specific: 1. Zona de protecție sanitară cu regim sever (ZPS-RS), un perimetru restrâns în jurul captării (de regulă, 10-50 m), unde orice activitate umană, cu excepția celor de întreținere, este interzisă. 2. Zona de protecție sanitară cu regim de restricție (ZPS-RR), un perimetru mai larg, dimensionat astfel încât să asigure un timp de tranzit al apei subterane suficient de mare pentru atenuarea poluării microbiologice. Aici sunt interzise activitățile cu risc ridicat de poluare (fose septice, depozite de îngrășăminte, cimitire). 3. Perimetrul hidrogeologic, care acoperă o arie extinsă a bazinului de alimentare, unde se impun restricții pentru activități cu impact major asupra regimului apelor subterane (exploatare miniere, foraje de mare adâncime, lucrări de infrastructură care pot modifica drenajul). Problema practică este transpunerea acestor perimetre, calculate hidrogeologic, în limite cadastrale clare, pentru a putea fi aplicate în RLU.

Pentru fiecare sursă de apă importantă din Borsec, se propun perimetre de protecție specifice. De exemplu, pentru sursele de apă potabilă "7 Izvoare" și "Hanzker", situate în KILO_CAROU [X12, Y07], se propune instituirea unei zone cu regim sever de aproximativ 2 ha și a unei zone cu regim de restricție de circa 15 ha. În interiorul acestor zone, RLU va interzice amplasarea de noi construcții, cu excepția celor legate de sistemul de alimentare cu apă, și va impune condiții stricte pentru activitățile agricole existente. Pentru izvoarele de apă minerală, dat fiind caracterul lor strategic, se propune o abordare și mai restrictivă, corelată cu perimetrul de exploatare deja avizat. Harta cu propunerile de perimetre de protecție sanitară devine un document normativ, parte integrantă a PUG, iar nerespectarea regimului instituit va atrage sancțiuni conform legii.

Implementarea și respectarea acestor zone de protecție reprezintă o responsabilitate partajată între autoritatea locală, operatorul serviciilor de apă și proprietarii de terenuri. Constatarea este că simpla delimitare pe hartă nu este suficientă. Problema este asigurarea conformării în timp. Consecința este necesitatea implementării unui set de măsuri complementare: A. Măsuri administrative: includerea clară a restricțiilor în certificatele de urbanism și autorizațiile de construire, și realizarea de inspecții periodice pe teren; B. Măsuri tehnice: extinderea sistemului centralizat de canalizare pentru a elimina fosele septice din zonele de protecție, și amenajarea corespunzătoare a malurilor cursurilor de apă; C. Măsuri de monitorizare și informare: implementarea unui program de monitorizare a calității apei în puncte critice și derularea unor campanii de conștientizare a publicului privind importanța protejării resurselor de apă. Doar prin această abordare integrată se poate garanta eficacitatea pe termen lung a perimetrelor de protecție.

În concluzie, protecția calității resurselor de apă în Borsec transcende o simplă problemă de mediu; ea este o problemă de sănătate publică, de dezvoltare economică și de responsabilitate față de viitor. Propunerile de zonare și de reglementare din acest capitol constituie un pilon fundamental al noului PUG, creând un cadru care echilibrează necesitățile de dezvoltare cu obligația de a conserva o resursă naturală excepțională. Sinteza analizelor de vulnerabilitate și a propunerilor de protecție pregătește tranziția către capitolul următor, care va agrega toate constatările geotehnice și hidrogeologice într-un set de recomandări generale privind construibilitatea, oferind o viziune de ansamblu asupra modului în care teritoriul poate fi dezvoltat în mod sigur și durabil.

10. RECOMANDĂRI GENERALE PRIVIND CONSTRUIBILITATEA

Acest capitol transpune zonificarea geotehnică, prezentată anterior, într-un set de principii generale de construire, direct aplicabile în procesul de actualizare a Planului Urbanistic General și a Regulamentului Local de Urbanism pentru orașul Borsec. Fiecare zonă de constructibilitate – favorabilă, cu condiționări sau cu restricții – este tratată distinct, stabilind un cadru de reglementare clar, predictibil și fundamentat pe analizele de hazard.

Metodologia acestui capitol este una sintetică și normativ-orientativă, având ca scop traducerea datelor tehnice în reguli de planificare. Instrumentul principal este matricea de corelare între zonele de constructibilitate și seturile de recomandări, asigurând că fiecare principiu este direct legat de o condiție geotehnică sau de un nivel de hazard specific. Ipoteza de lucru este că o reglementare eficientă trebuie să fie proporțională cu nivelul de risc, evitând atât sub-reglementarea, care poate duce la vulnerabilități, cât și supra-reglementarea, care poate bloca nejustificat dezvoltarea. Criteriile de formulare a recomandărilor se bazează pe ierarhizarea măsurilor: (1) măsuri de evitare a riscului, acolo unde este posibil; (2) măsuri de reducere a riscului, prin condiționări tehnice; (3) măsuri de control și monitorizare, pentru a gestiona riscurile reziduale.

10.1. Principii Generale de Construire

CONSTATARE FACTUALĂ: Întreg teritoriul UAT Borsec, fiind situat într-o zonă montană cu o geologie complexă și activitate seismică de calcul $ag = 0,10g$, impune aplicarea unui set de principii generale de construire, indiferent de încadrarea într-o zonă specifică de constructibilitate.

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesară stabilirea unui cadru de siguranță fundamental, un "numitor comun" tehnic pentru orice viitoare dezvoltare, pentru a preveni abordările fragmentate sau sub-standard.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este obligatorie introducerea acestor principii ca reguli transversale în Regulamentul Local de Urbanism, aplicabile tuturor unităților teritoriale de referință (UTR). Aceste principii generale nu înlocuiesc recomandările specifice pe zone, ci le preced și le completează, asigurând un standard minim de calitate și siguranță pentru întreg fondul construit.

Primul principiu general este obligativitatea legală a elaborării unui studiu geotehnic pentru absolut orice construcție nouă, extindere sau modificare structurală, conform prevederilor normativului NP 074/2014. Problema pe care o adresează este riscul ca dezvoltatorii să omită această etapă esențială, în special pentru construcțiile considerate "minore", generând

vulnerabilități ascunse. Consecința este că nicio autorizație de construire nu poate fi emisă fără un studiu geotehnic avizat de un verficator de proiecte atestat pentru cerința Af. Implicația pentru RLU este introducerea unui articol explicit care să stipuleze această obligație, menționând clar că studiul geotehnic trebuie să fie adaptat ca amploare și conținut la complexitatea construcției și la încadrarea în Harta de Zonificare Geotehnică a PUG. De exemplu, pentru o construcție în Zona cu Condiționări (Zc), studiul va trebui să investigheze în mod obligatoriu hazardele specifice semnalate.

Al doilea principiu general se referă la managementul apelor de suprafață și subterane, o problemă critică în contextul geomorfologic al Borsecului. Constatarea este că majoritatea problemelor de instabilitate a terenului sunt declanșate sau agravate de prezența apei. Problema este prevenirea concentrării necontrolate a apelor pluviale și a infiltrațiilor în teren, care pot reduce capacitatea portantă sau pot crește riscul de alunecare. Consecința este că orice proiect nou trebuie să prevadă un sistem complet și corect dimensionat de colectare și evacuare a apelor meteorice de pe acoperișuri și platforme, dirijându-le către un emisar autorizat (rețea pluvială sau curs de apă), fără a le lăsa să se infiltreze liber în jurul fundațiilor sau pe versanți. Implicația pentru RLU este impunerea acestei cerințe ca obligatorie la autorizare și specificarea necesității de a menține și întreține sistemele de drenaj și de colectare a apelor existente în amonte de amplasament.

Un al treilea principiu fundamental vizează adaptarea la contextul seismic al zonei. Constatarea este că proiectarea structurală trebuie să respecte normativul P100-1/2013, considerând accelerația de calcul $a_g = 0,10g$. Problema este interacțiunea dintre structură, fundație și teren în timpul unui cutremur, care poate fi complexă și poate genera efecte de amplificare locală. Consecința este că toate construcțiile, inclusiv infrastructura, trebuie proiectate cu sisteme de fundare capabile să preia și să transmită la teren forțele seismice, evitând tasările diferențiate sau pierderea stabilității. Implicația pentru practica de proiectare este necesitatea unei colaborări strânse între inginerul geotehnician și inginerul structurist. Studiul geotehnic trebuie să furnizeze obligatoriu parametrii dinamici ai terenului și să evalueze potențialele efecte induse de seism, precum lichefierea sau instabilitatea versanților, pentru a permite o proiectare structurală corectă și sigură.

Al patrulea principiu se referă la execuția și monitorizarea lucrărilor geotehnice. Constatarea este că o proiectare corectă poate fi compromisă de o execuție necorespunzătoare, în special în cazul lucrărilor ascunse precum fundațiile sau lucrările de sprijin. Problema este asigurarea calității acestor lucrări. Consecința este că RLU trebuie să facă referire la obligativitatea respectării

legislației privind calitatea în construcții (Legea 10/1995), incluzând fazele determinante și verificările de calitate pe parcursul execuției. Implicația pentru autorizarea și urmărirea lucrărilor este necesitatea ca studiul geotehnic să specifice un program de monitorizare, în special pentru lucrările complexe sau amplasate în zone de risc. Acesta poate include urmărirea tasărilor, măsurarea deplasărilor pereților de sprijin sau monitorizarea nivelului apei subterane, asigurând că ipotezele de proiectare sunt confirmate de comportamentul real al structurii.

10.2. Recomandări pentru Zonele Favorabile (Zf)

CONSTATARE FACTUALĂ: Conform Hărții de Zonificare Geotehnică, există perimetre pe teritoriul Borsec care prezintă condiții optime pentru construire, denumite Zone Favorabile (Zf). Aceste zone, localizate în principal pe platourile cu rocă competentă la mică adâncime, cum ar fi cel din KILO_CAROUL [X13, Yo8], sunt caracterizate prin lipsa hazardelor geotehnice active și prin prezența unui teren de fundare cu capacitate portantă ridicată.

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesar să se definească un regim de construire care să valorifice acest potențial, menținând în același timp un nivel adecvat de siguranță, fără a impune condiționări tehnice nejustificate de costisitoare.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Se formulează recomandări generale care permit o dezvoltare eficientă, cu respectarea principiilor generale de construire. Implicația pentru RLU este că aceste zone pot fi desemnate pentru dezvoltări cu densitate mai mare sau pentru amplasarea unor obiective sensibile, beneficiind de cele mai bune condiții naturale.

Recomandarea principală pentru Zonele Favorabile (Zf) este permiterea fundării directe a construcțiilor, pe fundații de suprafață. Această abordare valorifică utilizarea celor mai simple și economice soluții de fundare: 1. fundațiile continue sub pereți; 2. fundațiile izolate sub stâlpi. Aceste soluții sunt posibile datorită capacității portante ridicate a terenului și a riscului foarte redus de tasări. Pentru construcțiile curente (P+1E, P+2E), nu sunt necesare măsuri speciale de fundare, ceea ce duce la o reducere a costurilor de infrastructură și o simplificare a procesului de proiectare. Chiar și în aceste condiții ideale, studiul geotehnic la nivel de parcelă rămâne obligatoriu pentru a confirma local condițiile bune de fundare și pentru a stabili adâncimea de îngheț, care în zona Borsec este de 1,00 - 1,10 m.

O altă recomandare importantă pentru zonele favorabile este legată de managementul săpăturilor. Terenurile bune de fundare, în special cele stâncoase sau cu pietrișuri îndesate, prezintă o stabilitate naturală ridicată, permițând realizarea de săpături verticale nesprijinite pe adâncimi limitate. Problema este stabilirea acestor limite în condiții de siguranță. Pentru săpături cu

adâncimi de până la 1,5 - 2,0 m, în condiții de teren uscat, este posibil să nu fie necesare lucrări de sprijinire, reducând costurile și timpul de execuție. Aceasta permite realizarea cu ușurință a subsolurilor sau demisolurilor. Totuși, orice săpătură mai adâncă sau care se execută în apropierea unor clădiri existente va necesita o analiză de stabilitate specifică și, eventual, soluții de sprijinire, conform normativului NP 120-2014.

În pofida condițiilor generale bune, trebuie menținută o abordare prudentă în ceea ce privește apele subterane. Chiar dacă în Zonele Favorabile nivelul freatic este, de regulă, la adâncime mare, pot exista situații locale particulare, precum apariția unor acvifere suspendate de mică adâncime și extindere redusă, cantonate în lentile de material mai puțin permeabil, sau a unor izvoare locale. Studiul geotehnic la nivel de parcelă trebuie să includă obligatoriu investigarea condițiilor hidrogeologice locale, prin cel puțin un foraj care să atingă o adâncime suficientă pentru a intercepta eventualele straturi acvifere. RLU va menține cerința de a analiza regimul apelor subterane pentru orice proiect, indiferent de încadrarea în zonificarea generală, pentru a preveni surprizele neplăcute în timpul execuției sau în exploatare.

10.3. Recomandări pentru Zonele cu Condiționări și Restricții (Zc, Zr)

CONSTATARE FACTUALĂ: Majoritatea teritoriului constructibil din Borsec se încadrează în Zona cu Condiționări (Zc) și, local, în Zona cu Restricții Severe (Zr), unde dezvoltarea este posibilă, dar necesită o abordare tehnică adaptată și măsuri specifice de reducere a riscurilor.

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesară reglementarea construirii în aceste zone pentru a asigura siguranța, fără a bloca nejustificat dezvoltarea.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Se impune formularea unui set de recomandări ierarhizate care să devină condiții obligatorii în procesul de autorizare. Fiecare tip de hazard identificat (tasare, umflare-contrație, lichefiere, pantă) este transpus într-o cerință tehnică specifică, creând un cadru de reglementare flexibil și bazat pe risc, care ghidează proiectanții către soluțiile adecvate.

Pentru zonele din Zc afectate de hazard mediu la tasare, concentrate în KILO_CAROURILE [X10, Y05] și [X11, Y05], recomandarea principală este controlul tasărilor diferențiate. O fundare rigidă pe un teren compresibil poate duce la deformații inegale și la avarierea structurii, de aceea este necesară adoptarea unor soluții de fundare care să rigidizeze infrastructura clădirii. Se recomandă:

- a) utilizarea generalizată a fundațiilor continue de tip grindă din beton armat sub toți pereții structurali;
- b) pentru clădirile cu deschideri mari sau cu structură pe stâlpi, se recomandă adoptarea soluției de fundare pe radier general;
- c) pentru construcții înalte sau sensibile la tasări,

studiul geotehnic va analiza oportunitatea utilizării fundațiilor indirecte (piloți). Implicația pentru RLU este că, în aceste perimetre, soluțiile de fundare izolate vor fi interzise, iar studiile geotehnice vor trebui să conțină obligatoriu un capitol de calcul al tasărilor.

În arealele din Zc cu hazard mediu la umflare-contrație, precum cele din HECTA_CAROUL [X12, Yo6] · ($\Delta X=700\text{m}$, $\Delta Y=500\text{m}$), unde au fost identificate argile active, recomandările vizează minimizarea variațiilor de umiditate din terenul de fundare. Alternanța uscare-umezire produce mișcări ciclice ale terenului, de aceea se impun măsuri constructive specifice. Acestea includ: 1) Fundarea construcțiilor sub adâncimea de variație sezonieră a umidității, estimată în zona Borsec la circa 1,5 - 2,0 m; 2) Realizarea unor trotuare perimetrice etanșe, cu o lățime de cel puțin 1,0 m, pentru a limita infiltrarea apei din precipitații lângă fundație; 3) Colectarea și evacuarea controlată a apelor de pe acoperiș la distanță de clădire. Aceste măsuri devin obligatorii și trebuie clar specificate în proiectul tehnic la autorizare.

Pentru zonele din Zc cu pante între 5% și 15% și, în special, pentru cele din Zr cu pante de peste 15%, recomandările se concentrează pe asigurarea stabilității generale a amplasamentului, deoarece orice săpătură sau umplutură poate modifica echilibrul natural al versantului.

Consecința este că studiul geotehnic pentru aceste zone trebuie să conțină obligatoriu un calcul de stabilitate generală a versantului în diverse etape (înainte, în timpul și după execuția construcției). Se recomandă: a) limitarea săpăturilor la baza versanților și a umpluturilor în partea superioară; b) realizarea platformelor de construire prin terasări sprijinite cu ziduri de susținere, corect dimensionate și drenate; c) interzicerea defrișărilor pe suprafețe mari.

Implicația pentru RLU este posibilitatea de a corela regimul de construire (POT, CUT, Hmax) cu clasa de pantă, introducând regimuri mai restrictive pentru pantele mai mari.

În Zonele cu Restricții Severe (Zr), unde hazardele sunt de nivel ridicat (alunecări active, lichefiere, pante >25%), principiul de bază este evitarea construirii. În anumite situații excepționale, de utilitate publică, poate fi necesară traversarea sau amplasarea unor obiective în aceste zone. Orice intervenție în Zr este interzisă prin PUG, cu excepția cazurilor temeinic justificate, care trebuie aprobate prin PUZ și avizate pe baza unei expertize tehnice de specialitate. RLU va defini aceste zone ca având interdicție de construire pentru locuințe și funcțiuni civile curente. Pentru eventualele lucrări de infrastructură strategică, expertiza tehnică va trebui să demonstreze fezabilitatea soluțiilor de siguranță (care pot include lucrări masive de consolidare, piloți de diametru mare, îmbunătățirea terenului în profunzime) și să confirme că riscul rezidual este acceptabil. Aceste recomandări formează baza pentru transpunerea normativă în capitolul următor.

11. RECOMANDĂRI SPECIFICE DE FUNDARE PE ZONE

Acest capitol transpune zonificarea geotehnică, detaliată în capitolele anterioare, într-un set de principii și recomandări de construire concrete, direct aplicabile în procesul de actualizare a Planului Urbanistic General (PUG) și a Regulamentului Local de Urbanism (RLU) pentru orașul Borsec. Fiecare zonă de construibilitate identificată – favorabilă (Zf), cu condiționări (Zc) sau cu restricții (Zr) – este tratată distinct, stabilind un cadru de reglementare tehnică clar, predictibil și fundamentat pe analizele de hazard specifice.

Metodologia aplicată în acest capitol este una sintetică și cu orientare normativă, având ca scop traducerea datelor tehnice în reguli de planificare urbanistică. Instrumentul central este matricea de corelare între zonele de construibilitate și seturile de recomandări, asigurând că fiecare principiu este direct legat de o condiție geotehnică sau de un nivel de hazard specific, documentat anterior. Ipoteza de lucru este că o reglementare eficientă trebuie să fie proporțională cu nivelul de risc, evitând atât sub-reglementarea, care poate genera vulnerabilități, cât și supra-reglementarea, care poate bloca nejustificat dezvoltarea. Criteriile de formulare a recomandărilor se bazează pe ierarhizarea măsurilor:

- (1) măsuri de evitare a riscului;
- (2) măsuri de reducere a riscului prin condiționări tehnice;
- (3) măsuri de control și monitorizare.

11.1. Principii Generale de Construire

CONSTATARE FACTUALĂ: Întreg teritoriul UAT Borsec, fiind situat într-o zonă montană cu o geologie complexă și activitate seismică de calcul $ag = 0,10g$, impune aplicarea unui set de principii generale de construire, indiferent de încadrarea într-o zonă specifică de construibilitate.

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesară stabilirea unui cadru de siguranță fundamental, un "numitor comun" tehnic pentru orice viitoare dezvoltare, pentru a preveni abordările fragmentate sau sub-standard.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este obligatorie introducerea acestor principii ca reguli transversale în Regulamentul Local de Urbanism, aplicabile tuturor unităților teritoriale de referință (UTR). Aceste principii nu înlocuiesc recomandările specifice pe zone, ci le preced și le completează, asigurând un standard minim de calitate și siguranță pentru întreg fondul construit.

Primul principiu general este obligativitatea legală a elaborării unui studiu geotehnic pentru absolut orice construcție nouă, extindere sau modificare structurală, conform prevederilor

normativului NP 074/2014. Problema pe care o adresează este riscul ca dezvoltatorii să omită această etapă esențială. Consecința este că nicio autorizație de construire nu poate fi emisă fără un studiu geotehnic avizat de un verficator de proiecte atestat pentru cerința Af. Implicația pentru RLU este introducerea unui articol explicit care să stipuleze această obligație, menționând clar că studiul geotehnic trebuie să fie adaptat ca amploare și conținut la complexitatea construcției și la încadrarea în Harta de Zonificare Geotehnică a PUG. Pentru o construcție în Zona cu Condiționări (Zc), studiul va trebui să investigheze în mod obligatoriu hazardele specifice semnalate.

Al doilea principiu general se referă la managementul apelor de suprafață și subterane.

Constatarea este că majoritatea problemelor de instabilitate a terenului sunt declanșate sau agravate de prezența apei, o problemă critică în contextul geomorfologic al Borsecului. Problema este prevenirea concentrării necontrolate a apelor pluviale și a infiltrațiilor în teren. Consecința este că orice proiect nou trebuie să prevadă un sistem complet și corect dimensionat de colectare și evacuare a apelor meteorice, dirijându-le către un emisar autorizat (rețea pluvială sau curs de apă), fără a le lăsa să se infiltreze liber în jurul fundațiilor sau pe versanți. Implicația pentru RLU este impunerea acestei cerințe ca obligatorie la autorizare și specificarea necesității de a menține și întreține sistemele de drenaj existente în amonte de amplasament.

Un al treilea principiu fundamental vizează adaptarea la contextul seismic al zonei. Proiectarea structurală trebuie să respecte normativul P100-1/2013, considerând accelerația de calcul $a_g = 0,10g$. Problema este interacțiunea dintre structură, fundație și teren în timpul unui cutremur. Consecința este că toate construcțiile trebuie proiectate cu sisteme de fundare capabile să preia și să transmită la teren forțele seismice, evitând tasările diferențiate sau pierderea stabilității. Implicația pentru practica de proiectare este necesitatea unei colaborări strânse între inginerul geotehnician și inginerul structurist. Studiul geotehnic trebuie să furnizeze obligatoriu parametrii dinamici ai terenului și să evalueze potențialele efecte induse de seism, precum lichefierea sau instabilitatea versanților.

Al patrulea principiu se referă la execuția și monitorizarea lucrărilor geotehnice. O proiectare corectă poate fi compromisă de o execuție necorespunzătoare, problema fiind asigurarea calității lucrărilor ascunse (fundații, sprijiniri). Consecința este că RLU trebuie să facă referire la obligativitatea respectării Legii 10/1995, incluzând fazele determinante. Implicația pentru autorizare este necesitatea ca studiul geotehnic să specifice un program de monitorizare pentru lucrările complexe sau din zone de risc. Acesta poate include urmărirea tasărilor, măsurarea deplasărilor pereților de sprijin sau monitorizarea nivelului apei subterane, asigurând confirmarea ipotezelor de proiectare.

11.2. Recomandări pentru Zonele Favorabile (Zf) și cu Condiționări (Zc)

CONSTATARE FACTUALĂ: Conform Hărții de Zonificare Geotehnică, există perimetre în Borsec cu condiții optime pentru construire, denumite Zone Favorabile (Zf), localizate în principal pe platourile cu rocă competentă la mică adâncime, cum ar fi cel din KILO_CAROUL [X13, Yo8].

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesar să se definească un regim de construire care să valorifice acest potențial, menținând un nivel adecvat de siguranță fără a impune condiționări costisitoare.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Se permite fundarea directă a construcțiilor pe fundații de suprafață (continue sub pereți sau izolate sub stâlpi), fiind cele mai simple și economice soluții. Pentru RLU, aceste zone pot fi desemnate pentru dezvoltări cu densitate mai mare, dar studiul geotehnic la nivel de parcelă rămâne obligatoriu pentru a confirma condițiile locale și a stabili adâncimea de îngheț (1,00 - 1,10 m).

Managementul săpăturilor în zonele favorabile este simplificat. Terenurile bune de fundare prezintă o stabilitate naturală ridicată, permițând săpături verticale nesprijinite pe adâncimi limitate, de până la 1,5 - 2,0 m în teren uscat. Aceasta reduce costurile și timpul de execuție, facilitând realizarea subsolurilor. Orice săpătură mai adâncă sau apropiată de clădiri existente va necesita o analiză de stabilitate specifică, conform normativului NP 120-2014. Deși nivelul freatic este de regulă la adâncime mare, pot exista acvifere suspendate. Studiul geotehnic de parcelă trebuie să includă obligatoriu investigarea condițiilor hidrogeologice locale, prin cel puțin un foraj, pentru a preveni orice problemă în execuție sau exploatare.

Majoritatea teritoriului constructibil din Borsec se încadrează în Zona cu Condiționări (Zc), unde dezvoltarea necesită o abordare tehnică adaptată. Problema este cum să se reglementeze construirea pentru a asigura siguranța, fără a bloca dezvoltarea. Consecința este formularea unui set de recomandări ierarhizate care devin condiții obligatorii în procesul de autorizare. Pentru zonele din Zc afectate de hazard mediu la tasare (KILO_CAROURI [X10, Yo5] și [X11, Yo5]), recomandarea principală este controlul tasărilor diferențiate. Se impune adoptarea unor soluții de fundare care să rigidizeze infrastructura clădirii. În aceste perimetre, RLU va interzice soluțiile de fundare izolate, impunând fundații continue de tip grindă din beton armat sau radieră generale, iar studiile geotehnice vor conține obligatoriu un calcul al tasărilor.

Recomandări de Fundare pentru Zona cu Condiționări (Zc)

Pentru Hazard Mediu la Tasare (ex: [X11, Yo5] · (ΔX=400m, ΔY=300m)):

1. Interzicerea fundațiilor izolate pentru structuri P+1E sau mai înalte.
2. Utilizarea obligatorie a fundațiilor continue (grinzi) sau a radierelor generale pentru a asigura o rigiditate sporită a infrastructurii.
3. Includerea obligatorie în studiul geotehnic a unui calcul detaliat al tasărilor totale și diferențiate.

Pentru Hazard Mediu la Umflare-Contracție (ex: [X12, Yo7] · (ΔX=800m, ΔY=100m)):

1. Adâncimea minimă de fundare va fi de 1,50 m, sub adâncimea de variație sezonieră a umidității.
2. Realizarea obligatorie a unui trotuar perimetral etanș, cu lățime minimă de 1,00 m.
3. Evacuarea controlată a apelor de pe acoperiș la o distanță de minim 3,0 m de clădire.

Pentru Pante între 5% și 15% (ex: [X12, Yo6] · (ΔX=700m, ΔY=500m)):

1. Obligatorietatea realizării unui calcul de stabilitate generală a amplasamentului.
2. Limitarea săpăturilor la baza versantului și a umpluturilor în partea superioară.
3. Realizarea platformelor prin terasări sprijinite cu ziduri de susținere corect dimensionate și drenate.

Figură 9- Tabel Recomandri de Fundare pentru Zona cu condiționări, Sursă: Proiectant

În arealele din Zc cu hazard mediu la umflare-contracție (argile active), precum cele din HECTA_CAROUL [X12, Yo6] · (ΔX=700m, ΔY=500m), recomandările vizează minimizarea variațiilor de umiditate din teren. Măsurile constructive devin obligatorii: (1) Fundarea construcțiilor sub adâncimea de variație sezonieră a umidității (cca. 1,5 - 2,0 m); (2) Realizarea unor trotuare perimetrice etanșe (lățime minimă 1,0 m); (3) Colectarea și evacuarea controlată a apelor de pe acoperiș. Pentru zonele din Zc cu pante între 5% și 15%, recomandările se concentrează pe asigurarea stabilității generale a amplasamentului, studiul geotehnic trebuind să conțină obligatoriu un calcul de stabilitate a versantului. RLU poate corela regimul de construire (POT, CUT, Hmax) cu clasa de pantă, introducând regimuri mai restrictive pentru pantele mai mari.

11.3. Soluții pentru Zonele cu Restricții (Zr) și Îmbunătățirea Terenului

CONSTATARE FACTUALĂ: Zonele cu Restricții Severe (Zr) corespund hazardelor de nivel ridicat (alunecări active, lichefiere, pante >25%).

PROBLEMĂ CLARĂ: Riscul inacceptabil pentru construcțiile civile curente.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Principiul de bază este evitarea construirii. Orice intervenție în Zr este interzisă prin PUG, cu excepția cazurilor de utilitate publică majoră, aprobate prin PUZ și fundamentate pe o expertiză tehnică de specialitate. RLU va defini aceste zone ca având interdicție de construire pentru locuințe și funcțiuni civile.

Îmbunătățirea terenului de fundare reprezintă un set de soluții tehnice aplicabile în anumite zone din Zc pentru a le crește construibilitatea. Problema este de a identifica tehnologiile fezabile pentru Borsec. Pentru straturile compresibile din Zc, o soluție posibilă este realizarea de perne de balast sau piatră spartă, care constau în înlocuirea unui volum de pământ slab (0,5 m până la peste 2,0 m) cu un material granular compactat, de calitate superioară, care distribuie mai bine încărcările. O altă variantă este preîncărcarea terenului cu o umplutură temporară.

Pentru terenurile necoezive afânate cu potențial de lichefiere, cum sunt cele din Zr, se pot aplica metode de îmbunătățire în profunzime, precum compactarea dinamică sau realizarea de coloane de balast prin vibroînlocuire. Aceste coloane verticale de material granular densificat preiau o parte din încărcare și funcționează ca drenuri verticale, disipând rapid presiunea apei din pori în timpul unui cutremur.



Figură 10- Schemă conceptuală Metode de prevenire a accidentelor de teren în Zonele cu restricții, Sursă: Proiectant

Alegerea soluției optime depinde de o analiză tehnică și economică detaliată la nivel de proiect.

În zonele cu pante abrupte și risc de alunecare, soluțiile pot include fundații indirecte, precum piloți sau micropiloți, pentru a ancora construcția într-un strat de rocă stabil, situat sub suprafața potențială de alunecare. Piloții foraj de diametru mare, armați, pot prelua atât încărcări verticale, cât și forțe orizontale, acționând ca "ancore". Micropiloții, de diametru mai mic, sunt potriviți pentru construcții mai ușoare. Alte soluții implică lucrări de sprijinire (ziduri de greutate, ziduri ancorate, pământuri armate). Implicația pentru PUG este că, deși aceste soluții speciale există, ele implică costuri semnificativ mai mari. Prin urmare, recomandarea principală rămâne evitarea construirii în zonele cu risc foarte ridicat, aceste soluții fiind rezervate doar cazurilor excepționale.

12. IMPLICAȚII ÎN RLU: PROPUNERI DE REGLEMENTĂRI TEHNICE

CONSTATARE FACTUALĂ: Eficacitatea unui studiu de fundamentare se măsoară prin capacitatea sa de a informa și modela Regulamentul Local de Urbanism (RLU).

PROBLEMĂ CLARĂ: Transpunerea directă a concluziilor tehnice complexe din analizele geotehnice, hidrogeologice și de risc într-un set de propuneri de articole clare, acționabile și cu forță juridică.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Acest capitol reprezintă un exercițiu de "traducere normativă", care transformă hărțile de hazard și zonificările în reguli de construire, condiționalități și restricții, oferind autorității locale instrumentele necesare pentru a asigura o dezvoltare urbană sigură și durabilă.

Metodologia de elaborare a propunerilor de reglementări urmează o logică de la general la particular, asigurând coerența și acoperirea completă a problematicilor identificate. Într-o primă fază, se formulează principii și reguli generale, aplicabile pe întreg teritoriul administrativ, care stabilesc un standard minim de siguranță. Ulterior, demersul se concentrează pe formularea de articole specifice pentru fiecare zonă de risc definită în Harta de Zonificare Geotehnică (Zc și Zr), detaliind condițiile și restricțiile necesare. Fiecare propunere de articol este fundamentată pe o constatare factuală din capitolele anterioare și este formulată într-un limbaj care, deși păstrează rigoarea tehnică, este suficient de clar pentru a fi înțeles și aplicat de către proiectanți și de personalul din administrația publică.

12.1. Principii și Reguli Generale de Reglementare Tehnică în RLU

CONSTATARE FACTUALĂ: Legislația în vigoare, în special Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții și normativul NP 074/2014, stabilesc obligativitatea realizării studiilor geotehnice pentru fundamentarea proiectării construcțiilor.

PROBLEMĂ CLARĂ: Aplicarea inconsecventă a acestei cerințe în practică, în special pentru construcțiile de importanță redusă, generează vulnerabilități semnificative ale fondului construit.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este necesară introducerea unui articol în RLU care să reitereze și să întărească această obligație la nivel local, transformând-o într-o condiție explicită și non-negociabilă pentru emiterea oricărei autorizații de construire pe teritoriul UAT Borsec. Propunerea de articol va specifica, de asemenea, că amploarea și conținutul studiului geotehnic trebuie să fie corelate cu clasa de importanță a construcției și cu încadrarea amplasamentului în Harta de Zonificare Geotehnică a PUG.

Se propune introducerea în RLU a unui articol cu următorul conținut de principiu: "(1) Pentru orice lucrare de construire, extindere, modificare, consolidare sau reparații capitale, solicitantul autorizației de construire are obligația de a prezenta un studiu geotehnic elaborat și verificat conform normativelor în vigoare. (2) Conținutul studiului geotehnic va fi adaptat la complexitatea și importanța construcției, precum și la condițiile geotehnice specifice amplasamentului, conform prevederilor din Harta de Zonificare Geotehnică, parte integrantă a prezentului PUG. (3) Pentru construcțiile amplasate în Zonele cu Condiționări (Zc) sau Zonele cu Restricții (Zr), studiul geotehnic va analiza în mod obligatoriu hazardurile specifice menționate în PUG și va fundamenta măsurile de proiectare necesare pentru asigurarea stabilității și siguranței." Acest articol asigură o bază legală locală solidă pentru controlul calității fundațiilor.

CONSTATARE FACTUALĂ: Managementul defectuos al apelor de suprafață și subterane este un factor major de declanșare sau agravare a hazardelor geotehnice și a instabilității, conform analizelor din capitolele 5 și 8.

PROBLEMĂ CLARĂ: Lipsa unor reglementări la nivel de parcelă care să gestioneze colectarea și evacuarea apelor meteorice, permițând infiltrarea necontrolată a acestora în teren.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Se propune un articol general în RLU care să impună măsuri obligatorii de management al apelor. Articolul va stipula: "(1) Orice proiect de construcție va prevedea un sistem de colectare a apelor meteorice de pe acoperișuri și platforme. (2) Apele colectate vor fi dirijate către rețeaua de canalizare pluvială sau, în lipsa acesteia, către un emisar natural, cu acordul administratorului acestuia. (3) Se interzice deversarea liberă a apelor pe terenurile învecinate, pe spațiul public sau la baza versanților. (4) Pentru construcțiile cu subsol, studiul geotehnic va analiza necesitatea prevederii unor sisteme de drenaj perimetral."

CONSTATARE FACTUALĂ: UAT Borsec se află într-o zonă seismică de calcul ($ag=0.10g$), iar studiul a identificat zone cu potențial de amplificare locală a mișcării seismice.

PROBLEMĂ CLARĂ: Asigurarea unui comportament seismic adecvat pentru toate construcțiile, luând în considerare potențialele efecte locale ale terenului.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este necesară corelarea reglementărilor RLU cu prevederile normativului P100-1/2013. Se propune un articol care să specifice: "Proiectarea structurală și a fundațiilor pentru toate construcțiile noi se va face cu respectarea prevederilor normativului P100-1/2013, considerând parametrii de zonare seismică specifici localității Borsec. Studiul geotehnic va furniza obligatoriu parametrii necesari pentru calculul seismic, inclusiv perioada de colț a stratului de la suprafață (T_c) și, unde este cazul (în special în zonele UG1), analiza efectelor de amplificare locală sau a potențialului de lichefiere." Această reglementare asigură că riscul seismic este tratat în mod corespunzător.

CONSTATARE FACTUALĂ: Numeroase probleme geotehnice apar din cauza unei execuții necorespunzătoare a lucrărilor de fundare și sprijinire.

PROBLEMĂ CLARĂ: Asigurarea, prin RLU, a unei mai bune calități a execuției lucrărilor ascunse.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Se propune introducerea unui articol care să facă trimitere la legislația privind calitatea în construcții și să sublinieze importanța monitorizării. Articolul va prevedea: "Execuția lucrărilor de fundare, a lucrărilor de sprijin și a altor lucrări geotehnice se va face cu respectarea strictă a proiectului tehnic și a legislației în vigoare privind calitatea în construcții. Pentru lucrările complexe sau amplasate în zone de risc, prin studiul geotehnic și prin proiectul tehnic se va stabili un program de monitorizare a comportării construcției și a terenului, atât în timpul execuției, cât și în exploatare, ale cărui rezultate vor fi puse la dispoziția autorității locale."

12.2. Propuneri de Articole Specifice pentru Zonele de Risc Geotehnic (Zc și Zr)

CONSTATARE FACTUALĂ: Harta de Zonificare Geotehnică a împărțit teritoriul în unități cu grade diferite de favorabilitate pentru construire, necesitând o reglementare nuanțată.

PROBLEMĂ CLARĂ: Formularea unor articole de RLU specifice, clare și acționabile pentru Zonele cu Condiționări (Zc) și Zonele cu Restricții (Zr), care să traducă nivelul de hazard într-un set de obligații tehnice.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Se detaliază propunerile de reglementare pentru fiecare tip de hazard major identificat, creând un cadru normativ care condiționează autorizarea de construire de adoptarea unor soluții de proiectare adecvate riscului, asigurând astfel o dezvoltare rezilientă.

Pentru Zonele cu Condiționări (Zc) datorate hazardului mediu la tasare, identificate în principal în KILO_CAROURILE [X10, Y05] și [X11, Y05], problema este controlul deformațiilor. Se propune un articol de RLU care să stipuleze: "În perimetrele Zc-Tasare, delimitate în planșa de zonificare geotehnică, se interzice utilizarea fundațiilor izolate pentru structurile cu mai mult de un nivel (P+1E sau mai mult). Se recomandă utilizarea fundațiilor continue de tip grindă din beton armat sub toți pereții structurali sau a fundațiilor de tip radier general. Studiul geotehnic va conține în mod obligatoriu un capitol de calcul al tasărilor totale și diferențiate, care să demonstreze că deformațiile anticipate se încadrează în limitele admisibile pentru structura propusă."

Pentru arealele din Zc cu hazard mediu la umflare-contrație (argile active), precum cele din HECTA_CAROU [X12, Y07] · ($\Delta X=800m$, $\Delta Y=100m$), problema este limitarea variațiilor de

umiditate. Se propune introducerea unui articol cu următorul conținut: "În perimetrele Zc-Umflare-Contrație, se vor respecta următoarele condiții cumulative: a) Adâncimea minimă de fundare va fi de 1,50 m sub cota terenului amenajat, sau sub adâncimea de variație sezonieră a umidității, dacă aceasta este mai mare și este precizată în studiul geotehnic; b) Se va prevedea un trotuar perimetral etanș, cu o lățime minimă de 1,00 m; c) Apele meteorice de pe acoperiș vor fi colectate și evacuate la o distanță de minim 3,0 m de construcție."

Pentru zonele cu pante de peste 15%, încadrate în Zc sau Zr, problema este asigurarea stabilității generale. Se propune un set de articole care să reglementeze intervențiile pe versanți: "1. În zonele cu panta medie a terenului între 15% și 25% (Zc-Pantă), orice lucrare de construire este condiționată de prezentarea unui calcul de stabilitate generală a amplasamentului, care să justifice soluțiile de sprijinire și de management al apelor. 2. Se interzic săpăturile la baza versantului care nu sunt imediat protejate prin lucrări de sprijinire. 3. Volumul de umplutură pe versant va fi limitat și justificat prin calcul. 4. Procentul de ocupare a terenului (POT) și Coeficientul de Utilizare a Terenului (CUT) vor fi reduse progresiv cu creșterea pantei, conform unei anexe la RLU."

Pentru Zonele cu Restricții Severe sau Interdicție (Zr), reglementarea trebuie să fie cea mai fermă. Problema este prevenirea oricărei dezvoltări care ar putea pune în pericol siguranța publică. Se propune un articol cadru: "(1) În perimetrele marcate ca Zr pe Harta de Zonificare Geotehnică, se instituie interdicție de construire pentru locuințe, funcțiuni turistice, comerciale și de producție. (2) Prin excepție, se pot autoriza lucrări de strictă necesitate pentru infrastructura edilitară sau de transport, de utilitate publică, doar pe baza unui Plan Urbanistic Zonal (PUZ) avizat de autoritățile competente în amenajarea teritoriului și urbanism, care va fi fundamentat obligatoriu pe o expertiză tehnică de specialitate (expert atestat Af, A1, etc., în funcție de risc)." Acest articol este crucial pentru zonele cu alunecări active din KILOCAROU [X13, Y07] și pentru cele cu hazard ridicat la lichefiere din KILOCAROU [X10, Y05].

Transpunerea acestor propuneri de reglementare în forma finală a Regulamentului Local de Urbanism reprezintă etapa esențială care face ca întregul demers de fundamentare geotehnică să devină un instrument eficient de management teritorial. Aceste articole, odată aprobate, vor constitui baza legală pentru autorizarea construcțiilor în Borsec pentru următorii 10 ani, asigurând o dezvoltare mai sigură și mai bine adaptată la condițiile naturale. Claritatea și precizia acestor reguli sunt esențiale pentru a evita interpretările ambigue și pentru a garanta o aplicare unitară. Această punte între știință și administrație pregătește terenul pentru concluziile finale și pentru ierarhizarea măsurilor prioritare care vor fi prezentate în capitolul următor.

13. CONCLUZII, SINTEZĂ ȘI MĂSURI PRIORITARE

Acest capitol final consolidează rezultatele analizelor geotehnice și hidrogeologice, transformându-le într-un set de concluzii factuale și măsuri acționabile. Rolul său este de a oferi o imagine de ansamblu operațională, ierarhizând constrângerile și oportunitățile teritoriului, pentru a fundamenta direct deciziile din Planul Urbanistic General și Regulamentul Local de Urbanism al orașului Borsec. Conținutul nu introduce date noi, ci sintetizează și prioritizează constatările detaliate în capitolele anterioare, asigurând o punte logică între faza de analiză și cea de propunere normativă.

Demersul metodologic al acestui capitol este unul de sinteză și prioritizare. Concluziile sunt extrase prin distilarea constatărilor factuale din capitolele 1-12, fiecare concluzie fiind direct trasabilă la o analiză de hazard, o zonificare sau o caracterizare geotehnică specifică. Măsurile prioritare sunt derivate logic din aceste concluzii, utilizând o matrice de ierarhizare care corelează nivelul de risc identificat cu urgența și impactul măsurii propuse. Acest proces asigură că fiecare recomandare este justificată tehnic și aliniată la scopul de a crește siguranța și durabilitatea dezvoltării urbane.

13.1. Sinteza Concluziilor Studiului

CONSTATARE FACTUALĂ: Dezvoltarea urbanistică a orașului Borsec este intrinsec condiționată de un cadru natural complex, caracterizat prin trei elemente definitorii: 1. Un substrat geologic eterogen, cu variații semnificative ale condițiilor de fundare; 2. Un regim hidrogeologic activ, cu acvifere superficiale care influențează stabilitatea și un zăcământ hidromineral strategic, vulnerabil la poluare; 3. Prezența unor hazarde naturale multiple (seismic, inundații, alunecări) și geotehnice (tasări, umflări, lichiefiere), a căror suprapunere generează un peisaj de risc complex.

PROBLEMĂ CLARĂ: Dezvoltarea necontrolată, care ignoră aceste constrângeri, poate duce la avariarea construcțiilor, la pierderi economice și la compromiterea resurselor naturale.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Este necesară adoptarea unui model de planificare bazat pe risc, care utilizează zonificarea geotehnică (Zf, Zc, Zr) ca instrument principal de reglementare, condiționând tipul și densitatea dezvoltării de favorabilitatea terenului.

Sinteza constatărilor geotehnice confirmă eterogenitatea terenului de fundare, impunând o abordare diferențiată. Concluzia principală este împărțirea teritoriului în trei unități geotehnice majore: (UG1) Depozitele aluvionare din luncile pârâurilor (KILOCAROURI [X10, Y05], [X11, Y05]), caracterizate prin straturi compresibile și freatic superficial, generând un hazard mediu-ridic la tasare și lichiefiere; (UG2) Depozitele deluviale argiloase de pe versanți, cu potențial

mediu de umflare-contracție și risc de alunecări; (UG3) Zonele cu rocă vulcanică sau carbonatică la mică adâncime (KILOCAROU [X13, Yo8]), care oferă condiții de fundare excelente. Această clasificare stă la baza zonificării geotehnice și permite o reglementare nuanțată.

Analiza hidrogeologică a evidențiat o dublă problemă: riscul reprezentat de apele freatice superficiale și vulnerabilitatea apelor minerale de adâncime. Concluzia este că zonele joase ale localității, în special lunca Pârâului Vinului, prezintă un risc hidrogeologic ridicat, cu nivelul apei la sub 3 metri adâncime, impunând măsuri speciale de hidroizolare și drenaj. Simultan, aceste zone sunt clasificate ca având o vulnerabilitate "ridicată" la poluare. Această suprapunere de riscuri impune o decizie strategică clară pentru PUG: instituirea obligatorie a perimetrelor de protecție sanitară și restricționarea severă a activităților poluatoare.

Sinteza hazardelor naturale și geotehnice arată o concentrare a riscurilor în anumite perimetre. Concluzia este că, pe lângă hazardele geotehnice cartografiate (tasare, umflare, lichefiere), teritoriul este supus riscului la inundații în zonele de luncă și riscului la alunecări de teren pe versanții cu pante de peste 15% modelați în formațiuni argiloase (KILO_CAROURI [X12, Yo7], [X13, Yo7]). Analiza multi-risc a evidențiat zone de cumulare a hazardelor, precum lunca Pârâului Vinului, unde riscul la inundații se suprapune cu cel de tasare și lichefiere, generând cea mai restrictivă clasă de construibilitate (Zr).

Concluzia operațională fundamentală a întregului studiu este materializată în Harta de Zonificare Geotehnică. Această hartă traduce toate analizele anterioare într-un instrument de decizie, clasificând teritoriul în: Zona Favorabilă (Zf), unde se poate construi în condiții normale; Zona cu Condiționări (Zc), unde construirea este permisă doar cu respectarea unor cerințe tehnice specifice; și Zona cu Restricții Severe sau Interdicție (Zr), unde construirea este, de regulă, interzisă. Această zonificare reprezintă coloana vertebrală a recomandărilor pentru RLU și trebuie tratată ca un document normativ în procesul de autorizare.

13.2. Măsuri Prioritare

CONSTATARE FACTUALĂ: Rezultatele studiului impun un set de măsuri concrete, ierarhizate, pentru a asigura implementarea concluziilor în PUG și RLU.

PROBLEMĂ CLARĂ: Traducerea sintezei tehnice într-un plan de acțiune clar și realist.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Se structurează măsurile pe trei niveluri de prioritate, în funcție de urgența dictată de nivelul de risc și de impactul asupra siguranței publice.

Administrația locală trebuie să adopte acest set de măsuri ca o foaie de parcurs pentru creșterea rezilienței urbane.

Măsurile de prioritate maximă (urgentă, termen de implementare 0-3 ani) vizează gestionarea riscurilor iminente și conformarea la obligațiile legale critice. Acestea sunt non-negociabile și trebuie transpuse imediat în PUG/RLU.

1. Interzicerea construirii în Zonele cu Restricții Severe (Zr): RLU va introduce un articol care interzice emiterea de autorizații de construire pentru locuințe sau funcțiuni civile în zonele marcate ca Zr, în special în perimetrele cu risc activ de alunecare și hazard ridicat la lichefiere. Excepțiile pentru lucrări de utilitate publică majoră se vor trata exclusiv prin PUZ, cu avizul obligatoriu al unei expertize tehnice.
2. Instituirea Perimetrelor de Protecție Sanitară: Se va elabora și aproba prin Hotărâre de Consiliu Local documentația pentru instituirea perimetrelor de protecție sanitară (cu regim sever și cu regim de restricții) pentru toate sursele de apă potabilă și minerală. Restricțiile aferente vor fi integrate ca un strat normativ obligatoriu în RLU.
3. Condiționarea autorizării în Zonele cu Condiționări (Zc): RLU va stipula obligativitatea ca orice documentație de autorizare în zonele Zc să conțină un studiu geotehnic care să analizeze explicit hazardul specific (tasare, umflare, pantă) și să fundamenteze soluțiile tehnice propuse.

Măsurile de prioritate medie (termen de implementare 3-7 ani) se concentrează pe consolidarea cadrului de reglementare și pe reducerea riscurilor în zonele deja construite.

- a) Corelarea regimului de construire cu panta terenului: RLU va introduce reglementări specifice pentru zonele din Zc cu pante între 15% și 25%, limitând procentul de ocupare a terenului (POT), regimul de înălțime și impunând realizarea obligatorie a unor lucrări de stabilizare și drenaj, pe baza unor calcule de stabilitate generală.
- b) Reglementarea managementului apelor la nivel de parcelă: Pentru a reduce riscul de instabilitate indus de infiltrații, RLU va impune pentru toate construcțiile noi obligativitatea colectării și evacuării controlate a apelor meteorice în rețeaua publică sau într-un emisar, interzicând deversarea liberă pe teren.
- c) Program de monitorizare a zonelor cu risc: Administrația locală va iniția un program de monitorizare vizuală periodică a zonelor cu risc ridicat de alunecare, în special după perioade cu precipitații excepționale sau după seisme, pentru a identifica din timp semnele de reactivare.

Nivel de Prioritate	Măsură Prioritară	Descriere Acțiune și Impact	Termen Estimativ
Maximă	Interdicție construire în Zonele Zr	Introducere articol RLU de interdicție pentru a preveni riscuri majore.	0-3 ani
Maximă	Instituire Perimetre de Protecție Sanitară	Elaborare și aprobare HCL pentru protejarea resurselor strategice de apă.	0-3 ani
Medie	Corelare regim de construire cu panta	Introducere articole RLU pentru limitarea POT/CUT în funcție de pantă.	3-7 ani
Termen Lung	Actualizare periodică hărți de hazard	Revizuire hărți la 10 ani pentru a reflecta noile date și schimbări.	> 7 ani

Figură 11-Tabel Măsură Prioritare, Sursă: Proiectant

Măsurile generale și de monitorizare pe termen lung (peste 7 ani) vizează o abordare strategică și preventivă.

1. Actualizarea periodică a hărților de hazard: Se recomandă ca hărțile de hazard geotehnic și de zonificare să fie revizuite și actualizate la un interval de 10 ani, sau ori de câte ori apar date noi semnificative (studii geotehnice de detaliu, evenimente naturale) care pot modifica evaluarea riscului.
2. Integrarea datelor geotehnice într-o bază de date GIS: Se recomandă crearea unei baze de date geotehnice la nivelul primăriei, în format GIS, care să centralizeze informațiile din toate studiile geotehnice realizate pe teritoriul administrativ, pentru a permite o cunoaștere din ce în ce mai detaliată a substratului.
3. Program de informare și conștientizare publică: Derularea unor campanii de informare a populației și a dezvoltatorilor cu privire la riscurile geotehnice specifice localității Borsec și la regulile urbanistice menite să le gestioneze.

În final, concluzia supremă a acestui studiu este una de natură procedurală: siguranța geotehnică nu este un rezultat care se atinge o singură dată, ci un proces continuu de cunoaștere, reglementare, proiectare responsabilă și monitorizare. Măsurile propuse în acest capitol nu sunt menite să blocheze dezvoltarea, ci să o ghideze pe un făgaș al siguranței și durabilității. Implementarea lor corectă și consecventă va transforma constrângerile geotehnice din amenințări latente în parametri de proiectare cunoscuți și gestionabili, asigurând pe termen lung reziliența fondului construit al orașului Borsec. Această sinteză acționabilă încheie partea analitică a studiului, fiind urmată de anexe, care vor oferi suportul documentar detaliat.

14. ANEXE (HĂRȚI, DOCUMENTE AVIZARE, BIBLIOGRAFIE)

Acest capitol final are un rol documentar și de sinteză, grupând materialele de suport esențiale care fundamentează analizele și concluziile prezentate în corpul studiului geotehnic și hidrogeologic. Capitolul asigură transparența și verificabilitatea întregului demers, oferind acces direct la datele primare și la materialele grafice. Tematicile abordate sunt structurate pe trei paliere distincte: A. prezentarea materialului cartografic, incluzând hărțile de hazard și zonificare; B. centralizarea datelor tehnice brute din investigațiile de teren, sub forma fișelor de foraj; și C. listarea exhaustivă a surselor bibliografice și a cadrului normativ care au stat la baza elaborării documentației.

Metodologia de organizare a anexelor urmărește un principiu de claritate și accesibilitate, fiecare secțiune fiind concepută pentru a fi consultată atât independent, cât și în corelare cu capitolele analitice ale studiului. Instrumentul principal este structurarea logică a informației, fiecare anexă fiind precedată de o scurtă descriere a conținutului său. Sursele de date pentru acest capitol sunt exclusiv artefactele produse în etapele anterioare ale studiului (hărțile tematice și de sinteză) și documentația de bază (fișele de foraj, lista de normative și studii consultate). Această abordare asigură că anexa crește valoarea și credibilitatea întregului studiu, permițând o auditare facilă a procesului decizional.

14.1. Hărți de Risc Geotehnic

CONSTATARE FACTUALĂ: Înțelegerea distribuției spațiale a fenomenelor geotehnice este esențială pentru o planificare urbanistică eficientă, iar acest subcapitol centralizează materialul cartografic de sinteză elaborat în cadrul studiului.

PROBLEMĂ CLARĂ: Este necesar un acces unitar și structurat la hărțile cheie care fundamentează reglementările propuse în PUG și RLU.

CONSECINȚĂ, + IMPLICAȚIE PUG/RLU: Hărțile prezentate constituie documente normative cu valoare tehnică și, ulterior aprobării PUG, juridică. Elaborate în sistem de proiecție Stereografic 1970 și pregătite pentru integrare GIS, acestea utilizează sistemul de carouri GRILA TKHC pentru o localizare precisă. Lista hărților esențiale include:

1. Harta de Zonificare Geotehnică a teritoriului UAT Borsec (scara 1:10.000)

Acest document de sinteză, detaliat în Capitolul 7, este piesa fundamentală a studiului. Harta agregă toate analizele de hazard și condiționările geotehnice, delimitând clar cele trei zone de construibilitate: Zona Favorabilă (Zf), Zona cu Condiționări (Zc) și Zona cu Restricții Severe sau Interdicție (Zr). Legenda hărții explicitează criteriile de încadrare pentru fiecare perimetru,

asigurând transparența deciziei. Rolul său în PUG este central, stând la baza definirii Unităților Teritoriale de Referință (UTR) și a reglementărilor aferente.

2. Setul de hărți tematice de hazard (scara 1:25.000)

Aceste hărți detaliază factorii de risc individuali agregați în harta de zonificare:

- a) Harta de Hazard la Tasare: Delimitează zonele cu depozite compresibile și potențial de tasări semnificative (analizată în subcapitolul 6.1).
- b) Harta de Hazard la Umflare-Contracție: Identifică arealele cu prezența pământurilor argiloase active (analizată în subcapitolul 6.2).
- c) Harta de Hazard la Lichefiere: Conturează perimetrele din zonele de luncă cu nisipuri saturate, susceptibile la pierderea capacității portante în caz de seism (analizată în subcapitolul 6.3).
- d) Harta de Susceptibilitate la Alunecări de Teren: Clasifică versanții în funcție de potențialul de instabilitate (analizată în subcapitolul 8.3).

3. Setul de hărți-suport (geologic și hidrogeologic, scara 1:25.000)

- a) Harta Geologică: Prezintă distribuția formațiunilor geologice, adaptată după surse existente și corelată cu datele din foraje.
- b) Harta Hidrogeologică: Include Harta Hidroizohipselor, care conturează suprafața piezometrică a acviferului freatic și indică direcțiile de scurgere subterană, și Harta de Vulnerabilitate la Poluare, esențială pentru managementul resurselor de apă și fundamentarea perimetrelor de protecție sanitară (analizate în Capitolul 5).

14.2. Fișe de Foraj

Acest subcapitol prezintă, într-o formă centralizată și standardizată, datele primare obținute din cele 5 foraje geotehnice de investigație (F1-F5) executate pentru fundamentarea acestui studiu, asigurând transparența și verificabilitatea analizelor.

Forajul F1

- **Identificare:** Executat la data de 09.07.2025, amplasat în lunca Pârâului Vinului.
- **Localizare TKHC:** HECTA_CAROU: [X10, Y05] · ($\Delta X=800$ m, $\Delta Y=200$ m).
- **Coordonate:** 46°58'15"N, 25°34'30"E. Cota teren: 875,50 m. Adâncime finală: 8,00 m.
- **Nivel hidrostatic:** Interceptat la -2,80 m, stabilizat la -2,50 m.

- **Coloana litologică:**

- 0,00 - 0,80 m: Umplutură neomogenă cu pământ și fragmente de rocă.
- 0,80 - 4,50 m: Praf argilos de culoare cenușie-gălbui, plastic-vârtos, umed.
- 4,50 - 8,00 m: Pietriș cu bolovăniș și intercalații de nisipuri groșiere, în stare îndesată, saturat.

- **Parametri geotehnici (strat 0,80-4,50 m):** Umiditate naturală $w=25\%$, Indice de plasticitate $IP=22\%$, Modul edometric $M=7.500$ kPa.

- **Interpretare:** Teren mediu compresibil, cu un strat portant competent la adâncime, dar sub nivelul apei. Risc mediu la tasare și mediu la lichefiere.

Forajul F2

- **Identificare:** Executat la data de 10.07.2025, amplasat în zona centrală, "Borsecul de Jos".
- **Localizare TKHC:** HECTA_CAROU: [X11, Y05] · ($\Delta X=400$ m, $\Delta Y=300$ m).
- **Coordonate:** 46°58'20"N, 25°34'45"E. Cota teren: 878,00 m. Adâncime finală: 6,00 m.
- **Nivel hidrostatic:** Interceptat la -2,00 m, stabilizat la -1,80 m.

- **Coloana litologică:**

- 0,00 - 1,20 m: Praf argilos de culoare brun-gălbui, plastic-vârtos.
- 1,20 - 5,20 m: Argilă prăfoasă de culoare cenușie, plastic-moale.
- 5,20 - 6,00 m: Nisip fin-mediu, argilos, de îndesare medie, saturat.

- **Parametri geotehnici (strat 1,20-5,20 m):** Umiditate naturală $w=33\%$, Indice de plasticitate $IP=35\%$, Modul edometric $M=3.500$ kPa.

- **Interpretare:** Teren puternic compresibil, cu nivel freatic foarte superficial. Risc ridicat la tasare. Soluțiile de fundare trebuie să țină cont de tasări mari.

Forajul F3

- **Identificare:** Executat la data de 11.07.2025, amplasat pe un versant cu pantă redusă, în zona "Borsecul de Mijloc".
- **Localizare TKHC:** HECTA_CAROU: [X12, Y07] · ($\Delta X=800$ m, $\Delta Y=100$ m).
- **Coordonate:** 46°58'50"N, 25°35'10"E. Cota teren: 910,20 m. Adâncime finală: 6,00 m.
- **Nivel hidrostatic:** Nu a fost interceptat (foraj uscat).

- **Coloana litologică:**

- 0,00 - 4,80 m: Argilă prăfoasă roșcat-violacee, plastic-consistentă, cu fragmente de gresie alterată.
- 4,80 - 6,00 m: Marnă argiloasă alterată.

- **Parametri geotehnici (strat 0,00-4,80 m):** Umiditate naturală $w=28\%$, Indice de plasticitate $IP=38\%$.

- **Interpretare:** Teren cu potențial mediu de umflare-contrație (pământ activ). Risc redus de instabilitate generală, dar necesită măsuri constructive specifice pentru a controla mișcările de volum ale terenului.

Forajul F4

- **Identificare:** Executat la data de 12.07.2025, amplasat în zona de extindere nordică a stațiunii.
- **Localizare TKHC:** HECTA_CAROU: [X12, Y06] · ($\Delta X=200$ m, $\Delta Y=100$ m).
- **Coordonate:** 46°58'35"N, 25°34'55"E. Cota teren: 890,10 m. Adâncime finală: 6,00 m.
- **Nivel hidrostatic:** Interceptat la -3,80 m, stabilizat la -3,50 m.
- **Coloana litologică:**
 - 0,00 - 3,00 m: Praf argilos nisipos, plastic-vârtos.
 - 3,00 - 6,00 m: Nisip mediu cu pietriș, de îndesare medie, saturat.
- **Parametri geotehnici (strat 0,00-3,00 m):** Umiditate naturală $w=24\%$, Indice de plasticitate $IP=18\%$.
- **Interpretare:** Condiții de fundare medii în stratul de acoperire. Potențial mediu de lichefiere în stratul de nisip. Nivelul apei nu afectează direct fundațiile de suprafață.

Forajul F5

- **Identificare:** Executat la data de 13.07.2025, amplasat pe un platou în "Borsecul de Sus".
- **Localizare TKHC:** HECTA_CAROU: [X13, Y07] · ($\Delta X=100$ m, $\Delta Y=600$ m).
- **Coordonate:** 46°59'05"N, 25°35'20"E. Cota teren: 925,40 m. Adâncime finală: 4,00 m.
- **Nivel hidrostatic:** Nu a fost interceptat.
- **Coloana litologică:**
 - 0,00 - 2,20 m: Argilă prăfoasă, plastic-consistentă spre tare.
 - 2,20 - 4,00 m: Andezit alterat, trecând la rocă sănătoasă.
- **Parametri geotehnici (strat 0,00-2,20 m):** Umiditate naturală $w=26\%$, Indice de plasticitate $IP=40\%$.
- **Interpretare:** Condiții de fundare bune, cu rocă la mică adâncime. Potențial mediu spre ridicat de umflare-contrație în stratul de acoperire. Se recomandă fundarea direct pe roca de bază, unde este posibil.

14.3. Bibliografie și Documente de Avizare

Acest subcapitol listează exhaustiv sursele documentare care au stat la baza elaborării prezentului studiu, asigurând trasabilitatea informațiilor și recunoașterea lucrărilor anterioare.

1. Legislație

- Legea nr. 350/2001 privind amenajarea teritoriului și urbanismul, cu modificările și completările ulterioare.
- Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, cu modificările și completările ulterioare.
- Legea Apelor nr. 107/1996, cu modificările și completările ulterioare.
- Ordonanța de Urgență a Guvernului nr. 57/2007 privind regimul ariilor naturale protejate, conservarea habitatelor naturale, a florei și faunei sălbatice, aprobată cu modificări și completări.
- Legea nr. 575/2001 privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național - Secțiunea a V-a - Zone de riscuri naturale.

2. Normative Tehnice

- NP 074/2014 - Normativ privind documentațiile geotehnice pentru construcții.
- P 100-1/2013 - Cod de proiectare seismică - Partea I - Prevederi de proiectare pentru clădiri.
- P 100-3/2008 - Cod de proiectare seismică - Partea a III-a - Prevederi pentru evaluarea seismică a clădirilor existente.
- SR EN 1997-1:2004 (Eurocod 7) - Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale, împreună cu Anexa Națională.
- SR EN 1997-2:2007 (Eurocod 7) - Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea și încercarea terenului.
- NP 112-2014 - Normativ privind proiectarea fundațiilor de suprafață.
- NP 120-2014 - Normativ privind cerințele de proiectare și execuție a excavațiilor adânci în zone urbane.
- NP 123-2010 - Normativ privind proiectarea geotehnică a fundațiilor pe piloți.
- NP 124-2010 - Normativ privind proiectarea geotehnică a lucrărilor de susținere.
- NP 128-2011 - Normativ privind stabilirea debitelor de calcul pentru poduri, podețe și lucrări de apărare la cursuri de apă.

3. Documentații de Urbanism și Strategii

- "Documentațiile de urbanism și strategiile locale oferă contextul de dezvoltare." *ORAȘUL BORSEC, Plan Urbanistic General al Orașului Borsec, aprobat prin HCL nr. 43/2016, 2016*
- "Planul de mobilitate urbană a fost esențial pentru înțelegerea dinamicii locale." *TTL PLANNING S.R.L., Planul de Mobilitate Urbană Durabilă al Orașului Borsec, 2021*
- "Strategia integrată a oferit o viziune pe termen lung asupra obiectivelor comunității." *ORAȘUL BORSEC, Strategia Integrată de Dezvoltare Urbană a Orașului Borsec 2021-2027, 2021*

4. Studii de Specialitate și Alte Surse

- GEOTEC Consulting S.R.L. (2012), *Studiu Geotehnic pentru PUG Orașul Borsec*, Borsec.
- Arh. Popescu, Ioana (2018), *Studiu Istoric al Stațiunii Balneare Borsec*, Miercurea Ciuc.
- Institutul Geologic al României, *Harta Geologică a României, scara 1:50.000, Foaia Toplița (1968)*.
- Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară (ANCPI), *Date vectoriale cadastrale și ortofotoplanuri pentru UAT Borsec (2023)*.

15. SINTEZA DIAGNOSTICULUI, DIRECȚII STRATEGICE ȘI PRINCIPII DE REGLEMENTARE

Acest capitol final de sinteză consolidează ansamblul analizelor de fundamentare, traducând diagnosticul teritorial complex într-o viziune strategică coerentă și un set de principii de reglementare acționabile. Fără a introduce date noi, discursul se concentrează pe corelarea și ierarhizarea constatărilor din capitolele anterioare, oferind o perspectivă integrată asupra principalelor provocări și oportunități ale orașului Borsec. Tematicile esențiale abordate sunt sinteza diagnosticului multicriterial, definirea direcțiilor strategice de dezvoltare și fundamentarea principiilor care vor ghida elaborarea Regulamentului Local de Urbanism, asigurând astfel o punte logică între faza de analiză și cea de propunere normativă a Planului Urbanistic General.

Metodologia acestui capitol este una de agregare, sinteză și prioritizare, având ca scop distilarea esenței din volumul mare de date analitice prezentat anterior. Elementele cheie care conduc acest demers sintetic includ: (1) instrumente precum analiza SWOT (Puncte Tari, Puncte Slabe, Oportunități, Amenințări), utilizată pentru a structura diagnosticul final; (2) sursele de date sunt exclusiv concluziile validate în capitolele 1-14 ale prezentului set de studii; (3) ipoteza de lucru este că o strategie de dezvoltare durabilă poate fi formulată doar la intersecția dintre potențialul local și constrângerile fizice și normative; (4) criteriile de selecție pentru proiectele prioritare se bazează pe impactul estimat, fezabilitatea și alinierea cu viziunea strategică; (5) modul de corelare a constat în maparea fiecărei probleme identificate în diagnostic la o direcție strategică și, ulterior, la un set de principii de reglementare, asigurând o trasabilitate completă de la problemă la soluție.

15.1. Sinteza Diagnosticului Teritorial Integrat

CONSTATARE FACTUALĂ principală, rezultată din agregarea tuturor analizelor de fundamentare, este că orașul Borsec se definește printr-un profil dual: pe de o parte, un patrimoniu natural și balnear excepțional, care reprezintă principalul motor de dezvoltare, iar pe de altă parte, o serie de vulnerabilități structurale legate de contextul geografic, starea fondului construit și dinamica demografică.

PROBLEMĂ CLARĂ este gestionarea echilibrată a acestei dualități, pentru a maximiza oportunitățile oferite de resursele unice, minimizând în același timp riscurile asociate.

CONSECINȚĂ + IMPLICAȚIE PUG/RLU este necesitatea de a articula o strategie care să se bazeze pe o analiză SWOT completă, care ierarhizează și corelează aceste elemente. Acest subcapitol prezintă, așadar, o sinteză structurată a punctelor tari, a punctelor slabe, a oportunităților și a

amenințărilor, așa cum reies din datele tehnice, socio-economice și de mediu, creând fundamentul pentru deciziile strategice ce vor urma.

Punctele tari identificate constituie capitalul strategic al localității Borsec. Acestea sunt, în principal: 1. existența unui zăcământ hidromineral de valoare națională și europeană, cu peste 15 izvoare recunoscute, care stă la baza brandului de stațiune; 2. un cadru natural și peisagistic deosebit, cu peste 4.900 de hectare de păduri, arii protejate (ROSCIO252 Toplița - Scaunul Rotund Borsec) și un microclimat tonic-stimulant, favorabil turismului de sănătate; 3. un patrimoniu arhitectural balnear valoros, înscris în Lista Monumentelor Istorice cu 13 poziții, care conferă identitate și unicitate stațiunii; 4. prezența unor funcțiuni turistice consacrate, precum pârtia de schi Speranța și pârtia de bob de vară, care atrag un flux constant de vizitatori; și 5. o rețea de 14 trasee cicloturistice marcate, care valorifică potențialul pentru turismul activ. Problema este că aceste puncte tari sunt adesea sub-valorificate sau vulnerabile la degradare. Consecința pentru strategie este că protejarea și dezvoltarea inteligentă a acestor active trebuie să devină o prioritate absolută.

Punctele slabe reprezintă vulnerabilitățile interne care frânează dezvoltarea și generează riscuri. Sinteza analizelor evidențiază următoarele probleme critice: 1. Starea avansată de degradare a fondului construit istoric din stațiune, cu numeroase vile valoroase în paragină, afectând imaginea și potențialul turistic, așa cum reiese din sondajele de opinie; 2. Un declin demografic constant (cu o medie de 15 locuitori/an în ultimii 20 de ani) și un proces de îmbătrânire a populației (cca. 30% peste 60 de ani), care pune presiune pe serviciile sociale și reduce forța de muncă locală; 3. Hazardele naturale și geotehnice semnificative, incluzând riscul la alunecări de teren pe versanți (în special în KILO_CAROURILE [X12, Y07], [X13, Y07]), riscul la inundații în zonele de luncă și prezența unor terenuri dificile de fundare (compresibile, active); 4. Dependența economică ridicată de un număr redus de angajatori, în special de industria apei minerale (Romaqua Group), ceea ce creează o vulnerabilitate la fluctuațiile pieței; și 5. Insuficiența infrastructurii de servicii și agrement, manifestată prin lipsa unor structuri de cazare de capacitate mare și calibru superior, și o ofertă limitată de activități recreative. Aceste puncte slabe trebuie abordate direct prin măsuri concrete în PUG.

Oportunitățile reprezintă factori externi favorabili, pe care o strategie coerentă îi poate valorifica. Principalele oportunități identificate pentru Borsec sunt: 1. Creșterea cererii naționale și europene pentru turismul balnear, de sănătate (wellness) și pentru turismul activ (eco-turism, cicloturism), tendințe perfect aliniate cu specificul localității; 2. Disponibilitatea surselor de finanțare nerambursabilă prin programe naționale și europene (PNRR, programe operaționale regionale)

pentru proiecte de regenerare urbană, eficiență energetică, infrastructură verde și digitalizare; 3. Potențialul de dezvoltare a unor parteneriate strategice la nivel microregional cu localitățile învecinate (Toplița, Ditrău) pentru a crea produse turistice integrate și a crește atractivitatea zonei; și 4. Interesul crescând pentru produsele locale și tradiționale, care poate susține dezvoltarea unor mici afaceri în domeniul agro-turismului și meșteșugurilor. PUG-ul trebuie să creeze cadrul urbanistic care să faciliteze atragerea de investiții și implementarea de proiecte care să capitalizeze aceste oportunități.

Amenințările sunt factori externi negativi care pot periclita dezvoltarea localității și care necesită măsuri de prevenire și adaptare. Principalele amenințări identificate sunt: 1. Concurența din partea altor stațiuni balneare din țară și din străinătate, care pot oferi servicii mai diversificate și la standarde mai înalte; 2. Riscurile asociate schimbărilor climatice, precum creșterea frecvenței și intensității evenimentelor meteorologice extreme (ploi torențiale, perioade de secetă), care pot agrava hazardele la inundații și alunecări de teren; 3. Presiunea imobiliară necontrolată, care, în absența unor reglementări clare și ferme, poate duce la o dezvoltare haotică, la degradarea peisajului și la suprasolicitarea infrastructurii; și 4. Vulnerabilitatea la șocuri economice externe, dată de dependența de un sector economic dominant (turism, industria apei minerale). Strategia de dezvoltare trebuie să includă mecanisme de creștere a rezilienței localității în fața acestor amenințări.

Analiza SWOT Sintetică - UAT Borsec	
Puncte Tari (Strengths)	Puncte Slabe (Weaknesses)
1. Resurse hidrominerale excepționale (>15 izvoare).	1. Fond construit istoric degradat.
2. Cadru natural valoros (păduri, arii protejate).	2. Declin demografic și îmbătrânirea populației.
3. Patrimoniu arhitectural balnear (LMI).	3. Hazarduri naturale și geotehnice semnificative.
4. Infrastructură turistică existentă (pârtie schi/bob).	4. Dependență economică de puțini angajatori.

Analiza SWOT Sintetică - UAT Borsec	
5. Rețea de trasee cicloturistice marcate.	5. Infrastructură de servicii și agrement insuficientă.
Oportunități (Opportunities)	Amenințări (Threats)
1. Creșterea cererii pentru turism de sănătate și activ.	1. Concurența altor stațiuni balneare.
2. Acces la finanțări nerambursabile (PNRR, POR).	2. Riscuri climatice (evenimente extreme).
3. Potențial de parteneriate microregionale (Toplița, Ditrău).	3. Presiune imobiliară necontrolată și dezvoltare haotică.
4. Interes crescut pentru produsele locale și tradiționale.	4. Vulnerabilitate la șocuri economice externe.

Figură 12-Tabel Analiz SWOT, Sursă:Proiectant

În concluzie, diagnosticul teritorial integrat relevă un profil complex, cu active valoroase și vulnerabilități semnificative. Problema fundamentală pentru PUG este de a găsi un echilibru între protejarea capitalului natural și cultural excepțional și stimularea unei dezvoltări economice durabile care să crească calitatea vieții pentru comunitatea locală. Această sinteză SWOT nu este un exercițiu static, ci un instrument dinamic care fundamentează direct direcțiile strategice de acțiune. Fiecare punct slab identificat trebuie să devină ținta unei măsuri corective, fiecare amenințare trebuie contracarată printr-o politică de reziliență, iar fiecare punct tare și oportunitate trebuie valorificată printr-un proiect sau o reglementare stimulative. Această logică de la diagnostic la acțiune constituie esența planificării strategice și face tranziția către subcapitolul următor, care va articula viziunea și direcțiile concrete de dezvoltare.

15.2. Viziunea de Dezvoltare și Direcții Strategice

CONSTATARE FACTUALĂ este că diagnosticul teritorial impune o direcție clară: transformarea orașului Borsec într-o stațiune balneară modernă, competitivă și durabilă, care își fundamentează prosperitatea pe valorificarea inteligentă a resurselor sale unice – apa minerală, cadrul natural și patrimoniul cultural.

PROBLEMA este de a transpune această viziune generală într-un set de direcții strategice concrete și măsurabile, care să poată fi implementate prin PUG.

CONSECINȚA este articularea strategiei de dezvoltare pe trei piloni principali, interconectați: 1) Regenerare Urbană și Protejarea Identității; 2) Dezvoltare Economică prin Turism Durabil și Diversificare; 3) Creșterea Calității Vieții și a Rezilienței. Fiecare dintre acești piloni va fi detaliat printr-un set de obiective specifice, care vor ghida reglementările urbanistice și portofoliul de proiecte prioritare.

Prima direcție strategică, "Regenerare Urbană și Protejarea Identității", abordează direct problema critică a degradării fondului construit și a spațiului public, în special în stațiunea istorică ("Borsecul de Sus"). Obiectivele specifice asociate acestui pilon sunt: a) Reabilitarea și punerea în valoare a patrimoniului arhitectural balnear, prin crearea unui cadru normativ și fiscal stimulat pentru proprietari și prin atragerea de fonduri pentru restaurarea clădirilor publice deținute de autoritatea locală; b) Modernizarea și amenajarea spațiilor publice centrale, a parcurilor și a aleilor din stațiune, pentru a crește atractivitatea și calitatea experienței pentru turiști și localnici; c) Protejarea peisajului cultural și natural, prin reglementări stricte privind noile construcții în zonele sensibile și prin interzicerea intervențiilor care degradează cadrul natural. Implicația pentru PUG este definirea unor Unități Teritoriale de Referință (UTR) specifice pentru zona istorică, cu reguli clare privind materialele, cromatica, regimul de înălțime și regimul de ocupare a terenului.

A doua direcție strategică, "Dezvoltare Economică prin Turism Durabil și Diversificare", vizează consolidarea motorului economic principal al localității. Obiectivele specifice includ: a) Dezvoltarea și modernizarea infrastructurii de tratament balnear și wellness, prin finalizarea noului centru balnear și prin încurajarea investițiilor private în acest sector; b) Diversificarea ofertei turistice prin dezvoltarea infrastructurii pentru turismul activ (trasee de drumeție, cicloturism, sporturi de iarnă) și prin crearea de noi produse turistice care să valorifice patrimoniul local; c) Sprijinirea dezvoltării serviciilor conexe turismului, precum unități de cazare de calitate, restaurante cu specific local, magazine de suveniruri și centre de închiriere echipamente sportive; d) Stimularea altor sectoare economice, precum agricultura ecologică, meșteșugurile tradiționale și sectorul IT, pentru a reduce dependența de turism. PUG-ul va sprijini aceste obiective prin alocarea de terenuri pentru funcțiuni economice, simplificarea procedurilor de autorizare pentru investițiile strategice și crearea unui cadru flexibil pentru dezvoltarea de noi servicii.

A treia direcție strategică, "Creșterea Calității Vieții și a Rezilienței", se concentrează pe nevoile comunității locale și pe adaptarea la provocările viitoare. Obiectivele specifice sunt: a)

Îmbunătățirea condițiilor de locuire, prin reabilitarea blocurilor de locuințe, modernizarea infrastructurii edilitare și crearea de noi spații publice de calitate în zonele rezidențiale; b) Optimizarea mobilității urbane, prin modernizarea rețelei stradale, crearea de trotuare și piste pentru biciclete, și prin îmbunătățirea conexiunilor de transport public cu localitățile învecinate, în special cu gara Toplița; c) Creșterea rezilienței la riscurile naturale, prin implementarea măsurilor de prevenire și control pentru inundații și alunecări de teren, conform recomandărilor din prezentul studiu; d) Asigurarea accesului la servicii publice de calitate, prin modernizarea unităților de învățământ și sănătate și prin sprijinirea inițiativelor comunitare și a serviciilor sociale. PUG va transpune aceste obiective în proiecte de infrastructură publică și în reglementări care să asigure un mediu de viață sigur, sănătos și atractiv pentru locuitorii orașului Borsec.

Implementarea acestei viziuni strategice necesită o abordare integrată și un angajament pe termen lung din partea tuturor actorilor locali – administrație publică, sector privat și societate civilă. Problema este de a asigura coerența și continuitatea acțiunilor. Consecința este că PUG-ul devine instrumentul central de coordonare, care asigură că toate proiectele și inițiativele, indiferent de sursa de finanțare, contribuie la atingerea aceluiași obiective strategice. Implicația este că orice propunere de dezvoltare, publică sau privată, va trebui să demonstreze la faza de autorizare conformitatea cu aceste direcții strategice. Acest cadru strategic nu este un plan rigid, ci un ghid flexibil, care va fi monitorizat și, dacă este necesar, ajustat periodic pentru a răspunde noilor oportunități și provocări. El stabilește "nordul" pentru dezvoltarea viitoare a Borsecului și face tranziția către subcapitolul final, care va detalia principiile de reglementare urbanistică derivate din această strategie.

15.3. Principii de Reglementare Urbanistică (RLU) și Proiecte Prioritare

CONSTATARE este că viziunea strategică și diagnosticul teritorial trebuie transpuse într-un set de reguli clare și aplicabile, care vor forma substanța Regulamentului Local de Urbanism (RLU).

PROBLEMĂ fundamentală este de a asigura o legătură directă și trasabilă între o constatare analitică (ex: "zonă cu risc la alunecări") și o normă urbanistică (ex: "în această zonă, POT maxim este de 15%").

CONSECINȚĂ și implicația directă pentru PUG este formularea unor principii de reglementare care să ghideze detalierea RLU, asigurând că acesta devine un instrument eficient pentru implementarea strategiei, și nu un simplu document formal. Aceste principii sunt structurate pe axele strategice definite anterior și sunt completate de o listă preliminară de proiecte prioritare, care să catalizeze dezvoltarea în direcțiile dorite.

Principiile de reglementare derivate din direcția strategică "Regenerare Urbană și Protejarea Identității" vor viza, în principal, Zona Construită Protejată (ZCP) a stațiunii. Acestea vor include:

1. Principiul Protecției Integrate: RLU va institui un regim de protecție strict pentru monumentele istorice și un regim specific pentru restul construcțiilor din ZCP, reglementând intervențiile permise, materialele, cromatica și elementele de detaliu arhitectural.
2. Principiul Coerenței Spațiale: Pentru a proteja peisajul, RLU va stabili un regim de înălțime redus (ex: P+1E+M), un POT și un CUT scăzute, și retrageri minime obligatorii față de limitele proprietății pentru toate construcțiile noi din interiorul sau din proximitatea ZCP.
3. Principiul Calității Spațiului Public: Se vor defini reguli clare pentru amenajarea spațiilor publice, incluzând tipuri de mobilier urban, materiale pentru pavaje și un regim strict pentru publicitatea stradală. Aceste principii vor fi completate de un proiect prioritar: Proiectul de Regenerare a Axei Centrale a Stațiunii, care să vizeze reabilitarea aleilor principale, a parcurilor și a spațiilor din jurul izvoarelor.

Principiile de reglementare pentru direcția "Dezvoltare Economică prin Turism Durabil" vor urmări stimularea investițiilor de calitate și protejarea resurselor. Acestea vor cuprinde:

1. Principiul Zonificării Funcționale Clare: PUG va delimita zone specifice pentru funcțiuni turistice, precum zone pentru unități de cazare, zone pentru agrement și sport, și zone pentru servicii conexe, stabilind pentru fiecare o densitate și un profil funcțional adecvat.
2. Principiul Protecției Resurselor Naturale: RLU va transpune în reglementări obligatorii perimetrele de protecție sanitară pentru izvoarele de apă minerală și potabilă, interzicând orice activitate care le-ar putea periclita.
3. Principiul Sustenabilității: Pentru toate proiectele noi din domeniul turismului, se vor impune cerințe minime de eficiență energetică, utilizarea de materiale durabile și integrarea în peisajul natural. Un proiect prioritar derivat de aici este Finalizarea și Operaționalizarea Noului Centru Balnear, considerat investiția-cheie pentru relansarea stațiunii.

Principiile de reglementare pentru direcția "Creșterea Calității Vieții și a Rezilienței" vor adresa direct problemele identificate în zonele rezidențiale și de infrastructură. Acestea vor include:

1. Principiul Siguranței la Risc: RLU va integra Harta de Zonificare Geotehnică și Hărțile de Hazard la Inundații, stabilind condiții de construire clare și obligatorii pentru fiecare zonă de risc (Zc și Zr), conform recomandărilor din capitolele 8 și 10.
2. Principiul Mobilității Durabile: Se vor institui reguli pentru asigurarea accesului pietonal și velo, impunând lățimi minime pentru trotuare, obligativitatea creării de piste pentru biciclete în proiectele de modernizare a străzilor și standarde pentru numărul de locuri de parcare.
3. Principiul Echipării Edilitare: Orice dezvoltare nouă va fi condiționată de asigurarea accesului la rețelele publice de apă, canalizare și energie electrică, interzicând soluțiile individuale (fose septice, puțuri) în zonele unde rețelele sunt disponibile. Un

proiect prioritar esențial pentru această direcție este Extinderea și Modernizarea Rețelei de Apă și Canalizare în zonele rezidențiale deficitare.

Proiecte Prioritare	Estimare Cost (mil. EUR)	Surse de Finanțare Posibile	Direcție Strategică Aferentă
1. Finalizarea și Operaționalizarea Centrului Balnear	15,0	PNRR, Program Operațional Regional (POR), Parteneriat Public-Privat	Dezvoltare Economică
2. Regenerare Urbană Axă Centrală Stațiune (Alei, Parcuri)	8,0	POR, Buget Local, Finanțări nerambursabile dedicate patrimoniului	Regenerare Urbană
3. Extindere și Modernizare Rețea Apă-Canal	12,0	Programul Național de Investiții "Anghel Saligny", POIM/PDDT	Creșterea Calității Vieții
4. Reabilitare Vile Istorice (program multianual)	10,0	PNRR (Valul Renovării), POR, Fonduri private, Buget local	Regenerare Urbană
5. Modernizare Infrastructură Rutieră și Pietonală	7,5	PNRR, POR, Buget Local	Creșterea Calității Vieții

Figură 13-Tabel Proiecte Prioritare, Sursă: Proiectant

În final, succesul implementării PUG depinde nu doar de calitatea reglementărilor, ci și de capacitatea administrativă și de voința politică de a le aplica în mod consecvent. Problema este de a asigura că acest document complex nu rămâne un simplu exercițiu teoretic. Consecința este necesitatea de a completa PUG-ul cu un plan de acțiune și un mecanism de monitorizare. Planul de acțiune ar trebui să detalieze pașii pentru implementarea proiectelor prioritare, cu termene, responsabilități și surse de finanțare. Mecanismul de monitorizare, bazat pe un set de indicatori cheie, ar permite evaluarea periodică a gradului de implementare a PUG și a impactului său asupra dezvoltării localității. Implicația este că PUG-ul devine un instrument de management urban viu și adaptabil, capabil să ghideze dezvoltarea orașului Borsec către un viitor mai prosper, mai sigur și mai durabil. Aceste principii și proiecte constituie concluzia operațională a întregului demers de fundamentare, închizând ciclul de la analiză la propunere.