

Fișă de calcul a conexiunii prin satelit

1. **Nume și prenume:** Hosu Andrei Ciprian
2. **Locație:** Cluj-Napoca – coordonate N 46° 46' 38'' / E 23° 35' 59''
Sursa: <http://www.thegpscoordinates.com/romania/cluj-napoca/>
3. **Satelit alocat:** Eutelsat HotBird 13A
4. **Locație orbitală satelit:** 13° E
5. **Azimutul antenei satelitului în locația Cluj-Napoca:** 193.77° (conform SWMLink 3.0)
6. **Elevația antenei satelitului în locația Cluj-Napoca:** 36.15° (conform SWMLink 3.0)
7. **Serviciile oferite de satelitul Eutelsat HotBird 13A**
 - acest satelit oferă servicii folosind tehnologiile DVB-S cât și DVB-S2.
 - serviciile oferite folosesc sisteme de criptare a conținutului de tip Conax, Nagravision 2, Viaccess, Cryptoworks, Irdeto 2 și altele.
 - are un număr de 25 de transpondere, gama de frecvențe în care se găsesc aceste transpondere este cuprinsă între 10.815 GHz și 12.597 GHz (banda de frecvențe Ku).

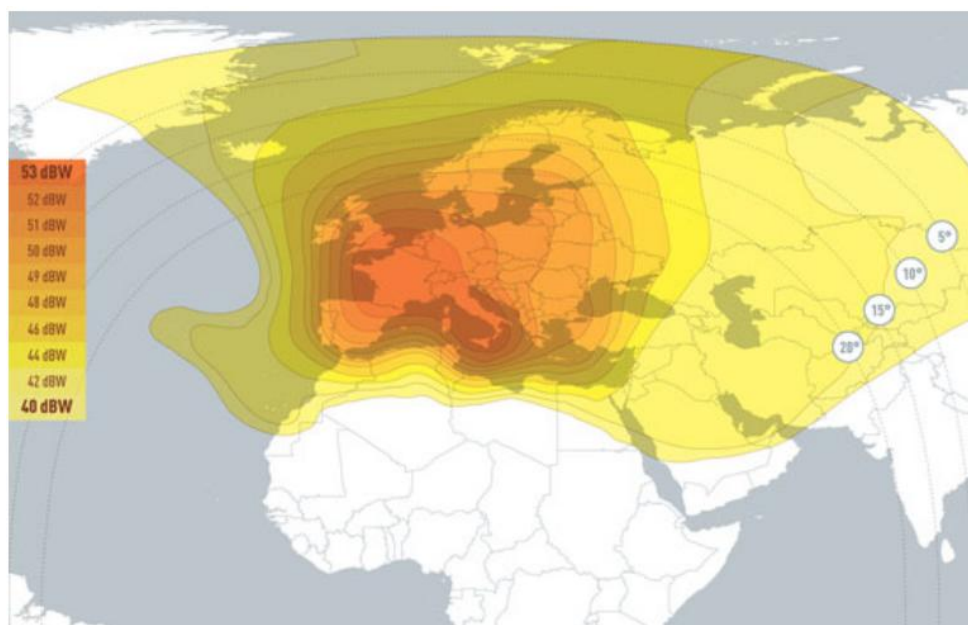


Figura 1: Harta de acoperire pentru satelitul Eutelsat Hotbird 13A

În imaginea de mai sus (Figura 1) este prezentată o hartă cu zonele acoperite de satelitul studiat, împreună cu nivelele de putere echivalent izotrop radiat. Se observă că nivelul de putere ce se radiază în zona României este de aproximativ 50 dBw.

8. Prezentarea serviciilor oferite de transponderul RAI TV

- Număr transponder: 124
- Frecvența transponder-ului este 10.992 GHz, polarizare verticală iar rata de simbol 27500 simboluri pe secundă. Deasemenea se folosește o modulație QPSK împreună cu o schemă de codare de canal FEC cu rată 2/3.
- Canalele de radio și televiziune oferite de acest transponder sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Nume canal	Tip canal	Sistem de criptare	Service ID (SID)	Video payload ID (VPID)	Audio payload ID (APID) – limba de vorbire
Rai Movie	Televiziune	Nagravision 3	8502	200	800 - italiană
Rai 1	Televiziune	Fără criptare	8511	512	650 - italiană
Rai 2	Televiziune	Fără criptare	8512	513	651 - italiană
Rai 3	Televiziune	Fără criptare	8513	514	652 - italiană
Rai 4	Televiziune	Mediguard 1 Nagravision 3	8514	523	604 - italiană
Rai News	Televiziune	Fără criptare	8516	520	690 - italiană
Rai Radio Fd 4	Radio	Fără criptare	8515	-	673 - italiană
Rai Radio 1 AM	Radio	Fără criptare	8554	-	54 - italiană
Rai Radio 2	Radio	Fără criptare	8555	-	55 - italiană
Rai Radio 3	Radio	Fără criptare	8556	-	56 - italiană

9. Calculul legăturii pe satelit

Pentru calculul legăturii pe satelit se utilizează programul SWMLink 3.0, care permite calcularea următorilor factori determinanți în proiectarea unei legături satelitare:

- Poziționarea antenei de recepție
- Calcularea câștigului antenei de recepție
- Calcularea zgomotului global al sistemului de recepție
- Calcularea raportului G/T pentru sistemul de recepție
- Calcularea raportului C/N (Carrier to Noise) necesar pentru o recepție bună

Deasemenea calculatorul permite și transformarea din zgomot în dB în temperatură de zgomot (grade Kelvin).

9.1 Poziționarea antenei de recepție

Programul permite introducerea coordonatelor locației unde va fi instalată antena de recepție, cu rezoluție de un grad, astfel că proiectarea sistemului de recepție va fi una aproximativă. Folosind informațiile legate de locația orbitală a satelitului Eutelsat

Hotbird, adică 13 grade latitudine estică, programul calculează modul de poziționare al antenei de recepție (azimut, elevație și unghiul de polarizare), precum și distanța la care se va afla antena față de satelit (38130 km). Rezultatele acestui calcul sunt ilustrate în Figura 2.

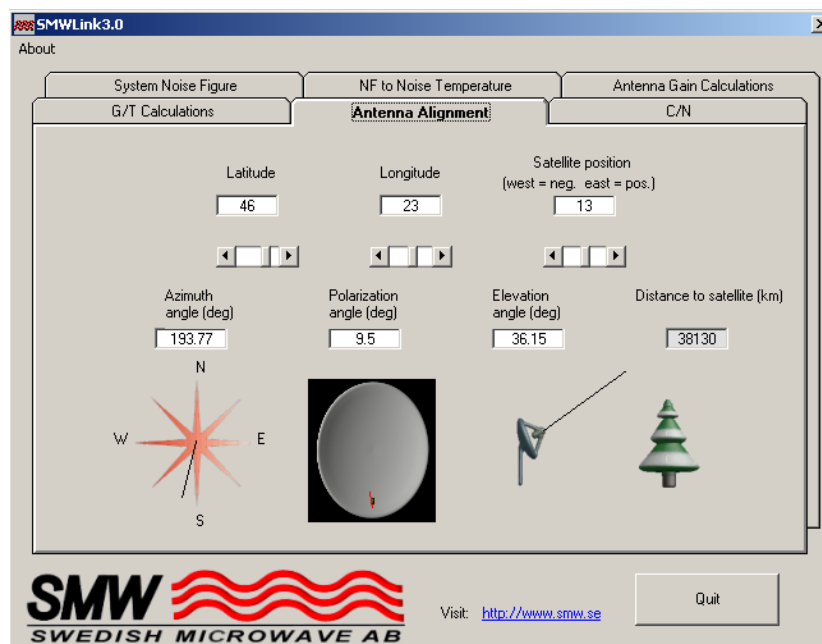


Figura 2: Poziționarea antenei de recepție

9.2 Calcularea câștigului antenei de recepție

Câștigul antenei de recepție este influențat de trei factori principali și anume: diametrul aperturii, eficiența antenei și frecvența de lucru a antenei. Conform site-ului www.satbeams.net, pentru satelitul Eutelsat 13° diametrul recomandat pentru o antena de recepție ce urmează a fi plasată în locația Cluj-Napoca este de 60 cm. Acest lucru este ilustrat în Figura 3.

Presupunând ca antena va lucra la o frecvență maximă de 12.5 GHz, care este frecvența limită pentru banda de satelit Ku pentru Europa, și că o eficiență a aperturii uzuală este de aproximativ 65%, se obține cu ajutorul calculatorului SWMLink 3.0 un câștig al antenei de 36 dB (vezi Figura 4).

Se poate afirma că această proiectare este una destul de apropiată de realitate, deoarece, spre exemplu, antena de satelit **Triax 60cm DAP Glass Fiber Dish** are un câștig de 35.5 dB la frecvența de 11.75 GHz.

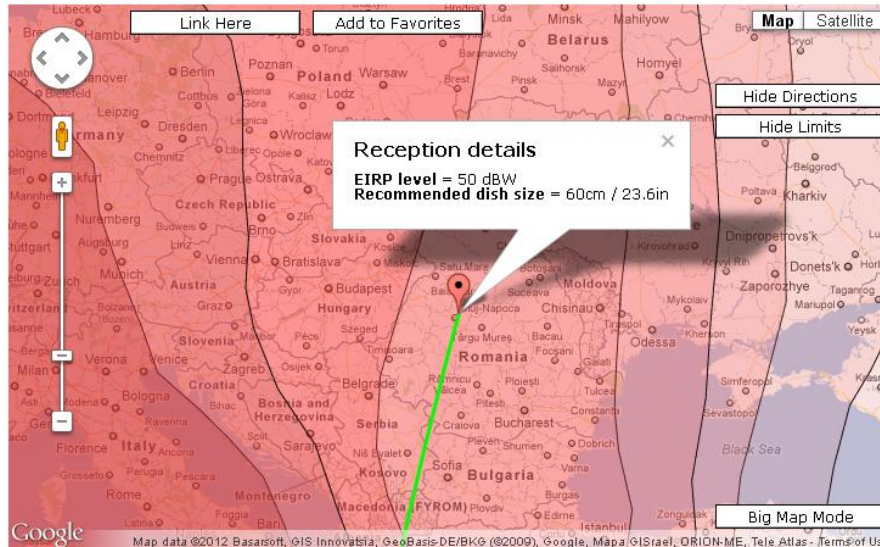


Figura 3: Valoarea EIRP si diametrul recomandat pentru antena in zona Cluj-Napoca

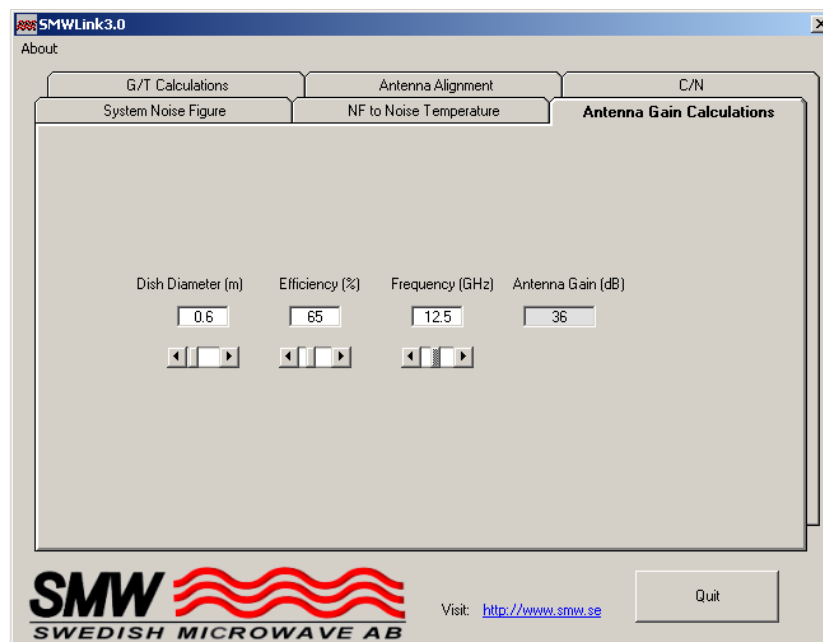


Figura 4: Câștigul antenei în funcție de diametru, eficiența aperturii și frecvența de lucru

9.3 Calcularea zgomotului global al sistemului de recepție

Programul de calcul al legăturii descendente pe satelit SWMLink 3.0 permite calcularea zgomotului global al echipamentului de recepție.

Echipamentul de recepție este alcătuit din antena de satelit, care este de regulă un reflector parabolic, din blocul de atenuarea a zgomotului (LNB), din convertor la frecvența intermediară și nu în utlimul rând dintr-un receptor DVB. Fiecare din aceste componente introduc anumite atenuări și/sau câștiguri. Între aceste componte există

cabluri de legătură și echipamente de alimentare (antenna feeder), care și ele la rândul lor pot introduce atenuări, influențând în acest fel zgomotul total al sistemului de recepție. Trebuie menționat că de cele mai multe ori, convertorul de frecvență de la IF din LNB la IF cu care lucrează receptorul DVB este co-locat cu receptorul DVB.

Calculatorul SWMLink necesită pentru calcularea nivelului de zgomot total al sistemului de recepție următorii parametrii: temperatura de zgomot a antenei, pierderile de alimentare, nivelul de zgomot și câștigul introdus de blocul LNB, pierderile pe cablu, nivelul de zgomot și de câștig introdus de blocul de conversie al frecvenței, precum și zgomotul introdus de blocul de recepție DVB.

Pentru proiectare se aleg următoarele valori pentru parametrii enumerați mai sus:

- Temperatura de zgomot a antenei de 35 K; această valoare destul de mică se datorează faptului că antena este direcționată spre cer, astfel că ea nu este afectată foarte mult de zgomotul terestru.
- Pierderile prin alimentare se ridică la aproximativ 0.5 dB (dezadaptări de impedanță).
- Pierderile datorate LNB aproximativ 0.2 dB.
- Câștigul introdus de LNB aproximativ 52 dB, o valoare uzuală pentru un LNB de bună calitate.
- Pierderile pe cablu coaxial RG6/U aproximativ 11 dB, pentru o lungime de 50 m, la o frecvență de 1 MHz.
- Restul parametrilor se vor lăsa cu valoarea lor implicită, deoarece ei nu influențează foarte mult nivelul global de zgomot.

Rezultatul calcului nivelului global de zgomot, folosind valorile de mai sus, este prezentat în Figura 5.

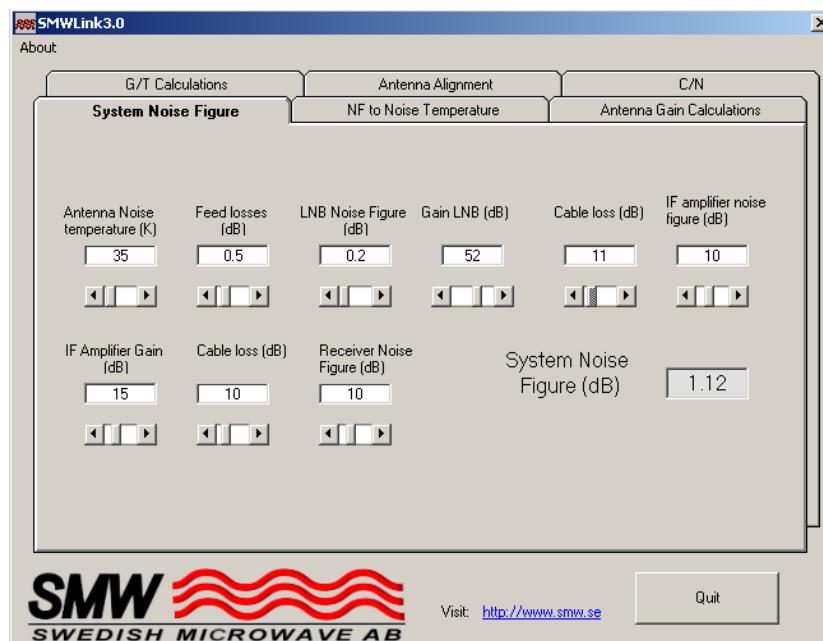


Figura 5: Nivelul de zgomot global al sistemului de recepție

9.4 Calcularea raportului G/T pentru sistemul de recepție

Pentru a observa comportamentul antenei sistemului de recepție în funcție de sensibilitatea la recepționarea semnalului purtător, se evaluează raportul G/T, raport ce depinde de câștigul antenei și de temperatura de zgomot a sistemului. Rezultatele acestei evaluări sunt prezentate în Figura 6.

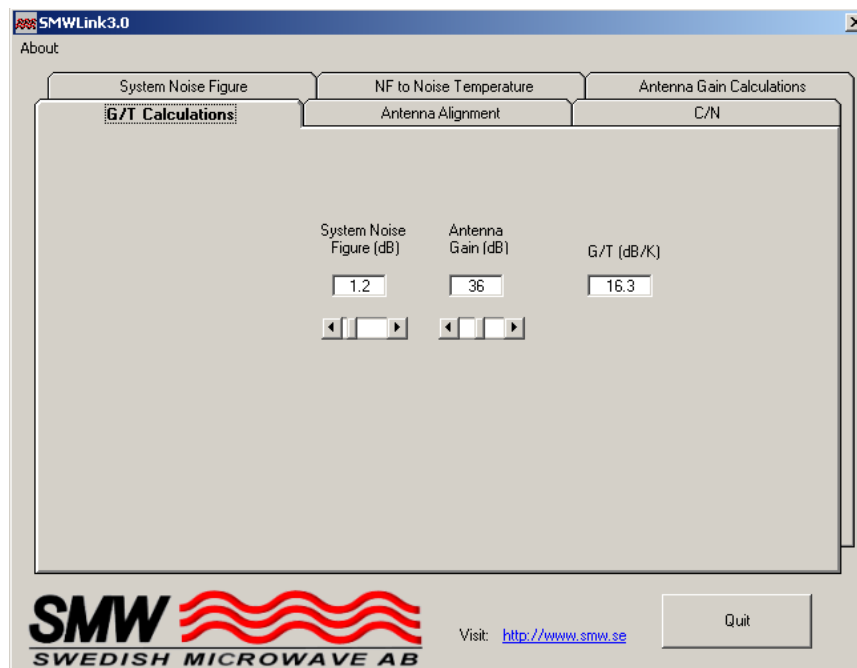


Figura 6: Evaluarea raportului G/T

9.5 Calcularea raportului C/N (Carrier to Noise)

Raportul C/N este o măsură a calității semnalului recepționat. Un sistem de recepție cu modulație digitală (QPSK) necesită un raport C/N minim de aproximativ 4.1 dB (pentru o schemă de codare FEC cu rată 1/2) și aproximativ 8.5 dB (pentru o schemă de codare FEC cu rată 7/8). Rezultă că un cod mai puternic are nevoie de o valoare C/N mai mică față de o schemă de codare cu rată mai mare, deci un cod mai slab, pentru a asigura aceeași probabilitate de eroare pe bit (10^{-11} – quasi-error free).

Valoarea acestui raport depinde într-o foarte măsură de condițiile atmosferice (cer senin, ploaie etc.), astfel că se impune o proiectare de tip *worst case*, adică la recepție să avem un raport C/N acceptabil, chiar dacă afară este ploaie abundentă.

Parametrii care influențează raportul C/N sunt următorii:

- Nivelul EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power), adică nivelul de putere ce se emite, dacă emițătorul ar fi unul izotrop.
- Diametrul antenei de recepție (apertura antenei)
- Eficiența aperturii (ce procent din energia radiată poate capta antena)

- Temperatura de zgomot a antenei
- Nivelul global al zgomotului din sistemul de recepție
- Lărgimea de bandă a unui transponder

Valorile pentru toți parametrii de mai sus au fost specificate în paragrafele anterioare, cu excepția lărgimii de bandă a unui transponder, pentru care se alege o lărgime de bandă maximă de 36 MHz.

Rezultatul calcului nivelului C/N cu condițiile precizate anterior, și în cazul unui cer senin este prezentat în Figura 7, unde se obține valoarea de 12 dB. Această valoare este acoperitoare și pentru schema de codare FEC cu rată 0.5, minimizând foarte mult probabilitatea de eroare pe bit și oferind utilizatorului o calitate foarte bună a recepției TV. Totodată calculatorul legăturii prin satelit ne oferă și informații despre elevația necesară antenei pentru raportul C/N obținut. Trebuie menționat că această valoare pentru elevație este aceeași cu cea obținută la paragraful 9.1.

În cazul unor condiții atmosferice mai puțin favorabile, adică ploaie cu 5mm/h, raportul C/N se înrăutățește puțin ajungând la 10.3 dB. Această scădere se datorează creșterii nivelului de interferență, cauzată de stropii de ploaie ai căror temperatură este mai mare ca și temperatura de fond a spațiului cosmic. Totuși această valoare este acoperitoare pentru asigurarea unei recepții de calitate. Rezultatul este prezentat în Figura 8.

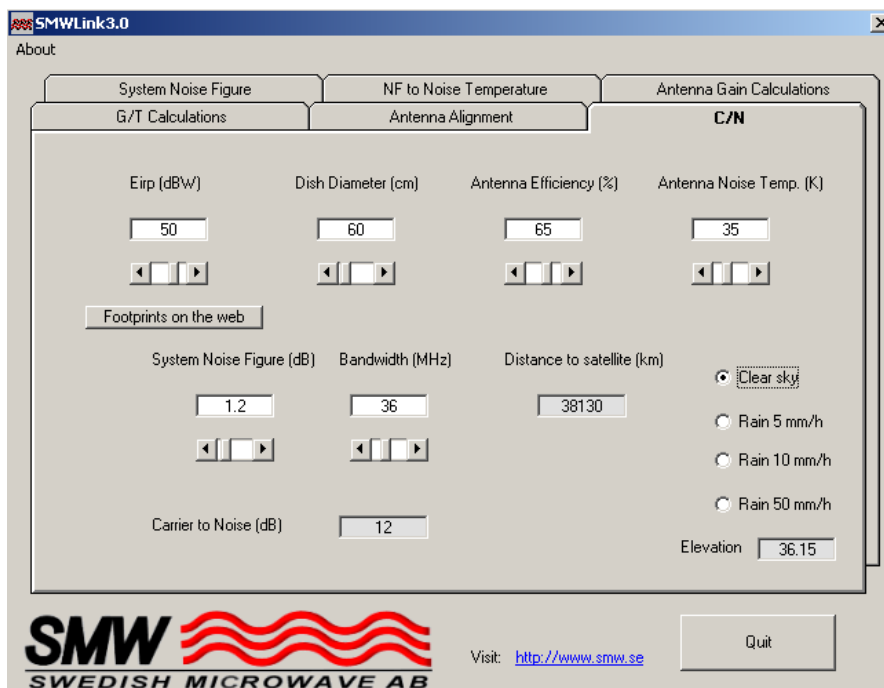


Figura 7: Raportul C/N în condițiile unui cer senin

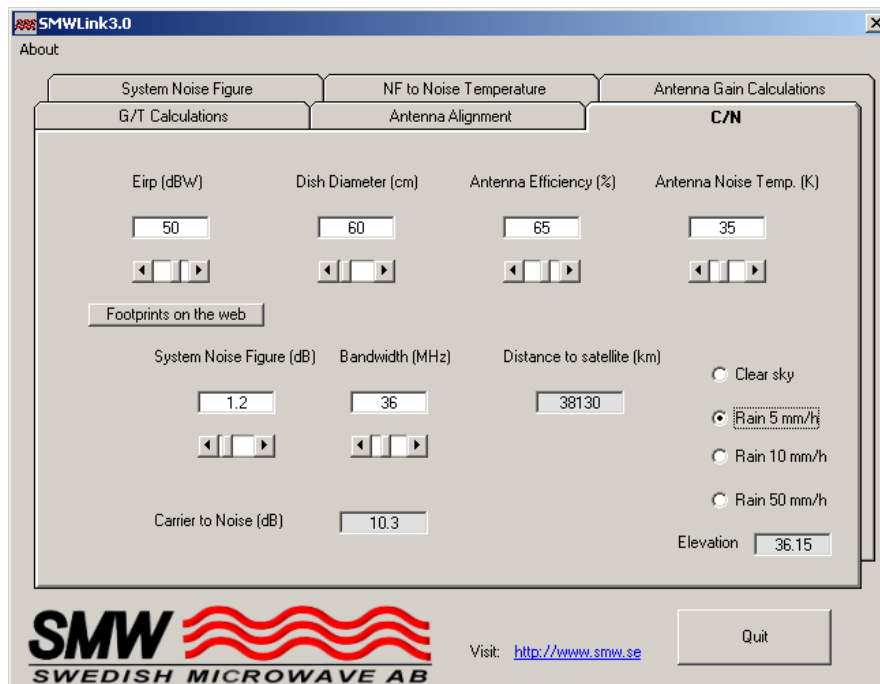


Figura 8: Raportul C/N în condiții de ploaie 5mm/h

Pentru situația în care condițiile meteo sunt și mai vitrege decât în cazul anterior (ploaie cu 10 mm/h), raportul C/N pentru echipamentele cu parametrii amintiți mai sus, scade la 8.8 dB. Și această valoare este acoperitoare pentru pragurile precizate mai sus pentru cele două scheme de codare FEC. Rezultatele sunt prezentate în Figura 9.

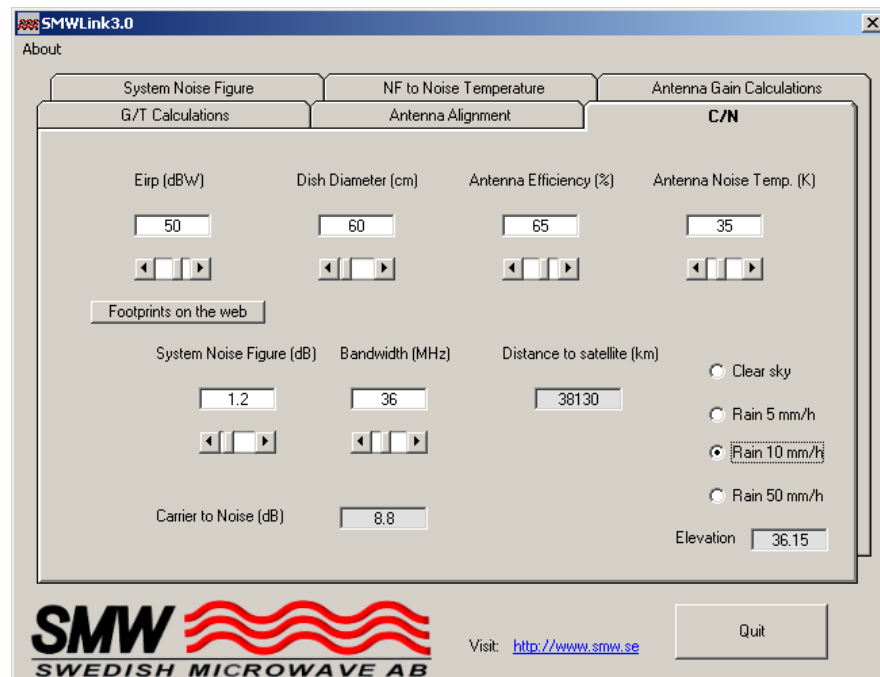


Figura 9: Raportul C/N în condiții de ploaie 10mm/h

Cazul extrem este reprezentat de ploaie torențială, cu un debit al precipitațiilor de 50 mm/h. În acest caz, performanțele sistemului de recepție se înrăutățesc drastic, raportul C/N fiind de 0.5 dB, o valoare insuficientă pentru a asigura utilizatorului un semnal de bună calitate, chiar și în cazul folosirii schemei de codare celei mai puternice. Deoarece această situație este destul de rară, nu se ia în considerare la proiectarea sistemului de recepție DVB-S. Rezultatul este prezentat în Figura 10.

Totuși, pentru a acoperi și această situație se poate, spre exemplu, mări apertura antenei de recepție, pentru a capta cât mai multă energie. Astfel că pentru a asigura un prag de recepție de 4.1 dB ar trebui mărit diametrul antenei până la 91 cm, cu condiția păstrării celorlalți parametrii la valorile folosite anterior.

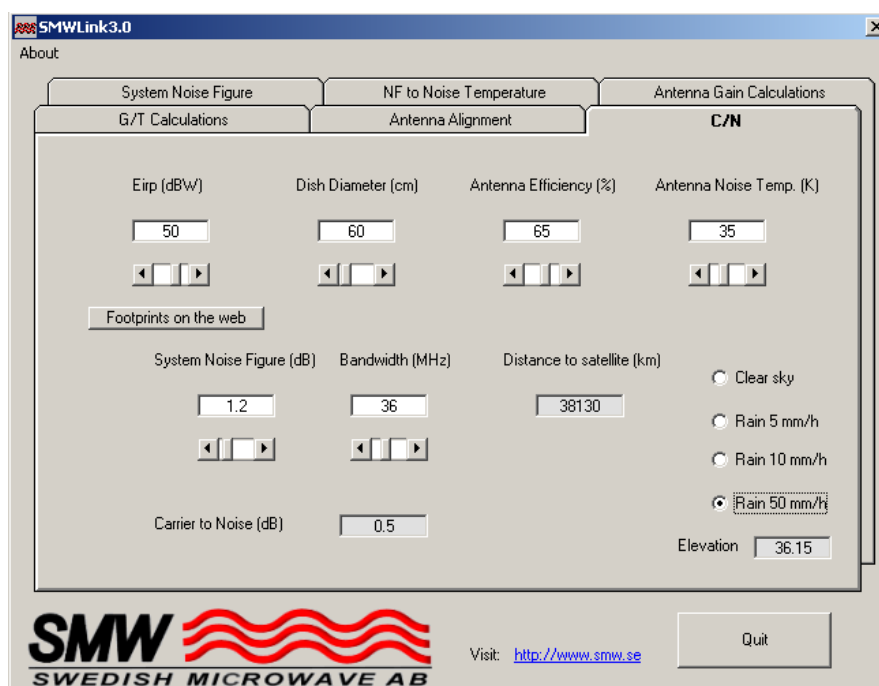


Figura 10: Raportul C/N în condiții de ploaie 50mm/h

10. Alegerea echipamentelor de recepție

După etapa de proiectare, se trece la etapa de selectare a unor echipamente reale de recepție prin satelit care să aibă cei mai semnificativi parametrii cât mai apropiați de cei folosiți în etapa de proiectare.

10.1 Antena de satelit

O antenă de satelit cu parametrii destul de apropiați de cei rezultați din proiectare este antena de satelit **Triax TD64**. Cei mai importanți parametrii folosiți în alegerea acestui echipament au fost banda de frecvențe în care lucrează antena (banda Ku), câștigul (35.8 dB) și apertura antenei (64 cm). Cele mai importante date tehnice ale acestei antene pot fi

urmărite în Figura 11. Printre aceste date nu se regăsește eficiența antenei, dar deoarece am ales la proiectare o valoare uzuală pentru acest parametru, presupunem că și acest parametru este apropiat de valoarea aleasă la paragraful 9.2.



Figura 11: Antena Triax TD64 și datele tehnice ale acesteia

10.2 Blocul LNB

Blocul LNB a fost ales astfel încât să asigure un nivel al zgomotului apropiat de 0.2 dB precum și o gamă a câștigului în care să se regăsească și valoarea folosită la proiectare. Pentru acest echipament se propune modelul de LNB **Inverto Universal Single 0.2db LNB**, care poate fi observat în Figura 12 împreună cu cele mai semnificative date tehnice ale acestuia.



Figura 12: LNB-ul Inverto Universal Single 0.2 dB și datele tehnice ale acestuia

Dacă se reia etapa de proiectare folosind parametrii tehnici ai echipamentelor prezentate mai sus se obține o creștere a raportului C/N cu 0.5 dB în cazul unui cer senin și a unor condiții de ploaie de 0.5 mm/h, și o creștere de 0.6 dB pentru celelalte două cazuri, dacă ne raportăm la valorile C/N obținute la paragraful 9.5. Deci, și în acest caz pragul C/N este acoperitor pentru o recepție de bună de calitate. Această creștere se datorează în cea mai mare parte antenei de satelit cu diametrul de 64 cm, la proiectare

fiind ales un diametru de 60 cm. Ceilalți parametri setați nu influențează foarte mult valorile obținute.

11. Concluzii

Calculul bugetului unei legături de satelit presupune folosirea unor formule și modele matematice complexe, astfel că se impune folosirea unui mecanism de tip CAD (Computer Aided Design) pentru realizarea acestui obiectiv.

Proiectul de față își propune calcularea unei legături de satelit pentru orașul Cluj-Napoca, folosind satelitul Eutelsat HotBird 13A. Etapa de proiectare are ca și pas următor alegerea unor echipamente corespunzătoare ca performanță, care să asigure clientului o recepție de calitate a semnalului de satelit chiar și în cazul unor condiții meteo nefavorabile recepției satelitare.

În proiectarea legăturii de satelit trebuie avute în vedere cele mai nefavorabile condiții, pentru ca proiectarea să fie valabilă tot timpul, mai precis, sistemul să asigure un grad de disponibilitate ridicată. Cele mai importante condiții care asigură disponibilitate ridicată și care au fost folosite în cadrul acestui proiect sunt: antena a fost proiectată să lucreze la o frecvență maximă egală cu frecvența maximă a benzii de satelit Ku și nu doar pentru un anumit satelit sau transponder, lărgimea de bandă a unui transponder s-a considerat a fi cea maximă (36 MHz) pentru a fi acoperitoare pentru toate transponderile existente. Deasemenea pentru nivelul de zgomot al sistemului s-a folosit o margine de zgomot de aproximativ 0.8 dB și au fost considerate mai multe debite pentru condiții meteo de ploaie.

Valorile rezultate din proiectare sunt acceptabile pentru o recepție de bună calitate, iar echipamentele componente sistemului de recepție au fost alese astfel încât folosind parametri tehnici ai acestora în programul de proiectare să rezulte valori la fel de acceptabile.

În ceea ce privește programul de proiectare asistată de calculator SWMLink 3.0 aș putea reproșa faptul că nu este unul profesionist deoarece nu folosește foarte mulți parametri în proiectare iar pasul cu care pot fi modificate valorile parametrilor nu este foarte fin, ceea ce duce la o proiectare grosieră în loc de una foarte apropiată de realitate. Un program mai profesionist de calcul al legăturii de satelit se găsește la adresa <http://www.satellite-calculations.com/Satellite/Downlink.htm>.