

# Seminar pri predmetu RZD: Zanesljivostna analiza - Garmin nüvi 250

Črt Cencelj, Tomi Erlih, Nejc Ilc, Sara Ilič, Ivan  
Jovanovski, Blaž Lamprecht, Luka Stepančič, Marko Tišler,  
Jure Turel, Damjan Vidonja, Igor Vizec, Boštjan žankar

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana,  
Slovenija

**Povzetek.** V okviru predmeta Računalniška zanesljivost in diagnostika na diplomskem študiju Fakultete za računalništvo in informatiko smo izdelali zanesljivostno analizo GPS navigatorja Garmin nüvi 250. Analiza vključuje več različnih metod: Markovska analiza, izračun zanesljivosti strojnih komponent po MIL standardu, FTA (Fault tree analysis) in FMEA (Failure mode and effects analysis). Cilj seminarske naloge je podati primer poročila o zanesljivosti izbranega produkta in predstaviti metode zanesljivostne analize.

*Ključne besede.* Garmin nüvi 250, zanesljivostna analiza, FTA, FMEA, MIL

## Kazalo.

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>3</b>
1.1	Osnovni pojmi . . . . .	3
1.1.1	Definicija zanesljivosti . . . . .	3
1.1.2	Intenzivnost odpovedovanja . . . . .	3
1.1.3	Analiza zanesljivosti . . . . .	3
1.2	Organiziranost poročila . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Splošno o produktu</b>	<b>5</b>
2.1	Funkcije . . . . .	5
2.2	Podatki o proizvajalcu . . . . .	8
2.3	Karte (Splošno o prednaloženih) . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Zanesljivost strojne opreme</b>	<b>13</b>
3.1	Strojne komponente sistema . . . . .	13
3.2	RELEX Reliability Studio . . . . .	15
3.3	MIL-HDBK-217 standard . . . . .	15
3.4	Napoved intenzivnosti odpovedovanja . . . . .	16
<b>4</b>	<b>Programska oprema</b>	<b>20</b>
4.1	Popolni opis funkcij naprave . . . . .	20
4.1.1	Glavni meni . . . . .	20
4.1.2	Kam? . . . . .	22
4.1.3	Orodja . . . . .	31
4.1.4	Poglej karto/navigacija . . . . .	36
4.2	Ugotovljene napake . . . . .	39
4.3	Karte za GPS navigacijo . . . . .	39
4.3.1	Kako pridobiti koordinate na GPS? . . . . .	39
4.3.2	Kako pridobiti podatke za karte? . . . . .	41
4.3.3	Kaj lahko povzroči napake pri navigaciji? . . . . .	41
4.3.4	Karte . . . . .	42
4.4	Opis razvojnega okolja . . . . .	50

<b>5</b>	<b>Markovska analiza</b>	<b>52</b>
5.1	Uvod . . . . .	52
5.2	Markovski diagrami . . . . .	52
5.3	Rezultati analize . . . . .	54
5.4	Interpretacija rezultatov . . . . .	56
<b>6</b>	<b>FTA</b>	<b>58</b>
6.1	Uvod . . . . .	58
6.2	Oprelitev vzrokov in načinov odpovedi . . . . .	58
6.2.1	Prekinjena oskrba z električno energijo . . . . .	59
6.2.2	Onemogočena uporabnikova interakcija . . . . .	61
6.2.3	Odpoved pomnilnika . . . . .	63
6.2.4	Odpoved procesorja . . . . .	65
6.2.5	Odpoved GPS modula . . . . .	66
6.3	Interpretacija rezultatov . . . . .	68
<b>7</b>	<b>FMEA</b>	<b>69</b>
7.1	Opis metode FMEA . . . . .	69
7.2	Rezultati analize posameznih komponent . . . . .	72
7.3	Interpretacija rezultatov . . . . .	75
<b>8</b>	<b>Zaključek</b>	<b>76</b>
	<b>Literatura</b>	<b>77</b>

---

## 1. Uvod

S pojmom zanesljivosti računalniških sistemov se pogosto srečujemo, ko beseda teče o dragih, misijsko kritičnih aplikacijah oziroma postavitvah, kjer je odpoved sistema sinonim za hudo gospodarsko škodo ali celo smrt ljudi. Vendar to ni in ne sme biti pravilo. Se pravi, da bi tudi izdelovalci izdelkov za široko potrošnjo tako na področju računalništva kot tudi drugod, morali spremljati razvoj svojega produkta in ugotovljati njegove zanesljivostne parametre. S tem se izboljša kakovost produkta, saj s sistematičnim pristopom odkrijemo njegove pomanjkljivosti, ki jih lahko odpravimo, in zaupanje strank v podjetje, ki izkazuje skrb za svoje izdelke.

Dejstvo je, da so podjetja v Sloveniji večinoma brezbrizna do zanesljivostnih analiz in predvidevanja odpovedi njihovih produktov; drugače pa je po svetu, kjer velja, da poročilo o zanesljivosti izdelka spada k njegovi dokumentaciji. Zato je eden izmed glavnih ciljev te seminarske naloge podati primer poročila o zanesljivostni analizi, ki bi se lahko uporabil tudi v podjetjih.

### 1.1. Osnovni pojmi

Pred nadaljevanjem si razjasnimo osnovne pojme, povezane z zanesljivostjo in njeno analizo.

*1.1.1. Definicija zanesljivosti* V literaturi zasledimo dva pogleda na zanesljivost in s tem dve definiciji:

- **Uporabniška definicija:**

Zanesljiv je tisti sistem, ki počne natanko tisto, kar hoče uporabnik (kupec) in to natanko takrat, ko se to od sistema zahteva [1].

- **Snovalska definicija:**

Zanesljivost je definirana kot verjetnost, da bo sistem deloval v vnaprej podanem časovnem intervalu in vnaprej podanih delovnih pogojih brez odpovedi [2].

*1.1.2. Intenzivnost odpovedovanja* Z zanesljivostjo je tesno povezan pojem intenzivnosti odpovedovanja, ki se označuje z grško črko lambda -  $\lambda$ . Definirana je kot število odpovedi na časovni interval. Uporablja se pri verjetnostnih izračunih zanesljivosti.

*1.1.3. Analiza zanesljivosti* O analizi zanesljivosti govorimo, ko uporabljamo sistematične metode, na podlagi katerih lahko podamo oceno zanesljivosti našega sistema, oziroma intenzivnost odpovedovanja. Poznamo več metod ali pristopov, med katerimi smo v poročilo zajeli:

- Analiza strojnih komponent po vojaškem MIL standardu,
- Analiza programske opreme, pregled funkcij sistema,
- Markovska analiza možnih stanj sistema,
- Analiza drevesa odpovedi (FTA - ang. Fault Tree Analysis),
- Analiza odpovedi in njihovih posledic (FMEA - ang. Failure Mode and Effects Analysis).

### *1.2. Organiziranost poročila*

Poročilo smo uredili v zaključene dele - poglavja, kjer vsako obravnava en vidik oziroma pogled na zanesljivost. Vsako poglavje najprej opiše metodo, čemur sledi njena izvedba, rezultati in njihova interpretacija. Najprej smo produkt (Garmin nüvi 250) predstavili s splošnega vidika - tako, kot ga vidi kupec, uporabnik. To poglavje je pomembno za prvi stik z objektom preiskave, kjer bralec dobi osnovno sliko o njem. Zatem smo si podrobno ogledali strojne komponente naprave in s pomočjo standardov ameriške vojske (MIL) izračunali oceno zanesljivosti. Nato je pod drobnogled prišla programska oprema, ki jo naprava vključuje. Gre za popolni pregled vseh funkcij naprave, kjer se skuša tudi odkriti morebitne pomanjkljivosti in napake. Pozornost smo namenili tudi samemu ozadju delovanja naprave in opisali način, kako deluje GPS pozicioniranje. Poseben del programske opreme so tudi karte - v poročilo smo zavoljo raznovrstnosti informacij o izdelku vključili tudi njihovo primerjavo in opis. V nadaljevanju smo preučili možna stanja, ki jih sistem lahko zasede in naredili Markovski model prehajanja med njimi. Sledila je analiza možnih dogodkov - napak, ki lahko pripeljejo do odpovedi celotnega sistema. Poslužili smo se metode FTA, ki na pregleden način prikazuje vzroke za odpovedi. Poleg tega smo identificirane možnosti odpovedi tudi ovrednostili po metodi FMEA, ki izpostavlja najbolj kritične sestavne dele sistema.

## 2. Splošno o produktu

### 2.1. Funkcije

Garmin nüvi 200 serija je zadnja različica tega uspešnega izdelka, ki je namenjena uporabnikom, ki potrebujejo osnovne navigacijske funkcije brez naprednih funkcij, ki jih omogočajo dražje serije nüvi modelov.



Slika 1. Garmin nüvi 250.

Ena izmed priročnih lastnosti je na dotik občutljiv zaslon, s katerim lahko enostavno nastavite pot do restavracij, hotelov in naslovov. Nüvi samodejno nastavi pot in usmerja z grafičnimi in glasovnimi napotki tudi v slovenskem jeziku.

Ima prednaloženo popolno cestno kartografijo Zahodne Evrope in nekaj Vzhodne Evrope. Kartografske podatke ureja *NAVTEQ*, vodilno svetovno podjetje na področju digitalne kartografije. Na nüvi 250 lahko naložite tudi podrobno cestno karto Slovenije, Hrvaške in Bosne - t.i. *AdriaRoute*, ki pa ni prednaložena in je na voljo kot dodatna oprema.

Posebnost modela 250, v primerjavi s serijami 300 in 600 je v tem, da ima notranjo anteno, ki ni vidna in je ni potrebno odpreti med samo navigacijo.



Slika 2. Primerjava serije nüvi 200 in serije nüvi 300/600.

Zvočnik, ki služi za komunikacijo z uporabnikom se nahaja na zadnji strani izdelka, kjer je tudi mini USB konektor, ki služi tako za napajanje, kot povezavo z

računalnikom. Prav tako je na zadnji strani tudi priročen reset gumb, ki je uporaben v primeru nepričakovane napake, ki povrne nastavitve na tovarniško prednastavljene.

V primerjavi s starejšimi modeli ima nüvi 250 izboljššan pogled na navigacijsko mapo. Ima izboljššan t.i. *anti-aliasing* izris mape, ki omogoča lepši izris navigacijske poti.



Slika 3. Osnovni navigacijski pogled nüvi 250.

1. Tekstovno polje, tu je izpisano trenutno navigacijsko navodilo
2. *Zoom-out*
3. Izbrana navigacijska pot
4. Ikona avtomobila, ki se jo lahko spreminja
5. Pričakovani čas prihoda na izbrano destinacijo
6. Meni
7. Oddaljenost do naslednjega zavoja
8. *Zoom-in*

Poleg navigacijskega pogleda omogoča tudi prikaz vseh lastnosti trenutnega potovanja (hitrost premikanja, maksimalna hitrost, povprečna hitrost, celoten čas potovanja, čas postankov, ...). Primer prikazuje slika 4.

Iskanje potovalnih destinacij je zelo enostavno. Omogoča več načinov iskanja željenega cilja. Najbolj osnoven je iskanje po naslovu ali pa po t.i. *points of interest*, ki omogoča iskanje po shranjenih naslovih podjetij, trgovin, hotelov, restavracij, ...

Na željeno destinacijo nüvi 250 izračuna najboljšo in najhitrejšo pot. Lahko izberemo tudi tip ceste po kateri se želimo peljati (avtocesta, magistralna cesta, ...), izognemo se lahko tudi raznim cestninskim postajam, mimo katerih nas sam avtomatsko vodi - seveda, če to želimo. Ima zelo dober navigacijski pogon, ki z sistemom kart *NAVTEQ* odlično skrbi za navigacijo.

*Turn-by-turn* - glasovni napotki usmerjajo voznika do izbranega cilja. Ob napačnem zavoju nüvi samodejno naredi izračun nove poti glede na trenutno lokacijo in izbrani cilj.



Slika 4. Prikaz podatkov trenutnega potovanja.

Osnovne značilnosti:

- Samodejni izračun poti in *turn-by-turn* navigacija z glasovnimi napotki v slovenščini,
- Svetel, na dotik občutljiv *QVGA TFT* zaslon z diagonalo 3.5" (9 cm) in ločljivostjo 320 x 240 pikslov,
- Prednaložena cestna kartografija Evrope in Severne Amerike,
- Prednaloženi prometni radarji za Veliko Britanijo, Francijo, Španijo in Beneluks,
- Možnost dodajanja kart,
- Vgrajen potovalni komplet vsebuje pregledovalnik slik, svetovno uro, pretvornik valut in merskih enot, ter kalkulator,
- Reža za SD pomnilniške kartice,
- *Garmin Lock* - napravo lahko zaklenete, za odklepanje potrebujete PIN,
- Različne ikone vozil - uporabnik si lahko izbere različna vozila za svojo ikono,
- Izbirate lahko med 3D pogledom na karto ali 2D pogledom iz ptičje perspektive,
- Velikost: 9,6 cm x 7,1 cm x 2 cm,
- Teža: 148 g,
- Vgrajena polnilna litij-ionska baterija,
- Napajalna napetost 12V,
- Trajanje baterije: 4 - 5 ur, odvisno od uporabe,
- Ni vodotesen,
- Vakuumski avtomobilski nosilec,
- Poenostavljeno priključevanje na PC, podobno kot pri digitalnih fotoaparatih; uporabljen način *USB Mass Storage* za dostop do internega pomnilnika ali pomnilniške kartice SD, za priključitev na PC je potreben USB kabel, ki je na voljo kot dodatna oprema,
- Z uporabo programa *POI loader* lahko uporabniki nastavijo bližinske alarme za cone šol, prometne radarje, ...

- ne omogoča funkcije *text-to-speech*,
- ni podpore za predvajanje MP3 glasbenih datotek.

## 2.2. Podatki o proizvajalcu

Podjetje Garmin so ustanovili januarja 1990 na Tajskem. Ustanovila sta ga dva inženirja elektrotehnike Gary Burrell in Min Kao, po katerih se je podjetje tudi poimenovalo - GarMin (vir: [3], [4]).



Slika 5. Garry Burrell in Min Kao, ustanovitelja Garmin-a.

Glavna dejavnost podjetja je servisiranje in prodaja geodetskih inštrumentov, pribora in Garmin GPS naprav, pri katerih je vodilno podjetje na svetu. Na začetku so bile navigacijske naprave uporabljane le v avionavtiki in navtiki, kasneje pa so se produkti razširili še na razne ročne in zapestne naprave namenjene pohodnikom, športnikom in voznikom. V prvem ducatu let obratovanja je Garmin prodal 5 milijonov izdelkov. Njihovi izdelki obsegajo veliko število navigacijskih naprav, ki se prodajajo preko več kot 2500 prodajalcev, distributerjev in partnerjev v 100 državah po svetu. Podjetje je registrirano na Kajmanskih otokih, medtem ko ima izdelovalne in prodajne infrastrukture v Združenih državah Amerike (Kansas) in Tajski, oglaševalsko agencijo pa v Angliji.

Prvi izdelek podjetja je bil GPS sprejemnik *GPS 100AVD*, ki je bil ciljan na uporabnike navtičnih plovil in privatnim pilotom, in doživel velik uspeh. *GPS 100AVD* je bil velik kot A4 list, ter imel ceno okoli 1000\$.

Kmalu so predstavili nov izdelek, imenovan *GPS 95*, namenjen pilotom. Zmogel je prikazovati pozicijo letala na premikajoči se mapi kot tudi vsa bližnja letališča in kontrolne postaje.

Leta 1991 so odprli novo tovarno izdelkov v Taipeju, ter se tako začeli uveljavljati kot ena vodilnih družb na področju geodetskih storitev. Leta 1995 je prodaja dosegla 102 milijonov dolarjev - podjetje je pri tem imelo 23 milijonov neto dobička.

Proizvodnja se je razširila na različne tipe izdelkov. Izdelujejo naprave za avto, letalsko, navtično navigacijo, naprave za fitness in rekreacijo v naravi in različne brezžične aplikacije za prenosne mobilne naprave.



Proti koncu 90-ih let se je podjetje osredotočilo na izdelavo navigacijskih naprav za avtomobilsko industrijo. *GPS III*, predstavljen 1997 je že vseboval navigacijsko mapo z vsemi večjimi cestami v Ameriki. Prikazoval je voznikov položaj in destinacijo na mapi.

Podjetje se je razširilo tudi izven navigacijskih naprav in izdelalo *Mode C Transporter*, napravo, ki je sporočala pozicijo letala kontrolorjem zračnega prometa, in intercom, naprava za eno ali dvosmerno komunikacijo.

Najbolj uspešni izdelki so, poleg zgoraj omenjenih, tudi ročni GPS sprejemnik, ki je bil uporabljen leta 1991 v Zalivski vojni, v Kuvajtu in Savdski Arabiji. V začetku leta 2000 so razvili osebno GPS napravo, namenjeno rekreativnim tekačem imenovano *Forerunner*. Popularnost je doživela tudi podobna zapestna GPS naprava, ki je omogočala pohodnikom, *off-road* kolesarjem in navtičnim tekmovalcem dvodimenzionalno sledenje in vodenje do cilja, imenovana *Garmin Foretrex*. Modeli s podobno uspešnostjo so še *Garmin eTrex series*, *Geko series*, *iQue line* (kombinacija dlančnika in GPS naprave) in *StreetPilot i-series*.

Podjetje je z veliko hitrostjo raslo in sedaj zaposluje že 7000 ljudi. Posluje po celem svetu in ima poslovalnice v ZDA, Evropi in Aziji. Sedež podjetja je v ZDA in se imenuje *Garmin International, Inc.*



Slika 6. Garmin International, Inc., Olathe, Kansas.

Tudi v Sloveniji ima Garmin svoje zastopstvo. Leta 2003 je podjetje Geoset, d.o.o. postalo ekskluzivni zastopnik za Garmin GPS navigacijske naprave. Z dobrimi prodajnimi prijemi in strategijami so dosegli vodilni položaj na tržišču GPS navigacij v Sloveniji. V letu 2004 so prejeli posebno priznanje s strani Garmin-a za izreden dosežek na področju prodaje, in sicer za 118% rast prometa v primerjavi z letom 2003. Geoset kot uvoznik išče vedno nove prodajne metode in poti in je pri tem zelo uspešen, na kar kaže tudi rast prometa Garmin GPS naprav oz. njihovo povpraševanje. Ra-

zvoj Garmin GPS navigacijskih naprav v svetovnem merilu odraža smernice podjetja Geoset, d.o.o., ki skrbi za uveljavljanje blagovne znamke Garmin v Sloveniji.

### 2.3. Karte (Splošno o prednaloženih)

Nüvi 250 ima prednaloženo popolno cestno kartografijo Severne Amerike, Zahodne Evrope in nekaj Vzhodne Evrope - t.i. *Europe City navigator NT*.

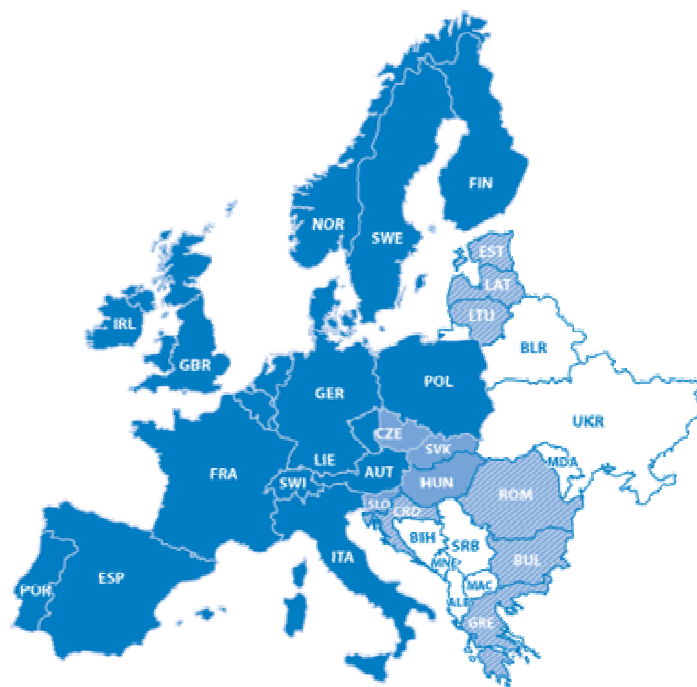
Kartografske podatke ureja *NAVTEQ*, vodilno svetovno podjetje na področju digitalne kartografije. V primerjavi s konkurenčnim podjetjem digitalne kartografije *TeleAtlas* je natančnost *NAVTEQ* kart veliko večja, kar je velika prednost Garmin-a, ki uporablja te karte.

Natančnost prednaloženih kart je velika. Karte pokrivajo celotno območje Severne Amerike, tako velika mesta, kot tudi ruralne predele. Vsebuje veliko število (6 milijonov) t.i. interesnih točk (*ang. points of interest*), ki predstavljajo razne restavracije, javne ustanove, prenočitvene zmogljivosti, zabavišne parke, nakupovalne centre, ...



Slika 7. Pokritost karte Severne Amerike.

Velika večina Evrope je tudi dobro pokrita, z izjemo vzhodne Evrope, kjer so pokrita le večja mesta. V Sloveniji so pokrite le glavne ceste, od mest pa sta popolnoma pokrita le Ljubljana in Maribor.



Slika 8. Pokritost karte Evrope.

**Tabela 1.** Pokritost Evrope po državah.

Velika Britanija in Republika Irska	
Velika Britanija:	popolna pokritost
Isle of Man:	popolna pokritost
Severna Irska:	popolna pokritost
Irska:	popolna pokritost
Danska, Finska, Norveška in Švedska	
Danska:	popolna pokritost
Finska:	popolna pokritost
Norveška:	popolna pokritost
Švedska:	popolna pokritost
Nemčija:	popolna pokritost
Francija in Beneluks	
Francija:	popolna pokritost
Belgija:	popolna pokritost
Nizozemska:	popolna pokritost
Luksemburg:	popolna pokritost
Italija, Avstrija, Švica in Liechtenstein	
Italija:	popolna pokritost
Avstrija:	popolna pokritost
Švica:	popolna pokritost
Liechtenstein:	popolna pokritost
Španija in Portugalska	
Španija:	popolna pokritost
Portugalska:	popolna pokritost kontinentalne Portugalske, Azori in Madeira nista vključena
Češka:	Bradlec, Brno, Dalovice, Josefuv Dul, Karlovy Vary, Kosmonosy, Mlada Boleslav, Ostrava, Prague, Praha, Plzen in Repov
Grčija:	Atene
Vzhodna Evropa	
Estonija:	popolna pokritost Tallina
Lativija:	popolna pokritost glavnega mesta Rige
Litva:	popolna pokritost glavnega mesta Vilnius
Poljska:	popolna pokritost
Slovaška:	popolna pokritost Bratislave and Kosic
Madžarska:	popolna pokritost področja Budimpešte, Balaton področja, Debrecen, Miskolc, Eger in Tokaja
Slovenija:	popolna pokritost Ljubljane in Maribora
Hrvaška:	popolna pokritost Zagreba, Rijeke, Pule, Splita, Selina, Zadara, Dubrovnika in otoka Krka
Bolgarija:	popolna pokritost glavnega mesta Sofija
Romunija:	popolna pokritost Bukarešte in Timisoara
Moldavija:	samo večje ceste
Srbija in Črna Gora:	samo večje ceste
Albanija:	samo večje ceste
Makedonija:	samo večje ceste
Ukrajina:	samo večje ceste

### 3. Zanesljivost strojne opreme

Analizo zanesljivosti sistema Garmin nüvi 250 smo izvajali po standardu **MIL-HDBK-217**. Delo nam je precej olajšalo orodje **RELEX Reliability Studio**. Za natančno analizo zanesljivosti po standardu MIL-HDBK-217, potrebujemo konkretne podatke o vseh komponentah. To pomeni, da je bilo potrebno komponente identificirati, poiskati pripadajočo tehnično dokumentacijo, in iz le-te izluščiti ustrezne parametre za nadaljno analizo. Vendar večino strojnih komponent v sistemu žal ni bilo mogoče identificirati do te mere - bodisi zaradi pomanjkljivih oznak ali zaprte narave samih komponent. Po obsežnem iskanju smo dobili vsaj podatke o nekaterih komponentah.

#### 3.1. Strojne komponente sistema



(a) Zadnji del

(b) Sprednji del



(c) Mikroprocesor

Slika 9. Notranjost Garmin Nüvi 250

- **Mikroprocesor**

Gre za OMAP model ali „*Open Multimedia Application Platform*“, ki je blagovna znamka družbe *Texas Instruments* [5]. Procesor je izdelan po naročilu za Garmin, zato zanj ni moč dobiti tehnične podatke, kajti oznake same nam ne povedo ničesar. Vemo pa, da večina OMAP procesorjev vsebuje **ARM9** jedro, najbrž z dodatnim DPS procesorjem. Procesor ima cca. 240 pinov.

- **GPS sprejemnik in antena**

Večina Garminovih modelov vsebuje GPS sprejemnik tipa *SiRFstarIII*, zato predpostavljamo, da gre tudi pri modelu *Nüvi 250* za enak GPS modul. Za natančno identifikacijo izdelka bi bilo potrebno opraviti precej invaziven poseg, ki bi lahko poškodoval *Nüvi-ja* do te mere, da ne bi zmožl opravljati osnovnih GPS funkcij. Zato smo se odločili, da hermetično zaprte komore, kjer je hranjen GPS čip, ne bomo odpirali. Lahko pa uporabimo kot referenco komercialno razširjeni 140-pinski čip *SiRFStarIII GSC3e* [6]. Le-ta je pakiran v BGA tehnologiji, dela z močjo 62mW na napajalni napetosti 3.0V in praktično omogoča delovanje v industrijskem okolju na temperaturnem razponu od -40°C pa vse do 85°C. Sprejemnik zmore komunicirati na največ 20 kanalih, podatke lahko zajema do višine cca. 18000 metrov in pri hitrostih nižjih od cca. 500 m/s; podatke osvežuje s frekvenco 1 Hz.

- **Bralni pomnilnik (EEPROM)**

Bralni pomnilnik je velik 1,5GB (1Gbit + 512Mbit), sestavljata ga dva čipa znamke *Hynix Semiconductor*, in sicer 8-Gbitni z oznako HY27UG088G5M ter 4-Gbitni z oznako HY27UF084G2M. Pomnilnik je zasnovan v NAND Flash tehnologiji in deluje na napajalnih napetostih od 2.7 to 3.6V, sposoben je delovanja tudi v industrijskem okolju (-40°C do 85°C). Čipa imata vsak po 48 pinov, pakirana sta v TSOP<sup>1</sup> tehnologiji. Kar se integritete podatkov tiče, proizvajalec obljublja 100000 bralno/pisalnih ciklov in trajnost podatkov do vsaj 10 let (vir: [7] in [8]).

- **Bralno/pisalni pomnilnik (SDRAM)**

Gre za produkt družbe Samsung z oznako K4M56163PG - 4M x 16Bit x 4 Banks Mobile SDRAM [9]. Pomnilnik je zasnovan na LVC MOS<sup>2</sup> tehnologiji in preklaplja na frekvencah vse do 133MHz. Čip ima 54-pinov (6x9) in je pakiran v FBGA<sup>3</sup> tehnologiji. Področje napajalne napetosti sega od 1.7V do 1.95V. Proizvajalec navaja, da je sposoben delovanja tako v komercialnem temperaturnem področju (-25°C do 70°C), kot tudi v „razširjenem“ področju (-25°C do 85°C).

- **Pasivne komponente in ostali elementi**

Večina elementov na vezju je tipa SMD, med drugim tudi pasivne komponente, za katere ni podanih oznak, zato ni mogoče eksaktno ugotoviti njihove funkcije. Za te smo uporabili oceno zanesljivosti po najslabšem možnem scenariju. Poleg vseh naštetih komponent sistema sodijo še **kvarčni kristal** (generator urinega signala), **baterija** z napetostjo 3.7V in zmogljivostjo 1.25Ah, **konektorji**, **zvočnik**, nekaj **digitalnih vezij**, za katere ne vemo z gotovostjo, kakšno nalogo opravljajo, ter **LCD touchscreen**.

<sup>1</sup> TSOP - Thin Small-Outline Package

<sup>2</sup> LVC MOS - Low Voltage Complementary Metal Oxide Semiconductor

<sup>3</sup> FBGA - Fine-pitch ball grid array

### 3.2. RELEX Reliability Studio

Aplikacija RELEX Reliability Studio ponuja skupek metod in pripomočkov za enostavno in celovito oceno zanesljivosti oziroma intenzivnosti odpovedovanja (slika 10). Orodje podpira trenutno vodilne, mednarodno priznane standarde na področju zanesljivosti, med drugim tudi MIL-HDBK-217, Telecordia in PRISM.

The screenshot displays the RELEX Reliability Studio interface. The top section is the 'System Tree' table, and the bottom section is the 'Parts Table'.

Name	Part Number	System Tree Identifier	Reference Designator	Description	Manufacturer	Failure Rate, Predicted	MTBF, Predicted	Tagged Part?
Garmin 250 Nuvi	System	System				3,085183	324130	<input type="checkbox"/>
A - Processor		System1				1,222145	818234	<input type="checkbox"/>
B - USB?		System2				0,134107	7e+006	<input type="checkbox"/>
C - 256 MB SDRAM		System3				0,033667	3e+007	<input type="checkbox"/>
D -		System4				0,025749	4e+007	<input type="checkbox"/>
E - ura		System5				0,048348	2e+007	<input type="checkbox"/>
F - TR7		System6				0,001126	9e+008	<input type="checkbox"/>
G - Buffer		System7				0,192420	5e+006	<input type="checkbox"/>
H - MUX		System8				0,049485	2e+007	<input type="checkbox"/>
I -		System9				0,003120	3e+008	<input type="checkbox"/>
J - 1 GB EEPROM		System10				0,092944	1e+007	<input type="checkbox"/>
K - 512 MB EEPROM		System20				0,092944	1e+007	<input type="checkbox"/>
AC priključek		System11				0,007659	1e+008	<input type="checkbox"/>
RST tipka		System12				0,261018	4e+006	<input type="checkbox"/>
mini USB priključek		System13				0,100561	1e+007	<input type="checkbox"/>
Speaker		System14				0,090330	2e+007	<input type="checkbox"/>
Power/lock		System15				0,090330	2e+007	<input type="checkbox"/>
Layer A - oca. 11...		System16				0,115000	9e+006	<input type="checkbox"/>
Layer B - oca. 83 ...		System17				0,083000	1e+007	<input type="checkbox"/>
LCD/touch - 85 pi...		System19				0,050330	2e+007	<input type="checkbox"/>
LCD		System21				0,020000	5e+007	<input type="checkbox"/>
Zvočnik		System23				0,080000	1e+007	<input type="checkbox"/>
Baterija		System24				0,380000	3e+006	<input type="checkbox"/>

Name	Part Number	Part Classification	Category	Subcategory	Reference Designator	Quantity	Calculation Model	Failure Rate, Pr...	Tagged...	Failure Rate...
Layer A - oca. 115 SMD		Reslex	Resistor	Surface Mount		115	MIL-HDBK-217 FN2	0,115000	<input type="checkbox"/>	3,73
Layer B - oca. 83 SMD		Reslex	Resistor	Surface Mount		83	MIL-HDBK-217 FN2	0,083000	<input type="checkbox"/>	2,69
LCD/touch - 85 pin ko...		Reslex	Connection	General		1	MIL-HDBK-217 FN2	0,050330	<input type="checkbox"/>	1,63
LCD		Reslex	Miscellaneous	Display		1	MIL-HDBK-217 FN2	0,020000	<input type="checkbox"/>	0,65

Slika 10. Vpogled v uporabniški vmesnik orodja RELEX Reliability Studio

Izračunavanje oziroma iskanje parametrov za napovedovanje zanesljivosti je zamudno; RELEX zato vsebuje obsežno knjižnico podatkov o elektronskih komponentah in digitalnih vezjih, ki lahko znatno skrajša čas ocenjevanja zanesljivosti. Seveda v primeru, da iskane komponente ni v knjižnici, lahko sami dodajamo nove komponente ali izbiramo generične komponente, katerim z vnosom ustreznih parametrov ocenimo zanesljivost. RELEX R. S., poleg omenjenih funkcij, vključuje še celo paleto orodij, ki se uporabljajo za analizo zanesljivosti. To so:

- Reliability Block Diagram (RBD),
- Orodja za simulacijo in optimizacijo,
- Markovsko modeliranje,
- Failure Mode and Effects Analysis (FMEA),
- Fault Tree Analysis (FTA),
- Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action System (FRACAS),...

### 3.3. MIL-HDBK-217 standard

*MIL-HDBK-217 Reliability Prediction of Electronic Equipment* [10] je vojaški priročnik za napovedovanje intenzivnosti odpovedovanja elektronskih komponent, ki je praktično prerasel v „de-facto“ standard na tem področju. Priročnik vsebuje serijo empiričnih

modelov za napovedovanje intenzivnosti odpovedovanja. Ti modeli se razlikujejo glede na tip komponente. Vsak tip ima podano osnovno (bazno) intenzivnost odpovedovanja same komponente ( $\lambda_B$ ). Poleg te se uporabljajo še dodatni parametri oziroma tako imenovani korekcijski faktorji, ki omogočajo natančnejšo določitev (ne)zanesljivosti posameznih komponent. Tipični parametri, ki se uporabljajo za določanje intenzivnosti odpovedovanja, so temperaturni faktor ( $\pi_T$ ), faktor moči ( $\pi_P$ ), faktor kvalitete ( $\pi_Q$ ), faktor okolja delovanja ( $\pi_E$ ), zrelostni faktor ( $\pi_L$ ), ...

Intenzivnost odpovedovanja celotnega sistema določimo tako, da seštejemo intenzivnosti odpovedovanja vseh komponent, konektorjev in tiskanih vezij. Vendar moramo najprej z določeno metodo izračunati oz. napovedati obremenitev posameznih komponent. Poznamo dve metodi napovedovanja intenzivnosti odpovedovanja sistemov:

1. **Part stress analysis prediction** - napoved z analizo obremenitve komponent. Ta metoda je uporabna, ko imamo sistem že v celoti postavljen oz. že natančno vemo specifikacije vseh komponent ter poznamo okolje v katerem bo sistem deloval. Vsak tip komponente ima pripadajočo "bazno"<sup>4</sup> intenzivnost odpovedovanja ter pripadajoči model računanja zanesljivosti po katerem dobimo intenz. odpoved. komponente ( $\lambda_p$ ). Tipičen model izgleda takole

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \dots \pi_Q \pi_E$$

2. **Parts count prediction** - napoved z štetjem komponent.

Metoda se od zgornje razlikuje po tem, da ne potrebujemo natančnih podatkov o komponentah, dovolj je poznati število uporabljenih komponent, okoljski faktor, njihovo intenzivnost odpovedovanja v odvisnosti od okolja ( $\lambda_g$ ) ter faktor kvalitete ( $\pi_Q$ ) in v določenih primerih lahko uporabimo tudi faktor zrelosti ( $\pi_L$ ). V splošnem se po tej metodi intenzivnost izračuna kot  $\sum N_i (\lambda_g \pi_Q)_i$ . Ta metoda se uporablja v začetni fazi razvoja sistema, ko nimamo točnih podatkov o komponentah, namreč ponuja nam približen izračun zanesljivosti. Ta metoda se lahko uporabi v kombinaciji z zgoraj omenjeno metodo.

### 3.4. Napoved intenzivnosti odpovedovanja

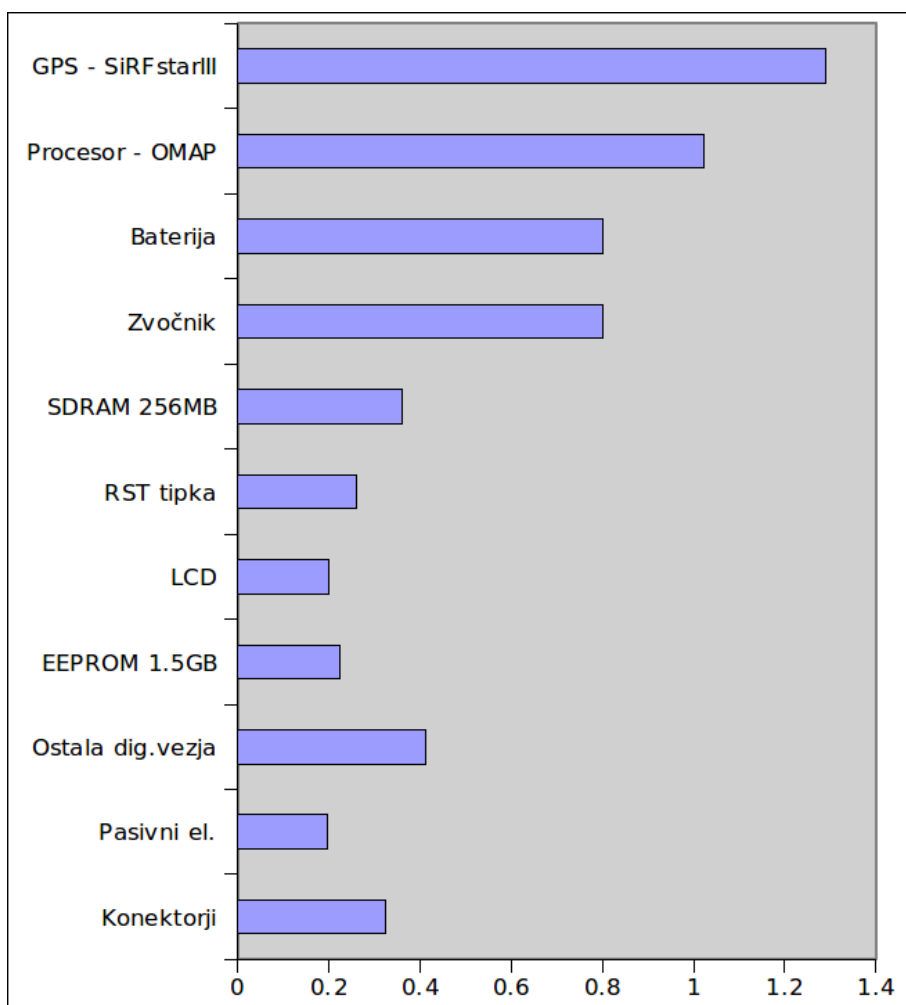
Z pomočjo orodja *RELEX R.S.* smo dosegli intenzivnost odpovedovanja sistema  $\lambda = 5.828523$ . Rezultati za posamezne komponente so prikazani v tabeli 2. Vsekakor lahko opazimo, da k (ne)zanesljivosti sistema največ prispevata procesor in GPS sprejemnik. Delež posameznih prispevkov prikazuje graf na sliki 11. Znatno delež prispevata tudi baterija in zvočnik. Slednji ni ključnega pomena za sistem, kajti zadeva lahko deluje tudi brez zvoka. Zanimiv je podatek, da konektorji prispevajo manj kot 5% delež k intenzivnosti odpovedovanja, z ozirom na to, da je sistem namenjen 'mobilnemu' okolju.

<sup>4</sup>  $\lambda_b$  - Bazna intenz. odpovedovanja v normalnem okolju, kjer se upoštevajo samo električne obremenitve



Komponente	$\lambda$	Delež	MTBF ( $10^6 h$ )
<i>Digitalne komponente</i>			
SiRFstarIII	1.290518	22.14%	0.774883
Procesor - OMAP	1.022216	17.54%	0.978267
EEPROM - 1 GB	0.111413	1.91%	9
EEPROM - 512 MB	0.111413	1.91%	9
SDRAM - 256 MB	0.362326	6.22%	3
USB krmilnik*	0.063697	1.09%	20
Dig.Vezje*	0.040485	0.69%	20
Dig.Vezje*	0.025749	0.44%	40
4xBuffer*	0.19242	3.30%	5
TR7*	0.001126	0.02%	900
MUX	0.040485	0.69%	20
<i>Konektorji</i>			
mini USB priključek	0.100661	1.73%	10
LCD - 85pin	0.05033	0.86%	20
Power/lock	0.05033	0.86%	20
Speaker	0.05033	0.86%	20
AC priključek	0.007659	0.13%	100
<i>Pasivne komponente</i>			
Layer A ~ 115 SMD	0.115	1.97%	9
Layer B ~ 83 SMD	0.083	1.42%	10
<i>Ostalo (I/O, DC)</i>			
Ura	0.048348	0.83%	20
RST tipka	0.261018	4.48%	4
LCD	0.2	3.43%	5
Baterija	0.8	13.73%	1
Zvočnik	0.8	13.73%	1
<i>Skupaj</i>	5.828523	100.00%	0.17157

**Tabela 2.** Napovedane vrednosti intenzivnosti odpovedovanja



Slika 11. Graf intenzivnosti odpovedovanja ( $\lambda$ ) za komponente

Tako dobimo  $MTBF = 171570h$ , kar je približno ena odpoved na 20 let delovanja. Zdi se neverjetno, sploh, če rezultate primerjamo z ostalimi izdelki na tem področju. Na primer, GPS sprejemnik REB-3310 družbe *RoyalTek Company LTD.* ima podan  $MTBF = 10000h$  [11]. Podoben izdelek, vendar precej bolj zanesljiv, je *CMA-4024 GNSS Aviation Precision Approach GPS Receiver Module*, ta ima določen  $MTBF = 60000h$  [12]. Vendar to je še vedno 3-krat manj od naše ocene za *Nüvi250*.

Intenzivnost odpovedovanja ni ravno tista, ki smo jo pričakovali glede na ostale GPS izdelke. Morda naš izračun odstopa zaradi naše napake oz. preskopih podatkov o samem izdelku. Morda zaradi predvidljivosti prodajalcev omenjenih GPS naprav, namreč ti so lahko vključili veliko večje obremenitve v izračun. V končni fazi je lahko glavni krivec tudi orodje RELEX, in sicer zaradi napačne implementacije standarda MIL-HDBK-217FN2, saj se ročno izračunane napovedi precej odmikajo od tistih, ki nam jih je „izpljunil“ RELEX. Na primer:  $\lambda$  za uporabljeni EEPROM je bila izračunana na  $0.11 \cdot 10^{-6}h$  z orodjem RELEX, medtem, ko je ročno izračunana

vrednost bila  $0.60 \cdot 10^{-6}h$ . Vprašljiva je tudi ocena zanesljivosti baterije - ta namreč znaša  $\lambda = 0.8$ , kar pomeni manj kot eno odpoved na cca. 100 let. To je presenetljivo, vendar lahko predpostavljamo, da velja ta ocena za časovno območje znotraj predpisane življenske dobe baterije. Seveda, po drugi strani ima orodje RELEX verjetno vključene modele za podporo naj sodobnejšim komponentam, ki jih originalen MIL-HDBK-217FN2 priročnik iz leta 1991 ni mogel predvideti. A jih ima zares?

#### 4. Programska oprema

Sestavni del opazovane naprave nüvi 250 je prednaložena programska oprema, ki jo sestavljajo:

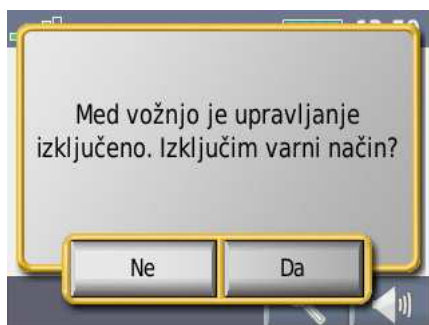
- Operacijski sistem,
- Aplikacije za GPS navigacijo in uporabniški vmesnik,
- Karte.

Ker gre za komercialni izdelek, veliko podrobnosti o programski opremi ni znanih. Tako nam ni uspelo izvedeti nič o samem operacijskem sistemu ali podrobnostih aplikacij, ki skrbijo za interakcijo z uporabnikom in navigacijo. Torej, izvirne kode nismo imeli, imeli pa smo izvajalno in to smo tudi dodobra prevrteli - z namenom, da spoznamo obnašanje in odkrijemo morebitne napake v delovanju. Poleg tega smo odkrili možnost programiranja lastnih aplikacij, ki izkoriščajo funkcije naprave nüvi. To je tudi opisano v tem poglavju.

##### 4.1. Popolni opis funkcij naprave

Garmin nüvi 250 je cestna navigacijska naprava, zato so tudi funkcije prilagojene za uporabo v vozilih. V tem poglavju se bomo sprehodili čez vse njegove funkcije na zelo podroben način.

Navigacijska naprava v vozilu zelo hitro najde prostor pri vsakem vozniku. Ker pa je varnost na prvem mestu, je privzeto vklopljen varni način. Varni način onemogoči večino funkcij, dovoljuje pa navigacijo glede trenutno nastavljene poti.



Slika 12. Varnostni način - opozorilo.

4.1.1. *Glavni meni* Po vklopu naprave in začetnemu zagonu, pridemo do osnovnega oziroma glavnega menija.



Slika 13. Glavni meni.



Slika 14. Pridobivanje satelitov, pogled iz karte.

V zgornjem levem kotu vidimo sprejem signala GPS satelitov. Dokler so stolpci rdeče barve, GPS enota še išče satelite in določa položaj. Ko se nastavi in sprejema signal iz vseh dostopnih satelitov, se stolpci obarvajo zeleno. število stolpcev pa označuje moč in posredno natančnost (ta model navigacijske enote ne posreduje informacij o vidnih satelitih in natančnosti meritev). Če pa smo že v pogledu karte, je iz zgornje vrstice (Pridobivam satelite) in vprašaja nad simbolom vozila razvidno, da se navigacijska enota še ni našla.

Zgornji desni kot prikazuje stanje notranje baterije (ko je enota priklopljena na zunanje napajanje in je vklopljena, simbola ni) in točen čas, ki ga enota pridobi iz sprejetega signala.

V sredni se nahaja gumb za izbiro destinacije in hitrega pogleda do karte.

V spodnji vrstici sta gumba za dostop do orodij in nastavitve zvoka.



Slika 15. Nastavitev zvoka.

4.1.2. *Kam?* Najbolj pomembna funkcija navigacijske enote je hitro najti željeno destinacijo. V glavnem meniju, z izbiro "Kam?", pridemo do veliko različnih funkcij, ki nam pomagajo najti željeno destinacijo.



Slika 16. Možni načini izbire destinacije.

Na izbiro imamo:

- iskanje preko naslova,
- iskanje preko destinacij vpisanih v karti, ki je naložena (lahko jih je več, morajo pa biti izbrane),
- iskanje preko destinacij, ki smo jih nedavno našli,
- preko priljubljenih destinacij (shranjene točke),
- preko menija 'dodatno', kjer so vnešene točke zanimanja (POI - Points Of Interest),

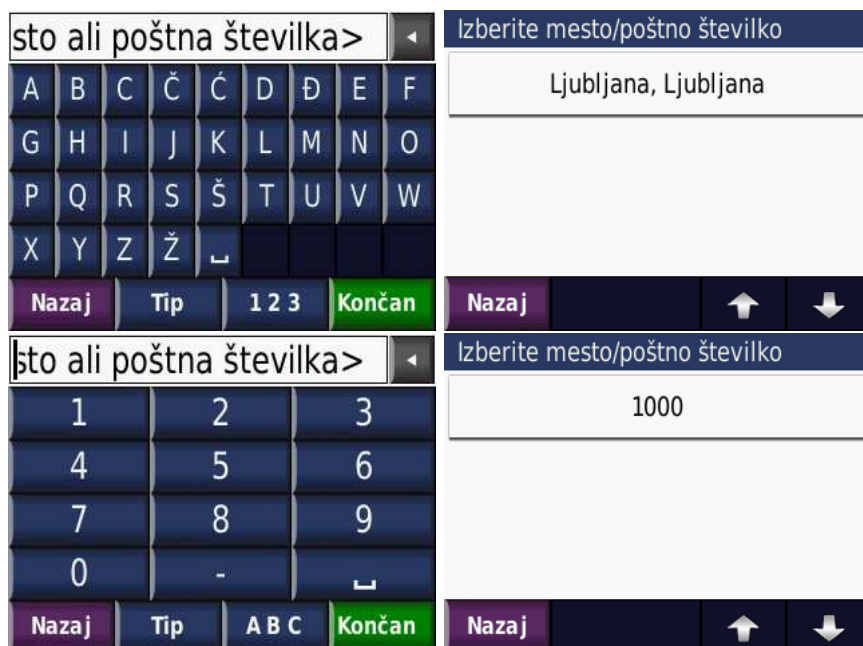
- iskanje križišč,
- iskanje mest,
- iskanje lokacije z označitvijo na karti,
- preko direktnega vpisa geografske širine in dolžine,
- ali iskanje lokacije v naši bližini (blizu trenutnega mesta, drugega mesta, trenutne poti ali cilja poti).

Iskanje destinacije preko naslova zahteva od nas točne podatke o naslovu. Zasloni nas vodijo od začetka pa do konca, kjer potrdimo lokacijo. Najprej je potrebno izbrati državo lokacije, nato pa še mesto.



Slika 17. Izbira države in način iskanja mesta.

Mesto lahko vnesemo z imenom, ali poštno številko.



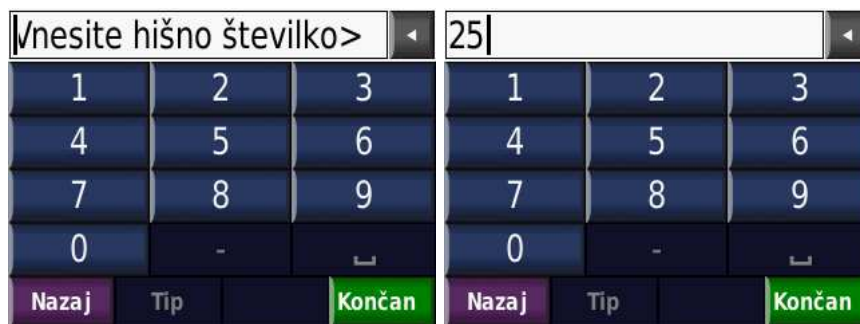
Slika 18. Izbira mesta z besedo ali poštno številko.

Nato je potrebno vnesti ulico. Enota nam, ko se število zadetkov (po vpisanih črkah) zadosti zmanjša, ponudi na izbiro eno izmed ujemanj.



Slika 19. Izbira ulice.

Na koncu samo še izberemo hišno številko in zadnji pritisk na gumb "Končan". Nato se nam prikaže zaslon z izpisanim celotnim naslovom in opcijami, da to lokacijo shranimo med priljubljene, si jo ogledamo na karti, oziroma izberemo najbolj verjetno opcijo "Pojdi!"



Slika 20. Izbira hišne številke.



Slika 21. Meni izbrane destinacije.

Naslednja možnost je izbira lokacije preko funkcije "Destinacije". Tu iščemo lokacije po namembnosti. Ponovno pa je odvisno od naloženih kart (in omogočenih),



koliko lokacij je vpisanih.

Iščemo lahko restavracije (“Hrana”), bencinske črpalke (“Gorivo”), postajališča javnih prevozov (“Tranzit”), prenočišča, trgovine (“Nakupi”), bančne storitve (“Banka bankomat”), parkirišča, zabavo, rekreacijo, zanimivosti, bolnišnice, uradne ustanove in avto usluge. Izbiro pa lahko pohitrimo z vnosom imena podjetja, dela podjetja - naprava nam prikaže zadetke podobno kot v predhodnem meniju s funkcijo “Blizu...”



Slika 22. Funkcije za iskanje po tipu destinacije.

Iskanje pa je še bolj poenostavljeno. Izbiramo med 13 tipi iskanj:

- hrano lahko izbiramo glede na tip jedi (Vsa hrana, Ameriška, Azijska, Delikatesa/pekarna, Francoska, žar, Hitra hrana, Italijanska, Kitajska, Mednarodna, Morska in Ostalo),
- postajališča javnega prevoza, izberemo glede na tip prevoza (Vsi tranziti, Izposoja vozil, Letalski prevozi in Zemeljski transport),
- nakup (Vsi nakupi, Lekarna, Nakupovalni center),
- zabavo (Vsa zabavišča, Bar/nočni klub, Casino, Gledališče in Kino),
- rekreacija (Vsa rekreacija, Bowling center, Drsaljšča, Igrišče za golf, Javno športno letališče, Park/vrt, Smučišče, športni/fitness center in Zabavišče/telematski park),
- zanimivosti (Vse zanimivosti, Hala/avditorij, Muzej/zgodovinski, Park/vrt, Stadion/steza, Vinska klet, Zabavišni/tematski park in Zanimivost)
- ustanove (Vse ustanove, Banka bankomat, Community Center, Državna ustanova, Knjižnica, Mejni prehod, Mestna hiša, Pošta, šola in Svetišče)
- ter avto usluge (Vse avto usluge, Avtomobili/rezervni deli, Izposoja vozil, Mehanična delavnica in Počivališče/turistične informacije).

Postopek iskanja je za vse izmed naštetih opcij enak, zato bomo pokazali postopek iskanja Fakultete za računalništvo in informatiko v Ljubljani.

Iz glavnega menija izberemo "Kam?", na naslednjem zaslonu "Destinacije", ter še na naslednjem "Ustanove". Tako pridemo do seznama tipa ustanov. Pomaknemo se proti koncu in izberemo "šola". Navigacijska enota nam ponudi še seznam šol v naši bližini z oddaljenostjo zračne razdalje in smeri.



Slika 23. Primer izbiranje šole.

Ker je seznam bližnjih šol prekratek, je potreba po črkovanju imena. Črkujemo lahko samo del imena (ne nujno od začetka, saj išče vse možne podnize). Iskal sem šole z podnizi "RAČUNALNI". Iz slike je razvidno, da enote išče šole od trenutne lokacije po oddaljenosti, katere ime vsebuje ustrezni podniz.



Slika 24. Izbiranje specifične destinacije.

Ko izgine slika "urice", je pregledal celotno bazo šol (če ni zadetkov, nam namesto seznama vrne "Ni zadetkov"). Izberemo drugo lokacijo, saj ta ustreza iskani šoli. Nato je pred nami ponovno meni, preko katerega si lokacijo lahko ogledamo na karti, si jo shranimo ali izberemo za cilj naše poti ("Pojdi!").



Slika 25. Informacije o izbrani destinaciji.

Če v meniju “Kam?” izberemo “Nedavno najdene”, se nam pred nami pokaže spisek nekaj zadnjih lokacij, ki smo jih izbrali. Seznam je podoben mnogim, saj vsebuje naslov ali ime lokacije, zračno razdaljo od trenutne do izpisane lokacije in smer, v kateri se lokacija nahaja.

DOMA Trzaska Cesta 25	12.6 <sub>m</sub>	JZ
Fakulteta Za Racunaln Ljubljana, Slo 1000	12.7 <sub>m</sub>	JZ
Srednja Sola Za Elektr Ljubljana, Slo 1000	11.7 <sub>m</sub>	JZ
Trzaska Cesta 25	12.6 <sub>m</sub>	JZ

Nazaj Počisti ↑ ↓

Slika 26. Nedavno najdene lokacije.

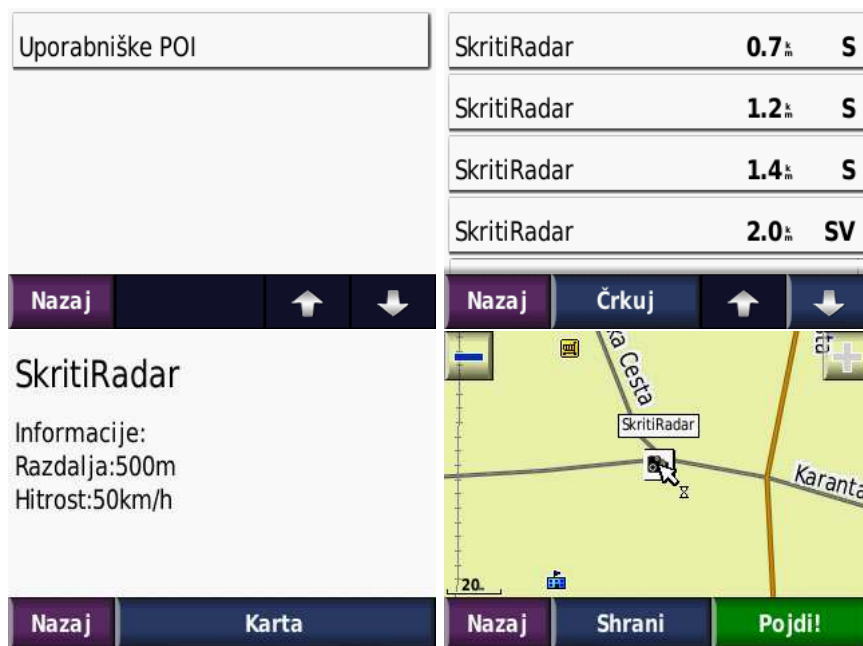
Naslednji podmeni so “Priljubljene”. Tu se nahajajo naše shranjene točke, prednaložene točke podjetja Garmin in lokacija DOMA. Lokacijo DOMA si lahko nastavimo izmed najdenih lokacij, shranjenih lokacij, ali si jo nastavimo ob prvem kliku na “Domov?”. Klik na to avtomatično nastavi novo pot s ciljem vpisane lokacije v DOMA.

Domov?		
DOMA Trzaska Cesta 25	12.6 <sub>m</sub>	JZ
Garmin Europe	1298 <sub>m</sub>	SZ
Garmin USA	8266 <sub>m</sub>	SZ

Nazaj Črkuj ↑ ↓

Slika 27. Meni priljubljenih/shranjenih točk.

Podmeni "Dodatno" vsebuje Uporabniške točke zanimanja (POI - ang. Points of interest). Le te naložimo s programom *POI Loader*, ki je brezplačno dosegljiv na internetni strani podjetja Garmin ([www.garmin.com](http://www.garmin.com)). Slovenska stran proizvajalca ima datoteko CSV z vpisanimi 36 radarji. Nanje nas navigacijska enota opozarja, ko se približujemo vpisani lokaciji, z opozorilom o predpisani hitrosti (informacija o hitrosti je vpisana v CSV datoteki), kot je vidno na zadnji sliki 29. Na karti je lokacija označena z sliko, ki jo na napravo pošlje *POI Loader* (sliko lahko izberemo sami).



Slika 28. Uporabniške točke.



Slika 29. Opozorilo o Alarmu hitrosti.

Podmeni "Križišča" nam pomaga najti križanje dveh cest. Ko izberemo to opcijo, moramo določiti mesto, 1. ulico in 2.ulico, ki se križata.

V kateri državi je križišče?	Ime mesta ali poštna številka?																																																																								
<input type="button" value="Slovenija"/> <input type="button" value="Črkujte državo"/>	<input type="button" value="Črkujte mesto/poštno šteti"/> <input type="button" value="Preišči vse"/>																																																																								
<input type="button" value="Nazaj"/>	<input type="button" value="Nazaj"/>																																																																								
<input type="text" value="Ime mesta ali poštna številka"/>	<input type="text" value="&lt;Vnesite 1. ulico&gt;"/>																																																																								
<table border="1"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>Č</td><td>Ć</td><td>D</td><td>Đ</td><td>E</td><td>F</td></tr> <tr><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>J</td><td>K</td><td>L</td><td>M</td><td>N</td><td>O</td></tr> <tr><td>P</td><td>Q</td><td>R</td><td>S</td><td>Š</td><td>T</td><td>U</td><td>V</td><td>W</td></tr> <tr><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>Ž</td><td>␣</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	A	B	C	Č	Ć	D	Đ	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	Š	T	U	V	W	X	Y	Z	Ž	␣					<table border="1"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>Č</td><td>Ć</td><td>D</td><td>Đ</td><td>E</td><td>F</td></tr> <tr><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>J</td><td>K</td><td>L</td><td>M</td><td>N</td><td>O</td></tr> <tr><td>P</td><td>Q</td><td>R</td><td>S</td><td>Š</td><td>T</td><td>U</td><td>V</td><td>W</td></tr> <tr><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>Ž</td><td>␣</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	A	B	C	Č	Ć	D	Đ	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	Š	T	U	V	W	X	Y	Z	Ž	␣				
A	B	C	Č	Ć	D	Đ	E	F																																																																	
G	H	I	J	K	L	M	N	O																																																																	
P	Q	R	S	Š	T	U	V	W																																																																	
X	Y	Z	Ž	␣																																																																					
A	B	C	Č	Ć	D	Đ	E	F																																																																	
G	H	I	J	K	L	M	N	O																																																																	
P	Q	R	S	Š	T	U	V	W																																																																	
X	Y	Z	Ž	␣																																																																					
<input type="button" value="Nazaj"/> <input type="button" value="Tip"/> <input type="button" value="1 2 3"/> <input type="button" value="Končan"/>	<input type="button" value="Nazaj"/> <input type="button" value="Tip"/> <input type="button" value="1 2 3"/> <input type="button" value="Končan"/>																																																																								
<input type="text" value="&lt;Vnesite 2. ulico&gt;"/>																																																																									
<table border="1"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>Č</td><td>Ć</td><td>D</td><td>Đ</td><td>E</td><td>F</td></tr> <tr><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>J</td><td>K</td><td>L</td><td>M</td><td>N</td><td>O</td></tr> <tr><td>P</td><td>Q</td><td>R</td><td>S</td><td>Š</td><td>T</td><td>U</td><td>V</td><td>W</td></tr> <tr><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>Ž</td><td>␣</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>		A	B	C	Č	Ć	D	Đ	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	Š	T	U	V	W	X	Y	Z	Ž	␣																																								
A	B	C	Č	Ć	D	Đ	E	F																																																																	
G	H	I	J	K	L	M	N	O																																																																	
P	Q	R	S	Š	T	U	V	W																																																																	
X	Y	Z	Ž	␣																																																																					
<input type="button" value="Nazaj"/> <input type="button" value="Tip"/> <input type="button" value="1 2 3"/> <input type="button" value="Končan"/>																																																																									

Slika 30. Izbiranje križišča kot destinacije.

Izbira podmenija "Mesta" nam prikaže seznam najbližjih mest, glede na trenutno lokacijo. Ker seznam ne prikaže vseh mest, ki so vpisana v kartah, lahko mesto preko vnosnega menija vpišemo. Ob izbiri se pokaže standardni meni za navigacijo, in z klikom na "Pojdi!", nam izračuna pot do izbrane lokacije.



Slika 31. Izbira mesta za destinacijo.

Podmeni "Preglej karto" nam pokaže karto v 2D načinu z izbrano ikono vozila na sredini kot trenutno lokacijo. V levem spodnjem kotu karte je prikazano merilo, v zgornjih kotih pa imamo funkciji povečaj in pomanjšaj. Z vlečenjem prsta po karti, karto premikamo v smeri premika prsta. Izbrana točka (kurzor), je označen z črno piko. To točko lahko shranimo med priljubljene, oziroma izberemo za naslednjo destinacijo.



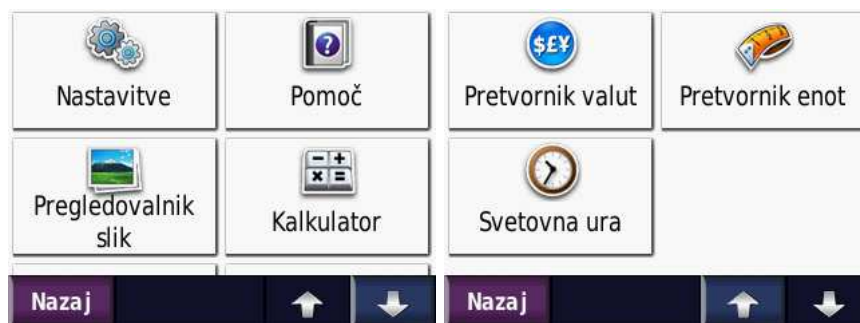
Slika 32. Pregled karte.

Zadnji podmeni pa je "Koordinate". V tem meniju opišemo destinacijo z geografsko širino in dolžino. Obliko zapisa lahko izberemo (izbiramo med tremi opcijami). Ko so vpisali željeno lokacijo, kliknemo naprej, kjer je standardni meni "Pojdi!".



Slika 33. Izbira točke preko geografske širine in dolžine.

4.1.3. *Orodja* Pod menijem orodja (simbol kluča) se skrivajo nastavitve enote in nekaj priročnih orodij. Tako imamo poleg nastavitvev še pomoč, pregledovalnik slik, ki so v imeniku JPEG na napravi, enostaven kalkulator, pretvornik valut, pretvornik enot in svetovno uro.



Slika 34. Orodja.

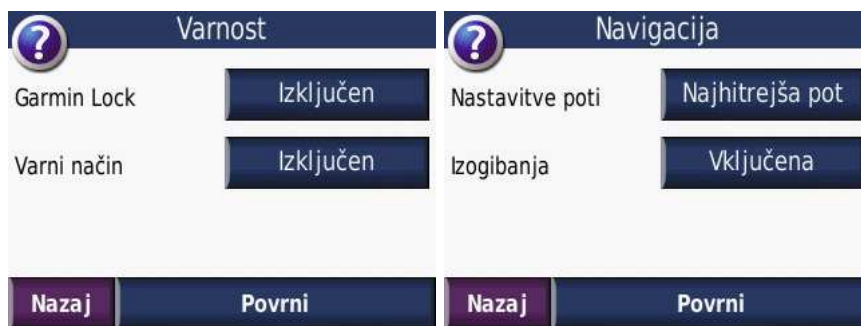
Znotraj nastavitvev nastavljamo podatke za sam sistem, varnost enote med vožnjo in pred krajo, navigacijo, čas, jezik, zaslon, karto, ter bližinske točke. Sam sistem lahko simulira GPS, kar pomeni, da ga lahko uporabljamo v zaprtih prostorih brez signala GPS. Nastavimo tudi, kako bomo uporabljali GPS: kot pešec, kolesar ali vozilo. To kasneje vpliva na pot, po kateri nas bo enota usmerjala. Naprimer: pešec gre lahko v enosmerno ulico, avtomobil pa ne sme. Lahko tudi nastavimo mersko enoto. Spodaj najdemo tudi podatke o napravi sami. Tu se nahajajo podatki o programski opremi, verziji GPS programa in zvočne opreme. Najbolj pomemben pa je podatek

ID naprave, ki je pomemben pri dodajanju novih kart, saj se karte zaklenejo na enoto samo.



Slika 35. Nastavitev sistema in informacije o napravi.

Varnostni funkciji enote sta različnega pomena. Varni način je, kot na začetku poglavja opisano, da nam enota med premikanjem ne dovoljuje spreminjanje nastavitvev. Funkcija *Garmin lock*, pa je zaklepanje enote. Ob vključitvi je potrebno vnesti 4-mestni PIN in varnostno lokacijo. Pred vsakim vklopom naprave je tako potrebno vpisati PIN, oziroma obiskati varnostno lokacijo, da se naprava vklopi. Pri nastavitvi poti lahko izbiramo med najhitrejšo oz najkrajšo potjo, lahko pa izberemo tudi zračno linijo. V zadnjem primeru po narisana daljica med trenutno in izbrano točko. Napravi nastavimo izogibanja določenim tipom cest (polkrožno obračanje, avtoceste, plačljive ceste, trajkete, rezervirani pasovi). Teh tipov cest oziroma manevrov nas bo enota izogibala, če bo le obstajala alternativna opcija, ki ne bi bila predolga.



Slika 36. Nastavitve varnosti in navigacije.

Za čas moramo nastaviti samo, kakšen format prikaza želimo, v katerem časovnem pasu smo in preklap med poletnim/zimskim časom, saj enota točen čas dobiva preko GPS signala. Enota je že skoraj čisto poslovenjena, mogoče manjka kakšen 'č', kot je vidno na 46. Drugače pa: govor, pisava in tipkovnica podpirata naš jezik.





Slika 37. Nastavitve prikaza časa in jezika naprave.

Zaslon ima nastavitve barvnega načina. Lahko ga izberemo med nastavitvami: podnevi, ponoči, oziroma na samodejni preklap. Samodejni je zelo uporaben, saj ima zaslon čez dan belo ozadje, ki bolj sveti, ponoči, pa se vsi meniji in tudi karta zatemnijo, da nas ne moti pri vožnji. Osvetlitev lahko nastavljamo sami z odstotki, kar pa seveda vpliva na porabo baterije. "Slika zaslona", je funkcija, ki je vklopljena, ko imamo na zaslonu ikono fotoaparata, kot je vidno na skliki 45. S pritiskom na fotoparat shranimo trenutno viden zaslon. Hitrost enote je sorazmerno odvisna od nastavitve podrobnosti, karte. Izbiramo med najmanj, manj, normalno, več in največ. Prikaz karte je privzeto nastavljen na 3D pogled, lahko pa imamo 2D pogled z izbiro ali server navzgor ali smer navzgor. Kot je na na kar nekaj slikah vidno, smo na karti označeni z vozilom. Tip vozila lahko zamenjamo z že nekaj prednaloženimi vozili, lahko pa si naložimo dodatne, ki so dostopni na stani proizvajalca. V podmeniju Karta, pa imamo še gumb O kartah, kjer je spisek kart, ki so naložene na enoto in s kljukico na začetju označene, katere uporabljamo za navigacijo, kot je vidno na sliki 39.



Slika 38. Nastavitve zaslona in karte.

Pri bližinskih točkah samo nastavimo, katere sezname naj enota preverja in nas na njih opozarja. Prednaloženi so radarji Garmin, lahko pa dodamo tudi naše bližinske točke.



Slika 39. Pregled aktivnih in nameščenih kart.



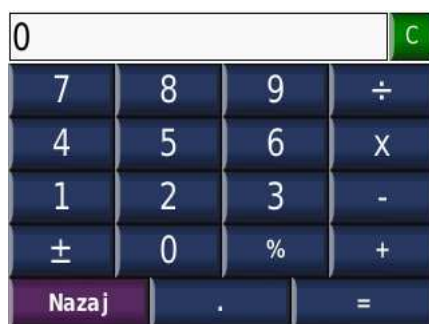
Slika 40. Nastavitve bližinskih točk.

Orodje, ki mogoče nima ravno velikega pomena, je pregledovalnik slik. Slike morajo biti v točno določenem imeniku in jih moramo pred naložiti. Lahko si samo izberemo sliko za začetni zaslon. Uporabna bi bila funkcija, da bi tudi slikani zasloni bili vidni v pregledovalniku.



Slika 41. Pregledovalnik slik.

Kot že skoraj vsaka prenosna naprava, se tudi na nüvi-ju najde enostavni kalkulator, pretvornik valut in pretvornik enot.



Slika 42. Kalkulator.



Slika 43. Pretvornik valut.



Slika 44. Pretvornik fizikalnih enot.

Na enoti se najde tudi svetovna ura. Zelo lepa prednost pa je karta sveta z vpogledom dnevno/nočnega pasu po svetu.



Slika 45. Prikaz svetovne ure.

4.1.4. *Poglej karto/navigacija* Ko imamo izbrano destinacijo, ne glede na postopek iskanja, je navigacija za vse poti enaka. Navigacijska naprava avtomatsko preskoči v pogled navigacije. Na sliki 51 je nastavljen 3D pogled, tega pa lahko nastavimo, kot je bilo opisano v nastavitvah. Prvo, kar se pojavi na zaslonu, je zgornje obvestilo, da se računa destinacija glede na izbran kriterij (npr. najkrajša pot). Ko se pot izračuna, in če imamo dovolj dobro pokritost s signalom, nas naprava z govorom vodi na željen cilj.



Slika 46. Izbira destinacije in računanje poti.

Ker je obravnavana naprava navigacijska, imamo, če pritisnemo na "gumb" in prikazovalnik hitrosti na sliki 47, pogled "armatura". Na tem pod zaslonu imamo vidne podatke o smeri vožnje, trenutni hitrosti, številu kilometrov do cilja in prevoženih kilometrov z vklopljeno napravo. V srednjem delu pa vidimo še skupno povprečno hitrost, povprečno hitrost trenutne poti, maksimalno hitrost, skupni čas, čas gibanja, in čas mirovanja. Spodnja vrstica pa nam nudi še brisanje podatkov o poti in brisanje maksimalne hitrosti ter seveda gumb za vračilo v predhodni zaslon.



Slika 47. Virtualna armaturna plošča.

Pritisk na zaslon, na desni spodnji vogal oziroma podatku o zavoju, nas pripelje do informacij o vseh naslednjih zavojih do cilja. Na sliki 48 sta prikazana zaslona zavojev, ki sta različna. Prikazana je bližina karte (lahko povečamo, pomanjšamo območje), tekst, kam bomo zavili, ter razdaljo od trenutne pozicije do zavoja. Ter seveda čez koliko časa moramo zaviti. Druga opcija na pogled o zavojih pa je, če pritisnemo na zgornji zeleni pas, ki nas tekstovno obvešča o zavojih.



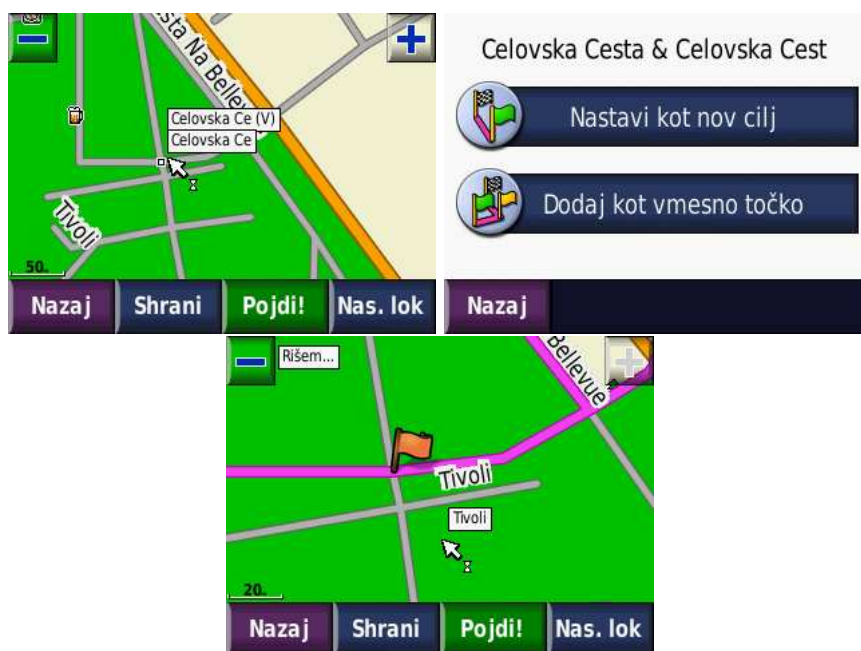
Slika 48. Seznama pregleda zavojev aktivne poti.

Ker naprava ne zaznava in ne pridobiva informacij o delu na cestah, imamo možnost, ko pridemo do odseka, kjer potekajo gradnje, pritisniti tipko *Obvoz*. Ta tipka se ob navigaciji po destinaciji pokaže na osnovnem meniju. Ob pritisku se izračuna nova pot do destinacije, ki je različna, od trenutne. Ob tej tipki, pa imamo še tipko *stop*. S pritiskom nanjo, končamo navigacijo do destinacije. Navigacija se avtomatsko zaključi le, če smo pot končali zelo blizu končne točke.



Slika 49. Opciji v glavnem meniju za obvoz in končanje trenutne poti.

Ker se skoraj na nobeno destinacijo ne podajamo le z enim ciljem, nam naprava omogoča, določitev vmesnega cilja, oziroma točke, ki jo obvezno obiščemo. To točko lahko določimo, ko že imamo izbrano neko osnovno destinacijo preko izbire destinacije s postopkom opisanim v poglavju 4.1.2. Ko imamo izbrano točko, nas naprava samo vpraša, če jo želimo vstaviti kot nov cilj ali kot vmesno točko.



Slika 50. Izbira vmesne točke v pot.

Na karti je vmesna destinacija ponazorjena z oranžno zastavico. Cilj, in konec navigacija pa označuje karirasta zastavica na karti in zvočno obvestilo o prihodu na cilj.



Slika 51. Prihod na cilj.

#### 4.2. Ugotovljene napake

V izvajanju kode aplikacije, ki teče na nüvi 250, nismo našli napak v delovanju, ki bi povzročale odpovedi ali degradacijo sistema. Odkrili pa smo eno nedosledost, in sicer pri funkciji „Blizu“, ki naj bi (vsaj pri dražjih izvedenkah) izpisala vse zanimive točke v bližini trenutnega položaja uporabnika. Ta opcija se samo prikazuje kot gumb na zaslonu, pritisk nanj pa ne povzroči ničesar. Ta funkcija tudi ni opisana na uradnih spletnih straneh proizvajalca in gre potemtakem za zavajanje uporabnika, ki lahko misli, da njegova naprava podpira nekaj, česar v resnici ne.

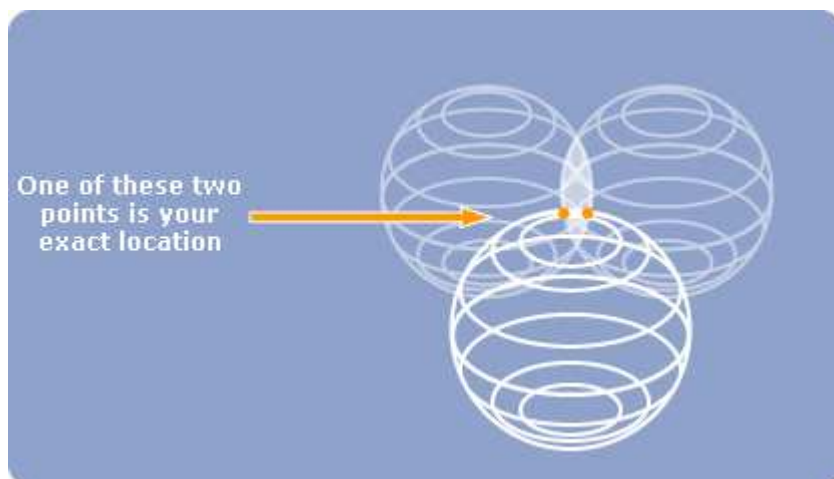
#### 4.3. Karte za GPS navigacijo

V tem poglavju si bomo natančneje ogledali, kako GPS navigacija sploh deluje in nato prednosti ter slabosti prednaloženih oziroma dodatno kupljivih kart (vir: [13], [14], [15]).

**4.3.1. Kako pridobiti koordinate na GPS?** GPS (Global Positioning System) je navigacijski sistem, ki temelji na satelitski tehnologiji. Okoli zemlje je utirjenih 24 satelitov (ter nekaj rezervnih), ki na zemljo pošiljajo svoje signale. Poenostavljeno za določitev našega položaja potrebujemo le sprejemnik, ki zna iz časovne razlike med oddanim in sprejetim signalom izračunati razdaljo do posameznega satelita. Ker je v območju vidnosti običajno med 4 in 10 satelitov, lahko iz znanega položaja satelitov (almanah) in razdalj do njih, sprejemnik izračuna naš položaj ter celo napako le-tega. Položaj nam pokaže kot zemljepisno širino in dolžino in vedno ga lahko tudi shranimo. Če imamo pri roki zemljevid, lahko enostavno ugotovimo kje smo.

Almanah je v bistvu nekakšna log datoteka ki vsebuje informacije o poziciji satelitov v prihodnosti, kar pomaga napravi pri iskanju satelitov ko se prižge. Almanah se tudi sproti osvežuje, saj to informacijo pošiljajo tudi sateliti. V osnovi so za navigacijo potrebni trije sateliti, s pomočjo katerih je mogoče opraviti postopek 3-D triangulacije.

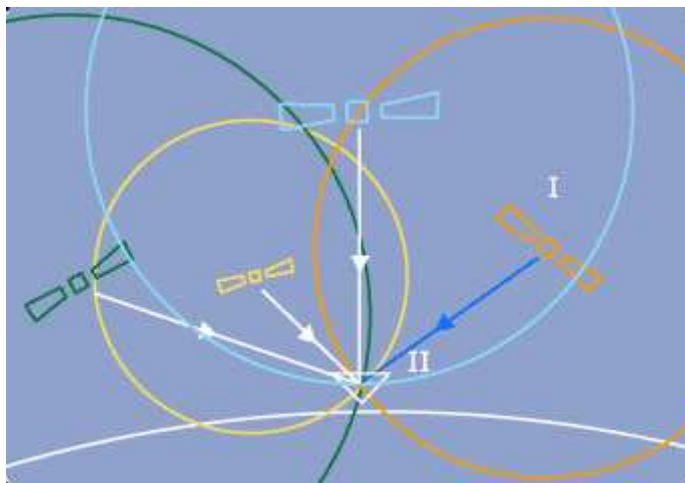
Vsak od satelitov ima svoj unikaten signal, ki jih je sprejemnik na podlagi almanaha sposoben najti in sprejeti.



Slika 52. Triangulacija.

Na podlagi potovanja signala od sprejemnika do satelita lahko sprejemnik izračuna razdaljo med sabo in satelitom, kar njegovo pozicijo v celotnem vesolju omeji na sfero okrog satelita. Z merjenjem razdalje do drugega satelita se pozicija zmanjša na elipso ki opisuje presek obeh sfer, s pomočjo tretjega satelita pa na samo 2 točki v vesolju. Ena od obeh je ali predaleč od zemeljskega površja, ali pa se giblje z neznansko hitrostjo in na podlagi tega sprejemnik lahko določi svojo pozicijo.

Vendar pa zaradi velikih razdalj merjenje časa potovanja signala na poti med satelitom in sprejemnikom ni brez napak in je potrebna zelo natančna ura. Napaka ene milisekunde pomeni napako koordinat 300 km od dejanske lokacije. Ker so atomske ure zelo draga stvar je ne more imeti vsak GPS sprejemnik, zato je potrebna drugačna rešitev ki se pokaže s pomočjo uporabe četrtega satelita. Vsak od satelitov ima zelo natančno uro (atomska ura).



Slika 53. Dodatni satelit in vpliv na zmanjšanje napake.



Če bi bila ura na sprejemniku idealna, bi se krožnice ki jih opiše razdalja med posameznim satelitom in sprejemnikom sekale v eni sami točki. Vendar temu ni tako in četrta krožnica ne gre skozi isto točko kot prve tri. S pomočjo te razlike lahko naprava izračuna kakšna bi morala biti ura da bi se vse krožnice sekale v isti točki, to pa je hkrati tudi prava, točna ura satelitov.

Vendar znajo moderni sprejemniki iz tega podatka izpeljati mnoge informacije, ki so mogoče za nas še bolj zanimive. Ko se premikamo, nam sprejemnik kaže podatke o hitrosti in smeri v kateri se gibamo. Če smo vnesli v sprejemnik cilje (običajno jih lahko vnesemo do 500) ali rute – poti z vmesnimi cilji, lahko spremljamo razdaljo in smer do ciljev, hitrost približevanja, predvideni čas prihoda v cilj, oddaljenost od idealne smeri ... Za varnost je zelo uporabna možnost prikaza devetih naši poziciji najbližjih ciljev in traceback izbira, ki nam omogoča vračanje po isti poti. Seveda lahko GPS sprejemnike priključimo tudi na prenosni računalnik z zemljevidi, nekateri modeli pa imajo zemljevide že vgrajene. Poleg tega so lahko koordinate opremljene še s takoimenovanimi POI (ang. "points of interest") ki na karti označujejo trgovine, spomenike itd.

Ločimo nekako tri različne vrste kart: avtomobilske, navtične in topografske (namenjene pohodnikom in kolesarjem), vsaka pa namenjena svoji skupini uporabnikov, temu pa je prilagojena tudi njihova vsebina. Topografske karte imajo natančne podatke o površju kjer hodimo, so pa neuporabne pri iskanju poti v avtomobilih in navigaciji skozi mesta.

#### 4.3.2. *Kako pridobiti podatke za karte?*

1. delo na terenu: opravljajo ga ljudje ki se ukvarjajo z zbiranjem podatkov. Vozijo se po sistemu cest in beležijo koordinate.
2. Analiza posnetkov iz zraka in analiza satelitskih posnetkov: veliko dela opravijo računalniki, vendar celotnega dela še ne morejo opraviti.
3. Prispevki uporabnikov: podobno kot točka 1., le da to delo ni koordinirano ampak koordinate prispevajo uporabniki prostovoljno. Na tej podlagi je nastal projekt OpenStreetMap.

#### 4.3.3. *Kaj lahko povzroči napake pri navigaciji?*

- Napake povezane s samo GPS tehnologijo:  
Zaradi potovanja signala skozi troposfero in ionosfero hitrost potovanja signala ni vedno ista, kar otežuje računanje razdalje. V troposferi se nahajajo mokri delci (oblaki...) ki upočasnijo signal, v ionosferi pa isti problem povzročajo nabiti delci. Pri navigaciji v mestu odboje signala povzročajo tudi visoke objekti kot so stavbe, gore itd.



Slika 54. Primeri možnih vzrokov za napake.

- Napake povezane s kartami:  
Karte namenjene GPS navigaciji so izjemno podrobne. Ne samo da morajo biti zelo natančne, hraniti morajo tudi ogromno informacij o različnih cestah (avtocesta, regionalna cesta, kolovoz...). To pomeni da je na voljo informacija o omejitvi hitrosti, enosmernih cestah itd.

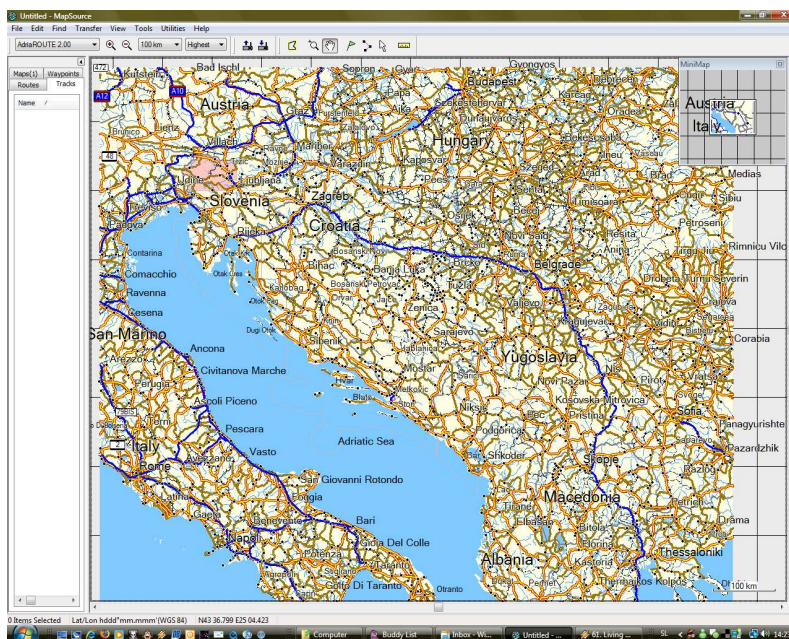
Zaradi navedenih razlogov tudi najnovejše GPS karte niso brez napak. Najpogostejše napake so odsotnost nekaterih (manjših) cest, lega ceste glede na okolico, imena cest in redkeje napačen naslov. Vse te informacije terjajo svoj davek, saj je za njihovo hranjenje potrebna vse večja kapaciteta hranjenja podatkov. GPS naprave najpogosteje za hranjenje podatkov poleg notranjega pomnilnika uporabljajo SD in Compact Flash kartice. Opisani GPS aparat uporablja prvo možnost, ki zaradi majhnega vgrajenega pomnilnika predstavlja že skoraj nujo.

Problem, ki pa je poleg kart povezan tudi s samo programsko opremo, je napačno, neprimerno ali neoptimalno usmerjanje, ki smo ga nekajkrat izkusili pri testiranju. Problem je bil pogostejši na nekaterih kartah kot drugih, zato so najbrž v takih primerih vzrok problema pomanjkljive ali napačne informacije o cestah ki jih vsebuje karta.

Na aparatu smo preizkusili delovanje nekaterih kart, ki vsebuje slovensko regijo. Ker smo lahko preverjali edino slovensko območje, zaradi različnega obsega kart sicer ne moremo govoriti o čisto pošteni primerjavi, vendar smo kljub temu pod drobnogled vzeli vse tri, glede na to da vse štiri karte navajajo vsaj delno pokritost Slovenije. Tri karte so namenjene navigaciji z avtomobilom, četrta pa je namenjena pohodništvu.

#### 4.3.4. Karte

- Adria Route



Slika 55. Adria Route - celotna karta.

**Slovenija:** več kot 109.000 km cest, 3.000 POI, hišne številke: Ljubljana, Maribor, Piran, Portorož, Koper, Izola.

**Hrvaška:** več kot 61.000 km cest, 11.100 POI, hišne številke: Zagreb, Split, Opatija, Zadar, Dubrovnik; vodenje čez morje (trajektne linije).

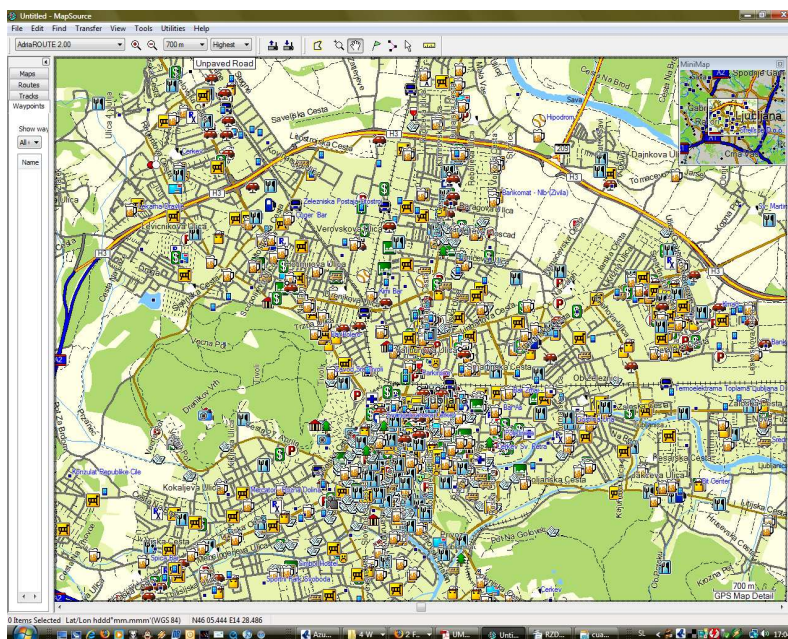
**BiH:** več kot 50.000 km cest, 2.000 POI.

Od vseh treh kart najbrž še najbolj ugodna za uporabo v Sloveniji in okolici. Na sliki vidimo celotno karto. V primerjavi z Metroguideom in Navigatorjem pokriva relativno majhno območje, a tega zato toliko bolj natančno. Medtem ko se ti dve karti osredotočata predvsem na področja mest, Adria Route poskrbi za pokritost celotne regije, vključno z velikim številom POI.

Pri uporabi smo naleteli na nekaj problemov, predvsem z usmerjanjem in vrednotenjem cest v bolj oddaljenih območjih. Kot primer naj navedem vztrajanje pri zavoju na kolovoz, kjer je bila čisto uporabna asfaltirana cesta, ki je bila tudi krajša pot do cilja, vendar sta bili cesti na karti enakovredni.

Drugi problem je iskanje alternativnih poti, ko voznik enkrat zavije iz idealne poti, ki jo je izračunala naprava. Včasih namreč poišče na videz nemogočo obvoze in potrebna je improvizacija.

Karta omogoča tudi auto-routing (auto-routing pomeni da si izberemo destinacijo in naprava poišče optimalno pot, poleg sodi tudi usmerjanje do te destinacije s pomočjo govora).



Slika 56. Adria Route - karta Ljubljane.

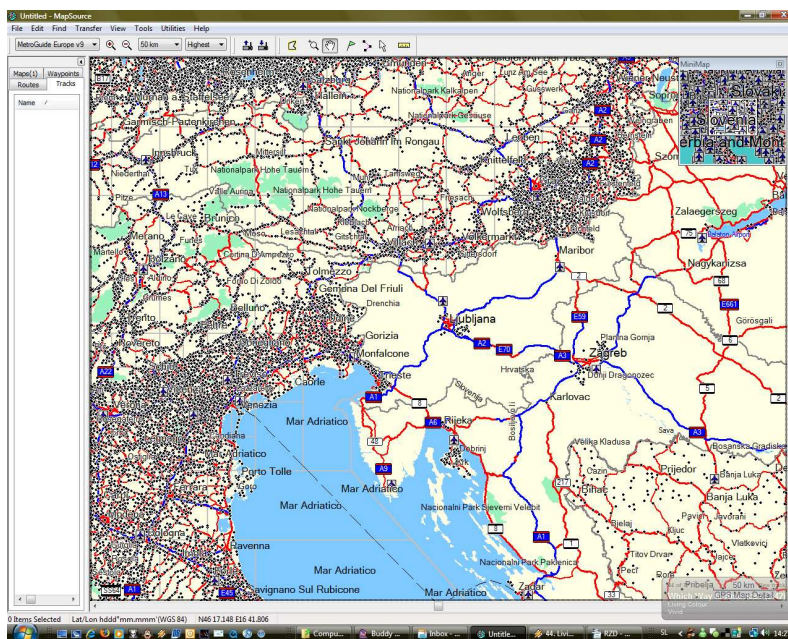
Kar se tiče natančnosti POI, nismo našli nobenih pomanjkljivosti. Seveda, ko boste iskali najbližji bankomat vas najverjetneje naprava ne bo zmožna pripeljati do čisto vsakega bankomata v Sloveniji, vendar je pokritost kljub temu zadovoljiva. Količina POI in zelo dobra pokritost naselij, mest, kot tudi prikaz detajlov (zeleno območja, reke, ...) so bistvene prednosti Adria Route karte.

- Europe Metro Guide

\*Modra barva pomeni popolno pokritost mest, sivina s črtami delno pokritost in bela nepokritost.

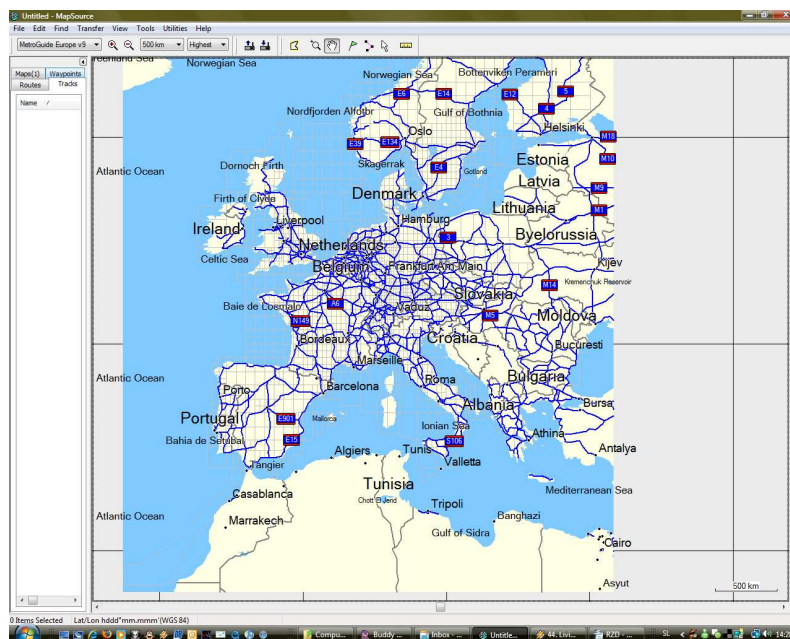


Slika 57. Europe Metro Guide - pokritost.



Slika 58. Europe Metro Guide - karta Slovenije.

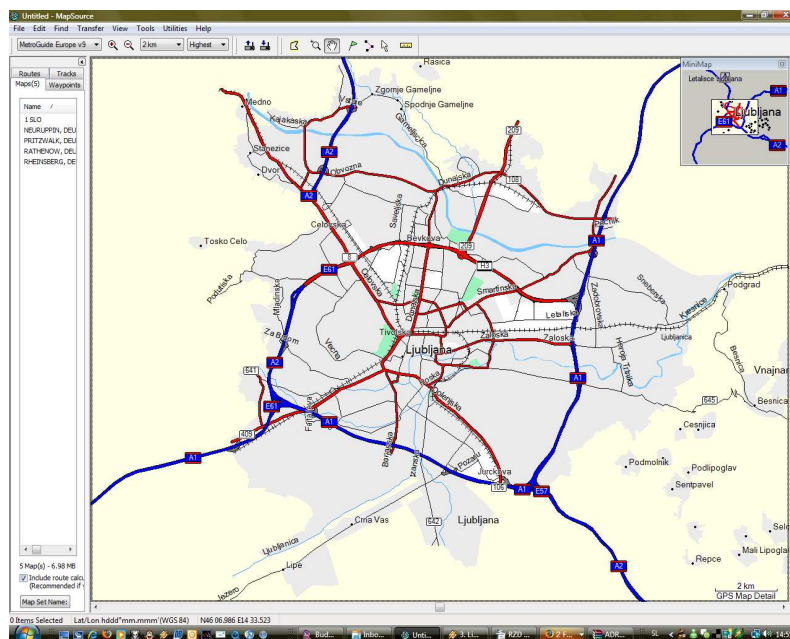
Metro Guide je karta namenjena vožnji po evropskih mestih, vendar se zadostna pokritost konča na meji z Avstrijo. Proizvajalec sicer navaja delno pokritost Slovenije, vendar je ta bližje nični kot delni pokritosti, saj je pokrit le ožji del Ljubljane.



Slika 59. Europe Metro Guide - celotna karta.

Poleg tega vsebuje, v primerjavi s prejšnjo karto, izredno majhno število POI, pa še te le v centru Ljubljane, če odštejemo letališči Maribor in letališče Jožeta Pučnika na Brniku. Gre za nekaj hotelov in parkirišč v Ljubljani, vsega skupaj dobrih 30 POI. Pokritost evropskih mest, ki ležijo v smeri zahoda oziroma severa glede na Slovenijo je bistveno boljša, karta pa tudi tam ostane zgolj pri mestih in se pretirano ne ukvarja s tem kaj leži izven njih. Manjši kraji so namreč na tej karti povsod bolj zapostavljeni. Karta je torej povsem neprimerna za navigacijo po Sloveniji, mogoče edino v primeru da se samo peljemo skozi državo v bolj "civilizirane" kraje. Karta žal ne omogoča niti auto-routinga.

Karta Ljubljane je na tej sliki videti zelo pusta in nič kaj obetavna pri iskanju poti. Tako se izkaže tudi v praksi.



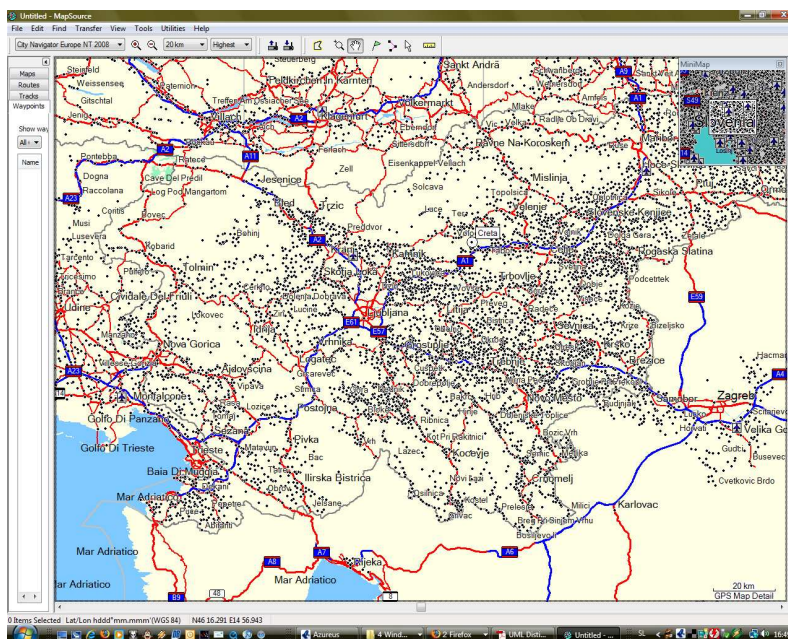
Slika 60. Europe Metro Guide - karta Ljubljane.

- City Navigator

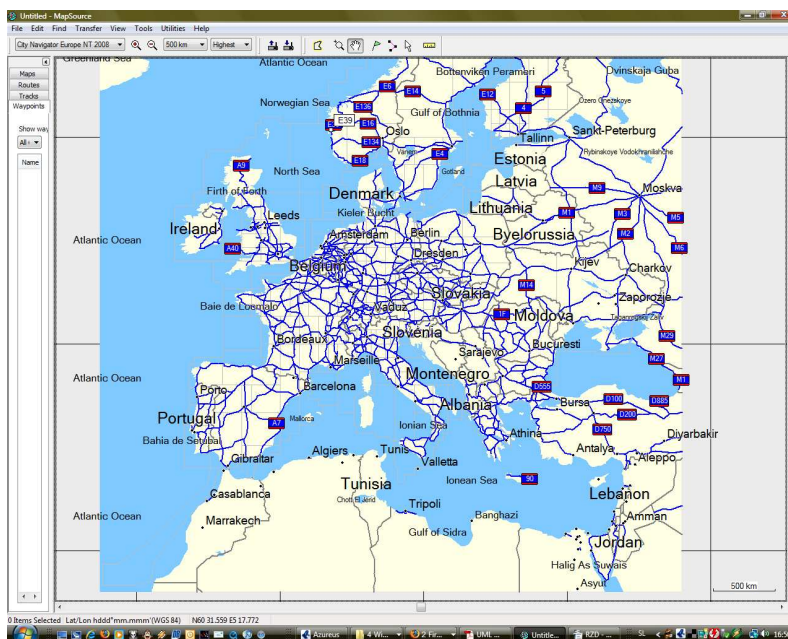


Slika 61. City Navigator - pokritost.

\*Modra barva pomeni popolno pokritost mest, svetlo modra delno pokritost in bela nepokritost.



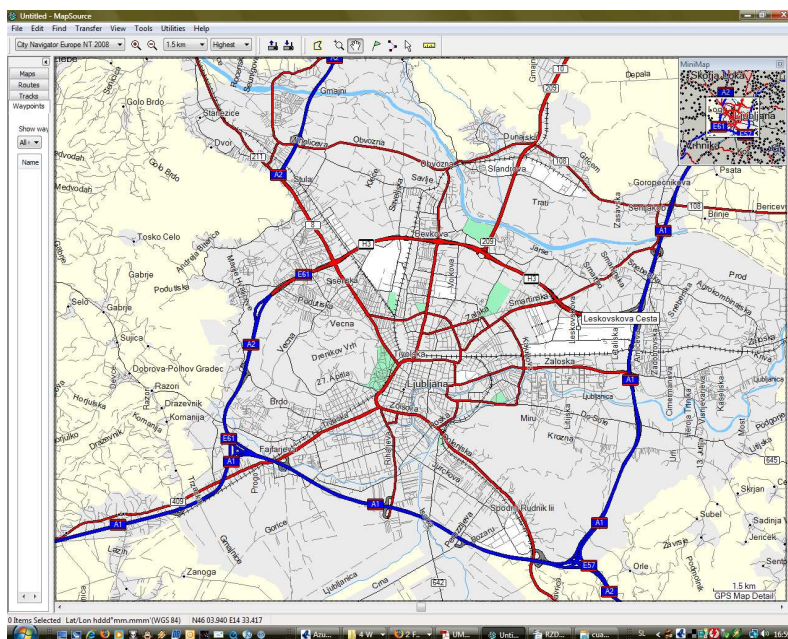
Slika 62. City Navigator - karta Slovenije.



Slika 63. City Navigator - celotna karta.

Karta Ljubljane je tokrat mnogo bolj podrobna in uporabna (slika 64).





Slika 64. City Navigator - karta Ljubljane.

Na domači strani proizvajalca so sicer, kar se pokritosti karte tiče, navedeni enaki podatki kot za Metro Guide in Slovenija spada med delno pokrite regije, vendar se v praksi izkaže za precej boljšo izbiro kot Metro Guide. Poleg tega omogoča tudi takoimenovani auto-routing, ki ga Metro Guide ne.

Karta vsebuje precej več POI kot Metro Guide, vendar še vseeno veliko manj kot Adria Route. Prav tako ne prikazuje tako detajlnih podatkov o naravnih značilnostih terena (naprimer reke) kot Adria Route, vendar svoj namen, to je vodenje po cestah, opravlja odlično.

#### ■ Topo Slovenija

Karta je namenjena pohodništvu, zato vsebuje tudi podatke o nadmorski višini kjer se nahajamo in na karti so vidne izohipse. Osredotoča se mnogo bolj na podatke o terenu kot pa na POI v mestih in navigacijo v prometu. Za navigacijo v prometu ni najbolj primerna, kot tudi ne za iskanje bankomatov, restavracij s hitro prehrano in drugih, s pomočjo POI označenih koordinat. Karta ne omogoča auto-routinga in je od vseh še najbolj podobna zemljevidu. Lahko bi rekli da gre za elektronski zemljevid.

Karta vsebuje:

- gozdne površine,
- vode (poligonske in linijske),
- plastnice,
- objekte,

- interesne točke,
- zemljepisna imena,
- glavne ceste in železnice,
- poti,
- markirane steze (normalna, zahtevna),
- nemarkirane steze,
- slovenske planinske poti,
- slovenske geološke poti,
- evropsko peš pot E6 in E7,
- vinske ceste,
- gozdne učne poti,
- nekatere znane kolesarske poti.



Slika 65. Topo karta.

#### 4.4. Opis razvojnega okolja

Podjetje Garmin nam omogoča, da s pomočjo razvojnega okolja (ang. *Software Development Kit*), razvijemo vmesnik za aktivno komunikacijo z GPS napravo (vir: [16]). Moramo se zavedati, da tu GPS naprava ni samo Garmin NÜVI 250, ampak večina GPS naprav podjetja Garmin. Komunikacija je definirana kot povezava med napravo (ang. *device*) in gostiteljem (ang. *host*).

Razvojno okolje je prosto dostopno na spletni strani podjetja Garmin in vsebuje priročnik ter primer izvorne kode v programskem jeziku C. Priročnik vsebuje obsežen opis protokolov, ki omogočajo raznovrstno komunikacijo z napravo. Omenjeni protokoli so razdeljeni v tri večje skupine, oziroma komunikacijske plasti:

- Fizična plast
- Povezovalna plast
- Aplikacijska plast

Na fizični plasti lahko izbiramo med dvema protokoloma za komunikacijo z napravo:

- Universal Serial Bus (USB)

- RS-232

Na povezovalni plasti izbiramo med tremi protokoli, ki določajo vrsto komunikacije:

- Basic Link Protocol
- Link Protocol 1
- Link Protocol 2

Vse podprte GPS naprave podpirajo prvi protokol. Ta služi začetnemu povezovanju in gostitelju omogoča detekcijo ter identifikacijo naprave. S pomočjo te informacije gostitelj natančno ve, kateri povezovalni protokol lahko uporabi za nadaljno komunikacijo z napravo.

Drugi povezovalni protokol se uporablja za nadaljno komunikacijo in je uporabljan pri večini GPS naprav.

Tretji povezovalni protokol se uporablja predvsem za GPS naprave, ki so uporabljane v letalih.

Na aplikacijski palasti je množica protokolov veliko večja. Osnovni protokol, ki ga mora podpirati vsaka od GPS naprav je *Product Data Protocol*, ki je namenjen poizvedovanju identifikacijske številke naprave.

Drug pomemben protokol, ki pa ni nujno, da je podprt s strani naprave, je *Protocol Capability Protocol*. Tu gre protokol, kjer naprava (enosmerno) gostitelju sporoči vse svoje sposobnosti.

Tretji pomemben protokol, oziroma skupina teh, so *Device Command Protocols*. Preko teh protokolov gostitelj napravi pošilja različne ukaze.

Ostali aplikacijski protokoli so zelo specifični in vezani na točno določeno operacijo (npr. prenos izračunane poti).

## 5. Markovska analiza

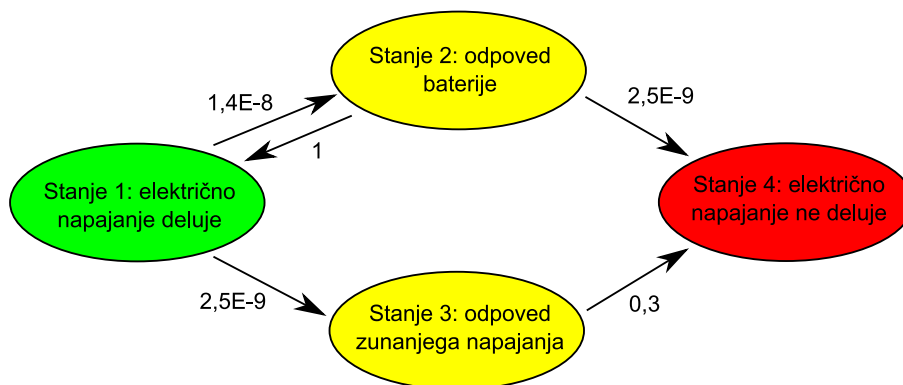
### 5.1. Uvod

Markovska analiza je metoda, ki se uporablja za analizo zanesljivosti in dosegljivosti sistemov, ki so sestavljeni iz med seboj močno povezanih komponent. Uporablja se predvsem za modeliranje in natančno analizo manjših sistemov. Glavna pomanjkljivost te metode se kaže pri analizi velikih sistemov, kjer bi bili Markovski diagrami v večini primerov preveliki in prekompleksni za konstrukcijo. Za takšne sisteme se lahko uporablja kombinacija Markovske analize in enostavnejših kvantitativnih modelov [17]. Markovski diagrami, ki se uporabljajo za analizo, vsebujejo vsa diskretna stanja sistema in možne prehode med stanji. Ker Markovski procesi ne poznajo pomnjenja prejšnjih stanj sistema, so verjetnosti oziroma frekvence prehodov med stanji odvisne le od trenutnega stanja in se s časom ne spreminjajo. S naraščanjem velikosti diagramov narašča tudi časovna zahtevnost za ročno analizo, zaradi česar se uporabljajo računalniške numerične metode. V našem primeru smo za analizo uporabili programski paket Relex Reliability Studio ([www.relex.com](http://www.relex.com)).

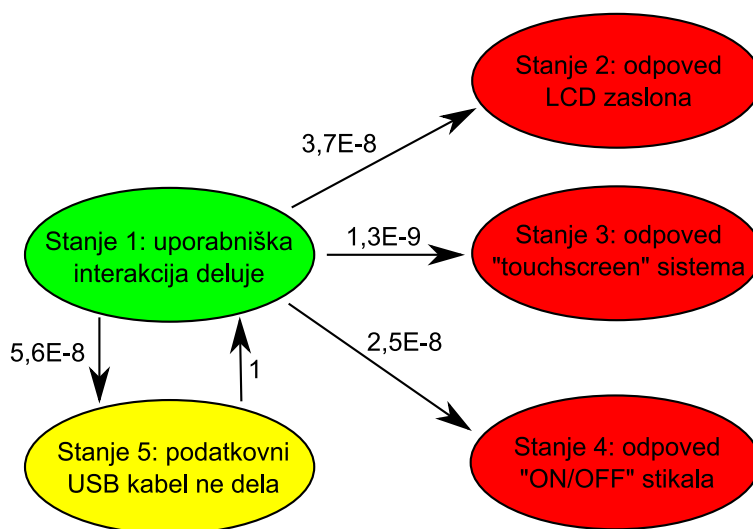
### 5.2. Markovski diagrami

Izhod Markovske analize so diagrami, ki prikazujejo prehajanje med stanji sistema. Zeleno pobarvani elipsoidni liki pomenijo delujoče, rumeni delno delujoče in rdeče nedelujoče stanje - stanje odpovedi. Na puščicah so zapisane verjetnosti, da pride do prehoda med povezanima stanjema. V Markovsko analizo smo zajeli štiri vidike oziroma podsisteme opazovanje naprave:

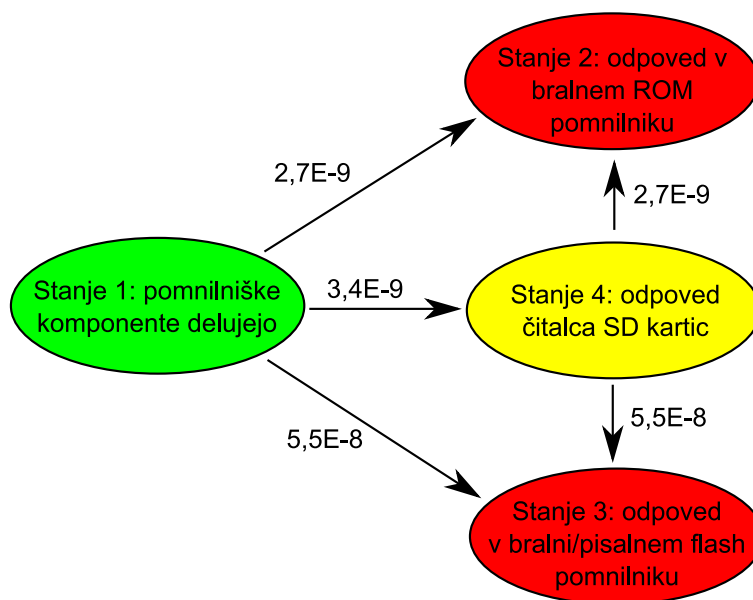
- Električno napajanje (slika 66),
- Uporabniško interakcijo (slika 67),
- Pomnilniške komponente (slika 68),
- GPS modul (slika 69).



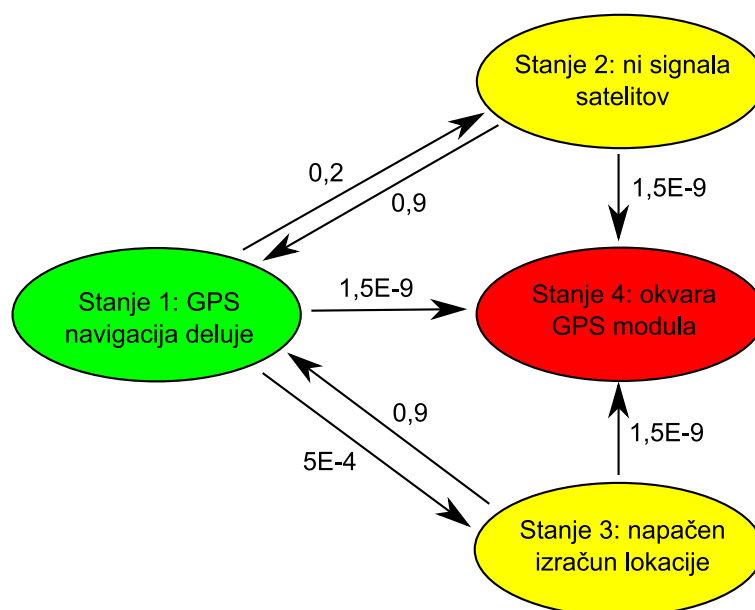
Slika 66. Markovska analiza - električno napajanje.



Slika 67. Markovska analiza - uporabniška interakcija.



Slika 68. Markovska analiza - pomnilniške komponente.



Slika 69. Markovska analiza - GPS modul.

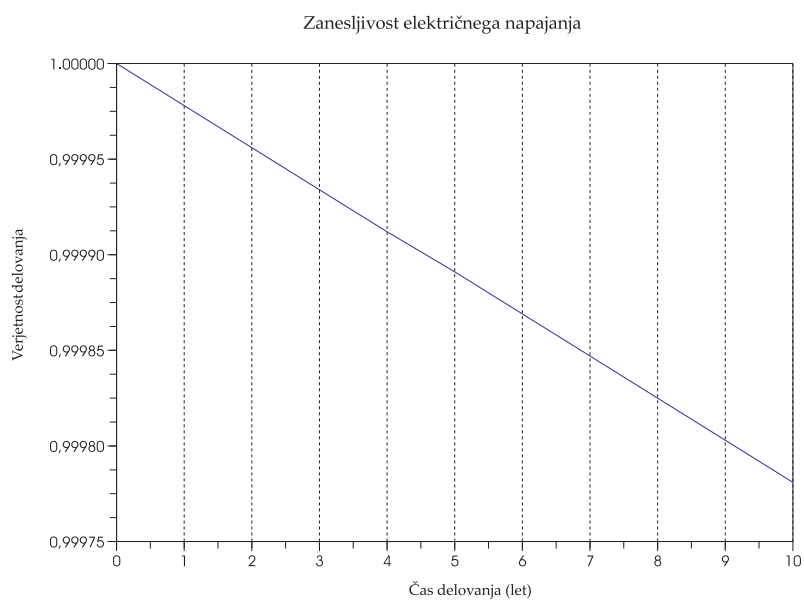
### 5.3. Rezultati analize

Spodnja tabela vsebuje rezultate Markovske analize in prikazuje dosegljivost komponent sistema v različnih časovnih točkah. Pri izračunu smo si pomagali s prej omenjenim programskim orodjem Relex Studio.

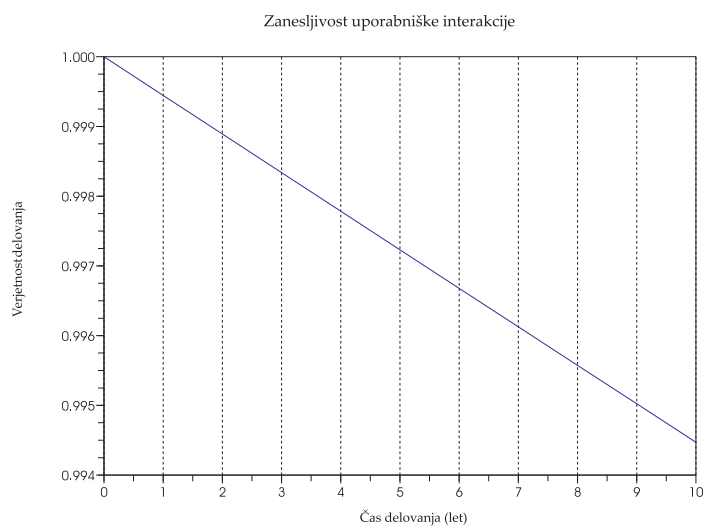
Tabela 3. Rezultati Markovske analize

število let delovanja	Električno napajanje	Uporabniška interakcija	Pomnilniške komponente	GPS modul
0	1	1	1	1
1	0,999978	0,999446	0,999495	0,818254
2	0,999956	0,998892	0,998990	0,818243
3	0,999934	0,998338	0,998485	0,818232
4	0,999912	0,997784	0,997980	0,818221
5	0,999891	0,997231	0,997476	0,818211
6	0,999869	0,996678	0,996972	0,818200
7	0,999847	0,996126	0,996468	0,818189
8	0,999825	0,995574	0,995965	0,818178
9	0,999803	0,995022	0,995461	0,818168
10	0,999781	0,994470	0,994958	0,818157

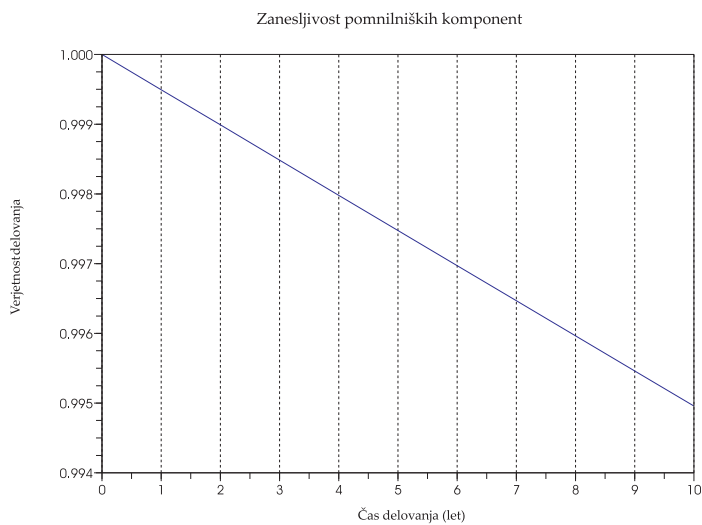
Rezultate grafično prikazujejo spodnji grafi.



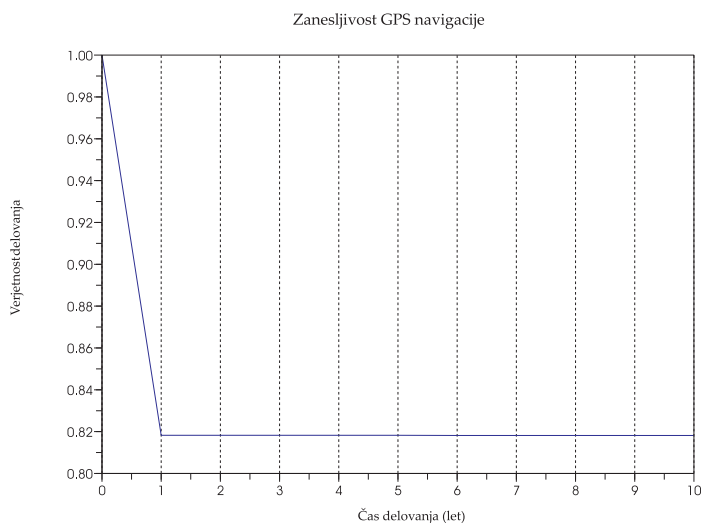
**Slika 70.** Markovska analiza - električno napajanje.



**Slika 71.** Markovska analiza - uporabniška interakcija.



**Slika 72.** Markovska analiza - pomnilniške komponente.



**Slika 73.** Markovska analiza - GPS modul.

#### 5.4. Interpretacija rezultatov

Zaradi same narave analizirane naprave, ki je zaprtega tipa in namenjena za množično prodajo, je težko pridobiti podatke o zanesljivosti komponent, ki jo sestavljajo. Ti podatki niso podani s strani proizvajalca naprave (Garmin) ali s strani proizvajalcev posameznih komponent, ki sestavljajo napravo. Zaradi tega je do rezultatov analize potrebno imeti distanco, saj so posamezni parametri zanesljivosti komponent, ki so



uporabljeni v analizi, nenatančni oziroma samo ocena parametrov, ki bi jih dobili z natančnim testiranjem na velikem številu vzorcev.

## 6. FTA

### 6.1. Uvod

Metoda FTA (ang. *Fault Tree Analysis*) je način, s katerim na grafični način prikažemo scenarije, ki lahko vodijo do odpovedi sistema. Je v obliki drevesa, kjer kot listi nastopajo osnovni dogodki, ki so lahko odpovedi programske, strojne opreme, človeški faktor ali zunanji dejavniki. Te osnovne dogodke nato preko logičnih operatorjev (IN, ALI, ekskluzivni ALI, volitve) povezujemo v višje vmesne dogodke, ki v končni fazi privedejo do korenkega dogodka - načina odpovedi sistema.

Vsakemu osnovnemu dogodku določimo intenzivnost odpovedovanja oziroma verjetnost, da se zgodi in nato po pravilih verjetnostne analize računamo verjetnosti vmesnih dogodkov in nenazadnje tudi korenkega.

Vsi osnovni dogodki, katerih presek povzroči, da se zgodi korenki dogodek, tvorijo t.i. *minimal-cut* množico (ang. *minimal cut set*). Z drugimi besedami: to je podmnožica listov, za katere velja, da odpoved vseh vodi do korenkega dogodka, ki predstavlja način odpovedi sistema [18].

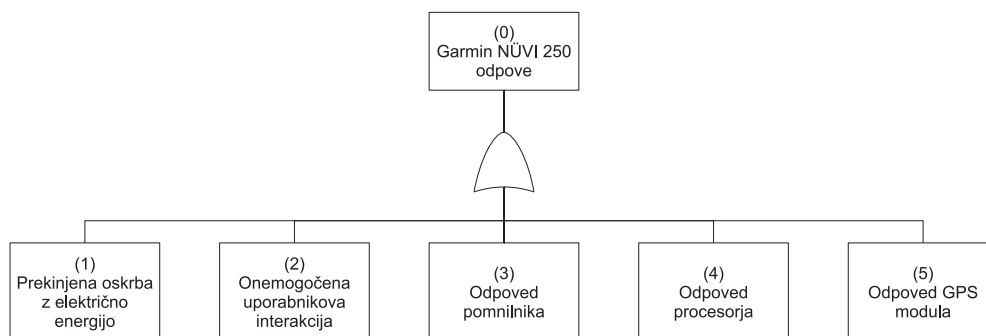
V splošnem bi pri FTA analizi morali narisati  $N$  dreves, kjer je  $N$  število možnih načinov odpovedi opazovanega sistema. V našem primeru smo se odločili, da teh  $N$  dreves združimo pod enoten korenki dogodek, to je *Garmin nüvi 250 odpove*. Vozlišča na prvem nivoju pa predstavljajo osnovne načine, zaradi katerih sistem lahko odpove, tako da lahko rečemo, da je taka predstavitev ekvivalentna tisti z  $N$  drevesi.

Drevo odpovedi se gradi od zgoraj navzdol, torej od korena do listov. V naslednjem podpoglavju bomo sistematično pregledali, kateri so vse vzroki, da naprava Garmin nüvi 250 odpove. Odpoved pomeni, da naprava za uporabnika ni več koristna, torej, da izgubi katero od svojih bistvenih lastnosti. Tako denimo praska na ohišju ne pomeni odpovedi celotne naprave, odpoved procesorja pa nasprotno pomeni prav to.

### 6.2. Opredelitev vzrokov in načinov odpovedi

Kot korenki dogodek določimo odpoved naprave. Do tega nedelujočega stanja lahko pridemo po različnih poteh, se pravi na različne načine. V grobem jih lahko razdelimo na naslednje vmesne dogodke oziroma veje (načine odpovedi):

1. Prekinjena oskrba z električno energijo.
2. Onemogočena uporabnikova interakcija.
3. Odpoved pomnilnika.
4. Odpoved procesorja.
5. Odpoved GPS modula.



Slika 74. FTA diagram; osnovna delitev načinov odpovedi.

Katerikoli od teh dogodkov povzroči tudi odpoved celotne naprave, saj sestavljajo nabor ključnih funkcij, ki jih naprava nudi uporabniku. Vendar so ti dogodki še precej splošni, zato jih razčlenimo naprej.

*6.2.1. Prekinjena oskrba z električno energijo* Naprava Garmin nüvi 250 se napaja preko vgrajene litij-ionske baterije ali preko USB priključka iz zunanjega vira napajanja. Preko njega se tudi polni baterija. Torej, če odpove eden izmed teh dveh načinov napajanja, naprava ne odpove takoj. V primeru, da nam ostane delujoča baterija, bo naprava delovala še največ 5 ur, preden se bo baterija izpraznila. V drugem primeru, ko odpove baterija, lahko naprava deluje preko zunanjega energijskega vira. Vendar je v obeh primerih prišlo do zmanjšanja uporabnosti naprave, kar pa v tovrstni analizi ni bistveno, zato to toleriramo.

#### ■ Odpoved baterije

- **Izguba sposobnosti napajanja naprave.** Dogodek se zgodi, ko se bateriji njene karakteristike pokvarijo, predvsem tukaj mislimo na povečevanje notranje upornosti in pa izgubo kapacitete. S tema dvema dejavnikoma je omejena življenska doba baterije - ko poteče, baterija odpove.
- **Eksplozija baterije.** Po svetu ni malo primerov, ko je baterije v napravah široke potrošnje razneslo. Da to privede do takojšnje odpovedi baterije, je samoumevno. Do ekstremov, kot je eksplozija lahko pride zaradi notranjih kratkih stikov, ki so lahko posledica slabo kontrolirane proizvodnje. Poleg tega lahko proizvajalec izbere napačne oziroma neprimerne elektronske komponente, ki skrbijo za optimizacijo polnjenja in praznjenja. Prav tako pa je baterija izpostavljena zunanjim dejavnikom, med katerimi je posebno nevarna statična elektrika, ki lahko uniči elektronske sklope v bateriji in pride do nekontroliranih kemičnih procesov, ki v vodijo do eksplozije baterije.
- **Napačna uporaba.** Tu obravnavamo možne napake uporabnika, ki vplivajo na odpoved baterije. Kratki stik, ki ga naredimo zunaj baterije, je zanjo zaradi pregrevanja lahko usoden. Enako velja za velike temperaturne razlike

med samim delovanjem baterije in nizke temperature (pod 0°C) med polnjenjem. Te omejitve izhajajo iz same tehnologije in konstrukcije litij-ionskih baterij.

- **Odpoved zunanjega napajanja.** Zunanji vir napajanja priklopimo na na-

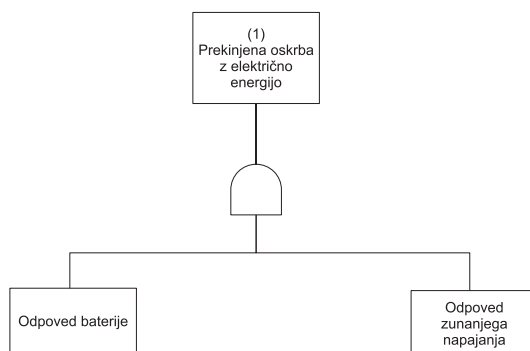
pravo preko napajalnega kabla, ki ga vključimo v mini USB priključek. Iz tega izhajata naslednja možna dogodka, ki povzročita odpoved zunanjega napajanja.

- **USB priključek ne deluje**

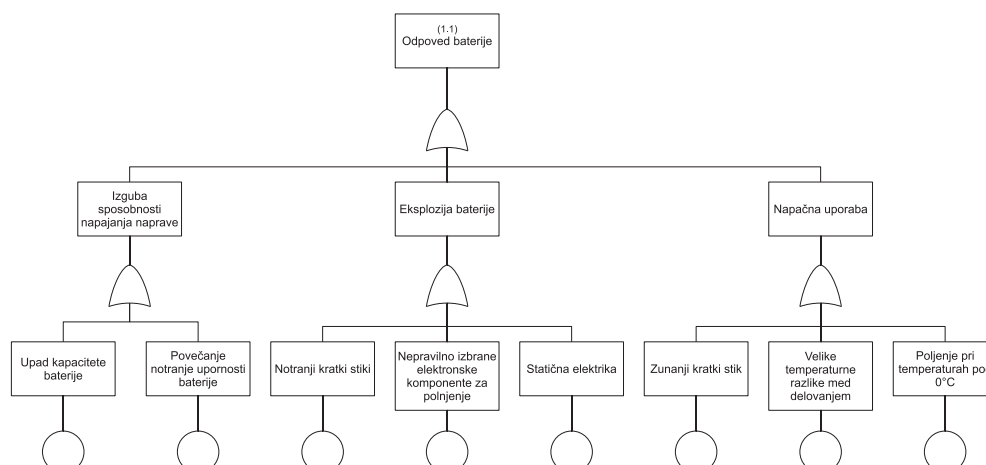
USB priključek je sestavljen iz vtičnice in vtiča, na katerem so 4 pini (zaključki žic). Ti pini se ob neprimernem rokovanju lahko odlomijo ali zvijejo, kar pomeni onemogočen priklop zunanjega vira napajanja. Lahko pa se pretrga tudi notranja povezava, ki vodi od vtičnice do baterije.

- **Pretrganje napajalnega kabla**

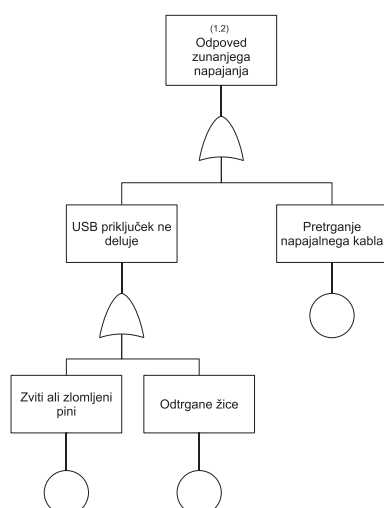
Napajalni kabel, ki uporabniku omogoča priklop naprave na zunanji vir (recimo na avtomobilsko 12V omrežje) se lahko pretrga in izgubimo možnost napajanja.



Slika 75. FTA diagram; razčlenitev 1. veje



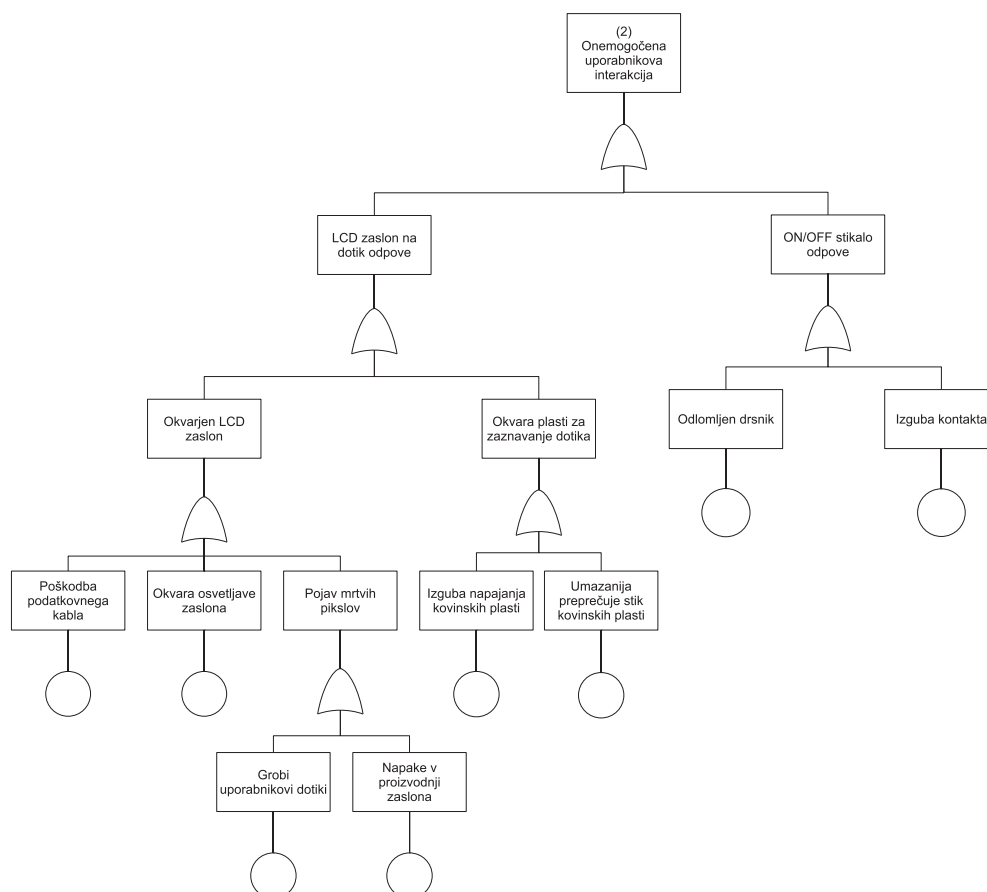
Slika 76. FTA diagram; razčlenitev 1. veje



Slika 77. FTA diagram; razčlenitev 1. veje

**6.2.2. Onemogočena uporabnikova interakcija** Garmin nüvi 250 je naprava, ki je namenjena širokemu krogu uporabnikov in je zatorej tudi zasnovana tako, da je interakcija, oziroma rokovanje z njo, čim bolj enostavna in hitra. To zahtevo odlično izpolnjuje zaslon občutljiv na dotik, ki pa je, grobo gledano, sploh edini način vnosa uporabnikovih zahtev napravi. Zaslon opravlja tudi funkcijo izhoda, ker prikazuje informacije o poti in podobno. Delno ga pri tem dopolnjuje vgrajen zvočnik, preko katerega uporabnik lahko sliši glasovna navodila za usmerjanje in bi lahko s tega zornega kota zvočnik razglasili za redundantni element zaslonu. Vendar to ne drži, kar lahko hitro vidimo, če odpove zaslon - uporabnik nima praktično nobenega načina več za vnašanje svojih zahtev in potemtakem je naprava povsem neuporabna, odpove. če odpove zvočnik, situacija ni kritična, ker vse informacije še vedno prikazuje zaslon.

Res pa je, da se je varnost vožnje s tem zmanjšala. S tem utemeljujemo, zakaj zvočnik kot del sistema ni zajet v FTA drevesu - to je zato, ker njegova odpoved ne pomeni odpovedi sistema, hkrati pa tudi ni popoln funkcijski nadomestek katerega od ostalih sklopov (denimo zaslona). Poleg zaslona je način interakcije s sistemom tudi drsno stikalo, s katerim napravo prižigamo in ugašamo ali zaklenemo zaslon (*hold*). Njegova odpoved le v izjemnih primerih ne pomeni odpovedi celotne naprave. Ta primer je recimo situacija, ko stikalo odpove ravno med delovanjem naprave in je uporabniku vseeno, če se naprava ne more ugasniti, ker bo v primeru izrabe baterije uporabil zunanje napajanje.



Slika 78. FTA diagram; razčlenitev 2. veje

- **LCD zaslon na dotik odpove.**

Ta strojna komponenta je funkcijsko sestavljena iz LCD prikazovalnika in plasti za zaznavanje dotika. Ker se odpovedi teh dveh funkcij lahko zgodita neodvisno ena od druge, ju tudi obravnavamo ločeno.

- **Okvarjen LCD zaslon.** Zaslon, ki skrbi za prikazovanje slike, lahko odpove že zaradi poškodovane povezave z vezjem, ki generira podatke. Poleg tega lahko odpove vir svetlobe, ki od zadaj osvetljuje zaslon in omogoča, da se na

njem sploh kaj vidi. Ne smemo pa zanemariti pojava t.i. mrtvih piksllov - zgodi se, ko točke na prikazovalni matriki ne delujejo (svetijo) več. Napaka se odraža kot konstantno črn ali barvni del zaslona, ki torej ne posreduje informacije. Če je delež zaslona z mrtvimi piksli zadosti velik, to pomeni neuporabnost zaslona. Vzroka za pojav mrtvih piksllov sta v splošnem dva:

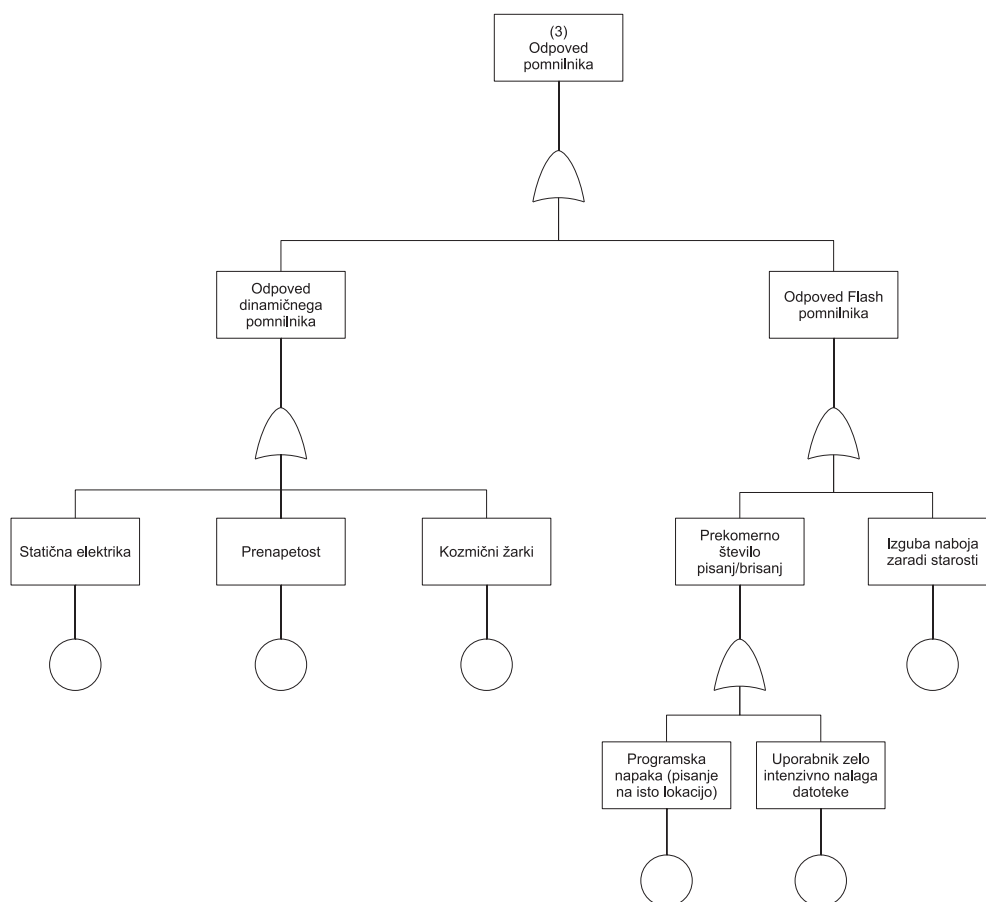
- Grobi uporabnikovi dotiki. Ker so dotiki zaslona zelo pogosti, se lahko hitro zgodi, da uporabnik s preveliko silo pritisne na površino zaslona. To dejanje ima lahko za posledico okvaro matrike svetlobnih točk, ki tvorijo piksel (tipično tri točke različnih barv sestavljajo en piksel). Okvarjene točke lahko ostanejo brez napajanja, kar se odraža kot črn piksel, ali pa se okvari nadzor svetilnosti, kar povzroči konstantno svetenje v določeni barvi.
- Napake v proizvodnji zaslona. Seveda ne smemo pozabiti, da se napake lahko pojavijo že v fazi proizvodnje. Možno je, da nov zaslon že vsebuje mrtve piksle ali pa je kvaliteta izdelka taka, da se ti pojavijo prej, kot je normalno.

- **Okvara plasti za zaznavanje dotika.** Na trgu obstaja več tehnologij za zaznavanje dotika, sklepamo pa, da je na obravnavanem izdelku uporabljena tehnika, ki temelji na upornosti. Alternativa je namreč kapacitivnostno zaznavanje, ki pa deluje le, če se zaslona dotakne prevodni predmet, recimo človeški prst. Obravnavani zaslon na dotik pa deluje tudi v primeru, če se ga dotaknemo s svinčnikom. Sistem za zaznavanje dotika je sestavljen iz dveh kovinskih plasti, skozi katere teče tok in vmesnih distančnikov. Ko se dotaknemo zaslona, se plasti stakneta in senzorji zaznajo spremembo v električnem polju, na podlagi katere se izračuna mesto pritiska. Iz tega izhajata dva dogodka, ki lahko preprečita pravilno delovanje, in sicer prekinitev napajanja kovinskih plasti in ovira, ki preprečuje stik teh dveh plasti - to je največkrat prah ali druga umazanija, ki se ob neprimernem rokovanju z napravo lahko nabere med plastema.

- **ON/OFF stikalo odpove.**

Stikalo je povsem mehansko in je sestavljeno iz plastičnega drsnika in kovinskih ploščic, ki sklepajo in razklepajo kontakt. Nasilna uporaba drsnika lahko povzroči, da se drsnik odlomi in se tako onemogoči preklapljanje stikala. Drugi usodni dogodek je izguba kontakta - pomeni, da se razrahljajo ali celo odpadejo kovinske ploščice, ki zagotavljajo kontakt ali stik.

*6.2.3. Odpoved pomnilnika* Shranjevanje podatkov (ukazov in operandov) je bistvena pomena za procesiranje in posledično za uporabnost celotnega sistema. Nüvi 250 vsebuje tri vrste pomnilnika: notranji dinamični SDRAM pomnilnik, notranji Flash EEPROM pomnilnik in zunanji pomnilnik v obliki Flash SD kartic, ki se lahko uporabljajo opcijsko. Zadnja vrsta pomnilnika je zgolj razširitev pomnilne kapacitete (v primeru, da je notranji pomnilnik premajhen za vse karte, ki jih želimo uporabljati) in ne vsebuje nikakršne redundance notranjemu pomnilniku, zato tudi ni vključen v FTA diagram.



Slika 79. FTA diagram; razčlenitev 3. veje

- **Odpoved dinamičnega pomnilnika.**

Dinamični pomnilnik nastopa v obliki integriranega vezja, za katerega lahko identificiramo naslednje vzroke odpovedi: statična elektrika, prenapetost in kozmični žarki. Statična elektrika in prenapetost imata podoben učinek. V obeh primerih namreč elektronske komponente zaradi pregrevanja (napetostni šok) odpovejo. Kozmični žarki, ki prihajajo iz vesolja v obliki protonov z visoko energijo, lahko v primeru, da zadanejo pomnilno celico, spremenijo vsebino v njej, kar privede do logične napake in posledično napačnega delovanja naprave.

- **Odpoved Flash EEPROM pomnilnika.**

Ta vrsta pomnilnika služi kot *boot* ROM, od kjer se naloži sistem in kot shramba za shranjevanje navigacijskih kart in uporabniških podatkov. Iz same narave vezja, temelječega na tranzistorjih s plavajočimi vrati, ki hranijo naboj, izhajata dva načina odpovedi:

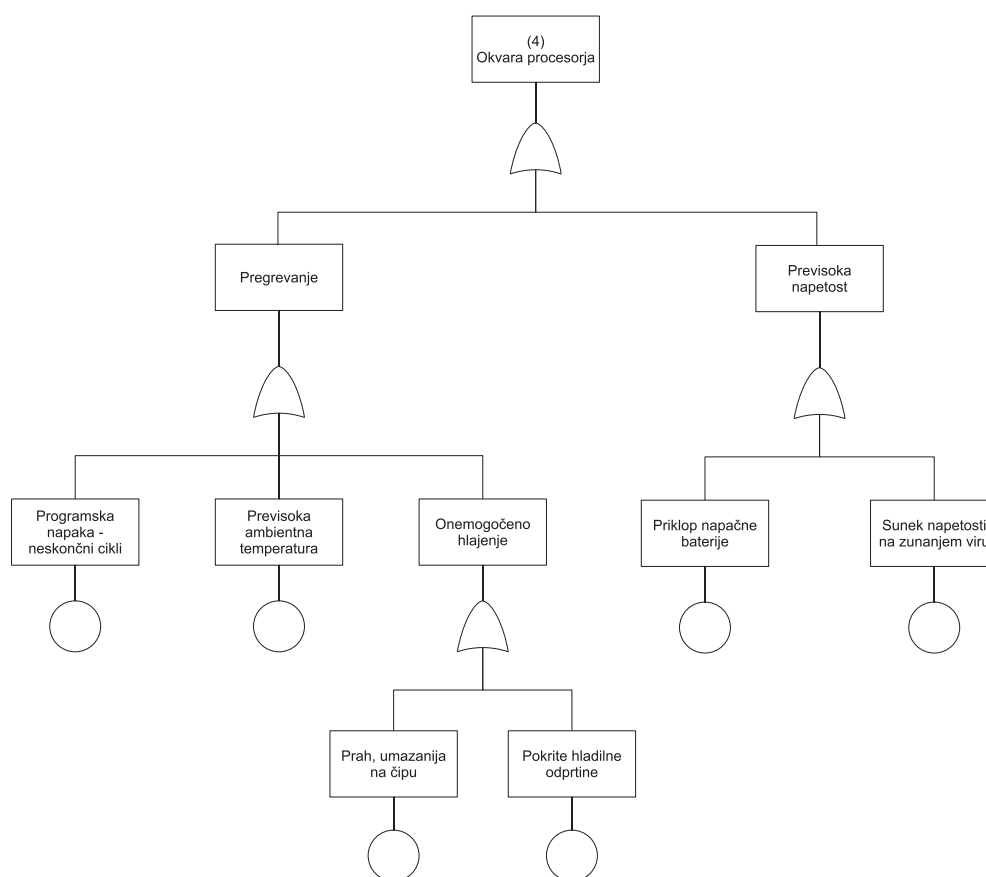
- **Prekomerno število pisanj/brisanj.** Flash EEPROM vezja imajo omejeno število pisanj oziroma brisanj v blok - nekje okrog 100000. Ko dosežemo



to število je velika verjetnost, da pomnilnik ne bo več deloval. Načeloma je 100000 pisanj v pomnilnik težko dosegljivih, vendar ne v primeru nenormalnih okoliščin, kot je programska napaka, ki povzroči zelo pogosto pisanje na ta medij in po vrhu vsega teh pisanj še ne razporeja enakomerno po vseh blokih ampak „napada“ samo enega. Poleg tega lahko tudi sam uporabnik intenzivno spreminja vsebino na pomnilniku in zaradi nezavedanja o omejitvah tehnologije povzroči odpoved.

- **Izguba naboja zaradi starosti.** Kot smo že omenili, Flash EEPROM vezje hrani informacijo v obliki naboja v plavajočih vratih tranzistorjev. Vendar s časom, če se vsebina ne osvežuje, ta naboj oslabi in končno izgine.

*6.2.4. Odpoved procesorja* Procesor je „srce“ naprave, brez katerega se ne more izvajati nobena funkcija. Kot vsako integrirano vezje, je tudi procesor precej zanesljiva komponenta, ki pa zaradi neprevidnega ravnanja lahko odpove. Najpogosteje se to zgodi zaradi pregrevanja, razlog pa je lahko tudi previsoka napetost na vezju.



Slika 80. FTA diagram; razčlenitev 4. veje

- **Pregrevanje.**

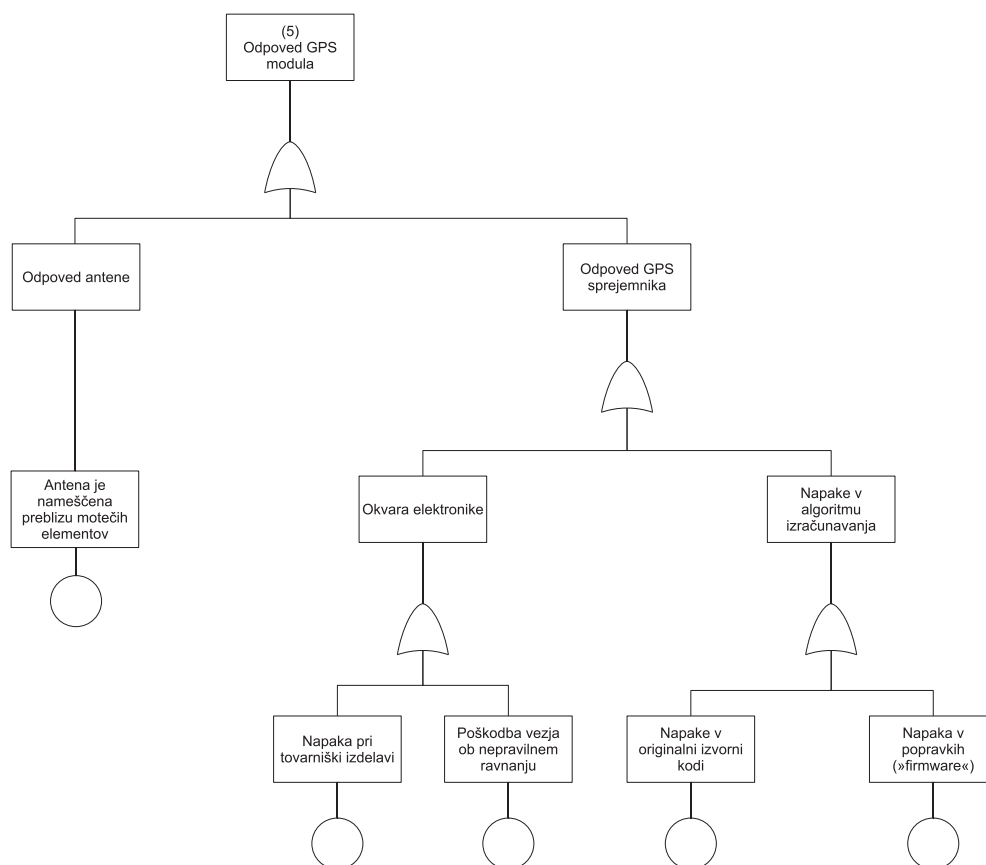
V splošnem je pregrevanje procesnih enot velik problem računalniških sistemov,

posebno zaradi minituarizacije in poviševanja frekvenc delovanja. Eden izmed razlogov, ki je bil včasih bolj pogost, je nepazljivo programiranje, ko program pade v neskončno zanko in maksimalno obremeni procesor. Drugi razlog je delovanje naprave v neprimerno hlajenem prostoru, kjer je ambientalna temperatura previsoka. Tretji razlog pa je lahko namerno ali nenamerno onemogočanje hlajenja. Do tega lahko pride, če se v notranjosti naprave - na čipu procesorja - naložijo sloji umazanije, ki preprečujejo odvajanje toplote s površine. Zgodi pa se, da uporabnik z raznimi predmeti prekrije hladilne odprtine na ohišju. Dolgotrajno vztrajanje v takem stanju povzroči pregrevanje čipa in njegovo odpoved.

■ **Previsoka napetost.**

Kot vsako elektronsko vezje je tudi procesor občutljiv na previsoke nivoje napetosti. Da v notranje napajalno omrežje naprave pride previsoka napetost, je možno zaradi priklopa napačne baterije ali sunka napetosti na zunanjem viru. Za prvo je kriv uporabnik ali serviser, za drugo pa cela vrsta dejavnikov, v katere se ne bi spuščali.

*6.2.5. Odpoved GPS modula* GPS modul zagotavlja napravi nüvi 250 njeno osnovno namenskost, to je GPS navigacija in pozicioniranje. Modul je ločen od ostalih elektronskih komponent in je sestavljen iz antene in sprejemnika [19]. Seveda lahko oba sestavna dela odpovesta, poglejmo si, kako.



Slika 81. FTA diagram; razčlenitev 5. veje

#### ■ Odpoved antene.

Antena je namenjena sprejemanju signala iz geostacionarnih satelitov. Signal prihaja v obliki elektro-magnetnega valovanja, ki ga oddajajo tudi druge naprave, in v primeru, da so nameščene preblizu anteni, le-to motijo in povzročijo njeno nedelovanje.

#### ■ Odpoved GPS sprejemnika.

- **Okvara elektronike.** Elektronska vezja so sicer po svoji naravi precej zanesljiva, ob predpostavki, da so kvalitetno proizvedena in se z njimi ravna primerno. če pride do napake pri izdelavi, je ta največkrat usodna za celotno vezje. Prav tako tudi nepravilno ravnanje z napravo povzroči, da se vezja lahko uničijo. S tem zajemamo previsoke, prenizke temperature, previsoko napetost in močne udarce ter tresenje.
- **Napake v algoritmu izračunavanja.** Glavna naloga GPS sprejemnika je izračunavanje trenutne pozicije na podlagi podatkov, zajetih iz satelitov. Program, ki to opravlja lahko vsebuje napake oziroma je napisan neoptimalno. Lahko pa napake vnese sam uporabnik, ko naloži popravke programske opreme ali t.i. „firmwara“.

### 6.3. Interpretacija rezultatov

Najprej je potrebno opozoriti na veliko pomanjkljivost narejene FTA analize - ne vsebuje intenzivnosti odpovedovanja oziroma verjetnosti osnovnih dogodkov. Tako tudi ne razkrije, kolikšna je verjetnost odpovedi celotnega sistema, kar bi v nasprotnem bilo mogoče. Preprosto je to posledica tega, da je izredno težko pridobiti tovrstne podatke o verjetnosti odpovedi, sploh, ker nismo proizvajalec opazovanega sistema in nimamo vpogleda v statistike odpovedovanja posameznih komponent.

Kljub temu imamo od FTA analize in narisanih diagramov korist. Na sistematični način nam namreč pokažejo, na kaj vse je potrebno biti pozoren pri zagotavljanju zanesljivosti. Vidimo, da je v sistemu zelo malo redundance - razen dveh načinov električnega napajanja je praktično ni. To izhaja iz dejstva, da je to naprava široke potrošnje in niti ne cilja na področja, kjer bi bila visoka zanesljivost pravilo.

## 7. FMEA

### 7.1. Opis metode FMEA

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) je metoda, ki je sestavni del mnogih standardov za doseganje zanesljivosti in kakovosti. Uporablja se za analizo in identifikacijo možnih (potencialnih) napak in posledic odpovedi v začetni fazi razvoja produkta. Ker so možne odpovedi hitro odkrite, jih je tudi lažje odpraviti, kar nam omogoča izdelavo varnejšega in zanesljivejšega produkta. Metodo FMEA je razvila Ameriška vojska leta 1949, zaradi večje varnosti osebja in opreme. V 1960ih letih je bila uporabljena v vesoljski misiji Apollo, kasneje v 1980ih pa tudi v večjih avtomobilističnih podjetjih kot je Ford. Obstaja več različnih FMEA standardov. Letalska in obrambna industrija uporablja vojaški standard (MIL-STD- 1629A FMECA) ali SAE (Society of Automotive Engineers) standard (SAE ARP5580 FMEA), avtomobilistična industrija ima spet svoje standarde (SAE J1739 FMEA, AIAG FMEA, ...), ostale industrijske panoge pa uporabijo tisti standard, kateri najboljše izpolnjuje njihove zahteve (viri: [20], [21], [22]).

**Tabela 4.** FMEA tipi in uporaba.

FMEA tipi	Uporaba
Sistemski	delovanje sistemskih funkcij
Konstruktivski	komponente in podsistemi
Procesni	izdelava in sestava procesov
Servisni	servisne funkcije
Programski	programske funkcije

#### *Kriteriji FMEA metode:*

- Resnost posledic (ang. severity of effects) - S
- Pogostost pojavitve (ang. occurrence of failures) - O
- Možnost pravočasnega zaznavanja (ang. detection of failures) - D

Vse kriterije se ocenjuje z ocenami od 0 do 10, kot to nakazujejo spodnje tri tabele.

**Tabela 5.** Resnost posledic (ang. Severity of effects) - S.

Vpliv odpovedi	Resnost odpovedi	Ocena
Brez	Neopazno	0
Najmanjši	Večina uporabnikov ne opazi razlike v delovanju.	1
Minimalen	Delež produktov je potrebno pregledati. Povprečni uporabnik ne opazi razlike v delovanju.	2
Zelo majhen	Povprečni uporabnik opazi defekt produkta. Delež produktov je potrebno pregledati.	3
Majhen	Povprečni uporabnik opazi defekt produkta. Serijo produktov je potrebno pregledati.	4
Zmeren	Potreben je popoln pregled celotne serije.	5
Srednji	Popoln pregled celotne serije. Manjše nezadovoljstvo uporabnika.	6
Srednje visok	Delež produktov je morda potrebno umakniti iz prodaje. Naprava služi svojemu namenu, vendar z zmanjšanim nivojem delovanja.	7
Visok	Potrebno je razvrščanje serije ter jo del po potrebi umakniti iz prodaje. Uporabnik je nezadovoljen. Napravo je možno uporabljati, vendar s precej manjšim naborom funkcij.	8
Zelo visok	Umik celotne serije izdelkov iz prodaje. Uporabnik je popolnoma nezadovoljen. Naprava ne opravlja svoje glavne funkcije.	9
Hazarden	Naprava je popolnoma neuporabna. Možna ogrožitev uporabnika.	10

**Tabela 6.** Pogostost pojavitve odpovedi (ang. Occurrence of failures) - O.

Kriterij	Ocenjena verjetnost	Ocena
Odpoved ni verjetna (ni zabeleženaga primera odpovedi pri skoraj identičnih procesih)	1 od 1,500,000	0 ali 1
Zelo nizka verjetnost odpovedi (odpovedi pri skoraj identičnih procesih so izjeme)	1 od 150,000	2
Nizka verjetnost odpovedi (odpovedi pri podobnih procesih so izjeme)	1 od 15,000	3
Srednja verjetnost odpovedi (značilna za procese, pri katerih je občasno že prišlo do odpovedi, vendar ne zelo pogosto)	1 od 2000 ali 1 od 400 ali 1 od 80	4 ali 5 ali 6
Visoka verjetnost odpovedi (značilna za procese, pri katerih je v preteklosti zelo pogosto prišlo do odpovedi)	1 od 20 ali 1 od 8	7 ali 8
Zelo visoka verjetnost odpovedi (odpoved se bo skoraj gotovo zgodila)	1 od 3 ali 1 od 2	9 ali 10

**Tabela 7.** Možnost Pravočasnega zaznavanja (ang. Detection of failures) - D

Detekcija	Ocena
Detekcija odpovedi je vedno mogoča.	0
Zelo visoka verjetnost, da odpoved detektiramo.	1
Verjetnost za zaznavanje odpovedi je visoka.	2
Z razmeroma visoko gotovostjo lahko zaznamo odpoved.	3
Visoko zaznavanje odpovedi.	4
Pogosto zaznavanje odpovedi.	5
Nizko zaznavanje odpovedi.	6
Zelo nizko zaznavanje odpovedi.	7
Minimalno zaznavanje odpovedi.	8
Skoraj nemogoče zaznavanje odpovedi.	9
Nemogoče zaznavanje odpovedi.	10

Glede na zgornje kriterije, nato izračunamo RPN (risk priority number) oziroma nivo tveganja.

*RPN (risk priority number)*

$$RPN = S \times O \times D$$

### 7.2. Rezultati analize posameznih komponent

V naslednjih tabelah so predstavljeni rezultati analize posameznih komponent, ki poleg ocenjenih kriterijev zajemajo še funkcije komponent, primere, posledice ter vzroke odpovedi, primere možnih detekcij odpovedi ter možne akcije v primeru odpovedi.

**Tabela 8.** Ocene kriterijev posameznih komponent

	Antena	GPS sprejem.	Procesor	RAM pom.
Funkcija	Sprejemanje signala iz geostacionarnih satelitov.	GPS navigacija in pozicioniranje.	Glavna komponenta vsake funkcije	Dinamično pomnenje podatkov.
Primer odpovedi	Antena sprejema popačene signale.	Napake pri računanju pozicij	Napravo prižgemo, vendar se niti sistem ne naloži.	Napravo prižgemo, vendar se niti sistem ne naloži.
Posledica odpovedi	Nezmožnost določanja trenutne ali vsake nadaljne lokacije.	Napačno pozicioniranje.	Odpoved celotne naprave.	Odpoved celotne naprave.
Kriterij S	10	10	10	10
Vzrok odpovedi	EM valovanje drugih naprav.	Napake v algoritmu računanja.	Pregrevanje, visoka prenapetost.	Statična elektrika, kozmični žarki.
Kriterij O	2	2	1	2
Detekcija odpovedi ?	Preverjanje jakosti sprejemnega signala.	Ponavljajoče se napake pri računanju trenutne pozicije	Ni možna predhodna detekcija.	Ni možna predhodna detekcija.
Kriterij D	5	5	8	10
Možne akcije	Izklop drugih naprav.	Zamenjava komponente.	Zamenjava komponente.	Zamenjava komponente.



**Tabela 9.** Ocene kriterijev posameznih komponent nad.

	Flash pom.	Baterija.	USB
Funkcija	Hramba sistema, navigacijskih kart ter uporabniških podatkov.	Napajanje naprave	Povezava z računalnikom, napajanje.
Primer odpovedi	Ni možno uporabljati shranjenih uporabniških podatkov.	Napajanje naprave na baterijo ni več možno.	Napajanje naprave preko USB ter povezava z računalnikom ni več možna.
Posledica odpovedi	Izguba shranjenih lokacij, map, itd.	Nujna uporaba napajalnega kabla.	Nezmožnost polnjenja baterije. Ko se le-ta izprazni sledi odpoved celotne naprave.
Kriterij S	7	2	9
Vzrok odpovedi	Starost, obraba.	Napačna uporaba, pretečena življenska doba.	Zlomljeni pini, okvare notranjih povezav.
Kriterij O	1	2	1
Detekcija odpovedi ?	Ni možna predhodna detekcija.	Nenehna potreba po polnjenju baterije.	Ni možna predhodna detekcija.
Kriterij D	10	1	10
Možne akcije	Zamenjava komponente.	Zamenjava komponente.	Zamenjava komponente.

**Tabela 10.** Ocene kriterijev posameznih komponent nad.

	Plast za zaznavanje dotika	LCD	On/Off stikalo
Funkcija	Vnost uporabnikovih ukazov.	Prikazovalnik	Prižiganje in ugašanje naprave.
Primer odpovedi	Del ali celotna plast ni več občutljiva na dotik.	Odpoved vira svetlobe.	Naprava se ob pritisku stikala ne odzove.
Posledica odpovedi	Nezmožnost vnosa ukazov.	Zaslon ne prikazuje slike.	Naprave ne moremo prižgati ali ugasniti.
Kriterij S	10	10	9
Vzrok odpovedi	Prekomerno ali premočno pritiskanje na plast.	Napake v proizvodnji, nepravilno ravnanje z zaslonom.	Grobo ravnanje s stikalom.
Kriterij O	5	4	6
Detekcija odpovedi ?	Vedno manjša občutljivost na dotik plasti.	Utripanje zaslona, mrtvi piksli.	Zmanjšana občutljivost na premik stikala.
Kriterij D	3	3	4
Možne akcije	Zamenjava komponente.	Zamenjava vira svetlobe.	Zamenjava komponente.

**Tabela 11.** Ureditev komponent po velikosti, glede na izračunan RPN

Komponenta	RPN
On/Off stikalo	216
RAM pomnilnik	200
Plast za zazn. dotika	150
LCD	120
Antena	100
GPS sprejemnik	100
USB	90
Procesor	80
Flash pomnilnik	70
Baterija	4

*Izračun Total RPN*

$$totalRPN = \sum_{i=1}^n RPN_i = 1130$$

### *7.3. Interpretacija rezultatov*

V okviru tega seminarja nismo imeli priložnosti zbrati empiričnih podatkov o načinih odpovedi naprave, zato smo ocene zgoraj naštetih dejavnikov resnosti (S), pogostosti (O) in pravočasnosti zaznavanja (D) določili glede na naše izkušnje s posameznimi komponentami v drugih napravah. Kot nakazujejo izračunani RPN za posamezno komponento naprave, predpostavljamo, da največje tveganje za odpoved predstavlja stikalo za prižiganje in ugašanje naprave (On/Off stikalo). Iz tega sledi, da naj bi imelo ravno stikalo za prižiganje ter ugašanje naprave najvišjo prioriteto pri iskanju rešitev za izboljšanje komponent.

## 8. Zaključek

V okviru predmeta Računalniška zanesljivost in diagnostika na Fakulteti za računalništvo in informatiko smo pod drobnogled vzeli napravo Garmin nüvi 250, ki je po svoji naravi računalniški sistem, in na njem opravili zanesljivostno analizo, sestavljeno iz pregleda programske opreme in strojnih komponent, Markovskih diagramov, FTA in FMEA analize. Kaj smo se ob tem naučili? Poglejmo si zaključke po poglavjih.

### ■ Splošno o produktu

Prvi stik z napravo - spoznali smo njene značilnosti, način uporabe in funkcije, ki jih nudi uporabniku. Pomembno je, da smo pridobili podatke o proizvajalcu, ki nam povedo, kakšen ugled ima na trgu in koliko izkušenj z izdelovanjem GPS naprav. Vidimo, da gre za resno podjetje, ki je poznano po kvaliteti svojih izdelkov in širokemu krogu kupcev. Je tudi eno izmed vodilnih na področju razvoja GPS navigacijskih sistemov in je na trgu prisotno že 18 let, od tega se 11 let ukvarja z razvojem naprav za avtomobilsko GPS navigacijo.

### ■ Zanesljivost strojne opreme

Z oceno intenzivnosti odpovedovanja po MIL-HDBK-217 standardu smo ugotovili, da sta najmanj zanesljiva GPS modul in mikroprocesor. S primerjavo s sorodnimi izdelki nismo bili najbolj zadovoljni, saj podatki precej odstopajo v korist *Nüvi 250*. Poleg tega izračunane vrednosti težka prikažejo realno oceno zanesljivosti tega sistema, saj so podatki o napravi pomanjkljivi, predvsem zaradi zaprte narave izdelka.

### ■ Programska oprema

Naredili smo natančen pregled vseh funkcij naprave in podali oceno nekaterih kart, tudi prednaložene. Pri izvajanju programske kode, vgrajene v napravo, nismo našli napak, hroščev ali drugih pomanjkljivosti, zato lahko rečemo, da naprava s programskega vidika deluje zanesljivo. Motilo nas je samo to, da se na ekranu prikazuje gumb s funkcijo „Blizu“, ki pa očitno ni podprta, saj njena aktivacija ne povzroči ničesar. Dražje izvedenke iz serije nüvi to funkcijo podpirajo in ob njeni aktivaciji izpišejo vse zanimive točke v okolici.

Ocenjevanje kart, njihove uporabnosti in podrobnosti, je razkrilo, da je za potrebe Slovence najboljša izbira karte Adria Route, ki pa žal ni prednaložena na napravo ob nakupu in jo je potrebno kupiti.

### ■ Markovska analiza

Natančneje smo opredelili stanja, v katerih se posamezni funkcijski sklop naprave lahko znajde in ugotovili, da je kratkoročno gledano, GPS modul tisti, ki daje najslabše rezultate v smislu zanesljivosti. Predvsem je tu treba upoštevati dejstvo, da smo v izračune vključili tudi stanje degeneriranosti naprave, ko sateliti niso vidni in je GPS navigacija nemogoča. Do tega pride razmeroma hitro, vendar sama naprava za to ni odgovorna. Kar se same naprave tiče, je bolj zaskrbljujoča odpoved uporabniške interakcije (odpoved zaslona, gumba za vklop/izklop).

### ■ FTA

Bistveni zaključek FTA analize je ta, da naprava ne vsebuje praktično nikakršne redundance, razen načina napajanja. Zato obstaja cela množica neljubih dogodkov, ki napravo onеспособijo do te mere, da ni več uporabna. To je posledica zagotavljanja konkurenčnosti izdelka na trgu v smislu cene, ki bi znatno narasla, če bi vanj vgrajevali dodatno redundanco in za široki krog potrošnikov ne bi bil več zanimiv.

### ■ FMEA

Identificirali smo možne načine odpovedi naprave in jim pripisali ocene (resnost, pogostost, možnost odkrivanja napake). Zaključek te analize je, da je potrebno največ pozornosti - v smislu izboljšanja zanesljivosti - nameniti gumbu za vklop in izklop naprave.

Bralec se bo ob prebiranju zaključkov posameznih poglavij najbrž spraševal, v čem je smisel takih analiz, če nimamo praktično nobenih konkretnih podatkov o intenzivnosti odpovedovanja posameznih sklopov naprave. Roko na srce moramo priznati, da je dvom o relevantnosti rezultatov naših analiz na mestu, saj so vsi uporabljeni podatki zgolj groba ocena dejanskih verjetnostnih parametrov. Vendar poglobitni pomen seminarja ni bila natančnost rezultatov, temveč podajanje primera, kako se te rezultate sploh pridobi in zakaj lahko pridejo prav.

### Literatura

- [1] L. W. Condra, Reliability Improvement with Design of Experiments, Marcel Dekker Inc., 2001.
- [2] E. A. Elsayed, Reliability Engineering, Addison Wesley Longman Inc., 1996.
- [3] Wikipedia, Garmin, <http://en.wikipedia.org/wiki/Garmin>.
- [4] Garmin ltd. - company history, <http://www.fundinguniverse.com/company-histories/Garmin-Ltd-Company-History.html>.
- [5] Wikipedia, Texas instruments omap, <http://en.wikipedia.org/wiki/Texas.Instruments.OMAP>.
- [6] Sirfstarii gsc3e/lp & gsc3f/lp product insert, <http://www.sirf.com/products/GSC3LPPProductInsert.pdf>.
- [7] Hynix semiconductor, inc.: Hynix hy27ug088g5m nand flash datasheet, [http://www.hynix.com/datasheet/pdf/flash/HY27UF084G2M\\_Series\(Rev.0.6\).pdf](http://www.hynix.com/datasheet/pdf/flash/HY27UF084G2M_Series(Rev.0.6).pdf).
- [8] Hynix semiconductor, inc.: Hynix hy27uf084g2m nand flash datasheet, [http://www.hynix.com/datasheet/pdf/flash/HY27UF084G2M\\_Series\(Rev.0.6\).pdf](http://www.hynix.com/datasheet/pdf/flash/HY27UF084G2M_Series(Rev.0.6).pdf).
- [9] Samsung electronics co. ltd.: Samsung k4m56163pg sdram datasheet, [http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/productInfo.do?fmly\\_id=136&partnum=K4M56163PG](http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/productInfo.do?fmly_id=136&partnum=K4M56163PG).
- [10] MIL-HDBK-217 Reliability Prediction of Electronic Equipment, Department of Defense, 1991.
- [11] Royaltek company ltd.: Reb-3310 operational manual.
- [12] Cma-4024 gnssa datasheet, aviation precision approach gps receiver module, [http://www.cmcelectronics.ca/Pdfs/ComAv\\_FliDek\\_GPS\\_Brochu4024.pdf](http://www.cmcelectronics.ca/Pdfs/ComAv_FliDek_GPS_Brochu4024.pdf).
- [13] Gps information, <http://www.maps-gps-info.com/gp.html>.
- [14] Trimble - gps tutorial, <http://www.trimble.com/gps/index.shtml>.
- [15] Tomtom, portable gps car navigation systems, <http://www.tomtom.com/>.
- [16] Garmin, Device interface sdk, <http://www8.garmin.com/support/commProtocol.html>.
- [17] Isograph, Markov analysis, <http://www.markovanalysis.com/>.
- [18] P. L. Clemens, Fault tree analysis, <http://www.fault-tree.net/>.
- [19] Garmin, Garmin chooses sirf as supplier on selected new garmin devices, <http://www8.garmin.com/pressroom/corporate/083005.html>.
- [20] H. B., Fmea - fmeca, Seminar pri predmetu RZD.
- [21] M. M., Zapiski s predavanj: 8. poglavje.
- [22] Wikipedia, Failure mode and effects analysis, [http://en.wikipedia.org/wiki/Failure\\_mode\\_and\\_effects\\_analysis](http://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis).