

*Univerza v Ljubljani*  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO  
Tržaška 25, Ljubljana, Slovenija



Seminarska naloga

# ZANESLJIVOSTNA ANALIZA HTC Desire

PRI PREDMETU

Računalniška zanesljivost in diagnostika

Primož Kržišnik  
Ana Žavbi  
Miha Sedej  
Martin Kranjc  
Bine Gorjanc  
Matija Mazalin  
Gašper Bistrovich  
Borut Jevševar  
Simon Rangus

Ljubljana, 28.5.2010

## KAZALO

<b>1. Uvod.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Zanesljivost strojne opreme (Primož Kržišnik, Ana Žavbi) .....</b>	<b>4</b>
2.1. MIL 217F standard.....	4
2.2. HTC Desire - komponente .....	5
2.3. Relex .....	8
2.4. Komentar rezultatov.....	10
<b>3. Statična analiza programske opreme (Miha Sedej, Martin Kranjc) .....</b>	<b>11</b>
3.1. Android operacijski sistem .....	11
3.2. Statična analiza programske opreme .....	13
3.2.1. Rezultati meritev .....	17
3.3. Komentar rezultatov.....	30
3.4. Zaključek.....	32
<b>4. Markovska analiza (Bine Gorjanc, Matija Mazalin) .....</b>	<b>33</b>
4.1. Definicija Markovske analize .....	33
4.2. Markovska analiza HTC Desire .....	34
4.3. Komentar rezultatov.....	41
4.4. Zaključek.....	42
<b>5. FTA analiza (Gašper Bistovič, Borut Jevševar) .....</b>	<b>43</b>
5.1. FTA analiza.....	43
5.2. Vzroki in načini odpovedi .....	45
5.2.1. Izračun verjetnosti odpovedi.....	54
5.3. Komentar rezultatov in zaključek.....	55
<b>6. FMEA analiza (Simon Rangus).....</b>	<b>56</b>
6.1. Metoda FMEA.....	56
6.2. FMEA analiza za HTC Desire .....	60
6.3. Rezultati FMEA analize posameznih komponent(komponentna analiza).....	67
6.4. Rezultati FMEA analize posameznih funkcionalnosti(funkcionalna analiza).....	71
6.5. Zaključek.....	72
<b>7. Zaključek .....</b>	<b>73</b>
<b>8. Literatura.....</b>	<b>74</b>

## 1. Uvod

V seminarski nalogi obravnavamo zanesljivostno analizo naprave HTC Desire z naloženim sistemom Android 2.1. Če sledimo vrstnemu redu kazala, je prva skupina analizirala zanesljivost elektronskih komponent telefona, in sicer po standardu MIL 217F (Metoda: parts stress analysis). Naloga 2. skupine je bila statična analiza programske opreme že omenjenega operacijskega sistema. S pomočjo orodja Testwell so obravnavali več različnih metrik, kot so Halsteadovo število predvidenih hroščev, McCabe-jeva ciklomatična kompleksnost, indeks vzdrževanja, ... 3. skupina je s pomočjo markovske analize določala zanesljivost celotnega sistema (pametni telefon) ter zanesljivost napajanja. FTA analizo (Fault Tree Analysis) naprave je naredila 4. skupina. Prikazujejo stanje sistema v odvisnosti stanj njegovih komponent. FTA analiza zajema vrsto mogočih dogodkov, kot so izpad oskrbe z električno energijo, odpoved GPS sprejemnika, ... Zadnji sklop seminarske naloge se nanaša na FMEA analizo (Failure Mode and Effects Analysis). To je skupek metodologij, ki so namenjene predvidevanju možnih načinov okvar proizvoda ali procesa. Po FMEA analizi imamo na voljo ocene tveganj okvar naprave.

## 2. Zanesljivost strojne opreme (Primož Kržišnik, Ana Žavbi)

### 2.1.MIL 217F standard

MIL 217F je standard, ki ga je leta 1991 predstavilo obrambno ministrstvo ZDA. Nanaša se na standardizacijo postopkov za določanje intenzivnosti odpovedovanja elektronske opreme. MIL-HDBK-217F je priručnik, kjer so zbrani vsi podatki in formule za izračun intenzivnosti odpovedi.

Za potrebo naše analize smo si izbrali metodo za določanje intenzivnosti odpovedi parts stress analysis prediction in ne parts count prediction, saj imamo že izdelan in delujoč sistem, ki ni več v fazi razvoja. Ta standard je dokaj star, zato predikcija zanesljivosti elektronskih komponent ponuja bolj pesimistične ocene. Zaradi starosti v njem tudi ni določenih komponent, ki se dandanes proizvajajo in ki so uporabljene v našem sistemu. To je rahlo otežilo analizo in poslabšalo natančnost končne predikcije zanesljivosti telefona.

Za določanje intenzivnosti odpovedovanja  $\lambda$  (število odpovedi na  $10^6$  delovnih ur) se uporabljajo naslednje enačbe:

Mikroprocesor:	$\lambda_p = (C_1 \pi_T + C_2 \pi_E) \cdot \pi_Q \pi_L$
Pomnilnik:	$\lambda_p = (C_1 \pi_T + C_2 \pi_E + \lambda_{cyc}) \cdot \pi_Q \pi_L$
Logična vezja:	$\lambda_p = \lambda_{BD} \pi_{MFG} \pi_T \pi_{CD} + \lambda_{BP} \pi_E \pi_Q \pi_{PT} + \lambda_{EOS}$
LED diode:	$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_Q \pi_E$
Upori:	$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_Q \pi_E$
Kondenzatorji:	$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_C \pi_V \pi_{SR} \pi_Q \pi_E$
Tiskana vezja:	$\lambda_p = \lambda_b (N_1 \pi_C + N_2 (\pi_C + 13)) \pi_Q \pi_E$

- $C_1$  ... je faktor kompleksnosti vezja
- $C_2$  ... je faktor ohišja
- $\pi_Q$  ... je faktor kvalitete
- $\pi_E$  ... je faktor vpliva okolja
- $\pi_T$  ... je temperaturni faktor
- $\pi_L$  ... je faktor učenja
- $\lambda_{cyc}$  ... faktor bralno/pisalnih ciklov
- $\lambda_{BD}$  ... osnovno odpovedovanje vezja; odvisno od vrste uporabe tehnologije (logic and custom vs. gate array and memory)
- $\pi_{MFG}$  ... korekcijski faktor za proces izdelave
- $\pi_T$  ... temperaturni faktor; glede na temperaturo PN spoja
- $\pi_{CD}$  ... korekcijski faktor glede na kompleksnost integriranega vezja
- $\lambda_{BP}$  ... osnovno odpovedovanje ohišja glede na število pinov (nožic)
- $\pi_{PT}$  ... korekcijski faktor tipa ohišja (DIP, PGA, ...)
- $\lambda_{EOS}$  ... korekcijski faktor za izpostavljenost ESD (Electrostatic Discharge) vplivom
- $\lambda_b$  ... osnovna intenzivnost odpovedovanja glede na tip diode
- $\pi_C$  ... korekcijski faktor kapacitivnosti kondenzatorja
- $\pi_V$  ... korekcijski faktor razmerja delovne proti nazivni napetosti
- $\pi_{SR}$  ... korekcijski faktor upornosti tokokroga
- $N_1$  ... število strojno spajkanih pinov
- $N_2$  ... število ročno spajkanih pinov
- $\pi_C$  ... faktor kompleksnosti, glede na število plasti bakra

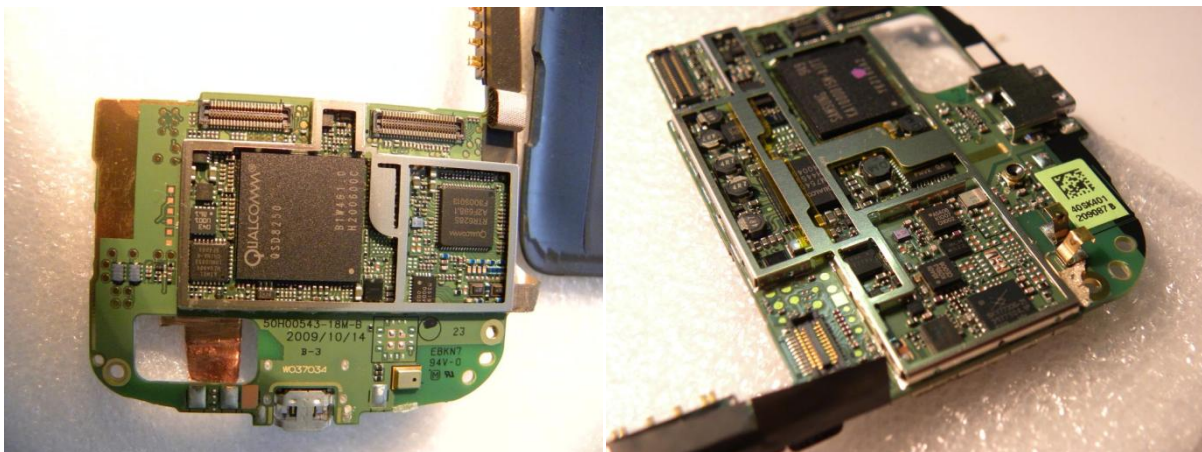
## 2.2.HTC Desire - komponente



Slika 1 Razstavljen telefon HTC Desire

Na zgornji sliki lahko vidimo razstavljen telefon, katerega glavni deli so:

- 1 - Baterija
- 2 - Tiskano vezje, na katerem je večino integriranih vezij
- 3 - Tiskano vezje s kamero, audio konektorjem in bluetooth/wireless vezjem
- 4 - Intergrirano vezje, ki krmili zaslon na dotik
- 5 - Ohišje telefona
- 6 - Ohišje z vibratorjem



Slika 2 Na levi je spodnji del vezja z mikroprocesorjem, na desni pa zgornji del s pomnilnikom

Na levi sliki vidimo spodnji del tiskanega vezja, na katerem je mikroprocesor in nekaj manjših integriranih vezij. Na desni sliki je prikazan zgornji del tega vezja, ki nosi pomnilniški čip. Ostale komponente, ki so na obeh straneh, so upori, kondenzatorji, dušilke, mikrofoni in konektorji.

### **Mikroprocesor**

V telefonu HTC Desire se nahaja procesor Qualcomm QSD8250, ki ga je Qualcomm predstavil leta 2007. To platformo imenujejo Snapdragon in je namenjena uporabi v zmoglivejših mobilnih telefonih, samo jedro pa ima oznako Scorpion. Procesor ima ARM arhitekturo, kar ga uvršča med 32 bitne RISC procesorje. Izdelan je z CMOS 65nm tehnološkim procesom in kljub svoji hitrosti (1GHz) porabi izredno malo energije. Ker je procesor izdelan posebej za mobilne telefone ima vgrajene naslednje funkcionalnosti: GPS in 600MHz DSP (digital signal processor) za procesiranje GSM, GPRS, EDGE, HSDPA, HSUPA, MBMS, UMTS.

Pri določanju intenzivnosti odpovedi s pomočjo orodja Relx smo bili rahlo omejeni, saj ni bilo moč pridobiti vseh potrebnih podatkov o sami komponenti – tovarniške listine. Pridobili smo le informacijo o tehnologiji izdelave, ima 603 nožic, v proizvodnji pa je že več kot 2 leti. Temperaturo spoja smo izračunali po enačbi iz prejšnjega poglavja. Ambientno temperaturo smo določili na 50 stopinj celzija, saj gre za aparaturo, ki je vezana na zemljo in je mobilna. Toplotno upornost smo privzeli  $10W/^{\circ}C$ , saj gre za vezje s površino rezine večje od  $14,1mil^2$ . Za moč procesorja smo privzeli maksimalno moč, ki smo jo predpostavili glede na porabo ostalih komponent.

### **Ostala integrirana vezja**

Izmed ostalih vezij so prevladovala logična vezja z sorazmerno nizkim številom vrat. Zaradi samega tipa naprave, ki porabi malo energije smo skleпали, da je večino vezij proizvedeno v MOS tehnologiji, saj v nedelovanju porabi energije reda mikrovatov. Iz večino vezij ni bilo moč razbrati standardnih oznak, ki bi nas privedle do uporabnih podatkov, saj so bile verjetno komponente izdelane po naročilu za proizvajalca in imajo temu primerno tudi prirejene oznake. Za redke izjeme smo uspeli razbrati vsaj funkcionalnosti, čeprav tudi za njih ni bilo mogoče pridobiti podrobnejših informacij. Med njih spadajo: UMTS transciever, ATMEL 88V 8 bitni mikroprocesor, elektronski kompas, GSM ojačevalec, vezje za nadzor porabe energije, 4Gbit ROM + 4Gbit RAM, krmilnik zaslona na dotik, vezje za Bluetooth in Wireless. Pri nekaterih je bilo mogoče prešteti število priključkov, ostali pa so imeli priključke pod vezjem. Vezja, ki so imela zadostno število podatkov, smo jih pri analizi upoštevali, ostale pa smo zanemarili, saj bi bila kakršnakoli ocena intenzivnosti odpovedovanja napačna. Ker pa smo zanemarili samo majhna integrirana vezja, ki imajo zelo nizko intenzivnost odpovedovanja, je njihov doprinos h končnemu rezultatu zanemarljiv v primerjavi z mehanskimi komponentami naprave. Za vsa obravnavana vezja smo predpostavili ,da se izdelujejo že več kot dve leti. Temperaturo spoja smo pri vseh vezjih določili na enako vrednost, saj je ambientna temperatura za vse enaka, toplotno upornost pa imajo vsi  $10W/^{\circ}C$  kot to določa MIL standard za vsa vezja z rezino večjo od  $14,4mil^2$ . Moč pri teh vezjih je občutno nižja kot pri glavnem procesorju, razen ko gre za wireless, bluetooth in GSM oddajnik.

Čeprav so si vsa ta integrirana vezja podobna, pa smo jih za analizo morali obravnavati ločeno, glede na funkcijo. Ločili smo jih v tri skupine in sicer: pomnilnik, logično vezje, mikroprocesor. V prvo skupino spada le SAMSUNG 949 KA1000015M-AJTT, ki je kombiniran pomnilniški čip, saj vsebuje 4Gbit bralno-pisalnega (flash) pomnilnika in prav toliko DRAM pomnilnika. Kot drugi mikroprocesor

smo identificirali ATMEL MEGA 88V, ki je 8 bitni mikroprocesor. Med logična vezja pa smo šteli vsa ostala vezja, ki jim funkcije sicer nismo znali določiti.

### **Upori, kondenzatorji, dušilke**

V samem telefonu smo našli 591 SMD linearnih elementov. Zaradi majhnosti in velike stopnje integracije ni na samih elementih in na tiskanem vezju nikakršnih oznak iz katerih bi lahko razbrali za kakšen element gre in tip (velikost) le tega. Zaradi tega smo predpostavili, da je v sistemu približno 60% uporov, 30% kondenzatorjev in 10% dušilk. Vsi ti elementi skupaj ne predstavljajo velikega vpliva na celotno intenzivnost odpovedovanja - po vsoti intenzivnosti odpovedi za vseh 591 komponent je iz rezultatov v Tabeli 1 razvidno, da se končnemu rezultatu prišteje le 0,0166 odpovedi na  $10^6$  delovnih ur.

### **Konektorji**

V telefonu smo našli tri tipe konektorjev. Prvi tip je konektor za povezave med tiskanimi vezji, ki je strojno spajkan z tehnologijo Reflow Soldering. Drugi tip so vzmetni kontakti (npr. kontakti za baterijo). Tretji tip je mini koaksialni konektor. Konektorji so nasplošno mehanske komponente, zato imajo dokaj visoke intenzivnosti odpovedovanja (v našem primeru v povprečju 0.42 odpovedi na  $10^6$  ur na konektor), še posebej vzmetni kontakti.

### **Tipke**

HTC Desire ima 6 funkcijskih tipk, tipko za vklop/izklop in tipko pod optičnim senzorjem. Spadajo v kategorijo mehanskih komponent in imajo zato tudi višjo pričakovano intenzivnost odpovedi, kot tudi izračunano.

### **Ostalo**

V to skupino komponent smo umestili vse optične elemente, mehanske komponente, baterijo in tiskano vezje. Med optične elemente spadajo SMD LED diode, senzori (fototranzistorji) in zaslon. Ostale mehanske komponente so: mikrofona, zvočnik, vibrator in kamera. Ker v MIL standardu ni predvidena CMOS kamera, smo jo aproksimirali z CMOS pomnilnikom štirikratne velikosti ločljivosti kamere.

Baterija predstavlja zelo visok odstotek končne intenzivnosti odpovedi sistema, saj smo predpostavili življenjsko dobo baterije na 10 let, kar je zelo optimistična ocena. Li-ION baterije načeloma izgubijo okrog 20% kapacitete vsako leto na temperaturi 25°C. Za tako oceno smo se odločili zaradi zamenljivosti baterije, sicer bi življenjska doba telefona močno padla.

Tiskano vezje v telefonu je v dveh delih. Ker ni bilo moč (vizualno) dobiti podatka o številu plasti, smo predpostavili, da ima le dve plasti, čeprav jih ima skoraj zagotovo več.

## 2.3.Relex

Relex je programsko orodje za določanje zanesljivosti elektronskih komponent. Za potrebe analize intenzivnosti odpovedi smo si izbrali modul »Reliability prediction«, kjer smo si izbrali računanje po standardu MIL (MIL HDBK 217F, MIL HDBK 217F2). Relex črpa iz teh standardov vse podatke in enačbe za izračun intenzivnosti odpovedi komponent, ki so navedene v standardu. Za ostale komponente, ki jih standard ne predvideva, je potrebno v Relexu vnesti že izračunano/predvideno intenzivnost odpovedovanja in ne potrebnih koeficientov za izračun le te. Ker je MIL standar dokaj star standard, vsebuje le podatke in enačbe za izračun starejših komponent in tehnologije. V našem primeru gre za nov tehnološki produkt, zato je MIL za veliko število današnjih komponent lahko nenatančen ali pa celo ne vsebuje potrebnih enačb za izračun intenzivnosti odpovedovanja za specifično komponento. Zaradi tega ne moremo zagotovo trditi, da je končni izračun natančen, lahko pa zatrdno rečemo da je pesimističen, saj so moderne komponente načeloma veliko zanesljivejše.

Name	Part Number	System Tree Identifier	Failure Rate...	MTBF, Predicted
[-] HTC Desire	System	System	35,117987	28475,436236
[-] Integrirana vezja		System2	7,487964	133547,644130
Qualcomm QSD8250 (1GHz ARM)		System43	3,754991	266312,232089
QUALCOMM RTR6285 (UMTS transceiver)		System44	0,609509	1,640665e+006
QUALCOMM PM7540 (Power management)		System45	0,061969	1,613720e+007
SAMSUNG 949 KA1000015M-AJTT (PROM part)		System46	0,147025	6,801583e+006
SAMSUNG 949 KA1000015M-AJTT (RAM)		System54	0,185534	5,389840e+006
SKY77336-21 (GSM Power amplifier)		System47	0,058213	1,717821e+007
TP565023 (Power management)		System48	0,109229	9,155046e+006
AKM AK8973 Electronic compass chip		System49	0,602597	1,659485e+006
ATMEL MEGA 88V		System50	0,535198	1,868468e+006
T1007A (Synaptics touchscreen controller)		System51	0,661569	1,511558e+006
BCM4329EKUBG (Bluetooth and wireless)		System52	0,762131	1,312111e+006
[+] Upori in kondenzatorji		System5	0,016628	6,013977e+007
[+] Konektorji		System6	7,157396	139715,607805
[+] Tipke		System7	1,606262	622563,355919
[-] Ostalo		System8	18,849736	53051,140834
SMD Mikrofon-		System30	0,080000	1,250000e+007
Optični senzor pod tipko		System31	0,062603	1,597365e+007
SMD Power LED		System32	0,002820	3,546656e+008
CMOS Kamera 5.0MPix-		System33	0,121391	8,237815e+006
SMD LED		System34	0,018326	5,456837e+007
Light and proximity sensor		System35	0,062603	1,597365e+007
Vibrator		System36	6,858593	145802,494566
Zvočnik		System37	0,160000	6,250000e+006
AM-OLED Zaslon na dotik-		System38	0,080000	1,250000e+007
Baterija LI-ION 1400mAh-		System39	11,400000	87719,298246
Tiskano vezje		System57	0,003400	2,941176e+008

Slika 3 Vnešene komponente v Relex

Komponente smo v orodju Relex umestili v 5 večjih skupin kot si sledijo: Integrirana vezja, Upori in kondenzatorji, Konektorji, Tipke, Ostalo. Relex nam je za vsako komponento izračunal intenzivnost odpovedi in čas med odpovedmi. Vsota vseh teh intenzivnosti pomeni končen rezultat – to je intenzivnost odpovedi za celoten sistem – telefon HTC Desire.



Name	FailureRate	MTBF
<b>HTC Desire</b>	<b>35,117987</b>	<b>28475,436236</b>
<b>Integrirana vezja</b>	<b>7,487964</b>	<b>133547,64413</b>
Qualcomm QSD8250 (1GHz ARM)	3,754991	266312,2321
QUALCOMM RTR6285 (UMTS transciever)	0,609509	1640665
QUALCOMM PM7540 (Power management)	0,061969	16137200
SAMSUNG 949 KA1000015M-AJTT (PROM part)	0,147025	6801583
SAMSUNG 949 KA1000015M-AJTT (RAM)	0,185534	5389840
SKY77336-21 (GSM Power amplifier)	0,058213	17178210
TPS65023 (Power management)	0,109229	9155046
AKM AK8973 Electronic compass chip	0,602597	1659485
ATMEL MEGA 88V	0,535198	1868468
T1007A (Synaptics touchscreen controller)	0,661569	1511558
BCM4329EKUBG (Bluetooth and wireless)	0,762131	1312111
<b>Upori in kondenzatorji</b>	<b>0,016628</b>	<b>60139770</b>
upori ERJ2 SMD	0,005522	181080700
kondenzatorji SMD	0,00531	188323900
dušilke SMD	0,005796	172546700
<b>Konektorji</b>	<b>7,157396</b>	<b>139715,6078</b>
Konektor med vezji1	0,003036	329380800
Konektor med vezji2	0,00345	289855100
Za baterijo	1,02	980392,1569
Konektor na pl. za SIM,SD	0,001518	658761500
Konektor na sp. vezje1	0,00276	362318800
Konektor na sp. vezje2	0,00069	1449275000
Konektor za tipke, senzor	0,001794	557413600
mini USB	0,85	1176471
Antenski priključek	0,00125	799690600
microSD	1,36	735294,1176
SIM	1,36	735294,1176
Konektor za kamero	0,002208	452898600
Audio konektor 2.5	0,51	1960784
Konektor za opt. senzor	0,00069	1449275000
Konektor za vibrator	0,34	2941176
Konektor za zvočnik	0,68	1470588
Konektor povezava ohišja	1,02	980392,1569
<b>Tipke</b>	<b>1,606262</b>	<b>622563,3559</b>
Funkcijska tipka	1,204697	830084,4746
Tipka za vklop/izklop	0,200783	4980507
Tipka pod senzorjem	0,200783	4980507
<b>Ostalo</b>	<b>18,849736</b>	<b>53051,14083</b>
SMD Mikrofon-	0,08	12500000
Optični senzor pod tipko	0,062603	15973650
SMD Power LED	0,00282	354665600
CMOS Kamera 5.0MPix-	0,121391	8237815
SMD LED	0,018326	54568370
Light and proximity sensor	0,062603	15973650
Vibrator	6,858593	145802,4946
Zvočnik	0,16	6250000
AM-OLED Zaslon na dotik-	0,08	12500000

Baterija LI-ION 1400mAah-	11,4	87719,29825
Tiskano vezje	0,0034	294117600

Tabela 1 Komponente in rezultati

## 2.4.Komentar rezultatov

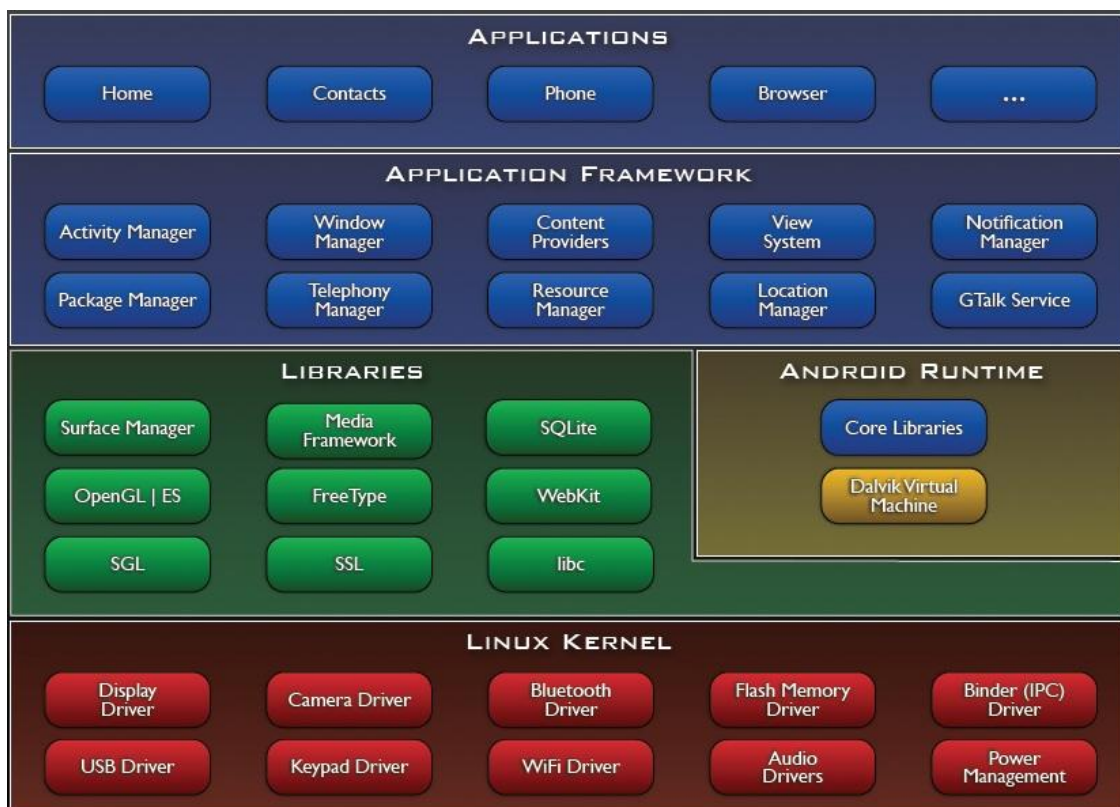
Po vnosu vseh potrebnih komponent in podatkov v orodje Relex, nam je ta izračunal po MIL standardu intenzivnost odpovedi celotnega sistema, ki znaša 35,12 odpovedi na  $10^6$  ur. Večino komponent v sistemu je nepopravljivih, so pa zamenljive, kar pomeni da že ena sama odpoved povzroči nedelovanje telefona v celoti ali ene od njegovih funkcij. Čas med takimi odpovedmi se označuje MTBF (mean time between failures) in znaša 28475,44 ur oziroma 3,25 let. Po tem času celoten sistem odpove ali pa je okvarjeno komponento le potrebno zamenjati. Največji delež k intenzivnosti odpovedi doprinese polnilna baterija, ki ima življenjsko dobo okrog 10 let. Ta komponenta je zamenljiva in ne pomeni dokončne okvare sistema. Naslednja komponenta, ki bistveno vpliva na nizko življenjsko dobo telefona je vibrator (mehanska komponenta), kateremu je Relex določil 16,6 let življenjske dobe. Ta komponenta je tudi zamenljiva. Tretja je dokaj velika množica konektorjev, ki imajo skupno življenjsko dobo okrog 16 let in so že težje zamenljivi. Zadnja ločena komponenta, ki tudi bistveno vpliva na intenzivnost odpovedi pa je sam mikroprocesor, ki ima izračunan čas do odpovedi dobrih 30 let in pomeni odpoved sistema, saj je v tem primeru treba menjati vsaj tiskano vezje, kjer je nameščen. Te komponente so večinoma mehanske z izjemo mikroprocesorja, ki nadoknadi s kompleksnostjo, zato so tudi primarni krivci za večino odpovedi/okvar telefona, kar smo tudi predpostavili še pred končnim izračunom. Ostale komponente spadajo med manjša integrirana vezja in polprevodnike in pa linearne komponente, ki imajo za več redov višjo zanesljivost delovanja in vsota vseh doprinese zelo malo k intenzivnosti odpovedovanja sistema.

### 3. Statična analiza programske opreme (Miha Sedej, Martin Kranjc)

#### 3.1. Android operacijski sistem

Android je relativno nov operacijski sistem, katerega prvo različico je Google izdal konec leta 2008. Njegov glavni namen uporabe je v pametnih mobilnih telefonih, na trg pa počasi prihajajo tudi druge naprave, kot na primer e-bralniki z e-ink tehnologijo zaslonov. Kljub napovedim, se Android do danes še ni pojavil na lahkih prenosnih računalnikih (netbookih) v omembe vredni obliki, saj je Google za ta namen že najavil svoj drug operacijski sistem, Chrome OS. Androida so zanesenjaki neuradno predelali da teče tudi v navideznem okolju (VirtualBox, Vmware) in na osebnih računalnikih, vendar je zaradi težav z gonilniki za strojno opremo uporaba v vsakdanje namene odsvetovana.

Celoten operacijski sistem, s pripadajočimi privzetimi aplikacijami vred, je izdan pod odprto-kodno licenco (pretežno Apache 2.0, preostalo GPL), vsa izvorna koda je dostopna preko repositorijev za verzioniranje programske opreme GIT, kjer se stalno objavlja posodobljena izvorna koda.



Slika 4 Android programski sklad

Operacijski sistem temelji na linux jedru, vendar razvijalci poudarjajo da ga ni smiselno enačiti z linux distribucijami, ker so vse ostale komponente spisane popolnoma na novo. Poleg tega pa je tudi samo jedro zelo prilagojeno in nadgrajeno za optimalno delovanje na prenosnih napravah. Jedru so dodelali funkcije za varčevanje z energijo, oklestili upravljanje z nitmi in procesi, saj se na mobilnih napravah ne pričakuje poganjanje enakega števila procesov kot na primer na kakšnem strežniku, izboljšali podporo za komunikacijo med procesi ipd. Android tudi ne uporablja klasičnih linux sistemskih knjižnic, saj so razvijalci zaradi optimizacije napisali svojo C knjižnico (Bionic), katera je le delno združljiva z dobro poznano GNU libc. Google se zaveda, da za hiter razvoj aplikacij za njegov

operacijski sistem, surov C jezik ne bi bil optimalen, zato je za aplikacijski nivo izbral Java navidezno okolje (Java runtime environment - JRE). Implementiral je svojo različico Java navideznega stroja (poimenuje ga Dalvik) in napisal knjižnice preko katerih lahko programer dostopa do nižje nivojskih funkcionalnosti.

Pri vseh teh komponentah operacijskega sistema so dali velik poudarek na učinkovitosti pri porabi procesorske moči, pomnilnika in energije. Na tak način so dosegli prijazno okolje za programerje aplikacij, ter rešili probleme z učinkovitostjo, saj se vse zahtevnejše funkcije izvajajo nativno preko sistemskih knjižnic.

Od izida prve različice pa do danes je bilo izdanih že kar nekaj nadgradenj tega operacijskega sistema.

Različica	Kodno ime	Različica jedra	Datum izida
„1.5“	Cupcake	„2.6.27“	30.04.09
„1.6“	Donut	„2.6.29“	15.09.09
„2.1“	Eclair	„2.6.29“	26.10.09
„2.2“	FroYo	„2.6.33“	V pripravi

Tabela 2 Zgodovina različic Android OS

Različici 1.5 in 1.6 sta bili bolj ali manj le nadgradnji začetne različice, medtem ko je različica 2.0/2.1 prinesla kar nekaj novosti, kot so podpora več-dotikovnim (multi-touch) zaslonom, podpora praktično poljubnim resolucijam zaslonov brez dodatnega prilagajanja aplikacij, naprednejša podpora navidezni tipkovnici, podpora HTML5 standardu v vgrajenem brskalniku ipd.

Kljub prvotnim špekulacijam, da bo naslednja verzija Androida 2.2, s kodnim imenom Froyo le odpravljala napake predhodnika, je Google na Google IO konferenci 2010, ki je v San Franciscu potekala ravno med nastajanjem seminarske, naloge napovedal kar nekaj izboljšav. Poleg že najavljene menjave različice jedra bo sledila občutna izboljšava odzivnosti uporabniškega vmesnika, ter še večja optimizacija Dalvik JVM-ja. Privzeti brskalnik naj bi s pomočjo JavaScript pogona, kateri je že uporabljen v brskalniku Chrome, precej pohitril izvajanje spletnih strani, katere uporabljajo ta jezik.

### Datotečni sistem

Pridobili smo tudi nekaj informacij o datotečnem sistemu Android operacijskega sistema. Struktura imenikov je tipična kot za vse unix sisteme, z /proc, /dev, /etc itd podimeniki.

Med aplikacijami najdemo tudi ukazno vrstico, tako da se lahko prijavimo kot uporabnik in brskamo po imenikih kot na vseh ostalih operacijskih sistemih. Superuporabniški način (root) ni uradno podprt, saj bi morebitni neuki uporabniki lahko nenamenoma pokvarili sistem, kar lahko privede do nedelujoče naprave. Vendar so se že kmalu po izdaji prve različice operacijskega sistema pojavili t.i. "rootkiti", ki omogočijo pridobitev vseh pravic in tako naprednemu uporabniku omogočijo popoln nadzor nad sistemom.

Android za svoj primarni flash pomnilnik uporablja datotečni sistem YAFFS2 (yet another flash file system), ki je izboljšana različica datotečnega sistema JFFS (journalism flash file system), njegova odlike pa je poleg hitrosti in porabe, podpora večjim stranem (blokom), ki dandanes znaša 2048 + 64 rezervnih bajtov, za razliko od prvih s 512 bajti katerim je bil namenjen YAFFS1. Za zunanje pomnilnike, torej dodatne pomnilniške kartice, je uporabljen preverjen ext3 datotečni sistem.

## Zgradba projekta

Ko pridobimo izvorno kodo celotnega projekta, opazimo da le ta privzeto ne vsebuje izvorne kode jedra, saj dobimo jedro v že prevedeni obliki. Izvorno kodo jedra moramo prenesti dodatno, prav tako preko GIT repositorija. Če pregledamo strukturo imenikov z izvorno kodo, je zgradba sledeča:

Imenik/Projekt	Opis
bionic	C runtime: libc, libm, libdl, dinamični linker
bootloader/legacy	Sistemske zagajalniki (bootloader)
build	Datoteke za prevajanje projekta
dalvik	Dalvik Java virtualni stroj
development	Orodja za razvoj in razhroščevanje
frameworks/base	Glavne knjižnice aplikacijskega ogrodja.
frameworks/policies/base	Nastavitve ogrodja
hardware/libhardware	Knjižnica za delo z strojno opremo
hardware/ril	Plast za delo z radijem
kernel	Linux jedro
prebuilt	Nekatera že prevedena binarna koda
recovery	Okolje za obnovitev sistema
system/bluetooth	Bluetooth orodja
system/core	Minimalno boot okolje
system/extras	Nizko-nivojska orodja za razhroščevanje
system/wlan/ti	TI 1251 WLAN gonilniki in orodja

Tabela 3 Struktura projekta

Celoten projekt obsega 42.318 datotek izvorne kode v programskem jeziku C od tega je za 10.098.484 vrstic čiste programske kode. Programske kode Java je za 16.539 datotek oziroma za 2.088.695 vrstic. Jedro obsega 19.834 datotek izvorne kode oziroma 5.949.263 vrstic. Za primerjavo naj omenimo, da original linux jedro iste različice (2.6.29) obsega 21.634 datotek oziroma 6.750.181 vrstic.

## 3.2. Statična analiza programske opreme

### Način testiranja

Za analizo izvorne kode smo se odločili uporabiti že obstoječe programske rešitve, ki so prisotne na tržišču. Ponudba programov s tega področja je bolj slaba, izstopali sta le rešitvi dveh podjetij – Testwell in Power Software, vendar za slednjega nismo uspeli pridobiti preizkusne licence.

Testwell ponuja različna orodja za statično »whitebox« analizo programske kode, med njimi tudi orodja za merjenje kompleksnosti v jezikih C/C++ (orodje CMT++), Java (CMTJava) in dodatek za podporo C# v CMT++, ki omogoča tudi integracijo v razvojno okolje Visual Studio. Kot novost so letos predstavili tudi grafično orodje Verybench, ki združuje oba jezika in poleg tekstovnih poročil omogoča tudi grafičen prikaz povzetkov.

Odločili smo se testirati celoten projekt v obeh jezikih, brez jedra, samo jedro, neokrnjeno linux jedro iste različice (2.6.29)), ter uporabniške aplikacije, katere so bile že testirane v lanskoletnem poročilu, da bo mogoča primerjava kako so aplikacije napredovale v enem letu.

## Metrike kompleksnosti programske opreme

Poznamo dva deterministična modela ocenjevanja programske zanesljivosti. To sta McCabe-jeva in Halstead-ova mera. McCabe-jeva mera, imenovana tudi ciklometrična kompleksnost, nam poda oceno, kako kompleksne so vejitve v programu, Halstead-ova pa oceno števila napak v programu. Testwellova programska oprema uporablja metrike iz obeh modelov in sicer:

- Ciklometrično število  $v(G)$
- Število vrstic čiste programske kode LOCpro
- Delež komentarjev
- Volumen programa  $V$
- Predvideno število programskih napak (hroščev)
- Indeks zahtevnosti vzdrževanja MI

Verybench nam tudi ponuja grafičen prikaz teh podatkov. Za prikaz vseh šestih mer na eni sliki uporablja kiviatove oz. mrežni diagram, na katerem so prikazane spodnje in zgornje dovoljene mejne vrednosti in povprečne dejanske vrednosti mer.

## McCabe-jevo ciklometrično število $v(G)$

Predstavlja kompleksnost vejitev v programu. Natančneje povedano, predstavlja število neodvisnih poti v programu, hkrati pa poda tudi zgornjo mejo števila testov, potrebnih da se vsak ukaz v programu izvede vsaj enkrat. Večje kot je to število, več je poti skozi program in težje ga je razumeti.  $v(G)$  je neodvisno od podatkovnih struktur in njihove kompleksnosti. Statistike kažejo, da je zgornja meja  $v(G)$  enaka 10, ker je večje število poti težko dobro testirati.

Tipični primeri, ki povečajo  $v(G)$  so:

- *if* stavki
- *for*, *while* zanke
- vsak *case* stavek stavka *switch* (razen default)
- sestavljeni pogoji tipa *&&* ali *//*

Dovoljene meje, katere navaja proizvajalec programskega paketa, so od 1 do 15.

## Halstead-ova mera

Pri tej metodi nam meritve podajo dve števili:

- Volumen programa,
- Predvideno število napak v programu,

Vendar je za njuno pridobitev potrebno nekaj računanja. Oba podatka se izračunata in osnovnih štirih. To so: število različnih operatorjev –  $n1$ , število različnih operandov –  $n2$ , število vseh operatorjev  $N1$  in število vseh operandov –  $N2$ . Za operande se upošteva:

- spremenljivke, definirane s podatkovnimi tipi (**integer, double, boolean, ...**),
- ključne besede (**false, true, super, void, this**),

- vse druge oznake, ki niso ključne besede
- literali (numerični literali in literali iz izrazov)

Vse ostale tvornike izvorne kode se obravnavajo kot operatorji, na primer: if(...), for(...), case: (skupaj z dvopičjem) itd. Tudi vse tri vrste oklepajev (...), [...], {...} se upoštevajo v parih in se obravnavajo kot en operator.

Podatki, iz kateri izračunamo končna dva, so izračunani po sledečih formulah:

- **N** – dolžina programa:  $N = N1 + N2$ , to je vsota vseh operandov in operatorjev
- **n** – velikost slovarja:  $n = n1 + n2$ , to je vsota vseh različnih operatorjev in operandov.
- **D** – nivo težavnosti:  $D = (n1 / 2) * (N2 / n2)$ , je sorazmerno številu vseh operandov in vseh različnih operandov.
- **L** – nivo programa:  $L = 1 / D$ ; je inverz nivoja težavnosti; program z nizkim nivojem je bolj občutljiv na napake kot programa z visokim nivojem,
- **E** – težavnost implementacije:  $E = V * D$  je sorazmeren volumnu in nivoju težavnosti.
- **T** – čas za implementacijo ali čas za razumevanje programa:  $T = E / 18$ ; Halstead je empirično ugotovil, da deljenje E z 18 daje zadostno aproksimacijo za čas v sekundah.

Tako pridemo do glavnih dveh podatkov, ki nam jih poda programska oprema za testiranje:

- Volumen programa, ki ga iz vmesnih podatkov dobimo kot:  $V = N * \log_2(n)$ , kjer  $N = LOC_{pro} = N1 + N2$ ,  $n$  pa velikost slovarja.
- Predvideno število napak v programu, izračunan po formuli  $B = (E^{(2/3)}) / 3000$ , dobljena vrednost pa se pomnoži še s korelacijskim faktorjem, ki je določen v konfiguracijski datoteki.

Priporočene mejne vrednosti s strani proizvajalca programske opreme so od 0 do 2 predvideni napaki.

### Indeks zahtevnosti vzdrževanja MI

Ta metrika ne spada ne pod McCabov ne pod Halsteadov model, predstavlja pa indeks, ki zavzema vrednosti < 100 in podaja oceno kakšna je težavnost vzdrževanja projekta. MI se ponavadi spremlja z namenom, da se prepreči ali zmanjša entropijo programske opreme in poveča integriteto. MI nam pove tudi, kdaj ali se pri dodajanju novih funkcionalnosti v program bolj splača celotno programsko kodo napisati na novo, ali da naprej spreminjamo staro.

#### Računanje MI:

MI se računa za vsako funkcijo, razred ali strukturo, za vsako datoteko ter za vse datoteke skupaj. Računajo se tri vrednosti:  $MI_{woc}$ , ki predstavlja MI brez komentarjev,  $MI_{cw}$ , ki predstavlja utež za komentarje pri MI in MI, kar je indeks možnosti vzdrževanja, izračunan pa je po naslednjih formulah:

$$MI = MI_{woc} + MI_{cw}$$

$$MI_{woc} = 171 - 5.2 * \ln(aveV) - 0.23 * aveG - 16.2 * \ln(aveLOC)$$

$$MI_{cw} = 50 * \sin(\sqrt{2.4 * perCM})$$

Kjer so:

**aveV** = velikost slovarja(V) na element testiranja\*

**aveG** = povprečna ciklomatična kompleksnost v(G) na element testiranja\*

**aveLOC** = povprečno število vrstic (LOCphy) na element testiranja\*

**perCM** = povprečen odstotek vrstic s komentarji na element testiranja\*

(\* element testiranja predstavlja funkcijo, razred, strukturo ali datoteko)

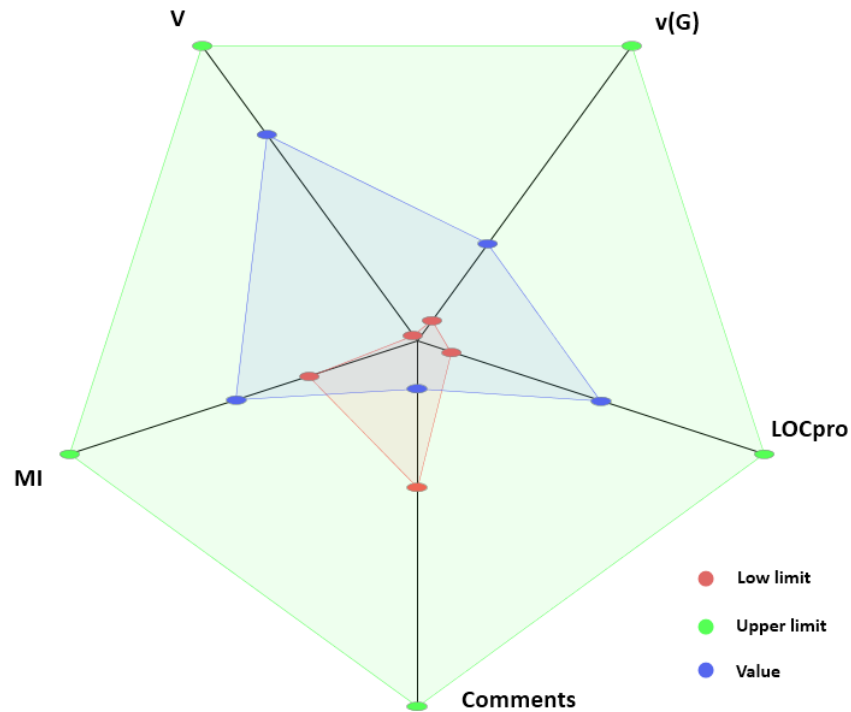
Pomen vrednosti MI:

- več kot 85: lahko vzdrževanje
- med 65 in 85: srednja težavnost vzdrževanja. 65 je tudi spodnja priporočena meja, nad katero proizvajalec programske opreme ne šteje kot alarmantno.
- manj od 65: težavno vzdrževanje



### 3.2.1. Rezultati meritev

#### Android jedro

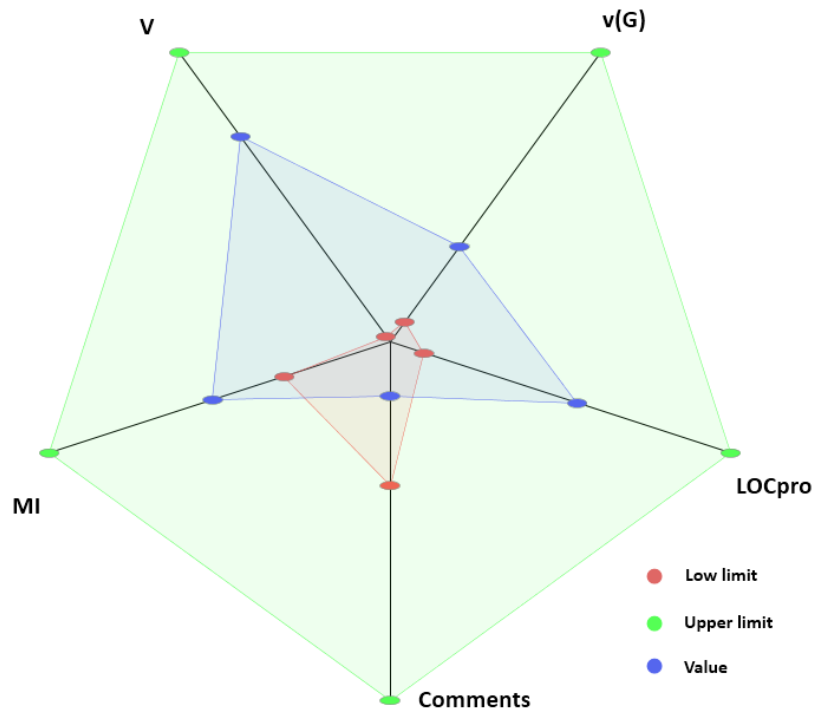


Slika 5 Android jedro

Measure	19834 Files			192747 Functions			LOC
	Alarmed	%	Limits	Alarmed	%	Limits	
Cyclomatic number v(G)	1982	9	1-100	8613	4	1-15	LOCphy: 8430254
Program lines LOCpro	4462	22	4-400	28485	14	4-40	LOCbl: 1147260
Comment %	12989	65	30-75	104346	54	30-75	LOCpro: 5949263
Volume V	8292	41	100-8000	36788	19	20-1000	LOCcom: 1675597
Estimated number of bugs B	6428	32	0-2	0	0	n/a	';': 2714600
Maintainability index MI	956	4	65-	4924	2	65-	
<b>Total</b>	<b>35109</b>	<b>29</b>		<b>183156</b>	<b>19</b>		

Tabela 4 Android jedro

## Linux jedro 2.6.29



Slika 6 Linux jedro

Measure	21634 Files			213855 Functions			LOC
	Alarmed	%	Limits	Alarmed	%	Limits	
Cyclomatic number v(G)	2203	10	1-100	9631	4	1-15	LOCphy: 9571055
Program lines LOCpro	4926	22	4-400	32218	15	4-40	LOCb1: 1292503
Comment %	14231	65	30-75	115369	53	30-75	LOCpro: 6750181
Volume V	9087	42	100-8000	41202	19	20-1000	LOCcom: 1915937
Estimated number of bugs B	7151	33	0-2	0	0	n/a	';': 3053975
Maintainability index MI	1095	5	65-	5598	2	65-	
<b>Total</b>	<b>38693</b>	<b>29</b>		<b>204018</b>	<b>19</b>		

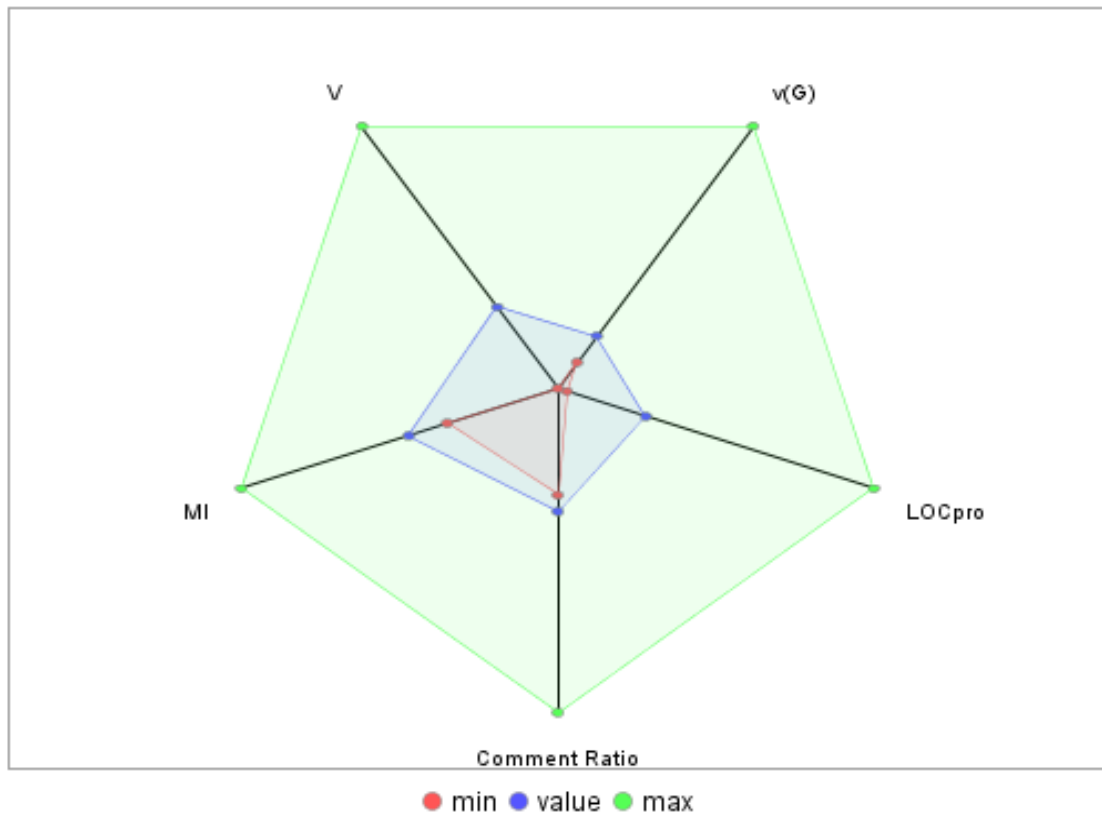
Tabela 5 Linux jedro

## Celoten projekt, C koda, brez jedra

22484 Files		117045 Functions						
Measure	Alarmed	%	Limits	Alarmed	%	Limits	LOC	
Cyclomatic number v(G)	1239	5	1-100	6429	5	1-15	LOCphy: 6407714	
Program lines LOCpro	3264	14	4-400	36061	30	4-40	LOCbl: 809736	
Comment %	9808	43	30-75	46955	40	30-75	LOCpro: 4149221	
Volume V	6413	28	100-8000	21454	18	20-1000	LOCcom: 1640237	
Estimated number of bugs B	3943	17	0-2	0	0	n/a	';': 1758672	
Maintainability index MI	1389	6	65-	3642	3	65-		
Total	26056	19		114541	19			

**Tabela 6 C – vse izvirne datoteke brez jedra**

## Celoten projekt, Java koda

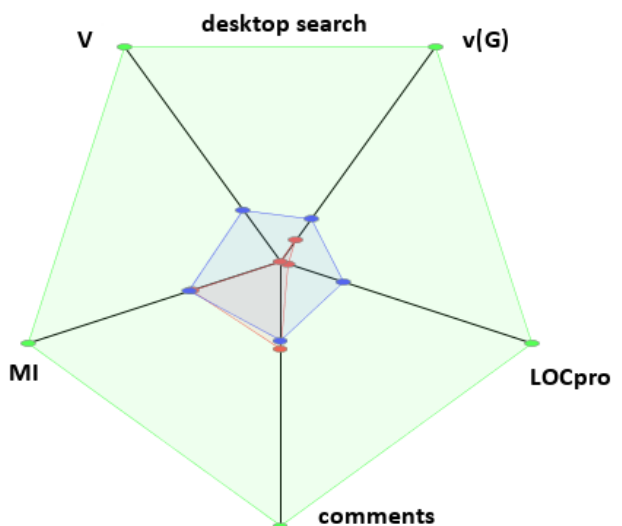
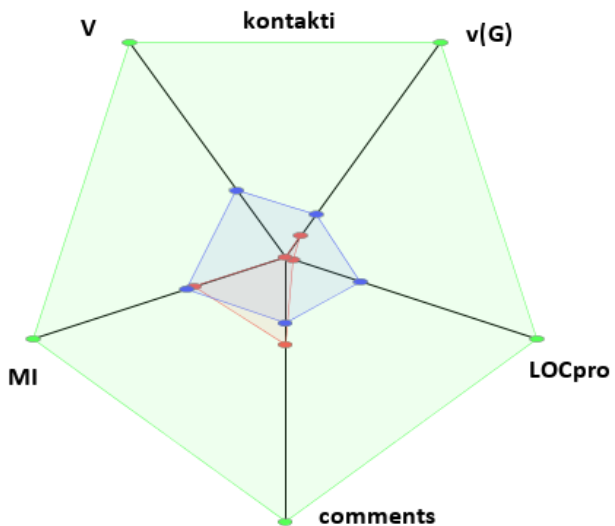
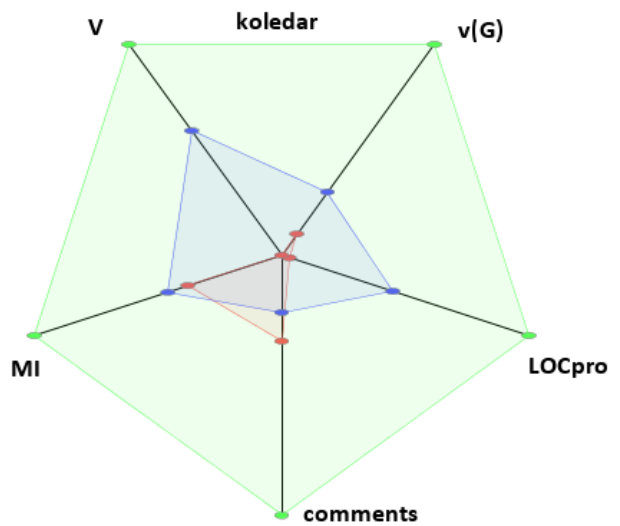
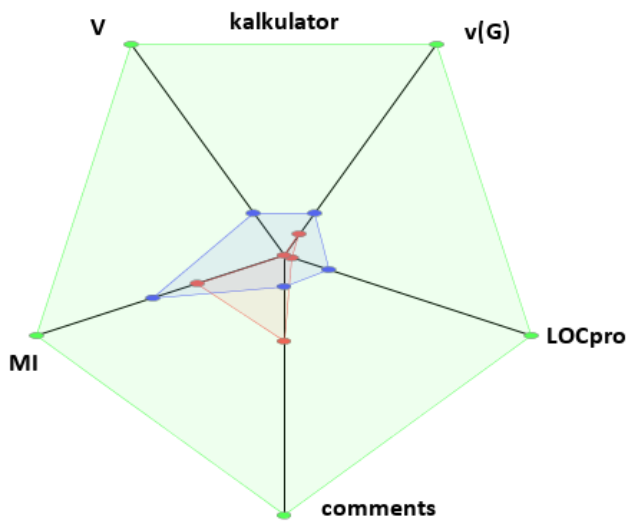
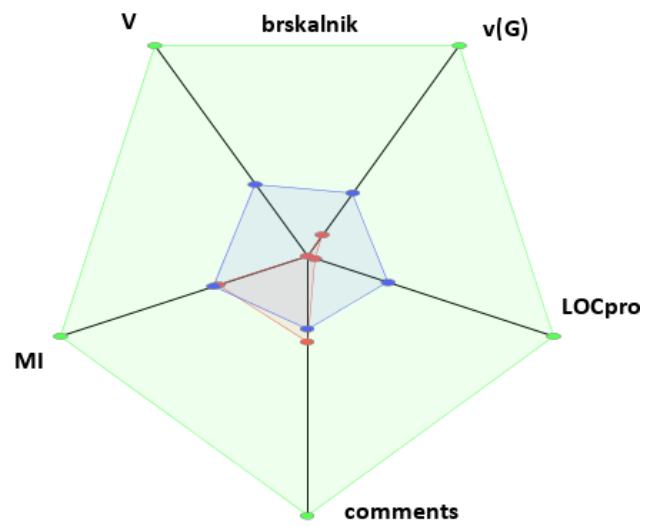
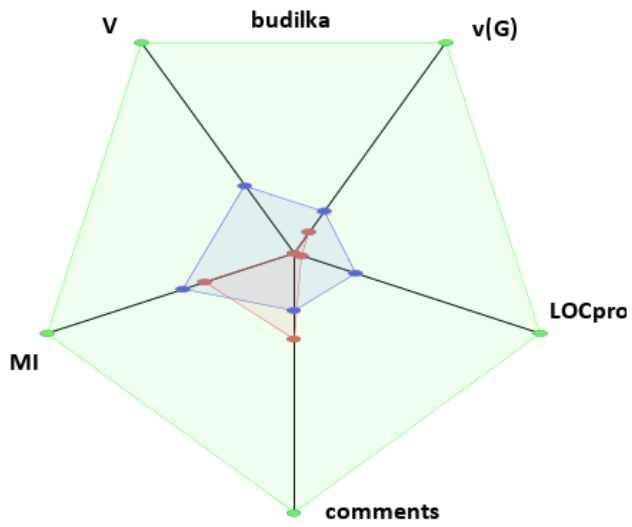


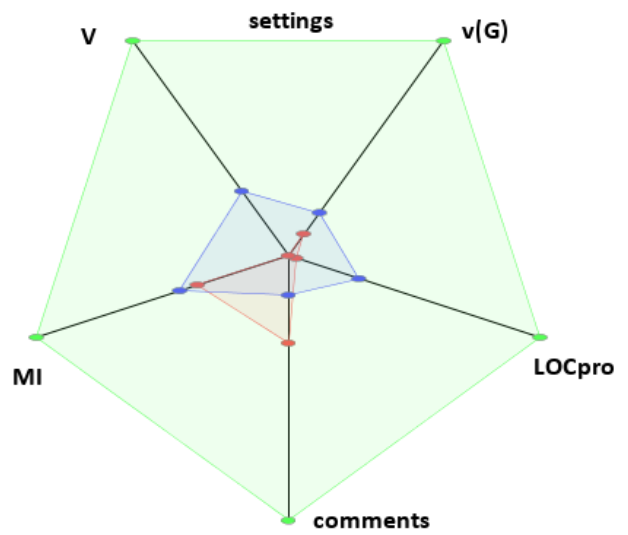
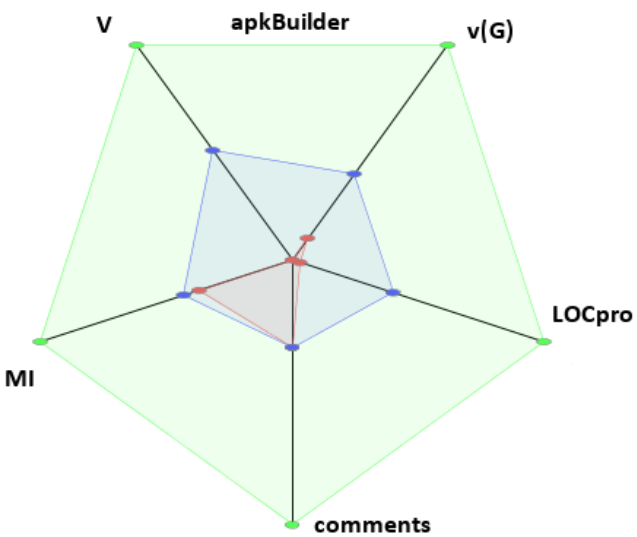
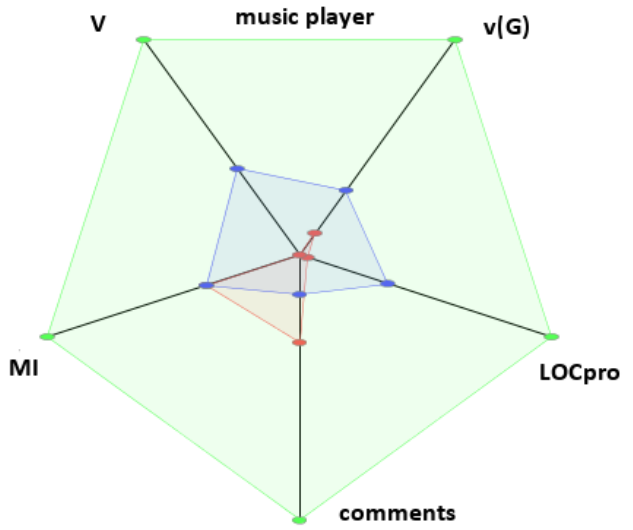
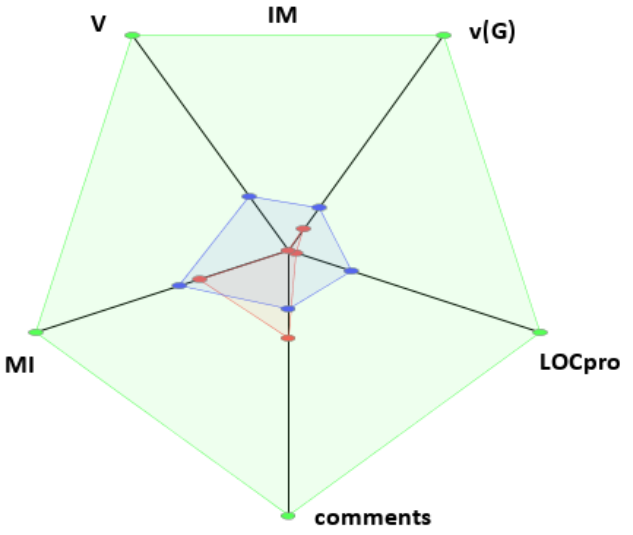
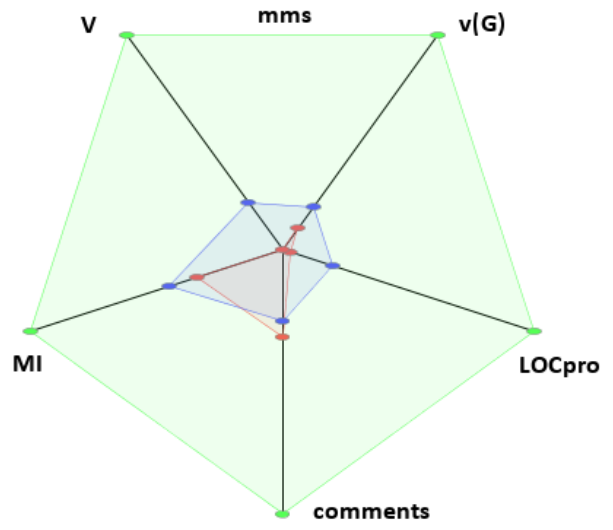
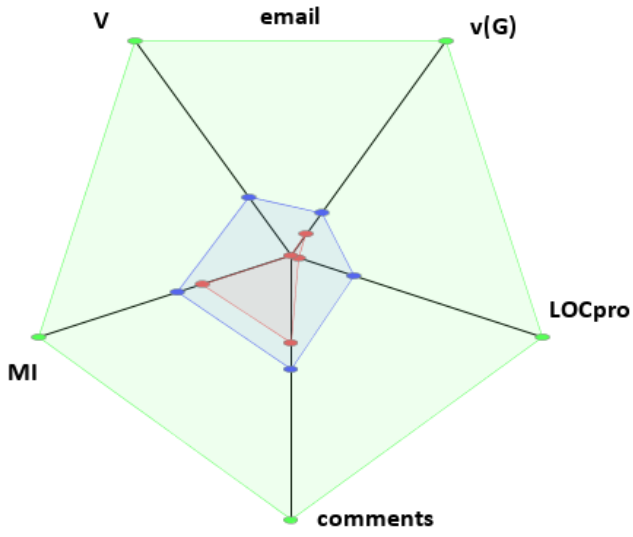
Slika 7 Java – vse izvirne datoteke

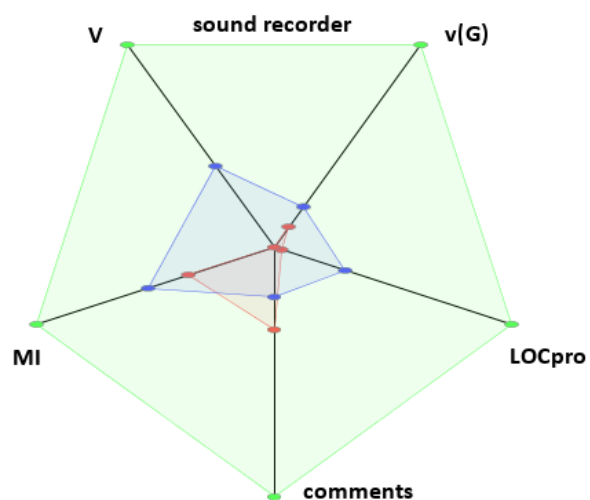
16539 Files		158667 Functions						
Limits	Limits		Limits					
Measure	Measured	Alarmed	%	1st level class	2nd level class	method	LOC	
v(G)	181542	4200	2	1-100	1-100	1-10	3495508	LOCphy
LOCpro	181542	8507	4	4-400	4-400	1-40	2088695	LOCpro
Comment %	181542	44774	24	20-60	20-60	20-60	1014561	LOCcom
V	181542	17923	9	100-8000	100-8000	4-1000	419004	LOCbl
B	181542	2515	3	0-2	0-2	n/a	1036827	' ; '
MI	181542	4668	2	80-	80-	80-		
Total	1089252	82587	7					

Tabela 7 Java – vse izvirne datoteke

## Najpogosteje uporabljane aplikacije







Izvečki poročil:

Measure	Measured	Alarmed	19 Files		156 Functions		Limits method	LOC
			%	Limits	Limits	Limits		
				1st level class	2nd level class			
v(G)	182	1	0	1-100	1-100	1-10		3413 LOCphy
LOCpro	182	3	1	4-400	4-400	1-40		2191 LOCpro
Comment %	182	63	34	20-60	20-60	20-60		735 LOCcom
V	182	16	8	100-8000	100-8000	4-1000		488 LOCbl
B	182	3	2	0-2	0-2	n/a		1234 ';' ;'
MI	182	1	0	80-	80-	80-		
<b>Total</b>	<b>1092</b>	<b>87</b>	<b>7</b>					

Tabela 8 Budilka

Measure	14 Files			112 Functions		Limits method	LOC
	Measured	Alarmed	%	Limits 1st level class	Limits 2nd level class		
v(G)	127	2	1	1-100	1-100	1-10	1676 LOCphy
LOCpro	127	0	0	4-400	4-400	1-40	1119 LOCpro
Comment %	127	41	32	20-60	20-60	20-60	300 LOCcom
V	127	1	0	100-8000	100-8000	4-1000	262 LOCb1
B	127	0	0	0-2	0-2	n/a	632 ';' '
MI	127	0	0	80-	80-	80-	
<b>Total</b>	<b>762</b>	<b>44</b>	<b>5</b>				

**Tabela 9 Kalkulator**

Measure	42 Files			487 Functions		Limits method	LOC
	Measured	Alarmed	%	Limits 1st level class	Limits 2nd level class		
v(G)	566	39	6	1-100	1-100	1-10	15425 LOCphy
LOCpro	566	52	9	4-400	4-400	1-40	11144 LOCpro
Comment %	566	238	42	20-60	20-60	20-60	2583 LOCcom
V	566	107	18	100-8000	100-8000	4-1000	1954 LOCb1
B	566	11	3	0-2	0-2	n/a	6796 ';' '
MI	566	39	6	80-	80-	80-	
<b>Total</b>	<b>3396</b>	<b>486</b>	<b>14</b>				

**Tabela 10 Koledar**



Measure	Measured	Alarmed	%	60 Files		1109 Functions		LOC
				Limits	Limits	Limits	Limits	
				1st level class	2nd level class	method		
v(G)	1260	49	3	1-100	1-100	1-10	23662	LOCphy
LOCpro	1260	67	5	4-400	4-400	1-40	16275	LOCpro
Comment %	1260	419	33	20-60	20-60	20-60	4331	LOCcom
V	1260	157	12	100-8000	100-8000	4-1000	3146	LOCbl
B	1260	26	3	0-2	0-2	n/a	8906	' ; '
MI	1260	41	3	80-	80-	80-		
<b>Total</b>	<b>7560</b>	<b>759</b>	<b>10</b>					

**Tabela 11 Kontakti**

Measure	Measured	Alarmed	%	4 Files		29 Functions		LOC
				Limits	Limits	Limits	Limits	
				1st level class	2nd level class	method		
v(G)	34	2	5	1-100	1-100	1-10	614	LOCphy
LOCpro	34	2	5	4-400	4-400	1-40	389	LOCpro
Comment %	34	9	26	20-60	20-60	20-60	155	LOCcom
V	34	2	5	100-8000	100-8000	4-1000	72	LOCbl
B	34	0	0	0-2	0-2	n/a	197	' ; '
MI	34	0	0	80-	80-	80-		
<b>Total</b>	<b>204</b>	<b>15</b>	<b>7</b>					

**Tabela 12 Iskalnik za namizje**

Measure	Measured	Alarmed	%	331 Files		3992 Functions		LOC
				Limits	Limits	Limits	Limits	
				1st level class	2nd level class	method		
v(G)	4485	166	3	1-100	1-100	1-10	88961	LOCphy
LOCpro	4485	226	5	4-400	4-400	1-40	52279	LOCpro
Comment %	4485	936	20	20-60	20-60	20-60	28010	LOCcom
V	4485	425	9	100-8000	100-8000	4-1000	8952	LOCbl
B	4485	76	2	0-2	0-2	n/a	27562	' ; '
MI	4485	112	2	80-	80-	80-		
<b>Total</b>	<b>26910</b>	<b>1941</b>	<b>7</b>					

**Tabela 13 E-mail**

Measure	Measured	Alarmed	%	191 Files		2145 Functions		LOC
				Limits	Limits	Limits	Limits	
				1st level class	2nd level class	method		
v(G)	2384	45	1	1-100	1-100	1-10	35770	LOCphy
LOCpro	2384	83	3	4-400	4-400	1-40	23082	LOCpro
Comment %	2384	589	24	20-60	20-60	20-60	7820	LOCcom
V	2384	166	6	100-8000	100-8000	4-1000	5042	LOCbl
B	2384	28	2	0-2	0-2	n/a	11654	' ; '
MI	2384	45	1	80-	80-	80-		
<b>Total</b>	<b>14304</b>	<b>956</b>	<b>6</b>					

**Tabela 14 MMS**

Measure	Measured	Alarmed	%	153 Files		1813 Functions		LOC
				Limits	Limits	Limits	Limits	
				1st level class	2nd level class	method		
v(G)	2083	34	1	1-100	1-100	1-10	35426	LOCphy
LOCpro	2083	80	3	4-400	4-400	1-40	23225	LOCpro
Comment %	2083	670	32	20-60	20-60	20-60	7337	LOCcom
V	2083	159	7	100-8000	100-8000	4-1000	4984	LOCbl
B	2083	28	3	0-2	0-2	n/a	12302	','
MI	2083	72	3	80-	80-	80-		
Total	12498	1043	8					

Tabela 15 IM

Measure	Measured	Alarmed	%	34 Files		514 Functions		LOC
				Limits	Limits	Limits	Limits	
				1st level class	2nd level class	method		
v(G)	579	33	5	1-100	1-100	1-10	12628	LOCphy
LOCpro	579	52	8	4-400	4-400	1-40	9794	LOCpro
Comment %	579	253	43	20-60	20-60	20-60	1600	LOCcom
V	579	93	16	100-8000	100-8000	4-1000	1275	LOCbl
B	579	13	2	0-2	0-2	n/a	5425	','
MI	579	33	5	80-	80-	80-		
Total	3474	477	13					

Tabela 16 Predvajalnik glasbe

Measure	Measured	Alarmed	%	2 Files		20 Functions		Limits	LOC
				1st level class	2nd level class	1st level class	2nd level class		
v(G)	25	3	12	1-100	1-100	1-10	579	LOCphy	
LOCpro	25	2	8	4-400	4-400	1-40	379	LOCpro	
Comment %	25	4	16	20-60	20-60	20-60	135	LOCcom	
V	25	4	16	100-8000	100-8000	4-1000	73	LOCbl	
B	25	1	4	0-2	0-2	n/a	164	' ; '	
MI	25	1	4	80-	80-	80-			
Total	150	15	10						

Tabela 17 APK builder

Measure	Measured	Alarmed	%	111 Files		1483 Functions		Limits	LOC
				1st level class	2nd level class	1st level class	2nd level class		
v(G)	1664	56	3	1-100	1-100	1-10	31595	LOCphy	
LOCpro	1664	75	4	4-400	4-400	1-40	22705	LOCpro	
Comment %	1664	664	39	20-60	20-60	20-60	4550	LOCcom	
V	1664	162	9	100-8000	100-8000	4-1000	4409	LOCbl	
B	1664	33	2	0-2	0-2	n/a	12476	' ; '	
MI	1664	63	3	80-	80-	80-			
Total	9984	1053	10						

Tabela 18 Nastavitve

Measure	Measured	Alarmed	3 Files		57 Functions		Limits method	LOC
			%	1st level class	2nd level class	Limits		
v(G)	62	1	1	1-100	1-100	1-10	1178	LOCphy
LOCpro	62	5	8	4-400	4-400	1-40	860	LOCpro
Comment %	62	21	33	20-60	20-60	20-60	137	LOCcom
V	62	8	12	100-8000	100-8000	4-1000	191	LOCbl
B	62	1	3	0-2	0-2	n/a	557	' ; '
MI	62	3	4	80-	80-	80-		
Total	372	39	10					

**Tabela 19 Snemalnik zvoka**

### 3.3.Komentar rezultatov

Rezultate smo predstavili v obliki tabelarnega izpisa (izvlečkov), katerega nam ponudi programska oprema, ter grafičnim prikazom glavnih šestih mer v obliki mrežnega diagrama. V izvlečkih za analizo C programske kode najdemo za vsako od šestih mer navedene mejne vrednosti, znotraj katerih program ne proži alarmov, ter podatek v koliko datotekah je določena mera prožila alarm (tako v številu, kot tudi odstotkih). Program ocenjuje posamezne datoteke in tudi vsako izmed funkcij. V našem primeru smo se zaradi enostavnosti omejili samo na datoteke oziroma v primeru Jave na razrede. V izvlečku je tudi podatek o številu vseh vrstic v datoteki, številu vrstic s programsko kodo, praznih vrstic, vrstic s komentarji ter število podpičij. Izvlečki za Java izvorno kodo imajo nekoliko drugačno obliko, saj nam namesto analize po datotekah, program izvaja analizo po razredih, kateri pa niso nujno vsak v svoji datoteki. Prav tako program ne prikaže števila alarmov na posamezne funkcije, ampak na podlagi rezultatov v funkcijah izdelava oceno za razred (funkcije v Javi so vedno vsebovane v nekem razredu).

Mrežni diagram nam omogoča hitro oceno ali so mere našega projekta znotraj priporočenih meja ali ne. Za vsako mero je na podlagi odstotka alarmov po datotekah, označena spodnja in zgornja priporočljiva meja, ter vrednost za naš projekt. Mrežnega diagrama za C kodo celotnega Android projekta program na žalost tudi po večkratnem poskušanju ni uspel izrisati, najbrž zaradi prevelike obširnosti projekta oziroma napake v samem programu.

Izvleček 1 prikazuje rezultate za jedro Android operacijskega sistema. Iz mrežnega diagrama je mogoče razbrati, da so vse mere znotraj začrtanih mej, razen deleža komentarjev. Če natančneje pogledamo rezultate vidimo, da kar 65% odstotkov vseh datotek ne zadosti pogoju, da vsebujejo med 30% in 75% komentarjev. Povsem enaka je zgodba pri neokrnjenem linux jedru (Izvleček 2), kljub temu da je Android jedro sestavljeno iz "samo" 19.800 datotek z izvorno kodo, linux jedro pa 21.600. Razliko zasledimo še pri predvidenem številu napak v programu (B), kjer so razvijalci uspeli zmanjšati število alarmov iz 33% datotek na 32% in indeksu zahtevnosti vzdrževanja, katerega so zmanjšali iz 5% na 4% alarmov. Direktna interpretacija rezultatov mere B nam da vedeti, da v kar 32% odstotkih vseh datotek obstajata več kot dve napaki v programu, kar je dokaj zaskrbljujoč podatek. Volumen programa (V) je pri Android jedru presegel priporočene meje v 41% datotek, pri navadnem linux jedru pa 42%. Zmanjšanje volumna projekta je mogoče bodisi z odstranitvijo določenih datotek, bodisi s krčenjem programske kode v datotekah ali reorganizacijo le-te v podfunkcije v drugih datotekah. Glede na podatek, da se ima Android jedro manjše število datotek in manjši volumen, so očitno bili kompleksnejši deli optimizirani oziroma napisani na novo. Poleg tega se je rahlo zmanjšalo še ciklomatično število, iz 10% na 9%, kar pomeni zmanjšanje vejitev v programu, vključno s klici podfunkcij.

Iz podobnosti rezultatov obeh projektov je očitno, da spremembe, katere so izvedli razvijalci Androida v primerjavi s celotno izvorno kodo, še vedno predstavljajo zelo majhen delež, saj se oceni obeh projektov bistveno ne razlikujeta. Glede na ogromno velikost samega jedra, je to dokaj razumljivo.

Preostali del projekta, spisan v C programski kodi (Izvleček 3), obsega še dodatnih 22.400 datotek ali okrog 4 milijone vrstic čiste programske kode. Rezultati tega dela projekta se v celoti skladajo s predpisanimi mejnimi vrednostmi ter so v splošnem precej boljši kot pri samem jedru. Vse mere so

občutno bližje idealnim, največja je razlika prav pri deležu komentarjev, kar 43% alarmiranih datotek v primerjavi s 65%. Gledano kot celota, je pri jedru kar 29% datotek sprožilo nek alarm, pri preostalem delu pa le 19%.

Pri izvorni kodi napisani v Javi (Izvleček 4) pa je razlika še bolj očitna. Sicer ta delež obsega "le" 16.539 datotek oziroma okrog 2,1 milijona čiste programske kode, je alarm katerekoli vrste sprožilo le 7% odstotkov datotek. Ciklomatično kompleksnost je preseglo le za 2% vseh datotek, število vrstic programske kode le 4%, delež komentarjev 24%, volumen programa 9%, predvideno število napak v programu le 3% in indeks zahtevnosti vzdrževanja le 2%.

Iz teh podatkov lahko upravičeno sklepamo, da je po teoretičnih merilih izvorna koda poklicnih razvijalcev Androida neprimerno kvalitetnejša od tiste proizvedene s strani odprto-kodne skupnosti, ki skrbi za razvoj linux jedra. Upamo si trditi, da glede na to kako dobre so teoretične ocene za Googlov delež projekta, Google interno uporablja neke vrste sistem za nadzorovanje kvalitete izvorne kode. Prav tako je treba opozoriti na očitno razliko med C in Java izvorno kodo, kjer bi težko izpostavili specifični faktor, ki največ doprinese k temu. Predvidevamo, da največja zasluga pripada objektni orientiranosti Jave, v primerjavi z dokaj zastarelim C-jevskim izključno proceduralnim modelom. Seveda je treba tudi poudariti, da je praktično vsa Java izvorna koda na aplikacijskem nivoju, ki je zagotovo dosti manj kompleksen kot so sistemski deli projekta, kateri so izključno napisani v C-ju.

Za konec smo še testirali nabor uporabniških aplikacij, katere so preizkusili kolegi lansko leto. Samih števil ne bi predstavljali, saj izvlečki sami ponujajo dovolj informacij. Opazimo, da pri nekaterih aplikacijah delež komentarjev ni v predpisanih mejah, drugače pa ni omembe vrednih razlik. Pri vseh v primerjavi s prejšnjimi različicami zasledimo rahlo povečan obseg datotek in vrstic programske kode, kar nakazuje na postopno dodajanje funkcionalnosti pri teh aplikacijah, skozi razvoj operacijskega sistema.

### 3.4. Zaključek

Programska oprema je danes del vsake elektronske naprave. Prva prednost je, da veliko pripomore k poenostavitvi samih elektronskih komponent, hkrati pa tudi njihovi pocenitvi. Ob napakah bi bilo namreč mnogo težje zamenjati celotno vezje, kot pa samo spremeniti programsko opremo in jo naložiti na programabilno komponento. Na pocenitev komponent pa vpliva predvsem enostavnost elektronike, saj bi trdo-ožičena logika bila preobširna in prekompleksna.

Programska oprema za „pametne“ mobilne telefone, poleg računalniške, tudi spada med bolj kompleksne. Ena izmed njih je tudi Android, kateri je naložen na aparatu, ki smo ga testirali kot del te seminarske naloge. Če je do sedaj veljalo pravilo, da je vsak proizvajalec mobilnih telefonov sam poskrbel tudi za razvoj programske opreme zanj, je Android prvi korak v drugo smer (poleg Windows mobile). Prvič so na trgu prisotni aparati različnih proizvajalcev z istim operacijskim sistemom, če izvzamemo minimalne kozmetične razlike. Če bo šel trend vnaprej v tej smeri, bo tržišče mobilnih naprav v prihodnosti prav tako razdeljeno med proizvajalce strojne opreme in programske opreme, kot pri trgu osebnih računalnikov danes.

Ob pogledu na število okrog 10 milijonov vrstic izvorne kode, se lahko bralec malo zamisli. Vsakdo bi pomislil, da je v tej kodi ne samo veliko, ampak mnogo napak. Vendar to število velja samo za del programske opreme, ki je napisan v jeziku C. Poleg tega je še 2 milijona vrstic programske kode napisane v jeziku Java, ki predstavlja vse končne aplikacije, ki jih uporablja uporabnik.

Kot kažejo rezultati, ni vse tako kritično, kot zgloda. Edino, kar je odstopalo od predvidenih mer, je bil delež komentarjev. Ostali rezultati so bili vsi znotraj dovoljenih meja, tako za jezik C, kot Javo. Vedeti pa moramo, da so to le predpostavke, ki temeljijo na teoretičnih modelih za ocenjevanje zanesljivosti programske opreme, v tem primeru McCabe-ov in Halstead-ov model, oziroma metriko. Edini način za zanesljiv preizkus programske opreme je poganjanje programa po vseh njegovih možnih vejitvah in z vsemi mogočimi parametri (dinamična analiza programske opreme), kar pa je v primeru operacijskega sistema praktično nemogoče.



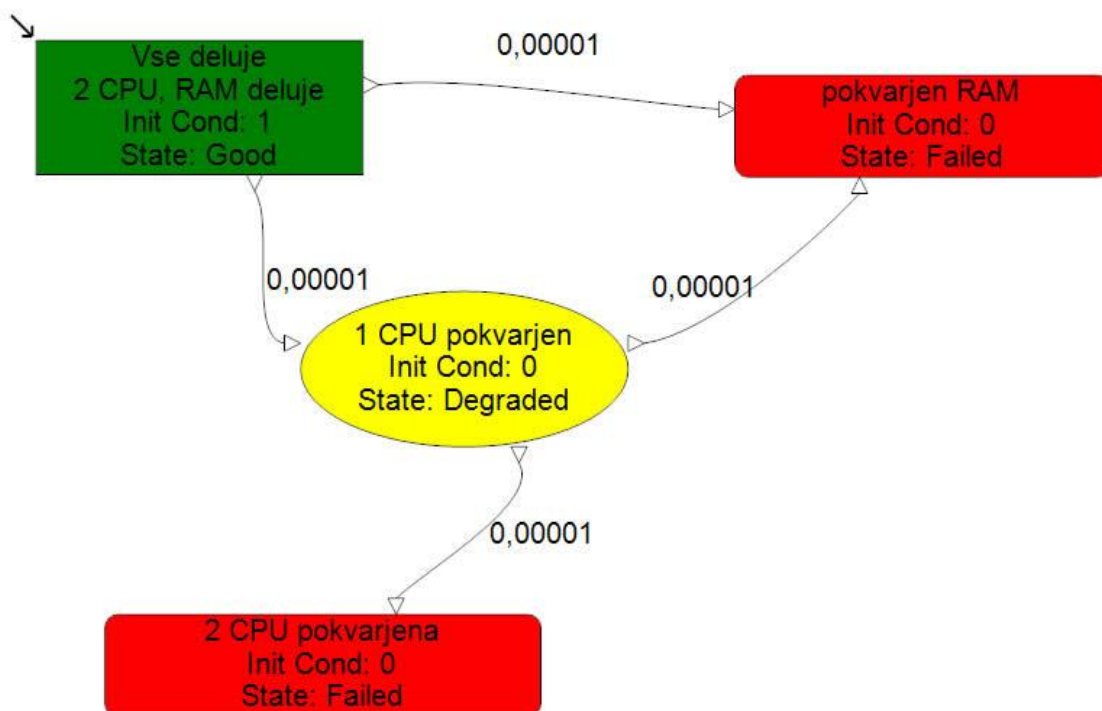
## 4. Markovska analiza (Bine Gorjanc, Matija Mazalin)

### 4.1. Definicija Markovske analize

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. 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)).

#### Primer Markovske analize

Spodnji primer prikazuje primer Markovske analize računalniškega sistema z dvema procesorjema, ki delujeta istočasno. Ko en procesor odpove, sistem še deluje, a z zmanjšano zmogljivostjo. Če odpovesta oba ali odpove pomnilnik je odpovedal tudi celoten sistem. Komponente se lahko tudi popravijo/zamenjajo.



Slika 8 Markovska analiza sistema z dvema procesorjema in enim pomnilnikom

## 4.2. Markovska analiza HTC Desire

V naši analizi HTC desire bi želeli najprej definirati pametni telefon kot tak. Torej, lahko ga definiramo kot »mini računalnik« ki je sposoben tudi komunicirati po različnih povezavah (gsm, umts, wi-fi, BT,..) ali pa primarno kot telefon, ki je hkrati sposoben še ostalih »naprednih« funkcij. Dodali bi še funkcionalnost napajanja.

V prvem primeru bi razdelili model na Von Neumannov računalnik, torej na CPU-RAM-V/I kjer bi procesor in RAM ostala kot nedeljena dela, V/I bi pa razdelili na nepogrešljive (ekran, mikrofonski, slušalke, touch sensor,....) in pogrešljive (BT, Wi-fi, Antena, GPS....)

V drugem primeru bi se pa osredotočili na primaren način komuniciranja, to je GSM in UMTS, pogrešljive stvari bi pa določili po nekoliko drugačnih kriterijih.

Odločili smo se za obravnavo sestavnih delov z vidika telefona in tako kot nepogrešljive vhodno/izhodne komponente določili mikrofonski, slušalko, anteno, ekran in tipkovnico, poleg tega pa še CPU, RAM in napajanje.

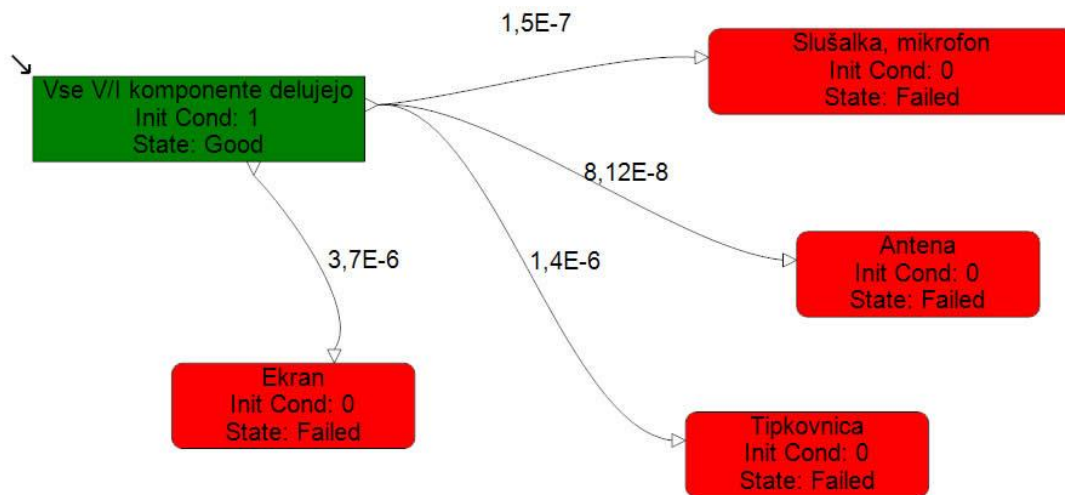
Zaradi omejitev evaluacijske verzije programskega paketa Relex, podjetja PTC, smo bili prisiljeni naše markovske modele modularno razdeliti. Krivo je predvsem omejeno število stanj, ki se ustavi pri številki 6. Tako smo razdelili, kot je že zgoraj omenjeno na:

- Pogrešljivi del (razni protokoli komunikacije kot so wi fi, BT,...)
- Nepogrešljivi del (mikrofonski, slušalke, tipkovnica, ekran)
- Napajanje
- Celoten sistem

V celoten sistem smo vključili preostale tri module skupaj s CPE in pomnilnikom ter se omejili na stanja »good«, »failed« in »degraded«.

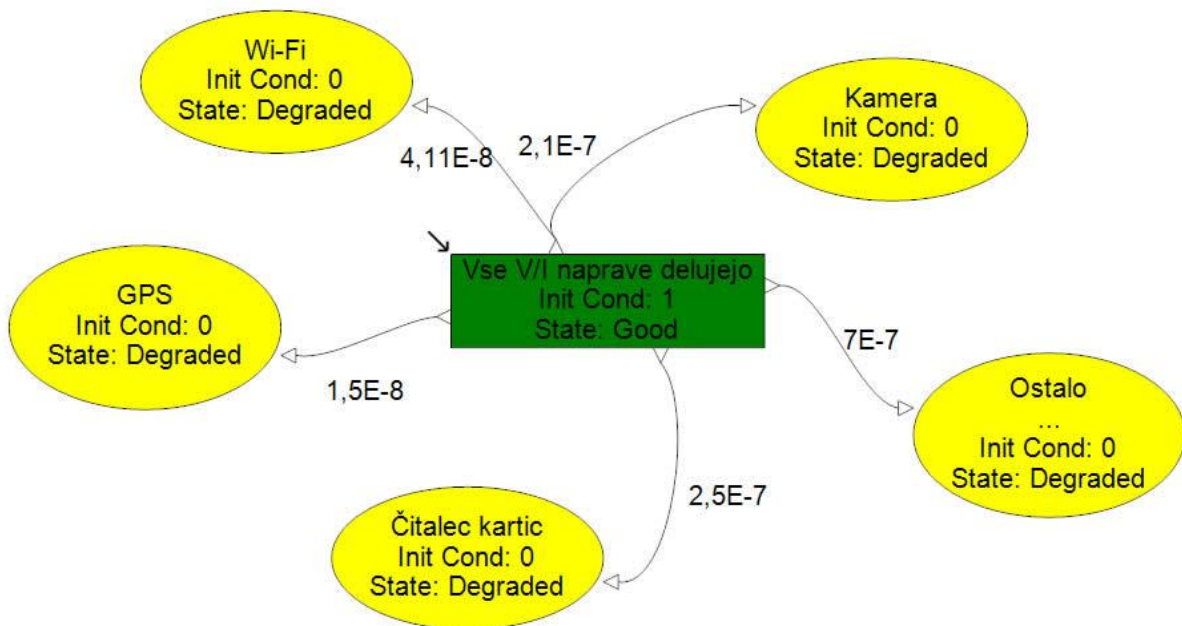
Razlaga stanj:

- Good stanje – sistem je v popolnoma delujočem stanju
- Degraded – v sistemu je ena ali več nekritičnih komponent odpovedala. Sistem deluje z zmanjšano uporabnostjo ali zmogljivostjo, a je še uporaben.
- Failed – v sistemu je odpovedala kritična komponenta. Sistem tako ni več uporaben za delo.



Slika 9 Diagram nepogrešljivih V/I komponent

Za pogrešljive dele smo vzeli kamero, WiFi, Bluetooth, GPS, čitalec kartic in pa ostalo (razne senzorje,..).



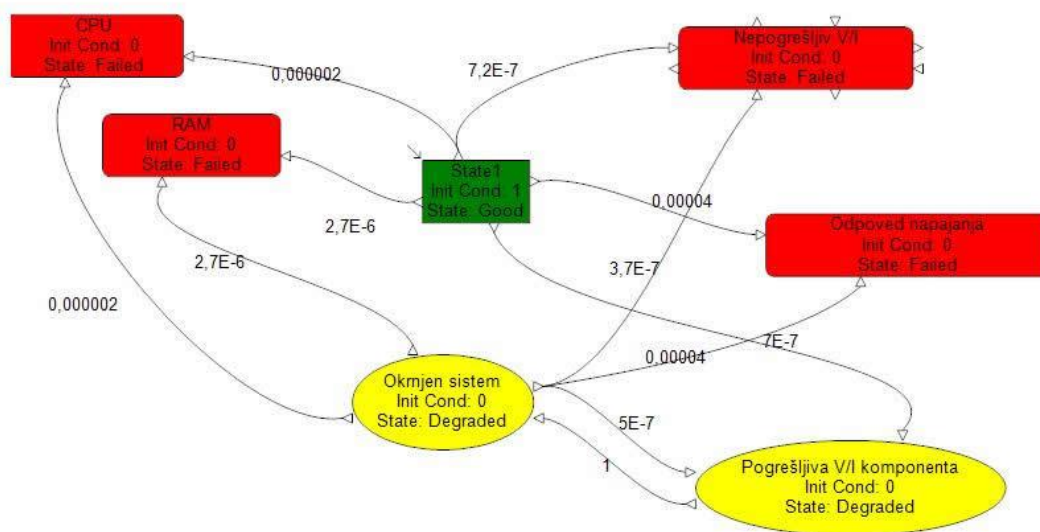
Slika 10 Diagram pogrešljivih V/I komponent

Time	Availability	Reliability
0	1	1
5000	0,993938	0,993938
10000	0,987913	0,987913
15000	0,981924	0,981924
20000	0,975971	0,975971
25000	0,970055	0,970055
30000	0,964174	0,964174
35000	0,95833	0,95833
40000	0,95252	0,95252
45000	0,946746	0,946746
50000	0,941007	0,941007

Tabela 20 Zanesljivosti/dostopnosti pogrešljivih V/I komponent po 50.000 urah (cca 6 let)

Končna zanesljivost je seveda zelo visoka, saj diagram zaradi pogrešljivosti komponent ne vsebuje »failed« stanja, vendar se pri končni zanesljivosti kar poznajo »degradable«.

Na podlagi razdelitve komponent smo tudi narisali Markovski diagram celotnega sistema. Tu smo upoštevali najvišje vrednosti verjetnosti odpovedi vsakega sistema posebej.



Slika 11 Markovski diagram celotnega sistema

Odpovedi nekritičnih komponent smo si v tem diagramu zamislili tako, da ob vsaki odpovedi pogrešljive komponente sistem pride v stanje »Okrnjen sistem«. V tem stanju so potem še vedno mogoče odpovedi tako pogrešljivih kot nepogrešljivih komponent. Če odpove katera od kritičnih komponent (CPU, RAM, napajanje ali ena od nepogrešljivih komponent) je to seveda takoj »Failed« stanje, vendar so te možnosti zelo okrnjene.

Verjetnosti smo dobili z oceno koliko časa bo telefon deloval in s poznavanjem približne zanesljivosti posamezne komponente. Po pregledu raznih forumov po internetu in iz lastnih izkušenj sva ugotovila, da je povprečna doba delovanja mobilnega telefona nekje slaba 3 leta, kar se sklada tudi z najinimi osebnimi izkušnjami, zato sva to obdobje postavila kot mejnik, do kjer naj bi telefon skoraj zagotovo še deloval.

Razne notranje komponente, kot so procesor in pomnilnik odpovedo zelo redko, zato smo jim tudi dali manjšo možnosti odpovedi. Življenjsko dobo čipov je na splošno precej težko oceniti, saj moramo za to dobro poznati zasnovo in uporabljene materiale, kar je pri komercialnih produktih zelo težko, vendar je pri x86 intelovih procesorjih, ki so precej sorodni Armovim, uporabljenih v tem telefonu, življenjska doba tja do 30 in več let(po mnogih izračunih na raznoraznih internetnih straneh). Tako je tudi možnost odpovedi takega procesorja zelo malo verjetna. Najpogosteje te komponente uničujejo vlaga, ki prodre skozi ohišje, in pa previsoka temperatura in neprimerna uporaba(pretirani tresljaji, metanje telefona na tla ipd op.a)

Po drugi strani pa so zunanje komponente, kot so recimo tipkovnica in ekran so precej bolj izpostavljeni zunanjim vplivom ter so redno v fizičnem kontaktu z uporabnikom, saj se prek njih upravlja s telefonom. Tu smo zato upoštevali večjo možnost odpovedi kot posledico fizične obrabe.

Najmanj vzdržljiva komponenta je zagotovo napajalni del (oz še posebej baterija), ki je največja težava tudi pri ostalih napravah z nekim zahtevanim časom avtonomnosti. HTC Desire uporablja litij-ionsko baterijo, ki ima omejene cikle polnjenja in praznjenja na nekje 1200. Tudi precejšnja energijska požrešnost aparata ne vpliva blagodejno na življenjsko dobo baterije, saj je potrebno ta telefon po naših podatkih polniti skoraj vsak dan, kar baterijo precej iztroši. Verjetno najbolj uničujoč dejavnik, ki hitro uniči vsako baterijo, pa je delovanje v območju s povišano temperaturo okolja. Mobilni telefon namreč povečini nosimo po žepih, kjer je temperatura precej visoka zaradi oddajanje toplote naših teles. Shranjevanje pri konstantnih 25°C tako zmanjša kapaciteto baterijo za 20% vsako leto. Shranjevanje pri konstantnih 0°C pa v nasprotju s tem za nekako 6% vsako leto. In dejansko lahko opazimo da so baterije najpočasnejše se razvijajoče področje pri mobilnih telefonih. Če smo pred desetletjem še imeli v žepu telefone ki so imeli avtonomije vsaj 7 ali več dni, je danes vsakodnevno polnjenje baterije rutina.

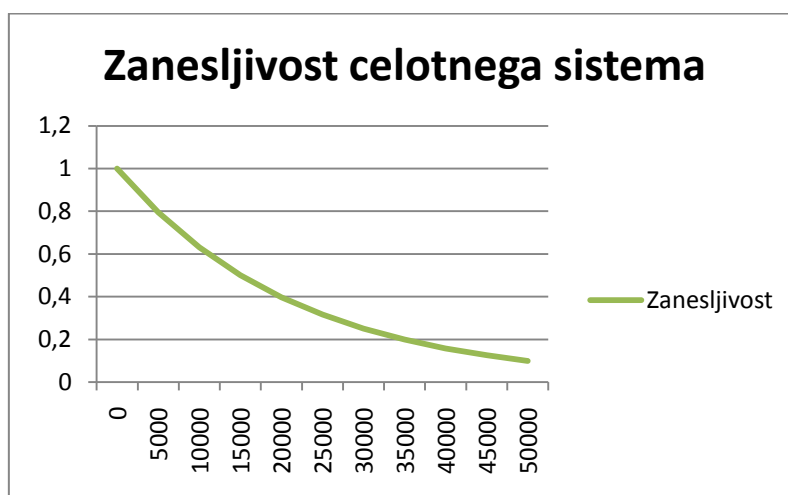
Visoka temperatura je na primer tudi glavni krivec za relativno kratko dobo baterij prenosnikov.

## Analiza celotnega sistema

Z analizo ugotovimo, da ima celoten sistem le približno 10% možnosti, da bi po 6 letih (približno 50000 urah) še deloval.

Čas (ure)	Razpoložljivost	Zanesljivost
0	1	1
5000	0,794056	0,794028
10000	0,630502	0,63048
15000	0,500636	0,500618
20000	0,397519	0,397505
25000	0,315641	0,31563
30000	0,250628	0,250619
35000	0,199005	0,198998
40000	0,158016	0,15801
45000	0,125469	0,125464
50000	0,099626	0,099622

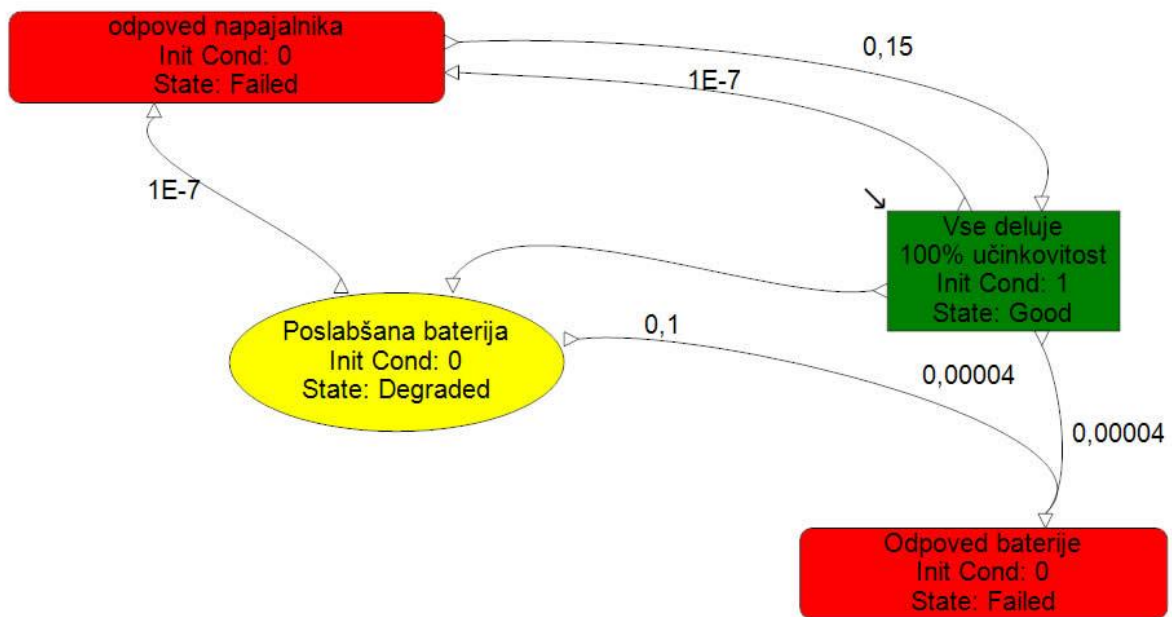
Tabela 21 Zanesljivost/dostopnosti za celoten sistem.



Slika 12 Graf zanesljivosti celotnega sistema

## Diagram in analiza napajanja

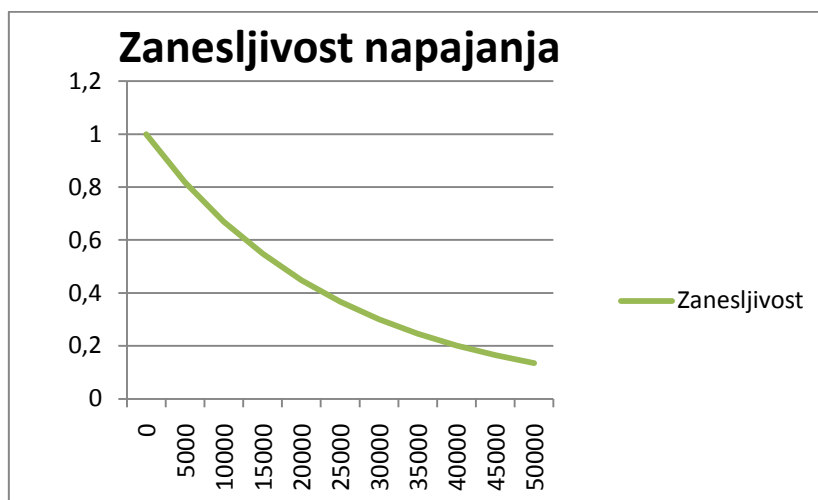
Pri napajanju smo uporabili model, ki predpostavlja da se napetostni vir počasi izrablja, seveda pa lahko pride tudi do nenadne odpovedi. Kot smo predpostavljali že prej je ravno baterija najšibkejši člen te naprave (tako kot pri večini ostalih mobilnih naprav). Če zadeve konkretiziramo, smo ugotovili da je le 13% možnosti, da bi baterija delovala po 6-tem letu. To se sklada z našo predhodno ugotovitvijo, da je baterija najšibkejši člen naprave.



Slika 13 Markovski diagram napajanja telefona

Čas (ure)	Razpoložljivost	Zanesljivost
5000	0,81873	0,818321
10000	0,67032	0,66965
15000	0,548811	0,547989
20000	0,449329	0,448431
25000	0,367879	0,366961
30000	0,301194	0,300292
35000	0,246597	0,245735
40000	0,201897	0,201091
45000	0,165299	0,164557
50000	0,135335	0,13466

Tabela 22 Zanesljivosti/dostopnosti sistema napajanja mobilnega telefona



Slika 14 Graf zanesljivosti napajanja

Pri analizi napajalnega dela smo upoštevali možnosti odpovedi baterije, polnilca in pa postopno slabšanje kapacitete baterije. To smo implementirali tako, da smo v stanju »Poslabšana baterija« določili padanje kapacitete glede na čas. Upoštevali smo tudi verjetnost, da bo uporabnik sistem popravil z zamenjavo delov (polnilec, baterija). Pri tem smo upoštevali tudi to, da bo polnilec uporabnik verjetno še zamenjal, dokler se mu bo to izplačalo, ko bo odpovedala baterija pa bo naprava verjetno že izven garancije in si bo uporabnik verjetno raje nabavil nov telefon.



Kot zanimivost sva izvedla še test sistema, iz katerega je bila izključena možnost odpovedi napajalnega sistema. Temu bi lahko rekli tudi »idealni« telefon, saj bi s takim telefonom rešili glavobol marsikaterega proizvajalca telefonov, prav tako pa tudi rešili veliko zagat pri uporabnikih tovrstnih naprav.

Time	Availability	Reliability
0	1	1
5000	0,969863	0,969863
10000	0,940635	0,940635
15000	0,912288	0,912288
20000	0,884794	0,884794
25000	0,85813	0,85813
30000	0,832269	0,832269
35000	0,807187	0,807187
40000	0,782861	0,782861
45000	0,759268	0,759268
50000	0,736387	0,736387

Tabela 23 Zanesljivost sistema, iz katerega je izključen napajalni del

Kot vidimo je zanesljivost takega sistema kar 73%, kar je v ostrem nasprotju s prej dobljenimi slabimi 10%.

### 4.3.Komentar rezultatov

Ker je podatke o zanesljivosti posamezne komponente praktično nemogoče dobiti, saj so naprave zaprtega komercialnega tipa, smo podatke pridobivali empirično, s pomočjo preteklih izkušenj posameznih telefonov ter z brskanjem po spletnih straneh z ocenami uporabnikov za dotično napravo. Rezultate je potrebno obravnavati z veliko mero kritičnosti, saj je to le ocena stanja in ne predvideva raznih serijskih napak v proizvodnji ter nekonvencionalnih vplivov okolja (v puščavi, na morju, v predelih s povečano relativno vlažnostjo, ipd). Tako je marsikateri prehod med stanji markovske analize tudi poračunan iz poskušanja, pri komponentah, pri katerih se je pa dalo ugotoviti vsaj približno življensko dobo(baterija-1200 ciklov, cpu-30 let, pomnilnik zgrajen s pomočjo complementary mos transistor-30 let), smo pa prehode izračunali.

Sodobne elektronske naprave imajo »srečo« da imajo minimalno, ali pa sploh nimajo gibljivih delov. Tako razen pri tipkovnici in zvočniku ne more priti do mehanskih obrab materialov, nastalih s raznoraznim trenjem ali čem podobnem. Edini velik problem, kot smo že zgoraj večkrat omenili je napajanje take zadeve.

Iz naše analize lahko sklepamo da telefon ni robustna naprava, namenjena za dolgoletno uporabo, saj so tudi študije pokazale da povprečen uporabnik zamenja telefon po dobrem letu dni. Zato

proizvajalci ne vlagajo veliko v kvaliteto proizvoda iz stališča zanesljivosti, bolj je pomembna kratkotrajna funkcionalnost.

Kar se je pokazalo kot zelo očitno, je ogromen razkorak med zanesljivostjo napajalnega sistema (oz. bolj konkretno baterije) in pa ostalih komponent. Zato ne čudi, da so raziskave, s katerimi poskušajo pridobiti boljše, lažje in bolj zanesljive naprave za shranjevanje ali pridobivanje električne energije zelo aktualne.

#### 4.4. Zaključek

Markovska analiza je zelo pomemben in uporaben model, ki nam olajša načrtovanje in pregled komponent ter se trudi s predpostavljanjem vseh možnih »nesreč« ki nas lahko doletijo. Seveda samostojna metoda analiziranja, brez uporabe ostalih orodij za pregledovanje zanesljivosti precej preskromna, da bi se lahko zanašali le na njo, poleg tega pa vsak model zelo hitro postane preobširen in prebalasten, da bi ga lahko učinkovito interpretirali brez napak. To se je izkazalo tudi na primeru pametnega telefona HTC Desire, ki se ga brez razdelovanja na module, ne bi dalo realizirati. Tukaj nam je okrnjeno orodje Relex dejansko šlo na roko, saj nam je omejitev na 6 stanj ustvarila idejo o modularnosti. Žal takih modularnih modelov na internetu nismo zasledili v velikem številu, saj je zelo zahtevno posamezen modul vključiti v celostni model, pa tudi prehajanja med moduli so zelo zahtevni (v veliko primerih celo nemogoči).

V primeru naše naprave, HTC desire, ki je na otip ter tudi glede izbiro komponent precej brezhibno narejen bi se vseeno še enkrat dotaknil najšibkejšega člena te mobilne naprave, tako kot je to tudi večine ostalih tovrstnih naprav, to je napajanje. Nekako bodo inženirji prihodnosti morali rešiti zagato napajanja ali z gorivnimi celicami, morda bo postala uporabna sončna energija skozi prizmo sončnih celic namontiranih na zadnji strani telefona (tako kot imajo te rešeno nekateri samsungovi telefoni), ena od idej je celo da bi telefoni delovali na tresenje, tako kot to že uporabljajo raznovrstne švicarske ure.

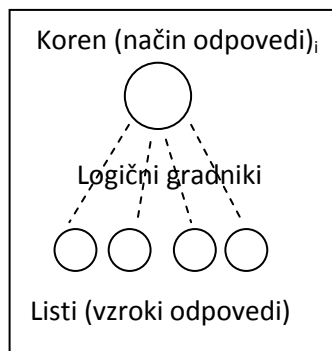
V tej markovski analizi smo nalašč izpustili človeški faktor (malomarnost in uporaba naprave izven predpisanih norm). Tukaj bi lahko omenili kot posebno stanje razpad ohišja oz kakšno podobno mehansko poškodbo vendar smo se tega vzdržali, saj so zato poklicane druge, bolj primerne metode.

## 5. FTA analiza (Gašper Bistovič, Borut Jevševar)

### 5.1.FTA analiza

FTA (Fault Tree Analysis) je metoda za analizo zanesljivosti in varnosti, ki z uporabo Boolove logike kombinira osnovne (nižje-nivojske) dogodke v višje-nivojske dogodke. Metoda identificira, modelira in oceni medsebojna razmerja dogodkov, ki privedejo do odpovedi ali neželenih dogodkov/stanj. Danes se uporablja pri vseh glavnih vejah inženiringa, predvsem pa na področju varnostnega inženiringa (safety engineering) za kvantitativno določanje verjetnosti določenega nezaželenega stanja ali nevarnosti.

#### Sestava drevesa pri FTA



#### Listi:

- Odpoved tehnične komponente (HW, SW, ...)
- Uporabniki in njihove napake
- Zunanji dogodki

#### Logični gradniki:

- Osnovni (AND, OR vrata)
- Pragovni element
- Sekvenčni AND
- XOR

#### Koraki izvedbe FTA:

1. Določi sistem opazovanja
2. Določi načine odpovedi
3. Za vsak  $i=1, \dots, n$ 
  - o Zgradi drevo
  - o Analiziraj
  - o Določi verjetnosti pojavitve tipa eventa
  - o Določi cut-sete
4. Spoji drevesa v večja drevesa (top event - odpovedi)

#### Cut-set

To je vsaka množica osnovnih dogodkov, ki ob odpovedi vseh vsebovanih dogodkov povzroči odpoved korenkega dogodka.

Minimalni cut-set je najmanjša množica osnovnih dogodkov, ki še povzroči odpoved korenkega. Teh je običajno več in dejansko predstavljajo vse možne načine kako lahko sistema odpove (vse možne kombinacije osnovnih dogodkov, ki povzročijo odpoved).

Slabosti te metodologije so v velikem številu dreves, problem subjektivnosti ter v statični odvisnost.

# HTC – desire

## HTC Desire Specifications

### Physical ---

**Size:** 119 X 60 X 11.9 mm  
(4.7 X 2.36 X 0.47 inches)

**Weight:** 135 grams (4.76 ounces) with battery

### Display ---

**Type:** AMOLED capacitive touch screen with pinch-to-zoom capability

**Size:** 3.7 inches

**Resolution:** 480 X 800 WVGA

### CPU Processing Speed ---

1 GHz

### Power & Battery<sup>1</sup> ---

**Battery type:** Rechargeable Lithium-ion battery

**Capacity:** 1400 mAh

**Talk time:**

- WCDMA: Up to 390 mins
- GSM: Up to 400 mins

**Standby time:**

- WCDMA: Up to 360 hours
- GSM: Up to 340 hours

### Camera ---

- 5 megapixel color camera
- Face detection capability
- Auto focus and flash
- Widescreen photo capture
- Geotagging

### Connectors ---

- 3.5 mm stereo audio jack
- Standard micro-USB  
(5-pin micro-USB 2.0)

### Sensors ---

- G-Sensor
- Digital compass
- Proximity sensor
- Ambient light sensor

### HTC Widgets ---

- Bookmarks, Calendar, Clock, Footprints, Friend Stream, Mail, Messages, Music, News, People, Photo Album, Photo Frame, Search, Settings, Stocks, Twitter, Weather
- Downloadable widgets

### Social Networking ---

- Facebook™ integration
- Friend Stream
- Photo sharing on Facebook, Flickr, and Twitter
- Video sharing on YouTube™
- HTC Peep for twittering

### Special Features ---

- Automatically lowers the ringer volume as soon as the phone is picked up
- Mutes the ringer when the phone is flipped face down
- Backs up certain data and settings to the microSD card automatically, such as SMS/MMS messages, bookmarks, Wi-Fi passwords, and more

### Platform ---

Android™ 2.1 (Éclair) with HTC Sense™

### Storage ---

**ROM:** 512 MB

**RAM:** 576 MB

**Expansion slot:**

- microSD™ memory card (SD 2.0 compatible)
- Supports up to 32 GB

### Network Bands<sup>2</sup> ---

**Europe:**

- HSPA/WCDMA: 900/2100 MHz
- GSM: 850/900/1800/1900 MHz

**Asia Pacific:**

- HSPA/WCDMA: 900/2100 MHz
- GSM: 850/900/1800/1900 MHz

### Internet<sup>3</sup> ---

- 3G:  
Up to 7.2 Mbps download speed  
Up to 2 Mbps upload speed
- GPRS: Up to 114 kbps downloading
- EDGE: Up to 560 kbps downloading
- Wi-Fi®: IEEE 802.11 b/g

### Tethering ---

- Internet sharing through USB

### Bluetooth ---

- Bluetooth® 2.1 with Enhanced Data Rate
- A2DP for wireless stereo headsets
- FTP and OPP (object push) for file transfer
- Other supported profiles: AVRCP, GAP, GOEP, HFP, HSP, PBAP, SPP, Service Discovery Application Profile

### Multimedia ---

- Photos application for viewing photos and videos
- Music
- FM Radio
- Audio supported formats:  
■ Playback: .aac, .amr, .ogg, .m4a, .mid, .mp3, .wav, .wma  
■ Recording: .amr
- Video supported formats:  
■ Playback: .3gp, .3g2, .mp4, .wmv  
■ Recording: .3gp

### Location ---

- Internal GPS antenna
- Google Maps
- HTC Footprints™

### Recommended Windows System

#### Requirements ---

- Windows® 7, Windows Vista®, or Windows XP
- HTC Sync

1 Battery times (talk time, standby time, and more) are subject to network and phone usage.

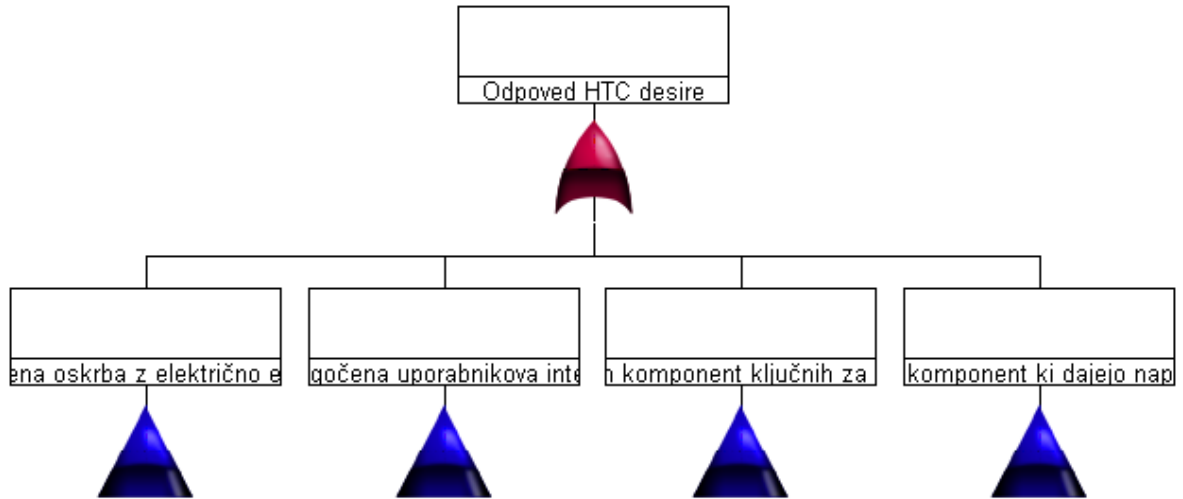
2 Network bands in regions other than Europe and Asia Pacific may be different, depending on the mobile operator and your location. Please check with your mobile operator.

3 Actual data speed is dependent on the network or Wi-Fi signal strength.

Note: Specifications are subject to change without prior notice.



## 5.2. Vzroki in načini odpovedi

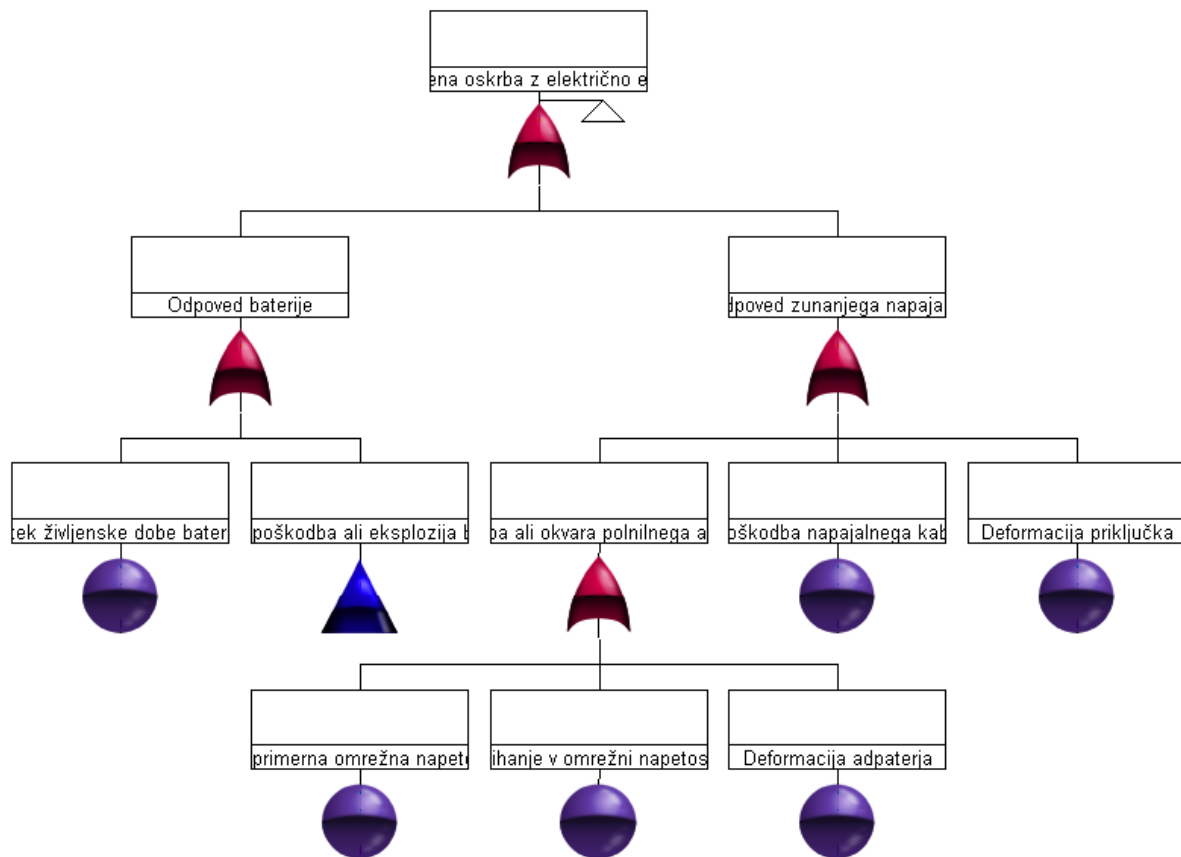


Slika 15 Drevo vzrokov in načinov odpovedi

Za korenski dogodek FTA diagrama izberemo odpoved mobilnega telefona HTC Desire. Do tega stanja lahko pridemo zaradi različnih vzrokov. Dogodke lahko razdelimo na štiri glavne veje drevesa, ki v sebi združujejo sorodne teme:

- Prekinjena oskrba z električno energijo
- Onemogočena uporabnikova interakcija
- Odpoved notranjih komponent ključnih za delovanje naprave
- Odpoved notranjih komponent ki dajejo napravi funkcionalnost.

## Prekinjena oskrba z električno energije



Slika 16 Prekinjena oskrba z električno energije

Htc Desire vsebuje Lithium-ion-ovo baterijo, katere avtonomija ob zelo intenzivni uporabi naprave je 6 ur (normalna uporaba 2 dni). Zato je telefon brez napajalnika skoraj neuporaben. Kritična dogodka sta tako odpoved baterije (takojšnja odpoved naprave) ali pa odpoved napajalnika (delovanje naprave do izpraznitve baterije).

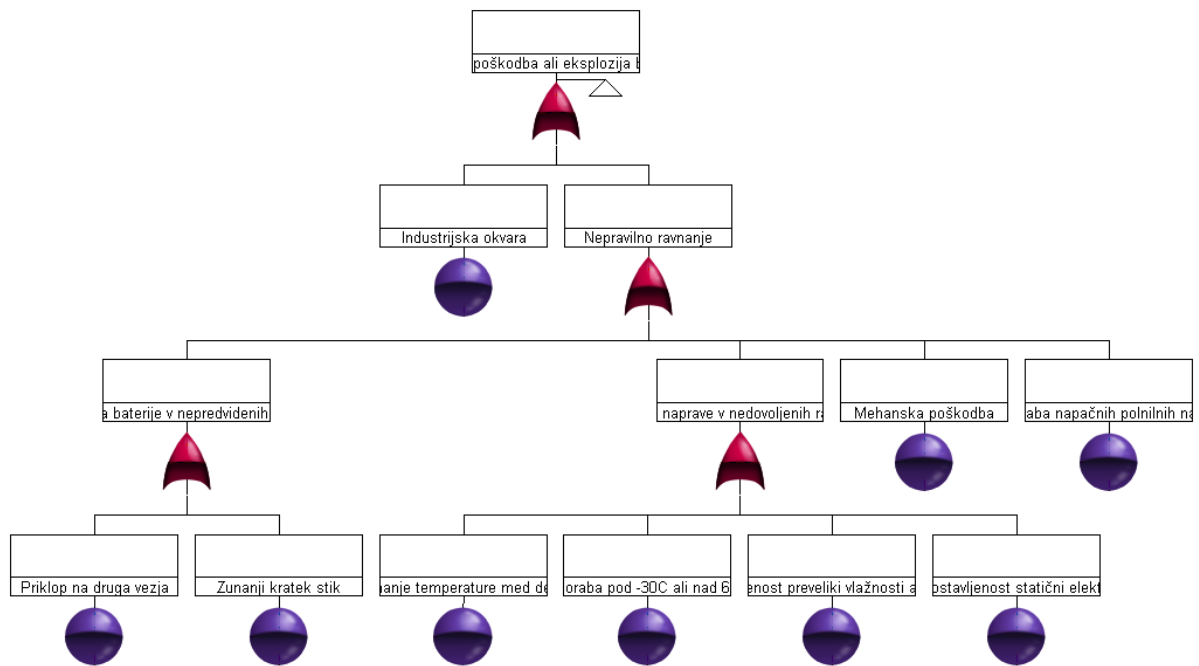
### Odpoved zunanjega napajanja

Do odpovedi polnilnega adapterja lahko pride zaradi zgoraj naštetih vzrokov. Najverjetneje bo do tega prišlo zaradi poškodbe napajalnega kabla ali priključka, kar bi povzročilo deformacijo le teh. Možna je tudi okvara samega adapterja, do katere pa lahko pride zaradi neprimerne omrežne napetosti, saj se lahko ta v različnih državah razlikuje, priklop nanjo pa bi pomenil uničenje adapterja. Če bi v omrežju prišlo do velikega nihanja napetosti bi to lahko tudi pomenilo odpoved zunanjega napajanja. Zopet pa je tu možna tudi poškodba adapterja, zaradi česar uporaba ne bi bila več mogoča.

### Odpoved baterije

Do odpovedi baterije lahko pride zaradi izteka življenjske dobe baterije, kar pomeni da se je skozi čas njena kapaciteta tako zmanjšala, da ni več sposobna napajati telefona. Druga možnost pa je ta, da se je baterija poškodovala in ni več sposobna opravljati svoje funkcije.

## Trajna poškodba ali eksplozija baterije



Slika 17 Trajna poškodba ali eksplozija baterije

Do odpovedi baterije lahko pride zaradi nepravilnega ravnanja uporabnika ali neupoštevanja navodil proizvajalca. Lahko pa da je prišlo do napake pri izdelavi baterije. Ob kritični proizvodni napaki lahko baterija tudi eksplodira.

### Nepravilno ravnanje z baterijo

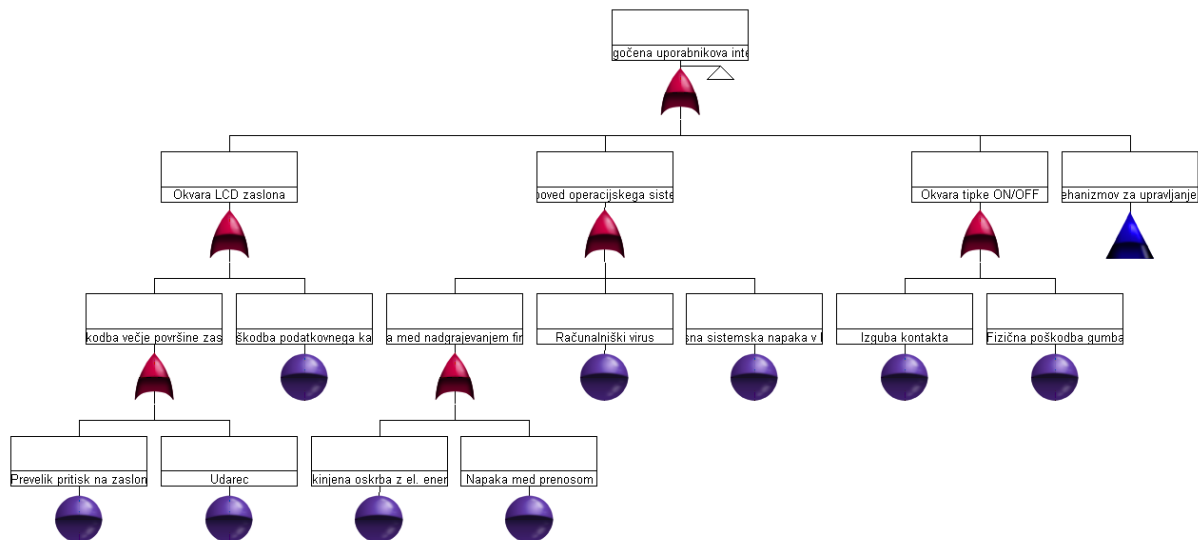
Okvaro baterije lahko povzroči tudi malomarno ravnanje uporabnika, in sicer grobo ravnanje, uporaba improviziranih polnilnih naprav ali napačnih polnilcev.

Potrebno je upoštevati tudi proizvajalčeva navodila glede okolja, v katerem baterija deluje. Odpoved lahko povzročijo ekstremne zunanje temperature (nad 60°C, pod -30°C), nevarne so tudi hitre spremembe temperature okolja.

Velika vlažnost oziroma padec naprave v vodo je ravno tako lahko usoden tako za baterijo kot celotno napravo.

Statična elektrika lahko moti delovanje naprave, v skrajnem primeru je lahko tudi vzrok za odpoved baterije.

## Onemogočena uporabnikova interakcija



Slika 18 Onemogočena uporabnikova interakcija

Za uporabnikovo interakcijo z napravo je najpomembnejši zaslon občutljiv na dotik, zato je pomembno, da deluje natančno in brezhibno. Preko njega uporabnik vnaša svoje zahteve ter preko njega tudi zazna odziv naprave. Če pride do poškodbe LCD zaslona je funkcionalnost naprave pod vprašajem. Prav tako so pomembne tudi ostale tipke na napravi (vklop/izklop, domov, meni, trackball, nazaj, poišči, glasnost).

Poglavje zase pa je na drugi strani operacijski sistem naprave, ki ravno tako skrbi za interakcijo uporabnik-naprava.

### Okvara LCD zaslona

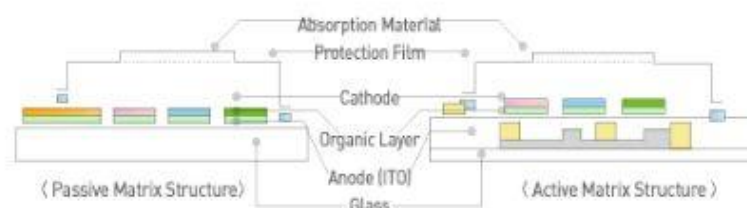
Kot smo že omenili je zaslon najpomembnejši del interakcije uporabnika z napravo. LCD lahko poškoduje uporabnik s premočnim pritiskom na zaslon ali pa zaradi različnih udarcev, padcev. LCD preneha delovati tudi, če pride do poškodbe podatkovnega kabla. Kabel se lahko samo iztakne iz ležišča, lahko pa ga tudi mehansko poškodujemo.

### AMOLED zaslon (Active-matrix OLED)

OLED – zelo tanek zaslon, ki ne potrebuje dodatne osvetlitve

Active-matrix – nanaša se na tehnologijo naslavljanja pikselov

(nizka poraba energije, nizka cena glede na velikost zaslona; pomembno pri TV)



Slika 19: AMOLED zaslon



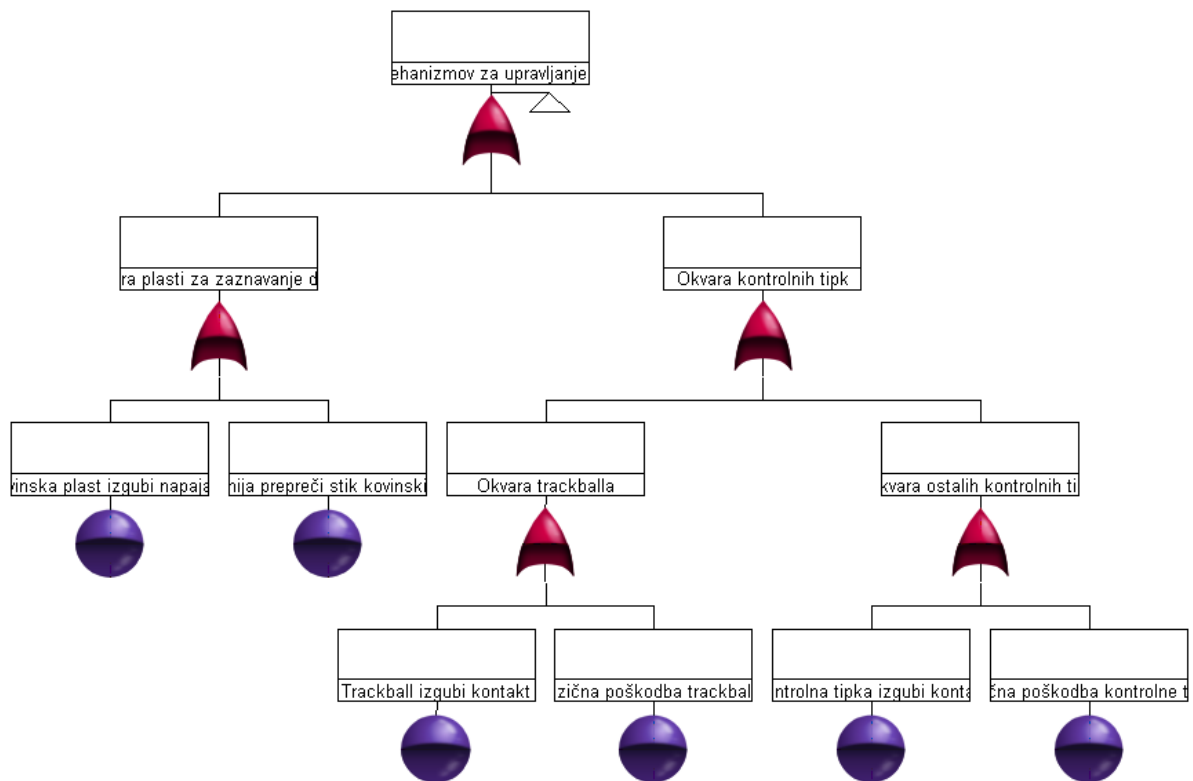
**Odповed operacijskega sistema**

Odповed OS-a lahko povzroči računalniški virus, ki ga lahko zaradi funkcij naprave ter sodobnega OS-a hitro dobimo. Težavo se da rešiti z proti-virusnim programom za Android. Lahko se pojavi napaka pri posodabljanju zaradi prekinitve oskrbe z električnem napajanjem oziroma pride do napake pri prenosu posodobitev. Napaka OS pa je lahko tudi že v tovarniških nastavitvah (hrošč). V najhujših primerih je potreben izbris vseh podatkov in nalaganje novega »firmware«-a.

**Okvara tipke ON/OFF**

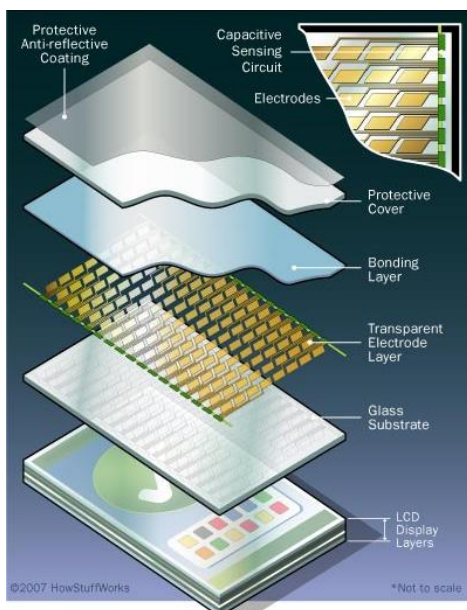
Tipka lahko odpove zaradi izgube kontakta (slab nanos prevodnega materiala, dotrajnost), ali pa zaradi grobega ravnanja uporabnika, da se tipka zlomi.

## Okvara mehanizmov za upravljanje z napravo



Slika 20 Okvara mehanizmov za upravljanje z napravo

Upravljanje z napravo je onemogočeno, če se nam pokvari plast za zaznavanje dotika ali pa katera od kontrolnih tipk. Telefon ima vgrajen LCD zaslon občutljiv na dotik, ki temelji na kapacitivni tehnologiji. Ta preneha delovati, če zaslon izgubi napajanje ali pa če se med plastmi nabere umazanija, ki bi motila normalno delovanje zaslona. Okvare trackballa in ostalih kontrolnih tipk pa se lahko pojavijo, če bi te izgubile kontakt ali pa če bi prišlo do fizične okvare tipke.

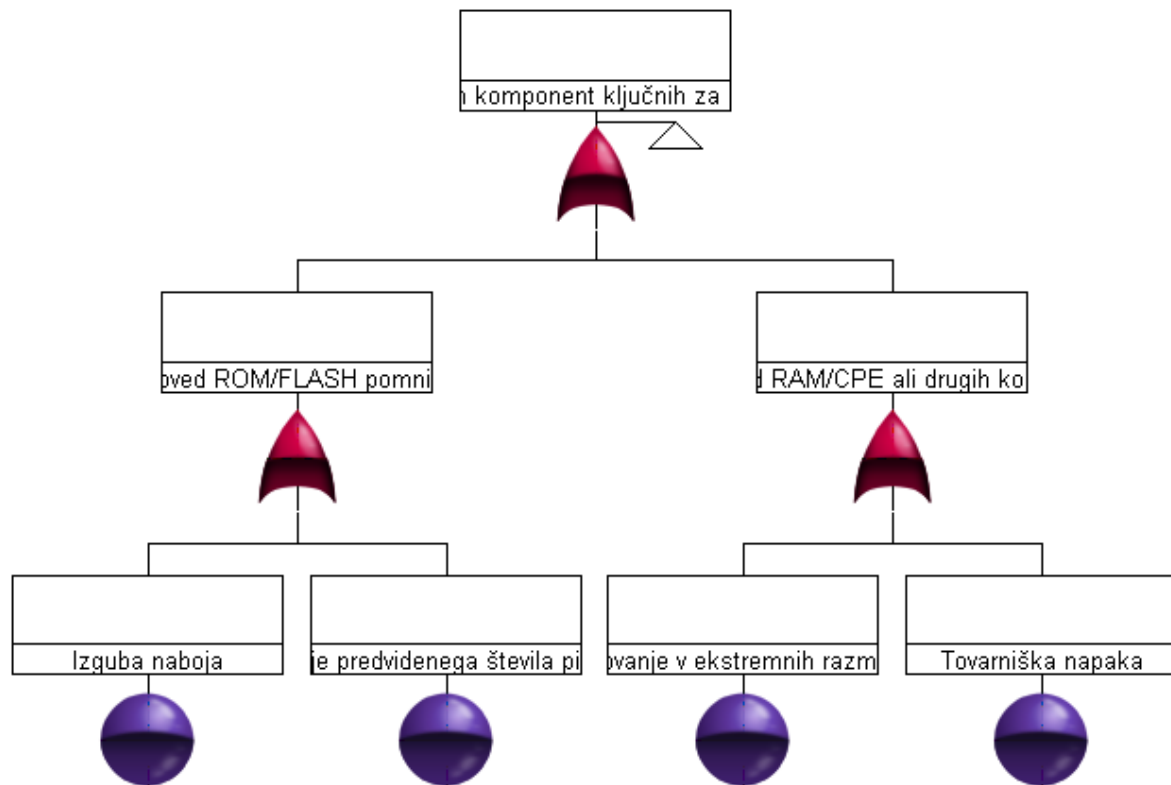


Slika 22 »Touch screen«



Slika 21 »Multi-touch«

## Odповed notranjih komponent ključnih za delovanje naprave

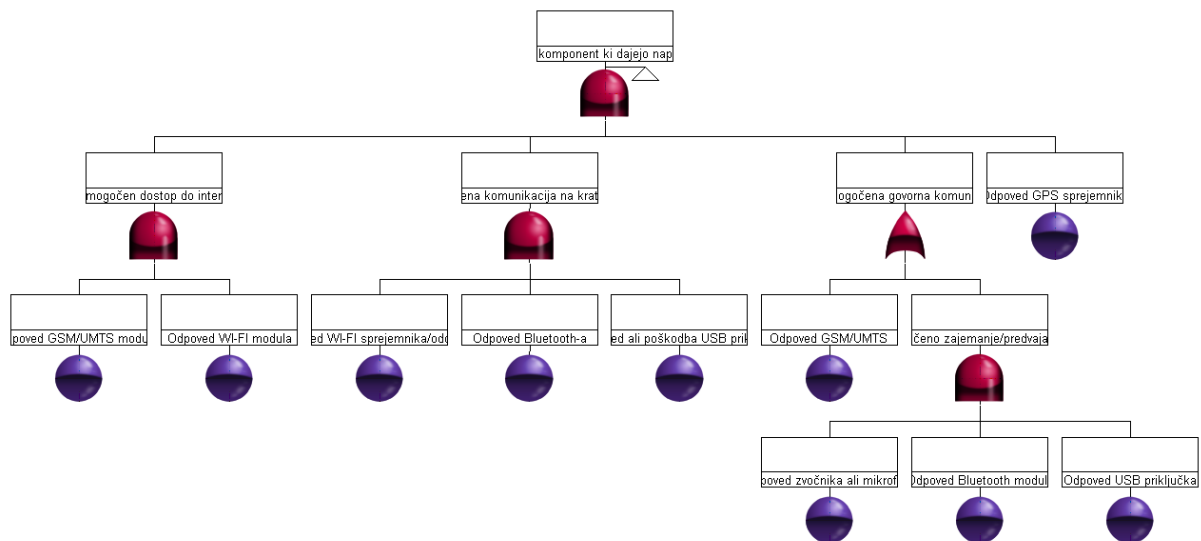


Slika 23 Odповed notranjih komponent ključnih za delovanje naprave

HTC Desire za svoje delovanje uporablja Qualcomm Snapdragon QSD8250 1 GHz procesor in 576 MB RAM-a. Odповed teh lahko povzročita predvsem dva razloga in sicer če je za samo napako kriv proizvajalec sam – tovarniška napaka ali pa če telefon deluje v ekstremnih razmerah.

HTC ima tudi 4GB Flash pomnilnika, ki ga je možno razširiti do 32GB z vgraditvijo dodatnega pomnilnika preko microSD kartice, vendar ta za delovanje sistema ni ključnega pomena. Pomnilnik nam lahko odpove zaradi izgube naboja (starost) ali pa zaradi prekomernega števila pisanj.

## Odповed notranjih komponent, ki dajejo funkcionalnost napravi



Slika 24 Odповed notranjih komponent, ki dajejo funkcionalnost napravi

Pri tem grafu bomo omenili do katerih odповedi lahko pride, da bi HTC Desire s tem izgubil funkcionalnost. Dogodki so na najvišjem nivoju povezani z AND vrati, ker telefon ne izgubi celotne funkcionalnosti, če mu odповe npr. dostop do interneta, čeprav so tu mnenja od uporabnika do uporabnika različna, saj bi lahko bil telefon nekemu neuporaben brez te funkcije. Telefon torej postane neuporaben, če izgubi sledeče funkcije:

- Onemogočen dostop do interneta
- Onemogočena komunikacija na kratke razdalje
- Onemogočena govorna komunikacija
- Odповed GPS sprejemnika

### Onemogočen dostop do interneta

Dostop do interneta lahko telefon izgubi v dveh primerih. Prvi je če nam odповe GSM/UMTS modul ali krmilnik, ki ga nadzoruje in zaradi tega izgubimo globalni dostop do interneta. Drugi pa je odповed WI-FI modula in posledično izguba dostopa preko dostopnih točk.

### Onemogočena komunikacija na kratke razdalje

Komunikacijo na kratke razdalje vzpostavimo na dva načina in sicer z kablom preko Mini USB priključka ali pa brezžično preko WI-FI ali Bluetooth. Povežemo se lahko na vse naprave ki omogočajo kerega od teh treh načinov. Te povezave so pomembne predvsem zaradi prenašanja podatkov z/na HTC Desire.

**Onemogočena govorna komunikacija**

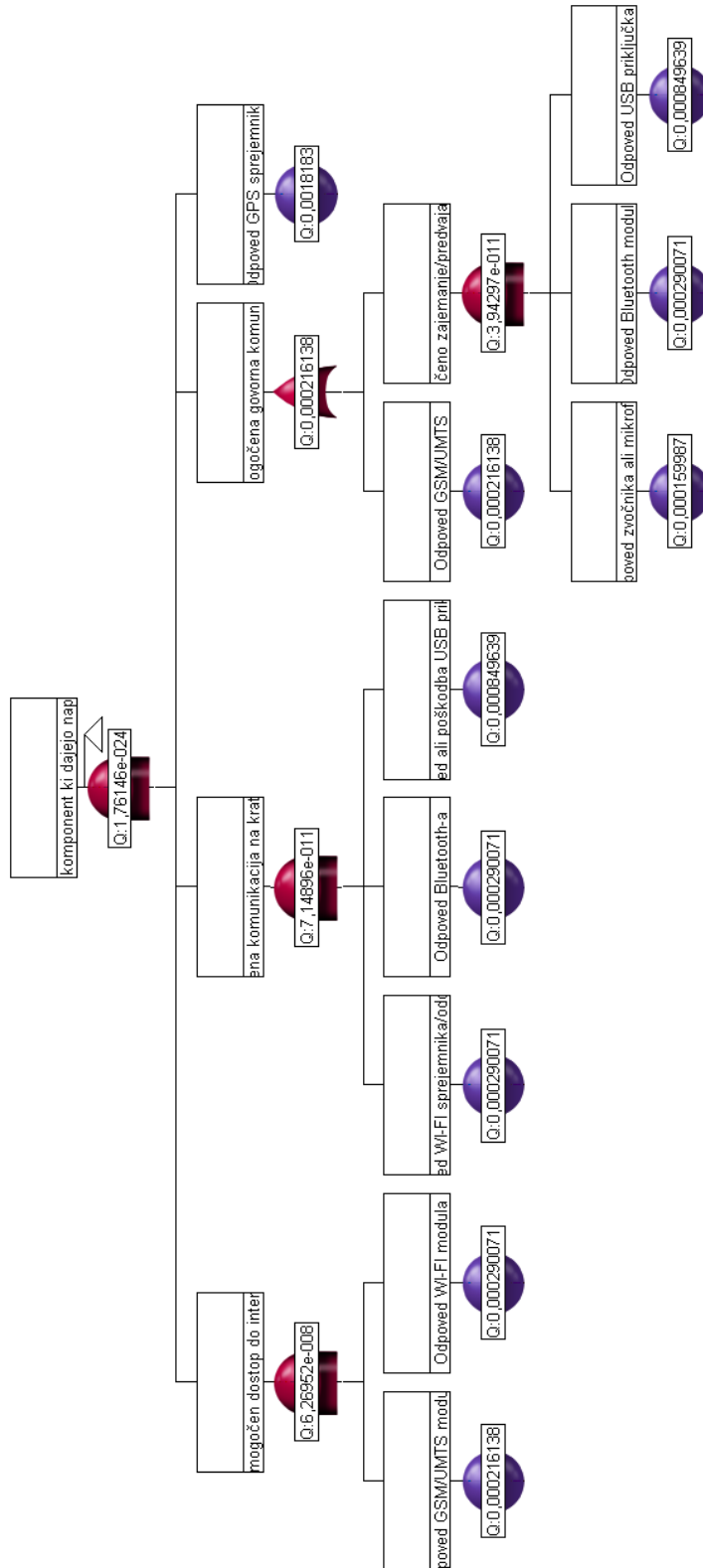
Najbolj kritična odpoved tu je odpoved GSM/UMTS modula, saj je s tem govorna komunikacija takoj onemogočena. Lažje odpovedi pa so če nam odpove zvočnik ali mikrofonski sistem, saj imamo tu še vedno možnost da na telefon priključimo slušalke z mikrofonom preko Mini USB priključka ali Bluetooth povezave. Če pa nam odpovešta še ta dva načina je govorna komunikacija zopet onemogočena.

**Odpoved GPS sprejemnika**

Pomembna funkcija telefona je tudi pregledovanje zemljevidov ter satelitsko določanje naprave (GPS). Če se nam GPS sprejemnik pokvari je ta funkcija onemogočena. Možni razlogi za odpoved so podobni kot pri vseh ostalih elektronskih vezjih: tovarniška napaka, obrabljenost skozi čas, ekstremni pogoji ali fizične poškodbe.

## 5.2.1. Izračun verjetnosti odpovedi

Za izračun verjetnosti odpovedi sva vzela poddrevo, katerega vzroki odpovedi so tehnične narave.



Slika 25 Izračun verjetnosti odpovedi

### 5.3. Komentar rezultatov in zaključek

Posamezne dogodke, ki povzročijo odpoved naprave, lahko razdelimo v dve kategoriji. Prva kategorija je posledica uporabnikovega ravnanja z napravo, druga pa posledica proizvodnega procesa (odgovornost proizvajalca).

FTA analiza bi morala vsebovati še verjetnosti za odpoved posameznega dogodka ter skupno verjetnost za odpoved naprave. Ker je za dogodke, ki so posledica uporabnikovega ravnanja, skoraj nemogoče določiti verjetnosti odpovedi (npr. verjetnost, da uporabniku pade naprava na tla), sva se odločila, da analizirava le del grafa, ki vsebuje samo tehnične vzroke odpovedi, za katere je mogoče dobiti verjetnosti odpovedi.

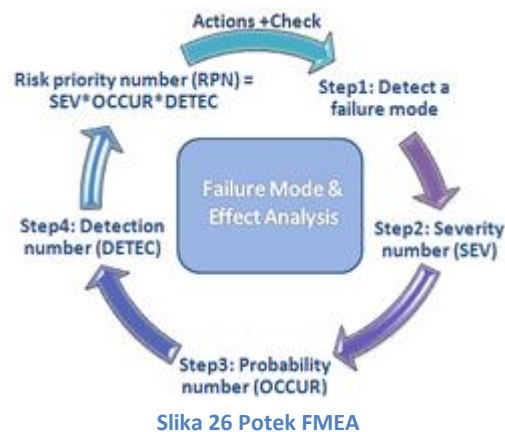
Projekt sva že na začetku zastavila tako, da lahko iz drevesa razberemo, katere komponente oz. deli naprave so ključni za zagotavljanje delovanja naprave in iz hierarhije dogodkov lahko razberemo, kakšne so odvisnosti med posameznimi komponentami. Bodoči uporabnik se lahko tako seznanj, na katere dogodke mora biti še posebej pozoren za nemoteno delovanje naprave. V drevesu prevladujejo predvsem OR povezave, kar pomeni, da ima naprava zelo nizko redundanco (skoraj vsak od naštetih osnovnih dogodkov bo pokvaril napravo). Edina redundanca obstoja pri *Odpoved notranjih komponent, ki dajejo funkcionalnost napravi*, saj naprava ne izgubi celotne funkcionalnosti, če mu odpove npr. samo dostop do interneta, čeprav so tu mnenja od uporabnika do uporabnika različna, saj bi lahko bil telefon nekemu neuporaben brez te funkcije.

Po najinem mnenju bo za najpogostejši vzrok odpovedi naprave kriv uporabnik sam, saj je izdelava naprave na visokem nivoju. Če pa odmislimo vpliv uporabnika, bo najverjetneje baterija tista, ki bo povzročila odpoved naprave. Ker je naprava energijsko zelo potratna, je potrebno polniti baterijo na zelo kratke intervale, s tem pa se življenjska doba baterije hitro krajša. Poleg tega pa je tu še kup drugih dejavnikov, ki še dodatno prispevajo k odpovedi baterije in posledično k odpovedi celotne naprave. Te dejavnike si lahko podrobno ogledamo na sliki 17, ki je poddrevo drevesa na sliki 16, v katerem so naštetni vsi dejavniki, ki lahko onemogočijo oskrbo naprave z električno energijo. Tukaj predvsem misliva na različne konektorje, ki so mehanske narave in imajo večjo verjetnost odpovedi kot pa elektronske komponente. Za slednje sva naredila tudi izračun verjetnosti odpovedi. Rezultati kažejo na zelo nizek faktor odpovedi tega segmenta. Podrobnejši rezultati se nahajajo na sliki 25.

## 6. FMEA analiza (Simon Rangus)

### 6.1. Metoda FMEA

FMEA (Failure mode and effects analysis)  
-analiza odpovedi in njihovih posledic



Je sistematična 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 zaneslivejšega produkta.

Namen te metode je analiza produktov in procesov in s tem ugotavljanje pri katerih funkcionalnosti se odpovedi (failure modes) pojavljajo. Rezultate pa imenujemo failure effects.

#### Zgodovina:

Metodo je razvila ameriška vojska. Danes pa jo srečamo pri razvoju programske opreme, v različnih industrijskih panogah, v obdelavi polprevodnikov, v prehrabeni industriji, zdravstvu..., tako obstaja več različnih implementacij FMEA analize. Bila je uporabljena v vesoljskih misijah, da bi se izognili najmanjšim napakam, ki bi lahko privedle do katastrofalnih posledic. Pojavila se je tudi v avtomobilski industriji v 80 letih prejšnjega stoletja. Poznamo več različnih FMEA standardov. V letalstvu se uporablja vojaški standard (MIL-STD- 1629A FMECA) ali SAE (Society of Automotive Engineers) standard (SAE ARP5580 FMEA).

Za uporabo FMEA analize smo uporabili orodje Relex, ki omogoča enostavno izvedbo analize in pregled končnih napak in odpovedi izdelka.

Moja naloga je FMEA analiza mobilnika HTC Desire. V pomoč mi je bilo orodje Relex, s pomočjo katerega sem izvajal FMEA analizo. Izrisal sem tudi grafa, ki prikazujeta 10 največjih RPN-jev, nivojev tveganja, eden graf je za komponentno, drugi pa za funkcionalno analizo.



**Koraki metode:**

- identifikacija vseh možnih odpovedi produkta ali procesa (failure modes), da pa bi ocenili tveganje posameznih odpovedi jih na podlagi tveganja razvrstimo in poskusimo odpraviti ali pa vsaj deloma odpraviti najresnejše posledice (effects analysis)
- identifikacija tipičnih načinov odpovedi (razne napake v procesu pri izdelavi produkta; končni uporabnik je tukaj pomemben)
- analiza posledic posameznih načinov odpovedi
- identifikacija rizikov, ki so posledice načinov odpovedi
- ocena kritičnosti identificiranih načinov odpovedi (rizikov).

**Kriteriji:****Severity of effects S:**

(resnost posledic za vsako možno odpoved)

Ocena	Resnost odpovedi	Vpliv odpovedi
0	nevidno	jih ni
1	ni razlike v delovanju	najmanjši
2	ni razlike v delovanju (povprečni uporabnik)	minimalno
3	opazi se razlika v delovanju (povprečni uporabnik ne opazi)	zelo majhen
4	opazi se razlika v delovanju (povprečni uporabnik opazi in zamenja)	majhen
5	popoln pregled celotne serije	zmeren
6	popoln pregled celotne serije (povprečni uporabnik nezadovoljen)	srednji
7	delež iz serije treba izločiti iz prodaje (zmanjšan nivo delovanja)	srednje visok
8	(uporabnik nezadovoljen) omejen nabor delujočih funkcij naprave, primarna funkcija odpove	visok
9	celotna serija se umakne (uporabnik nezadovoljen) ne opravlja svoje glavne funkcije	zelo visok
10	popolnoma neuporabno (lahko celo nevarno)	hazarden

Tabela 24 Severity of effects S

**Occurrence of failures O:**

(pogostost pojavitve vsakega vzroka odpovedi)

Ocena	Kriterij	Ocenjena verjetnost
0,1	odpoved skoraj neverjetna	1 od 1500000
2	odpoved zelo malo verjetna	1 od 150000
3	odpoved malo verjetna	1 od 15000
4,5,6	odpoved srednje verjetna	1 od 2000, 1 od 400, 1 od 80
7,8	odpoved visoko verjetna	1 od 20, 1 od 8
9,10	odpoved zelo verjetna	1 od 3, 1 od 2

Tabela 25 Occurrence of failures O

**Detection of failures D:**

(možnost pravočasnega zaznavanja odpovedi, še preden bo posledice občutil uporabnik)

Ocena	Detekcija
0	vedno možno zaznati odpoved
1	zelo verjetno zaznati odpoved
2	zaznavanje odpovedi visoko verjetno
3	zaznavanje odpovedi precej verjetno
4	zaznavanje odpovedi visoko
5	pogosto zaznati odpoved
6	zaznavanje odpovedi nizko
7	zaznavanje odpovedi zelo nizko
8	možnosti minimalne da zaznamo odpoved
9	malo možnosti da zaznamo odpoved
10	ni možno zaznati odpoved

Tabela 26 Detection of failures D

n načinov odpovedi:  $S_i, O_i, D_i, 1 \leq i \leq n$ .**Ocena tveganja:**

(v korakih analize načinov odpovedi)

**RPN(risk priority number), nivo tveganja** $RPN_i = S_i * O_i * D_i, RPN_i \in [1, 1000]$ .

RPNi-je uredimo po velikostnem redu.

**Faze izvedbe:**

1. temeljit pregled produkta/procesa za analizo,
2. identifikacija načinov odpovedi,
3. identifikacija posledic načinov odpovedi (IF (Failure Occurs) THEN Consequences will be ...),
4. določevanje  $S_{\{i\}}$ ,  $O_{\{i\}}$ ,  $D_{\{i\}}$  za vsak način odpovedi,
5. določevanje  $RPN_{\{i\}}$  za vsak način odpovedi,
6. izdelava prioritete lestvice odprav vzrokov načinov odpovedi glede na urejeni padajoči vrstni red načinov odpovedi glede na vrednosti  $RPN_{\{i\}}$  in  $S_{\{i\}}$ ,
7. odprava načinov odpovedi z vrha lestvice, (zmanjšamo njihovo resnost ali pogostost ali povečamo sposobnost zaznavanja vzroka odpovedi)
8. ponoven izračun  $RPN_{\{i\}}$  vrednosti in tvorba nove tabele (ponovna ocena tveganja) (skok na točko 4).

Orientacijska mera za grobo celotno zanesljivostno oceno:

$$TOTAL\_RPN = \sum_{i=1..n} RPN_i.$$

## 6.2.FMEA analiza za HTC Desire

FMEA analizo izvajam z orodjem Relix 2009. Možni so trije tipi FMEA analize(komponentna, funkcijska in procesna). Zbiranje informacij o izdelku in sam pregled naprave sta že zadosti za določitev komponent in njihovih funkcij. Namen procesne analize bi bil že pri načrtovanju produkta in določanju raznih napak. Tega nisem vključil, saj o sami izdelavi in o postopkih izdelave ne vem veliko. Podatkov o odpovedih nimam, tako sem jih določil sam.V oklepajih so tudi nekatere ocene od mobilnika HTC T-Mobile G1, tako da lahko primerjamo obe napravi po nekaterih funkcionalnostih in komponentah. Razlike so zelo majhne. Še največja razlika med aparatoma je, da HTC Desire tipkovnice nima, HTC T-Mobile G1 pa tipkovnico ima.

### Komponentna analiza:

Ohišje HTC  
Gumb ON/OFF  
Gumb meni  
Gumb domov  
Gumb za uravnavanje glasnosti  
Gumb nazaj  
Gumb iskanje, vnos  
Optična sledilna kroglica  
G senzor: -senzor vertikalnega premikanja  
-senzor horizontalnega premikanja  
Multi-Touch AMOLED-zaslon  
Senzor svetlobe  
Baterija  
Procesor Snapdragon Qualcomm QSD8250  
1GHz  
Dinamični pomnilnik RAM 576 MB  
ROM/Led Flash pomnilnik  
Matična plošča  
WI-FI modul sprejemnik/oddajnik  
GPS sprejemnik  
GSM modul  
Ležišče SIM kartice  
Konektor slušalk  
Pokrov baterije  
Opozorilna dioda LED  
Senzor pospeška/nagiba  
Slušalka  
Mikrofon  
Notranja antena  
Bralnik SD kartic  
MicroUSB 2.0

### Funkcionalna analiza

GPS  
Bluetooth(v2.1 z A2DP)  
WLAN  
Kamera, Fotoaparat, Bliskavica  
Mikrofon  
Dostop do interneta  
Izklop ekrana  
Kompas  
Girooskop  
Pospeškometer  
LED indikator  
GSM  
Backup  
Združevanje imen  
Črtne kode  
Sinhronizacija  
Univerzalni search  
Vibrator

Item Name	Function	Failure Mode	Effect of Failure	Severity(S)	Cause of Failure	Occurrence(O)	Detection(D)	RPN(I)	Actions Taken	Severity Results	Occurrence Results	Detection results	RPN Results
Ohišje HTC-ja	zaščita notranjih komponent, oblika aparata	poškodovano ohišje	nedelovanje aparata, včasih se sam vklopi ali izklopi	8(3)	padec aparata na tla	7(6)	3(4)	168 (192)					
				5(6)	nekaj zaščitvenih odlomljenih material	2(3)	7(6)	112 (144)					
Gumb ON/OFF	vkllop izklop aparata in hitra sprememba stanja (tudi ali letalski način)	nedelovanje gumba ON/OFF	vkllop izklop ni možen	9(9)	tipka fizično poškodovana	7(4)	4(4)	252 (144)					
				8	tipka obrabljena	6	4	192					
	grelni v pripravljenosti in zaslon se ugane	nedelovanje aktiviranja aparata, ko je v pripravljenosti (zaslon ne posveti)	vkllop izklop otežen	9(9)	tipka napakno postavljena	4(6)	4(4)	144 (216)	Modifi- kacija roke, ki montira tipko	8(9)	1(1)	4(4)	32 (36)
				6(5)	tipka fizično poškodovana	4(4)	5(4)	120 (80)					
	prekinitvev klica	nedelovanje gumba	vkllop izklop ni možen		tipka napakno	4(6)	5(4)	120					

Slika 27 Komponentna analiza 1. del

Item Name	Function	Failure Mode	Effect of Failure	Severity(S)	Cause of Failure	Occurrence(O)	Detection(D)	RPN(O)	Actions Taken	Severity Results	Occurrence Results	Detection results	RPN Results
Gumb meni aplikaciji	vrtitev v meni; dodajanje opombe	nedelovanje gumba meni	vstopanje v meni ni možno	6(4)	postavljen	4(4)	4(4)	96 (120)					
					tipka fizično poškodovana	4(4)	4(4)	96 (64)					
					tipka napratno postavljena	5(6)	4(4)	120 (96)					
Gumb domov	vrtitev domov; zakleni zaslon	nedelovanje gumba domov	vrtitev domov ni možno, le z gumbom nazaj	6(6)	odprtje drugih menijev ni možno	6	4(4)	144 (96)					
					tipka fizično poškodovana	5(6)	4(4)	120 (144)					
					tipka napratno postavljena	5(4)	4(4)	60 (48)					
Gumb za uravnavanje glasnosti	nastavljanje glasnosti; aktiviranje tihlega načina ali vbra načina	nedelovanje gumba za uravnavanje glasnosti	zmanjševanje glasnosti ni mogoče	5	tipka fizično poškodovana	5	5	125 (72)					
					tipka napratno postavljena	4	5	100					
					zmanjševanje glasnosti ni mogoče	5	5	100					
Gumb nazaj	vrtitev en korak nazaj	nedelovanje gumba nazaj	vrtitev korak nazaj ni možno	6(6)	tipka fizično poškodovana	5(4)	5(4)	150 (96)					
					tipka napratno postavljena	5(6)	4(4)	80 (144)					
					tipka obrabljena	6	4	120					
Gumb iskanje, vnos	iskanje in vnašanje besedila	nedelovanje gumba za iskanje, vnos	izbiranje ni možno	5	tipka fizično poškodovana	5	5	125					
					tipka napratno postavljena	5(5)	5(5)	125 (125)					
					tipka obrabljena	5(5)	5(5)	125 (125)					
Optična sledilna kroglica	izbiranje objektov po zaslonu s pritiskom na kroglico(podirvena opcija)	nedelovanje tipke	izbiranje ni možno	5(5)	prah pod kroglico	5(5)	5(5)	125 (125)					
					poškodba senzorja	5	4	100					
					prah pod kroglico	5(5)	5(5)	150 (150)					
senzor vertikalnega premikanja	vertikalno pomikanje po meniju	odpoved vertikalnega senzorja	vertikalno pomikanje po meniju ni možno	6(6)	Fizična poškodba senzorja	5(5)	5(4)	150 (120)					
					prah pod kroglico	5(5)	5(5)	150 (150)					
					prah pod kroglico	5(5)	5(5)	150 (150)					
senzor horizontalnega menija	horizontalno pomikanje po meniju	odpoved horizontalnega senzorja	horizontalno pomikanje po meniju ni možno	4(3)	prah pod kroglico	4(5)	5(5)	80					

Slika 28 Komponentna analiza 2. del



Item Name	Function	Failure Mode	Effect of Failure	Severity(S)	Cause of Failure	Occurrence(O)	Detection(D)	RPN(O)	Actions Taken	Severity Results	Occurrence Results	Detection results	RPN Results
Processor Snapdragon Qualcomm QSD8290 1GHz	OS in aplikacije	napajanje je prekinjeno	ugravanje naprave	6 (7)	oksidacija kontaktoev	3(3)	3(3)	150	druga vrsta baterij, pravilno nujenjava nje baterije	10(10)	3(2)	5(6)	150 (120)
		odpoved CPE	OS ne deluje, procesiranje je onemogočeno	8(9)	narivanje procesorja fizična poškodba CPU slabša integracija	3(2)	3(3)	72(54)					
Dinamčni pomnilnik RAM 516MB	dinamčni pomnilnik	odpoved dinamičnega pomnilnika	onemogočeno delovanje dinamičnega pomnilnika	9	odpoved čipa	2	8	144					
		ROM/Flash OS	polnilnik telefona, krmiljenje OS	10	odpoved čipa	1	8	80					
Matrčna plošča	povezovanje komponent	odpoved matricne plošče	komunikacija med komponentami ni mogoča	9	preseganje napetosti presilska	2	8	144					
				9	odpoved vezja, CPU fan	2	8	144					
				8(6)	komunikacija z brezžičnimi omrežji ni možna	2(3)	2(4)	32					
Wi-Fi modul sprejemnik oddajnik	vzpostavitev povezave z omrežjem Wi-Fi 802.11 b/g	odpoved Wi-Fi sprejemnika oddajnika	komunikacija z brezžičnimi omrežji ni možna	3(3)	fizična poškodba	3(3)	4(5)	96					
				9(7)	slabša integracija	3(3)	2(2)	54					
GPS sprejemnik	navigacija položaja	odpoved GPS sprejemnika neprevis podatki	navigacija ne deluje položaja ni možno zaznati	7(6)	odpoved vezja	4(4)	4(4)	112					
GSM modul	komunikacija z baznimi postajami, z vseni prenosni podatkov na različnih frekvencah	nedelovanje UMTS/do 384kb/s	uporaba UMTS ni možna	7	fizična poškodba kontaktoev zaradi tesnjenja, odpoved čipa, antena, hudi povezava med čipom in anteno v aparatu	8	4	224					

Slika 30 Komponentna analiza 4. del



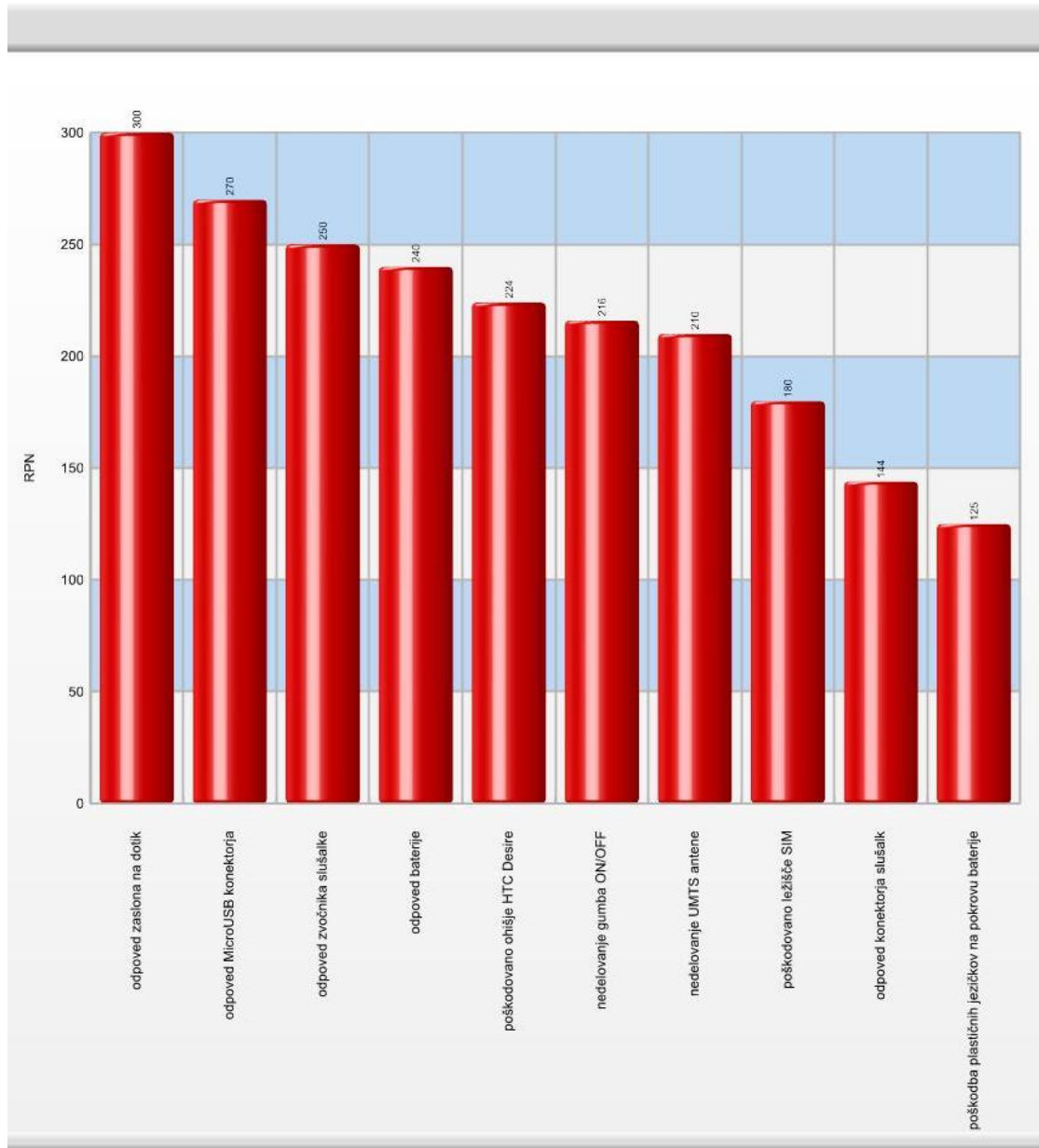
Item Name	Function	Failure Mode	Effect of Failure	Severity(S)	Cause of Failure	Occurrence(O)	Detection(D)	RPN(O)	Actions Taken	Severity Results	Occurrence Results	Detection results	RPN Results
	nedelovanje GPRS	nedelovanje EDGE(do 264 kb/s)	uporaba GPRS ni možna	7	fizična poškodba kontaktov zaradi tresljajev, odpoved čipa, antena, tudi povezava med čipom in anteno v aparatu	7	4	196					
	nedelovanje HSDPA(hitri prenos podatkov od uporabnika do 2 Mb/s)), HDSPA(hitri prenos podatkov k uporabniku(do 7,2 Mb/s))	uporaba HSDPA, HDSPA ni možna na 3G frekvencah	7	fizična poškodba kontaktov zaradi tresljajev, odpoved čipa, antena, tudi povezava med čipom in anteno v aparatu	8	4	224						
3G moduli	telefoniranje,HSDPA,SMS, MMS	odpoved UMTS antene	povezava ni možna na 3G frekvencah	7 (7)	fizična poškodba kontaktov zaradi tresljajev	7 (8)	4 (4)	196 (224)	dodamo varovalko konnektora na antene	6 (7)	1 (1)	4 (4)	24 (28)
Opozorila dioda LED	osvetlitev opozorila	odpoved osvetlitve opozoril	osvetlitve opozoril ni	2	odpoved LED diod	2	1	4					
Senzor pospeška/nagiba	pospešak/nagib	odpoved senzorja pospeška/nagiba	ni možno zaznati pospeška/nagiba	4	fizična poškodba	6	1	24					
Slušalka	sluh	odpoved slušalke	nikesar ne slišimo kaj je na drugi strani	10	fizična poškodba	3	1	30					
Mikrofon	govor	odpoved mikrofona	na drugi strani nas nihče ne sliši	10	fizična poškodba	3	1	30					
Notranja antena	oddajanje in sprejemanje signala	nedelovanje antene	hitri prepričevanja kontakta s povzročijo težko dostopi optimalno delovanje antene in življenjske dobe baterije	10	odpoved vezja	1	1	10					
Bravnik SD kartic	branje SD kartic, dodajanje podatkov	nedelovanje bravnika SD kartic(firecoSD)	SD kartic ni možno uporabljati	7	odpoved vezja	5	4	140					

Slika 31 Komponentna analiza 5. del

Item Name	Function	Failure Mode	Effect of Failure	Severity(S)	Cause of Failure	Occurrence(O)	Detection(D)	RPV(I)	Actions Taken	Severity Results	Occurrence Results	Detection results	RPV Results
MicroUSB 2.0	prikljop USB naprav	USB priključek odpovedal	onemogočen prikljop USB naprav	4	priključek fizično poškodovan	2	9	72					
				4	krmilnik odpovedal	2	9	72					

Slika 32 Komponentna analiza 6. del

### 6.3.Rezultati FMEA analize posameznih komponent(komponentna analiza)



Slika 33 10 največjih RPN FMEA komponentne analize HTC Desire

Iz samega grafa je lepo razvidno, pri katerih komponentah so odpovedi najbolj kritične. To so zaslon na dotik, poškodba mikro usb konektorja, odpoved zvočnika za slušalko, baterije, poškodba ohišja, okvara gumba ON/OFF, UMTS antene, poškodbe ležišča SIM kartice, poškodbe konektorja slušalk in pokrova baterije.

Zaslon največkrat odpove zaradi mehanskih poškodb kot so padec na tla, kadar uporabnik nosi aparat in ključke v istem žepu in pride do prask ali poka lcd zaslona, vdora vlage ali tekočine, nepravilne uporabe ali dotikov s špičastimi predmeti.

Mikro usb konektor odpove zaradi nepravilnega priklopa polnilca, grobega ravnanja in nasilnega potiskanja v ležišče konektorja, vdora vlage ali umazanije.

Zvočnik za slušalko najpogosteje odpove zaradi vdora kovinskih delcev in umazanije, ki jih ima uporabnik v žepu. Močan magnet privablja kovinske delce, ki uničujejo membrano. Najprej opazimo nerazločen zvok in tresljaje, nato pa kljub povečevanju jakosti zvoka pada glasnost in na koncu odpoved zvočnika.

Pri bateriji je zelo pomembno prvo polnjenje ob nakupu aparata, ki mora trajati 12-16 ur. Največja napaka uporabnikov je, da aparat priklopijo na polnjenje, potem pa ga čez 10-15 min izklopijo iz polnjenja. To je za baterijo največji šok, kajti takrat izgubi kapacitivnost zaradi česar se njena uporabnost in vzdržljivost bistveno zmanjšata.

Ohišje je eno najbolj izpostavljenih delov telefona. Pri rokovanju moramo paziti, da ne pade z dlani, se pravi da mora biti ne samo estetsko popolno, ampak tudi pravilno obteženo in obdelano s kakovostnimi materiali, da ne pride do zdrsa le-tega. Če se že zgodi nesreča in pade na tla mora ohišje zdržati in absorbirati določen pritisk, ki se sprosti.

Gumb ON/OFF odpove, kadar pride do padca telefona na le-tega ali zaradi vdora umazanije in vlage, ki običajno zaide pod membrano, ki je zadolžena za stik, da se telefon vklopi.

UMTS antena je zelo pomemben del telefona. Največkrat se pojavi okvara zaradi padca, pri katerem se spoji in konektorji poškodujejo in ni več stika med njimi. Posledično to pomeni padec signala telefona in neuporabnost aparata.

Ležišče SIM kartice se lahko poškoduje ob nepravilnem vlaganju SIM kartice ali pri pogostem menjavanju SIM kartice in s tem se posledično deformirajo pini v ležišču aparata. S tem je branje kartice onemogočeno in tako telefoniranje ni mogoče, aparat deluje le v načinu brez povezave.

Možna je tudi okvara konektorja slušalk kar se ponavadi zgodi zaradi praha in vlage in tako je poslušanje preko slušalk onemogočeno.

Pokrov baterije nam služi da baterija ne pade ven. Lahko se zgodi poškodba plastičnih jezičkov na pokrovu baterije, tako potem odpada pokrov baterije. Baterija ne stoji v samem ležišču, zato telefon ugaša. To se ponavadi zgodi, če prevečkrat odpiramo pokrov in menjavamo SIM kartico.

Rezultatov GSM modula pri komponentni analizi nisem upošteval, saj je včasih težko ločiti med komponentami in funkcionalnostjo. Vseeno sem jih navedel v obeh tabelah. Pri funkcionalni analizi pa sem jih upošteval, saj prav te funkcionalnosti ponavadi največkrat odpovedo.

Te komponente so v vsakodnevni uporabi aparata najbolj izpostavljene, zato je verjetnost poškodb, ki se pojavljajo toliko večja. Za vse opisane napake je največkrat odgovoren uporabnik sam.

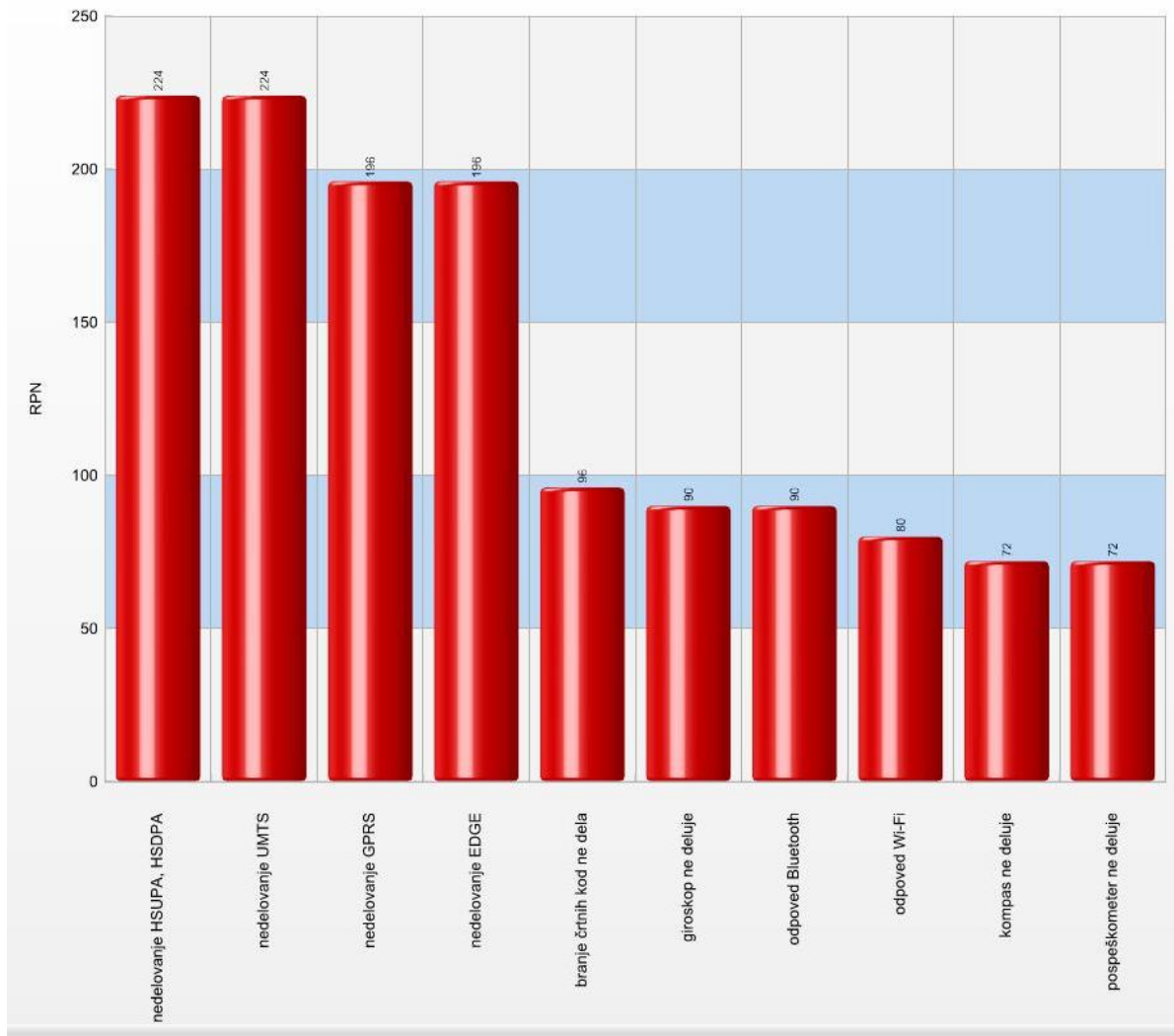
Item Name	Function	Failure Mode	Effect of Failure	Severity (S)	Cause of Failure	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN (O)
GPS	določanje položaja	odpoved GPS modula	položaj naprave ni možno zaznati	6	integracija slaba	3	2	36
		nepravi podatki	položaj naprave ni možno zaznati (nepravi podatki)	5	odpoved sprejemnika	4	3	60
Bluetooth (v2.1 z A2DP)	Bluetooth sprejemanje in pošiljanje podatkov	odpoved Bluetooth	povezava Bluetooth ni možna	6	fizična poškodba	5	3	90
WLAN	podprto WLAN brezžično omrežje	nedelovanje Wi-Fi	povezava ni možna	5	integracija slaba	4	3	60
		dehna odpoved Wi-Fi	povezava ni možna	5	poškodba	4	4	80
Kamera, Fotoaparat, Bliskavica	fotografiranje	nedelovanje nastavitve fokusa fotoaparata	kakovost posnetka slaba	4(5)	odpoved naprave za fokusiranje	4(4)	4(5)	64 (100)
		nedelovanje bliskavice fotoaparata	onemogočeno prepoznavanje objektov	7(7)	odpoved senzorja	3(2)	2(2)	42 (28)
	snemanje	nedelovanje kamere	videa ni možno zajeti	6(7)	odpoved senzorja	2(2)	3(2)	36 (28)
Mikrofon	govorna komunikacija	nedelovanje mikrofona	uporaba mikrofona ni možna	9	fizična poškodba	2	1	18
Dostop do interneta	brskanje	nedelovanje interneta	uporaba interneta ni možna	8	in povezave	1	1	8
Izklop ekrana	priljubljevanje k usesu izklopi ekran	priljubljevanje k usesu ne izklopi ekran	izklop ekrana ni	3	odpoved senzorja	2	7	42
Kompas	kompas	nedelovanje kompasa	uporaba kompasa ni možna	3	blizna elektrika	4	6	72
Giroskop	orientacija	orientacija ne deluje	uporaba giroskopa ni možna	3	slabe	5	6	90
Pospeskometer	za zmanjševanje glasnosti zvonenja	pospeskometer ne deluje	uporaba pospeskometra ni možna	3	komponente	4	6	72
LED indikator	obvestilo o bateriji, neodgovornih, klicih, sporočilih,...	indikacija ne deluje	razpoznavanje obvestil ni mogoče	6	slabe komponente	3	2	36
GSM	govorni in podatkovni prenos preko mobilnih omrežij	nedelovanje UMITS (do 384 kb/s)	uporaba UMITS ni možna	7	fizična poškodba kontaktov zaradi tresljajev, odpoved čipa, antene, tudi povezava med čipom in anteno v aparatu	8	4	224
		nedelovanje GPRS	uporaba GPRS ni možna	7	fizična poškodba kontaktov zaradi tresljajev, odpoved čipa, antene, tudi	7	4	196

Slika 34 Funkcionalna analiza 1. del

Item Name	Function	Failure Mode	Effect of Failure	Severity (S)	Cause of Failure	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN (O)
	omrežje 3G	nedelovanje HSUPA(Hitri prenos podatkov od uporabnika(do 2 Mbit/s)), HDSFA(Hitri prenos podatkov k uporabniku(do 7,2 Mbit/s))	uporaba HSUPA, HDSFA ni možna na 3G frekvencah	7	povezava med čipom in anteno v aparatu	7	4	196
					fizična poškodba kontaktov zaradi tresljajev, odpoved čipa, antene, tudi povezava med čipom in anteno v aparatu	7	4	224
Backup	funkcija backupiranja na SD kartico	nedelovanje backupiranja na SD kartico	backupiranje na SD ni možno	9	eburddv\mstn,gr alk,fb chat, yaho,icq,...), SD kartica ni	3	2	54
Združevanje imen osebah skupaj	povezovanje informacij o istih osebah skupaj	nedelovanje povezovanja	povezovanje informacij ni možno	8	montirana prav sistemski napaka, bug v programu	3	2	48
Črne kode	branje črnih kod	branje črnih kod ne dela	branje črnih kod ni možno	6	umazanja in prah, neenakomerno osvetljena koda	2	8	96
Sinhronizacija	sinhronizacija malov, kontaktov in koledarja iskanje po vsem hitri	sinhronizacija ne deluje	sinhronizacija ni možna	5	ni dostopa do interneta	2	2	20
Univerzalni search	iskanje po vsem hitri	univerzalni search ne deluje	univerzalni search ni možen	8	okvirjen index	3	2	48
Vibrator	vibriranje	vibriranje ne deluje	vibriranje ni možno	9	fizična poškodba, motorček odpovedal	2	3	54

Slika 35 Funkcionalna analiza 2. del

## 6.4. Rezultati FMEA analize posameznih funkcionalnosti (funkcionalna analiza)



Slika 36 10 največjih RPN FMEA funkcionalne analize HTC Desire

Rezultati funkcionalne analize HTC Desire naprave kažejo, da se možne odpovedi pojavljajo najpogosteje v primeru govornega in podatkovnega prenosa preko mobilnih omrežij (HSUPA, HSDPA, UMTS, GPRS, EDGE). Vzroke najdemo ali v fizični poškodbi kontaktov zaradi raznih tresljajev, lahko odpove čip, možna je odpoved antene, lahko pa je problem v povezavi med čipom in anteno v samem aparatu. Sledijo odpovedi branja črtnih kod zaradi slabše svetlobe in neenakomerno osvetljene kode. Sledijo še odpoved giroskopa, Bluetooth-a, odpoved Wi-Fi, kompasa, pospeškometra, fotoaparata, kamere, itd. Možna bi bila tudi odpoved priključka za napajanje, priključka za slušalke in microUSB, če jih uporabnik ne bi previdno uporabljal.

## 6.5. Zaključek

Še boljše rezultate bi FMEA analiza imela, če bi dobili več različnih ocen naprave od različnih uporabnikov. Spoznal sem nekaj uporabnikov HTC-ja, s katerimi sem si delil izkušnje o napravi. Največ podatkov sem dobil od samostojnega serviserja. Pomoč sem si poiskal tudi na forumu slo-android.si, kjer sem iskal podobne naprave in komentarje zakaj do odpovedi sploh prihaja. HTC Desire je nova naprava, vseeno pa sem nekaj informacij o aparatu le dobil. Število RPN nam da oceno o odpovedi najbolj kritičnih komponent in funkcionalnosti. Zmanjševanje RPN-jev nam izboljša oceno naprave. Nekaj izboljšav sem tudi navedel v tabeli komponentne analize FMEA. Za primerjavo HTC Desire s podobnim aparatom HTC T-MOBILE G1 so v tabeli v oklepajih vidne nekatere manjše razlike pri faktorjih S, O, D in tako so RPN-ji tudi malo spremenjeni.



## 7. Zaključek

Z vidika povprečnega uporabnika smo najprej pregledali zunanost, kontrolne tipke, načine upravljanja ter vse njene funkcije. Ugotovili smo, da je izdelava naprave na visokem nivoju, da je izredno zmogljiva kar se tiče funkcionalnosti, saj združuje sposobnosti mobilnega telefona, dlančnika, GPS navigacijskega sistema, glasbenega predvajalnika in snemalnika ter fotoaparata oz. videokamere, na drugi strani pa, da so največje slabosti velikost ter izredno omejeno trajanje baterije, ki bi lahko bila močnejša. Nato smo poiskali natančne specifikacije tako strojne, kot programske opreme.

Ko so bili vsi zgoraj opisani podatki na razpolago, smo začeli zmogljivostno analizo naprave. Opravili smo pet tipov analize: MIL (hardware) analizo, statično analizo programske opreme, markovsko analizo, FTA analizo (Fault Tree Analysis) ter FMEA analizo (Failure Mode and Effect Analysis). Vsi pridobljeni rezultati so okvirni zato jih bralec ne sme jemati dobesedno. To je predvsem zaradi neizkušenosti pri uporabi zgoraj naštetih metod ter programov in zaradi velikih težav pri pridobivanju natančnih ter zanesljivih podatkov o napravi oz. vplivnih dejavnikih (npr. verjetnost, da naprava uporabniku pade na tla). Zaradi teh razlogov namen tega seminarja ni podajanje natančnih rezultatov ter izračunov ampak predvsem prikaz, kako se zgoraj omenjene analize opravlja, čemu koristijo – za kaj se jih uporablja, kakšne rezultate nam vračajo, ter katere lastnosti naprave razkrivajo.

Za natančnejše ugotovitve pri vsaki analizi naj si bralec ogleda posamezna poglavja v seminarju.

## 8. Literatura

- <http://lrs.fri.uni-lj.si/sl/teaching/rzd/default.asp?lc=sl>
- [http://lrs.fri.uni-lj.si/sl/teaching/rzd/seminars/RZD\\_HTC\\_G1\\_Porocilo.pdf](http://lrs.fri.uni-lj.si/sl/teaching/rzd/seminars/RZD_HTC_G1_Porocilo.pdf)
- <http://www.htc.com/www/product/desire/overview.html>
- <http://www.relex.com/>
- <http://www.testwell.com/>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion\\_battery](http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery)
- [http://ask-leo.com/can\\_a\\_usb\\_thumbdrive\\_wear\\_out.html](http://ask-leo.com/can_a_usb_thumbdrive_wear_out.html)
- <http://www.batteryuniversity.com/parttwo-34.htm>
- <http://searchwarp.com/swa89207.htm>