

**UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA**

**MAGISTRSKO DELO**

Marko Potokar

---

**UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA**

**MAGISTRSKO DELO**

**UPORABA TEORIJE MARKOVSKIH VERIG ZA IZPELJAVO  
KVANTITATIVNEGA MODELA ZA OCENO ZANESLJIVOSTI IN  
RAZPOLOŽLJIVOSTI AVTORIZACIJSKEGA PODSISTEMA  
BANČNIH AVTOMATOV IN PLAČILNIH TERMINALOV**

Ljubljana, december 2004

Marko Potokar

---

## IZJAVA

Študent Marko Potokar izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom prof. ddr. Ludvika Bogataja in skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne 01.11.2004

Podpis:

---

# KAZALO

|                                                                                                                                                       |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. UVOD.....                                                                                                                                          | str. 1  |
| 1.1 Obravnavana tematika – področje proučevanja.....                                                                                                  | str. 1  |
| 1.2 Namen in cilj ter metode dela.....                                                                                                                | str. 2  |
| 1.3 Struktura magistrskega dela.....                                                                                                                  | str. 2  |
| 2. PREDSTAVITEV PODJETJA.....                                                                                                                         | Str. 3  |
| 2.1 Splošno o podjetju.....                                                                                                                           | str. 3  |
| 2.2 Dejavnost podjetja.....                                                                                                                           | str. 4  |
| 2.3 Poslanstvo in poslovanje.....                                                                                                                     | str. 8  |
| 2.4 Organiziranost in zaposleni.....                                                                                                                  | str. 11 |
| 3. TEORIJA MARKOVSKIH VERIG.....                                                                                                                      | str. 13 |
| 3.1 Osnove teorije verjetnosti.....                                                                                                                   | str. 13 |
| 3.2 Stohastični procesi.....                                                                                                                          | str. 15 |
| 3.3 Markovski procesi.....                                                                                                                            | str. 17 |
| 3.4 Markovske verige.....                                                                                                                             | str. 18 |
| 3.5 Ravnoesne porazdelitve.....                                                                                                                       | str. 21 |
| 4. ZANESLJIVOST IN RAZPOLOŽLJIVOST.....                                                                                                               | str. 23 |
| 4.1 Klasifikacija odpovedi.....                                                                                                                       | str. 24 |
| 4.2 Kvantitativne karakteristike zanesljivosti.....                                                                                                   | str. 25 |
| 4.3 Induktivna metoda zanesljivosti in razpoložljivosti sistema<br>brez upoštevanja popravil.....                                                     | str. 27 |
| 4.4 Induktivna metoda izračuna zanesljivosti in razpoložljivosti<br>sistema z upoštevanjem popravil – Markovski modeli.....                           | str. 30 |
| 4.4.1. Izpeljava obrazca za izračun MTTF sistema z dvema<br>ekvivalentnima enotama.....                                                               | str. 32 |
| 4.5 Deduktivna metoda izračuna zanesljivosti in razpoložljivosti sistema.....                                                                         | str. 33 |
| 5. OPIS INFORMACIJSKEGA SISTEMA DRUŽBE BANKART.....                                                                                                   | str. 37 |
| 5.1 Splošni opis IS.....                                                                                                                              | str. 38 |
| 5.2 BA avtorizacijski podsistem.....                                                                                                                  | str. 43 |
| 5.3 POS avtorizacijski podsistem.....                                                                                                                 | str. 44 |
| 5.4 Strojna in programska oprema avtorizacijskega podsistema.....                                                                                     | str. 45 |
| 5.4.1 Avtorizacijski računalnik HP Nonstop Server.....                                                                                                | str. 46 |
| 5.4.2 Aplikacija BASE24 in pripadajoča programska oprema.....                                                                                         | str. 48 |
| 6. ZAJEM PODATKOV ZA IZRAČUN ZANESLJIVOSTI IN RAZPOLOŽLJIVOSTI.....                                                                                   | str. 53 |
| 6.1 Aplikacija za vodenje evidence motenj in izpadov IS.....                                                                                          | str. 53 |
| 6.2 Grafični vmesnik – obrazci za vnos izrednih dogodkov.....                                                                                         | str. 54 |
| 6.3 Sistemski dnevnik avtorizacijskega računalnika.....                                                                                               | str. 59 |
| 6.4 Pregled sistema dnevnika.....                                                                                                                     | str. 60 |
| 7. PREDSTAVITEV MODELOV ZA IZRAČUN ZANESLJIVOSTI IN<br>RAZPOLOŽLJIVOSTI AVTORIZACIJSKEGA PODSISTEMA<br>BANČNIH AVTOMATOV IN PLAČILNIH TERMINALOV..... | str. 63 |

---

|                                                                                                                                               |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 7.1 Avtorizacijski podsistem bančnih avtomatov.....                                                                                           | str. 64 |
| 7.1.1 Prikaz – shema modela.....                                                                                                              | str. 64 |
| 7.1.2 Osnovni gradniki – elementi.....                                                                                                        | str. 64 |
| 7.1.3 Definicija stanj.....                                                                                                                   | str. 65 |
| 7.1.4 Izračun $\lambda$ in $\mu$ .....                                                                                                        | str. 66 |
| 7.1.5 Izračun $MTTF_B$ in stacionarne razpoložljivosti $A_B$ .....                                                                            | str. 67 |
| 7.2 Avtorizacijski podsistem plačilnih terminalov.....                                                                                        | str. 68 |
| 7.2.1 Prikaz – shema modela.....                                                                                                              | str. 68 |
| 7.2.2 Osnovni gradniki – elementi.....                                                                                                        | str. 69 |
| 7.2.3 Definicija stanj.....                                                                                                                   | str. 69 |
| 7.2.4 Izračun $\lambda$ in $\mu$ .....                                                                                                        | str. 71 |
| 7.2.5 Izračun $MTTF_P$ in stacionarne razpoložljivosti $A_P$ .....                                                                            | str. 72 |
| 7.3 Ocena izračunanih parametrov zanesljivosti in razpoložljivosti avtorizacijskih podsistemov bančnih avtomatov in plačilnih terminalov..... | str. 72 |
| 8. SKLEP.....                                                                                                                                 | str. 74 |
| 9. LITERATURA.....                                                                                                                            | str. 75 |
| 10. VIRI.....                                                                                                                                 | str. 78 |
| 11. PRILOGE                                                                                                                                   |         |
| Priloga 1:Prehodna matrika za avtorizacijski podsistem bančnih avtomatov $\underline{P}_B$ .....                                              | str. 1  |
| Priloga 2:Prva vrstica matrike $[\underline{Q}_B^*]^{-1}$ .....                                                                               | str. 7  |
| Priloga 3:Delujoča stanja zadnje vrstice matrike $[\underline{Q}_{AB}]^{-1}$ .....                                                            | str. 8  |
| Priloga 4:Prehodna matrika za avtorizacijski podsistem plačilnih terminalov $\underline{P}_P$ .....                                           | str. 9  |
| Priloga 5:Prva vrstica matrike $[\underline{Q}_P^*]^{-1}$ .....                                                                               | str. 15 |
| Priloga 6:Delujoča stanja zadnje vrstice matrike $[\underline{Q}_{AP}]^{-1}$ .....                                                            | str. 16 |

# 1. UVOD

S prehodom v novo tisočletje smo s seboj pripeljali tudi zavest o vedno bolj intenzivnem razvoju informacijske tehnologije, ki nas spremlja na vsakem koraku, tako v profesionalnem, kot osebnem življenju. V današnjem svetu tržnega gospodarstva in vse močnejše konkurence je za podjetja bistvenega pomena, da strankam ponudijo kakovostne in hitre storitve, ki morajo hkrati zadovoljiti kar največ njihovih potreb in želja. Želja je seveda ponuditi kar največ in biti ves čas korak pred konkurenco, saj je to eden izmed osnovnih pogojev za uspešno poslovanje podjetja.

## *1.1 Obravnavana tematika – področje proučevanja*

Informacije in informacijski sistemi (IS), ki jih podpirajo, so pomembna podpora poslovanju vsakega podjetja. Njihova razpoložljivost in zanesljivost, ravno tako pa tudi neoporečnost in zaupnost, so lahko bistvene za vzdrževanje konkurenčnosti, finančnih tokov, donosnosti, zakonitosti in ugleda podjetja. Informacijski sistemi postajajo vse bolj kompleksni, s tem pa tudi težje nadzorljivi in obvladljivi. Še težje je napovedovanje njihovega delovanja v prihodnosti, pri čemer naletimo na naslednja vprašanja: kdaj lahko pričakujemo motnjo oziroma zastoj v njihovem delovanju; s kakšno verjetnostjo; koliko časa bo trajala odprava napake; je bolje sistem predimenzionirati in če, v kakšni meri...

Na srečo glede 'napovedovanja' prihodnosti le nismo tako nebogljeni, kot se zdi na prvi pogled. Obstaja namreč področje matematične teorije, na podlagi katerega je moč razviti ustrezne matematične modele realnih informacijskih sistemov, s katerimi si lahko tudi v praksi pomagamo pri ocenjevanju razpoložljivosti in zanesljivosti njihovega delovanja.

Magistrsko delo se tako loteva predmeta matematičnega modeliranja in ustrezne izpeljave modela za oceno razpoložljivosti in zanesljivosti obstoječega informacijskega sistema.

Za učinkovito upravljanje informacijske tehnologije (IT) tako ni dovolj le popolno razumevanje tehničnih karakteristik, operacijskih sistemov in programske opreme, temveč moramo dobro poznati tudi odnose med posameznimi elementi sistema; samo tako bomo namreč lahko razvili ustrezne modele, ki odražajo dejanski (konkretni) informacijski sistem.

Seveda ni dovolj, da model postavimo enkrat za vselej. Gre namreč za proces, ki se pravzaprav nikoli ne konča, saj je okolje, v katerem deluje informacijski sistem, spremenljivo in zahteva nenehno spremljanje in prilagajanje. Zato ima izreden pomen planiranje in upravljanje zanesljivosti in razpoložljivosti skozi celoten življenjski cikel informacijskega sistema, od začetne faze načrtovanja, implementacije, do samega delovanja sistema. Skozi spremljanje sistema pa ugotavljamo spremembe in potencialno potrebo po obnavljanju in dopolnjevanju procesa zagotavljanja zanesljivosti in razpoložljivosti.

## ***1.2 Namen in cilj ter metode dela***

Namen magistrskega dela je pokazati uporabo matematične teorije kot sredstva za izpeljavo modela za oceno zanesljivosti in razpoložljivosti konkretnega (realnega) informacijskega sistema.

Cilj magistrskega dela je postavitve matematičnega modela za oceno zanesljivosti in razpoložljivosti konkretnega (realnega) informacijskega sistema in izračun njegovih pglavitnih parametrov (zanesljivost in razpoložljivost), kateri temelji na empiričnih (izkustveno pridobljenih) podatkih.

Pričakujemo lahko, da bo imel razviti model naslednji dve lastnosti:

1. razširljivost (tako bo uporaben tudi za razvijajoče se sisteme)
2. prenosljivost (s tem razširimo področje njegove uporabnosti tudi na druge sisteme)

Kot pri vsakem reševanju praktičnega problema, je osnovni pogoj sistematičen pristop. Tako je moje delo potekalo v več fazah:

- Definicija problema - predmeta proučevanja (zanesljivost in razpoložljivost IS)
- Študij strokovne literature o zanesljivosti in razpoložljivosti IS
- Pregled interne strokovne literature o postavitvi in delovanju obravnavanega IS
- Uporaba lastnih pridobljenih znanj (z delom razvojnika na obravnavanem IS)
- Analiza obstoječega IS
- Postavitev matematičnega modela za oceno razpoložljivosti in zanesljivosti proučevanega IS
- Operativni zajem podatkov za izračun
- Obdelava zajetih podatkov
- Izračun rezultatov
- Interpretacija in ocena rezultatov

V splošnem so zajete metode analize, sinteze in evalvacije.

## **1.3 Struktura magistrskega dela**

Magistrsko delo je strukturirano tako, da je za lažjo predstavo in razumevanje pomembnosti problema razpoložljivosti in zanesljivosti avtorizacijskega podsistema, v drugem poglavju skozi opis dejavnosti, poslanstva in poslovanja ter organiziranosti, najprej predstavljeno samo podjetje. Naslednji dve poglavji predstavljata teoretični del magistrskega dela, kjer je podana teorija markovskih procesov in verig ter teorija zanesljivosti in razpoložljivosti. Peto, šesto in sedmo poglavje predstavljajo empirični del magistrskega dela. V petem in šestem poglavju so opisani informacijski sistem družbe, viri podatkov za izračun parametrov zanesljivosti in razpoložljivosti avtorizacijskega podsistema in način njihovega zajema. Sedmo poglavje obsega kvantitativni model avtorizacijskega podsistema z vidika zanesljivosti in razpoložljivosti ter izračun parametrov zanesljivosti in razpoložljivosti.

## **2. PREDSTAVITEV PODJETJA**

### **2.1 Splošno o podjetju**

Družba Bankart svoje storitve s področja procesiranja kartičnega in bankomatskega poslovanja ter POS terminalov nudi vsem bankam in drugim finančnim institucijam v Sloveniji, pa tudi zainteresiranim nebančnim organizacijam. Uporabnikom svojih storitev zagotavlja tudi podatke za izvrševanje plačil na osnovi plačilnih in posojilnih kartic in izvaja avtorizacije transakcij ter servis samopostrežnih naprav in personalizacijo kartic (Bankart d.o.o., Letno poročilo, 2004).

Leta 1997 se je večina slovenskih bank odločila ustanoviti družbo za procesiranje plačilnih instrumentov. Namen ustanovitve družbe je bil zlasti zniževanje operativnih in razvojnih stroškov ter poenotenje na področju samopostrežnega in kartičnega poslovanja.

Družba Bankart je bila ustanovljena v okviru projekta 'Procesing', pričetega v letu 1997. Do konca tega leta sta bila izdelana Elaborat o ustanovitvi družbe za procesiranje plačilnih instrumentov in Pogodba o ustanovitvi družbe ter zaključeno usklajevanje pogodb o procesiranju. Ustanovna skupščina družbe Bankart je bila 12.12.1997, registracija družbe pa zaključena 05.02.1998. Novo ustanovljena družba Bankart je pričela z rednim poslovanjem 01.04.1998.

Od pričetka poslovanja družba zagotavlja celovitejši, hitrejši in enovitejši razvoj tehnologije, potrebne za opravljanje storitev s sodobnimi plačilnimi instrumenti, bistveno prispeva k standardizaciji strojne opreme za opravljanje kartičnih in bankomatskih storitev, dolgoročno pa k zniževanju operativnih stroškov in stroškov nadaljnjega razvoja tovrstnega poslovanja. Zagotavlja tudi enotne povezave s tujimi avtorizacijskimi centri (Europay, Visa ...).

Danes družba zaposluje že blizu 160 sodelavcev, kar je še enkrat toliko kot ob ustanovitvi. Bankart je svojo osnovno dejavnost do sedaj opravljal le na domačem trgu in si v nekaj več kot petih letih utrdil položaj vodilnega procesnega centra v Sloveniji. Z dokončanjem osnovnih infrastrukturnih projektov se odpirajo tudi možnosti za nastop na tujih trgih.

Domači trg na segmentu procesiranja za banke trenutno obvladujejo štirje procesni centri. Ocena trenutnega deleža Bankarta na trgu procesiranja v odstotkih po posameznih segmentih je razvidna iz *Tabele 1*.



*Tabela 1: tržni delež Bankarta (v %)*

|             | Plačilne kartice<br>(debetne in kreditne) | Bančni avtomati | POS terminali |
|-------------|-------------------------------------------|-----------------|---------------|
| Banka Koper | 41,22                                     | -               | 41,4          |
| Plasis      | 2,14                                      | -               | 11,01         |
| Abanka      | 2,31                                      | -               | 5,51          |
| Bankart     | 54,33                                     | 100             | 42,08         |
| Ostali      | -                                         | -               | -             |

*(Vir informacij: Restructuring Card Processing Operations in Slovenia, March 2001 – Deloitte&Touche).*

Kot novi trgi se za Bankart kažejo trgi bivše Jugoslavije (predvsem so to Srbija, Črna gora, Kosovo, Makedonija ter Bosna in Hercegovina).

Pri bankah kot kupcih oziroma uporabnikih Bankartovih storitev je očitna težnja po čim nižjih cenah ter hkrati tudi po večji kakovosti in diferenciranosti storitev. V vlogi lastnikov imajo banke interes v doseganju ustreznega dobička in s tem povečevanju vrednosti enote vloženega kapitala.

Zaradi hitrega razvoja na področju sodobnega plačilnega prometa je potrebno nenehno strokovno izobraževanje, usposabljanje ter poglobljanje tehničnih, informacijskih in tehnoloških znanj, kar seveda zahteva ne le visoko usposobljen, ampak tudi visoko motiviran kader. Uvajalna doba novozaposlenih je praviloma zelo dolga zaradi potrebe po pridobitvi specifičnih znanj, ki jih na trgu kadrov v Sloveniji ni (velja predvsem za poslovne tehnologe in IT kader). Bankart mora zato voditi takšno kadrovsko politiko, da te kadre v naslednjih letih tudi obdrži in dodatno usposablja. Posebnost Bankarta (v primerjavi z bankami) je, da 33% zaposlenih dela v informacijski tehnologiji oziroma v poslovnih tehnologijah. Dejstvo je, da ta segment zaposlenih v vsebinskem smislu predstavlja bistvo Bankartovega razvojnega in konkurenčnega potenciala. Po drugi strani pa predstavlja ta segment zaposlenih 50% v skupnih stroških dela v Bankartu.

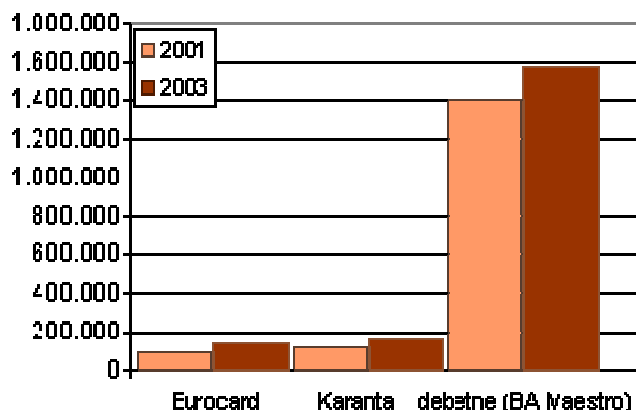
## **2.2 Dejavnost podjetja**

### *Procesiranje kartičnega poslovanja*

Bankart procesira kartice za Abanko Vipava d.d., Bank Austria Creditanstalt d.d., Banko Domžale d.d., Banko Zasavje d.d., Hypo Alpe Adria banka d.d., Koroško banka d.d., Novo Ljubljansko banka d.d., Probanka d.d., SKB banka d.d., Volksbank Ljudsko banka d.d., Delavsko hranilnico d.d., Kaerntner Sparkasse d.d. ter Hranilnico Ljubljana d.d. Za vse naštet

banke procesira debetne kartice, za večino naštetih bank pa tudi druge kartične produkte (Mastercard, Karanta). Na grafu *Graf 1* je prikazano število izdanih kartic v letu 2003.

*Graf 1: število izdanih kartic v letu 2003*



(Vir informacij: Bankart d.o.o., Letno poročilo, 2004)

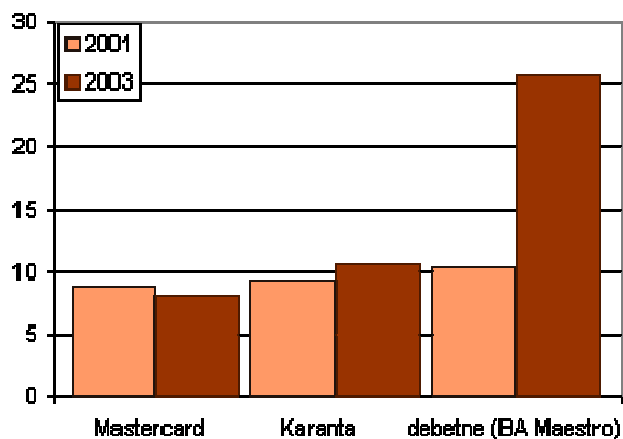
#### *Upravljanje mreže bančnih avtomatov*

Bankart upravlja mrežo bančnih avtomatov za praktično vse poslovne banke, ki so v Sloveniji dejavne na področju poslov s prebivalstvom. V to mrežo je poleg bank vključena tudi Hranilnica Lon d.d. V letu 2000 je Bankart postavil novo platformo za upravljanje mreže bančnih avtomatov, ki je med drugim omogočila enostavnejšo širitev obstoječih ter implementacijo novih storitev. Tako je sedaj možno na bančnih avtomatih dvigovati gotovino tudi z nekaterimi mednarodnimi karticami in kupovati GSM vrednostnice za polnjenje predplačniških računov mobilne telefonije.

Število bančnih avtomatov v BA mreži se stalno povečuje. Prav tako narašča število transakcij, opravljenih na teh bančnih avtomatih (*Graf 2*).

V mrežo bančnih avtomatov je dne 25.2.2004 vključenih 1255 bančnih avtomatov.

*Graf 2: število opravljenih transakcij v letu 2003 (v mio)*



*(Vir informacij: Bankart d.o.o., Letno poročilo, 2004)*

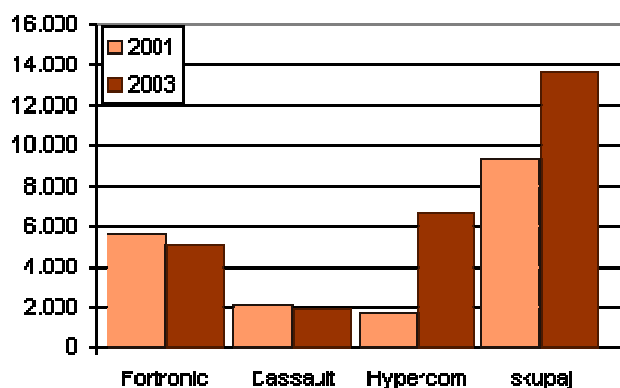
#### *Upravljanje mreže POS terminalov*

Bankart upravlja mrežo POS terminalov za Abanko Vipra d.d., Banko Domžale d.d., Koroško banko d.d., Novo Ljubljansko banko d.d., Probanko d.d. ter SKB banko d.d.

V mrežo je bilo na dan 31.12.2003 vključenih 12910 terminalov tipa Fortronic, Dassault in Hypercom. Število terminalov v mreži tako stalno narašča, čemur sledi tudi naraščanje obsega poslovanja.

V letu 2002 je Bankart z namenom povečanja varnosti uvedel verifikacijo PIN-a pri transakcijah na POS terminalih. V letu 2003 se je Bankart tehnološko in tehnično pripravil na uvedbo transakcij s čip karticami na POS terminalih.

Graf 3: število POS terminalov



Mreža POS terminalov na dan 31.12.2003:

- 5.099 terminalov Fortronic
- 1.870 terminalov Dassault
- 6.655 terminalov Hypercom

Bankart bo v letu 2004 nadgradil platformo za upravljanje mreže, ki bo vključevala tudi podporo za EMV standard za procesiranje čip kartic.

(Vir informacij: Bankart d.o.o., Letno poročilo, 2004)

#### Servis POS terminalov

Družba Bankart je novembra 1999 sklenila pogodbo o sodelovanju pri vzdrževanju POS terminalov (Technical Assistance Contract For EFT-POS Maintenance) s podjetjem Dassault a.t. iz Francije. Pogodba družbo pooblašča za izvajanje navedenih storitev v Sloveniji. Na osnovi te pogodbe in dogovorov, sklenjenih z nekaterimi bankami, je uvedla storitve instalacij, servisiranja in vzdrževanja POS terminalov omenjenega proizvajalca. Bankart servisira in vzdržuje nekaj nad 1.800 Dassault terminalov.

Bankart d.o.o je v začetku leta 2002 sklenila tudi pogodbo o sodelovanju pri vzdrževanju POS terminalov s podjetjem Hypercom iz ZDA. Njihovi POS terminali omogočajo PIN procesiranje in so skladni tudi z EMV standardi za procesiranje transakcij s čip karticami. V Bankart POS mreži izvajamo pospešeno nameščanje Hypercom terminalov. Bankart servisira in vzdržuje nekaj nad 6.600 Hypercom terminalov.

### 2.3 Poslanstvo in vizija ter poslovanje

Poslanstvo in vizija družbe je opredeljeno ob upoštevanju vidika vseh udeleženi v delovanju družbe Bankart in se glasi:

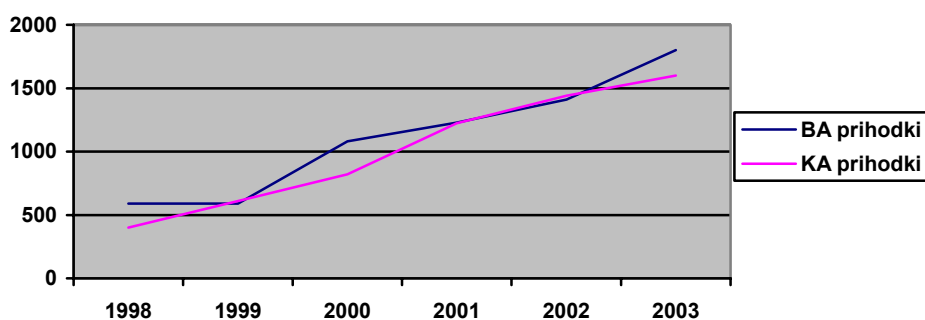
*“Dosegamo celovito zadovoljstvo uporabnikov svojih storitev, kontinuirano rast poslovanja in ohranjanje vrednosti enote kapitala družbe ter zaposlenim zagotavljamo spodbudno delovno okolje in socialno varnost.*

*Utrdili bomo svoj položaj vodilnega slovenskega procesnega centra. S ponudbo visokokakovostnih in tehnološko najzahtevnejših storitev bomo postali eden izmed najkvalitetnejših mednarodnih procesnih centrov v regiji.”*

Družba je uspešno zaključila dosedanja poslovna leta in dosegala v vseh obdobjih pozitivne poslovne rezultate. Ves čas poslovanja je za družbo pomenil hiter razvoj s spremljajočimi visokimi investicijami.

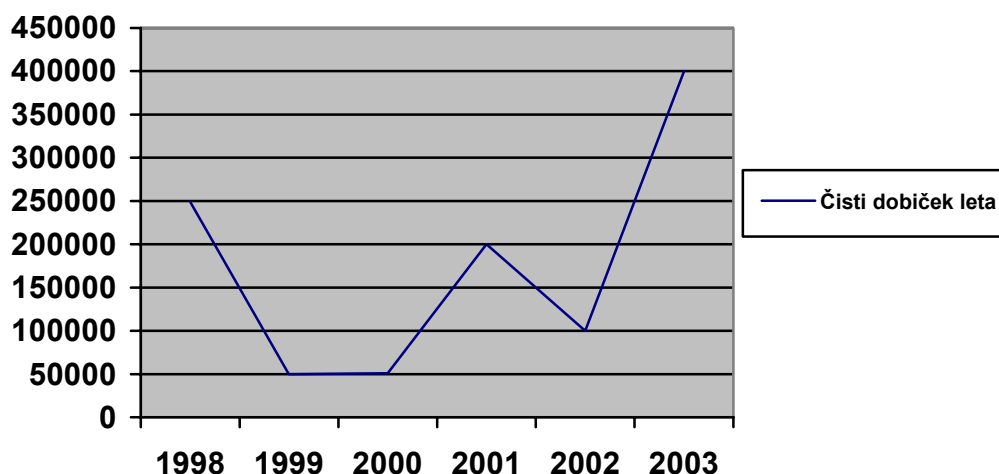
Prihodki družbe linijsko naraščajo od ustanovitve družbe dalje, kar je razvidno iz pričujočih grafov (Graf 4 in Graf 5).

Graf 4: bankomatski in kartični prihodki od ustanovitve družbe dalje (v mio sit)



(Vir informacij: Bankart d.o.o., Letno poročilo, 2004)

Graf 5: čisti dobiček po letih (v 000 sit)



(Vir informacij: Bankart d.o.o., Letno poročilo, 2004)

Družba je poslovanje v letu 2003 zaključila z dobičkom 398 mio sit. Načrtovani dobiček smo znantno presegli predvsem kot posledico racionalizacije poslovanja na delu stroškov in odhodkov ter z višjimi prihodki za 87 mio sit ali 2% nad planom. Višji dobiček je primeren način za izboljšanje kapitalske ustreznosti, hkrati pa je tudi pomemben vir financiranja finančno zahtevnih infrastrukturnih projektov v letu 2004, ki so usmerjeni predvsem v izboljšanje varnosti poslovanja.

V letu 2003 smo se v družbi posvetili izvedbi razvojnih dejavnosti, ki so imele za cilj, zagotoviti bolj zanesljivo in kakovostno delovanje celotnega sistema za procesiranje – od izdelave programskih orodij za bolj kvaliteten in hitrejši nadzor nad posameznimi elementi avtorizacijskega okolja, do zahtev Mastercarda in Vise po uvajanju novih standardov (EMV, 3DES), namenjenih predvsem povečanju varnosti poslovanja.

Uspešno združevanje najsodobnejših tehnologij in vrhunskih znanj strokovnjakov omogoča dolgoročno preseganje pričakovanj uporabnikov storitev, lastnikov in poslovnih partnerjev. Poleg strokovne specializacije zaposlene spodbujamo k nadaljevanju akademskega izobraževanja. Zaradi trenutnega sistema plač in nagrajevanja ter že opredeljenega omogočanja strokovnega in osebnostnega razvoja vsakega posameznika, v družbi do sedaj nismo imeli večjih problemov s pridobivanjem in zadržanjem ustreznih kadrov, kar dokazuje tudi resnično minimalna fluktuacija. Slednje bo v prihodnosti imelo še poseben pomen pri nadgrajevanju obstoječih in vpeljevanju novih tehnologij ter predvsem pri oblikovanju in realizaciji tržnih prednosti.

V Bankartu smo v letu 2003 realizirali naslednje projekte:

-v skladu z zahtevami Europay-a in Vise je bil začet projekt prilagajanja infrastrukture programske opreme za potrebe sprejemanja čip kartic na bančnih avtomatih in POS terminalih skladno s standardom EMV.

-osnovni del sistema za nadzor bančnih avtomatov v Bankartu je v produkciji že od začetka leta 2002, v marcu je bilo podprto mesečno poročanje o nedelovanju bankomatov, v maju pa je bil dodan še modul oziroma funkcionalnost avtomatskega obveščanja skrbnikov bankomatov preko e-pošte in faksov. V letu 2003 smo rešitev obveščanja skrbnikov bančnih avtomatov preko avtomatskega telefonskega odzivnika implementirali v produkcijsko okolje.

-kompleksnost infrastrukture, ki jo procesiramo, se iz leta v leto povečuje (stare in nove tehnološke rešitve na strani POS terminalov in bankomatov, povezave centralnega računalnika z drugimi procesorji, Viso, Mastercardom, American Expressom,...), zaradi česar je tudi nadzor celotnega sistema postajal težji, kompleksnejši in z vidika zagotavljanja kakovostnih storitev, tudi vedno bolj pomemben. Zaradi tega smo se odločili razviti programsko rešitev, ki je bistveno olajšala nadzor delovanja sistema, kar vpliva predvsem na hitrost odprave posameznih motenj in s tem na večjo razpoložljivost celotne infrastrukture.

-3DES šifrirna metoda – Mastercard in Visa predpisujeta uvedbo močnejših šifrirnih metod in sicer najprej na povezavi med avtorizacijskimi računalniki in omrežji mednarodnih kartičnih organizacij, v nadaljevanju pa tudi na komunikacijski poti med napravami (bankomati in POS terminali) in centralnimi računalniki, ki upravljajo z njimi (v našem primeru Tandem). Prvi del projekta je že zaključen.

-implementacija sistema Mastercom, ki omogoča avtomatizacijo in prejemanje spremne dokumentacije za specialne transakcije in reklamacije, katerih reševanje poteka preko Mastercarda. Na ta način smo zmanjšali potrebo po ročnem delu in s tem tudi možnost za morebitne napake.

V naslednjem planskem obdobju do leta 2006 je pred Bankartom nova razvojna faza, ki pomeni premik od izgradnje sistema k zanesljivejšemu poslovanju in s tem k dvigu kakovosti poslovanja. Po zaključku te faze se bomo usmerili k agresivnejšemu trženju priložnosti, ki jih je družba ustvarila v letih od svojega nastanka. Ob tem mora družba svojo vodilno vlogo v državi krečiti in pridobivati vidno mesto tudi onkraj meja Slovenije, zagotoviti dolgoročno rast in povečanje tržnega deleža. Dosegati mora zadovoljstvo kupcev s stalnim povečevanjem kvalitete in prilagajanjem ponudbe. Povečati mora produktivnost in zmogljivosti s spodbujanjem inoviranja, z izobraževanjem, izpopolnjevanjem ter stimuliranjem, ob vsem tem pa dosecati dobiček, potreben za financiranje infrastrukturnih nadgradenj, obnove osnovnih sredstev in spremljajočih licenčnih stroškov, ki ju narekujejo rast in razvoj.

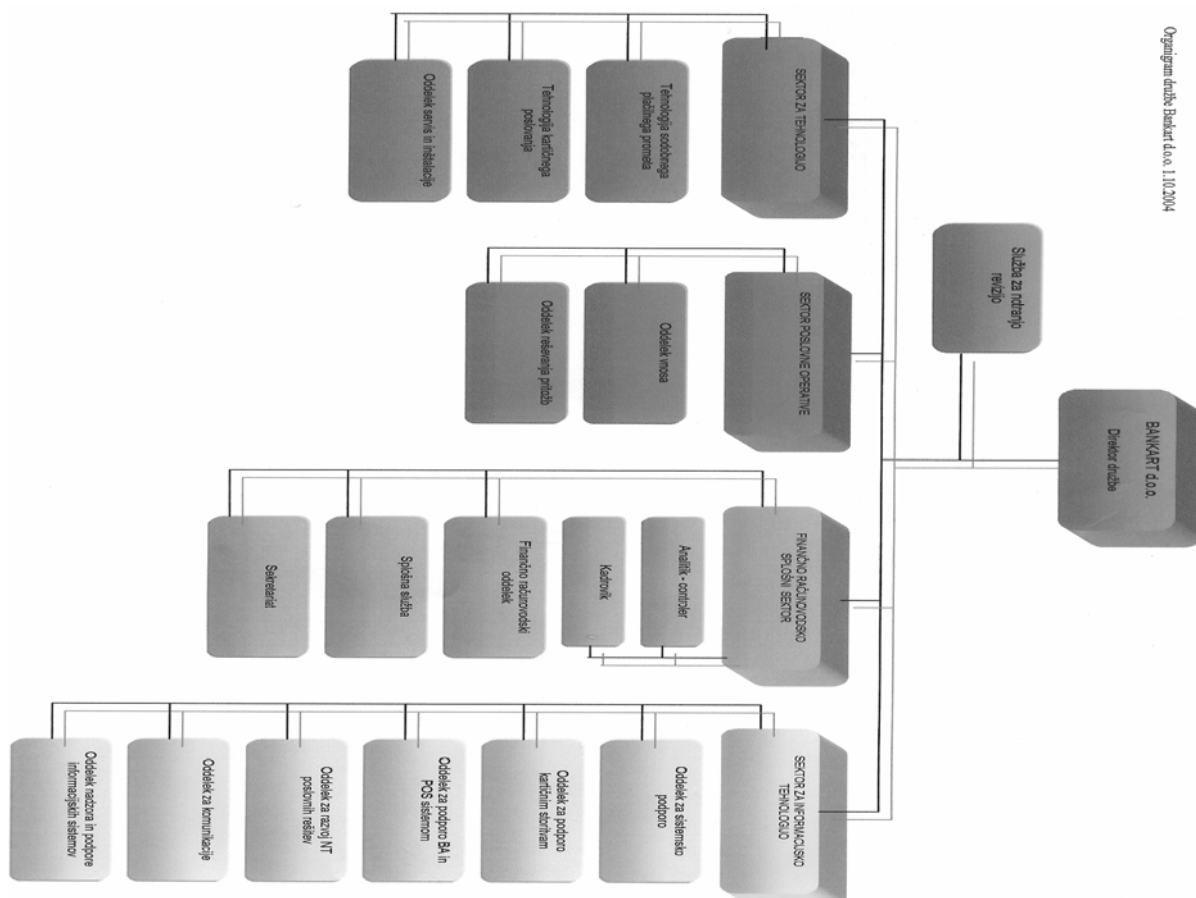
Bodoči projekti, ki bodo vsebinsko in finančno zahtevni, načeloma ne bodo več usmerjeni v reševanje osnovnih infrastrukturnih zahtev, pač pa v dvig kakovosti in zanesljivosti poslovanja (Disaster recovery) ali izpolnjevanje zahtev, ki jih narekujejo nove tehnologije oziroma standardi in zakonodaja.

## 2.4 Organiziranost in zaposleni

### Organiziranost

Osnovna organizacijska struktura Bankarta je klasična in sorazmerno toga. Vprašanje vzpostavitve in ohranjanja ravnotežja med kontinuiteto in inovativnostjo Bankart rešuje s kombinacijo obstoječe organizacijske strukture in projektnim ustvarjalnim sistemom. Takšne projektne organizacijske enote prekrivajo vse sektorje, vanje pa je vključenih večina zaposlenih tako, da lahko govorimo o vzporedni strukturi. Prva struktura je primerna za produkcijski vidik dejavnosti družbe, medtem ko se druga kaže koristna za inovativni in ustvarjalni del dejavnosti. Organizacijska struktura je prikazana na *Sliki 1*.

*Slika 1: organigram družbe*



(Vir informacij: Bankart d.o.o., Interni pravilniki, oktober 2004)



## *Zaposleni*

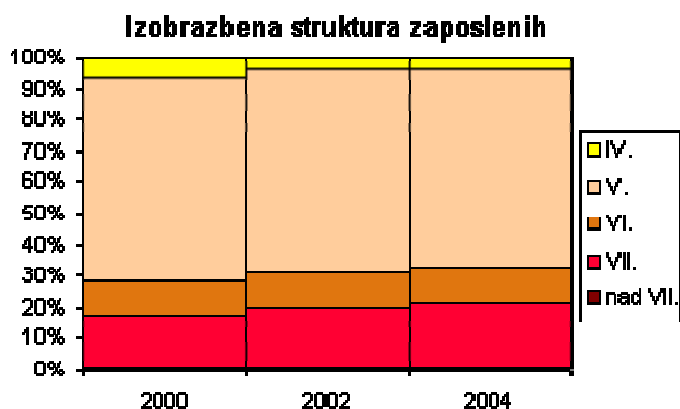
Ob ustanovitvi družbe je bilo v njej skupaj zaposlenih 87 sodelavcev. Danes družba zaposluje že 155 sodelavcev. Po organizacijski plati družbo sestavljajo štirje sektorji: Sektor poslovne operative, Sektor za samopostrežno poslovanje, Finančno računovodski sektor in Sektor za informacijsko tehnologijo.

V Bankartu se zaposlenim strokovnim delavcem odpira možnost poglobljanja specifičnih znanj, vodstvo pa ob vodenju prožne kadrovske in izobraževalne politike skrbi za razvoj obstoječih kadrov in zaposluje nove, visoko izobražene ter usposobljene delavce. Zaradi hitrega razvoja na področju sodobnega plačilnega prometa bo potrebno nenehno strokovno izobraževanje, usposabljanje ter poglobljanje tehničnih, informacijskih in tehnoloških znanj, kar seveda zahteva ne le visoko usposobljen, ampak tudi visoko motiviran kader.

### **Izobrazbena struktura zaposlenih v Bankartu**

|                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| <b>VIII. stopnja izobrazbe</b>        | <b>-----1</b>    |
| <b>VII. stopnja izobrazbe</b>         | <b>----- 30</b>  |
| <b>VI. stopnja izobrazbe</b>          | <b>-----17</b>   |
| <b>V. stopnja izobrazbe</b>           | <b>----- 102</b> |
| <b>IV. stopnja in nižja izobrazba</b> | <b>----- 6</b>   |

*Graf 6 : Izobrazbena struktura zaposlenih*



*(Vir informacij: Bankart d.o.o., Letno poročilo, 2004)*

### 3. TEORIJA MARKOVSKIH VERIG

#### 3.1 Osnove teorije verjetnosti

*Poskus* je vsako dejanje, ki ga opravimo v natanko določenih pogojih. Za vsak *poskus* obstaja množica  $S$ , ki vsebuje vse možne izide poskusa (Jamnik, 1987, Čibej, 1995).

*Dogodek*  $A$  imenujemo pojav, ki se lahko v posameznem poskusu zgodi ali pa tudi ne.

Dogodek  $\bar{A}$  je *nasproten dogodek dogodka*  $A$ , če vsebuje možne izide, ki niso zajeti v  $A$ .

Dogodki  $A_1, A_2, \dots, A_n$  so *nezdružljivi*, če nimajo skupnih izidov; za  $i \neq j$  ( $i=1, 2, \dots, n$  in  $j=1, 2, \dots, n$ )  $\Rightarrow A_i \cap A_j = \emptyset$ .

Kvantitativna ocena za možnost, da se dani *slučajni dogodek*  $A$  pojavi, je njegova *verjetnost*  $P(A)$ .

Če more pri nekih pogojih nastopiti eden izmed  $n$  *nezdružljivih slučajnih dogodkov*, pri čemer ni nikakršnih osnov za pričakovanje, da ima eden med njimi prednost pred drugimi, pravimo, da imajo dogodki *enako verjetnost*  $p=1/n$ .

Če se *slučajni dogodek*  $A$  pojavlja kot posledica poljubnega izmed  $m$  dogodkov pri skupnem številu  $n$  vseh možnih dogodkov (*nezdružljivih in enako verjetnih*), imenujemo *verjetnost dogodka*  $A$  število  $m/n$ .

Velja:

1.  $P(A) \geq 0; \forall A$
2.  $P(A) = S \Leftrightarrow P(A) = 1$
3.  $P(\bar{A}) = 1 - P(A)$
4.  $A_1, A_2, \dots, A_n$  *nezdružljivi*  $\Rightarrow P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n) = \sum_{k=1}^{k=n} P(A_k)$
5.  $A_1, A_2, \dots, A_n$  *nezdružljivi*  $\Rightarrow P(A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n) = \prod_{k=1}^{k=n} P(A_k)$

*Definicija:*

*Slučajna spremenljivka*  $X$  je spremenljivka, katere vrednost je odvisna od slučaja.

Za karakterizacijo *slučajne spremenljivke* je potrebno vedeti za skupnost vrednosti, ki jih ta količina zavzame, pa tudi verjetnosti, s katero te vrednosti nastopajo. Ti podatki sestavljajo *zakon porazdelitve slučajne spremenljivke*. Če *slučajna spremenljivka*  $X$  lahko zavzame poljubno vrednost iz nekega intervala  $(a,b)$ , je verjetnost, da *slučajna spremenljivka*  $X$  zavzame katerokoli določeno vrednost, enaka nič, ker je število slučajev, ki se lahko pojavijo, neskončno.

*Definicija:*

Funkcijo  $F(x)$ , ki podaja verjetnost, da je vrednost slučajne spremenljivke  $X \leq x$ , imenujemo **porazdelitvena funkcija**.

*gostota porazdelitve verjetnosti*  $f(x)$

Če upoštevamo, da je za vsak majhen del na intervalu  $(a,b)$  dopustnih vrednosti spremenljivke  $X$ , verjetnost, da pade  $X$  na ta del, prenosorazmerna njegovi dolžini, lahko karakteriziramo *slučajno spremenljivko*  $X$  s tem, da povemo verjetnost  $f(x)dx$  za to, da je  $x < X < x+dx$ . Funkcijo  $f(x)$  imenujemo **gostoto porazdelitve verjetnosti** za *slučajno spremenljivko*  $X$ . Iz adicijskega izreka verjetnosti sledi, da je verjetnost, da pade  $X$  v interval od  $x_0$  do  $x_1$ , enaka:

$$\int_{x_0}^{x_1} f(x)dx.$$

Ker ima *slučajna spremenljivka* vedno neko vrednost, velja:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1.$$

*Definicija:*

Če lahko slučajna spremenljivka  $X$  zavzame vrednosti  $x_1, x_2, \dots, x_n$  z verjetnostmi  $p_1, p_2, \dots, p_n$ , imenujemo  $E(X)$  **povprečno vrednost** spremenljivke  $X$  (matematično upanje):

$$E(X) = \sum_{i=1}^n p_i x_i; \text{ če je } X \text{ diskretna}$$

$$E(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx; \text{ če je } X \text{ zvezna}$$

*Definicija:*

**Varianca slučajne spremenljivke** je mera razpršenosti spremenljivke  $X$  okrog povprečne vrednosti  $E(X)$  in je enaka:

$$\text{var } X = \sum_{i=1}^n p_i [x_i - E(X)]^2 ; \text{ če je } X \text{ diskretna}$$

$$\text{var } X = \int_{-\infty}^{+\infty} [x - E(X)]^2 f(x) dx ; \text{ če je } X \text{ zvezna}$$

Velja:  $\text{var } X = E(X^2) - E(X)^2$

*Definicija:*

**Standardna deviacija** je enaka kvadratnemu korenu variance:  $\sigma_x = (\text{var } X)^{1/2}$ .

### 3.2 Stohastični procesi

Stohastični (slučajni) procesi so procesi, ki potekajo v skladu z zakonom verjetnosti. Začetki teorije stohastičnih procesov segajo v leta 1905-1918, ko so jo prvi začeli razvijati A. Einstein in W. Smoluchowsky ob raziskavah Brownovega gibanja, W. Shottky pri opazovanju šuma v elektronkah in A. K. Erlang pri študiju telefonskega prometa. Matematične osnove teorije stohastičnih procesov je izdelal A. N. Kolmogorov leta 1931 (Hudoklin, 1986, str. 5).

Veliko realnih procesov kaže značilnosti stohastičnih procesov, zato je poznavanje njihovega mehanizma pomembno za razumevanje situacij, ki v praksi nastopajo. Spekter področij aplikacije stohastičnih procesov je izredno širok, saj zajema tako znanstveno kot tehnološko in organizacijsko problematiko. Ena izmed pomembnih aplikacij teorije stohastičnih procesov je teorija množične strežbe, s pomočjo katere lahko obravnavamo vrsto organizacijskih problemov pri prometu, telekomunikacijah, vzdrževanju strojev in naprav, planiranju zalog, vključevanju računalnikov v proizvodne in poslovne procese ipd. Izsledke teorije stohastičnih procesov lahko uporabimo tudi pri projektiranju sistemov kontrole kakovosti, pri analizi zanesljivosti sistemov, analizi časovnih vrst, študiju širjenja informacij in študiju izobraževalnih sistemov.

*Definicija:*

**Stohastični proces** je družina realnih slučajnih spremenljivk  $X_t$ , definiranih za vrednosti parametra  $t$ , ki so elementi neke množice  $T$ .

Definicije (Vidav, 1985, str. 31):

**Preslikava**  $f$  je predpis, ki vsakemu elementu  $x \in A$  priredi natanko en element  $f(x) \in B$ :

$$f: A \rightarrow B$$

$$f: x \mapsto f(x)$$

Preslikava  $f$ , ki slika iz množice  $A$  na množico  $B$ , je **surjektivna**, kadar je  $f(A) = B$ .

Preslikava  $f$  je **injektivna**, če iz  $x_1 \neq x_2$  ( $x_1, x_2 \in A$ ) sledi  $f(x_1) \neq f(x_2)$ .

Preslikava je **bijektivna**, če je injektivna in surjektivna.

Množica je **končna**, če vsebuje končno število elementov.

Množica  $A$  je **šteвно neskončna**, če obstaja bijektivna preslikava, ki slika iz množice naravnih števil  $N$  na množico  $A$  ( $f: N \rightarrow A$ ).

Množica je **števna**, če je končna ali števno neskončna.

Kadar je množica  $T$  števna, govorimo o stohastičnem procesu z diskretnim parametrom, kadar pa je  $T$  končen ali neskončen interval, imamo stohastični proces z zveznim parametrom. Parameter  $t$  je lahko čas ali kaka druga spremenljivka, npr. krajevna koordinata.

Oznaki:

$\{X_n\}; n = 0, 1, 2, \dots$  - stohastični proces v diskretnem času

$\{X(t)\}; t \geq 0$  - stohastični proces v zveznem času

Definiciji:

Množico vseh možnih vrednosti, ki jih lahko zavzamejo slučajne spremenljivke procesa  $\{X_n\}$  ali  $\{X(t)\}$ , imenujemo **prostor stanj procesa**.

Prostor stanj je **diskreten**, če vsebuje končno ali števno neskončno število elementov, sicer je **zvezen**.

Prostor stanj je lahko enodimenziionalen ali večdimenziionalen.

Glede na to, kakšen je čas in kakšen je prostor stanj, razdelimo enodimenzionalne stohastične procese na naslednje štiri skupine (Hudoklin, 1986, str.7):

- 1) procesi v diskretnem času z diskretnim prostorom stanj
- 2) procesi v zveznem času z diskretnim prostorom stanj
- 3) procesi v diskretnem času z zveznim prostorom stanj
- 4) procesi v zveznem času z zveznim prostorom stanj

### 3.3 Markovski procesi

Markovski procesi so posebna vrsta stohastičnih procesov. Z njimi lahko opišemo veliko realnih situacij. Ime so dobili po ruskem matematiku A. A. Markovu, ki je leta 1907 vpeljal končne markovske verige.

Vzemimo stohastični proces  $\{X_n\}; n = 0, 1, 2, \dots$ . Verjetnostno porazdelitev  $X_n$  označimo z  $p_{X_n}(x)$ . Če je prostor stanj procesa diskreten, je porazdelitev  $p_{X_n}(x)$  definirana z enačbo (Hudoklin, 1986, str. 9):

$$p_{X_n}(x) = P(X_n = x)$$

Če pa je prostor stanj zvezen, imamo relacijo:

$$p_{X_n}(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} P(x < X_n \leq x + \Delta x) / \Delta x$$

*Oznaki:*

$p_{X_n}(x | X_m = y)$  pomeni verjetnost, da je v času  $n$  zasedeno stanje  $x$  pri pogoju, da je bilo v času  $m$  zasedeno stanje  $y$

$p_{X_n}(x | X_m = y, X_l = z)$  pomeni verjetnost, da je v času  $n$  zasedeno stanje  $x$  pri pogoju, da je bilo v času  $m$  zasedeno stanje  $y$ , v času  $l$  pa stanje  $z$ .

*Definicija:*

*Stohastični proces v diskretnem času je markovski, če velja za poljubne čase  $\dots l < m < n$  naslednja enačba:*

$$p_{X_n}(x | X_m = y, X_l = z, \dots) = p_{X_n}(x | X_m = y)$$

Pogojna verjetnostna porazdelitev slučajne spremenljivke  $X_n$  je pri markovskem procesu odvisna le od najpoznejšega znanega stanja, ne pa od stanj procesa v prejšnjih časih. Lahko

rečemo, da markovski proces nima spomina in je za napoved obnašanja procesa v prihodnosti potrebno poznati sedanjost, ne pa preteklosti.

Definicijo markovskega procesa v zveznem času dobimo, če v zgornji enačbi zamenjamo  $X_t$ ,  $X_m$ ,  $X_n$  po vrsti z  $X(t)$ ,  $X(u)$ ,  $X(v)$  za  $t < u < v$ :

$$p_{X_v}(x | X(u) = y, X(t) = z, \dots) = p_{X_v}(x | X(u) = y)$$

### 3.4 Markovske verige

*Markovske verige* so markovski procesi z diskretnimi stanji v diskretnem času (Hudoklin, 1986, str. 13). Število stanj je lahko končno ali števno neskončno. Markovska veriga je definirana z množico diskretnih slučajnih spremenljivk  $\{X_n\}$ ;  $n = 0, 1, 2, \dots$ . Če poznamo vrednost  $X_m$  v poljubnem trenutku  $m$ , je v nekem poznejšem trenutku  $m+n$  verjetnostna porazdelitev  $X_{m+n}$  popolnoma določena. Poznavanje vrednosti v časih, manjših od  $m$ , ni potrebna in zapišemo lahko:

$$P(X_{m+n} = j | X_m = i, X_{m-1} = h, X_{m-2} = g, \dots) = P(X_{m+n} = j | X_m = i) \quad (1)$$

Markovske verige s končnim številom stanj imenujemo **končne**, s števno neskončnim številom stanj pa **neskončne** markovske verige.

Markovska veriga je **časovno homogena**, ali kratko **homogena**, če je pogojna verjetnost (1) odvisna le od širine časovnega intervala  $n$ , ne pa od časa  $m$ . Velja:

$$P(X_{m+n} = j | X_m = i) = P(X_n = j | X_0 = i); m = 1, 2, \dots; n = 1, 2, \dots \quad (2)$$

Pogojno verjetnost (2), da je bilo na začetku opazovanja zasedeno stanje  $i$ , v času  $n$  pa stanje  $j$ , imenujemo verjetnost prehoda iz stanja  $i$  v stanje  $j$  v času  $n$  (v  $n$  korakih). Označimo jo s simbolom :

$$p_{ij}^{(n)} = P(X_{m+n} = j | X_m = i)$$

Verjetnost prehoda v enem koraku  $p_{ij}^{(1)}$  označimo s  $p_{ij}$ .

*Definicija* (Devlin, 1993, str. 109):

*Matrika je pravokotna tabela elementov (ki so lahko, ko gre za naše primere, racionalna ali realna števila), običajno napisana v oklepajih.*

Pri končni markovski verigi s prostorom stanj  $S = \{0, 1, 2, \dots, N\}$  je  $(N+1)^2$  verjetnosti prehodov iz enega stanja verige v drugo. Vrednosti zapišemo s **prehodno matriko**  $\underline{P}$ :

$$\underline{P} = \{p_{ij}\} = \begin{bmatrix} p_{00} & p_{01} & \cdot & p_{0N} \\ p_{10} & p_{11} & \cdot & p_{1N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{N0} & p_{N1} & \cdot & p_{NN} \end{bmatrix}$$

Začetna stanja se spreminjajo po vrsticah, končna pa po stolpcih.

Vsaka prehodna matrika je **stohastična matrika** z naslednjimi lastnostmi:

- a) elementi matrike so nenegativni
- b) vsota členov v posamezni vrstici matrike je enaka 1
- c) matrika je kvadratna

Za izračun verjetnosti, da bodo zasedena posamezna stanja homogene markovske verige v poljubnem času, moramo poleg prehodne matrike poznati še verjetnostno porazdelitev za zasedbo stanj na začetku opazovanja. Začetno verjetnostno porazdelitev zapišemo s:

$$\underline{p}^{(0)} = [p_0^{(0)}, p_1^{(0)}, p_2^{(0)}, \dots]$$

$\underline{p}^{(0)}$  je vrstični vektor, katerega komponente  $p_i^{(0)}$  predstavljajo verjetnosti, da je na začetku opazovanja ( $t=0$ ) zasedeno stanje  $i$ :

$$P(X_0 = i) = p_i^{(0)}; i = 0, 1, 2, \dots$$

Verjetnosti posameznih stanj sistema v času  $t=1$  z dano prehodno matriko  $\underline{P}$  in začetno verjetnostno porazdelitvijo  $\underline{p}^{(0)}$  izračunamo tako, da upoštevamo vsa možna stanja pred prehodom v novo stanje in vse verjetnosti prehoda iz kateregakoli stanja v novo stanje:

$$p_{ij}^{(1)} = P(X_1 = j) = \sum_{i=0}^{\infty} p_i^{(0)} p_{ij}$$

Veriga je v času  $n$  v stanju  $j$ , če je bila že v času  $n-1$  v stanju  $j$  in v naslednjem koraku ni prišlo do spremembe stanja ali pa je bila v času  $n-1$  v nekem drugem stanju  $i$  in se je v naslednjem koraku zgodil prehod iz  $i$  v  $j$ :

$$p_{ij}^{(n)} = \sum_{i=0}^{\infty} p_i^{(n-1)} p_{ij}; n = 1, 2, \dots$$



Vrsta na desni strani izraza konvergira, ker tvori množica  $\{p_i^{(n-1)}\}; i=0,1,2,\dots$  verjetnostno porazdelitev in je tako vsota vseh elementov enaka 1, elementi prehodne matrike pa so nenegativni in omejeni z vrednostjo 1 za vse  $i, j$ .

Enačbo lahko zapišemo v matrični obliki:

$$\underline{p}^{(n)} = \underline{p}^{(n-1)} \underline{P}$$

$\underline{p}^{(n-1)}$  lahko izrazimo s  $\underline{p}^{(n-2)}$  itn. in dobimo:

$$\underline{p}^{(n)} = \underline{p}^{(0)} \underline{P}^n; n = 1, 2, \dots$$

Verjetnost za zasedbo stanj procesa v času  $n$  lahko torej določimo, če poznamo začetno verjetnostno porazdelitev za zasedbo stanj in prehodno matriko  $\underline{P}$ .

#### *Klasifikacija stanj v markovski verigi*

Stanja markovske verige lahko razdelimo na različne tipe.

Verjetnost, da se veriga, ki je bila na začetku v stanju  $i$ , prvič povrne v to stanje v času  $n$  (po  $n$  korakih), v časih 1, 2, ...,  $n-1$  pa se stanju  $i$  izogiba, naj bo enaka  $f_{ii}^{(n)}$ .

Verjetnost, da se veriga sploh kdaj povrne v stanje  $i$ , je enaka  $f_i = \sum_{n=1}^{\infty} f_{ii}^{(n)}$ .

**Povprečni čas prve vrnitve** v stanje  $i$  je  $\mu_i = \sum_{n=1}^{\infty} n f_{ii}^{(n)}$ .

Stanje  $i$  je **povratno**, če je verjetnost, da se veriga kdaj povrne v to stanje, enaka 1. Če je povprečni čas vrnitve v stanje  $i$  končen ( $\mu_i < \infty$ ), je stanje **pozitivno povratno**. Kadar je povprečni čas vrnitve v stanje  $i$  neskončen, imenujemo stanje **ničelno**.

Stanje  $i$  je **minljivo**, če je verjetnost, da se veriga kdaj povrne v to stanje, manjša od 1. Stanje, ki ni minljivo, je **povrnljivo stanje**.

Stanje  $j$  je **dosegljivo** iz stanja  $i$ , kadar je možen prehod iz stanja  $i$  v stanje  $j$  v končnem številu korakov. Stanji  $i$  in  $j$  sta **povezani**, če je stanje  $j$  dosegljivo iz stanja  $i$  in stanje  $i$  dosegljivo iz stanja  $j$ .

Stanja, ki se v prvem koraku povrnejo sama vase z verjetnostjo 1, imenujemo **ponorna** ali **absorbirajoča** stanja. Vsa taka stanja so pozitivno povratna.

Povratno stanje je **periodično**, če se veriga vrača vanj le v časih, ki so mnogokratniki nekega celega števila, večjega od 1, imenovanega *perioda*. Če je *perioda* enaka 1, je stanje **neperiodično**.

Pozitivno povratno neperiodično stanje imenujemo **ergodijsko** stanje. Markovsko verigo, v kateri so vsa stanja povrnljiva, neperiodična in dosegljiva iz kateregakoli stanja, imenujemo **ergodijska veriga**.

### 3.5 Ravnovesne porazdelitve

V nekaterih primerih se verjetnostna porazdelitev za zasedbo stanj po daljšem času ustali pri neki limitni porazdelitvi, verjetnosti za zasedbo posameznih stanj pa postanejo neodvisne od začetnih pogojev. Tako verjetnostno porazdelitev za zasedbo stanj imenujemo **ravnovesna porazdelitev**.

Če je  $P$  prehodna matrika ergodijske markovske verige s  $s$  stanji, potem obstaja taka ravnotežna porazdelitev  $\underline{\pi} = (\pi_1 \ \pi_2 \dots \pi_s)$ , da velja:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P^n = \begin{bmatrix} \pi_1 & \pi_2 & \dots & \pi_s \\ \pi_1 & \pi_2 & \dots & \pi_s \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi_1 & \pi_2 & \dots & \pi_s \end{bmatrix}.$$

$ij$ -ti element matrike  $P^n$  je enak verjetnosti prehoda iz stanja  $i$  v stanje  $j$  v  $n$  korakih  $P_{ij}^{(n)}$ . Za ravnotežno porazdelitev velja, da je ena sama in da k njej konvergira vrsta neodvisno od začetne verjetnostne porazdelitve:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^{(n)} = \pi_j.$$

Po določenem času (število prehodov v različna stanja) se nahajamo v stanju  $j$  z verjetnostjo  $\pi_j$ . Ergodijska markovska veriga se torej po nekem času stabilizira. V ravnotežnem stanju velja, da je verjetnost izhoda iz določenega stanja enaka verjetnosti vstopa v to stanje:

$$\pi_j (1 - p_{jj}) = \sum_{k \neq j} \pi_k p_{kj}$$

$$\pi_j = \sum_{k=1}^{k=s} \pi_k p_{kj}.$$

Označimo z  $\mu_{ij}$  povprečni čas prvega prehoda iz stanja  $i$  v stanje  $j$ . Za ergodijske markovske verige velja :

$$\mu_{ij} = I + \sum_{k \neq j} p_{ik} \mu_{kj} .$$

Povprečni čas povrnitve v stanje  $i$  je enak  $\mu_{ii}$  in za ravnotežno porazdelitev velja:

$$\pi_j = I / \mu_{jj} ; j = 1, 2, \dots, s.$$

Mnogo zanimivih primerov uporabe markovskih verig vključuje verige, ki poleg minljivih stanj vsebujejo tudi nekaj absorbirajočih stanj. Takim verigam pravimo *absorbirajoče verige*.

Pri absorbirajočih verigah nas zanima :

- kolikšen je povprečni čas bivanja v posameznih minljivih stanjih ?
- kolikšna je verjetnost, da bo veriga prišla v posamezno absorbirajoče stanje ?

Da bi lahko odgovorili na ti vprašanja, zapišemo prehodno matriko v obliki :

$$P = \begin{bmatrix} Q & R \\ 0 & I \end{bmatrix},$$

pri čemer matrika  $Q$  predstavlja prehode med minljivimi stanji, matrika  $R$  prehode med minljivimi in absorbirajočimi stanji in matrika  $I$  (enotska matrika) absorbirajoča stanja. Matrika  $0$  (sestavljena iz samih ničel) izkazuje dejstvo, da je nemogoč prehod iz absorbirajočega stanja v minljivo (Winston, 1991, str. 985).

Povprečne čase bivanja v posameznih minljivih stanjih izračunamo s ***fundamentalno matriko***, katere elementi  $f_{ij}$  so kar povprečni časi bivanja v minljivem stanju  $j$ , če je bila veriga na začetku v stanju  $i$ :

$$F = [f_{ij}] = (I - Q)^{-1}.$$

Vsota elementov  $(\sum f_{ij})$ , seštet po minljivih stanjih  $j$ , pa predstavlja skupni povprečni čas bivanja v minljivem stanju  $j$ .

Verjetnost za zasedbo posameznih absorbirajočih stanj nam povejo elementi matrike:

$(I - Q)^{-1} R$ , kjer  $ij$ -ti element pove verjetnost absorpcije v absorbirajoče stanje  $j$ .

## 4. ZANESLJIVOST IN RAZPOLOŽLJIVOST

Koncept zanesljivost tehničnih sistemov in njegova uporaba se pojavi neposredno po prvi svetovni vojni; najprej v povezavi z varnostjo eno-, dvo- in štiri-motornih letal, katerih zanesljivost je bila izražena s številom nesreč na uro leta. V začetku tridesetih let Walter Shewhart, Harold F. Dodge in Harry G. Roming postavijo teoretične osnove uporabe statističnih metod pri kontroli kvalitete industrijskih proizvodov, ki pa do druge svetovne vojne niso v širši uporabi. Šele v sklopu neuspešnih poskusov projekta V-1, matematik Robert Lusser izpelje zakone verjetnosti zaporedno vezanih komponent. Teorem trdi, da je zanesljivost takega sistema enaka zmnožku zanesljivosti posameznih komponent sistema. Če sistem sestoji iz velikega števila komponent, je zanesljivost njegovega delovanja lahko zelo nizka, kljub temu, da je zanesljivost posameznih enot velika (Hoyland, 1994, str. 10).

V ZDA je bilo narejenih veliko poskusov izboljšanja nizke zanesljivosti tovrstnih sistemov z izboljšavo kvalitete posameznih komponent. Zahtevana je bila uporaba boljšega materiala in izboljšana zasnova samih produktov. S tem je bila zanesljivost sistemov v določeni meri izboljšana, a še vedno ni bilo prisotne poglobljene sistematične analize problema zanesljivosti.

Po drugi svetovni vojni se z naraščanjem kompleksnosti proizvodov (televizijski aparati, elektronski računalniki...) povečuje tudi problem zanesljivosti le-teh. Koncem petdesetih in v začetku šestdesetih let v ZDA osnujejo združenje inženirjev, ki se ukvarjajo z vprašanjem zanesljivosti. Tako leta 1963 pride do objave prve revije na temo zanesljivosti (*IEEE-Transaction on Reliability*). V sedemdesetih letih prejšnjega stoletja z gradnjo in obratovanjem jedrskih elektrarn zanimanje za problem zanesljivosti delovanja še bolj naraste. V ZDA se tako pod vodstvom Normana Rasmussena oblikuje več komisij za raziskavo tega problema. Rezultat tega večmilijonskega projekta je t.i. *Rasmussenovo poročilo WASH-1400*, ki predstavlja prvo resno varnostno analizo kompleksnih sistemov, kot so jedrske elektrarne.

Podobni napor za raziskavo danega problema so bili vloženi tudi v Evropi in Aziji. Na Norveškem se z razvojem naftnih ploščadi in pripadajočih podvodnih sistemov ukvarjajo s podobnimi varnostnimi zahtevami kot pri vesoljskih projektih v ZDA. Nizke zanesljivosti namreč ne more nadomestiti intenzivnejše vzdrževanje naprav.

Podrobnejši zgodovinski pregled zanesljivostne tehnologije lahko najdemo v *Knight (1991)* in *Villemeur (1992)*.

## 4.1 Klasifikacija odpovedi

Zanesljivost je ena izmed najpomembnejših karakteristik učinkovitosti poslovnega sistema. Vpliva tako na varnost kot na produktivnost sistema. Povečanje zanesljivosti sistema pomeni manj zastoja sistema in s tem nižje stroške poslovanja.

*Definicije (Hoyland, 1994, str. 3):*

**Učinkovitost** sistema je verjetnost, da sistem uspešno opravi (izpolni) zahtevano nalogo v določenem času, pod določenimi pogoji. Odvisna je od razpoložljivosti, prilagojenosti in zmogljivosti.

**Razpoložljivost** je verjetnost, da sistem v poljubnem trenutku zadovoljivo deluje, če deluje v določenih pogojih. Odvisna je od zanesljivosti in vzdrževanosti sistema.

**Prilagojenost** je verjetnost, da sistem v določenih pogojih konča nalogo v določenem intervalu, če je na začetku tega intervala deloval zadovoljivo. Odvisna je od zanesljivosti in vzdrževanosti sistema.

**Zmogljivost** je verjetnost, da sistem uspešno opravi (izpolni) dano nalogo v mejah določenih specifikacij.

**Zanesljivost** je verjetnost, da sistem v določenih pogojih zadovoljivo deluje določen čas.

**Vzdrževanost** je verjetnost, da se sistem, ki je odpovedal, v določenem času povrne v stanje zadovoljivega delovanja, če so vzdrževalni pogoji v skladu s predpisanimi postopki.

**Odpoved** sistema (sestavnega dela) je prenehanje njegove sposobnosti, da zadovoljivo opravlja zahtevano funkcijo.

Odpovedi sistema klasificiramo glede na različne kriterije. Glede na *stopnjo* delimo odpovedi na *delne* in *popolne*. Delna odpoved povzroči poslabšanje delovanja, ne prepreči pa povsem opravljanja zahtevane funkcije. Popolna odpoved povzroči, da je opravljanje zahtevane funkcije nemogoče.

Po *hitrosti nastajanja* delimo odpovedi na *postopne* in *nenadne*. Postopno odpoved je možno predvideti na osnovi predhodne preiskave, nenadne odpovedi pa ne.

V praksi običajno združujemo oba omenjena kriterija in delimo odpovedi na *degradacijske* in *katastrofalne*. Prve so delne in postopne, druge pa popolne in nenadne.

Glede na *vzrok* delimo odpovedi na *primarne*, *sekundarne* in *signalne*. Primarne odpovedi nastopijo zaradi pomanjkljivosti sestavnega dela sistema, čeprav so delovni in okoljni pogoji v predvidenih mejah. Sekundarna odpoved je rezultat nenormalnih delovnih in/ali okoljnih pogojev, ki so posledica katastrof (potres, poplava ipd.), odpovedi drugih sestavnih delov sistema, odpovedi drugih sistemov, napak pri vzdrževanju ali neupoštevanja navodil za uporabo. Signalna odpoved je odpoved sestavnega dela sistema zaradi nepravilnega krmilnega signala.

Odpovedi klasificiramo tudi glede na njihov *učinek*. Nekatere odpovedi sestavnih delov ne vplivajo neposredno na funkcijo sistema in zahtevajo le občasne korektivne dejavnosti, druge pa vplivajo neposredno na funkcijo sistema. Običajno delimo odpovedi po učinku na štiri razrede: *manjše*, *pomembne*, *kritične* in *katastrofalne*. Manjša odpoved povzroči degradacijo funkcije sistema, katere posledica je zanemarljiva škoda na sistemu ali njegovi okolici. Človeka ne ogroža. Pomembna odpoved poslabša funkcijo sistema, ne da bi znatno poškodovala sistem, okolico sistema ali človeka. Kritična odpoved povzroči prenehanje primarne funkcije sistema. Posledica take odpovedi je znatna škoda na sistemu ali njegovi okolici in zanemarljiva ogroženost človeka. Katastrofalna odpoved povzroči prenehanje primarne funkcije sistema. Posledica odpovedi je znatna škoda na sistemu ali njegovi okolici in/ali poškodba ali smrt človeka.

#### 4.2 Kvantitativne karakteristike zanesljivosti

Za merjenje zanesljivosti sistemov in njihovih sestavnih delov uporabljamo različne vrste karakteristik. Nekatere so funkcije časa, druge pa predstavljajo časovna povprečja. Katere karakteristike so merodajne, je odvisno od postavljenih ciljev, izbrane metode analize in dosegljivosti podatkov. Karakteristike zanesljivosti temeljijo na časih do odpovedi. Čas do odpovedi je slučajna spremenljivka.

*Definicije (Hoyland, 1994):*

**Funkcija nezanesljivosti  $F(t)$**  je verjetnost, da sistem (sestavni del) odpove v časovnem intervalu med 0 in  $t$ :

$$F(t) = P(X \leq t).$$

**Funkcija zanesljivosti  $R(t)$**  je verjetnost, da sistem (sestavni del) odpove po času  $t$ :

$$R(t) = 1 - F(t) = P(X > t).$$

**Funkcija gostote verjetnosti za čas do odpovedi  $f(t)$** , pomnožena z  $dt$ , je pogojna verjetnost, da sistem (sestavni del) odpove v intervalu  $(t, t+dt)$ :

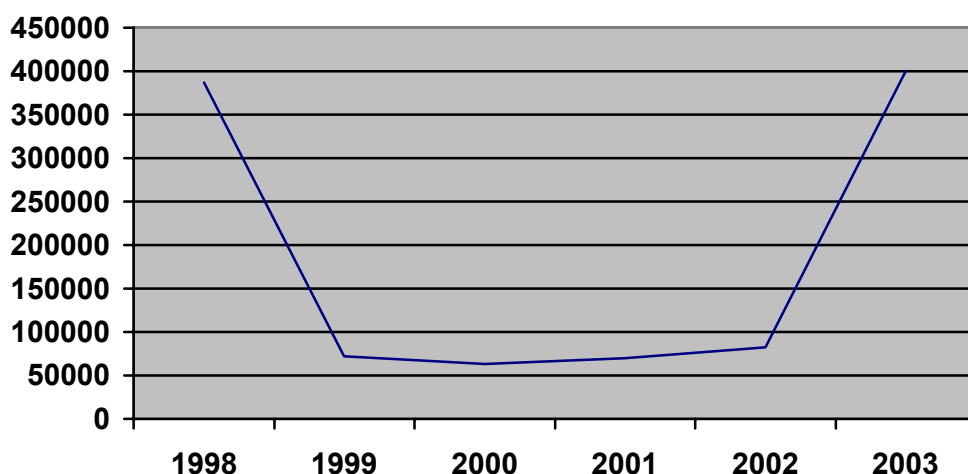
$$f(t) = dF(t)/dt.$$

**Trenutna pogostost odpovedi  $\lambda(t)$** , pomnožena z  $dt$ , je pogojna verjetnost, da sistem (sestavni del) odpove v intervalu  $(t, t+dt)$  pri pogoju, da je zadovoljivo deloval v intervalu  $(0, t)$ :

$$\lambda(t) = f(t)/R(t).$$

Funkcija  $\lambda(t)$  ima za veliko število sistemov oziroma njihovih sestavnih delov značilno obliko kopalne kadi. Celotno življenjsko dobo sistema lahko glede na potek  $\lambda(t)$  razdelimo na tri obdobja : obdobje zgodnjih odpovedi, obdobje normalnega delovanja in obdobje staranja oziroma izrabe. V prvem obdobju  $\lambda(t)$  pada, v drugem je konstantna, v tretjem pa narašča (Slika 2).

Slika 2: Krivulja kopalne kadi



(Vir: Hoyland, 1994)

Odpovedi v prvem obdobju nastopajo zaradi grobih defektov v proizvodnji (defektov pri sestavi ali montaži ipd.) ter zaradi človeškega faktorja (uporabnik še ne zna ravnati s sistemom).

Odpovedi v drugem obdobju nastanejo iz različnih nepovezanih vzrokov, ki so tudi posledica pomanjkljivosti v proizvodnji. Imenujemo jih naključne odpovedi.

V tretjem obdobju nastopajo poleg naključnih odpovedi predvsem odpovedi zaradi izrabe in staranja materialov. Staranje povzročijo različne ireverzibilne fizikalno-kemične spremembe, ki nastopajo tudi, če sistem ni obremenjen z normalnimi obremenitvami.

V obdobju zgodnjih odpovedi in obdobju izrabe se pojavljajo katastrofalne in degradacijske odpovedi, v obdobju normalnega delovanja pa predvsem katastrofalne odpovedi. Trenutna pogostost odpovedi v obdobju normalnega delovanja je neodvisna od časa. Imenujemo jo **pogostost odpovedi**, označujemo pa s simbolom  $\lambda$ .

**Trenutna pogostost zaključkov popravil  $\mu(t)$** , pomnožena z  $dt$ , je pogojna verjetnost, da popravimo komponento v intervalu  $(t, t+dt)$  pri pogoju, da le-ta v intervalu  $(0, t)$  še ni bila popravljena (je bila nedelujoča).

**Povprečni čas do odpovedi sistema MTTF** (angl.: Mean Time To Failure) je karakteristika zanesljivosti, ki ni funkcija časa, temveč podaja časovno povprečje:

$$MTTF = \int_0^{\infty} tf(t)dt .$$

Običajno ga računamo iz izpeljane relacije:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt .$$

V obdobju normalnega delovanja je **MTTF** enak:

$$MTTF = 1/\lambda.$$

#### 4.3 Induktivna metoda izračuna zanesljivosti in razpoložljivosti sistema brez upoštevanja popravil

Karakteristike zanesljivosti sistemov lahko izračunamo, če poznamo karakteristike zanesljivosti ter način vezave njihovih sestavnih delov (enot ali komponent).

Vezava je s stališča zanesljivosti *serijska*, če odpoved posameznega sestavnega dela povzroči odpoved celotnega sistema. Čim več sestavnih delov vsebuje sistem, tem bolj je nezanesljiv.

Vezava je s stališča zanesljivosti *paralelna*, če več enot sistema opravlja isto funkcijo. Sistem odpove, kadar odpovedo vse ekvivalentne enote (popolna paralelna vezava), ali pa le nekaj izmed ekvivalentnih enot (delna paralelna vezava). Paralelno vezavo ločimo še na *aktivno* in *pasivno* (čakalno). V prvem primeru sočasno delujejo vse ekvivalentne enote, v drugem pa deluje ves čas le neko število enot, ostale pa se vključijo šele, ko le-te odpovedo. Zanesljivost paralelne vezave enot je večja od zanesljivosti ene same enote, zato uporabljamo tako vezavo takrat, kadar želimo povečati zanesljivost sistema. Pasivna paralelna vezava teoretično v večji



meri izboljša zanesljivost sistema kot aktivna. Nezanesljivost mehanizma zaznavanja odpovedi in mehanizma vključevanja čakajočih enot v sistem ter možnost odpovedi enot v času čakanja pa lahko močno zmanjšajo prednosti pasivne paralelne vezave pred aktivno. Serijska ali paralelna vezava s stališča zanesljivosti pa ne pomeni vedno, da so enote oziroma komponente tudi dejansko (fizično) vezane v seriji ali paralelno. Če obravnavamo kot sestavni del sistema enoto, ki vsebuje več komponent, računamo zanesljivost enot iz zanesljivosti komponent na enak način kot zanesljivost sistema iz zanesljivosti enot.

#### *Serijska vezava enot*

Če imamo  $n$  neodvisnih enot, ki so s stališča zanesljivosti vezane serijsko, izračunamo na osnovi pravil verjetnostnega računa funkcijo zanesljivosti sistema  $R(t)$  po enačbi:

$$R(t) = R_1(t)R_2(t) \dots R_n(t),$$

kjer pomeni  $R_i(t)$  funkcijo zanesljivosti  $i$ -te enote.

Če izrazimo funkcijo zanesljivosti s trenutno pogostostjo odpovedi  $\lambda_s(t)dt$ , lahko zapišemo :

$$R(t) = \exp \left\{ - \int_0^t \lambda_s(t) dt \right\}$$

Z  $\lambda_s(t)$  smo označili pogostost odpovedi sistema:

$$\lambda_s(t) = \lambda_1(t) + \lambda_2(t) + \dots + \lambda_n(t),$$

kjer pomeni  $\lambda_i(t)$  pogostost odpovedi  $i$ -te enote.

Funkcijo nezanesljivosti, ki je komplementarna funkciji zanesljivosti, je potem enaka:

$$F(t) = 1 - \exp \left\{ - \int_0^t \lambda_s(t) dt \right\}.$$

Povprečni čas do odpovedi sistema  $MTTF$  izračunamo po enačbi :

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt .$$

Če je pogostost odpovedi posameznih enot konstantna ( $\lambda_i(t) = \lambda_i$ ), se izraza za  $R(t)$  in  $F(t)$  zreducirata na naslednjo obliko:

$$R(t) = \exp(-\lambda_s t)$$

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda_s t),$$

pri čemer je  $\lambda_s$  konstantna pogostost odpovedi sistema:

$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n.$$

Povprečni čas do odpovedi sistema je v tem primeru enak :

$$MTTF = 1/\lambda_s = 1/\sum_{i=1}^n \lambda_i .$$

*Aktivna paralelna vezava enot*

Če sestoji sistem iz  $n$  neodvisnih enot, ki so s stališča zanesljivosti vezane aktivno paralelno, najhitreje izračunamo funkcijo nezanesljivosti po enačbi:

$$F(t) = F_1(t)F_2(t) \dots F_n(t),$$

kjer pomeni  $F_i(t)$  funkcijo nezanesljivosti  $i$ -te enote.

Funkcija zanesljivosti je enaka:

$$R(t) = 1 - [1 - R_1(t)][1 - R_2(t)] \dots [1 - R_n(t)].$$

Povprečni čas do odpovedi sistema izračunamo po enačbi  $MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt$ .

V primeru konstantne pogostosti odpovedi  $\lambda_i$  posameznih enot lahko zapišemo  $R(t)$  v naslednji obliki:

$$R(t) = 1 - (1 - \exp(-\lambda_1 t)) (1 - \exp(-\lambda_2 t)) \dots (1 - \exp(-\lambda_n t)).$$

Vidimo torej, da trenutna pogostost odpovedi sistema, ki vsebuje paralelno vezane enote s konstantno pogostostjo odpovedi, ni več časovna konstanta. Izračunamo jo s pomočjo enačbe:

$$\lambda_s(t) = -R'(t)/R(t).$$

Povprečni čas do odpovedi sistema je enak:

$$MTTF = [1/\lambda_1 + 1/\lambda_2 + \dots + 1/\lambda_n] - [1/(\lambda_1 + \lambda_2) + 1/(\lambda_1 + \lambda_3) + \dots 1/(\lambda_i + \lambda_j)] + [1/(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) +$$

$$+ I/(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4) + \dots I/(\lambda_i + \lambda_j + \lambda_k) - \dots + [(-1)^{(n+1)} I / \sum_{i=1}^n \lambda_i]$$

Če so vse enote identične s pogostostjo odpovedi  $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = \lambda$ , se zgornji izraz poenostavi v:

$$MTTF = (1/\lambda) \sum_{i=1}^n 1/i.$$

V tem primeru lahko izračunamo funkcijo zanesljivosti sistema tako pri popolni kot pri delni paralelni vezavi enot tudi s pomočjo binomske formule. Če npr. sistem deluje, dokler deluje  $r$  izmed  $n$  identičnih enot s pogostostjo odpovedi  $\lambda$ , določimo  $R(t)$  po formuli:

$$R(t) = \sum_{k=r}^n \binom{n}{k} e^{-k\lambda t} (1 - e^{-\lambda t})^{n-k}.$$

#### 4.4 Induktivna metoda izračuna zanesljivosti in razpoložljivosti sistema z upoštevanjem popravil – Markovski modeli

Induktivne metode računanja zanesljivosti, ki smo jih obravnavali v prejšnjem poglavju, odpovedo, kadar moramo upoštevati popravila sistema. Te metode so neprimerne tudi pri izračunu zanesljivosti sistemov, katerih komponente so med seboj odvisne, in sistemov s komponentami v pasivni paralelni vezavi. V vseh navedenih primerih si lahko pomagamo z modeli stohastičnih procesov, posebej markovskimi (Hoyland, 1994, str. 214). Ti modeli so prikladni za izračunavanje zanesljivosti sistemov, kadar so pogostosti odpovedi komponent in pogostosti zaključkov popravil konstantne.

Stohastični (naključni) procesi so družine naključnih spremenljivk. Veličine, ki karakterizirajo zanesljivost sistema, npr. čas do prve odpovedi, čas med zaporednima odpovedima, število odpovedi v nekem časovnem intervalu, so naključne spremenljivke. Zato lahko obnašanje sistema v času obravnavamo kot stohastični proces. Tak proces opišemo, če opredelimo vsa možna stanja, v katerih se sistem lahko nahaja ter verjetnosti za zasedbo teh stanj v poljubnem času. Verjetnosti za zasedbo stanj v času  $t + \Delta t$  lahko določimo, če poznamo verjetnosti za zasedbo stanj v času  $t$  in verjetnost prehoda iz enega stanja v drugo v majhnem časovnem intervalu  $(t, t + \Delta t)$ . Slednje verjetnosti so po svoji naravi pogojne verjetnosti, ker so odvisne od tega, v katerih stanjih je bil sistem pred časom  $t + \Delta t$ . Kadar je pogojna verjetnost prehoda iz enega stanja v drugo odvisna le od tega, v katerem stanju se je nahajal sistem v trenutku  $t$  neposredno pred prehodom, ne pa od tega, v katerih stanjih je bil sistem v prejšnjih časih, imenujemo stohastični proces *markovski proces*. Drugače povedano, markovski proces nima

spomina; za napoved obnašanja sistema v prihodnosti je potrebno poznati sedanost, ne pa preteklosti.

Za izračunavanje karakteristik zanesljivosti sistema s pomočjo teorije markovskih procesov, moramo najprej opredeliti stanja procesa oziroma sistema. Sistem razdelimo na določeno število enot (podsklopov ali komponent) in definiramo stanja glede na to, ali posamezne enote delujejo ali odpovejo. Pri sistemu, ki je sestavljen npr. iz dveh enot, bi imeli naslednja stanja :

1. obe enoti delujeta
2. prva enota deluje, druga odpove
3. prva enota odpove, druga enota deluje
4. obe enoti odpovesta

Če imamo  $n$  enot, dobimo na opisan način  $2^n$  stanj, kar je pri realnih sistemih lahko zelo veliko. Dostikrat pa imamo v sistemu vgrajeno določeno število ekvivalentnih enot, ki opravljajo isto funkcijo. V takih primerih se zadovoljimo s tem, da povemo, koliko enot je odpovedalo, ne specificiramo pa, katere od njih so to. S tem bistveno reduciramo število stanj : pri  $n$  ekvivalentnih enotah dobimo le  $n+1$  stanj. V primeru dveh ekvivalentnih enot imamo tri stanja:

1. obe enoti delujeta
2. ena izmed enot odpove
3. obe enoti odpovesta

Opredeliti moramo še, v katerih stanjih sistem kot celota zadovoljivo deluje ali odpove. Stanja sistema ločimo torej na delujoča in nedelujoča (pri tem smo seveda morali predhodno natančno definirati odpovedi sistema).

S pomočjo teorije markovskih procesov izračunamo verjetnosti za zasedbo posameznih stanj v poljubnem času. Vsota verjetnosti za zasedbo delujočih stanj predstavlja funkcijo zanesljivosti sistema  $R(t)$ .

Označimo s  $p_j(t)$  verjetnost, da je v času  $t$  zasedeno stanje  $j$  sistema, s  $p_{ij}(\Delta t)$  pa verjetnost prehoda iz stanja  $i$  v stanje  $j$  v kratkem časovnem intervalu  $\Delta t$ . Predpostavimo, da se verjetnosti prehodov v kratkem časovnem intervalu lahko zapišejo v obliki :

$$p_{ij}(\Delta t) = q_{ij}\Delta t, j \neq i$$

$$p_{ii}(\Delta t) = 1 + q_{ii}\Delta t$$

Veljata tudi relaciji  $\sum_j p_{ij}(\Delta t) = 1$  in  $\sum_j q_{ij} = 0$ .

Verjetnost, da je v času  $t+\Delta t$  zasedeno stanje  $j$ , izračunamo iz naslednjega sistema diferenčnih enačb:

$$p_{ij}(t+\Delta t) = p_j(t)(1 + q_{jj}\Delta t) + \sum_{k \neq j} p_k(t) q_{kj}\Delta t.$$

Posebej moramo še navesti, katero stanje je bilo zasedeno na začetku opazovanja ( $t=0$ ).

Iz zgornjega sistema diferenčnih enačb dobimo s preureditvijo in limitiranjem, ko gre  $\Delta t$  proti 0, sistem diferencialnih enačb za  $p_j(t)$ :

$$p_j'(t) = \sum_k p_k(t) q_{kj}$$

Upoštevati moramo še začetni pogoj. Če je na začetku opazovanja sistem v stanju, ko vse njegove enote delujejo in če to stanje označimo z 1, se začetni pogoj glasi:

$$p_1(0) = 1, p_j(0) = 0 \quad , j \neq 1.$$

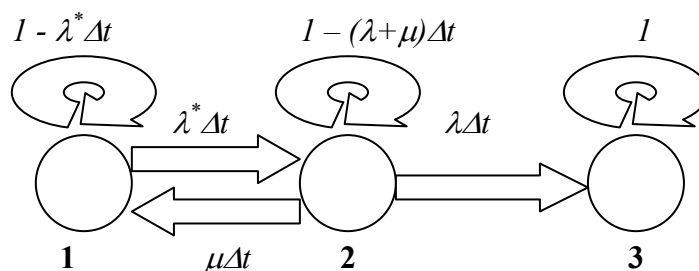
Koeficienti  $q_{ij}$  v navedenem sistemu diferencialnih enačb za  $p_j(t)$  pomenijo pri obravnavanju zanesljivosti sistema pogostost odpovedi ali pogostost zaključkov popravil posamezne enote sistema. Predpostavimo, da so te pogostosti neodvisne od časa.

Vrednosti  $q_{ij}$  za konkretne primere najlažje določimo, če narišemo ustrezne verjetnostne grafe. V verjetnostnem grafu narišemo posamezna stanja sistema kot vozlišča, prehode med stanji v kratkem časovnem intervalu  $\Delta t$  označimo z usmerjenimi vezmi, nad vezmi pa zapišemo še verjetnost prehoda. Vrednosti  $q_{ij}$  razberemo iz verjetnostnega grafa tako, da pri posameznih verjetnostih prehoda izpustimo  $\Delta t$  in odštejemo 1 pri tistih izrazih, ki enojko vsebujejo.

Dobljene sisteme enačb najlažje rešimo s pomočjo *Laplaceovih transformacij* (Hudoklin et.al., 1980, str. 30).

#### 4.4.1. Izpeljava obrazca za izračun MTTF sistema z dvema ekvivalentnima enotama

Vzemimo sistem, ki sestoji iz dveh ekvivalentnih enot. Naj bo pogostost odpovedi posamezne enote  $\lambda$ , pogostost zaključkov popravil pa  $\mu$ . Konstruirajmo ustrezni verjetnostni graf:



Kadar sta obe enoti vezani paralelno, je  $\lambda^* = 2\lambda$ , v primeru pasivne paralelne vezave pa je  $\lambda^* = \lambda$ . Iz verjetnostnega grafa odčitamo naslednje vrednosti  $q_{ij}$ :

$$\begin{array}{lll} q_{11} = -\lambda^* & q_{21} = \mu & q_{31} = 0 \\ q_{12} = \lambda^* & q_{22} = -(\lambda + \mu) & q_{32} = 0 \\ q_{13} = 0 & q_{23} = \lambda & q_{33} = 0 \end{array}$$

Vrednosti  $q_{ij}$  za vsa možna stanja zapišemo v obliki matrike:

$$\underline{Q} = \begin{bmatrix} -\lambda^* & \lambda^* & 0 \\ \mu & -(\lambda + \mu) & \lambda \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Povprečni čas do odpovedi sistema  $MTTF$  določimo z inverzijo matrike  $\underline{Q}^*$ , ki jo dobimo, če matriki  $\underline{Q}$  zamenjamo predznak in izpustimo vrstice in stolpce, ki pripadajo absorbirajočim stanjem (v taki vrstici so same ničle).  $MTTF$  je potem enak vsoti elementov prve vrstice te matrike. V našem primeru je matrika  $\underline{Q}^*$  enaka:

$$\underline{Q}^* = \begin{bmatrix} \lambda^* & -\lambda^* \\ -\mu & \lambda + \mu \end{bmatrix},$$

Inverzna matrika pa:

$$[\underline{Q}^*]^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda + \mu}{\lambda^* \lambda} & \frac{1}{\lambda} \\ \frac{\mu}{\lambda^* \lambda} & \frac{1}{\lambda} \end{bmatrix}.$$

Povprečni čas do odpovedi sistema je enak :

$$MTTF = \frac{\lambda^* + \lambda + \mu}{\lambda^* \lambda}.$$

#### 4.5 Deduktivna metoda za izračun zanesljivosti in razpoložljivosti sistema

Na tem mestu je *deduktivno metoda* izračunavanja zanesljivosti s pomočjo drevesa odpovedi na kratko predstavljena zaradi njene pomembnosti, saj ne pomeni nujno le zamenjave drugih tehnik, ampak se večkrat lahko uporablja kot dopolnilo k induktivnim metodam. Prav tako s

pomočjo drevesa odpovedi omogoča nazorno grafično predstavitev sistema, ki je jasna tako tehničnim strokovnjakom kot tudi vodstvenim delavcem.

Analiza z drevesom odpovedi izhaja iz nezaželenega dogodka – odpovedi sistema – in razčlenjuje vzroke tega dogodka. Na ta način lahko upoštevamo poleg odpovedi zaradi pomankljivosti sestavnih delov sistema še učinke naključnih ali sistematičnih zunanjih vplivov. V analizo lahko vključimo tudi različne pogoje in omejitve (Haasl,1965, Fussell,1973).

Analizo zanesljivosti z drevesom odpovedi je v letu 1961 prvi koncipiral H. A. Watson iz Bell Telephone Laboratories. Sodelavci teh laboratorijev so tehniko dalje razvijali za uporabo pri telekomunikacijskih sistemih. Družba Boeing je tehniko drevesa odpovedi modificirala tako, da je bilo možno kvantitativni del analize izvesti z digitalnim računalnikom. V začetku sedemdesetih let se začelja ta metoda na široko uporabljati pri obravnavanju zanesljivosti in varnosti sistemov v različnih industrijah.

### *Drevo odpovedi*

Drevo odpovedi je logični diagram dogodkov, ki povezujejo odpovedi komponent z odpovedjo sistema. Upoštevamo le tiste odpovedi, ki lahko privedejo do določene odpovedi sistema. Če želimo konstruirati drevo odpovedi, moramo najprej definirati *glavni nezaželeni dogodek*, to je odpoved sistema, ki nas zanima. Potem poiščemo vzroke te odpovedi in jih povežemo z glavnim dogodkom s pomočjo *logičnih vrat*. Ta postopek ponavljamo za vsak vzrok in vzrok vzroka, dokler niso vsi dogoski popolnoma razčlenjeni. Dogodki so popolnoma razčlenjeni, kadar smo našli vse vzroke za vse dogodke, razen za neodvisne odpovedi komponent. Slednje so *osnovni dogodki* ali *primerne odpovedi*.

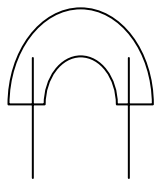
Logična vrata v drevesu odpovedi označujejo povezavo med vrsto dogodkov in izhodnim dogodkom. Izhodni dogodki iz večine vrat so vhodni dogodki za naslednja vrata. Vhodni dogodek, ki ne predstavlja izhoda iz kakih vrat, je osnovni vhodni dogodek. Uporabljamo le nekaj tipov logičnih vrat, katerih logika je preprosta in natančno definirana. Včasih uporabljamo kot vhodne dogodke tudi odpovedi podsistemov ali enot, če so le-te neodvisne od vseh ostalih vhodnih dogodkov. Vsi osnovni dogodki drevesa odpovedi morajo namreč biti med seboj neodvisni. Če lahko določeno odpoved povzročijo drugi dogodki, moramo eksplicitno navesti vzroke odpovedi.

Konstrukcija drevesa odpovedi je splošno najbolj zahteven in kritičen del celotne analize zanesljivosti. Analitik se mora temeljito poglobiti v sistem in skrbno preštudirati vse zahteve in pogoje delovanja.

Osnovni simboli drevesa odpovedi so naslednji:

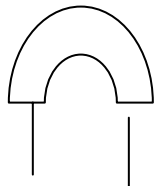
## *Logična vrata*

### *ALI*



Izhodni dogodek nastopi, če se zgodi vsaj eden izmed vhodnih dogodkov.

### *IN*



Izhodni dogodek nastopi, če nastopijo vsi vhodni dogodki.

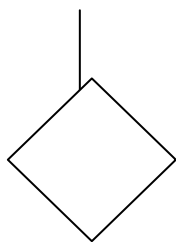
## *Dogodki*

### *Glavni dogodek*



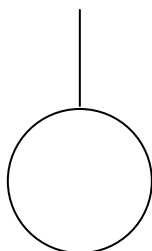
Tako označimo dogodek, ki nastopi kot rezultat dogodkov, kombiniranih preko logičnih vrat.

### *Sekundarna odpoved*



To je dogodek, katerega vzroki niso razčlenjeni (nepopolni dogodek).

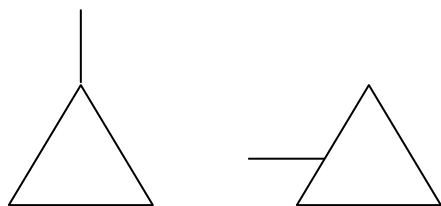
### *Primarna odpoved*



To je osnovni dogodek, navadno odpoved komponente.

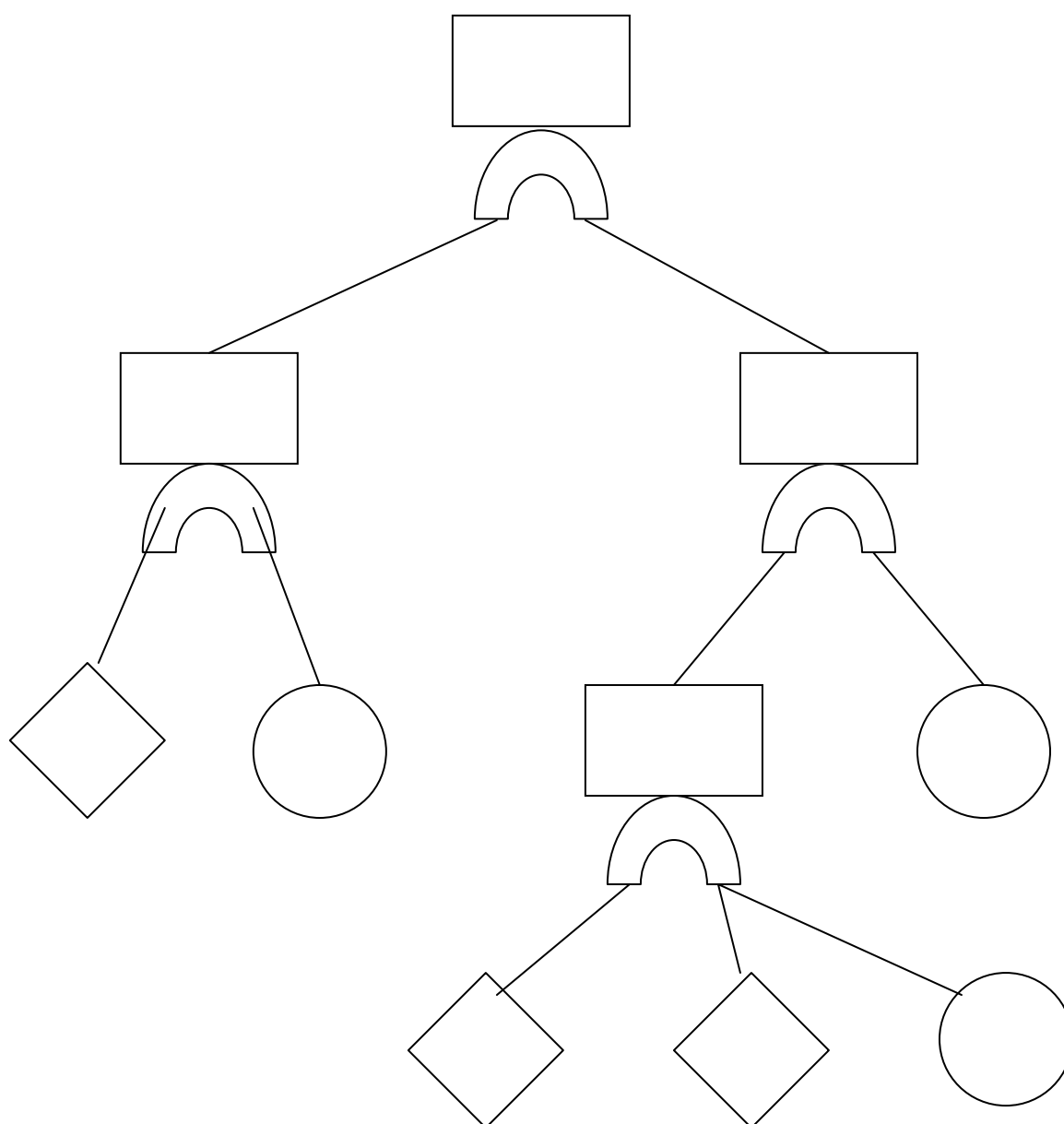


*Prenos*



Z njim popišemo prenos dogodka, ki vodi do dogodka. Črta na vrhu trikotnika pomeni »prenos v«, črta na boku trikotnika pa »prenos iz«.

*Slika 3: primer strukture drevesa odpovedi*



## 5. OPIS INFORMACIJSKEGA SISTEMA DRUŽBE BANKART

Značilnost IT infrastrukture sodobnih podjetij je predvsem v tem, da imajo informacijsko podprte poslovne procese in odnose s strankami in da je infrastruktura prilagodljiva in nadgradljiva, v kolikor se pojavijo spremembe na trgu.

Večina podjetij ima relativno dobro urejeno osnovno komunikacijsko infrastrukturo, ima zmogljive strežnike, izdeluje varnostne kopije pomembnih podatkov, ima delujočo elektronsko pošto in solidno povezavo v internet.

Bistvene razlike med uspešnimi podjetji, ki se spopadajo s težavami zaradi lastne neučinkovitosti in nekonkurenčnosti, so med drugim tudi v stopnji razvitosti informacijske infrastrukture. Lahko trdimo, da so zelo redka uspešna podjetja s slabo razvito informacijsko infrastrukturo in prav tako so redka neuspešna podjetja z visoko razvito informacijsko infrastrukturo. Oba deleža pa se bosta iz leta v leto še dodatno zmanjševala.

Neprestana rast računalniških zmogljivosti omogoča in spodbuja željo za reševanje vedno večjih in 'težjih' praktičnih problemov. Modeliranje tehničnih sistemov postaja vedno bolj realistično in natančno. Ena od najbolj pogostih smeri razširitev analiz je prehod z determinističnega pristopa na stohastični, kar pomeni upoštevanje tudi slučajnih vplivov na delovanje sistema. Negotovost v delovanju posameznih komponent je pri nekaterih sistemih zelo pomembna in okvare le-teh lahko zelo prizadenejo karakteristike sistema.

Vprašanja, ki zelo zanimajo upravljalca takega sistema, so: določitev najbolj nezaželene okvare posamezne komponente ali skupine komponent, smeri možnih in najbolj ugodnih izboljšav, pravilne vzdrževalne politike, možna preoblikovanja sistema ipd. Vse take odločitve so povezane z velikim ekonomskim tveganjem.

Zahteva po zanesljivosti in kakovosti v realnih pogojih delovanja sistemov postaja odločilni faktor v razvoju in povezovanju med sistemi. Poleg že obstoječih omejitvenih faktorjev, ekonomskih, tehnoloških in socialnih, je nujno potrebno upoštevati tudi nove: prostorske, ekološke, kulturne... Zaostrovanje konflikta med vsemi temi omejitvami in vse večje potrebe po materialni, energetski in informacijski produkciji podvrže pod kritično lupo vse dele sistemov in njihove medsebojne povezave. Različni vidiki kontrole, zagotavljanja ter vgrajevanja kakovosti ob upoštevanju racionalizacije in možnosti posledic okvare komponent in sistemov so področja, ki postajajo vse bolj aktualna v praksi. Zaradi kompleksnosti in numerične zahtevnosti takih problemov je vsaka pomoč pri opredelitvi razmerja med potrebnim nivojem agregacije konkretnih sistemov in potrebno natančnostjo podatkov ter razpoložljivostjo računalniških kapacitet vsebinska.

Nekateri izmed vidikov pri študiji realnih in s tem stohastičnih sistemov so: zanesljivostni, strukturalni in ekonomski. Tako se porajajo vprašanja, kakšne rezerve je potrebno angažirati za doseganje želene oziroma predpisane zanesljivosti delovanja sistema v praksi, kje jih

vkonponirati v sistem, kako jih povezati v celoto in kako zadovoljujejo omenjene omejitve in kriterije.

Izredno kompleksni so t.i. mrežni sistemi, ki pa so pri minimalni redundanci veliko zanesljivejši od radialnih. Za mrežni sistem je značilno, da se globalno optimira v fazi oblikovanja, v produkciji dograjuje in operativno optimalno vodi. Planiranje in razvoj še posebej zahtevata natančnejši kvantitativni in kvalitativni vpogled v že obstoječi sistem. Računalniško podprta metodologija ima mogoče največjo vrednost v tem, da lahko kvantitativno daje prednost določenim alternativam in preoblikovanju mrežnega sistema.

Dosežena spoznanja omogočijo ali vsaj olajšajo sprotno preverjanje kakovosti mrežnega sistema. Hkrati so spodbuda za načrtovanje porabe in proizvodnje v realnih pogojih, tj. v pogojih stohastičnega izpada komponent sistema. Pomagajo določati sprejemljive meje za razmerje kakovost/cena posameznih podsistemov. Določijo potrebno stopnjo integracije informacijskega sistema, ki nadzoruje realni mrežni sistem, ter pomagajo pri sproti graditvi baze podatkov in znanja o sistemu. To pa je tudi osnova za izgradnjo ekspertnega sistema za dani model.

## **5.1 Splošni opis IS družbe Bankart d.o.o.**

V današnjem času smo priča vedno bolj intenzivnemu razvoju informacijske tehnologije, ki nas spremlja na vsakem koraku v življenju. Danes praktično ne najdemo več industrijske panoge, ki pri svojem vsakdanjem delu ne bi potrebovala oziroma uporabljala informacijske infrastrukture.

Eden izmed najbolj intenzivnih odjemalcev novih spoznanj s področja informatike, v svetovnem merilu, je bančna panoga s svojimi odjemalci storitev. Danes tudi v Sloveniji ni nič drugače, saj nas je v to 'prisililo' tržno gospodarstvo in integracija v evropsko skupnost.

V bankah po svetu so se že sredi 70. let zavedli, da je tudi bančne storitve potrebno prodajati (tržiti) in ne samo čakati, da stranka sama pride v banko, če želimo imeti čim večji dobiček na enoto kapitala. Pri tem so spoznali, da določena rutinska opravila lahko avtomatiziramo do te mere, da je človek udeležen le posredno. S tem so kadre, ki so bili prej zasedeni s preprostimi opravili, lahko preusmerili v bolj donosne posle.

Eno izmed področij bančnega poslovanja, ki je izredno pomembno pri zmanjševanju rutinskih bančnih opravil in s tem posredno stroškov zaposlenih v banki, je tudi samopostrežno poslovanje. Že samo ime storitve, ki jo banka nudi uporabniku, govori o tem, da si stranka lahko postreže sama in na primer dvigne gotovino s svojega računa, brez posredovanja bančnega uslužbenca. Prva taka storitev v zgodovini bančništva je poslovanje z bančnimi avtomati. V anglo-ameriški literaturi se za bančni avtomat uporablja izraz *ATM (Automated*

*Teller Machine*) ali *PBM (Personal Banking Machine)*, pri nas pa se ga je prijelo popularno ime bankomat.

Tako prve bančne avtomate, namenjene komercialni uporabi, lahko zasledimo že v 70. letih, pri naših severnih sosedih (Avstrija) jih srečamo konec 70. oz. v začetku 80. let, v Sloveniji pa smo začeli o bančnih avtomatih razmišljati leta 1989, ko je postalo jasno, da precejšen del vrst pred bančnimi okenci predstavlja populacija bančnih strank, ki posluje z gotovino.

Torej je prva funkcija samopostrežnega poslovanja namenjena avtomatizaciji izplačevanja gotovine in s tem razbremenjevanju bančnega okenca oziroma delavcev, ki delajo na njih. Seveda pa s tem samopostrežno poslovanje še zdaleč ni zaokroženo. Še pred nekaj leti je kar 90% vseh zahtevkov, ki so jih na bančnih avtomatih zahtevale stranke, predstavljalo izplačilo gotovine. Z razvojem informacijske tehnologije pa je postalo jasno, da krog možnih storitev na bančnih avtomatih lahko precej razširimo. Tako se je z razvojem tehnologije *OCR (Optical Character Recognition)* pojavila cela kopica dodatnih storitev, ki jih danes lahko ponudimo na samopostrežnih delovnih mestih: polog gotovine, ki se takoj knjiži na račun stranke, ki je gotovino položila, položena gotovina pa se takoj vrne v kasete z bankovci, ki so namenjeni izplačevanju, elektronska obdelava položnic, plačevanje posebnih položnic itd.

Po drugi strani pa bančni avtomati danes ne predstavljajo največjega segmenta samopostrežnega poslovanja. Veliko večji del predstavljajo tako imenovani *plačilni* oziroma *POS terminali (Point Of Sale terminals)*, ki jih srečamo pri trgovcih in so namenjeni opravljanju plačil za storitve in blago s pomočjo različnih plačilnih kartic.

V zadnjih nekaj letih pa kaže, da bo segment, ki ga glede na njegov način poslovanja tudi lahko uvrščamo med samopostrežne sisteme poslovanja, daleč presegel vse dosedanje načine. Govorimo seveda o informacijski avtocesti današnjega in jutrišnjega dne – internetu. Z navideznimi trgovci, navideznimi bankami in storitvami na internetu se pojavi tudi želja bančnih strank, da pridejo do določenih dobrin in storitev kar preko svojega osebnega računalnika, ki ga imajo doma. Boljšo konkurenčno prednost bodo seveda imele tiste banke, ki bodo prej sposobne ponuditi čimboljšo in predvsem čimvarnejšo storitev preko interneta.

Seveda je za kakovostno in učinkovito podporo takemu načinu poslovanja potreben ustrezen informacijski sistem. Družba Bankart d.o.o., kot nacionalni procesor storitev samopostrežnega poslovanja, upravlja (in razvija) informacijski sistem, ki temelji na tehnologiji *Odjemalec/Strežnik (angl. Client/Server)*. Tako zasnovan informacijski sistem zagotavlja kakovostne storitve 24 ur na dan, 7 dni na teden, hkrati pa je tudi varen pred nepooblaščenimi vdori in predvsem zlorabami.

Tehnologija *Odjemalec/Strežnik* je v svojem bistvu usmerjena v uporabo integriranih računalniških mrež. S tem imamo v mislih omrežja, ki delujejo na splošnih ravneh

posameznih podjetij ali skupin podjetij. Zaradi možnosti povezljivosti računalniških mrež le-te lahko delimo v dve skupini glede na povezanost oziroma njihovo topologijo :

- 2) vodoravne – te združujejo ponavadi več med seboj povezanih lokalnih omrežij (*angl. LAN – Local Area Network*)
- 3) navpične – za njih je značilno, da so povezane hierarhično (to pomeni, da je en strežnik navezan na drugega, le-ta na tretjega in tako dalje)

Pri tehnologiji *Odjemalec/Strežnik* lahko srečamo bodisi posamezno vrsto omrežja bodisi kombinacijo obeh. Predvsem so zanimive vodoravne oblike povezljivosti posameznih omrežij, saj predstavljajo možnost povezljivosti različne informacijske infrastrukture. Prav tako mora model ustrezati naslednjim zahtevam :

- 1) strežnik ponuja dobro definiran in javen vmesnik vsem odjemalcem

strežnik mora ponujati javno dostopen in dokumentiran programski vmesnik vsem potencialnim odjemalcem ; vsi neuporabljeni parametri v času klica vmesnika bi morali imeti določene preddefinirane vrednosti, če je mogoče ;

- 2) odjemalčeva aplikacija ne pozna strežnikove logike

odjemalec ne sme poznati strežnikove logike, temveč samo njegov programski vmesnik in vrednosti, ki jih vrne ; pomembna posledica tega pravila je dejstvo, da odjemalčeva aplikacija ne sme biti odvisna od kakršnekoli spremembe na strežniku (strojna oprema, programska arhitektura, operacijski sistem in podobno) ;

- 3) odjemalec ni odvisen od fizične postavitve strežnika

lokacijska neodvisnost odjemalca od strežnika je osnovna zahteva za kakršnokoli odjemalčevo funkcijo, oziroma odjemalec ne sme biti odvisen od komunikacijskega protokola, ki ga uporablja, da doseže strežnik.

Če navedenih zahtev ne upoštevamo, potem aplikacije v *Odjemalec/Strežnik* okolju lahko postanejo predrage (samo za nekaj aplikacij), preveč omejene (omogočajo samo točno določene povezave med računalniškimi sistemi in aplikacijami) ali preveč omejene v funkcijah, ki jih lahko nudijo (v primerjavi s procesiranjem podatkov na velikih računalnikih so veliko bolj omejene).

Tako je odločitev za izgradnjo informacijskega sistema na podlagi uporabe tehnologije *Odjemalec/Strežnik* smiselna, saj omogoča, da je informacija dostopna vedno in povsod, hrati pa omogoča tudi adaptacijo na hitro spreminjanje okolja in s tem skorajda dnevne spremembe aplikacij, storitev in podatkov. Pri samopostrežnem poslovanju je namreč izguba vitalnih

delov informacijskega podsistema za avtoriziranje zahtevkov (na primer izplačilo denarja) še kako boleča, saj vsaka sekunda nedelovanja sistema pomeni izgubo nekaj takih zahtevkov. Največji problem pri programski opremi te vrste namreč pomeni delovanje tistega dela, ki podpira dogajanja v realnem času (*angl. online, in real time*), saj mora programska oprema potrditi ali zavrniti zahtevek naprave, ki jo uporablja končni uporabnik (ponavadi stranka banke), v čimkrajšem možnem času. Osnovno pravilo pri samopostrežnem poslovanju pa je, da se nevrnjen zahtevek obravnava enako kot zavrnjeni, to pomeni, da ni odobritve zahtevka.

Seveda je dejstvo, da 100% zanesljivosti v delovanju kateregakoli računalniškega sistema ali aplikacije ni. Celo nasprotno : bolj ko je informacijski sistem heterogen, tako s stališča strojne kot programske opreme, večja je verjetnost, da zaradi odpovedi kateregakoli njegovega sestavnega dela odpove celoten informacijski sistem.

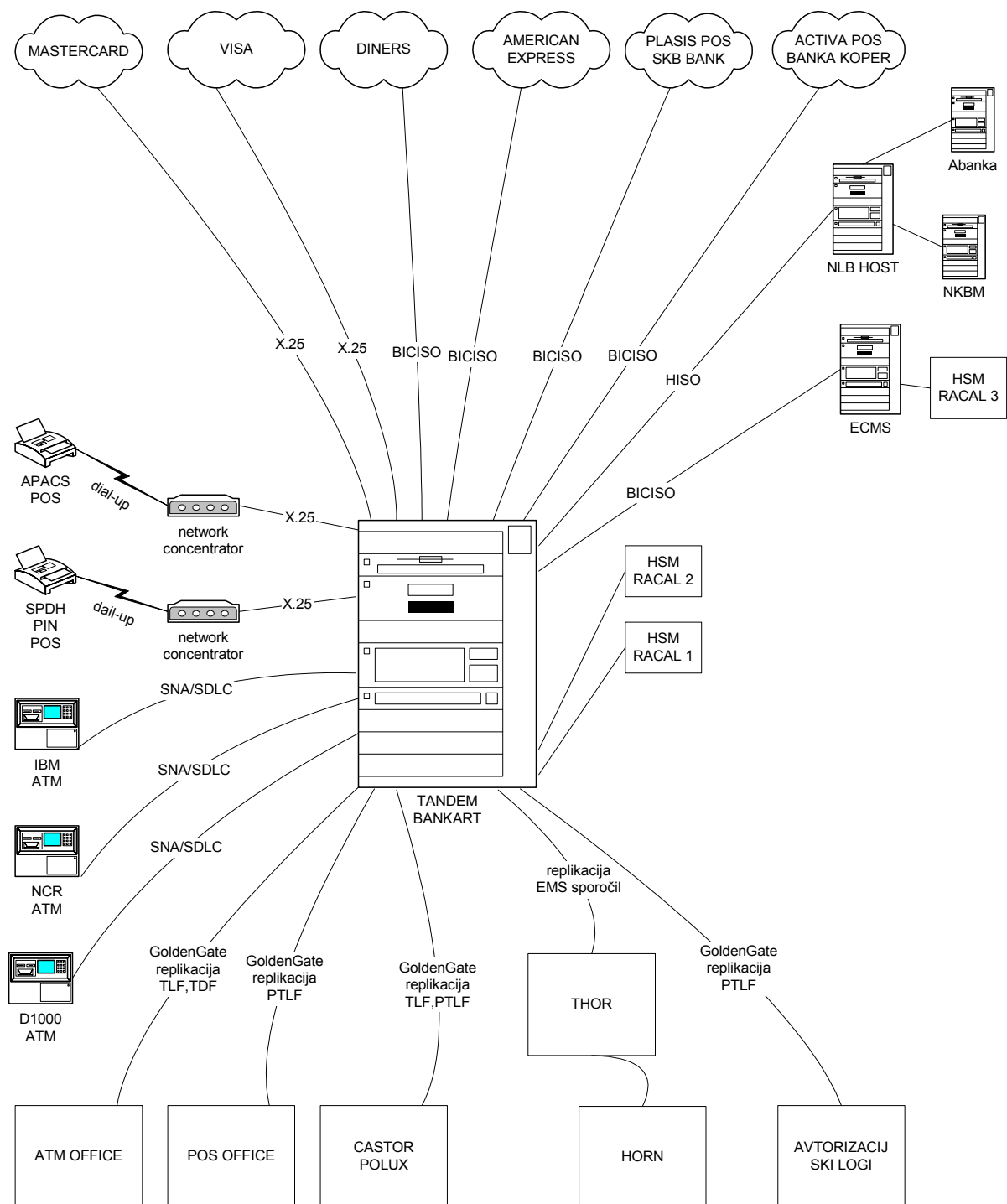
Sistem za procesiranje plačilnih kartic v podjetju Bankart d.o.o. je sestavljen iz večih podsistemov. Vsak podsistem opravlja del nalog, potrebnih za uspešno opravljanje storitev procesiranja plačilnih kartic. Glavna podsistema sta podsistem za zajem podatkov (v nadaljevanju avtorizacijski podsistem) in podsistem za obdelavo podatkov, ki se delita na več podsistemov za opravljanje posameznih opravil.

Avtorizacijski sistem služi funkciji omogočanja dostopa terminalov (bančnih avtomatov in plačilnih terminalov) do informacijskega sistema podjetja in opravljanja avtorizacij, podsistem za obdelavo podatkov pa služi za naknadno obdelavo opravljenih avtorizacij in pripravo ter distribucijo podatkovnih osnov za knjiženje opravljenih finančnih transakcij. Podsistema se poleg funkcionalnih razlik ločita tudi po tem, kakšno odzivnost, prepustnost in razpoložljivost morata dosegati.

Avtorizacijski podsistem mora biti visoko odziven, visoko prepusten in razpoložljiv, saj opravlja svojo funkcijo v realnem času, medtem ko podsistem za obdelavo podatkov in distribucijo opravlja svojo funkcijo naknadno, v paketnih obdelavah in kasneje izvaja prenos obdelanih podatkov, tako da so lahko zahtevani odzivnost, prepustnost in razpoložljivost nižji. Avtorizacijski podsistem si lahko predstavljamo kot vhodni del, viden uporabnikom storitev podjetja neposredno, podsistem za obdelavo pa kot izhodni del, viden uporabnikom le posredno. Vhodni del je kot tak še posebej občutljiv, zato mora delovati transparentno, mora biti skrbno načrtovan, voden in upravljan.

Avtorizacijski podsistem (prikazan na *Sliki 4*) bomo v nadaljevanju ločili na avtorizacijski podsistem bančnih avtomatov in avtorizacijski podsistem plačilnih terminalov.

Slika 4: Avtorizacijski podsistem



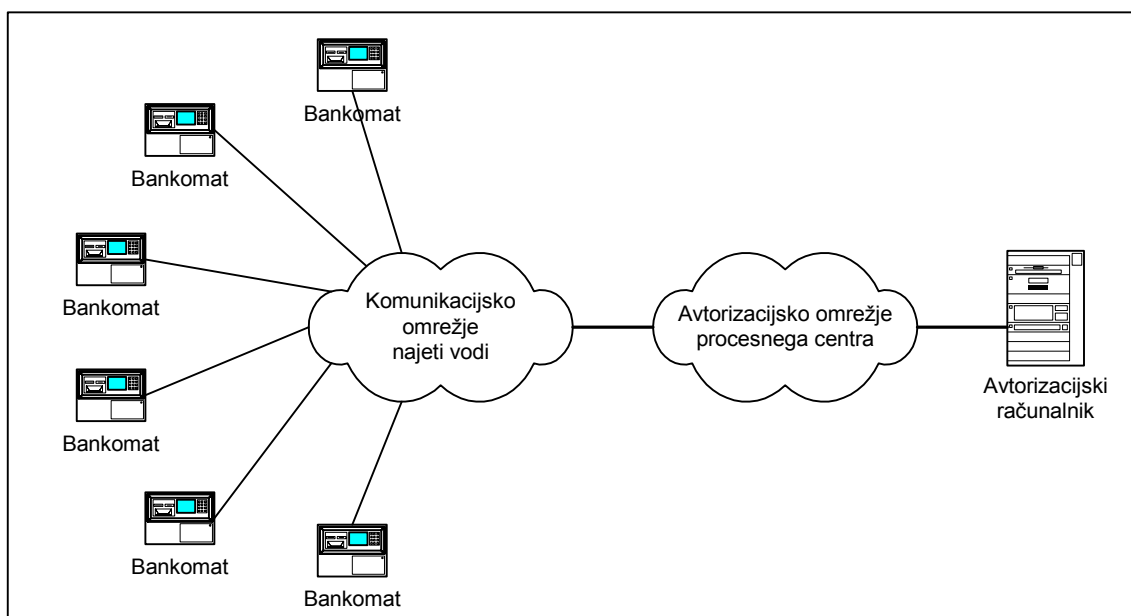
(Vir informacij: Logična shema IS Bankart)

## 5.2 Avtorizacijski podsistem bančnih avtomatov

Avtorizacijski podsistem je prilagojen kratkim avtorizacijskim podatkovnim paketom, kjer so pomembne visoka odzivnost, prepustnost in razpoložljivost, manj pa visoka hitrost prenosa podatkov. Velikost podatkovnega paketa v avtorizacijskem komunikacijskem podsistemu je majhna in je lahko zahtevana hitrost povezav relativno nizka, saj visoka hitrost pri majhni količini prenašanih podatkov (od 128 do 256 zlogov) ni omejitveni faktor učinkovitosti prenosa. Hitrost povezovanja bančnih avtomatov v omrežje in dostop do avtorizacijskega dela informacijskega sistema tako znaša od 9600 do 19200 bit/s. Za doseganje zelenih lastnosti mora biti komunikacijsko omrežje pravilno načrtovano in uporabljena oprema pravilno izbrana ter v kritičnih točkah podvojena tako, da izpad dela omrežja in opreme ne povzroči zavračanje ali nedostopnost storitve podjetja.

Dostop bankomatov do avtorizacijskega dela informacijskega sistema je zaradi narave delovanja bankomatske mreže in manjšega števila bankomatov (napram številu plačilnih terminalov) urejen tako, da so posamezni bankomati preko komunikacijske infrastrukture v stalni logični povezavi z avtorizacijskim računalnikom. Izbran tip komunikacijske infrastrukture je v tem primeru najeti vod oziroma njegove komunikacijske izpeljanke v smislu integriranja podatkovnih povezav (FrameRelay omrežje, elastično omrežje in podobno). Pri sproženju zahtevka za transakcijo na bankomatu je tako povezava že vzpostavljena, formirajo in prenesejo se podatkovni paketi proti avtorizacijskemu delu informacijskega sistema in transakcija se izvrši, odgovor pa se pošlje po isti poti nazaj. Na Sliki 5 je prikazan osnovni model avtorizacijskega podsistema bančnih avtomatov.

*Slika 5: Avtorizacijski podsistem bančnih avtomatov*



*(Vir informacij: Logična shema IS Bankart)*

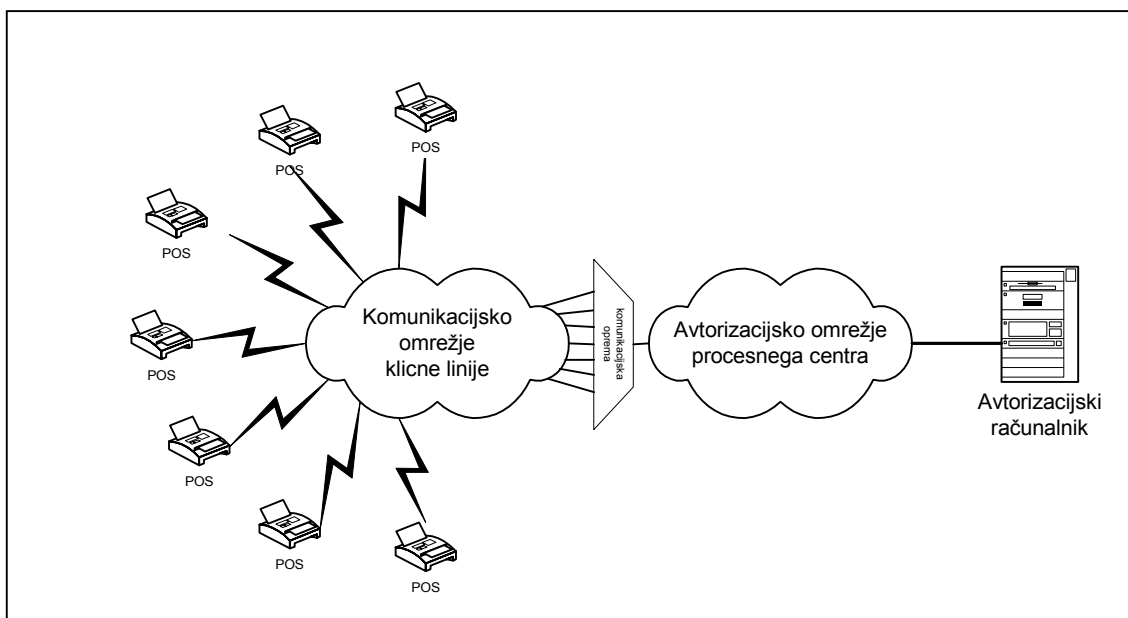


### 5.3 Avtorizacijski podsistem plačilnih terminalov

Osnovne komponente, ki sestavljajo avtorizacijski podsistem plačilnih terminalov, so: plačilni terminali, komunikacijska oprema, avtorizacijski računalnik, upravljalni sistem POS terminalov, avtorizacijski protokol in varnostni mehanizmi. Hitrost povezovanja plačilnih terminalov je od 2400 do 9600 bit/s.

Na Sliki 6 je prikazan osnovni model avtorizacijskega podsistema plačilnih terminalov.

*Slika 6: Avtorizacijski podsistem plačilnih terminalov*



*(Vir informacij: Logična shema IS Bankart)*

Dostop plačilnih terminalov do avtorizacijskega dela je urejen preko klicnih telefonskih linij z uporabo javnega telefonskega omrežja. POS terminal ob sproženju transakcije pokliče na vstopno točko procesnega centra, kjer se klic sprejme in zaključi telefonska povezava. Vstopno točko predstavljajo analogne ali digitalne telefonske linije, priključene na komunikacijsko opremo, ki asinhroni podatkovni tok sprejme, iz prenašanih podatkov formira podatkovne pakete in jih pošlje proti avtorizacijskemu delu informacijskega sistema, odgovore pa po isti poti nazaj proti terminalu. Število vstopnih točk je prilagojeno pričakovani najvišji količini prometa, ki se pojavi v določenem časovnem obdobju, tako da so vedno vsi prihajajoči klici sprejeti in poslani podatki preneseni.

## 5.4 Strojna in programska oprema avtorizacijskega podsistema

Procesi, ki tečejo v avtorizacijskem podsistemu, zahtevajo strojno in programsko opremo, ki je namenjena zelo specifičnim nalogam. Kot taka je seveda manj razširjena na tržišču, kar pomeni visoko ceno razvoja, nadgradnje in vzdrževanja opreme. Takšno strogo namensko opremo je smiselno uporabljati predvsem za primarni namen, v primeru procesnega centra za izvajanje avtorizacij, vse ostale funkcije, ki bi sicer lahko potekale na isti strojni in programski opremi in niso tako kritične ter občutljive, pa prepustiti ostalim okoliškim napravam in procesom. Tako je izveden model avtorizacijskega sistema z osrednjim avtorizacijskim računalnikom, obdanim s strežniki, na katerih se izvajajo obdelave podatkov, in prenosnim komunikacijskim sistemom, ki povezuje osrednji računalnik in obrobne strežnike s preostalimi uporabniki sistema, kot so na primer: POS in bančni terminali, drugi procesni centri, banke in drugi.

Osrednji avtorizacijski računalnik mora izpolnjevati zgoraj opisane zahteve po visoki odzivnosti, razpoložljivosti in zanesljivosti, kar se lahko izvede na računalniških sistemih visokega razreda. V okoljih procesnih centrov so najbolj uveljavljene rešitve na tem področju rešitve proizvajalcev IBM serije I ali Z ali Hewlett-Packard Tandem NonStop Himalaya. Rešitvi omogočata in izpolnjujeta vse strojne zahteve in v kombinaciji z namensko programsko opremo, prilagojeno neprenehnemu delovanju (IBM: OS/390, Tandem: Base24), dosegata vse zahtevane lastnosti. Poleg računalnikov visokega kvalitetnega in cenovnega razreda se lahko kot avtorizacijski računalnik uporablja tudi strojne in programske sisteme srednjega razreda, ki morajo biti prilagojeni zahtevanemu načinu delovanja. Tipični predstavnik tega razreda so visoko zmogljivi računalniki podjetja Hewlett-Packard s prilagojenim UNIX operacijskim sistemom.

Obrobni računalniki morajo biti sposobni sprejeti in obdelati veliko količino podatkov, ki se generira iz stalnega avtorizacijskega toka in nad katerimi se nato izvedejo obdelave. Ker je obdelav več in se lahko različne obdelave izvajajo tudi vzporedno, je smiselno obdelave porazdeliti na več strežnikov. Za obrobne strežnike se večinoma uporablja cenovno ugodne strežnike nižjega cenovnega in zmogljivostnega razreda na osnovi Intel platforme z Microsoft operacijskim sistemom in ustrezno aplikativno programsko opremo, ali pa strežnike podjetja Hewlett-Packard z UNIX operacijskim sistemom in ustrezno aplikativno programsko opremo. Aplikativna programska oprema je tipično Microsoft SQL ali Oracle, oziroma DB2 za rešitve, ki so namenjene IBM strojni platformi.

Za prenos obdelanih podatkov se med udeleženci v poslovnem procesu običajno uporablja unificiran programski sistem, ki omogoča prenos podatkov, njihovo sledenje po prenosni poti, ponavljanje prenosa ob izpadu, stiskanje in kriptiranje prenesenih podatkov.

Za prenos podatkov med vsemi opisanimi sistemi se uporablja ustrezen komunikacijski sistem, ki je bolj podrobno opisan v točki 3.1.3.

Za vse opisane sisteme je značilno, da je njihova strojna oprema v največji možni meri zgrajena redundantno in zagotavlja mehanizme nemotenega delovanja, seveda glede na nivo pomembnosti delovanja sistema. Programska oprema, ki upravlja in nadzira delovanje strojne opreme, pa mora izkoristiti zmožnosti strojne opreme, tako na procesnem kot tudi na sistemskem nivoju.

#### **5.4.1 Avtorizacijski računalnik HP Nonstop Himalaya**

Za izvajanje opisanih procesov avtoriziranja in kasnejše obdelave podatkov, so strojne in programske zahteve za sisteme, ki te procese izvajajo, zelo visoke. Strojna oprema mora podpirati neprekinjeno delovanje sistema ter omogočati možnost nadgradenj in zamenjav določenih sklopov tekom delovanja sistema. Poleg tega mora biti redundantno zasnovana, tako da strojna napaka na delu sistema ne pomeni odpovedi delovanja celotnega sistema, ampak se ohrani neprekinjeno izvajanje funkcij informacijskega sistema.

Osrednji del strojne opreme avtorizacijskega dela informacijskega sistema predstavlja avtorizacijski (čelni) računalnik HP Nonstop Server, poznan tudi pod imenom Tandem, ki se tudi drugod po svetu uporablja za sisteme, ki potrebujejo neprekinjano delovanje oz. zahtevajo t.i. 24 x 7 x 365 razpoložljivost. V svetu te vrste strežniki procesirajo veliko večino vseh varnostnih, POS in bankomatskih transakcij. Na teh strežnikih bazira 106 od 120 največjih svetovnih borznih sistemov ter 135 svetovnih javnih telefonskih sistemov. Nonstop serverji nudijo tudi implementacijo UNIX in JAVA okolja in so popolnoma integrirani z drugimi "open standards" strežniki.

Glavne značilnosti HP NonStop Serverja so:

- skalabilnost
- neprekinjeno delovanje (pravi "fault-tolerance" sistem)
- ServerNet tehnologija
- enostavnost vzdrževanja
- fleksibilnost konfiguracij in razširitev
- on-line razširitve in servisiranje
- velik razpon možnosti omrežnih protokolov in povezovanj

Neprekinjeno delovanje sistema omogoča t.i. *fault-tolerant* arhitektura strežnika, kar pomeni, da so vse vitalne komponente (procesorji, vhodno-izhodne naprave, komunikacijski vmesniki,...) sistema podvojene. Hkrati je tudi operacijski sistem zasnovan tako, da avtomatsko zazna (*detect*) morebitne napake posameznih komponent, katere v takem primeru osami (*isolate*), dokler ponovno ne vzpostavi njihovega delovanja (*recover*).

Ravno tako so podvojene napajalne naprave in zunanji pomnilniki, ki delujejo po principu *data mirroringa*, t.j. zrcaljenja podatkov: v primeru odpovedi diska, strežnik procesiranje podatkov nadaljuje na zrcalni kopiji podatkov.

S tem sta s stališča strojne in systemske programske opreme zagotovljeni praktično stoddstotna razpoložljivost in zanesljivost delovanja.

Obstoječa strojna oprema ima sledečo konfiguracijo:

- Procesorji (4 x S7800 CPU)
- Diski (11 x 18Gb, 6 x 72Gb)
- 2 x E4SA adapterji
- 2 x GESA adapterji
- tračna enota SDLT
- 2 x Host Security modul

Na čelni računalnik je priključena tračna enota SDLT za izdelavo varnostnih kopij, ter Host Security Moduli – varnostni moduli, ki zagotavljajo varno upravljanje s ključi. Varnostne kopije sprememb sistema se delajo enkrat dnevno, varnostna kopija celotnega sistema pa enkrat tedensko – ob nedeljah. Varnostna kopija se naredi v eni kopiji.

Konfiguracija systemske programske opreme je naslednja:

- Operacijski sistem HP NonStop kernel s sistemskimi orodji
- Transakcijsko - terminalski sistem Pathway
- Sistemski komunikacijski podsistemi (LAN in WAN):
  - o X.25 (X.25 omrežja)
  - o TCP/IP (t.i. omrežja odprtih sistemov)
  - o EnvoyACP/XF (DLC protokoli)
  - o CP6100 (asynchronous, bit-synchronous, and bytesynchronous data link protokoli)
  - o Expand (povezava več HP NonStop serverjev v lastno omrežje)
- OSS podsistem (Open System Services, bazira na POSIX.1 and POSIX.2 standardih)

Konfiguracija aplikativne programske opreme je sestavljena iz naslednjih sklopov:

**ICE** – komunikacijski podsistem za povezavo v SNA omrežju (z IBM host okoljem).

**Connect:Direct** - programska oprema omogoča izmenjavo datotek med različnimi platformami in se uporablja za naslednje poslovne podprocese :

- o Izmenjava datotek z avtorizacijskimi centri (MasterCard, Europay)
- o Izmenjava datotek z bankami

- o Izmenjava datotek med strežniki v podjetju Bankart d.o.o.
- o **Golden Gate** - programska oprema za replikacijo podatkov GG v7

**Prognosis** - programska oprema se uporablja za performančni nadzor čelnega računalnika, kontrolo procesov, datotek in ostalih podsistemov.

**BSE** – Baza Stanj Extended je programska oprema, razvita znotraj podjetja, s katero je omogočeno vodenje stanj komitentov bank, ki so vključene v BSE.

**Thor replikator** - programska oprema, razvita znotraj podjetja, ki omogoča replikacijo EMS log (sistemski dnevnik čelnega računalnika) sporočil za potrebe Thor aplikacije (nadzorna aplikacija mreže bančnih avtomatov).

#### ***5.4.2 Aplikacija BASE24 in pripadajoča programska oprema***

Programska oprema, ki se izvaja na opisani strojni platformi, mora biti namensko razvita in prilagojena pogojem uporabe, da se lahko v največji možni meri izkoristi zmogljivosti opreme. Prav tako kot strojna mora tudi programska oprema podpirati in nadzirati morebitne izpade dela strojne opreme, ustrezno prerazporediti delovanje procesov na delujoče dele sistema in ustrezno obravnavati podatke v izpadu<sup>1</sup>, tako da ne pride do okvare podatkov oziroma podatkovnih baz. Programska oprema mora poleg tega omogočiti sočasen dostop številnim zahtevkom, jih obdelati v realnem času, zapisati rezultate obdelave in vrniti odgovore.

Za samo izvajanje avtorizacij je na strojno opremo postavljena aplikacija BASE24 z ustrezno programsko opremo.

Osrednji proces (*XPNET Process*), ki ga lahko interpretiramo kot operacijski system, skrbi za prenos sporočil in komunikacijo med ostalimi procesi (satelitski procesi). Osrednji proces, skupaj s pripadajočimi satelitskimi procesi, sestavlja *vozlišče* (angl. *Node*).

V nadaljevanju so opisani najpomembnejši satelitski procesi, ki sestavljajo avtorizacijski podsistem.

### *Device Handler Process (DH)*

Device handler proces je odgovoren za komunikacijo z bančnimi avtomati in je prilagojen točno določenemu tipu naprave, s katero komunicira. Njegove naloge so :

- Je primarni vmesnik med bančnimi avtomati in BASE24 sistemom (prepoznava t.i. *native-mode* sporočila, ki jih pošiljajo bančni avtomati, in jih pretvarja v BASE24 interni format sporočil).
- Odloča, ali mora biti transakcija avtorizirana z BASE24 avtorizacijskim modulom ali mora biti poslana v avtorizacijo kam drugam.
- Postavlja in sprošča števec transakcijskih odzivnih časov, tako kot transakcije vstopajo in izstopajo iz DH procesa. Ti števci kontrolirajo časovni interval, znotraj katerega DH proces čaka na odziv avtorizacijskega procesa.
- Dopolnjuje akumulatorska polja in statusne zastavice v *TDF (Terminal Data File)* datoteki, odvisno od tipa transakcije in zahtevanega procesa.
- Izvaja zaključke poslovnega dneva (*Cutting Over*) naprav, za katere skrbi.
- Omogoča prenos konfiguracijskih parametrov za posamezno napravo.

### *APACS, SPDH process*

Procesa imata podobni vlogi kot bankomatski vmesniki (DH), le da skrbita za povezavo in komunikacijo s plačilnimi terminali.

### *ATM Authorisation Process (ATAUTH)*

BASE24 avtorizacijski proces je odgovoren za procesiranje transakcij, poslanih s strani bančnih avtomatov. Med drugim skrbi za:

- Avtoriziranje oziroma usmerjanje (angl. *Routing*) transakcij k ustreznemu drugemu procesu (npr. *Host Interface* procesu).
- Beleženje transakcij v dnevnik transakcij (*Transaction Log File – TLF*).
- Generiranje sporočil za preverjanje in potrjevanje avtorizacij za druga avtorizacijska omrežja.

### *POS Router/Authorisation Process (RTAU)*

V tem procesu sta združeni funkciji avtorizacijskega modula in usmerjevalnika transakcij. Proces skrbi za upravljanje s transakcijami, poslanimi iz omrežja plačilnih terminalov. Med drugim skrbi za:

- Pretvarjanje sporočil v ustrezne formate.
- Avtoriziranje oziroma usmerjanje (angl. *Routing*) transakcij k ustreznemu drugemu procesu (npr. *Host Interface* procesu).
- Beleženje transakcij v dnevnik transakcij (*POS Transaction Log File – PTLF*)

#### *HOST Interface Process*

BASE24 *Host Interface* proces je odgovoren za komunikacijo z drugimi avtorizacijskimi računalniki (angl. *Host*). V procesu avtorizacije nastopa takrat, ko je avtorizator drug avtorizacijski računalnik ali pa le-ta sprejema sporočila o odobritvi oziroma zavrnitvi avtorizacije s strani BASE24 sistema. Ta proces opravlja še naslednje funkcije:

- Prevaja sporočila iz BASE24 internega formata v ISO ali ANSI izhodni format, ki je poznan drugemu avtorizacijskemu računalniku.
- Omogoča t.i. *store-and-forward* funkcijo: če drugi avtorizacijski računalnik ni dostopen, se lahko nekateri tipi sporočil shranijo in pošljejo v avtorizacijo kasneje, ko se povezava ponovno vzpostavi.
- Postavlja in sprošča števec, ki merijo čas, ki ga potrebujejo sporočila za svojo pot do procesa, s katerim komunicira, in nazaj.

#### *Interchange Interface Process*

BASE24 *Interchange Interface* proces skrbi za komunikacijo z drugimi avtorizacijskimi omrežji (angl. *Interchange*). V procesu avtorizacije vstopa, kadar je ustrezen avtorizator drugo avtorizacijsko omrežje ali kadar je BASE24 avtorizator in je drugo avtorizacijsko omrežje cilj (angl. *Destination*) transakcije. Vsako avtorizacijsko omrežje ima sebi lasten interchange interface proces, saj ima vsako omrežje svoj format sporočil in s tem svoje zahteve glede upravljanja z njimi. Interchange interface procesi so ponavadi zadolženi za:

- Prevajanje sporočil med BASE24 internim formatom sporočila in izhodnim formatom sporočila, razumljivega drugemu avtorizacijskemu omrežju.
- Odloča, ali je dovoljeno poslati zunanje transakcije iz BASE24 v drugo avtorizacijsko omrežje.
- Upravlja s transakcijami, ki prihajajo iz drugega avtorizacijskega omrežja (ali so že avtorizirane, ali pa morajo biti poslane v avtorizacijo na kakšno drugo lokacijo).
- Beleži transakcije v ustrezen dnevnik transakcij (*Interchange Log File – ILF*).
- Omogoča t.i. *store-and-forward* funkcijo: če drugi avtorizacijski računalnik ni dostopen, se lahko nekateri tipi sporočil shranijo in pošljejo v avtorizacijo kasneje, ko se povezava ponovno vzpostavi.
- Postavlja in sprošča števec, ki merijo čas, ki ga potrebujejo sporočila za svojo pot do procesa, s katerim komunicira, in nazaj.

### *BASE24 Interface Process (BIC)*

BASE24 Interface proces skrbi za komunikacijo z drugimi BASE24 omrežji in njihovimi procesi. Na vrsto torej pride, ko mora biti sporočilo posredovano naprej drugemu BASE24 sistemu. Ta proces skrbi za:

- Prevajanje sporočil med internim formatom sporočil BASE24 in zunanjim formatom sporočil, razumljivim drugemu avtorizacijskemu omrežju.
- Ugotavlja, ali se vstopajoče transakcije avtorizirajo v BASE24 sistemu ali se pošljejo v avtorizacijo v drugo avtorizacijsko omrežje.
- Beleži transakcije v ustrezen dnevnik transakcij (*Interchange Log File – ILF*).
- Omogoča t.i. *store-and-forward* funkcijo: če drugi avtorizacijski računalnik ni dostopen, se lahko nekateri tipi sporočil shranijo in pošljejo v avtorizacijo kasneje, ko se povezava ponovno vzpostavi.
- Postavlja in sprošča števec, ki merijo čas, ki ga potrebujejo sporočila za svojo pot do procesa, s katerim komunicira, in nazaj.

### *Refresh Process*

Skrbi za osveževanje avtorizacijske podatkovne baze BASE24 sistema.

### *Extract Process*

Skrbi za izvoz podatkovne baze aplikacije BASE24.

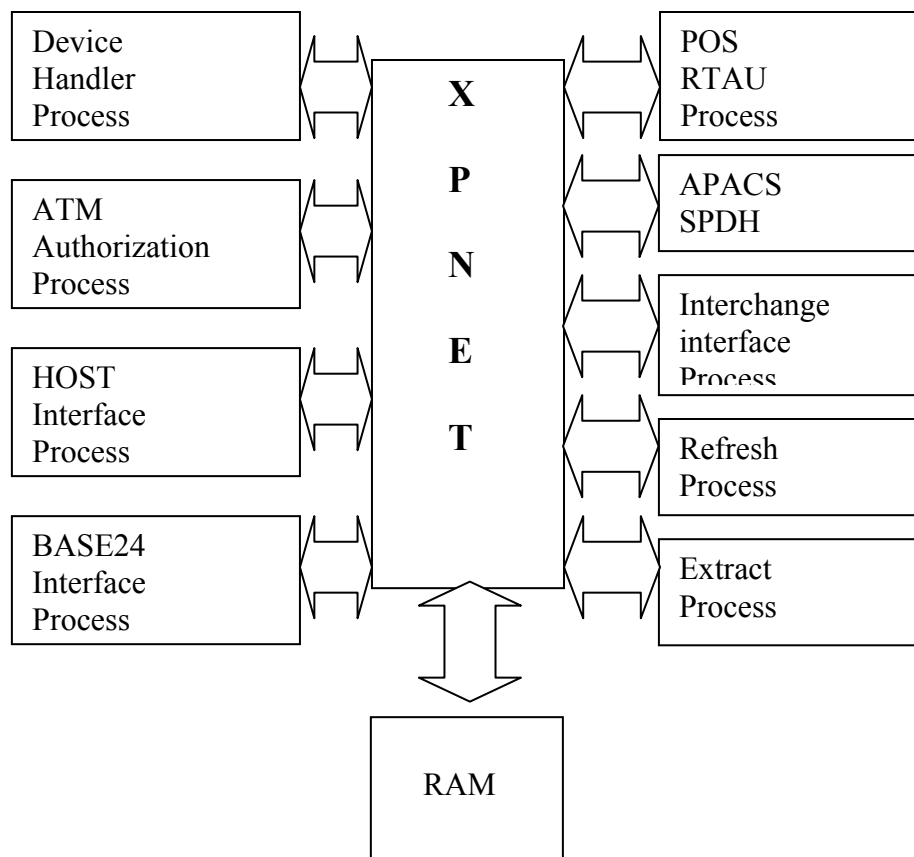
### *RAM*

Skrbi za dešifriranje določenih polj avtorizacijskega sporočila (PIN).

Na *Sliki 7* je prikazana arhitektura BASE24 sistema.



Slika 7: Arhitektura BASE24 sistema



(Vir informacij: Lasten – logična shema BASE24 sistema)

## 6. ZAJEM PODATKOV ZA IZRAČUN ZANESLJIVOSTI IN RAZPOLOŽLJIVOSTI

Za izračun pogostosti odpovedi  $\lambda$  in pogostosti zaključkov popravil  $\mu$  sta v predstavljenem sistemu na voljo dva vira podatkov: eden se napaja s pomočjo t.i. ročnega vnosa, ki ga preko grafičnega uporabniškega vmesnika izvajajo zaposleni v oddelku za nadzor in podporo IS, drugi pa je sistemski dnevnik, v katerega se sporočila o dogajanju na sistemu beležijo avtomatsko. V nadaljevanju sta predstavljena oba vira in mehanizmi beleženja izrednih dogodkov.

### 6.1 Aplikacija za vodenje evidence motenj in izpadov IS

Za nadzor in podporo informacijskega sistema družbe je organizirana posebna služba, ki je obenem tudi centralna točka za sprejemanje sporočil o motnjah in zastojih na sistemu ter za obveščanje o njih ter njihovo reševanje.

Tehnično je delovanje službe za nadzor in podporo podprto z ustrezno strojno in programsko opremo: vstopne telefonske klice sprejema posebna telefonska centrala, ki omogoča razporejanje dohodnih klicev po strežniških mestih, glede na dano postavitev. Dodatna programska oprema omogoča vodenje statistike obnašanja sistema in njegovih najpomembnejših parametrov (število dohodnih in odhodnih klicev v različnih časovnih intervalih, čakalne čase, zavrnjene klice, statistična poročila za različna pretekla obdobja itd.). Nadzor nad posameznimi deli informacijskega sistema vršijo posebni programski moduli avtomatsko in o stanju sistema pošiljajo ustrezna sporočila, ali pa posamezne ukaze ročno izvajajo operaterji.

Postopki, kako delovati v primeru motenj, zastojev in drugih izrednih situacij, ki se pojavijo v sistemu, so opisani v protokolu službe za nadzor in podporo. V primeru klica o napaki (motnji), mora oseba, ki kliče, podati čimveč merodajnih, nedvoumnih informacij o zaznani motnji: čas nastopa, čas zaznave, lokacija, oseba, ki je motnjo zaznala, stanje sistema in izvedeni postopki pred, v trenutku in po pojavitvi motnje, vplivi (posledice) na delovanje ostalih delov sistema ipd.

Glede na zbrane informacije prevzemnik klica obvesti skrbnika izbranega področja (ki naj bi motnjo tudi odpravil), navedenega v posebni 'Intervencijski tabeli'. Če dotični skrbnik področja ni dosegljiv, prevzemnik klica pokliče njegovega namestnika (glede na intervencijsko tabelo). Glede na kompleksnost motnje, oziroma po naročilu že klicanih dežurnih delavcev, obvesti tudi druge dežurne, ki so potrebni, da motnjo odpravijo.

Sodelujoči v odpravljanju motnje obveščajo operaterja o poteku oziroma o odpravi motnje. V primeru, ko motnja ni odpravljena v času izmene operaterja, le-ta preda potrebne informacije svojemu nasledniku.

Potek dogodkov se beleži v aplikaciji za vodenje evidence motenj in izpadov IS (Aplikacija IT-QMS). Aplikacija je bila zasnovana in razvita znotraj podjetja in je prilagojena posebnostim lastnega informacijskega sistema. Njeno jedro je zasnovano kot nabor elementov oz. sklopov IS, ki so med seboj v značilnih relacijah. Relacije tako opisujejo soodvisnosti posameznih podsistemov in njihov medsebojni vpliv v primeru nedelovanja posameznega modula.

Definirani so naslednji tipi elementov (sklopov IS):

1. HW (diski, fizične linije...)
2. SISTEM (IBM, Tandem, Bkfserver...)
3. SISTEMSKI SERVIS (Exchange, CICS, L-24...)
4. APLIKATIVNI SW (JCL obdelave, ATM reporti, transakcije vnosa podatkov...)
5. APLIKACIJA (BASE24, CICS aplikacija,...)
6. POSLOVNO PODROČJE (BANKOMATI, Plačilni terminali...)

Med elementi so določeni tipi (vrste) odvisnosti:

1. popolna (nedelovanje enega pomeni tudi nedelovanje drugega (odvisnega) elementa)
2. delna (nedelovanje enega pomeni moteno delovanje drugega (odvisnega) elementa)
3. začasna popolna (nedelovanje enega elementa, v določenem časovnem intervalu, pomeni nedelovanje drugega (odvisnega) elementa)
4. začasna delna (nedelovanje enega elementa, v določenem časovnem intervalu, pomeni moteno delovanje drugega (odvisnega) elementa).

Aplikacija za vodenje evidence je namenjena vnosu osnovnih (temeljnih) parametrov, ki določajo motnjo oziroma odpoved sistema (na kateri element se veže odpoved, vrsta odpovedi, čas pojavitve, vzrok za odpoved, čas odprave napake, čas ponovnega delovanja elementa itd.). Iz zajetih podatkov se mesečno pripravljajo poročila o (ne)delovanju sistema, namenjena ravnateljstvu družbe. Prav tako aplikacija omogoča trenutne vpoglede v že evidentirane izpade, ki so lahko že zaključeni oziroma se še vedno vodijo kot aktivni (napaka še ni odpravljena) in bodo kot zaključeni označeni naknadno.

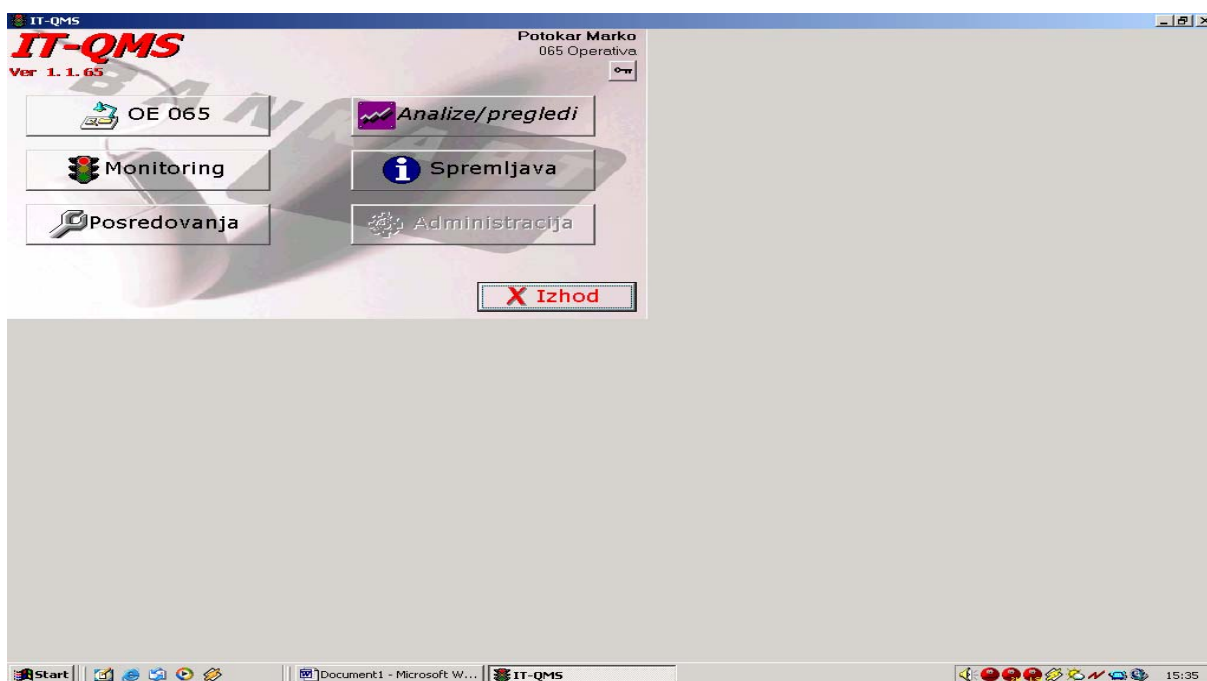
## **6.2 Grafični vmesnik – obrazci za vnos izrednih dogodkov**

Ker vnose zahtevanih podatkov o značilnostih posameznih motenj oziroma izpadov informacijskega sistema vnašajo zaposleni, je v ta namen oblikovan ustrezen grafični

uporabniški vmesnik. Vsi vnosi tako potekajo preko vnosnih zaslonov (mask) v obliki obrazcev.

V nadaljevanju (*Slike 8, 9, 10, 11*) so prikazani osnovni izbor aplikacije, zaslon za vnos novega izpada, prikaz splošnega pregleda izpadov in pogled na določen izpad.

*Slika 8: Osnovni izbor aplikacije za vodenje evidence izpadov*



*(Vir informacij: Aplikacija IT-QMS)*

Osnovni izbor je hkrati tudi glavni vhod v aplikacijo. Na začetku se uporabnik odloči za način dela s podatki: pregledovanje, ažuriranje, vnos, administracija aplikacije itd.

Slika 9: Zaslona za vnos novega izpada

**Dodajanje posredovanja**

**Pregled Dodajanje posredovanja**

Obvestilo ob: **Ni obvestila**

Začetek ob: 8.10.2000 0:00 Vzpostavitev ob: 8.10.2000 0:00

Način posredovanja: Izberite način posredovanja...

Vir: Izberite vir prijave...

Vir podrobno:

Posredovanje vezano na izpad: **Ni povezave na drug izpad...**

☒ **Muten poslovni proces**

**Potrdi** **Zaključ** **Napaka** **Prekliči**

Število prijav: 18

(Vir informacij: Aplikacija IT-QMS)

S pomočjo prikazane zaslonske maske uporabnik določi nov izpad in poda ustrezne parametre. Glavna polja so naslednja:

**Posredovanje na sistemu** -tip elementa (sklopa IS), na katerem je prišlo do motnje oziroma izpada delovanja.

**Sistem - vzrok posredovanja** -uporabnik navede vzrok posredovanja

**Tipska vrsta napake** -uporabnik navede preddefinirano vrsto napake (SW, HW...)

**Začetek ob** -čas začetka odpovedi

Vzpostavitev ob

-čas pričetka ponovnega delovanja

Vir prijave

-kdo je skrbniku prijavil napako

Slika 10: Splošen pregled izpadov

| Izpad št. | Izpadli sistem           | Status izpada    | Zaznано          | Odpravljeno     | Vnesel         | Moten posl. proces       | Vezan izpad                         | Dodeljeni skrbnik | Status dodeljene intervencije |
|-----------|--------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 3494      | ECMSWeb                  | Izpad zabeležen  | 15.11.2004 08:38 |                 | Potokar Marko  | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                   |                               |
| 3493      | ORACLE                   | Rešeno           | 15.11.2004 05:59 | 5.11.2004 07:31 | Maksimovič K   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Zavrli Tomaž      | Zaključeno                    |
| 3492      | eCMS - Trintech obdelava | Rešeno           | 13.11.2004 15:28 | 3.11.2004 18:47 | Doroslovac R   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Mohorčič An       | Dodeljeno                     |
| 3491      | eCMS - Trintech obdelava | Rešeno           | 13.11.2004 15:27 | 3.11.2004 18:48 | Doroslovac R   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Prešlenkov I      | Zaključeno                    |
| 3490      | eCMS - Trintech obdelava | Rešeno           | 12.11.2004 16:04 | 2.11.2004 16:11 | Šantail Danije | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Prešlenkov I      | Zaključeno                    |
| 3489      | eCMS - Trintech obdelava | Rešeno           | 11.11.2004 20:29 | 1.11.2004 20:42 | Šantail Danije | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Šink Tomaž        | Dodeljeno                     |
| 3488      | eCMS - Trintech obdelava | Rešeno           | 11.11.2004 16:22 | 1.11.2004 16:28 | Šantail Danije | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Šink Tomaž        | Dodeljeno                     |
| 3487      | eCMS - Aster obdelava    | Izpad - dodeljen | 11.11.2004 06:30 |                 | Maksimovič K   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Mohorčič An       | Zaključeno                    |
| 3486      | eCMS - Trintech obdelava | Rešeno           | 11.11.2004 03:27 | 1.11.2004 03:45 | Maksimovič K   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Prešlenkov I      | Zaključeno                    |
| 3485      | eCMS - Trintech obdelava | Rešeno           | 10.11.2004 16:42 | 0.11.2004 16:51 | Šantail Danije | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Prešlenkov I      | Zaključeno                    |
| 3483      | Base24                   | Rešeno           | 09.11.2004 16:47 | 9.11.2004 17:59 | Šantail Danije | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Sovdat Mate       | Dodeljeno                     |
| 3484      | eCMS - Aster obdelava    | Rešeno           | 09.11.2004 06:02 | 9.11.2004 06:23 | Maksimovič K   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Mohorčič An       | Zaključeno                    |
| 3482      | IBM host                 | Rešeno           | 06.11.2004 16:51 | 6.11.2004 17:34 | Strnard Boštje | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Sovdat Mate       | Zaključeno                    |
| 3481      | IBM host                 | Rešeno           | 05.11.2004 06:01 | 6.11.2004 06:30 | Strnard Boštje | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Sovdat Mate       | Zaključeno                    |
| 3480      | eCMS - Trintech obdelava | Rešeno           | 03.11.2004 19:43 | 3.11.2004 20:10 | Maksimovič K   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Prešlenkov I      | Zaključeno                    |
| 3479      | eCMS - Trintech obdelava | Rešeno           | 03.11.2004 16:39 | 3.11.2004 18:22 | Maksimovič K   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Prešlenkov I      | Zaključeno                    |
| 3477      | eCMS - Aster obdelava    | Izpad - dodeljen | 03.11.2004 03:30 |                 | Hace Erik      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Mohorčič An       | Zaključeno                    |
| 3478      | eCMS - Trintech obdelava | Rešeno           | 02.11.2004 20:16 | 2.11.2004 20:28 | Maksimovič K   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Prešlenkov I      | Zaključeno                    |

Vir prijave:  
Zaznal monitoring  
Dodeljeni skrbnik:  
Kontakt z skrbnikom:

Vir prijave podrobno:  
Monitoring označil kot povezani izpad  
Opombe:  
Monitoring označil kot povezani izpad

Prejeto sistema

Nezaključeni izpadi  
Število prikazanih izpadov: 137

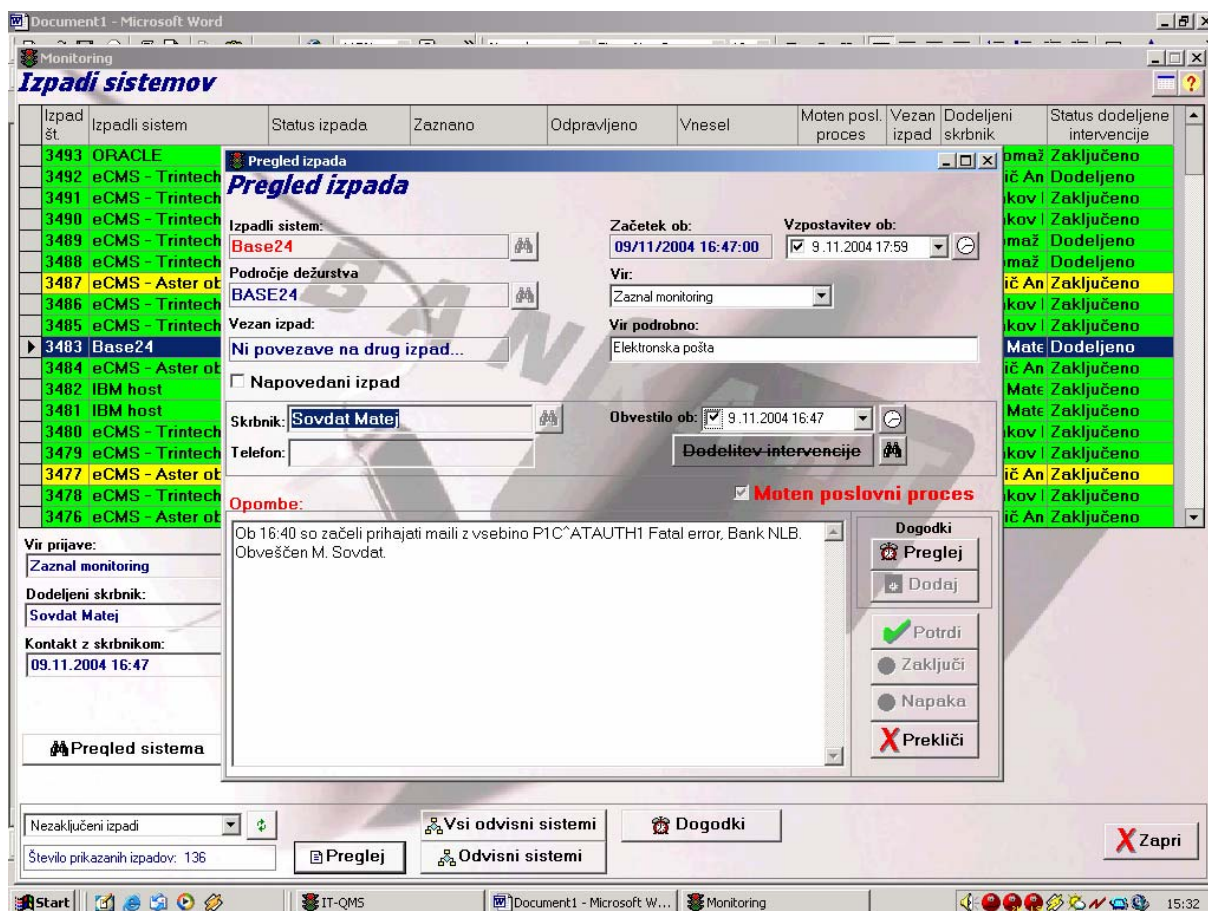
Nov izpad  
Vsi odvisni sistemi  
Odvisni sistemi  
Dogodki  
Nov dogodek

X Zapri

Start IT-QMS Monitoring 15:16

(Vir informacij: Aplikacija IT-QMS)

Slika 11: Podroben pregled izpada



(Vir informacij: Aplikacija IT-QMS)

Prikazana aplikacija se za kratke časovne intervale opazovanja odpovedi sistema ne izkazuje kot najbolj merodajna za zajem in analizo podatkov, potrebnih za izračune v modelu, ki ga obravnava pričujoče magistrsko delo. Razlog je predvsem v dokaj velikem tolerančnem območju zapisanih časov odpovedi in odprave le-teh, saj se le-ti beležijo ročno in je tako prisoten 'človeški faktor' nenatančnosti.

Aplikacija je bila namreč prvenstveno zasnovana kot morebitna bodoča baza znanja, s pomočjo katere bi z ustreznim dodatnim razvojem omogočali kvalitetnejšo, lažjo in hitrejšo analizo napake ter s tem hitrejšo odpravo le-te. Hkrati bi v veliki meri zmanjšali število potrebnih klicev skrbnikov posameznih področij, saj bi se operaterji o ustreznih akcijah lažje in večkrat odločali sami. V nadaljevanju bi z ustreznim razvojem programskih vmesnikov lahko omogočili avtomatski zajem merodajnih podatkov iz systemskega dnevnika avtorizacijskega računalnika (systemskega dnevnik je prikazan v razdelku 6.3).

Kljub temu so podatki iz te baze uporabljeni pri izračunu karakteristik odpovedi, saj za daljše preteklo obdobje ni na voljo podatkov, zajetih s systemskim dnevnikom.

### 6.3 Sistemski dnevnik avtorizacijskega računalnika

Sistemski dnevnik (*angl.: System Log*) avtorizacijskega računalnika je preprosto povedano datoteka, v katero se zapisujejo različna sporočila, ki jih generira sistem. Tako je omogočena transparentnost (vpogledljivost) in sledljivost dogajanja v računalniškem sistemu in njegovem okolju. Kako 'daleč' v okolje vidimo, je odvisno od tega, katera sporočila beležimo v sistemski dnevnik.

Ponavadi sporočila delimo na *sistemska* in *aplikativna*. V našem primeru bomo pod sistemskimi sporočili razumeli vse vrste komunikacijskih sporočil, ukazna sporočila napravam v sistemu, ukaze za prenos parametrov, sporočila za izmenjavo varnostnih ključev, sporočila za administracijo sistema, sporočila za vzpostavitev in preverjanje seje ter tudi sporočila o stanju posameznih procesov sistema.

Pod aplikativna sporočila pa štejemo sporočila, ki izhajajo iz uporabniške aplikacije: stanje števecov na bankomatu, podatki o plačilni ali kreditni kartici, stanje na računu, podatki iz aplikativnih podatkovnih baz, avtorizacijski zahtevki ipd.

Sporočila se v sistemski dnevnik beležijo v prihajajočem časovnem zaporedju, ki je vezano na nastavitev centralnega systemskega časa. Vsako sporočilo je enolično določeno s pripadajočo številko, vrsta sporočila pa z njegovo kodo. Tako lahko s pomočjo krmilnih ukazov pridemo do tistega sporočila, ki nas v danem trenutku zanima.

Za naše potrebe (izračun pogostosti odpovedi in pogostosti zaključkov popravil) bomo iz systemskega dnevnika izbrali del sistemskih sporočil, ki govorijo o prenehanju delovanja posameznih procesov in njihovi ponovni oživitvi.

Na *Sliki 12* je prikazan izseček iz systemskega dnevnika.

*Slika 12: sistemski dnevnik*

---

```
FROM: PIC^I47305    RE: BA00974Icording to ATD counts)
ATM BA00974I Console 1 has been marked down00    223
04-11-16;18:02:26.044 \LBPOS.$P1CN4    ACL.AT5070.1000    221
FROM: PIC^N504      RE: BA00013Ncording to ATD counts)
ATM BA00013N - Hopper 2 is out of bills (according to ATD counts)
04-11-16;18:02:26.048 \LBPOS.$P1CN4    ACL.AT5070.1000    222
FROM: PIC^N504      RE: BA00013Ncording to ATD counts)
ATM BA00013N - Hopper 3 is out of bills (according to ATD counts)
04-11-16;18:02:26.161 \LBPOS.$ICE2    INSESSION.42.V33    3054
Session terminated PLU B24PIBM , SLU S011B802, FQPCID ATD counts)
C29BA5D9005F9FA5 - Reason -> Cleanup (sense X'087D0001') RUs sent 0
RUs rcvd 0 Bytes sent 0 Bytes rcvd 01078N
```

---



04-11-16;18:02:26.171 \LBPOS.\$P1CN ACI.XPNET.3000 2052counts)  
 Station BA00370I^2 open^session error, return code = 221  
 10, system error code = %H087D, user error code = 1  
 Previous STARTING, Current ABNORMALills (according to ATD counts)

04-11-16;18:02:26.175 \LBPOS.\$P1CI4 ACI.AT4730.1000 704  
 FROM: PIC^I47304 RE: BA00370I  
 ATM BA00370I Console 1 has been marked downcording to ATD counts)

7\* 04-11-16;18:02:26.372 \LBPOS.\$P1BI1 ACI.AT4730.1000 703  
 FROM: PIB^I47301 RE: BA00236I  
 ATM BA00236I Console 1 has been marked up LOAD is complete

7\* 1-16;18:04:22.611 \LBPOS.\$P1DN6 ACI.AT5070.1000 466  
 FROM: PID^N506 RE: BA01254S

04-11-16;18:04:23.880 \LBPOS.\$P1DN7 ACI.AT5070.1000 221  
 FROM: PID^N507 RE: BA01545S  
 ATM BA01545S - Hopper 2 is out of bills (according to ATD counts)

04-11-16;18:04:23.883 \LBPOS.\$P1DN7 ACI.AT5070.1000 223  
 FROM: PID^N507 RE: BA01545S  
 ATM BA01545S - Hopper 4 is out of bills (according to ATD counts)

04-11-16;18:04:24.285 \LBPOS.\$P1CN1 ACI.AT5070.1000 220  
 FROM: PIC^N501 RE: BA00199N  
 ATM BA00199N - Hopper 1 is out of bills (according to ATD counts)

04-11-16;18:04:24.287 \LBPOS.\$P1CN1 ACI.AT5070.1000 222  
 FROM: PIC^N501 RE: BA00199N  
 ATM BA00199N - Hopper 3 is out of bills (according to ATD counts)

04-11-16;18:04:24.362 \LBPOS.\$P1DI1 ACI.AT4730.1000 781  
 FROM: PID^I47301 RE: BA01262I  
 ATM BA01262I Console 1 - Hopper 1 has 1312 bills remaining

04-11-16;18:04:24.364 \LBPOS.\$P1DI1 ACI.AT4730.1000 781  
 FROM: PID^I47301 RE: BA01262I  
 ATM BA01262I Console 1 - Hopper 2 has 1494 bills remaining

04-11-16;18:04:24.365 \LBPOS.\$P1DI1 ACI.AT4730.1000 781  
 FROM: PID^I47301 RE: BA01262I  
 ATM BA01262I Console 1 - Hopper 3 has 0962 bills remaining

04-11-16;18:04:24.366 \LBPOS.\$P1DI1 ACI.AT4730.1000 790

---

*(Vir informacij: Lasten - zasnova zajema podatkov)*

## 6.4 Pregled systemskega dnevnika

Za pridobitev podatkov o odpovedih in zaključkih popravil, je bilo potrebno s primernimi sistemskimi orodji preslikati ustrezna sporočila iz systemskega dnevnika v tekstovno datoteko. Orodje *EMSPERUS* poleg vpogleda v sistemski dnevnik omogoča tudi nastavitve t.i. *filtr*ov, s pomočjo katerih omejimo izpis sporočil le na tista, ki jih želimo videti. Prepis systemskega dnevnika v delovno tekstovno datoteko je časovno najzahtevnejši del, saj obdelava teče v produkcijskem okolju. Da obdelava podatkov ne bi motila drugih, važnejših procesov, je bila zagnana z nizko prioriteto izvajanja in je bilo njeno trajanje temu primerno daljše. Izpis je bil

narejen za obdobje zadnjih treh mesecev, saj za kasnejša obdobja sistemski dnevnik ni na voljo.

Dobljeno tekstovno datoteko je bilo potrebno urediti glede na vrsto procesov (modulov), ki so generirali posamezna sporočila, nato pa znotraj njih še ločiti sporočila o posameznih vrstah napak (odpovedih). Iz tako predelane datoteke lahko izračunamo ustrezno število odpovedi v intervalu opazovanja in trajanje posameznih odpovedi, kar je pogoj za izračun pogostosti odpovedi in pogostosti zaključkov popravil.

Na *Sliki 13* je prikazan izpis postopka snemanja sistema dnevnika, ki je bil zabeležen v tekstovno datoteko.

*Slika 13: Izpis postopka snemanja sistema dnevnika*

---

```
EMSPERUS
CEMSPERUS/ACI VERSION REL3^EMSP6S^13JUL2000 SYSTEM\LBPOS
(C) COPYRIGHT 1990, APPLIED COMMUNICATIONS, INCORPORATED
LAUNCHED AND OPENED $Y4N6
CONNECTED TO COLLECTOR: $0
POSITION LOGFILE TO LOG TIME (GMT) DECEMBER 13, 2004; 10:12:32:431:633
      (LCT) DECEMBER 13, 2004; 11:12:32:431:633
LOG FILE REPOSITIONED
6 2* PL * - 3 MINS
POSITION LOGFILE TO LOG TIME (GMT) DECEMBER 13, 2004; 10:14:32:471:529
      (LCT) DECEMBER 13, 2004; 11:14:32:471:529
LOG FILE REPOSITIONED
6   3* R
6 4* PL 2004/11/30
POSITION LOGFILE TO LOG TIME (GMT) NOVEMBER 29, 2004; 23:00:00:000:000
      (LCT) NOVEMBER 30, 2004; 00:00:00:000:000
LOG FILE REPOSITIONED
6 5* PASS WHEN TEXT "SECUTIL"
DSMA FILTER STEP ADDED
6 6* PASS WHEN TEXT "CRT"
DSMA FILTER STEP ADDED
6 7* PASS WHEN TEXT "RTAU"
DSMA FILTER STEP ADDED
6 8* PASS WHEN TEXT "ATAUTH"
DSMA FILTER STEP ADDED
6 9* PASS WHEN TEXT "APDH"
DSMA FILTER STEP ADDED
6 10* PASS WHEN TEXT "SPDH"
DSMA FILTER STEP ADDED
6 11* PASS WHEN TEXT "PIP^RAM"
DSMA FILTER STEP ADDED
```

6 12\* PASS WHEN TEXT "P1R^RAM"  
DSMA FILTER STEP ADDED

6 13\* PASS WHEN TEXT "P1H^NODE"  
DSMA FILTER STEP ADDED

6 14\* PASS WHEN TEXT "P1I^NODE"  
DSMA FILTER STEP ADDED

6 15\* PASS WHEN TEXT "P1J^NODE"  
DSMA FILTER STEP ADDED

6 17\* R

04-11-30;00:00:01.507\LBPOS.\$P1JP ACI.PSSPDH.1000 7425  
FROM: P1J^SPDH1 RE: BE006176  
BE006176 - OUT OF SEQUENCE - TERM = 334334001, DH EXPECTS =  
333334001

04-11-30;00:00:01.507\LBPOS.\$P1JP ACI.PSSPDH.1000 7485  
FROM: P1J^SPDH1 RE: BE006176  
BE006176 - TERMINAL DIRECTED SEQUENCE NUMBER RESET TO 334334001

04-11-30;00:00:01.507\LBPOS.\$P1JP ACI.PSSPDH.1000 7605  
FROM: P1J^SPDH1 RE: BE006176  
BE006176 - EMPLOYEE 1 HAS LOGGED ON

04-11-30;00:00:02.028\LBPOS.\$P1JP ACI.PSSPDH.1000 7605  
FROM: P1J^SPDH1 RE: BK006176  
BK006176 - EMPLOYEE 1 HAS LOGGED ON

04-11-30;00:00:04.014\LBPOS.\$P1B2 ACI.ATAUTH.1000 94  
FROM: P1B^ATAUTH2 RE: P1B^ATAUTH2  
NEWFILE COMMAND COMPLETED FOR FILE \$DATA04.PR19999E.UAFESSL

04-11-30;00:00:04.018\LBPOS.\$P1B1 ACI.ATAUTH.1000 94  
FROM: P1B^ATAUTH1 RE: P1B^ATAUTH1  
NEWFILE COMMAND COMPLETED FOR FILE \$DATA04.PR19999E.UAFESSL

04-11-30;00:00:04.028\LBPOS.\$P1C1 ACI.ATAUTH.1000 94  
FROM: P1C^ATAUTH1 RE: P1C^ATAUTH1  
NEWFILE COMMAND COMPLETED FOR FILE \$DATA04.PR19999E.UAFESSL

04-11-30;00:00:04.031\LBPOS.\$P1D1 ACI.ATAUTH.1000 94  
FROM: P1D^ATAUTH1 RE: P1D^ATAUTH1  
NEWFILE COMMAND COMPLETED FOR FILE \$DATA04.PR19999E.UAFESSL

04-11-30;00:00:04.034\LBPOS.\$P1BV1 ACI.ATAUTH.1000 94  
FROM: P1B^ATAUTHV1 RE: P1B^ATAUTHV1  
NEWFILE COMMAND COMPLETED FOR FILE \$DATA04.PR19999E.UAFESSL

04-11-30;00:00:04.064\LBPOS.\$P1B3 ACI.ATAUTH.1000 94  
FROM: P1B^ATAUTH3 RE: P1B^ATAUTH3  
NEWFILE COMMAND COMPLETED FOR FILE \$DATA04.PR19999E.UAFESSL

04-11-30;00:00:04.069\LBPOS.\$P1B4 ACI.ATAUTH.1000 94  
FROM: P1B^ATAUTH4 RE: P1B^ATAUTH4  
NEWFILE COMMAND COMPLETED FOR FILE \$DATA04.PR19999E.UAFESSL

04-11-30;00:00:04.080\LBPOS.\$P1C3 ACI.ATAUTH.1000 94  
FROM: P1C^ATAUTH3 RE: P1C^ATAUTH3  
NEWFILE COMMAND COMPLETED FOR FILE \$DATA04.PR19999E.UAFESSL

-----

*(Vir informacij: Lasten - zasnova zajema podatkov)*

## 7. PREDSTAVITEV MODELOV ZA IZRAČUN ZANESLJIVOSTI IN RAZPOLOŽLJIVOSTI AVTORIZACIJSKEGA PODSISTEMA BANČNIH AVTOMATOV IN PLAČILNIH TERMINALOV

Obravnavani informacijski sistem se nahaja v obdobju normalnega delovanja, to je v obdobju, ko so zgodnje odpovedi že odpravljene in se pojavljajo le odpovedi, ki nastanejo iz različnih nepovezanih vzrokov, kot so pomanjkljivosti pri izdelavi aparature in programske opreme.

Odpovedi, ki se pojavljajo v obdobju normalnega delovanja, so slučajne narave. Pogostost odpovedi je konstantna, saj zgodnjih odpovedi ni več, odpovedi zaradi izrabe pa še niso nastopile. Čas do odpovedi je tako porazdeljen po eksponentnem zakonu. Za predpostavko, da je pogostost zaključkov popravil neodvisna od časa in s tem čas popravila porazdeljen eksponentno, pa ni kake posebne utemeljitve. V praksi se velikokrat pokaže, da je čas popravila porazdeljen po log-normalnem, ne pa po eksponentnem zakonu. V takih primerih za konstantno vrednost  $\mu$  vzamemo povprečje od časa odvisne pogostosti zaključkov popravil v opazovanem časovnem intervalu (Hudoklin, 1989).

Osnovne predpostavke, na katerih sloni izpeljani model, so torej:

1. Odpovedi enot sistema so statistično neodvisne
2. Pogostosti odpovedi enot so neodvisne od časa
3. Pogostosti zaključkov popravil enot ali sistema so neodvisne od časa
4. Izračunane so točkaste ocene za pogostosti odpovedi in pogostosti zaključkov popravil

Verjetnost prehoda iz delujočega v nedelujoče stanje  $i$ -te enote v časovnem intervalu  $(t, t + \Delta t)$  je  $\lambda_i \Delta t$ , verjetnost prehoda iz nedelujočega v delujoče stanje  $i$ -te enote pa  $\mu_i \Delta t$ . Pogostosti odpovedi  $\lambda_i$  in pogostosti zaključkov popravil  $\mu_i$  posameznih enot sistema predstavljajo elemente matrike  $Q$ .

Pri določanju zanesljivosti postavimo, da so vsa nedelujoča stanja sistema absorbirajoča stanja, ker popravilo sistema po odpovedi ne izboljša njegove zanesljivosti.

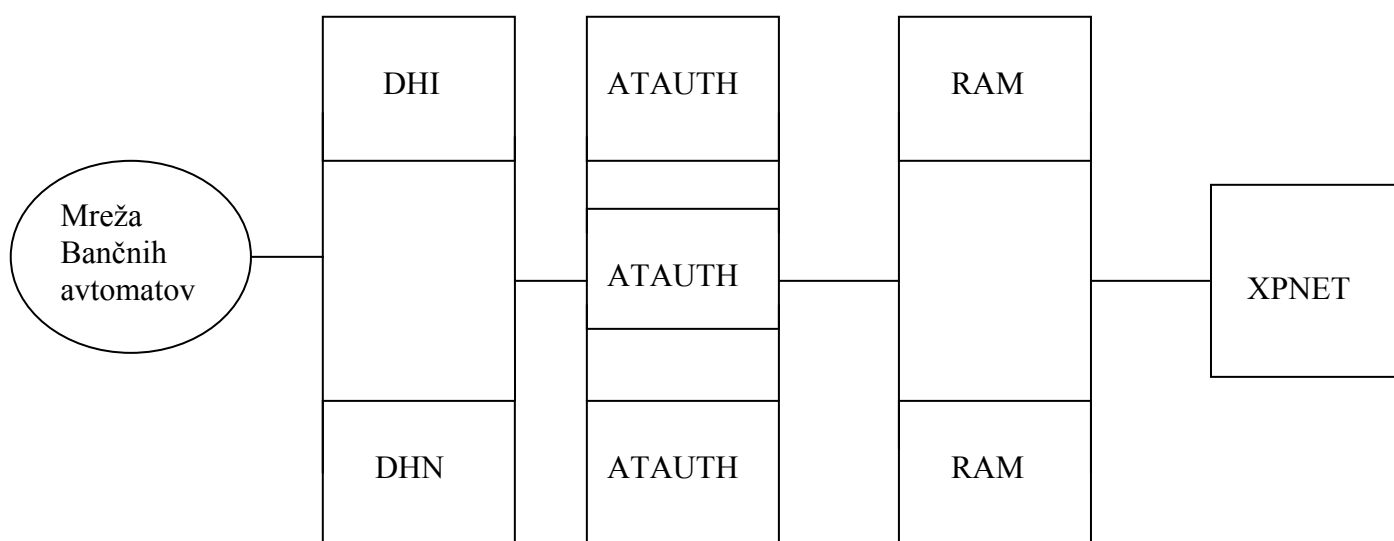
Pri izračunu razpoložljivosti upoštevamo, da sistem po odpovedih popravljamo. Nedelujoča stanja sistema tako niso več absorbirajoča, ker so iz njih možni prehodi v ostala stanja.

## 7.1 Avtorizacijski podsistem bančnih avtomatov

### 7.1.1 Prikaz – shema modela

Iz obstoječe dejanske postavitve avtorizacijskega podsistema bančnih avtomatov izpeljemo ustrezno shemo z vidika zanesljivosti in razpoložljivosti podsistema. Le-ta je prikazana na Sliki 14.

Slika 14



(Vir informacij: Lasten- shema avtorizacijskega podsistema bančnih avtomatov z vidika zanesljivosti)

### 7.1.2 Osnovni gradniki – elementi

Osnovni elementi v shemi, prikazani v prejšnjem razdelku, so:

*RAM* - modul za (de)kodiranje sporočil, ki prihajajo iz omrežja bančnih avtomatov

*ATAUTH* - avtorizacijski modul

*DHN* - vmesnik za omrežje bančnih avtomatov tipa NCR

*DHI* - vmesnik za omrežje bančnih avtomatov tipa IBM

*XPNET* - operacijski sistem avtorizacijskega računalnika

### 7.1.3 Definicija stanj

V nadaljevanju so opredeljena delujoča in nedelujoča stanja avtorizacijskega sistema.

Delujoča stanja sistema:

- 1 – vsi elementi delujejo
- 2 – odpoved modula *ATAUTH*
- 3 – odpoved dveh *ATAUTH* modulov
- 4 - odpoved vmesnika *DHN*
- 5 - odpoved vmesnika *DHI*
- 6 - odpoved modula *RAM*
- 7 - odpoved modula *ATAUTH* in modula *RAM*
- 8 - odpoved modulov *ATAUTH* in *DHN*
- 9 - odpoved modulov *ATAUTH* in *DHI*
- 10 - odpoved modulov *RAM* in *DHN*
- 11 - odpoved modulov *RAM* in *DHI*
- 12 - odpoved modulov *ATAUTH*, *RAM* in *DHN*
- 13 - odpoved dveh modulov *ATAUTH* in modula *RAM*
- 14- odpoved dveh modulov *ATAUTH* in modula *DHN*
- 15 - odpoved dveh modulov *ATAUTH* in modula *DHI*
- 16 - odpoved dveh modulov *ATAUTH* in modulov *RAM* in *DHI*
- 17 - odpoved dveh modulov *ATAUTH* in modulov *RAM* in *DHN*
- 18 - odpoved modulov *ATAUTH*, *RAM* in *DHI*

Nedelujoča stanja sistema:

- 19 - odpoved treh modulov *ATAUTH*
- 20 - odpoved obeh modulov *RAM*
- 21 – odpoved obeh modulov *DH*
- 22 – odpoved operacijskega sistema *XPNET*
- 23 – odpoved *ATAUTH* in dveh modulov *RAM*
- 24 – odpoved dveh *ATAUTH* in dveh modulov *RAM*
- 25 – odpoved *ATAUTH* in obeh modulov *DH*
- 26 – odpoved dveh *ATAUTH* in obeh modulov *DH*
- 27 – odpoved *ATAUTH*, *RAM* in obeh modulov *DH*
- 28 – odpoved dveh *ATAUTH*, *RAM* in obeh modulov *DH*
- 29 – odpoved *ATAUTH*, *DHI* in dveh modulov *RAM*
- 30 – odpoved *ATAUTH*, *DHN* in dveh modulov *RAM*
- 31 – odpoved dveh *ATAUTH*, *DHI* in dveh modulov *RAM*
- 32 – odpoved dveh *ATAUTH*, *DHN* in dveh modulov *RAM*
- 33 – odpoved *ATAUTH* in *XPNET*

- 34 - odpoved ATAUTH, RAM in XPNET
- 35 - odpoved ATAUTH, DHI in XPNET
- 36 - odpoved ATAUTH, DHI, RAM in XPNET
- 37 - odpoved ATAUTH, DHN in XPNET
- 38 - odpoved ATAUTH, DHN, RAM in XPNET
- 39 - odpoved dveh ATAUTH in XPNET
- 40 - odpoved dveh ATAUTH, RAM in XPNET
- 41 - odpoved dveh ATAUTH, DHI in XPNET
- 42 - odpoved dveh ATAUTH, DHI, RAM in XPNET
- 43 - odpoved dveh ATAUTH, DHN in XPNET
- 44 - odpoved dveh ATAUTH, DHN, RAM in XPNET
- 45 - odpoved DHN in XPNET
- 46 - odpoved DHI in XPNET
- 47 - odpoved RAM in XPNET
- 48 - odpoved obeh RAM in DHN
- 49 - odpoved obeh RAM in DHI
- 50 - odpoved RAM in obeh DH
- 51 - odpoved RAM, DHI in XPNET
- 52 - odpoved RAM, DHN in XPNET

#### 7.1.4 Izračun $\lambda$ in $\mu$

Iz zajetih podatkov so bile po navedenih formulah (Hudoklin et.al.) izračunane ustrezne točkaste ocene za pogostosti odpovedi in zaključkov popravil ( $\lambda$  in  $\mu$ ), ki nastopajo v prehodni matriki  $\underline{P}$ :

$$\hat{\lambda} = \frac{r}{nt_0}$$

$r$  – število odpovedi v obdobju opazovanja (koledarski čas)

$n$  – število istovrstnih enot

$t_0$  – čas obratovanja posameznega modula: razlika med koledarskim časom in časom planiranega (nadgradnja posameznih modulov zaradi razvoja novih funkcionalnosti) in neplaniranega zastoja posameznega modula. Za oba avtorizacijska podsistema je zajet koledarski čas od 01.01.2004 – 15.12.2004, kar je enako 8.400 ur.

$$\hat{\mu} = \frac{r}{\sum_{i=1}^n T_i} = \frac{r}{T_s}$$

$T_i$  – skupni čas zastoja  $i$ -te enote v obdobju opazovanja (upošteva čas čakanja na popravilo in čas dejanskega popravila)

$T_s$  – skupno trajanje odpovedi  $n$  enot

Oznake za  $\lambda$  in  $\mu$  posameznih modulov so:

$\lambda_X$  – pogostost odpovedi XPNET

$\lambda_{RA}$  – pogostost odpovedi modula RAM

$\lambda_A$  – pogostost odpovedi modula ATAUTH

$\lambda_I$  – pogostost odpovedi modula DHI

$\lambda_N$  – pogostost odpovedi modula DHN

$\mu_X$  – pogostost zaključkov popravil XPNET

$\mu_{RA}$  – pogostost zaključkov popravil RAM

$\mu_A$  – pogostost zaključkov popravil ATAUTH

$\mu_I$  – pogostost zaključkov popravil DHI

$\mu_N$  – pogostost zaključkov popravil DHN

V Tabeli 1 so podane izračunane vrednosti za posamezne module sistema, njihovo število ( $n$ ), število odpovedi ( $r$ ), skupno trajanje odpovedi  $n$  enot v urah ( $T_s(h)$ ), točkaste ocene za pogostost odpovedi in pogostost zaključkov popravil.

Tabela 1: Izračun  $\hat{\lambda}$  in  $\hat{\mu}$

| Enota  | $r$ | $n$ | $t_0(0)$   | $T_s(h)$  | $\hat{\lambda}$ | $\hat{\mu}$ |
|--------|-----|-----|------------|-----------|-----------------|-------------|
| XPNET  | 0   | 1   | 8.400,0000 | 0         | 0               | 0           |
| RAM    | 4   | 2   | 8.396,3056 | 2,5321103 | 0,0002382       | 1,579710    |
| ATAUTH | 3   | 3   | 7.127,5837 | 2,0001654 | 0,0001403       | 1,4998759   |
| DHI    | 1   | 1   | 8.319,4675 | 0,5587323 | 0,0001202       | 1,7897659   |
| DHN    | 3   | 1   | 4.990,8501 | 3,0000720 | 0,0006011       | 0,999976    |

(Vir informacij: Lasten izračun)

#### 7.1.5 Izračun $MTTF_B$ in stacionarne razpoložljivosti $A_B$

Za izračun povprečnega časa do odpovedi in stacionarne razpoložljivosti avtorizacijskega podsistema bančnih avtomatov, je najprej potrebno konstruirati prehodno matriko  $\underline{P}$  (glej Prilogo). Prehodna matrika za avtorizacijski podsistem bančnih avtomatov  $\underline{P}_B$ , ki vsebuje vrednosti iz Tabele 1, je prikazana v prilogi.



Za izračun povprečnega časa do odpovedi  $MTTF_B$  izpeljemo matriko  $\underline{Q}_B^*$  in izračunamo njen inverz  $[\underline{Q}_B^*]^{-1}$ . Matriko  $\underline{Q}_B^*$  dobimo tako, da v prehodni matriki  $\underline{P}_B$  črtamo vse vrstice in stolpce, ki pripadajo nedelujočim stanjem, preostalo matriko pa odštejemo od enotske matrike  $\underline{I}$  (Hudoklin et.al.). Povprečni čas do odpovedi dobimo iz enačbe:

$$MTTF = m_{11} + m_{12} + \dots + m_{1k}$$

Stanje sistema, ko delujejo vsi moduli, je označeno s številko 1, indeks  $k$  pa pomeni število delujočih stanj sistema. Tako predstavljajo členi enačbe (1) kar elemente prve vrstice matrike  $[\underline{Q}_B^*]^{-1}$ .

Za izračun stacionarne razpoložljivosti sistema  $A$  najprej formiramo matriko  $(\underline{P}_B - \underline{I})$ , v kateri zadnjo vrstico nadomestimo z enojkami in tako dobimo matriko  $\underline{Q}_{AB}$ . Po izračunu inverzne matrike  $[\underline{Q}_{AB}]^{-1}$ , izračunamo stacionarno razpoložljivost s pomočjo formule:

$$A = \sum_i p_i$$

$i$  – delujoča stanja

$p_i$  – komponente vektorja  $\underline{p} = [0, 0, \dots, 0, 1] [\underline{Q}_{AB}]^{-1}$ .

Za izračun povprečnega časa do odpovedi in stacionarne razpoložljivosti avtorizacijskega podsistema plačilnih terminalov, je bil uporabljen programski paket *Mathematica*.

Izračunane karakteristike zanesljivosti in razpoložljivosti so naslednje:

$$MTTF_B = 13.305h$$

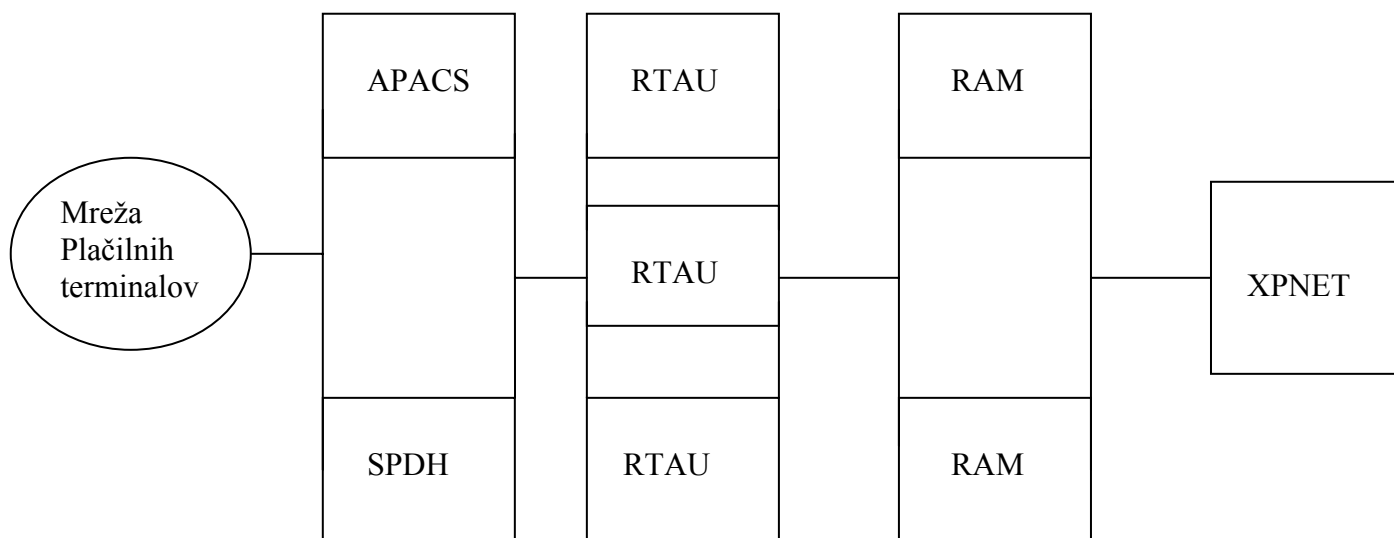
$$A_B = 0,999958296 \quad .$$

## 7.2 Avtorizacijski podsistem plačilnih terminalov

### 7.2.1 Prikaz – shema modela

Iz obstoječe dejanske postavitve avtorizacijskega podsistema plačilnih terminalov izpeljemo ustrezno shemo z vidika zanesljivosti in razpoložljivosti podsistema. Le-ta je prikazana na Sliki 15.

Slika 15



(Vir informacij: Lasten- shema avtorizacijskega podsistema plačilnih terminalov z vidika zanesljivosti)

#### 7.2.2 Osnovni gradniki – elementi

Osnovni elementi v shemi, prikazani v prejšnjem razdelku, so:

*RAM* - modul za kodiranje in dekodiranje sporočil, ki prihajajo iz omrežja plačilnih terminalov

*RTAU* - avtorizacijski modul

*APACS*- vmesnik za omrežje plačilnih terminalov starejšega tipa

*SPDH* - vmesnik za omrežje plačilnih terminalov novejšega tipa

*XPNET* - operacijski sistem avtorizacijskega računalnika

#### 7.2.3 Definicija stanj

V nadaljevanju so opredeljena delujoča in nedelujoča stanja avtorizacijskega sistema.

Delujoča stanja sistema:

- 1 – vsi elementi delujejo
- 2 – odpoved modula RTAU
- 3 – odpoved dveh RTAU modulov
- 4 - odpoved vmesnika *SPDH*
- 5 - odpoved vmesnika *APACS*
- 6 - odpoved modula *RAM*
- 7 - odpoved modula RTAU in modula *RAM*
- 8 - odpoved modulov RTAU in *SPDH*
- 9 - odpoved modulov RTAU in *APACS*
- 10 - odpoved modulov *RAM* in *SPDH*
- 11 - odpoved modulov *RAM* in *APACS*
- 12 - odpoved modulov RTAU, *RAM* in *SPDH*
- 13 - odpoved dveh modulov RTAU in modula *RAM*
- 14 - odpoved dveh modulov RTAU in modula *SPDH*
- 15- odpoved dveh modulov RTAU in modula *APACS*
- 16 - odpoved dveh modulov RTAU in modulov *RAM* in *APACS*
- 17 - odpoved dveh modulov RTAU in modulov *RAM* in *SPDH*
- 18 - odpoved dveh modulov RTAU, *RAM* in *APACS*

Nedelujoča stanja sistema:

- 19 - odpoved treh modulov RTAU
- 20 - odpoved obeh modulov *RAM*
- 21 – odpoved *APACS* in *SPDH* modulov
- 22 – odpoved operacijskega sistema *XPNET*
- 23 – odpoved RTAU in dveh modulov *RAM*
- 24 – odpoved dveh RTAU in dveh modulov *RAM*
- 25 – odpoved RTAU, *SPDH* in *APACS*
- 26 – odpoved dveh RTAU, *SPDH* in *APACS*
- 27 – odpoved RTAU, *RAM*, *SPDH* in *APACS*
- 28 – odpoved dveh RTAU, *RAM*, *SPDH* in *APACS*
- 29 – odpoved RTAU, *APACS* in dveh modulov *RAM*
- 30 – odpoved RTAU, *SPDH* in dveh modulov *RAM*
- 31 – odpoved dveh RTAU, *APACS* in dveh modulov *RAM*
- 32 – odpoved dveh RTAU, *SPDH* in dveh modulov *RAM*
- 33 – odpoved RTAU in *XPNET*
- 34 – odpoved RTAU, *RAM* in *XPNET*
- 35 – odpoved RTAU, *APACS* in *XPNET*
- 36 – odpoved RTAU, *APACS*, *RAM* in *XPNET*

- 37 – odpoved RTAU, SPDH in XPNET
- 38 – odpoved RTAU, SPDH, RAM in XPNET
- 39 – odpoved dveh RTAU in XPNET
- 40 – odpoved dveh RTAU, RAM in XPNET
- 41 – odpoved dveh RTAU, SPDH in XPNET
- 42 – odpoved dveh RTAU, APACS, RAM in XPNET
- 43 – odpoved dveh RTAU, APACS in XPNET
- 44 – odpoved dveh RTAU, SPDH, RAM in XPNET
- 45 – odpoved SPDH in XPNET
- 46 – odpoved APACS in XPNET
- 47 – odpoved RAM in XPNET
- 48 – odpoved obeh RAM in SPDH
- 49 – odpoved obeh RAM in APACS
- 50 – odpoved RAM, APACS in SPDH
- 51 – odpoved RAM, APACS in XPNET
- 52 – odpoved RAM, SPDH in XPNET

#### 7.2.4 Izračun $\lambda$ in $\mu$

Iz zajetih podatkov so bile po formulah, navedenih v razdelku 7.1.4, izračunane ustrezne točkaste ocene za pogostosti odpovedi in zaključkov popravil ( $\lambda$  in  $\mu$ ), ki nastopajo v prehodni matriki  $\underline{P}$ :

$\lambda_X$  – pogostost odpovedi XPNET

$\lambda_{RA}$  – pogostost odpovedi modula RAM

$\lambda_R$  – pogostost odpovedi modula RTAU

$\lambda_A$  – pogostost odpovedi modula APACS

$\lambda_S$  – pogostost odpovedi modula SPDH

$\mu_X$  – pogostost zaključkov popravil XPNET

$\mu_{RA}$  – pogostost zaključkov popravil RAM

$\mu_R$  – pogostost zaključkov popravil RTAU

$\mu_A$  – pogostost zaključkov popravil APACS

$\mu_S$  – pogostost zaključkov popravil SPDH

V Tabeli 2 so podane izračunane vrednosti za posamezne module sistema, njihovo število ( $n$ ), število odpovedi ( $r$ ), točkaste ocene za pogostost odpovedi in pogostost zaključkov popravil.

Tabela 2: Izračun  $\hat{\lambda}$  in  $\hat{\mu}$

| Enota | $r$ | $n$ | $t_0(h)$   | $T_s(h)$  | $\hat{\lambda}$ | $\hat{\mu}$ |
|-------|-----|-----|------------|-----------|-----------------|-------------|
| XPNET | 0   | 1   | 8.400,0000 | 0         | 0               | 0           |
| RAM   | 4   | 2   | 8.396,3056 | 2,5321103 | 0.0002382       | 1.579710    |
| RTAU  | 3   | 3   | 7.158,1961 | 1,9798505 | 0.0001397       | 1.5152659   |
| APACS | 1   | 1   | 8.396,3056 | 0.5508834 | 0.0001191       | 1.8152659   |
| SPDH  | 5   | 1   | 8.396,3056 | 4.5830001 | 0.0005955       | 1.0909884   |

(Vir informacij: Lasten izračun)

### 7.2.5 Izračun $MTTF_P$ in stacionarne razpoložljivosti $A_P$

Za izračun povprečnega časa do odpovedi in stacionarne razpoložljivosti avtorizacijskega podsistema plačilnih terminalov, je bil uporabljen enak postopek, kot je opisan v razdelku 7.1.5. Prehodna matrika za avtorizacijski podsistem plačilnih terminalov  $\underline{P}_P$ , ki vsebuje vrednosti iz Tabele 2, je prikazana v prilogi.

Za izračun povprečnega časa do odpovedi in stacionarne razpoložljivosti avtorizacijskega podsistema plačilnih terminalov, je bil tudi v tem primeru uporabljen programski paket *Mathematica*.

Izračunane karakteristike zanesljivosti in razpoložljivosti so naslednje:

$$MTTF_P = 12.849,7h$$

$$A_P = 0,99995729.$$

### 7.3 Ocena izračunanih parametrov zanesljivosti in razpoložljivosti avtorizacijskih podsistemov bančnih avtomatov in plačilnih terminalov

Predstavljena metoda ugotavljanja karakteristik zanesljivosti in razpoložljivosti informacijskega sistema s pomočjo teorije markovskih verig je bila na danem sistemu uporabljena prvič, zato izračunanih rezultatov povprečnega časa do odpovedi in stacionarne razpoložljivosti avtorizacijskega podsistema bančnih avtomatov in plačilnih terminalov zaenkrat še ne moremo primerjati s predhodnimi meritvami.

Izpeljani model je namreč prvi poskus kvantitativnega modeliranja in analize zanesljivosti in razpoložljivosti predstavljenega avtorizacijskega podsistema in je namenjen spremljanju parametrov zanesljivosti in razpoložljivosti v prihodnosti; z nadaljnjim beleženjem izrednih dogodkov v sistemskem dnevniku, bodo izračuni pogostosti odpovedi in zaključkov popravil statistično natančnejši, saj se bo interval opazovanja ustrezno podaljševal.

V uradni dokumentaciji, pridobljeni s strani dobavitelja, nisem zasledil podatkov, ki bi določali 'tovarniško' zanesljivost in razpoložljivost avtorizacijskega podsistema, kar je seveda razumljivo, saj je možnih postavitev sistema poljubno mnogo.

Za prvo primerjavo bi lahko vzeli izračunane parametre zanesljivosti in razpoložljivosti iz že opravljenih raziskav podobnih interaktivnih sistemov (glej: Hudoklin et.al., 1980-1992), vendar se tu že poraja zadržek glede primerljivosti rezultatov, saj gre za drugačno sestavo sistemov in se tako razlikuje tudi postavljeni model z vidika zanesljivosti in razpoložljivosti.

Dobljeni rezultati tako prvenstveno pomenijo prvo kvantitativno ovrednotenje karakteristik delovanja avtorizacijskega podsistema. Na podlagi le-teh bo v bodoče (v nadaljnjih analizah avtorizacijskega sistema) možno meriti razliko v kvaliteti delovanja sistema. Izpeljani model je namreč razširljiv in tako uporaben tudi v spremenjeni postavitvi avtorizacijskega podsistema, kar olajša spremljanje kvantitativnih parametrov zanesljivosti in razpoložljivosti.

## 8. SKLEP

Razvoj stohastičnega modela za analizo in spremljavo razpoložljivosti avtorizacijskih podsistemov bančnih avtomatov in plačilnih terminalov predstavlja prispevek k poglobljanju znanj na področju teorije zanesljivosti in razpoložljivosti kompleksnih sistemov.

V literaturi sem zasledil uporabo teorije markovskih verig za izračun zanesljivosti in razpoložljivosti računalniško podprtega informacijskega sistema za upravljanje v železniškem prometu (Hudoklin et.al.).

Ravno tako so bile opravljene raziskave na področju zanesljivosti delovanja telefonskih central (glej: Hudoklin et.al., 1980), kjer so bile za izračun zanesljivosti uporabljene induktivne metode, temelječe na teoriji markovskih procesov. Obstaja tudi več raziskav s področja zanesljivosti in razpoložljivosti različnih sistemov, ki uporabljajo deduktivno metodo izračuna zanesljivosti in razpoložljivosti (glej: Hudoklin et.al., 1986-1992).

Nisem pa zasledil analitičnih modelov za izračun zanesljivosti in razpoložljivosti tako kompleksnih sistemov, kot je obravnavani računalniško podprt informacijski sistem za avtoriziranje finančnih transakcij.

Tako na področju aplikativnega raziskovanja učinkovitosti avtorizacijskih sistemov v magistrskem delu razviti model predstavlja novost uporabe stohastičnega pristopa pri celoviti obravnavi razpoložljivosti tovrstnih avtorizacijskih sistemov.

Uporaba markovskega modela za oceno parametrov zanesljivosti in razpoložljivosti je primerna za hitro in točno načrtovanje in spremljanje zanesljivosti in razpoložljivosti računalniško podprtega informacijskega sistema za avtoriziranje finančnih transakcij.

Izračunani parametri zanesljivosti in razpoložljivosti za dana avtorizacijska podsistema pomenijo prvo kvantitativno ovrednotenje le-teh in tako postavljajo izhodišče za nadaljnje analize in spremljanje delovanja informacijskega sistema.

Neposredni rezultat magistrskega dela je splošni stohastični model za spremljanje zanesljivosti in razpoložljivosti konkretnega avtorizacijskega sistema, predvideni dolgoročni rezultat pa njegova nadgradnja in implementacija, ki bo omogočila analizo in stalno spremljanje izboljševanja razpoložljivosti avtorizacijskega podsistema in njegovih elementov. Tako se bo povečala tudi kvaliteta storitev in s tem učinkovitost celotnega poslovnega sistema.

## 9. LITERATURA

1. Bell M. G. H. and Iida Y.: *Transportation network analysis*. Chichester: John Wiley & Sons, 1997. 216 str.
2. Bellman R. and Kalaba R.: *Dynamic Programming And Modern Control Theory*. New York and London: Academic Press, 1966. 112 str.
3. Bhat N.: *Elements of Applied Stochastic Processes*. 2d ed. New York: Wiley, 1985.
4. Breyfogle F. W.: *Statistical Methods for Testing, Development, and Manufacturing*. New York: John Wiley & Sons, 1992. 516 str.
5. Bronštejn J. N. in Semendjajev K. A.: *Matematični priročnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1984.
6. Chiang A. C.: *Elements Of Dynamic Optimization*. New York, St. Louis, San Francisco, Auckland, Bogota, Caracas, Lisbon, London, Madrid, Mexico, Milan, Monreal, New Delhi, Paris, San Juan, Singapore, Sydney, Tokyo, Toronto: McGraw-Hill Inc., 1992. 327 str.
7. Chung K.L.: *Markov Chains with Stationary Transition Probabilities*. Berlin: Springer, 1967.
8. Computer Security Products Inc.: *CSP Tracker 3.0*. Ontario, 1999. 58 str.
9. Computer Security Products Inc.: *Enterprise Solutions for NonStop Servers*. Ontario, 1999.
10. Čibej J.A.: *Verjetnostni račun*. Ljubljana: EF Univerza v Ljubljani, 1995. 144 str.
11. Devlin K.: *Nova zlata doba matematike*. Ljubljana: DMFA Slovenije, Knjižnica Sigma, 1993. 272 str.
12. Dhillon B.S. and Singh C.: *Engineering Reliability: New Techniques and Applications*. Chichester: John Wiley & Sons, 1981. 339 str.
13. Doob J.L.: *Stochastic Processes*. New York: Wiley, 1953.
14. Fussell J.B.: *Synthetic tree model – A formal methodology for fault tree construction*. ANCR-1098, 1973.
15. Gihman I.I. and Skorohod A.V.: *The Theory of Stochastic Processes I-III*. Berlin: Springer, 1974.
16. Gričar J., Piskar S.: *Sistemski inženiring*. Ljubljana-Kranj: Založba Moderna organizacija, 1988. 300 str.
17. Haight F.A.: *Applied Probability*. New York: Plenum Press, 1981.
18. Haasl D.F.: *Advanced concepts in fault tree analysis, System Safety Symposium*. Seattle: Wash, 1965.
19. Hill T. and Alvarado E.: *HP Non Stop Server Security*. Amsterdam, Boston, Tokyo: XGPRO Technology, 2004
20. Hoyland A. and Rausand M.: *System Reliability Theory, Models and Statistical Methods*. New York: John Wiley & Sons, 1994. 518 str.
21. HP Development Company: *The Connection, A Journal for NonStop Enterprise Computing Users*. Cupertino, 2004
22. HP NonStop Enterprise Division: *HP Non Stop S-Series Hardware Installation and Fast Path Guide*. Cupertino, 2003



23. HP NonStop Enterprise Division: *Open Systems Services Installation Guide*. Cupertino, 2003
24. HP NonStop Enterprise Division: *Open Systems Services Management and Operations Guide*. Cupertino, 2003
25. HP NonStop Enterprise Division: *Open Systems Services User's Guide*. Cupertino, 2003
26. Hudoklin A., et.al.: *Zanesljivost omrežja telefonskih central, I. faza: Zanesljivost*. Kranj: Visoka šola za organizacijo dela, 1980. 166 str.
27. Hudoklin-Božič A.: *Stohastični procesi*. Kranj: Univerza v Mariboru, 1986. 180 str.
28. Hudoklin A., Hanžel S. and Rozman V.: *Parametri zaesljivosti in varnosti železniškega prometnega sistema, delovno poročilo za leto 1989*. Kranj: Univerza v Mariboru, FOV Kranj, 1989. 56 str.
29. Hudoklin A., Hanžel S. and Rozman V.: *Parametri zaesljivosti in varnosti železniškega prometnega sistema, delovno poročilo za leto 1992*. Kranj: Univerza v Mariboru, FOV Kranj, 1992. 63 str.
30. Hudoklin A.: *Stohastični model*, Organizacija, revija za management, informatiko in kadre, Založba Moderna organizacija, letnik 32, št. 10, December 1999, str. 535 – 547.
31. Isaacson D.L. and Madsen R.W.: *Markov Chains, Theory and Applications*. New York: Wiley, 1976.
32. Jamnik R.: *Verjetnostni račun*. 2. predel. izd. Ljubljana: DMFA, 1987. 276 str.
33. Karlin S. and Taylor H.: *A First Course in Stochastic Processes*. 2d ed. Orlando, Fla.: Academic Press, 1975.
34. Kirk J. and Miller M. L.: *Reliability and Validity in Qualitative Research*. Beverly Hills: Sage, 1986. 87 str.
35. Knight C.R.: *Four decades of reliability progress*. Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, IEEE, Reliability Society, 1991, pp. 156 – 159.
36. Kemeny J. and Snell L.: *Finite Markov Chains*. Princeton, N.J.: Van Nostrand, 1960.
37. Koechl P.: *Simulation*. Chemnitz: Technical University Chemnitz, Faculty of Informatics, 52 str.
38. KOI2004: *The 10<sup>th</sup> International Conference on Operational Research*. Trogir, Croatia, September 22-24, 2004
39. Kovačič A., Vintar M.: *Načrtovanje in gradnja informacijskih sistemov*. Ljubljana: DZS, 1994. 316 str.
40. Krishnaiah P.R. and Rao C. R.: *Quality Control and Reliability*. Amsterdam: North-Holland, 1988. 503 str.
41. Krishnaiah P.R. and Sen P. K.: *Nonparametric Methods*. Amsterdam: North-Holland, 1984. 968 str.
42. Lange K.: *Numerical Analysis For Statisticians*. New York: Springer-Verlag, New York, Inc., 1999. 356 str.
43. Lawless J. F.: *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*. New York: John Wiley & Sons, 1982. 580 str.
44. Makridakis S.: *Forecasting Accuracy and System Complexity*. Fontainebleau: INSEAD, 1994. 23 str.

45. MasterCard International: *Academy Course Curriculum*. Waterloo, 2002
46. Mihevc R.: *Prenova informacijske infrastrukture v podjetju za procesiranje plačilnih kartic*. Diplomsko delo. Ljubljana, 2004. 70 str.
47. Peterle P.: *Vključitev teorije Markovskih verig v model planiranja materialnih potreb*. Magistrsko delo. Ljubljana, 2002. 84 str.
48. Potokar M. and Bogataj L.: Application Of The Inventory Theory On Calculation Of The Optimal Number Of Operators Of The Call-centre Being On Duty. KOI 2004. Trogir, announc. 2005, 10 str.
49. Sage A. P. and Wite C.C.: *Optimum Systems Control*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1977. 413 str.
50. Sethi S. P. and Thompson G. L.: *Optimal Control Theory, Application to Management Science and Economics*. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publisher, 1981. 423 str.
51. SOR'03 Proceedings: *The 7<sup>th</sup> International Symposium on Operational Research in Slovenia*. Podčetrtek, September 24-26, 2003
52. Stojanovski D.: *Zanesljivostna analiza mrežno modeliranih sistemov z omejeno propustnostjo napajanja in distribucije*. Doktorska dizertacija. Ljubljana, 1990. 114 str.
53. Ušćumlić M., Miličić P.: *Zbirka zadataka iz više matematike I*. Beograd: BIGZ, 1986. 685 str.
54. Vazsonyi A.: *The Use of Mathematics*, Management Science, Vol 1, 1995, No 1. str. 70 – 85.
55. Vidav I.: *Višja matematika*. Ljubljana: DZS, 1985. 480 str.
56. Villemeur A.: *Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment*. Vol 1: *Methods and Techniques*. Vol 2: *Assessment, Hardware, Software and Human Factors*. Willey. New York, 1992.
57. Winston Wayne L.: *Operations Research: Applications and Algorithms*. Belmont: Duxbury Press, 1991. 1025 str.

## 10. VIRI

1. Bankartova spletna stran, URL: <http://www.bankart.si/> (2002)
2. Bankart d.o.o.: *Navodila za delo v BASE24 okolju*. Ljubljana, 2003. 66 str.
3. Bankart d.o.o.: *Letno poročilo družbe Bankart d.o.o. za obdobje januar-december 2003*. Ljubljana, 2004. 53 str.
4. Interna gradiva Bankart d.o.o.
5. HP NonStop Enterprise Division, URL: <http://www.hp.com/go/nonstop>
6. Hudoklin A.: *Zanesljivost in razpoložljivost sistemov*. Zapiski predavanj. Kranj, 1995. 30 str.
7. Janežič J.: *Avtorizacijski system bančnih avtomatov*. Dispozicija magistrskega dela. Ljubljana, 2001. 11 str.
8. Koechel P.: *Stochastic Modelling*. Lecture held at the University Ljubljana, 1999
9. Legiša P.: *Analiza I*. Zapiski predavanj. Ljubljana. FNT, 1988
10. Mathematica v 5.0.0.0.; Copyright 1988-2003 Wolfram Research, Inc.
11. Potokar M.: *Izpeljava in primerjava determinističnega in stohastičnega modela zalog za določitev optimalnega števila operaterjev v pripravljenosti*. Seminarska naloga. EF Ljubljana, junij 2004. 22 str.
12. Potokar M.: *Izpeljava modela zalog za določitev optimalnega števila operaterjev v pripravljenosti s pomočjo stohastičnega diskretnega dinamičnega programiranja*. Seminarska naloga. EF Ljubljana, junij 2004. 19 str.
13. Potokar M.: *Teoretična analiza in empirična preverba modela za določitev optimalnega števila strežnih mest v klicnem centru*. Seminarska naloga. EF Ljubljana, junij 2004. 22 str..
14. Šilc I. in Štupica B.: *Neprekinjeno poslovanje: tehnični koncept informacijske tehnologije*. Bankart. Ljubljana, 2004. 22 str.

Priloga 1: Prehodna matrika za avtorizacijski podsistem bančnih avtomatov  $P_B$

|    | 1                | 2                                      | 3                                        | 4                                      | 5                                      | 6                                            | 7                                                                | 8                                                          | 9                                                          | 10                                                               |
|----|------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1  | $1-\lambda_{SI}$ | $3\lambda_A$                           | 0                                        | $\lambda_N$                            | $\lambda_I$                            | $\lambda_{RA}$                               | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 2  | $\mu_A$          | $1-(\mu_A + \lambda_{SI} - \lambda_A)$ | $2\lambda_A$                             | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $2\lambda_{RA}$                                                  | $\lambda_N$                                                | $\lambda_I$                                                | 0                                                                |
| 3  | 0                | $2\mu_A$                               | $1-(2\mu_A + \lambda_{SI} - 2\lambda_A)$ | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 4  | $\mu_N$          | 0                                      | 0                                        | $1-(\mu_N + \lambda_{SI} - \lambda_N)$ | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | $2\lambda_A$                                               | 0                                                          | $2\lambda_{RA}$                                                  |
| 5  | $\mu_I$          | 0                                      | 0                                        | 0                                      | $1-(\mu_I + \lambda_{SI} - \lambda_I)$ | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | $2\lambda_A$                                               | 0                                                                |
| 6  | $\mu_{RA}$       | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | $1-(\mu_{RA} + \lambda_{SI} - \lambda_{RA})$ | $3\lambda_A$                                                     | 0                                                          | 0                                                          | $\lambda_N$                                                      |
| 7  | 0                | $\mu_{RA}$                             | 0                                        | 0                                      | 0                                      | $\mu_A$                                      | $1-(\mu_A + \mu_{RA} + \lambda_{SI} - \lambda_A - \lambda_{RA})$ | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 8  | 0                | $\mu_N$                                | 0                                        | $\mu_A$                                | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | $1-(\mu_A + \mu_N + \lambda_{SI} - \lambda_A - \lambda_N)$ | 0                                                          | 0                                                                |
| 9  | 0                | $\mu_I$                                | 0                                        | 0                                      | $\mu_A$                                | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | $1-(\mu_A + \mu_I + \lambda_{SI} - \lambda_A - \lambda_I)$ | 0                                                                |
| 10 | 0                | 0                                      | 0                                        | $\mu_{RA}$                             | 0                                      | $\mu_N$                                      | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | $1-(\mu_N + \mu_{RA} + \lambda_{SI} - \lambda_N - \lambda_{RA})$ |
| 11 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | $\mu_{RA}$                             | $\mu_I$                                      | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 12 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $\mu_N$                                                          | $\mu_{RA}$                                                 | 0                                                          | $\mu_A$                                                          |
| 13 | 0                | 0                                      | $\mu_{RA}$                               | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $\mu_A$                                                          | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 14 | 0                | 0                                      | $\mu_N$                                  | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | $2\mu_A$                                                   | 0                                                          | 0                                                                |
| 15 | 0                | 0                                      | $\mu_I$                                  | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | $2\mu_A$                                                   | 0                                                                |
| 16 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 17 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 18 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $\mu_I$                                                          | 0                                                          | $\mu_{RA}$                                                 | 0                                                                |
| 19 | 0                | 0                                      | $3\mu_A$                                 | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 20 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | $2\mu_{RA}$                                  | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 21 | 0                | 0                                      | 0                                        | $\mu_I$                                | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 22 | $\mu_X$          | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 23 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $2\mu_{RA}$                                                      | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 24 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 25 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | $\mu_I$                                                    | 0                                                          | 0                                                                |
| 26 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 27 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 28 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 29 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 30 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 31 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 32 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 33 | 0                | $\mu_X$                                | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 34 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $\mu_X$                                                          | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 35 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | $\mu_X$                                                    | 0                                                                |
| 36 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 37 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | $\mu_X$                                                    | 0                                                          | 0                                                                |
| 38 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 39 | 0                | 0                                      | $\mu_X$                                  | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |

|    |   |   |   |         |         |         |   |   |   |            |
|----|---|---|---|---------|---------|---------|---|---|---|------------|
| 40 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 41 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 42 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 43 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 44 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 45 | 0 | 0 | 0 | $\mu_X$ | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 46 | 0 | 0 | 0 | 0       | $\mu_X$ | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 47 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | $\mu_X$ | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 48 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | $\mu_{RA}$ |
| 49 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 50 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | $\mu_I$    |
| 51 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | $\mu_X$    |

|    | 11                                                               | 12                                                                                   | 13                                                                 | 14                                                           | 15                                                           | 16                                                                                     | 17                                                                                     | 18                                                                                   | 19          | 20             |
|----|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
| 1  | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 2  | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 3  | 0                                                                | 0                                                                                    | $2\lambda_{RA}$                                                    | $\lambda_N$                                                  | $\lambda_I$                                                  | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | $\lambda_A$ | 0              |
| 4  | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 5  | $2\lambda_{RA}$                                                  | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 6  | $\lambda_I$                                                      | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | $\lambda_{RA}$ |
| 7  | 0                                                                | $\lambda_N$                                                                          | $2\lambda_A$                                                       | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 8  | 0                                                                | $2\lambda_{RA}$                                                                      | 0                                                                  | $2\lambda_A$                                                 | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 9  | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | $2\lambda_A$                                                 | 0                                                                                      | 0                                                                                      | $2\lambda_{RA}$                                                                      | 0           | 0              |
| 10 | 0                                                                | $3\lambda_A$                                                                         | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 11 | $1-(\mu_{RA} + \mu_I + \lambda_{SI} - \lambda_{RA} - \lambda_I)$ | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | $3\lambda_A$                                                                         | 0           | 0              |
| 12 | 0                                                                | $1-(\mu_A + \mu_{RA} + \mu_N + \lambda_{SI} - \lambda_N - \lambda_{RA} - \lambda_A)$ | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | $2\lambda_A$                                                                           | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 13 | 0                                                                | 0                                                                                    | $1-(2\mu_A + \mu_{RA} + \lambda_{SI} - \lambda_{RA} - 2\lambda_A)$ | 0                                                            | 0                                                            | $\lambda_I$                                                                            | $\lambda_N$                                                                            | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 14 | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | $1-(2\mu_A + \mu_N + \lambda_{SI} - \lambda_N - 2\lambda_A)$ | 0                                                            | 0                                                                                      | $2\lambda_{RA}$                                                                        | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 15 | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | $1-(2\mu_A + \mu_I + \lambda_{SI} - \lambda_I - 2\lambda_A)$ | $2\lambda_{RA}$                                                                        | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 16 | 0                                                                | 0                                                                                    | $\mu_I$                                                            | 0                                                            | $\mu_{RA}$                                                   | $1-(2\mu_A + \mu_{RA} + \mu_I + \lambda_{SI} - \lambda_{RA} - \lambda_I - 2\lambda_A)$ | 0                                                                                      | $2\mu_A$                                                                             | 0           | 0              |
| 17 | 0                                                                | $2\mu_A$                                                                             | $\mu_N$                                                            | $\mu_{RA}$                                                   | 0                                                            | 0                                                                                      | $1-(2\mu_A + \mu_{RA} + \mu_N + \lambda_{SI} - \lambda_{RA} - \lambda_N - 2\lambda_A)$ | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 18 | $\mu_A$                                                          | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | $2\lambda_A$                                                                           | 0                                                                                      | $1-(\mu_A + \mu_{RA} + \mu_I + \lambda_{SI} - \lambda_{RA} - \lambda_I - \lambda_A)$ | 0           | 0              |

|    |            |             |             |         |         |             |             |             |            |   |
|----|------------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|------------|---|
| 19 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | $1-3\mu_A$ | 0 |
| 20 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 21 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 22 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 23 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 24 | 0          | 0           | $2\mu_{RA}$ | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 25 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 26 | 0          | 0           | 0           | $\mu_I$ | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 27 | 0          | $\mu_I$     | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | $\mu_N$     | 0          | 0 |
| 28 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | $\mu_I$     | 0           | 0          | 0 |
| 29 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | $2\mu_{RA}$ | 0          | 0 |
| 30 | 0          | $2\mu_{RA}$ | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 31 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | $2\mu_{RA}$ | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 32 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | $2\mu_{RA}$ | 0           | 0          | 0 |
| 33 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 34 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 35 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 36 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | $\mu_X$     | 0          | 0 |
| 37 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 38 | 0          | $\mu_X$     | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 39 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 40 | 0          | 0           | $\mu_X$     | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 41 | 0          | 0           | 0           | 0       | $\mu_X$ | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 42 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | $\mu_X$     | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 43 | 0          | 0           | 0           | $\mu_X$ | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 44 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | $\mu_X$     | 0           | 0          | 0 |
| 45 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 46 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 47 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 48 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 49 | $\mu_{RA}$ | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 50 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 51 | $\mu_X$    | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |
| 52 | 0          | 0           | 0           | 0       | 0       | 0           | 0           | 0           | 0          | 0 |

|    | 21          | 22          | 23             | 24 | 25          | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|----|-------------|-------------|----------------|----|-------------|----|----|----|----|----|
| 1  | 0           | $\lambda_X$ | 0              | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 2  | 0           | 0           | 0              | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 3  | 0           | 0           | 0              | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 4  | $\lambda_I$ | 0           | 0              | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 5  | $\lambda_N$ | 0           | 0              | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 6  | 0           | 0           | 0              | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 7  | 0           | 0           | $\lambda_{RA}$ | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 8  | 0           | 0           | 0              | 0  | $\lambda_I$ | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 9  | 0           | 0           | 0              | 0  | $\lambda_N$ | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 10 | 0           | 0           | 0              | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

|    |           |           |               |                |           |             |             |             |                |                |
|----|-----------|-----------|---------------|----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| 11 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 12 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | $\lambda_i$ | 0           | 0              | $\lambda_{RA}$ |
| 13 | 0         | 0         | 0             | $\lambda_{RA}$ | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 14 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | $\lambda_i$ | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 15 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | $\lambda_N$ | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 16 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | $\lambda_N$ | 0              | 0              |
| 17 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | $\lambda_i$ | 0              | 0              |
| 18 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | $\lambda_N$ | 0           | $\lambda_{RA}$ | 0              |
| 19 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 20 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 21 | $1-\mu_i$ | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 22 | 0         | $1-\mu_X$ | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 23 | 0         | 0         | $1-2\mu_{RA}$ | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 24 | 0         | 0         | 0             | $1-2\mu_{RA}$  | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 25 | 0         | 0         | 0             | 0              | $1-\mu_i$ | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 26 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | $1-\mu_i$   | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 27 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | $1-\mu_i$   | 0           | 0              | 0              |
| 28 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | $1-\mu_i$   | 0              | 0              |
| 29 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | $1-2\mu_{RA}$  | 0              |
| 30 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | $1-2\mu_{RA}$  |
| 31 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 32 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 33 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 34 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 35 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 36 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 37 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 38 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 39 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 40 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 41 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 42 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 43 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 44 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 45 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 46 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 47 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 48 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 49 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 50 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 51 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 52 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |

|   | 31 | 32 | 33          | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
|---|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 2 | 0  | 0  | $\lambda_X$ | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

|    |                |                |           |             |             |             |             |             |             |             |
|----|----------------|----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 3  | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           |
| 4  | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 5  | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 6  | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 7  | 0              | 0              | 0         | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 8  | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           |
| 9  | 0              | 0              | 0         | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 10 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 11 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 12 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           |
| 13 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ |
| 14 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 15 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 16 | $\lambda_{RA}$ | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 17 | 0              | $\lambda_{RA}$ | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 18 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 19 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 20 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 21 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 22 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 23 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 24 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 25 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 26 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 27 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 28 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 29 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 30 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 31 | $1-2\mu_{RA}$  | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 32 | 0              | $1-2\mu_{RA}$  | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 33 | 0              | 0              | $1-\mu_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 34 | 0              | 0              | 0         | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 35 | 0              | 0              | 0         | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 36 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 37 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           |
| 38 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           |
| 39 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           |
| 40 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $1-\mu_x$   |
| 41 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 42 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 43 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 44 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 45 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 46 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 47 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 48 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 49 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 50 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |



|           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>51</b> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <b>52</b> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

|           | <b>41</b>   | <b>42</b>   | <b>43</b>   | <b>44</b>   | <b>45</b>   | <b>46</b>   | <b>47</b>   | <b>48</b>      | <b>49</b>      | <b>50</b>   | <b>51</b>   | <b>52</b>   |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>1</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>2</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>3</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>4</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>5</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>6</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>7</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>8</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>9</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>10</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_{RA}$ | 0              | $\lambda_i$ | 0           | $\lambda_x$ |
| <b>11</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | $\lambda_{RA}$ | $\lambda_N$ | $\lambda_x$ | 0           |
| <b>12</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>13</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>14</b> | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>15</b> | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>16</b> | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>17</b> | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>18</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>19</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>20</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>21</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>22</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>23</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>24</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>25</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>26</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>27</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>28</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>29</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>30</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>31</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>32</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>33</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>34</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>35</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>36</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>37</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>38</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | $\mu_A$     |
| <b>39</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>40</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>41</b> | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>42</b> | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>43</b> | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>44</b> | 0           | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |

|    |   |   |   |   |           |           |           |              |              |           |           |           |
|----|---|---|---|---|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | $1-\mu_X$ | 0         | 0         | 0            | 0            | 0         | 0         | 0         |
| 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | $1-\mu_X$ | 0         | 0            | 0            | 0         | 0         | 0         |
| 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | $1-\mu_X$ | 0            | 0            | 0         | 0         | 0         |
| 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | 0         | $1-\mu_{RA}$ | 0            | 0         | 0         | 0         |
| 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | 0         | 0            | $1-\mu_{RA}$ | 0         | 0         | 0         |
| 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | 0         | 0            | 0            | $1-\mu_I$ | 0         | 0         |
| 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | 0         | 0            | 0            | 0         | $1-\mu_X$ | 0         |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | 0         | 0            | 0            | 0         | 0         | $1-\mu_X$ |

(Vir informacij: Lasten izračun)

$$\lambda_{SI} = 0.0016186 \quad (\lambda_{SI} = \lambda_X + 2\lambda_{RA} + 3\lambda_A + \lambda_I + \lambda_N)$$

$$\lambda_X = 0$$

$$\lambda_{RA} = 0.0002382$$

$$\lambda_A = 0.0001403$$

$$\lambda_I = 1.202$$

$$\lambda_N = 0.0006011$$

$$\mu_X = 0$$

$$\mu_{RA} = 1.57971$$

$$\mu_A = 1.4998759$$

$$\mu_I = 1.7897659$$

$$\mu_N = 0.999976$$

Priloga 2: Prva vrstica matrike  $[Q_B^*]^{-1}$

|   | 1             | 2            | 3           | 4            | 5            | 6            | 7            | 8          |
|---|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 1 | 13.288,4      | 4,51467      | 0.000446635 | 7,98926      | 1,44272      | 2,00413      | 0,00100992   | 0,00496215 |
|   | 9             | 10           | 11          | 12           | 13           | 14           | 15           | 16         |
| 1 | 0,65775       | 0,0013361    | 0,000304013 | 8,66294exp-7 | 6,67449exp-7 | 3,54782exp-6 | 0,0000385384 | 5.73exp-9  |
|   | 17            | 18           |             |              |              |              |              |            |
| 1 | 4,18368exp-10 | 0.0000643669 |             |              |              |              |              |            |

(Vir informacij: Lasten izračun)

Priloga 3: Delujoča stanja zadnje vrstice matrike  $[Q_{AB}]^{-1}$

|    | 1             | 2            | 3            | 4            | 5             | 6             | 7            | 8             |
|----|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| 34 | 0,998616      | 0,000339311  | 3.35818exp-8 | 0,000646427  | 0,00010842    | 0,000169003   | 7,93958exp-8 | 4,20399exp-7  |
|    | 9             | 10           | 11           | 12           | 13            | 14            | 15           | 16            |
| 34 | 0,0000494301  | 0,0000291371 | 2,35045exp-8 | 3,06759exp-9 | 5,23412exp-11 | 3,00439exp-10 | 2,89617exp-9 | 4,30698exp-13 |
|    | 17            | 18           |              |              |               |               |              |               |
| 34 | 1,85608exp-13 | 4,83786exp-9 |              |              |               |               |              |               |

(Vir informacij: Lasten izračun)

Priloga 4: Prehodna matrika za avtorizacijski podsistem plačilnih terminalov  $P_P$

|    | 1                | 2                                      | 3                                        | 4                                      | 5                                      | 6                                            | 7                                                                | 8                                                          | 9                                                          | 10                                                               |
|----|------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1  | $1-\lambda_{SI}$ | $3\lambda R$                           | 0                                        | $\lambda S$                            | $\lambda A$                            | $\lambda_{RA}$                               | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 2  | $\mu R$          | $1-(\mu R + \lambda_{SI} - \lambda R)$ | $2\lambda R$                             | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $2\lambda_{RA}$                                                  | $\lambda S$                                                | $\lambda A$                                                | 0                                                                |
| 3  | 0                | $2\mu R$                               | $1-(2\mu R + \lambda_{SI} - 2\lambda R)$ | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 4  | $\mu_N$          | 0                                      | 0                                        | $1-(\mu_N + \lambda_{SI} - \lambda S)$ | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | $2\lambda R$                                               | 0                                                          | $2\lambda_{RA}$                                                  |
| 5  | $\mu A$          | 0                                      | 0                                        | 0                                      | $1-(\mu A + \lambda_{SI} - \lambda A)$ | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | $2\lambda R$                                               | 0                                                                |
| 6  | $\mu_{RA}$       | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | $1-(\mu_{RA} + \lambda_{SI} - \lambda_{RA})$ | $3\lambda R$                                                     | 0                                                          | 0                                                          | $\lambda S$                                                      |
| 7  | 0                | $\mu_{RA}$                             | 0                                        | 0                                      | 0                                      | $\mu R$                                      | $1-(\mu R + \mu_{RA} + \lambda_{SI} - \lambda R - \lambda_{RA})$ | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 8  | 0                | $\mu S$                                | 0                                        | $\mu R$                                | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | $1-(\mu R + \mu S + \lambda_{SI} - \lambda R - \lambda S)$ | 0                                                          | 0                                                                |
| 9  | 0                | $\mu A$                                | 0                                        | 0                                      | $\mu R$                                | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | $1-(\mu R + \mu A + \lambda_{SI} - \lambda R - \lambda A)$ | 0                                                                |
| 10 | 0                | 0                                      | 0                                        | $\mu_{RA}$                             | 0                                      | $\mu S$                                      | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | $1-(\mu S + \mu_{RA} + \lambda_{SI} - \lambda S - \lambda_{RA})$ |
| 11 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | $\mu_{RA}$                             | $\mu A$                                      | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 12 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $\mu S$                                                          | $\mu_{RA}$                                                 | 0                                                          | $\mu R$                                                          |
| 13 | 0                | 0                                      | $\mu_{RA}$                               | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $\mu R$                                                          | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 14 | 0                | 0                                      | $\mu S$                                  | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | $2\mu R$                                                   | 0                                                          | 0                                                                |
| 15 | 0                | 0                                      | $\mu A$                                  | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | $2\mu R$                                                   | 0                                                                |
| 16 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 17 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 18 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $\mu A$                                                          | 0                                                          | $\mu_{RA}$                                                 | 0                                                                |
| 19 | 0                | 0                                      | $3\mu R$                                 | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 20 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | $2\mu_{RA}$                                  | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 21 | 0                | 0                                      | 0                                        | $\mu A$                                | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 22 | $\mu_X$          | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 23 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $2\mu_{RA}$                                                      | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 24 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 25 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | $\mu A$                                                    | 0                                                          | 0                                                                |
| 26 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 27 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 28 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 29 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 30 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 31 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 32 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 33 | 0                | $\mu_X$                                | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 34 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | $\mu_X$                                                          | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 35 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | $\mu_X$                                                    | 0                                                                |
| 36 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 37 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | $\mu_X$                                                    | 0                                                          | 0                                                                |
| 38 | 0                | 0                                      | 0                                        | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |
| 39 | 0                | 0                                      | $\mu_X$                                  | 0                                      | 0                                      | 0                                            | 0                                                                | 0                                                          | 0                                                          | 0                                                                |

|    |   |   |   |         |         |         |   |   |   |            |
|----|---|---|---|---------|---------|---------|---|---|---|------------|
| 40 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 41 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 42 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 43 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 44 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 45 | 0 | 0 | 0 | $\mu_X$ | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 46 | 0 | 0 | 0 | 0       | $\mu_X$ | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 47 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | $\mu_X$ | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 48 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | $\mu_{RA}$ |
| 49 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 50 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | $\mu_A$    |
| 51 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0          |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | $\mu_X$    |

|    | 11                                                               | 12                                                                                   | 13                                                                 | 14                                                           | 15                                                           | 16                                                                                     | 17                                                                                     | 18                                                                                   | 19          | 20             |
|----|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
| 1  | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 2  | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 3  | 0                                                                | 0                                                                                    | $2\lambda_{RA}$                                                    | $\lambda_S$                                                  | $\lambda_A$                                                  | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | $\lambda_R$ | 0              |
| 4  | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 5  | $2\lambda_{RA}$                                                  | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 6  | $\lambda_A$                                                      | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | $\lambda_{RA}$ |
| 7  | 0                                                                | $\lambda_S$                                                                          | $2\lambda_R$                                                       | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 8  | 0                                                                | $2\lambda_{RA}$                                                                      | 0                                                                  | $2\lambda_R$                                                 | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 9  | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | $2\lambda_R$                                                 | 0                                                                                      | 0                                                                                      | $2\lambda_{RA}$                                                                      | 0           | 0              |
| 10 | 0                                                                | $3\lambda_R$                                                                         | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 11 | $1-(\mu_{RA} + \mu_A + \lambda_{SI} - \lambda_{RA} - \lambda_A)$ | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | 0                                                                                      | $3\lambda_R$                                                                         | 0           | 0              |
| 12 | 0                                                                | $1-(\mu_R + \mu_{RA} + \mu_S + \lambda_{SI} - \lambda_S - \lambda_{RA} - \lambda_R)$ | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | 0                                                                                      | $2\lambda_R$                                                                           | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 13 | 0                                                                | 0                                                                                    | $1-(2\mu_R + \mu_{RA} + \lambda_{SI} - \lambda_{RA} - 2\lambda_R)$ | 0                                                            | 0                                                            | $\lambda_A$                                                                            | $\lambda_S$                                                                            | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 14 | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | $1-(2\mu_R + \mu_S + \lambda_{SI} - \lambda_S - 2\lambda_R)$ | 0                                                            | 0                                                                                      | $2\lambda_{RA}$                                                                        | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 15 | 0                                                                | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | $1-(2\mu_R + \mu_A + \lambda_{SI} - \lambda_A - 2\lambda_R)$ | $2\lambda_{RA}$                                                                        | 0                                                                                      | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 16 | 0                                                                | 0                                                                                    | $\mu_A$                                                            | 0                                                            | $\mu_{RA}$                                                   | $1-(2\mu_R + \mu_{RA} + \mu_A + \lambda_{SI} - \lambda_{RA} - \lambda_A - 2\lambda_R)$ | 0                                                                                      | $2\mu_R$                                                                             | 0           | 0              |
| 17 | 0                                                                | $2\mu_R$                                                                             | $\mu_S$                                                            | $\mu_{RA}$                                                   | 0                                                            | 0                                                                                      | $1-(2\mu_R + \mu_{RA} + \mu_S + \lambda_{SI} - \lambda_{RA} - \lambda_S - 2\lambda_R)$ | 0                                                                                    | 0           | 0              |
| 18 | $\mu_R$                                                          | 0                                                                                    | 0                                                                  | 0                                                            | 0                                                            | $2\lambda_R$                                                                           | 0                                                                                      | $1-(\mu_R + \mu_{RA} + \mu_A + \lambda_{SI} - \lambda_{RA} - \lambda_A - \lambda_R)$ | 0           | 0              |

|    |          |            |            |         |         |            |            |            |             |   |
|----|----------|------------|------------|---------|---------|------------|------------|------------|-------------|---|
| 19 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 1-3 $\mu$ R | 0 |
| 20 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 21 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 22 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 23 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 24 | 0        | 0          | 2 $\mu$ RA | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 25 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 26 | 0        | 0          | 0          | $\mu$ A | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 27 | 0        | $\mu$ A    | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | $\mu$ S    | 0           | 0 |
| 28 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | $\mu$ A    | 0          | 0           | 0 |
| 29 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 2 $\mu$ RA | 0           | 0 |
| 30 | 0        | 2 $\mu$ RA | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 31 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 2 $\mu$ RA | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 32 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 2 $\mu$ RA | 0          | 0           | 0 |
| 33 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 34 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 35 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 36 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | $\mu$ x    | 0           | 0 |
| 37 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 38 | 0        | $\mu$ x    | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 39 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 40 | 0        | 0          | $\mu$ x    | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 41 | 0        | 0          | 0          | 0       | $\mu$ x | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 42 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | $\mu$ x    | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 43 | 0        | 0          | 0          | $\mu$ x | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 44 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | $\mu$ x    | 0          | 0           | 0 |
| 45 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 46 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 47 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 48 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 49 | $\mu$ RA | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 50 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 51 | $\mu$ x  | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |
| 52 | 0        | 0          | 0          | 0       | 0       | 0          | 0          | 0          | 0           | 0 |

|    | 21          | 22          | 23           | 24 | 25          | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|----|-------------|-------------|--------------|----|-------------|----|----|----|----|----|
| 1  | 0           | $\lambda$ x | 0            | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 2  | 0           | 0           | 0            | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 3  | 0           | 0           | 0            | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 4  | $\lambda$ A | 0           | 0            | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 5  | $\lambda$ S | 0           | 0            | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 6  | 0           | 0           | 0            | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 7  | 0           | 0           | $\lambda$ RA | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 8  | 0           | 0           | 0            | 0  | $\lambda$ A | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 9  | 0           | 0           | 0            | 0  | $\lambda$ S | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 10 | 0           | 0           | 0            | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

|    |           |           |               |                |           |             |             |             |                |                |
|----|-----------|-----------|---------------|----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| 11 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 12 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | $\lambda_A$ | 0           | 0              | $\lambda_{RA}$ |
| 13 | 0         | 0         | 0             | $\lambda_{RA}$ | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 14 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | $\lambda_A$ | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 15 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | $\lambda_S$ | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 16 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | $\lambda_S$ | 0              | 0              |
| 17 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | $\lambda_A$ | 0              | 0              |
| 18 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | $\lambda_S$ | 0           | $\lambda_{RA}$ | 0              |
| 19 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 20 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 21 | $1-\mu_A$ | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 22 | 0         | $1-\mu_X$ | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 23 | 0         | 0         | $1-2\mu_{RA}$ | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 24 | 0         | 0         | 0             | $1-2\mu_{RA}$  | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 25 | 0         | 0         | 0             | 0              | $1-\mu_A$ | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 26 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | $1-\mu_A$   | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 27 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | $1-\mu_A$   | 0           | 0              | 0              |
| 28 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | $1-\mu_A$   | 0              | 0              |
| 29 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | $1-2\mu_{RA}$  | 0              |
| 30 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | $1-2\mu_{RA}$  |
| 31 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 32 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 33 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 34 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 35 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 36 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 37 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 38 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 39 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 40 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 41 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 42 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 43 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 44 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 45 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 46 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 47 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 48 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 49 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 50 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 51 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |
| 52 | 0         | 0         | 0             | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              |

|   | 31 | 32 | 33          | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
|---|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 2 | 0  | 0  | $\lambda_X$ | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

|    |                |                |           |             |             |             |             |             |             |             |
|----|----------------|----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 3  | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           |
| 4  | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 5  | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 6  | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 7  | 0              | 0              | 0         | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 8  | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           |
| 9  | 0              | 0              | 0         | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 10 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 11 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 12 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           |
| 13 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ |
| 14 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 15 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 16 | $\lambda_{RA}$ | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 17 | 0              | $\lambda_{RA}$ | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 18 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 19 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 20 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 21 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 22 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 23 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 24 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 25 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 26 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 27 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 28 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 29 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 30 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 31 | $1-2\mu_{RA}$  | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 32 | 0              | $1-2\mu_{RA}$  | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 33 | 0              | 0              | $1-\mu_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 34 | 0              | 0              | 0         | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 35 | 0              | 0              | 0         | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 36 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 37 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           |
| 38 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           |
| 39 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           |
| 40 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $1-\mu_x$   |
| 41 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 42 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 43 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 44 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 45 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 46 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 47 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 48 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 49 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 50 | 0              | 0              | 0         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |



|           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>51</b> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <b>52</b> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

|           | <b>41</b>   | <b>42</b>   | <b>43</b>   | <b>44</b>   | <b>45</b>   | <b>46</b>   | <b>47</b>   | <b>48</b>      | <b>49</b>      | <b>50</b>   | <b>51</b>   | <b>52</b>   |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>1</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>2</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>3</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>4</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>5</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>6</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>7</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>8</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>9</b>  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>10</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | $\lambda_{RA}$ | 0              | $\lambda_A$ | 0           | $\lambda_x$ |
| <b>11</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | $\lambda_{RA}$ | $\lambda_S$ | $\lambda_x$ | 0           |
| <b>12</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>13</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>14</b> | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>15</b> | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>16</b> | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>17</b> | 0           | 0           | 0           | $\lambda_x$ | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>18</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>19</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>20</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>21</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>22</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>23</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>24</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>25</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>26</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>27</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>28</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>29</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>30</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>31</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>32</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>33</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>34</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>35</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>36</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>37</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>38</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | $\mu_R$     |
| <b>39</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>40</b> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>41</b> | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>42</b> | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>43</b> | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |
| <b>44</b> | 0           | 0           | 0           | $1-\mu_x$   | 0           | 0           | 0           | 0              | 0              | 0           | 0           | 0           |

|    |   |   |   |   |           |           |           |              |              |           |           |           |
|----|---|---|---|---|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | $1-\mu_X$ | 0         | 0         | 0            | 0            | 0         | 0         | 0         |
| 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | $1-\mu_X$ | 0         | 0            | 0            | 0         | 0         | 0         |
| 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | $1-\mu_X$ | 0            | 0            | 0         | 0         | 0         |
| 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | 0         | $1-\mu_{RA}$ | 0            | 0         | 0         | 0         |
| 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | 0         | 0            | $1-\mu_{RA}$ | 0         | 0         | 0         |
| 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | 0         | 0            | 0            | $1-\mu_A$ | 0         | 0         |
| 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | 0         | 0            | 0            | 0         | $1-\mu_X$ | 0         |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         | 0         | 0            | 0            | 0         | 0         | $1-\mu_X$ |

(Vir informacij: Lasten izračun)

$$\lambda_{SI} = 0.0016101; (\lambda_{SI} = \lambda_X + 2\lambda_{RA} + 3\lambda_R + \lambda_A + \lambda_S)$$

$$\lambda_X = 0$$

$$\lambda_{RA} = 0.0002382$$

$$\lambda_R = 0.00001397$$

$$\lambda_A = 0.0001191$$

$$\lambda_S = 0.0005955$$

$$\mu_X = 0$$

$$\mu_{RA} = 1.57971$$

$$\mu_R = 1.5152659$$

$$\mu_A = 1.8152659$$

$$\mu_S = 1.0909884$$

Priloga 5: Prva vrstica matrike  $[Q^*_P]^{-1}$

|   | 1             | 2            | 3           | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            |
|---|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 12.834,5      | 4,29045      | 0,000418045 | 7,00645      | 1,35624      | 1,93565      | 0,000957827  | 0,00414101   |
|   | 9             | 10           | 11          | 12           | 13           | 14           | 15           | 16           |
| 1 | 0,617003      | 0,00116467   | 0,000284839 | 7,24288exp-7 | 6,25683exp-7 | 2,86723exp-6 | 0,0000355784 | 5,25226exp-9 |
|   | 17            | 18           |             |              |              |              |              |              |
| 1 | 3,40408exp-10 | 0,0000598766 |             |              |              |              |              |              |

(Vir informacij: Lasten izračun)

Priloga 6: Delujoča stanja zadnje vrstice matrike  $[Q_{AP}]^{-1}$

|    | 1             | 2            | 3             | 4            | 5             | 6             | 7            | 8             |
|----|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| 34 | 0,998682      | 0,000333884  | 3,25451exp-8  | 0,00058752   | 0,000105533   | 0,000170604   | 7,8279exp-8  | 3,63597exp-7  |
|    | 9             | 10           | 11            | 12           | 13            | 14            | 15           | 16            |
| 34 | 0,0000480108  | 0,0000292303 | 2,286695exp-8 | 2,97965exp-9 | 5,09957exp-11 | 2,51615exp-10 | 2,76846exp-9 | 4,08782exp-13 |
|    | 17            | 18           |               |              |               |               |              |               |
| 34 | 1,72414exp-13 | 4,65985exp-9 |               |              |               |               |              |               |

(Vir informacij: Lasten izračun)

**\*Opomba:** pri izračunu stacionarne razpoložljivosti so upoštevana samo stanja, ki so glede na zajete podatke tudi možna. V našem primeru so stanja, ki vsebujejo odpovedi modula XPNET vzeta kot nemogoč dogodek, saj v opazovanem obdobju ni prišlo do odpovedi le-tega.