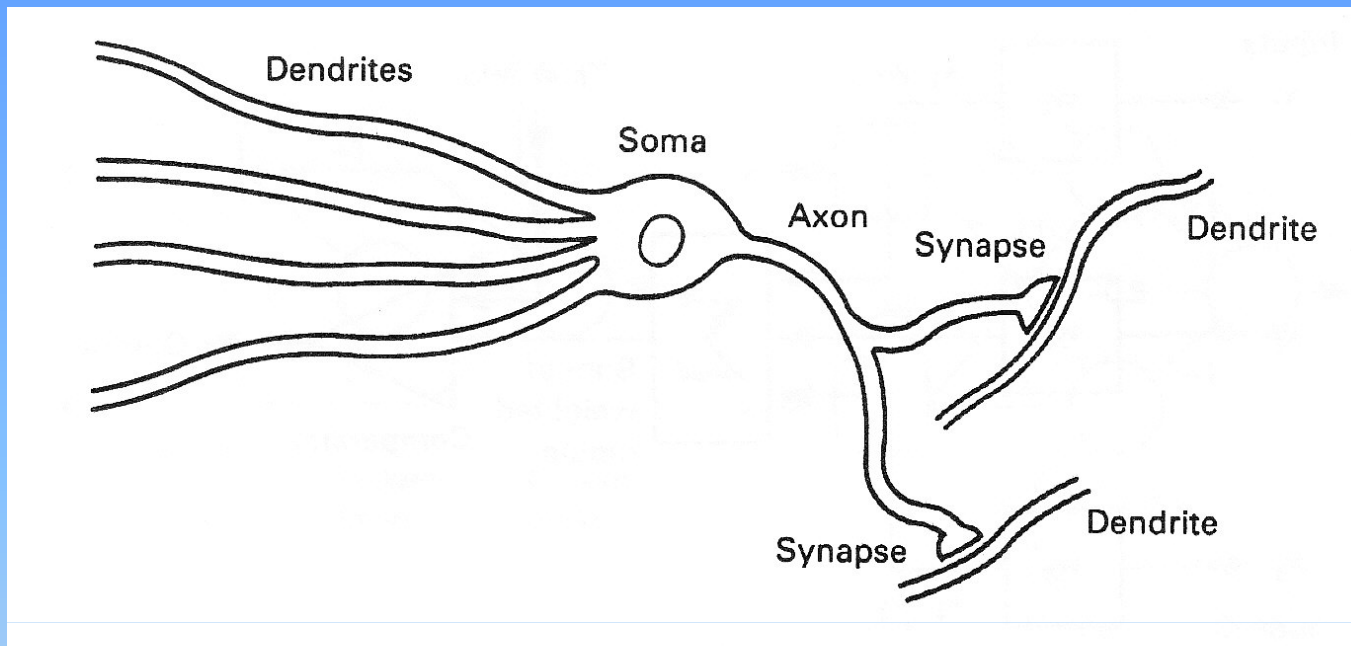


Neuronske mreže

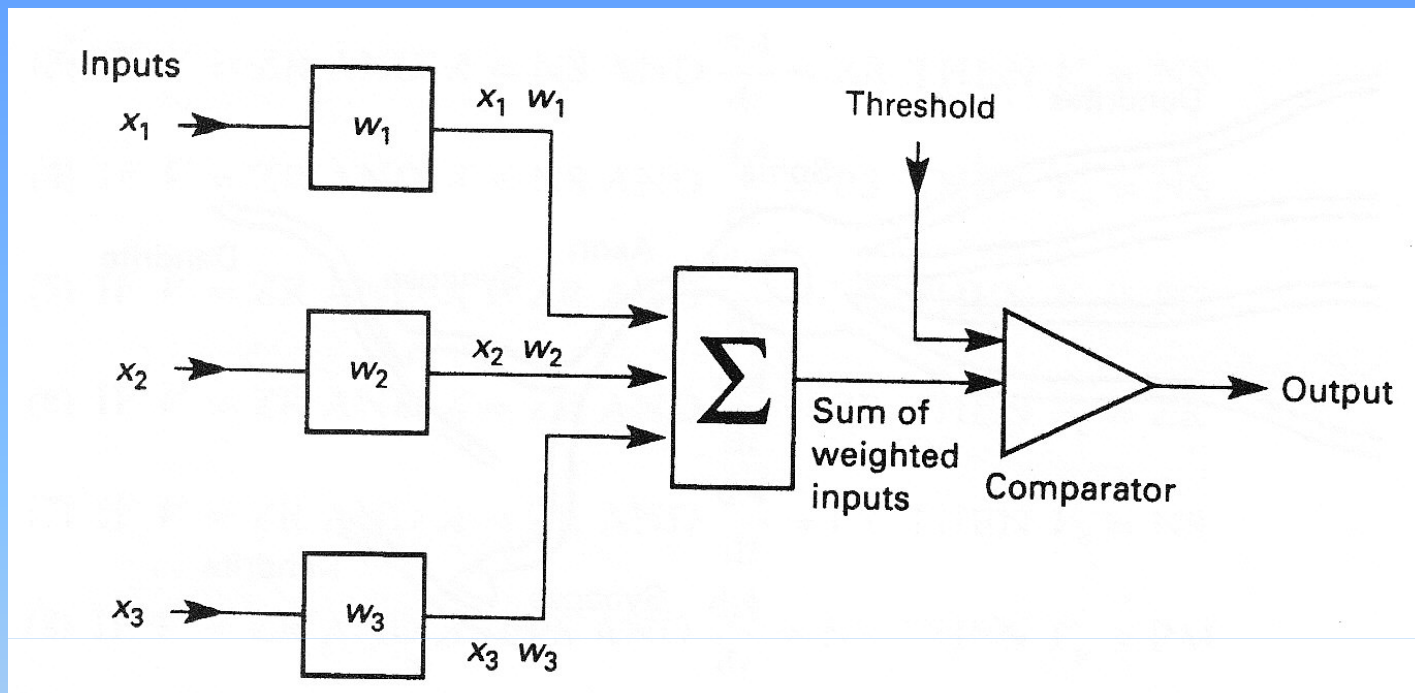
- Kao što fuzzy logika ide korak dalje od načina donošenja jasnih binarnih odluka karakterističnih za konvencionalne sustave regulacije prema regulacijskim modelima sličnim ljudskom razmišljanju, tako i neuronske mreže idu korak dalje prema izgradnji regulacijskih modela (vrlo pojednostavljenih) na kojima se temelji ljudsko razmišljanje i odlučivanje
- Biološki neuron
- Ljudski mozak funkcionira na temelju malih individualnih analognih procesnih jedinica koje se zovu “neuroni”
- Jako veliki broj neurona (10^{11}) nalazi se u prosječnom ljudskom mozgu, a svaki je povezan s 10^4 drugih neurona
- Svi ovi neuroni rade relativno sporo (brzina od oko 100 Hz) ali daju veliku snagu jer su svi spojeni paralelno
- Na slici 274. prikazana je shema biološkog neurona



Slika 274. Shema biološkog neurona

- Biološki neuron se sastoji od tijela (*soma*) i prima signale od ostalih neurona preko izdanaka koji se zovu *dendriti*
- Signali koje neuron prima mogu biti pozitivni (*afirmativni*) ili negativni (*negacijski*)
- Signali koji stižu u neuron se zbrajaju i ako je rezultat veći od granične vrijednosti (*threshold*) neuron generira signal (*neuron fires*)

- Izlazni signal s neurona javlja se na dijelu koji se zove *akson* (axon)
- Aksoni završavaju u izdancima koji se zovu *sinapse* (synapse) i koji povezuju izlazni signal jednog neurona s *dendritima* drugog neurona (gdje taj izlazni signal postaje ulazni signal drugog neurona)
- Bitno je naglasiti da nema fizičke veze između *sinapse* jednog neurona i *dendrita* drugog neurona, već se veza ostvaruje pomoću izmjene kemikalije koja se zove *neurotransmiteri* (neuroprijenosnici)
- Na slici 275. prikazan je pojednostavljeni model rada neurona
- Slika prikazuje krajnje pojednostavljen model rada jer je stvarni biološki neuron povezan s 10^4 drugih neurona
- Ulazni signali x_1, x_2, x_3 množe se s težinama w_1, w_2, w_3 i zbrajaju se
- Ako je zbroj veći od granične vrijednosti, neuron će generirati izlazni signal prema drugome neuronu

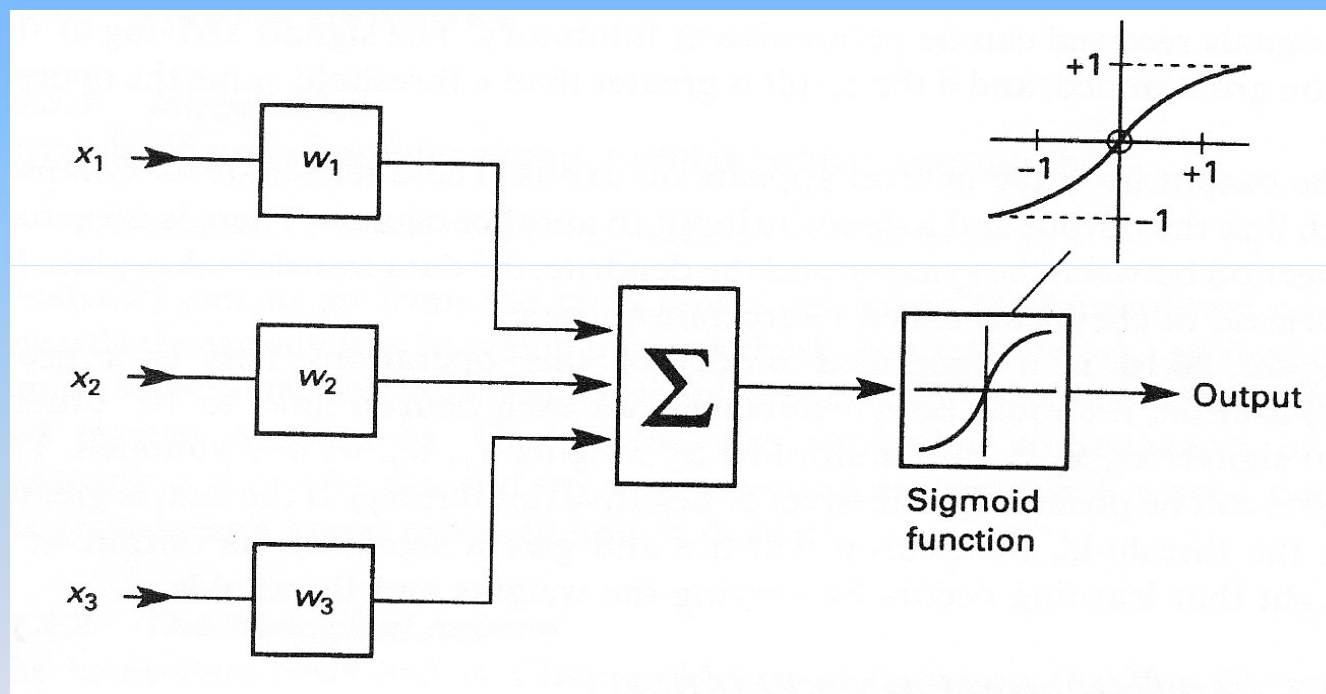


Slika 275. Pojednostavljeni model neurona

- Umjetna neuronska mreža

- Prvi pokušaji da se konstruira operativni model neurona temeljili su se na shemi sa slike 275. i koristili su jednostavni binarni komparator (s ON/OFF izlazom)
- Ovakvi rani modeli zovu se još i neuroni binarnog odlučivanja

- Standardni model neurona, koji se danas koristi, koristi graničnu vrijednost nula i sigmoidnu prijenosnu funkciju, kako je prikazano na slici 276.
- Granična vrijednost se može mjenjati postavljanjem u poziciju fiksnog negativnog signala



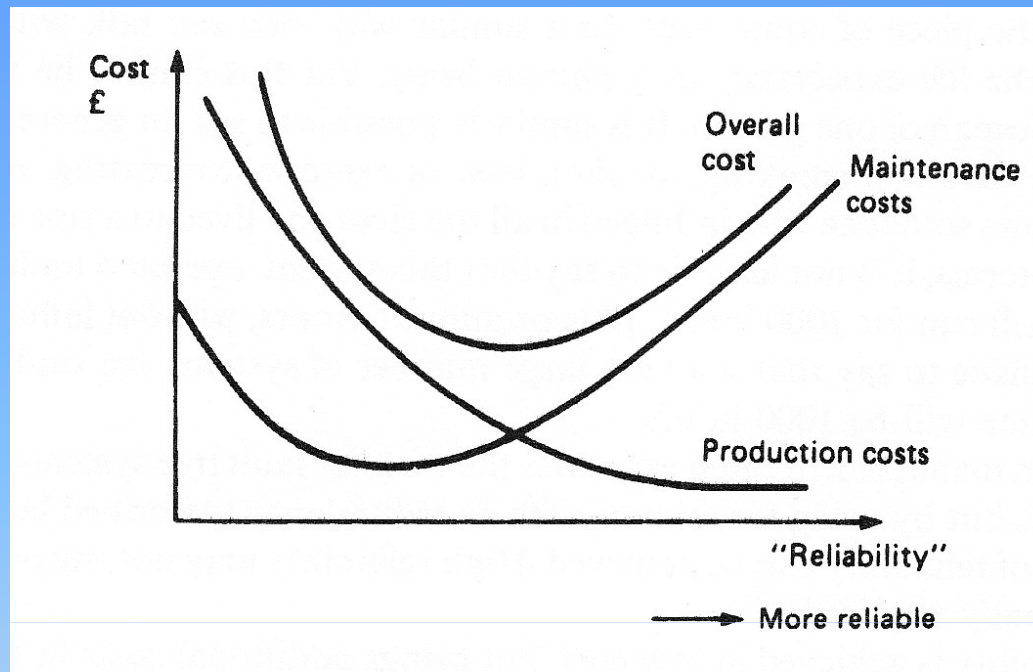
Slika 276. Standardni model neurona

ODRŽAVANJE I OTKLANJANJE KVAROVA

Pogreške sustava

- U svakom sustavu se neizbježno javljaju pogreške u radu jer ne postoji nigdje potpuno pouzdan sustav
- Nije moguće predvidjeti kada će doći do kvara u pojedinim djelovima sustava te je tako nemoguće predvidjeti dali će doći do kvara ni u ekstremno kratkim vremenskim intervalima od npr. 30 sekundi
- Predviđanja pouzdanosti se temelje na statističkim metodama, ali se svejedno ne može dati točna procjena radnog vijeka pojedinog dijela sustava
- Na taj način u industrijskim procesima se ne može reći da će neki sustav raditi npr. 1000 sati bez kvara (± 5 minuta), ali se može reći (nakon temeljitog proučavanja velikog broja istih sustava) da je prosječni radni vijek toga sustava 1000 radnih sati
- Proizvodni menagement često postavlja zahtjeve za sustave bez kvarova

- Takav zahtjev je nemoguće ispuniti, ali korištenjem različitih tehnika kao što je tehnika *zalihosti* (redundancy) može se postići tražena razina pouzdanosti sustava (veća razina pouzdanosti)
- Niska pouzdanost sustava postiže se uz niže troškove, ali tu se javljaju dodatni troškovi uslijed čestih kvarova i gubitaka u proizvodnji
- S porastom pouzdanosti, smanjuju se troškovi gubitaka u proizvodnji , ali rastu troškovi održavanja
- Porast troškova održavanja dolazi do točke gdje poboljšanja pouzdanosti zahtjevaju više osoblja i konstantan nadzor i provjere industrijskog procesa
- Korištenje sofisticiranih tehnika kao što je tehnika zalihosti su znatno skuplje za ugradnju što također povećava ukupne troškove održavanja
- Na slici 277. prikazane su krivulje troškova pouzdanosti
- Iz slike se može vidjeti da je optimalno stanje kada su ukupni troškovi održavanja najmanji
- Definirati točku pouzdanosti s najmanjim troškovima održavanja je od najveće važnosti



Slika 277. Troškovi pouzdanosti sustava

- Većina industrijskih procesa tolerira određeni postotak kvarova u sustavu i teži da normalno radi cijelo vrijeme i u tzv. *failure modu*
- Dobro planiran industrijski proces nastavlja s radom na siguran način za određeni kraći period vremena dok se kvar u sustavu ne identificira i otkloni

Pouzdanost

- Budući da se ne može točno odrediti vijek trajanja pojedinih komponenti sustava, koriste se razne statističke metode koje daju kvalitetnije podatke o pouzdanosti
- Pouzdanost se definira kao vjerojatnost da će komponenta ili sustav obavljati svoju funkciju korektno pod definiranim radnim uvjetima određeni vremenski period
- Npr. kod pretvornika je vjerojatnost od 95% da će raditi dvije godine bez kvarova ako se koristi prema upustvima proizvođača
- Proračuni pouzdanosti temelje se na testiranju velikog broja komponenti čiju pouzdanost želimo definirati
- Ako s **N** označimo broj ukupnih komponenti koje rade u vremenskom intervalu **t**, s **N_s** označimo komponente koje su još u funkciju na kraju vremena testiranja, a s **N_f** komponente koje su u kvaru na kraju testa, matematička jednadžba za pouzdanost **R** u vremensko intervalu **t** je:

$$R_t = \frac{N_s}{N} = \frac{N - N_f}{N}$$

- Matematički izraz za nepouzdanost Q_t je definiran:

$$Q_t = \frac{N_f}{N} = \frac{N - N_s}{N}$$

- Gdje je $0 < R_t < 1$, $0 < Q_t < 1$, i da je: $R_t + Q_t = 1$

MTTF i MTBF

- Pojam “pouzdanost” je uvijek povezan s točno određenim vremenskim razdobljem (npr. 1000 sati, jednu godinu), ali pojam “očekivani životni vijek” je korisniji za prikaz same pouzdanosti određene komponente
- Očekivani životni vijek za komponente koje se ne mogu popravljati tj. koje su potrošni materijal (žarulje i sl.), izražava se oznakom MTTF (*mean time to failure*) – srednje vrijeme do kvara
- Za komponente koje se mogu popravljati oznaka je MTBF (*mean time between failure*) – srednje vrijeme između kvarova

- I MTTF i MTBF dobivaju se testiranjem velikog broja komponenti
- Na slici 278. prikazani su rezultati tipičnog testa koji služi da se odredi vrijednost MTTF za klasične žarulje

<i>Day</i>	<i>Hours</i>	<i>Failures</i>	<i>Cumulative failures</i>	<i>Survivors</i>	<i>Mean survivors</i>	<i>Total time operational</i>
0	0			1000		
1	24	25	25	975	987.5	23700
2	48	17	42	958	966.5	23196
3	72	15	57	943	950.5	22812
4	96	11	68	932	937.5	22500
5	120	13	81	919	925.5	22212
6	144	16	97	903	911.0	21864
7	168	14	111	889	896.0	21504
8	192	12	123	877	883.0	21192
9	216	9	132	868	872.5	20940
10	240	13	145	855	861.5	20676
						Total time 220596
$\text{MTTF} = \frac{\text{total time}}{\text{cum. failures}} = \frac{220596}{145} = 1521 \text{ hours}$						

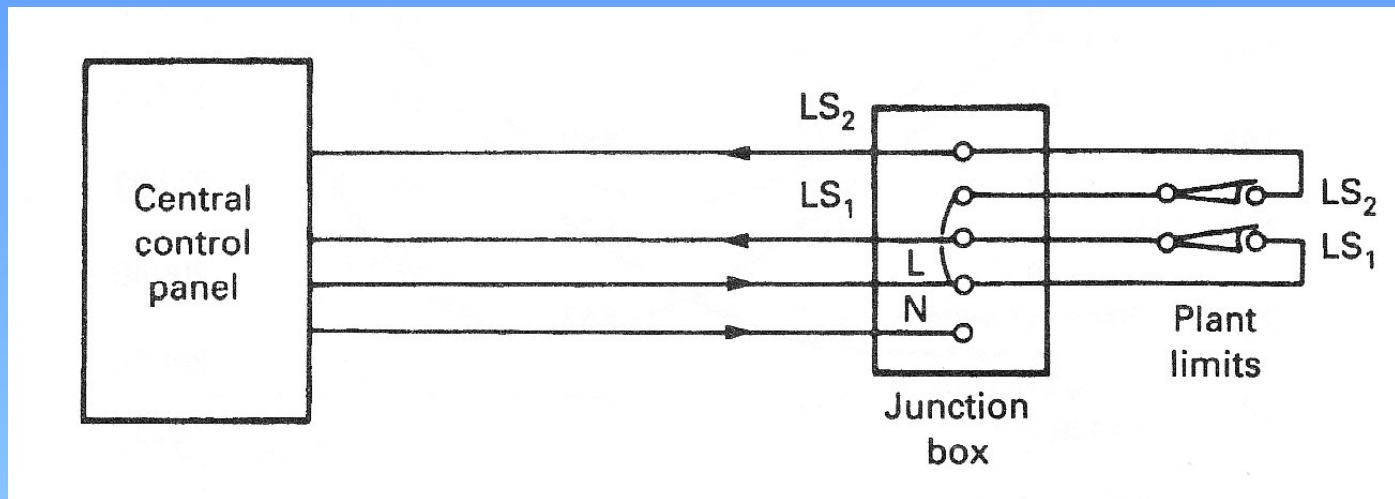
Slika 278. MTTF test

Sposobnost održavanja

- Kada se dogodi kvar određene komponente vrlo je važno otkloniti taj kvar i vratiti proces ili uređaj u operativno stanje što je prije moguće
- Izraz “sposobnost održavanja” opisuje lakoću s kojom se komponenta može popraviti tj. otkloniti kvar i definira vjerojatnost da će komponenta na kojoj se dogodio kvar biti vraćena u operativno stanje u intervalu definiranog vremena
- Tako npr. DC elektromotorni izvršni element ima vjerojatnost 0.85 da će biti popravljen unutar intervala od 30 minuta ako se dogodi kvar
- Još jedno mjerilo sposobnosti održavanja je MTTR (mean time to repair)
- MTTR definira srednje vrijeme potrebno da se komponenta u kvaru dovede u operativno stanje
- Kao i MTTF i oznaka MTTR je statistička vrijednost dobivena iz velikog broja promatranja
- Sposobnost održavanja definirana je dijelom od strane proizvođača komponente a dijelom od strane korisnika

- Vrlo važni faktori koji određuju sposobnost održavanja su:

- *dizajn i upotreba uređaja mora biti takva da se odmah uoči kvar i da se lako može locirati komponenta na kojoj se javio kvar (jedan od načina je neutralni spoj na spojnoj tabli graničnih prekidača, pomoću kojega se mogu kontrolirati ulazni signali, slika 279.)*
- *osjetljive komponente (one podložne češćim kvarovima) moraju imati lagan pristup*
- *osoblje koje održava uređaje mora biti kompetentno, dobro obrazovano, te mora biti opremljeno potrebnim alatom i opremom za održavanje*
- *MTTR ovisi i o brzini reakcije osoblja održavanja, tj. kako brzo će oni odgovoriti na pojavu kvara u sustavu*
- *adekvatni rezervni dijelovi moraju biti lako dostupni*
- *MTTR će biti smanjen ako je politika održavanja da se pokvarena komponenta mjenja a ne popravlja na licu mjesta (MTTR je manji ako se komponenta zamjeni drugom, a pokvarena se popravlja u radionici ili sl.)*



Slika 279. Dizajn u funkciji svojstva održavanja (neutralni spoj služi za priključak multimetra za kontrolu ulaznih signala od graničnih prekidača)

- U prethodno navedenim faktorima, prva dva su u odgovornosti proizvođača odnosno projektanta sustav ili procesa
- Ostale četiri su odgovornost samog korisnika i njegove politike održavanja
- Dostupnost procesa ili pogona (plant availability) je postotna vrijednost koja pokazuje koliko vremena je oprema pogona, ili komponente nekog uređaja u funkciji (bez kvara)

- Dostupnost se izračunava na slijedeći način:

$$\text{dostupnost (availability)} = \frac{\text{u funkciji}}{(\text{u funkciji} + \text{izvan funkcije})}$$

- U vrijeme kada je proces (uređaj) izvan funkcije mora se uračunati i vrijeme provedeno u redovitom godišnjem održavanju (remontu)
- Normalna dostupnost većine procesa (uređaja) je preko 95%

Broj kvarova

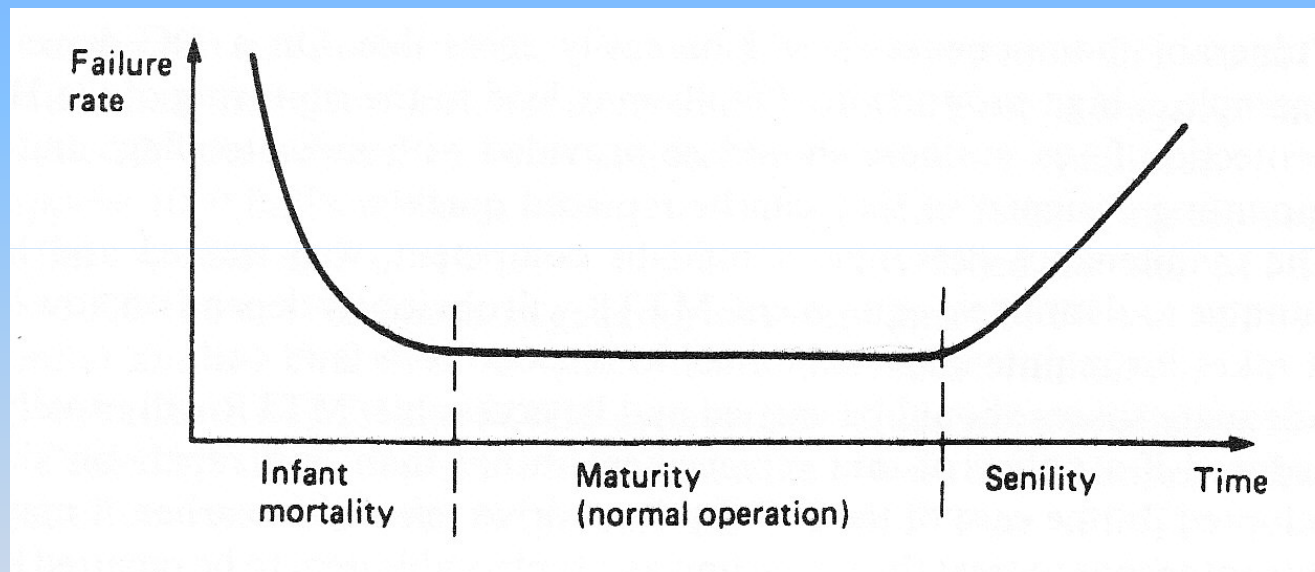
- Ako označimo s N_s broj komponenata koje su u funkciji, a s ΔN_f komponente koje se pokvare u vremenskom intervalu Δt , tada je broj kvarova $\lambda(t)$ definiran izrazom:

$$\lambda(t) = \frac{1}{N_s} \frac{\Delta N_f}{\Delta t}$$

- Pošto vremenski interval Δt teži prema nuli, gornja jednačba može se napisati i kao:

$$\lambda(t) = \frac{1}{N_s} \frac{dN_f}{dt}$$

- Broj kvarova većine sustava slijedi krivulju “kade” kao što je prikazano na slici 280.



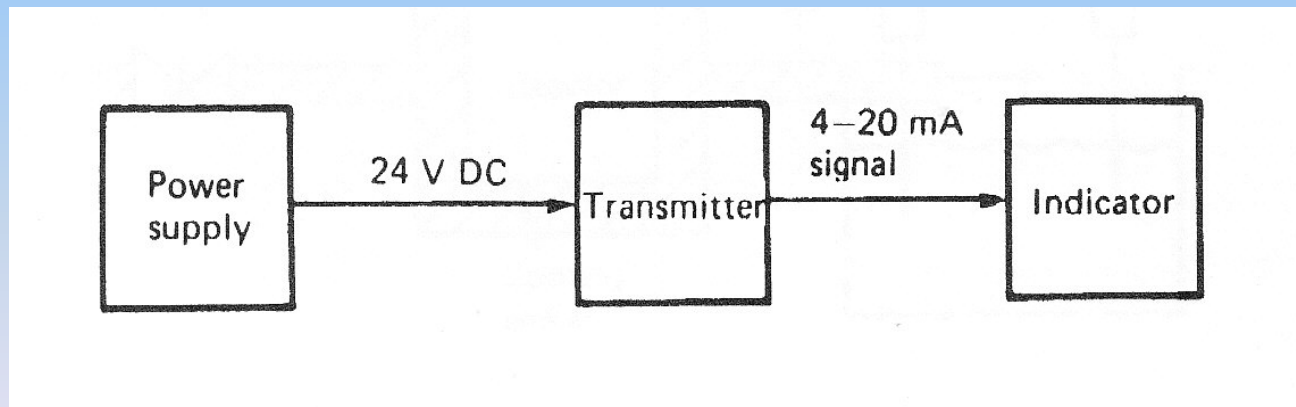
Slika 280. Krivulja “kade”

- Broj kvarova podijeljen je u tri različita područja

- Prvo područje, koje se još zove i “period kvarova uhadavanja” traje najdulje nekoliko tjedana i karakterizira ga veliki broj kvarova zbog loših komponenti, grešaka u povezanosti s ostatkom sustava i sl.
- U regulacijskim sustavima period kvarova uhadavanje je vrlo čest i događa se zbog pogrešaka proizvođača, loših komponenti i softwareskih bugova koji dolaze do izražaja u ovome početnom periodu
- Središnje područje, koje se zove tzv. “zreli period rada” karakterizira niska razina konstantnih kvarova
- Tijekom ovoga perioda kvarovi su slučajni i relativno rijetko se događaju
- Zadnje područje je tzv. “period starosti sustava” i karakterizira ga porast broja kvarova
- Općenito, porast nepouzdanosti sustava u zadnjem periodu događa se zbog starenja komponenti sustava
- Tako npr. konektori počinju oksidirati, opruge gube svoju elastičnost, komponente senzora se kvare i sl.

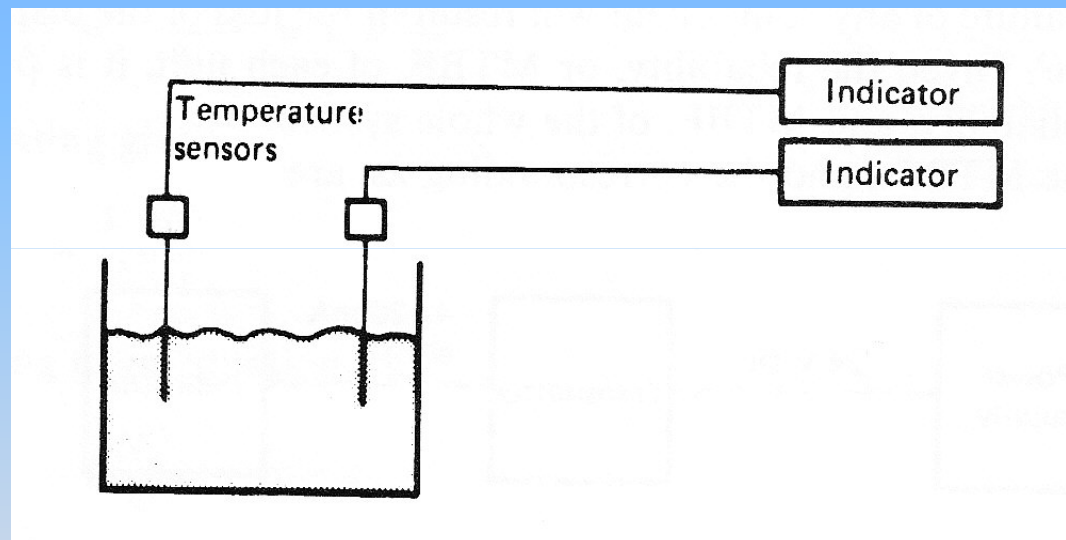
Serijski i paralelni modeli pouzdanosti

- Na slici 281. prikazan je dio regulacijskog sustava koji služi indikaciji signala iz procesa
- Na shemi postoji izvor energije koji osigurava 24 V istosmjerne struje (DC) za pretvornik (*transmitter = senzor + transducer*), čiji se izlazni signal dalje prikazuje na pružnom grafu (*indicator*)
- Kvar bilo koje od ovih komponenata rezultirati će u gubitnu prikaza podataka na displej uređaju (u ovom slučaju to su pružni grafovi) i ujedno će rezultirati greškom sustava (*system failure*)



Slika 281. Serijski model pouzdanosti

- Shema na slici 281. se zove serijski model pouzdanosti jer kvar bilo kojeg dijela modela izaziva kvar cijelog sustava
- Za razliku od slike 281., na slici 282. prikazana je shema mjerenja temperature pomoću dva neovisna sustava za mjerenja

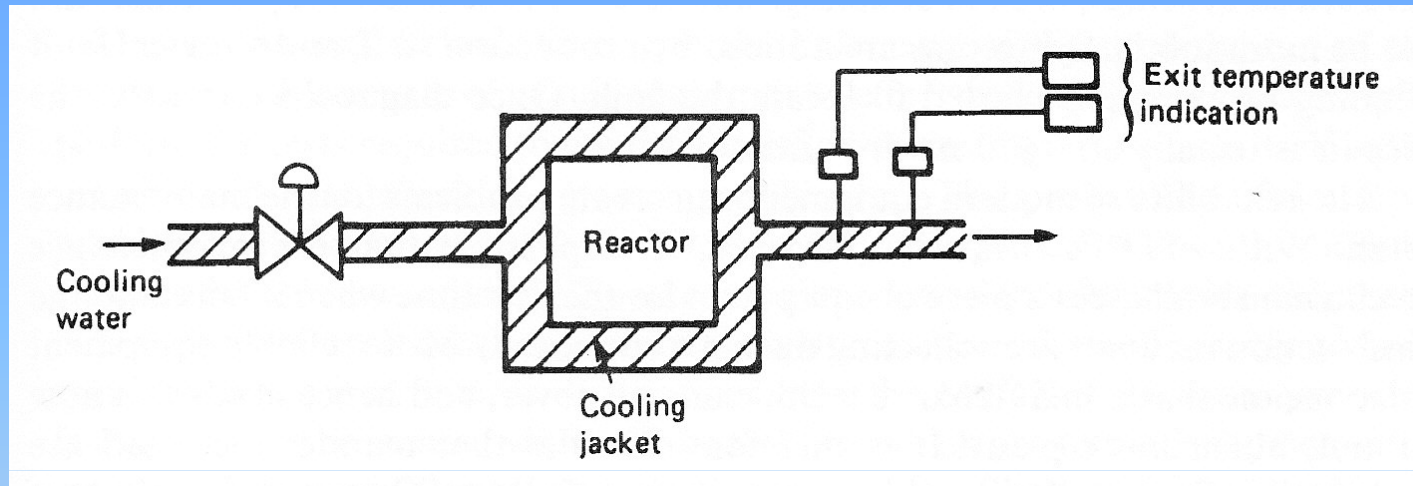


Slika 282. Paralelni model pouzdanosti

- Ovakav sustav se zove paralelni model pouzdanosti jer se kvar mora dogoditi na oba senzora da bi se izgubili podaci na displej ekranu tj. da bi sustav ostao bez ulaznih signala

- Pošto kod ovakvog modela sustavi za mjerenje temperature nisu povezani, nema zajedničkog kvara mjernog sustava (nego pojedinačnog)
- Jedini zajednički kvar koji se može dogoditi ovakvom paralelnom modelu je kvar na sustavu električnog napajanja
- Općenito se uzima da je pouzdanost paralelnih sustava znatno veća nego kod serijskih sustava
- Paralelni model spajanja (pouzdanosti) još se zove i **zalihost** (*redundancy*) i koristi se kod pogona ili procesa gdje je zahtjevana velika pouzdanost (nuklearni reaktori, petrokemijski pogoni, brodski pogoni)
- Za povećanje zalihosti od velike su važnosti i podjeljeni sustavi napajanja električnom energijom i neovisni izvori električne energije
- Pojava kvara se može spriječiti i pravilnim smještajem senzora u procesu i kvalitetnim odabirom tipova senzora za mjerenja određenih varijabli ili za nadzor samoga procesa

- Na slici 283. prikazan je smještaj dvostrukih temperaturnih senzora na izlazu rashladne vode iz nuklearnog reaktora



Slika 283. Primjer pogrešnog smještaja temperaturnih senzora jedan kraj drugoga

- Ovakav smještaj dvostrukih temperaturnih senzora nemože detektirati potencijalni kvar u sustavu tj. ovakav paralelni model je pogrešan
- Npr. ako dođe do začepljenja cijevi rashladne vode i blokira se protok vode, oba senzora temperature pokazivati će jednaku temperaturu, koja će biti najvjerojatnije pogrešna tj. sustav nam neće signalizirati kvar

- Pogrešna detekcija izlazne temperature rashladne vode nuklearnog reaktora na način kako je prikazano na slici 283. dogodila se 1979. godine u nuklearnom incidentu u nuklearnoj elektrani Three Mile Island u američkoj državi Pennsylvaniji
- Sve tehnike zalihosti se skupe jer zahtjevaju velike inicijalne troškove
- Postoje izvedbe sustava zalihosti s dva , tri i više paralelnih sustava