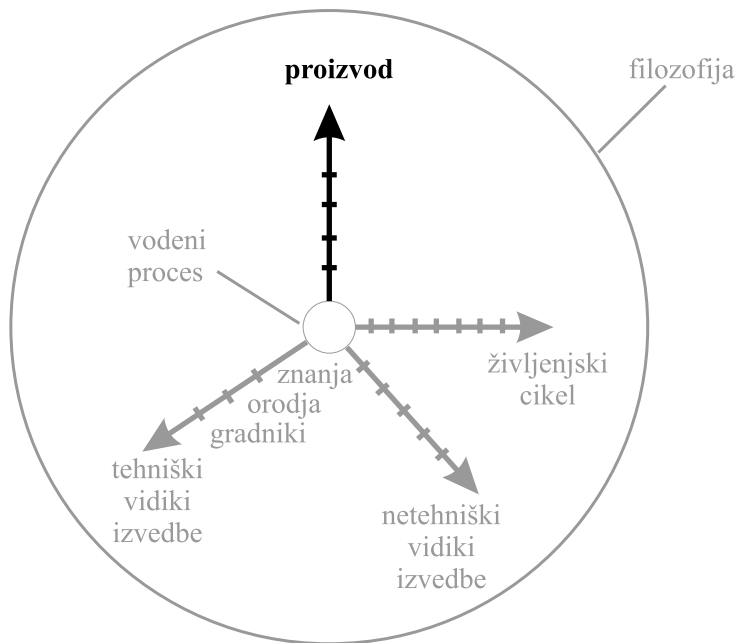


4. Sistemi za vodenje (Proizvod)



4.1 Uvod

Pričujoče poglavje je namenjeno opisu proizvoda oziroma izdelka in njemu pripadajoče dimenzije celostnega pristopa k načrtovanju, izgradnji in uporabi računalniško podprtih sistemov za vodenje.

Seveda se na tem mestu lahko vprašamo zakaj je ta dimenzija pravzaprav sploh pomembna?

Pomembna je predvsem zaradi tega, ker je narediti in uporabljati proizvod (v tem primeru sistem za vodenje) osnovni smisel naših prizadevanj na tem področju. Proizvod je torej ne samo predmet našega opazovanja ampak tudi predmet naše kreacije. Vse ostale dimenzije v našem celostnem pogledu so torej podrejene temu osnovnemu cilju.

Drugo vprašanje pa je kako to dimenzijo strukturirati, oziroma na osnovi katerih lastnosti, v množici različnih možnih, je smiselno proizvod opazovati.

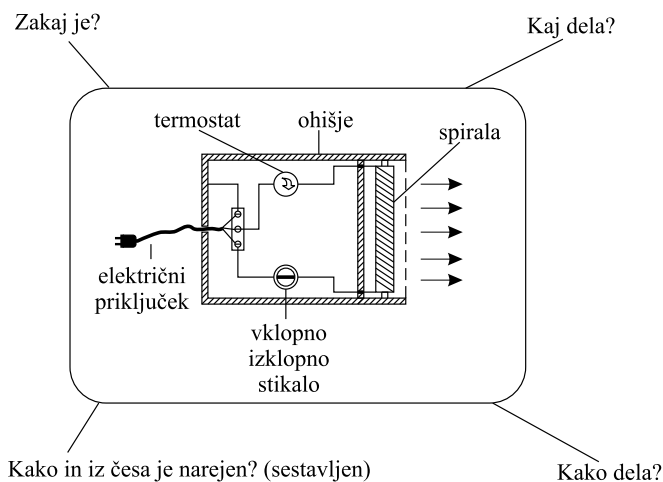
Ugotovili smo, da je najbolj smiselno, če nanj gledamo skozi štiri ključne vidike v načrtovanju, ki smo jih podrobneje opredelili v drugem poglavju. Ti vidiki so *namen* (zakaj je), *funkcija* (kaj dela), *mehanizem* (kako dela) in *struktura* (kaj je, kako in iz česa je narejeno). Tako izbrana struktura definira osnovne lastnosti proizvoda, ki jih skozi njegov življenjski cikel primerno oblikujemo.

Prednost tako izbrane razdelitve je, da vseskozi zagotavlja celovit pogled na proizvod, ki ga po eni strani omogočajo jasne relacije med namenom, funkcijo, mehanizmom in strukturo, po drugi strani pa možnost, da iz osnovnih atributov proizvoda izpeljemo izvedene attribute (npr. kvaliteta, cena, trajnost, varnost, zanesljivost, itd.), ki pomenijo formalne zahteve ali omejitve pri načrtovanju. Prostor za optimiranje izvedenih atributov seveda omogoča dejstvo, da je isti namen možno realizirati z različnimi funkcijami, isto funkcijo z različnimi mehanizmi in isti mehanizem z različnimi strukturami.

Za boljše razumevanje razdelitve na predlagane štiri osnovne attribute proizvoda si oglejmo primer.

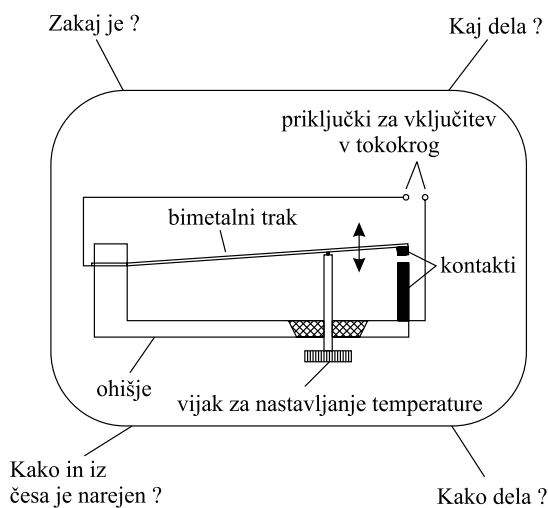
▽

Primer 4.1: *Pogled na električni grelnik skozi osnovne attribute proizvoda*



Sl. 4.1. Shema električnega grelnika

Za primer vzemimo električni grelnik za ogrevanje prostora z vgrajenim termostatom. Grelnik je predstavljen na Sl. 4.1, termostat pa na Sl. 4.2.



Sl. 4.2. Shema termostata

Opišimo sedaj grelnik in njegov sistem za vodenje (termostat) s stališča omenjenih štirih vidikov. Opis podaja Tabela 4.1.

Iz tabele so dobro vidne povezave in tudi razlike med namenom, funkcijo, mehanizmom in strukturo tako osnovnega sistema (grelnika), kot tudi njegovega sistema za vodenje (termostata). Nič manj pa ni pomembna tudi povezava med obema. Lepo se namreč vidi, da sta osnovni sistem in sistem za vodenje zelo prepletena, zato mora biti njuno načrtovanje (kot smo že ugotovili) tesno povezano.

Tabela 4.1. Opis produktnih vidikov električnega grelnika s termostatom.

	Osnovni sistem (grelnik)	Sistem za vodenje (termostat)
Namen (zakaj je?)	<ul style="list-style-type: none"> omogoča človeku udobno bivanje v stanovanju tudi pri nizkih zunanjih temperaturah 	<ul style="list-style-type: none"> omogoča delovanje grelnika brez posredovanja človeka
Funkcija (kaj dela?)	<ul style="list-style-type: none"> segreva okolico 	<ul style="list-style-type: none"> vzdržuje želeno temperaturo grelnika oz. njegove okolice
Mehanizem (kako dela?)	<ul style="list-style-type: none"> električni tok teče skozi spiralo, ki se zaradi velike upornosti zelo segreje proizvedena toplota se s sevanjem in konvekcijo širi v okolico 	<ul style="list-style-type: none"> s segrevanjem se bimetalni trak, sestavljen iz dveh materialov z različnima temperaturnima koeficientoma upogiba in v določenem trenutku prekine tokokrog, v katerem teče tok, ki segreva spiralo grelnika z ohlajanjem se bimetalni trak zravna in zopet sklene tokokrog grelnika z vijakom za nastavljanje želene temperature nastavimo razdaljo med kontaktom na bimetalnem traku in kontaktom na ohišju termostata ter s tem določimo temperaturo, pri kateri bo prišlo do stika oz. prekinitve
Struktura (kako in iz česa je narejeno?)	<ul style="list-style-type: none"> ohišje električni priključek spirala vklopno izklopno stikalo termostat (glej Sl. 4.1) 	<ul style="list-style-type: none"> ohišje bimetalni trak kontakti na traku in ohišju vijak za nastavljanje temperature priključki za vključitev v tokokrog (glej Sl. 4.2)

Δ

Iz primera je tudi vidno, da je določena definicija namena, funkcije, mehanizma in strukture lahko vezana samo na konkretni sistem za vodenje. Na splošnem nivoju je mogoče podati le skupne značilnosti oziroma najbolj pogoste ali najbolj izstopajoče segmente posameznih ključnih atributov.

Naslednja štiri podpoglavja so namenjena prav temu splošnemu opisu in naj bi v bralcu (predvsem nepoznavalca tega področja) vzbudila globalno predstavo o sistemih za vodenje.

4.2 Namen sistemov za vodenje (Zakaj sistemi za vodenje so?)

Poglejmo si za začetek, na kakšen način lahko opredelimo namen sistemov za vodenje v nekoliko bolj splošni obliki.

Ugotovimo lahko, da je na namen sistemov za vodenje mogoče gledati na dva načina.

Prvi način izhaja iz ugotovitve, ki smo jo omenili že v drugem poglavju, da je namen vedno vezan na neko človekovo potrebo. V tem smislu lahko rečemo, da je ***namen sistemov za vodenje, da pomagajo človeku voditi procese ali pa ga pri tem celo nadomeščajo.*** Tak pogled je korekten, če gledamo na sistem za vodenje zgolj kot na nek tehnični objekt (avtomat), ki ne vključuje človeka (npr. termostat v prejšnjem primeru).

Drugi način pa izhaja iz dejstva, da je sistem za vodenje vedno komponenta celotnega sistema. To pa pomeni, da njegov namen ni neposredno povezan z neko človekovo potrebo, ampak posredno, preko realizacije procesa, ki ga vodimo.

Rečemo torej lahko, da je ***namen sistema za vodenje omogočanje delovanja in izpopolnjevanje namena osnovnega sistema.*** Ta definicija je precej širša in seveda velja tudi za tiste sisteme vodenja, katerih sestavni del je človek.

V najširšem smislu je torej ***namen sistemov za vodenje procesov omogočanje obvladovanja in učinkovitejšega delovanja teh procesov.*** Učinkovitejše delovanje pa v splošnem pomeni delovanje, ki je za človeka in okolje v vseh ozirih sprejemljivejše.

V nadaljevanju si pogledjmo nekaj najbolj pogostih učinkov, ki jih s sistemi za vodenje lahko dosežemo.

4.2.1 Primeri učinkov sistemov za vodenje

Spekter različnih učinkov, ki jih lahko dosežemo z uvajanjem sistemov za vodenje, je precej širok. Največji je seveda njihov pomen za gospodarske subjekte.

Me učinke, ki imajo največji vpliv na uspešnost poslovanja proizvodnih podjetij, vsekakor spadajo: povečanje proizvodnje, racionalizacija energije, zmanjševanje onesnaževanja okolja, racionalizacija surovin in izboljšanje kvalitete. Ilustrirajmo jih s primeri (Matko in sodelavci, 1995).

∇

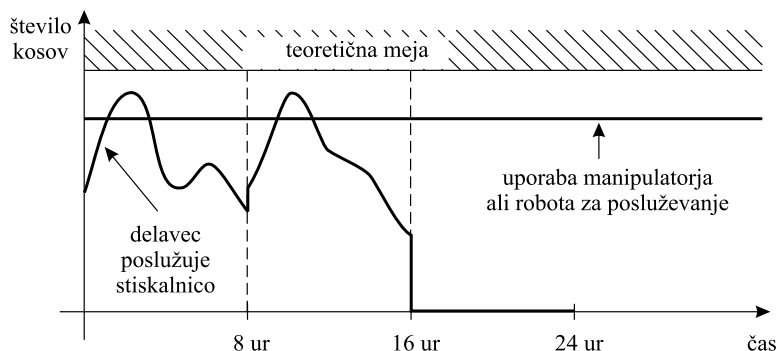
Primer 4.2: *Ilustracija nekaterih najpomembnejših učinkov sistemov za vodenje*

Povečanje produkcije

Povečanje produkcije je mogoče doseči z boljšo izkoriščenostjo obstoječih proizvodnih kapacitet. Te kapacitete je mogoče bolje izkoristiti, če za planiranje in razporejanje dela

ali pa za posluževanje posameznih strojev uporabljamo računalniško podprte sisteme za vodenje.

Na Sl. 4.3 je podan primer obratovanja stiskalnice. Če jo poslužuje človek, je njena izkoriščenost v povprečju manjša od tiste, ki jo doseže računalniško vodeni sistem za posluževanje (robot ali manipulator).

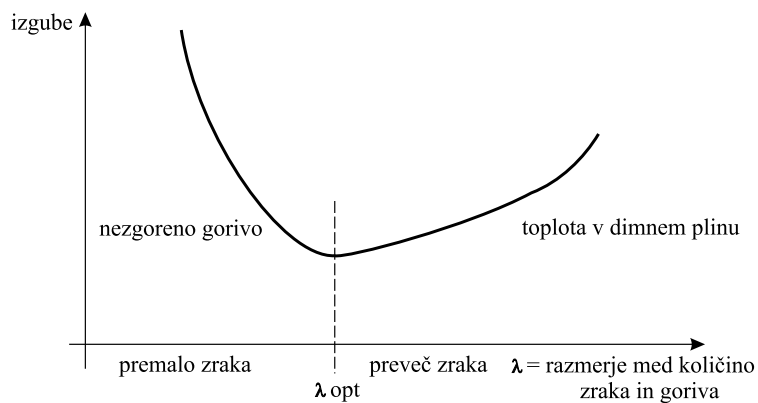


Sl. 4.3. Primer izkoriščenosti stiskalnice

S prerazporeditvijo delavca na manj nevarno in manj utrujajoče delovno mesto bomo po eni strani povečali produkcijo, po drugi strani pa povečali varnost pri delu.

Racionalizacija energije

Z računalniško podprtim sistemom za vodenje lahko pri kotlih in industrijskih pečeh stalno iščemo optimalno točko zgorevanja, to pomeni optimalno razmerje med dovedenim gorivom in zrakom. Če je namreč zraka preveč, izgubljamo toploto v dimnih plinih, če ga je premalo, pa prihaja do nepopolnega zgorevanja. Ilustracijo tega primera lahko vidimo na Sl. 4.4.

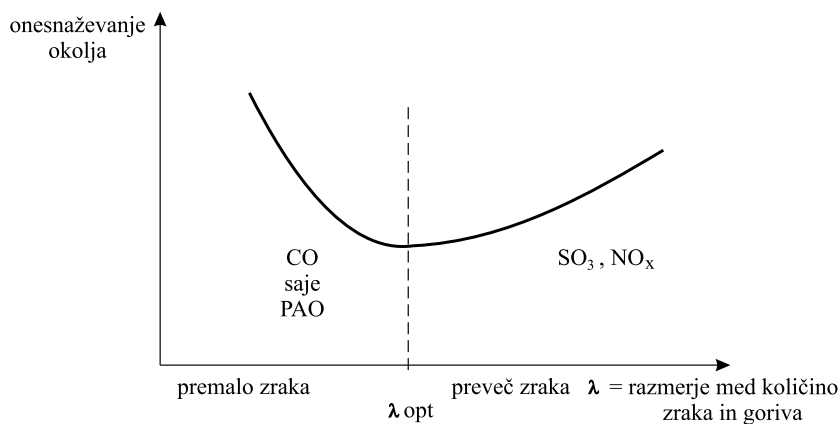


Sl. 4.4. Zmanjšanje izgub pri optimalnem zgorevanju

Na ta način lahko prihranimo nekaj odstotkov goriva, kar je dolgoročno gledano lahko zelo pomembno.

Zmanjšanje onesnaževanja okolja

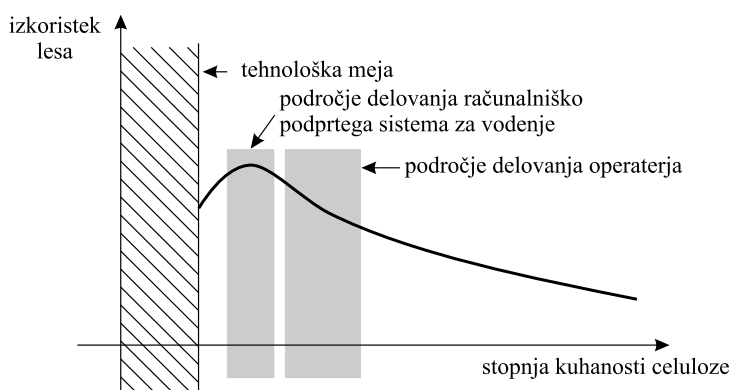
Pri regulaciji zgorevanja v kotlih in industrijskih pečeh dosežemo pri razmerju goriva z zrakom, ki je optimalno s stališča minimizacije izgub tudi minimalno onesnaževanje okolja. Če je zraka preveč, nastajajo pri zgorevanju žveplov trioksid in dušikovi oksidi, če ga je premalo, pa pride do tvorbe ogljikovega monoksida, saj in poliaromatskih ogljikovodikov. Primer ilustrira Sl. 4.5.



Sl. 4.5. Zmanjšanje onesnaževanja okolja pri optimalnem zgorevanju

Racionalizacija surovin

Zmanjšano uporabo surovin lahko dosežemo s povečanjem izkoristkov pri njihovi predelavi. Na Sl. 4.6 je podan diagram, ki kaže, kako je z računalniško podprtim vodenjem mogoče bolje izkoristiti les pri pridelavi celuloze.

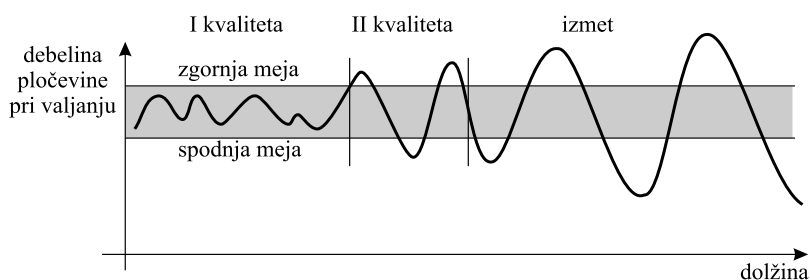


Sl. 4.6. Primer optimiranja izkoristka pri kuhanju celuloze

Krivulja na sliki podaja odvisnost izkoristka lesa od stopnje kuhanosti celuloze. Če je celuloza premalo kuhana, potem je v suspenziji, ki jo dobimo, še polno ostankov lesa in grč. To poleg slabega izkoristka povzroči zamašitev filtrov in resne zastoje v proizvodnji. Če pa je kuhana preveč, pa je izkoristek zopet slab, ker se tudi vlakna celuloze razkuhajo. Človek (operator) zaradi varnosti teži v desno od optimuma. Z računalniško podprtim vodenjem pa je mogoče sproti iskati optimalno točko.

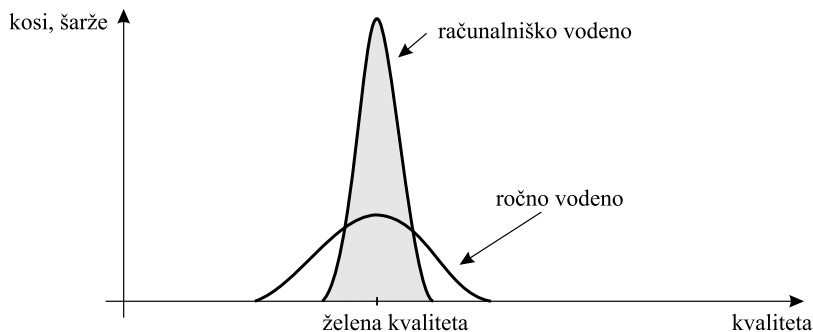
Izboljšanje kvalitete

Boljšo kvaliteto lahko dosežemo z večjo natančnostjo izdelave določenih proizvodov. To pomeni, da se bolj držimo predpisanih toleranc. Na Sl. 4.7 vidimo primer valjanja pločevine. Z uporabo dobrega sistema za vodenje bo nihanje debeline po dolžini oziroma času (čas je zaradi konstantne hitrosti sorazmeren z dolžino) manjše. Zato bo pločevine II. kvalitete ali celo tiste za izmet znatno manj, ali pa je sploh ne bo.



Sl. 4.7. Primer valjanja pločevine

Večjo kvaliteto dosežemo tudi z boljšo ponovljivostjo, kar je posebej važno pri kosovni oziroma šaržni proizvodnji. V splošnem velja, da je stresanje po kvaliteti pri računalniško vodeni proizvodnji manjše kot pri ročno vodeni (Sl. 4.8).

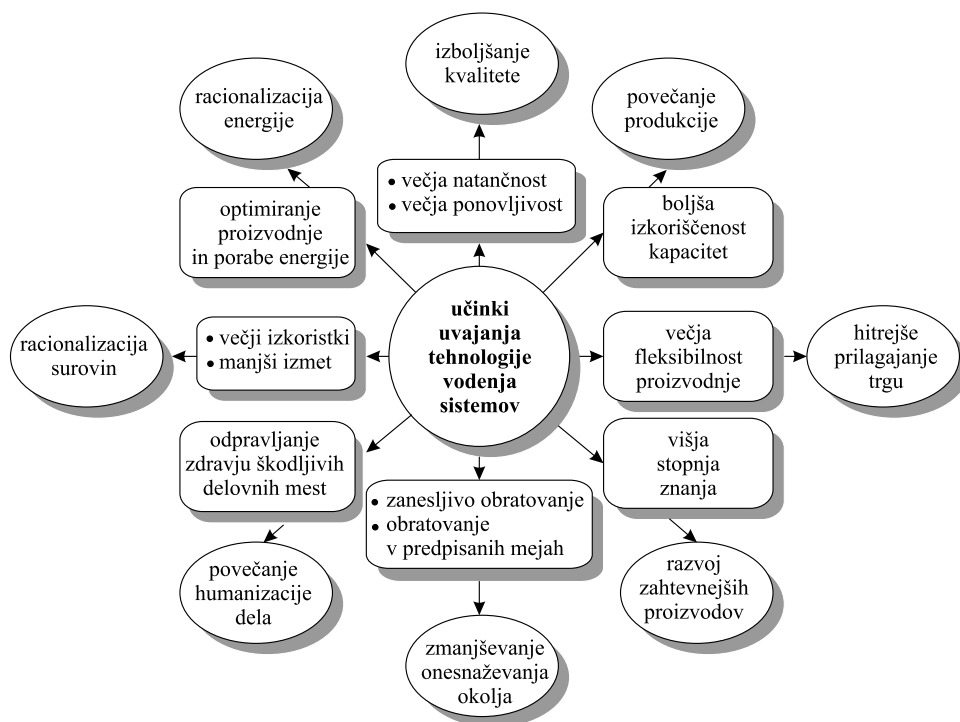


Sl. 4.8. Primer ponovljivosti v kosovni ali šaržni proizvodnji

△

4.2.2 Razlogi za in proti uvajanju sistemov za vodenje

Iz primerov smo videli, da uvajanje sistemov za vodenje lahko bistveno vpliva na povečanje učinkovitosti posameznih procesov.



Sl. 4.9. Učinki uvajanja sistemov za vodenje v podjetjih

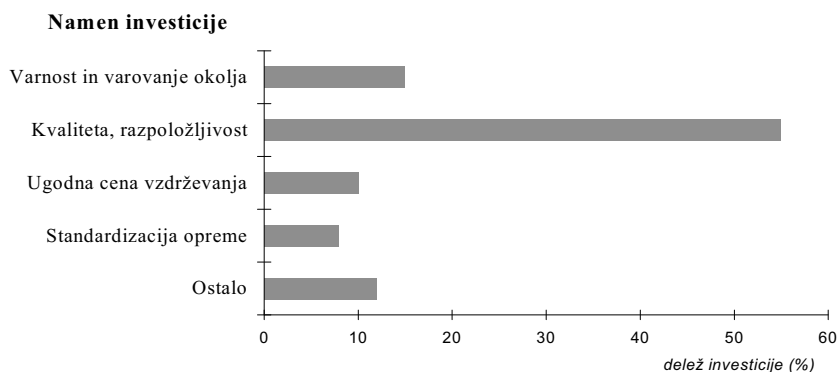
Nekoliko širši pogled na učinke, ki jih lahko dobimo z uvajanjem tovrstne tehnologije v podjetju ali kar celotnem gospodarstvu, vidimo na Sl. 4.9, ki prikazuje tudi, s kakšnimi ukrepi oziroma aktivnostmi je določene učinke mogoče doseči. Vse to seveda pomeni močan razlog za uvajanje sistemov za vodenje.

Drugačen pa vendar podoben pogled na razloge za uvajanje sistemov vodenja podaja shema na Sl. 4.10 (Willems, 1995).

Shema prikazuje za velik sistem vodenja (z okrog 1000 signali) delež investicije strukturiran po različnih namenih.

Iz nje je zlahka mogoče dobiti nekaj odgovorov na vprašanje, zakaj gradimo sisteme za vodenje oziroma čemu so namenjeni.

Seveda pa poleg razlogov, ki govorijo v prid uvajanja sistemov za vodenje, obstajajo tudi razlogi proti.



Sl. 4.10. Delež investicije strukturiran po različnih namenih

Med te razloge na prvem mestu spada potencialna izguba delovnih mest. Sistemi za vodenje, posebej tisti z visoko stopnjo avtomatizacije, se često uvajajo zato, da bi nadomestili delavce. Tudi če ne gre za direktno odpuščanje delavcev, lahko uvajanje sistema za vodenje zanje pomeni zmanjšanje zadovoljstva pri delu, saj gre pri tem često za razvrednotenje tradicionalnih veščin in znanja, potrebo po učenju in prilagajanju na nov način dela ali v skrajnih primerih celo za razpad delovnega okolja.

Teh slabih strani uvajanja tovrstne tehnologije se seveda ne moremo v celoti izogniti, lahko pa jih s pravilnim in celovitim pristopom k načrtovanju, izgradnji in uporabi sistemov vodenja precej omilimo.

4.3 Funkcije sistemov za vodenje (Kaj sistemi za vodenje delajo?)

Funkcije sistemov za vodenje opredeljujejo *kaj* mora sistem za vodenje delati, da bi služil svojemu namenu. Obseg in kompleksnost funkcij sistema za vodenje bosta seveda odvisna od velikosti in kompleksnosti procesa, ki ga vodimo. V splošnem lahko rečemo, da je različnih funkcij zelo veliko, da gre za preproste ali zahtevnejše funkcije, enostavne ali kompleksnejše, in da sta njihov nabor ter izbira v določenem sistemu za vodenje odvisna od problema, ki ga rešujemo.

Prav zaradi te raznolikosti je možno funkcije sistema za vodenje združevati in razvrščati na različne načine.

Najbolj pogost in običajen način razvrščanja je tisti, ki izhaja iz zahtevnosti načrtovanja in izvedbe ter teoretične poglobljenosti, ki je potrebna za realizacijo določene funkcije. Ta način je običajen pri šolskem podajanju snovi, kjer najprej predstavimo manj zahtevne funkcije (v smislu teorije vodenja) kot je npr. zajemanje podatkov, enostavna obdelava podatkov, prikazi podatkov, shranjevanje, itd., temu sledi sekvenčno vodenje potem pa preidemo na različne vrste regulacij od enostavnih do optimalnih.

Tovrstni strukturiranosti bi lahko rekli, da gre za razvrščanje glede na domeno učenja, poučevanja oziroma šolanja, saj je dejansko najbolj prisotna v različnih učbenikih.

V našem delu smo se odločili, da funkcije vodenja prikažemo na dva drugačna načina.

Prvi način je lasten *domeni vodenja* in temelji na splošni povratnozančni paradigmi, ki smo jo vpeljali v drugem poglavju. Takšno gledanje je pomembno iz konceptualnih razlogov, saj omogoča tudi pri najbolj zapletenih procesih smiselno izbiro posameznih funkcij in njihovo konsistentno načrtovanje.

Drugi način strukturiranja je lasten *domeni uporabe* (problemski domeni, procesni domeni). Vsaka funkcija vodenja je po eni strani vezana na nek proces, del procesa, enoto v procesu, po drugi strani pa na nek cilj vodenja, ki je povezan s tem procesom, delom procesa ali enoto. Zato je naravno, da struktura vodenja ustreza strukturi procesa. Takšno (objektno) gledanje na funkcije vodenja je zelo pomembno s stališča organizacije strukture funkcij celotnega sistema za vodenje in predvsem njihove realizacije v obliki programske opreme.

4.3.1 Funkcije vodenja strukturirane glede na domeno vodenja

Kot smo omenili že v prejšnjem poglavju najbolj splošen sistem vodenja temelji na univerzalni povratnozančni paradigmi. Če za osnovo vzamemo takšno povratnozančno strukturo vodenja (glej Sl. 2.26), potem je v funkcionalnem smislu sistem vodenja organiziran na način, kot je prikazan na Sl. 4.11.

Vsebinsko takšen pogled pomeni, da posamezne glavne aktivnosti⁶, ki tvorijo okvir za funkcije razdelimo na “opazovanje”, “razmišljanje in odločanje” ter “ukrepanje”, tako kot smo to pokazali pri uvajanju konceptov vodenja.

Te glavne aktivnosti pa so še posebej razdeljene na različne podaktivnosti. Preprostejše funkcije sistema za vodenje so lahko kar enake podaktivnostim ali delom podaktivnosti, kompleksnejše pa so sestavljene iz večjega niza podaktivnosti.

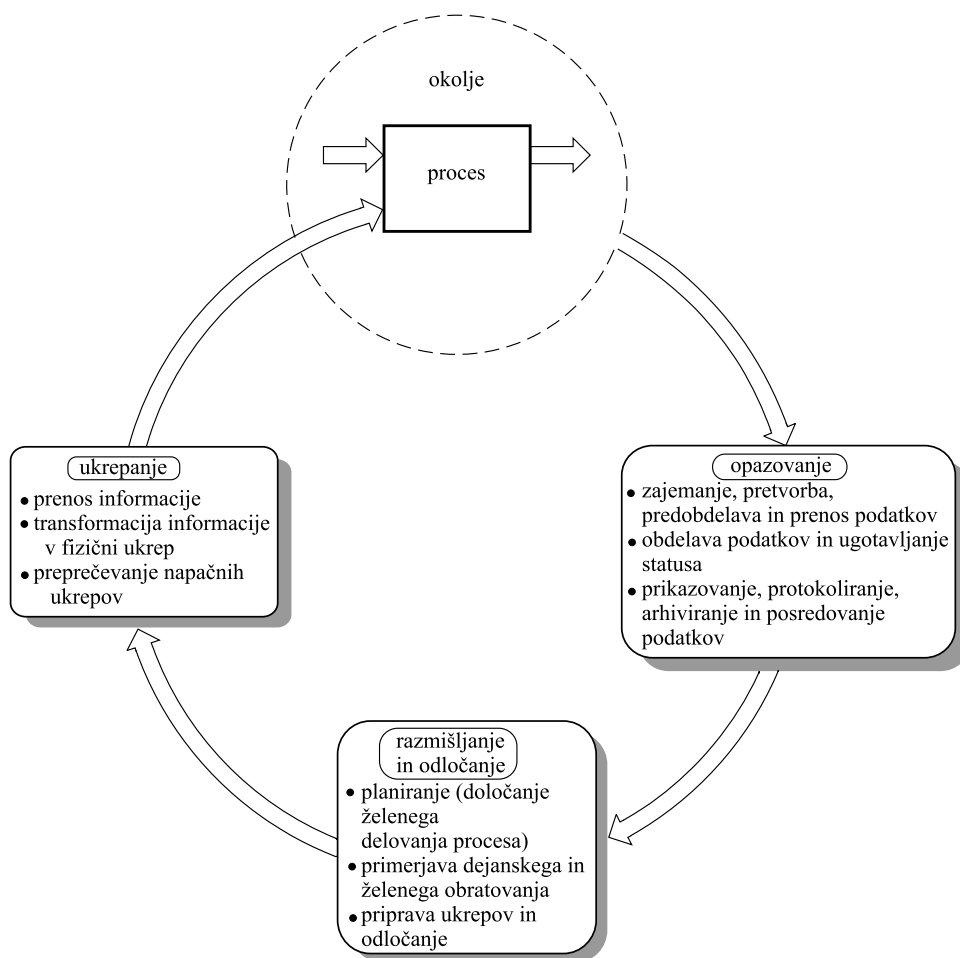
Poglejmo si te tri glavne aktivnosti nekoliko podrobneje.

“Opazovanje”

Aktivnost opazovanja lahko razdelimo na tri glavne podaktivnosti, in sicer:

- *Zajemanje, pretvorba, predobdelava in prenos podatkov*
Ta funkcija obsega vse aktivnosti, ki so potrebne, da je nek podatek iz senzorja (merilnega instrumenta) ali laboratorija, zanesljiv, razumljiv in na mestu, kjer ga potrebujemo. Obsega odčitavanje, pretvorbo, filtriranje, kompenzacijo, skaliranje, prenos in še druge podfunkcije.

⁶ Zelo pomemben del aktivnosti, ki potekajo v procesu vodenja so tudi “komunikacije”. Ker pa komunikacije (to je prenos informacij) potekajo praktično v vseh segmentih, smo ga pridružili kar osnovnim trem aktivnostim in ga nismo posebej izdvajali.



Sl. 4.11. Funkcije strukturirane glede na povratnozančno paradigmo

- *Obdelava podatkov in ugotavljanje statusa procesa, opreme in proizvoda (proizvodnje)*

Če želimo ugotavljati stanje, v katerem se nahaja proces (procesne spremenljivke), kaj je s procesno opremo, sensorji in aktuatorji, kaj je s proizvodom in kako je s proizvodnjo potem moramo podatke primerno obdelati in iz njih dobiti ustrezno informacijo.

- *Prikazovanje, protokoliranje, arhiviranje in posredovanje podatkov*

Osnovne podatke in/ali iz njih izpeljane informacije je potrebno na ustrezen način prikazati. Včasih je za to služila sinoptična plošča z merilnimi instrumenti, danes jo v glavnem zamenjujejo zasloni računalnikov.

Določeni podatki so ključni za naknadno identifikacijo načina delovanja procesa ali

za identifikacijo načina in časa ter lastnosti proizvajanega proizvoda. Takšne podatke je treba sproti izpisovati v obliki vnaprej predpisanega protokola ali pa se jih izpisuje na zahtevo v obliki različnih vrst poročil.

Podatke pomembne za proizvodnjo in za obratovanje procesa je treba tudi arhivirati.

Seveda je pomembno, da se vsi podatki, ki jih potrebujejo druge funkcije, pripravijo v obliki, ki je dostopna in zmožna hitrega posredovanja na želeno mesto.

“Razmišljanje in odločanje”

Tudi aktivnost razmišljanja in odločanja lahko razdelimo v tri podaktivnosti:

- *Določanje zelenega delovanja procesa (planiranje)*

Določanje zelenega delovanja procesa je strateško najbolj pomembna funkcija sistema za vodenje, saj gre pri tem za določevanje ciljev, ki jih želimo s procesom doseči, medtem ko gre pri ostalih funkcijah za načine, kako postavljene cilje doseči. To je tudi segment sistema za vodenje, ki je najbolj povezan z nadrejenimi sistemi za vodenje oziroma nanj vplivajo rezultati drugih procesov, ki tečejo v povezavi s tem procesom.

Če gre za enostaven proces, kot je npr. ogrevanje sobe, potem se ta funkcija skrči na nastavljanje zelene temperature na termostatu. Ko nas zebe torej nastavimo termostat na višjo temperaturo, če nam je prevroče pa na nižjo. Zadeva se takoj nekoliko zaplete, če želimo imeti ponoči, ko spimo nižjo temperaturo, vendar ko vstanemo zopet tisto, ki smo je navajeni čez dan. Pa tudi ob sobotah in nedeljah želimo imeti drugačne razmere kot ob delavnikih, in med dopustom tudi drugačne.

Vidimo, da lahko postane ta funkcija že pri tako preprostem in relativno avtonomnem procesu precej zapletena. Neprimerno bolj zapletena pa je, če gre za kompleksnejši proces, npr. na področju, ki je zelo povezano z drugimi procesi.

V splošnem lahko rečemo, da gre pri postavljanju zelenega delovanja za tri nivoje funkcij.

Prvi nivo je izbira režima obratovanja. Pri kontinuirnih procesih poznamo različne režime kot so npr. zagon, normalno obratovanje, zaustavitev, obvladovanje izrednih razmer in podobno.

Pri šaržnih procesih pa režim delovanja določa recept, zato je sestavni del te funkcije manipulacija z recepti.

Režim ali recept vsebuje vse potrebne podatke, ki omogočajo doseganje predvidenega cilja. To so predvsem podatki o sekvencah (zaporedju aktivnosti), mejnih vrednostih procesnih spremenljivk, zelenih vrednostih procesnih spremenljivk, mejnih in zelenih vrednostih surovin in proizvodov., količinah surovin in proizvodov, itd.

Izbor režima je odvisen od dejavnikov zunaj osnovnega procesa kot so potreba po

določenem proizvodu, pomanjkanje določenih surovin, sprememba cene surovin in proizvoda, itd., ali pa notranjih razlogov, kot so okvare v procesu, sistemu vodenja, itd.

Drugi nivo je optimiranje znotraj posameznega režima ali recepta. To pomeni, da je treba najti takšne parametre (sekvence, zelene vrednosti, mejne vrednosti), da bo proizvodnja v tem režimu ali receptu optimalna po nekem kriteriju (npr. minimalna poraba energije in surovin).

Tretji nivo pa predstavlja prilagoditev režima obratovanja ali recepta trenutnim razmeram v procesu. Gre za korekcije, ki so potrebne zaradi spremenjenih razmer v procesu (npr. zmanjšani pretoki zaradi oblog v ceveh) ali spremembah pri kvaliteti surovin (npr. manjša koncentracija kisline od predpisane) ali energije (nižji tlak pare od predpisanega), ki jih je treba opraviti pred začetkom izvajanja režima ali recepta ali pa tudi med izvajanjem.

Vidimo torej, da je funkcija določanja zelenega delovanja procesa zelo zahtevna, saj je praviloma odvisna od globalnega cilja podjetja oziroma ustanove, katerega del je obravnavani fizični proces. Pri tem so pri realizaciji te funkcije potrebna zelo različna znanja in so v njeno realizacijo vedno v veliki meri vključeni ljudje. Ta funkcija se redko izvaja popolnoma avtomatsko.

- *Primerjava dejanskega in zelenega obratovanja*

Bistvo vodenja je primerjava dejanskega in zelenega obnašanja procesa. Čeprav gre za zelo pomembno funkcijo sistema za vodenje, ji običajno ne posvečamo mnogo pozornosti, saj je navadno pridružena prejšnji funkciji (opazovanju), ali pa odločanju in pripravi ukrepov za vodenje.

Osnova te funkcije je primerjava dejanskega stanja procesa, opreme in proizvoda z zelenim. To zeleno stanje je opredeljeno z zelenimi sekvencami v procesu, zelenimi mejnimi in kritičnimi vrednostmi procesnih spremenljivk, spremenljivk, ki določajo stanje opreme in atributov, ki določajo stanje proizvodov in proizvodnje.

- *Priprava ukrepov in odločanje*

Ko smo ugotovili kakšno je stanje v procesu in ko smo ga primerjali z zelenim stanjem, potem se je treba odločiti, ali je potrebno ukrepanje in kakšni naj bodo ti ukrepi.

Vrsta ukrepov in način odločanja sta neposredno odvisna od tipa procesa oziroma problema vodenja, ki je povezan z delovanjem tega procesa.

V glavnem ločimo tri tipe vodenja, ki so tesno povezani z osnovnimi koncepti vodenja opredeljenimi v drugem poglavju, ter vrstami procesov opredeljenimi v tretjem poglavju. Ti trije tipi vodenja so:

- * sekvenčno vodenje (sekvenčni procesi)
- * regulacija (zvezni procesi)

* hibridno vodenje (šaržni procesi)

Sekvenčno vodenje je vodenje zaporedja dogodkov. Zagotoviti mora, da se določene aktivnosti v procesu izvršijo na predpisani način. Začetek ali konec neke aktivnosti se lahko sproži na različne načine. Primer sekvenčnega vodenja je npr. vodenje dvigala, semaforja ali pralnega stroja.

Regulacija je vzdrževanje neke zvezne spremenljivke na želeni vrednosti. Tipični primeri regulacije so npr. vzdrževanje temperature in vlage v nekem prostoru, vzdrževanje nivoja tekočine v posodi, vzdrževanje zelene smeri letala, itd.

Regulacija mora v splošnem reševati dva problema.

Prvi problem je odpravljanje vpliva motenj (regulacijsko delovanje). Tu gre za to, da neko spremenljivko, kljub stalnim motnjam vzdržujemo na želenem nivoju (npr. temperaturo v prostoru kljub občasnemu odpiranju oken in vrat).

Drugi problem pa je sledenje spremembam v želeni vrednosti spremenljivke (sledilno delovanje) (npr. tekočino v reaktorju moramo vzdrževati pri 50 °C, nato pa temperaturo dvigniti na 80 °C, pri čemer hitrost spremembe ne sme biti večja od 1 °C/min).

Hibridno vodenje vključuje povezavo sekvenčnega vodenja in regulacije. Tipično je pri šaržnih procesih, kjer so določene operacije sekvenčne narave, vendar pa se znotraj sekvence pojavljajo operacije, ki zahtevajo regulacijo.

O hibridnem vodenju govorimo pri izvajanju zahtevnejših receptov, zagonu in zaustavitvi zahtevnejših procesov, itd.

Pri hibridnem vodenju del odločitev in ukrepov pripravimo vnaprej, del pa jih pripravljamo sproti.

“Ukrepanje”

Ko smo se torej odločili kaj je treba narediti in kako bomo to naredili, je treba ukrep tudi fizično izvesti.

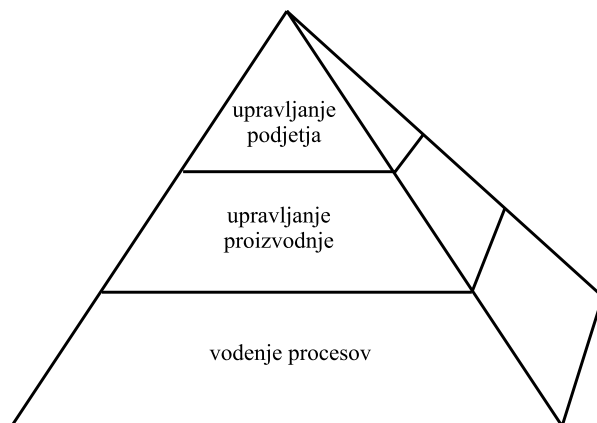
Izvajanje ukrepov pomeni predvsem vplivanje na proces z izvršnimi sistemi, ki uravnavajo pretok materiala in energije oziroma definirajo novo pozicijo ali lokacijo.

Ta funkcija mora zagotoviti prenos informacij o ukrepu na želeno mesto in njihovo pretvorbo v takšen ali drugačen fizični ukrep (odprtje ventila, ustavitve črpalke, povečanje hitrosti mešala, itd.). Zato se tudi tukaj, podobno kot pri senzorjih, srečujemo s problematiko kompenzacije nelinearnosti, pretvorbo signalov, skaliranjem, prenosom podatkov, itd.

Pri tem pa je treba paziti, da nek ukrep zaradi napake, do katere je prišlo v odločanju ali kakšne druge nepredvidene situacije, ne bi poškodoval naprav ali celo ogrozil varnosti človeka. Funkcije, ki preprečujejo take ukrepe se imenujejo varnostne blokade.

4.3.2 Funkcije vodenja strukturirane glede na problemsko domeno

Kot smo že omenili je pri realizaciji sistemov za vodenje bolj naravno, da struktura funkcij vodenja ustreza strukturi procesov, ki jih vodimo. Zato je smiselno, da funkcije razporedimo tudi na ta način. Konkreten nabor funkcij in njihova razporeditev je seveda mogoča samo v povezavi s konkretnim procesom, za katerega razvijamo sistem vodenja. Ne glede na to pa je določeno strukturo in razdelitev mogoče definirati, če izberemo širšo problemsko domeno uporabe.



Sl. 4.12. Piramida vodenja v podjetju

V prejšnjem poglavju smo kot tako širšo problemsko domeno opredelili podjetje ter tudi razgradili procese in postavili fizični model podjetja (Sl. 3.18). Gre za klasično hierarhično zgradbo podjetja, ki ji lahko priredimo tudi ustrezne hierarhične nivoje vodenja. Na ta način dobimo znano CIM (Computer Integrated Manufacturing) ali CIP (Computer Integrated Processing) piramido, ki je razdeljena na različno število nivojev. V skladu s fizičnim modelom podjetja opredeljenim v prejšnjem podpoglavju smo piramido vodenja razdelili na tri nivoje (Polke, 1994). (glej Sl. 4.12)

Temu primerno lahko tudi funkcije vodenja razporedimo tako, da bodo ustrezale prikazanim nivojem vodenja.

Ta razporeditev ni enolična in jo različni avtorji izvedejo na različne načine.

Upravljanje podjetja (Corporate Management)

Upravljanje podjetja zajema informacijsko podporo in podporo pri odločanju pri ključnih poslovnih procesih, kot so: postavljanje poslovne strategije, definiranje ciljev posameznim enotam v podjetju, investicijska politika, raziskovalno-razvojna politika, finančna politika, kadrovska politika, tržna in prodajna politika, itd. Vsi navedeni procesi tvorijo okvir za proizvodno politiko.

Bistvo proizvodne politike je prilagajanje proizvodnje tržnim razmeram, možnostim

nabave surovin, polproizvodov in opreme ter usklajevanje z notranjimi (materialnimi in kadrovskimi) omejitvami. Osrednji del proizvodne politike je zato tudi dolgoročno *planiranje proizvodnje*.

Upravljanje proizvodnje (Production Management)

Najpogostejše funkcije na nivoju upravljanja proizvodnje so tiste, ki se ukvarjajo z obvladovanjem logističnih procesov. Gre predvsem za funkcije planiranja in razvrščanja. Planiranje proizvodnje mora odgovoriti na vprašanja, kot so: kaj se bo proizvajalo, koliko se bo proizvajalo, kje se bo proizvajalo, kdaj mora biti narejeno, itd. Razvrščanje proizvodnje pa tipično vključuje opredelitve: v kako velikih šaržah oz. številu proizvodov se bo proizvajalo, na katerih postrojenjih, napravah in strojih se bo delalo, kdaj se bo delalo, kakšne so omejitve, itd. (Sawyer, 1993). V kemični in procesni industriji je za ta nivo tipična funkcija upravljanja z recepti (kjer gre za opredeljevanje, shranjevanje in vzdrževanje (spreminjanje) receptov) ter upravljanje s šaržami (kjer gre za spremljanje in nadzor šarž v skladu z urnikom opredeljenim v razvrščanju).

Poleg teh osrednjih funkcij srečamo na tem nivoju še funkcije kot so npr.: optimiranje proizvodnje, optimiranje kapacitet in pa funkcije, ki zagotavljajo delovanje spremljevalnih procesov kot so npr. vodenje skladišč, upravljanje z zalogami, vodenje transporta, vodenje vzdrževanja, zagotavljanje kvalitete in podobno.

Vodenje procesov (Process Control)

Na tem nivoju vodenja prevladujejo funkcije, ki so neposredno vezane na fizična postrojenja, naprave in stroje. Po tipu vodenja jih lahko razdelimo v več skupin (ANSI/ISA-S88.01, 1995).

- *Varnostne blokade (Safety Interlocks)*

Varnostne blokade predstavljajo najpomembnejši sklop funkcij na procesnem nivoju. Gre za preprečevanje akcij, ki bi lahko ogrozile človeka, okolje ali opremo. Ta del funkcij mora biti po definiciji ločen od ostalih funkcij vodenja in je hierarhično na najnižjem nivoju vodenja. To pomeni, da se nobena druga aktivnost vodenja ne more vmešati med varnostno blokado in elektronsko opremo na napravah, ki izvajajo njene ukaze.

- *Osnovno vodenje (Basic Control)*

Osnovno vodenje je namenjeno vzpostavljanju in vzdrževanju določenega stanja procesa in naprav.

Vsebuje regulacijo posameznih spremenljivk, diskretno vodenje (npr. izbira med vnaprej določenimi stanji odprtosti ventila - ODPRT/ZAPRT), vodenje ponavljajočih se sekvenc (npr. zagon črpalke), procesne blokade (preprečevanje akcij, ki bi lahko ogrozile kvaliteto proizvoda), obravnava izrednih dogodkov (exception handling, off-normal handling) (npr. okvara določene opreme), obravnava posegov operaterja, itd.

- *Vodenje postopkov (Procedure Control)*

Ta funkcija zagotavlja, da z določenim zaporedjem akcij, ki so vezane na določeno opremo, izpeljemo nek postopek.

Pri kontinuirnih procesih so taki postopki npr. zagon ali zaustavitev procesa, pri šaržnih procesih pa je to realizacija posamezne šarže. Vodenje postopkov je zato ključna funkcija za šaržne procese. Običajno je hierarhično organizirana v skladu s hierarhijo tehniške opreme po načelu, da *postopek* realiziran na določeni *opremi* rezultira v *procesu* (glej Sl. 4.13).



Sl. 4.13. Povezava postopkov in fizične opreme

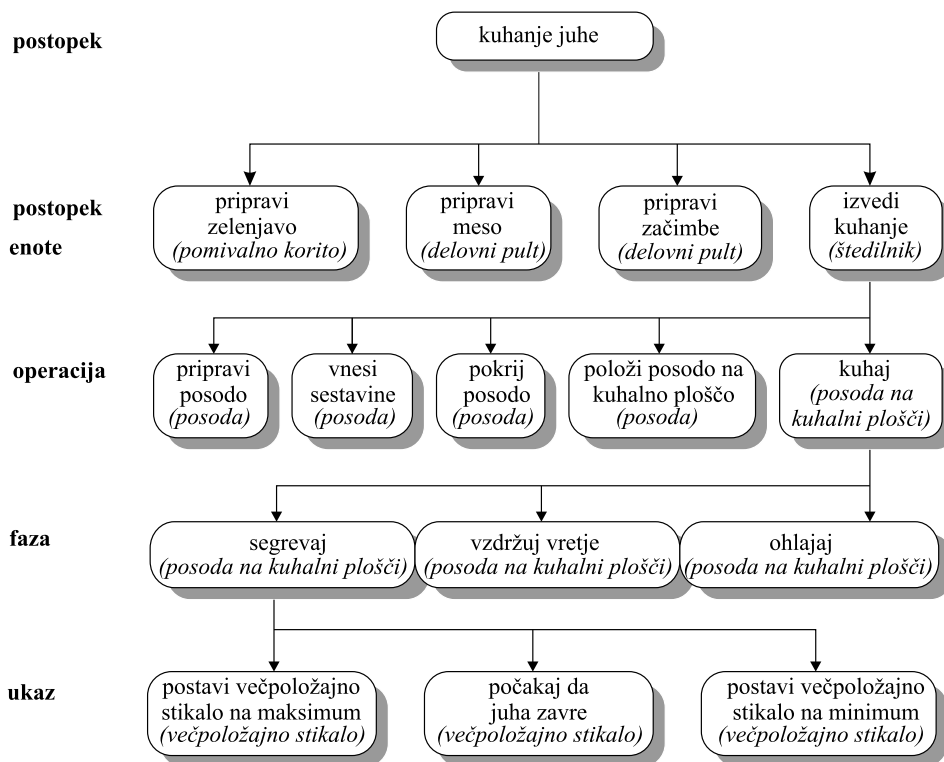
▽

Primer 4.3: *Vodenje postopka*

Če vzamemo za primer na prvi pogled nekoliko banalen proces kuhanja juhe, ki pa je vendarle podoben mnogim procesom v kemijski, farmacevtski in živilski industriji, bi na najvišjem hierarhičnem nivoju lahko rekli, da *postopek* kuhanja juhe in *oprema*, ki je v kuhinji, rezultirala v *procesu* kuhanja juhe. Ta postopek pa je seveda razdeljen na posamezne postopke enot (štedilnika, pomivalnega korita, delovnega pulta), postopki enot so nadalje sestavljeni iz operacij, operacije pa iz faz. Izvedba faze rezultira v ukazih osnovnega vodenja ali ukazih drugih faz ali zbiranju podatkov.

Tipična faza pri kuhanju juhe bi bila npr. “segrevaj”, realizacija te faze pa bi pomenila vklop večpoložajnega stikala ene od kuhalnih plošč na štedilniku na maksimum, čakanje, da juha zavre ter postavitve večpoložajnega stikala na minimum.

Hierarhično zgradbo tega postopka vidimo na Sl. 4.14. Čeprav na sliki zaradi enostavnosti nismo uporabili nobene od bolj striktnih in uveljavljenih notacij za zapis takšnega sekvenčnega postopka, je dovolj ilustrativna, da pojasnjuje, zakaj pri vodenju postopkov gre.



Sl. 4.14. Hierarhična zgradba postopka kuhanja juhe

△

- *Koordiniranje (Coordination Control)*

Čeprav je koordinacija kot tip funkcije bolj značilna za nivo upravljanja podjetja in nivo upravljanja proizvodnje, jo srečamo tudi na nivoju vodenja procesov. Tipični primeri so alokacija različne opreme posameznim postopkom (npr. šaržam), kar je neposredno vezano na razvrščanje in upravljanje s šaržami, izbor postopkov, ki jih je mogoče izvesti, izbiro med različnimi režimi obratovanja nekega regulatorja, itd.

- *Zbiranje in obdelava podatkov*

Gre za zbiranje in obdelavo podatkov, ki jih potrebujemo bodisi na nivoju vodenje procesa ali pa na višjih nivojih vodenja. O načinu in vrstah zbiranja teh podatkov smo podrobneje pisali že v prejšnjem podpoglavju.

V prejšnjih delih tega poglavja smo na dva različna načina opredelili funkcije, ki jih sistemi za vodenje običajno imajo. Kot smo videli gre za širok spekter zelo različnih funkcij, katerih načrtovanje in realizacija zahtevata različna in specifična znanja.

V nadaljevanju tega dela, predvsem v poglavjih 7, 8 in 9, ki se bodo nanašala na

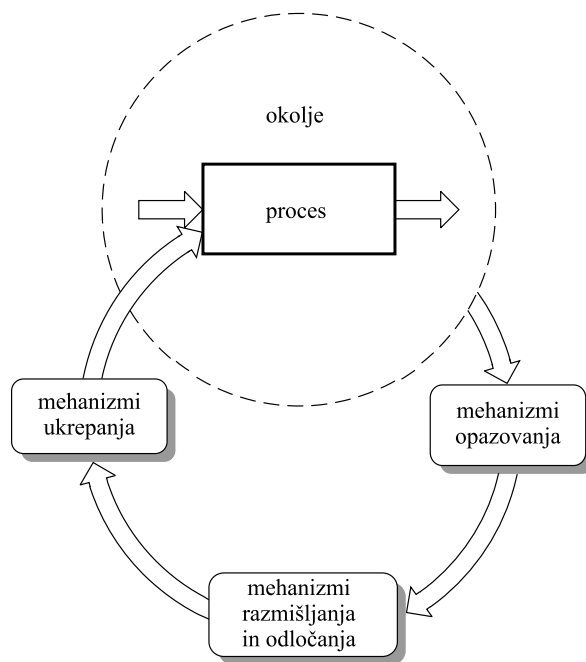
podrobnejšo osvetlitev znanj, orodij in gradnikov, ki jih potrebujemo za realizacijo posameznih funkcij, se bomo omejili predvsem na tiste funkcije, ki jih srečamo na nižjih nivojih vodenja, to so: zbiranje podatkov in nadzor, osnovno vodenje in vodenje postopkov.

4.4 Mehanizmi sistemov za vodenje (Kako sistemi za vodenje delujejo?)

Že v uvodnem poglavju smo omenili, da govorimo o mehanizmu delovanja nekega sistema takrat, ko gre za to, *kako sistem deluje*. Če smo se v prejšnjem podpoglavju spraševali, kakšne morajo biti funkcije, da bo sistem za vodenje zadovoljeval svoj namen, to se pravi, da bo vodil določen proces, je ključno vprašanje, na katerega bi morali odgovoriti sedaj, *kako mora sistem delovati*, da bo opravljal določene funkcije.

Kot smo videli v prejšnjem podpoglavju, imajo lahko sistemi za vodenje veliko različnih funkcij. Iz tega sledi, da so tudi mehanizmi, ki omogočajo realizacijo posameznih funkcij, lahko zelo raznoliki.

Na splošnem nivoju jih lahko, podobno kot smo to naredili pri funkcijah, grupiramo v mehanizme *opazovanja*, mehanizme *razmišljanja in odločanja* in mehanizme *ukrepanja* (glej Sl. 4.15).



Sl. 4.15. Mehanizmi v sistemih vodenja

V konkretnem primeru pa je seveda za realizacijo vsake posamezne funkcije ali dela

funkcije treba izbrati konkreten princip, metodo, postopek ali algoritem in jih ustrezno medsebojno povezati.

Podrobnosti o tem, kako posamezni segmenti sistema za vodenje delujejo, so zajete v zadnjih treh poglavjih knjige, ki se nanašajo na tehniške vidike realizacije sistemov za vodenje. Na tem mestu si oglejmo le nekaj osnovnih mehanizmov delovanja, strukturiranih na način kot so podane funkcije vodenja glede na domeno vodenja v prejšnjem podpoglavju.

4.4.1 Mehanizmi opazovanja

Principe, metode in postopke za opazovanje lahko po analogiji s funkcijami razdelimo v tri skupine:

- *Zajemanje, pretvorba in prenos podatkov*
Osnovo tega segmenta predstavljajo različni merilni principi, katerih bistvo je pretvorba fizikalne (kemijske) veličine v (najpogosteje) električni signal, ki ga je nato mogoče nadalje obdelovati in prenašati. Merilni principi so v prvi vrsti odvisni od tipa spremenljivke, ki jo merimo in od fizikalne zakonitosti, ki jo je pri tem mogoče izkoristiti. Naštejmo nekaj najbolj značilnih primerov:
 - * meritev premika (uporovni princip, dvopoložajna stikala, laserski interferometer);
 - * meritev tlaka (piezoelektrični princip, kapacitivni princip);
 - * meritev temperature (princip termočlena, termopora, polprevodniških senzorjev);
 - * meritev pretoka (princip padca tlaka, princip hlajenja grelne žice, ultrazvočni princip);
 - * meritev sestavine snovi (princip masne spektrometrije, princip infrardečih analizatorjev, kromatografija).

Da bi lahko šibek signal, ki ga dobimo nadalje obdelovali in ga posredovali drugim sistemom, ga je potrebno ojačiti oz. pretvoriti v ustrezne standardne tokovne signale (npr. 4-20 mA) ali napetostne signale (npr. 0-10 V). Za realizacijo tega je potrebno uporabiti principe, metode in postopke poznane iz načrtovanja elektronskih vezij. Temu sledi pretvorba v digitalno obliko, ki je primerna za nadaljnjo obdelavo z računalnikom. Za tovrstno pretvorbo je seveda zopet na voljo precej različnih principov, postopkov in metod. Lahko pa osnovni signal še pred prenosom pretvorimo v digitalno obliko in ga v tej obliki prenesemo drugim napravam. Mehanizmi, ki stojijo za tem so seveda spet mehanizmi analogno/digitalne pretvorbe ter principi in metode digitalnih komunikacij.

- *Obdelava podatkov in ugotavljanje stanja procesa, opreme in proizvoda*
Tako ko začnemo govoriti o obdelavi podatkov imamo v mislih računalniško obdelavo podatkov. To pomeni, da zaidemo na ogromno področje programskega inženirstva, kjer moramo uporabljati principe in metode ter postopke, ki so običajni

na tem področju (npr. princip življenjskega cikla programske opreme, procesno usmerjene metode razvoja programske opreme, objektno usmerjene metode, principe programiranja, ki zagotavljajo zanesljivost, varnost, ponovno uporabljivost, možnost vzdrževanja, čitljivost, prenosljivost dobljene kode, itd.). Drugo vprašanje pa je kakšni so mehanizmi, ki omogočajo ugotavljanje stanja procesov, opreme oziroma proizvoda.

Stanje, v katerem se nahaja *proces* ugotavljamo v glavnem s sprotnimi meritvami procesnih spremenljivk. Obseg njihove obdelave je odvisen od tega, kaj smo s podatkom že naredili v predobdelavi. V vsakem slučaju nas poleg osnovnih spremenljivk mnogokrat zanimajo izpeljane vrednosti, ki jih lahko izračunamo z različnimi bolj ali manj preprostimi formulami. Zahtevnejša obdelava pa je ocenjevanje spremenljivke, ki je neposredno ne moremo meriti. Pri tem največkrat uporabljamo različne vrste matematičnih modelov.

Na podlagi obdelave meritev iz procesa lahko ugotavljamo tudi kakšno je *stanje opreme* (senzorjev, aktuatorjev, procesne opreme, itd.). Ugotovimo lahko ali oprema deluje ali ne deluje, pa tudi ali se na določeni opremi pojavlja kakšna napaka, ki bi lahko ogrozila delovanje. Metode, ki jih uporabljamo pri tem segajo od najbolj preprostih ukrepov, ki temeljijo na "zdravi pameti", do precej sofisticiranih pristopov, s katerimi se ukvarja področje *odkrivanja napak*.

Zadnji segment predstavlja ugotavljanje *stanja proizvoda in proizvodnje*. Tukaj gre navadno za statistično obdelavo laboratorijskih podatkov o kvaliteti in količini proizvoda, porabi energije in surovin, stroških, porabljenem času in podobno. Tudi tukaj poleg osnovnih podatkov uporabljamo formule za izračun izpeljanih veličin.

- *Prikazovanje, protokoliranje, arhiviranje in posredovanje podatkov*
Mehanizmi, ki so prevladujoči v tem segmentu so tisti, ki se nanašajo na strukturo, organizacijo in manipulacijo s podatki. Gre za postopke in metode, na katerih temelji zgradba in delo s podatkovnimi bazami in pa način prikazovanja podatkov uporabniku (npr. upoštevanje fizioloških, psiholoških in ergonomskega principov).

4.4.2 Mehanizmi razmišljanja in odločanja

Če izhajamo iz podobnega principa razdelitve, kot smo ga uporabili pri strukturiranju funkcij, potem lahko tudi principe, metode in postopke v tem segmentu razdelimo v tri dele.

- *Primerjava dejanskega in zelenega obratovanja*
Kot že ime pove, gre za metode primerjave podatkov, ki so lahko zelo enostavne, če gre za deterministične podatke in zelo komplicirane, če gre za podatke, ki so pod vplivom stohastičnih procesov.
- *Priprava ukrepov in odločanje*
Principi, metode in postopki, ki jih uporabljamo so v glavnem odvisni od tipa

vodenja.

Pri *sekvenčnem vodenju* je ključen način, na katerega se sprožijo dogodki oziroma aktivnosti.

Pri *časovno pogojenem vodenju* je odločitev odvisna od nekega relativnega časa (časa, ki je pretekel od npr. prejšnjega dogodka) ali pa od absolutnega časa (dogodek se sproži ob točno določeni uri). Primer za takšno vodenje so enostavni semaforji ali pa časovniki ("timerji") za vklop in izklop naprav.

Nekoliko drugačen način je *dogodkovno pogojeno vodenje*. Tukaj je proženje neke aktivnosti odvisno od enega ali večih logičnih pogojev. Tipičen primer je npr. dvigalo. Da bo dvigalo prišlo v naše nadstropje moramo pritisniti na gumb za klic dvigala. Seveda pa mora biti poleg tega izpolnjenih še vrsta drugih pogojev, ki so odvisni od tega, kje je trenutno dvigalo, v katero smer se giblje, ali je prosto ali je polno zasedeno, itd.

Najpogosteje imamo opravka s *kombiniranim sekvenčnim vodenjem*. Tukaj je proženje neke aktivnosti odvisno od časovnega ali pa logičnega pogoja. Najbolj običajen primer za to je pralni stroj, ki smo ga kot primer omenili že v prejšnjih dveh poglavjih (vodo npr. segrevamo toliko časa dokler ne dosežemo določene temperature, nato pa določen čas vrtimo boben s perilom).

Splošna značilnost sekvenčnega vodenja je, da prevladujejo diskretne (logične) veličine (1, 0; on, off), zvezne veličine pa generirajo logične pogoje, ko dosežejo neko vnaprej predpisano vrednost.

Značilno za sekvenčno vodenje je, da smo vse odločitve in vrsto ukrepov pripravili že vnaprej in so torej sestavni del planiranja. *Edina še odprta stvar je čas oz. trenutek, v katerem se neka odločitev izvrši* (spomnimo se primera potovanja z avtomobilom iz prejšnjega poglavja).

Regulacija pa seveda temelji na povratnozančnem principu. Odločitve in ukrepe pripravljamo sproti v odvisnosti od razlike med dejansko in želeno vrednostjo izhoda procesa ter drugih informacij o procesu in okolju, ki jih imamo na voljo.

Število različnih metod in postopkov, ki jih uporabljamo pri regulaciji je zelo veliko. Naštejmo nekatere najbolj zanimive.

Najbolj pogosto je uporabljen princip *proporcionalno-integrirno-diferencirne (PID) regulacije*. Regulirni signal, s katerim vplivamo na spremembo obnašanja procesa je v tem primeru sestavljen iz vsote dela, ki je sorazmeren pogrešku (odstopanju med dejansko in želeno vrednostjo), dela, ki je sorazmeren integralu pogreška, in dela, ki je sorazmeren odvodu pogreška.

Če se proces zelo spreminja potem lahko uporabimo *adaptivno regulacijo*. Ta princip temelji na vnaprejšnjem ali sprotnem ugotavljanju sprememb v procesu in ustreznem prilagajanju parametrov regulacijskega algoritma, ki izračuna vrednost

regulirnega signala glede na te spremembe.

Zanimiv je tudi princip *prediktivne regulacije*. Ta temelji na vgrajenem modelu procesa, predpostavljenem modelu motenj in predpostavljenem scenariju zelenih vrednosti. Na tej osnovi s pomočjo optimizacije izračunamo ustrezni regulirni signal.

V zadnjem času so precej aktualni *mehki regulatorji*. Ti temeljijo na pretvorbi običajnih zveznih spremenljivk v lingvistične spremenljivke (npr. temperaturo od 10 do 30°C se preslika v spremenljivke "hladno", "primerno", "toplo"; dovod tople vode pa v "odprt" ali "zaprt"), ki jim pripišemo določene funkcije med 0 in 1 (pripadnostne funkcije). Na ta način dobimo mehke spremenljivke, ki jih nato lahko obravnavamo z uporabo principov mehke logike. Regulacija temelji na sklepanju: ČE (IF) temperatura JE (IS) "hladno" POTEM (THEN) dovod tople vode JE (IS) "odprt".

Hibridno vodenje je kombinacija sekvenčnega vodenja in regulacije, zato tudi temelji na kombinaciji principov, metod in postopkov poznanih iz obravnave diskretnih dogodkov ter tistih, ki jih uporabljamo pri zveznih procesih.

4.4.3 Mehanizmi ukrepanja

Med mehanizmi za ukrepanje so najpomembnejši principi, ki omogočajo pretvorbo informacije o potrebnem ukrepu v ustrezen fizični ukrep. Največkrat gre za transformacijo električnega signala v ustrezen mehanski premik, ki je realiziran v okviru izvršnega sistema. Najpogosteje uporabljani so elektrohidravlični, elektropnevmatski in elektromotorni mehanizmi.

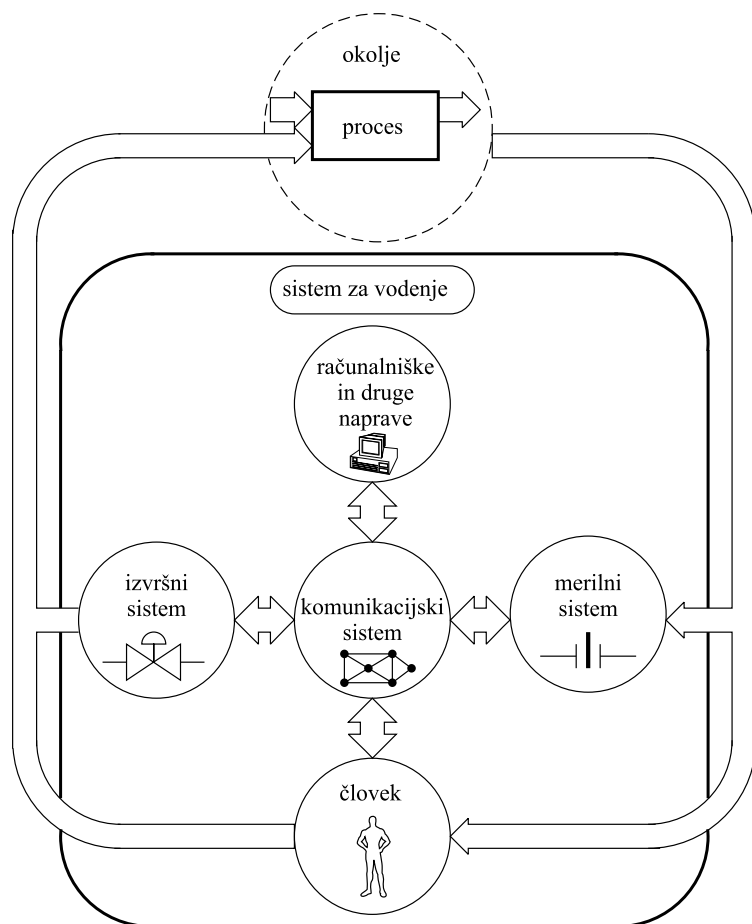
4.5 Struktura sistemov za vodenje (Kaj sistemi za vodenje so? Kako in iz česa so narejeni?)

Kot smo videli že na začetku tega poglavja (primer grelnika), je s strukturo definirano iz česa je sistem narejen oziroma kako je sestavljen. Struktura predstavlja fizični okvir, v katerem potekajo mehanizmi, katerih rezultat so funkcije sistema za vodenje.

Na zelo splošnem nivoju lahko strukturo sistemov za vodenje opredelimo na način kot je prikazan na Sl. 4.16.

Vidimo da je sistem za vodenje sestavljen iz petih ključnih podsistemov:

- merilni sistemi (senzorji);
- izvršni sistemi (aktuatorji);
- komunikacijski sistemi;
- računalniške in druge naprave;
- človek.



Sl. 4.16. Struktura sistema za vodenje

Prvi štirje podsistemi predstavljajo skupine gradnikov, ki bodo podrobneje predstavljene v devetem poglavju, o človeku kot petem in najpomembnejšem podsistemu pa bomo govorili v šestem poglavju.

Poglejmo na kratko kakšna sta vloga in pomen posameznih podsistemov v predstavljeni strukturi.

- *Merilni sistemi (senzorji)*

Merilni sistemi predstavljajo čutila (oči, ušesa, itd.) sistema za vodenje. Njihova funkcija je, da pretvorijo neko fizikalno ali kemijsko veličino v nek (najpogosteje električni) signal. Ta signal vsebuje informacijo o velikosti oziroma spremembah merjene veličine. Najpogostejši so merilniki premikov, temperature, tlaka, pretoka, nivoja, različni merilniki sestave snovi, itd. Merilni sistemi so lahko zelo kompleksne in drage naprave (npr. razni spektrometri) in včasih predstavljajo strokovno najzahtevnejši del celotnega sistema za vodenje.

- *Izvršni sistemi (aktuatorji)*

Izvršni sistemi predstavljajo roke sistema za vodenje. To so torej gradniki, s katerimi je mogoče v procesu povzročiti spremembo v pretoku energije ali snovi. Njihova funkcija je, da pretvorijo neko (informacijo) v ustrezno spremembo na procesu. Končni element izvršnih sistemov so izvršni členi kot npr. ventili, lopute, tiristorji, hidravlični in pnevmatski cilindri, itd.

- *Komunikacijski sistemi*

Komunikacijski sistem je sistem za prenos informacij med različnimi gradniki v sistemu vodenja. Zajema dva dela.

Prvi del je komunikacija med stroji oz. napravami, npr. med merilnim sistemom in računalniškim sistemom. Tovrstna komunikacija je lahko analogna (prenos analognih signalov) ali digitalna (prenos binarnih signalov). Ta del komunikacijskega sistema je v splošnem sestavljen iz oddajnega dela, komunikacijskega kanala in sprejemnega dela.

Drugi del pa predstavlja komunikacijo med strojem in človekom. Tu gre za vmesnike med človekom in strojem kot so npr. sinoptična plošča, zaslon, tipkovnica, tiskalnik, sistem za razpoznavanje glasu, itd.

- *Računalniške in druge naprave*

V ta del sistema za vodenje spadajo računalniške in računalniško podprte naprave, ki prevzamejo večino funkcij "opazovanja" in "razmišljanja". Sem spadajo namenski gradniki kot so npr. programirljivi logični krmilniki (PLK), ki služijo predvsem sekvenčnemu vodenju, regulatorji, ki so namenjeni predvsem regulacijam ali pa večji in bolj univerzalni gradniki, kot so procesni računalniški sistemi, splošno-namenski računalniki, itd. Tipično za te naprave je, *da njihov pomembni del predstavlja programska oprema.*

Drugi del pa tvorijo elektronski moduli s fiksnim ožičenjem, kot so npr. klasični elektronski regulatorji, zaščitni relejski sistemi, itd. Ta del naprav se vedno bolj umika računalniško podprtim napravam.

- *Človek*

Ključni del sistema za vodenje procesov še vedno predstavlja človek, ki občasno lahko prevzame (vsaj do neke mere) vlogo ostalih štirih navedenih podsistemov. Človek opazuje in nadzira proces, nadzira tudi delovanje naprav v sistemu za vodenje, se vključuje direktno v proces z ročnimi posegi (npr. zapre ventil) in sprejema ključne odločitve, ki se tičejo vodenja in upravljanja procesa.

Naštetim petim ključnim podsistemom sistema za vodenje lahko dodamo še enega, ki sicer ni njegov sestavni del, je pa ključen za njegovo delovanje. Gre za *okolje* sistema za vodenje. To okolje npr. omogoča kvalitetno napajanje z električno energijo, dobavo stisnjene zraka za pnevmatske naprave, ustrezne klimatske razmere za človeka in računalniške naprave ter zagotavljanje drugih pogojev za delovanje računalniških in drugih naprav, izvršnega, merilnega in komunikacijskega

sistema ter prijetno in stimulatívno delo človeka.

4.6 Zaključek

V poglavju smo okvirno predstavili najpomembnejše vidike, ki opredeljujejo sisteme za vodenje. Ugotovili smo, da je osnovni namen sistemov za vodenje obvladovanje procesov na način, ki zagotavlja varno in učinkovito delovanje. Z dobrim vodenjem lahko posebej na področju industrijskih procesov povečamo kvaliteto proizvodnje, zmanjšamo porabo energije in surovin, zmanjšamo vplive na okolje, povečamo fleksibilnost, itd. Vse to dosežemo z uporabo širokega nabora funkcij, ki jih po tipu lahko razdelimo na tiste, ki so namenjene bolj spremljanju in opazovanju procesa, tiste, ki se nanašajo na odločanje, in tiste, ki so namenjene posredovanju v procesu oziroma ukrepanju. Principi in metode, na katerih temeljijo mehanizmi delovanja teh funkcij, so po kompleksnosti zelo različni. Bolj poglobljeno jih bomo obdelali v sedmem poglavju knjige.

Tudi v strukturi sistemov za vodenje smo spregovorili samo toliko, da smo opredelili njihove glavne sestavne dele ter okvirni način njihove povezave.

Te ugotovitve lahko strnemo v spoznanje, da so sistemi za vodenje kompleksni sistemi, da je stopnja njihove kompleksnosti odvisna od stopnje kompleksnosti procesa, ki ga vodimo, in da je njihov bistveni sestavni del človek.