

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**INFORMACIJSKA PODPORA PLANIRANJU PROIZVODNJE V
OSKRBNI VERIGI: PRIMER FARMACEVTSKEGA PODJETJA**

Ljubljana, september 2016

BOJAN ERAK

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Bojan Erak, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom »Informacijska podpora planiranju proizvodnje v oskrbni verigi: primer farmacevtskega podjetja«, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem prof. dr. Borutom Rusjanom,

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne 01.09.2016

Podpis študenta: _____

KAZALO

UVOD.....	1
1 BISTVO IN POMEN MANAGEMENTA OSKRBNNE VERIGE	5
1.1 Temelji managementa oskrbne verige.....	5
1.2 Management oskrbne verige in strategija podjetja.....	8
2 PLANIRANJE V OSKRBNI VERIGI	9
2.1 Pomen planiranja v oskrbni verigi.....	9
2.2 Matrika planiranja oskrbne verige.....	14
3 STRUKTURA INFORMACIJSKIH SISTEMOV ZA PODPORO PLANIRANJU V OSKRBNI VERIGI	15
3.1 Strateško planiranje oskrbne mreže.....	18
3.2 Predvidevanje povpraševanja	20
3.2.1 Proces in metode predvidevanja povpraševanja.....	21
3.2.2 Planiranje prodaje v informacijskem sistemu SAP APO	24
3.3 Grobo planiranje proizvodnje.....	25
3.4 Planiranje materialnih potreb	30
3.4.1 Opredelitev planiranja materialnih potreb.....	30
3.4.2 Prednosti in koristi ter težave pri uporabi MRP	33
3.5 Planiranje proizvodnje in detajlno terminiranje	35
3.5.1 Model proizvodnje in terminiranje proizvodnje.....	38
3.5.2 Obvladovanje sprememb proizvodnega plana	42
3.5.3 Računske omejitve optimizacije razmestitve delovnih operacij in uporaba različnih planskih algoritmov	43
3.5.4 Planiranje proizvodnje in detajlno terminiranje v sistemu APO PP/DS	43
3.6 Planiranje distribucije.....	46
4 PLANIRANJE PROIZVODNJE IN NJEGOVA INFORMACIJSKA PODPORA NA PRIMERU FARMACEVTSKEGA PODJETJA.....	49
4.1 Predstavitev podjetja	49
4.2 Predstavitev oskrbne verige podjetja.....	49
4.3 Integrirana informacijska podpora oskrbnim procesom v podjetju.....	54
4.4 Planiranje procesov v oskrbni verigi z uporabo SAP APO.....	54
4.4.1 Analiza primera dolgoročnega planiranja oskrbe izdelka s prevladujočim sezonskim povpraševanjem.....	57
4.4.2 Analiza primera kratkoročnega planiranja proizvodnje s poudarkom na optimizaciji zasedenosti zmogljivosti delovnih mest.....	66
5 SKLEP.....	71
LITERATURA IN VIRI	74
PRILOGE	

KAZALO TABEL

Tabela 1: Pregled metod predvidevanja povpraševanja v sistemu APO DP	61
--	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Procesi tipične oskrbne verige	5
Slika 2: Temelji managementa oskrbne verige	6
Slika 3: Koncept drsečega planiranja (in prekrivajoči se horizonti planiranja)	12
Slika 4: Prikaz koncepta hierarhičnega planiranja	13
Slika 5: Matrika planiranja oskrbne verige	14
Slika 6: Informacijski sistemi (programski moduli) za podporo procesom iz matrike planiranja oskrbne verige	15
Slika 7: Povezava SAP SCM aplikacij z različnimi ravni obvladovanja oskrbne verige	17
Slika 8: Sistem oz. proces predvidevanja povpraševanja z združevanjem kvalitativnih in kvantitativnih metod	22
Slika 9: Proces grobega planiranja zmogljivosti v podjetju s prikazom vhodnih omejitev in izhodnih rezultatov planiranja	26
Slika 10: Poenostavljen primer problema grobega planiranja oskrbne verige	28
Slika 11: Proces planiranja in detajlnega terminiranja	38
Slika 12: Povezava dveh proizvodno procesnih modelov na primeru dvofazne proizvodnje izdelka s t.i. »pegging« relacijami	40
Slika 13: Zaslonska slika podrobnega plana proizvodnje v obliki gantograma v informacijskem sistemu SAP APO s prikazanimi časi priprave in proizvodnje na konkretnem delovnem mestu	42
Slika 14: Proizvodnja končnih farmacevtskih izdelkov v letih 2005–2014	50
Slika 15: Tipičen oskrbni proces zagotavljanja izdelkov v obravnavanem podjetju ter ponazoritev materialno-dokumentacijskega toka	52
Slika 16: Procesi planiranja oskrbne verige po zaključeni vpeljavi rešitve SAP APO	56
Slika 17: Analiza historičnih podatkov o količinski realizaciji prodaje Izdelka A od leta 2010 dalje	60
Slika 18: Analiza historičnih podatkov o količinski realizaciji prodaje Izdelka A od leta 2010 dalje združeno po kvartalih	61
Slika 19: MRP postopek v obravnavanem podjetju	63
Slika 20: Prikaz pretočnih časov od trenutka odločitve za nakup kritične Učinkovine A do datuma dobave Izdelka A končnemu kupcu	64
Slika 21: Predlagana segmentacija strategij predvidevanja povpraševanja v obravnavanem podjetju	65
Slika 22: Zaslonska slika s prikazom rezultata (razmestitve delovnih operacij) po izvedenem MRP postopku v obravnavanem podjetju brez upoštevanja omejenih zmogljivosti	66

Slika 23: Zaslonska slika s prikazom rezultata (razmestitve delovnih operacij) po uporabi APO PP/DS optimizatorja v obravnavanem podjetju.....	69
--	----

UVOD

Oskrbna veriga in z njo povezani procesi v današnjem času pridobivajo čedalje večji pomen v podjetjih. Konkurenčne razmere na trgih silijo podjetja k nenehnim izboljšavam v poslovanju, zniževanju stroškov in dvigu ravni servisiranja kupcev. V zadnjem desetletju ali dveh smo bili priča velikim tehnološkim, političnim in strateškim spremembam poslovnih okolij, v katerih danes delujejo podjetja. Spremembe so se odvijale predvsem v smeri večje internacionalizacije poslovanja, večji osredotočenosti in odzivnosti na potrebe končnih kupcev ter čedalje večji vključenosti sodobnih informacijskih tehnologij v vse vidike poslovanja podjetij.

Vpliv internacionalizacije se danes kaže v izjemni rasti svetovnih nabavnih in prodajnih trgov. Tudi najmanjša podjetja imajo danes kupce razpršene po vsem svetu, enako velja tudi za dobavitelje. Takšna širitev poslovanja je dala povsem nov pomen pojmu obvladovanja oskrbnih verig, ki danes zahteva podporne sisteme, ki omogočajo prenosljivost, uporabo v mednarodnih okoljih, transparentnost in učinkovitost. S širitvijo poslovanja na globalno raven so se znatno spremenile zahteve glede odzivnosti na kupčeve potrebe in zagotavljanja ustrezne ravni storitev. Za zagotavljanje globalne odzivnosti je treba poskrbeti za odzivnost vsakega od členov oskrbne verige karseda hitro in učinkovito. Poseben pomen v spreminjajočih se konkurenčnih razmerah, predvsem kot posledica naraščajočih zahtev po komunikaciji in koordinaciji, je dobila uporaba informacijske tehnologije, še posebej hiter razvoj sistemov planiranja virov podjetja (angl. *Enterprise Resource Planning*, v nadaljevanju ERP). K takšnemu razmahu so vodile naraščajoče potrebe podjetij po strukturiranih podatkih, standardiziranih procesih uporabe informacij, učinkovitih postopkih komuniciranja znotraj in med podjetji ter uporabi enotnih orodjih za doseg želenih strateških in operativnih ciljev poslovanja (Vollmann, Berry, Whybark, & Jacobs, 2005).

Kot odgovor na spremenjene konkurenčne razmere v zadnjih letih se podjetja z namenom obvladovanja svojih oskrbnih verig čedalje bolj povezujejo in s tem skušajo odpraviti odvečne aktivnosti ter zniževati stroške vzdolž celotne oskrbovalne verige. Tako je tudi povsem razumljiva sodobna opredelitev oskrbne verige (angl. *supply chain*), ki jo razumemo kot mrežo organizacij, povezanih v smeri navzdol ali navzgor, ki sodelujejo v procesih in aktivnostih ustvarjanja vrednosti v obliki izdelkov ali storitev za končnega kupca (Christopher, 1998).

Bistvo managementa oskrbne verige (angl. *supply chain management*) je v povezovanju in integraciji organizacijskih enot oskrbne verige in koordinaciji materialnih, informacijskih in finančnih tokov z namenom izpolnitve zahtev (končnega) kupca in ciljem izboljševanja konkurenčnosti oskrbne verige kot celote (Stadtler, 2004). Mnogi avtorji (Christopher & Towill, 2002) so celo mnenja, da ključ za doseganje večje konkurenčnosti podjetja leži prav v konkurenčnosti njegove oskrbne verige. Pri načrtovanju oskrbnih verig morajo

podjetja pozornost nameniti izboru partnerjev v oskrbni verigi, vzpostavitvi učinkovitih povezav v mrežo organizacij ter vprašanju vodenja oziroma koordinacije aktivnosti znotraj oskrbnih verig. Z naraščajočo vlogo informacijskih tehnologij pa je v zadnjih treh desetletjih vse bolj ključna tudi podpora procesom planiranja v oskrbni verigi z uporabo sodobnih (informacijskih) sistemov.

Uporaba informacijske tehnologije in možnosti, ki jih ta prinaša, omogoča hitro in poceni izmenjavo podatkov med partnerji oskrbne verige z uporabo interneta in povezanih storitev. Ker je prenos informacij pomemben dejavnik, ki vpliva na pretočne čase v oskrbni verigi, jih lahko z učinkovito rabo informacijske tehnologije znatno skrajšamo. Velika programska podjetja, kot so SAP, Peoplesoft, Oracle itd., danes na trgu ponujajo specifične programske rešitve, namenjene reševanju kompleksnih planskih problemov oskrbnih verig.

Ključna naloga sistema planiranja v oskrbni verigi je podpora odločitvam za učinkovito ravnanje s pretokom materiala, skrb za optimalno izkoriščenost opreme in zaposlenih ter zagotavljanje potrebne odzivnosti na zahteve kupcev s ciljem pokrivanja povpraševanja. Procesi planiranja v oskrbni verigi v splošnem zajemajo dolgo, srednje in kratkoročno obdobje ter vsebinsko pokrivajo ključne procese v oskrbni verigi – nabavo, proizvodnjo, distribucijo in prodajo.

Sistemi za podporo dolgoročnemu planiranju v oskrbni verigi so namenjeni podpori predvsem managementu za sprejemanje dolgoročnih odločitev, usmerjenih v zagotavljanje zadostnih zmogljivosti (vključujoč proizvodne lokacije, opremo, zgradbe, izbor dobaviteljev) za pokrivanje potreb trgov podjetja v prihodnosti. Obravnavajo tudi strateška prodajna vprašanja, kot so npr. določanje prodajnega asortimana in odločitve o umeščanju posameznih izdelkov na izbranih trgih. Na tej ravni planiranja se pravzaprav določi osnovna struktura oskrbne verige in opredelijo osnovni materialni tokovi do dobaviteljev in končnih kupcev (Meyr, Wagner, & Rohde, 2005).

V procesu srednjeročnega planiranja je pomembno predvsem usklajevanje razpoložljivih zmogljivosti oskrbne verige s predvidenim povpraševanjem. Tu se je treba osredotočiti predvsem na zagotavljanje pravih materialov in ustreznih proizvodnih zmogljivosti glede na potrebe kupcev. To pomeni planiranje pravočasnih dobav, pravih izdelkov na pravih lokacijah, kar je izhodišče za planiranje proizvodnje in distribucije. Informacijski sistemi za podporo tej ravni planiranja morajo nuditi tudi podporo odločitvam v zvezi s primerno ravni zalog surovin, nedovršene proizvodnje in končnih izdelkov na pravih lokacijah vzdolž celotne oskrbne verige. Sem sodijo tudi odločitve v zvezi z uravnavanjem števila zaposlenih, vključevanjem začasne delovne sile, uvajanjem nadurnega dela ter izkoriščanjem možnosti pogodbene proizvodnje (Rusjan, 2009).

Podpora procesom kratkoročnega planiranja je usmerjena predvsem v natančno razporejanje virov skladno z zahtevami proizvodnje in naročili kupcev. Z viri razumemo

razpoložljiv čas, zaposlene, material in opremo. Tu se je treba osredotočiti predvsem na izvajanje pravih aktivnosti ob pravem času. Zelo pomemben vidik je tudi vzpostavitev sistema za nadzor nad rezultati izvajanja in izkoriščenostjo proizvodnih virov – porabe materialov, izkoriščenostjo delovnega časa zaposlenih in opreme, raven izpolnjevanja kupčevih naročil in drugih pomembnih kazalnikov učinkovitosti (Silver, Pyke, & Petersen, 1998).

V nalogi obravnavano podjetje se uvršča med največje proizvajalce generičnih farmacevtskih izdelkov na svetu po vrednosti prodaje. V podjetju veliko vlagajo v ravnanje z oskrbno verigo. S tem namenom so v zadnjih letih prilagodili organizacijo oskrbne verige in vzpostavili ustrezno informacijsko podporo. Vsa proizvodno-distribucijska podjetja so povezali v enoten informacijski sistem in vpeljali namensko orodje za centralno planiranje oskrbne verige. Osrednjo vlogo v oskrbni verigi ima tudi proces planiranja proizvodnje, ki ga bom podrobneje proučil in analiziral v magistrskem delu.

Osrednji problem proučevanja v magistrskem delu je analiza podpore procesu planiranja oskrbne verige s poudarkom na procesu dolgo-, srednje- in kratkoročnega planiranja proizvodnje. Namen raziskovalnega dela je podati predlog sprememb s ciljem izboljšanja procesa planiranja oskrbne verige s poudarkom na možnih izboljšavah procesa planiranja proizvodnje in potrebnih sprememb podpornih (informacijskih) sistemov.

Cilji raziskovalnega dela so:

- predstavitev in proučitev teoretičnih spoznanj različnih avtorjev o vlogi, pomenu in ravnanju oskrbne verige in procesa planiranja oskrbne verige v podjetju,
- predstavitev in proučitev teoretičnih spoznanj različnih avtorjev o najboljših praksah uporabe sodobnih informacijskih in drugih podpornih sistemov procesu planiranja proizvodnje in celotne oskrbne verige,
- analiza organizacijske strukture oskrbne verige, analiza procesa planiranja v oskrbni verigi s poglobljeno analizo procesa planiranja proizvodnje in uporabe informacijskih sistemov za planiranje na primeru farmacevtskega podjetja ter analiza ustreznosti informacijske podpore,
- ugotovitev problemskih stanj v procesu planiranja, analiza potrebe po prenovi procesa planiranja v oskrbni verigi in/ali potrebnih sprememb organizacijske strukture oskrbne verige.

Izbrane metode raziskovanja bodo sledile namenu in ciljem naloge. Magistrsko delo bo temeljilo na uporabi induktivno-deduktivnih metod, metodah deskripcije in empiričnega znanstvenega raziskovanja opisane problematike. Proučevanje vloge, pomena in ravnanja oskrbne verige, procesa planiranja v oskrbni verigi ter uporabljenih podpornih sistemih bo temeljila na teoretičnih spoznanjih različnih tujih in domačih avtorjev, ki so proučevali

navedeno problematiko. Osnovo pri raziskavi teoretičnih spoznanj predstavljajo strokovna literatura, strokovni članki in drugi viri tujih in domačih avtorjev.

Oskrbno verigo, procese planiranja v oskrbni verigi in podporne sisteme konkretnega podjetja bom analiziral na osnovi dosegljivih primarnih in sekundarnih virov v podjetju.

Magistrsko delo bo razdeljeno na pet poglavij. V uvodnem poglavju bom opredelil problem, namen in cilje magistrskega dela ter metode dela. Naslednja poglavja bodo razdeljena v dva vsebinska sklopa. V prvem sklopu, ki obsega poglavja od ena do tri, bom obdelal teoretična spoznanja glede managementa oskrbne verige, planiranja v oskrbni verigi in strukturo informacijskih sistemov za podporo planiranju v oskrbni verigi. V drugem delu bom na primeru farmacevtskega podjetja analiziral obstoječ proces planiranja v oskrbni verigi, podrobneje analiziral proces planiranja proizvodnje in analiziral ustreznost informacijske podpore procesu planiranja ter predlagal primerne izboljšave.

V prvem poglavju bom najprej pojasnil bistvo in pomen managementa oskrbne verige ter natančneje opisal temelje managementa oskrbne verige, ki se zrcalijo v vprašanjih glede konkurenčnosti in zagotavljanja ustrezne ravni servisiranja končnih kupcev, izbora partnerjev v oskrbni verigi, vzpostavitve mreže podjetij in vodenja aktivnosti oskrbne verige ter vloge informacijske tehnologije kot podpore procesu planiranja v oskrbni verigi.

V drugem poglavju se bom podrobneje lotil obravnave procesa planiranja v oskrbni verigi in obrazložil pomen planiranja v oskrbni verigi. Dotaknil se bom različnih časovnih horizontov planiranja, težav pri planiranju ter nakazal naprednejše pristope k procesu planiranja oskrbne verige. V nadaljevanju poglavja bom prikazal matriko planiranja oskrbne verige, ki na podlagi časovne in vsebinske dimenzije zajame vse procese planiranja v tipični oskrbni verigi.

V tretjem poglavju bom natančneje predstavil strukturo sodobnih informacijskih sistemov za podporo planiranju v oskrbni verigi in opisal procese iz matrike planiranja oskrbne verige, ki jih posamezni moduli pokrivajo. Gre za module strateškega planiranja oskrbne verige, predvidevanja povpraševanja, planiranja materialnih potreb in nabave, planiranja distribucije in transporta, natančneje pa bom proučil področje grobega planiranja, planiranja proizvodnje, terminiranja in kontrole izvajanja, ki imajo v tipičnem proizvodnem podjetju osrednjo vlogo v oskrbni verigi.

Četrto poglavje je namenjeno empiričnemu delu magistrskega dela. V uvodu bom najprej na kratko predstavil izbrano podjetje in njegovo dejavnost. Analiziral bom organizacijsko strukturo oskrbne verige, proces planiranja v oskrbni verigi s poudarkom na procesu planiranja proizvodnje in ustreznost informacijske podpore procesu planiranja v podjetju. Identificirati bom skušal težave v obravnavanih procesih ter podati predloge sprememb s

ciljem izboljšanja procesa planiranja oskrbne verige s poudarkom na možnih izboljšavah procesa planiranja proizvodnje in potrebnih sprememb podpornih informacijskih sistemov.

Zaključno poglavje bo vsebovalo glavne ugotovitve in zaključke magistrskega dela.

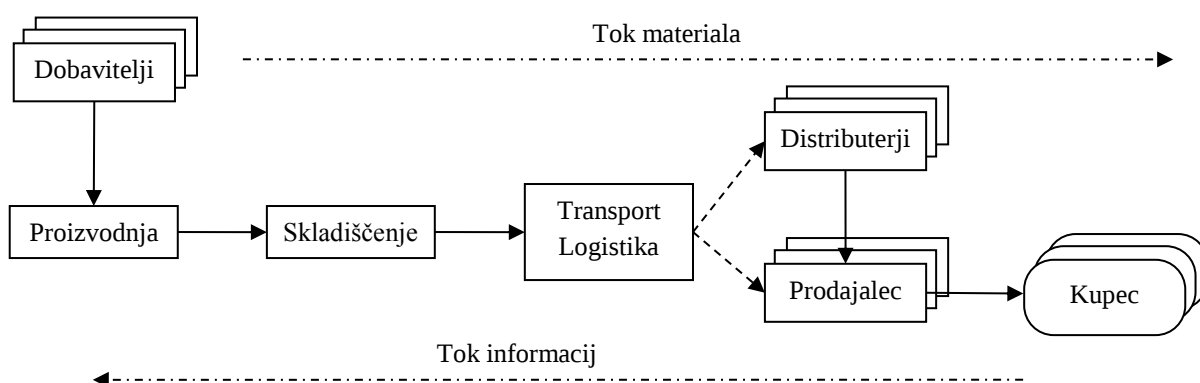
1 BISTVO IN POMEN MANAGEMENTA OSKRBNNE VERIGE

1.1 Temelji managementa oskrbne verige

Oskrbno verigo (angl. *supply chain*) lahko opredelimo kot mrežo organizacij, povezanih v smeri navzdol ali navzgor, ki sodelujejo v procesih in aktivnostih ustvarjanja vrednosti v obliki izdelkov ali storitev za končnega kupca (Christopher, 1998). Navedena opredelitev postavlja v ospredje končnega kupca in s tem poudarja, da morajo biti vse aktivnosti in procesi oskrbne verige, usmerjene v zadovoljitev potreb končnega kupca. Na koncu oskrbne verige je torej vedno končni kupec, ki tako postane ključni del same oskrbne verige. Središče oskrbne verige je proces izpolnjevanja kupčevih naročil ter karseda učinkovito obvladovanje povezanih materialnih, finančnih in informacijskih tokov.

Podoben pogled ponuja Beamon (1998), ki oskrbno verigo opredeli kot integriran proces sodelovanja različnih poslovnih subjektov (npr. dobaviteljev, proizvajalcev, distributerjev, prodajalcev) s ciljem nabave surovin, pretvorbe teh surovin v želene končne izdelke ter dobave končnih izdelkov prodajalcem. Takšno verigo običajno zaznamuje tok materiala navzgor po verigi ter tok informacij navzdol po verigi. K navedeni opredelitvi oskrbne verige dodamo še končnega kupca, saj le-ta predstavlja ključen element in središče vsake oskrbne verige. Procese tipične oskrbne verige lahko tako smiselno ponazorimo s Sliko 1.

Slika 1: Procesi tipične oskrbne verige

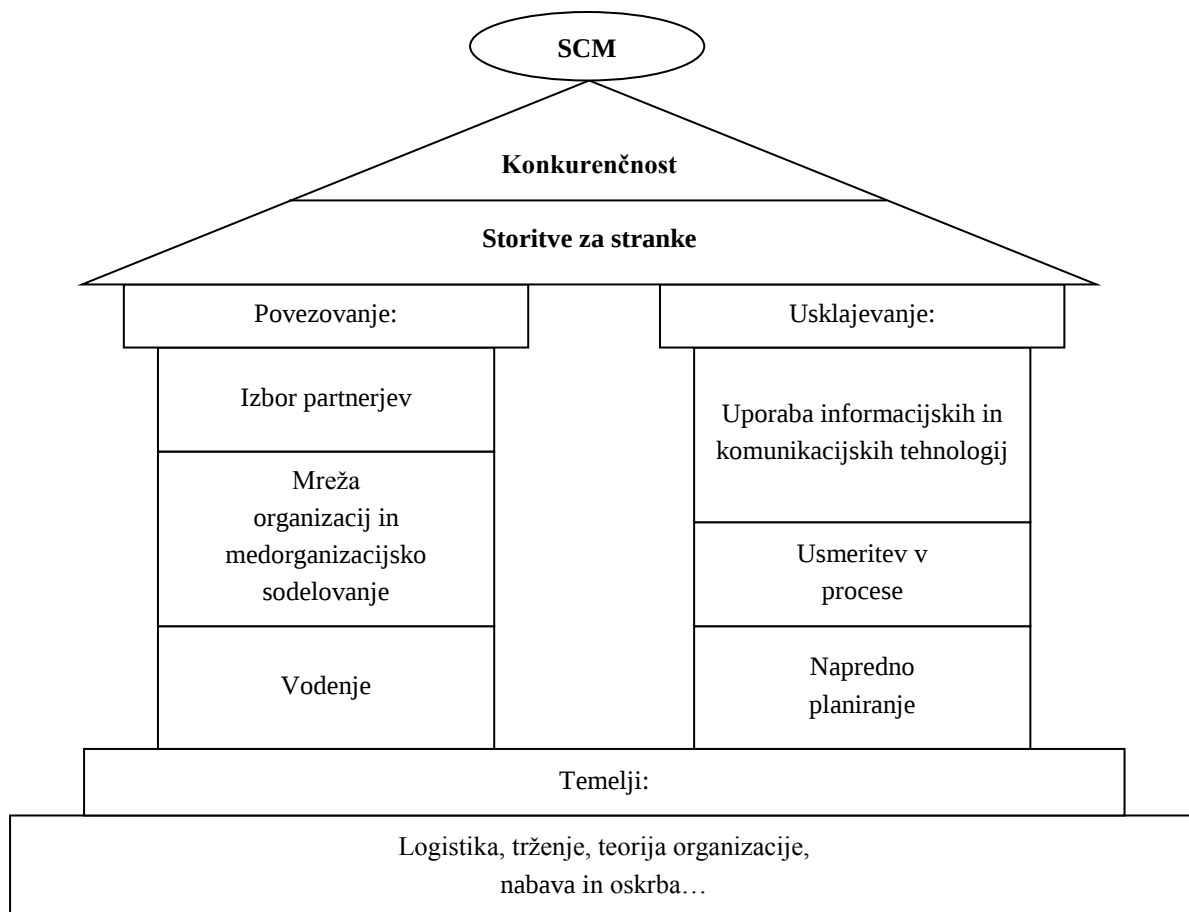


Vir: H. Beamon, *Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods*, 1998, str. 283; H. Stadler, *Supply Chain Management – An Overview*, 2005, str. 10.

Stadler (2004) vidi bistvo ravnanja oskrbne verige (angl. *supply chain management*) v povezovanju in integraciji organizacijskih enot oskrbne verige in koordinaciji materialnih,

informacijskih in finančnih tokov z namenom izpolnitve zahtev (končnega) kupca in ciljem izboljševanja konkurenčnosti oskrbne verige kot celote. Ta opredelitev je slikovito prikazana s prispodobo zgradbe s pomembnimi temelji managementa oskrbne verige (Slika 2), podrobneje pa bomo najpomembnejše dejavnike opisali v nadaljevanju.

Slika 2: Temelji managementa oskrbne verige



Vir: H. Stadtler, *Supply Chain Mnagement – An Overview*, 2005, str. 12.

Temeljni cilj managementa oskrbne verige je zagotavljanje večje **konkurenčnosti oskrbne verige** in s tem celotnega podjetja. Mnogi avtorji (Christopher & Towill, 2002) so celo mnenja, da ključ za doseganje večje konkurenčnosti podjetja leži prav v konkurenčnosti oskrbne verige. Prav specifične in edinstvene povezave v okviru mreže podjetij, ki sodelujejo znotraj oskrbne verige posameznega podjetja, naj bi bile ključ za doseganje konkurenčnih prednosti bodisi z zniževanjem stroškov ali z večjo diferenciacijo.

Pomemben dejavnik zagotavljanja konkurenčnosti je doseganje zadovoljstva končnih kupcev. **Storitve za stranke** (angl. *customer service*) predstavljajo večdimenzionalen pojem, običajno sestavljen iz treh segmentov (Stadtler, 2005a):

- storitve pred prodajo, kamor sodijo vse aktivnosti podjetja pred sklenitvijo pogodbe oz. izvedbo nakupa, npr. dostopnost informacij o izdelkih ali storitvah, ki jih podjetje ponuja,
- storitve med prodajo, kamor štejemo vse dejavnike, ki vplivajo na izpolnitev naročila v očeh končnega kupca (razpoložljivost izdelka iz zaloge, dobavni rok),
- poprodajne storitve, kjer so za kupca pomembni jamstveni pogoji, obravnavanje reklamacij, zagotavljanje nadomestnih delov, servisna mreža itd.

Ključni dejavniki povezovanja in usklajevanja za učinkovito in inovativno delovanje oskrbnih verig so (Stadtler, 2005a; Spekman, Kamauff Jr., & Myhr, 1998; Tempelmeier, 2001):

- Preden pričnemo načrtovati oskrbno verigo, je treba analizirati vse aktivnosti, ki pripomorejo k ustvarjanju vrednosti v procesu izdelave izdelka ali storitve za končnega kupca. Verjetno ni podjetja, ki bi samo v celoti obvladovalo vse aktivnosti oskrbne verige, zato morajo podjetja iskati tudi primerne zunanje partnerje. Pri tem je treba upoštevati geografske dejavnike, znanje (angl. *know how*) in finančni položaj partnerskih podjetij. **Partnerstva v okviru oskrbnih verig** so običajno vsaj srednjeročna (npr. vsaj za čas trajanja življenjskega cikla izdelka), kar omogoča večje naložbe v tesnejše povezave med partnerji. Srednje- do dolgoročno naj bi vsak od partnerjev v verigi nekaj pridobil – skladno s tem morajo posamezna podjetja znotraj verig prilagoditi tudi svoje kratkoročne odločitve, pogajanja o transfernih cenah itd.
- Oskrbno verigo lahko razumemo tudi kot **mrežo organizacij s skupnimi cilji**. Izzivi obvladovanja takšnih mrež izvirajo iz narave povezovanj podjetij v oskrbne verige – te povezave ne moremo opredeliti niti kot hierarhične niti ne kot zgolj tržno usmerjene – običajno so ravno nekje vmes. Zanje je vedno značilno tveganje, da kakšno od podjetij izstopi iz mreže ali pa s prevzemom postane del drugega podjetja v okviru oskrbne verige (kar se običajno zgodi takrat, kadar je eden od partnerjev ključen za delovanje celotne verige). Povezave podjetij znotraj mreže običajno temeljijo na socialnih, administrativnih, pravnih, finančnih ali kapitalskih osnovah.
- **Vodenje v oskrbni verigi** je lahko občutljivo vprašanje, kar izhaja iz dejstva, da oskrbno verigo sestavljajo samostojna in neodvisna podjetja. Vsaj nekatere odločitve je treba sprejemati v korist celotne oskrbne verige, kar zahteva določeno obliko vodenja oskrbnih verig. Kadar vodenje prevzame en sam partner, ima običajno ta tudi v očeh ostalih sodelujočih partnerjev vlogo t.i. »naravnega« vodje, kar mu omogoča bodisi njegov finančni položaj ali izjemno znanje (t.i. »know-how«). Drug princip vodenja je t.i. policentrična mreža, kjer so partnerji pri odločanju enakopravni, odločitve lahko sprejema poseben upravni odbor, sestavljen iz članov oskrbne verige. V praksi vodenje oskrbnih verig temelji na značilnostih obeh, kar pomeni, da običajno prevlada nek vmesni koncept vodenja.

- **Uporaba informacijske tehnologije** omogoča hitro in poceni izmenjavo podatkov med partnerji oskrbne verige z uporabo interneta in povezanih storitev. Prodajni podatki, napovedi, naročila in drugi pomembni podatki so danes lahko takoj na voljo vsem članom oskrbne verige. Ker je prenos informacij pomemben dejavnik, ki vpliva na pretočne čase (angl. *lead-time*), ga lahko z učinkovito rabo informacijske tehnologije znatno skrajšamo. Pomembno je omeniti tudi razpoložljivost podatkovnih skladišč (angl. *data warehouses*), ki odločevalcem (angl. *decision makers*) omogočajo dostop do ogromne količine preteklih (historičnih) podatkov, obdelanih na različne načine (npr. časovno, geografsko, po proizvodih itd.), ki omogočajo lažje sprejemanje odločitev.
- **Usmeritev v procese oskrbne verige** ni namenjena zgolj podiranju meja med funkcijami znotraj podjetja z namenom doseči hitrejšo izvajanje poslovnih procesov in povezanih aktivnosti, temveč je treba enake cilje dosežati tudi pri izvajanju aktivnosti med različnimi podjetji oskrbne verige. Proces nenehnega povezovanja aktivnosti, izboljšav, optimizacij in ukinitvev nepotrebnih aktivnosti znotraj oskrbne verige mora potekati neprestano in kontinuirano. K temu lahko veliko pripomore tudi uporaba ključnih kazalnikov poslovanja (angl. *key performance indicators*) in primerjava z drugimi konkurenčnimi podjetji (angl. *benchmarking*).
- Procesi planiranja v oskrbni verigi vključujejo dolgo-, srednje- in kratkoročno planiranje. Velika programska podjetja danes na trgu ponujajo programske rešitve – t.i. **napredne sisteme planiranja** (angl. *Advanced Planning Systems*, v nadaljevanju APS) – namenjene reševanju kompleksnih planskih problemov oskrbnih verig. Podjetja danes razumejo, da uporaba MRP (angl. *material requirements planning*) postopkov planiranja ne rešuje vprašanj, povezanih z omejeno razpoložljivostjo zmogljivosti. S povečevanjem kompleksnosti oskrbnih verig se povečuje število dejavnikov, ki vplivajo na končno razpoložljivost izdelka za končnega kupca. Upoštevajoč navedena dejstva predstavlja priprava realnih in izvedljivih planov znotraj oskrbnih verig za današnje sisteme planiranja velik izziv. APS ne nadomeščajo, temveč v aktivnostih planiranja dopolnjujejo obstoječe sisteme ERP. Planiranje v okviru APS je iterativen proces, kar pomeni, da se v okviru posameznega planskega cikla preveri veliko različnih scenarijev za izbiro optimalnega plana. Planiranje upošteva omejene zmogljivosti ter ozka grla kar najbolj izkoristi. V procesu planiranja je upoštevana tudi omejena razpoložljivost materialov oziroma komponent. Uporaba APS podjetjem omogoča zmanjšanje odzivnih časov in večjo fleksibilnost, ki je rezultat optimalnejših in izvedljivih proizvodnih planov.

1.2 Management oskrbne verige in strategija podjetja

Pri obravnavi oskrbne verige želimo še posebej poudariti pomen strateškega pristopa k managementu oskrbne verige. Porter (2008) opredeli strategijo kot ustvarjanje

edinstvenega oz. prevladujočega položaja podjetij v izvajanju različnih aktivnosti. Podjetje si lahko ustvari takšen položaj z izvajanjem drugačnih aktivnosti kot konkurenca oz. izvajanjem podobnih aktivnosti na drugačen način. V tem smislu predstavlja učinkovito in inovativno obvladovanje procesov znotraj oskrbne verige pomemben vzvod za doseganje konkurenčnih prednosti podjetja.

Pomemben vidik strategije je doseganje usklajenosti procesov oskrbne verige. Uspešnost strategije se kaže v uspešnem izvajanju večine aktivnosti, ne le nekaterih. Management oskrbne verige pripomore k odpravi odvečnih in nepotrebnih aktivnosti pri obvladovanju informacijskih, materialnih in finančnih tokov. Načrtovanje oskrbne verige podjetja je najtesneje povezano s strategijo podjetja, saj učinkovitost izvajanja procesov v oskrbni verigi v veliki meri pripomore k uspešnosti podjetja. Aktivnosti podjetja v smeri nenehnih izboljšav procesov oskrbne verige so tako najboljše zagotovilo za doseganje konkurenčnih prednosti na trgu (Vollmann et al., 2005).

Priprava in izvajanje strategije v enem podjetju je že v osnovi zahtevna naloga. Še večji izziv pa predstavlja usklajevanje različnih strategij samostojnih partnerjev oskrbne verige, ki morajo biti čim bolj usklajene s strategijo celotne oskrbne verige. Razprave o strategiji in konkurenčnosti podjetij v literaturi temeljijo predvsem na principu tekmovalnosti med podjetji na trgu. Pri obravnavi oskrbnih verig pa so čedalje pomembnejše strategije sodelovanja med podjetji, kjer je treba poiskati sprejemljiv kompromis med praviloma različnimi interesi sodelujočih partnerskih podjetij (Spekman et al., 1998).

2 PLANIRANJE V OSKRBNI VERIGI

2.1 Pomen planiranja v oskrbni verigi

Zakaj je planiranje pomembno? V okviru oskrbne verige je treba v vsakem trenutku sprejemati in usklajevati na stotine posameznih odločitev. Pomembnost teh odločitev je različna – od enostavnega vprašanja »Katera operacija se bo naslednja izvajala na konkretnem stroju?« do veliko zahtevnejših odločitev o npr. odprtju ali zaprtju posameznega proizvodnega obrata. Pomembnejša, kot je odločitev, bolj se je treba nanjo pripraviti in vložiti več truda v sam proces odločanja.

Pripravi na sprejemanje odločitev je namenjeno **planiranje**. Planiranje je namenjeno podpori procesu odločanja, s ciljem, da v okviru procesa planiranja določimo različne možne alternative prihodnjih aktivnosti in izberemo dobro oz. najboljšo možno rešitev. Planiranje lahko delimo na naslednje faze (Fleischmann, Meyr, & Wagner, 2005a):

- opredelitev in analiza problema odločanja,
- opredelitev ciljev,

- predvidevanja razvoja dogodkov v prihodnje,
- opredelitev in vrednotenje izvedljivih prihodnjih aktivnosti (rešitev) in
- izbor primernih (najboljših) rešitev.

Oskrbne verige so običajno zelo kompleksne. Zaradi te kompleksnosti v procesu planiranja ni mogoče upoštevati vseh podrobnosti, ki v realnosti vplivajo na posamezen problem. Kot podlago procesu planiranja vedno uporabljamo **modele**, s katerimi abstrahiramo in poenostavimo realen problem. Ključ do graditve učinkovitih modelov je, da so karseda enostavni, a še vedno dovolj podrobni – predvsem je pomembno, da vključujejo ključne omejitvene dejavnike realnega problema, o katerem se odločamo.

Simulacijski in modeli predvidevanja so namenjeni napovedovanju prihodnjih dogajanj ter pojasnjevanju povezav med vhodi (inputi) in izhodi (outputi) kompleksnih modelov. Niso pa ustrezna podpora procesu izbora optimalne rešitve v primeru velikega števila različnih možnih scenarijev ob vnaprej določenih kriterijih. To omogočajo **optimizacijski modeli**, ki se od simulacijskih razlikujejo po tem, da v proces izbora najboljše rešitve vključujejo matematične modele za izračun optimalnega plana glede na izhodiščne kriterije (Kallrath & Maindl, 2006).

Veljavnost plana je časovno omejena, določa jo časovni **horizont planiranja**. Najkasneje ob izteku planskega horizonta je treba pripraviti nov plan, ki mora upoštevati zadnje stanje v oskrbni verigi. Glede na dolžino planskega horizonta lahko aktivnosti planiranja delimo na:

- **Dolgoročno planiranje.** Pogostokrat odločitve na tej ravni imenujemo tudi strateško planiranje. Vezane so na razvoj in prihodnost celotnega podjetja oz. oskrbne verige in vključujejo odločitve glede načrtovanja in strukture oskrbnih verig, ki imajo dolgoročne posledice (več let).
- **Srednjeročno planiranje.** Okvir srednjeročnega planiranja je postavljen v procesu strateškega planiranja. Vključuje odločitve o grobih količinskih in časovnih okvirih tokov in resursov posamezne oskrbne verige. Časovni horizont srednjeročnega planiranja se giblje od 6 do 24 mesecev in upošteva tudi sezonske vplive (npr. povpraševanja).
- **Kratkoročno planiranje.** Najnižja raven planiranja je tudi najbolj podrobna, saj določa natančna navodila za izvajanje posamezne aktivnosti znotraj oskrbne verige. Običajno se izvaja za časovni horizont od nekaj dni do 3 mesecev v okviru izhodišč, postavljenih v procesih srednjeročnega in strateškega planiranja. Po svoji pomembnosti ne zaostaja od ostalih ravni planiranja, saj s svojimi rezultati vpliva na ključna strateška merila oskrbne verige – odzivne čase, zamude, razpoložljivost izdelkov ali storitev itd.

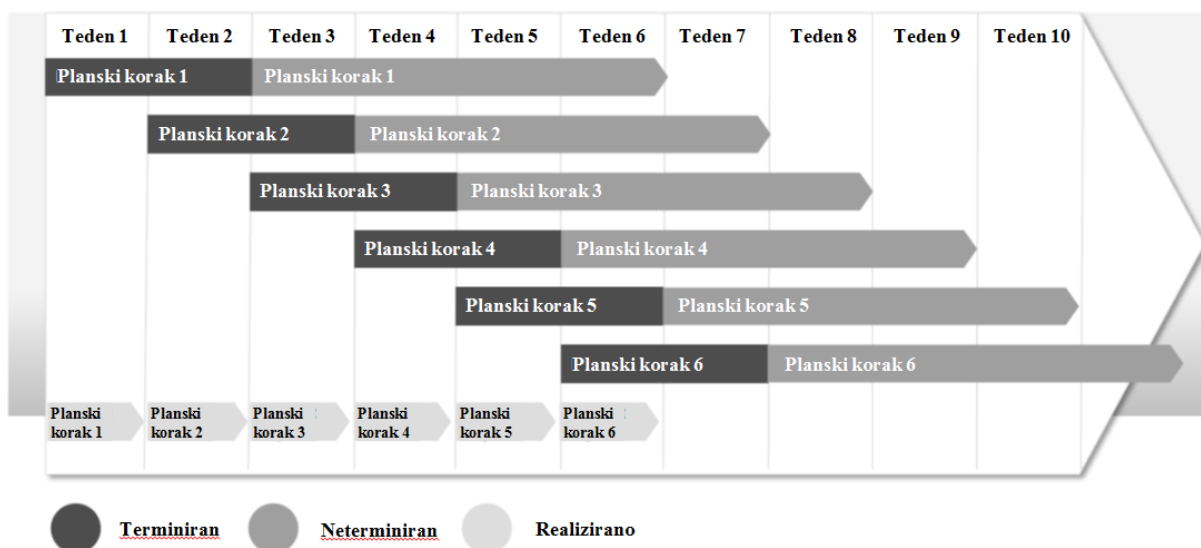
Poenostavljeno bi lahko proces planiranja opisali v treh korakih: 1.) opredelitev različnih možnih rešitev problema, 2.) primerjava in vrednotenje rešitev na osnovi vnaprej določenih

kriterijev in 3.) izbor najboljše rešitve. Vendar se tako opisan enostaven proces v realnosti srečuje z naslednjimi težavami (Fleischmann et al., 2005a):

1. Rešitve procesa planiranja morajo običajno **zadostiti različnim nasprotujočim si ciljem**. Primer nasprotujočih si ciljev je doseganje najvišje možne ravni servisiranja kupcev (razpoložljivosti izdelkov), hkrati pa je treba zadostiti tudi cilju po minimiziranju zalog. V tem primeru seveda optimalna rešitev, ki bi maksimalno zadostila obema ciljema, ne obstaja. Eden od načinov reševanja takšnih večdimenzionalnih problemov je določitev maksimalne ali minimalne še sprejemljive ravni za enega od želenih ciljev in iskanje optimalne rešitve za doseg drugega cilja. V zgornjem primeru si lahko podjetje postavi za cilj minimiziranje zalog ob zagotavljanju najnižje še sprejemljive ravni servisiranja kupcev. Drug način reševanja tovrstnih problemov je (denarno) vrednotenje ciljev v smislu prihodkov ali stroškov, ki jih doseganje ali nedoseganje posameznega cilja prinaša in maksimiranje mejnega dobička z optimalno rešitvijo. Tu velja opozoriti, da vseh ciljev ni mogoče vrednotiti v denarnem smislu (npr. raven servisiranja kupcev). Napredni sistemi planiranja omogočajo planiranje upoštevajoč oba opisana koncepta.
2. Naslednjo težavo pri planiranju predstavlja **veliko število različnih možnosti oz. alternativ**, vezanih na planiranje oskrbne verige. Število spremenljivk, ki vplivajo na končen rezultat in izbiro najboljšega planskega scenarija, je praktično neskončno. Naj zgolj omenimo, da so bili v ta namen za podporo procesu planiranja razviti različni matematični modeli (linearno programiranje, heuristike itd.).
3. Tretji in verjetno najtežji problem planiranja je **obvladovanje negotovosti**. Bistvo planiranja je predvidevanje razvoja dogodkov in aktivnosti v prihodnosti. Podatki sicer lahko temeljijo na različnih modelih predvidevanja, vendar bo pri planiranju vedno prisotna bolj ali manj pomembna napaka. Te napake predvidevanja zmanjšujejo razpoložljivost izdelkov in znižujejo raven storitev za stranke (angl. *customer service level*). V takšnih primerih lahko podjetja uporabijo instrument varnostnih zalog in s tem zmanjšajo vpliv negotovosti na razpoložljivost izdelkov.

V praksi je praviloma tako, da realizacija odstopa od plana. Te odstopa je treba nadzorovati in kadar so le-ti preveliki, je treba plane posodobiti. Izvajanje drsečega planiranja je primer izvajanja procesa PDCA (angl. *plan-do-check-act*). Planski horizont (npr. 1 leto) se razdeli na več obdobj (npr. mesecev). Ob koncu decembra predhodnega leta se pripravi plan za naslednje leto od januarja do decembra. V praksi se izvaja plan za prvi mesec, to je v zamrznjenem obdobju. Proti koncu prvega meseca se ponovno pripravi drseči plan za naslednjih 12 mesecev (obdobje planskega horizonta) upoštevajoč nove informacije tekom prvega meseca ter posodobljene napovedi za prihodnje obdobje. Nov plan tako prekriva prejšnjega in podaljša horizont planiranja za nov mesec (Slika 3).

Slika 3: Koncept drsečega planiranja (in prekrivajoči se horizonti planiranja)



Vir: L. Guimaraes, D. Klabjanb & B. Almada-Loboa, *Rolling horizon formulations for short-to-medium term production planning*, 2015, str. 9.

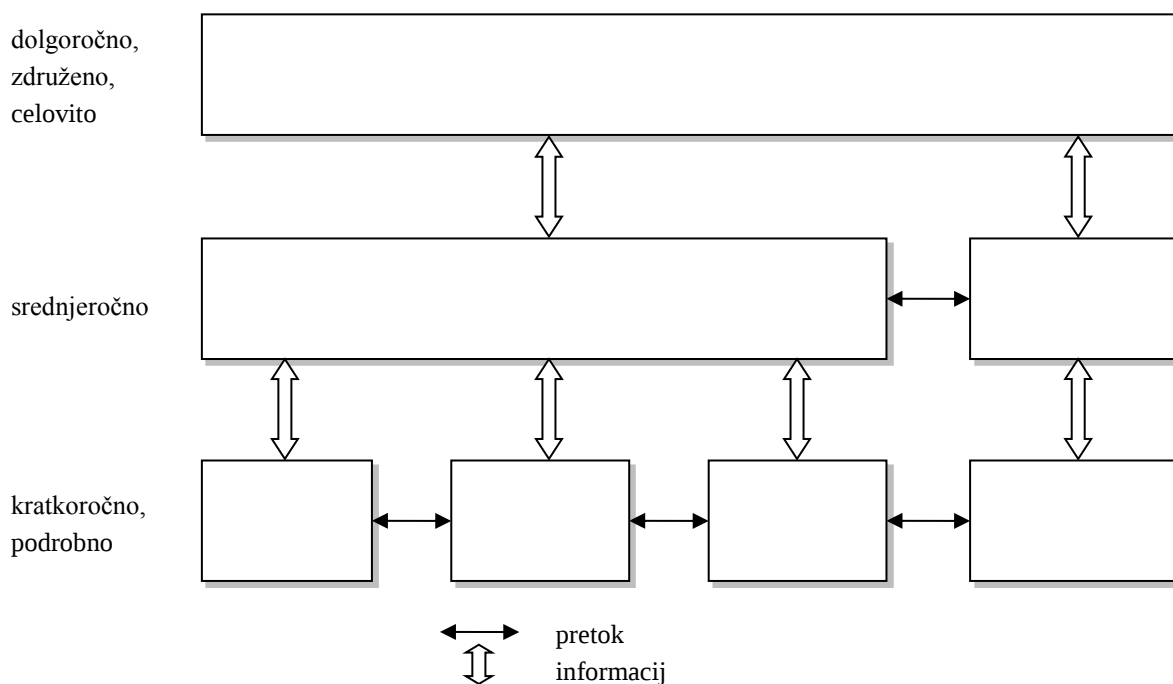
Proces drsečega planiranja je običajen način obvladovanja negotovosti v klasičnih in naprednih sistemih planiranja. Bolj učinkovit je sistem posodabljanja planov ob nastopu dogodkov, ki kritično vplivajo na izvedljivost plana (angl. *event driven planning*): plan se tu ne posodablja v rednih časovnih intervalih, ampak samo ob nastopu pomembnejših plansko relevantnih dogodkov, npr. nepričakovana prodaja, večja sprememba povpraševanja, okvare strojev v proizvodnji in podobno. Takšen pristop zahteva nenehno posodabljanje vhodnih podatkov za planiranje (zaloge, nedovršena proizvodnja ...), da so na voljo vedno, ko jih planiranje potrebuje. To je osnova delovanja naprednih sistemov planiranja, ki v realnem času črpajo podatke iz tradicionalnih ERP sistemov in z uporabo vnaprej določenih matematičnih modelov, hevristik in drugih kvantitativnih metod omogočajo podporo odločanju, določitev optimalnih planskih scenarijev ter vračanje podatkov nazaj v izvajanje ERP sistemu (Guimaraes, Klabjanb, & Almada-Loboa, 2015).

Navedimo tri ključne značilnosti naprednih sistemov planiranja, ki jih klasični koncept planiranja materialnih potreb (MRP) ne zagotavlja:

- **Integrirano planiranje** celotne oskrbne verige posameznega podjetja od dobaviteljev do končnega kupca ali celo integrirano planiranje oskrbne verige mreže povezanih podjetij.
- **Prava optimizacija**: pravilna opredelitev alternativ, ciljev in omejitev za različne probleme planiranja z uporabo različnih hevristik in optimizacijskih metod.
- **Sistem hierarhičnega planiranja**, ki edini omogoča hkratno izpolnitev predhodnih dveh karakteristik. Optimalno planiranje celotne oskrbne verige ni mogoče z istočasnim izvajanjem vseh planskih aktivnosti naenkrat, kar bi bilo povsem

nepraktično, kakor tudi ne s strogo zaporednim izvajanjem planskih nalog, kar ne bi bilo optimalno. Hierarhični pristop k planiranju predstavlja kompromis med praktično izvedljivostjo planiranja ter upoštevanjem povezav in medsebojnih odvisnosti posameznih planskih aktivnosti.

Slika 4: Prikaz koncepta hierarhičnega planiranja



Vir: B. Fleischmann, H. Meyr & M. Wagner, *Advanced Planning*, 2005, str. 85.

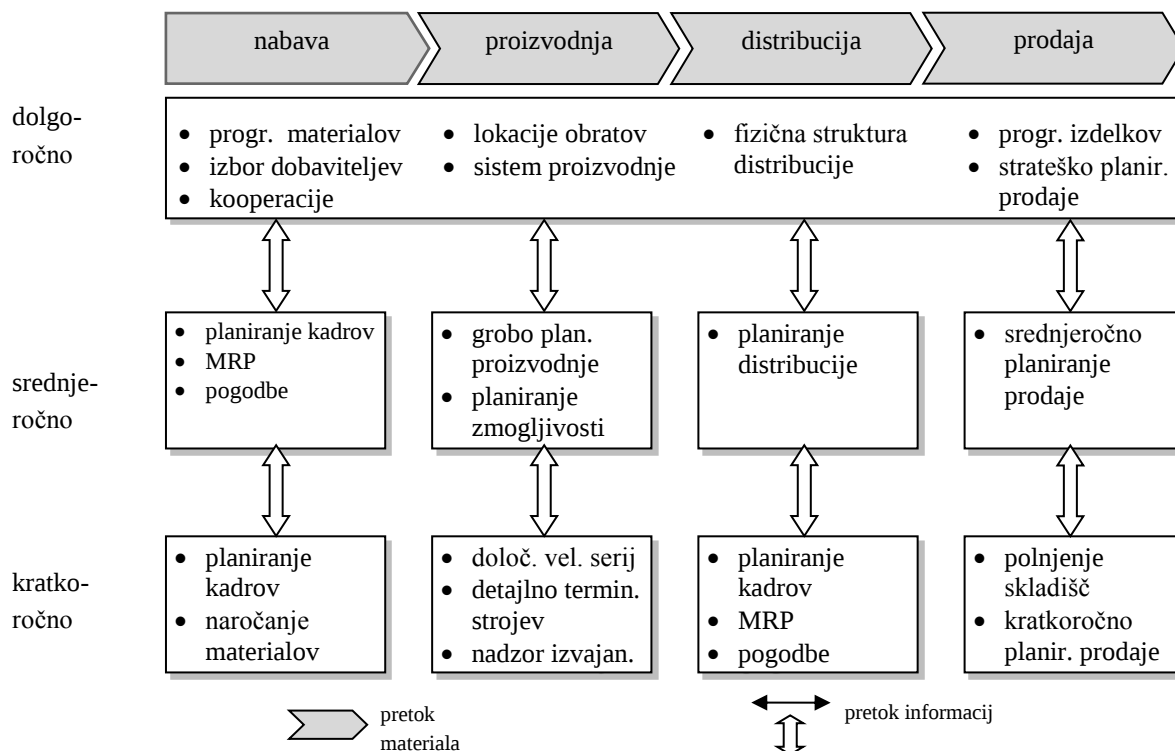
Ključna ideja hierarhičnega planiranja temelji na dekompoziciji naloge planiranja na manjše planske module – to so delni plani, ki pokrivajo posamezno raven, kjer vsaka izmed ravni sicer upošteva celotno oskrbno verigo, vendar se naloge planiranja na posamezni ravni razlikujejo. Na najvišji ravni obstaja le en modul, kjer se oblikuje dolgoročen, celovit, grobi plan. Nižja, kot je raven planiranja, bolj omejeno je področje oskrbne verige, ki ga pokriva plan; sorazmerno se krajša tudi časovni horizont ter povečuje natančnost planiranja. Plani višjih ravni planiranja postavljajo okvir in omejitve nižjim ravnam planiranja, ko se pomikamo po hierarhiji navzdol (Slika 4).

Stopnja natančnosti se povečuje s členitvijo (angl. *disaggregation*) podatkov in rezultatov, ko se pomikamo po hierarhiji navzdol. Združevanje oz. členitev se nanaša na:

- **izdelke**, ki jih združujemo v skupine,
- **stroje in resurse**, ki jih združujemo v skupine zmogljivosti,
- **čas**, obdobja, ki jih združujemo iz krajših v daljša.

Posamezni moduli so povezani preko vertikalnega in horizontalnega pretoka informacij. Natančneje to pomeni, da rezultat planiranja višjega modula v hierarhiji določa omejitve podrejenim planskim modulom, le-ti pa zagotavljajo povratne informacije (stroški, dobavni časi, izkoriščenost itd.) višjim ravnom planiranja. Načrtovanje hierarhičnega sistema planiranja tako zahteva skrbno opredelitev posameznih modulov, razdelitev nalog planiranja med različne module ter določitev informacijskih tokov med moduli.

Slika 5: Matrika planiranja oskrbne verige



Vir: B. Fleischmann et al., *Advanced Planning*, 2005, str. 87; H. Tempelmeier, *Supply Chain Planning with Advanced Planning Systems*, 2001, str. 2.

2.2 Matrika planiranja oskrbne verige

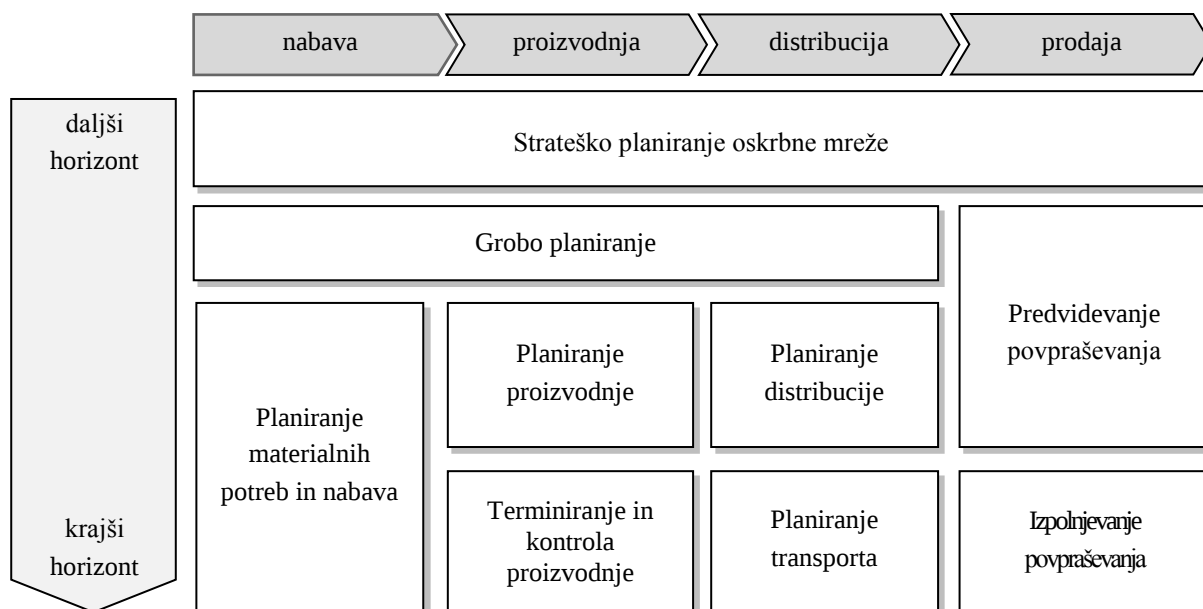
Celotno mrežo oskrbne verige lahko razdelimo na več posameznih oskrbnih verig, v vsaki izmed njih pa se odvijajo štirje osnovni oskrbni procesi. Proces **nabave** vključuje vse podrejene procese, katerih osnovna naloga je preskrba virov, potrebnih za proizvodnjo (npr. materiali, delavci itd.). Omejene proizvodne zmogljivosti so tako vhodni podatek za proces **proizvodnje**, ki je ravno tako lahko sestavljen iz več podprocesov. Proces **distribucije** skrbi za premostitev poti med lokacijo proizvodnje in končnim kupcem oz. drugim podjetjem, ki skrbi za nadaljnje procesiranje izdelka. Gonilo vseh doslej navedenih logističnih procesov pa je predvidevanje povpraševanja in/ali drugi podatki, ki jih določa proces **prodaje**.

Matrika planiranja oskrbne verige (angl. *supply chain planning matrix*) ima dve dimenziji: planski horizont in oskrbni proces (Fleischmann et al., 2005a). Na Sliki 5 so predstavljene aktivnosti tipične oskrbne verige, ki pa se vsebinsko razlikujejo glede na obravnavano poslovno dejavnost. V matriki so dolgoročne aktivnosti prikazane v istem okvirčku, kar ponazarja celovitost in obsežnost naloge strateškega planiranja. Ostale aktivnosti znotraj matrike so prikazane posebej. Matrika planiranja oskrbne verige je tudi osnova za umeščanje posameznih programskih modulov v okviru sistemov naprednega planiranja, ki jih na trgu ponujajo večji ponudniki programskih orodij (SAP, i2, Peoplesoft itd.).

3 STRUKTURA INFORMACIJSKIH SISTEMOV ZA PODPORO PLANIRANJU V OSKRBNI VERIGI

V zadnjem desetletju so se na potrebe planiranja oskrbnih verig v smeri obvladovanja nalog, ki so prikazane v matriki planiranja oskrbne verige, odzvala tudi večja programska podjetja. Čeprav je razvoj programskih orodij različnih ponudnikov potekal neodvisno, ima večina orodij za podporo planiranju v oskrbni verigi skupne značilnosti in podobno zgradbo, ki je podrobneje prikazana na Sliki 6. Programski moduli posameznih podjetij imajo sicer različna imena, vendar so naloge planiranja, ki jih pokrivajo, enake. Oznake modulov na Sliki 6 so prikazane neodvisno od poimenovanj posameznih ponudnikov programskih rešitev za podporo planiranju.

Slika 6: Informacijski sistemi (programski moduli) za podporo procesom iz matrike planiranja oskrbne verige



Vir: H. Meyr et al., *Structure of Advanced Planning Systems*, 2005, str. 109.

Upoštevajoč matriko planiranja oskrbne verige bomo v nadaljevanju na kratko pojasnili, katere procese planiranja pokriva vsak od navedenih modulov.

Strateško planiranje oskrbne mreže zajema vse štiri osnovne logistične procese; še posebej odločitve glede proizvodnih lokacij in strukture distribucijske mreže. Obravnava tudi strateška prodajna vprašanja, kot so npr. določanje prodajnega portfelja in odločitve o umeščanju posameznih izdelkov na izbrane trge. V osnovi se na tej ravni planiranja določi osnovna struktura oskrbne verige in opredelijo osnovni materialni tokovi do dobaviteljev in končnih kupcev.

V okviru procesa **predvidevanja povpraševanja** se nadaljujejo aktivnosti strateškega planiranja prodaje, npr. dolgoročne ocene povpraševanja in srednjeročno planiranje prodaje.

Večina programskih rešitev za napredno planiranje ponuja tudi modul **izpolnjevanje povpraševanja** (angl. *available to promise*), ki pokriva kratkoročno planiranje prodaje.

Naloga modula **grobega planiranja** je koordinacija planov nabave, proizvodnje in distribucije v srednjeročnem planskem obdobju. Planiranje na tej ravni poteka ob sočasnem upoštevanju omejitev zmogljivosti proizvodnje, razpoložljivosti delovne sile in zmogljivosti distribucije.

Planiranje proizvodnje in detajlno terminiranje pri večini ponudnikov poteka v okviru istega modula, gre pa za planiranje velikosti serij, natančno planiranje posameznih zmogljivosti in nadzor izvajanja proizvodnje. Planiranje na tej ravni je še posebej odvisno od organizacije proizvodnega sistema, zato je treba pri planiranju eksplicitno upoštevati vsa ozka grla. Kadar je proizvodnja organizirana večfazno, jo je treba temu primerno planirati integrirano in celovito. Za različne potrebe posameznih dejavnosti oz. panog so nekateri ponudniki razvili specifične programske module, ki pokrivajo posebnosti posameznih industrij.

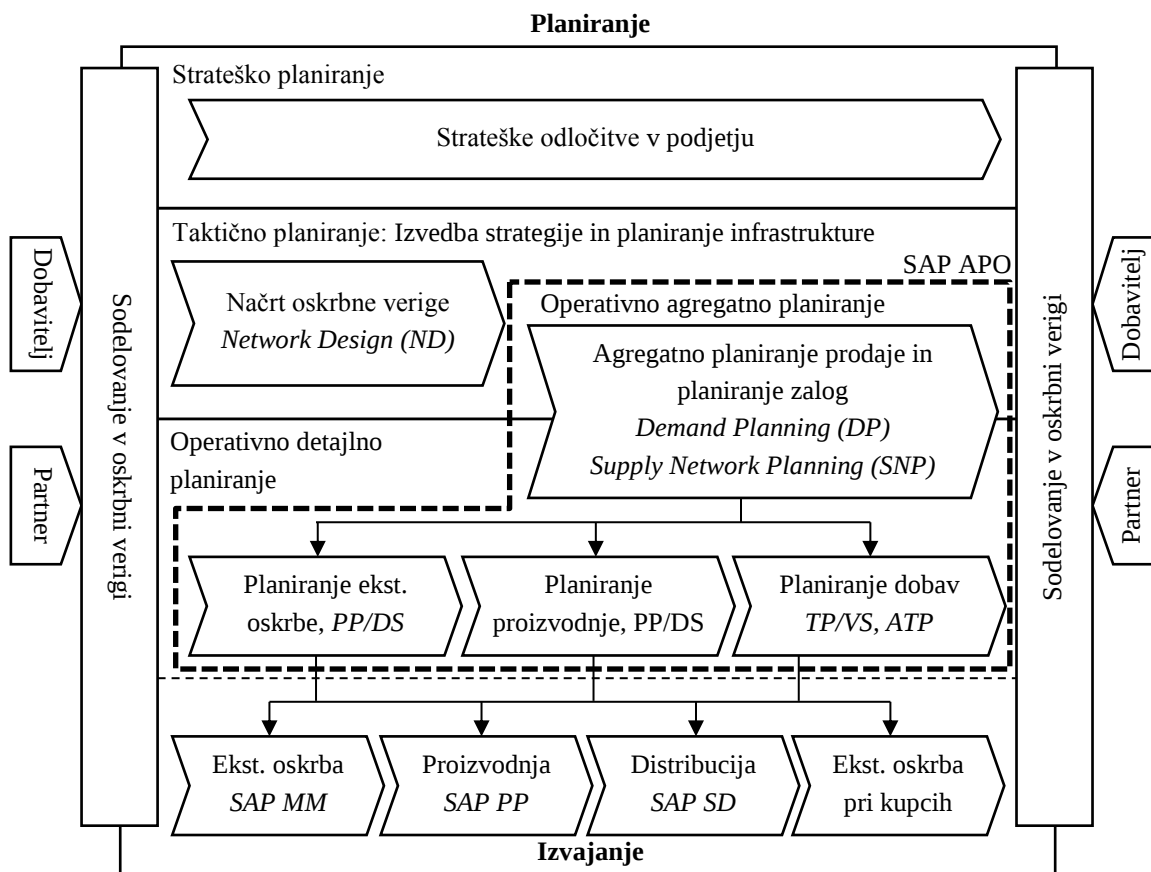
Modula **planiranje distribucije** in **planiranje transporta** se ukvarjata z natančnejšim planiranjem materialnih tokov ter kratkoročnim planiranjem transportov.

Aktivnosti **nabave in planiranja materialnih potreb**, kjer gre predvsem za izračun potreb na osnovi eksplozije kosovnic in naročanje materialov, se tradicionalno pogostokrat še vedno izvajajo v okviru ERP sistemov, ki pa ne omogočajo vseh »naprednih« funkcionalnosti planiranja, kot so npr. planiranje alternativnih dobaviteljev, upoštevanje količinskih popustov ter uporaba minimalnih in maksimalnih količin naročanja.

Predstavljeni moduli sestavljajo posamezne enote celovitega nabora orodij sistema naprednega planiranja. Podjetje z nakupom rešitve običajno dobijo pravice oziroma licence

do uporabe vseh modulov, ni pa nujno, da se vsi uporabijo tudi v praksi. Katere module bo posamezno podjetje uporabljalo, je odvisno predvsem od podjetja in značilnosti obravnavane oskrbne verige. Včasih je dovolj uvedba zgolj nekaterih modulov, ki so za delovanje in učinkovitost posamezne oskrbne verige najbolj kritični.

Slika 7: Povezava SAP SCM aplikacij z različnimi ravni obvladovanja oskrbne verige



Vir: M. Hoppe, *Sales and Inventory Planning with SAPAPO*, 2007, str. 22.

Podjetje SAP, ki je največje svetovno podjetje na področju poslovnih informacijskih sistemov, za obvladovanje in informacijsko podporo v oskrbni verigi ponuja svojo rešitev SAP SCM (angl. *supply chain management*). SAP SCM je informacijski sistem za celovito in integrirano obvladovanje in optimizacijo oskrbnih verig od nabave surovin do dostave končnega izdelka kupcem. SAP SCM ponuja celovit pregled nad oskrbno verigo podjetja in podporo procesom investicijskega planiranja, planiranja prodaje, grobega in detajlnega planiranja proizvodnje ter planiranja distribucije.

Z uporabo SAP SCM rešitve lahko popolnoma integriramo oskrbne procese (Slika 7). Na ravni taktičnega planiranja lahko začnemo načrtovanje oskrbne mreže (modul *Network Design – ND*) in določanje oskrbnih lokacij v okviru oskrbne verige podjetja. Funkcije agregatnega planiranja prodaje in planiranja zalog (modula *Demand Planning – DP* in

Supply Network Planning – SNP) omogočajo usklajevanje potreb prodaje in razpoložljivih zmogljivosti oskrbne verige. Na operativni ravni poteka planiranje zunanje oskrbe (nabave) in planiranje proizvodnje (modul *Production Planning and Detailed Scheduling – PP/DS*) ter planiranje dobav izdelkov kupcem (modula *Transportation Planning and Vehicle Scheduling – TP/VS* in *Available to Promise – ATP*).

Ravni planiranja sledi raven izvajanja procesov oskrbe v okviru SAP ERP sistema: obvladovanje nabavnih naročil (npr. modul *Materials Management – MM*), izvajanje proizvodnega procesa in izvajanje distribucije izdelkov do končnih kupcev. Ves čas pa je na voljo tudi možnost povezovanja in sodelovanja z zunanjimi partnerji v oskrbni verigi.

Posamezni moduli in povezane aktivnosti planiranja so opisani v nadaljevanju.

3.1 Strateško planiranje oskrbne mreže

Naloga strateškega planiranja oskrbne mreže je vzpostavitev takšne oskrbne verige, ki bo podjetju v daljšem časovnem obdobju prinesla maksimalne ekonomske učinke. Poleg razvoja izdelkov in marketinga predstavlja oskrbna veriga enega ključnih vzvodov podjetij za doseganje dolgoročnih strateških ciljev. V okviru procesa strateškega planiranja podjetja določijo ključne proizvode, prodajne trge, proizvodne tehnologije in dobavitelje ključnih surovin. Pomembno je tudi, da se podjetja sproti odzivajo na spreminjajoče se tržne razmere in skladno s spremembami pravočasno preoblikujejo ter prilagodijo strategije svojih oskrbnih verig (Goetschalckx & Fleischmann, 2005).

Časovni horizont strateškega planiranja se običajno giblje med tremi in desetimi leti ter vključuje odločitve v zvezi s ciljnim trgi in proizvodi, strukturo proizvodnega procesa, nove investicije ali odprodajo proizvodnih obratov in distribucijskih centrov, namestitve novih proizvodnih linij in podobno. Kriterij za odločanje je tu običajno dolgoročna finančna korist v obliki maksimiranja neto sedanje vrednosti prihodkov oz. zaslужka, ki ga posamezna strateška odločitev prinaša. Odločitve v procesu strateškega planiranja oskrbne verige imajo torej ključen vpliv na dolgoročno dobičkonosnost in strateški položaj podjetja. Glede na svoj pomen je razumljivo, da se tovrstne odločitve sprejemajo na najvišjih nivojih v podjetju.

Za vzpostavitev učinkovitega sistema za podporo načrtovanju oskrbnih verig je nujno spoznanje, da je treba oskrbno verigo podjetja obravnavati celovito, globalno ter upoštevati stohastične značilnosti oskrbnih verig. To pomeni povezavo ravni strateškega planiranja s podrejenimi odločitvami operativnega planiranja (srednje- in kratkoročnega). Med operativno planiranje štejemo vse odločitve v zvezi z materialnimi tokovi (nabavo, proizvodnjo in distribucijo) v okviru oskrbne mreže.

Povezava med strateškim in operativnim planiranjem je logična, saj vemo, da obe ravni planiranja vplivata na cilje strateškega planiranja. Na finančne cilje podjetja vplivajo tako dolgoročne odločitve glede investicij kot tekoči finančni (letni) rezultati, ki so posledica operativnega planiranja. Odločitve glede investicij vplivajo tudi na operativno planiranje. Na primer: investicija v nakup novega stroja lahko bistveno vpliva na variabilne stroške proizvodnje. Zadovoljstvo kupcev je zelo odvisno od operativne učinkovitosti oskrbe – kratkih dobavnih rokov, zanesljivosti dobave in od odločitev glede lokacije zmogljivosti (npr. nov proizvodni obrat ali distribucijski center lahko precej pozitivno vpliva na zadovoljstvo kupcev v določeni državi).

Za modul strateškega planiranja oskrbne mreže v okviru sistema naprednega planiranja je značilna slabša povezanost z ostalimi moduli in ERP sistemom. Pogosto se torej uporablja kot samostojna programska rešitev. Za svoje delovanje modul ne potrebuje podatkov o zalogah ali razpoložljivosti zmogljivosti. Zgodovinski podatki o povpraševanju v preteklih obdobjih so sicer lahko koristni, vendar jih je treba precej prilagoditi za uporabo v scenarijih dolgoročnega predvidevanja. Večine podatkov, ki jih potrebujemo za strateško planiranje oskrbne mreže, ni mogoče pridobiti iz ERP sistemov – gre za podatke o novih izdelkih, novih trgih in novi opremi, investicijske podatke, podatke o stopnjah amortizacije itd.

Ključna naloga modula strateškega planiranja oskrbne mreže v okviru sistemov naprednega planiranja je zagotavljanje ustreznih funkcionalnosti za:

- oblikovanje alternativnih rešitev,
- vrednotenje različnih rešitev,
- obvladovanje različnih rešitev in scenarijev ter
- poročanje, vizualizacijo in primerjavo rezultatov različnih rešitev.

Zadnji dve funkcionalnosti sta še posebej pomembni predvsem zaradi ponavljajočega se značaja procesa strateškega planiranja in analize velikega števila različnih alternativnih rešitev in scenarijev.

SAP-ovo orodje *Supply Chain Design* (v nadaljevanju SCD) ponuja grafični uporabniški vmesnik za modeliranje, ponazoritev in nadzor nad oskrbno verigo (Hoppe, 2007). Vsebuje orodja Nadzorna plošča (angl. *Cockpit*), Načrtovalec (angl. *Engineer*) in Nadzornik opozoril (angl. *Alert Monitor*), ki omogočajo podrobni vizualni pregled nad oskrbno verigo in različnimi ravnmi planiranja v podjetju (povpraševanje, proizvodnja, distribucija, transport). Z orodjem načrtovanja oskrbne verige lahko modeliramo in simuliramo delovanje oskrbnih mrež in povezav vzdolž oskrbne verige. Transportne vezi predstavljajo povezave med različnimi lokacijami v oskrbni mreži (dobavitelj, proizvodni obrat, distribucijski center, kupec). V okviru procesa planiranja lahko uporabnik generira različne verzije planov za potrebe izvajanja simulacij delovanja oskrbne mreže. Z nadzornikom

opozoril planer spremlja status izvajanja plana. Orodje glede na vnaprej določena pravila in kriterije sproži opozorila planerju, npr. o prekoračenih zmogljivostih določenega resursa v oskrbni mreži (proizvodne lokacije, skladiščne lokacije itd.).

3.2 Predvidevanje povpraševanja

Predvidevanje oziroma napovedovanje prihodnosti je staro kot človeštvo. Tudi v poslovnem okolju obstaja velik interes videti v prihodnost in napovedati razvoj poslovnih procesov, ki ustvarjajo vrednost: povpraševanja in prodaje, nakupa in porabe materialov, proizvodnega ciklusa in dobavnih časov, razpoložljivih zmogljivosti, kakovosti izdelkov itd. Predvidevanje v poslovnem okolju je organizirana, s podatki ter matematičnimi in statističnimi metodami podprta dejavnost (Ljubič, 2008).

Koristi, povezane z managementom oskrbnih verig, se pogosto povezujejo z zmanjševanjem zalog vzdolž oskrbne verige, še posebej varnostnih zalog, ki so neposredno povezane z negotovostjo. Kadar je čas nabave materialov in proizvodnje obravnavanega izdelka daljši od časa med naročilom in dobavo izdelka končnemu kupcu, je predvidevanje povpraševanja ključno za zagotavljanje razpoložljivosti izdelka končnim kupcem.

Negotovost v oskrbnih verigah izvira iz (Wagner, 2005):

- nezanesljivosti v procesih, npr. nezanesljivost proizvodnega procesa, variabilni dobavni časi itd. in
- negotovosti povpraševanja, ki se kaže v razliki med planirano in dejansko realizirano prodajo.

Bistvo predvidevanja povpraševanja je torej izboljšanje kakovosti odločitev, ki vplivajo na točnost prodajnega planiranja in izračun potrebne količine varnostnih zalog za doseganje zelene ravni razpoložljivosti izdelkov. Vse odločitve v okviru oskrbne verige bi morale temeljiti na obstoječih prodajnih naročilih in prodajnih planih, ki so rezultat procesa predvidevanja povpraševanja (Wagner, 2005).

Rusjan (2009) dodatno poudari pomen predvidevanja povpraševanja zaradi neposredne povezave s sistemom planiranja in kontrole v proizvodni poslovni funkciji, ker je predvidevanje povpraševanja osnova za sprejemanje odločitev o zmogljivostih za pokrivanje predvidenega povpraševanja.

Vollmann et al. (2005) poudarjajo, da informacije glede predvidenega povpraševanja pridobivamo iz različnih virov, vsebujejo različne ravni združevanja ter vključujejo različne predpostavke glede trgov, zato jih je treba pred uporabo v procesu predvidevanja kritično ovrednotiti in uskladiti.

3.2.1 Proces in metode predvidevanja povpraševanja

Proces predvidevanja povpraševanja je odvisen od vrste odločitev, ki jih moramo sprejemati (Rusjan, 2009; Vollmann et al., 2005):

- Dolgoročno predvidevanje povpraševanja pokriva obdobje vsaj nekaj let in je pogostokrat del procesa strateškega načrtovanja poslovanja. Izvaja se ga na najvišjih agregatnih ravneh, npr. vrednostno, po skupinah proizvodov in geografskih regijah. Pomembno je za odločitve strateškega značaja, kot so izgradnja novih proizvodnih zmogljivosti, vpeljava novih proizvodnih programov in podobno. V proces dolgoročnega predvidevanja povpraševanja je običajno močno vključeno najvišje vodstvo podjetja.
- Srednjeročno predvidevanje povpraševanja zajema časovni horizont od 6 do 18 mesecev in se izvaja za družine proizvodov in pogosto vključuje sezonske značilnosti povpraševanja. Pomembno je za odločitve o prilagajanju proizvodnje sezonskim nihanjem povpraševanja.
- Kratkoročno predvidevanje povpraševanja zajema obdobje od nekaj tednov (včasih tudi nekaj dni) do nekaj mesecev in se izvaja na najbolj podrobni ravni, to je na konkretnih izdelkih za določene kupce. Izvaja se zelo pogosto oz. kontinuirano po ustaljenih postopkih. Pomembno je za odločitve operativnega planiranja, kjer se opredeli čas proizvodnje posameznega izdelka, velikost zalog in podobno.

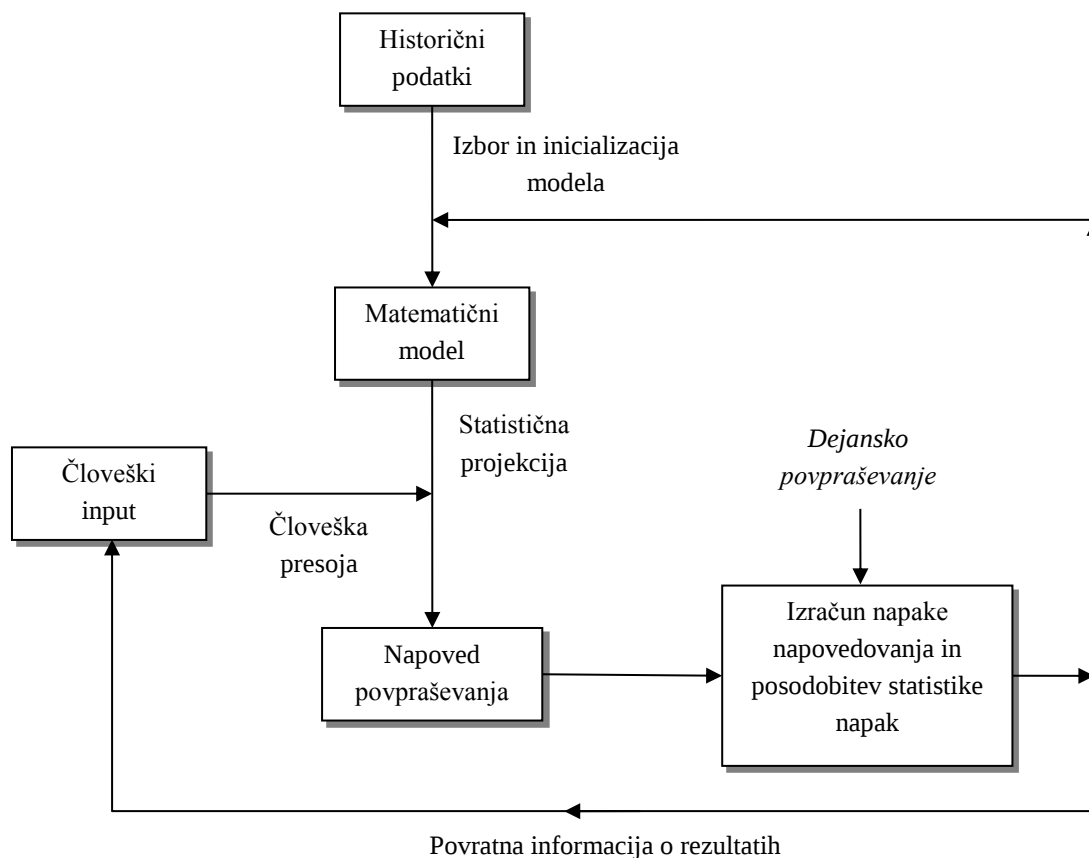
Metode predvidevanja lahko glede na vir znanja razdelimo v dve osnovni skupini (Rusjan, 2009):

- kvalitativne metode, ki so primernejše za predvidevanje dogodkov za daljše časovno obdobje in kadar v prihodnosti pričakujemo večje spremembe glede na preteklost in sedanost (ocene managementa podjetja, metodo Delfi, ocene prodajnega osebja, anketiranje kupcev, iskanje vzporednic s podobnimi proizvodi in tržne raziskave),
- kvantitativne metode, ki vključujejo matematične in statistične modele temelječe na podatkih iz preteklosti in predpostavki, da gibanja v prihodnosti lahko predvidimo na podlagi gibanj v preteklosti (metode dolgoročnega predvidevanja povpraševanja, kjer določamo predvsem trend gibanja povpraševanja – npr. linearna, nelinearna regresija; metode kratkoročnega napovedovanja povpraševanja, kjer določamo predvsem sezonsko komponento in slučajna nihanja povpraševanja, tj. analize časovnih vrst – metoda drsečih sredin, metoda tehtanih drsečih sredin, metoda eksponentnega glajenja).

Za doseganje najboljših rezultatov je priporočeno kombiniranje ekstrapoliranih podatkov preteklega povpraševanja (kvantitativne oz. statistične metode) in človekove ocene gibanja

povpraševanja v prihodnje (kvalitativne metode, npr. informacije o fiksnih naročilih končnih kupcev, ocenah marketinga, načrtovanih promocijah, aktivnostih konkurence, makroekonomskih dejavnikih itd.) (Slika 8).

Slika 8: Sistem oz. proces predvidevanja povpraševanja z združevanjem kvalitativnih in kvantitativnih metod



Vir: A. E. Silver, F. D. Pyke, R. Petersen, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 1998, str. 75.

V procesu napovedovanja je še posebej pomemben človeški dejavnik oz. človeška presoja in korekcija podatkov, ki jih predlagajo različni matematični in statistični modeli, in sicer (Wagner, 2005):

- **Revidirane ročne napovedi.** Osnova so napovedi odgovornih planerjev na osnovi planerju znanih podatkov (historični podatki, vzročni dejavniki itd.). Tem napovedim planer doda napovedi, izračunane na osnovi statističnih modelov, in jih primerja s svojimi napovedmi. Po lastni presoji se odloča o korekciji svojih osnovnih napovedi, vendar ne po vnaprej določenem kriteriju. Tak način napovedovanja pripomore k točnejšemu napovedovanju, hkrati pa prepušča nadzor nad rezultati napovedovanja človeškim planerjem.

- **Kombinirane napovedi.** Prejšnja metoda dovoljuje prosto presojo planerjev o upoštevanju statističnih napovedi, zato je pogostokrat pristranska in preveč subjektivna. Bolj strukturiran in formaliziran pristop omogoča kombinirano napovedovanje, kjer se statistične in napovedi planerjev kombinirajo po vnaprej določenem razmerju. S tem dosežemo tudi večjo objektivnost prodajnih napovedi.
- **Revidirane statistične napovedi.** Osnova tej metodi so statistične napovedi, ki jih odgovorni planerji korigirajo na osnovi vnaprej določenih kriterijev (npr. promocijske aktivnosti, vremenski vplivi, vplivi konkurence itd.).
- **Napovedovanje po vnaprej določenih pravilih** (angl. *rule-based forecasts*). Ta metoda ravno tako temelji na statističnih metodah, katerim je treba dodati ekspertno znanje.
- **Ekonometrične napovedi.** Ta metoda vključuje regresijske modele, če izbor modela in določitev vzročnih spremenljivk modela temelji na strukturirani presoji človeških planerjev. Ta metoda je najbolj učinkovita pri dolgoročnem napovedovanju.

Opozorimo naj tudi na pomen opazovanja dejanskega povpraševanja in analiziranja napak napovedovanja, kar je pomembno predvsem iz treh vidikov:

- količina potrebnih varnostnih zalog za zagotavljanje razpoložljivosti varnostnih zalog je odvisna od velikosti napak napovedovanja; večja, kot je napaka napovedovanja, višje bodo običajno varnostne zaloge,
- statistična napoved temelji na uporabljenih statističnih modelih, katerih rezultati so odvisni od vhodnih parametrov; vrste napak napovedovanja (v plus ali minus) naj bi nakazovale potrebo po popravkih vrednosti vhodnih spremenljivk ali celo uporabo drugega statističnega modela, če so napake napovedovanja prevelike,
- napake v napovedovanju kažejo tudi na rezultate in kakovost subjektivnih ocen planerjev in prispevka posameznika k procesu napovedovanja.

Večina ponudnikov APS v okviru modula napovedovanja povpraševanja ponuja tudi funkcionalnost izračuna varnostnih zalog, kar je seveda razumljivo, saj je napaka v napovedovanju povpraševanja ključen dejavnik, ki vpliva na višino varnostnih zalog. Varnostne zaloge po Rusjanu (2009) podjetja vzpostavljajo zaradi negotovosti povpraševanja, dobave in proizvodnje. Na končnih izdelkih vzpostavljamo varnostne zaloge, ker lahko povpraševanje v prihodnosti zgolj predvidevamo; če je dejansko povpraševanje večje od predvidenega, se ta del pokrije s pomočjo varnostnih zalog. Poleg varnostnih zalog na končnih izdelkih, ki jih obravnavamo v okviru modula napovedovanja povpraševanja, podjetja vzpostavljajo varnostne zaloge tudi na vhodnih materialih in nedokončani proizvodnji, s čimer zmanjšujejo negotovost glede dobavnih rokov, kakovosti vhodnih materialov, tveganja, vezana na okvare strojev v proizvodnji, spremembe naročil itd. Varnostne zaloge je mogoče znižati, če lahko vplivamo na zmanjšanje negotovosti, ki je razlog za oblikovanje določenih zalog.

3.2.2 Planiranje prodaje v informacijskem sistemu SAP APO

Informacijski sistem SAP APO ponuja močno orodje za planiranje prodaje (v nadaljevanju APO DP). Modul APO DP se uporablja za planiranje količin, ki jih je treba proizvesti, in je sestavljen iz nabora metod za statistično projekcijo povpraševanja in različnih planskih orodij za čim natančnejši izračun ocene povpraševanja v prihodnje (Hoppe, 2007):

- večnivojsko planiranje,
- predvidevanje povpraševanja,
- obvladovanje življenjskega cikla izdelkov in
- planiranja promocij.

APO DP omogoča tudi tesno sodelovanje s poslovnimi partnerji podjetja z uporabo različnih internetnih orodij za izmenjavo podatkov relevantnih za proces planiranja prodaje (npr. promocijske in trženjske aktivnosti).

Večnivojsko planiranje omogoča prikaz konkretnih podatkov, generiranje statistične projekcije in planiranje prodaje na vseh možnih ravneh in preko različnih dimenzij:

- po karakteristikah izdelka (izdelek → skupina izdelkov → družina izdelkov → blagovna znamka),
- po geografski dimenziji (prodajna pisarna → regija → država → kontinent),
- po časovni dimenziji (dan → teden → mesec → leto).

Predvidevanje povpraševanja naj bi temeljilo na historičnih podatkih, ki odražajo normalne lastnosti povpraševanja in jih je mogoče ekstrapolirati v prihodnosti. To pomeni, da je treba iz historičnih podatkov najprej odstraniti vse nenormalne pojave, kot so manjkajoče vrednosti, ekstremi, strukturne spremembe v podatkih, odkloni, ki so posledica delovnega koledarja (npr. število delovnih dni v mesecu), in vpliv promocij. Z izključitvijo naštetih dejavnikov lahko znatno vplivamo na kakovost statistične projekcije. APO DP ponuja nekatera standardna orodja čiščenje prodajne zgodovine, omogoča pa tudi izdelavo lastnih makrojev za izvajanje specifičnih izračunov prilagojenih značilnostim posameznega podjetja.

Žal tudi APO DP ne ponuja splošne in univerzalno uporabne formule, ki bi omogočala kvalitetno projekcijo prihodnjega povpraševanja za izdelke v različnih fazah življenjskega cikla in različnimi lastnostmi povpraševanja. Kakovostne projekcije so bolj rezultat kombiniranja različnih metod, ki jih APO DP deli v tri skupine: metode časovnih vrst, vzročni in kompozitni modeli predvidevanja povpraševanja. V praksi pa večina podjetij ne uporablja nobene od metod napovedovanja ali pa uporabljajo napačne (Gulyassy, Hoppe, Isermann, Kohler, 2010). Ključno vlogo pri pravilni izbiri metode napovedovanja igra predvsem kakovost historičnih podatkov.

Obvladovanje **življenjskega cikla izdelkov** v sistemu APO DP se odraža v naboru razpoložljivih strategij planiranja za izdelke v različnih življenjskih fazah (nova lansiranja, obdobje rasti, obdobje zrelosti oz. stagnacije in opuščanje izdelkov). V APO DP lahko navedene faze življenjskega cikla izdelkov modeliramo v nastavitvenih profilih vpeljave (angl. *phase-in*) in opuščanja (angl. *phase out*). Profil vpeljave simulira krivuljo rasti prodaje za novo lansirane in rastoče izdelke. Na drugi strani omogoča profil opuščanja simulacijo faze opuščanja in s tem upada pričakovane prodaje izdelkov pred ukinitvijo.

Planiranje promocij v APO DP je pomembno zaradi potrebe po ločenem planiranju vpliva promocijskih aktivnosti na planiranje prodajnih količin za razliko od standardnega predvidevanja povpraševanja na podlagi podatkov prodajne zgodovine. APO DP ponuja orodja za ločeno planiranje promocij, ki se na koncu prištejejo k osnovnemu prodajnemu planu. Na voljo so tudi različna poročila za spremljanje promocijskih aktivnosti, stroškov, analizo vplivov promocijskih kampanj na bazično povpraševanje in učinkovitost promocij. Modul APO DP omogoča tudi tesno integracijo z modulom SAP Customer Relationship Management (SAP CRM).

3.3 Grobo planiranje proizvodnje

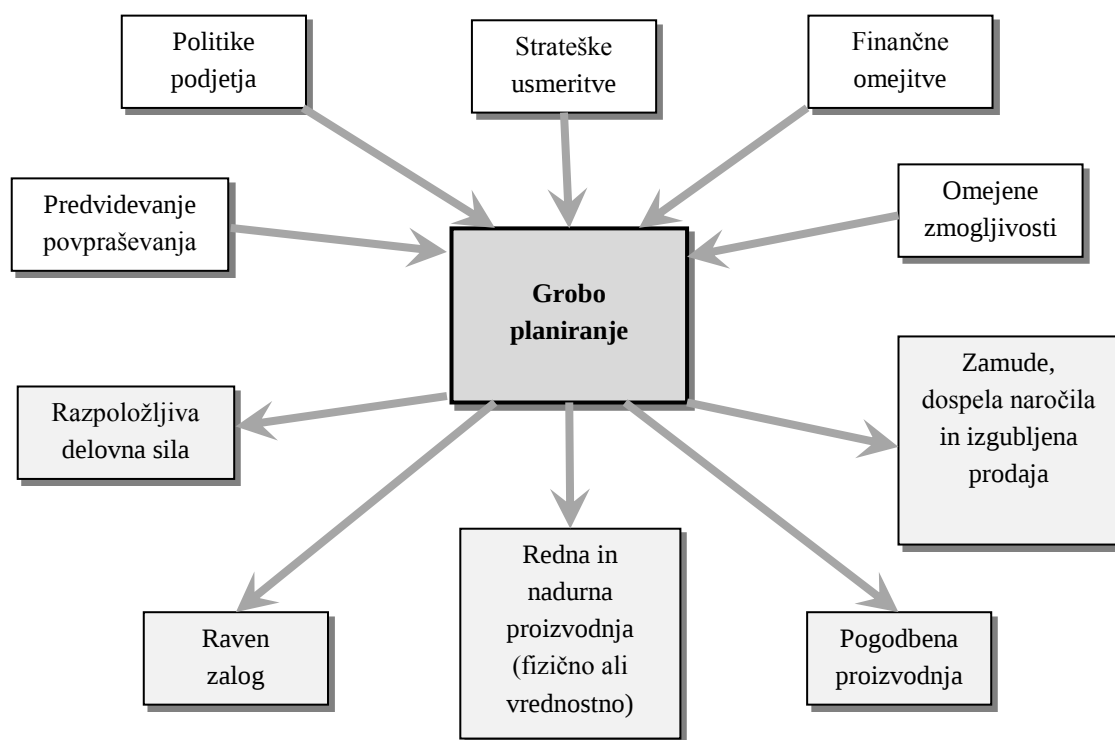
Glavni pomen procesa grobega oz. mesečnega planiranja zmogljivosti je podpora odločanju v zvezi z optimalnim izkoriščanjem proizvodnih, skladiščnih in transportnih zmogljivosti, obvladovanjem sezonskih zalog in uravnavanjem ponudbe in povpraševanja (Slika 9). Gre tudi za usklajevanje materialnih tokov vzdolž celotne oskrbne verige, ki posledično vodi do zmanjšanja zalog proizvodnih in distribucijskih enot v oskrbni verigi (Rohde & Wagner, 2005)

V procesu grobega planiranja podjetja ugotavljajo, kakšne zmogljivosti bodo potrebovala v srednjeročnem obdobju do 24 mesecev, ki je običajen horizont za to raven planiranja. Pomembno je tudi, da obravnavani horizont zajame obdobje vsaj enega sezonskega cikla, s čimer lahko obravnavamo vse vrhunce povpraševanja. Horizont grobega planiranja je običajno prekratek za povečevanje zmogljivosti z izgradnjo novih tovarn ali nakupom opreme, mogoče pa je prilagajati zmogljivost proizvodnje povpraševanju z najemom ali odpuščanjem začasne delovne sile, podaljševanjem delovnega tedna, vpeljevanjem dodatnih delovnih izmen, nadurnim delom in podobno (Russel & Taylor, 2006).

Pri grobem planiranju skušamo zmogljivosti, proizvode in količine izražati čim bolj agregatno, ker je za daljše obdobje težko izdelovati podrobne plane. To pomeni, da se npr. plani pripravljajo za skupine ali družine proizvodov namesto za konkretne izdelke. Zmogljivosti raznovrstnih resursov prevajamo na skupni imenovalec, običajno so to delovne ure, izmene ali delovni dnevi (Vollmann et al., 2005).

Grobo planiranje je pri vrhu hierarhije sistema planiranja v oskrbni verigi in zato pomembno vpliva na nižje ravni planiranja v podjetju – planiranje proizvodnje in podrobno terminiranje, planiranje distribucije in planiranje transportov.

Slika 9: Proces grobega planiranja zmogljivosti v podjetju s prikazom vhodnih omejitev in izhodnih rezultatov planiranja



Vir: R. S. Russell & B. W. Taylor, Operations management: quality and competitiveness in a global environment, 2006, str. 582.

Na osnovi podatkov oz. napovedi modula predvidevanja povpraševanja je cilj procesa grobega planiranja priprava grobega plana za vse proizvodne in distribucijske enote v okviru oskrbne verige. Upoštevati je treba razpoložljive zmogljivosti in medsebojne povezave posameznih ravni in enot proizvodnje ter distribucije, saj le tako lahko pridemo do usklajenega plana v smislu optimalne izkoriščenosti zmogljivosti oskrbne verige in usklajenih materialnih tokov, ki omogočajo minimalne zaloge v celotni oskrbni verigi.

Za uporabo modula grobega planiranja morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji (Rohde & Wagner, 2005):

- da je izdelke, ki jih proizvajamo in transportiramo, možno deliti in proizvajati v različnih obdobjih,

- polizdelke in končne izdelke je mogoče hraniti na zalogi (vsaj za določen čas), da lahko zmogljivosti uravnavamo s proizvodnjo na zalogo.

Izziv v procesu grobega planiranja predstavlja obvladovanje neenakomernega povpraševanja oz. pokrivanje sezonskih nihanj, ko obseg povpraševanja ni usklajen z zmogljivostmi oskrbne verige. V takšnih primerih se podjetja srečujejo z ozkimi grli bodisi v proizvodnji bodisi pri distribuciji in transportu.

Med strategije prilagajanja proizvodnih zmogljivosti povpraševanju oz. odpravljanju ozkih grl v proizvodnji lahko štejemo (Rusjan, 2009; Rohde & Wagner, 2005; Russell & Taylor, 2006):

- enakomerno proizvodnjo v zgodnejših obdobjih in priprava sezonskih zalog,
- najemanje začasnih delavcev v obdobjih večjega povpraševanja,
- podaljševanje izmen in nadurno delo (kljub višjim proizvodnim stroškom),
- kooperacije z drugimi podjetji, pogodbeno proizvodnja (angl. *outsourcing*),
- proizvodnjo na alternativnih proizvodnih mestih,
- vzdrževanje namenskih zmogljivosti za obdobja povečanega povpraševanja,
- zamik dobave izdelkov na kasnejše obdobje.

Kadar se ozka grla pojavijo na transportnih poteh oz. pri distribuciji, so možne naslednje rešitve (Rohde & Wagner, 2005, 160):

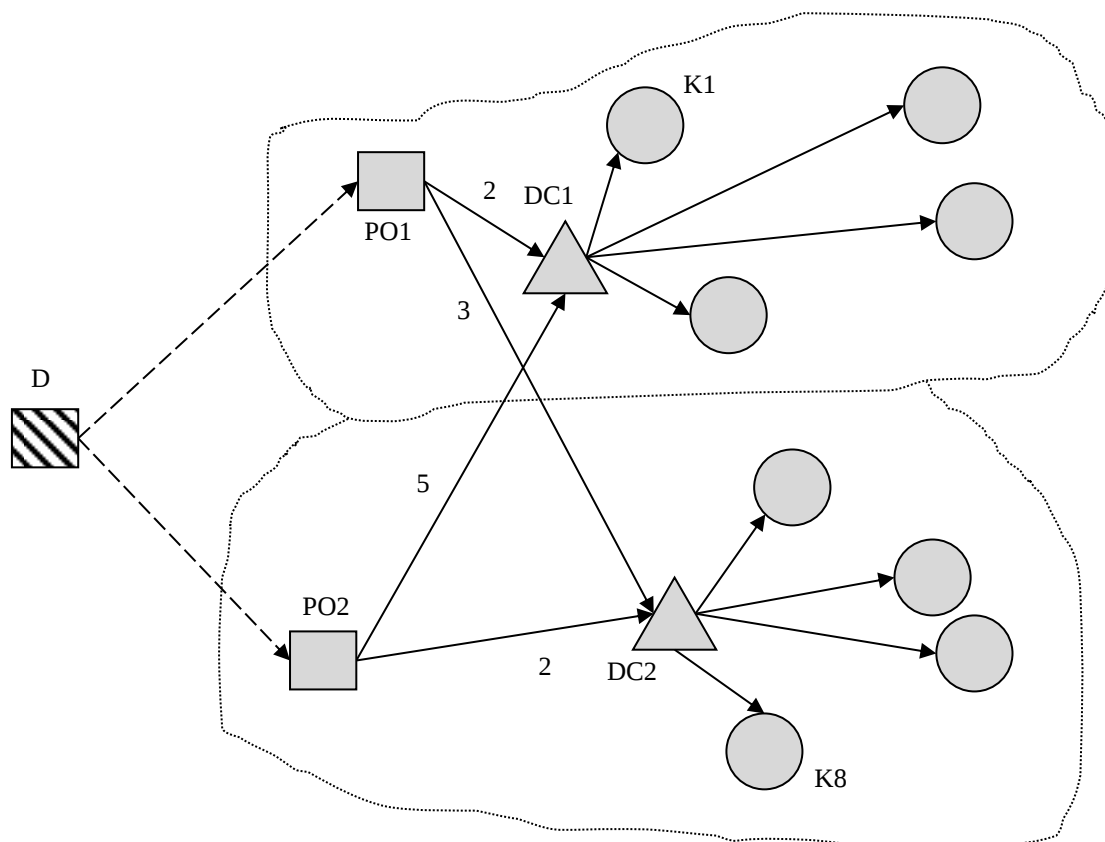
- proizvodnja in odprema izdelkov v zgodnejših obdobjih in kopičenje sezonskih zalog v distribucijskih centrih,
- distribucija izdelkov po alternativnih transportnih poteh upoštevajoč razpoložljive zmogljivosti in naraščajoče stroške,
- oskrba kupcev z druge lokacije (alternativni distribucijski centri).

Za doseganje optimalne rešitve je treba uporabiti centraliziran pristop k planiranju in obravnavati oskrbno verigo kot celoto upoštevajoč vse relevantne stroške in omejitve. Tipičen problem grobega planiranja lahko ponazorimo na poenostavljenem primeru oskrbne verige z enim dobaviteljem (D), dvema proizvodnima obratoma (PO1 in PO2) in dvema distribucijskima centroma (DC1 in DC2) (Slika 10). Vsak od proizvodnih obratov proizvaja dva enaka proizvoda, proizvodni proces poteka enostopenjsko. Kupce oskrbuje eden od dveh distribucijskih centrov (DC1 in DC2), kamor se proizvodi dostavljajo iz bližnjega proizvodnega obrata. Dodatno je mogoče izdelke dostavljati v distribucijski center tudi iz oddaljenega obrata. V tem primeru se povečajo stroški transporta na enoto proizvoda. Zaloga končnih izdelkov je lahko na lokaciji enega od distribucijskih centrov (DC1 ali DC2), običajno se kupci oskrbujejo iz njim bližjega distribucijskega centra. V primeru dobave izdelkov kupcem iz oddaljenega distribucijskega centra se zopet povečajo

stroški transporta na enoto proizvoda. Običajna zmogljivost vsakega od proizvodnih obratov je 80 ur na teden (dve izmeni, pet dni v tednu), ki jo je mogoče povečati z nadurnim delom. **Cilj** procesa grobega planiranja je minimiziranje celotnih skupnih stroškov (oskrbne verige):

- proizvodnje,
- vodenja (držanja) zalog,
- dodatnih stroškov nadurnega dela in
- stroškov transporta.

Slika 10: Poenostavljen primer problema grobega planiranja oskrbne verige



Vir: J. Rohde & M. Wagner, *Master Planning*, 2005, str. 161.

Planski horizont grobega planiranja predstavlja časovni horizont, za katerega pripravljamo plane. Planski horizont se deli na posamezne periode (angl. *time buckets*), lahko so to kvartali, meseci, tedni itd. Dolžino posamezne periode je treba določiti glede na odzivne čase procesov oskrbne verige, ki jo planiramo. Krajši, kot je čas posamezne periode, bolj natančno je planiranje, a hkrati tudi večja kompleksnost planiranja. Periode so lahko enako dolge (fiksne) skozi celoten planski horizont, lahko pa so variabilne – krajše za bližnji horizont, ki ga želimo natančneje planirati (npr. tedni, meseci), ter daljše proti koncu planskega horizonta (npr. meseci, kvartali).

Odločitve v procesu grobega planiranja obravnavajo kompromis med stroški zalog, proizvodnje, transporta in povečanja zmogljivosti. Posledično z grobim planom določimo količine zalog, proizvodnje in transportov v oskrbni verigi. Odločitvene spremenljivke procesa grobega planiranja so:

- proizvodne količine določenega izdelka v določenem obdobju v določenem obratu,
- transportne količine za vsako transportno povezavo med obrati in distribucijskimi centri, za posamezen izdelek v posameznem obdobju,
- ciljna zaloge za vsak izdelek, obdobje in distribucijski center,
- potrebno dodatno delo (nadure) za posamezen obrat v posameznem obdobju.

Podatki za proces grobega planiranja se napajajo iz različnih sistemov in modulov. Napovedi so rezultat modula predvidevanja povpraševanja. Vzdrževati je treba podatke o razpoložljivih zmogljivostih za vsa potencialna ozka grla oskrbne verige (proizvodnjo, skladišča, transportne poti). Kosovnice izdelkov so osnova za določanje materialnih tokov med posameznimi enotami oskrbne verige. Primeri podatkov, potrebnih za izgradnjo modela grobega planiranja, so:

- plan prodaje posameznih prodajnih regij po izdelkih in za posamezno obdobje,
- običajno razpoložljive zmogljivosti za posamezen obrat v posameznem obdobju,
- maksimalni obseg nadurnega dela v posameznem obratu,
- proizvodna učinkovitost (izkoristki) za posamezne izdelke v posameznem obratu (npr. število pakiranj končnega izdelka v eni uri),
- trenutne zaloge po izdelkih v posameznem distribucijskem centru,
- minimalne potrebne zaloge po izdelkih v posameznem distribucijskem centru.

Končni in najpomembnejši **rezultat** procesa grobega planiranja je planirana izkoriščenost zmogljivosti (za posamezno skupino resursov in transportnih poti) in količina sezonskih zalog ob zaključku posameznega obdobja znotraj planskega horizonta. Razpoložljive proizvodne zmogljivosti so vhodni podatki za modul planiranja proizvodnje in detajlnega terminiranja, ocenjene sezone zaloge (poleg ostalih ciljnih zalog) predstavljajo minimalne ravni zalog za operativno planiranje.

Informacijski sistem SAP APO nudi široko podporo procesu grobega planiranja zmogljivosti v okviru modula Supply Network Planning (SNP). APO SNP povezuje funkcije nabave, proizvodnje, distribucije in transporta v enoten in celovit plan za izvajanje simulacij in implementacijo kompleksnih planskih scenarijev na ravni taktičnega planiranja. APO SNP uporablja optimizacijske algoritme za planiranje pretoka izdelkov vzdolž oskrbne verige upoštevajoč planske omejitve oziroma stroškovno optimizacijo. Rezultat planiranja s pomočjo APO SNP so tako optimalni procesi nabave, proizvodnje in

distribucije, ki se odražajo v krajših pretočnih časih, optimalnih zalogah in izboljšanju ravni kupčevih storitev (Hoppe, 2007).

Na osnovi prodajnega plana APO SNP izračuna srednjeročni plan za pokritje ocenjenih prodajnih potreb. Plan vključuje izračunane količine za transport izdelkov med posameznimi lokacijami oskrbne mreže (npr. potreben pretok izdelkov od distribucijskih centrov do kupcev ali od proizvodnih obratov do distribucijskih centrov) v okviru razpoložljivih transportnih sredstev in proizvedenih ali nabavljenih količin. Pripravljen planski scenarij in vse potrebne oskrbne aktivnosti sistem nato primerja z razpoložljivimi zmogljivostmi v oskrbni verigi.

APO SNP ponuja tri različne metode planiranja (Gulyassy et al., 2010):

- SNP heuristike. Gre za predvsem količinsko usmerjeno, hitro metodo planiranja več oskrbnih lokacij hkrati brez upoštevanja omejenih zmogljivosti. Tu je pomembna vloga planerja, da ročno korigira plan v primeru nezadostnih zmogljivosti ali omejene materialne razpoložljivosti.
- Metoda Capable to match (CTM). Gre za metodo planiranja več oskrbnih lokacij hkrati z upoštevanjem omejitev zmogljivosti in materialne razpoložljivosti. Preverja se izvedljivost vseh proizvodnih in nabavnih nalogov upoštevajoč vnaprej določene prioritete. Rezultat planiranja je prva izvedljiva rešitev, sistem v tem primeru ne išče optimuma.
- SNP optimizacija. Gre za stroškovno usmerjeno planiranje več oskrbnih lokacij hkrati z upoštevanjem omejitev zmogljivosti in materialne razpoložljivosti. Osnova metode je postopek linearnega programiranja, ki omogoča hkratno upoštevanje vseh omejitev modela oskrbne mreže in izbor najboljšega planskega scenarija upoštevajoč stroškovno vrednotenje oskrbnih aktivnosti.

3.4 Planiranje materialnih potreb

3.4.1 Opredelitev planiranja materialnih potreb

Nepogrešljiv del procesa planiranja je sistem planiranja potreb po materialih (angl. *material requirements planning*), v nadaljevanju MRP. MRP ima pomembno vlogo v okviru sistemov naprednega planiranja, saj omogoča (Stadtler, 2005c):

- generiranje nalogov (proizvodnih in nabavnih) za posamezne sklope, komponente in materiale v večstopenjskem proizvodnem okolju,
- dostop do transakcijskega ERP sistema in s tem proženje izvajanja nalogov.

Povpraševanje po materialih je odvisno od povpraševanja po dokončanih izdelkih, zato ga je mogoče izračunati na podlagi planirane proizvodnje končnih izdelkov. Količina

dokončanih proizvodov v operativnem planu proizvodnje je osnova za izračun potrebnih količin sklopov, komponent in materialov. Pri tem ni nobene negotovosti, vezane na povpraševanje, saj problem negotovosti rešujemo pri napovedovanju neodvisnega povpraševanja (Rusjan, 2009).

Za nemoten potek proizvodnje je treba poleg zadostnih zmogljivosti nujno zagotoviti materiale zahtevane kakovosti, pravočasno, v zadostni količini in s čim nižjimi stroški (Rant, 1988). Za čim boljšo izpolnitev prej naštetih pogojev je izrednega pomena izbira ustreznega sistema MRP. MRP je najpogosteje uporabljen sistem planiranja in se uporablja predvsem pri odvisnem povpraševanju, torej za proizvode, pri katerih povpraševanje po enem proizvodu (npr. končnem izdelku) določa povpraševanje po drugem izdelku (npr. vstopajočem polizdelku) ali drugih materialih (npr. vstopajočih komponentah).

Planiranje materialnih potreb naj bi nam podalo odgovore o tem, katere sestavne dele, gradnike in materiale potrebujemo, v kakšnih količinah in ob katerem času, z učinkovito izvedbo operativnega plana, ki se prevedejo v proizvodne zahteve. To pomeni, da zahtevane potrebe po končnih izdelkih tvorijo zahtevane potrebe po materialih in sestavnih delih (Stadtler, 2005c).

Grobo je MRP mogoče razdeliti v tri segmente:

- vhodni podatki, ki obsegajo podatke o povpraševanju, zalogah itn.,
- preračunavanje, ki ga opravi računalnik na podlagi standardnega programa,
- izhodni podatki, ki so predvsem terminski plani, poročila itn.

MRP ima po Rusjanu (2009) tri osnovne funkcije:

- **Planiranje lansiranja nalogov:** prva funkcija MRP-ja je, da naredi količinski in terminski plan nalogov za posamezne materiale in komponente. V primeru, ko se materiali nabavljajo pri zunanjem dobavitelju, govorimo o nabavnem nalogu; proizvodni nalogi pa so tisti, pri katerih komponente podjetje izdeluje samo iz nabavljenih materialov. MRP torej daje terminski plan lansiranja nabavnih in proizvodnih nalogov, da bomo zadovoljili zunanje, neodvisno povpraševanje.
- **Planiranje in kontrola prioritet** pomeni, da sistem sam ustrezno določa in preverja časovno usklajenost dospelosti določene komponente s terminom, ko se pojavlja potreba po tej komponenti.
- **Zagotavljanje osnove za podrobno planiranje zmogljivosti:** gre za bolj specifično planiranje v primerjavi z grobim planiranjem zmogljivosti na podlagi operativnega plana.

MRP je najpomembnejši za uporabo v podjetjih, ki imajo relativno širok proizvodni asortiman. Omogoča oblikovanje številnih informacij, ki so danes s pomočjo računalniških

sistemov in napredne informacijske tehnologije veliko lažje obvladljive. Vendar je pomembno, da so te informacije točne, pravočasne in natančne, saj lahko sistem le tako vrača pravilne rezultate. MRP omogoča relativno enostavno metodo planiranja proizvodnje in nabave. Usmerjen je bolj k materialu, ločeno pa je načrtovanje količin in rokov. Zaradi te razmejitev pri uporabi MRP-ja večkrat prihaja do težav, ker pretočni časi niso usklajeni z realnimi zmogljivostmi (Polajnar, Buchmeister, & Leber, 2002).

Ko uporabo osnovnega MRP-ja nadgradimo s planiranjem zmogljivosti, govorimo o sistemu MRP z zaprto zanko oz. MRP II, kar pomeni, da je vključeno tudi učinkovito operativno planiranje, ki vključuje tako kontrolo zalog kot tudi zmogljivost (Rusjan, 2009). Predstavlja celovit integriran sistem za uravnavanje proizvodnje in v svojih modulih poleg osnovnega MRP postopka vključuje večino delov sistema planiranja in kontrole proizvodnje, začenši z načrtovanjem proizvodnega programa, načrtovanjem razvoja, predvidevanje povpraševanja, uravnavanje prodaje, mesečno in operativno planiranje, grobo in podrobno planiranje zmogljivosti, kontrolo proizvodnje (Rusjan, 2009; Polajnar et al., 2002).

Če podjetje nima vpeljanega sistema MRP, bo lahko uporabljalo sisteme za neodvisno povpraševanje za obvladovanje vseh zalog. Vendar s tem zanemarimo, da je povpraševanje po komponentah odvisno od povpraševanja dokončanih proizvodov, kar ima lahko za posledico visoke zaloge vhodnih materialov in zaloge nedokončane proizvodnje, pogoste zastoje v proizvodnji zaradi pomanjkanja posameznih komponent in s tem povezane številne izredne okoliščine v proizvodnji, ki vnašajo nered in zvišujejo stroške.

Proces MRP je sestavljen iz faz določanja neto potreb, določanja velikosti serij, vključevanja časovne komponente ter določanja terminskega plana lansiranja nalogov za vse ravni z eksplozijo kosovnice. Rezultati izvedbe postopka MRP pa so (Rusjan, 2009):

- terminski in količinski plan lansiranja proizvodnih in nabavnih nalogov, s katerimi se zagotovi izvedbo operativnega plana v prihodnjih obdobjih;
- spremembe v pričakovanih dospeljih za odprte naloge; odprti nalogi kažejo količine, za katere so bili že lansirani nalogi, in kdaj naj bi količine iz teh nalogov bile na voljo;
- poročila o izjemah, ki obveščajo uporabnike o problemih v proizvodnji (npr. časovno neizvedljivi nalogi, zakasnitve v dobavi s strani dobaviteljev itn.).

Zaradi velikega števila izdelkov, polizdelkov in materialov je časovno neizvedljivo, da bi planerji tekoče in sproti sistematično pregledovali rezultat MRP-ja na vseh materialih, vključenih v izračun. Poročila MRP-ja morajo tako planerju omogočiti predvsem nadzor nad izjemami (angl. *exception management*) in kritičnimi spremembami v planu, ki zahtevajo ukrepanje planerjev.

3.4.2 Prednosti in koristi ter težave pri uporabi MRP

Če pred uvedbo sistema MRP poznamo njegove omejitve in morebitne težave ter na podlagi tega znanja zagotovimo pravilno uporabo sistema, lahko podjetje doseže številne koristi na različnih področjih.

Poleg omenjenih pogojev je za uspešno delovanje sistema MRP izredno pomembno, da imajo podjetja, ki želijo uvesti ta sistem, dobro podprt računalniški sistem ter izobražen in usposobljen kader. Hkrati je sistem MRP najbolj uporaben v podjetjih, ki imajo relativno širok proizvodni asortiman, proizvajajo na zalogo in uporabljajo že dobro vpeljane, stabilne proizvodne procese.

Glavne koristi sistema MRP so naslednje (Rusjan, 2009; Schroeder, 1989; Waters, 2003):

- nižji stroški in hitrejša obračanja zalog,
- višja raven storitve,
- krajši dobavni roki,
- boljša izkoriščenost opreme in ljudi v proizvodnji,
- krajši pretočni časi,
- manjše število zaustavitev proizvodnje zaradi pomanjkanja materialov,
- izboljšano operativno planiranje,
- dobro terminiranje proizvodnje posameznih komponent z določanjem prioritete posameznih naročil,
- dobro predvidevanje denarnega toka.

Da lahko sistem MRP učinkovito deluje, je nujno treba zagotoviti točnost in ažurnost podatkov. To so natančna in vsaj na kratek rok stabilna predvidevanja povpraševanja, točni podatki v kosovnicah ter formalno določeni postopki pri kakršnikoli spremembi v konstrukciji ali izdelavi, dobra kontrola stanja zalog, tudi s pomočjo inventur, zanesljivi dobavni roki s strani dobaviteljev, točni standardi izdelave, zanesljive ocene deleža slabih proizvodov, natančno spremljanje porabe materialov iz skladišč, dobre ocene proizvodnih zmogljivosti (Rusjan, 2009).

V veliko podjetjih, ki uporabljajo sistem MRP, le-ta ni prinesel pričakovanih rezultatov. Običajno je ključni razlog ta, da podjetja podcenjujejo zahtevnost, ki jo prinaša uvajanje in učinkovita uporaba MRP-ja. Med glavne težave oz. slabosti uporabe sistema MRP lahko uvrstimo naslednje (Rusjan, 2009; Silver et al.; 1998):

- netočni in neažurni vhodni podatki sistema MRP (netočna kosovnica, netočni izvajalni časi ...),
- nezanesljivi dobavni roki s strani dobaviteljev,

- slaba izobraženost uporabnikov sistema MRP,
- nerealen operativni plan,
- slabe ocene proizvodnih zmogljivosti,
- najboljše rezultate daje MRP v primerih relativno stabilnega predvidevanja povpraševanja, s čimer pa se podjetja v praksi redkokdaj srečujejo.

Kljub tem pomanjkljivostim se sistem MRP veliko uporablja, podjetja pa imajo za njegovo uporabo na razpolago posebno programsko opremo. Seveda pa moramo pred uporabo natančno preučiti možnost pojavljanja navedenih težav. V številnih podjetjih z uporabo sistema MRP niso dosegli pričakovanj oz. želenih koristi. Glavni razlog za to je zmotno prepričanje, da lahko sistem MRP »preprosto kupimo in ga aktiviramo«. Ta sistem zahteva pred vpeljavo velike spremembe v smislu, da ga prilagodimo načinu delovanja organizacije, kar pomeni sodelovanje in prilagajanje vseh področij v podjetju. Tudi če je to sodelovanje in prilagajanje prisotno, sistema MRP ne smemo jemati le kot dodatno orodje za planiranje zalog, temveč se moramo zavedati, da je MRP pomemben sestavni del procesa planiranja in zahteva nove postopke na številnih področjih.

Rezultat MRP postopka je običajno izhodišče oziroma vhod v nabavni proces. Van Weele (1998) pravi, da nabava pomeni pridobivanje dobrin in storitev, potrebnih za delovanje, vzdrževanje in izvajanje osnovnih in pomožnih dejavnosti, po najugodnejših pogojih pri zunanjih virih. Nabavna funkcija v podjetjih se običajno srečuje z vprašanji kaj, koliko, kdaj in kje kupiti, pod kakšnimi pogoji in koliko plačati (Potočnik, 2002). Tipične naloge nabavne funkcije so še analiza nabavnih trgov, usklajevanje nabavnih pogojev s potencialnimi dobavitelji in končno izbor najustreznejših dobaviteljev ter izvedba nabavnih naročil.

V mnogih različnih panogah danes prevladujejo dolgoročne pogodbe med partnerji, ko govorimo o dobavah najpomembnejših vhodnih materialov. Strateško pomembne surovine podjetja običajno kupujejo od partnerjev v oskrbni verigi. Poleg strateških surovin pa obstaja tudi mnogo vhodnih materialov, ki jih podjetja kupujejo pri zunanjih dobaviteljih, kjer kratkoročni izbor dobavitelja temelji predvsem na doseganju najugodnejših kratkoročnih nabavnih pogojev. Tu gre običajno za manj pomembne materiale, panožno standardizirane kakovosti, ki se kupujejo v večjih količinah in omogočajo npr. izkoriščanje količinskih popustov.

Informacijski sistemi za podporo planiranju omogočajo dobro podporo pri nabavnih odločitvah. Izhodiščna predpostavka problema odločanja, ki ga rešujemo s pomočjo sistema planiranja, je, da za vsak nabavni material obstaja niz potreb v obravnavanem časovnem obdobju (Tempelmeier, 2002). Podjetje lahko izbira med več različnimi dobavitelji, vsak izmed njih s specifičnimi stroški. Ti stroški vključujejo:

- specifične fiksne stroške naročanja in dobave (vključujoč stroške transporta za naročilo) pri konkretnem dobavitelju in
- količinske popuste, ki jih nudi posamezen dobavitelj.

V splošnem gre pri reševanju nabavnih problemov za vprašanja združevanja posamičnih potreb več časovnih obdobij skupaj z namenom oblikovanja naročila, ki bo omogočilo minimalne stroške na enoto zaradi doseganja količinskih popustov. Na drugi strani večje količine naročil povzročajo stroške vzdrževanja zalog v obravnavanem časovnem obdobju, kar zmanjšuje prihranke iz naslova količinskih popustov. Cilj planiranja nabave v okviru naprednih sistemov planiranja je generiranje nabavnega plana, ki bo minimiziral stroške nabave v obravnavanem planskem horizontu. Pri iskanju optimalne rešitve je treba upoštevati tudi dobavitelju specifične dobavne roke, minimalne količine naročila itn.

Avtomatizacija nabavnega procesa v okviru naprednih sistemov planiranja omogoča racionalizacijo tradicionalnih, delovno intenzivnih nalog nabavnega procesa. Optimalne nabavne odločitve vodijo k zniževanju celotnih nabavnih stroškov in stroškov vzdrževanja zalog z izkoriščanjem količinskih popustov in izborom pravih dobaviteljev. Pri tem je treba posebno pozornost nameniti modeliranju nabavnih problemov v okviru informacijskega sistema – predvsem modeliranju stroškovnih funkcij za posameznega dobavitelja in upoštevanju relevantnih omejitvenih dejavnikov.

3.5 Planiranje proizvodnje in detajlno terminiranje

Osnova za nabavo potrebnih materialov na eni strani in vhod v proces detajlnega terminiranja na drugi strani je operativni plan proizvodnje (angl. *Master Production Scheduling*, v nadaljevanju MPS), s katerim po Rusjanu (1999) določimo, katere proizvode in v kakšnih količinah bomo proizvajali v naslednjem obdobju. S tem se hkrati odločamo tudi o ravni zalog, zanesljivosti dobav in stroških proizvodnje, operativni plan proizvodnje pa predstavlja tudi osnovno informacijo prodaji o razpoložljivosti izdelkov v prihodnjem obdobju (Vollmann et al., 2005).

Proces operativnega planiranja ima naslednje funkcije (Rusjan, 1999):

- določitev količin in terminov izdelave za enote operativnega plana (običajno so to končni izdelki),
- določitev obljubljenih dobavnih rokov,
- zagotovimo izhodišče za planiranje materialnih potreb,
- določimo osnovo za planiranje potrebnih zmogljivosti.

Mesečno planiranje kot predhodna planska aktivnost postavlja osnovni okvir oz. omejitve planiranju proizvodnje, ki ga običajno izvajamo decentralizirano, ker je za tovrstno

planiranje pomembno predvsem specifično znanje planerjev o posameznih proizvodnih lokacijah. Osnovne omejitve in usmeritve v okviru katerih se izvaja proces planiranja in terminiranja so (Stadtler, 2005b):

- razpoložljiv obseg nadurnega dela oz. dodatne izmene za planiranje,
- razpoložljivost medizdelkov in polizdelkov v času,
- nabavna naročila za vhodne materiale zunanjih dobaviteljev,
- ciljna količina sezonske zaloge posameznih izdelkov ob koncu planskega horizonta (predvsem za proizvodne enote, ki sledijo strategiji proizvodnje na zalogo),
- datumi zapadlosti naročil ali nalogov, ki jih je treba realizirati glede na potrebe končnih kupcev ali naslednje faze v oskrbni verigi.

Namen planiranja proizvodnje in detajlnega terminiranja je priprava natančnega plana izvajanja operacij na posameznem proizvodnem resursu za krajši časovni horizont. Proizvodni plan za vsak proizvodni nalog znotraj planskega horizonta natančno določa termine pričetka in zaključka operacij na posameznem proizvodnem resursu ter zaporedje izvajanja operacij. Terminiran plan proizvodnje lahko učinkovito ponazorimo z uporabo gantograma.

Planski horizont planiranja proizvodnje in detajlnega terminiranja običajno zajema obdobje od enega dneva do nekaj tednov, kar je predvsem odvisno od dejavnosti podjetja in drugih dejavnikov. Na eni strani mora planski horizont pokrivati vsaj najdaljši izdelavni čas posameznega naloga znotraj proizvodne enote, na drugi strani pa je planski horizont odvisen tudi od razpoložljivosti fiksnih naročil kupcev oz. zanesljivih prodajnih napovedi. Terminiranje nalogov po posameznih resursih je smiselno za obdobje relativno stabilnega plana prodaje znotraj planskega horizonta. (Stadtler, 2005b)

S pripravo detajlnega plana proizvodnje želimo predvsem zagotoviti kupcem izdelke v želenih rokih oziroma obnavljati zaloge s ciljem zagotoviti kupcem določeno raven storitev, ob tem pa naj bi bili stroški za doseg tega cilja minimalni. Ta osnovni cilj lahko dosežemo z zasledovanjem različnih nasprotujočih si podciljev (Rusjan, 2009; Russell & Taylor, 2006):

- uresničevati planirane (obljubljene) dobavne roke,
- minimizirati stroške proizvodnje,
- zagotoviti čim krajše pretočne čase proizvodov in s tem minimizirati zaloge nedokončane proizvodnje,
- zagotoviti čim boljšo izkoriščenost opreme in delovne sile ter minimizirati čakalne čase,
- zagotoviti čim nižja v proizvodnji vezana sredstva,
- zagotoviti čim večjo prilagodljivost oziroma odzivni čas na zahteve kupcev,

- minimiziranje nadurnega dela.

Proces izgradnje proizvodnega modela in priprave detajlnega proizvodnega plana (Slika 11) lahko strnemo v naslednjih korakih (Stadtler, 2005b):

1. Izgradnja modela. Model proizvodnje (angl. *shop floor*) mora zajemati specifične lastnosti proizvodnega procesa in povezanih materialnih pretokov tako podrobno, da omogoča pripravo izvedljivih proizvodnih planov z minimalnimi stroški. Dovolj je, da v model vključimo tiste proizvodne resurse, ki lahko predstavljajo ozka grla in s tem omejitve planiranja.
2. Pridobivanje potrebnih podatkov. Planiranje proizvodnje in detajlno terminiranje uporablja podatke ERP sistema, procesa grobega planiranja in planiranja prodaje.
3. Oblikovanje nabora predpostavk (scenarij). Poleg podatkov iz ERP sistema, grobega planiranja in planiranja prodaje ima lahko odločevalec (planer) dodatno znanje in informacije o trenutnem in bodočem stanju v proizvodnji, ki jih ni mogoče pridobiti v obstoječih programskih modulih. V tem koraku dopuščamo možnost korekcije podatkov in priprave scenarija s strani planerja (na Sliki 11 je ta korak označen s črkanim okvirjem, kar pomeni, da ga izvaja planer in je opsijski korak).
4. Priprava (izhodiščnega) proizvodnega plana (MPS). V tem koraku kreiramo izhodiščni proizvodni plan, ki je običajno rezultat avtomatiziranega procesa oziroma samodejnega planskega cikla.
5. Analiza proizvodnega plana in interaktivne spremembe plana. Ta korak je predhodna faza procesa detajlnega terminiranja. Pomemben je predvsem takrat, ko se pojavijo težave z izvedljivostjo proizvodnega plana in vključuje ukrepe, ki jih sprejme odločevalec (planer) za razrešitev konkretne planske situacije, npr. uvedba nadurnega dela ali dodatnih delovnih izmen, izbor alternativne recepture in podobno.
6. Potrditev scenarija. Ko je odločevalec (planer) preveril in ovrednotil vse možne alternativne rešitve, sledi korak potrditve najboljšega scenarija proizvodnega plana.
7. Izvajanje in posodabljanje proizvodnega plana.

Izbran optimalni scenarij proizvodnega plana je osnova za:

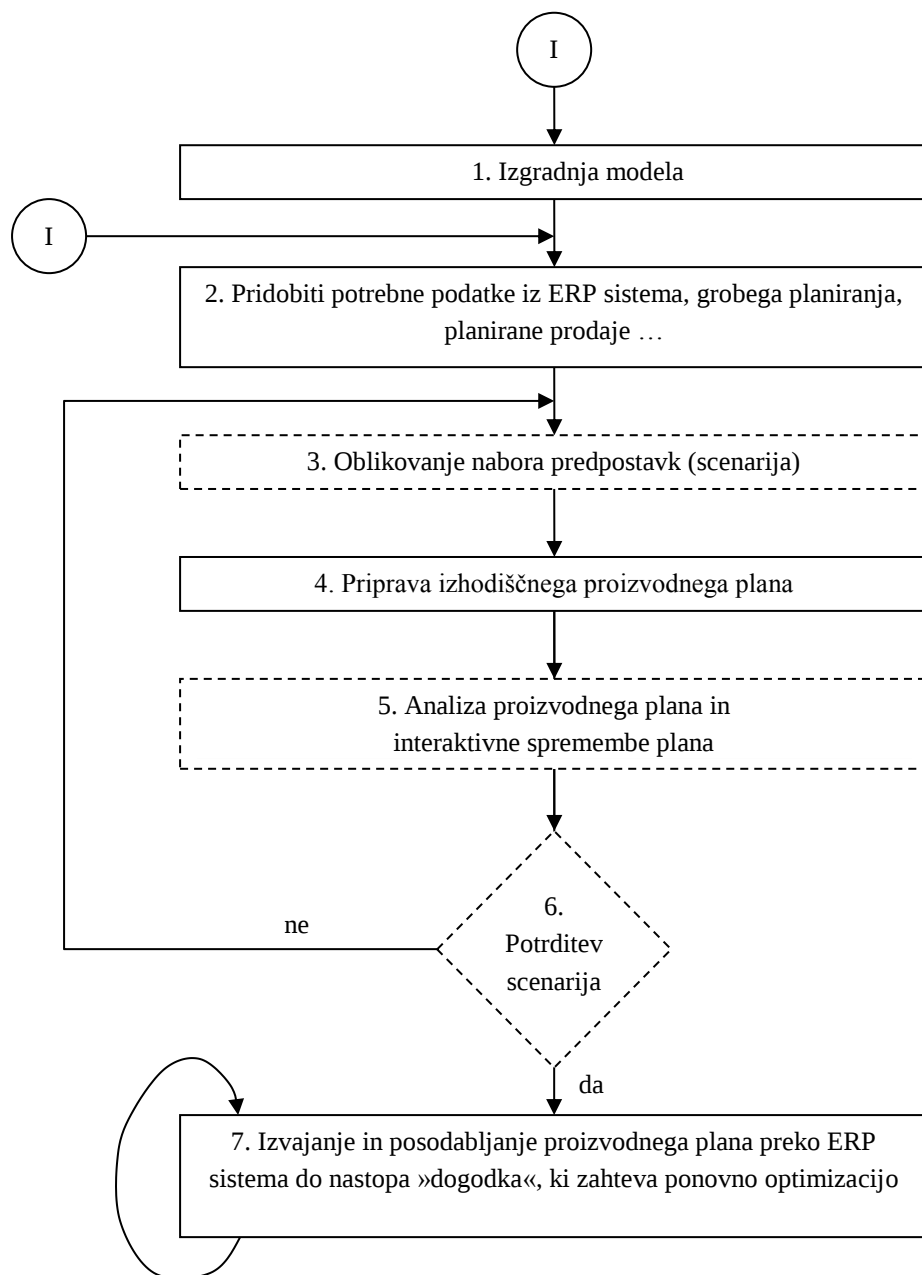
- MRP modul za preračun oziroma eksplozijo proizvodnega plana,
- ERP sistem za izvedbo plana in
- modul planiranja distribucije po zaključku proizvodnje.

Podrobno terminiran plan proizvodnje se izvaja vse do nastopa plansko relevantnega dogodka, ki zahteva revizijo in posodobitev proizvodnega plana. Med takšne dogodke štejemo npr. pridobitev novega naročila, okvaro proizvodnega stroja ali zaključek planskega horizonta. Spremembe proizvodnega modela so običajno manj pogoste, treba pa jih je izvesti takrat, kadar nastopijo večje strukturne spremembe modela – npr. uvedba nove proizvodne faze s specifičnimi značilnostmi.

3.5.1 Model proizvodnje in terminiranje proizvodnje

Model proizvodne delavnice (angl. *shop floor*) mora vključevati vse pomembne podrobnosti proizvodnega procesa, da lahko določimo čase zaključka izdelave posameznih nalogov (naročil) ter potrebne vhode materialov in proizvodnih zmogljivosti. Model lahko omejimo le na operacije, ki se izvajajo na potencialno ozkih grlih, saj zmogljivosti ozkih grl določajo skupno zmogljivost proizvodnje.

Slika 11: Proces planiranja in detajlnega terminiranja



Vir: H. Stadler, *Production Planning and Scheduling*, 2005b, str. 200.

Podatke za izgradnjo modela delimo na strukturne in transakcijske (Stadtler, 2005b).

Med **strukturne podatke** štejemo:

- lokacije,
- materiale (komponente),
- sestavnice,
- recepture,
- (proizvodne) resurse,
- dobavitelje,
- matrike nastavitvev in
- delovni koledar.

Proizvodno procesni model (angl. *production proccess model*, v nadaljevanju PPM) vsebuje natančne informacije, potrebne za proizvodnjo izdelka, in združuje podatke recepture in kosovnico izdelka v enoten objekt matičnih podatkov (Slika 12). PPM sestavlja vsaj ena **operacija**, vsako od operacij sestavlja vsa ena ali več **aktivnosti**. Operacije so povezane z vsaj enim primarnim resursom. Sekundarne resurse – npr. osebe – lahko tudi povežemo z aktivnostmi.

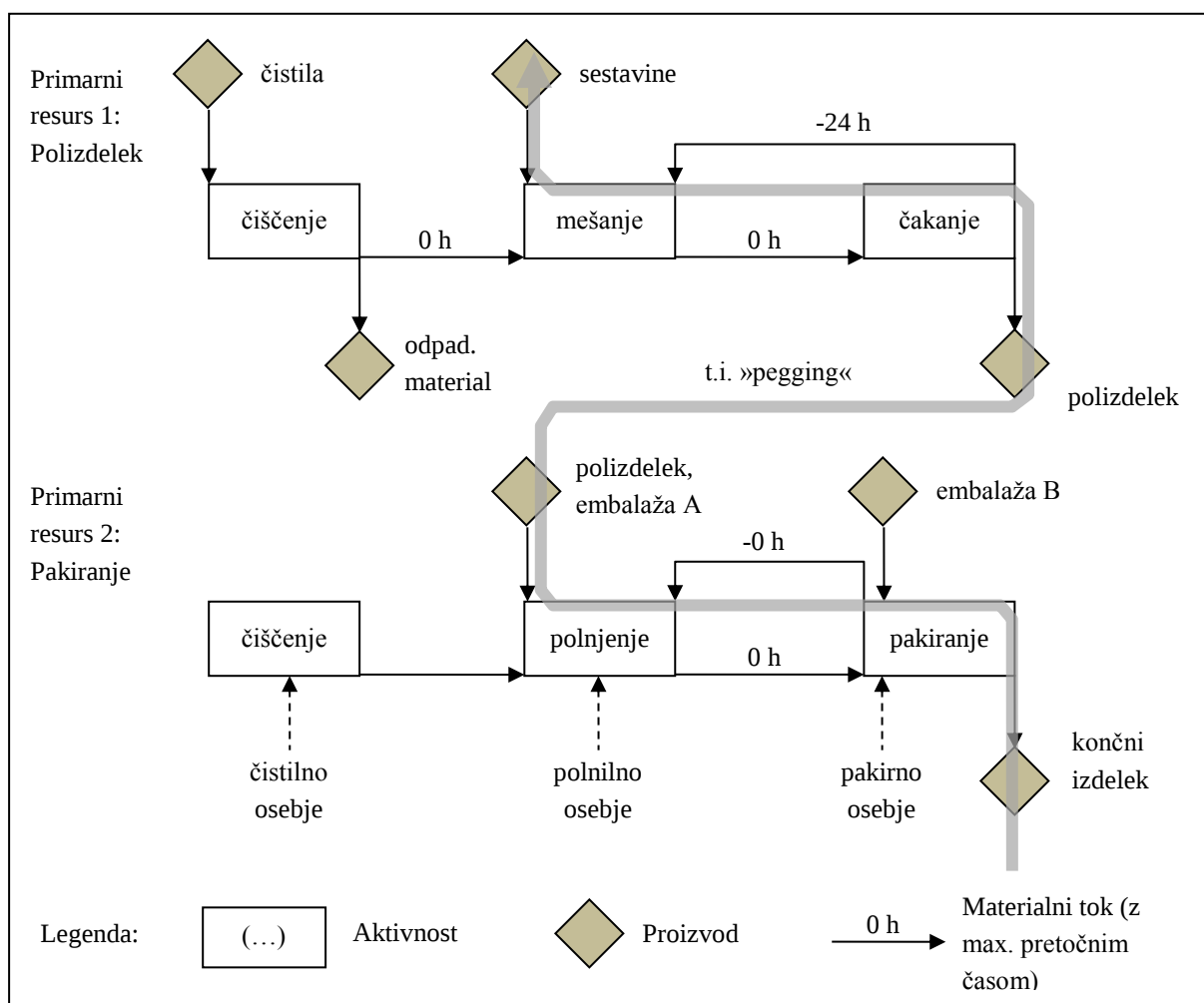
Aktivnosti lahko zahtevajo določene vhodne materiale, enako so lahko rezultat aktivnosti določeni izhodni materiali. Natančno je treba določiti, kdaj je potreben določen vhodni material in kdaj je na voljo ciljni material kot rezultat izvedene aktivnosti. Tehnično zaporedje aktivnosti znotraj operacij je v okviru PPM prikazano s puščicami. Planske aktivnosti so lahko podobno kot pri projektih povezane z razmerji povezav – konec-začetek (angl. *end-start*), konec-konec (angl. *end-end*), začetek-konec (angl. *start-end*) in začetek-začetek (angl. *start-start*) – ki vključujejo maksimalne in minimalne časovne intervale. Tak pristop omogoča zelo natančno modeliranje časovnih omejitev med posameznimi aktivnostmi vključujoč vzporedno izvajanje aktivnosti (prekrivajoče se aktivnosti).

Čas za izvedbo ter porabo resursov in materialov za realizacijo (kupčevega) naročila lahko določimo s povezovanjem povezanih PPM-ov s t.i. **pegging relacijami** (angl. *pegging arcs*). Te relacije prikazujejo povezavo vhodnega materiala enega PPM z izhodnim materialom predhodnega PPM. Posledično z eksplozijo delovnega naloga (ali naročila) in pripadajočih PPM-ov začnši z zadnjo stopnjo proizvodnje navzdol pridemo do podatkov o uporabi resursov in materialov ter izdelavnega časa za realizacijo kupčevega naročila. Te izdelavne čase lahko neposredno uporabimo pri pripravi izvedljivega plana proizvodnje. Delovni koledar določa odmore in druge prekinitve delovnih ur na posameznih resursih. Vključuje tudi podatke o številu izmen (eno-, dvo- ali triizmensko delo) v posameznem obratu ali resursu. APS sistemi imajo možnost izbora nekaterih že vnaprej nastavljenih koledarjev, ponujajo pa tudi možnost zelo podrobnih nastavitvev delovnega koledarja.

Med **transakcijske podatke** štejemo:

- izhodiščne zaloge z vključeno nedovršeno proizvodnjo,
- stanje očiščenosti in/ali pripravljenosti delovnih mest in
- seznam nalogov ali naročil, ki jih je treba izdelati v določenem časovnem obdobju.

Slika 12: Povezava dveh proizvodno procesnih modelov na primeru dvofazne proizvodnje izdelka s t.i. »pegging« relacijami



Vir: H. Stadler, *Production Planning and Scheduling*, 2005b, str. 204.

Med operativne postopke, ki jih mora določiti planer, štejemo:

- pravila za določanje velikosti serij,
- pravila za določanje prioritet ali
- izbor alternativnih poti izdelave (angl. *routings*).

Čeprav bi bilo optimalno, da bi bila pravila za določanje velikosti serij odvisna od aktualne planske situacije – npr. stopnje zasedenosti resursov in povezanih stroškov – napredni sistemi planiranja običajno zahtevajo vsaj osnovna, vnaprej določena pravila za oblikovanje velikosti serij. To je lahko npr. fiksna velikost serije, minimalna velikost serije ali velikost serije z minimalnim časom med posameznimi nalogi. Podobno je treba vnaprej določiti tudi osnovna pravila za določanje prioritet pri oblikovanju zaporedja operacij na posameznih resursih. V primeru možnih alternativnih poti za realizacijo proizvodnega naloga mora planer sistema običajno določiti prednostno pot; če jih je več, se alternativne poti določijo z rangiranjem seznama vseh možnih alternativ. V primeru, da je plan z izbrano prednostno varianto neizvedljiv, planski algoritem nadaljuje z drugo možno alternativo, nato s tretjo itd.

Na koncu izgradnje modela proizvodnje je treba določiti še **cilje**. Le-ti naj bi vodili do dobre oz. skoraj optimalne rešitve v procesu planiranja proizvodnje in terminiranja; usmerjeni so predvsem v optimizacijo časovne in stroškovne komponente.

Časovni cilji so usmerjeni v minimiziranje:

- celotnega izdelavnega časa,
- seštevka vseh zamud,
- maksimalne zamude,
- celotnega pretočnega časa in
- seštevka nastavitvenih časov.

Cilji, usmerjeni v stroške, se nanašajo na minimiziranje:

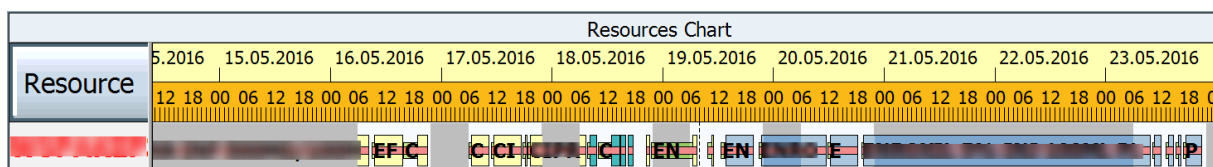
- variabilnih stroškov proizvodnje,
- nastavitvenih stroškov in
- stroški zamud oz. penalov.

Čeprav so možnosti vpliva na stroške proizvodnje na tej ravni planiranja omejene in predvsem pogojene z omejitvami predhodnih ravni planiranja, je treba možnost izbora alternativnih poti za realizacijo nalogov ali možnost opredelitve naročil kot nujne vrednotiti tudi v monetarnem smislu. Tudi stroške zamud lahko vključimo le, če smo te t.i. mehke omejitve (npr. izpolnitev planiranega roka za realizacijo naročila) predhodno vključili v model in jih ustrezno nastavili.

Kadar planer stremi k optimizaciji več različnih prej navedenih ciljev, optimalna rešitev v smislu doseganja optimuma posameznih ciljev ne obstaja. V takšnih primerih se določi utežno razmerje doseganja posameznih ciljev, kar se v smislu doseganja optimalne končne rešitve obravnava kot samostojen cilj.

Običajno orodje za ponazoritev planskega scenarija oziroma plana proizvodnje je uporaba gantograma. **Gantogram** predstavlja grafično ponazoritev modeliranih resursov posameznega proizvodnega obrata, prikazanih vzporedno za izbrano časovno obdobje. Z gantogramom lahko planer prikaže tudi časovno razporeditev operacij po posameznih resursih za posamični proizvodni nalog (Slika 13). Prikazati je mogoče tudi zasedenost posameznega resursa za izbrano časovno obdobje. Če ima planer možnost interaktivne spremembe plana – npr. premik operacije na alternativni resurs – je gantogram z vzporednim prikazom vseh resursov najboljše orodje.

Slika 13: Zaslonska slika podrobnega plana proizvodnje v obliki gantograma v informacijskem sistemu SAP APO s prikazanimi časi priprave in proizvodnje na konkretnem delovnem mestu



3.5.2 Obvladovanje sprememb proizvodnega plana

Programska orodja naprednih sistemov planiranja na osnovi tesne integracije z ERP in/ali MES (angl. *Manufacturing Execution System*) sistemi omogočajo spremljanje vseh odstopov realizacije od planiranega praktično v realnem času. Vsakršne zamude delovnih nalogov v proizvodnji so planerju razvidne takoj; odločitev o tem, ali je zaradi spremenjene planske situacije potrebno ponovno planiranje in priprava novega plana, pa je odvisna od presoje planerja. APS ponujajo planerju funkcionalnosti generiranja in preverjanja t.i. alternativnih scenarijev oz. simulacij, s katerimi planer preverja možne boljše rešitve planiranja, na podlagi katerih se lahko nato odloči o pripravi in lansiranju novega proizvodnega plana v proizvodnjo.

Tu omenimo tudi proces postopnega (angl. *incremental*) planiranja (Stadtler, 2005b). Predpostavimo, da prispe novo naročilo. Če želeni datum dobave pade v horizont detajlnega terminiranja, lahko aktivnosti za realizacijo naročila morda umestimo v obstoječ plan aktivnosti po posameznih resursih – poiščemo časovne vrzeli za umestitev aktivnosti novega naročila s ciljem minimalne časovne prerazporeditve obstoječih nalogov. Če nam uspe ohraniti izvedljivost plana, lahko nov nalog z manjšimi korekcijami datumov umestimo v obstoječ plan in kupcu potrdimo datum dobave. Prvotno najdeno rešitev lahko morda izboljšamo z drugačno razporeditvijo oz. zaporedjem nalogov, zato je treba občasno izvesti postopek ponovne optimizacije proizvodnega plana s ciljem minimiziranja stroškov.

Generiranje novih zaporedij nalogov in priprava novih planskih scenarijev je časovno precej zamudno opravilo. Spremembe lahko povzročajo bodisi zahteve po spremembah

časa začetka izvajanja operaciji bodisi zahteve po spremembi količin proizvodnje. Posledično so lahko potrebne tudi aktivnosti druge v oskrbni verigi, npr. zgodnejša dobava nekaterih vhodnih materialov, preverjanje razpoložljivosti z dobavitelji itd.

Z namenom omejevanja teh sprememb v najkrajšem časovnem horizontu je v procesu detajlnega terminiranja običajno določen neki zamrznjen horizont, znotraj katerega so nalogi običajno fiksirani in niso vključeni v procese ponovnega planiranja in optimizacije.

3.5.3 Računske omejitve optimizacije razmestitve delovnih operacij in uporaba različnih planskih algoritmov

Z večanjem števila delovnih nalogov, ki jih je treba izvesti na konkretnem delovnem mestu, strmo narašča kompleksnost izračuna optimalne rešitve proizvodnega plana, saj mora sistem ovrednotiti vse možne kombinacije zaporedja delovnih operacij, da lahko izbere optimalno rešitev. Pri majhnem številu npr. petih nalogov je število možnih kombinacij hitro izračunljivo ($5! = 120$); čas izračuna se bistveno poveča pri desetih nalogih ($10! > 3.600.000$), že pri dvajsetih nalogih pa izračuna vseh možnih kombinacij ($20! > 2,4 \cdot 10^{18}$) tudi z najzmogljivejšimi računalniki ni mogoče izvesti v razumnem času. Z možnostjo proizvodnje ene ali več operacij delovnega naloga na alternativnih delovnih mestih se kompleksnost izračuna še dodatno poveča.

V procesu planiranja in terminiranja proizvodnje običajno vendarle ni treba generirati proizvodnega plana povsem od začetka, saj je izhodiščno zaporedje nalogov po resursih za določen krajši horizont že vnaprej določeno oz. predhodno planirano (t.i. zamrznjen horizont, opisan v prejšnjem poglavju). S tem se kompleksnost izračunavanja novega proizvodnega plana bistveno zmanjša. Dodatno lahko zmanjšamo kompleksnost planiranja z delitvijo planiranja in terminiranja proizvodnje na več (dve) ravni planiranja. K zmanjševanju kompleksnosti planiranja pripomore tudi postopno planiranje in odločitve planerja za optimizacijo le delov proizvodnega plana, ki so najbolj kritični.

Dve najpogostejši uporabljeni skupini planskih algoritmov za optimizacijo, ki jih uporabljajo sodobni sistemi naprednega planiranja in rešujejo problem računskih omejitev pri vrednotenju tako velikega števila različnih planskih scenarijev, sta (Klein, 2007):

- genetski algoritmi (angl. *genetic algorithms*) in
- programiranje z omejitvami (angl. *constraint programming*).

3.5.4 Planiranje proizvodnje in detajlno terminiranje v sistemu APO PP/DS

Planiranje proizvodnje in detajlno terminiranje v sistemu APO PP/DS nudi izjemno širok nabor dodatnih orodij za izboljšanje kakovosti kratkoročnega planiranja. Ključna orodja in funkcionalnosti bom na kratko predstavil v nadaljevanju, vse opisane funkcionalnosti pa

hkrati predstavljajo tudi pomembno dodano vrednost, ki jo ima sistem APO PP/DS v primerjavi s tradicionalnimi sistemi planiranja v okviru ERP (Balla & Layer, 2011).

V nasprotju z ERP sistemi, kjer je najmanjša časovna enota planiranja datum oziroma dan, je **planiranje lahko bistveno bolj natančno**, saj je osnovna časovna enota planiranja v APO PP/DS ena sekunda. Prodajna naročila, odvisne in vse ostale potrebe imajo natančno določen čas potrebe, enako velja tudi za naloge za pokritje teh potreb. Ta značilnost sistema APO PP/DS je še posebej koristna za podjetja, ki potrebujejo visoko natančnost planiranja in sledijo konceptu ravno ob pravem času (angl. *just in time*).

APO PP/DS omogoča **hkratno planiranje količin in zmogljivosti** v istem koraku. Uporaba te funkcionalnosti je lahko koristna v primeru dodatnega naročila, ki posega v kratkoročni plan, kjer je podrobno planiranje zmogljivosti že izvedeno. Sistem kreira proizvodni nalog v tem horizontu le v primeru, če najde nezasedene zmogljivosti, ki omogočajo izvedbo operacij proizvodnega naloga – v takšnem primeru sistem avtomatično razvrsti proizvodni nalog v termin prostih zmogljivosti.

Ena od naprednejših funkcij sistema APO PP/DS je **enostavno načrtovanje procesa avtomatskega planiranja** iz poljubnega števila različnih korakov, iz katerih sestavimo planski cikel. Primer enostavnega planskega cikla je lahko:

1. planiranje potreb z MRP-jem,
2. časovno planiranje zmogljivosti na ozkih grlih,
3. ponovitev MRP-ja za materiale, ki so se jim zaradi planiranja zmogljivosti v predhodnem koraku spremenili datumi potreb.

Vse korake planskega cikla je mogoče opredeliti s pomočjo planskih postopkov, imenovanih heuristike – gre za funkcije planiranja z različnimi nastavitvenimi parametri, ki se uporabljajo za planiranje ali za izvajanje korakov v okviru planskega cikla za izbrane objekte planiranja. Planski objekti v tem primeru so lahko izdelki, delovna mesta, nalogi ali operacije. Planski cikel v sistemu APO PP/DS je lahko sestavljen tudi iz 10 ali več korakov, ki jih lahko podjetja poljubno prilagajajo svojim potrebam in specifičnim ciljem planiranja.

Dinamične povezave med elementi potreb in elementi dobav so v APO PP/DS prikazane s t.i. pegging relacijami (Slika 12) in so še posebej pomembne pri planiranju več povezanih ravni proizvodnje. Vse omenjene povezave so v sistemu združene v mrežo pegging relacij, ki je na voljo vsem aplikacijam sistema APO. Mreža pegging relacij je uporabna npr. pri planiranju zmogljivosti, ko lahko na podlagi spremembe terminov naloga sistem časovno uskladi datume vseh povezanih ravni planiranja.

Obvladovanje različnih virov oskrbe oziroma različnih proizvodnih verzij je v sistemu APO PP/DS v primerjavi z ERP sistemom precej bolj dodelano. Pri izbiri ustrezne proizvodne verzije sistem najprej preveri izvedljivost plana glede na želeni datum dobave (oziroma datum potrebe). Če je pretočni čas obravnavane proizvodne verzije predolg in ne zagotavlja pravočasne dobave, sistem poišče alternativno proizvodno verzijo s krajšimi časi dobave – sistem lahko na primer v takšnih primerih samodejno izbere dobavitelja ali proizvodno pot z najkrajšim dobavnim rokom. Sistem omogoča tudi stroškovno optimizacijo v procesu določanja proizvodnih verzij, ko je na voljo več časovno enakovrednih proizvodnih verzij, se pa alternative razlikujejo po stroških dobave ali proizvodnih stroških. Postopek določanja poti oskrbe oziroma proizvodne verzije lahko nastavimo tako, da sistem vedno izbere najcenejšo oskrbno pot.

Napredno upravljanje opozoril (angl. *advanced alert handling*) omogoča identifikacijo in nadzor težav v procesu planiranja s sistemom APO PP/DS. V sistemu so na voljo številna poročila za prikaz težav planiranja, ki se s pomočjo podatkov pegging mreže prenašajo na višje ali nižje ravni planiranja – na primer težave z dobavljivostjo ene od komponent v kosovnici se lahko prikažejo kot opozorilo z razpoložljivostjo na končnem izdelku. Z orodjem Nadzornik opozoril (angl. *Alert Monitor*) imamo na voljo centraliziran dostop do vseh opozoril glede težav planiranja, ki so vezane na izdelke, komponente, delovna mesta itd.

Ena splošnih prednosti **planiranja zmogljivosti** v sistemu APO PP/DS je bistveno izboljšana učinkovitost in zmogljivost sistema planiranja zaradi uporabe tehnologije liveCache, ki omogoča dostop do velike količine kompleksnih podatkov in planskih funkcij v realnem času za uporabo v številnih APO aplikacijah. Napredne funkcije planiranja so na voljo za uporabo v procesih ročnega ali avtomatskega planiranja, omeniti velja naslednje (Balla & Layer, 2011):

- terminiranje z neomejenimi ali omejenimi (z možnostjo določanja stopnje omejenosti) zmogljivostmi delovnih mest,
- terminiranje z vnaprej določenim zaporedjem operacij,
- (ne)upoštevanje alternativnih delovnih mest,
- kompaktno terminiranje (terminiranje s ciljem minimiziranja pretočnega časa vseh operacij proizvodnega naloga),
- (ne)upoštevanje pegging relacij,
- (ne)upoštevanje internih relacij med operacijami znotraj proizvodnega naloga,
- možnost uporabe APO PP/DS optimizatorja, ki je običajno zadnja faza v procesu planiranja (po korakih najprej planiranje potreb – količinsko planiranje, nato planiranje zmogljivosti ter na koncu še optimizacija); uporaba optimizatorja je edino orodje, ki konsistentno upošteva vse dejavnike (omejitve) planiranja v večstopenjskem proizvodnem modelu.

3.6 Planiranje distribucije

Proizvodnji sledi proces planiranja distribucije (angl. *Distribution Resource Planning – DRP*). Proces distribucije predstavlja enega osnovnih procesov v oskrbni verigi. Namen procesov distribucije je fizični pretok materiala med podjetjem in njegovimi dobavitelji ali kupci. Celovit in integriran pogled na procese transporta, proizvodnje in skladiščenja je značilnost sodobnega pristopa k obvladovanju oskrbnih verig.

Tipičen sistem distribucije proizvajalca potrošnih dobrin sestavljajo tokovi večjega števila različnih izdelkov z različnih proizvodnih lokacij večjemu številu kupcev. Izdelki, ki jih podjetja proizvajajo na zalogo, se običajno na osnovi predvidevanj povpraševanja dostavljajo v centralne distribucijske centre, od tam pa na osnovi konkretnih naročil končnim kupcem.

V zadnjem času se za standardizirane materiale uveljavlja tudi koncept ravnanja s kupčevimi zalogami (angl. *vendor managed inventory – VMI*), kjer dobavitelj oziroma prodajalec samostojno odloča o času in količinah dobave izdelkov svojim kupcem na osnovi vnaprej dogovorjenih minimalnih ali maksimalnih ravni zalog, ki jih mora vzdrževati (Vollmann et al., 2005).

V okviru procesa distribucije je pomembno tudi obvladovanje transportnih tokov. Združevanje transportnih tokov vodi k zniževanju stroškov transporta. Fiksen strošek ene transportne poti vozila na izbrani poti je praktično neodvisen od količine tovora, zato je doseganje visoke izkoriščenosti oziroma zasedenosti vozil, ključna naloga planiranja transporta. Dodatno stroški transporta na enoto prevoženega blaga padajo s povečevanjem zmogljivosti prevoznih sredstev. Z združevanjem manjših količin blaga za različne kupce znotraj istih transportov pa na drugi strani naraščajo stroški prevoza zaradi daljše poti, potrebnih obvozov, dodatnih postankov ipd., ki so potrebni zaradi dostave manjših količin blaga na različne lokacije.

Procesi transporta vključujejo dobave materialov za nadaljnjo proizvodnjo od dobaviteljev do namembnih proizvodnih lokacij ali pa dobave izdelkov z lokacij proizvodnje do končnih kupcev. Sistem transporta je odvisen od značilnosti blaga, ki ga prevažamo (Fleischmann, Meyr, & Wagner, 2005b):

- investicijske dobrine (stroji, oprema) se na določeni transportni poti prevažajo enkratno oz. zelo redko,
- materiali za proizvodnjo zahtevajo redne in pogoste Transporte po ustaljenih transportnih poteh,
- potrošno blago se distributerjem in prodajalcem dostavlja v manjših količinah, kar zahteva združevanje količin znotraj istega transporta.

Naloge planiranja distribucije lahko delimo na dolgo-, srednje- in kratkoročne. Med dolgoročne oziroma strateške odločitve lahko uvrstimo naslednje (Miller, 2002):

- lokacija, velikost in tehnologija ravnanja z materiali pri gradnji ali najemu novih skladišč,
- opuščanje odvečnih skladiščnih zmogljivosti,
- razmerje med lastnimi in najetimi sredstvi (delež najetih storitev),
- načrtovanje transportne mreže in strategija transporta (letalski, kopenski, morski),
- izbor ponudnikov transporta za vzpostavitev dolgoročnih partnerstev,
- planiranje ciljnih ravni storitev za kupce itd.

Med srednjeročne naloge planiranja distribucije in transporta sodijo odločitve, vezane na (Fleischmann et al., 2005b):

- pogostost transportov na določeni transportni poti, kjer podjetja zasledujejo optimalno razmerje med stroški transporta in stroški vzdrževanja zalog,
- izbor kanalov distribucije, ki so tesno povezani z velikostjo naročil (primer: naročila do 30 kg preko paketnih storitev, naročila do 1.000 kg preko distribucijskega centra in naročila večja od 1.000 kg direktno iz tovarne),
- opredelitev standardnih skupnih transportnih količin za vsako od transportnih poti,
- določitev števila vozil in zaposlenih v transportnih enotah (kadar zagotavljamo lasten transport),
- za razpoložljiva skladišča opredelitev števila zaposlenih, zmogljivosti paletnih mest in ciljnih ravni izkoriščenosti skladiščnih zmogljivosti itd.

Med kratkoročne naloge planiranja distribucije in transporta štejemo (Miller, 2002; Fleischmann et al., 2005b):

- kratkoročno obvladovanje ravni zalog znotraj distribucijske mreže,
- določanje dnevnih količin odprem med posameznimi lokacijami distribucijske mreže,
- procesiranje in razvrščanje (terminiranje) kupčevih naročil,
- zapolnitev nakladalnih zmogljivosti vozil z združevanjem naročil za določeno transportno pot,
- razvrščanje operacij skladiščenja, interni skladiščni transporti,
- razvrščanje razpoložljivih delavcev glede na potrebne skladiščne in transportne aktivnosti,
- razvrščanje vozil in kratkoročno planiranje transportnih poti za dostavo konkretnih naročil itd.

Informacijski sistemi za podporo planiranju na različne načine podpirajo področje distribucije in ponujajo rešitve za:

- planiranje in obvladovanje pretočnega časa od trenutka, ko je izdelek pri proizvajalcu pripravljen za odpremo, do dejanske dostave izdelka končnemu kupcu – torej upoštevanje časovne komponente, ki odpade na transport in distribucijo, pri planiranju razpoložljivosti izdelka ter
- optimizacijo izkoriščenosti razpoložljivih zmogljivosti transporta (cestnega, ladijskega, železniškega, zračnega) in posledično doseganje najnižjih možnih stroškov transporta.

Informacijski sistem SAP SCM ponuja dva modula za obvladovanje procesa distribucije, in sicer (Hoppe, 2007):

- modul uravnavanja distribucije (angl. *deployment*) in
- graditelj transportov (angl. *Transport Load Builder*, v nadaljevanju TLB).

Modul uravnavanja distribucije določa optimalne vhodne in izhodne tokove distribucije upoštevajoč razpoložljive zmogljivosti in kratkoročne zahteve, kot so prodajni nalogi, zahtevki za prenos zalog in ciljne ravni varnostnih zalog. Ob tem upošteva tudi kratkoročne omejitve, kot so transportne in skladiščne zmogljivosti ter delovni koledar.

TLB uporablja rezultate nadrejenega modula uravnavanja distribucije – ta rezultat so zahtevki za prenos zalog med posameznimi lokacijami v oskrbni mreži. Sistem optimizira nakladalne zmogljivosti posameznih vrst transporta z združevanjem razpoložljivih izdelkov v skladu z zahtevki za prenos zalog. TLB poskrbi, da so transportna sredstva (npr. tovorna vozila) maksimalno zasedena oz. omogoča samodejno proženje transporta takoj, ko je dosežen zahtevan minimum zasedenosti nakladalnih zmogljivosti. Posledično TLB zagotavlja tudi minimiziranje transportnih stroškov. Nakladalne zmogljivosti so lahko izražene v obliki omejitev prostornine, mase ali števila pakirnih enot. Sistem TLB ves čas preverja in zagotavlja upoštevanje minimalnih in maksimalnih vrednosti, ki jih določi uporabnik in v primeru prekoračitve le-teh sproži sistemska opozorila, ki uporabniku omogočajo korekcije planov.

V nadaljevanju naloge bom analiziral praktično uporabo orodij za napredno planiranje v konkretnem podjetju iz farmacevtske panoge, in sicer:

- z analizo primera dolgoročnega planiranja oskrbe izdelka s prevladujočim sezonskim povpraševanjem in poudarkom na uporabnosti statističnih metod pri predvidevanju sezonskega povpraševanja končnega izdelka in odvisnih potreb po ključnih vhodnih materialih z dolgo oskrbno verigo ter
- z analizo primera kratkoročnega planiranja proizvodnje (terminiranja) s poudarkom na praktični uporabi orodij v informacijskem sistemu SAP APO PP/DS in algoritmov za kratkoročno optimizacijo in planiranje zasedenosti zmogljivosti: razumevanje problematike spreminjajočih se ozkih grl (v odvisnosti od asortimana), identifikacija

ozkih grl v proizvodnji polizdelkov, možnost optimalnega izkoristka zmogljivosti delovnih mest z uporabo APO PP/DS optimizatorja.

4 PLANIRANJE PROIZVODNJE IN NJEGOVA INFORMACIJSKA PODPORA NA PRIMERU FARMACEVTSKEGA PODJETJA

4.1 Predstavitev podjetja

Obravnavano podjetje (v nalogi uporabljam izmišljeno ime Farma) je ena vodilnih generičnih farmacevtskih družb v svetu z dolgoletnimi izkušnjami na področju farmacije. Podjetje ima vodilni položaj na domačem trgu, močno pa je prisotno tudi na generičnih farmacevtskih trgih jugovzhodne, srednje in vzhodne Evrope. V zadnjih letih je podjetje vse bolj prisotno na zahodnoevropskih trgih, širiti pa se je pričelo tudi na trge Srednjega in Daljnega vzhoda, Afrike in obeh Amerik (Podjetje Farma, 2015a).

Proizvodno-distribucijske zmogljivosti imajo doma in v štirih državah v tujini. V ponudbi izdelkov so večinoma izdelki v obliki trdnih farmacevtskih oblik – to so generična zdravila na recept pod lastnimi blagovnimi znamkami na ključnih terapevtskih področjih: zdravila za bolezni srca in žilja, zdravila za bolezni prebavil in presnove ter zdravila za bolezni osrednjega živčevja, pa tudi zdravila z drugih terapevtskih področij (Podjetje Farma, 2015b).

Iz zapisanih strateških usmeritev in konkretnih ciljev podjetja je razvidno, da želi obravnavano podjetje ostati izrazito tržno naravnano, samostojno oziroma neodvisno podjetje, z lastnim razvojem, usmerjenim tudi v nove terapevtske skupine. To že vrsto let dosega z nenehno krepitvijo vertikalne integriranosti podjetja in poudarjanjem organske rasti, kar dosega z obsežnimi vlaganji v razvoj in nove zmogljivosti podjetja (Podjetje Farma, 2015b).

4.2 Predstavitev oskrbne verige podjetja

Za ravnanje z oskrbno verigo je v podjetju zadolženo področje Oskrba z izdelki, ki šteje več kot 2.500 zaposlenih. Naloga področja Oskrba z izdelki je zagotavljanje pogojev za fizično in strukturno rast prodaje z optimalnim gospodarjenjem z lastnimi zmogljivostmi za proizvodnjo zdravilnih učinkovin in končnih farmacevtskih izdelkov v Sloveniji in tujini, gradnjo novih tovrstnih zmogljivosti in širitvijo pogodbene proizvodnje. Osnovni cilj delovanja Oskrbe z izdelki je slediti prodajnim napovedim in zagotoviti nemoteno oskrbo prodajnih trgov s cenovno konkurenčnimi in kakovostnimi izdelki.

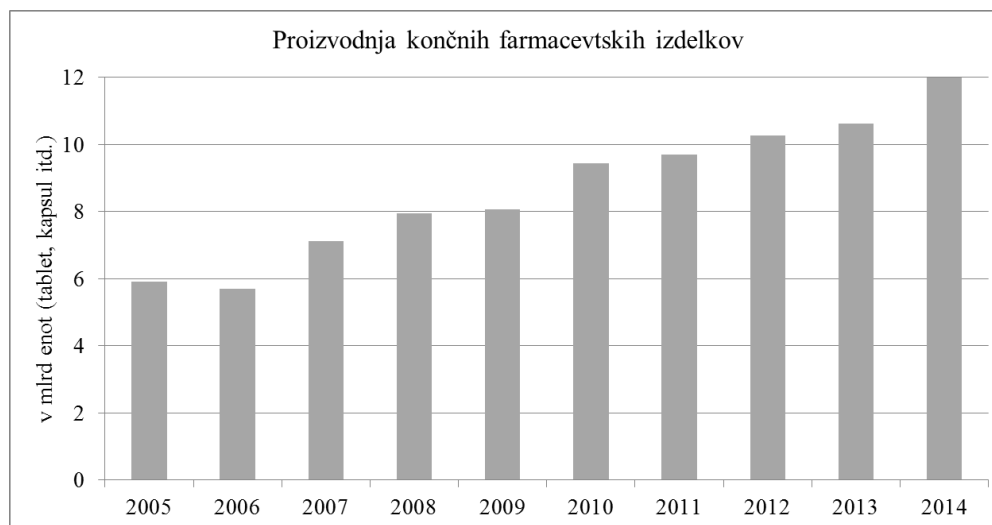
Področje Oskrbe z izdelki pokriva procese planiranja oskrbne verige, nabavljanja, proizvodnje, skladiščenja in transporta. Proizvodnjo načrtujejo v skladu s prodajnimi

napovedmi, pri čemer za strateško pomembne izdelke zagotavljajo več proizvodnih mest in nabavnih virov. Pri nabavi materialov, opreme in storitev sta ključni zanesljivost in kakovost, čedalje pomembnejše pa je obvladovanje nabavnih stroškov in njihovo stalno zniževanje. V okviru nabavne funkcije redno spremljajo svetovne nabavne trende, dobavitelje pa vključujejo v sistem rednih presoj in z njimi razvijajo strategijo partnerskih odnosov.

Ena od pomembnejših nalog Oskrbe z izdelki je izvajanje hitrih in kakovostnih prenosov tehnologij proizvodnje polizdelkov in pakiranja, s katerimi učinkovito odpravljajo ozka grla v proizvodnji, zagotavljajo in optimizirajo izkoriščenost proizvodnih zmogljivosti in pri tem upoštevajo konkurenčne prednosti poslovnih okolij, v katerih Farma deluje.

Proizvodna funkcija je ločena na proizvodnjo zdravilnih učinkovin in farmacevtsko proizvodnjo. S proizvodnjo zdravilnih učinkovin podjetje izpolnjuje usmeritev vertikalne integracije v oskrbni verigi in zagotavlja proizvodnjo učinkovin za svoja ključna zdravila.

Slika 14: Proizvodnja končnih farmacevtskih izdelkov v letih 2005–2014



Vir: Podjetje Farma, Letno poročilo 2014, 2015, str. 77.

Proizvodnja farmacevtskih izdelkov poteka v devetih proizvodnih obratih v Sloveniji in v štirih obratih v tujini. Proizvodni program podjetja sestavlja več kot 10.000 končnih izdelkov različnih tehnoloških oblik – tablet, kapsul, pastil, ampul, sirupov, praškov, mazil itd. (končni izdelek je kombinacija molekule, jakosti oz. koncentracije, tehnološke oblike, oblike pakiranja ter namembne države oz. kupca). V zadnjih letih se podjetje sooča s stalno in stabilno rastjo fizičnega obsega proizvodnje (Slika 14), kar je pomemben dejavnik pri obvladovanju aktivnosti oskrbne verige.

Ključni strateški cilji oskrbne verige v podjetju so:

- pravočasno zagotavljanje končnih izdelkov v zahtevanih količinah skladno s predvidevanji povpraševanja in naročili kupcev,
- zagotavljanje visoke kakovosti cenovno konkurenčnih izdelkov,
- učinkovita raba razpoložljivih zmogljivosti v oskrbni verigi (proizvodnih, skladiščnih, transportnih ...) in stroškovna učinkovitost znotraj celotnega življenjskega cikla izdelkov,
- zagotoviti pogoje za lansiranje novih izdelkov na ključne trge kot prvi generični proizvajalec.

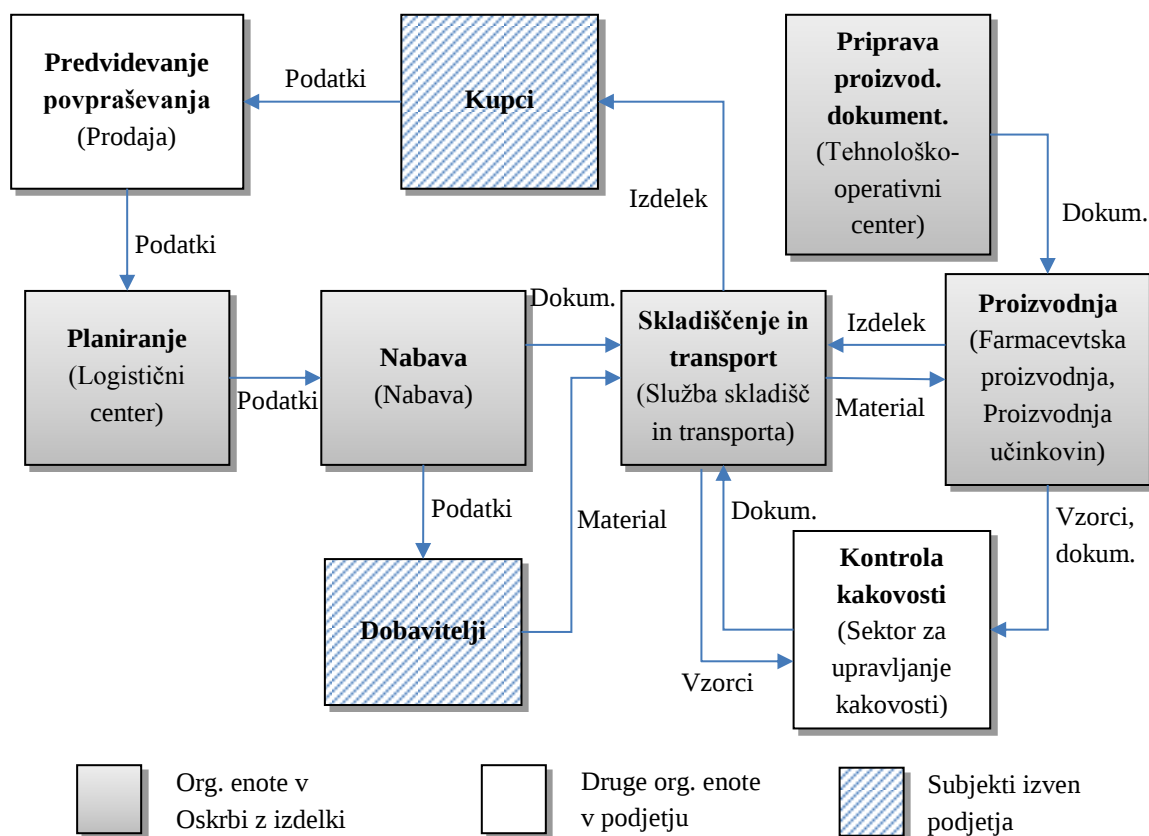
Navedenim strateškim ciljem oskrbne verige v podjetju sledijo z izvajanjem naslednjih oskrbnih procesov:

- Planiranje v oskrbni verigi, ki je organizirano v okviru organizacijske enote Logistični center (predvsem planiranjem proizvodnje in povezanih oskrbnih procesov).
- Nabavljanje, ki je organizirano v okviru organizacijske enote Nabava. Ključni cilji nabavne funkcije so pravočasna nabava cenovno najugodnejših materialov, opreme in storitev upoštevajoč zahteve kakovosti, vzpostavitev dolgoročne zanesljivosti dobaviteljev, razvoj partnerskih odnosov z dobavitelji, stalno spremljanje nabavnih trgov in identifikacija novih nabavnih virov.
- Obvladovanje proizvodnih tehnologij in proizvodne dokumentacije skladno z veljavnim regulatornim statusom izdelkov, ki je organizirano v okviru organizacijske enote Tehnološki operativni center.
- Proizvajanje zdravilnih učinkovin in farmacevtskih izdelkov skladno z načeli dobre proizvodne prakse (angl. *Good Manufacturing Practice – GMP*), ki je organizirano v okviru dveh organizacijskih enot Sektor za proizvodnjo učinkovin in Sektor za proizvodnjo zdravil. Ključni cilji proizvodne funkcije so učinkovito izvajanje proizvodnje, optimalna raba proizvodnih zmogljivosti ter širjenje, posodabljanje in obnavljanje lastnih proizvodnih zmogljivosti.
- Skladiščenje in distribuiranje, ki je organizirano v okviru organizacijske enote Služba skladiščenja in transporta. Ključni cilj funkcije skladiščenja in transporta je zagotavljanje prilagodljivosti, odzivnosti in kakovosti procesov skladiščenja in distribucije izdelkov končnim kupcem ter zagotavljanje optimalne izrabe skladiščnih in transportnih zmogljivosti.

Če izvzamemo fazo razvoja izdelka, se tipičen oskrbni proces zagotavljanja končnega izdelka v podjetju prične s predvidevanjem povpraševanja ali prodajnim naročilom za konkreten izdelek. Sledi proces planiranja izdelka upoštevajoč razpoložljive proizvodne zmogljivosti in druge omejitvene dejavnike. Upoštevajoč plan proizvodnje izdelka sledi proces nabave potrebnih vhodnih materialov, dobava in skladiščenje vhodnih materialov in izvedba vhodne kontrole kakovosti materialov. Pred pričetkom proizvodnje izdelka je treba

zagotoviti vso potrebno proizvodno dokumentacijo. Temu sledi faza proizvodnje izdelka, vzorčenje za izvedbo kontrole kakovosti končnega izdelka in predaja proizvedenega izdelka v skladišče končnih izdelkov. Po zaključenih analizah kakovosti sledi sproščanje končnega izdelka in skladno z želenim datumom dobave odprema izdelka končnemu kupcu (Slika 15).

Slika 15: Tipičen oskrbni proces zagotavljanja izdelkov v obravnavanem podjetju ter ponazoritev materialno-dokumentacijskega toka



Ključno vlogo v oskrbni verigi imajo proizvodna podjetja, ki predstavljajo jedro oskrbne verige in hkrati najbolj kompleksen sistem v smislu planiranja in optimalnega obvladovanja zmogljivosti (strojnih in človeških). Največji proizvodni obrat je seveda matično podjetje Farma, ki je edina proizvodna lokacija, kjer poteka tudi proizvodnja aktivnih učinkovin. V matičnem podjetju poteka tudi količinsko največji del proizvodnje farmacevtskih izdelkov. Procesi nabave surovin, embalažnega materiala prav tako potekajo centralizirano preko matičnega podjetja, ki nastopa tudi kot glavni dobavitelj repromaterialov za odvisna proizvodna podjetja. Proizvodna podjetja v tujini predstavljajo poleg zagotavljanja dodatnih proizvodnih zmogljivosti v skupini Farma ključno konkurenčno prednost (zaradi preferenčnega statusa lokalnih proizvajalcev) na nekaterih strateško najpomembnejših prodajnih trgih. Podjetje ima proizvodne obrate v Ruski federaciji, na Poljskem, Hrvaški in Nemčiji.

Eno pomembnejših vlog pri obvladovanju oskrbne verige podjetja ima funkcija planiranja, za katero je odgovorna organizacijska enota planiranja oskrbne verige, ki vse svoje aktivnosti izvaja centralizirano za celotno oskrbno verigo in vsa proizvodna podjetja skupine. Njihova glavna naloga je planiranje aktivnosti oskrbe s ciljem slediti prodajnim napovedim in zagotoviti nemoteno in pravočasno oskrbo trgov v zahtevanih količinah.

Osnovni cilji funkcije planiranja so:

- planiranje aktivnosti oskrbe s ciljem slediti prodajnim planom in zagotoviti nemoteno in pravočasno oskrbo trgov v zahtevanih količinah,
- planiranje in usklajevanje aktivnosti nabavne, proizvodne, kontrolne in logistične funkcije v podjetju,
- koordiniranje in optimiziranje materialnih tokov v oskrbni verigi,
- zagotavljanje optimalne izkoriščenosti razpoložljivih zmogljivosti v oskrbni verigi, to je gospodarjenje z zmogljivostmi oskrbne verige,
- izračun letne zasedenosti zmogljivosti na osnovi letnih planov in sodelovanje pri predlaganju ukrepov za realizacijo letnih planov (delitev plana po lokacijah, plan kadrov, nove investicije v zmogljivosti, iskanje proizvodnih storitev),
- ugotavljanje tekoče (tedenske, mesečne, kvartalne, polletne) zasedenosti proizvodnih zmogljivosti in postavljanje izhodišč za optimalni izkoristek le-teh,
- grobo planiranje proizvodnje (zmogljivosti in materialnih potreb) za proizvodne enote doma in v tujini,
- fino planiranje (terminiranje) proizvodnje in lansiranje delovnih nalogov v proizvodnjo,
- spremljanje izvajanja plana in ukrepanje v primeru odstopanja,
- uravnavanje zalog v oskrbni verigi,
- ugotavljanje in vzdrževanje baze podatkov o proizvodnih časih, ki so osnova za planiranje in sodelovanje pri oblikovanju delovnih mest,
- priprava informacij o planu in proizvodnji za ostale enote v družbi, ki te informacije potrebujejo za svoje delo.

Uspešno delo v današnjem poslovnem okolju zahteva hitro odzivnost na stalno spreminjajoče se okoliščine poslovanja in upravljanje velikih količin pogosto v realnem času dostopnih podatkov. Tu je lahko ena ključnih konkurenčnih prednosti oskrbne verige prav učinkovita raba informacijske tehnologije za podporo oskrbnim procesom in temu področju so v podjetju v zadnjih letih namenili veliko pozornosti.

4.3 Integrirana informacijska podpora oskrbnim procesom v podjetju

Ključni pomen pri obvladovanju oskrbne verige skupine Farma ima zagotovo tudi učinkovita raba informacijske podpore. V začetku leta 2005 je matično podjetje nadomestilo dotedanji, doma razviti informacijski sistem PMPS s standardno rešitvijo – integriranim ERP sistemom SAP R/3 – vodilnim informacijskim sistemom za standardizacijo in povezovanje poslovnih procesov podjetja (Columbus, 2013). Strateški cilj implementacije SAP R/3 sistema je bil tudi večja integracija v poslovno-informacijskem smislu vseh proizvodno-distribucijskih podjetij v tujini. Kot nadgradnja SAP R/3 sistemu je bila leta 2007 za potrebe planiranja oskrbne verige vpeljana informacijska rešitev SAP APO (angl. *Advanced Planner and Optimizer*) – sistem naprednega planiranja oskrbne verige.

V podjetju uporabljajo danes tri osnovne, medsebojno tesno povezane informacijske sisteme, ki podpirajo različne procese v oskrbni verigi.

Sistem **SAP R/3** je poslovni informacijski sistem namenjen planiranju virov podjetja (angl. *Enterprise Resource Planning – ERP*). Je proizvod nemškega podjetja SAP AG, ki je največji ponudnik ERP rešitev in četrti največji ponudnik programske opreme na svetu (Seth, 2015). SAP R/3 je odprt programski sistem, ki deluje v okolju odjemalec/strežnik. Namenjen je obvladovanju poslovnih informacij podjetja ali organizacije in predstavlja celovito rešitev za številne funkcije v organizaciji ter lahko deluje kot podpora za vse glavne procese v podjetju. SAP R/3 je zasnovan za zadovoljevanje informacijskih potreb organizacij vseh velikosti na številnih poslovnih področjih.

Od leta 1998 dalje ponuja SAP AG v okviru svojih rešitev tudi napredni sistem planiranja SAP APO, ki je del celovite rešitve **SAP SCM** (angl. *Supply Chain Management – SCM*), posebej namenjene obvladovanju procesov v oskrbni verigi: planiranju, izvajanju, nadzoru in merjenju učinkovitosti aktivnosti v oskrbni verigi.

Werum PAS-X je samostojna programska rešitev za izvajanje proizvodnje (angl. *Manufacturing Execution System – MES*) posebej prilagojena visoko reguliranim procesnim industrijam. Sistem je standardiziran in validiran za uporabo v farmacevtski panogi; pokriva pa vse osnovne proizvodne procese v farmacevtski industriji.

4.4 Planiranje procesov v oskrbni verigi z uporabo SAP APO

Po vpeljavi SAP R/3 ERP sistema so se v podjetju konec leta 2006 odločili, da dotedanji sistem za predvidevanje povpraševanja SOP – Sales and Operations Planning v SAP R/3 in dotedanji sistem za planiranje in detajlno terminiranje proizvodnje Werum PAS-PLAN (ki je bil takrat del MES sistema Werum PAS-X) nadomestijo z informacijsko rešitvijo SAP APO, ki je del celovite rešitve SAP SCM.

Osnovni cilj vpeljave SAP SCM rešitve v podjetju je bil optimizacija procesov predvidevanja povpraševanja in planiranja proizvodnje s poudarkom na večji integraciji sistema planiranja z obstoječim ERP sistemom SAP R/3, preostali poslovni cilji projekta pa so bili še:

- povečati fleksibilnost planiranja – skrajšanje zamrznjenega horizonta za planiranje prodaje,
- optimizacija (zmanjšanje) zalog končnih izdelkov, surovin in embalaže,
- optimiziranje procesov, pretoka informacij in materialov v oskrbni verigi ter zagotavljanje maksimalne transparentnosti,
- zmanjševanje odpisov vhodnih materialov kot posledica optimalnejšega planiranja,
- integracija in standardizacija procesov planiranja v podjetju,
- izboljšanje kakovosti prodajnih planov,
- zmanjšanje zalog končnih izdelkov,
- izboljšati razpoložljivost izdelka in raven zadovoljstva kupcev (angl. *customer service level*).

Na področju planiranja proizvodnje so si zastavili naslednje cilje:

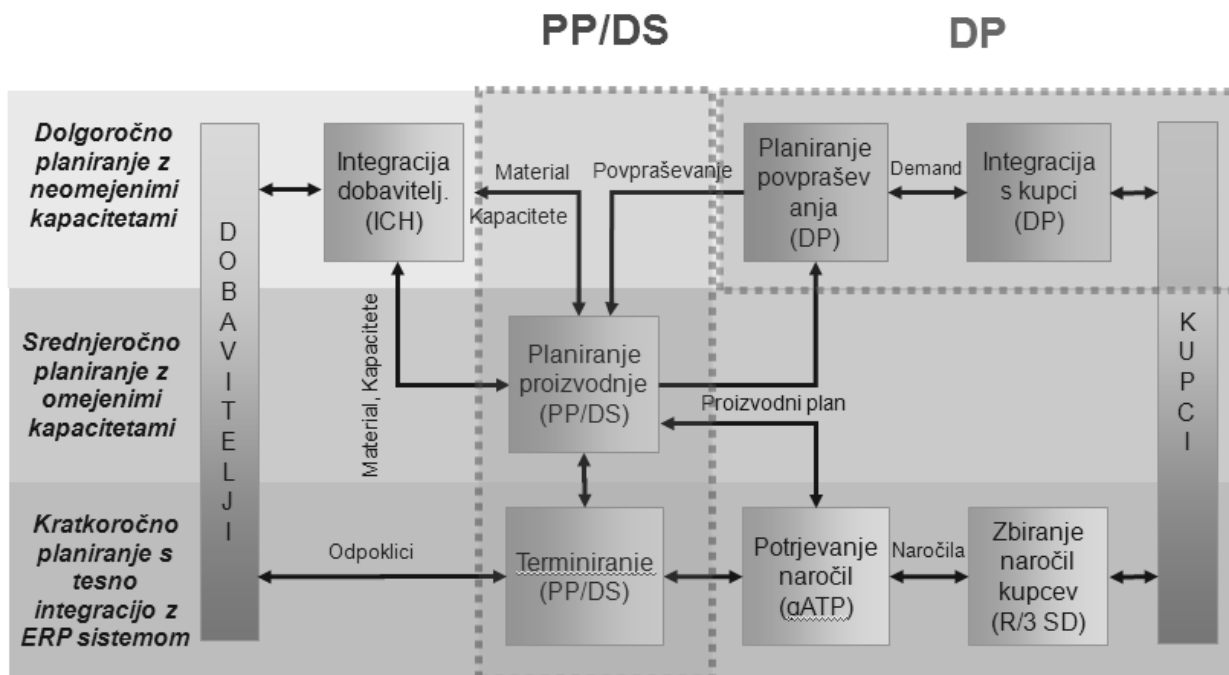
- izboljšati kakovost planiranja proizvodnje (optimalni proizvodni plani),
- zagotavljanje jasnih in točnih povratnih informacij o razpoložljivosti izdelkov prodajni funkciji v podjetju,
- izboljšan nadzor in ukrepanje nad neplaniranimi spremembami napovedi znotraj zamrznjenega obdobja, nepričakovanimi dogodki v proizvodnji (izjeme), spremembami dobavnih rokov itd.,
- povečanje frekvence planskih ciklov (drseče planiranje), skrajšanje potrebnega časa za izvedbo enega planskega cikla,
- zagotoviti večjo stabilnost plana (manj sprememb v fiksnem horizontu),
- skrajševanje pretočnih časov v proizvodnji in zmanjševanje planiranih zastojev (minimiziranje časov čiščenja in nastavitev),
- implementacija hitrega, zanesljivega in robustnega orodja za planiranje proizvodnje.

V okviru projekta vpeljave SAP APO so se v podjetju osredotočili na dva ključna procesa, ki jih podpirata temu namenjena modula, in sicer:

- planiranje povpraševanja, ki je informacijsko podprto z modulom APO DP (angl. *Demand Planning – DP*) in
- planiranje proizvodnje in detajlno terminiranje, ki je informacijsko podprto z modulom APO PP/DS (angl. *Production Planning and Detailed Scheduling – PPDS*).

Na Sliki 16 so prikazane struktura in povezave procesov planiranja oskrbne verige po zaključeni vpeljavi informacijskega sistema SAP APO.

Slika 16: Procesi planiranja oskrbne verige po zaključeni vpeljavi rešitve SAP APO



V okviru sistema SAP APO uporabljajo v podjetju naslednje funkcionalnosti za podporo procesu planiranja:

1. pri predvidevanju povpraševanja (modul APO DP):
 - a) uporaba APO DP planske table s številnimi funkcionalnostmi (npr. zgodovina prodaje iz podatkovnega skladišča – BW),
 - b) uporaba statističnih metod predvidevanja povpraševanja;
2. pri planiranju proizvodnje (modul APO PP/DS):
 - a) planiranje z upoštevanjem rokov uporabe (planiranje novih proizvodnih ali nabavnih nalogov z upoštevanjem izteka roka uporabe obstoječe zaloge),
 - b) planiranje varnostnih zalog (statične varnostne zaloge),
 - c) planiranje s toleranco nezadostne izdobave (funkcionalnost preprečevanja kreiranja novih proizvodnih nalogov v okviru določenih toleranc dobave za strategijo planiranja po naročilu kupca; zagotavljanje pogoja 1 kupčevo naročilo = 1 proizvodni nalog),
 - d) menjave šifer izdelkov z upoštevanjem datumov veljavnosti (zagotavljanje enotne planske situacije za različne šifre, povezane v isto verigo predhodnik – naslednik),
 - e) planiranje alternativnih delovnih mest z upoštevanjem različnih prioritet delovnih mest ter variabilnih izdelavnih časov (v primeru zasedenosti delovnega mesta s prioriteto A sistem avtomatično poišče rešitev na delovnem mestu s prioriteto B, C itd.),

- f) upoštevanje prioritet pri izbiri proizvodnih verzij (v primeru več istočasno veljavnih proizvodnih verzij za isti izdelek MRP postopek izbere proizvodno verzijo z najvišjo prioriteto),
 - g) kvotiranje proizvodnih verzij (v primeru več istočasno veljavnih proizvodnih verzij za isti izdelek lahko določimo razmerje uporabe različnih proizvodnih verzij v MRP postopku ali časovno določimo obdobje uporabe različnih proizvodnih verzij v MRP postopku),
 - h) uporaba različnih strategij planiranja (proizvodnja na zalogo, proizvodnja po naročilu ...),
 - i) planiranje s planskimi materiali in logiko konzumacije (dvonivojsko planiranje – planiranje polizdelka na osnovi predvidevanj povpraševanja in planiranje pakiranja na osnovi konkretnih naročil kupcev),
 - j) scenariji kooperacije (planiranje kooperacijskih poslov z lastnimi materiali v okviru enotnega MRP postopka in planiranjem operacij proizvodnje pri pogodbenih partnerjih);
3. pri detajlnem terminiranju (modul APO PP/DS):
- a) uporaba optimizatorja (genetski algoritmi),
 - b) uporaba planske table (gantogram) z dodatki
 - c) planiranje proizvodnih kampanj (združevanje proizvodnih nalogov z enakimi karakteristikami v proizvodne kampanje za lažjo vizualizacijo podrobnega plana in lažjim terminiranjem celotnih proizvodnih kampanj),
 - d) uporaba nastavitvenih matrik z dinamičnimi časi nastavitvev (v odvisnosti od zaporedja operacij različnih izdelkov na istem delovnem mestu),
 - e) uporaba prioritet delovnih nalogov pri detajlnem terminiranju (različni statusi delovnih nalogov imajo različne prioritete v fazi izvajanja optimizacijskega cikla).

V nadaljevanju bom analiziral uporabo informacijske podpore v obravnavanem podjetju na dveh praktičnih primerih: predvidevanju povpraševanja in dolgoročnem planiranju oskrbe izdelka s prevladujočim sezonskim povpraševanjem ter kratkoročnem planiranju proizvodnje s poudarkom na praktični aplikaciji algoritmov za kratkoročno optimizacijo zasedenosti zmogljivosti.

4.4.1 Analiza primera dolgoročnega planiranja oskrbe izdelka s prevladujočim sezonskim povpraševanjem

V obravnavanem podjetju uporabljajo dve osnovni strategiji planiranja oskrbe, in sicer planiranje proizvodnje na zalogo (angl. *Make-to-Stock* – *MTS*) in planiranje proizvodnje po naročilu (angl. *Make-to-Order* – *MTO*). Večina oskrbnih aktivnosti in proizvodnje (>80 % proizvedenih količin) se planira in izvaja po principu proizvodnje na zalogo, ker tako narekujejo omejitveni dejavniki panoge in ostale značilnosti poslovnega okolja. Predvsem leži razlog v tem, da je pričakovan čas od kupčevega naročila do dobave izdelka (tj. čas, ki

ga določa kupec, in pomeni njegovo pripravljenost čakanja od naročila do dobave izdelka) bistveno krajši od oskrbnega časa za izdelavo izdelka.

V praksi to pomeni, da je treba aktivnosti oskrbe planirati vnaprej, pred prejemom fiksnega kupčevega naročila. Predvidevanje povpraševanja je tu ključnega pomena, saj je treba zagotoviti:

- prave izdelke,
- na pravi lokaciji,
- ob pravem času,
- v zahtevanih količinah.

Proces predvidevanja povpraševanja v podjetju izvaja prodajna funkcija v sodelovanju s trženjsko, finančno in oskrbno funkcijo. Rezultat procesa je usklajena oz. uravnotežena prodajna napoved (angl. *Consensus Demand Planning*), ki v največji možni meri upošteva kritične dejavnike povpraševanja:

- veliko število različnih izdelkov,
- visoko stopnjo dodajanja novih izdelkov v prodajni portfelj (lansiranja),
- promocijske tržne aktivnosti (vrednotenje in vpliv dejavnosti trženjske funkcije na terenu),
- karakteristike primarnega povpraševanja (in ne napovedovanje sekundarnega povpraševanja na trgu),
- sezonske vplive (vreme, prehladna obolenja ...).

V podjetju poznajo glede na obravnavani časovni horizont več ravni predvidevanja povpraševanja, katerega rezultat se uporablja v različne namene.

Dolgoročno ali večletno predvidevanje povpraševanja za obdobje 1 do N let uporabljajo predvsem za potrebe vrednotenja razvojnih projektov v fazi razvoja novih izdelkov in ocene upravičenosti večjih investicijskih projektov, ki zahtevajo znatnejša finančna sredstva. Tovrstno predvidevanje je pretežno nestrukturirano in poteka izven obstoječega informacijskega sistema SAP APO. V ta namen se uporablja predvsem orodje MS Excel, izvaja pa se združeno na ravni skupin izdelkov ali prodajnih regij.

Operativno predvidevanje povpraševanje zajema obdobje 0–18 mesecev in poteka strukturirano z uporabo informacijskega sistema SAP APO. Izvaja se na ravni šifer končnih izdelkov (angl. *Stock Keeping Unit – SKU*) – ena šifra končnega izdelka predstavlja kombinacijo molekule zdravila, tehnološke oblike, jakosti, oblike pakiranja in namembne države; primer naziva šifre končnega izdelka je »Izdelek A tbl 20x275mg SI«.

Šifre končnih izdelkov z dodano organizacijsko oziroma plansko strukturo (podjetje – prodajna organizacija – distribucijski kanal – prodajna pisarna – država) sestavljajo plansko hierarhijo, ki predstavlja osnovno strukturo za izvajanje procesa predvidevanja povpraševanja v informacijskem sistemu APO. V ta namen uporabljajo prodajno plansko tablo (Priloga 1) – to je orodje, ki prodajnim skrbnikom, odgovornim za planiranje, omogoča številne funkcionalnosti za lažje, učinkovitejše in zanesljivejše predvidevanje količin povpraševanja, npr. prikaz podatkov zgodovine prodaje, ekspertne napovedi povpraševanja strokovnjakov na terenu, uporabo različnih metod statističnih projekcij, izračun točnosti predvidevanja povpraševanja itd.

Proces operativnega predvidevanja povpraševanja poteka kontinuirano, in sicer tako, da prodajni skrbniki redno (v tedenskih intervalih oziroma vedno takrat, ko pride do spremembe ocene povpraševanja na trgu) posodablajo obstoječe mesečne napovedi za obravnavano obdobje. Predvidevanja povpraševanja prodajni skrbniki vzdržujejo in posodablajo v prodajni planski tabli upoštevajoč vse razpoložljive informacije o razmerah na trgu, napovedi strokovnih sodelavcev na terenu, zgodovino prodaje, sezonsko naravo izdelkov, promocijske tržne aktivnosti, izračune statistične projekcije itd.

Zanesljivost oz. ustreznost predvidevanja povpraševanja v horizontu 6–18 mesecev je še posebej pomembna za nadaljnje planiranje aktivnosti v oskrbni verigi. Ocena povpraševanja v tem časovnem horizontu vpliva na planiranje nabavnih aktivnosti za kritične surovine – običajno gre tu za zdravilne učinkovine, ki predstavljajo najpomembnejše vhodne materiale v smislu nabavne vrednosti, daljših časov oskrbe (dolgi dobavni roki) in z vidika kritičnosti obvladovanja vrednosti zalog. Tu je pomembno, da v podjetju kar najbolje ocenijo:

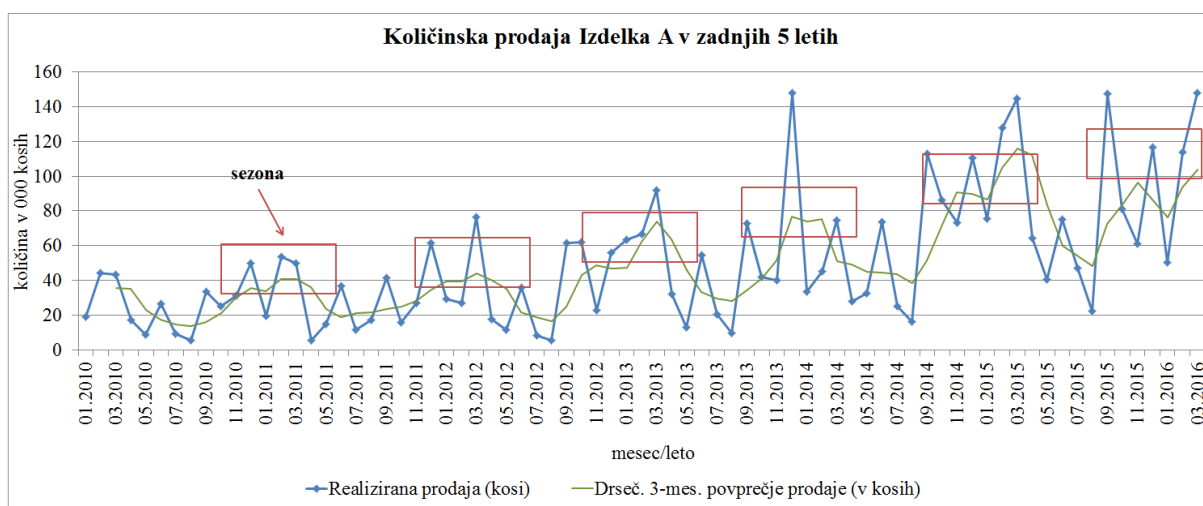
1. skupne nabavne količine za naslednje plansko obdobje (npr. naslednjih 12 mesecev), kar je pomembno za doseganje ugodnih nabavnih pogojev (nabavna cena pada za rastjo nabavnih količin), ter
2. dinamiko odpoklicev (dejanskih dobav) naročenih količin.

Ustrezno planiranje dinamike nabavnih količin igra še posebej pomembno vlogo pri izdelkih sezonske narave, kjer je povpraševanje po teh izdelkih in posledično poraba vgrajenih surovin bistveno povečana v določenem obdobju leta in tem značilnostim je treba prilagoditi proces planiranja. Tu so v veliko pomoč prav orodja za statistično projekcijo, ki jih v okviru sistema APO DP uporabljajo v obravnavanem podjetju.

V nadaljevanju bom na analizi primera izdelka s trendom rasti in prevladujočim sezonskim povpraševanjem – v nalogi ga bom imenoval »Izdelek A« – analiziral rezultate uporabe najprimernejšega statističnega modela za oceno predvidevanja povpraševanja v orodju APO DP in vpliv tako ocenjenega povpraševanja na planiranje nabave ključne surovine (zdravilne učinkovine) v sestavnici končnega izdelka, ki ima hkrati najdaljši dobavni rok.

Najprej sem analiziral historične podatke oziroma časovno vrsto podatkov o realizirani prodaji Izdelka A v zadnjih 5 letih. Rezultati analize so prikazani na Sliki 17. Iz podatkov pretekle prodaje je jasno razviden trend rasti prodajnih količin. Druga pomembna ugotovitev se nanaša na identifikacijo vzorca sezonske prodaje izdelka, ki je opazen v obdobju od meseca oktobra do meseca marca, kar je glede na indikacijsko skupino obravnavanega izdelka pričakovan pojav.

Slika 17: Analiza historičnih podatkov o količinski realizaciji prodaje Izdelka A od leta 2010 dalje



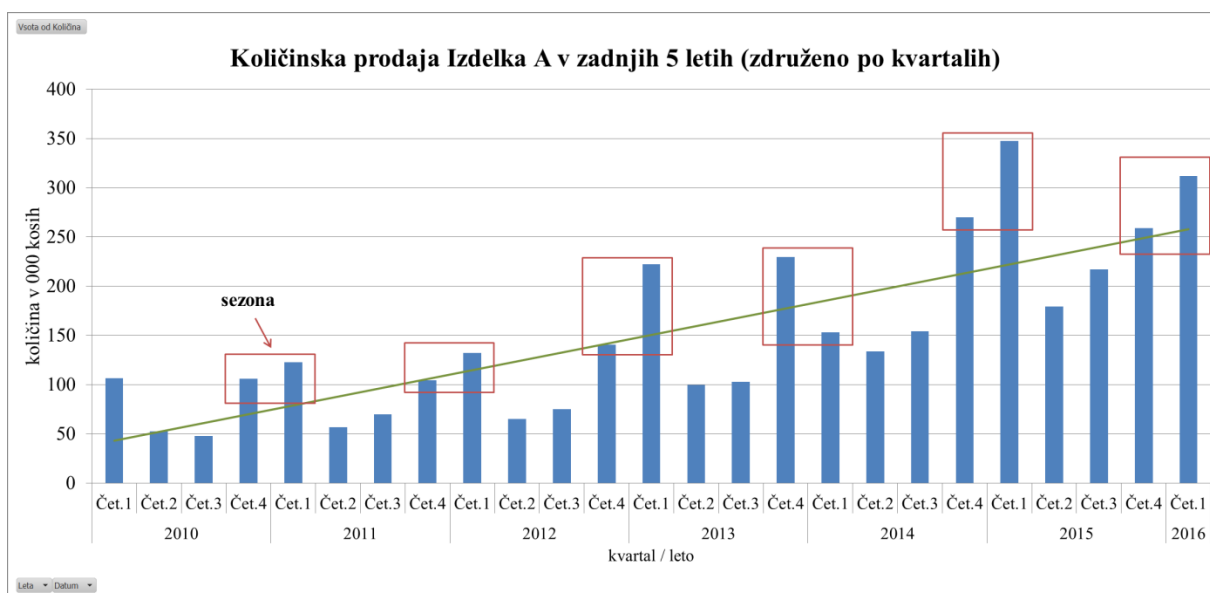
Sezonskost povpraševanja je še bolj opazna, če podatke prodajne zgodovine združimo po kvartalih (s tem odstranimo nihanja znotraj kvartala) – izrazito izstopata 1. in 4. kvartal koledarskega leta, kar potrjuje predhodno ugotovitev (Slika 18).

Obe ugotovitvi sta zelo pomembni za razumevanje značilnosti povpraševanja obravnavanega izdelka in posledično izbor najustreznejše metode za generiranje statistične projekcije v planskem obdobju. Prodajni skrbnik, ki je odgovoren za predvidevanje povpraševanja, ima v sistemu APO na voljo močno orodje za izbor najustreznejše metode statistične projekcije, ki planerju omogoča oblikovanje dolgoročnejših napovedi (Priloga 2).

Modul APO DP ponuja uporabo različnih statističnih modelov, metod in strategij za izračun napovedi povpraševanja (Tabela 1), in sicer:

- metode časovnih vrst (konstantni model, model trenda, sezone, sezonskega trenda, samodejna izbira modela 1, samodejna izbira modela 2, ročna izbira modela),
- vzročne metode (multi linearna regresija),
- sestavljene metode (kombinacija časovnih vrst in multi linerane regresije),
- eksterne napovedovanje (planiranje življenjskega cikla, modeli po meri).

Slika 18: Analiza historičnih podatkov o količinski realizaciji prodaje Izdelka A od leta 2010 dalje združeno po kvartalnih



Proces predvidevanja povpraševanja v obravnavanem podjetju je sestavljen iz naslednjih podprocesov:

1. priprava podatkov prodajne zgodovine in korekcija historičnih podatkov (t.i. čiščenje prodajne zgodovine),
2. generiranje (ročno ali sistemsko) predvidevanj povpraševanja,
3. kontinuirano kontroliranje in korigiranje predvidevanj povpraševanja in
4. končno oblikovanje prodajnega plana z upoštevanjem vseh ostalih vplivov na povpraševanje (promocije, tendri itd).

Podrobnejši opis oz. analiza in simulacija uporabe različnih metod na konkretnem primeru presega obseg v nalogi obravnavane problematike, se pa v praksi (po izkušnjah planerjev v obravnavanem podjetju in prakse ostalih podjetij, ki uporabljajo sistem APO DP) kot najbolj uporabna pokaže uporaba obeh metod Samodejne izbire modela 1 in 2 (Priloga 2).

Samodejna izbira modela je matematična metoda za izbor najustreznejše metode za predvidevanje povpraševanja, kar pomeni, da izbiro modela napovedovanja dinamično prilagaja prodajni zgodovini konkretnega izdelka in značilnostim povpraševanja ter izbere tisti model, ki najbolje ustreza konkretni prodajni zgodovini (izbere model, kjer je napaka napovedovanja med napovedmi modela in dejansko zgodovino prodaje najmanjša). Postopek vključuje izvedbo več testov, s katerimi skuša določiti značilnosti povpraševanja – najenostavnejša sta testa za trend in sezonskost povpraševanja (Hoppe, 2007).

Tabela 1: Pregled metod predvidevanja povpraševanja v sistemu APO DP

Model	Metoda	Strategija
Analiza časovnih vrst	Konstanta	10 – Konstantni model 11 – Enostavno eksponentno glajenje 12 – Konstantni model s samodejno prilagoditvijo α in enostavnim eksponentnim glajenjem 13 – Metoda drsečih sredin 14 – Metoda tehtanih drsečih sredin
	Trend	20 – Predvidevanje z modelom trenda 21 – Enostavno eksponentno glajenje 22 – Dvojno eksponentno glajenje 23 – Model trenda s samodejno prilagoditvijo α in dvojnim eksponentnim glajenjem
	Sezona	30 – Predvidevanje s sezonskim modelom 31 – Wintersova metoda 35 – Linearna regresija s sezono
	Sezona in trend	40 – Predvidevanje z modelom sezone in trenda 41 – Enostavno eksponentno glajenje
	Samodejna izbira modela 1	50 – Test konstante, trenda, sezone in sezonskega trenda 51 – Test trenda 52 – Test sezone 53 – Test trenda in sezone
	Samodejna izbira modela 2	56 – Polno iskanje parametrov povpraševanja
	Ročna izbira modela	54 – Sezonski model in test trenda 55 – Model trenda in test sezone 60 – Prenos historičnih podatkov
	Ročne napovedi	70 – Ročne napovedi
	Naključje	80 – Crostonova metoda
	Linearna regresija	94 – Enostavna linearna regresija
Vzročni model		Multipla linearna regresija (MLR)
Kompozitni model		Možne kombinacije analize časovnih vrst in
Zunanji modeli		Funkcije planiranja življenjskega cikla in drugi prilagojeni modeli

Vir: F. Gulyassy, M. Hoppe, M. Isermann & O. Kohler (2010). *Materials Planning with SAP*. str. 186–187.

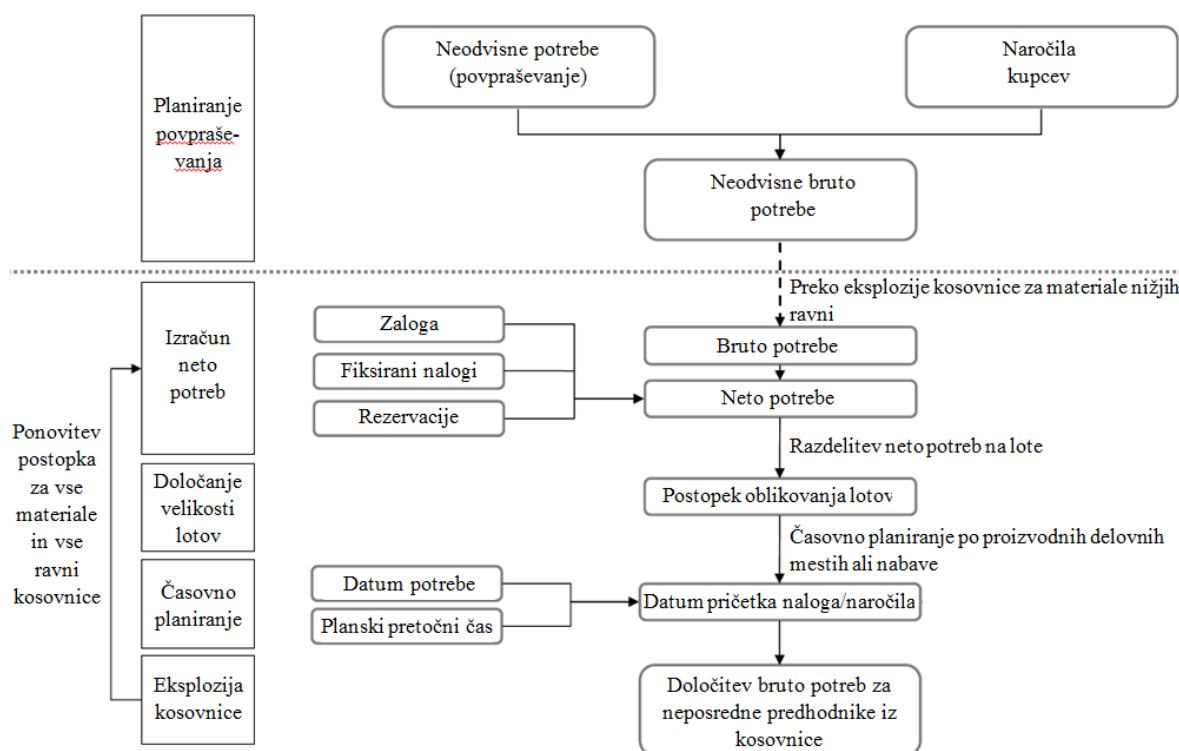
Metoda **Samodejna izbira modela 1** testira historične prodajne podatke s ciljem določitve vzorcev konstantnega povpraševanja, linearnega trenda, sezone in sezonskega trenda. Test sezone je izveden na osnovi koeficienta korelacije, regresijska analiza pa je osnova za določitev trenda. Glede na rezultat izvedbe testov sistem izbere najprimernejšo metodo – npr., če sta tako test trenda kot tudi test sezone pozitivna, bo sistem izbral strategijo 40 – Predvidevanje z modelom sezone in trenda (Tabela 1).

Metoda **Samodejna izbira modela 2** enako kot prva poskusi najprej določiti vzorce konstantnega povpraševanja, linearnega trenda, sezone in sezonskega trenda. V drugem

koraku spreminja vrednosti parametrov povpraševanja (alfa, beta in gama vrednosti) v skladu z nastavitvenim profilom v sistemu APO DP začeni z vrednostmi $\alpha = 0,1$, $\beta = 0,1$ in $\gamma = 0,1$. Z variiranjem vrednosti alfe, bete in game nato primerja konstantni model, model trenda, sezone in model sezonskega trenda s ciljem izbora modela z najmanjšo statistično napako, ki ga na koncu izbere kot najprimernejšega za predvidevanje povpraševanja.

Izračunana statistična projekcija ni namenjena takojšnjemu prenosu v operativno planiranje oziroma kot vhod v MRP proces; naloga prodajnega planerja je, da tako izračunano projekcijo kritično ovrednoti in korigira upoštevajoč vse njemu znane okoliščine, ki vplivajo na prihodnje povpraševanje, na primer promocijske aktivnosti, izredna tenderska naročila, fazo življenjskega cikla izdelka itd.

Slika 19: MRP postopek v obravnavanem podjetju



Kot vhod v proces MRP in analizo nadaljnjega procesa planiranja oskrbe »Izdelka A« sem upošteval izračunano napoved povpraševanja na podlagi statistične metode »Samodejne izbire modela 2« za obdobje naslednjih 18 mesecev.

Po prenosu potreb v modul planiranja proizvodnje (APO PP/DS) sledi izvedba MRP procesa v naslednjih korakih (Slika 19):

1. izračun neto materialnih potreb – sistem sešteje vse bruto potrebe in odšteje razpoložljivo zalogo ter fiksirane planske naloge (nefiksirane naloge pobriše),

2. definiranje velikosti lotov – neto materialne potrebe razdeli na primerno velikost lotov za planske naloge in nabavna naročila skladno s pravili za določanje velikosti lotov, ki so opredeljeni v matičnih podatkih materiala,
3. določanje časovnice planskih elementov – ugotovi datume začetka za planske naloge in nabavna naročila glede na datum neto potrebe in pretočni čas proizvodnje ali nabave,
4. eksplozija kosovnice – na osnovi izračunanih datumov in velikosti lotov sledi izračun bruto potreb za naslednjo raven v kosovnici,
5. iteracija postopka – ponovitev naštetih korakov za vse ravni v kosovnici.

Pomen uporabe statistične projekcije v APO DP in zagotavljanje daljšega horizonta prodajnih napovedi (v analiziranem primeru je to 18 mesecev) je še posebej razviden pri planiranju nabave komponent z dolgimi dobavnimi roki. V farmacevtski industriji gre tu običajno za aktivne učinkovine, ki na strani dobaviteljev zahtevajo dolge čase proizvodnje (sinteza farmacevtskih učinkovin je časovno zahteven proces, ki običajno poteka v več fazah, katerih skupni izdelavni čas lahko zahteva tudi več mesecev neprekinjene proizvodnje). Druga značilnost nabavnega trga aktivnih učinkovin je, da se večina učinkovin dobavlja s področja Azije, kar pomeni dolge čase transporta (še posebej v primeru ladijskih transportov) za proizvajalce v Evropi. Tretja značilnost oskrbnih verig za farmacevtske učinkovine je upoštevanje pretočnih časov za izvedbe vseh potrebnih kontrol kakovosti tako na strani proizvajalca učinkovine kot na strani proizvajalca zdravil ob vhodni kontroli kakovosti učinkovine. Vsi navedeni dejavniki so prikazani v izračunu pretočnih časov v konkretnem primeru Izdelka A, v katerega vstopa Učinkovina A (Slika 20).

Slika 20: Prikaz pretočnih časov od trenutka odločitve za nakup kritične Učinkovine A do datuma dobave Izdelka A končnemu kupcu

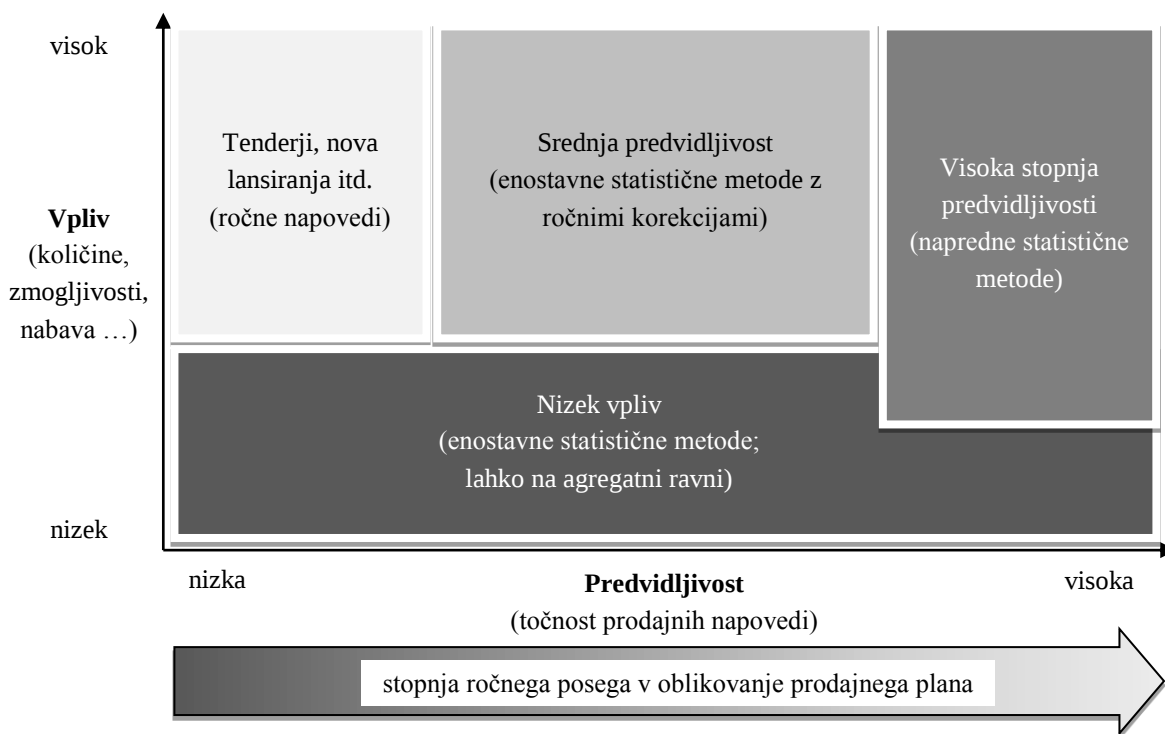
Aktivna učinkovina		Polizdelek		Končni izdelek				Skupaj (dni)
90	10	3	21	3	1	7	5	140
A	B	C	D	E	F	G	H	

- A Planski dobavni rok
- B Kontrola kakovosti vhodnih materialov
- C Varnostno/manipulativni čas (čas potreben za pripravo materialov pred pričetkom proizvodnje)
- D Čas trajanja proizvodnje polizdelka
- E Varnostno/manipulativni čas (čas potreben za pripravo materialov pred pričetkom pakiranja)
- F Čas trajanja pakiranja polizdelka
- G Kontrola kakovosti končnega izdelka
- H Čas distribucije končnega izdelka na trg

Iz analize konkretnega primera sledi, da je za zagotavljanje pravočasne dobave kritične Učinkovine A nujno potreben dovolj dolg horizont predvidevanja povpraševanja za Izdelek A, kar je mogoče zagotoviti z izborom ustrezne metode za predvidevanje povpraševanja, ki jih ponuja modul APO DP. Če k obravnavanemu primeru dodamo še trend rasti in

značilnosti sezonskega povpraševanja po Izdelku A, je pomembno, da te lastnosti povpraševanja preko postopka MRP prenesemo na odvisne potrebe po Učinkovini A in temu prilagodimo tudi dinamiko nabave. Brez uporabe optimalne statistične metode, ki upošteva tako trend rasti kot sezonskost povpraševanja, bi bilo planiranje Izdelka A in vgrajene Učinkovine A bistveno manj učinkovito.

Slika 21: Predlagana segmentacija strategij predvidevanja povpraševanja v obravnavanem podjetju



Ključne težave, ki se pojavljajo v procesu predvidevanja povpraševanja v obravnavanem podjetju, in možne predloge rešitev lahko strnemo v naslednje točke:

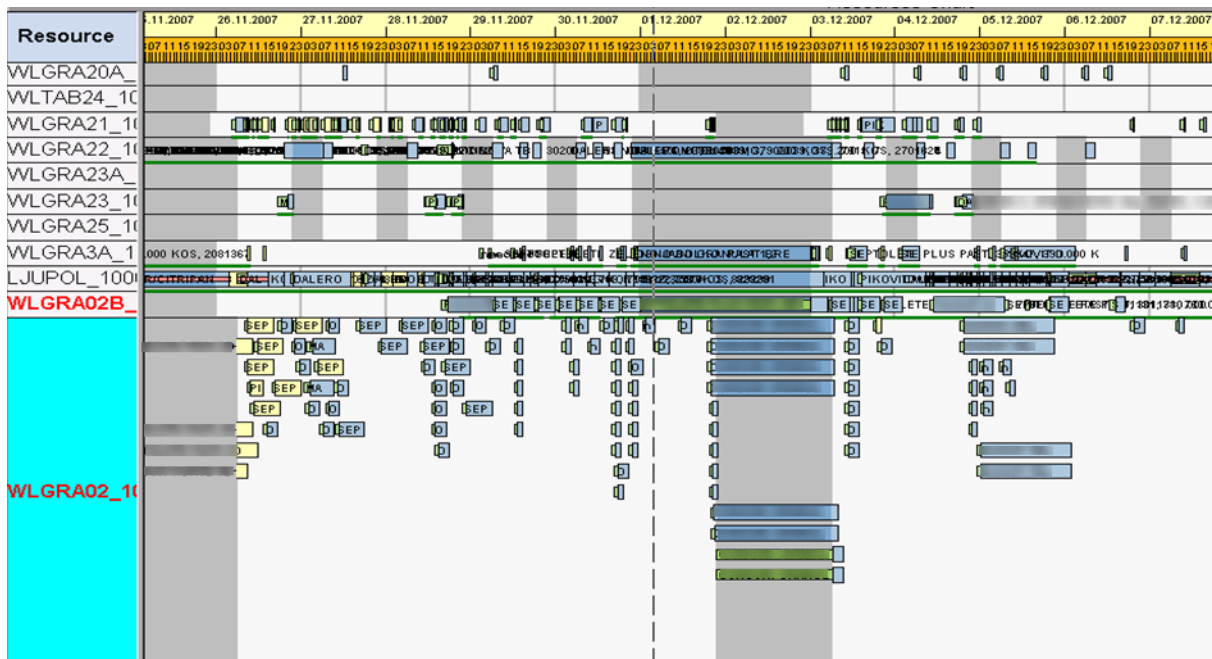
- Podjetje v okviru dnevnega cikla za avtomatizirano kreiranje statistične projekcije uporablja poenostavljen konstantni model, ki ne odraža dovolj natančno različnih značilnosti povpraševanja za tako širok asortiman izdelkov, kot ga ima obravnavano podjetje. Izdelke bi bilo treba segmentirati v skupine in sprejeti odločitev o strategiji planiranja prodaje (Slika 21). Za izdelke, kjer bi bila smiselna uporaba statističnih metod za predvidevanje povpraševanja, bi bila potrebna obsežna segmentacija in oblikovanje skupin izdelkov in/ali trgov s podobnimi značilnostmi povpraševanja, ki bi jim bilo treba prilagoditi strategije predvidevanja povpraševanja.
- Napredne metode za statistično predvidevanje povpraševanja planerjem niso dovolj poznane in jih posledično premalo ali pa sploh ne uporabljajo. Tu bi bilo treba prodajne

planerje spodbuditi in motivirati k uporabi teh metod ter jih še posebej opozoriti na vpliv tendrov, promocij, novih lansiranj itd.

4.4.2 Analiza primera kratkoročnega planiranja proizvodnje s poudarkom na optimizaciji zasedenosti zmogljivosti delovnih mest

Po izvedenem MRP postopku so potrebe pokrite s predlogi novih planskih nalogov in nabavnih naročil. MRP postopek ne upošteva omejene zmogljivosti in materialno razpoložljivost komponent iz kosovnice, kar predstavlja ključno omejitev in pomanjkljivost tradicionalnih MRP sistemov (Slika 22).

Slika 22: Zaslonska slika s prikazom rezultata (razmestitve delovnih operacij) po izvedenem MRP postopku v obravnavanem podjetju brez upoštevanja omejenih zmogljivosti



Prehod iz neomejenega planiranja v planiranje z omejitvami dosežemo z uporabo APO PP/DS optimizatorja, ki ga v omejenem obsegu uporabljajo v obravnavanem podjetju. Osnovni namen postopka kratkoročne optimizacije v podjetju je, da glede na opredeljene vhodne kriterije optimira razporeditev operacij po posameznih resursih upoštevajoč ključne omejitvene dejavnike izvedljivosti plana, in sicer:

- upošteva omejene strojne zmogljivosti na delovnih mestih, ki so v informacijskem sistemu kot »omejeni« (angl. *finite resources*) – karakteristika se dinamično vzdržuje kot matični podatek delovnega mesta,
- upošteva omejeno razpoložljivost materialov in planira delovne naloge upoštevajoč datume razpoložljivosti materialov v kosovnici,

- optimizator omogoča uporabo alternativnih delovnih mest in upoštevanje prioritete le-teh v recepturah,
- pri optimizaciji so upoštevani dinamični časi čiščenja in menjav med izdelki (vzdrževani v t.i. matrikah časov čiščenja in menjav)
- omogoča planiranje kampanj,
- ponudi najboljši možni rezultat glede na opredeljene kriterije optimizacije.

Eden ključnih problemov kratkoročnega planiranja zmogljivosti v obravnavanem podjetju in uporabe postopka optimizacije so spreminjajoča se ozka grla, ki so posledica širokega asortimana izdelkov različnih tehnoloških oblik. To pomeni, da se v odvisnosti od povpraševanja po posamezni skupini izdelkov spreminja tudi obremenjenost posameznih faz in delovnih mest v proizvodnji.

V fazi planiranja se ta problem rešuje z identifikacijo ozkih grl z uporabo enega od orodij v informacijskem sistemu APO (Priloga 3). To orodje planerju omogoča prikaz zasedenosti zmogljivosti posameznih delovnih mest v proizvodnji glede na standardni delovni koledar delovnega mesta (tj. standardno zmogljivost delovnega mesta glede na razpoložljivo število operaterjev na tem delovnem mestu).

Poročilo prikazuje razpoložljivo število delovnih ur v obravnavanem mesecu ter ga primerja s potrebnim številom delovnih ur za realizacijo vseh planskih nalogov meseca. Potrebno število delovnih ur je razdeljeno na delež ur, potrebnih za čiščenje in pripravo delovnega mesta, ter delež ur, potrebnih za izvajanje operacij. Skupen rezultat oziroma zasedenost delovnega mesta je na koncu poročila izražena še v odstotku zasedenosti, pri čemer zasedenost <100 % pomeni proste zmogljivosti v določenem obdobju, rezultat >100 % pa pomeni preobremenjenost zmogljivosti. Tako ugotovljeno stanje ozkih grl je osnova za sprejemanje potrebnih ukrepov za reševanje problema nezadostnih zmogljivosti, ki ga sicer ne rešujemo s postopkom optimizacije: odločitve o uvajanju dodatnih delovnih izmen s podaljševanjem delovnega časa, organizacija nočnega dela, uvedba delovnih sobot, prerazporejanje proizvodnje na zgodnejša obdobja oziroma proizvodnja na zalogo itd. S tem je postavljen okvir zmogljivosti delovnih mest in ključni vhodni parameter za proces optimizacije kratkoročnega plana proizvodnje. Ključna funkcionalnost optimizatorja torej je, da v okviru danih (fiksni) zmogljivosti poišče optimalno zaporedje izvajanja delovnih operacij.

Sistemske nastavitve za izvedbo planskega koraka optimizacije se vzdržujejo v nastavitvenem profilu za optimizacijo, ki vključuje nastavitve horizonta optimizacije z datumom pričetka optimizacije, uteži za doseganje ciljne funkcije optimizacije, algoritem optimizacije in trajanje postopka optimizacije, izbor nalogov za optimizacijo, izbor ciljnih delovnih mest za optimizacijo, prioritete optimizacije itd.

Kriteriji (oziroma uteži) za doseganje ciljne funkcije optimizacije so še naslednji:

- čas izdelave (angl. *makespan*),
- čas menjav in čiščenj (angl. *setup times*),
- stroški menjav in čiščenj (angl. *setup costs*),
- stroški zamud (glede na neodvisne ali odvisne potrebe) (angl. *delay costs*),
- stroški menjave alt. resursov (angl. *mode costs*).

Kot rezultat optimizacije APO nato izbere tisto rešitev (končno razporeditev delovnih operacij po delovnih mestih), ki predstavlja najboljši rezultat glede na vhodne kriterije (uteži) optimizacije. Optimizacija vedno traja omejen čas (vnaprej določen), znotraj katerega sistem poskuša najti najboljšo rešitev.

Iz povedanega sledi ugotovitev, da so za doseganje zadovoljivih rezultatov optimizacije ključni karseda točni vhodni podatki: matični podatki, podatki v recepturah, nastavitve resursov, koledar delovnih mest in ostali transakcijski podatki ERP sistema (npr. datumi razpoložljivosti za materiale zunanje oskrbe).

Ključni vhodni podatki za izvedbo optimizacijskega cikla v obravnavanem podjetju so:

1. podatki delovnih nalogov (struktura delovnih nalogov – delovne operacije in delovna mesta; časi trajanja posamezne operacije; časi čiščenja in menjav med izdelki, prioritete delovnih nalogov glede na njihov status),
2. parametri optimizacije (uteži za optimizacijo – pomembnost minimiziranja zamud pri razpoložljivosti izdelkov, pomembnost minimiziranja časov čiščenj in menjav; nastavitve časov – horizont optimizacije od/do, procesni čas izvajanja optimizatorja v minutah),
3. ostale omejitve (koledar delovnih mest, izločitev ročno fiksiranih delovnih nalogov iz postopka optimizacije, izločitev že pričetih delovnih nalogov itd.).

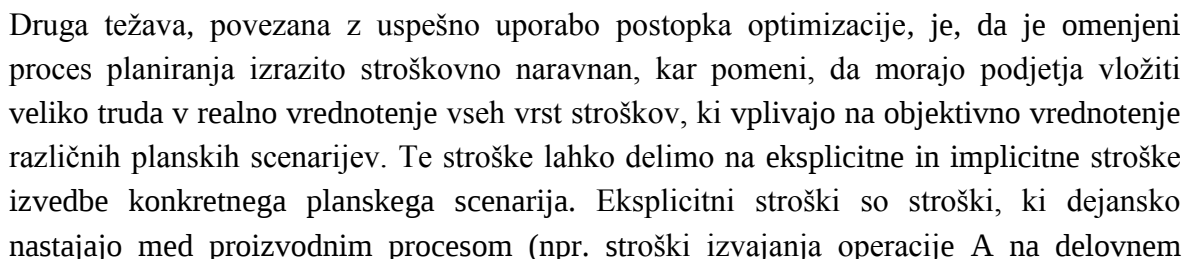
V podjetju znotraj enega planskega cikla izvajajo več optimizacijskih ciklov z različnimi nastavitvami optimizacije:

- najprej izvajajo optimizacijo na polizdelkih,
- nato optimizacijo delovnih nalogov znotraj kampanj na fazi pakiranja,
- in na koncu še optimizacijo vseh ostalih delovnih nalogov na fazi pakiranja.

Rezultat optimizacijskega cikla (Slika 23), ki se izvaja kot zadnji korak v okviru vsakodnevnega (nočnega) planskega cikla, predstavlja predlog in osnovo za zadnjo in končno fazo planiranja proizvodnje pred lansiranjem delovnih nalogov v proizvodnjo in to je faza ročnega planiranja – tu je ključna vloga odgovornega planerja za posamezno proizvodno področje, ki s svojim znanjem in izkušnjami upošteva še vse tiste omejitve in

Ključne težave pri uporabi PP/DS optimizatorja v obravnavanem podjetju so povezane z visoko kompleksnostjo delovanja orodja in pogosto težko razumljivimi rezultati optimizacije. Tudi siceršnja uporaba optimizatorja v produkcijskih okoljih (za razliko od testnih okolij) je po izkušnjah svetovalnih podjetij, ki se ukvarjajo s projekti implementacije sistema APO, zelo redka in se uporablja v zelo omejenem obsegu.

Slika 23: Zaslonka s prikazom rezultata (razmestitve delovnih operacij) po uporabi APO PP/DS optimizatorja v obravnavanem podjetju



mestu X), na drugi strani so enako pomembni implicitni stroški, ki nastanejo v konkretnem planskem scenariju – npr. ocenjeni stroški zamud, ocenjeni stroški manjka zaloge itd. Tu je zelo težko oceniti, kakšne stroške nosi podjetje, ki v danem trenutku ni sposobno z zalogo odgovoriti na povpraševanje kupcev – kakšne bodo finančne posledice odhoda kupcev h konkurenčnemu podjetju, izgube dobrega imena podjetja itd. Te stroške je težko pravilno oceniti, imajo pa pomembno vlogo kot kriterij optimizacije in so zelo povezani z razumevanjem končne rešitve procesa optimizacije proizvodnega plana.

Morda bi bilo smiselno oblikovati stalno ekipo ekspertov s področja proizvodnje in oskrbne verige, ki bi lahko natančneje ocenila stroške neposrednih in posrednih aktivnosti in jih v rednih časovnih intervalih (recimo kvartalno) tudi obnavljala. Okrepiti bi bilo treba tudi ekipo za vzdrževanje teh podatkov v informacijskem sistemu APO.

Naslednja težava procesa planiranja in detajlnega terminiranja v obravnavanem podjetju, ki je v preteklih letih od vpeljave informacijskega sistema APO poslovno in fizično rastlo, je vezana na kompleksnost in obseg problema planiranja proizvodnje. Konstantno se je povečevalo število izdelkov, število oskrbnih lokacij, število delovnih mest – oskrbna mreža je vse bolj rastla. Povečevale so se tudi proizvodne zmogljivosti in s tem je eksponentno rastla tudi problematika planiranja, kar je postopoma privedlo tudi do omejitev strojnih zmogljivosti IT opreme, namenjene planiranju oskrbne verige.

Rešitev te problematike vidim v dekompoziciji planiranja na reševanje manjših planskih problemov z uporabo naslednjih tehnik (Braun, 2000):

- Časovna dekompozicija. S to metodo razdelimo širši problem terminiranja na več manjših planskih situacij s prekrivajočimi se časovnimi horizonti. S tem v APO PP/DS namesto enega večjega rešujemo več manjših problemov terminiranja zaporedno enega za drugim.
- Dekompozicija delovnih mest. Osnovna ideja metode je razdelitev vseh delovnih mest v skupine delovnih mest, ki so v skupine povezana po neki vsebinski logiki. Optimizacijo izvajamo parcialno za izbrano skupino delovnih mest, medtem ko so plani ostalih skupin delovnih mest izključeni iz optimizacije in jih naknadno prilagodimo planu, ki je bil predmet optimizacije. Ob tem je seveda treba upoštevati medsebojno povezanost skupin delovnih mest.
- Izdelčna dekompozicija. Tu hkrati planiramo vse zmogljivosti, materiale in ostale aktivnosti, ki pripadajo določeni skupini izdelkov. Glavni izziv te strategije je oblikovanje in planiranje izdelkov, ki uporabljajo skupne resurse, a pripadajo različnim skupinam izdelkov.

- Dekompozicija prioritet. Osnovna usmeritev te metode je razdelitev problema planiranja v skupine aktivnosti z različnimi prioritetami glede na zahteve kupcev. Planerji se tu najprej osredotočijo na planiranje aktivnosti najvišje prioritete. Ko jih fiksirajo, nadaljujejo z aktivnostmi z naslednjo nižjo prioriteto.
- Sprostitev ozkih grl. Ta tehnika je uporabna pri reševanju obsežnih planskih problemov. Običajno najpomembnejša (ali najdražja) delovna mesta predstavljajo ozka grla, ki zahtevajo prioriteto planiranje in pripravo optimalno izvedljivega plana. V naslednjem koraku sledi planiranje ostalih delovnih mest z neomejenimi zmogljivostmi in fiksiranje optimalnega zaporedja operacij na ozkih grlih. V APO PP/DS je ta metoda uporabna za planiranje kampanj, saj se velikost in oblika kampanj prilagajata planiranju ozkih grl.

5 SKLEP

Ključni cilj magistrskega dela je bil analizirati razpoložljivo informacijsko podporo procesu planiranja aktivnosti v oskrbni verigi s poudarkom na planiranju proizvodnje. Podrobno sem proučil funkcionalnosti sodobnih informacijskih sistemov za podporo planiranju v oskrbni verigi in pri tem izpostavil enega najbolj razširjenih sistemov planiranja oskrbne verige – SAP APO – in njegove ključne funkcionalnosti. Praktično uporabnost teh orodij, težave in možne predloge izboljšav procesa planiranja in načina uporabe informacijskih orodij sem analiziral na dveh primerih planiranja v farmacevtskem podjetju.

Oskrbne verige in z njo povezani procesi imajo danes v podjetjih ključen pomen. Z rastjo podjetij, internacionalizacijo poslovanja, večjo osredotočenostjo na potrebe kupcev in željo po doseganju maksimalne odzivnosti se povečuje kompleksnost oskrbnih verig, s tem pa raste tudi težavnost obvladovanja procesov v oskrbni verigi. Tu imajo ključno vlogo informacijski sistemi, saj je podpora odločitvam za učinkovito ravnanje s pretokom materiala, skrb za optimalno izkoriščenost opreme in zaposlenih ter zagotavljanje potrebne odzivnosti na zahteve kupcev s ciljem pokrivanja povpraševanja lahko pomemben vir konkurenčnih prednosti podjetja.

Pomembno vlogo v oskrbnih verigah ima proces planiranja aktivnosti, s katerim določimo različne možne alternative prihodnjih aktivnosti in izberemo dobro oz. najboljšo možno rešitev. Ker so oskrbne verige kompleksne, temelji proces planiranja na modeliranju realnih problemskih stanj v oskrbni verigi, ki jih z modeli abstrahiramo in poenostavimo. Poleg razumevanja vsebine problema je ključna dimenzija planiranja še planski horizont, saj se aktivnosti in natančnost planiranja za dolgoročni horizont bistveno razlikujejo od kratkoročnega.

Vsebinska in povezanost procesov v oskrbni verigi (nabava – proizvodnja – distribucija – prodaja) ter horizonti planiranja zelo natančno določajo strukturo informacijskih sistemov za podporo planiranju. Največje podjetje na področju poslovnih informacijskih sistemov SAP za celovito in integrirano obvladovanje in optimizacijo oskrbnih verig ponuja svojo rešitev SAP SCM oziroma SAP APO. Na ravni taktičnega planiranja pokriva načrtovanje oskrbne mreže in določanje oskrbnih lokacij v okviru oskrbne verige podjetja. Funkcije agregatnega planiranja prodaje in planiranja zalog omogočajo usklajevanje potreb prodaje in razpoložljivih zmogljivosti oskrbne verige. Na operativni ravni omogoča močno podporo planiranju zunanje oskrbe (nabave) in planiranju proizvodnje ter na koncu še planiranje dobav izdelkov kupcem.

V nalogi sem se osredotočil predvsem na dva procesa, ki sta dobro podprta v sistemu SAP APO: proces predvidevanja povpraševanja in dolgoročnega planiranja oskrbe izdelka s prevladujočim sezonskim povpraševanjem ter proces kratkoročnega planiranja proizvodnje s poudarkom na praktični uporabi orodij za kratkoročno optimizacijo zasedenosti zmogljivosti.

Modul APO DP se uporablja za planiranje količin, ki jih je treba proizvesti, in je sestavljen iz nabora metod za statistično projekcijo povpraševanja in različnih planskih orodij (večnivojsko planiranje, obvladovanje življenjskega cikla izdelkov in planiranje promocij) za čim natančnejši izračun ocene povpraševanja v prihodnje. Planiranje proizvodnje in detajlno terminiranje v sistemu APO PP/DS omogoča v primerjavi s tradicionalni ERP sistemi bistveno bolj napredne možnosti podpore. Planiranje je bolj natančno ter omogoča hkratno izvajanje planiranja količin in zmogljivosti v istem koraku. Prednost je tudi enostavno načrtovanje avtomatskega planskega cikla, ki je lahko precej bolj prilagojen potrebam konkretnega podjetja. Sistem omogoča napredno obvladovanje izbora najprimernejšega vira oskrbe ali proizvodne verzije z upoštevanjem pravočasne realizacije potreb in zagotavljanje najcenejše oskrbne poti. Napredno upravljanje opozoril planerju omogoča lažjo identifikacijo in nadzor težav v procesu planiranja. Planiranje zmogljivosti je bolj učinkovito (hitrejše), uporaba PP/DS optimizatorja pa je edino orodje, ki konsistentno upošteva vse dejavnike (omejitve) planiranja večstopenjskemu proizvodnemu modelu.

Pri predvidevanju povpraševanja je pomembno, da v podjetju zagotovijo kontinuiran proces napovedovanja in predvsem dovolj dolg horizont vzdrževanih napovedi, kar je še posebej pomembno kot izhodišče za ustrezno planiranje nabave materialov z dolgimi dobavnimi roki. Pri tem si lahko v veliki meri pomagajo z močnimi orodji, ki jih za predvidevanje povpraševanja ponuja modul APO DP, kar sem ponazoril na konkretnem primeru izdelka s prevladujočim sezonskim povpraševanjem. Naslednja ugotovitev se nanaša na nujnost segmentacije prodajnega portfelja v skupine izdelkov s podobnimi značilnostmi povpraševanja in posledično prilagoditvijo strategije planiranja prodaje, kar sem nazorno prikazal na Sliki 21. Planerje bi bilo treba dodatno spodbuditi in motivirati k

uporabi orodij za predvidevanje povpraševanja ter jih še posebej opozoriti na vpliv tendrov, promocij, novih lansiranj itd.

Ključne težave pri uporabi APO PP/DS optimizatorja v obravnavanem podjetju so povezane z visoko kompleksnostjo delovanja orodja in pogosto težko razumljivimi rezultati optimizacije. Tu je potrebno še naprej vlagati veliko truda v zagotavljanje kakovostnih vhodnih podatkov in premalo časa namenili testiranju rezultatov in finim nastavitvam algoritmov optimizacije. Proces optimizacije v okviru APO PP/DS je izrazito stroškovno naravnano, kar pomeni, da predstavlja modeliranje eksplicitnih in implicitnih (npr. stroški nerazpoložljivosti izdelkov) stroškov velik izziv tudi v prihodnje. Zadnja ugotovitev je neposredno povezana z dejstvom, da se je podjetje ves čas soočalo s stalno rastjo obsega poslovanja, povečevale so se proizvodne zmogljivosti in posledično se je eksponentno povečevala tudi kompleksnost planiranja. Za rešitev tega izziva predlagam dekompozicijo planiranja na reševanje manjših, a povezanih planskih problemov – s tem pristopom bi lahko zmanjšali kompleksnost planiranja, se bolj osredotočili na najbolj kritične faze planiranja (ozka grla), skrajšali cikel planiranja in v splošnem izboljšali učinkovitost procesa planiranja proizvodnje.

LITERATURA IN VIRI

1. Balla, J., & Layer, F. (2011). *Production Planning with SAP APO*. Boston: Sap Press, Galileo Press.
2. Beamon, B. M. (1998). Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods. *International Journal of Production Economics*, 55(3), 281–294.
3. Braun, H. (2000, 1. oktober). New Advances in SAP APO to Optimize the Supply Chain. *Sapinsider*. Najdeno 22. julija 2014 na spletnem naslovu <http://sapinsider.wispubs.com/Assets/Articles/2000/October/New-Advances-In-SAP-APO-To-Optimize-The-Supply-Chain>
4. Christopher, M. (1998). *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service*. London: Prentice Hall.
5. Christopher, M., & Towill, D. R. (2002). Developing Market Specific Supply Chain Strategies. *International Journal of Logistics Management*, 13(1), 1–14.
6. Columbus, L. (2013, 22. maj). ERP Market Share Update: SAP Solidifies Market Leadership. *Forbes*. Najdeno 21. decembra 2015 na spletnem naslovu <http://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2013/05/12/2013-erp-market-share-update-sap-solidifies-market-leadership/>
7. Fleischmann, B., Meyr, H., & Wagner, M. (2005a). Advanced Planning. V H. Stadtler & C. Kilger (ur.), *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies* (str. 81–106). Berlin: Springer.
8. Fleischmann, B., Meyr, H., & Wagner, M. (2005b). Distribution and Transport Planning. V H. Stadtler & C. Kilger (ur.), *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies* (str. 229–244). Berlin: Springer.
9. Goetschalckx, M., & Fleischmann, B. (2005). Strategic Network Planning. V H. Stadtler & C. Kilger (ur.), *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies* (str. 118–137). Berlin: Springer.
10. Guimaraes, L., Klabjan, D., & Almada-Lobo, B. (2015, 28. februar). Rolling horizon formulations for short-to-medium term production planning. Najdeno 8. februarja 2016 na spletnem naslovu <http://dynresmanagement.com/uploads/3/3/2/9/3329212/rollinghorizonproductionscheduling.pdf>
11. Gulyassy, F., Hoppe, M., Isermann, M., & Kohler, O. (2010). *Materials Planning with SAP*. Boston: Sap Press, Galileo Press.
12. Hoppe, M. (2007). *Sales and Inventory Planning with SAP APO*. Boston: Sap Press, Galileo Press.
13. Kallrath, J., & Maindl, T. I. (2006). *Real Optimization with SAP APO*. Berlin: Springer.
14. Klein, R. (2007). Genetic Algorithms. V H. Stadtler & C. Kilger (ur.), *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies* (str. 529–536). Berlin: Springer.
15. Ljubič, T. (2008). *Predvidevanje in napovedovanje v oskrbni verigi*. Kranj: Moderna organizacija.

16. Meyr, H., Wagner, M., & Rohde, J. (2005). Structure of Advanced Planning Systems. V H. Stadtler & C. Kilger (ur.), *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies* (str. 109–115). Berlin: Springer.
17. Miller, T. C. (2002). *Hierarchical Operations and Supply Chain Planning*. London: Springer-Verlag.
18. Podjetje Farma. (2015a). Letno poročilo podjetja Farma za leto 2014. Brez kraja: Podjetje Farma.
19. Podjetje Farma. (2015b). Nerevidirano poročilo o poslovanju podjetja Farma za obdobje januar–september 2015. Brez kraja: Podjetje Farma.
20. Polajnar, A., Buchmeister B., & Leber M. (2002). *Organizacija proizvodnje*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
21. Porter, M. E. (2008). *On competition*. Boston: Harvard Business School Press.
22. Potočnik, V. (2002). *Nabavno poslovanje s primeri iz prakse*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
23. Rant, M. (1988). *Operativna priprava proizvodnje*. Kranj: Moderna organizacija.
24. Rohde, J., & Wagner, M. (2005). Master Planning. V H. Stadtler & C. Kilger (ur.), *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies* (str. 159–177). Berlin: Springer.
25. Rusjan, B. (1999). *Management proizvodnje*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
26. Rusjan, B. (2009). *Management proizvodnih in storitvenih procesov*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
27. Russell, R. S., & Taylor, B. W. (2006). *Operations management: quality and competitiveness in a global environment*. Hoboken: John Wiley & Sons.
28. Schroeder, R. (1989). *Operations management: decision making in the operations function*. New York: McGraw-Hill.
29. Seth, S. (2015, 8. januar). World's Top 10 Software Companies. *Investopedia*. Najdeno 21. decembra 2015 na spletnem naslovu <http://www.investopedia.com/articles/personalfinance/121714/worlds-top-10-software-companies.asp>
30. Silver, A. E., Pyke F. D., & Petersen R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. New York: John Wiley & Sons.
31. Spekman, R. E., Kamauff Jr, J. W., & Myhr, N. (1998). An empirical investigation into supply chain management: A perspective on partnerships. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28(8), 630–650.
32. Stadtler, H. (2004). Supply chain management and advanced planning – basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research*, 163(2005), 575–588.
33. Stadtler, H. (2005a). Supply Chain Mnagement – An Overview. V H. Stadtler & C. Kilger (ur.), *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies* (str. 9–35). Berlin: Springer.
34. Stadtler, H. (2005b). Production Planning and Scheduling. V H. Stadtler & C. Kilger (ur.), *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies* (str. 197–214). Berlin: Springer.

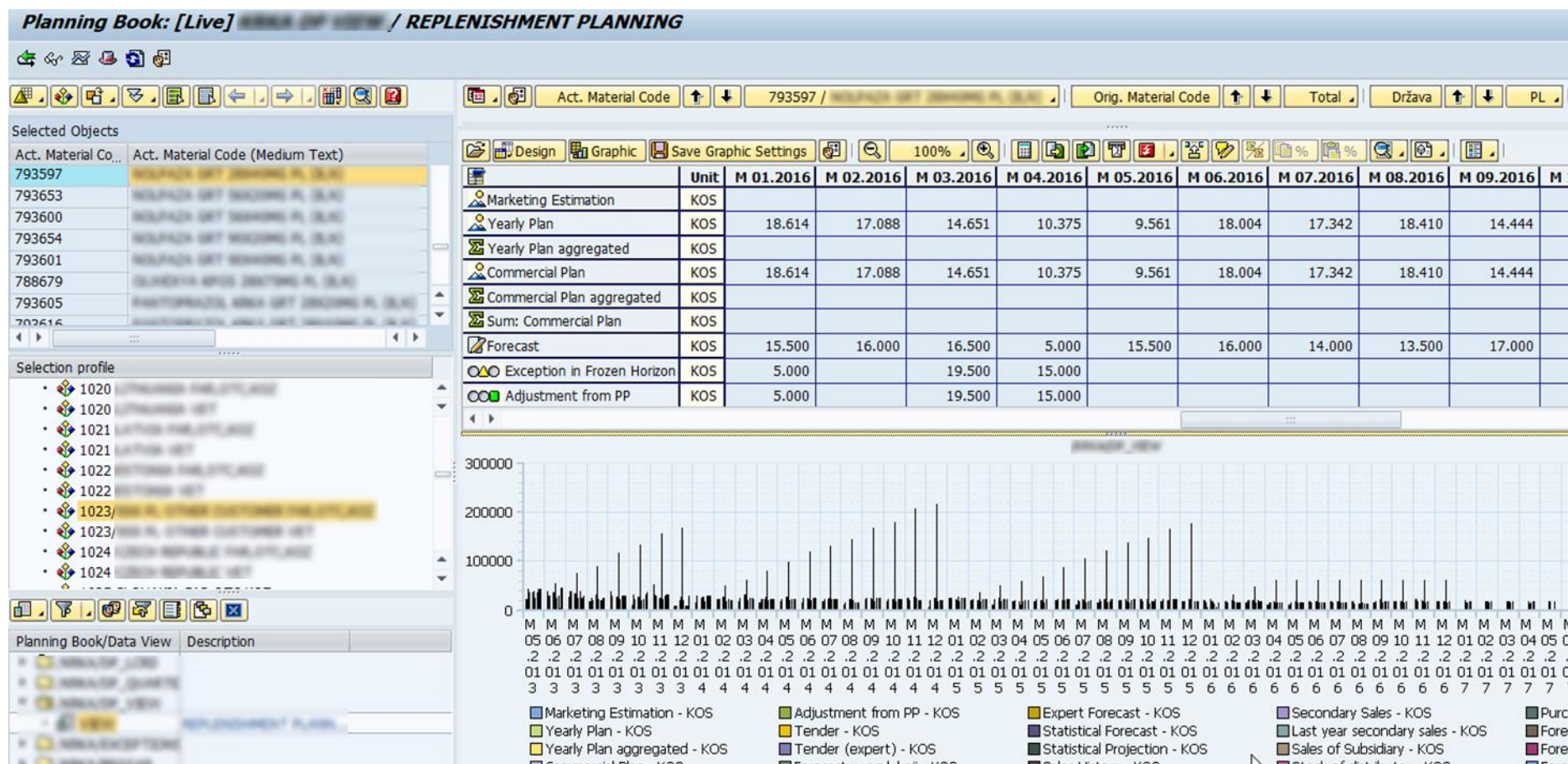
35. Stadtler, H. (2005c). Purchasing and Material Requirements Planning. V H. Stadtler & C. Kilger (ur.), *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies* (str. 215–227). Berlin: Springer.
36. Tempelmeier, H. (2001). Supply Chain Planning with Advanced Planning Systems. *Proceedings of the 3rd Aegean International Conference on Design and Analysis of Manufacturing Systems*. Najdeno 28. junija 2011 na spletnem naslovu <http://www.advanced-planning.eu/tempelmeiertinos2001.pdf>
37. Tempelmeier, H. (2002). A Simple Heuristic for Dynamic Order Sizing and Supplier Selection with Time-Varying Data. *Production and Operations Management*, 11(4), 499–515.
38. Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Jacobs, F. R. (2005). *Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management*. New York: McGraw-Hill.
39. Wagner, M. (2005). Demand Planning. V H. Stadtler & C. Kilger (ur.), *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies* (str. 139–157). Berlin: Springer.
40. Van Weele, A. J. (1998). *Nabavni management: analiza, planiranje in praksa*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.
41. Waters, C. D. J. (2003). *Inventory control and management*. Chichester: John Wiley & Sons.

PRILOGE

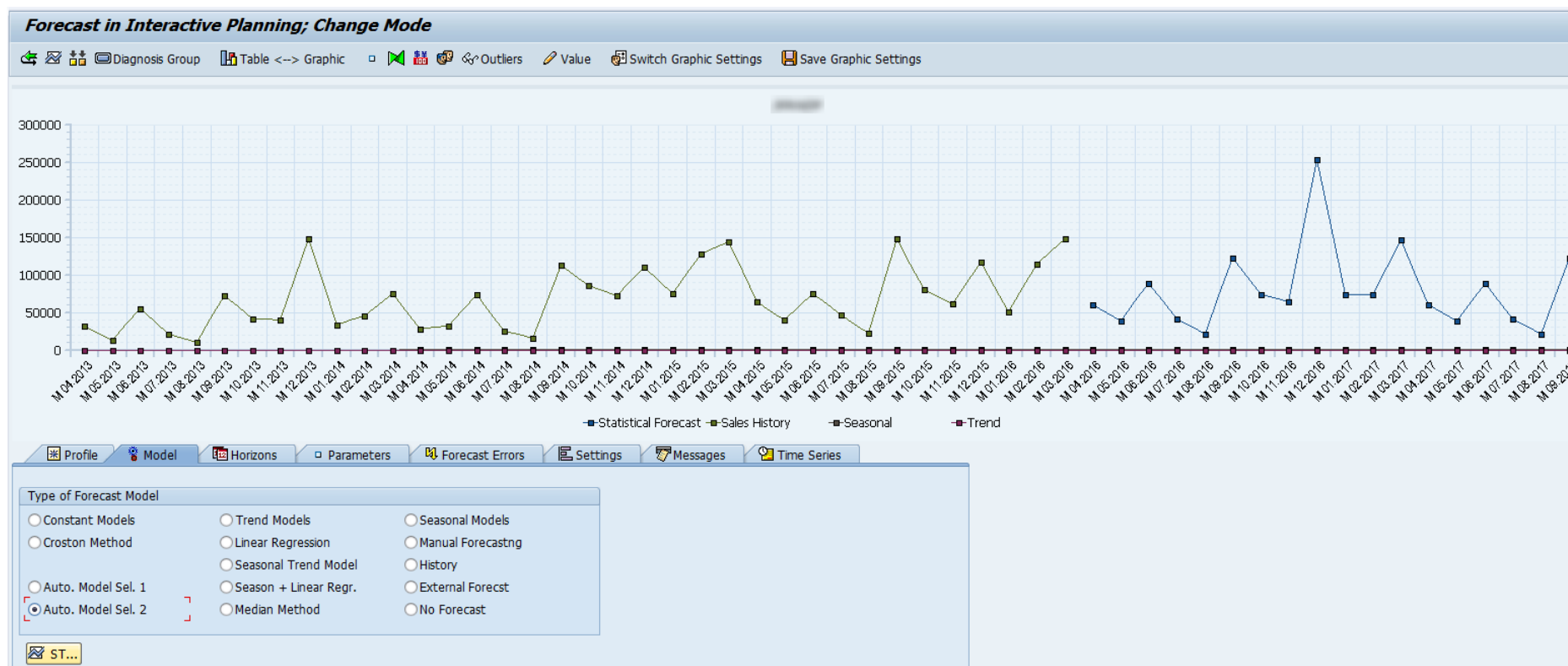
KAZALO PRILOG

Priloga 1: Zaslonska slika prodajne planske table v informacijskem sistemu APO – osrednjega orodja za predvidevanje povpraševanja v obravnavanem podjetju ...	1
Priloga 2: Zaslonska slika interaktivnega statističnega napovedovanja v planski tabli APO DP in izračunane statistične projekcije z uporabo metode Samodejna izbira modela 2	2
Priloga 3: Zaslonska slika prikaza zasedenosti posameznih proizvodnih delovnih mest glede na razpoložljiv delovni koledar, ki je osnova za identifikacijo ozkih grl v proizvodnem planu	3

PRILOGA 1: Zaslonska slika prodajne planske table v informacijskem sistemu APO – osrednjega orodja za predvidevanje povpraševanja v obravnavanem podjetju



PRILOGA 2: Zaslonska slika interaktivnega statističnega napovedovanja v planski tabli APO DP in izračunane statistične projekcije z uporabo metode Samodejna izbira modela 2



PRILOGA 3: Zaslonska slika prikaza zasedenosti posameznih proizvodnih delovnih mest glede na razpoložljiv delovni koledar, ki je osnova za identifikacijo ozkih grl v proizvodnem planu

Reporting												
Resource	Short Description	Start Date	End Date	Available Cap.	Requirements	Free	SetTrdnReq	SetupTrdn%	ReqsPrdQue	PrdQueue%	ResLoad %	CpctyOvrd
		01.03.2012	01.04.2012	661,996	0,000	661,996	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	
		01.04.2012	01.05.2012	457,994	239,077	218,917	123,500	26,97	115,577	25,24	52,20	
		01.05.2012	01.06.2012	537,994	835,180	297,187	326,000	60,60	509,180	94,64	155,24	!
		01.06.2012	01.07.2012	581,993	554,677	27,316	163,500	28,09	391,177	67,21	95,31	
		01.07.2012	01.08.2012	593,993	1.200,101	606,109	828,500	139,48	371,601	62,56	202,04	!
		01.08.2012	01.09.2012	527,995	1.132,281	604,285	748,500	141,76	383,781	72,69	214,45	!
		01.09.2012	01.10.2012	320,000	1.053,973	733,973	747,000	233,44	306,973	95,93	329,37	!
		01.10.2012	01.11.2012	352,000	1.032,561	680,561	773,000	219,60	259,561	73,74	293,34	!
				4.033,965	6.047,850	2.013,886	3.710,000	106,24	2.337,850	61,50	167,74	
		01.03.2012	01.04.2012	677,996	0,000	677,996	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	
		01.04.2012	01.05.2012	359,997	209,542	150,455	64,500	17,92	145,042	40,29	58,21	
		01.05.2012	01.06.2012	320,000	504,043	184,043	242,500	75,78	261,543	81,73	157,51	!
		01.06.2012	01.07.2012	336,000	269,244	66,756	165,500	49,26	103,743	30,88	80,13	
		01.07.2012	01.08.2012	352,000	827,251	475,251	499,000	141,76	328,251	93,25	235,01	!
		01.08.2012	01.09.2012	368,000	599,805	231,805	392,500	106,66	207,305	56,33	162,99	!
		01.09.2012	01.10.2012	320,000	595,824	275,824	409,500	127,97	186,324	58,23	186,19	!
		01.10.2012	01.11.2012	368,000	653,324	285,324	458,000	124,46	195,324	53,08	177,53	!
				3.101,993	3.659,033	557,040	2.231,500	80,48	1.427,532	51,72	132,20	