

Izgradnja in avtomatizacija tovarne za proizvodnjo kamene volne v mestu Asbest, Ruska federacija

**Janko Šink, Izoteh d.o.o., Brnčičeva 15b, Ljubljana in
Janez Čarman, EL-ART d.o.o., Kapucinski trg 2, 4220 Škofja Loka
janko.sink@izoteh.si, janez.carman@el-art.si**

Construction and control of Stone wool production factory in city of Asbest, Russian fereration

This article is presenting, how technologically complex stone wool production line was built during time of economical crisis based on Slovene knowledge in city of Asbest, Russian Federation.

Article is describing project through out all project stages, with emphasis on international and cross-sectoral coordination of activities, which led to success.

Activities connected to electro technical and control field are presented more in detail.

Kratek povzetek prispevka

Namen prispevka je prikazati izgradnjo in avtomatizacijo linije za proizvodnjo kamene volne v mestu Asbest v Ruski Federaciji.

Članek opisuje projekt skozi vse faze s poudarkom na mednarodnih in medpodročnih koordinacijskih aktivnostih, ki jih je bilo potrebno izvajati za uspeh projekta.

V članku je poleg potrebnih organizacijskih, gradbenih, strojnih in tehnoloških del predvsem prikazana način avtomatizacije in uporabljena sredstva avtomatskega vodenja, ki omogočajo vodenje obširnega tehnološkega objekta na sodoben način.

1 Uvod

Namen prispevka je prikazati izgradnjo in avtomatizacijo linije za proizvodnjo kamene volne v mestu Asbest v Ruski Federaciji. Pomen del je predvsem v tem, da je kljub kriznim časom še vedno možno zgraditi zahteven tehnološki objekt na področju Ruske Federacije vrednosti nad 20ME z vsebnostjo slovenske komponente in znanja večje od 80%.

V članku je poleg potrebnih organizacijskih, gradbenih, strojnih in tehnoloških del predvsem prikazana način avtomatizacije in uporabljena sredstva avtomatskega vodenja, ki omogočajo vodenje obširnega tehnološkega objekta na sodoben način.

Projekt je bil začel v sredini leta 2008, pogodbeno trajanje projekta je bilo 18 mesecev. V istem obdobju se je razbohotila svetovna gospodarska kriza, kar je celoten projekt postavilo v novo luč.

Kaj kmalu je bila jasna volja obeh strani, da se projekt nadaljuje, vpliv krize pa se je prenesel na dinamiko projekta.

Glede na to je zagon projekta kasnil za devet mesecev, kar pa je v nasprotju z mnogimi projekti, ki v tem času niso bili zaključeni, uspeh.

2 Koordinacija mednarodnih aktivnosti

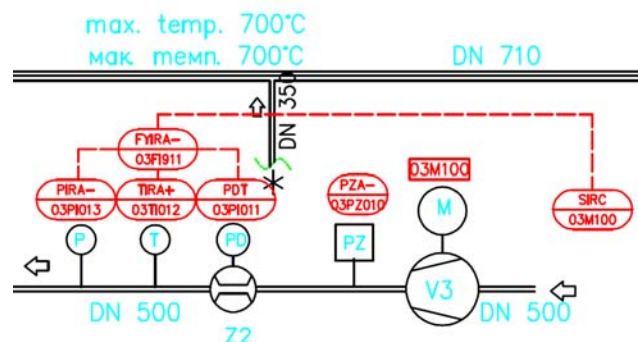
V konkretnem primeru tovarne za proizvodnjo kamene volne gre za velik objekt (fizične velikosti 180x60m), zato je seveda nujno koordinirati aktivnosti medpodročno v Sloveniji in predvsem mednarodno z ruskimi projektnimi organizacijami. Ruske projektne organizacije so prevzele izgradnjo netehnološkega dela opreme, kamor sodijo gradbena dela, pomožne strojne konstrukcije, zagotovitev medijev, vključno z električnim napajanjem in inštalacije objekta do priključitve tehnoloških stikalnih blokov.

V zvezi s to delitvijo je predmet koordinacije predvsem razmestitev opreme in posledične obremenitve na temelje, vrsta, lastnosti in priključne točke medijev, vrste in količine izpustov, vrste in število zaposlenih ter potrebna znanja, vrsta in potrebno število tehnoloških in ostalih pomožnih prostorov.

Na področju elektrotehnike je v zgodnji fazi projekta predvsem potrebno zagotoviti podatke o porabi tehnoloških porabnikov, ki smo jih v ta namen združili v tehnološke skupine, ki predstavljajo osnovo delitve celotne tehnologije na manjše bolj obvladljive celote. Na ta način je možno na začetku projekta definirati priključno moč posamezne tehnološke skupine, tako, da lokalni projektant lahko zagotovi osnovno močnostno distribucijo po tehnoloških sklopih.

Poleg tehnoloških skupin, ki predstavljajo prvi nivo tehnološke delitve tovarne, smo v povezavi z pogodbenimi določili, celotno tovarno razdelili na posamezne stroje in naprave skladno s dodatkom D.2 »Črkovne oznake naprav in strojev«, standarda SIST EN ISO 10628 »Sheme procesnih obratov – Splošna pravila«.

Prav tako je na osnovi tega standarda vsaka tehnološka skupina, v fazi usklajevanja, dobila svojo tehnološko shemo, ki je predstavljala osnovni tehnološki dogovor med kupcem in prodajalcem in predstavlja tudi osnovo za načrtovanje vodenja tovarne. Na sliki 1 je prikazan del usklajene tehnološke sheme z označbami, ki se pojavljajo od nastanka pa do konca projekta.



Slika 1: Del tehnološke sheme

Del osnovnega elektrotehničnega dogovora pa je predstavljal dodatek B »Vprašalnik za električno opremo strojev«, standarda EN60204-1 »Varnost strojev - Električne naprave strojev 1. del: Splošne zahteve«, ki je veljaven tudi v Ruski federaciji kot ГОСТ Р МЭК 60204-1.

Znotraj tega standarda najdemo osnovne elektrotehnične podatke kot so napajalne in krmilne napetosti, napajalna frekvenca, predvideni kratkostični podatki v točkah priklopa, tip uporabljene ozemljitve napajanja, območje temperatur, območje vlažnosti, vrste uporabljenih zaščitnih naprav in druge dogovorjene lastnosti, ki so osnova za električno projektiranje.

Na osnovi teh dogovorov so projektanti z ene in druge strani pristopili k izdelavi tehnične rešitve problema. Eden od osnovnih namenov tesnega sodelovanja z lokalnimi organizacijami je tudi priprava tehnične dokumentacije skladno z lokalnimi predpisi o graditvi objektov.

Na področju vodenja smo se z kupcem v zgodnji fazi projekta dogovorili tudi o osnovnih principih vodenja – vrsta in število uporabljenih krmilnikov, vrsta in število nadzornih sistemov in komunikacijskih povezav.

3 Koordinacija projektnih aktivnosti doma

Projektne aktivnosti doma so namenjene izdelavi in vodenju tehnološkega dela tovarne. Koordinacija medpodročnih aktivnosti poteka na osnovi tehnoloških shem, ter definiranih potrebnih strojev in naprav.

Podrobnosti procesnih shem so obdelali tehnologi v sodelovanju s strojnimi konstrukterji in inženirji vodenja. V tej fazi se razrešijo vsa tehnološka in konstrukcijska vprašanja in opredelijo potrebne naprave in sestavni deli, tipala in meritve, kakor tudi aktuatorji, ki so potrebni za delovanje tehnologije. Pri tem delu podjetje Izotech d.o.o. uporablja poleg klasičnih tudi moderna orodja, ki omogočajo modeliranje na področju pretokov fluidov, konstrukcijsko

modeliranje in preračun dimaničnih, statičnih in toplotnih obremennitev, na področju vodenja pa smo v konkretnem projektu sodelovali tudi z laboratorijem za modeliranje in simulacije Fakultete za Elektrotehniko v Ljubljani na področju modeliranja toplotnih izmenjevalnikov.

Posledica tehnološke obdelave je tudi delitev tehnoloških skupin na podskupine, katerim enolično priredimo posamezne aktuatorje, stikala, merilne in zaščitne elemente. Na ta način smo poleg tehnoloških shem dobili tudi enovito tehnološko tabelo, v kateri so navedeni vsi elektrotehnični in merilni elementi, z vsemi lastnostmi, ki so v tej tabeli povezani s posameznimi konstrukcijskimi risbami oz. stroji in napravami.

Tako dobljena tehnološka tabela poleg tehnoloških shem predstavlja osnovo za strojno in elektro projektiranje. V fazi projektiranja se tehnološko tabelo lahko v soglasju z odgovornimi projektanti in tehnologi še dopolnjuje in spreminja. Smiselno je, da so udeleženci seznanjeni s koncepti obvdadovanja dokumentacije in njenih sprememb. O tem področju govorijo predvsem standardi skupine ISO 9000.

Na vsak način pa smo na tem nivoju že dobili enolične tehnološke oznake za vsak uporabljen električni element v celotnem projektu.

Primer iz slike 1:

AS1 05 03 TI012

AS1 Asbest linija 1;
05 Čistilna naprava kupolnih plinov;
03 Podpih;
TI012 Temperatura za ventilatorjem

Na procesni shemi je dodano še pojasnilo v smislu vodena:

TIRA+ ... Temperatura se registrira na SCADA sistemu, alarmira se prevelika vrednost.

Temperatura tudi nastopa v krogu izračuna pretoka ventilatorja FIYRA-, vidna je tudi povezava na aktuator – ventilator V3, ki ga poganja motor AS1 05 03M100, preko regulacije hitrosti SIRC.

V fazi elektro projektiranja dobijo vsi elementi poleg polne tehnološke oznake tudi električno oznako, ki je orientirana v smeri električne dokumentacije in v fazi delovanja omogoča enostavno orientacijo znotraj elektro dokumentacije.

Projektno dobljene tehnološke in električne oznake se skozi projekt ne spreminjajo. V fazi delovanja se prikažejo na SCADA nadzornem sistemu in se preklaplajo na klik, tako, da so uporabne tehnologom in vzdrževalcem.

4 Izdelava opreme ter logistika

V Sloveniji je bilo izdelane večina tehnološke strojne opreme, kakor tudi električne stikalni bloki, kar je privedlo do količine vgrajene domače komponente nad 80%, kar bistveno presega zahteve SID, ki za zavarovanje podobnih poslov zahteva nad 40% domače komponente.

V fazi izdelave je večino pozornosti posvečeno kvaliteti same izdelave, ter sprotne označevanju vseh sestavnih delov skladno z dokumentacijo. Na sliki 2 je prikazana visokotlačna črpalka skladno označena in pripravljena na transport.

Po kvalitetnem prevzemu opreme s strani ruskih partnerjev v Sloveniji je sledil precejšnji logistični podvig transportirati opremo v Rusijo. Vedeti moramo, da mesto Asbest leži geografsko že v Aziji, pomeni za Uralom, kar predstavlja cca. 5000 km cestnega transporta. Ob tem seveda ni pozabiti pogojev same vožnje in skladiščenja v Ruski Federaciji kjer zimska temperatura lahko doseže tudi do -40C.



Slika 2: Označena visokotlačna črpalka

V konkretnem primeru je vsa oprema zaradi splošne ekonomske krize »prezimila« v slabo ogrevanih prostorih, tako, da smo v določenih fazah dodatno skrbno pregledovali, do katere temperature se oprema dejansko lahko skladišči. Po pregledu dokumentacije se je pokazalo, da se večina elektronske opreme lahko skladišči pri temperaturah do -40C, ki je bila v tej zimi dejansko tudi večkrat dosežena.

5 Vgradnja opreme

Projektne aktivnosti so potekale v Ruski Federaciji in v Sloveniji vzporedno. Med tem, ko so se ruski partnerji ukvarjali z graditvijo samega objekta, smo v Sloveniji izdelovali strojno in elektro opremo.

Spomladi leta 2010 se je začela faza vgradnje opreme z zelenim rokom zagona junij 2010.

Vgradnja je potekala relativno gladko, saj gre za izkušene ekipe monterjev in učinkovito koordinacijo med obema stranema.

Pri sami organizaciji del je bilo predvsem potrebno poskrbeti za smiselno zaporedje aktivnosti, ki pri projektu take vrste daje najboljši in najhitrejši rezultat.

Sledili smo načelo, da je potrebno pospeševati tiste aktivnosti, ki so izvedbeno najzahtevnejše in za sabo vežejo največ posledičnih aktivnosti.

Na liniji glede na stopjo avtomatizacije in zahtevnosti obstaja več nivojev opreme:

- a) Enostavna neavtomatizirana oprema;
- b) Enostavno avtomatizirana oprema;
- c) Oprema avtomatizirana na osnovi frekvenčnih pretvornikov;
- d) Oprema avtomatizirana na osnovi vodejna gibanja;
- e) Avtomatizacija na osnovi vizualizacije;
- f) Avtomatizacija plinskih gorilnikov;
- g) Avtomatizacija inštalacije kisika.

Glede na povedano je namen koordinacije v fazi izgradnje zagotavljati več časa za bolj zahtevne aktivnosti. To dosežemo predvsem z opozarjanjem na dokončevanje tistih del, ki omogočajo nemoteno delo na kritičnih poteh projekta. Kot primer navajam potrebo po izvedbi tehnološko nepomembnih del kot so podesti in stopnice, saj je brez njih nemogoče izvajati elektro inštalacijska dela, kljub dejstvu, da tehnološki stroj kaže že »končno podobo«.

Na sliki 3 je prikazano stanje v času izgradnje, ko gradbena dela še niso končana, objekt je odprt, zunanja temperatura pa -30C.



Slika 3: Težavni pogoji vgradnje

V fazi projekta, ko so strojna dela do določene mere končana, terminski plan prilagodimo

stanju elektrotehničnih del na način, da spremljamo količino položenih in na periferiji priključenih električnih kablov. Dogovorili smo se, da bo zagon linije v dveh mesecih po trenutku, ko bodo električni kabli potegnjeni in priključeni v obsegu 80%. Gre za zalo enoličen kriterij, ki ne dopušča dvojnih razlag.

Do tega dogovora je seveda možno več razlag, kdaj in kako bo terminski plan dosežen. Specifika v Ruski Federaciji pa je, da je časovno planiranje v vseh oblikah in z njim povezano sestankovanje in protokoliranje eden od najpomembnejših vidikov vsakega projekta. V zvezi s temi navadami morajo vodilni projekta in vodilni monterji imeti odlične tehnološke, tehnične in psihološke lastnosti, da prilagajajo pričakovanja naročnikov dejanskim možnostim projekta. Pri tem nam pokazatelj količine položenih in priključenih kablov izredno pomaga, saj z eno številko kaže, kdaj dejansko bo linija začela proizvajati, saj čas od tega trenutka naprej obvladujejo slovenski izvajalci, do tega trenutka pa je odvisen od lokalnih izvajalcev, ki imajo praviloma vsak svoj vidik celotnega projekta.

6 Izobraževanje uporabnika

V konkretnem primeru je bila na strani ruskega kupca tehnologija kamene volne poznana samo vodji projekta ter bodočemu direktorju podjetja.

Pomeni, da vsem ostalim tehnologija ni bila poznana. Ker določena tehnologija potrebuje tudi določen kader, katerega sestava le malo varira, je bilo potrebno izvesti tudi usposabljanje ključnega. Ključni kadri na liniji za proizvodnjo kamene volne so tehnologi, upravljalci kupolke, upravljalci linije in vzdrževalci merilno regulacijske opreme ter vzdrževalci sistemov avtomatskega vodenja.

Zanimivo je, da imajo v Ruski Federaciji na tem področju natančno ločena strokovna področja s specialisti na vsakem od povedanih področij.

Tako je v Ruski Federaciji jasno, da elektro področje obvladujejo:

- a) Energetiki, ki poskrbijo za dobavo električne in ostalih energij, ter njihovo transformacijo in distribucijo;
- b) Specialisti ASU (avtomatskih sistemov vodenja), ki poskrbijo za delovanje (električne) in elektronske opreme, kot tudi za delovanje krmilnikov in vzdrževanje na osnovi krmilnikov ter nadzornih sistemov;
- c) Specialisti KIP (merilno regulacijskih sistemov), ki skrbijo izključno za delovanje merilno regulacijske opreme, tipal, aktivatorjev, pretvornikov

V zvezi s tem sta nosilni podjetji Izoteh d.o.o. in EL-ART d.o.o. v sodelovanju z Laboratorijem za mehatroniko pri TŠC Kranj, pomladi 2010, pripravila izobraževanje za ključne kadre naročnika, glej sliko 4.

Enotedensko izobraževanje je bilo na začetku enotno za vse slušatelje – tehnologija, nakar so tehnologi nadaljevali s poglobljenim tehnološkim delom, elektriki pa so ločeno obravnavali uporabljeno opremo, krmilniške in nadzorne sisteme. V drugi polovici tedna se je izobraževanje nadaljevalo na SCADA nadzornih sistemih pri čemer je bil sistem čistilne naprave kupolnih plinov izveden do nivoja simulacije dejanskega delovanja.



Slika 4: Izobraževanje na TŠC Kranj

7 Zagonske aktivnosti

V fazo zagona smo prišli, ko je bilo položenih 80% vseh kablov na objektu.

V tem trenutku so na objekt v večjem številu začeli prihajati slovenski specialisti. Najprej smo poslali specialiste za priklop električnih omar, ki so položene kable priključili znotraj električnih omar (na konkretni liniji to pomeni cca. 40m električnih omar v treh stikališčih).

Ko je bil določen del električnih omar priključen, ter je bila električna energija zagotovljena, smo začeli s signalnimi preizkusi tar nastavitvami frekvenčnih pretvornikov, inteligentnih merilnikov, aktuatorjev, loput. V ta namen ekipo na terenu povečamo za 4-6 specialistov s tega področja.



Slika 5: Priklučitev/priprava električne omare

Ko so dela na testiranju inštalacij signalov in naprav končana, pa na objekt pridejo programerji, ki začnejo z inštalacijo programske opreme. Med programerji vodilni programer poskrbi tudi za delovanje procesne mreže in osnovnih komunikacij, ter v zaključni fazi za integracijo vseh izvedenih programskih oprem.

Programerji so na začetku ob pomoči tehnologov ugotavljali delovanje posameznih tehnoloških podsklopov in ustreznost pripravljene programske opreme glede na

dejansko stanje (npr. zamenjava dveh končnih stikal lahko vodi v večje ali manjše težave).

V nadaljevanju ja sledilo preizkušanje avtomatskega delovanja posameznih podsklopov in na koncu avtomatskega delovanja tehnoloških sklopov.

8 Vodenja proizvodnega procesa

Vodenje procesa se v osnovi zasnuje že pri samem dogovoru z naročnikom. Ker je tehnoloških sklopov veliko in vodenje izvajajo različni izvajalci programske opreme, se je kot smiselno izkazalo, da ima praktično vsak tehnološki sklop tudi svoj krmilnik, ki izvaja vodenje te tehnološke skupine. V tem primeru dosežemo relativno neodvisnost posameznih izvajalcev programske opreme.

Med temi izvajalci pa vedno imenujemo tudi izvajalca, ki bo v začetni fazi projekta poskrbel za fizično delovanje uporabljenih komunikacijskih mrež, v končni fazi pa za integracijo parcialnih programskih oprem.

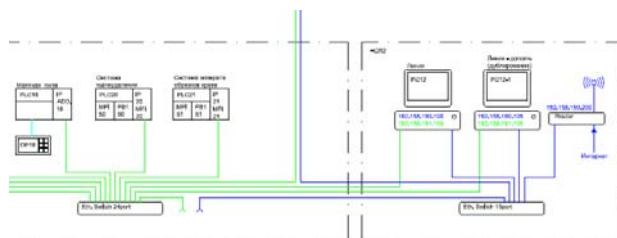
Sam način distribucije, ter pa tudi neizogibna potreba po izmenjavi podatkov med posameznimi tehnološkimi sklopi nakazuje, da je med posameznimi krmilniki potrebno vzpostaviti določeno komunikacijsko povezavo za izmenjavo podatkov, ki so potrebni med posameznimi tehnološkimi sklopi.

V konkretnem primeru smo vodenje zasnovali na osnovi krmilnikov proizvajalca Siemens, družina S7/300. Uporabljeni so procesorji tipa CPU 315-2DP, za zahtevnejše tehnološke sklopa pa krmilniki tipa CPU 317-2DP. V povezavi s obvladovanjem gorilnikov pa so uporabljeni krmilniki v safety izvedbi CPU 317F-2 DP. Pri vseh gradnikih je predpostavljen določen del redundance uporabljenih virov. Med krmilniki in v smeri nadzornih sistemov je predvidena ETHERNET komunikacija, tako, da je vsakemu CPU – ju dodan tudi ustrezni komunikacijski modul. Na stran inteligentnih

naprav znotraj stikalnih blokov je uporabljena ProfiBus komunikacija. Proti perifernim napravam pa so uporabljene tokovne analogne povezave 4-20mA.

V namen ETHERNET povezave je potrebno zgraditi tudi osnovno tehnološko mrežo, ki nam služi za priključitev vseh krmilnikov in nadzornih sistemov.

Na sliki 6 je prikazan del tehnološke mreže. Razvidna je ETHERNET povezava tehnološkega dela – zeleno in ETHERNET povezava za daljinski dostop – modro.



Slika 6. Tehnološka mreža (delno)

Na liniji sta postavljena dva pulta vodenja, na vsakem se nahajata dva procesna računalnika z identično SCADA programsko opremo.

Višji nivoji redundančnega povezovanja med nadzornimi sistemi niso uporabljeni, saj izpad enega nadzornega računalnika pomeni, da bo vse aktivnosti potrebno izvesti na drugem računalniku do trenutka, ko prvi ne bo zopet usposobljen za delovanje, kar pa iz preteklih izkušenj ni kritično.

V konkretnem primeru pa smo v tehnološko mrežo postavili tudi strežnik za arhiviranje in daljinski dostop do podatkov na osnovi programskega paketa Intellution Historian.

Možnost postavitve takega strežnika se je postavila po tehnični plati zaradi konsistentnega in enoličnega označevanja podatkov po celotni tehnologiji tovarne, saj je zaradi sistema označevanja praktično iz same oznake podatka moč sklepati na vsebino samega podatka, ne

glede na dejstvo, da so vsi podatki tudi tekstovno primerno opisani.

Strežnik smo postavili predvsem z namenom daljinskega spremljanja podatkov, kar nam omogoča razpolaganja s pravimi podatki v primeru kakršne koli nejasnosti ali garancijskega zahtevka.

Poleg postavitve strežnika pa je moč do nadzornih sistemov dostopati tudi po standardnih Internetnih dostopih, tako, da se je del analiz, nastavitvev in korekcij prenesel tudi domov v Slovenijo.

V konkretnem primeru je naročnik zelo kooperativen in je moč dostopati do nadzornih sistemov ob najavi praktično neprekinjeno, kar omogoča redno spremljanje proizvodnje in sodelovanje z naročnikom pri izvajanju vzdrževanja.

9 Vroči zagon in delovanje

Kljub dobrim željam se je zagon prestavil za dva meseca, kar je glede na trajanje planirano trajanje projekta 18 mesecev in praktično enoletno prekinitev zaradi splošne krize, relativno malo.

Vroči zagon je dogodek, ki ga v vsaki tovarni najteže pričakujejo. Predvsem vizuelno tovarna daje praktično končni izgled že mnogo pred samim zagonom in to daje varljiv občutek, da je projekt že praktično končan, vendar pa navadno manjka še ogromno podrobnosti, ki tovarno naredijo dejansko zmožno obratovanja.

Dva meseca za zaključevanje detajlnih del na osnovi 80% položenih kablov se naročnikom zdi neverjetno dolgo, vendar pa se izkaže, da je na v tem času na objektu vsak dan več različnih specialistov, ki so polno zaposleni.

Končno pride trenutek, ko tehnologiji napolnijo peč s kamninami in koksom, čemur sledi

ogrevanje čistilne naprave, ki zagotovi temperaturo podpiha 600C. Vroč zrak v podpihu v kratkem zažge koks v kupolki, ki začne segrevati kamnine. Po dveh urah, se kamnine začnejo topiti in iz kupлке priteče talina.

To je trenutek, ki predstavlja prelomni dogodek projekta.

Na sliki 7 je prikazan trenutek izpusta železa iz peči. Peč se prebode s pomočjo kisika in železo odteče v posodo za železo.



Slika 7: Izpust železa

Talina nato teče na kolesa centrifuge, kjer se razvlakni, omoči z vezivom in odpihne v zbiralno komoro. V zbiralni komori se tvori primarna plast, ki po sistemu trakov teče skozi nihalo in se pod nihalom zлага v plast zelene debeline.

Tako dobljeno plast vodimo polimerizacijsko komoro, kjer vezivo v plasti polimerizira. Iz komore pride polimerizirana - utrjena plast.

Plast se nato razrezuje po treh dimenzijah, do zelenega produkta. Tako dobljeni produkt je potrebno le še pakirati v s folijami v barvah proizvajalca in poslati na trg.

In tako poslej vsako uro 6 ton izdelkov, s povprečno gostoto 60 kg/m³, kar pomeni 100m³ izdelkov vsako uro