

Ozelenjevanje rudniškega jalovišča Žirovski vrh

Begrünung der Berghalde Žirovski Vrh

Vinko STRGAR

UDK 502.75 : 553.495 »Žirovski vrh«

Prispelo 15. 5. 1976

IZVLEČEK

Pri bodočem rudniku urana na Žirovskem vrhu v Sloveniji se bodo kopičile velike količine jalovine. Skupaj z drugimi deli in raziskavami potekajo že zdaj poskusi, ki naj bi pokazali, kakšne so možnosti za uspevanje rastlin na tej jalovini. Rezultati naj bi rabili pri morebitnem sprotnem ozelenjevanju jalovišč. Jalovina je skoraj čista, rahlo kislá ali rahlo alkalna rudninska snov z zelo slabimi fizikalnimi in kemičnimi lastnostmi. Doslej so se najbolj obnesle nekatere trave (*Agrostis alba*, *A. tenuis*, *Dactylis glomerata*, *Festuca ovina*, *F. rubra*, *Phleum pratense*, *Poa annua*, *P. nemoralis*), ki so z rudninskimi gnojili gnojene površine v dveh letih prekrile 90-odstotno. V enakih razmerah so po dveh letih skoraj popolnoma odmrle vrste *Lotus corniculatus*, *Medicago sativa* in *Trifolium pratense sativum*, vrsta *Trifolium album* pa pokriva 10% tal. Pokrovnost naštetih in drugih trav ter metuljnic na negnojjenih tleh je po dveh letih večinoma manjša od 5%.

AUSZUG

Bei dem geplanten Uranbergwerk Žirovski vrh in Slowenien werden sehr grosse Halden entstehen. Parallel zu anderen Vorbereitungsarbeiten und Forschungen wurden auch schon Versuche durchgeführt um die Möglichkeiten für ein Pflanzenwachstum auf diesen Halden festzustellen. Die Ergebnisse sollten Anhaltspunkte für die eventuelle laufende Begrünung der entstehenden Halden bieten. Die Halde besteht aus fast ausschliesslich mineralischem Material, das teils leicht alkalisch teils leicht sauer reagiert und dessen physikalische und chemische Eigenschaften für die Pflanzen sehr ungünstig sind. Am besten bewährt haben sich bisher einige Gräser (*Agrostis alba*, *A. tenuis*, *Dactylis glomerata*, *Festuca ovina*, *F. rubra*, *Phleum pratense*, *Poa annua*, *P. nemoralis*, *P. pratensis*), die die mit Mineräldüngern gedüngte Flächen in zwei Vegetationsjahren fast zu 90 Prozent bedeckt haben. Unter denselben Umständen sind die Leguminosen *Lotus corniculatus*, *Medicago sativa* und *Trifolium pratense sativum* fast vollständig eingegangen, die Art *Trifolium album* bedeckt jedoch 10 Prozent des Bodens. Die erzielte Bodeendeckung der angeführten und anderer Gräser und Leguminosen auf ungedüngtem Boden beträgt nach zwei Jahren meist weniger als 5 Prozent.

1. UVOD

1. 1. O jaloviščih na splošno

Z vse večjim razmahom rudarstva, industrije, gradbeništva in nekaterih drugih dejavnosti se v našem življenjskem prostoru poleg najrazličnejših snovi, ki zastrupljajo zrak, vodo ter tla, vse pogosteje in v vse večjem obsegu pojavljajo tudi jalovišča. V tehnološkem in ekološkem pomenu besede gre za večje ali manjše količine povečani neorganskega materiala, ki se kopiči pri rudnikih

in njihovih separacijah, ob industrijskih objektih, kamnolomih in drugod. Jalovišča v samem ekološkem pomenu besede pa so tudi goli kupi materiala ob raznih gradbiščih, zlasti pa nasutje sterilnega in neporaslega materiala, kamnite in skalne brežine ter stene ob novih prometnih in drugih komunikacijskih žilah ter gradnjah. Sem lahko štejemo tudi neporasle prostore ob tistih industrijskih objektih, ki z emisijo škodljivih snovi povzročajo, da vegetacija v okolici odmira in odmre ter se v danem okolju sama od sebe ne obnavlja več. Jalovišča v ekološkem pomenu besede se po nastanku lahko bistveno razlikujejo od jalovišč v tehnološkem pomenu, ker pa so jim po svojem delovanju na okolje večinoma zelo podobna, jih kljub temu v ekološkem smislu obravnavamo enako.

Dokler je bila naseljenost redka, prostora dovolj, jalovišča pa razmeroma majhna, z njimi ni bilo posebnih težav. Ni bilo treba skrbeti, da bi z jalovino pokrite površine čimprej spet postale rodovitne; jalovišč tudi ni bilo treba skrivati, celo nasprotno, saj so bila vendar eden od znamenj blaginje. Desetletja in več so se lahko sama od sebe zaraščala ali pa so še naprej ostajala in ostala bolj ali manj gola — odvisno pač od kakovosti nasutega materiala, podnebja in drugih okoliščin.

Zadnja desetletja pa postaja vprašanje sprotne sanacije nastajajočih jalovišč v razvitem svetu čedalje bolj aktualno. Po eni strani je treba kmetijstvu in gozdarstvu kolikor se da hitro vračati z jalovino pokrita, prej rodovitna zemljišča, po drugi strani pa jalovišča zavarovati pred vodno in eolsko erozijo ter razširjanjem škodljivih snovi z njih, po tretji strani pa je treba v naseljenih in turističnih predelih krajini tudi sproti vračati njen žlahtni videz. Če imamo do jalovišč take zahteve, pa ne moremo več čakati samo, kaj bo naredila narava sama, ampak moramo aktivno poseči v sanacijo.

1. 2. Kako sanirati jalovišče

Jalovišča lahko dandanes saniramo na več precej različnih načinov; za katerega od njih se v posameznem primeru odločimo, pa je odvisno od več dejavnikov. To so predvsem fizikalne, kemične ter biološke lastnosti jalovine, prostor in ekološke razmere ter namenbnost saniranega prostora; pri odločitvi pa imajo zelo pomembno vlogo tudi finančne možnosti.

Nekateri avtorji (M i c h e l u t t i, 1974) menijo, da je pretežni del jalovine najbolje spravljen pod stoječo, neodtekajočo vodo — saj je v tem primeru zadoščeno vsem trem glavnim zahtevam: jalovine ne raznaša veter, ne odplavlja je voda in tudi videz krajine ostaja neokrnjen. Razumljivo pa je, da si takšnih odlagališč ni mogoče privoščiti povsod; kjer ne gre za naravna jezera ali morje, so potrebna na primer neprepustna tla in trdni ter zanesljivi in temu ustrezno dragi jezovi. In kaj je s škodljivimi snovmi, ki tako pridejo v vodo? Pred vodno in eolsko erozijo lahko jalovino zavarujemo po kemični poti s plastjo asfalta ali polimerizatov. Plast debelejšega peska in kamenja na površini onemogoči raznašanje jalovine po zraku, ne preprečuje pa kontaminacije vodá in zemljišč, do katere prihaja zavoljo spiranja in odplavljanja snovi (M i c h e l u t t i, 1974). Ta metoda je slaba tudi zato, ker tako sanirana jalovišča močno kvarijo videz krajine — isto, morda v še večji meri, velja za jalovišča, sanirana po kemični metodi. Povsem razumljivo ima največ zagovornikov sanacija jalovišč z ozelenjevanjem, saj lahko dobro zaustavi obojno erozijo, nasute površine pa sčasoma lahko spet postanejo uporabne za kmetijske ali gozdarske in športne ter druge namene ali pa v krajini kot tujek

delujoča neporasla in grda jalovišča vsaj ozeleni in vključi v okolje, da postanejo z njim spet skladna krajinska celota. Ena največjih pomanjkljivosti saniranja jalovišč z ozelenjevanjem pa je, da ozelenitev večinoma ne zaustavi popolnoma spiranja in odplavljanja ter s tem kontaminacije vodá in okoliških zemljišč s škodljivimi snovmi.

Jalovišča se da uspešno, v sprejemljivo kratkem času ozeleniti in ob znanskih stroških ponovno usposobiti za kmetijsko in gozdarsko rabo samo pod določenimi pogoji: predvsem jalovišča ne smejo biti strupena za rastline; razen rudninskih snovi mora biti v njihovi zgornji plasti tudi zadostna količina humusa; zgornji, obdelovalni sloj mora imeti ustrezen zlog in teksturo; jalovišča pa morajo biti tudi taka, da jih je mogoče vzdrževati z znanimi agrotehničnimi prijemi. Za ponovno obdelavo (rekultiviranje) razmeroma ugodna jalovišča lahko nastajajo predvsem pri dnevnih kopih, gramoznicah, na večjih gradbenih nasipališčih in drugod, kjer pri odkrivanju tal in nasipavanju ravnajo tako, da pride v zgornjo plast jalovine zadosti prsti. V zvezi s tem je znana in povečini celo predpisana idealna rešitev: obdelovalna plast tal mora na posebno deponijo, na koncu pa na površino jalovine; vendar se to niti dandanes še ne dogaja dosledno in povsod.

Rekultiviranje čisto rudninskih jalovišč je mogoče samo, če jih prekrijemo z dovolj debelo plastjo prsti (20—30 cm). Kjer te možnosti ni, je veliko že, če uspe jalovišče samo ozeleneti. Podobno velja tudi za jalovišča, na katerih so za rastline neugodne kemične, fizikalne ali biološke razmere. Jalovišča kemične industrije so na primer lahko prekisla ali preveč alkalna in jih je treba pred začetkom ozelenjevanja nevtralizirati ali prekriti z ustrezno plastjo prsti (Martini, 1967). Ob rudnikih je pogostna sprana jalovina iz drobno zmlete kamnine, nakopičena je v slabo porozne in neprepustne sklade, na njej pa so za uspevanje rastlin zelo neugodne fizikalne razmere (Kammeyer, 1960).

Spričo različnih možnosti uspevanja različnih rastlin na različnih jaloviščih in namembnosti prostora, na katerem je jalovišče, se je pri ozelenjevanju treba že na začetku odločiti za tip vegetacijske odeje in s tem v zvezi tudi za tip rastlin. Hitro rastoče enoletnice, ki dajo v kratkem času veliko mase (*Melilotus*, *Vicia faba*, *V. sativa*, *Lupinus albus* idr.) ali s koreninami prodirajo globoko v tla in jih rahljajo, so zelo uporabne kot tako imenovane meliorativne rastline takoj na začetku, za njimi pa kasneje posadimo druge (Shulze & Engels, 1963). Ustaljena jalovišča, ki ne drse in se ne posipavajo več, lahko zatravimo. Zatravljanje je neredko tudi edini uspešen način ozelenjevanja jalovišč, na površini katerih prevladuje ali pa je celo sama rudninska snov (Lerchenmüller, 1964; Sanner, 1968; Scherer, 1967; Skirde, 1969 a, b; Seifert, 1969). Dobra stran ozelenjevanja z zatravljanjem je hitra rast in razraščanje trav, ki s svojim šopastim, tik pod površino tal razpredenim koreninjem površinsko plast kolikor toliko ugodne jalovine že v eni vegetacijski dobi dobro prerastejo in utrde, na površini pa naredo strnjeno rastlinsko odejo. Zatravljanje je lahko trajni način ozelenitve jalovišča ali pa so trave na jalovišču — kot trata ali travnik — samo pionirska vegetacija, ki jalovišča pokriva in na njih pripravlja ugodne razmere za bolj zahtevne rastline: take so na primer od trav zahtevnejše trajne zelike, grmovje ter drevje (Boeker, 1968; Dimpfelmeier, 1970; Lerchenmüller, 1964; Peucker, 1969; Seifert, 1965).

2. PROBLEMATIKA

2.1. Jalovišča na Žirovskem vrhu

Ko bo začel rudnik urana na Žirovskem vrhu redno obratovati, se bodo pri njem predvidoma kopičile velike količine jalovine. To bo sama rudninska snov brez organskih primesi. Deloma bo precej debelozrnata, sestavljena iz več ko 2 mm velikih delcev in kosov nepredelane kamnine naravnost iz rudnika, deloma pa jo bo sestavljal manj kot 2 mm debel mlet oster pesek, pomešan z meljem in glino iz predelave.

V sklopu pripravljanih del, poskusnega obratovanja in drugih raziskav na Žirovskem vrhu tudi proučujejo, kakšne so možnosti za uspevanje rastlin na omenjeni jalovini. Cilj proučevanj je ugotoviti ustrezne rastline in načine za morebitno sprotno ozelenjevanje jalovišč pri bodočem rudniku.

Na razpolago je jalovina, ki se je nabrala in se še nabira pri dosedanjem delu. Ima približno takšne lastnosti, kakršne bo predvidoma imela tudi v času rednega obratovanja. Delo poteka na treh mestih: na deponiji debelozrnate jalovine, ki so jo začeli nasipavati pred približno dvajsetimi leti na vzhodnem pobočju Žirovskega vrha (580 m n. m.) in je debela okrog 10 m; na deponiji mlete jalovine iz predelave, ta je na vzhodnem vznožju Žirovskega vrha (430 m n. m.), in na mleti jalovini iz predelave, prepeljani v Botanični vrt v Ljubljano. Mleta jalovina iz predelave je letnikov 1972 in 1973.

2.2. Možnosti za ozelenitev jalovišč na Žirovskem vrhu

Kot spoznamo iz nadaljevanja, je jalovina na Žirovskem vrhu domala čista rudninska snov, v kateri je malo hranilnih snovi za rastline; deloma pa ima za rastline zelo slabe fizikalne in kemične lastnosti ter je biološko mrtva.

Kot smo že omenili (1. 2.), je pri čisto rudninskih jaloviščih uspeh že, če jih brez prekrivanja s prstjo sploh uspe ozeleniti. Zato je razumljivo, da smo se spričo danih lastnosti jalovine na Žirovskem vrhu odločili za zatravljanje kot prvo fazo ozelenjevanja. Po dosedanjih izkušnjah se zaradi posebnih lastnosti trav ta način ozelenjevanja namreč tudi v izjemnih razmerah najbolje obnese od vseh načinov in najhitreje obrodi uspeh.

Računamo, da bo na sprva zatravljene površine jalovišč čez leta mogoče bolj ali manj uspešno saditi tudi za tla bolj zahtevne rastline, med njimi tudi grmovne in drevesne vrste. Na zatravljene površine sajena drevnina in druge bolj visoke rastline bi sprva lahko uspevale skupaj s travo, pozneje pa bi, ustrezno svoji pokrovnosti, prevladale nad prvotno vegetacijo. Že od vsega začetka bistveno bolj ugodne kot na sami rudninski snovi pa bi bile možnosti za ozelenjevanje, če bi jalovino lahko prekrili ali mešali s prstjo.

3. UGOTOVITVE MED PRIPRAVLJALNIMI DELI

Kakor kažejo izkušnje in domače raziskave, bo verjetno treba del (morda večji) jalovine na Žirovskem vrhu zaradi njenih z uranom povezanih in za živi svet neposredno škodljivih lastnosti deponirati pod vodo, deponije nenevarne ali manj nevarne jalovine na suhem pa sanirati z ozelenjevanjem. Zato je treba ugotoviti, kakšne lastnosti imata jalovina in okolje, v katerem je, za uspevanje rastlin.

3. 1. Deponija 580

3. 1. 1. Samorasle rastline

Na najstarejšem, pretežno ravnem delu jalovine smo leta 1973, ko se je začelo delo, že našli nekaj samoraslih rastlin, katerih pokrovnost pa je bila takrat še neznatna. Med njimi so: *Abies alba*, *Betula alba*, *Larix decidua*, *Picea abies*, *Populus tremula*; *Salix caprea*, *S. rosmarinifolia*; *Agrostis canina*, *Arrhenatherum elatius*, *Cerastium pumilum*, *Chamaenerion palustre*, *Dactylis glomerata*, *Epilobium montanum*, *Festuca ovina*, s. lat., *Festuca* sp., *Hieracium bauchinii*, *H. sylvaticum*, *Koeleria pyramidata*, *Leontodon hispidus*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Rumex acetosa*, *Taraxacum officinale*, *Tusilago farfara*; *Polytrichum* sp. — Mlade rastline rastejo na jalovišču zelo počasi, nekatere starejše drevesne in grmovne vrste pa že razmeroma hitro. Višinsko priraščanje okrog 8 let starih smrek in borov se je pospešilo zlasti zadnjih nekaj let; iste smreke, ki so leta 1972 prirasle v višino le 8—16 cm, so se leta 1973 na primer dvignile že za 15—22 cm.

3. 1. 2. Pedološke lastnosti jalovine

Zgornja plast jalovine je po vsej površini jalovišča precej enaka. Za analize smo vzeli vzorce iz zgornjih 0—10 cm materiala.

3. 1. 2. 1. Fizikalne lastnosti jalovine

Kot vidimo iz tabele 1, je jalovina na deponiji 580 okrog 93 % iz peska ter skeletnih delcev in kosov materiala, ki dosežejo tudi kilogramsko in večjo težo. Gre torej za izrazito skeletna in po mednarodni teksturni lestvici za peščena tla. Za uspevanje rastlin je takšna tekstura tal zelo neugodna iz več razlogov: prepustnost tal za vodo je velika, zato se večji del meteorne vode po gravitacijski poti hitro zgublja v spodnje, rastlinam nedostopne plasti jalovine; razmerje med kapaciteto tal za vodo in kapaciteto tal za zrak (razmerje med kapilarami in nekapilarami) je zelo ugodno, vendar je absolutna kapaciteta tal za vodo preslaba; zaradi nizkega odstotka gline je sorptivnost jalovine majhna; spiranje hranil in potreba po humusu sta velika, večji kosi skeleta pa bistveno mehanično ovirajo normalno razrast koreninja. Dobre lastnosti take teksture jalovine pa so predvsem naslednje: po nekapilarah je površina jalovine z vodno paro v stiku z vodo v spodnjih plasteh; tla so zelo zračna, kar je za koreninski sistem ugodno; ob dobri preskrbi tal z vodo in hranili lahko ta tip jalovine po njenih lastnostih za rastline nekoliko primerjamo z nekaterimi substrati, ki se uporabljajo na primer v hidrokulturi: granitni drobir, rečni pesek, vermikulit, stiromul idr. (Penningsfeld & Kurzmann, 1966).

3. 1. 2. 2. Standardna kemična analiza tal

Za rastline zmerno alkalna tla (Lehr, 1968) kažejo, da se bo treba pri ozelenjevanju odločiti predvsem za nevtrofilne in tiste rastline, ki niso kalcifobne. Iz količine ugotovljenega organskega ogljika v pregledani jalovini spoznamo, da je v njej le okrog 0,08 % humusa in sodi torej po tem med rudninska ali s humusom revna tla (Nehring & Wiessmann, 1960; Stritar, 1973); sorptivnost jalovine je majhna tudi zaradi pomanjkanja humusa. Količine rastlinam dostopnih hranil so znatno pod mejnimi vrednostmi, ki znašajo na primer za travnike (Nehring & Wiessmann, 1960) okrog 20 mg K₂O in 5 mg P₂O₅ na 100 g tal.

Tab. 1

Tekstura tal na deponiji 580 (mechanische Zusammensetzung des Bodes an der Ablagerung 580)

Skelet nad (Grand und Steine über) 2 mm	57,30 %
Pesek (sand) 2 — 0,02 mm	35,90 %
Melj (Schluff) 0,02 — 0,002 mm	3,60 %
Glina pod (Rohton unter) 0,002 mm	3,20 %

Tab. 2

Druge fizikalne lastnosti tal na deponiji 580 (andere physikalische Eigenschaften des Bodens an der Ablagerung 580)

Specifična teža (sp. G.)*	Volumenska teža (sch. sp. G.)	Maksimalna kapaciteta za vodo (KPV)	Kapaciteta za zrak (ÜKPV)	% poroznosti (GPV)
2,7	1,6	21,7 %	18,3 %	40,0

*(sp. G.) = spezifisches Gewicht, (sch. sp. G.) = scheinbares spezifisches Gewicht, (KPV) = Kapillares Porenvolumen, (ÜKPV) = Überkapillares Porenvolumen, (GPV) = Gesamtporenvolumen

Deponija (Ablagerung) 580

Tab. 3

pH v 0,1 n raztopini KCl (pH)	8,12
Organski C (organischer C)	0,042 %
Skupni N (Gesamt N)	0,003 %
Količina rastlinam dostopnih hranil	
K ₂ O	2,89 mg/100 g tal
P ₂ O ₅	1,60 mg/100 g tal

3. 1. 2. 3. Analiza talnega izmenjevalca (sorptivnega dela tal) je pokazala zelo nizko izmenjalno kapaciteto (14,745 mval/100 g materiala) in še ta gre skoraj v celoti na račun Ca ionov (14,564 mval/100 g materiala). Tudi relativni delež posameznih izmenljivih ionov na talnem izmenjevalcu je zelo enostranski, saj je 98,77 % Ca ionov.

3. 1. 3. Podnebne razmere in talna vlaga

Natančnejših klimatoloških podatkov iz večletnih meteoroloških opazovanj in meritev vremenskih faktorjev za obravnavano območje nimamo, zato smo si lahko pomagali le s približnimi ocenami razmer in interkalacijami.

Po klimatološki rajonizaciji Slovenije (J. Spanring) sodi porečje Sore, h kateremu spada tudi dolina potoka Brebovščica, kjer so obravnavana jalovišča, v območje neposrednega vpliva alpskega podnebja. Zanj so med drugim značilne velike količine padavin, ki mu skupaj z razmeroma nizkimi povprečnimi letnimi temperaturami dajejo humidni in perhumidni značaj. Sodeč po okoliškem avtohtonem rastlinstvu in kmetijskih kulturah so na Žirovskem vrhu ugodne razmere za mezofilne rastline zmernega pasu.

Menimo, da bo za dobro uspevanje rastlin na kamnitih jaloviščih med najbolj odločilnimi dejavniki primerna vlažnost: po eni strani gre za visoko

zračno vlago, ki se v ozki dolini Brebovščice in njenih pritokov zadržuje večino leta, po drugi strani pa tudi za visoko talno vlago, ki prihaja iz talnice (izvirov?) pod jaloviščem na deponiji 580.

3. 2. Deponija 430

Na deponiji ob potoku Brebovščica (430 m n. m.) sicer prevladuje podobna jalovina kot na deponiji 580, vendar za sedaj potekajo poskusi samo na mleti jalovini iz predelave. Leta 1974 smo začeli poskuse s to jalovino samo v Botaničnem vrtu v Ljubljani (jalovina letnikov 1972 in 1973), leta 1975 pa tudi pri rudniku. To poročilo se nanaša na poskuse, ki so potekali v Botaničnem vrtu v letih 1974/75.

3. 2. 1. Na uporabljeni mleti jalovini iz predelave ni bilo nikakršnih znakov življenja.

3. 2. 2. Pedološke lastnosti jalovine

Vsa jalovina iz enega predelovalnega postopka je precej homogena in v glavnem enakih lastnosti.

3. 2. 2. 1. Fizikalne lastnosti jalovine

Iz tabele 4 vidimo, da se tekstura te jalovine precej razlikuje od tiste na deponiji 580. V njej ni skeletnih delcev, precej pa je peska in melja ter nekaj gline. Po mednarodni teksturni klasifikaciji tal bi to jalovino lahko uvrstili med peščeno ilovico ali peščeno glinasto ilovico. Tekstura teh tal je za rastline še mnogo bolj neugodna kakor tekstura skeletnih tal na deponiji 580. Njihova največja pomanjkljivost je slaba prepustnost: meteorna voda ne odteka v spodnje plasti jalovine, ampak večidel po njeni površini: razmerje med kapilarami in nekapilarami se preveč nagiba v korist prvih in zato so tla slabo prezračena (analize — tabela 5 — so od konca aprila, ko se od mraza zrahljana tla še niso sesedla); skozi jalovino pa tudi talnica ne more v zgornje plasti v zadostnih količinah, ker se tla kmalu pod površino sesedejo v skoraj neprepustno gmoto. Videti je, da lahko kolikor toliko dobre fizikalne lastnosti ohranja samo zgornja plast, ki vsako zimo premrzne ali pa jo preprezajo korenine; zaradi še zmeraj majhne količine gline tudi sorptivnost teh tal ni zadostna; tla potrebujejo veliko hranil in humusa ali drugih snovi, ki bi zboljševale njihovo sorptivnost in zračnost; zbita tla so velika ovira za rast in normalen razvoj koreninja; obema jalovinama, tisti na deponiji 580 in tej na deponiji 430, bi se fizikalne lastnosti bistveno zboljšale, če bi ju med seboj mešali.

3. 2. 2. 2. Standardna kemična analiza materiala

Skoraj nevtralna ali rahlo kislja jalovina pričča, da bi bile tudi tukaj najbolj primerne nevtrofilne, in tiste rastline, ki niso kalcifobne. V jalovini je komaj okrog 0,24 % humusa in gre torej za rudninska ter s humusom zelo revna tla in vse s tem povezane njihove slabe lastnosti. Količina rastlinam dostopnega kalija je pod mejno vrednostjo (cf. 3. 1. 2. 2.), v tej jalovini pa je razmeroma veliko fosforja, vendar ga še zmeraj ni dovolj.

3. 2. 2. 3. Analize talnega izmenjevalca so pokazale razmeroma dobro izmenjalno kapaciteto — 36,178 mval/100 g tal (jalovina 1972) in 42,598 mval/100 g

tal (jalovina 1973), kar gre v pretežni meri na račun Ca ionov: 34,732 mval/100 g tal (jalovina 1972) in 41,110 mval/100 g tal (jalovina 1973). Tudi relativni delež posameznih izmenljivih ionov na talnem izmenjevalcu odpade v pretežni meri na Ca ione: 96,00 % (jalovina 1972) in 96,10 % (jalovina 1973). Razmeroma zelo visok je relativni delež posameznih izmenljivih PO_4 ionov: 4,86 % (jalovina 1972) in 1,12 % (jalovina 1973). Delež kalijevih ionov pa je le 0,10 % (1972) in 0,09 % (1973).

Tab. 4

Tekstura tal na deponiji 430 (mechanische Zusammensetzung des Bodens an der Ablagerung 430)

	Jalovina letnikov die Halde von Jahren	
	1972	1973
Skelet nad (Grand und Steine über) 2 mm	—	—
Pesek (Sand) 0,02 — 2 mm	77,1 %	67,9 %
Melj (Schluff) 0,02 — 0,002 mm	16,6 %	21,9 %
Glina pod (Rohton unter) 0,002 mm	6,3 %	10,2 %

Tab. 5

Druge fizikalne lastnosti tal na deponiji 430 (andere physikalische Eigenschaften des Bodens an der Ablagerung 430)

Specifična teža (sp. G.)*	Volumenska teža (sch. sp. G.)	Maksimalna kapaciteta za vodo (KPV)	Kapaciteta za zrak (ÜKPV)	% poroznosti (GVP)
1972** 2,8	1,4	37,8 %	11,0 %	48,8
1973** 2,5	1,2	38,3 %	13,7 %	52,0

*cf. 3. 1. 2. 1.; **jalovina letnikov 1972 in 1973 (die Halde von der Jahren 1972 und 1973)

Tab. 6

Deponija (Ablagerung) 430

	Jalovina letnikov (die Halde von den Jahren)	
	1972	1973
pH v 0,1 n raztopini. KCl (pH)	6,74	6,35
Organski C (Organischer C)	0,123 %	0,123 %
Skupni N (Gesamt N)	0,006 %	0,004 %
Količina rastlinam dostopnih hranil	3,01 mg/100 g tal	3,61 mg/100 g tal
K ₂ O P ₂ O ₅	41,50 —	11,25 —

3. 3. Sklepne ugotovitve med pripravljalnimi deli

Zaradi rastlinam zelo neugodnih kemičnih (pomanjkanje hranilnih snovi) in fizikalnih (predvsem prevelika prepustnost prve in premajhna druge jalovine, pomanjkanje humusa idr.) lastnosti jalovine, bi bilo dobro že, če uspe kakršenkoli ne preveč dolgotrajen način ozelenjevanja, če seveda ne bi uporabljali velikih količin humusa, prsti ali drugih snovi. Prav zato se je za začetek najbolje odločiti za zatavljanje, ki velja, kot rečeno, za najuspešnejši način

ozelenjevanja tudi v skrajnih razmerah. Da bi povečali sorptivnost tal za vodo in hranila (deponija 580) ter izboljšali tudi prepustnost (deponija 430), bi bilo treba vsaj zgornji, 10 cm debeli plasti jalovine primešati ustrezne snovi, npr. humus, prst, vermikulit, perlit ali kaj drugega. Tla bo treba redno fertilizirati z ustreznimi količinami rudninskih in (ali) drugih gnojil, dokler ne pride do ravnotežja med uporabljenimi in s humifikacijo rastlinskega materiala nastajajočimi snovmi v tleh. Če upoštevamo precejšnje zračno vlago in večino leta dobro vlažnost jalovine ter njene fizikalne lastnosti (predvsem na deponiji 580), bi bilo vredno poskusiti tudi z dodajanjem samih fertilizatorjev, ne da bi jalovino humizirali ali jo kako drugače fizikalno izboljševali — v tem primeru bi šlo za kulturo, ki nekoliko spominja na hidroponiko. V morebitnih preveč sušnih obdobjih bi ta kultura terjala več zalivanja in prej kakor druge. Za tako kulturo bi bilo vsekakor boljše jalovišče na deponiji 580, na deponiji 430 pa bi se verjetno kolikor toliko obnesla samo v primeru, če bi zgornja plast jalovine vsako zimo dobro premrznila in s tem postala dovolj porozna vsaj za del vegetacijske dobe. Vsekakor pa bi bilo najbolje nepredelano in mletjo jalovino iz predelave med seboj mešati, saj bi se s tem bistveno izboljšale fizikalne lastnosti obeh.

4. IZBOR RASTLIN

Skirde (1969 a), ki ima za sabo uspela in najrazličnejša ozelenjevanja ter resno začete in na znanstveni višini izpeljane poskuse, povezane z njimi, pravi o izboru rastlin za ozelenjevanje v izjemnih razmerah približno takole: »Čeprav — ali pa prav zato, ker so rastline trajen sestavni del postopka, je treba pri ozelenjevanju v ekstremnih razmerah od primera do primera preskusiti njihovo ustreznost za nameravani tip ozelenjevanja. Sicer je učinek ozelenjevanja primarno res v tem, da rastlinska odeja prekrije tla in prepreči erozijo, vendar se kasneje zmeraj izkaže, da ni prav, če primarne zahteve ne povežemo s sekundarno in za dano rastišče tipično. Ni na primer vseeno, če namesto nizke, zgoščene trate oblikujemo rahel sestoj visokih rastlin, ki jih je treba striči. Pred vsakim ozelenjevanjem je zato treba upoštevati tudi sekundarno nalogo, ki je lahko v tem, da z ozelenitvijo dobimo posebno zgoščeno rušo, da ostanejo rastline nizke, da dobro prenašajo sušo idr.«

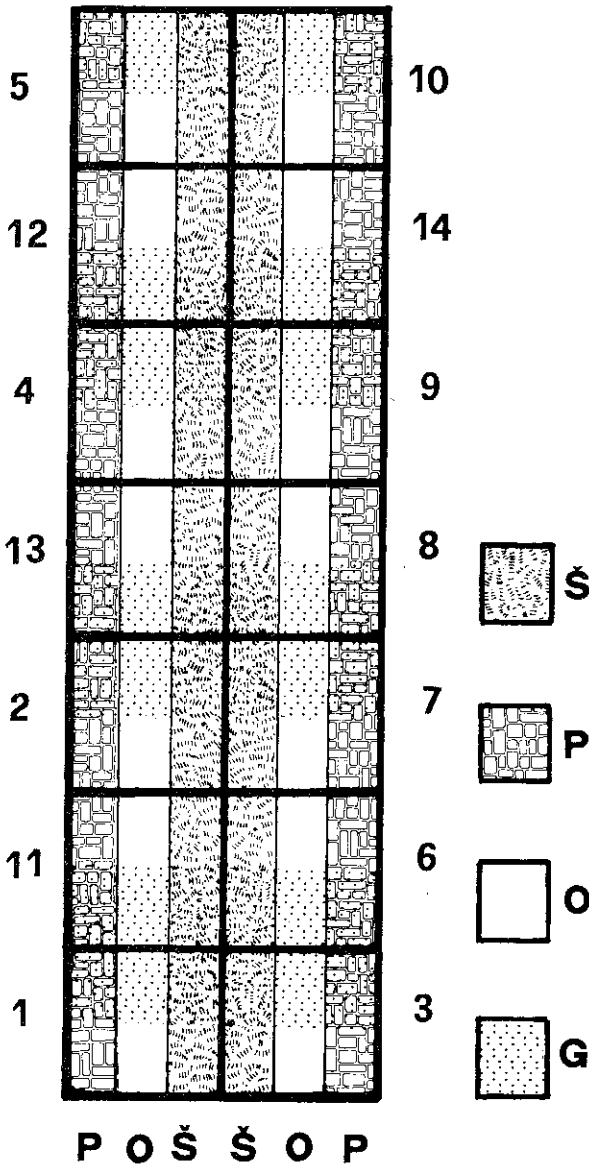
Naša zahteva je naslednja: najprej naj bo zgoščena ruša, ki bo tla prekrila in zaustavila erozijo, potem pa s humifikacijo odmrlih rastlin iz ruše in njihovih delov nastala tolikšna humizacija jalovine, da bo v končni fazi na njej uspevalo tudi drevje.

Poskuse smo začeli s 14 vrstami zelikastih trajnih rastlin, s katerimi poskušamo ločeno, ne v mešanici. Med njimi so trajne trave: 1 *Agrostis alba*, 2 *A. tenuis*, 3 *Dactylis glomerata*, 4 *Festuca ovina*, 5 *F. pratensis*, 6 *F. rubra*, 7 *Phleum pratense*, 9 *Poa nemoralis*, 10 *P. pratensis*; enoletna trava 8 *Poa annua*; trajne metuljnice: 11 *Lotus corniculatus*, 12 *Medicago sativa*, 13 *Trifolium album*, 14 *T. pratense sativum*.

5. PRIPRAVA TAL, SETEV IN GNOJENJE

5. 1. Deponija 580

Tla smo prerahljali 10 cm globoko, parcelo razdelili najprej na 14 enakih delov (sl. 1), vsako takó dobljeno ploskev pa še na tri enake dele. Enemu delu



Sl. 1. Parcela I. Razdeljena je na štirinajst površin za kulture 1—14; vsaka kultura je na šestero različnih tleh: Š = primešana šota, P = primešan prelit, O = jalovina, G = gnojeno

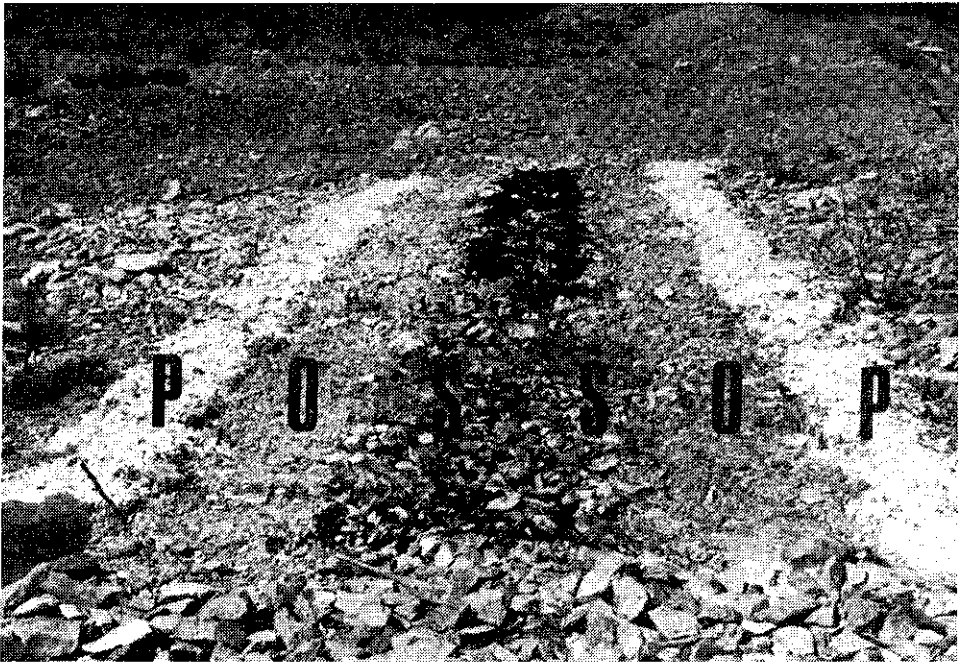
Abb. 1. Parzelle I. Eingeteilt in 14 Flächen für die Kulturen 1—14; jede Kultur wächst auf sechs verschiedenen Substraten: P = mit Perlitzsatz, Š = mit Torfzusatz, O = reines Haldenmaterial, G = gedüngt

smo primešali perlit (15 l/m^2), drugemu enako količino šote, na tretjem, kontrolnem pa je ostala samo jalovina (sl. 2).

Sejali smo 4. aprila 1974. Zaradi skoraj vodoravnih tal poskusne parcele se ni bilo bati erozije, pa tudi tega ne, da bi kaleče seme ali sejančki odmrli zaradi suše, saj je kazalo, da je v tleh in zraku povečini dovolj vlage. Zato smo sejali po običajni metodi na stalno mesto, ne da bi posejano površino zamulčili, kakor je zadnje desetletje splošna navada pri ozelenjevanju (zatravljanju) v izjemnih razmerah (Sauer, 1968 a, b; Schweitzer, 1967).

Semena trav št. 1 in 2 smo sejali 1 dkg/m², št. 4 je bilo 2 dkg/m², drugih trav pa 3 dkg/m²; semena vrste *Lotus* smo sejali 2 dkg/m², drugih treh metuljnic pa 3 dkg/m². Količine semen trav približno ustrezajo količinam, ki jih v vrtnarstvu uporabljajo za trate (L e h r, 1968; E n z m a n n, 1959) semen metuljnic pa smo sejali več, kakor ga običajno uporabljajo v kmetijstvu. Seme smo rahlo zamešali v tla.

Z rudninskimi gnojili smo gnojili polovico površine z vsako rastlinsko vrsto pravokotno na pas s šoto, perlitom in kontrolni pas. Tako je nastalo za vsako vrsto šestero različnih možnosti: jalovini primešan perlit, jalovini primešana šota, sama jalovina in vse troje gnojeno in negojeno (sl. 1).



Sl. 2. Parcela I. med pripravljanjem za setev: P = primešan perlit, Š = primešana šota, O = sama jalovina

Abb. 2. Parzelle I. während der Vorbereitungen für die Aussaat: P = mit Perlitzusatz, Š = mit Torfzusatz, O = reines Haldenmaterial

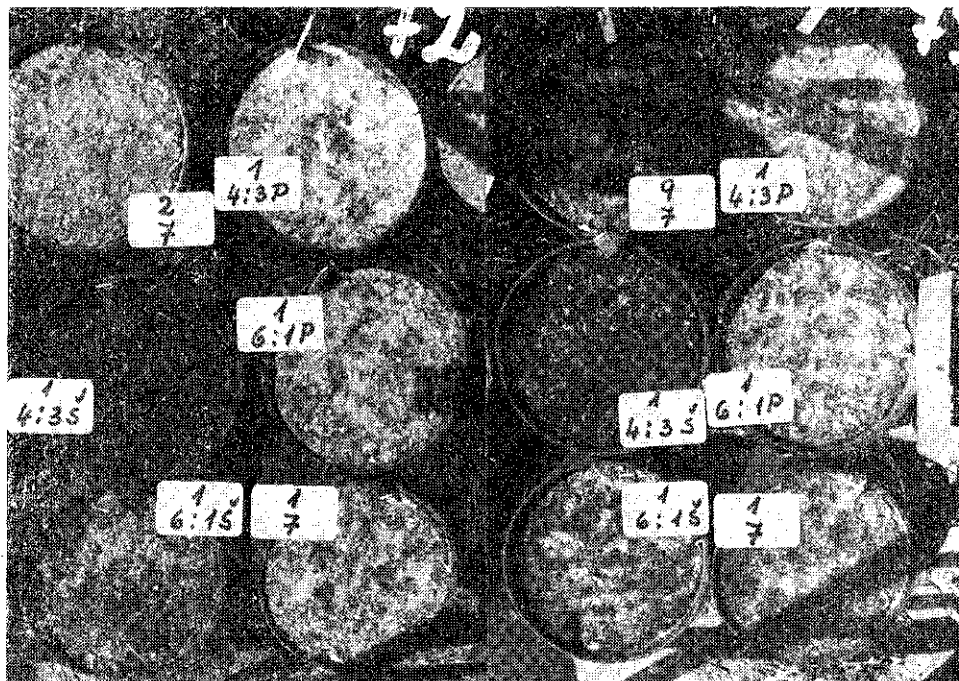
5. 2. Deponija 430

Kot že rečeno, smo leta 1974 začeli poskuse na mleti jalovini, prepeljani v Ljubljano. V poskuse smo vključili le 6 vrst od štirinajstih, s katerimi smo začeli na deponiji 580: 1 *Agrostis alba*, 2 *A. tenuis*, 6 *F. rubra*, 9 *Poa nemoralis*, 12 *Medicago sativa*, 13 *Trifolium album*. Jalovino smo dali v 27-litrške pločevinaste posode (sl. 4), široke 30 cm in visoke 38 cm. V prvo polovico posod smo dali jalovino iz leta 1972, v drugo pa tisto iz leta 1973. Spodnjih 25 cm v posodi je bila čista jalovina, zgornjih 10 cm pa za vsako vrsto v petih različicah:

1. jalovina : šotna prst v razmerju	6 : 1
2. — — — — —	4 : 3
3. — perlit v razmerju	6 : 1
4. — — — — —	4 : 3
5. čista jalovina/kontrola	7 : 0

Sejali smo 11. aprila 1974. Ker smo v substratu, ki ima zelo slabe fizikalne lastnosti, pričakovali veliko odmiranje sejančkov, smo sejali trikratno količino semena ($3-9 \text{ dkg/m}^2$), ki je predvidena za trate. Vrsto *Agrostis alba*, od katere smo pričakovali največ uspeha, smo sejali na jalovino obch letnikov.

Prvič smo gnojili 20. maja 1974 (250 kg N, 70 kg P, 70 kg K na ha), drugič 6. junija 1975 (94 kg N, 48 kg P, 48 kg K na ha) in tretjič 15. julija 1975 (94 kg N, 48 kg P, 48 kg K na ha). V dveh letih smo dali 438 kg N, 166 kg P in 166 kg K na ha.



Sl. 4. Poskusi z mleto jalovino iz predelave: vsaka kultura je na petero različnih substratih
Abb. 4. Versuche mit gemahlenen Haldenmaterial: jede Kultur in fünf verschiedenen Substraten

6. REZULTATI IN DISKUSIJA

Za ocenjevanje rezultatov poskusnega ozelenjevanja smo za sedaj segli samo po metodi ocenjevanja pokrovnosti rastlin (pokritost tal z rastlinami). Njena dobra stran je, da se z rezultati uspevanja rastlin lahko seznanimo brez velikega dela in stroškov. Za naše začetne potrebe pa ta metoda tudi največ pove, saj želimo zvedeti predvsem, kakšen odstotek jalovine rastline prekrijejo

v časovni enoti in pa kako jo pokrivajo. Bolj natančna pa je metoda tehtanja sveže, suhe ali na razne druge načine spremenjene organske snovi na površinsko enoto. Pri nadaljnjem delu nam bo lahko povedala, v kolikšnem času se bo s humifikacijo priraščajoče organske snovi v jalovini nabralo dovolj humusa za nadaljnje ozelenjevanje. Premalo pa ta metoda pove o pokritosti tal, prav tako kakor sama pokrovnost premalo pove o količini organske snovi.

6. 1. Deponija 580; tabela 7

Vsa semena so zadovoljivo kalila. Med kalitvijo v čisti jalovini in kalitvijo v jalovini, pomešani s šoto in perlitom, ni bilo opaznih razlik. Do prvega gnojenja in še kak teden po njem so se vse setve razvijale bolj ali manj enako. Kmalu potem pa so začele gnojene rastline rasti in se povečini razvijati opazno bolje. V večini primerov so postajale dobro vidne razlike v velikosti rastlin in njihovi pokrovnosti.

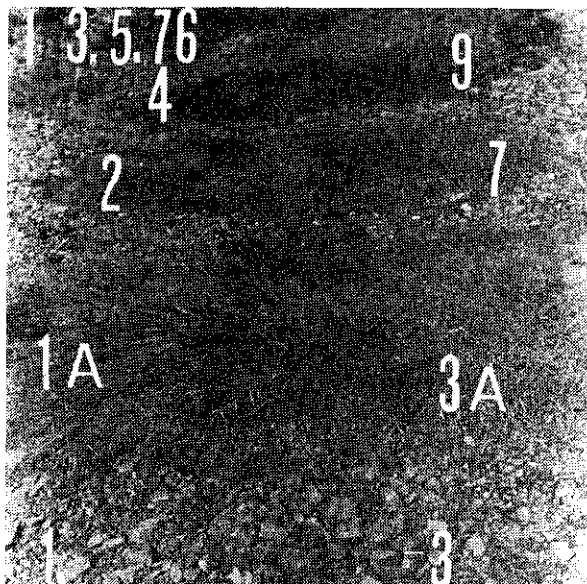
Od drugih vrst se je precej razlikovala pravzaprav samo pokrovnost vrste *Dactylis glomerata*; ta je prve mesece dobro uspevala tudi na tistih negnojnih tleh, v katerih sta bila šota in perlit: dva meseca po setvi je bil gnojni del pokrit 60-odstotno, negnojni s šoto 40-odstotno, s perlitom pa 30-odstotno. Do konca prvega vegetacijskega leta se je pokrovnost na negnojnih tleh zmanjšala na 15 % in na vsega nekaj odstotkov do konca drugega vegetacijskega leta.

V splošnem pa niti ob koncu prvega niti drugega vegetacijskega leta ni bilo vpadljivo bistvenih razlik med pokrovnostjo rastlin na sami jalovini in tistimi na jalovini s primešano šoto ali perlitom. Mar gre za premajhne količine primesi? Morda pa je sorptivnost čiste jalovine vendarle tolikšna, da se hranilne snovi v njej lahko daljši čas obdrže v količini, ki ni bistveno drugačna od tiste v jalovini z majhnimi količinami primesi šote in perlita?

Zelo jasne pa so razlike med pokrovnostjo rastlin na gnojenih in negnojenih tleh. Od gnojenja pa do konca prve vegetacijske dobe je na gnojenih po-

Sl. 3. Parcela I. dve leti po setvi. 1 in 3 *Agrostis alba* in *Dactylis glomerata* na negnojni površini, 1A in 3A — isti vrsti na gnojni površini; v enakih razmerah so še: 2 *Agrostis tenuis*, 7 *Phleum pratense*, 4 *Festuca ovina*, 9 *Poa nemoralis*

Abb. 3. Parzelle I. zwei Jahre nach der Aussaat. 1 und 3 *Agrostis alba* und *Dactylis glomerata* auf ungedüngtem Boden; 1A und 3A dieselben Pflanzenarten auf gedüngter Fläche; unter denselben Bedingungen noch: 2 *Agrostis tenuis*, 7 *Phleum pratense*, 4 *Festuca ovina*, 9 *Poa nemoralis*



vršinah pokrovnost večinoma preseglja 20 %, v nekaterih primerih dosegla celo 80 in 90 %. V istem času je pokrovnost na negnojenih površinah samo izjemoma dosegla 15 do 20 %, večinoma pa ni preseglja niti 10 %.

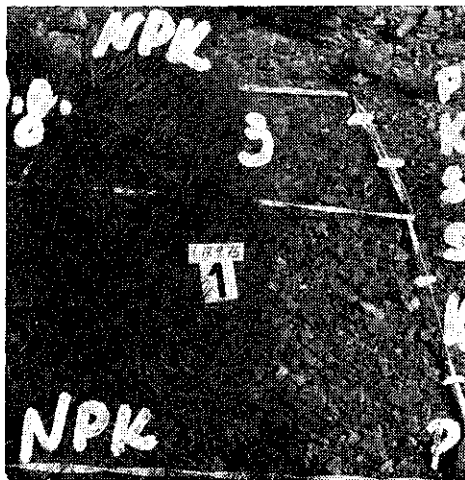
Tab. 7

Deponija (Ablagerung) 580

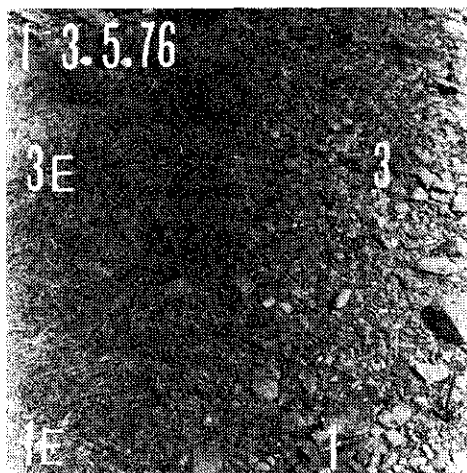
Poskusni objekt Versuchs Objekt	Deponija 580 Deponie 580		Parcela I (cf. sl. 3 do 7) Parzelle I (cf. Abb. 5 bis 10)										
Mešanica ali čista jalovina Mischung oder lauter Halde	Zgornjih 10 cm jalovina : šota 85 : 15 Obere 10 cm Halde : Torf 85 : 15		Zgornjih 10 cm jalovina : perlit 85 : 15 Obere 10 cm Halde : Perlit 85 : 15		Tudi zgornjih 10 cm sama jalovina Auch obere 10 cm lauter Halde								
Gnojeno ali negnojeno Düngung oder ohne Düngung	Gno- jeno Dün- gung kg/ha 4. 5. 74 N 250, P 70, K 70 6. 6. 75 N 94, P 48, K 48 15. 7. 75 N 94, P 48, K 48	Negno- jeno Ohne Düng.	Gno- jeno Dün- gung kg/ha 4. 5. 74 N 250, P 70, K 70 6. 6. 75 N 94, P 48, K 48 15. 7. 75 N 94, P 48, K 48	Negno- jeno Ohne Düng.	Gno- jeno Dün- gung kg/ha 4. 5. 74 N 250, P 70, K 70 6. 6. 75 N 94, P 48, K 48 15. 7. 75 N 94, P 43, K 48	Negno- jeno Ohne Düng.							
Meseci po setvi Monate nach der Saat	6	18	6	18	6	18	6	18	6	18	6	18	
Vrste rastlin in pokrovnost v % Pflanzenarten und Bodendeckung in %	1 <i>Agrostis alba</i>	35	90	2	4	10	90	2	2	10	90	2	1
	2 <i>Agrostis tenuis</i>	30	90	1	15	35	90	0	0	45	90	0	0
	3 <i>Dactylis glomerata</i>	70	90	15	2	65	90	15	3	55	90	5	2
	4 <i>Festuca ovina</i>	45	90	10	10	35	90	10	10	55	90	15	5
	5 <i>Festuca pratensis</i>	20	65	10	0	15	50	10	0	15	60	2	1
	6 <i>Festuca rubra</i>	45	90	5	10	40	90	3	10	35	90	3	10
	7 <i>Phleum pratense</i>	40	90	3	15	25	90	5	5	35	90	4	15
	8 <i>Poa annua</i>	20	90	10	0	20	90	10	5	25	90	10	0
	9 <i>Poa nemoralis</i>	20	90	0	4	20	90	0	1	20	90	0	2
	10 <i>Poa pratensis</i>	15	90	10	4	15	80	8	2	20	80	5	8
	11 <i>Lotus corniculatus</i>	90	0	0	0	15	0	0	0	70	0	0	0
	12 <i>Medicago sativa</i>	65	0	0	0	70	0	0	0	65	0	0	0
	13 <i>Trifolium album</i>	80	10	0	0	65	10	0	0	70	10	0	0
	14 <i>Trifolium pratense sativum</i>	20	0	15	0	10	0	10	0	30	0	10	0

Razlike med pokrovnostjo na gnojenih in negnojenih površinah so se v drugem vegetacijskem letu pri travah še precej večale: pokrovnost tal na gnojenih površinah je povečini dosegla okrog 90 %, na negnojenih pa v glavnem pod 5 %.

Kakor kaže tabela 7, so tri metuljnice na vseh negnojenih površinah odpovedale že prvo leto, drugo leto pa je odpovedala tudi detelja *Trifolium pratense sativum*. Drugo vegetacijsko leto so metuljnice odpovedale tudi na gnojenih tleh, njihovo gnojeno površino pa so prerasle sosednje trave.



Sl. 5—7. Parcela I. — Spredaj *Agrostis alba* (št. 1), zadaj *Dactylis glomerata* (št. 3) 6, 18 in 24 mesecev po setvi; leva polovica je gnojena, desna pa negnojena. Na sl. 6 so označene meje pasov: P = jalovina in perlit, K = sama jalovina, Š = jalovina in šota
Abb. 5—7. Parzelle I. Im Vordergrund *Agrostis alba* (No. 1), dahinter *Dactylis glomerata* (No. 3) 6, 18 und 24 Monate nach der Aussaat: die linke Hälfte gedüngt, die rechte ungedüngt. Auf Abb. 6 sind die Grenzen der einzelnen Substratzonen eingezeichnet: P = Haldenmaterial mit Perlitzusatz, K = reines Haldenmaterial, Š = Haldenmaterial mit



6. 2. Deponija 430; tabela 8

Vsa setev je dobro kalila. Zaradi goste setve (pričakovali smo veliko odmiranje sejancov) pa je ta po gnojenju postala pregosta in je zaradi tega odmrlo veliko rastlin. Glede uspevanja rastlin se prvo leto niso pokazale signifikantne razlike niti med jalovinama letnikov 1972 in 1973 niti med čisto

jalovino ter jalovino z različno količino primešane šote ali perlita. Prvo leto je najboljšo pokrovnost dosegla vrsta *Festuca rubra* (6 mesecev po setvi so bila tla 100 % pokrita). Okrog 85-odstotno je pokrila vrsta *Agrostis alba*. Dobro sta tla pokrili tudi obe metuljnici (*Medicago sativa*, *Trifolium album*).

Zaradi neustreznih pločevinastih posod smo spomladi leta 1975 njihovo vsebino z rastlinami vred prestavili v 14 dm² velika in 40 cm globoka ter na dnu odprta betonska korita. Ker ni bilo mogoče opaziti bistvenih razlik med kulturami na različnih substratih, smo hkrati poskus skrčili na 12 različnih možnosti.

Tab. 8

Deponija 430, Parcela O: pokrovnost (v %) na mleti jalovini 18 mesecev po setvi (cf. sl. 8 in 9)

Deponie 430, Parzelle O: Bodendeckung (in %) an gemahlener Halde 18 Monate nach der Saat (cf. Abb. 8 und 9)

	Jalovina : perlit Halde : Preilit 4 : 3	Jalovina : šota Halde : Torf 4 : 1	Sama jalovina Lauter Halde
<i>Agrostis alba</i>	95		80; 70
<i>Agrostis tenuis</i>			50
<i>Festuca rubra</i>		70	90
<i>Poa nemoralis</i>	40		5
<i>Medicago sativa</i>	15		5
<i>Trifolium album</i>	60		8



Sl. 8—9. Poskus na mleti jalovini iz predelave. *Agrostis alba* 19 mesecev po setvi. Leva slika: 10 cm debela zgornja plast je mešanica jalovine in perlita v razmerju 4 : 3. Desna slika: tudi zgornja plast je sama jalovina

Abb. 8—9. Versuch auf bearbeitetem gemahlendem Haldenmaterial. *Agrostis alba* 19 Monate nach der Aussaat. Linkes Bild: die 10 cm tiefe Oberschicht besteht aus Haldenmaterial und Perlit im Verhältnis 4 : 3. Rechtes Bild: auch die Oberschicht besteht aus reinem Haldenmaterial

Iz tabele 8 vidimo, katere vrste in na katerih substratih smo obdržali in pa kakšna je bila pokrovnost 18 mesecev po setvi. Šlo je le za najpotrebnejši orientancijski poskus, ki naj bi na majhnih površinah pokazal, kaj od rastlin na tem substratu lahko pričakujemo in kako nadaljevati poskuse.

Prvi rezultati kažejo, da bodo nekatere trave uspevale tudi na mleti jalovini iz predelave, vrsti *Medicago sativa* in *Trifolium album* pa sta — podobno kot na Deponiji 580 — precej slabši od trav.

POVZETEK

Jalovišča v tehnološkem in ekološkem pomenu so kupi povečini neorganškega materiala, kopičijo se pri rudnikih in njihovih separacijah, ob kamnolomih, industrijskih objektih in drugod. V zgolj ekološkem pomenu besede pa so jalovišča tudi neporasli kupi materiala ob gradbiščih, kamnite in skalne brežine ter stene ob prometnih in drugih komunikacijskih žilah ter gradnjah. Sem pa štejemo tudi neporasle prostore ob tistih industrijskih objektih, ki z emisijo škodljivih snovi povzročajo, da odmira vegetacija.

Zadnja desetletja postaja vprašanje sprotne senacije nastajajočih jalovišč v razvitem svetu čedalje bolj aktualno. Po eni strani je treba kmetijstvu in gozdarstvu hitro vračati z jalovino pokrita, prej rodovitna zemljišča, po drugi strani jalovišča zavarovati pred erozijo ter razširjanjem škodljivih snovi z njih, po tretji strani pa je treba v naseljih in turističnih predelih krajinam tudi sproti vračati njihov zlahetni videz. Ob takih zahtevah pa ne moremo več čakati samo, kaj bo naredila narava sama, ampak moremo dejavno poseči v sanacijo.

Jalovišča lahko saniramo na več načinov: jalovino odlagamo v stoječo vodo, prekrijemo s asfaltom, polimeriziramo, peskom, kamenjem in drugimi snovmi ali pa jo ozelenimo.

Pri bodočem rudniku urana na Žirovskem vrhu v Sloveniji se bodo kopičile velike količine jalovine. V sklopu pripravljanih del, poskusnega obratovanja in drugih raziskav potekajo na Žirovskem vrhu že sedaj poskusi, kakšne so možnosti za uspevanje rastlin na tej jalovini. Cilj je ugotoviti ustrezne rastline in načine za morebitno ozelenjevanje bodočega jalovišča.

Poskusi potekajo na debelozrnati (deponija 580) in drobnozrnati, mleti jalovini (deponija 430). Med pripravljanimi poskusnimi deli smo raziskali naravne razmere in jalovino (tabele 1 do 6). Jalovina ima zelo slabe fizikalne in kemične lastnosti, zato smo se odločili za zatavljanje, torej za način ozelenjevanja, ki se je doslej tudi v izjemnih razmerah najbolje obnesel.

Iz tega izhaja kot prva zahteva po zgoščeni ruši, ki bo tla prekrila in zaustavila erozijo, potem pa s humifikacijo odmrlih rastlin iz ruše in njihovih delov doseči tolikšno humizacijo da bodo na njej lahko uspevale tudi zahtevnejše rastline, med njimi v končni fazi tudi grmovje in drevje.

Za začetne poskuse smo izbrali devet trajnih in eno enoletno travo ter štiri trajne metuljnice.

Kot je razvidno iz pedoloških raziskav (tabele 1 do 6) je jalovina skoraj čista rudninska snov, z lastnostmi, ki so deloma zelo neugodne za rastline. Te lastnosti smo poskušali izboljšati z mešanjem šote in šotne prsti ter perlita med jalovino in z raztopljenimi rudninskimi gnojili.

Na debelozrnati jalovini (deponija 580) smo gojili vseh 14 vrst v šestih različnih razmerah: sama jalovina, jalovina in šota (ali perlit) v razmerju 85:15, vse troje pa gnojeno in negnojeno (sl. 1, 2).

Za drobnozrnato, mleto jalovino (deponija 430) smo izbrali šest rastlin. Šlo je le za najpotrebnejši orientacijski poskus, ki naj bi na majhni površini pokazal, kaj na tem substratu lahko pričakujemo od rastlin in kako nadaljevati poskuse. Vsako rastlino smo gojili v petih različnih razmerah: sama jalovina, jalovina in perlit (ali šota) v razmerju 6:1 in 4:3 (sl. 4). Vse smo gnojili.

Že ob koncu prvega, še bolj pa ob koncu drugega vegetacijskega leta, se je pokazalo, da so primešane količine šote ali perlita razmeroma malo vplivale na

rastline. Zelo izrazite pa so razlike med rastlinami na gnojenih in negnojenih tleh (tabeli 7 in 8, sl.3 in sl.5 do 9). Trave so se v dosedanjih poskusih neprimerno bolje obnesle kakor metuljnice.

Kljub zelo slabim fizikalnim in kemičnim lastnostim jalovine pa nekatere trave že razmeroma dobro uspevajo in po dveh letih popolnoma prekrivajo tla. Skoraj gotovo imajo za to največ zaslug zadostna zračna in talna vlaga ter kljub vsemu znosne fizikalne lastnosti jalovine in pa dodane hranilne rudninske snovi. Kultura rastlin v opisanih razmerah pravzaprav še najbolj spominja na nekakšno bolj suho obliko hidroponike, kjer ima jalovina vlogo hidroponskega substrata.

ZUSAMMENFASSUNG

Halden im technologischen und ökologischen Sinne sind Anhäufungen meist anorganischen Materials an Bergwerken, Steinbrüchen, Industriebetrieben und ähnlichem. Im ökologischen Sinne sind Halden auch unbegrünte Schutthaufen an Bauplätzen, Stein- und Felsböschungen und Wände an Verkehrswegen und Baustellen. Als Halde anzusehen sind auch alle unbegrünten Flächen an Industrieobjekten, die mit ihren Abgaben ein Absterben der Vegetation bewirken.

In den letzten Jahrzehnten wird das Problem der fortlaufenden Sanierung der entstehenden Halden immer dringlicher. Einerseits sollen vormals fruchtbare mit unfruchtbarem Material bedeckte Flächen für die Land- und Forstwirtschaft zurückgewonnen werden, andererseits soll die Erosion der Halden und die eventuelle Ausbreitung von Schadstoffen daraus verhindert werden, und schliesslich muss in bewohnten Gebieten und vor allem im Fremdenverkehrsgebieten die Landschaft möglichst schnell ihr altes Aussehen wiedererlangen. Angesichts dieser Forderungen kann nicht darauf gewartet werden, dass die Natur selbst neue Lebensräume schafft, es sind vielmehr aktive Sanierungsmaßnahmen nötig.

Halden können auf verschiedene Weisen saniert werden: anfruchtbares Material kann in stehende Wasser gelagert werden, es kann mit Asphalt, Polymerisationsprodukten, Kies, Steinen und anderen Stoffen bedeckt werden oder aber begrünt.

Beim geplanten Uranbergwerk in Žirovski vrh in Slowenien werden grosse Anhäufungen solchen unfruchtbaren Materials entstehen. Im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten und der damit verbundenen Forschungsprojekte werden in Žirovski vrh auch schon die Möglichkeiten für ein Pflanzenwachstum auf diesem Material erforscht. Es sollen die geeigneten Pflanzen und Weisen für die laufende Begrünung der künftigen Berghalde festgestellt werden.

Es wird mit grobkörnigem (Deponie 580) und feinkörnigem, gemahlenem (Deponie 430) Material gearbeitet. Während der Vorbereitungsarbeiten sind die Naturverhältnisse und die Eigenschaften des unfruchtbaren Materials selbst ermittelt worden (Tabelle 1 bis 6). Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Materials sind sehr ungünstig, deshalb haben wir uns für die Berasung entschlossen als diejenige Begrünungsart, die bisher auch in extremen Verhältnisse am erfolgreichsten gewesen ist.

Gefordert wird also zuerst ein dichter Rasen, der den Boden bedecken und damit die Erosion verhindern soll, danach soll mit der Humifizierung der abgestorbenen Rasenpflanzen und ihrer Teile eine solche Bereicherung des unfruchtbaren Substrats mit Humus erreicht werden, dass auch anspruchsvollere Pflanzen gedeihen werden können, darunter in den Endphase Gehölze.

Anfangs wurden für das Experiment 9 ausdauernde Gräser und ein einjähriges Gras und 4 ausdauernde Leguminosen gewählt.

Wie pedologisch festgestellt worden ist (Tafeln 1 bis 6) besteht die Halde aus fast lauter Mineralien, deren Eigenschaften für die Pflanzen teilweise sehr ungünstig sind. Die Wuchsbedingungen sollten ausgebessert werden mit Zusätzen von Torf, Torferde und Perlit, und mit Mineraldüngern.

Auf dem grobkörnigen Material wurden alle 14 Pflanzenarten ausgesät und zwar unter sechs verschiedenen Wuchsbedingungen: auf dem Substrat ohne Zusätze, auf dem Substrat mit Torfzusatz (oder Perlit) im Verhältnis 85 zu 15, alle drei Substrate wurden einmal ungedüngt und einmal gedüngt verwendet.

Auf der feinkörnigen, gemahlenen Halde (Deponie 430) wurde mit 6 Pflanzenarten gearbeitet. Hier sollte in einem Minimaxperiment auf kleiner Fläche

festgestellt werden, was von den auf diesem Substrat wachsenden Pflanzen erwartet werden kann und wie die weiteren Experimente anzulegen sind. Jede Pflanzenart ist unter 5 verschiedenen Umständen ausgesät worden: auf reinem Mineralsubstrat, auf dem mit Perlit (oder Torf) vermengten Substrat in den Verhältnissen 6 : 1 und 4 : 3 (Abb. 4). In allen Fällen wurde gedüngt.

Ende des ersten Vegetationsjahres, noch klarer Ende des zweiten Vegetationsjahres konnte festgestellt werden, dass die Torf- bzw. Perlitzusätze das Wachstum verhältnismässig wenig beeinflusst haben. Sehr gut feststellbar waren jedoch die Unterschiede zwischen Pflanzen auf gedüngten und ungedüngten Flächen (Tab. 7 und 8 und Abb. 3 und Abb. 5 bis 7). In allen bisherigen Experimenten haben sich die Gräser viel besser bewährt als die Leguminosen.

Trotz der sehr ungünstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften des Substrates gedeihen einige Grasarten verhältnismässig gut und haben den Boden nach zwei Jahren schon fast vollständig bedeckt. Diese Entwicklung haben vor allem die grosse Luft- und Bodenfeuchtigkeit sowie Sorptionsfähigkeit des Substrats und die Zusatzdüngung mit Mineralstoffen günstig beeinflusst. Die Pflanzenkultur in den beschriebenen Verhältnissen ähnelt noch am ehesten einer trockenere Form der Hydroponik, die Haldenmaterial übernimmt in diesem Fall die Rolle des Hydrokultursubstrats.

ZAHVALA

Delo so z razumevanjem spremljali in pri tem pomagali zlasti tile sodelavci in uslužbenici Inštituta Jožef Stefan: prof. dr. J. Slivnik, dipl. ing. J. Lenart, dipl. ing. M. Milojevič in mr. dipl. ing. A. Stergaršek, za kar se jim ob tej priložnosti posebej zahvaljujem. Hvala tudi doc. dr. M. Ažniku za pedološke analize, opravljene v laboratoriju katedre za nauk o tleh in prehrano rastiin pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani.

Poskuse sofinancirajo in materialno podpirajo Inštitut Jožef Štefan, Raziskovalna skupnost Slovenije ter Botanični vrt in Inštitut za biologijo univerze v Ljubljani.

LITERATURA

- Ažnik, M., 1970: Kemične analize tal in praktična uporabnost analitskih določitev. Zbor. Bioteh. fak. Ljubljana, 17: 31—36.
- Ažnik, M., 1972: Možnosti povečanja pridelkov s pomočjo popolnejših talnih analiz in intenzivnejšega mineralnega gnojenja. Zbornik Bioteh. fak., Ljubljana, 19: 51—61.
- Boeker, P., 1968: Einige Grundsätze für die Ansaaten an Strassenrändern, Böschungen und auf ähnlichen Standorten. Saatgutwirtschaft, 189—191.
- Darmer, G. & J. Bauer, 1969 a: Landschaft und Tagebau. Grundlagen und Leitsätze für die landschaftspflegerische Neugestaltung einer ökologisch ausgewogenen Kulturlandschaft im Reinischen Braunkohlenrevier. 1. Teil. Neue Landschaft, 14/11: 519—531.
- Darmer, G. & J. Bauer, 1969 b: Landschaft und Tagebau. Grundlagen und Leitsätze für die landschaftspflegerische Neugestaltung einer ökologisch ausgewogenen rekultivierten Kulturlandschaft im Rheinischen Braunkohlenrevier. 2. Teil. Neue Landschaft, 14/12: 569—582.
- Dimpfelmeier, R. & H. Schwaiger, 1970: Böschungsbegrünung mit Gras- und Gehölzsamen. Allg. Forstztg., München.
- Enzmann, J., 1959: Land — Forst — Garten. Kleine Enzyklopädie. Leipzig.
- Kammeyer, H. F., 1960: Begrünung von Spülhalden. Bergbautechnik, 10/8: 386—396.
- Lehr, R., 1968: Taschenbuch für den Garten- und Landschaftsbau. Verlag Paul Parey — Berlin und Hamburg, 552.
- Lerchenmüller, L., 1964: Landschaftspflege unter extremen Verhältnissen. Garten und Landschaft, 74/2: 412—413.

- Martini, K., 1967: Begrünung von Abraum der chemischen Industrie. Neue Landschaft, 12/5: 236—239.
- Michelutti, R., 1974: How to establish vegetation on high iron-sulphur mine tailings. Canadian Mining Journal, October: 54—58.
- Nehring, K. & H. Wiessmann, 1960: Agriculturnchemische Untersuchungs-methoden für Dünge- und Futtermittel, Böden und Milch. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Olschowy, G., 1971: Zum Ausgleich von Landschaft und Technik — am Beispiel von Kiesgrube, Steinbruch und Abfaldeponie. Neue Landschaft, 16/5: 239—246.
- Penningsfeld, F. & P. Kurzmänn, 1966: Hydrokultur und Torfkultur. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 205.
- Peucker, H., 1969: Zum Aufbau von Pflanzungen an Strassen. Neue Landschaft, 14/6: 274—276.
- Sauer, G., 1968 a: Mutterbodenverwendung und Mutterbodenlose Begrünung. Neue Landschaft, 13/1: 8—14.
- Sauer, G., 1968 b: Resenansaat ohne Mutterboden an Strassen. Natur und Landschaft, 43/3: 51—54.
- Scherer, H., 1967: Rund um den Rolrasen. Neue Landschaft, 12/2: 54—62.
- Schiechtl, H. H., 1972: Schipisten-Begrünung. Allgemeine Forstzeitung, Wien 78—80.
- Schulze, E. & H. Engels, 1962: Rekultivierung von Lössböden im Rheinischen Braunkohlengebiet. 1. Mitt. Z. Acker- und Pflanzenbau, 115: 115—143.
- Schulze, E. & Engels, 1963: Rekultivierung von Lössböden im Rheinischen Braunkohlengebiet. 2. Mitt. Untersuchungen zur Auflandung von Lössböden. Z. Acker- und Pflanzenbau, 117: 247—272.
- Schweitzer, W. E., 1967: Hydrosaat — eine neue Epoche in der Ansaat von Grünflächen. Anthos, 6/1: 42—43.
- Seifert, A., 1965: Böschungen in der Landschaft. Garten und Landschaft, 75/3: 74—76.
- Seifert, A., 1969: Erholungslandschaft aus totem Gestein. Garten und Landschaft, 79/6 Werkblatt.
- Skirde, W., 1968: Begrünung von Halden und Abraumflächen. Rasen und Rasen-gräser, 3: 66—74.
- Skirde, W., 1969 a: Grundlagen und Ergebnisse von Versuchen zur Begrünung extremer Flächen, insbesondere von Abraumstandorten, Kippen und Böschungen. Braunkohle, Wärme und Energie, 2: 52—60.
- Skirde, W., 1969 b: Rasen als Mittel des Landschaftsbaues. Neue Landschaft, 14/2: 51—54.
- Strgar, V., 1974/75: Ozelenjevanje jalovišč na Žirovskem vrhu. Poročila za Institut Jožef Stefan, I (1974), II (1974), III (1975); 32 str. tipkopisa in slik.
- Stritar, A., 1973: Pedologija (Kompendij), Ljubljana.

Avtorjev naslov — Autor's address:

dr. Vinko STRGAR,
 Univ. Botanični vrt in Inštitut za biologijo, Ižanska 15
 YU—61000 LJUBLJANA