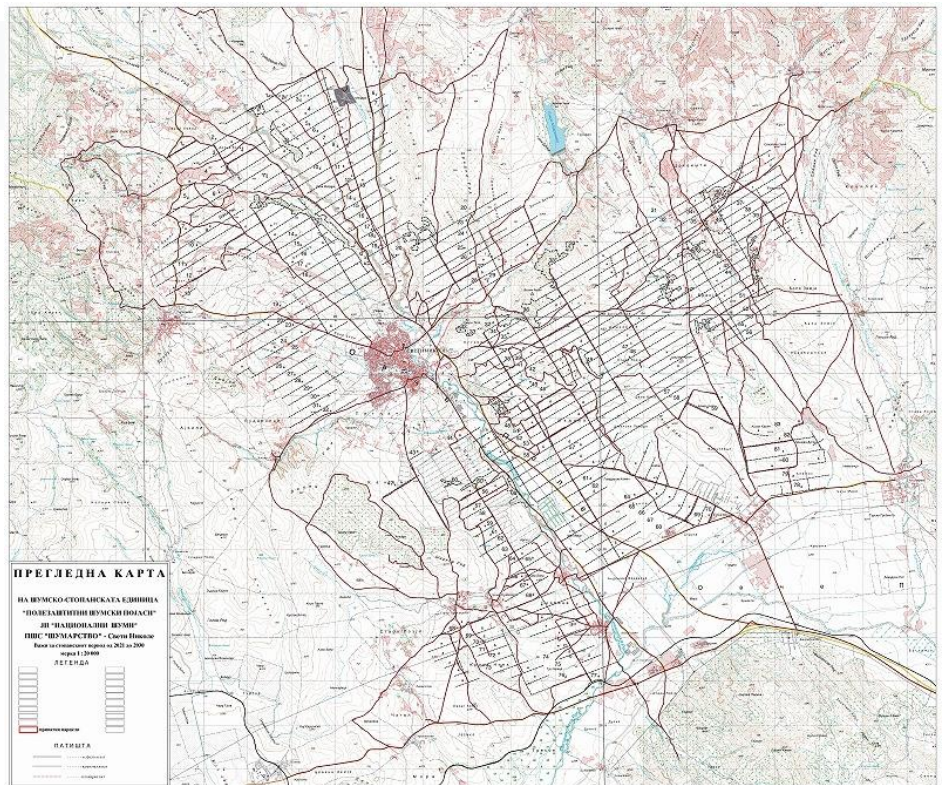


Project on capacity building for Ecosystem based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR) through sustainable forest management

Windbreak belts

Current plan of the windbreak forests in Sveti Nikole, North Macedonia



Windbreak belt in North Macedonia

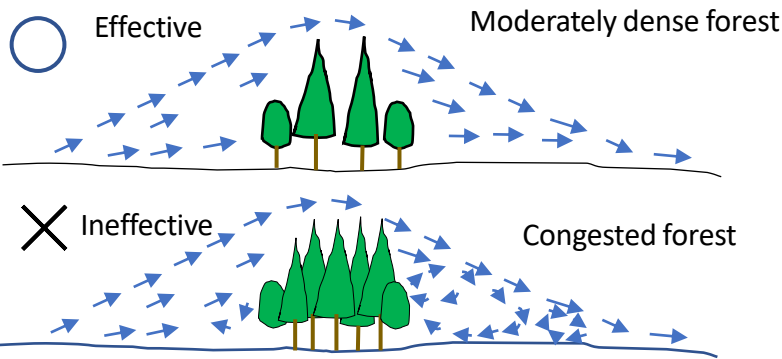
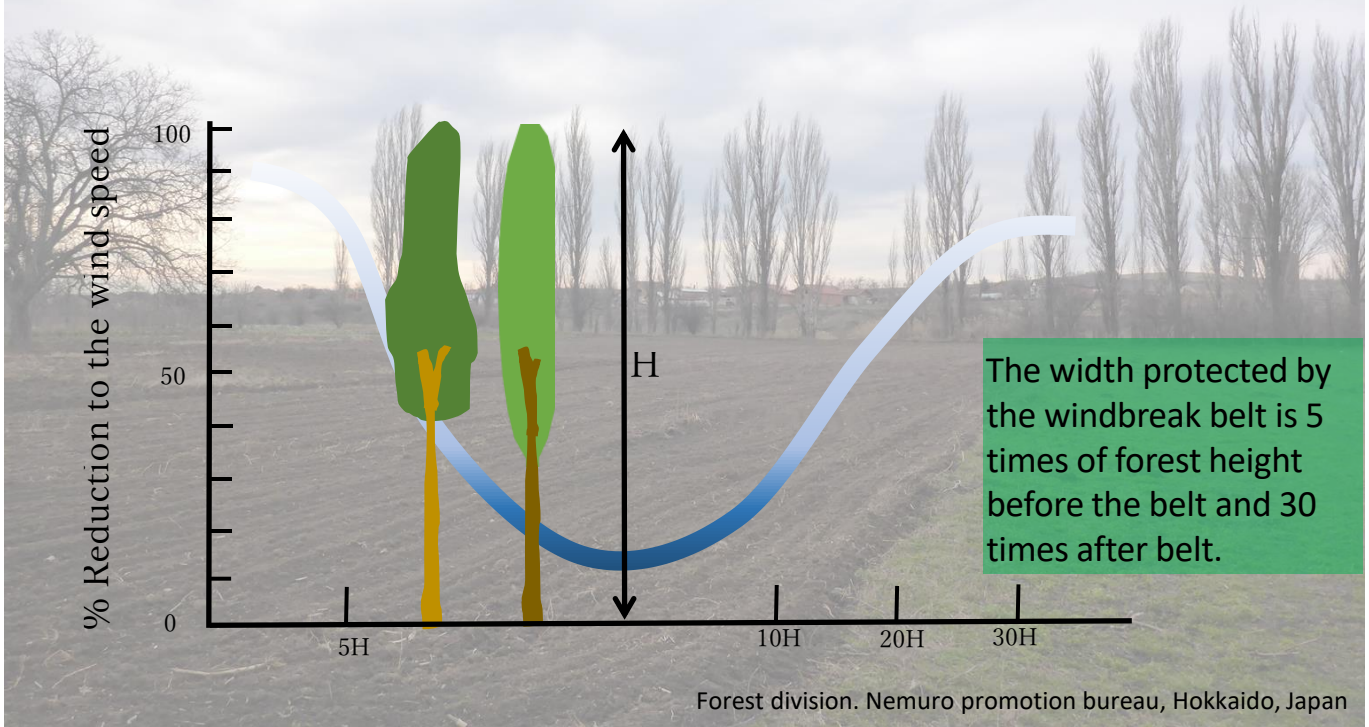


Inside of the windbreak belt in North Macedonia

Multiple Functions of Windbreak Belts

Windbreak belts consist of rows of trees and shrubs planted along the edge of agricultural fields and houses to protect crops, soils and houses from strong winds. They also improve the microclimate and provide shelter for insects and animals. They further contribute to the views of countryside landscapes, and accordingly they have multiple functions.

Effect of Windbreak Belts

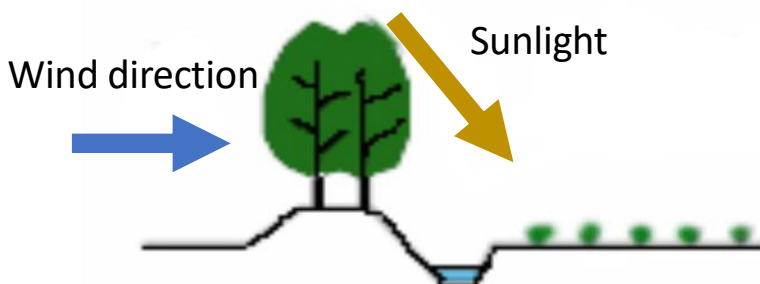


Protective effect is high when approximately 60% of the entire surface is covered, and the gaps are finely distributed.

Forest division, Nemuro promotion bureau, Hokkaido, Japan

• Design of Windbreak Belts

Areas currently not used as farmland, temporarily used or abandoned farms are appropriate for windbreak belts. A width 5-10 m is best to preserve farmland area and to avoid the effect of shade.

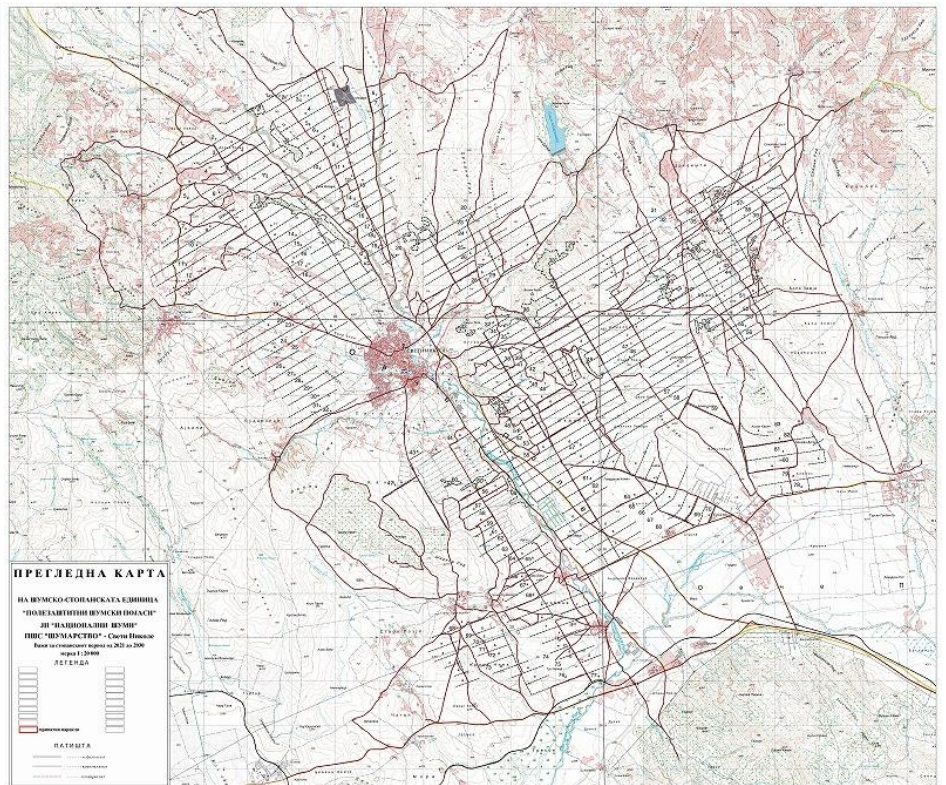


Species for planting are large trees such as Poplar, and spacing between trees is 2 to 3 meters. Thinning is needed to avoid congestion.

ПРОЕКТ ЗА ГРАДЕЊЕ НА КАПАЦИТЕТИ ЗА ЕКО-СИСТЕМСКИ БАЗИРАНО НАМАЛУВАЊЕ НА РИЗИЦИ ОД КАТАСТРОФИ (ЕКО-НРК) ПРЕКУ ОДРЖЛИВО УПРАВУВАЊЕ СО ШУМИТЕ

Полезаштитни појаси

Тековен план на полезаштитни шумски појаси во Свети Николе, Република Северна Македонија



Полезаштитни шумски појаси во С. Македонија

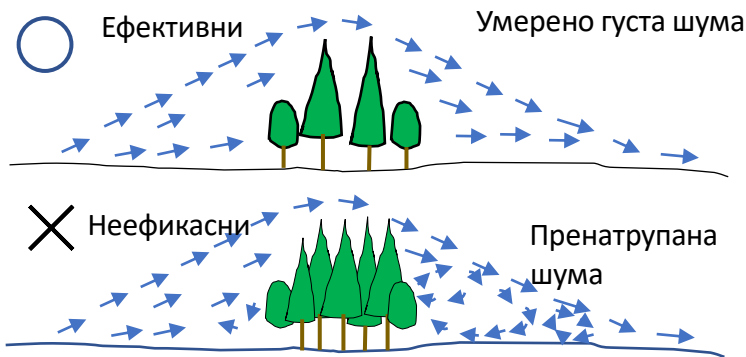
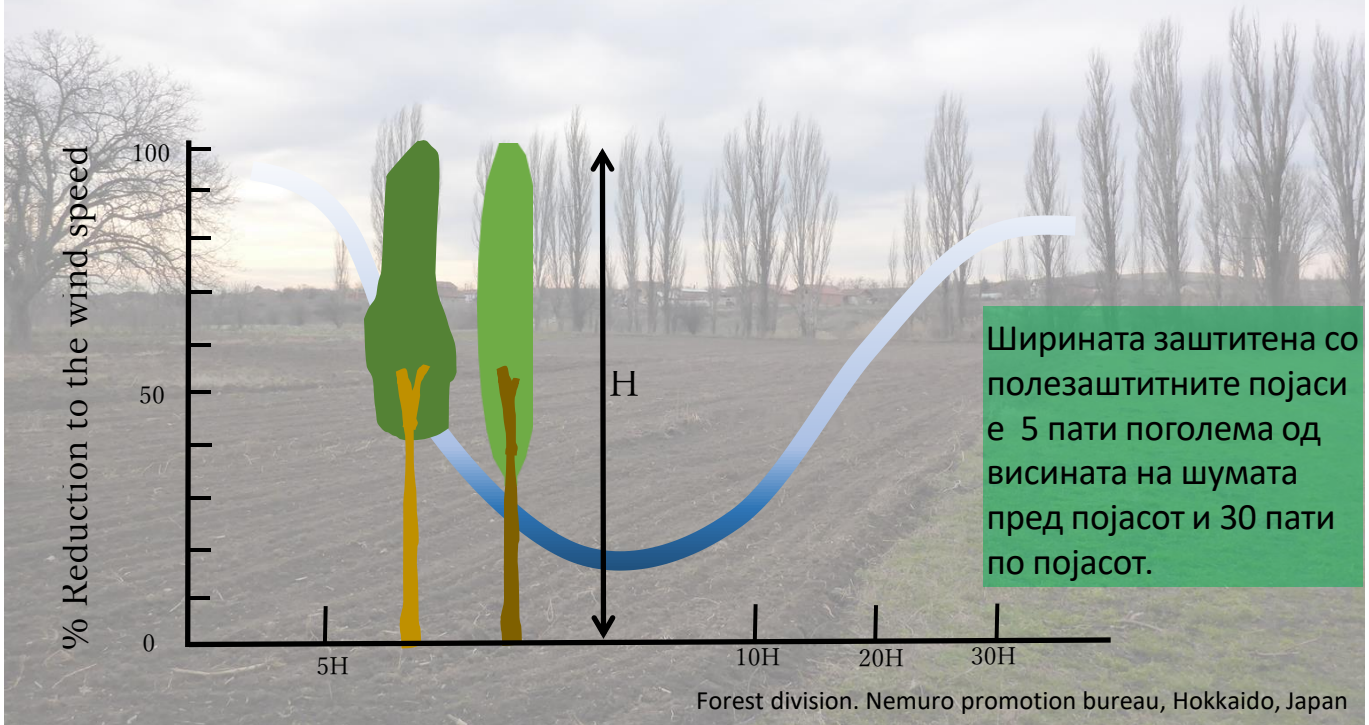


Внатрешноста на полезаштитните појаси

Повеќенаменски функции на полезаштитните појаси

Полезаштитните појаси се состојат од редови дрвја и грмушки засадени долж работ на земјоделските полиња и куќи за да се заштитат посеви, почвите и куќите од силни ветрови. Тие, исто така, ја подобруваат микроклимата и обезбедуваат засолниште за инсектите и животните. Дополнително придонесуваат за пазубавување на пејсажите, и соодветно на тоа имаат повеќе функции.

Ефекти на полезащитните појаси

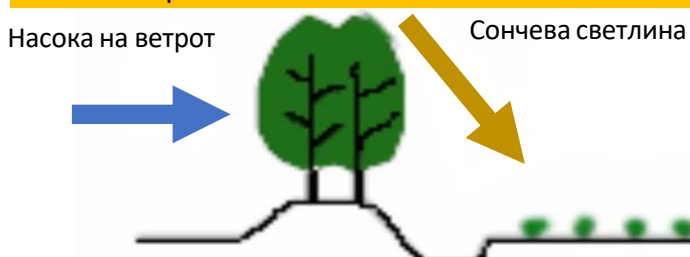


Заштитниот ефект е висок кога е покриена приближно 60% од целата површина, а празнините се фино распоредени.

Forest division, Nemuro promotion bureau, Hokkaido, Japan

• Дизајн на полезащитните појаси

Областите кои во моментот не се користат како обработливо земјиште, привремено користените или напуштените фарми се соодветни за појаси за заштита од ветровити. Ширината од 5-10 m е најдобро за да се зачува површината на обработливо земјиште и да се избегне ефектот на сенка.



Видови за засадување се големи дрвја како тополата, а растојанието помеѓу дрвјата е од 2 до 3 метри. Потребно е разредување за да се избегне голема густина.

Manual on Forest Conservation Construction Works in North Macedonia



The Project on Capacity
Building for Ecosystem
Based Disaster Risk
Reduction Through
Sustainable Forest
Management In North
Macedonia

Crisis Management Center
Public Enterprise National Forests
Japan International Cooperation Agency

November 2023

Manual On Forest Conservation Construction
Works in North Macedonia
Version 1

The Project on Capacity Building for Ecosystem
Based Disaster Risk Reduction Through
Sustainable Forest Management
In North Macedonia

November 2023

This report was prepared by JICA Expert Team of the Project on Capacity Building for Ecosystem Based Disaster Risk Reduction Through Sustainable Forest Management In North Macedonia and Public Enterprise National Forests. It was reviewed by Professor Ivan Blinkov, Faculty of Forest, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, North Macedonia.

Table of Contents

1 PURPOSE OF THE MANUAL ON FOREST CONSERVATION CONSTRUCTION WORKS	1
2 BASIC CONCEPTS AND THEORIES OF SOIL EROSION AND FOREST CONSERVATION CONSTRUCTION WORKS	2
2.1 Geographical Factors: Watersheds, Hillsides and Valleys (Torrents) ..	2
2.2 Soil Production: Mass Movement and Sheet erosion	4
2.3 Water Run-off In A Watershed	8
2.4 Gully Development	10
2.5 Erosion Control On Hillsides: Hillside Work.....	11
2.6 Erosion Control In Torrents: Torrent Work.....	13
2.7 Erosion Control Effects of Trees and Forests on Slopes	14
3 THE FOREST CONSRVATION CONSTRUCTION WORKS: HILLSIDE WORKS	15
3.1 Grading work (Cut slope work).....	17
3.2 Earth Retaining Work (retaining wall work)	19
3.3 Hillside channel work	30
3.4 Buried drain work (French drain work/Culvert work)	37
3.5 Simple terracing work	39
3.6 Fence work.....	41
3.7 Sodding work.....	45
3.8 Vegetation cover work	46
3.9 Hydroseeding work	49
4 THE FOREST CONSRVATION CONSTRUCTION WORKS: TORRENT WORKS	52
4.1 Check dam (gully plug or ground sill).....	52
4.2 Channel work.....	70
4.3 Revetment work.....	72

1 PURPOSE OF THE MANUAL ON FOREST CONSERVATION CONSTRUCTION WORKS

Forest conservation construction works aim to maintain and restore forests by combining civil engineering construction works with various materials and planting vegetation and trees in the forest centered on preserving the forest soil, which can be regarded as the foundation of forests. Another important purpose of the Forest conservation works is intended to reduce the damages caused by landslides and floods which are mainly caused by the devastation of the forests. It is expected that forests will grow after the completion of these works and then that the forests will reduce disasters and floods.

In order for forest conservation construction works to effectively function as a countermeasure against such soil erosion and forest devastation, it is necessary to know the causes and mechanisms of forest degradation, soil erosion, land collapse etc. and to know how to abate these causes, as well as to know the structures and mechanism through which forest conservation works function as countermeasures against those issues.

As the methodologies of forest conservation construction works have been systematized in Japan over the years, this manual presents methods for selecting and designing forest conservation works, while focusing on Japanese forest conservation construction works technology as well as taking into account the forms of forest devastation and soil erosion in North Macedonia.

Forest conservation construction works aim to conserve soil within a watershed through civil engineering structures. The soil forms the foundation of forests, and by conserving this soil it can be achieved to conserve the environment in which forests grow. Therefore, this forest conservation construction works, in which soil on slopes that have been degraded and exposed is restored to forest, can be considered as one of the forest management techniques for maintaining and managing the forest.

This manual concentrates only on the types of civil engineering structures and the basic concept of their planning and design for soil conservation, and operation. Management for planting for forest restoration and subsequent maintenance, which come after these forest conservation construction work operation, shall be implemented based on the existing forest management methods and techniques that have been practiced in North Macedonia. It is aimed to incorporate and use these forest conservation construction methods as a one of technologies to conserve soil in total forest management methodologies in North Macedonia. It is therefore hoped that a larger-scale and more comprehensive forest management guidelines are created and these forest conservation construction work methods are incorporated and make one section of the guidelines in the future.

2 BASIC CONCEPTS AND THEORIES OF SOIL EROSION AND FOREST CONSERVATION CONSTRUCTION WORKS

A disaster-resistant forest corresponds to a forest that has a "soil related disaster prevention function/soil conservation function," which are kinds of the forest functions. The soil-related disasters (landslides and land collapse) prevention function is defined as the role to prevent landslides or land collapses through the root system of the forest. It is thought that this effect is exerted by the development of the root system. (Forestry Agency of Japan, 2015, Manuals for developing forests with high sediment discharge prevention functions)

The forest floor where trees grow is covered with litter and grass lower layers, which prevents raindrops from hitting the soil surface directly, thereby preventing erosion of the ground surface. In addition, the litter humus provides nutrients that promote the growth of trees and forms the soil. It also has a flood prevention function that prevents water from flowing downstream at once.

In other words, in case these forests become degraded and lose their cover, risks of occurrence of landslides and flooding increase.

"Mass movement", "sheet erosion" and "gully erosion" are listed as the soil erosion types to be tackled with the Forest conservation construction works described in this manual book as the typical erosion types in North Macedonia. "Mass movement" means that soil masses such as collapses and landslides collapse and slide down from slopes, and softened sediments flow downstream from the masses. "Sheet erosion" is a type of soil erosion in which the topsoil peels off and flows downward from the grassland developed by forest fires and further erosion progressing from there to the exposed bare land on the ground surface. "Gully erosion" is an erosion type that can be developed from the sheet erosion. This is an erosion type in which soil on the ground surface are eroded through gullies.

The Forest Conservation construction works presented in this manual book aim to address to tackle with these three forms of erosion types that mainly cause forest degradation in North Macedonia.

2.1 Geographical Factors: Watersheds, Hillsides and Valleys (Torrents)

A watershed is an area surrounded by boundaries through which rainfall water is divided (Japan Dam Association 2021 Dam Handbook) as shown in Figure 2-1. This is an area where all precipitation gathers at a certain point downstream (watershed reference point: indicated with red circle in Figure 2-1). In general, mountains can be divided into hillsides and valleys/torrents, and most of the area of the basin consists of hillside slopes. In addition, the sediment generated from the mountains is generated by collapsing and sliding down slopes due to gravity, as the earth and rock that make up the slope lose their resistance to gravity, which originally made them stay on the slope (production of sediment load). The sediment, together with the water flowing down the slope, flows into the valley, down the valley (sediment movement), passes the reference point of the basin, and eventually flows out of the watershed to the downstream areas. Forest conservation construction works control the production and movement of such sediment and try to mitigate the devastation of forests on hillside slopes and create an environment in which forests can grow. It can be expected to provide a suitable environment and facilities for the mountainous area.

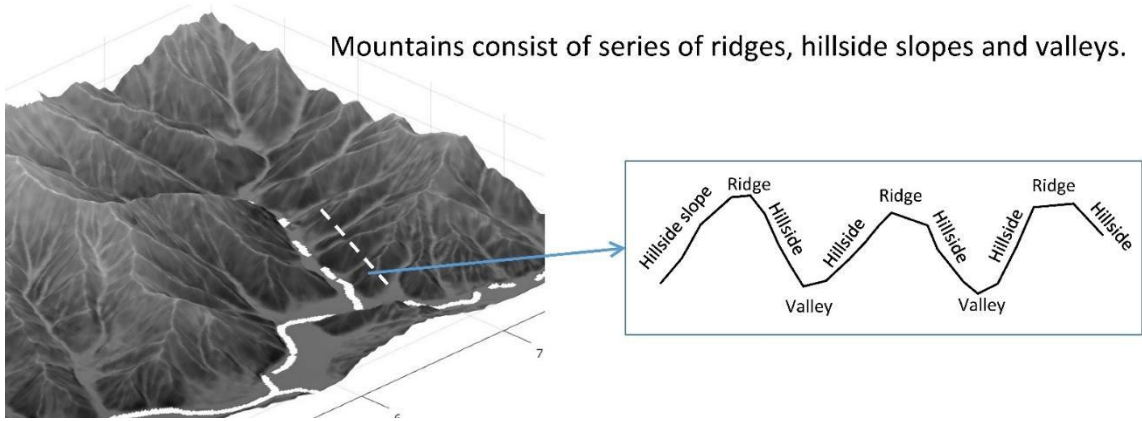


Figure 2-1 Composes of mountain: Ridges, hillsides and valleys (torrents)

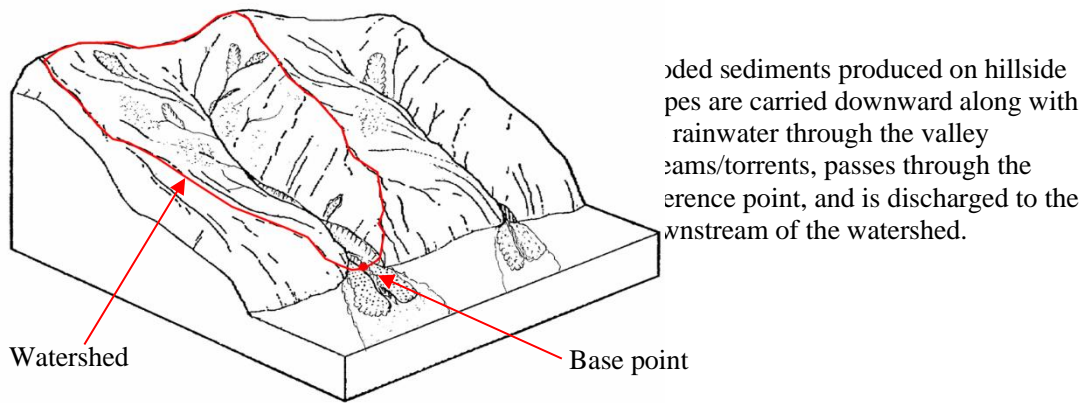


Figure 2-2 Sediment transportation in a watershed

2.2 Soil Production: Mass Movement and Sheet erosion

This manual deals with two forms of sediment production: mass movement and sheet erosion.

When considering sediment-related disaster countermeasures in Japan, it is worth noting that sheet erosion occurs on hillsides where the surface of the earth is exposed after collapses or landslides as types of mass movement, and then creates a situation that causes the next mass movement.

On the other hand, in the Western Balkan countries such as North Macedonia, pasturage has been popular historically, so grasslands are widely distributed especially in the middle reaches of the mountainous areas between forests and residential areas. Especially in North Macedonia, even after independence from the former Yugoslavia, 90% of the forest land remained as national forest. As a result, local residents have relatively easy access to forest land, and a wide range of forest land has been used for grazing. As a result, the topsoil in the grass lands is agitated by the footprints of livestock in overgrazed forest land. In addition, forest fires and wild fires, which frequently occur during periods of low rainfall and extreme heat in the summer, contribute to sheet erosion and the ensuing destruction of forests. Since both devastation and erosion are seen everywhere in North Macedonia, this manual takes up “sheet erosion” as one significant form of sediment production along with “mass movement”.

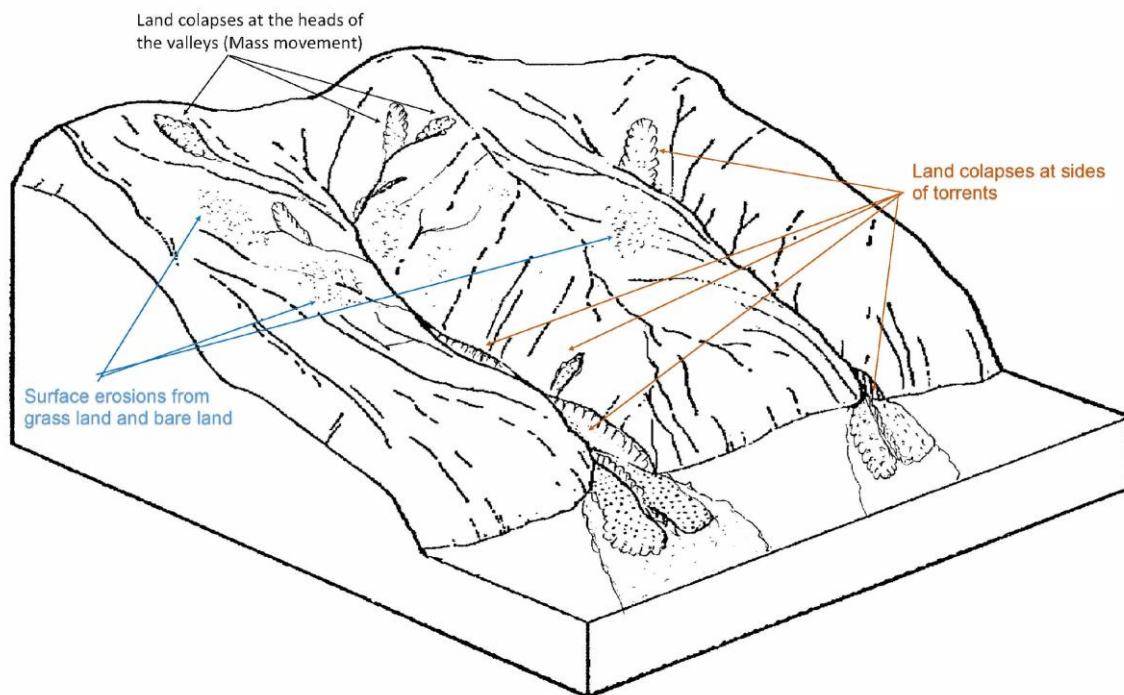


Figure 2-3 Sediment production and transportation from a watershed

2.2.1 Mass movement

The Society of Applied Geology (Japan) defines “Mass Movement” as “ the movement of substances that make up the surface of the earth downwards due to the action of gravity”. It shows that a lump of earth and stone on a slope loses its stability due to heavy rain or an earthquake, such that it collapses, slides down, and flows down the slope and moves downward. Cruden and Varnes (1996) classify Landslides (as Mass Movement) according to the form of sediment movement, material of sediment, etc. as shown in the following figure.

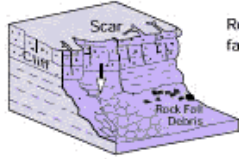
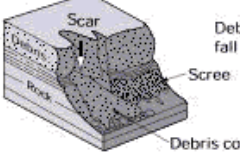

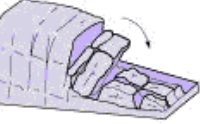
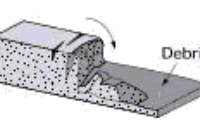
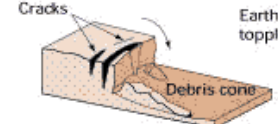
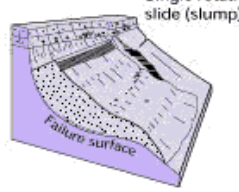
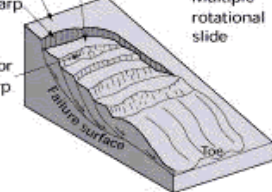
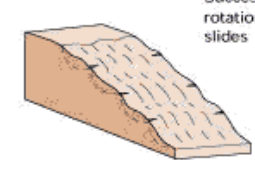
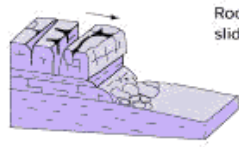


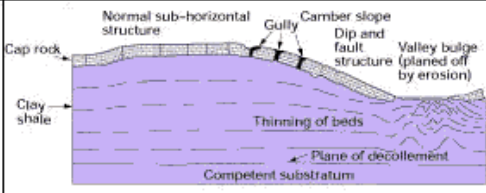
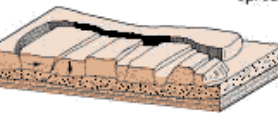
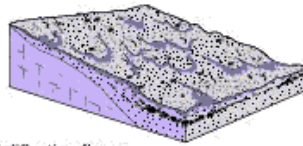
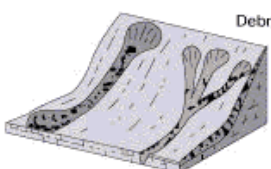

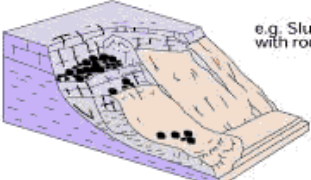
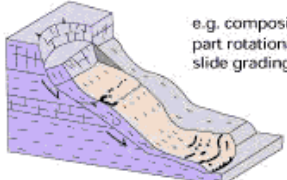
Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS		 Rock fall	 Debris fall Scree Debris cone	 Earth fall Colluvium Debris cone
		 Rock topple	 Debris topple Debris cone	 Earth topple Cracks Debris cone
SLIDES	Rotational	 Single rotational slide (slump) Failure surface	 Multiple rotational slide Crown Scarp Head Scarp Minor Scarp Failure surface Toe	 Successive rotational slides
	Translational (Planar)	 Rock slide	 Debris slide	 Earth slide
SPREADS	 <p>e.g. cambering and valley bulging</p>			 Earth spread
FLOWS	 Solifluction flows (Periglacial debris flows)		 Debris flow	 Earth flow (mud flow)
COMPLEX	 e.g. Slump-earthflow with rockfall debris		 e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe	

Figure 2-4 Categories of Landslides (mass movement)
Landslide classification after Cruden and Varnes, 1996 (Taken from the web page of British Geological Survey)



Mass Movement (Landfall) in National Park Mavrovo



Mass Movement (Landslide) in Mokliste

Figure 2-5 Examples of mass movements in North Macedonia (Blinkov I., 2010, Global warming, climate changes and erosion process)

2.2.2. Sheet Erosion

Sheet erosion occurs when the impact force of raindrops hitting the ground surface and the tractive force of surface water starts to move the topsoil and carry it downward. (F. Komamura, 1978) The Universal Soil Loss Equation (USLE) is widely used in the United States and the rest of the world to estimate the amount of soil discharge due to sheet erosion from slopes. In this formula, since the factors related to sheet erosion are clearly shown by the formula, the functional relationships of those factors that make up the sheet erosion can be well understood by this formula.

The equation is presented in the form

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad \text{----- Equation 2-1}$$

where:

A is the average annual soil loss in tonnes per hectare

R is a measure of the erosive forces of rainfall and water discharge

K is the soil erodibility factor - a number which reflects the susceptibility of a soil type to erosion, i.e., it is the reciprocal of soil resistance to erosion

L is the length factor, a ratio which compares the soil loss with that from a field of specified length of 22.6 meters

S is the slope factor, a ratio which compares the soil loss with that from a field of specified slope of 9%

C is a crop management factor - a ratio which compares the soil loss with that from a field under a standard treatment of cultivated bare fallow.

P is the conservation practice factor - a ratio which compares the soil loss with that from a field with no conservation practice, i.e. plowing up and down the slope.

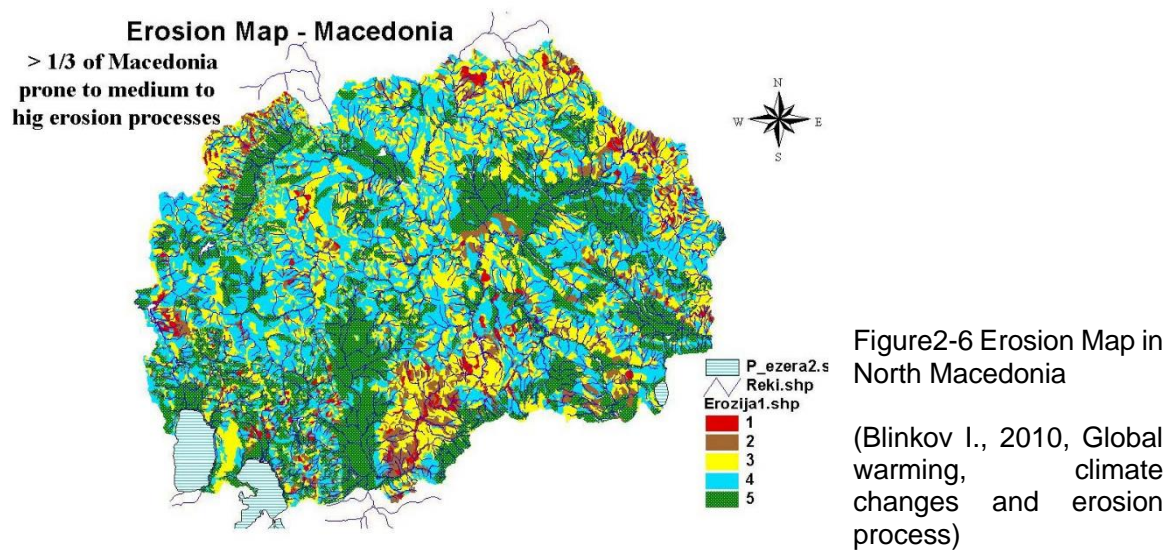
(FAO, 1993, Field measurement of soil erosion and runoff, FAO SOILS BULLETIN No.68)

As seen from this equation, surface erosion is related to rainfall, slope length, inclination, properties such as soil grain shape, and surface coverage (Crops). It can be understood that the sheet erosion can be suppressed by controlling those factors.

- Rainwater: Disperses rainwater flow. Alternatively, introduce it into a safe waterway.
- Slope length and gradient: Separates the slope length. Make the slope gentler or more stable.
- Soil properties (soil particle size): easy-to-flow soil, covering the surface of clay. Hardening soil surface.

Regarding effects of sheet erosion by vegetation (trees and crops), differences in the amount of eroded sediment by tree species and age class are known in Japan. In terms of tree species, broad-leaved trees are generally less susceptible to erosion than coniferous trees, and aged forests are said to be more effective in preventing erosion. (F. Komamura, 1978)

As shown in the Possible erosion intensity map of North Macedonia (Blinkov, I. 2010, Global warming, climate changes and erosion process), approximately one-third of the country is able to be said as susceptible as medium to high erosion potential.



2.2.3 Development from hillside sheet erosion,

Rain wash is the effect of rainwater directly eroding the land. Among the rain wash, the erosion that occurs when rainfall hits the ground directly and moves the soil is called splash erosion. Another type of erosion is the movement of soil by rainwater flowing over the ground. Water flowing down bare slopes with no vegetation concentrates in small shallow depressions, creating narrower grooves and developing erosion. This finely carved groove is called a **rill**. Furthermore, these fine water flows and the narrow grooves formed by them concentrate and develop into larger grooves (**gully**). This type of erosion process is called gully erosion.

Forest conservation construction work involves preventing these erosions using various materials, and when planning sheet erosion countermeasures in Hillside Work, by carefully focusing on water flowing down slopes, more effective erosion prevention can be achieved.

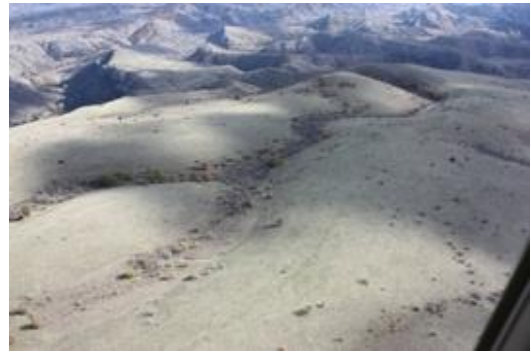


Figure 2-7 Grass land and potential erosion hillside in Central North Macedonia (Blinkov I., 2010, Global warming, climate changes and erosion process)



Gullies can be observed immediately after the fires on the hillsides where soil surfaces were exposed

Figure 2-8 Gully development after the fires
Colorado State University, 2018: Soil Erosion Control after Wildfire – 6.308

2.3 Water Run-off In A Watershed

Some of the rainwater that falls in watershed adheres to the trees in the forest that cover the slopes and some is temporarily stored in depressions and the like. There is also discharge of groundwater, part of which permeates into the soil and ground to moisten the soil, part of which becomes deeper groundwater and permeates into the groundwater zones in bedrocks and does not become surface water until a base point within the watershed. The portion of rainfall that is not directly related to runoff at the base point is called rainfall loss. The rest of the rainwater becomes surface water and flows into torrents and reaches to the base point as surface runoff.

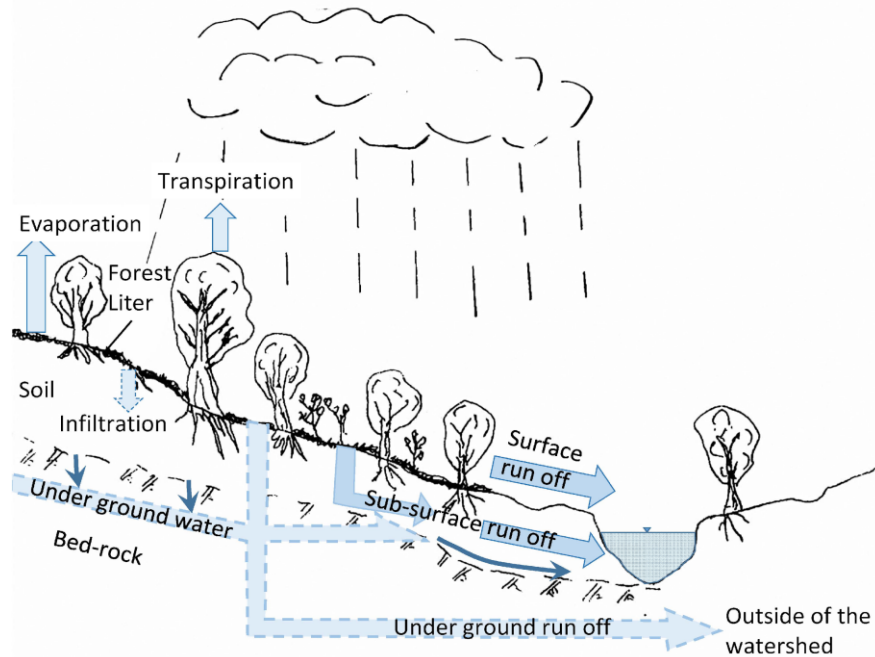


Figure 2-9 Hydrology in the Forest

Among the rainwater that permeates the soil, the rainwater that permeates shallowly once reappears on the ground surface, and flows out into torrents is called intermediate runoff (or subsurface runoff). and The intermediate runoff reaches the base point later than the surface runoff. In addition, groundwater that is deeper than the intermediate water is called the base flow that gradually flows into the torrents within the watershed. Some portion of the groundwater flows out of the watershed and it does not turn up at the base point. The base flow is the runoff that is not directly related to the previous rainfall. Further, the surface runoff and the intermediate runoff are collectively called direct runoff. Rainwater flowing over the surface flows into nearby valleys, through which it reaches the base point that is the final exit of the watershed.

The following hydrograph is a graph showing changes in runoff over time after rainfall in the entire watershed at the base point of the watershed.

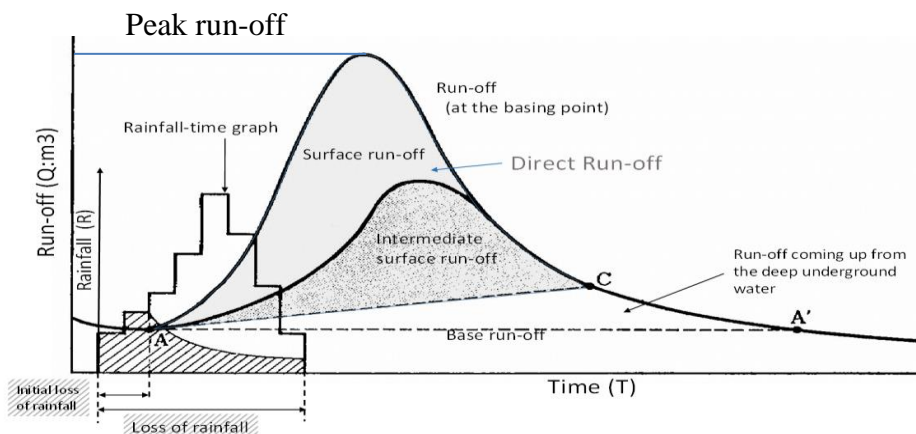


Figure 2-10 A conceptual graph of a hydrograph in a watershed (Komamura F., 1978; Chisan and Sabo engineering)

Following graph is a conceptual hydrograph to show a typical situation where the peak run-off is decreased due to the function of the forests.

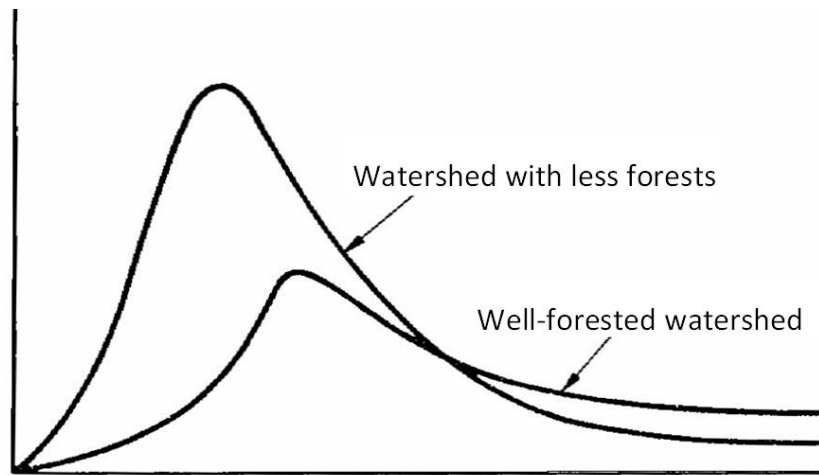


Figure 2-11 Comparison of hydrographs between a well-forested watershed and watershed with less forests
(Komamura F., 1978; Chisan and Sabo engineering)

In a forested watershed, it takes longer time for rainwater falling in the watershed to reach the base point of the watershed as direct runoff. This shows the flood prevention effect of the forest.

2.4 Gully Development

As the next process of surface runoff, gullies are developed. As the sheet erosion progresses, small unevenness can be seen on the slope even in equilibrium, and rills (small Gully grooves appearing on the slope) are formed. After that, one dominant rill encompasses other rills, and several rills merge to concentrate the surface flow. (Komamura, F., 1978) When vertical erosion by gully progresses to some extent, lateral erosion of gully is added, and the size of gully and the amount of sediment erosion increase. In the case of a grass land or bare land with no vegetation cover, the water on the slope concentrates in a short period of time after a rainfall and gathers in the depression, and the depression is rapidly eroded vertically and horizontally and then gullies are formed.



Figure 2- 12 Development of gullies from rills
 (Blinkov I., 2010, Global warming, climate changes and erosion process)

2.5 Erosion Control On Hillsides: Hillside Work

As the processes of soil erosion in a mountain, it was described earlier that sediment production from hillsides is caused by mass movement (Land fall/Landslides) or sheet erosion, that gullies are formed from the sheet erosion and that such erosion is significantly affected by quantity and movement of rainwater, hillside slope length, hillside slope gradient and soil condition. If we control such erosions on the hillside where they occur, it is required for those factors to be controlled at the hillside in the follow ways:

- Rainwater: Dispersing water flow. (Slope cutting work, grading work, small terracing work) Leading the surface water into a safe waterway (hillside channel work) or preventing direct raindrops from hitting the soil surface (cover work, vegetation work, planting work).
- Slope Length, Slope gradient: Separates the slope length. Reducing or stabilizing the slope (earth retaining work, shaping/stripping, dog running, small step terrace work).
- Soil properties (soil with small particle size): easy-to-flow soil, covering the surface of clay. Harden. (Falling work, spraying work, vegetation work)

Further details of these individual hillside works are described in Chapter 3.

Both the mass movement and the sheet erosion occur within a certain rage of an area and a combination of these techniques is often used to control the sediment runoff and the sheet erosion within the area. In addition, as mentioned above, the topography of the slope of the site, the valley that collects water, the situations of rainwater runoff, the soil and geology, etc. are always closely related with soil erosion in the areas. In order to control the erosion with hillside work on the hillside where these occur, it is necessary to consider first to stabilize the slope and then control those factors as follows:

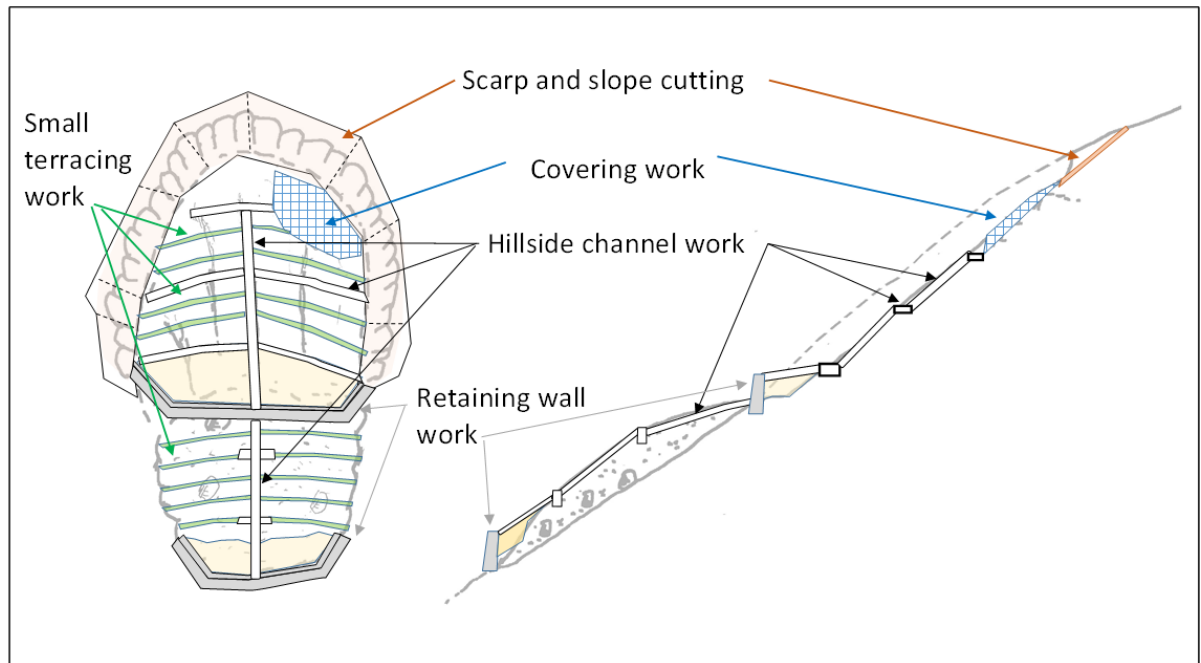
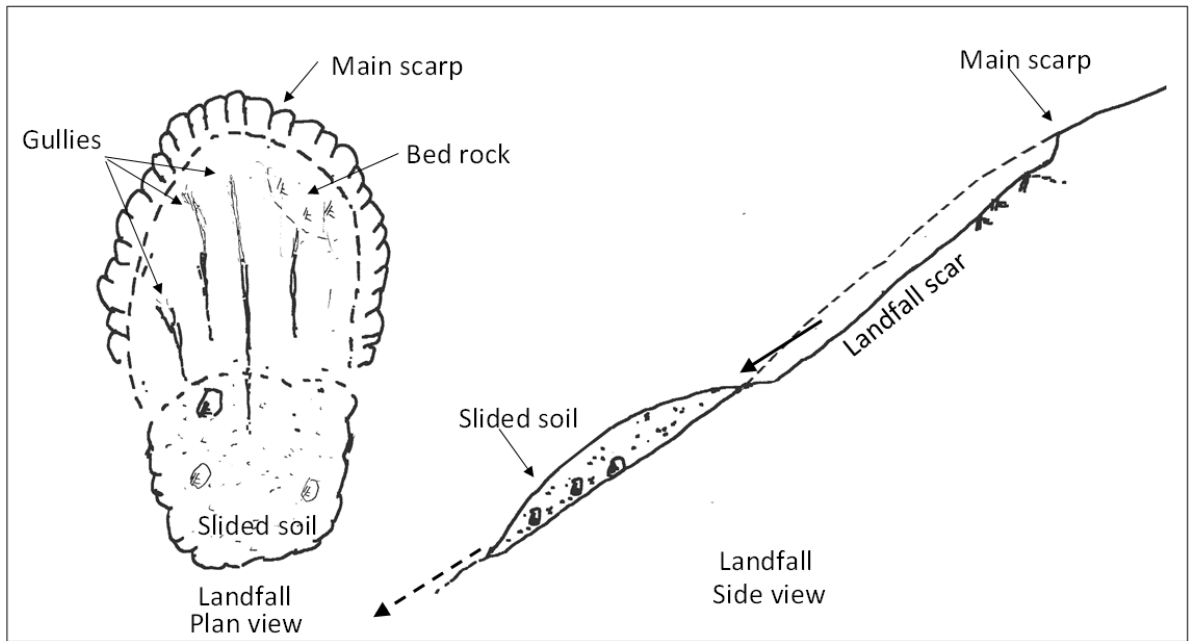


Figure 2-13 Landfall conceptual drawing and examples of design drawing of hillside works

2.6 Erosion Control In Torrents: Torrent Work

As described there are several functions to control sediments such as a function to accumulate unstable sediments flowing from hillsides and landslides on the hillsides, with check dams, ground sills and other torrent works, a function to flow down some portion of the accumulated sediments gradually and safely, a function to control erosion from the bottom and side slopes of torrents and so on. To achieve those functions, it is necessary to identify origins of the hillside erosions and collapses and routes of the sediments flowing down from the original sites to the torrents, quantities of the sediment loads to be dealt with, and then need to consider how to combine appropriate construction works in appropriate sites. Such individual types of torrent works are described in the Chapter 4.

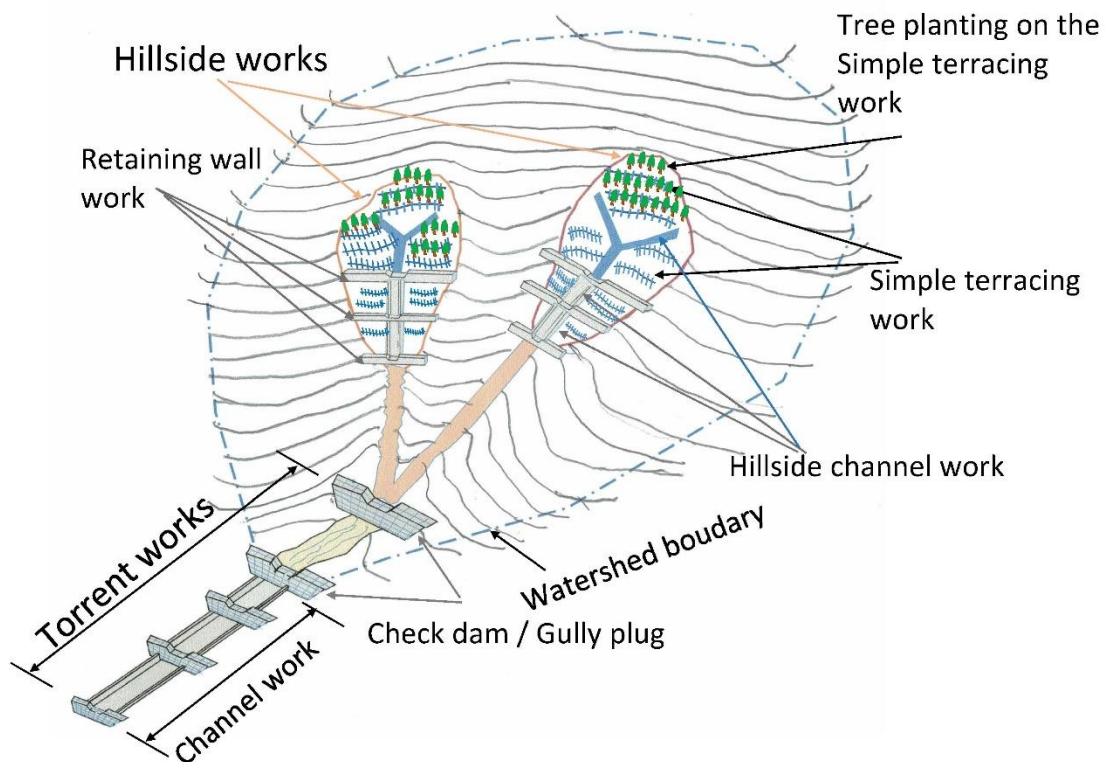


Figure 2-14: Conceptual drawing of torrent works combined with hillside works in a watershed

2.7 Erosion Control Effects of Trees and Forests on Slopes

Forest understory vegetation and litter that accumulate on the forest floor can cover the soil surfaces of slopes and prevent raindrop erosion and preventing gully formation in the slopes. As the result, sheet erosion and gully erosion can be prevented. In addition, root net work of individual trees trap soil, making it difficult for soil to be washed away from the slope. Additionally, as shown in the figure2-14, the rhizomes cross sliding surfaces such as landslides and landslips, making it difficult for soil to slide and collapse from the slope.

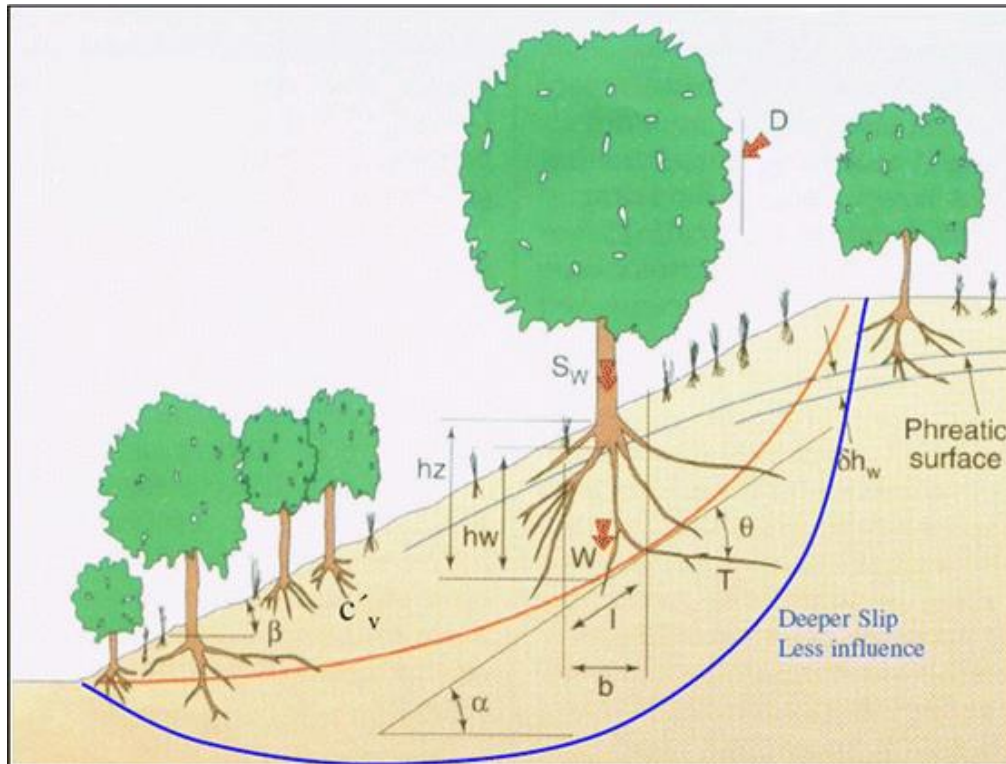


Figure 2-15: Root system of individual trees prevent soil on slopes from sliding

3 THE FOREST CONSRVATION CONSTRUCTION WORKS: HILLSIDE WORKS

Hillside work is a type of work to construct structures at the collapsed and/or eroded areas to prevent areas from further collapses and to generate areas to be revegetated.

Accordingly hillside work can be categorized into foundation work and vegetation work as follows:

- a. Hillside foundation works . . . for stabilizing slopes of collapsed areas
 1. Grading work (Cut slope work)
 2. Earth retaining work
 3. Hillside channel work
 4. Underground retaining work
 5. Buried drain (French drain: buried drain filled with gravels /Culvert work)
- b. Hillside vegetation works . . . for revegetation of collapsed slopes by planting trees and seeding grasses/trees
 1. Fence work
 2. Terracing work
 3. Vegetation cover work
 4. Seeding work (including hydro-seeding)
 5. Planting work

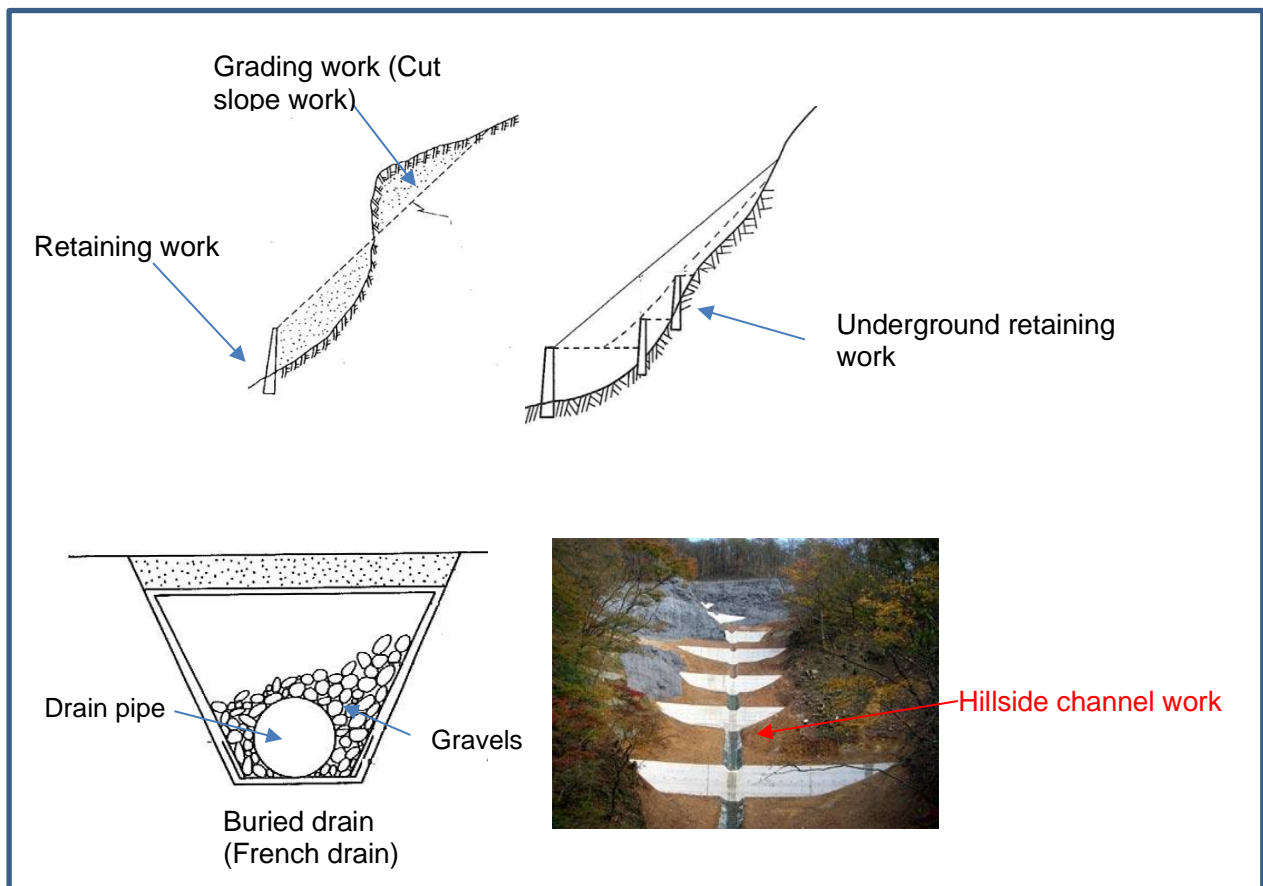


Figure 3-1 Hillside foundation works

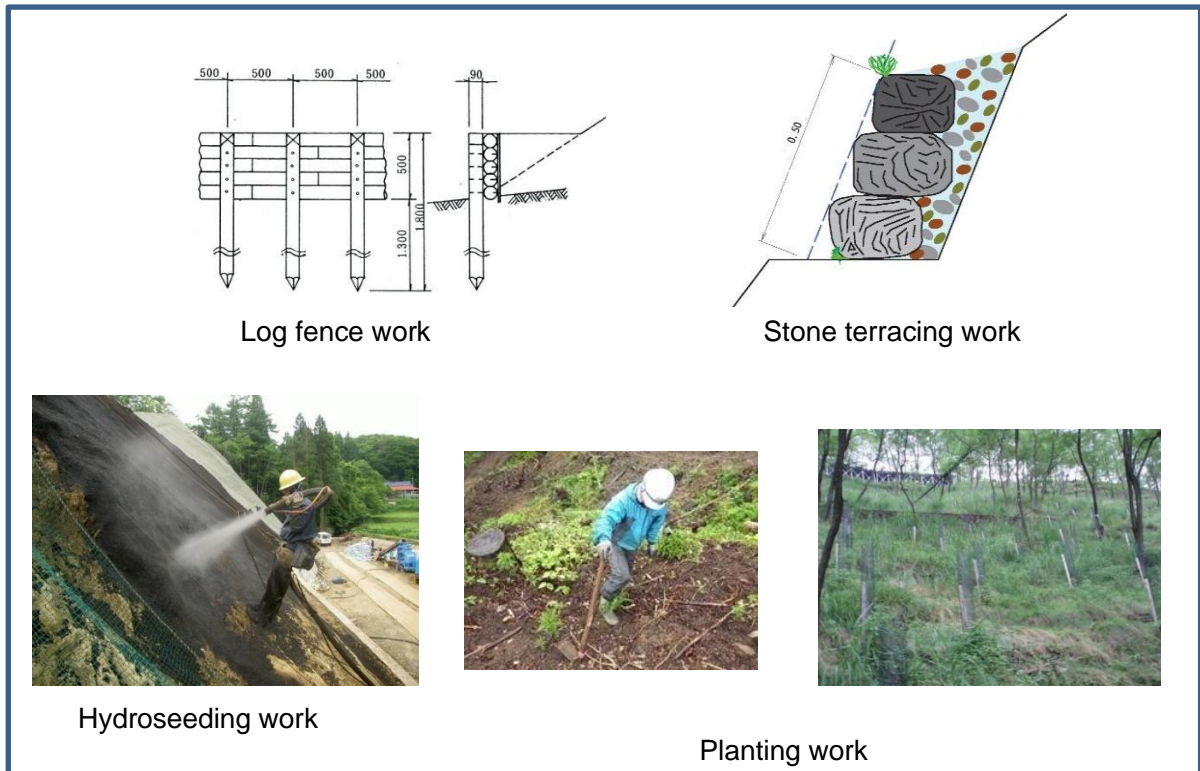


Figure 3-2 Hillside vegetation works

Construction work can be generally classified according to materials to be used and following materials are normally used as shown in the following table:

Table 3-1 Materials used for hillside works

(1) Grading work	
(2) Earth retaining work	Concrete, steel, steel pipe, concrete block, gabion, concrete frames, large blocks, steel frame, etc.
(3) Underground retaining work	Concrete, concrete block, gabion, fence, etc.
(4) Water channel work	Concrete, culvert, Colgate pipe, fence, gabion, sod, sand bags with sod etc.
(5) Buried drain work (French drain/Culvert work)	Gabion (cylinder/box shaped gabion), pipe(perforated, netlon mesh) etc.
(6) Fence work	Fascine, wood, steel plate, etc.
(7) (Simple) terracing work	Turf grass, pressed soil block, log, other greening materials
(8) Vegetation cover work	Straw mat, net, log, frames, turf grass, other greening material
(9) Seeding work	Seeding in line or area, seeding holes
(10) Planting work	Seedling, pot seedling, cutting, buried stem, lay down planting etc.

3.1 Grading work (Cut slope work)

Grading work aim to prevent collapses or expansion of collapses by grading uneven slopes to be stable.

The work is normally planned in the following cases:

- in case the slope is with high risks of collapses and it needs to be stable.
- in case the sediments remain in unstable and irregular states around collapsed areas, especially around the upper edge of scarp areas, and those need to be removed and the slope needs to have grading to attain stable states and to prevent collapses from expanding.



Figure 3-3 Grading work: work in progress (left) and after completion (right)

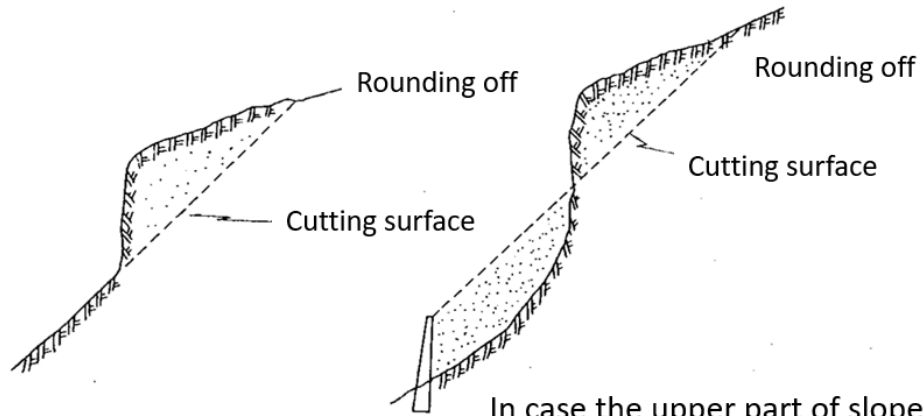
Gradients for slope cutting

Gradients for Slope Cutting shall be determined in considering with several factors such as the present slope gradients, soil properties, topographical features around the site, combination arrangement of other construction works and etc..

For stabilizing a slope, the slope gradient is ideally to be angle-of-repose. Accordingly it shall be cut up to the angle if possible.

However, it is usually difficult due to the topographical or site conditions, for examples, cutting work becoming a huge scale, cutting work needed to include the stable vegetated areas nearby, causing a huge amount of cut soil, a huge amount of cut soil remaining on the slope, which is causing the slope unstable, or etc..

Therefore, in general, the slope cutting work shall be the minimum necessary grading work by considering the local topography, geology, and/or by adopting other types of work (earth retaining work, revegetation work, etc.) to be carried out as hillside work. Therefore, the slope gradients to stabilize the slope shall be determined to achieve the final stable conditions.



In case the upper part of slope is gentle and cutting soil volume is small amount

In case the upper part of slope is steep and cutting soil volume is large, retaining work shall be planned.

Figure 3-4 Operation methods of Grading work

Table 3-2 Standard gradient of cutting slope in japan (1)

Type of earth	Moisture condition	Angle of response	Coefficient of friction ($\tan\phi$)	Natural gradient	Weight (kg/m^3)
Cray	Dry	20° - 37°	0.36 - 0.75	1 : 2.8 - 1.3	1,200 - 1,700
	Less moist	40° - 45°	0.84 - 1.00	1 : 1.2 - 1.0	1,700 - 1,800
	Moist	14° - 20°	0.25 - 0.36	1 : 4.0 - 2.8	1,800 - 1,900
Sand	Dry	27° - 40°	0.51 - 0.84	1 : 2.0 - 1.2	1,500 - 1,700
	Less moist	30° - 45°	0.58 - 1.00	1 : 1.7 - 1.0	1,700 - 1,800
	Moist	20° - 30°	0.36 - 0.58	1 : 2.8 - 1.7	1,800 - 2,000
Gravel	Dry	30° - 45°	0.58 - 1.00	1 : 1.7 - 1.0	1,600 - 1,800
	Less moist	27° - 40°	0.51 - 0.84	1 : 2.0 - 1.2	1,700 - 1,800
	Moist	25° - 30°	0.47 - 0.58	1 : 2.1 - 1.7	1,800 - 1,900
Pebbles	--	35° - 48°	0.70 - 1.11	1 : 1.4 - 0.9	1,600 - 1,800
Soil	Dry	20° - 40°	0.36 - 0.84	1 : 2.8 - 1.2	1,300 - 1,600
	Less moist	30° - 45°	0.58 - 1.00	1 : 1.7 - 1.0	1,400 - 1,700
	Moist	14° - 27°	0.25 - 0.51	1 : 0.4 - 2.0	1,500 - 1,800

Table 3-3 Standard gradient of cutting slope in Japan (2)

Soil property		Cutting height	Gradient
Hard rock			1:0.3 - 1:0.8
Soft rock			1:0.5 - 1:1.2
Sand			1:1.5~
Sandy soil	Compacted	Under 5m 5 - 10m	1:0.8 - 1:1.0 1:1.0 - 1:1.2
	Not compacted	Under 5m 5 - 10m	1:1.0~1:1.2 1:1.2~1:1.5
Gravel or sandy soil mixed with rocks	Compacted or good homogenous of particle	Under 10m 10 - 15m	1:0.8~1:1.0 1:1.0~1:1.2
	Not compacted or poor homogenous of particle	Under 10m 10 - 15m	1:1.0~1:1.2 1:1.2~1:1.5
Clayish soil or clay		0 - 10m	1:0.8~1:1.2
Soil mixed with cobbles		Under 5m 5 - 10m	1:1.0~1:1.2 1:1.2~1:1.5

3.2 Earth Retaining Work (retaining wall work)

The Earth retaining work aims to prevent unstable soil from moving, to modify the slope gradient, and to prompt the surface running water dispersing. The work also function as the foundations for other construction works and as the support for water channel and other works.

The work functions as the framework of hillside construction with following purposes;

- ① Stabilizing debris and cut soil,
- ② Modifying the slope to be gentler,
- ③ To be foundations for channel work and buried drain work, or to support those works at turning points,

The table below shows conditions and applicable structure types of retaining walls to the conditions:



Figure 3-5 Retaining wall work combined with Fence work and Hillside channel work

Table 3-4: Applicable structure types of retaining walls

Target of installation	Applicable condition			Work type	Construction condition			Remarks
	Safety against earth pressure	Height	Foundation ground		Foundation work	Combination works	Structure	
1. Stabilizing unstable earth and sand on the slope 2. Stabilizing accumulated cut soil	Enough stability is needed	In principle, 4.0m and less	Strong foundation	• Concrete	In case of soft ground, it shall be reinforced by piling or footing.	Rock /earth anchoring to be applied if needed	By earth pressure calculation in embankment	Also applicable as the foundation for hillside vegetation work and channel work
				• H-shaped steel • Steel pile • Steel plate				
				• Concrete + steel		Rock fall protection work to be applied	By earth pressure and stress calculations for rock fall	
Countermeasures against landslides	Earth pressure to be considered	4.0m and less	Soft foundation	• Large block • Steel frame • Concrete frame	Base concrete to be placed		By earth pressure calculation	Ditto
Protection of cut slopes In case cutting slopes are stable enough	Earth pressure to be considered	• 4.0m and less for concrete • 3.0m and less for concrete block • 2.0m and less for gabion • 4.0m and less for large block, etc.	Strong foundation	• Concrete • Concrete block • Concrete + steel	In case of soft ground, it shall be reinforced by footing, wooden piling, gravel.		By earth pressure calculation in cut soil	Ditto
			Soft foundation	• Gabion box • Steel frame				
1. Foundations of channel work, buried (French) drain work 2. Being auxiliary foundation work for vegetation work	Earth pressure not to be considered specially	About 1.0 - 2.0m	Strong foundation	• Concrete • Concrete block, etc.				
			Soft foundation	• Gabion box • Wooden fence				



Figure 3-6 Material types of Retaining wall work: Concrete retaining wall (left) and Wet masonry retaining work with concrete blocks (right)



Figure 3-7 Material types of Retaining wall work: Wet masonry retaining work (left) and Steel frame retaining work



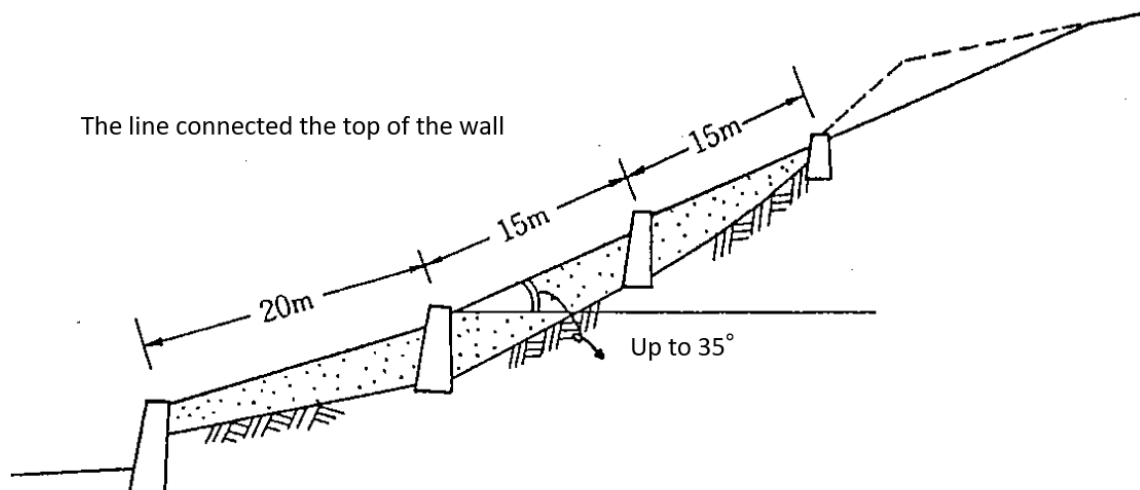
Figure 3-8 Material types of Retaining wall work: Gabion box retaining Work (left) and Log retaining work (right)

Positions and heights of retaining work

Positions and heights of retaining work shall be determined so as to maintain the stability of a slope and prevent the slope from collapsing and movement. Therefore, the slope longitudinal line connecting from the foot to the top of the expected collapsing area shall be formed smoothly without any irregular part as a whole.

In general, as shown in the right figure, in case of collapsing on a concave slope, the lower part of the line shall be made as gentler compared with the upper part, which keeps the concave-shaped slope form. Retaining work shall be arranged and designed in order to realize a such slope form in the end.

It is desirable in principle that the heights of earth retaining work shall be 4 m or less since the work is usually constructed continuously on unstable slopes. For stabilizing the slope, the standard interval spacing between retaining work shall be 15 or 20m. In case the slope gradient is less than 35 degree, the spacing shall be 20m. In case the gradient is 35 degree and more, it shall be 15m.



Spacing between each retaining wall shall be 15m or 20m as the standard to stabilize the slope. In case the slope gradient is below 35° , spacing shall be about 20m and when up to 35° , about 15m.

Figure 3-9 Spacing of retaining walls on a slope

Direction of retaining work

Retaining work shall be installed to the perpendicular (90 degrees) to the planned slope direction and the crown and the body of the wall shall be level in general.

If it is difficult to set them level due to the site/topographical conditions, they can be slanted by considering other construction works to prevent scouring and erosion occurring by the surface water running into the back of the wall and along the wall.

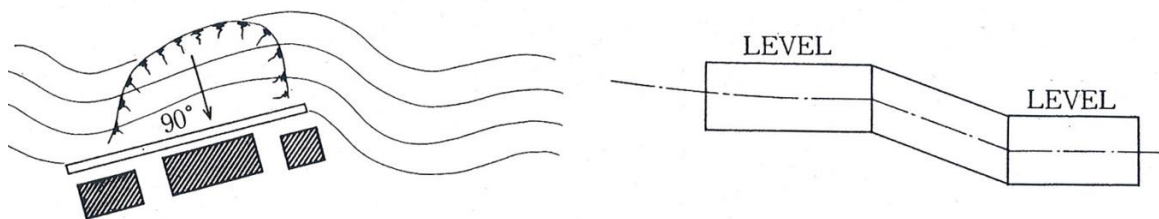


Figure 3-10 Direction of Retaining wall

Examination on stability of retaining work

Retaining works playing roles as the framework of hillside work to support the structural stability of the target hillside are required to be examined the following stabilities;

- (1) Stability against over-turning
Over-turning of the work/wall shall not be occurred
- (2) Stability against sliding
Sliding of the work/wall shall not be occurred
- (3) Stable against destruction of the wall body
The wall body shall not be destructed by the maximum stress against the body.
- (4) Stability of the acting position of the resultant force acting on the wall
- (5) Stability of the foundation ground

Bearing Capacity of the foundation ground shall be sufficient against the maximum reaction force of the wall.

1. There are two types of earth retaining work. One is that uses high reliable, strong and durable materials such as concrete. The other is that uses light materials such as gabions and logs.

The former, stronger one, is used in places close to the protection targets such as residents and public infrastructures or in case fixing a large amount of soil and sediment generated by slope cutting work or as a foundation for other construction work etc. Therefore, it is certainly necessary to examine its stability thoroughly.

The latter, lighter material one, shall be installed in places where a large amount of soil and sediment are not accumulated on the back of the earth retaining work or in places where the back slope of the earth retaining work is judged to become stable due to the ground naturally strengthening and vegetation recovery at the time when the deterioration of the used materials of the work becomes conspicuous. For this reason, it is common to determine the height, structure, etc. empirically without stability calculations.

2. the stability of the earth retaining work shall be examined by stability calculation, in case the retaining work is to be the foundation of other works, in case it is required to fix a large amount of soil and sediments generated by slope cutting work or in places close to the protection targets, etc..

(1) Stability against over-turning

The degree of stability of the overturning of the earth retaining work is determined by the balance between the overturning moment and the resistance moment.

The overturning moment is determined by the horizontal earth pressure, water pressure, etc., and by the weight of the earth retaining work, vertical earth pressure, and water pressure.

The overturning moment is determined by the horizontal earth pressure and water pressure, and the resistance moment is determined by the own weight of the earth retaining wall, vertical earth pressure, and water pressure.

The safety factor (F_s) against over-tuning is calculated by the following equation. the safety factor shall be 1.5 or more in case the work is designed.

In case seismic motion is considered, the factor however shall be 1.2 or more.

$$F_s = \frac{\text{(Resistant Moment)}}{\text{(Overturning moment)}} = \frac{W \cdot a + P_V \cdot b}{P_H \cdot h} \quad \text{----Equation 3.1}$$

- W : Own weight and loaded weight (kN/m)
- A : Horizontal distance from the toe of the wall to the action point of W (m)
- PV : Vertical component of earth pressure resultant force (kN/m)
- B : Horizontal distance from the toe of the wall to the action point of PV(m)
- PH : Horizontal component of earth pressure resultant force (kN/m)
- h : Vertical distance from the bottom of the wall to the action point of PH (m)

(2) Stability against Sliding

A stability against sliding is determined by the balance between the sliding force and the resistance to sliding. The sliding force along the bottom surface of the retaining wall is horizontal earth pressure, and the resistance force is sheared resistance force or friction force occurred between the bottom surface of the wall and the ground.

Passive earth pressure mainly caused by the earth of the front toe part is not considered because long-term certainty cannot be expected in many cases.

The safety factor (F_s) for sliding is calculated by the following equation. In case seismic motion is considered, the factor however shall be 1.2 or more.

$$F_s = \frac{\text{(Resistant Force)}}{\text{(Sliding force)}} = \frac{(W + P_X) \cdot f + c \cdot B}{P_H} \quad \text{---Equation 3.2}$$

W

W : Own weight and loaded weight (kN/m)
 P_V : Vertical component of earth pressure resultant force (kN/m)
 P_H : Horizontal component of earth pressure resultant force (kN/m)
 h : Vertical distance from the bottom of the wall to the action point of P_H (m)

(3) Stability against the destruction of the wall body

In order to satisfy the stability against destruction of the retaining wall, the compressive stress and tensile stress generated in the wall shall not exceed the allowable stress of the wall material. However, in case seismic motions are taken into consideration, it can be regarded as stable if the total above stresses are within 1.5 times of the allowable stress. In the case of a gravity-type such as the concrete structure, if the below condition (4) is satisfied, it can be regarded as stable against the destruction of the concrete body.

(4) Stability of the acting position of the resultant force acting on the wall

On the bottom surface of the earth retaining wall, loads such as the weight of the earth retaining wall and the earth pressure generally act. Also action point of the ground reaction force on the bottom of the retaining wall differs depending on the eccentric distance of the point of action of the resultant force. With regard to this, one of the conditions of stability of the retaining wall is that the eccentric distance is not too large. In other words, the action position of the resultant force of the load calculated by the equation in the next page must be within the range of 1/3 of the bottom width of the earth retaining wall (which is called middle third) from the center of the bottom width of the wall ($|e| \leq B/6$).

In case seismic motion is considered at the center of the bottom width of the earth retaining wall, it must be within the range of 2/3 of the bottom width of the wall ($|e| \leq B/3$).

In the case of the gravity type concrete structure, if the action position of the resultant force of the load satisfies the above condition (inside the middle third), the tensile stress does not act in the wall, so it can be said that it is stable against the destruction of the wall.

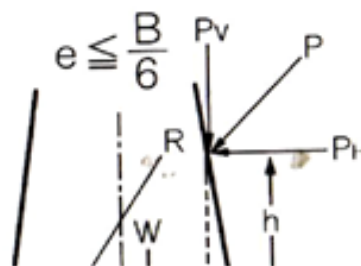


Figure 3-11 External forces and their action lines to retaining wall

$$d = \frac{W \cdot a + P_V \cdot b - P_H \cdot h}{W + P_V} \quad \text{---Equation 3.3}$$

$$e = \frac{B}{2} - d$$

D : Horizontal distance from the toe of the wall to the action point of R (m)

- e : Eccentric distance from the center of the bottom width to the action point of R (m)
- W : Own weight and loaded weight (kN/m)
- P_V : Vertical component of earth pressure resultant force (kN/m)
- P_H : Horizontal component of earth pressure resultant force (kN/m)
- A : Horizontal distance from the toe of the wall to the action point of W (m)
- b : Horizontal distance from the toe of the wall to the action point of P_V(m)
- h : Vertical distance from the bottom of the wall to the action point of P_H (m)
- B : Bottom width of the retaining wall (m)

(5) Stability of the foundation ground

The load acting on the earth retaining work is supported by the foundation ground. If the bearing capacity of the foundation ground is insufficient, the foundation ground may be destroyed and the earth retaining work may be deformed.

The maximum ground reaction force (q₁) generated in the foundation ground is calculated by the following equation and it must not exceed the allowable bearing capacity (q_a) of the ground (q₁ ≤ q_a) in order to avoid such destructions of the ground and deformations of the wall.

in case seismic motions are taken into consideration, it can be regarded as stable if the stresses are within 1.5 times of the allowable stress.

- ① In case the action position of the resultant force of the load is within the range of 1/3 (middle third) of the bottom width of the wall at the center.

$$q_1 = \frac{P_V+W}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \quad \text{---Equation3.4}$$

$$q_2 = \frac{P_V+W}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \quad \text{---Equation3.5}$$

- 2 In case the action position of the resultant force of the load is out of the range of 1/3 (middle third) of the bottom width of the wall at the center.

$$(| e | > B/6)$$

$$(q_2) = \frac{2P_V+W}{3d} \quad \text{---Equation3.6}$$

q₁ : Ground reaction force to act at the front toe of the wall (kN/m)

q₂ : Ground reaction force to act at the heel of the wall (or at the back toe) (kN/m)

e : Eccentric distance from the center of the bottom width to the action point of resultant force (m)

W : Own weight and loaded weight (kN/m)

P_V : Vertical component of earth pressure resultant force (kN/m)

B : Bottom width of the retaining wall (m)

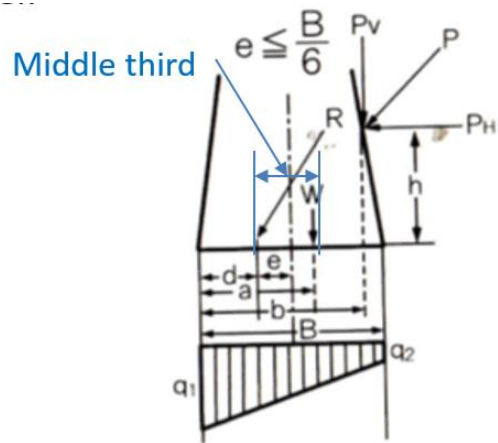
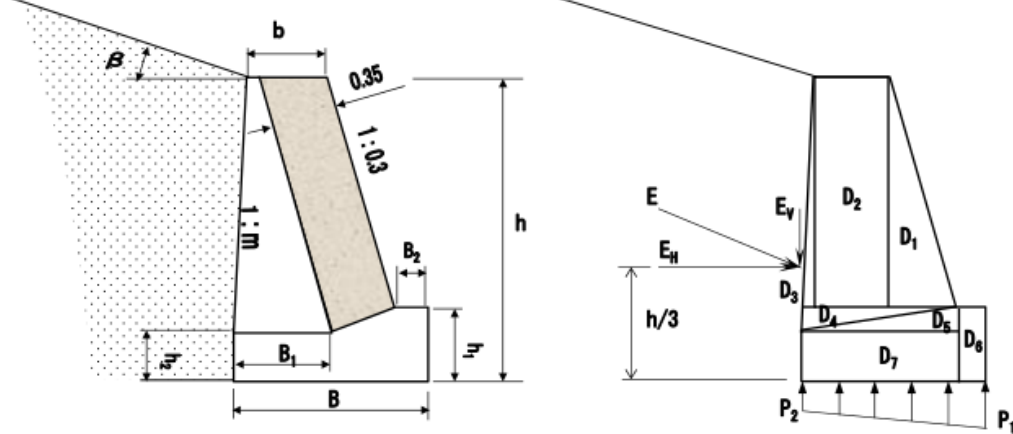


Figure 3-12 External forces and their action lines within Middle

<Example of Calculation>

GW-B Embankment type

1 Load division chart



2 Dimensions

Height of wall	Height of basement concrete			Width of crown	Wall gradient of Valley side	Wall gradient of mountain side
	h ₁	h ₂	B ₂			
h	h ₁	h ₂	B ₂	b	n	m
2.5	0.3	0.2	0.15	0.50	0.3	0.15

3 Conditions of design

Volume weight of wall	Volume weight of back soil	slope of surface	Internal friction of back soil		Angle of wall friction	Friction coefficient of ground	Acceptable bearing capacity of ground	Necessary safety rate for turnover	Necessary safety rate for sliding
ω	s	β	φ	α	δ	f	Qa	Ta	Fa
22.1	17.7	25	30	8.531	20	0.6	200	1.5	1.5

4 Earth pressure (EP)

Earth Pressure coefficient

$$(C) = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

$$= 0.61375$$

$$\begin{aligned} \text{Earth pressure (EP)} &= h^2 \times 1/2 \times s \times c \\ &= 2.5 \times 2.5 \times 1/2 \times 17.7 \times 0.61375 \\ &= 33.948 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vertical component of EP (E}_V\text{)} &= E \times \sin(\delta + \alpha) \\ &= 33.948 \times \sin(20.000 + 8.531) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Horizontal component of EP (E}_H\text{)} &= E \times \cos(\delta + \alpha) \\ &= 33.948 \times \cos(20.000 + 8.531) \end{aligned}$$

5 Calculation chart

Items	Formula	Load [*] kN	Arm calculation	Arm m	Moment kN · m
D ₁	$n \times (h-h_1)^2 \times 1/2 \times \omega$ $0.3 \times 2.2 \times 2.2 \times 1/2 \times 22.1$	16.045	$B_2 + 2/3 \times n \times (h-h_1)$ $0.15 + 2/3 \times 0.3 \times 2.20$	0.590	9.467
D ₂	$b \times (h-h_1) \times \omega$ $0.50 \times (2.5-0.3) \times 22.1$	24.310	$B_2 + n \times (h-h_1) + 1/2 \times b$ $0.15 + 0.3 \times 2.20 + 1/2 \times 0.50$	1.060	25.769
D ₃	$m \times (h-h_1)^2 \times 1/2 \times \omega$ $0.15 \times 2.2 \times 2.2 \times 1/2 \times 22.1$	8.022	$B_2 + n \times (h-h_1) + b + 1/3 \times m \times (h-h_1)$ $0.15 + 0.3 \times 2.20 + 0.50 + 1/3 \times 0.15 \times 2.20$	1.420	11.391
D ₄	$[(n+m) \times (h-h_1) + b] \times (h_1-h_2) \times 1/2 \times \omega$ $(0.45 \times 2.2 + 0.50) \times 0.1 \times 1/2 \times 22.1$	1.646	$B_2 + 2/3 \times [(n+m) \times (h-h_1) + b]$ $0.15 + 2/3 \times [0.45 \times 2.20 + 0.50]$	1.143	1.881
D ₅	$(B-B_2) \times (h_1-h_2) \times 1/2 \times \omega$ $1.505 \times 0.1 \times 1/2 \times 22.1$	1.663	$B_2 + 1/3 \times (B-B_2)$ $0.15 + 1/3 \times 1.505$	0.652	1.084
D ₆	$B_2 \times h_1 \times \omega$ $0.15 \times 0.3 \times 22.1$	0.995	$1/2 \times B_2$ $1/2 \times 0.15$	0.075	0.075
D ₇	$(B-B_2) \times h_2 \times \omega$ $1.505 \times 0.2 \times 22.1$	6.652	$B_2 + 1/2 \times (B-B_2)$ $0.15 + 1/2 \times 1.505$	0.903	6.007
E _v	$E \times \sin(\delta + \alpha)$ $33.948 \times \sin(20.000 + 8.531)$	16.215	$B - (h/3 - h_2) \times m$ $1.655 - 0.633 \times 0.15$	1.560	25.295
Total	Vertical component of earth pressure (ΣV)	75.548	Moment of Resistant (M_V)		80.969
E _H	$E \times \cos(\delta + \alpha)$ $33.948 \times \cos(20.000 + 8.531)$	29.825	$1/3 \times h$ $1/3 \times 2.50$	0.833	24.844
Total	Horizontal component of earth pressure' (ΣH)	29.825	Moment of turnover (M_H)		24.844

6 Width and section of wall base

$$(B) = B_2 + (h - h_1) \times n + b + (h - h_2) \times m = 1.655 \text{ m}$$

$$B_1 = (h - h_2) \times (n + m) + b - 0.37 = 1.165 \text{ m}$$

$$(A_1) = B \times h_2 + (B_2 + B - B_1) \times (h_1 - h_2) \times 1/2 = 0.36 \text{ m}^2$$

$$(A_2) = (h - h_2) \times B_1 \times 1/2 = 1.49 \text{ m}^2$$

7 The point of net load (d) and eccentric distance

$$(d) = (M_V - M_H) / \Sigma V = (80.969 - 24.844) / 75.548 = 0.743 \text{ m}$$

$$(e) = B/2 - d = 0.085 \text{ m}$$

8 Subgrade reaction force (P1) (P2)

$$(P_1) = \Sigma V / B \times (1 + 6e/B) = 59.715 \text{ kN/m}^2$$

$$(P_2) = \Sigma V / B \times (1 - 6e/B) = 31.581 \text{ kN/m}^2$$

9 Safety rate for turnover and sliding

$$M_V / M_H = 80.969 / 24.844 = 3.259$$

$$f \times \Sigma V / \Sigma H = 0.6 \times 75.548 / 29.825 = 1.519$$

10 Result of stabilities

Against turning-over	$Ta(1.5) \leq 3.259$	OK
Against sliding	$Fa(1.5) \leq 1.519$	OK
Against sagging	$Qa = 200 \text{ kN/m}^2 > P_{\max} = 59.715 \text{ kN/m}^2$	OK
Against inner stress	It's Ok, because addomicable stress for concrete is prenty enough against inner stress.	

(6) Drain of earth retaining work

For the impermeable type earth retaining work, drains (drain holes) shall be generally provided to eliminate the seepage water on the back slope of the work. In the stability calculation, the rise in the water level in the soil of the back slopes of the impermeable earth retaining work is not usually taken into consideration. Therefore, prevention of the un-expected rise of the water level in the soil of the back slope of the work by drains has an important function in the stability calculation.

1. For impermeable type earth retaining works such as concrete earth retaining work and wet masonry retaining works, drains shall be provided to prevent water accumulation and water level rise in the soil of the retaining work. This is because if seepage water or groundwater stays on the back slope of the work, the water pressure will acts onto the earth retaining work.
2. Drains shall be installed with pipes with a slight downward inclination from the back to the front of the retaining work. Inner diameters of the pipes shall be about 50 to 100 mm in general and it shall be installed at about 1 in 3 m2 of the retaining wall. In case there are risks that water from streams etc., flows into the back side of the wall, backflow prevention measures shall be considered to provide and attach to the drain pipes.
3. In general cases, a backfilling gravels shall be provided to efficiently drain water and to prevent drain holes from clogging with soil and sand.

(7) Backfilling gravels

Backfilling gravels of the retaining work shall be provided to equalize the earth pressure and to drain the seepage water from the back slope of the work.

1. Backfilling gravels is mainly provided for purposes to disperse the earth pressure on the back side of the impermeable type earth retaining work to improve the stability of the work, to prompt efficient draining the seepage water and groundwater and to prevent drain pipes from clogging with soil and sand.
2. For the gravel backfilling, the structure of the retaining work, the soil quality on the back side of the work, spring water conditions, etc., shall be considered and homogeneous and highly permeable materials such as gravels, crushed stones that is hard to weather shall be used after sufficient compaction of those materials as the standard procedure.

If the back side of the retaining work is backfilled with good quality soil and the earth pressure assumedly acts evenly on the retaining wall, and the drainage also expected well-functioned then it may not be necessary to provide.

[Reference] How to install the backfill

In consideration of the above purposes, in case provide backfilling gravels, it shall be provided and arranged with an equal thickness of 30 cm. as a standard. In case dispersion of the pressure can be achieved though still poor permeability is expected only with gravel backfilling, a secondary product may be considered to use.

Gravel backfilling is to be provided from the vicinity of the top of the wall to the lowest drain. Below gravels, low permeability (clayish) soil is normally used for backfilling.

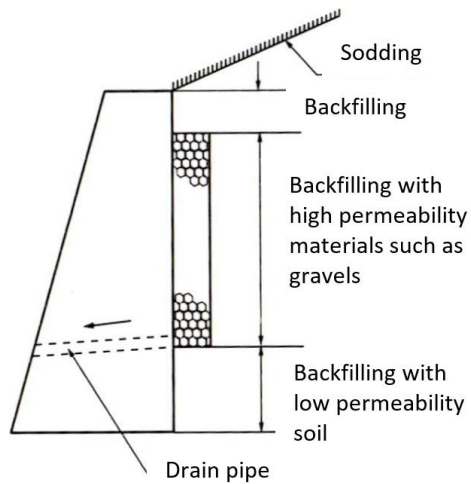


Figure 3-13 Conceptual drawing of backfilling of the retaining wall

3.3 Hillside channel work

Hillside channel work aims to collect and drain water on the hillside to prevent hillside erosions. It is because rain water, spring water, or inflow water coming from the outside of the construction site infiltrates into the soil and it causes increase of pore water pressure and degradation of adhesive force of the soil. At the end, the areas become susceptible to erosions. Channel work can help to avoid to create such conditions by removing surface water.

Hillside channel work shall be installed in the following cases;

- (1) In case there is spring water in the target hillside
- (2) In case the surface water is easily gathered from surroundings and coming down into the hillside,
- (3) In case the hillside is valley-shaped and the surface water is gathered into there
- (4) In case the hillside is geologically weak against erosions by the surface water
- (5) In case the water drained by French drain work comes out and the water needs to be treated to be flown down safely.



Figure 3-14 Hillside channel work

Table 3-5 Hillside channel work required locations

Factors	Channel work is required (in general)	Channel work is not required
Type of collapses/ erosions	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deep and seashell / spoon shaped collapses caused by seepage/ ground water, etc. 2. Collapses caused by gully erosions 	Shallow collapses of the surface peeling type
Geological features of collapsed areas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Areas of easily eroded geological compositions such as volcanic ash, fine sand, mud and etc. 2. Areas consisted of terrace deposit or impermeable composition layers such as rock, etc. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mudstone, etc. is exposed 2. Areas of geological compositions unsusceptible to erosions such as gravel, cobbles, etc.
Spring water	<ol style="list-style-type: none"> 1. Water spring is all the time 2. Water spring is only after raining 	No water springs
Catchment area	<ol style="list-style-type: none"> 1. Water is gathered in the collapsed area from the outside of the area 2. Area is 0.1ha or more 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No water coming from the outside 2. Area is less than 0.1ha
Longitudinal/ cross-sectional shape	<ol style="list-style-type: none"> 1. Longitudinally Convex shaped line slope 2. Horizontally concave shaped (valley shaped) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Longitudinally graded slope or concave shaped slope 2. Horizontally level shaped
Relationships with other works	Previously other works could not make the site stable or regenerated vegetation successfully	Other works can make the site stable/revegetated quickly

Planning hillside channel work

Hillside channel work shall be designed at the horizontally lowest positions where water is collected most effectively on slopes. Basically the arrangement shall be designed as follows:

- ① In case the surface water flows into the site from the outside, channel work shall be arranged at the outside to collect the water from there. In this case, the channel work shall be installed at a comparatively flat of the upper side of the site.
- ② Water collecting channels shall be arranged transversely on the slope for collecting the surface water as much as possible.
- ③ Water drainage channel shall be arranged to take the shortest distance from the center channel for draining collected water to outside as quickly as possible.
- ④ In case a hillside work area is large, an appropriate channel system shall be arranged for water collection and drainage since a single channel is not capable to deal with the water in a certain wide range of area.
- ⑤ Arrangement of channels shall be considered according to the slope conditions and topographical features before/after the construction. This is because the main channel and branch channels may be required depending on a shape and spread conditions of the collapsed area.

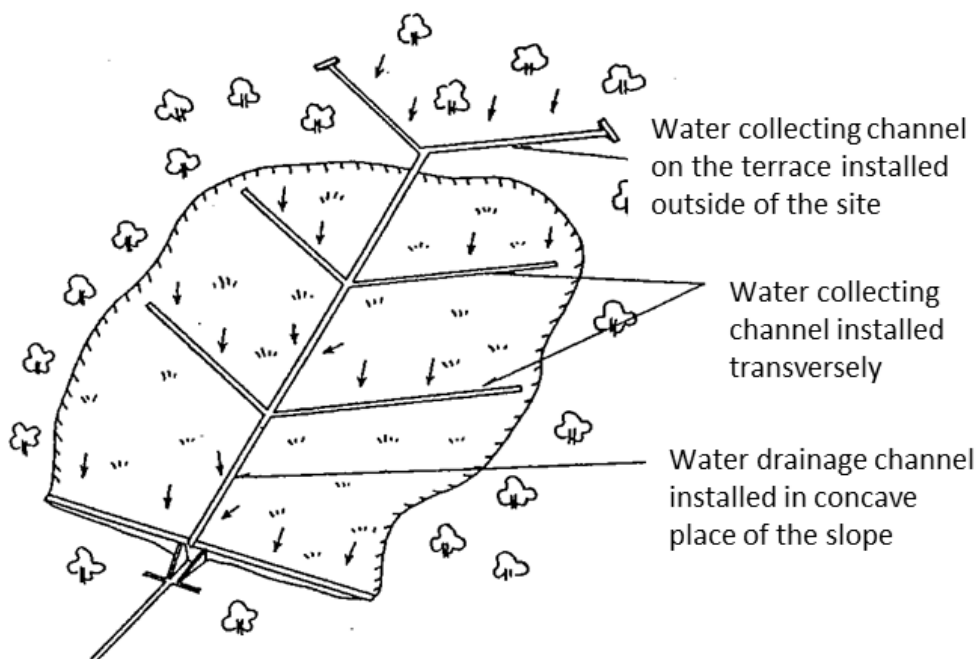


Figure 3-15 Planning Hillside channel work

Plan view and longitudinal section view of channel work

Channel design shall be set in a plan view by connecting the horizontally lowest positions on the slope basically. The alignment of the channel work shall be naturally designed from upper to down on the slope for the water in the channel to be flow.

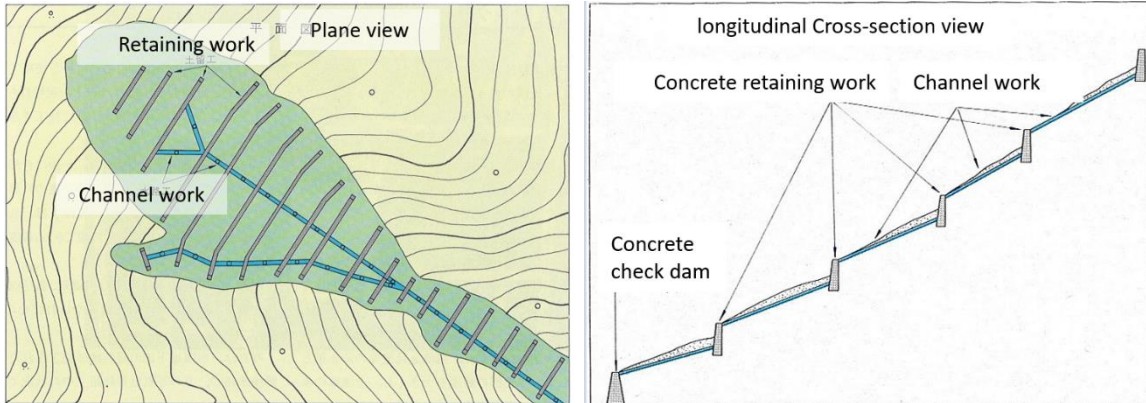


Figure 3-16 Plan view (left) and Cross section view (right) of Hillside channel work

Water flow cross section of the channel

Water flow cross section of the channel shall be designed so as to drain safely enough for the maximum flow quantity of the collected water.

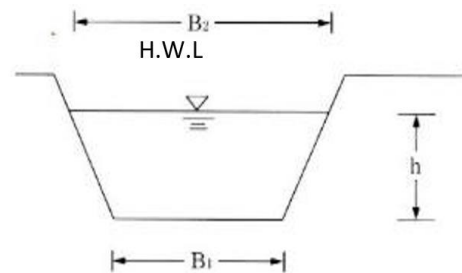


Figure 3-17 Water flow cross section of the channel

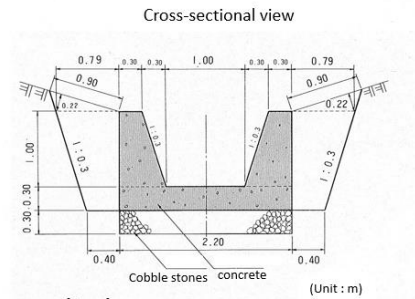
Length of a single span of the channel work

Generally, collapsed slopes are steep and the foundation ground of the slope is usually not expected to be good conditions. Therefore, if a single span of the water channel work is designed as a long distance, unequal subsidence and sliding may occur due to the own weight of the channel. Accordingly, the length of the span shall be regulated with retaining work or bed sills by about 20m in the oblique length as the standard.

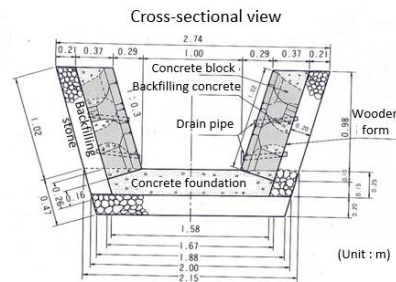
Types of channel work (1/6)



Concrete channel constant water with high water discharge



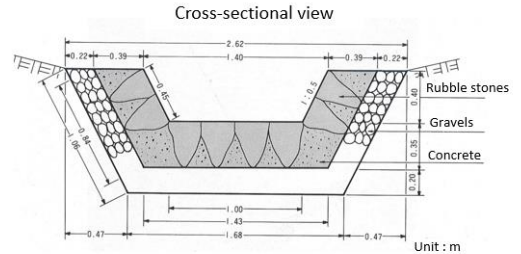
Concrete block channel Main channel with high water discharge



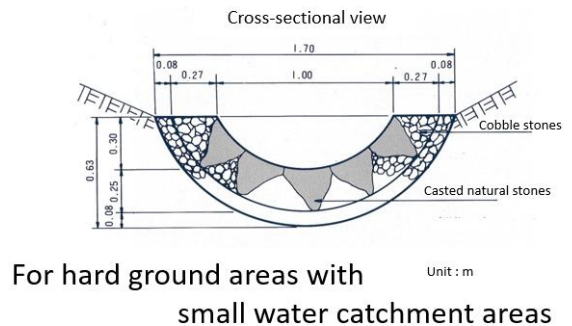
Types of channel work (2/6)



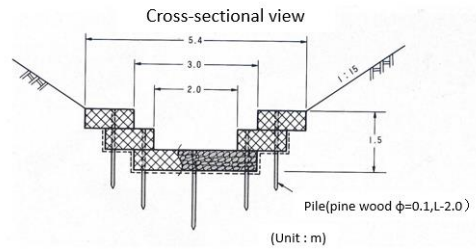
Wet masonry hillside channel: For locations with high volume constant water



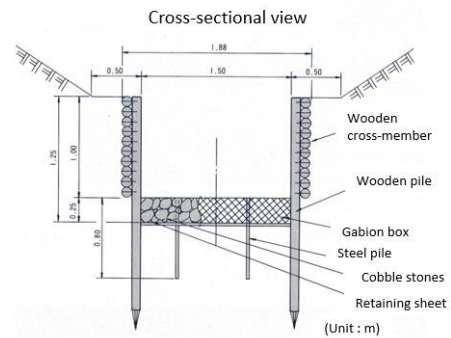
Dry masonry channel: For steep slopes without constant water



Types of channel work (3/6)

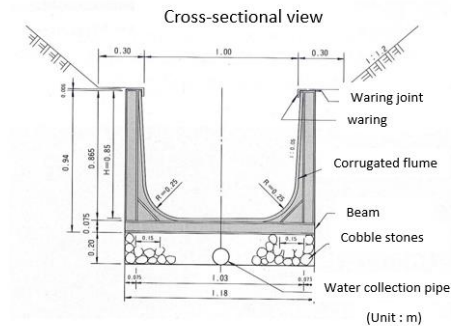


Gabion box channel: For locations with soft ground and little constant water

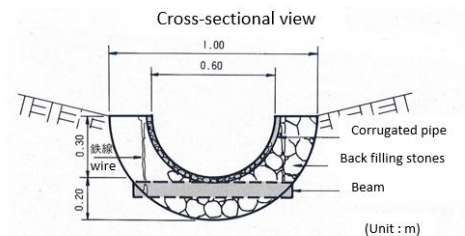
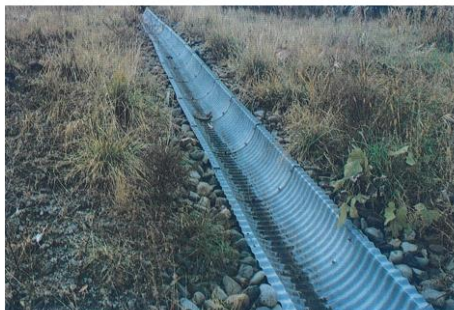


Wooden fence channel: It is compatible with vegetation work. Relatively low durable.

Types of channel work (4/6)



Corrugated flume pipe channel:
For locations where flexibility in work needed such as landslide area, etc.

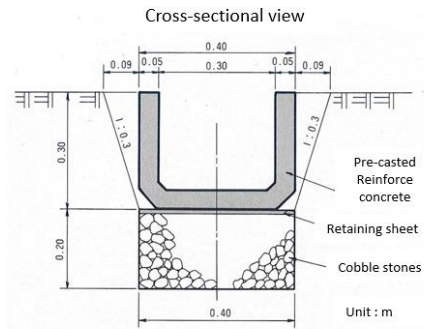


Corrugated pipe channel:
Functions of the channel can be sustained even with ground deformation.

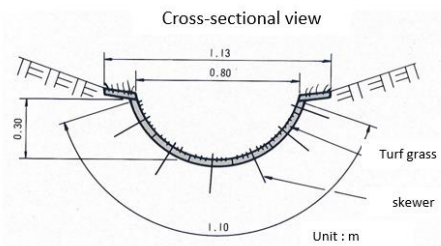
Types of channel work (5/6)



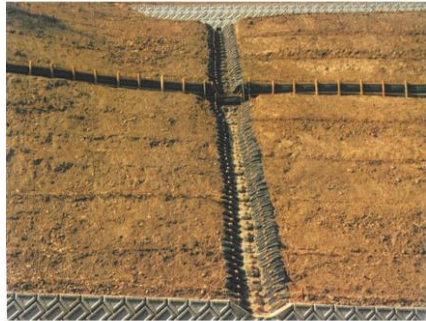
Precast concrete channel: Channel material is precast concrete and Easily procured.



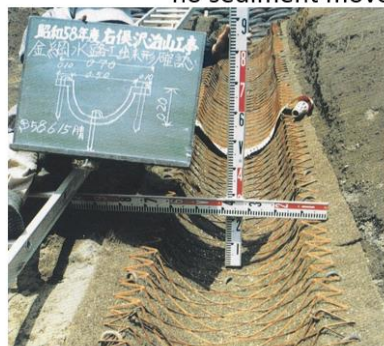
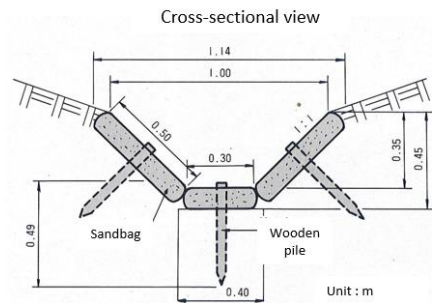
Sod covering channel: Suitable for gentle slopes with no constant water, low water discharge, no sediment movement and rich soil for sod to grow



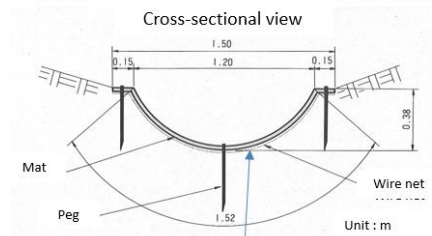
Types of channel work (6/6)



Sandbag channel: Suitable for slopes with no constant water, low water discharge, no sediment movement and rich soil for sod to grow.



Wire net channel: Suitable for slopes with no constant water, low water discharge, no sediment movement and rich soil for sod to grow.



Sod /grass seeds are put in the mat

Functions of the channel can be sustained even with ground deformation.

Figure 3-18 Types of hillside channel work

3.4 Buried drain work (French drain work/Culvert work)

Buried drain work aims to drain the underground water and/or the seepage water quickly outside the site, which will decrease the water content and pore water pressure of the soil of a slope, prevent soil layers from landslide movement, prevent the underground water from spouting out to the surface and prevent the area from re-collapsing.

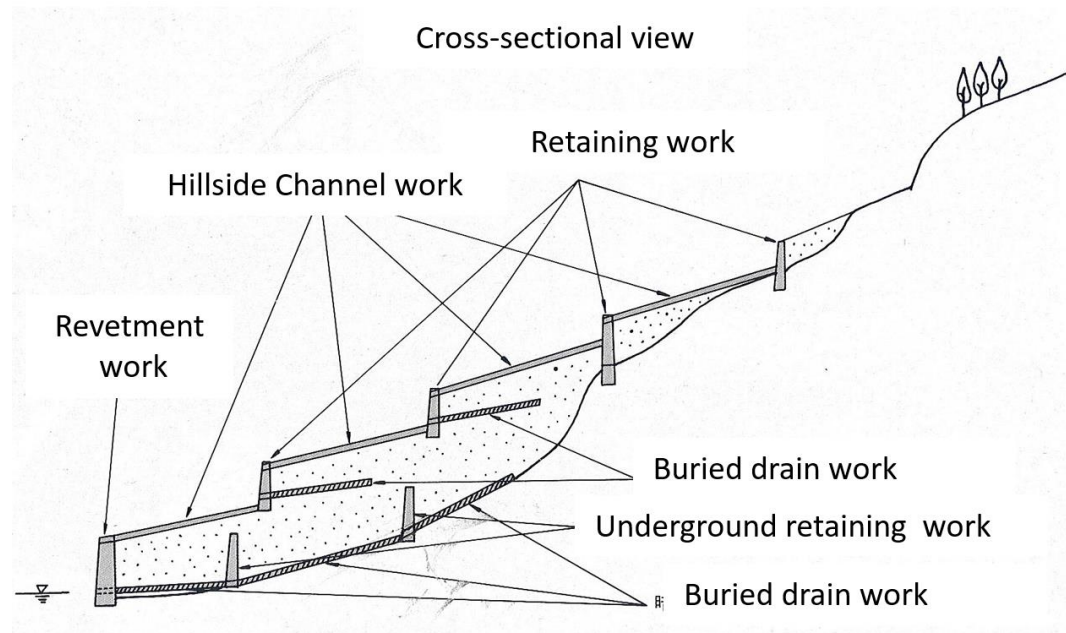


Figure 3-19 Types of hillside channel work

Layout plan and structures of Buried drain work

Positions and structures of the buried channel work to achieve effective water collection and drain shall be determined based on profound and sufficient topographic and geological surveys. The buried drain work shall be installed up to the depth of an impermeable layer or the original ground layer.

1. The work shall be arranged at the water spring points and watery areas.
2. In case one of reasons of a slope collapse is the spouts of underground water, the buried drain work shall be always considered to plan after sufficient site investigations.
3. At the sedimentary area of slope cutting, the underground water is prone to be formed on the boundary between the original ground surface and sediment soil layer. It is therefore necessity to consider to provide the buried drain work in such positions.
4. If the ground is watery and requires a planning of large drainage, drainage network system shall be planned.
5. When planning the work at water spring areas, water socket (receptacle) without water leakage shall be designed appropriately.
6. The structure of the buried drain work shall be designed as it does not allow the collected water leaking to and re-penetrating into the slope ground.
7. Suitable sizes and lengths of a span of the work and whole system shall be determined by considering the rage of a area to collect water by a single drain.

Conditions of drainage pipe

Drainage pipe of the Buried drain work shall meet the following conditions:

1. Strength against the load, earth pressure and etc. from the upper part is sufficient.

2. Drainage capability is sufficient.
3. Connectivity and durability are good.
4. Construction of the work is not difficult.
5. The cross section of the pipe of the work is sufficient enough for a certain amount of sediment flowing in.

There are several types and structures of buried drain work, such as, gravels, fascines, gabions, concrete pipes and etc.. Due to recent difficulties from procurement, durability and/or workability of specific materials, secondary products or combinations between gabions and secondary products are frequently applied.

Schematic depictions of Buried drain

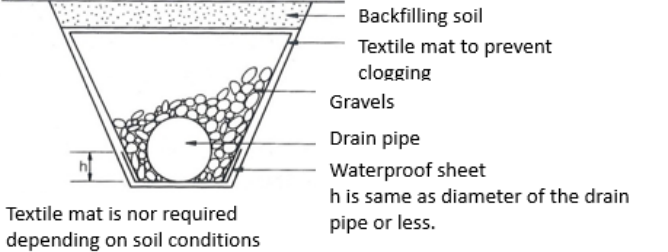
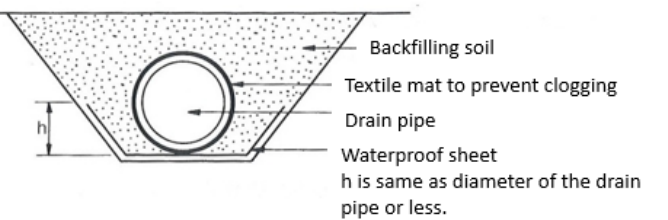
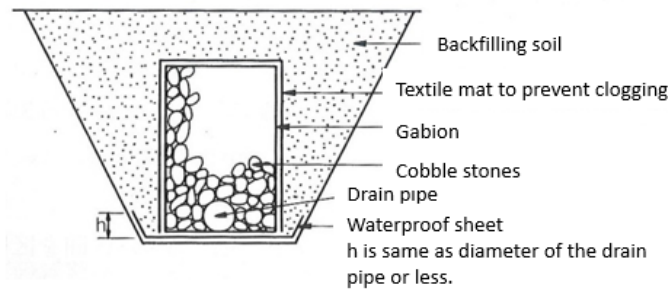
<p>(1) In case the soil property is normal and watery, or in case draining water is required up to the relatively deeper layer</p>	 <p>Textile mat is not required depending on soil conditions</p>
<p>(2) In case draining water is required only up to the relatively shallower layer</p>	
<p>(3) In case draining water is required up to the deeper layer because of landslide</p>	

Figure 3-20 Schematic depictions of Buried drain

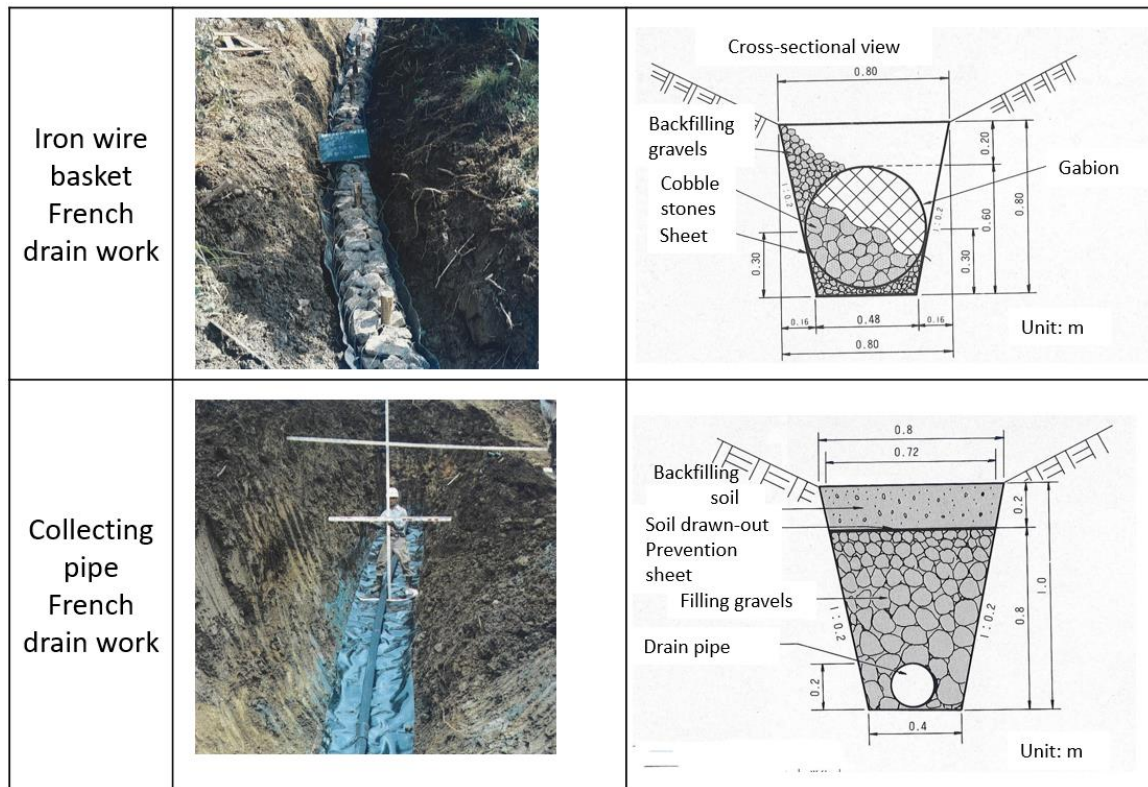


Figure 3-21 Types of buried drain work

3.5 Simple terracing work

Simple terracing work is normally planned to disperse rainwater on slopes of the collapsed and/or eroded hillsides and to prevent sheet erosion on the hillsides. It is also to improve the vegetation habitat on the hillsides and to promote quick recovery of the vegetation on the slopes.

Some types of the terracing work are combined with vegetation work. Some vegetation is provided on the front side and the top of the terraces and sheet erosions are planned to be prevented. Such vegetation work can create a suitable environment for planted trees growing well.

The standard interval between lines of the terracing work shall be 1.5 m by height.


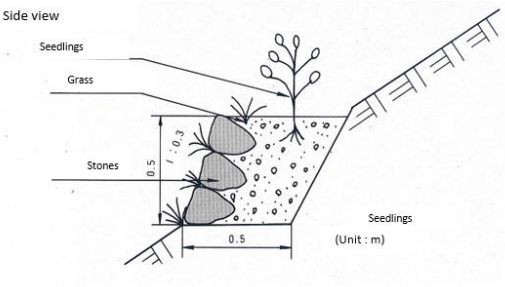
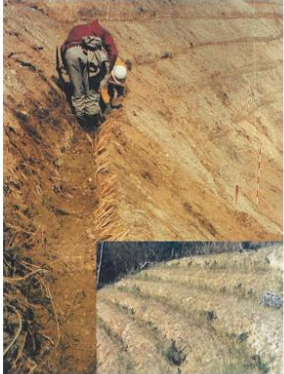
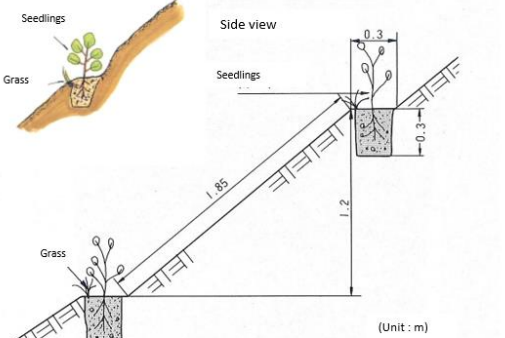
Categories of Terracing work

Terracing work can be categorized as follows;


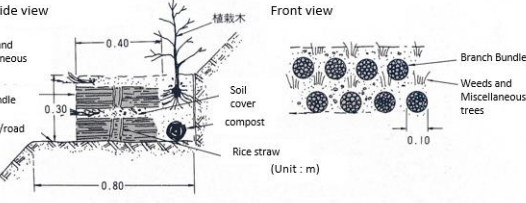
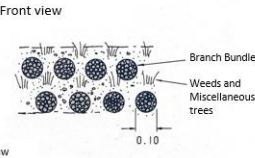

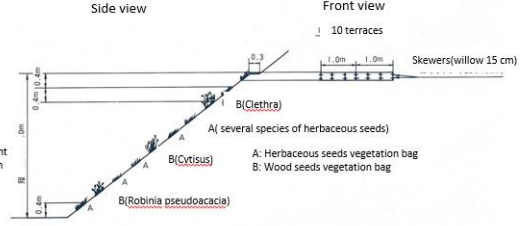

1. A type of work for making an environment to facilitate planted trees to grow better by piling bundles of fascines, stones and other materials in front and refilling soil on their back for soil to keep staying there. stone, fascine and/or sodding work
2. A type of work to plant a single or a bundle of plants on the terraces or dug ditches on slopes saw grass/lawn grass terracing work
3. Type of work to utilize secondary products to contain plant seeds inside for slope revegetation. terracing work by using secondary products

From secondary products use, two types of effects can be expected in the construction work. One is the effect to sustain covered soil on slopes and the other is for labor saving and standardize sowing operations.

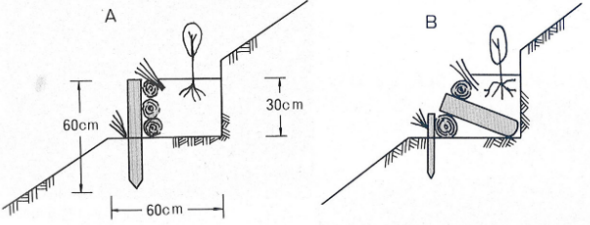
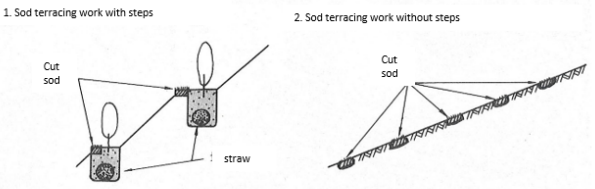
Types of terracing work (1/3)

<p>Terracing work using stones</p>		<p>Side view</p>  <p>(Unit : m)</p>
<p>Terracing work using Pampas/ <u>Miscanthus</u> grasses</p>		<p>Side view</p>  <p>(Unit : m)</p>

Types of terracing work (2/3)

<p>Terracing work using fascine</p>		<p>Side view</p>  <p>Front view</p>  <p>(Unit : m)</p>
<p>Terracing work using vegetation materials</p>		<p>Side view</p>  <p>Front view</p>  <p>Height 4.0 m</p> <p>A: Herbaceous seeds vegetation bag B: Wood seeds vegetation bag</p>

Types of terracing work (3/3)

<p>Terracing work using log</p>	<p>(Type A is introduced as fencing work in the following section.)</p>	
<p>Terracing work using sod</p>	<p>→ ① Cutting stairs (terrace) in the slope ② Without cutting stairs in the slope</p>	

3.6 Fence work

Fence work can be categorized as one type of simple terracing work. It is constructed to prevent the runoff of the topsoil from slopes and to create good growth conditions for planted trees.

The structure of fence work

As the structure of fence work, wooden stakes are driven into the hillside at intervals of 0.5 to 1.0 m along a contour line on the hillside and cross-piece bars are weaved or assembled between the stakes with various materials to form walls.

Fence work is normally planned to prevent soil and sand from running off and to stop developing gullies with a simple earth retaining work on sedimentary or soft ground slopes. However, since the materials used for fence work normally decay quickly, the fence wall height shall be limited by 0.5 m or less and sods planting or sowing shall be conducted between the steps and on the wall materials. Accordingly such vegetation can cope with the slope destruction after the decays of the fence materials.

Stakes resist against the earth pressure acting on the back of the fence wall and support the wall. Therefore, the driving depth of stakes shall be 1.5 to 2 times as the wall height.

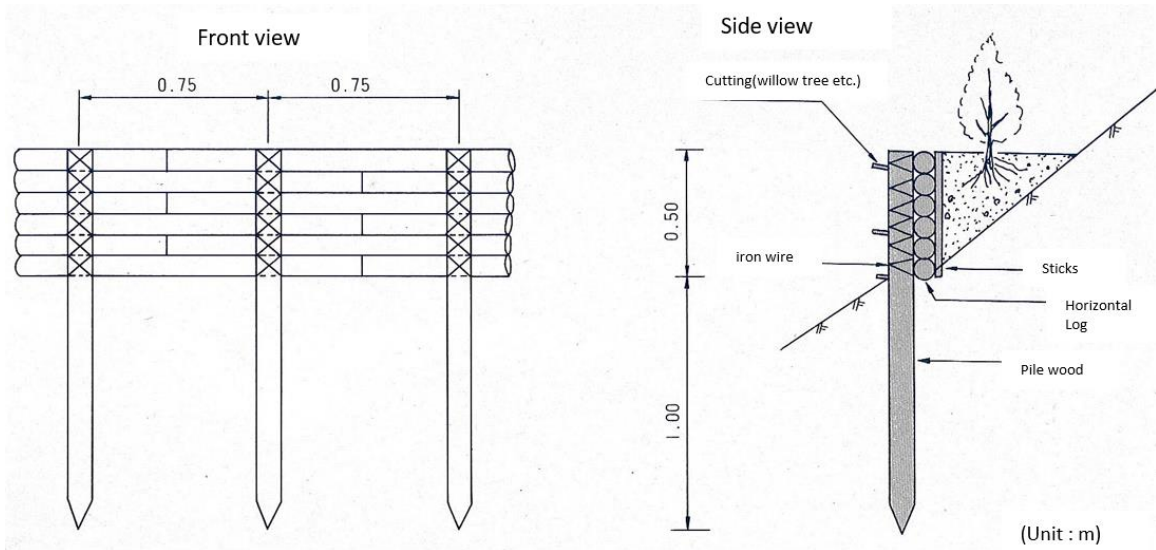

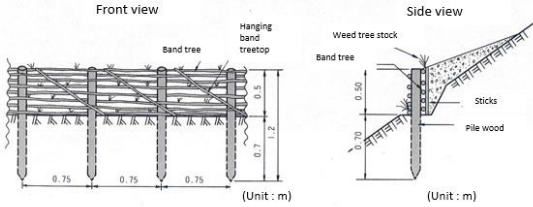

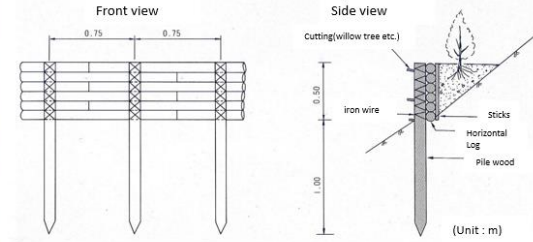

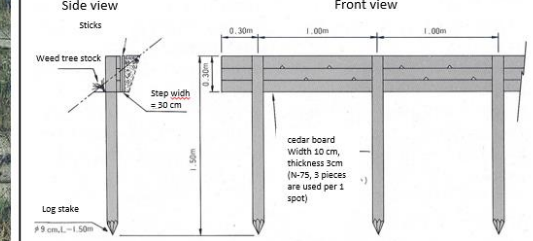

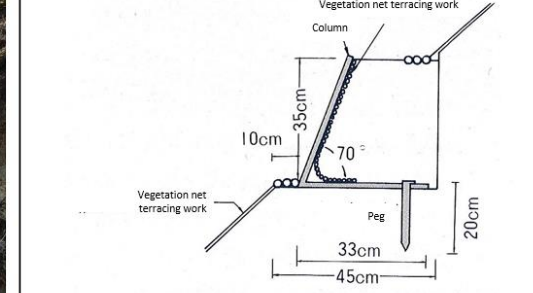


Figure 3-22 Types of Small terracing work

Types of fence work (1/4)

<p>Wicker fence work</p>		
<p>Log fence work</p>		

Types of fence work (2/4)

<p>Board fence work</p>		
<p>Steel frame fence work</p>		

Types of fence work (3/4)

<p>Wire netting fence work</p>		<p>Standard</p> <p>(Unit : mm)</p> <p>polyvinyl chloride coated iron wire net</p> <p>Connecting cable</p> <p>Connecting cable fix net</p> <p>Skewer</p>
<p>Steel fence work</p>		<p>parapet cap L — 100×75×7 125 200</p> <p>Stud bolt M16×50</p> <p>Holding plate for expanded metal PL-Steel S4200</p> <p>Expanded metal</p> <p>(Unit : mm)</p>

Types of fence work (4/4)

<p>Resin netting fence work</p>		<p>Resin net with vegetation</p> <p>40cm</p> <p>100cm</p> <p>Wood pile</p> <p>Vegetation net terracing work</p>
---------------------------------	--	---

Figure 3-23 Types of Fence work



Figure 3-24 Fence works in North Macedonia, in Wicker woven fences

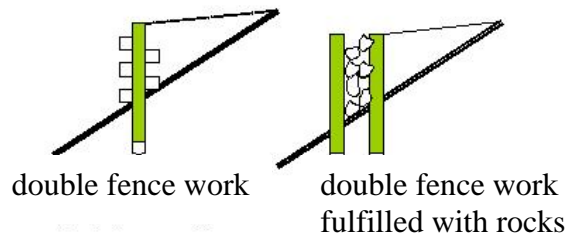


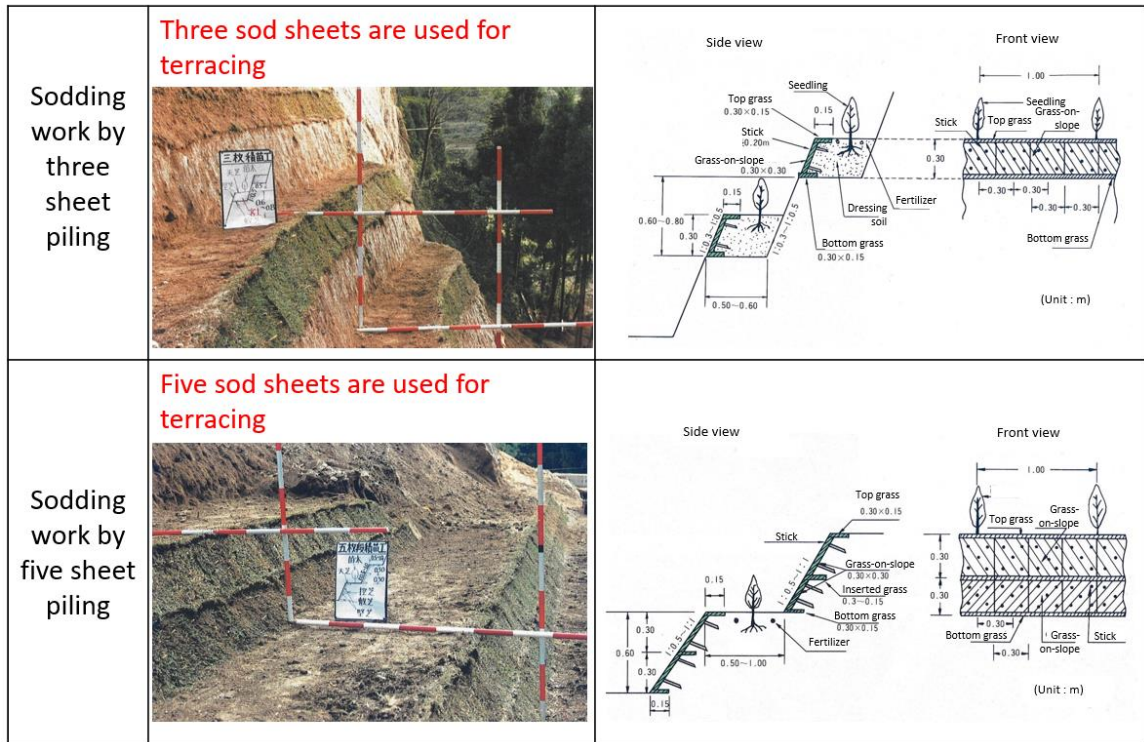
Figure 3-25 Single and double fence works

3.7 Sodding work

With Sodding work, horizontally stretching steps are made on cut slopes and creating pot-shaped with sods on the original ground of the steps, in which soil with fertilizers and rice straw are placed and tree seedlings are planted there for re-vegetating the slopes.

Sodding work is one of techniques developed from recovery works in denuded mountains (bare mountains) in Japan. Hillsides with poor nutrients are target areas of the work, in which the surface is extremely dry, rills and gullies occur easily and top soil are also easily washed away.

Types of sodding work (1/2)



Types of sodding work(2/2)

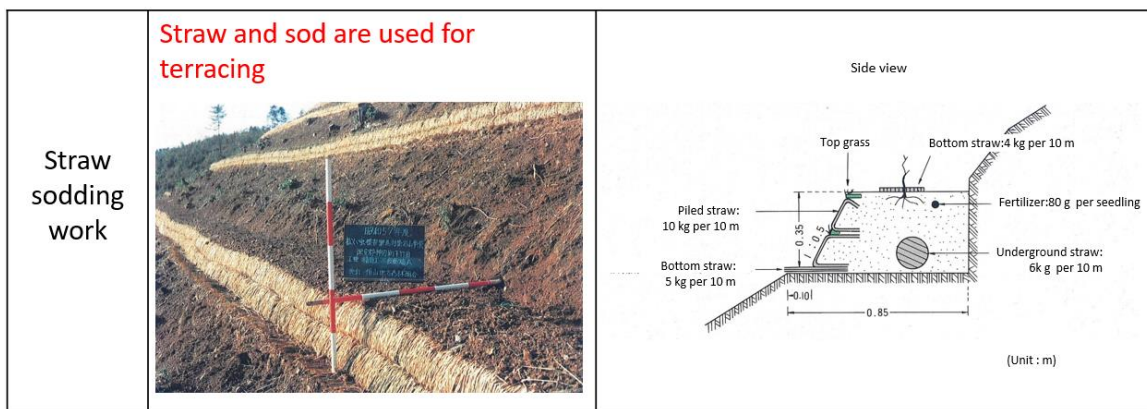


Figure 3-26 Types of Sodding Work

3.8 Vegetation cover work

Vegetation cover work shall be planned to prevent topsoil erosions and collapses due to rainfall and frost heaving and to improve the environment for the germination and growing of vegetation.

The vegetation cover work shall be planned to protect slopes and constructed vegetation work from erosions and collapsing. The work can be applied in case the slopes are rough soil and/or steep and constructed terracing work is likely to be destroyed due to occurrences of rills and gullies on slopes caused by rainfall and in case the surface soil is prone to be collapsed because of frost heaving and other reasons.

The vegetation cover work is also planned to protect vegetation from growth hindrances. The work can be applied in case sown seeds and nutrients were run-off with soil and sown seeds and planted trees are likely suffering from hindrances to their germination and growth.



Figure 3-27 Results of Vegetation Cover Work

Categories of vegetation cover work

Table 3-6 Types of Vegetation Cover Work


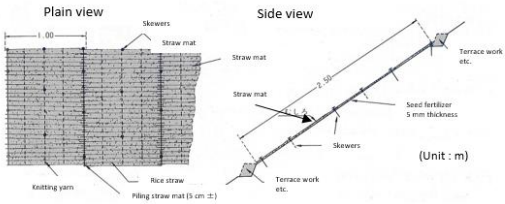

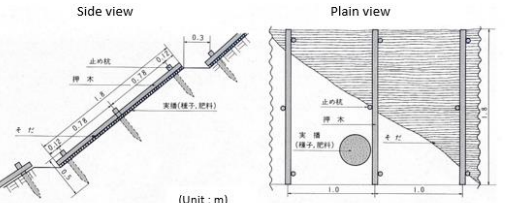
Type	Material	Application
Veg. cover work using fascine	Fascine	In case it is required to prevent erosions or collapses of slopes between stairs due to frost heaving and other reasons, in case materials of fascines are easily available and in slopes where stakes can be driven easily.
Veg. cover work using straw mat	Straw mat	In slopes with heavy frost heaving, in dry areas, in areas with light and rough topsoil etc.
Veg. cover work using straw mat containing seed & nutrients	Straw mat containing seeds and nutrients	In case quick recovery of vegetation is required in areas where frost heaving occurs, in areas with less rainfall and dry or in areas where the top soil is light and rough enough to be eroded easily.
Veg. cover work using straw	Straw	In areas where undulation is relatively gentle with less rainfall. Also in areas where the top soil is light and rough.
Veg. cover work using net	Net	In slopes consisting of deeply weathered rocks with well-developed cracks and their surface movement is to be prevented and the vegetation on the slopes is to be fixed. In slopes where other vegetation work are difficult to be constructed and in case soil and rock falls need to be stopped.
Secondary products	Straw mat/woody material sheet/mat, chemical fiber/iron net	Sheet/mat type work are used to prevent the movement of the topsoil due to frost heaving and etc., and to protect sown seeds from damages of dryness and cold which is similar functions to the work using straw mats and straw cover work. Net types are used to mainly fix the spraying material, such as hydroseeding materials, and to prevent rockfalls and collapses. This function is similar to the functions of reinforcing nets and rock fall prevention nets for mortar hydroseeding work).

Properties and applications of cover materials

Table 3-7 Properties and applications of cover

Type	Property/ application
Straw mat	Straw shall be knitted so as not to interfere with germination. In this sense, straw usage of 350 to 500 g / m ² is normally appropriate. Usual size of the mat is 1 m width and 10 to 20 m length. Since it easily fits on the ground surface, it has erosion prevention effects. It also has a good moisturizing and heat-retaining effects, which promotes growth.
Chemical fiber net	Chemical fiber net is light-weighted and able to be handled easily. Some types of the work can be sown and setting up the cover work simultaneously because this type of products contains seeds and fertilizers. However, it shall be noted that the heat retaining and moisturizing effects are small because of the light weighted.
Woody fiber	It can be expected with the materials to have even adhesions of woody cellulose, seeds and fertilizers and their multi-effects to complement nutrients to small seedlings. The material shall be having good dispensability in water and evenly sprayable and shall not be hindering germination even when used in a large amount. Erosion preventive materials shall be considered to use since water contents of the surface layer may increase when fibers are sprayed, which may increase erosions during rainfall. At least 150-200 g / m ² of the material shall be used in order to expect the multi-effects.

Types of vegetation cover work (1/2)

<p>Veg. cover work using straw mats</p>		
<p>Veg. cover work using fascine</p>		

Types of vegetation cover work (2/2)

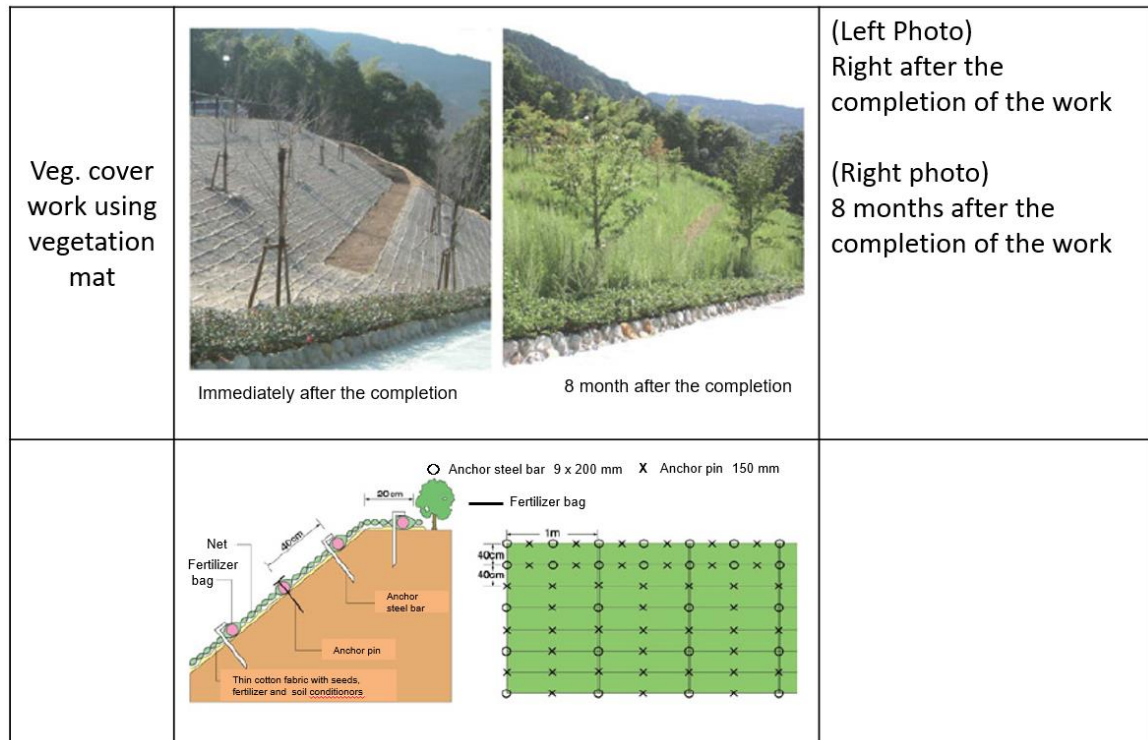


Figure 3-28 Types of Vegetation Cover Work

3.9 Hydroseeding work

Hydro-seeding work is normally applied after constructing the hillside foundation work in relatively gentle slopes in areas where suitable soil for vegetation growing is dominant. The work is normally applied in order to save labour and construction cost reduction as well. Seeds, fertilizers, curing materials and soil improvement materials are mixed with water and sprayed with seed spraying machine (hydro-seeder).

Soil dressing hydroseeding work

This work is applied for introducing and generating vegetation on steep slopes with less soil and/or on cut slopes of hard ground and etc.. Soil and soil stabilizers are normally mixed into materials of hydroseeding work and sprayed by a mortar concrete spraying machine.

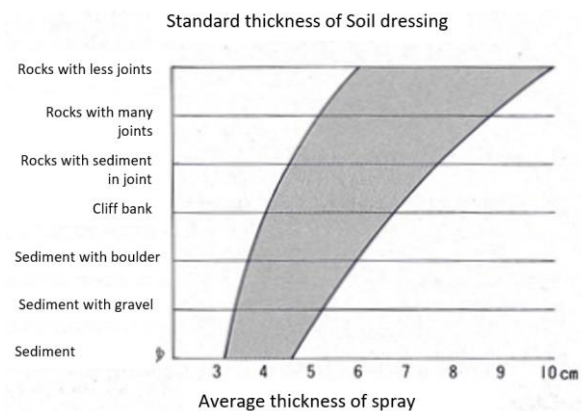


Figure 3-29 Standard thickness of soil dressing


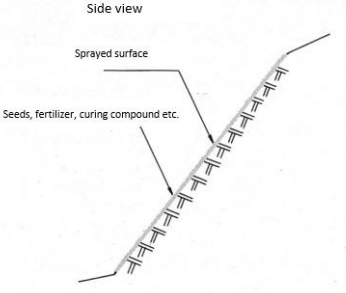
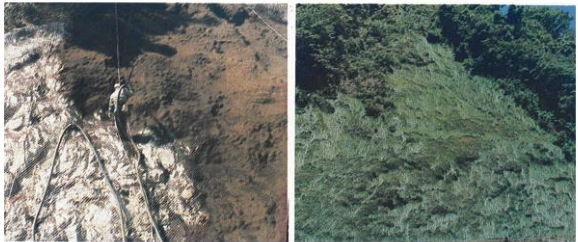
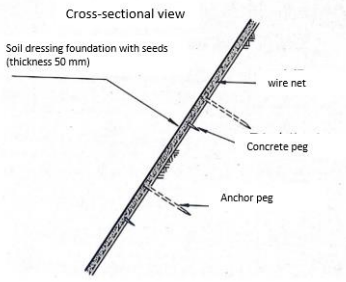
Aerial hydroseeding work

Aerial hydroseeding work is applied by spraying plant seeds and other vegetation materials by helicopters for regenerating vegetation in collapsed areas. This is applied in case construction conditions are extremely bad, such as in remote areas or steep areas, in case other re-vegetation methods are not applicable, in case there are many construction target areas and scattered, in case the construction target area is large, or in case emergent re-vegetation is required, for example, in the site of forest fire and etc.. However, it is a fairly less intensified method as revegetation work.

Table 3-8 Materials used for Aerial hydroseeding Work

Material for aerial hydroseeding work : Soil dressing hydroseeding work (per ha)				
Type	Specification	Amount	unit	Application
Asphalt emulsion	Cationic, PK-1	3,500	kg	Dilution rate 1 : 1 Strength 25% solution
Mixed water	Running water	3,500	Kg	
Complex fertilizer	N12 P8 K6	1,500	Kg	
Seed	Various sorts	160	Kg	
Repellent	Iron oxide powder	1	kg	
Remarks	Herbaceous plants : Japanese knotweed(3.7)、Japanese pampas grass(12.5)、 Japanese mugwort(7.0)、Festuca arundinacea (65.0)、Eragrostis curvula(10.0)、 Festuca rubra var. genuine Hack(21.8)、Dactylis glomerata(20.0) Woody plants : Pseudoacacia(6.8)、Pepperbush(8.4)、Alnus firma(4.8) Unit : kg			

Types of Hydroseeding (1/2)

Standard hydro-seeding work		
Soil dressing hydro-seeding work		

Types of Hydroseeding work (2/2)



Figure 3-30 Types of hydroseeding works

4 THE FOREST CONSRVATION CONSTRUCTION WORKS: TORRENT WORKS

Torrent works are normally implemented in devastated torrents or mountain streams in order to restore the conditions and also to prevent further devastation. Appropriate types of torrent works shall be selected according to conditions of devastation in the torrents, topographic and/or geologic features as well as conditions of targets to be protected in the downstream areas of the torrent watershed.

As the main torrent works implemented in North Macedonia, three types of torrent works are introduced and described in this manual:

Check dam (gully plug or ground sill)

Channel work

Revetment work

4.1 Check dam (gully plug or ground sill)



Figure 4-1 Gabion check dam in Lisiche and Radovish constructed and demonstrated in the Eco-DRR Project in North Macedonia



Figure 4-2 Small step check dams made of natural materials in North Macedonia



Figure 4-3 Classical Open type check dam in Tetovo (left) and Combination type check dam (right)

4-1-1 Purposes of check dam

Main purposes of check dam construction are to stabilize the stream bed and mountain foot, as well as to control sediment discharge in the stream.

Check dams usually have following functions:

- (1) To lead gradients of the streambed gentler in order to reduce vertical and lateral erosions and to mitigate sediment movements in the streambed.
- (2) To stabilize mountain feet of the side slopes of the stream and prevent the slope from collapsing.
- (3) To mitigate the movement of unstable sediments accumulated in the streambed.
- (4) To prevent stream devastation by debris flow and control sediment discharge downstream.
- (5) To balance the sediment volume, i.e., flow sand and stone with water under normal situation, but during floods, hinder the flow of the earth, sand or driftwood.

Check dams always shall have one or more target functions in order for the dams to serve the functions at the locations where those functions are required to mitigate devastations in the stream.

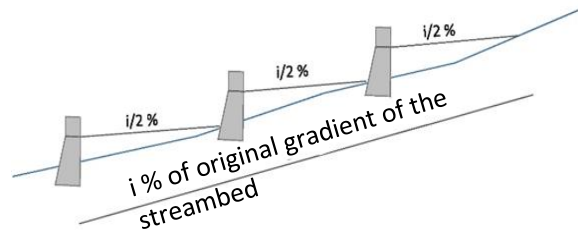
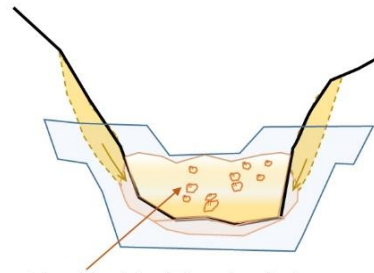


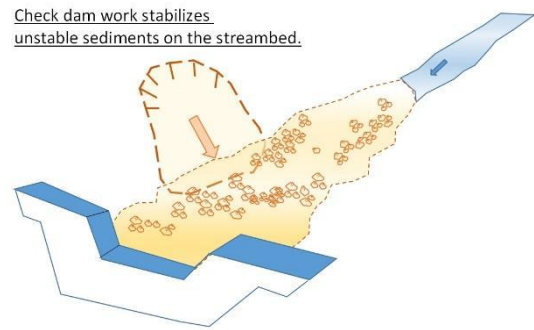
Figure 4-4 Design sediment gradient of Step dams



Sediment load behind the check dam can suppress the vertical and lateral erosions, stabilize the toe part and prevent both side slopes from collapsing.

Figure 4-5 Preventing vertical and lateral erosions

Figure 4-6 Stabilizing mountain foot by the sediments of the dam



4-1-2 Location of check dam

Check dams shall be installed at appropriate locations in torrents/streams in accordance with its purposes.

Check dam installation shall be selected to set at the most efficient and economical location in the target stream areas in order for the dams to serve their purposes effectively.

The check dam installation shall be set directly at the downstream of the target area in the stream where it is required to stabilize mountain feet of the side slopes and to prevent longitudinal and lateral erosions and the movement of unstable sediments on the streambed. In case the target area reaches to a long range or the gradient of the streambed is high, some check dams can be arranged in a staircase pattern.

In torrents where debris flows may possibly occur, appropriate locations of dam installation should be selected according to the characteristics of the processes of sediment movements of debris flows, such as outbreak at the upper stream, flowing down in the middle stream and sediment at the downstream area.

4-1-3 Conditions of the Location of check dam

Check dam installation shall be basically selected at the locations on the firm ground in the streambed and both banks. It shall be accordingly free from the risks of ground subsidence due to insufficient bearing capacity, scouring of the toe part of the dam in the downstream side and destruction from the side parts of the dam body due to erosions of stream banks. If the installation of the dam cannot avoid locations with the less strength ground then appropriate measures to strengthen the weakness of the ground shall be taken such as treatment of foundation ground, prevention of scouring of toe of the downstream side by providing an apron or wing parts of the both sides of the dam or etc.

For the dam installation curve parts of the stream shall be avoided. If it is not possible to avoid it then directions of the dam shall be carefully examined as described in the later part in this manual.

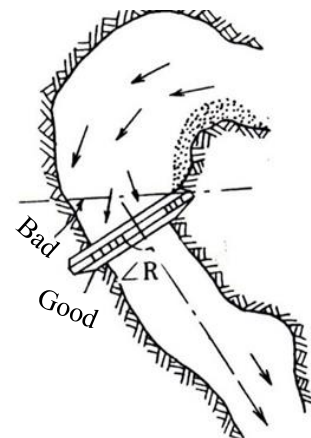


Figure 4-7 Dam site below a confluence

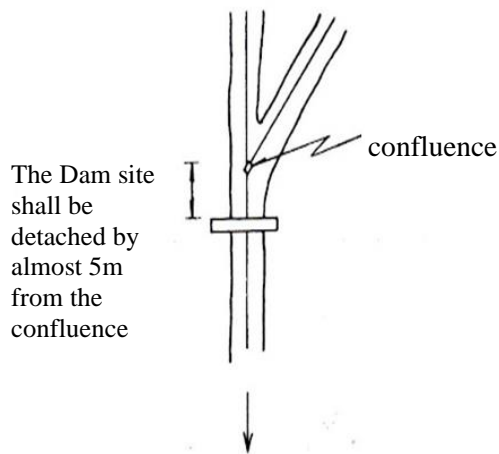


Figure 4-8 Damsite below a confluence

Check dam installation shall be considered at the downstream side of a confluence for a stream joining to another stream. It is because sediments and side erosions tend to occur at the confluence areas. However, dam installation shall be detached by more than 5 m from the confluence points.

wider width at the upper stream side of the location to obtain the functions of dam more effectively and economically.

Most desirable dam location is a narrow part of a stream with a

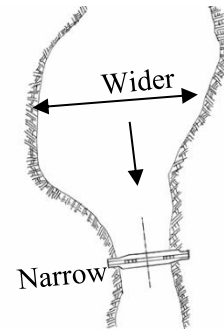


Figure 4-9 Narrow section as a Suitable Dam site

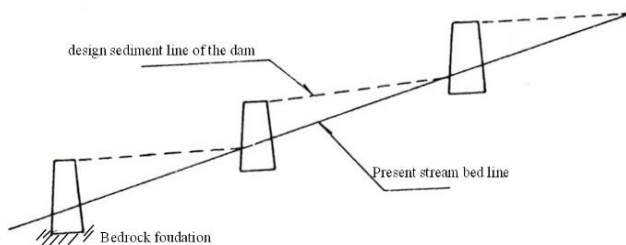


Figure 4-10 Some requirements of Step dams

In case planning step dams, the base of the lowest dam is required to be on the bedrock in principle. If there is no bedrock at the position, the front toe part of the dam shall be protected by means of the counter dam, the apron work, vertical wall and etc. The upstream dams shall be located at the position where the design gradient line of the downstream dam is lower than the present river bed gradient. The front toe parts of the upstream dams shall be under the design sediment

lines of the downstream dams.

4-1-4 Direction of check dam

As installing a single dam in the straight stream is the basic case, the dam shall be set such that the centre of the flood way of the dam be at the centre of the design stream line and the centre alignment of the dam face to the perpendicular direction of the downstream centre line.

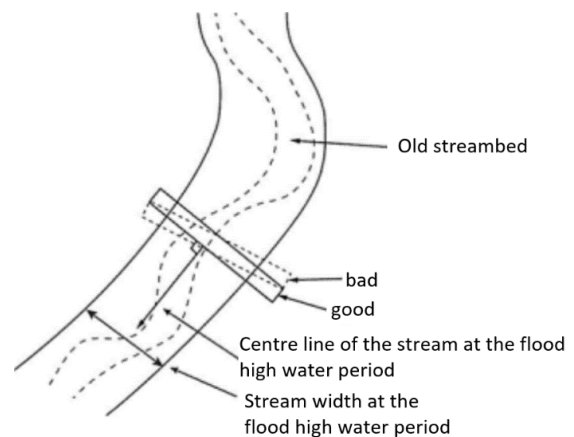


Figure 4-11 Direction of check dam

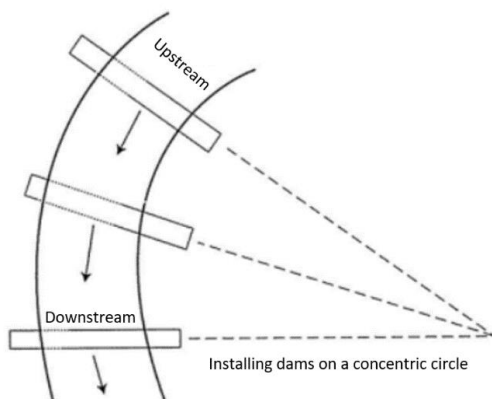


Figure 4-12 Requirements of curved site

concentric circle in the stream.

In case installing a check dam in a curved stream area is required, the embedded part of dam or wings of the dam shall be protected adequately by the following treatments: installing revetment work, setting the incline on the dam wings, raising wing heights, etc.

In case installing several dams is required, they shall be allocated on a

4-1-5 Design sediment gradient of check dam

The design sediment gradient of a check dam shall be determined with consideration of the conditions of the sediment composes of the streambed and flow rates at the dam position as well as conditions in assumingly stable sections in the stream. Normally sediment gradients of a stream beds and particle sizes, the sediment materials and flow rates have close relationships.

The design sediment of a check dam can be set as about 1/2 of the present stream bed sedimentation gradients by referring to the area with comparatively smaller changes in stream bed in case the movements of the sediments in the stream is large and heavy in a devastated stream or there is no check dam for reference around the vicinity.

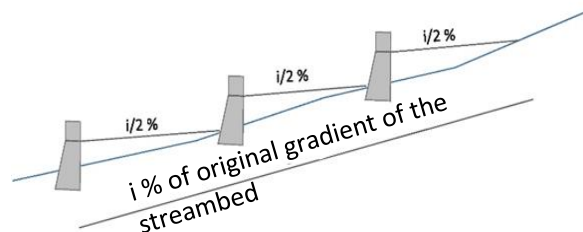


Figure 4-13 Planned sediment gradient of Step check dams

Sediment beds of check dams usually form steeper sediment gradients (gradients of flood water flows) due to the sedimentation after a large scale flood. After the event, small and medium-sized floods gradually mitigate the gradient, and shift to the gradients in the normal

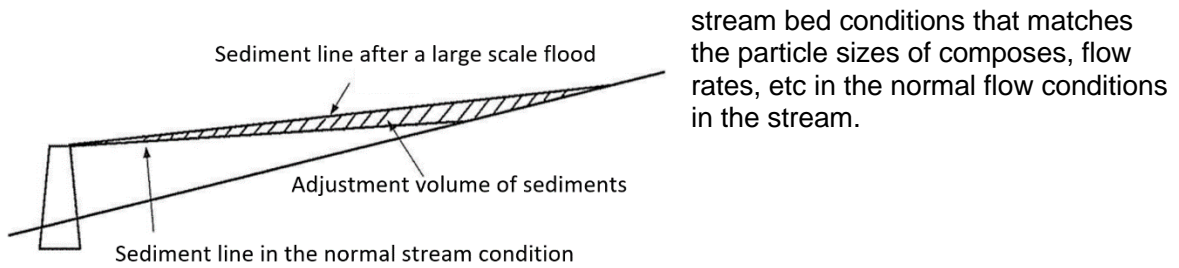


Figure 4-14 Sediment gradient adjustment function of check dam

4-1-6 Height of check dam

A height of a check dam, as the vertical length of the dam body between the bottom and the top of the flood way of the dam, shall be determined based on the purposes of the dam. It is an important factor of the check dam because it is closely related with design gradients of the streambed and heights of the unstable sediments behind dams.

Example cases to determine the height of check dam

In case to prevent movement of unstable sediments in torrent beds:

If the purpose of the dam is to prevent the movement of current unstable sediment, the height formed by unstable sediments on the torrent bed and design gradient of the dam are main factors to determine the height of the dam. (See the right figure4-11)

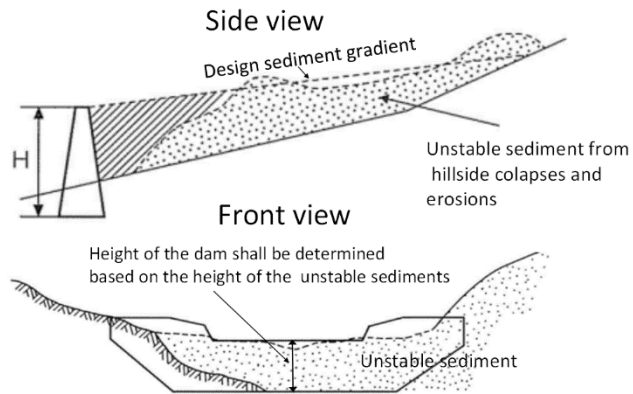


Figure 4-15 Dam height for stabilizing unstable sediment in the torrent bed

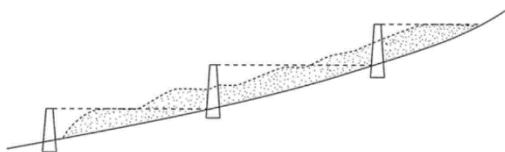


Figure 4-16 Step dams for long section of unstable sediments on the torrent bed

If the unstable sediment is located in a long area in the torrent, then step dams shall be planned as shown in the right Figure4-12.

In case to prevent longitudinal and lateral erosions in torrents:
 The height of the dam shall be determined in consideration of the design gradient of the torrent bed and the gradient of the hillside slopes. In case torrent sections have suffered from vertical and lateral erosions, the elevation level of the top of the dam shall be at the same height as the torrent bed height before erosion. (The dam height $H = h + h'$)

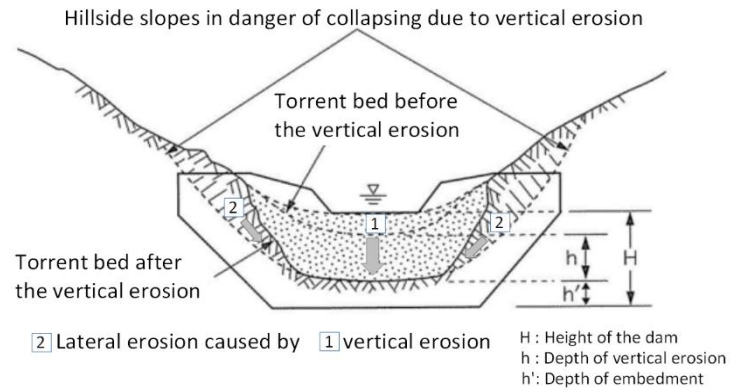


Figure 4-17 Dam height determination based on the vertical and lateral erosions on the bed

In addition, if a section of vertical and lateral erosions is long stretched in the torrent, it shall be considered to design step dams with lower dam heights as seen in the right Figure4-12.

In case to use the check dam as foundation for hillside works:

the location and the design gradient of sediment of the dam shall be designed with consideration that foundations of the revetments and retaining walls at the foot of the hillside works be not too low to be scoured in case a check dam is installed as the foundation of hillside works.

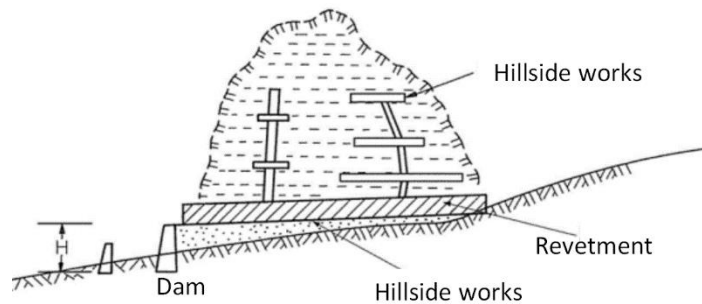


Figure 4-18 Dam height determination based on the check dam function as the foundation of the hillside works

4-1-7 Terminology of check dam

In the below drawings, terminology of the concrete type check dam is shown. The concrete type is the standard of the check dam in Japan and general structures and functions are provided in the type.

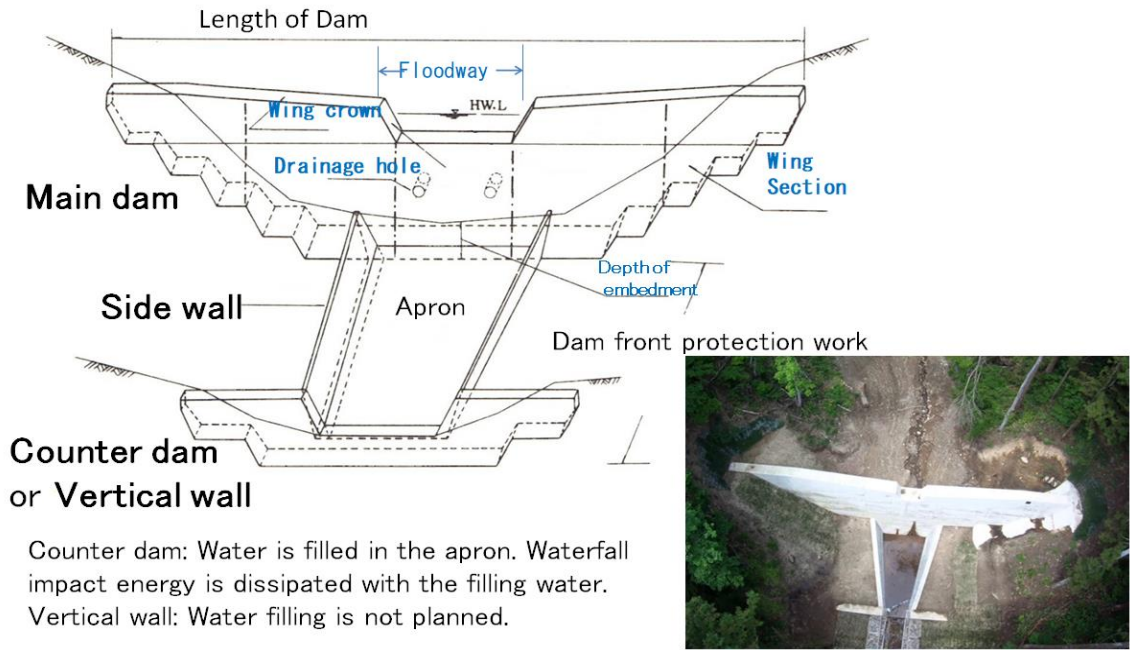


Figure 4-19 Terminology of check dam (concrete type) (1)

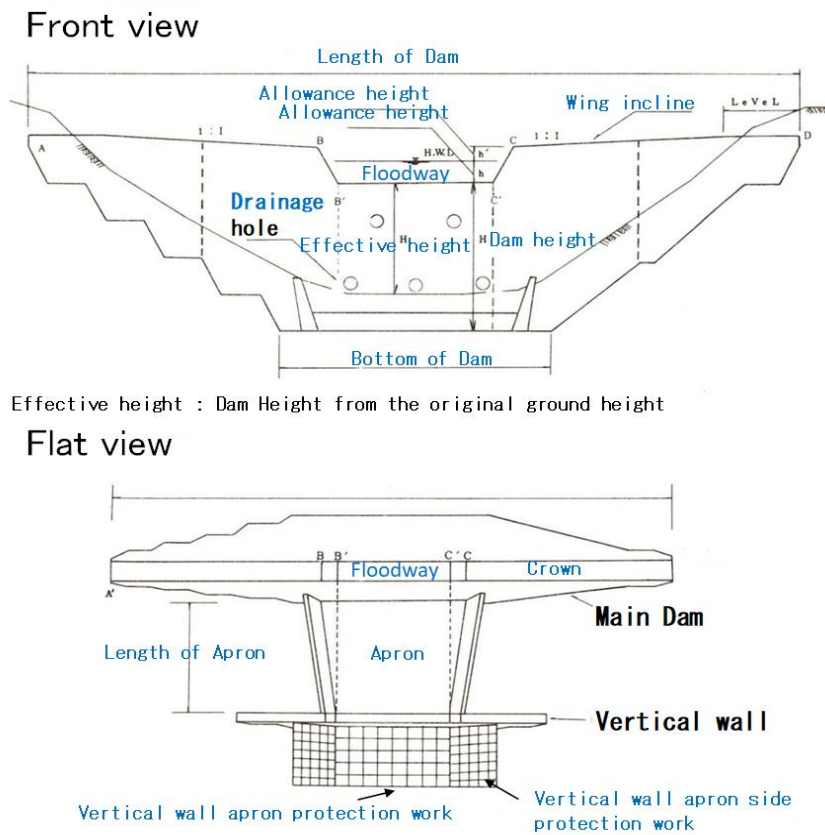


Figure 4-20 Terminology of check dam (concrete type) (2)

4-1-8 Floodway of check dam

Position of Floodway

Determination of the position of the floodway of a check dam shall be made in consideration of conditions as following:

The position of the floodway of the check dam shall be determined according to the topography, geology, conditions of the river bank, direction of water flow at the dam site, etc. so as not to affect scouring at the downstream toe end of the dam and erosion conditions of upstream and downstream river side slopes.

In case both side slopes of the check dam site have gravel layers, the floodway of the dam shall be determined by considering the conditions of the torrent, the direction of the water flow and etc. at the upstream and downstream of the dam site.

In case one side of the dam site has solid ground, while the opposite side is the gravel layer ground and the center line of the torrent is straight, then the floodway position shall be located closer to the side where the ground is solid. It shall be determined that the position of the floodway be closer to the solid ground side. (Refer to the Figure 4-16 (1))

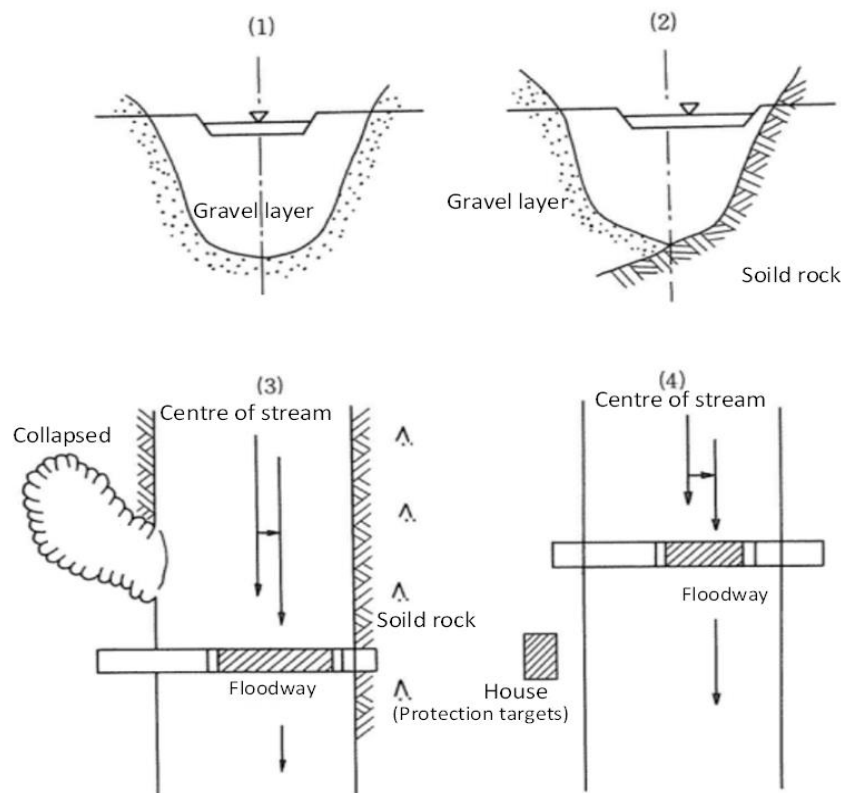


Figure 4-21 Floodway arrangement based on surrounding conditions

In there is a collapsed slope side at the upstream of the dam site, the location of the floodway shall be determined at the opposite site of the collapse so as not to affect the flow of water in the collapsed area (Refer to Figure 4-16 (3)).

In case there are important conservation targets such as residential areas along the upstream or downstream stream of the dam site, the center of the torrent stream and the direction of the dam, and position of the floodway shall be set so as not to affect the conservation targets.

Cross section of floodway:

The cross section (area to flow the water) of a floodway of a check dam is basically determined with the design high water runoff at the dam site. The area of the floodway is required to allow the flow the high water runoff together with the allowance for soil and gravel, driftwood, debris flow, etc as well. Considering the prevention of clogging by gravel, driftwoods etc., the minimum height of floodway is empirically taken as 1m and more and the bottom length is as 2 to 3 m or more.

Design high water runoff

The runoff used to determine the cross section of the floodway of the dam is Design high water runoff (Q_{max}) and it is calculated by correcting from the Maximum flood runoff (Q) by considering the flood traces in the target torrent as below equation:

$$Q_{max} = Q \times f_q \quad (\text{Correction from the Maximum flood discharge})$$

Q_{max} : Design high water discharge

Q : Maximum flood discharge

f_q : Correction factor

$$f_q = \frac{\text{Cross-sectional area of torrent based on flood traces (m}^2\text{)}}{\text{Cross-sectional area calculated by maximum flood discharge(Q)}}$$

Maximum flood discharge (Q) at the dam site is calculated with Rational Equation as below:

$$Q = 1/360 \times f \times \gamma \times A \quad \text{----- Rational equation}$$

Herewith

Q : High water discharge at the dam site (m^3/s)

f : Runoff co-efficient

γ : Rainfall intensity of flood arrival time

(or concentrated time: mm/h)

A : Catchment area (ha)

For Γ : Rainfall intensity to calculate the maximum flood discharge, the 100 year probability rainfall is normally used.

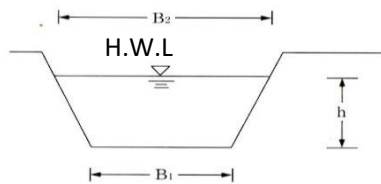
Runoff co-efficient is the rate of the arriving water quantity and differ based on the surface and vegetation conditions of the hillsides as shown in the table

Table 4-1 Runoff co-efficient according to the land surface conditions

Ground infiltration condition / undulation	Inferior infiltration ground			Moderate ground			Good infiltration ground		
	Steep	Moderate	Gentle	Steep	Moderate	Gentle	Steep	Moderate	Gentle
f_1									
Forest	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35	0.45	0.35	0.25
Coarse woodland/cultivation land	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35
Grass land	0.85	0.75	0.65	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45
Rocky barren land	0.90	0.80	0.70	0.80	0.70	0.60	0.70	0.60	0.50
Urbanizing condition	Urban area	Residential	Pavement road	Gravel road	Grass / lawn garden	Wood land	Playground park		
f_2	0.90~ 0.95	0.70~ 0.80	0.85~ 0.98	0.60~ 0.75	0.45~ 0.55	0.35~ 0.40	0.55~ 0.65		

Water in the watershed area

Rain water falling in the catchment area is concentrated to the check dam site through the torrent.



The size of floodway must be large enough to flow the corrected water.

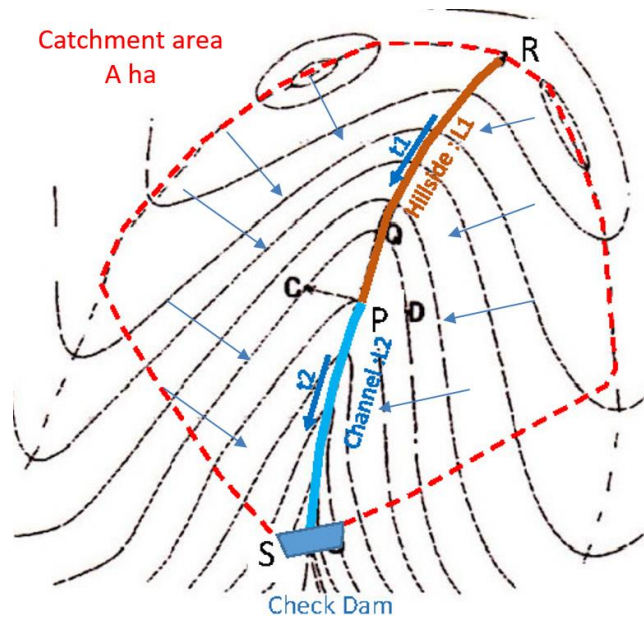


Figure 4-22 Rainwater in the catchment area collected to the dam site

Size of floodway

A shape and size of the floodway section of a check dam shall be calculated with two calculation methods as followings:

a. Contracted flow weir method

If the upstream riverbed of the dam is lower than the crown at the time of dam completion and if the upstream of the dam is not filled with water, the contracted flow weir method will be adopted.

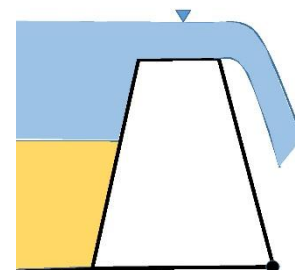


Figure 4-23 Contracted flow weir method

b. Open channel method.
 If the upstream of the dam is filled with soil after the completion of the dam and the crown of the dam continues to the upstream river bed, then it will be designed as an open channel.

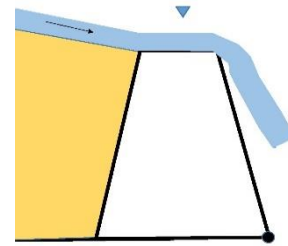
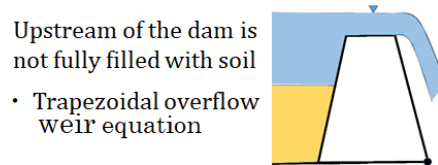


Figure 4-24 Open channel method

Contracted flow weir method

$$Q_{\max} = \frac{2}{15} \cdot C \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (3 \cdot B_1 + 2 \cdot B_2) \cdot h^{3/2} \cdot \dots \cdot \text{Trapezoidal overflow weir equation}$$



Herewith

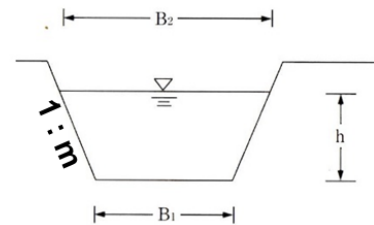
- Q_{max} : Quantity of maximum flood discharge
- C : Coefficient of discharge (Normally C=0.6)
- g : gravitational acceleration (9.8m/sec²)
- B₁ : Width of the bottom of the floodway (m)
- B₂ : Width at the surface of the overflow (m)
- h : Overflow depth (m)

In case C = 0.6, m = 0.5

$$Q \doteq (0.71 \cdot h + 1.77 \cdot B_1) \cdot h^{3/2} \dots \dots \dots \text{Equation}$$

In case C = 0.6, m = 1.0

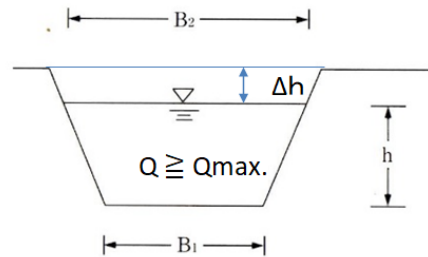
$$Q \doteq (1.42 \cdot h + 1.77 \cdot B_1) \cdot h^{3/2} \dots \dots \dots \text{Equation}$$



The overflow depth (h) is calculated from the High (maximum) flood discharge as an overflow trapezoidal weir with no consideration of approaching flow velocity.
 The unit of overflow water depth (h) is rounded up to the nearest 0.01m and calculated in the unit of 0.1m.
 The bottom width of the water passage is set in 0.5 m units.

Contracted flow weir method

The estimated quantity (Q) obtained from the section area of the floodway and calculated by the contracted weir method will be approached to and more than the planned maximum high water discharge of Q_{max}.



Afterwards the size of the section of the flood way will be determined.

- $Q \geq Q_{max}$.
- An allowance height (Δh) shall be considered.

Δh is as shown in the following table. Table 4-2 Allowance height

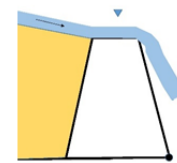
Planned high water discharge Q _{max}	Allowance height Δ
less than 50m ³ /s	0.4 m more
50m ³ /s >= Q _{max} < 200m ³ /s	0.6 m
200m ³ /s >= Q _{max} < 500m ³ /s	0.8 m
500m ³ /s or more than 500m ³ /s	1.0 m

C : Coefficient of discharge is an coefficient that is related with shrinking and speed of the water flow. Accordingly it is

Open Channel Method

If the dam is back-filled with soil completely when constructed, It can be regarded as open channel type.

Accordingly the Manning equation can be applied as follow:



$$Q_{max} = V \cdot A \quad \dots \dots \dots \text{Manning equation}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad R = \frac{A}{P} \quad A = h \cdot (B + m \cdot h) \quad P = B + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$$

- Q : Quantity of water flow (m³/s)
- V : Overflow velocity (m/s)
- n : Manning's Roughness coefficient
- R : Hydraulic mean depth (m)
- I : Gradient of upstream sediments
- A : Section area of water flow (m²)
- P : Wetted perimeter (m)
- h : Planned High Water Level (m)
- B : Bottom width of water flow (m)
- m : Incline of side section of water flow (1:m)

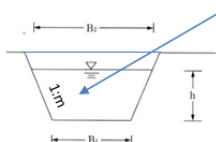


Table 4-3 Manning's Roughness coefficient

区分	溪床の状況	Roughness coefficient	
		Range	Standard
Natural rivers	Streams in Mountains, gravels, Cobble stones	0.030~0.050	
	Streams in Mountains, Cobble stones, Boulders	0.040 and more	
	Major rivers, clay and sandy soil	0.018~0.035	
	Major rivers, Square gravel	0.025~0.040	
Artificial channel/other	Concrete artificial channel	0.014~0.020	
	Stone & gravels at the stream sides, soil channel bed		0.025
Mountain streams	Gravels, stones and	0.030~0.050	0.040
	Stones and boulders on stream beds	0.040~0.070	0.050
Torrents in mountains	Torrents		0.070
	D=0.5 m boulders scattered		0.080
	D=0.3-0.5m stones and gravels scattered		0.070
	Well-maintained stream beds		0.060
	Bedrocks exposed due to frequent flushing water and soil		0.050

- Floodway size shall be satisfy : $Q \geq Q_{max}$
- Allowance height is same as contracted flow weir method as previous page.

4-1-9 Stability conditions of check dam

A gravity-type check dam needs to resist external forces such as water pressure and earth pressure by its own weight. It is required to satisfy the following four conditions:

(1) Stability against Fall

The lines of action of the resultant forces of the vertical and horizontal loads shall be within the bottom of the dam.

(2) Stability against Slide

The total resistance against sliding must be greater than or equal to the total horizontal forces.

(3) Stability against Destruction of the dam

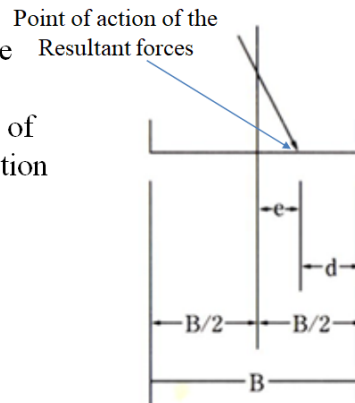
The stress level at each part of the dam body shall not exceed the allowable stress level of the materials that consist of each part of the dam body. However, as a general rule, do not generate tensile stress at the upstream end of the dam bottom.

(4) Stability against the bearing capacity of the foundation

The maximum reaction force at the bottom of a dam shall not exceed the allowable bearing capacity of the foundation.

(1) Stability against Fall

It is stable against a fall if the resultant force action line of own weight of the dam and various external forces are within the width of the dam bottom as long as the stress or reaction force due to the load does not exceed the permissible values of the dam body and the foundation,



$$0 < d < B = M / V \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{Equation 1}$$

d: Distance from the intersection point of the action line of the resultant force of the load and the downstream end of the dam bottom (m)

B: Width length of the Dam bottom (m)

M: Total load moment acting on the cross section per unit width with the fulcrum at the downstream end of the dam bottom (kN · m / m)

$$e = B / 2 - d \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{Equation 2}$$

V: Total vertical component force acting on the cross section per unit width (kN / m)

H: Total horizontal component force acting on the cross section per unit width (kN / m)

e: Distance from the intersection point of the action line of the resultant force of the load and the center of the dam bottom(m)

(2) Stable against Slide

The following conditions are required for the dam to be stable against slide.

$$V \cdot f > H \quad \dots \dots \dots \text{Equation 3}$$

Here, f : friction coefficient of the foundation

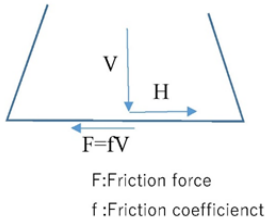


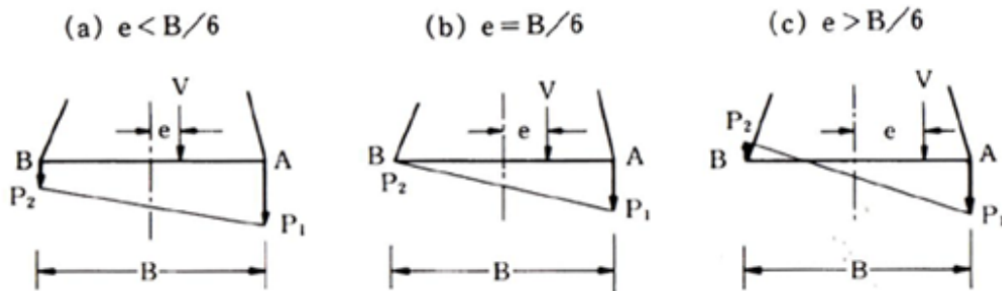
Table 4-4 Friction coefficient of foundation

Foundation condition	Friction coefficient
Tight gravel and soil	0.7
Tight soil	0.6

Note: Friction coefficient shall be treated as 0.7 and more in case the foundation is hard rock

(3) Stability against Destruction of the dam

The dam body is stable against the destruction stress as long as the stress generated to the dam does not exceed the allowable stress of the dam. However, in the case of concrete structures, in principle, the tensile stress shall not be generated even if it is within the allowable value.



The resultant force acting position and stress

Figure 4-25 The resultant force acting position and stress

The resultant force acting position and stress
 In the figure, in case the vertical component force V acts on the point where the distance from the center of the dam bottom is e , the stress distribution at the dam bottom is as shown in P2 to P1.
 The stresses P2 and P1 at the upper and lower ends of the dam bottom are expressed by the following equations:

$$P_1 = V/B(1+6e/B) \quad \dots \dots \dots \text{Equation 4}$$

$$P_2 = V/B(1-6e/B) \quad \dots \dots \dots \text{Equation 5}$$

- If $e = B/6$ then $P_1 = 2V/B$ $P_2 = 0$
 $e < B/6$ (a) distribution
 $e = B/6$ (b)
 $e > B/6$ (c)

The upstream end of the dam bottom in the Figure (C) is a tensile stress. The basic condition that no negative stress is generated in the dam bottom is $e \leq B/6$. Therefore it can be regarded that the dam body does not generate negative stress and stable against destruction in case the intersection point of the action line of the resultant force at the dam bottom is within the middle third of the width of the dam bottom AB.

The allowable stress of a concrete gravity dam is as shown in the table: where the design standard strength is 18 N/mm^2 .

Table 4-5 Allowance stresses of concrete dams

Allowable stress types	Allowable stress (N/mm ²)
Allowable stress	4.5
Allowable bending tensile stress	0.22
Allowable bearing stress	5.4

The stress (P) at the dam bottom is also the reaction force of the foundation ground and if the maximum stress (P1) is smaller than the bearing capacity of the foundation, the foundation is stable. However, if there is a negative stress (-P) in the stress distribution between P1 to P2 then there is no ground reaction force at that part. so the maximum ground reaction force is calculated by the following equation.

$$P_1 = \frac{2V}{3d} \quad \text{here: } d = B/2 - e \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \text{Equation 6}$$

In addition, if the bearing capacity of the ground is not sufficient, an appropriate foundation treatment is required.

The following table shows bearing capacities of ground conditions of the foundation:

Table 4-6 Bearing capacity of ground bed rocks

Ground condition	Bearing capacity N/m ² (tf/m)	Ground Conditions	Bearing capacity kN/m ² (tf/m)
Hard Rock	2,000~3,000 (200~300)	Hard clay layer	150~200 (15~20)
Granite (Flat/monolith condition with 3 m thickness or more)	3,500~10,000 (350~1,000)	Ordinary soil	30~100 (3~10)
Porphyrite (Flat/monolith condition with 3 m thickness or more)	3,000~3,500 (300~350)	Clay layer	50~200 (5~20)
Greywacke (Flat/monolith condition with 3 m thickness or more)	1,500~6,000 (150~600)	Clay mixed with gravel	50~300 (5~30)
Limestone (Flat/monolith condition with 3 m thickness or more)	1,000~2,400 (100~240)	Gravel layer	300~600 (30~60)
Soft rock (tuff, sandstone, shale)	700~1,500 (70~150)	Gravel mixed with sand	200~500 (20~50)
Aquatic rock layer (low consolidation)	500~600 (50~60)	Ordinary sand layer	100~400 (10~40)
Gravel layer (high degree of consolidation)	700~800 (70~80)	Hard clay layer	200~500 (20~50)
Sand layer (high degree of consolidation)	700~800 (70~80)	Wet clay	150~200 (15~20)

(4) Foundation of Check Dam

- a. The allowable bearing capacity of the foundation shall be greater than the maximum reaction force generated at the dam bottom.
- b. It is necessary to examine whether the frictional resistance of the foundation is sufficient to the dam movement due to external force.
- c. Scouring of the foundation shall be carefully considered since the ground at the end of the downstream part of the dam is prone to be destroyed by scouring of running water
- d. It is also necessary to consider to protect the foundation from destruction by seepage water (quicksand/Liquefaction and piping).

Depth of the penetration of a check dam

a. Foundation of a check dam is prone to be unstable due to ground inhomogeneity (especially in the gravel layer), weathering for years and by the scouring at the downstream foot of the dam by floods and the dam in those situations will be damaged easily. Therefore, it is necessary to consider and determine the sufficient depth of penetration of embedding in consideration of these factors.

b. The depth of the penetration of the bottom of the check dam varies depending on local conditions such as the height of the dam and the depth of overflow water.

In the case of a single dam, the following is the standard of the depth:

Table 4-7 Depth of the penetration of the foundation

(1) Disc-shaped hard rock in the state of fresh rock	0.5m approximately
(2) Rock	1.0m approx.
(3) Soft rock in the state prone to be weathered/ cracky rock conditions	1.5m approx.
(4) Gravel layers	2.0~3.0m approx.

4.2 Channel work

If a waterway is not fixed at the most downstream sedimentary section of a torrent, river banks will be destroyed or eroded by drifting currents and it may cause damages to the downstream area. Channel works are installed in the lower reaches of such torrents to fix the waterway, to prevent vertical and lateral erosions, and to stabilize the stream channel. In channel work, revetment and ground sill works are the main components along with reverbed girde and bottom covering works.

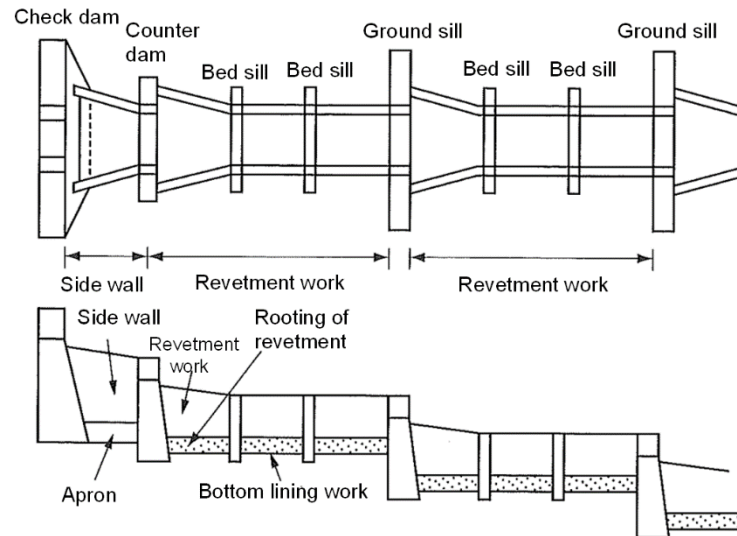


Figure 4-26 Channel work

4-2-1 Purposes of channel work

The purpose is to regulate and prevent vertical and lateral erosions in torrents by fixing the channel and reducing the longitudinal gradient to prevent turbulence.

Channel work normally does not have a function to regulate sediment and there is a risk that the channel will be blocked if a large amount of sediments flow down. In order to avoid such situation, the channel work shall be started after check dams and other soil erosion control work has been completed in the upstream area.

In principle, check dams shall be constructed in the upstream of the target channel work. Sufficient discharge volume shall be ensured for channel work and the longitudinal gradient shall be determined so as not to cause local scouring or abnormal sedimentation.

4-2-2 Alignment of channel work

1. Alignment of channel work shall be as smooth as possible and preferably straight so as not to cause local scouring, abnormal sedimentation, or overflow of running water.
2. In case channel work is required to be constructed prior to the soil erosion control works and check dams of the upstream area, the alignment of the channel work shall be straight as much as possible. (Originally, construction shall be started from the upstream construction.)
3. If it is necessary to turn in the stream in a high land use area, the radius of curvature of the channel shall be taken as large as possible.
4. In case connecting to waterways, etc. by other projects downstream, the connection shall be smooth so that water can flow without any obstacle.
5. In case a main stream and a tributary stream meet, the alignments of the two streams shall be set to meet at an acute angle as much as possible.

4-2-3 Longitudinal cross section of channel work

1. The longitudinal cross section profile of channel work shall be determined in consideration of its purposes and local torrent conditions. It is therefore necessary to comprehensively consider the arrangement of ground sills at the upstream and downstream ends, the design

streambed gradients, the design streambed heights, the presence or absence of covering of the beds, etc.

2. The design gradients of channel work are determined by investigating the widths of the stream, the water depths, the gradients of the streambeds, the particle sizes of the stones and gravels that make up the streambeds, etc. before construction, and considering the stability of the streambeds. In addition, it is desirable to set the design streambed gradients as gentle as possible.

3. In principle, the design streambed heights for channel work shall be set lower than the existing streambed by excavation.

4. Maintaining the design streambed gradients in channel works shall be achieved by preventing erosion of the streambeds by installing ground sills, vertical wall works, or by laying the covering bottoms of channel works. In case installing ground sills, they shall be placed in a step pattern with the drop as small as possible.

5. In case changing design streambed gradients in the channel work, a ground sill shall, in principle, be installed at the change point of the gradients. It is desirable to have a gentle gradient from upstream to downstream.

6. In case a tributary stream flows into the main stream, the longitudinal gradient of the tributary shall, in principle, match the gradient of the main stream. For this reason, it is necessary to take measures such as installing ground sills on the tributary directly upstream of the confluence and correcting the longitudinal gradient of the tributary to merge.

4-2-4 Streambed of channel work

Channel works shall, in principle, be planned without bottom lining work, i.e., two-sided channel work. However, the bottom lining work, i.e., three-sided channel work, is applicable when the constituent materials of the streambed in the planned section of channel works is not strong enough to maintain the design streambed gradient.

Generally, bottom lining work, is adopted in the following cases:

(1) In case design streambed gradient is steep and the tractive force is beyond the critical tractive force for the average diameter of the stone gravel constituting the stream bed.

(2) In case the streambed of channel works is narrow and steep, the streambed will be disturbed by excavation during construction, and design streambed height may not be maintained.

(3) In case the erosion by running water needs to be prevented directly with the lining work since the streambed is composed of gravels and fine particles with low specific gravity such as volcanic soil, volcanic ash deposit and etc..

(4) In case applying bottom lining work is more economical than that of changing streambed gradient with installation of ground sill, and that of widening the stream and shallowing the water depth, etc.

Generally, tractive force and critical tractive force are obtained by having the dimension of speed such as friction velocity and critical friction velocity. When critical friction velocity is smaller than friction velocity, the design streambed gradient and water depth shall be examined to reduce or bottom lining work shall be considered to install.

[Reference]

Friction velocity/ critical friction velocity

Friction velocity and critical friction velocity are calculated by the following formula:

(1) Friction velocity formula

$$U^* = \sqrt{\tau_o / \rho}$$

U*: Friction velocity (cm/s)

τ_o : Shear force works on streambed surface

$\tau_o = \rho \cdot g \cdot R \cdot I_e$

ρ : Density of water (g/cm³)
 g : Gravitational acceleration (980cm/s²)
 R : Hydraulic radius (cm)
 I_s : Energy gradient (Design streambed gradient)

(2) Critical friction velocity formula (Iwagaki formula)

$$U^*c^2 = 0.05 (\sigma/\rho - 1) g \cdot d$$

U^*c : Critical friction velocity (cm/s)
 σ : Density of gravel (g/cm³)
 ρ : Density of water (g/cm³)
 $\sigma/\rho = 2.65$ (Specific gravity of gravel)
 g : Gravitational acceleration (980cm/s²)
 d : Diameter of stone gravel (cm)

4.3 Revetment work

4-3-1 Purpose of revetment work

Revetment work aims to prevent lateral erosion on stream banks due to running water and hillside collapse, or is used as the foundation for hillside works.

Revetment work has one or more purposes to be installed as followings:

- To prevent lateral erosion on stream banks by running water.
- To prevent hill side collapse due to mountain foot scouring by running water.
- To be used as a foundation for implementing hillside work.

Revetment work shall be designed as a foundation for the mountain foot if running water directly collides and scours the stream bank, or if the hillside may collapse due to erosions. In many cases, however, a check dams are installed alongside since revetment work alone is not enough to stabilize the torrent,

Revetment, as well as a dyke, may be designed if planning to prevent longitudinal and lateral erosions by changing the stream direction. In case debris flows are needed to be guided, revetment work may be designed to guide those movements.

4-3-2 Types of revetment work

Types of revetment work shall be determined as in following ways:

- 1 A type of revetment work to be installed at site shall be determined according to site conditions, and selected appropriately amongst concrete, concrete block, concrete frame, steel frame, iron wire basket, wood, etc.
- 2 Concrete or concrete block types can be adopted in torrents with a large amount of running water and flowing sediments so as not to be destroyed. Wet masonry work with concrete blocks and filling concrete as well as back-filling concrete can be also applied in such torrents,
- 3 Concrete frame or steel frame types shall be adopted in situations where the torrents have little impact by running water and flowing sediments and where the foundation ground

has uneven settlements, where drainage effects of sediments and embankments are required and where other types are not technically applied.

4 An iron wire basket type (gabion) or a wooden type shall be applied when the torrent has a gentle gradient bed, low-flow rate, and small flow out of sediments.

4-3-3 Position and normal line of revetment work

1. Position of revetment work shall be determined to be most effective for the purposes of the work at the site after investigating the configuration of ground, geological features of the construction site, collision state of running water, estimated high-water discharge level, planned height of other erosion control works, gradient of devastated slopes, actual conditions of existing revetment work and so on.
2. Revetment work shall be installed at a place where the water colliding front in torrent hits, or a hillside may be collapsed or the collapses may be expanded, foundations of hillside works need to be conserved and etc.
3. Arrangements of revetment works against stream bank collapses are as follows:

- (1) To install revetment work in case directly protecting lateral erosion of torrent, conserving the collapse-prone stream bank slopes and their feet, (Figure 4-18 (1))
- (2) To install it at the feet of collapsed slopes in the upstream of the check dam to prevent washout or collapses in case lateral erosion occurs and a check dam has already been provided to prevent longitudinal erosions, (Figure 4-18 (2))
- (3) To install it at the foot of the collapsed area after removing tocks and obstacles in case the rocks and other obstacles may have changed stream center and collapsed area of a stream bank have been created, (Figure 4-18 (3))
- (4) To install it as the normal line of revetment work be designed as smoothly as possible to avoid currents from drifting.

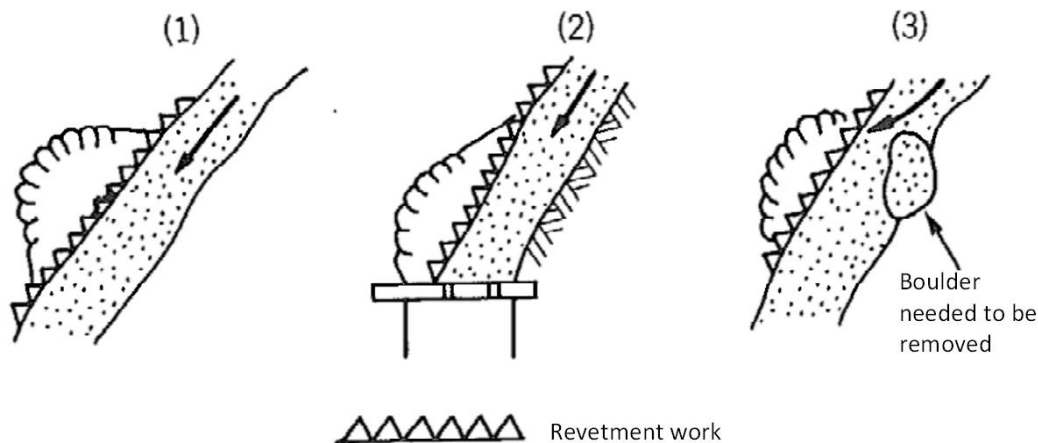


Figure 4-27 Arrangements of Revetment work

4-3-4 Structure of revetment work

Structure of revetment work shall be selected appropriately by considering factors such as topography and geology directly behind the target site as follows:

- (1) Gravity-type or leaning-type of revetment work shall be considered as the standard at steep gradient slopes at the stream sides. The sloping type (Figure 4-19 (2)) however can be applied only where stream side slopes have comparatively gentle gradients and the revetment will not be presumably destructed.

(2) Gravity-type or leaning-type revetment work made of concrete, wet masonry, and wet concrete blocks shall be designed in case the earth pressure from behind to be considered by observing the soil property on the hillside slope behind.

(3) When the earth pressure works on revetment work of gravity-type or leaning-type, the cross section shall be designed by stability calculation with the same method of stability calculation for retaining works in the Hillside works.

(4) Sloping type revetment work is usually constructed with wet masonry, iron wire baskets (gabion), etc., in which the cross-section is determined empirically, without stability calculation.

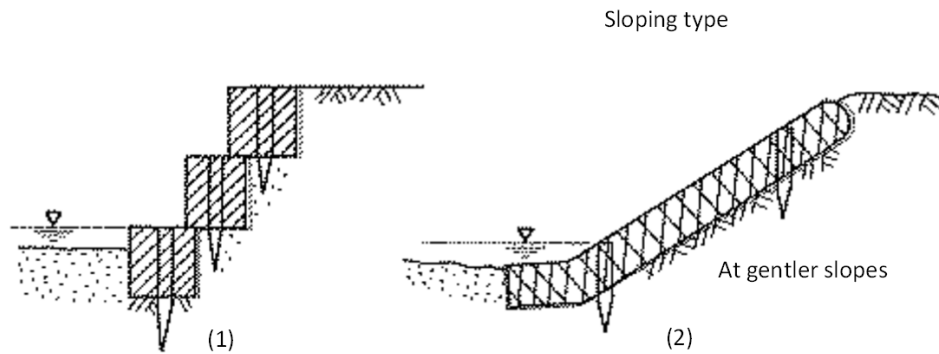


Figure 4-28 Gabion revetment work and sloping type of Revetment work



Photos on Front cover

Upper left: Simple terracing,
Radovich North

Upper right: Fish scale terracing,
Lisiche, Chaska

Down left: Gabion check dam,
Radovich South

Photo on Back cover

Retaining wall and channel work,
Radovich North

Прирачник за активности за зачувување на шумите во Северна Македонија



Проект за градење на
капацитетите за
Екосистемски-базирано
намалување на ризици од
катастрофи (Еко-НРК)
преку одржливо
управување со шумите во
Република Македонија

Центар за управување со кризи
Јавно претпријатие Национални шуми
Агенција за меѓународна соработка на Јапонија

Ноември 2023

Прирачник за активности за зачувување на
шумите во Северна Македонија
Верзија 1

Проект за градење капацитети за
екосистемски-базирано намалување на
ризикот од катастрофи преку одржливо
управување со шумите во Северна
Македонија

ноември 2023 година

Овој извештај го подготви експертскиот тим на ЈСА на “Проект за градење на капацитетите за Екосистемски-базирано намалување на ризици од катастрофи (Еко-НРК) преку одржливо управување со шумите во Република Македонија,, и Јавното претпријатие Национални шуми. Рецензиран е од проф. Иван Блинков, Шумарски факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Северна Македонија.

Содржина

1 ЦЕЛ НА ПРИРАЧНИКОТ ЗА АКТИВНОСТИ ЗА ЗАЧУВУВАЊЕ НА ШУМАТА	1
2 ОСНОВНИ КОНЦЕПТИ И ТЕОРИИ ЗА ЕРОЗИЈА НА ПОЧВАТА И ГРАДЕЖНИ АКТИВНОСТИ ЗА ЗАЧУВАЊЕ НА ШУМАТА.....	1
2.1 Географски фактори: сливови, ридови и долини (Порои).....	2
2.2 Производство на почва: движење на маса и ерозија на површина ...	3
2.3 Истекување на вода во слив.....	8
2.4 Создавање на јаруги	10
2.5 Контрола на ерозија на ридови: Активности на ридовите	11
2.6 Контрола на ерозија во порои: работа со порои	13
2-7 Ефекти на дрвата и шумите на падините за контрола на ерозијата	13
3 РАБОТИ ЗА КОНЗЕРВАЦИЈА НА ШУМАТА: ЗАФАТИ НА РИД.....	15
3.1 Рамнење (сечење на падина).....	17
3.2 Конструкции за задржување на земја (изградба на потпорни сидови)	19
3.3 Изградба на ридски канал.....	30
3.4 Закопан одвод (француска дренажаа/ пропусти).....	36
3.5 Едноставна терасирачка работа	39
3.6 Поставување на ограда.....	42
3.7 Работа со бусен.....	45
3.8 Поставување на вегетациска покривка.....	46
3.9 Хидросеење	50
4 ГРАДЕЖНИ РАБОТИ ЗА ЗАЧУВУВАЊЕ НА ШУМАТА: ПОРОЈНИ КОНСТРУКЦИИ	52
4.1 Насипана брана (брана за задржување на наноси или земјен праг) 52	
4.2 Изградба на канали	71
4.3 Обалоутврди.....	74

1 ЦЕЛ НА ПРИРАЧНИКОТ ЗА АКТИВНОСТИ ЗА ЗАЧУВУВАЊЕ НА ШУМАТА

Активностите за зачувување на шумите имаат за цел да ги одржуваат и обноват шумите преку комбинирање градежни работи со различни материјали и засадување вегетација и дрвја во шумата, насочени кон зачувување на шумската почва, која може да се смета како основа на шумите. Друга важна цел на активностите за зачувување на шумите е да се намалат штетите предизвикани од лизгање на земјиштето и поплавите, кои главно се предизвикани од пустошењето на шумите. Се очекува по завршувањето на овие работи да растат шумите и потоа шумите да ги намалат катастрофите и поплавите.

Со цел зачувувањето на шумите ефикасно да функционира како контрамерка против таквата ерозија на почвата и уништувањето на шумите, неопходно е да се знаат причините и механизмите на деградација на шумите, ерозијата на почвата, колапсот на земјиштето, итн. и да се знае како да се ублажат овие причини, како и да се познаваат објектите и механизмите со кои мерките за зачувување на шумите функционираат како контрамерки против тие проблеми.

Бидејќи методологиите за зачувување на шумите се систематизирани во Јапонија со текот на годините, овој прирачник ги презентира методите за избор и дизајнирање на работи за зачувување на шумите, притоа фокусирајќи се на технологијата на јапонските активности за зачувување на шумите, како и земајќи ги предвид формите на уништување на шумите и ерозија на почвата во Северна Македонија.

Работите за зачувување на шумите имаат за цел да ја заштитат почвата во еден слив преку градежни објекти. Почвата ја формира основата на шумите и со зачувување на почвата може да се зачува и опкружувањето во кое растат шумите. Затоа, овие работи за зачувување на шумите, кога почвата на падините што се деградирани и изложени повторно се обновува во шума, може да се сметаат за најдобри техники за одржување и управување со шумите.

Овој прирачник се фокусира само на видовите на градби и на основниот концепт за нивно планирање за зачувување на почвата. Управувањето со садењето за обнова на шумите и нивното одржување, што се одвива по активностите за зачувување на шумите, ќе се спроведе согласно постоечките методи и техники за управување со шуми што се спроведуваат во Северна Македонија. Целта е овие методи да се применуваат како една од технологиите за зачувување на почвата во методологиите за управување со шумите во Северна Македонија.

Се надеваме дека ќе се подготват пообемни и поопфатни насоки за управување со шумите и дека овие градежни работи за зачувување на шумите ќе бидат дел од овие насоки во иднина.

2 ОСНОВНИ КОНЦЕПТИ И ТЕОРИИ ЗА ЕРОЗИЈА НА ПОЧВАТА И ГРАДЕЖНИ АКТИВНОСТИ ЗА ЗАЧУВАЊЕ НА ШУМАТА

Шума отпорна на катастрофи одговара на шума која има „функција за спречување катастрофи поврзана со почва/функција за зачувување на почвата“, што се видови на шумски функции. Функцијата за спречување на катастрофи поврзана со почвата (одрони и пропаѓање на земјиштето) е дефинирана како улога за спречување на лизгање на земјиштето или пропаѓање на земјиштето преку кореновиот систем на шумата. Се смета дека овој ефект се врши со развојот на кореновиот систем. (Агенција за шумарство на

Јапонија, 2015 година, Прирачници за развој на шуми со функции за спречување на високи испуштања на седимент)

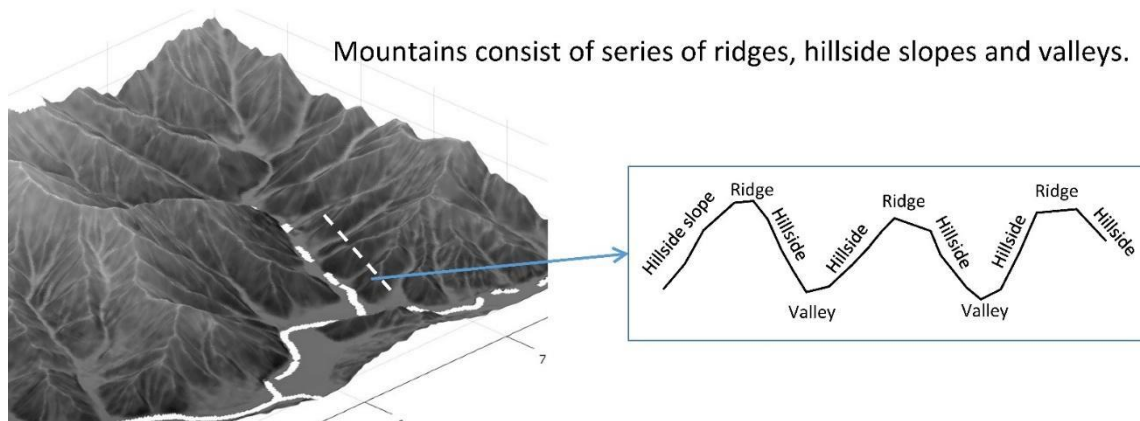
Шумското тло каде што растат дрвјата е покриено со ѓубре и пониски слоеви со трева, што ги спречува капките дожд директно да ја погодат површината на почвата, со што се спречува ерозијата на површината на земјата. Покрај тоа, ѓубрето-хумус обезбедува хранливи материи кои го поттикнуваат растот на дрвјата и ја формираат почвата. Исто така, има функција за спречување поплави што спречува водата да тече низводно одеднаш.

Со други зборови, во случај овие шуми да се деградираат и да ја загубат својата покривка, се зголемуваат ризиците од појава на одрони и поплави.

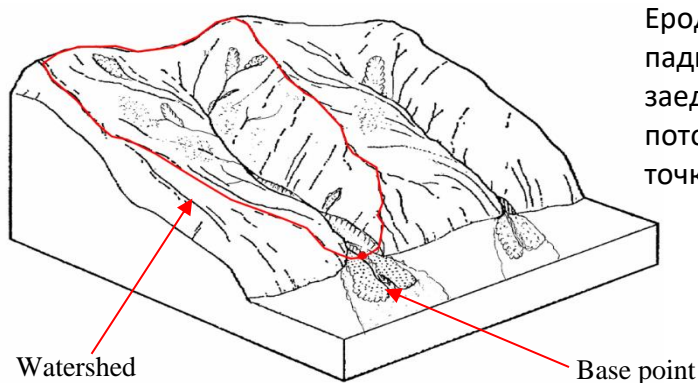
„Движење на маса“, „ерозија на површината“ и „ерозија на јаруги“ може да се категоризираат како типични видови на ерозија во Северна Македонија. „Движење на маса“ значи дека почвените маси, како што се уривањето и лизгањето на земјиштето, се уриваат и се лизгаат надолу од падините, а омекнати седименти течат низводно од масите. „Ерозија на површината“ е вид на ерозија на почвата во која горниот слој на почвата се лупи и тече надолу од пасиштата создадени со шумски пожари и понатамошната ерозија напредувајќи од таму до изложената гола земја на површината на земјата. „Ерозија на јаруги“ е вид на ерозија што може да се развие по ерозија на површината. Ова е вид на ерозија кога почвата на површината еродирана преку јаруги. Активностите за зачувување на шумите презентирани во овој прирачник имаат за цел да ги решат овие три форми на ерозија кои предизвикуваат деградација на шумите во Северна Македонија.

2.1 Географски фактори: сливови, ридови и долини (Порои)

Слив е област омеѓена со граници низ која се дели водата од врнежите (Прирачник за брани од Јапонското здружение за брани²⁰²¹) како што е прикажано на Слика 2-1. Ова е област каде што сите врнежи се собираат на одредена точка низводно (референтна точка на сливот: означена со црвен круг на Слика 2-1). Општо земено, планините може да се поделат на ридови и долини/порои, а поголемиот дел од областа на сливот се состои од ридски падини. Покрај тоа, седиментот што се создава од планините се создава со уривање и лизгање надолу по падините поради гравитацијата, бидејќи земјата и карпите што ја сочинуваат падината ја губат својата отпорност на гравитацијата, што првично ги натерало да останат на падината (производство на седимент). Седиментот, заедно со водата што тече надолу по падината, се влева во долината, надолу по долината (движење на седиментот), ја поминува референтната точка на сливот и на крајот истекува од сливот во низводните области. Градежните работи за зачувување на шумите го контролираат производството и движењето на таквиот талог и се обидуваат да го ублажат уништувањето на шумите на падините и да создадат средина во која шумите можат да растат. Може да се очекува да обезбеди соодветна средина и капацитети за планинската област.



Слика 2-1 Составни делови на планина: гребени, ридови и долини (порои)



Еродираниите седименти произведени на падините на ридовите се носат надолу заедно со дождовницата низ долините потоци/порои, поминуваат низ референтната точка и се испуштаат низводно од сливот.

Слика 2-2 Транспорт на седимент во слив

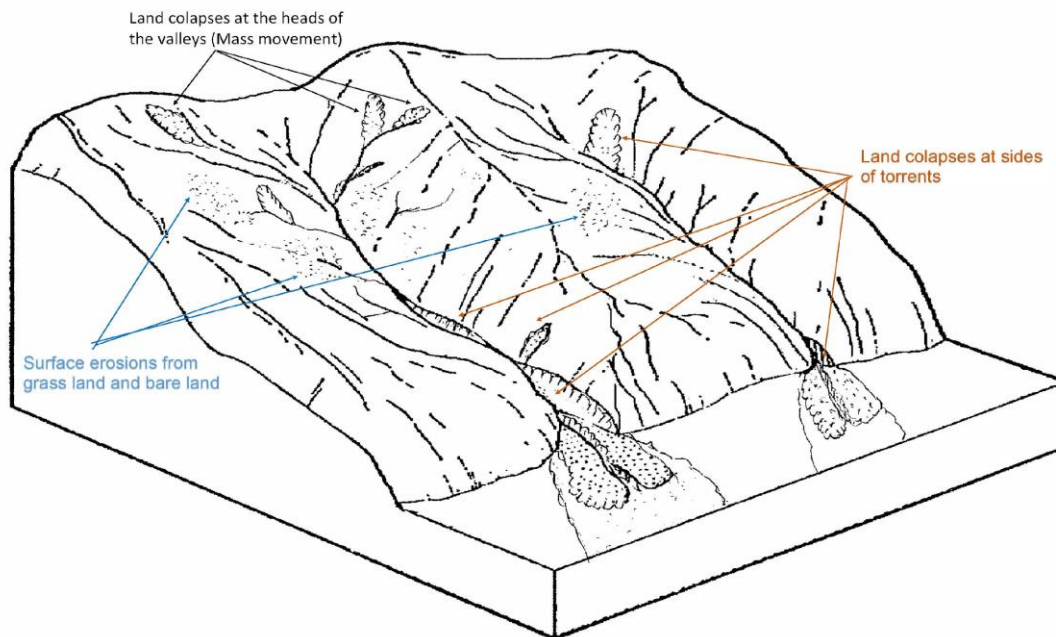
2.2 Производство на почва: движење на маса и ерозија на површина

Овој прирачник се занимава со две форми на производство на седимент: движење на маса и површинска ерозија.

Кога се разгледуваат контрамерките за катастрофи поврзани со седименти во Јапонија, треба да се напомене дека површинската ерозија се јавува на ридовите каде што површината на земјата е изложена по колапс или лизгање на земјиштето како видови на движење на маса, а потоа создава ситуација што предизвикува следно движење на маса. Во овие ситуации, може да се смета дека „ерозијата на површината“ е еден од процесите на „движење на маса“.

Од друга страна, во земјите од Западен Балкан, како што е Северна Македонија, пасиштата биле историски популарни, така што пасиштата се широко распространети, особено во средниот тек на планинските области помеѓу шумите и населените места. Особено во Северна Македонија, дури и по независноста од поранешна Југославија, 90%

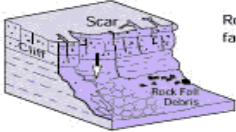
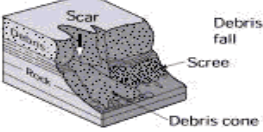
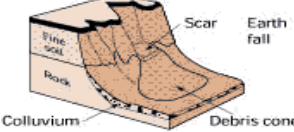
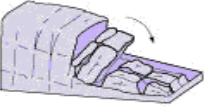
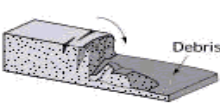

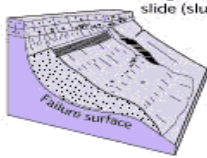
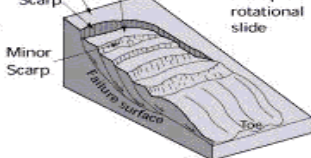
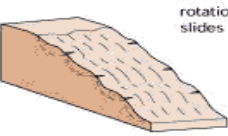
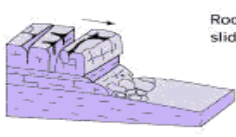
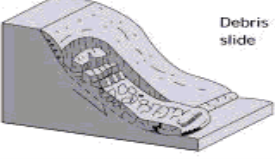
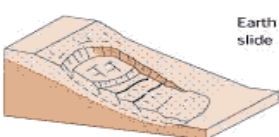


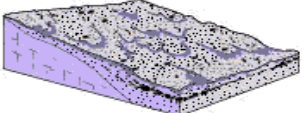
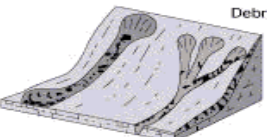
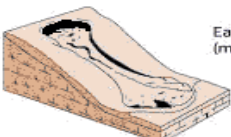
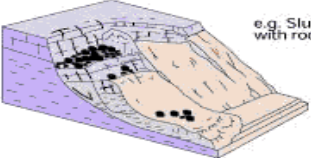
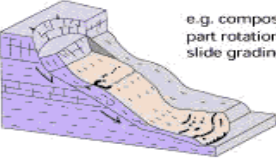
од шумското земјиште остана како национална шума. Како резултат на тоа, локалните жители имаат релативно лесен пристап до шумско земјиште, а разновидно шумско земјиште се користи за пасење. Како резултат на тоа, горниот слој на почвата во тревните површини се нарушува од стапалките на добитокот во шумско земјиште со прекумерна испаша. Дополнително, шумските пожари и дивите пожари, кои често се случуваат во периоди на слаби врнежи и екстремни температури во лето, придонесуваат за ерозија на површината и последователно уништување на шумите. Бидејќи и опустошувањето и ерозијата се гледаат насекаде во Северна Македонија, овој прирачник ја опфаќа „ерозијата на површината“ како една форма на производство на седимент заедно со „движење на маса.“



Слика 2-3 Производство и транспорт на седимент од слив

2.2.1 „Движење на маса

Здружението за применета геологија (Јапонија) го дефинира „движењето на масата“ како „Надолно движење на супстанциите што ја сочинуваат површината на земјата поради дејството на гравитацијата“. Ова покажува дека грутка земја и камен на падина ја губат својата стабилност поради силен дожд или земјотрес, така што се урива, се лизга и се движи надолу. Круден и Варнес (1996) ги класифицираат свлечиштата (како движење на маса) според формата на движење на седиментот, материјалот од седиментот итн. како што е прикажано на следната слика.

Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS		 Rock fall	 Debris fall Scree Debris cone	 Scar Earth fall Colluvium Debris cone
	TOPPLES	 Rock topple	 Debris topple Debris cone	 Cracks Earth topple Debris cone
SLIDES	Rotational	 Single rotational slide (slump) Failure surface	 Crown Scarp Head Scarp Multiple rotational slide Failure surface Toe	 Successive rotational slides
	Translational (Planar)	 Rock slide	 Debris slide	 Earth slide
SPREADS	 Normal sub-horizontal structure Cap rock Clay shale Gully Camber slope Dip and fault structure Valley bulge (planned off by erosion) Thinning of beds Plane of decollement Competent substratum e.g. cambering and valley bulging			 Earth spread
FLOWS	 Solifluction flows (Periglacial debris flows)	 Debris flow		 Earth flow (mud flow)
COMPLEX	 e.g. Slump-earthflow with rockfall debris		 e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe	

Слика 2-4 Категории на свлечишта (движење на маса)
Класификација на свлечиште според Круден и Варнес, 1996 година (преземено од веб-страницата на Британскиот геолошки институт)



Движење на маса (Свлечиште) во Моклиште



Движење на маса (Свлечиште) во Моклиште

Слика 2-5 Примери на движења на маса во Северна Македонија
(Блинков И., 2010 г., Глобалното затоплување, климатските промени и процесот на ерозија)

2.2.2. „Ерозија на површина“

Ерозија на површината настанува кога ударната сила на капките дожд што ја погодуваат површината на земјата и влечната сила на површинската вода почнуваат да го движат горниот слој на почвата и да го носат надолу. (Ф. Комамура, 1978) Универзалната равенка за загуба на почва (USLE) е широко користена во Соединетите Американски Држави и остатокот од светот за да се процени количината на испуштање на почвата поради ерозијата на површината од падините. Во оваа формула, бидејќи факторите поврзани со ерозијата на површината се јасно прикажани со формулата, функционалните односи на оние фактори кои ја сочинуваат ерозијата на површината можат добро да се разберат со оваа формула.

Равенката е претставена на следниот начин:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad \text{-----Равенка 2-1}$$

каде:

A е просечната годишна загуба на почвата во тони по хектар

R е мерка за ерозивните сили на врнежите и испуштањето вода

K е фактор на еродибилност на почвата - број што ја одразува подложноста на типот на почва на ерозија, т.е. тоа е реципрочна отпорност на почвата на ерозија

L е факторот на должина, однос што ја споредува загубата на почвата со онаа од поле со одредена должина од 22,6 метри

S е факторот на падина, однос кој ја споредува загубата на почвата со онаа од поле со одреден наклон од 9%

C е фактор за управување со културите - сооднос што ја споредува загубата на почвата со онаа од нива под стандардна обработка на култивиран угар.

P е фактор на практика на зачувување - сооднос што ја споредува загубата на почвата со онаа од поле без практика на конзервација, т.е. орање нагоре и надолу по падината.

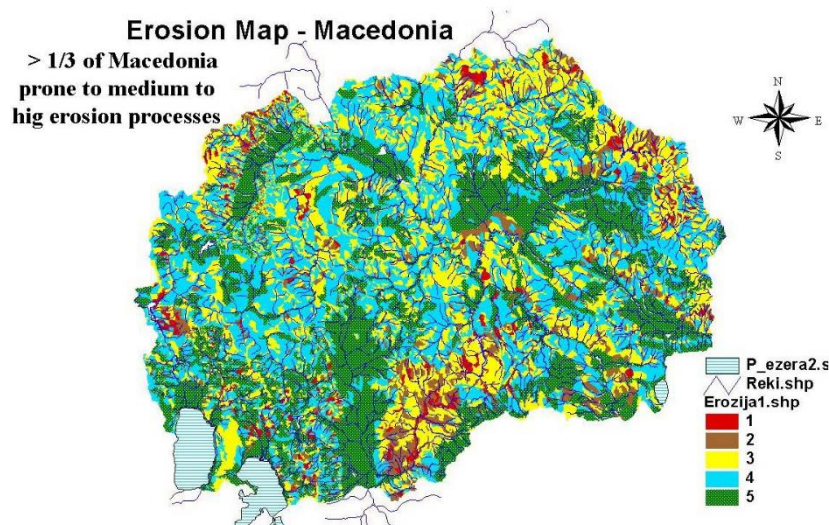
(ФАО, 1993, Мерење на терен на ерозија и истекување на почвата, БИЛТЕН ЗА ПОЧВА НА ФАО бр.68)

Како што се гледа од оваа равенка, површинската ерозија е поврзана со врнежите, должината на падината, наклонот, својствата како што се обликот на зрната на почвата и површинската покриеност (култури). Може да се претпостави дека ерозијата на површината може да се намали со контролирање на тие фактори.

- Дождовница: го дисперзира протокот на дождовница. Алтернативно, да се воведо во безбеден воден пат.
- Должина на падина и косина: Ја одвојува должината на падината. Направете ја падината поблага или постабилна.
- Карактеристики на почвата (големина на честички на почвата): почва што лесно истекува и ја покрива површината од глина. Стврдување на површината на почвата.

Што се однесува до ефектите од ерозијата на површината од вегетацијата (дрвја и култури), во Јапонија се познати разлики во количината на еродиран седимент по видови дрвја и старосна класа. Во однос на видовите дрвја, широколисните дрвја генерално се помалку подложни на ерозија од иглолисните дрвја, а се вели дека старите шуми се поефикасни во спречувањето на ерозијата. (Ф. Комамура, 1978)

Како што е прикажано во картата со можен интензитет на ерозија на Северна Македонија (Блинков, И. 2010 г., Глобалното затоплување, климатските промени и процесот на ерозија), може да се каже дека приближно една третина од земјата е подложна на ерозија со среден до висок потенцијал.



Слика 2-6 Карта на ерозија во Северна Македонија

(Блинков И., 2010 г., Глобалното затоплување, климатските промени и процесот на ерозија)

2.2.3 Појави по површинска ерозија на рид

Кога дождовницата директно ја еродира земјата доаѓа до ефект на миене од дожд. Кога доаѓа до ерозија кога дождот директно паѓа на земјата и ја движи почвата, тоа се нарекува ерозија од прскање. Друг вид на ерозија е движење на почвата поради дождовницата што тече по земјата. Водата што тече низ голи падини без вегетација се концентрира во мали, плитки вдлабнатини, со што се создаваат тесни засеци и ерозија. Овие мали засеци се нарекуваат **бразди**. Исто така, овие мали движења на вода и тесните засеци што се создаваат при тоа се концентрираат и прераснуваат во поголеми засеци (**јаруги**). Овој вид на ерозија се вика ерозија на јаруги.

Градежните зафати за зачувување на шумите имаат за цел да ги спречат ваквите ерозии преку користење на различни материјали, а кога се планираат контрамерки за ерозија на површината, може да се постигне поефективна превенција на ерозијата ако се фокусираме на водата што се слива низ падините.



Слика 2-7 Тревни површини и потенцијална ерозија на ридот во централна Северна Македонија (Блинков И., 2010 г., Глобалното затоплување, климатските промени и процесот на ерозија)

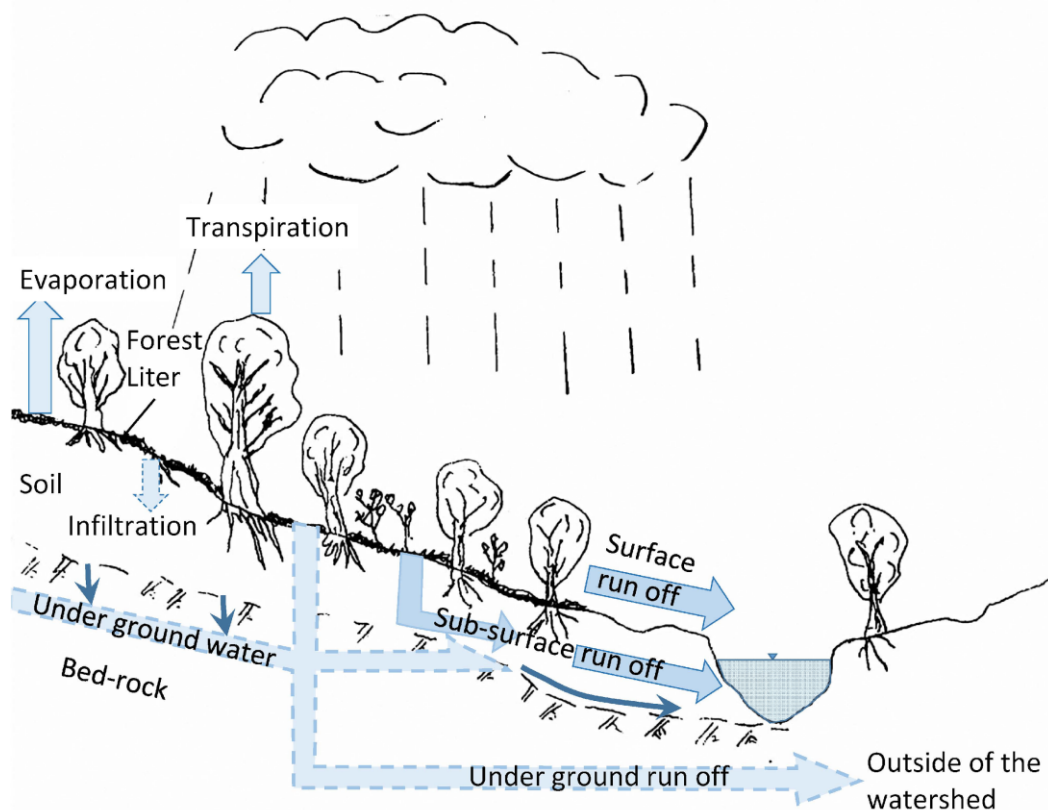


Јаруги може да се забележат веднаш по пожарите на ридовите каде што се изложени површините на почвата

Слика 2-8: Појава на јаруги по пожари
Државниот универзитет во Колорадо, 2018: Контрола на ерозија на почвата по шумски пожар - 6.308

2.3 Истекување на вода во слив

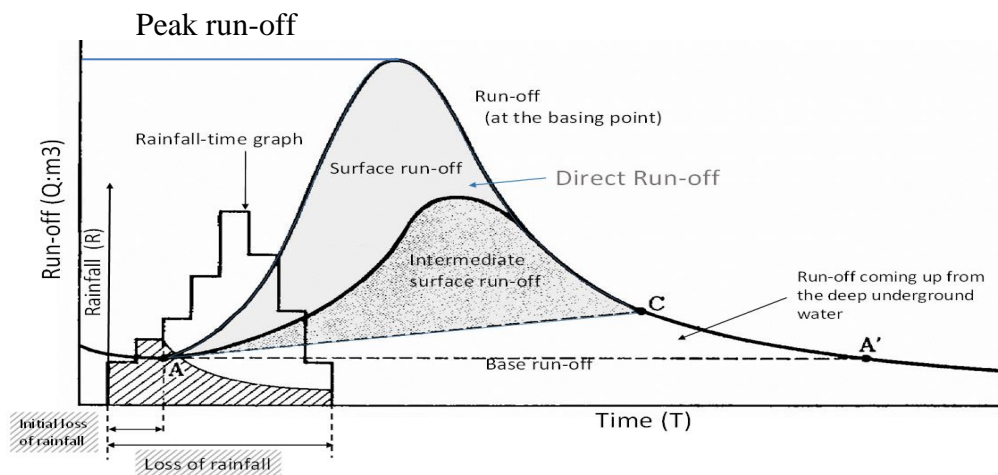
Дел од дождовницата што паѓа во сливот се прилепува на дрвјата во шумата што ги покрива падините, а дел привремено се складира во вдлабнатини и слично. Исто така, има испуштање на подземните води, од кои дел продираат во почвата и земјата за да ја навлажнат почвата, а дел станува подлабока подземна вода и навлегува во подземните водни зони во карпите и не станува површинска вода се до основната точка во сливот. Делот од врнежите што не е директно поврзан со истекувањето во основната точка се нарекува загуба на врнежи. Остатокот од дождовницата станува површинска вода и се влева во пороите и достигнува до основната точка како површински истек.



Слика 2-9 : Хидрологија во шумата

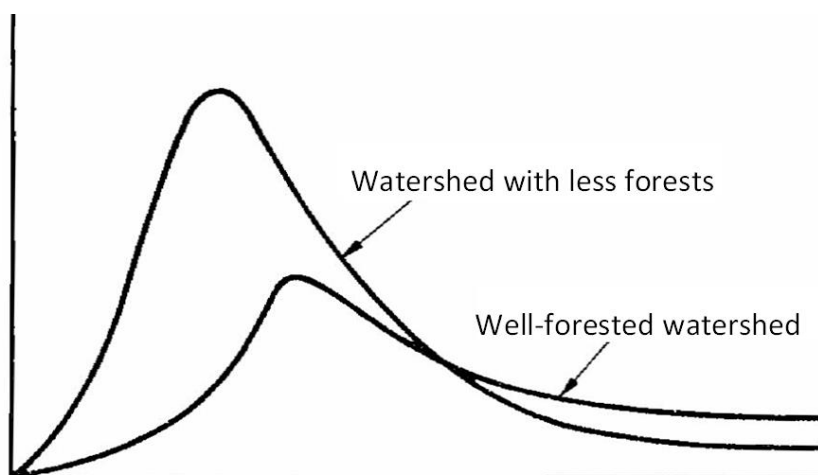
Помеѓу дождовницата што продира во почвата, дождовницата која плитко проникнува и повторно ќе се појави на површината на земјата и ќе истече во порои се нарекува посредно истекување (или подповршинско истекување). Посредното истекување ја достигнува основната точка подоцна од површинското истекување. Исто така, подземните води кои се подлабоки од посредните води се нарекуваат основен тек кој постепено се влева во пороите во сливот. Одреден дел од подземните води истекува надвор од сливот и тие не се појавуваат во основната точка. Основниот тек е истек кој не е директно поврзан со претходните врнежи. Понатаму, површинското истекување и посредното истекување колективно се нарекуваат директно истекување. Дождовницата што тече по површината се влева во блиските долини, низ кои стигнува до основната точка која е последниот излез од сливот.

Следниот хидрограм е график кој ги прикажува промените во истекувањето со текот на времето по врнежите во целиот слив во основната точка на сливот.



Слика 2-10 : Концептуален график на хидрограм во слив (Комамура Ф., 1978; Чисан и Сабо инженеринг)

Следниот график е концептуален хидрограм за да се прикаже типична ситуација каде што максималното истекување е намалено поради функцијата на шумите.



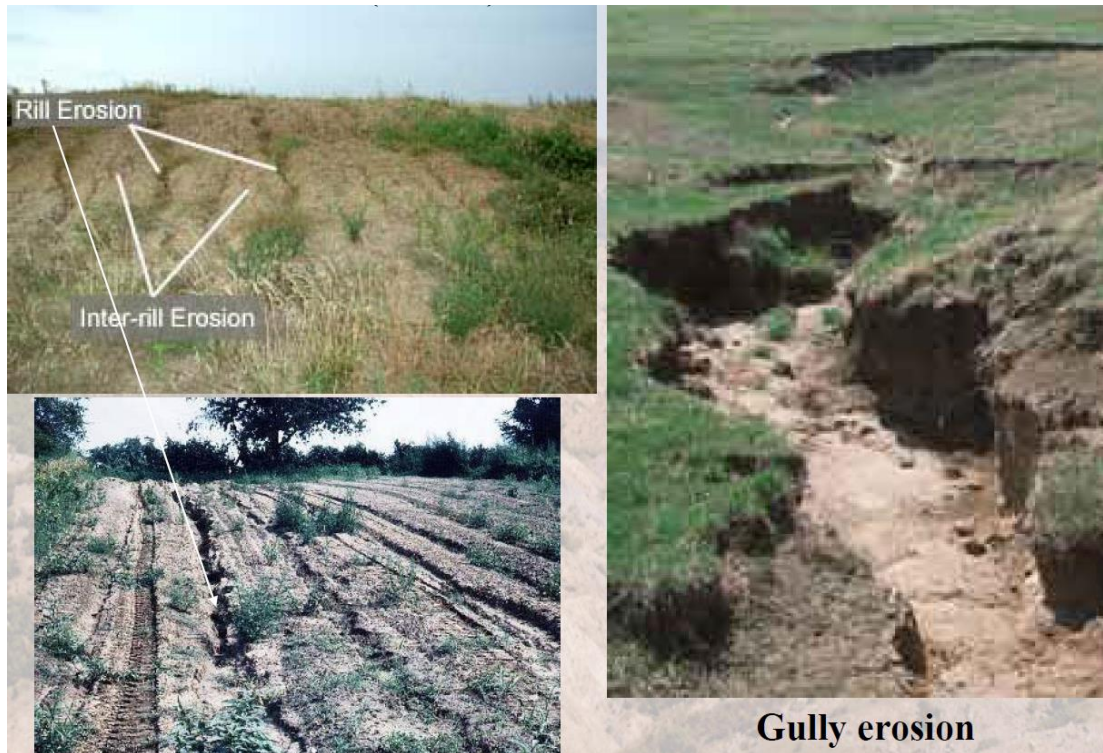
Слика 2-11: Споредба на хидрограми помеѓу добро пошумен слив и слив со помалку шуми (Комамура Ф., 1978; Чисан и Сабо инженеринг)

Во шумски слив, потребно е подолго време дождовницата што паѓа во сливот да стигне до основната точка на сливот како директно истекување. Ова го покажува ефектот на заштита од поплави на шумата.

2.4 Создавање на јаруги

Како следен процес на површинско истекување, се развиваат јаруги. Како што напредува ерозијата на површината, на падината може да се забележат мали нерамнини дури и во рамнотежа, и се формираат бразди (мали жлебови кои се појавуваат на падината). После тоа, една доминантна бразда опфаќа други бразди, а неколку бразди се спојуваат за да го

концентрираат површинскиот тек. (Комамура, Ф., 1978) Кога вертикалната ерозија од јаругата напредува до одреден степен, се додава странична ерозија на јаругата, а големината на јаругата и количината на ерозија на седиментот се зголемуваат. Во случај на тревни површини или голи површини без вегетациска покривка, водата на падината се концентрира за краток временски период по врнежите и се собира во вдлабнатината, вдлабнатината брзо еродира вертикално и хоризонтално и потоа се формираат јаруги.



Слика 2-12 : Развој на јаруги од бразди
(Блинков И., 2010 г., Глобалното затоплување, климатските промени и процесот на ерозија)

2.5 Контрола на ерозија на ридови: Активности на ридовите

Како и процесите на ерозија на почвата во планина, претходно беше опишано дека производството на седимент од ридовите е предизвикано од движење на маси (пад/свлечиште) или ерозија на површината, дека од ерозијата на површината се формираат јаруги и дека таквата ерозија е значително под влијание на количината и движењето на дождовницата, состојбата на падините и должината на падините на ридот. Ако ги контролираме таквите ерозии на ридот каде што се случуваат, потребно е тие фактори да се контролираат на ридот на следниве начини:

- Дождовница: Распрснување на протокот на вода. (Сечење на падините, степенување, работи за мали тераси)

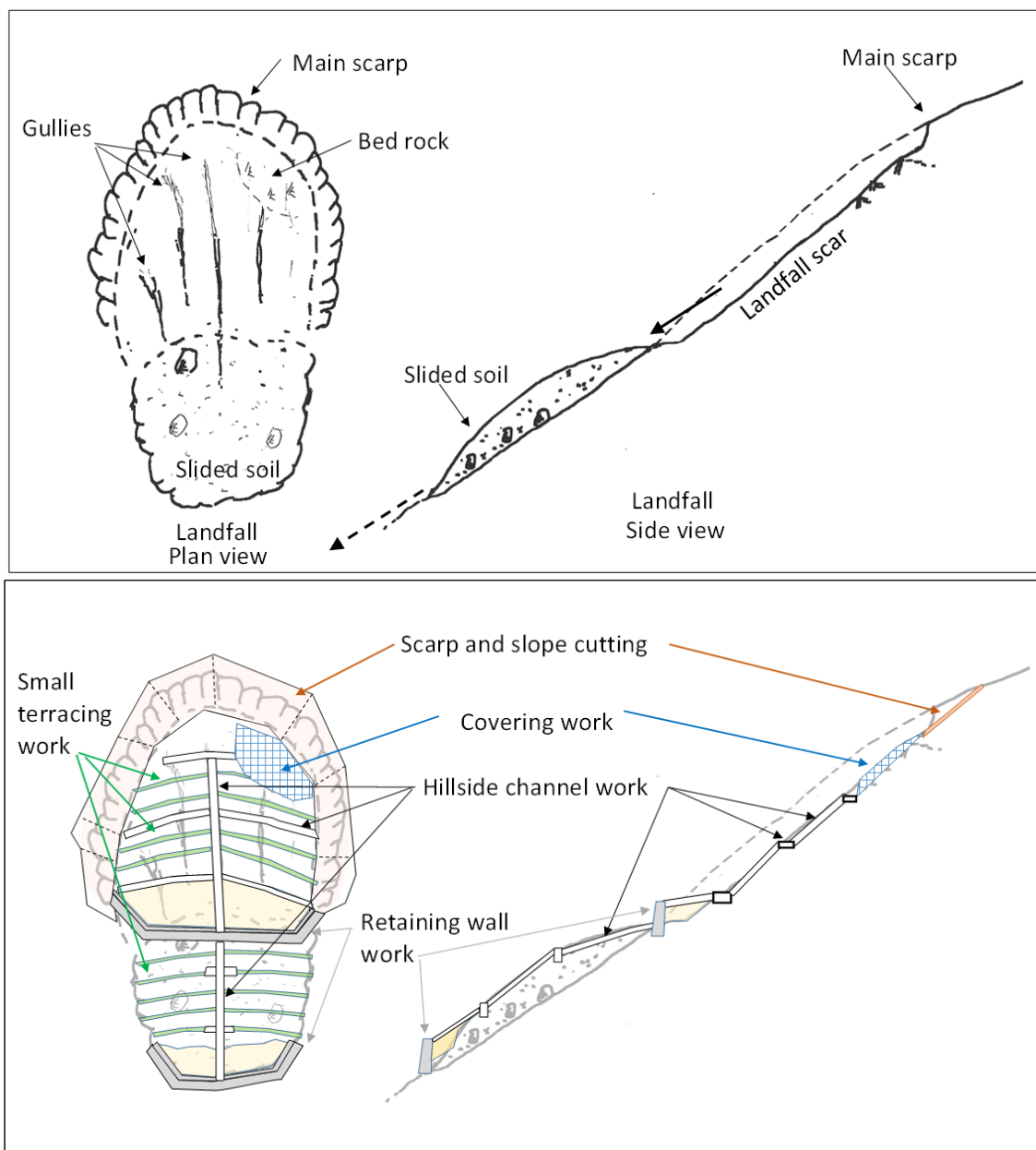
Водење на површинската вода во безбеден воден пат (изградба на ридски канал) или спречување на директни капки дожд да удрат на површината на почвата (покривање, вегетација, садење).

- Должина на падина/ степен на наклон: Ја одвојува должината на падината. Намалување или стабилизирање на падината (конструкции за задржување на земјата, обликување/соголување, работа на тераса со мали скапила).

- Карактеристики на почвата (почва со мала големина на честички): почва што лесно истекува, покривајќи ја површината на глината. Стврднат. (Работа со паѓање, прскање, садење вегетација)

Дополнителни детали за овие поединечни активности на ридот се опишани во Поглавје 3.

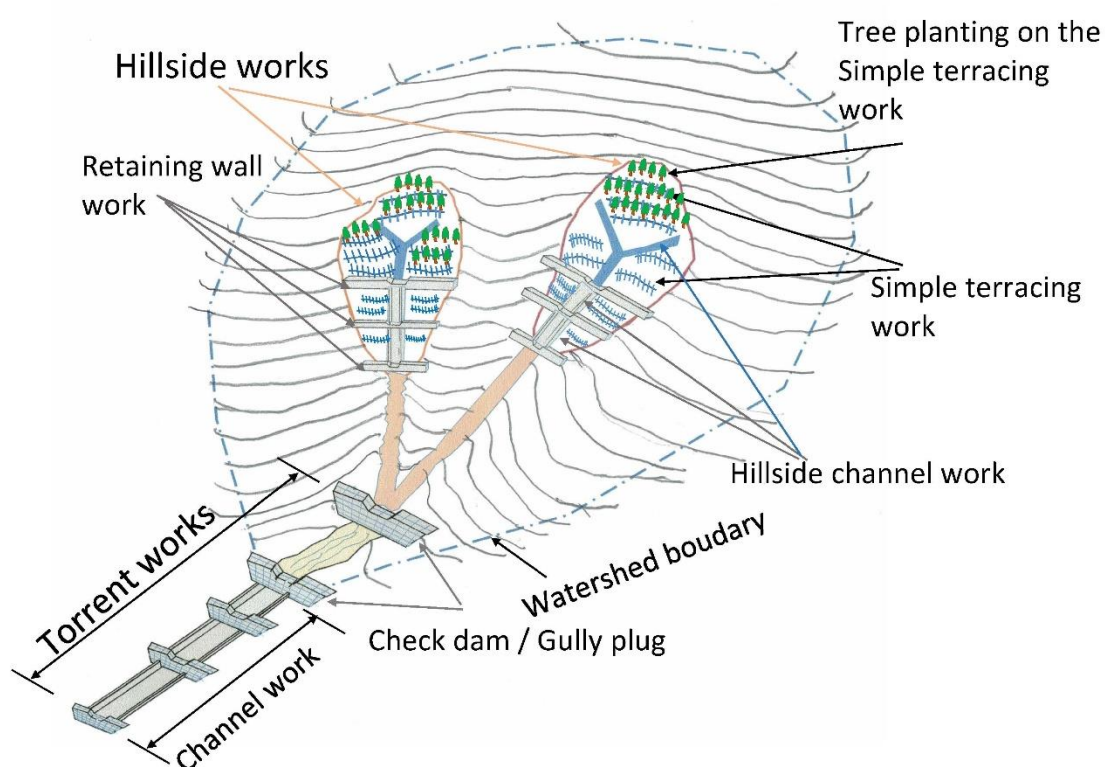
И движењето на маса и ерозијата на површината се случуваат во одреден степен на одредена област и комбинација од овие техники често се користи за контрола на истекувањето на седиментот и ерозијата на површината во областа. Дополнително, како што е споменато погоре, топографијата на падината на локацијата, долината што ја собира водата, состојбата со истекување на дождовницата, почвата и геологијата итн. секогаш се тесно поврзани со ерозијата на почвата. За да се контролира ерозијата со зафати на ридот каде што се случуваат, потребно е прво да се размисли за стабилизирање на падината, а потоа контрола на тие фактори на следниов начин:



Слика 2-13 : Идеен цртеж од пад и примери за дизајн на цртежи за зафати на рид

2.6 Контрола на ерозија во порои: работа со порои

Како што е опишано, постојат неколку функции за контрола на седиментите, како што е функцијата за акумулирање на нестабилни седименти што течат од ридовите и свлечиштата на ридовите, со мали брани, подножни греди и други зафати во пороите; функција за постепено и безбедно течење на одреден дел од акумулираните седименти, функција за контрола на ерозијата од дното и од страните на падините. За да се постигнат тие функции, неопходно е да се утврди потеклото на ерозиите и уривањата на ридовите и правците на седиментите што течат од првобитните локации до пороите, количествата на седиментни оптоварувања што треба да се решат, а потоа треба да се разгледа како да се комбинираат соодветни градежни работи на соодветни локации. Ваквите поединечни видови на зафати во пороите се опишани во Поглавје 4.

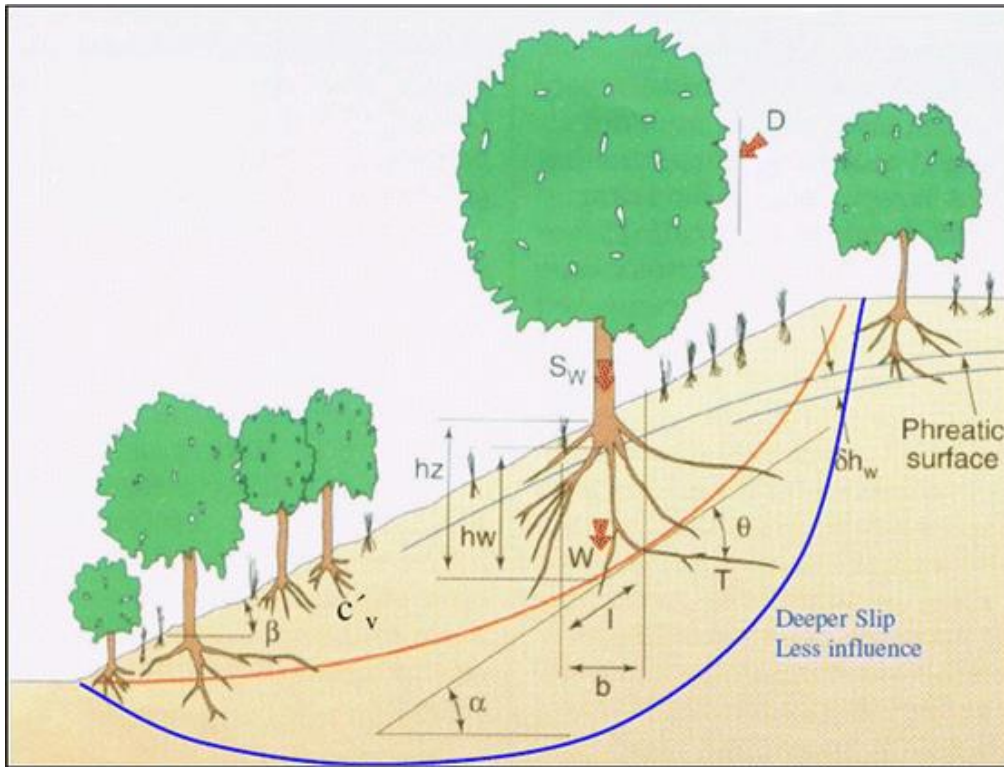


Слика 2-14: Концептуален цртеж на зафати во порои во комбинација со зафати на рид во слив

2-7 Ефекти на дрвата и шумите на падините за контрола на ерозијата

Подрастот во шумите и губрето што се акумулират на земјата може да ги покријат земјените површини на падините и да спречат ерозија од дожд, како и формирање на јаруги на падините. Како резултат на ова, може да се спречат ерозија на површината и ерозија во јаругите.

Исто така, коренскиот систем на поединечните дрва ја заробува почвата, поради што е тешко почвата да се измие од падината. Дополнително, како што е прикажано на слика 2-14, ризомите се испреpletени низ површините што се лизгаат, поради што е тешко почвата да се лизне и да се урне од падината.



Слика 2-15: Кореновиот систем на поединечните дрва го спречува лизгањето на почвата на падините

3 РАБОТИ ЗА КОНЗЕРВАЦИЈА НА ШУМАТА: ЗАФАТИ НА РИД

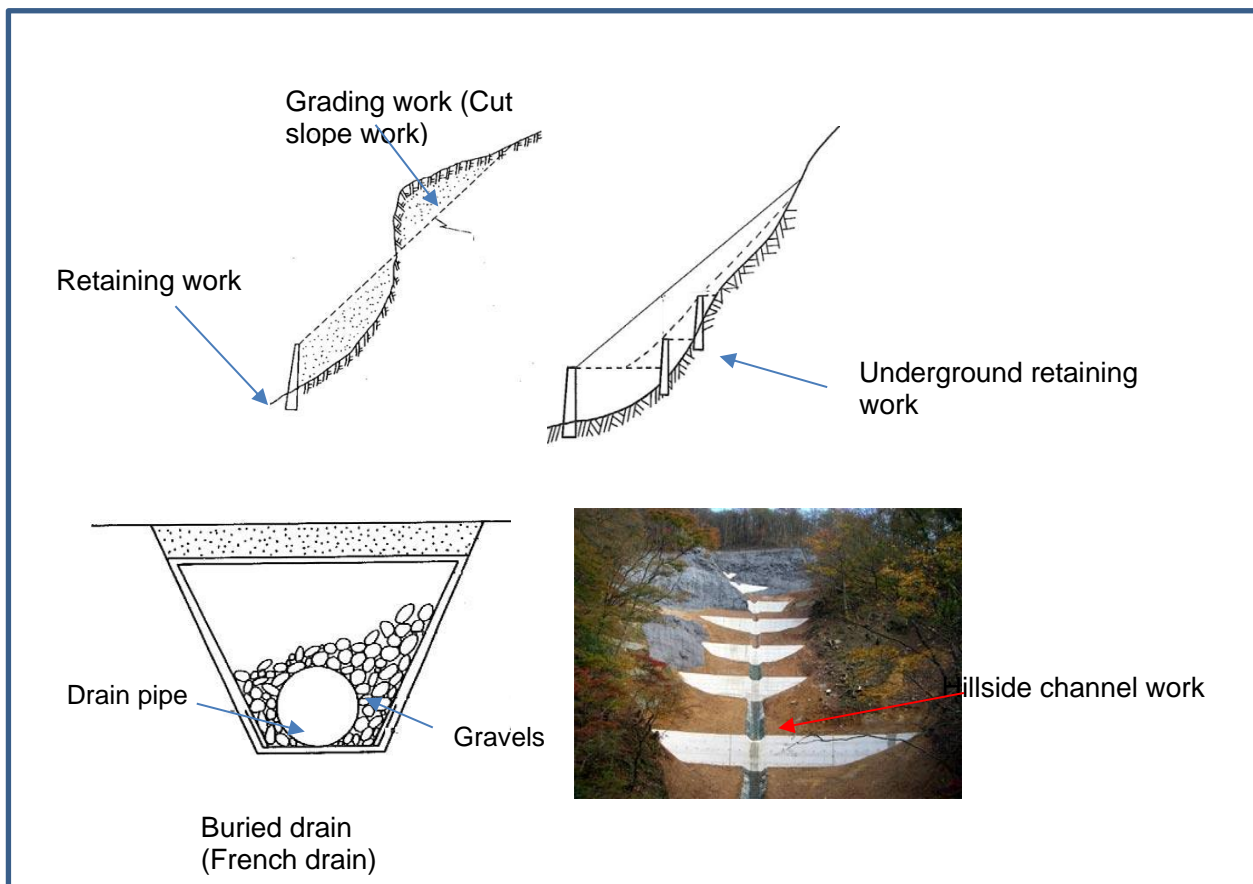
Активност на рид е вид на активност за изградба на структури на обрушените и/или еродираните области за да се спречат областите од понатамошно уривање и да се генерираат области што треба да се обноват со вегетација.

Според тоа, активностите на ридот може да се категоризираат како темелни и вегетациска зафати:

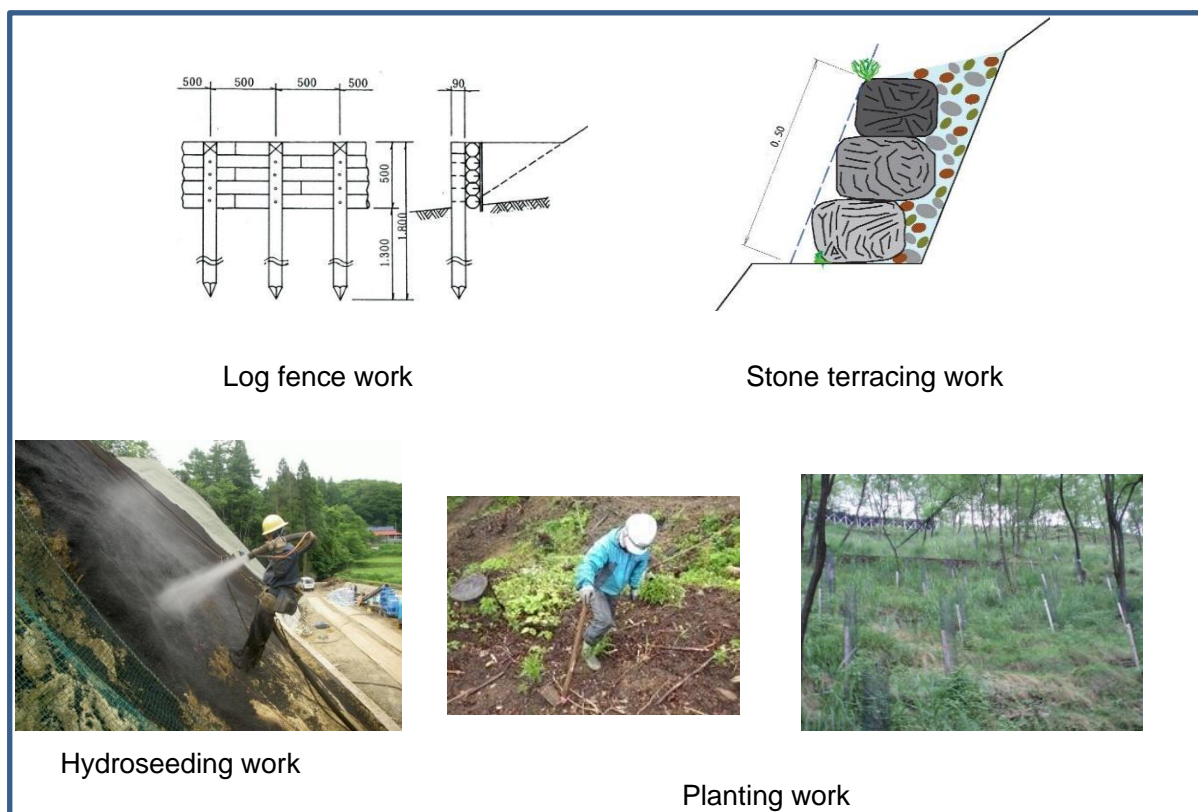
- а) Темелни зафати на рид . . . за стабилизирање на падините на срушените области
1. рамнење (сечење на падината)
 2. конструкции за задржување на земјата
 3. изградба на ридски каналот
 4. Подземна потпорна работа
 5. Затрупан одвод (француски одвод: закопан одвод исполнет со чакал / Пропуст)

- б) активности за садење вегетација на рид . . . за revegetација на срушени падини со садење дрвја и сеење тревы/дрвја

1. поставување на ограда
2. Терасирање
3. Работа на вегетациска покривка
4. сеење (вклучително и хидросеење)
5. Садење



Слика 3-1 Темелни зафати на рид



Слика 3-2 Садење вегетација на рид

Градежните работи може генерално да се класифицираат според материјалите што треба да се користат, на табелата подолу се прикажани материјалите што обично се користат:

Табела 3-1: Материјали што се користат за зафати на рид

(1) Рамнење	
(2) конструкции за задржување на земјата	Бетон, челик, челична цевка, бетонски блок, габион, бетонски рамки, големи блокови, челична рамка, итн.
(3) Подземна потпорна работа	Бетон, бетонски блок, габион, ограда, итн.
(4) изградба на воден канал	Бетон, пропуст, цевка Colgate, ограда, габион, бусен, вреќи со песок со бусен итн.
(5) Закопан одвод(француски одвод /пропуст)	Габион (габион во облик на цилиндар/кутија), цевка (перфорирана, нетонска мрежа) итн.
(6) поставување ограда	Фашина, дрво, челична плоча, итн.
(7) (Едноставно) терасирање	Трева, пресуван блок од почва, трупци, други материјали за зазеленување

(8) активности покривање на вегетацијата	Сламена подлога, мрежа, трупец, рамки, тревна трева, друг материјал за зазеленување
(9) сеење	Сеење во линија или област, дупки за сеење
(10) садење	Расад, расад во сад, сечење, закопано стебло, лежечко садење итн.

3.1 Рамнење (сечење на падина)

Рамнењето има за цел да спречи колапс или проширување на уривањето со рамнење на нерамни падини за да бидат стабилни.

Работата обично се планира во следниве случаи:

- во случај кога падината има високи ризици од колапс и треба да биде стабилна.
- во случај седиментите да останат во нестабилни и неправилни состојби околу срушените области, особено околу горниот раб на стрмна косина, а тие треба да се отстранат и падината треба да се израмниза да се постигнат стабилни состојби и да се спречи ширење на колапсот.



Слика 3-3 Рамнење: работа во тек (лево) и по завршување (десно)

Косини за сечење на падина

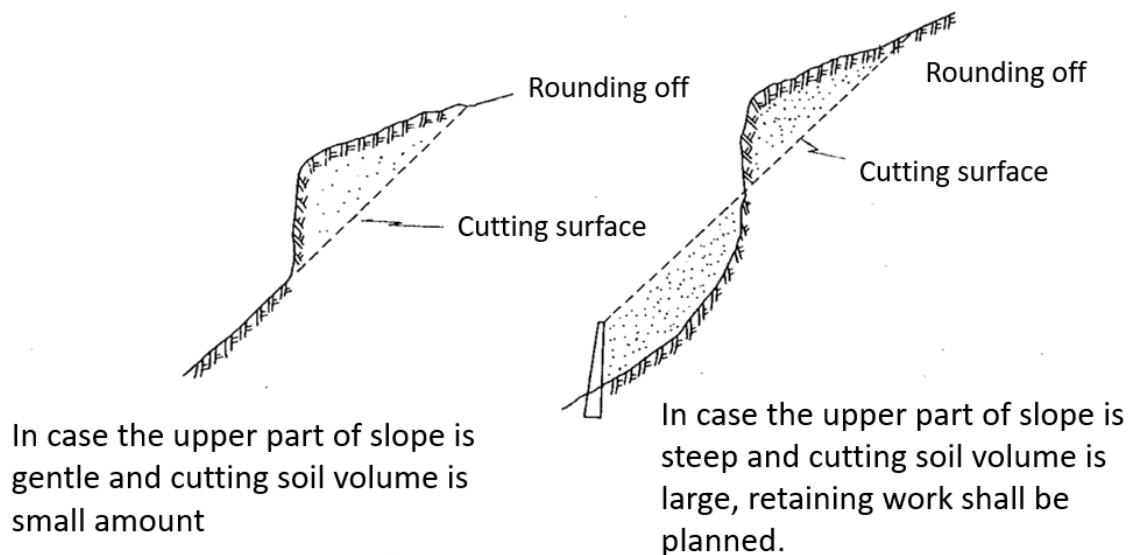
Косините за сечење на падината ќе се определат земајќи ги предвид неколку фактори, како што се сегашните косини на падината, својствата на почвата, топографските карактеристики околу локацијата, комбинираната поставеност на други градежни работи и сл.

За стабилизирање на падината, идеално е косината на падината да биде агол на мирување. Соодветно на тоа, ако е можно, треба да се исече до аголот.

Сепак, обично е тешко поради топографските или условите на локацијата, на пример, активноста за сечење добива огромни размери, сечењето треба да ги опфати и стабилните вегетирани површини во близина, предизвикувајќи огромно количество исечена почва, преостаната огромна количина исечена почва на падината, што ја прави падината нестабилна, итн.

Затоа, општо земено, сечењето на падините треба да е минималната неопходна градежна работа со разгледување на локалната топографија, геологија и/или со примена на други видови на зафати (конструкција за задржување на земјата, обновување на вегетацијата итн.) што треба да се изведуваат како зафати на ридот. Затоа, косините на падината за

стабилизирање на падината треба да се одредат за да се постигнат конечните стабилни услови.



Слика 3-4: Работни методи за рамнење

Табела 3-2: Стандардна косина при сечење на падини во Јапонија (1)

Type of earth	Moisture condition	Angle of response	Coefficient of friction (tanφ)	Natural gradient	Weight (kg/m ³)
Cray	Dry	20° - 37°	0.36 - 0.75	1 : 2.8 - 1.3	1,200 - 1,700
	Less moist	40° - 45°	0.84 - 1.00	1 : 1.2 - 1.0	1,700 - 1,800
	Moist	14° - 20°	0.25 - 0.36	1 : 4.0 - 2.8	1,800 - 1,900
Sand	Dry	27° - 40°	0.51 - 0.84	1 : 2.0 - 1.2	1,500 - 1,700
	Less moist	30° - 45°	0.58 - 1.00	1 : 1.7 - 1.0	1,700 - 1,800
	Moist	20° - 30°	0.36 - 0.58	1 : 2.8 - 1.7	1,800 - 2,000
Gravel	Dry	30° - 45°	0.58 - 1.00	1 : 1.7 - 1.0	1,600 - 1,800
	Less moist	27° - 40°	0.51 - 0.84	1 : 2.0 - 1.2	1,700 - 1,800
	Moist	25° - 30°	0.47 - 0.58	1 : 2.1 - 1.7	1,800 - 1,900
Pebbles	--	35° - 48°	0.70 - 1.11	1 : 1.4 - 0.9	1,600 - 1,800
Soil	Dry	20° - 40°	0.36 - 0.84	1 : 2.8 - 1.2	1,300 - 1,600
	Less moist	30° - 45°	0.58 - 1.00	1 : 1.7 - 1.0	1,400 - 1,700
	Moist	14° - 27°	0.25 - 0.51	1 : 0.4 - 2.0	1,500 - 1,800

Табела 3-3: Стандардна косина при сечење на падини во Јапонија (2)

Soil property		Cutting height	Gradient
Hard rock			1:0.3 - 1:0.8
Soft rock			1:0.5 - 1:1.2
Sand			1:1.5~
Sandy soil	Compacted	Under 5m 5 – 10m	1:0.8 - 1:1.0 1:1.0 - 1:1.2
	Not compacted	Under 5m 5 – 10m	1:1.0~1:1.2 1:1.2~1:1.5
Gravel or sandy soil mixed with rocks	Compacted or good homogenous of particle	Under 10m 10 – 15m	1:0.8~1:1.0 1:1.0~1:1.2
	Not compacted or poor homogenous of particle	Under 10m 10 – 15m	1:1.0~1:1.2 1:1.2~1:1.5
Clayish soil or clay		0 – 10m	1:0.8~1:1.2
Soil mixed with cobblestones		Under 5m 5 – 10m	1:1.0~1:1.2 1:1.2~1:1.5

3.2 Конструкции за задржување на земја (изградба на потпорни сидови)

Конструкциите за задржување на земјата имаат за цел да спречат нестабилна почва да се движи, да ја изменат косината на падината и да поттикнат растурање на површинската проточна вода. Конструкциите функционираат и како темел за други градежни работи и како потпора за водоводен канал и други работи.

Конструкциите функционираат како рамка за градба на рид со следните цели;

- ① Стабилизирање на остатоци и исечена почва,
- ② Измена на падината за да биде поблага,
- ③ Да бидат темели за изградба на канали и закопани одводи, или да ги поддржат тие работи на пресвртни точки,

Табелата подолу ги прикажува условите и применливите типови на конструкции на потпорни сидови според условите:



Слика 3-5: Потпорен ѕид во комбинација со ограда и со канали на ридот

Табела 3-4: Применливи типови на конструкции на потпорни ѕидови

Target of installation	Applicable condition			Work type	Construction condition			Remarks
	Safety against earth pressure	Height	Foundation ground		Foundation work	Combination works	Structure	
1. Stabilizing unstable earth and sand on the slope 2. Stabilizing accumulated cut soil	Enough stability is needed	In principle, 4.0m and less	Strong foundation	<ul style="list-style-type: none"> • Concrete • H-shaped steel • Steel pile • Steel plate 	In case of soft ground, it shall be reinforced by piling or footing.	Rock /earth anchoring to be applied if needed	By earth pressure calculation in embankment	Also applicable as the foundation for hillside vegetation work and channel work
				<ul style="list-style-type: none"> • Concrete + steel 		Rock fall protection work to be applied	By earth pressure and stress calculations for rock fall	
Countermeasures against landslides	Earth pressure to be considered	4.0m and less	Soft foundation	<ul style="list-style-type: none"> • Large block • Steel frame • Concrete frame 	Base concrete to be placed		By earth pressure calculation	Ditto
Protection of cut slopes In case cutting slopes are stable enough	Earth pressure to be considered	<ul style="list-style-type: none"> • 4.0m and less for concrete • 3.0m and less for concrete block • 2.0m and less for gabion • 4.0m and less for large block, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Strong foundation Soft foundation 	<ul style="list-style-type: none"> • Concrete • Concrete block • Concrete + steel 	In case of soft ground, it shall be reinforced by footing, wooden piling, gravel.		By earth pressure calculation in cut soil	Ditto
				<ul style="list-style-type: none"> • Gabion box • Steel frame 				
1. Foundations of channel work, buried (French) drain work 2. Being auxiliary foundation work for vegetation work	Earth pressure not to be considered specially	About 1.0 - 2.0m	<ul style="list-style-type: none"> Strong foundation Soft foundation 	<ul style="list-style-type: none"> • Concrete • Concrete block, etc. 				
				<ul style="list-style-type: none"> • Gabion box • Wooden fence 				



Слика 3-6: Видови материјали за потпорни ѕидови: Бетонски потпорен ѕид (лево) и Потпорна конструкција со влажна ѕидарија со бетонски блокови (десно)



Слика 3-7: Материјали за потпорни ѕидови: потпорна конструкција со влажна ѕидарија (лево) и потпорен ѕид со челична рамка



Слика 3-8: Материјали за потпорни ѕидови: потпорни ѕидови од габиони (лево) и потпорни ѕидови од трупци (десно)

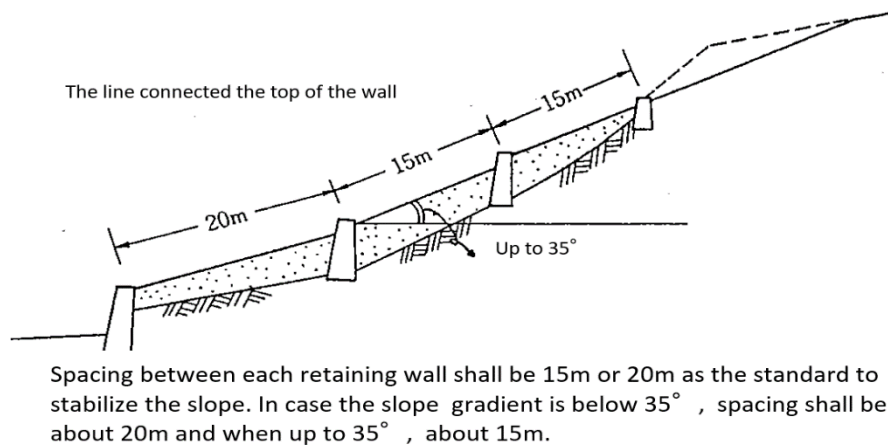
Позиции и височини на конструкции за задржување почва

Положбите и височините на потпорните работи се одредуваат така што да ја одржуваат стабилноста на падината и да го спречат уривањето и движењето на падината. Затоа, надолжната линија на падината што се поврзува од подножјето до врвот на очекуваната

област на уривање треба да се формира непречено без ниту еден неправилен дел како целина.

Генерално, како што е прикажано на десната слика, во случај на уривање на конкавна падина, долниот дел од линијата треба да се направи поблаг во споредба со горниот дел, кој ја задржува формата на конкавната падина. Потпорните конструкции ќе бидат уредени и проектирани со цел на крајот да се реализира таква форма на падината.

Во принцип, пожелно е висината на конструкциите за задржување на земјата да бидат 4 m или помалку бидејќи работата обично се изведува континуирано на нестабилни падини. За стабилизирање на падината, стандардното растојание помеѓу потпорните конструкции треба да биде 15 или 20 m. Во случај кога наклонот е помал од 35 степени, растојанието треба да биде 20 m. Во случај кога наклонот е 35 степени и повеќе, тој треба да биде 15 m.

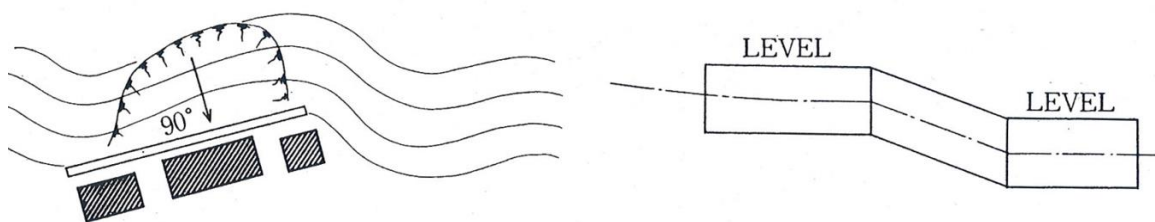


Слика 3-9: Растојание на потпорни сидови на падина

Насока на потпорни конструкции

Потпорните конструкции треба да се постават вертикално (90 степени) на планираната насока на падината, а круната и телото на сидот треба да бидат рамни.

Ако е тешко да се постават на рамно ниво поради локацијата/топографските услови, тие може да се накосат со примена на други градежни работи за да се спречи трошење и ерозија што се јавува од површинската вода која тече во задниот дел на сидот и по сидот.



Слика 3-10: Насока на потпорен сид

Испитување на стабилноста на потпорните конструкции

Кај потпорните конструкции кои имаат улога на рамка за зафатите на ридот за поддршка на структурната стабилност на целиот рид, се бара да се испитаат следните стабилности;

- (1) Стабилност против превртување
Нема да дојде до превртување на /сидот
- (2) Стабилност против лизгање
Нема да дојде до лизгање на /сидот
- (3) Стабилен против уништување на сидното тело

Телото на сидот не смее да биде уништено од максималното напрегање врз телото.
(4) Стабилност на дејствувачката положба на резултантната сила што дејствува на сидот

(5) Стабилност на темелното тло

Носивоста на основата на темелите треба да биде доволна во однос на максималната реакциона сила на сидот.

1. Постојат два вида конструкции за задржување на земјата. Едниот користи многу сигурни, силни и издржливи материјали како што е бетонот. Другиот користи лесни материјали, како што се габиони и трупци.

Првата, посилната, се користи на места блиску до заштитните цели, како што се жителите и јавните инфраструктури или во случај на фиксирање на големо количество почва и талог создадени при сечење на падините или како основа за други градежни работи, итн. Секако, неопходно е темелно да се испита неговата стабилност.

Вториот, полесниот материјал, ќе се вградува на места каде што не се акумулира големо количество почва и талог на задниот дел од од потпорната конструкција или на места каде што се проценува дека задната падина на потпорниот сид станува стабилна поради природно јакнење на теренот и обновување на вегетацијата во моментот кога станува видливо влошувањето на употребените материјали на работата. Поради оваа причина, вообичаено е емпириски да се одредуваат висината, структурата итн. без пресметки за стабилност.

2. стабилноста на потпорната конструкција се испитува со пресметка на стабилноста, во случај потпорната конструкција треба да биде основа на други зафати, во случај кога е потребно да се фиксираат големо количество почва и седименти настанати со сечење на падината или на места блиску до заштитните цели итн.

(1) Стабилност против превртување

Степенот на стабилност на превртувањето на потпорната конструкција се одредува со рамнотежата помеѓу моментот на превртување и моментот на отпор.

Моментот на превртување се определува со хоризонталниот притисок на земјата, притисокот на водата итн., и од тежината на потпорната конструкција, вертикалниот притисок на земјата и притисокот на водата.

Моментот на превртување се одредува според хоризонталниот притисок на земјата и притисокот на водата, а моментот на отпор се одредува според сопствената тежина на потпорниот сид на земјата, вертикалниот притисок на земјата и притисокот на водата.

Безбедносниот фактор (F_s) од превртување се пресметува со следнава равенка. безбедносниот фактор треба да биде 1,5 или повеќе во случај работата да е проектирана.

Во случај да се земе предвид сеизмичкото движење, факторот сепак треба да биде 1,2 или повеќе.

$$F_s = \frac{\text{(Resistant Moment)}}{\text{(Overturning moment)}} = \frac{W \cdot a + P_V \cdot b}{P_H \cdot h} \quad \text{---Equation}$$

W: Сопствена тежина и оптоварена тежина (kN/m)

A: Хоризонтално растојание од препустот на сидот до точката на дејствување од W (m)

PV: Вертикална компонента на резултантната сила на притисокот на земјата (kN/m)

B : Хоризонтално растојание од препустот на сидот до точката на дејство на PV(m)

PH: Хоризонтална компонента на резултантната сила на притисокот на земјата (kN/m)

h: Вертикално растојание од дното на сидот до точката на дејствување PH (m)

(2) Стабилност против лизгање

Стабилноста против лизгање се одредува со рамнотежата помеѓу силата на лизгање и отпорноста на лизгање. Силата на лизгање долж долната површина на потпорниот сид е хоризонтален притисок на земјата, а силата на отпорот е трансверзална сила или силата на триење настанала помеѓу долната површина на сидот и земјата.

Пасивниот притисок на земјата главно предизвикан од земјата на предниот дел на препустот не се разгледува бидејќи во многу случаи не може да се очекува долгорочна сигурност.

Безбедносниот фактор (F_s) за лизгање се пресметува со следнава равенка. Во случај да се земе предвид сеизмичкото движење, факторот сепак треба да биде 1,2 или повеќе.

$$F_s = \frac{(\text{Resistant Force})}{(\text{Sliding force})} = \frac{(W + P_x) \cdot f + c \cdot B}{P_H} \quad \text{---Equation}$$

W: Сопствена тежина и оптоварена тежина (kN/m)

PV: Вертикална компонента на резултантната сила на притисокот на земјата (kN/m)

PH: Хоризонтална компонента на резултантната сила на притисокот на земјата (kN/m)

h: Вертикално растојание од дното на сидот до точката на дејствување PH (m)

(3) Стабилност против уништување на сидното тело

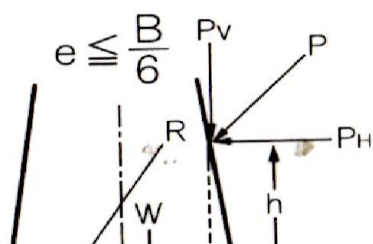
За да се задоволи стабилноста од уништување на потпорниот сид, напонот на притисокот и напонот на затегнување создадени во сидот не треба да го надминуваат дозволеното напрегање на сидниот материјал. Меѓутоа, во случај да се земат предвид сеизмичките движења, тоа може да се смета за стабилно ако вкупните горенаведени напрегања се во рамките на 1,5 пати од дозволеното напрегање. Во случај на гравитациски тип како што е бетонската конструкција, доколку е исполнет условот подолу (4), може да се смета за стабилен против уништување на бетонското тело.

(4) Стабилност на дејствувачката положба на резултантната сила што дејствува на сидот

На долната површина на потпорниот сид генерално дејствуваат оптоварувања како што се тежината на сидот и притисокот на земјата. Исто така, точката на дејствување на силата на реакцијата на земјата на дното на потпорниот сид се разликува во зависност од ексцентричното растојание на точката на дејство на резултантната сила. Во однос на ова, еден од условите за стабилност на потпорниот сид е ексцентричното растојание да не е преголемо. Со други зборови, акционата позиција на резултантната сила на оптоварувањето пресметана со равенката на следната страница мора да биде во опсег од 1/3 од долната ширина на потпорниот сид (кој се нарекува средна третина) од центарот. од долната ширина на сидот ($|e| \leq B/6$).

Во случај да се земе предвид сеизмичкото движење во центарот на долната ширина на земјениот потпорен сид, тоа мора да биде во опсег од 2/3 од долната ширина на сидот ($|e| \leq B/3$).

Во случај на гравитациска бетонска конструкција, ако акционата положба на резултатската сила на оптоварувањето го задоволува горенаведениот услов (внатре во средната третина), напонот на затегнување не делува во сидот, така што може да се каже дека е стабилен против уништувањето на сидот.



Слика 3-11. Надворешните сили и нивните акциони линии до потпорниот сид

$$d = \frac{W \cdot a + P_V \cdot b - P_H \cdot h}{W + P_V} \quad \text{----Equation}$$

$$e = \frac{B}{2} - d$$

- D: Горизонтално растојание од препустот на сидот до точката на дејствување R (m)
e: Ексцентрично растојание од центарот на долната ширина до точката на дејство на R (m)
W: Сопствена тежина и оптоварена тежина (kN/m)
P_V: Вертикална компонента на резултантната сила на притисокот на земјата (kN/m)
P_H: Горизонтална компонента на силата што резултира со притисок на земјата (kN/m)
A: Горизонтално растојание од препустот на сидот до точката на дејствување од W (m)
b: Горизонтално растојание од препустот на сидот до точката на дејство на P_V(m)
h: Вертикално растојание од дното на сидот до точката на дејствување P_H (m)
Б: Долна ширина на потпорниот сид (m)

5) Стабилност на темелното тло

Товарот што делува на потпорната конструкција е поддржан од основата. Ако носивоста на основата на темелите е недоволна, основата на темелите може да се уништи и да се деформира потпорната конструкција.

Максималната сила на реакција на земјата (q₁) генерирана во основата се пресметува со следнава равенка и не смее да ја надмине дозволената носивост (q_a) на земјата (q₁ ≤ q_a) за да се избегнат такви уништувања на земјата и деформации на сидот.

во случај да се земат предвид сеизмичките движења, може да се смета за стабилно ако напрегањата се во рамките на 1,5 пати од дозволеното напрегање.

- ① Во случај акционата позиција на резултантната сила на товарот да биде во опсег од 1/3 (средна третина) од долната ширина на сидот во центарот.

$$q_1 = \frac{P_V + W}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \quad \text{----Equation}$$

$$q_2 = \frac{P_V + W}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \quad \text{----Equation}$$

- 2 Во случај акционата положба на резултантната сила на товарот да биде надвор од опсегот од 1/3 (средна третина) од долната ширина на сидот во центарот.

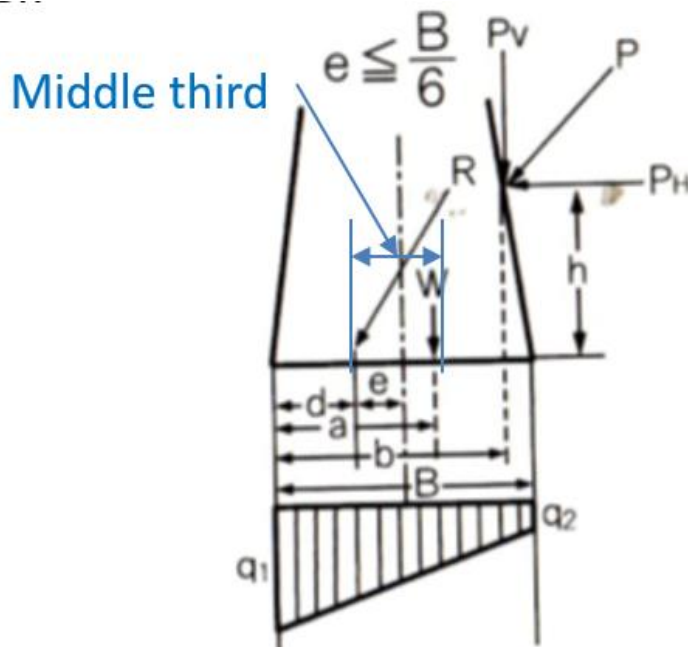
$$(| e | > B / 6)$$

----Equation

$$(q_2) = \frac{2P_V + W}{3d}$$

q₁: Силата на реакција на земјата да дејствува на предниот препуст на сидот (kN/m)

- q₂: Силата на реакција на земјата да дејствува на петицата на сидот (или на задниот палец) (kN/m)
- e: Ексцентрично растојание од центарот на долната ширина до точката на дејство на резултантната сила (m)
- W: Сопствена тежина и оптоварена тежина (kN/m)
- P_V: Вертикална компонента на резултантната сила на притисокот на земјата (kN/m)
- Б: Долна ширина на потпорниот сид (m)

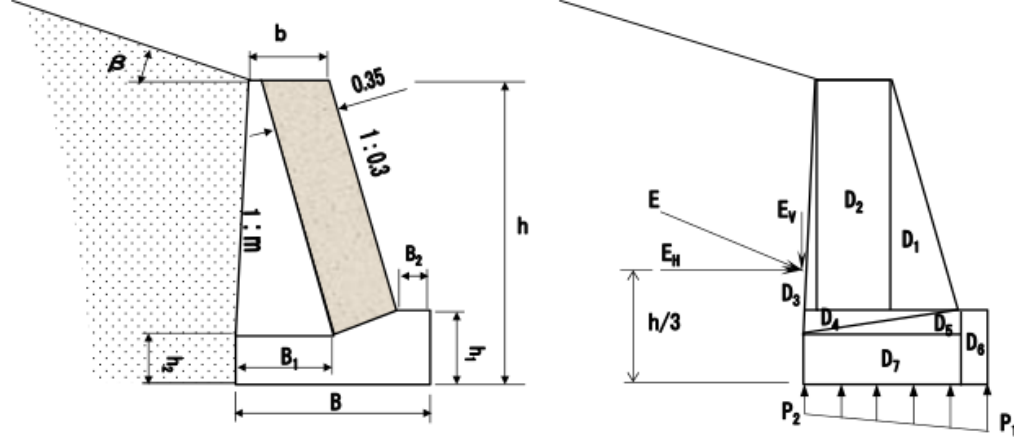


Слика 3-12 Надворешни сили и нивните акциони линии во средната третина

Пример за пресметка

GW-B Enbankment type

1 Load division chart



2 Dimensions

Height of wall	Height of basement concrete			Width of crown	Wall gradient of Valley side	Wall gradient of mountain side
	h_1	h_2	B_2			
h	h_1	h_2	B_2	b	n	m
2.5	0.3	0.2	0.15	0.50	0.3	0.15

3 Conditions of design

Volume weight of wall	Volume weight of back soil	slope of surface	Internal friction of back soil		Angle of wall friction	Friction coefficient of ground	Acceptable bearing capacity of ground	Necessary safety rate for turnover	Necessary safety rate for sliding
ω	s	β	ϕ	α	δ	f	Q_a	T_a	F_a
22.1	17.7	25	30	8.531	20	0.6	200	1.5	1.5

4 Earth pressure (EP)

$$\text{Earth Pressure coefficient } (C) = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left\{ 1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)} \right\}^2}$$

$$= 0.61375$$

$$\begin{aligned} \text{Earth pressure (EP)} &= h^2 \times 1/2 \times s \times c \\ &= 2.5 \times 2.5 \times 1/2 \times 17.7 \times 0.61375 \\ &= 33.948 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vertical component of EP (E}_V\text{)} &= E \times \sin(\delta + \alpha) \\ &= 33.948 \times \sin(20.000 + 8.531) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Horizontal component of EP (E}_H\text{)} &= E \times \cos(\delta + \alpha) \\ &= 33.948 \times \cos(20.000 + 8.531) \end{aligned}$$

5 Culcruration chart

Items	Formula	Load ω kN	Arm calculation	Arm m	Moment kN · m
D ₁	$n \times (h-h_1)^2 \times 1/2 \times \omega$	16.045	$B_2 + 2/3 \times n \times (h-h_1)$	0.590	9.467
	$0.3 \times 2.2 \times 2.2 \times 1/2 \times 22.1$		$0.15 + 2/3 \times 0.3 \times 2.20$		
D ₂	$b \times (h-h_1) \times \omega$	24.310	$B_2 + n \times (h-h_1) + 1/2 \times b$	1.060	25.769
	$0.50 \times (2.5 - 0.3) \times 22.1$		$0.15 + 0.3 \times 2.20 + 1/2 \times 0.50$		
D ₃	$m \times (h-h_1)^2 \times 1/2 \times \omega$	8.022	$B_2 + n \times (h-h_1) + b + 1/3 \times m \times (h-h_1)$	1.420	11.391
	$0.15 \times 2.2 \times 2.2 \times 1/2 \times 22.1$		$0.15 + 0.3 \times 2.20 + 0.50 + 1/3 \times 0.15 \times 2.20$		
D ₄	$[(n+m) \times (h-h_1) + b] \times (h_1-h_2) \times 1/2 \times \omega$	1.646	$B_2 + 2/3 \times [(n+m) \times (h-h_1) + b]$	1.143	1.881
	$(0.45 \times 2.2 + 0.50) \times 0.1 \times 1/2 \times 22.1$		$0.15 + 2/3 \times [0.45 \times 2.20 + 0.50]$		
D ₅	$(B-B_2) \times (h_1-h_2) \times 1/2 \times \omega$	1.663	$B_2 + 1/3 \times (B-B_2)$	0.652	1.084
	$1.505 \times 0.1 \times 1/2 \times 22.1$		$0.15 + 1/3 \times 1.505$		
D ₆	$B_2 \times h_1 \times \omega$	0.995	$1/2 \times B_2$	0.075	0.075
	$0.15 \times 0.3 \times 22.1$		$1/2 \times 0.15$		
D ₇	$(B-B_2) \times h_2 \times \omega$	6.652	$B_2 + 1/2 \times (B-B_2)$	0.903	6.007
	$1.505 \times 0.2 \times 22.1$		$0.15 + 1/2 \times 1.505$		
E _V	$E \times \sin(\delta + \alpha)$	16.215	$B - (h/3 - h_2) \times m$	1.560	25.295
	$33.948 \times \sin(20.000 + 8.531)$		$1.655 - 0.633 \times 0.15$		
Total	Vertical component of earth pressure (ΣV)	75.548	Moment of Resistant (M_V)		80.969
E _H	$E \times \cos(\delta + \alpha)$	29.825	$1/3 \times h$	0.833	24.844
	$33.948 \times \cos(20.000 + 8.531)$		$1/3 \times 2.50$		
Total	Horizontal component of earth pressure' (ΣH)	29.825	Moment of turnover (M_H)		24.844

6 Width and section of wall base

$$(B) = B_2 + (h - h_1) \times n + b + (h - h_2) \times m = 1.655 \text{ m}$$

$$B_1 = (h - h_2) \times (n + m) + b - 0.37 = 1.165 \text{ m}$$

$$(A_1) = B \times h_2 + (B_2 + B - B_1) \times (h_1 - h_2) \times 1/2 = 0.36 \text{ m}^2$$

$$(A_2) = (h - h_2) \times B_1 \times 1/2 = 1.49 \text{ m}^2$$

7 The point of net load (d) and eccentric distance

$$(d) = (M_V - M_H) / \Sigma V = (80.969 - 24.844) / 75.548 = 0.743 \text{ m}$$

$$(e) = B/2 - d = 0.085 \text{ m}$$

8 Subgrade reaction force (P1) (P2)

$$(P_1) = \Sigma V / B \times (1 + 6e / B) = 59.715 \text{ kN/m}^2$$

$$(P_2) = \Sigma V / B \times (1 - 6e / B) = 31.581 \text{ kN/m}^2$$

9 Safety rate for turnover and sliding

$$M_V / M_H = 80.969 / 24.844 = 3.259$$

$$f \times \Sigma V / \Sigma H = 0.6 \times 75.548 / 29.825 = 1.519$$

10 Result of stabilities

Against turning-over	$Ta(1.5) \leq 3.259$	OK
Against sliding	$Fa(1.5) \leq 1.519$	OK
Against sagging	$Qa = 200 \text{ kN/m}^2 > P_{\max} = 59.715 \text{ kN/m}^2$	OK
Against inner stress	It's Ok, because addomicable stress for concrete is prenty enough against inner stress.	

(6) Дренажа на потпорна конструкција

За непропустливиот тип потпорни конструкции, генерално треба да се обезбедат одводи (одводни дупки) за да се елиминира протечената вода на задната падина на конструкцијата. При пресметката на стабилноста, обично не се зема предвид порастот на нивото на водата во почвата на задните падини на непропустливата конструкција за задржување на земјата. Затоа, спречувањето на неочекуваното покачување на нивото на водата во почвата на задната падина на конструкцијата со одводи има важна функција во пресметката на стабилноста.

1. За непропустливи конструкции за задржување на земјата, како што се бетонски потпорни конструкции и потпорни конструкции со влажна сидарија, треба да се обезбедат одводни канали за да се спречи акумулација на вода и зголемување на нивото на водата во почвата на конструкцијата. Тоа е затоа што ако протечената вода или подземните води останат на задната падина на конструкцијата, притисокот на водата ќе делува на потпорната конструкција.

2. Одводите се поставуваат со цевки со благ наклон надолу, од задната кон предната страна на потпорната конструкција. Внатрешните дијаметри на цевките треба да бидат генерално од околу 50 до 100 mm и треба да се вградуваат на околу 1 во 3 m² од потпорниот сид. Во случај да постојат ризици дека водата од потоци итн., тече во задната страна на сидот, треба да се земат предвид мерки за спречување на повратниот проток за да се обезбедат и да се прицврстат на одводните цевки.

3. Во општи случаи, треба да се обезбеди чакал за засипување за ефикасна дренажа на водата и спречување на одводните дупки да се затнат со земја и песок.

(7) Чакали за затрпување

За да се изедначи притисокот на земјата и да се исцеди протечената вода од задната страна на конструкцијата треба да се обезбедат чакали за засипување.

1. Чакалите за затрпување главно се обезбедуваат за да се распрсне притисокот на земјата на задната страна на непропустливиот тип конструкција за да се подобри стабилноста на конструкцијата, да се поттикне ефикасно одведување на протечената вода и подземните води и да се спречи затнувањето на одводните цевки со почва и песок.

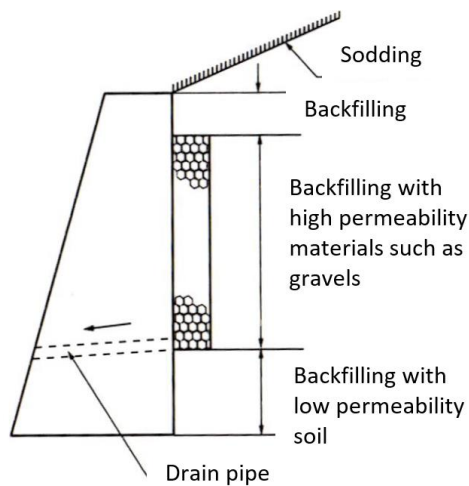
2. За засипување со чакал, структурата на потпорната конструкција, квалитетот на почвата на задната страна на конструкцијата, условите за изворска вода итн., треба да се земат предвид и хомогени и високопропустливи материјали како што се чакал, кршен камен кој е издржлив на временските услови ќе се користи по доволно набивање на тие материјали како стандардна процедура.

Ако задната страна на потпорната конструкција е наполнета со почва со добар квалитет и притисокот на земјата се претпоставува дека рамномерно делува на потпорниот сид, а одводот исто така се очекува добро да функционира, тогаш можеби нема да биде потребно да се прави ова.

[Референца] Како да се изведе полнењето

Имајќи ги предвид горенаведените цели, во случај да се обезбеди чакал за засипување, тој треба да биде обезбеден и распореден со еднаква дебелина од 30 cm. како стандард. Во случај да може да се постигне дисперзија на притисокот, иако сè уште се очекува слаба пропустливост само со полнење со чакал, може да се размисли за користење на секундарен производ.

Пополнувањето со чакал треба да се направи од близината на врвот на сидот до најнискиот одвод. Под чакалите, обично се користи почва со ниска пропустливост (глинеста).



Слика 3-13 : Концептуален цртеж на засипување на потпорниот сид

3.3 Изградба на ридски канал

Каналот на ридот има за цел да собира и исцеди вода на ридот за да спречи ерозија на ридот. Тоа е затоа што дождовницата, изворската вода или дотекната вода што доаѓа од надворешната страна на градилиштето се инфилтрира во почвата и предизвикува зголемување на притисокот на порната вода и деградација на силата на лепење на почвата. На крајот, местото станува подложно на ерозии. Изградбата на канал може да помогне да се избегне создавање такви услови со отстранување на површинската вода.

Ридски канали ќе се инсталираат во следниве случаи;

- (1) Во случај да има изворска вода во целиот рид
- (2) Во случај кога површинските води лесно се собираат од околината и се спуштаат во ридот,
- (3) Доколку ридот е со долински облик и во него се собираат површинските води
- (4) Во случај кога ридот е геолошки слаб на ерозии од површинските води
- (5) Во случај водата исцедена од францускиот одвод да излезе и водата треба да се пречисти за безбедно да се спушти надолу.



Слика 3-14 : Изградба на ридски канал

Табела 3-5: Потребни локации за ридски канал

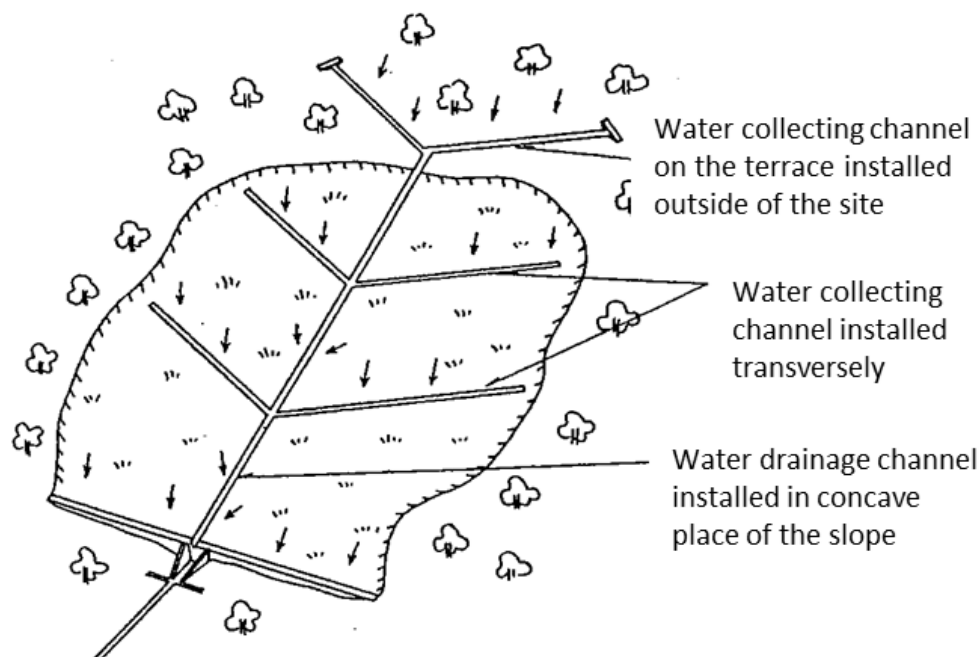
Factors	Channel work is required (in general)	Channel work is not required
Type of collapses/ erosions	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deep and seashell / spoon shaped collapses caused by seepage/ ground water, etc. 2. Collapses caused by gully erosions 	Shallow collapses of the surface peeling type
Geological features of collapsed areas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Areas of easily eroded geological compositions such as volcanic ash, fine sand, mud and etc. 2. Areas consisted of terrace deposit or impermeable composition layers such as rock, etc. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mudstone, etc. is exposed 2. Areas of geological compositions unsusceptible to erosions such as gravel, cobbles, etc.
Spring water	<ol style="list-style-type: none"> 1. Water spring is all the time 2. Water spring is only after raining 	No water springs
Catchment area	<ol style="list-style-type: none"> 1. Water is gathered in the collapsed area from the outside of the area 2. Area is 0.1ha or more 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No water coming from the outside 2. Area is less than 0.1ha
Longitudinal/ cross-sectional shape	<ol style="list-style-type: none"> 1. Longitudinally Convex shaped line slope 2. Horizontally concave shaped (valley shaped) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Longitudinally graded slope or concave shaped slope 2. Horizontally level shaped
Relationships with other works	Previously other works could not make the site stable or regenerated vegetation successfully	Other works can make the site stable/revegetated quickly

Планирање на ридски канал

Ридските канали треба да се проектираат на хоризонтално најниските позиции каде што водата се собира најефективно на падините. Во основа, трасирањето треба да биде дизајнирано на следниов начин:

① Во случај површинската вода да тече во локацијата однадвор, каналите треба да се трасираат на надворешната страна за да се собере водата од таму. Во овој случај, каналот треба да се инсталира на релативно рамно место од горната страна на локацијата.

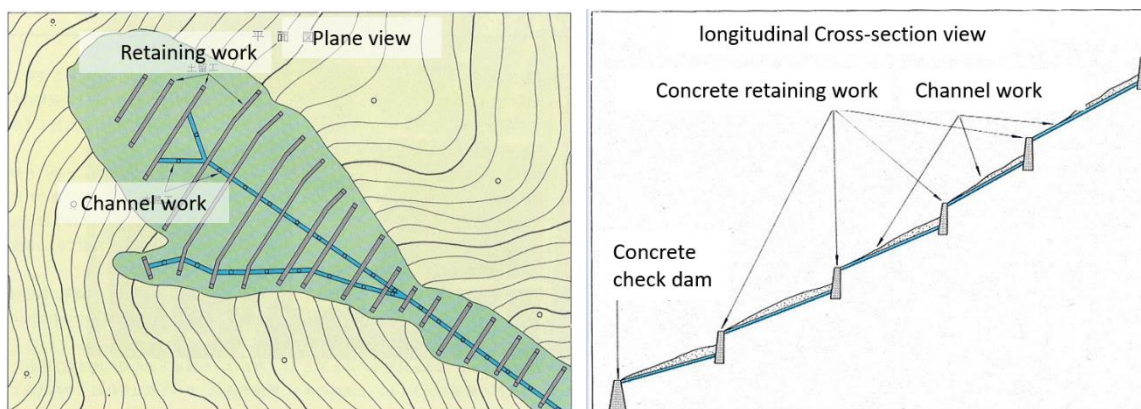
- ② Каналите за собирање вода треба да бидат поставени попречно на падината за да се соберат површинските води колку што е можно повеќе.
- ③ Одводниот канал за вода треба да се уреди така што ќе го заземе најкраткото растојание од централниот канал за што побрзо да се исцеди собраната вода кон надвор.
- ④ Во случај кога работната површина на ридот е голема, треба да се организира соодветен каналски систем за собирање и одвод на вода, бидејќи еден канал не е способен да се справи со водата во поголема област.
- ⑤ При трасирање на каналите ќе се земат предвид условите на падината и топографските карактеристики пред/по изградбата. Тоа е затоа што може е потребно да има главен канал и споредни канали, во зависност од обликот и условите на срушената област.



Слика 3-15 : Планирање на ридски канали

Приказ на план и приказ на надолжен пресек на каналот

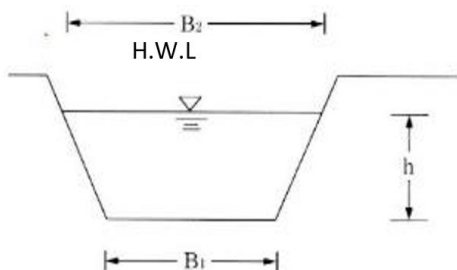
Дизајнот на каналот треба да биде поставен во плански приказ со поврзување на хоризонтално најниските позиции на падината. Трасирањето на каналот треба да биде природно дизајнирано од горе кон долу по падината за водата во каналот да тече.



Слика 3-16: Плански поглед (лево) и попречен пресек (десно) на каналот на ридот

Пресек на проток на вода на каналот

Пресекот на протокот на вода на каналот треба да биде дизајниран така што да се исцеди доволно безбедно за максималната количина на проток на собраната вода.



Слика 3-17: Пресек на протокот на вода на каналот

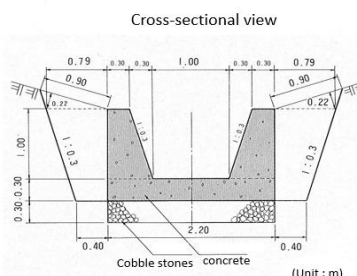
Должина на еден распон на каналот

Општо земено, срушените падини се стрмни и вообичаено не се очекува основата на падината да има добри услови. Затоа, ако еден распон на каналот за вода е дизајниран за долги растојанија, може да дојде до нееднакво слегнување и лизгање поради сопствената тежина на каналот. Соодветно на тоа, должината на распотот треба да се регулира со потпорна конструкција или прагови за околу 20 m во косата должина како стандардна.

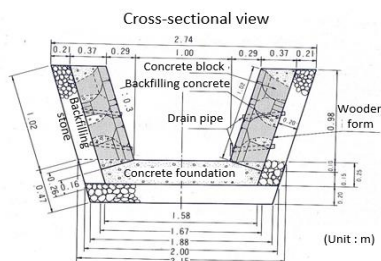
Types of channel work (1/6)



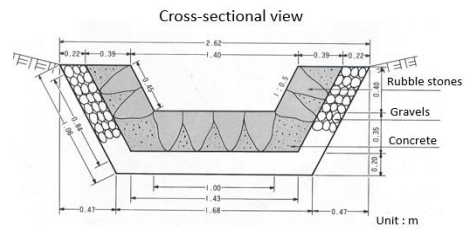
Concrete channel constant water with high water discharge



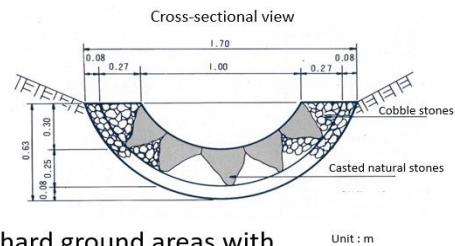
Concrete block channel Main channel with high water discharge



Types of channel work (2/6)

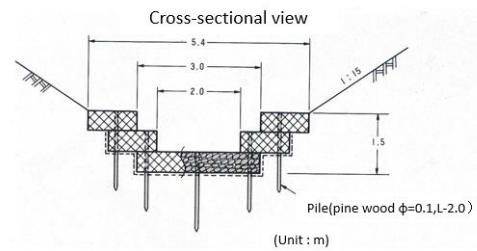


Wet masonry hillside channel: For locations with high volume constant water

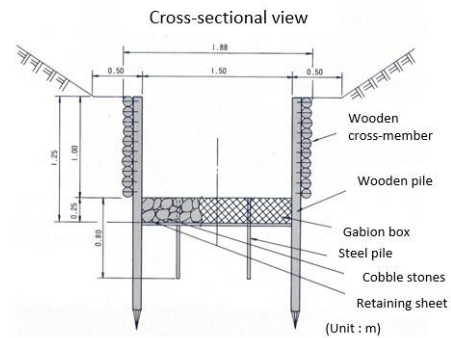


For hard ground areas with small water catchment areas

Types of channel work (3/6)

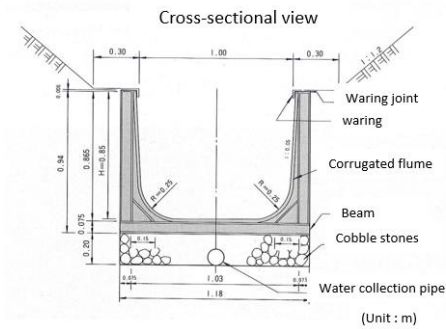


Gabion box channel: For locations with soft ground and little constant water

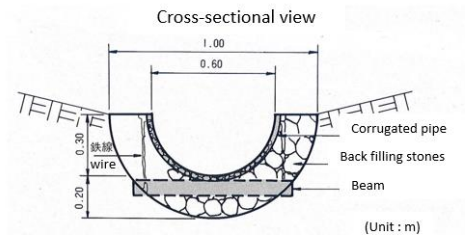


Wooden fence channel: It is compatible with vegetation work. Relatively low durable.

Types of channel work (4/6)

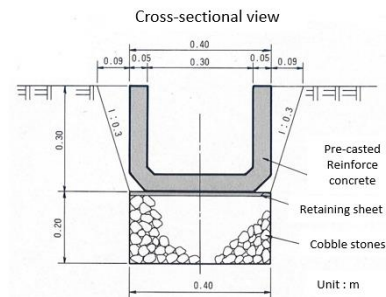


Corrugated flume pipe channel:
For locations where flexibility in work needed such as landslide area, etc.

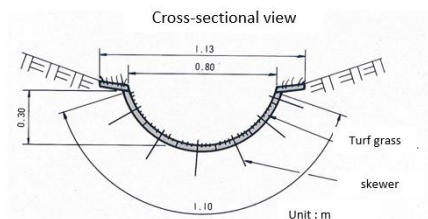


Corrugated pipe channel:
Functions of the channel can be sustained even with ground deformation.

Types of channel work (5/6)

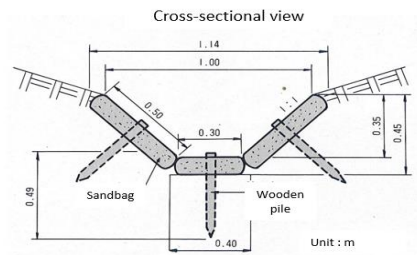
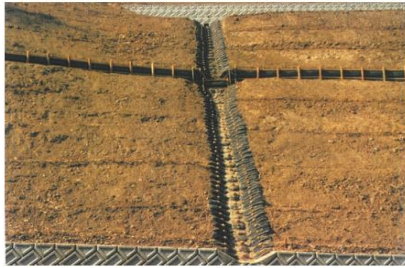


Precast concrete channel:
Channel material is precast concrete and Easily procured.

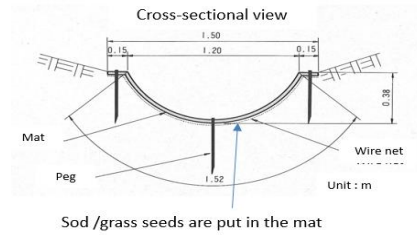


Sod covering channel: Suitable for gentle slopes with no constant water, low water discharge, no sediment movement and rich soil for sod to grow

Types of channel work (6/6)



Sandbag channel: Suitable for slopes with no constant water, low water discharge, no sediment movement and rich soil for sod to grow.

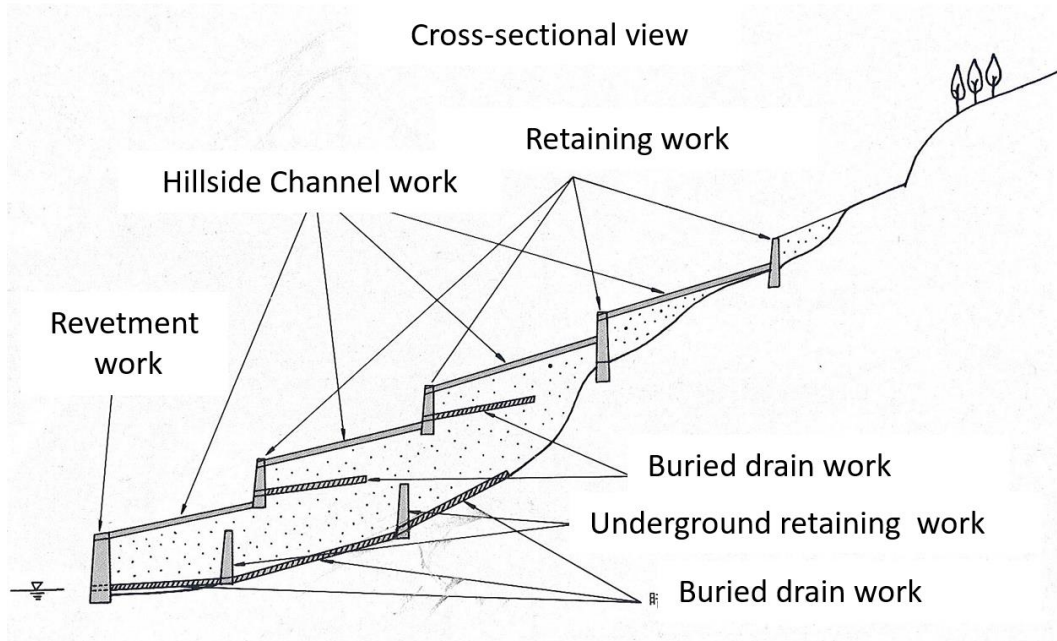


Wire net channel: Suitable for slopes with no constant water, low water discharge, no sediment movement and rich soil for sod to grow.

Слика 3-18: Видови ридски каналски конструкции

3.4 Закопан одвод (француска дренажаа/ пропусти)

Закопаниот одвод има за цел брзо да ја исцеди подземната вода и/или протечената вода надвор од локацијата, што ќе ја намали содржината на вода и притисокот на порната вода на почвата на падините, ќе спречи движење на почвените слоеви од лизгање на земјиштето, ќе спречи истекување на подземната вода на површината и ќе спречи местото повторно да колабира.



Слика 3-19: Видови на ридски канали

План за распоред и структури на закопан одвод

За да се постигне ефективно собирање и одвод на вода, позициите и структурите на закопаниот канал ќе се определат врз основа на длабоки и доволни топографски и геолошки истражувања. Закопаниот одвод се поставува до длабочината на непропустливиот слој или оригиналниот земјен слој.

1. Работата се уредува на водените извори и водените површини.
2. Во случај една од причините за уривање на падините да се истеците на подземните води, закопаниот одвод секогаш се планира по доволно испитувања на локацијата.
3. На седиментното подрачје каде што е сечена падината, подземната вода е склона да се формира на границата помеѓу првобитната површина на земјата и седиментниот почвен слој. Затоа е неопходно да се размисли да се постават закопани одводи на такви позиции.
4. Доколку земјата е воденеста и бара планирање на голема дренажа, ќе се планира систем за одводна мрежа.
5. При планирање на работата во областите на водни извори, приклучокот за вода (приклучок) без истекување на вода треба да биде соодветно дизајниран.
6. Структурата на закопаниот одвод треба да биде дизајнирана така што да не дозволува собраната вода да истекува и повторно да навлезе во земјата.
7. Соодветните големини и должини на распонот на работата и целиот систем се одредуваат согласно големината на областа за собирање вода со еден одвод.

Услови на дренажна цевка

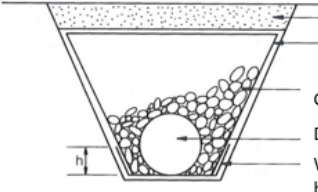
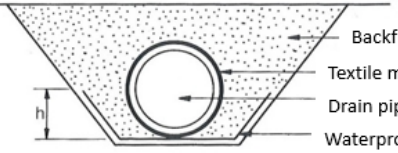
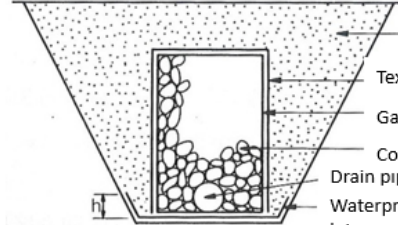
Одводната цевка на закопаниот одвод треба да ги исполнува следниве услови:

1. Доволна издржливост на товар, притисокот на земјата и слично од горниот дел.
2. Доволна способност за одводнување.
3. Поврзаноста и издржливоста се добри.
4. Изградбата на конструкцијата не е тешка.
5. Напречниот пресек на цевката е доволен за да се влее одредена количина на талог.

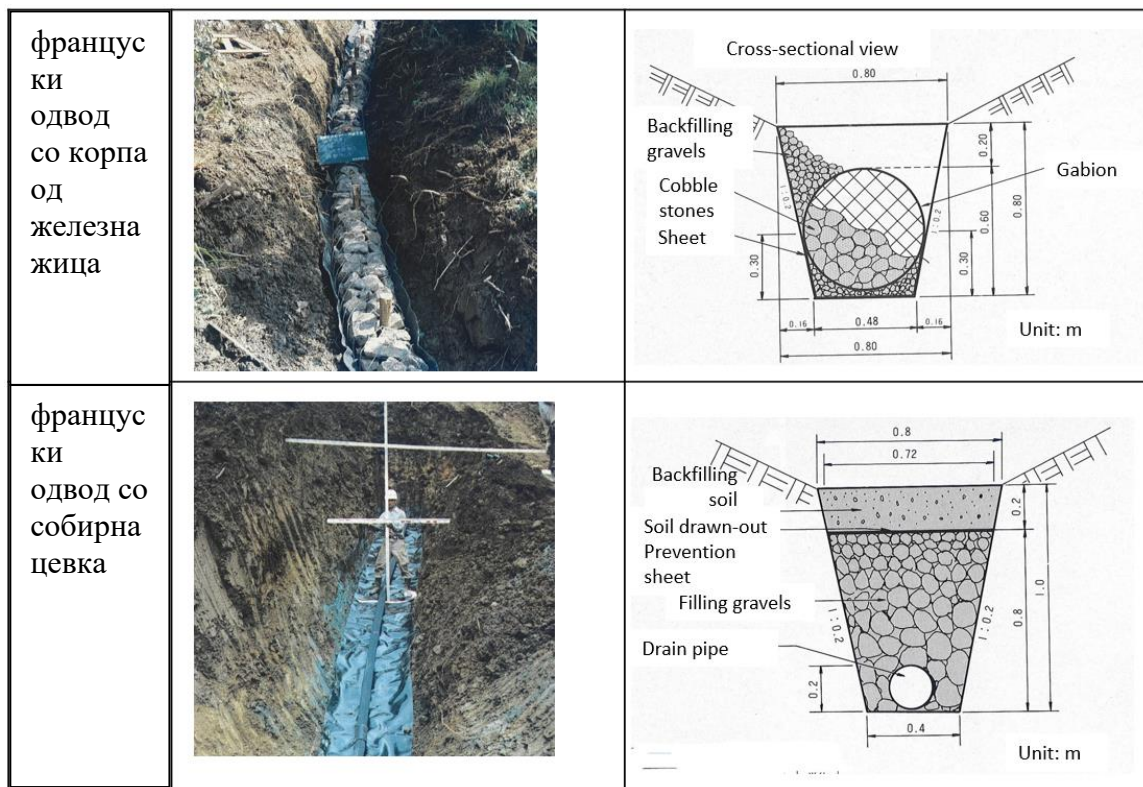
Постојат неколку видови и структури на закопани одводни конструкции, како што се, чакал, фашины, габиони, бетонски цевки и сл. Поради потешкотии со набавката во последно време

како и издржливоста и/или применливоста на одредени материјали, често се користат секундарни производи или комбинации меѓу габиони и секундарни производи.

Шематски прикази на закопаниот одвод

<p>Во случај почвата да е нормална и воденеста, или ако е потребно да се исцеди вода до релативно подлабокиот слој</p>	 <p>Backfilling soil Textile mat to prevent clogging Gravels Drain pipe Waterproof sheet h is same as diameter of the drain pipe or less.</p> <p>Textile mat is not required depending on soil conditions</p>
<p>во случај да се бара одвод на вода само до релативно поплаток слој</p>	 <p>Backfilling soil Textile mat to prevent clogging Drain pipe Waterproof sheet h is same as diameter of the drain pipe or less.</p>
<p>Во случај да е потребно одводнување до подлабокиот слој заради свлечиштето</p>	 <p>Backfilling soil Textile mat to prevent clogging Gabion Cobble stones Drain pipe Waterproof sheet h is same as diameter of the drain pipe or less.</p>

Слика 3-20: Шематски прикази на затрупаниот одвод



Слика 3-21: Видови на закопани одводни конструкции

3.5 Едноставна терасирачка работа

Едноставна терасирачка работа вообичаено се планира за да се распрсне дождовницата на падините на срушените и/или еродираниот ридови и да се спречи ерозија на површината на ридовите. Исто така, треба да се подобри вегетациското живеалиште на ридовите и да се промовира брзо обновување на вегетацијата на падините.

Некои видови на терасирачки работи се комбинираат со вегетациона работа. Од предната страна е обезбедена одредена вегетација и се планира да се спречат ерозиите на врвот на терасите и на површината. Таквата вегетациона работа може да создаде погодна средина за засадени дрвја да растат добро.

Стандардниот интервал помеѓу линиите на терасирачката работа треба да биде 1,5 m по висина.


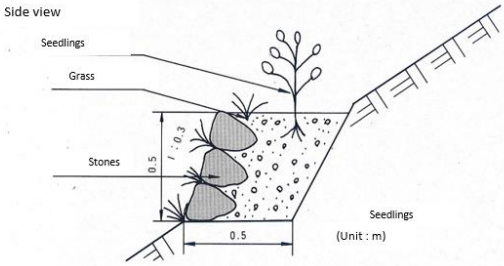
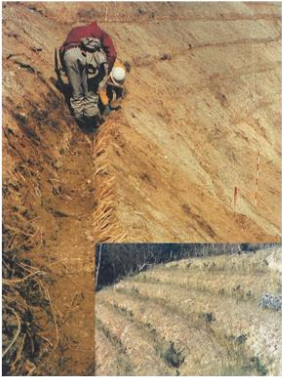
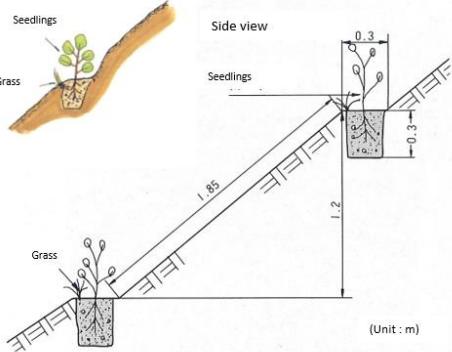
Категории на терасни конструкции

Терасните конструкции може да се категоризираат на следниов начин;

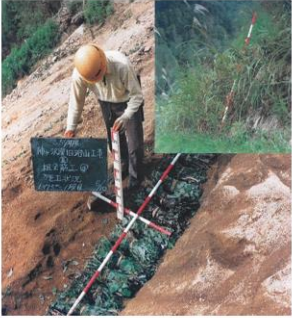
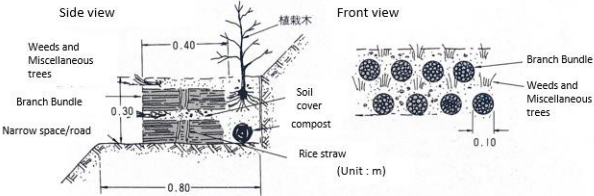

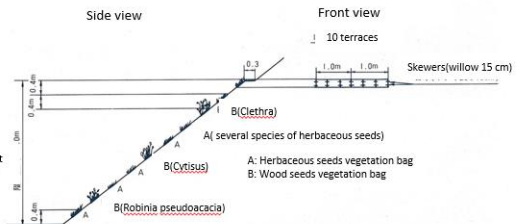
1. Конструкција за создавање средина за да се олесни засадените дрвја да растат подобро со натрупување снопови фашины, камења и други материјали напред и повторно полнење почва позади за почвата да остане таму. Работа со камен, фашина и/или бусени трева.
2. Работа за засадување на едно или сноп растенија на тераси или ископани ровови на падини...тераси со кадиум/трева за тревници.
3. Работа за користење на секундарни производи што ќе содржат растителни семиња внатре за обновување на вегетација на падините. тераса со користење секундарни производи

Од употреба на секундарни производи, може да се очекуваат два вида ефекти во градежните работи. Едниот е ефектот за одржување на покриената почва на падините, а другиот е заштеда на работна сила и стандардизирање на сеидбените операции.

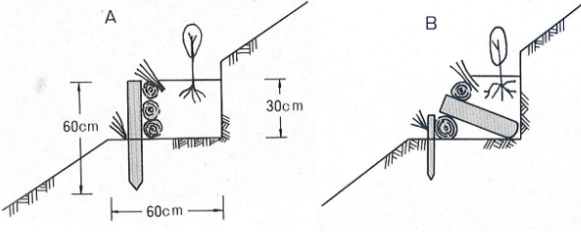
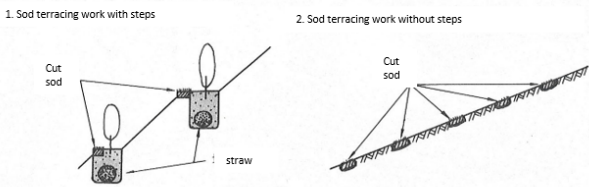
Types of terracing work (1/3)

<p>Terracing work using stones</p>		<p>Side view</p> 
<p>Terracing work using Pampas/ Miscanthus grasses</p>		<p>Side view</p> 

Types of terracing work (2/3)

<p>Terracing work using fascine</p>		
<p>Terracing work using vegetation materials</p>		

Types of terracing work (3/3)

<p>Terracing work using log</p>	<p>(Type A is introduced as fencing work in the following section.)</p>	
<p>Terracing work using sod</p>	<p>→ ① Cutting stairs (terrace) in the slope ② Without cutting stairs in the slope</p>	

3.6 Поставување на ограда

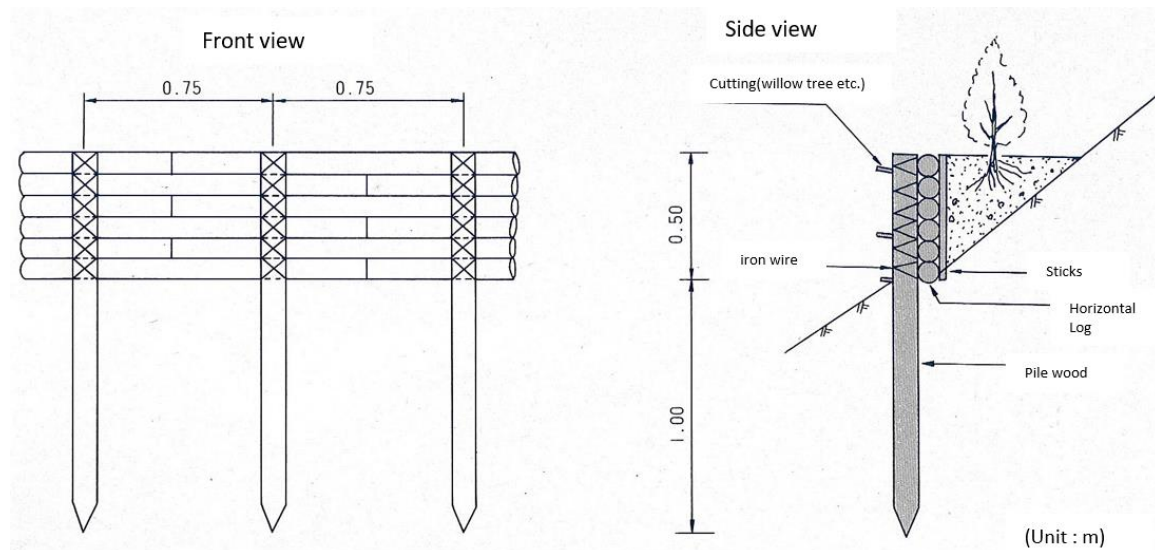
Поставувањето на ограда може да се категоризира како еден вид едноставна терасна конструкција. Конструирана е да го спречи истекувањето на горниот слој на почвата од падините и да создаде добри услови за раст на засадените дрвја.

Структура на оградата

За поставување на оградата, дрвени колци се забиваат во падината на ридот во интервали од 0,5 до 1,0 m по должината на контурната линија на ридот и шипките со вкрстени парчиња се плетат или склопуваат помеѓу колците со различни материјали за да формираат сидови.


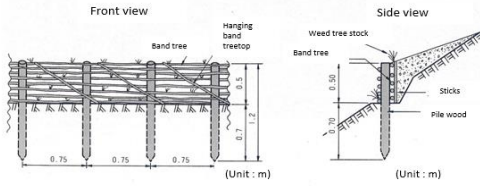

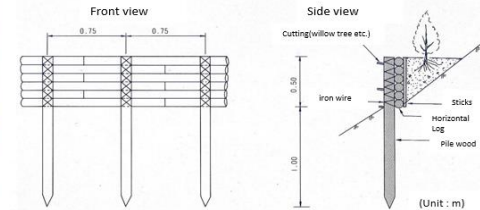
Оградата вообичаено се планира за да се спречи истекување на почвата и песокот и да се запре развојот на јаруги со едноставна конструкција за задржување на земја на седиментни или меки падини. Меѓутоа, бидејќи материјалите што се користат за огради вообичаено брзо се распаѓаат, висината на сидот на оградата треба да биде ограничена на 0,5 m или помалку, а садењето или сеидбата на бусен треба да се врши помеѓу скалите и на сидните материјали. Според тоа, таквата вегетација може да се справи со уништувањето на падините по распаѓањето на материјалите од оградата.

Колците се спротивставуваат на притисокот на земјата што делува на задниот дел од сидот на оградата и го поддржуваат сидот. Затоа, длабочината на закопување на колците треба да биде 1,5 до 2 пати од висината на сидот.


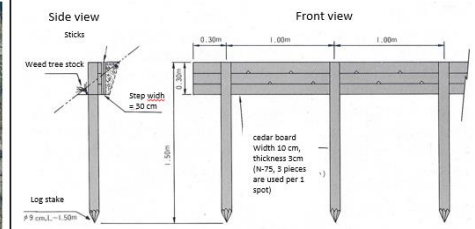

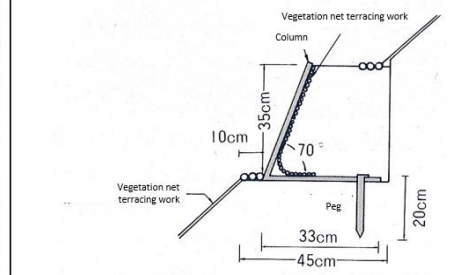


Слика 3-22: Видови на мали тераси

Types of fence work (1/4)

<p>Wicker fence work</p>		 <p>Front view</p> <p>Side view</p> <p>(Unit : m)</p>
<p>Log fence work</p>		 <p>Front view</p> <p>Side view</p> <p>(Unit : m)</p>

Types of fence work (2/4)

<p>Board fence work</p>		 <p>Side view</p> <p>Front view</p> <p>(Unit : m)</p>
<p>Steel frame fence work</p>		 <p>Vegetation net terracing work</p> <p>Column</p> <p>Peg</p> <p>(Unit : cm)</p>

Types of fence work (3/4)

<p>Wire netting fence work</p>		
<p>Steel fence work</p>		

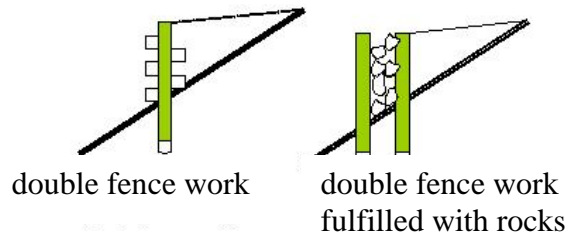
Types of fence work (4/4)

<p>Resin netting fence work</p>		
---------------------------------	--	--

Слика 3-23: Видови на огради



Слика 3-24 Огради во Северна Македонија, од плетени прачки




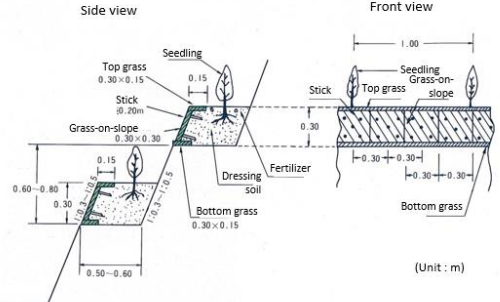

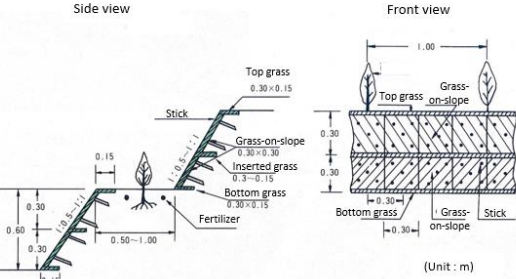
Слика 3-25 Единечна и двојна ограда

3.7 Работа со бусен

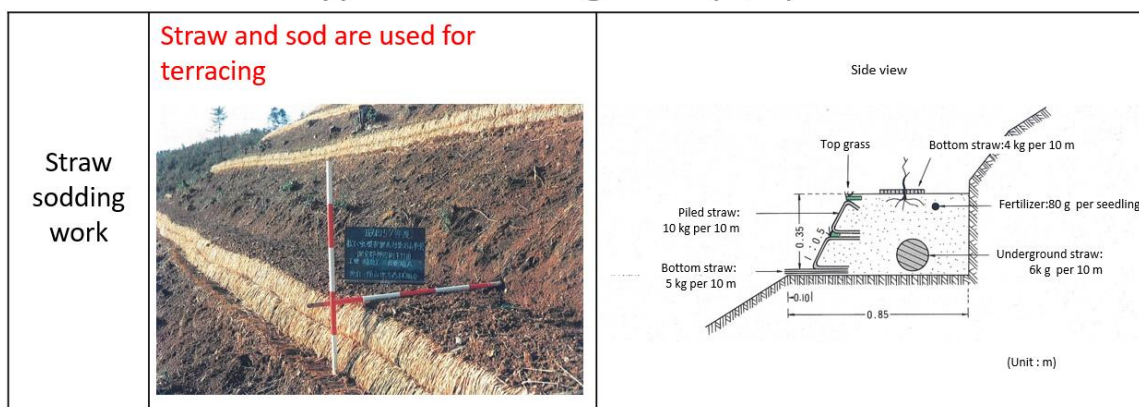
При покривање со бусен се прават хоризонтални скали на исечени падини и се создаваат саксии со бусен на првобитното тло на скалите, во кои се става земја со губрива и оризова слама и таму се садат садници дрва за повторно да се обнови вегетацијата на падините.

Покривањето со бусен е една од техниките развиени од активностите за обновување на соголени планини (голи планини) во Јапонија. Ридовите со слаби хранливи материи се целни области на работата, во кои површината е екстремно сува, лесно се појавуваат бразди и јаруги, а горниот дел од почвата исто така лесно се измива.

Types of sodding work (1/2)

<p>Sodding work by three sheet piling</p>	<p>Three sod sheets are used for terracing</p> 	 <p>(Unit : m)</p>
<p>Sodding work by five sheet piling</p>	<p>Five sod sheets are used for terracing</p> 	 <p>(Unit : m)</p>

Types of sodding work(2/2)



Слика 3-26 Видови на работа со бусен

3.8 Постапување на вегетациона покривка

Постапување на вегетациона покривка ќе се планира за да се спречат ерозиите и колапсите на горниот слој на почвата поради врнежите и мразот и да се подобри средината за ртење и растење на вегетацијата.

Постапување на вегетационата покривка ќе се планира за да ги заштити падините и изградената вегетациона работа од ерозии и колапс. Оваа активност може да се примени во случај кога падините се од груба почва и/или стрмни и изградени тераси најверојатно ќе бидат уништени поради појава на бразди и јаруги на падините предизвикани од врнежи, и во случај површинската почва да биде склона да се урива поради кревање на мраз и други причини.

Постапувањето на вегетационата покривка е исто така планирана за заштита на вегетацијата од пречки на растот. Оваа активност може да се примени во случај посеаните семиња и хранливи материи да истекуваат со земја, а посеаните семиња и засадените дрвја веројатно се соочуваат со пречки за нивното ртење и раст.



Слика 3-27 Резултати од работа со вегетациона покривка

Категории на вегетациска покривка

Табела 3-6 Видови на работа со покривање со вегетација


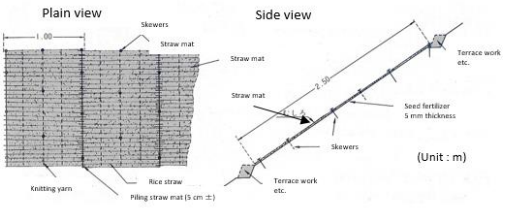

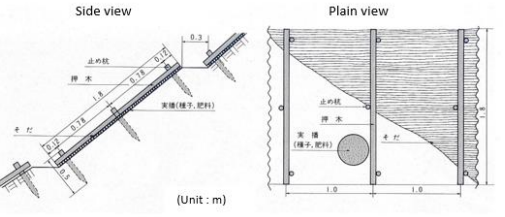
Тип	Материјал	Примена
Вегетациска покривка со фашина	Фашина	Доколку е потребно да се спречат ерозии или уривања на падините меѓу скалите поради нараснување на мраз и други причини, во случај материјалите за фаширање да се лесно достапни и на падини каде што може лесно да се забијат колци.
Вегетациска покривка со сламена подлога	Сламена подлога	Во падини со обилен мраз, во суви области, во области со лесен и груб горен слој на почвата, итн.
Вегетациска покривка со сламена подлога која содржи семе и хранливи материи	Сламена подлога која содржи семиња и хранливи материи	Во случај кога е потребно брзо обновување на вегетацијата во области каде што се појавува мраз, во области со помалку врнежи и суви или во области каде што горниот дел на почвата е доволно лесен и груб за лесно да еродира.
Вегетациска покривка со слама	Слама	Во области каде бранувањето е релативно нежно со помалку врнежи. Исто така во области каде што горниот дел од почвата е лесна и груба.
Вегетациска покривка со мрежа	Мрежа	Во падините што се состојат од карпи со добро развиени пукнатини и нивното површинско движење треба да се спречи и да се фиксира вегетацијата на падините. На падините каде што е тешко да се изведат други работи за вегетација и кога треба да се спречи паѓање на почвата и карпите.
Секундарни производи	Сламена подлога/дрвен материјал /покривка, хемиски влакна/железна мрежа	Покривки се користат за да се спречи движењето на горниот слој на почвата поради нараснување на мраз и слично, како и да се заштитат посеаните семиња од оштетувања од сувост и студ, што е слична функција на работата со употреба на сламени подлоги и сламена покривка. Видовите мрежи се користат главно за фиксирање на материјалот за прскање, како што се материјалите за хидросеење, и за да се спречи паѓање и уривање на карпи. Оваа функција е слична на функциите на зајакнувачките мрежи и мрежите за спречување на паѓање на карпите за работа со хидропрскање со малтер.

Својства и примена на материјали за покривање


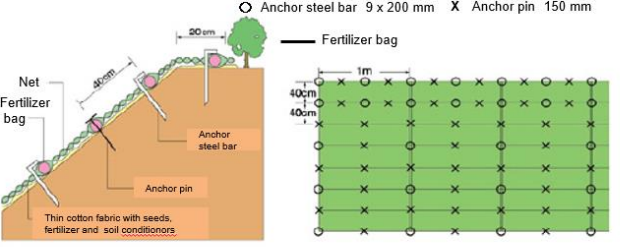
Табела 3-7: Својства и примена на шокривката

Тип	Карактеристика/Примена
Сламена подлога	Сламата треба да се плете за да не пречи на ртењето. Во оваа смисла, употребата на слама од 350 до 500 g / m ² е нормално соодветна. Вообичаената големина на подлогата е со ширина од 1 m и должина од 10 до 20 m. Бидејќи лесно се вклопува на површината на земјата, има ефекти за спречување на ерозија. Исто така, добро влијае и за задржување на влагата и топлината, што го промовира растот.
Мрежа од хемиски влакна	Мрежата од хемиски влакна е со мала тежина и може лесно да се ракува. Некои видови на работа може да се посеат и да се постават покривки истовремено бидејќи овој вид производи содржи семиња и ѓубрива. Сепак, треба да се забележи дека ефектите на задржување на топлина и навлажнување се мали поради малата тежина.
Дрвени влакна	Може да се очекува материјалите да имаат рамномерни адхезии на дрвена целулоза, семиња и ѓубрива и нивните повеќекратни ефекти да ги надополнуваат хранливите материи за малите садници. Материјалот треба да има добра можност за употреба во вода и рамномерно да се прска и да не го попречува ртењето дури и кога се користи во голема количина. Ќе се размисли за употреба на материјали за заштита од ерозија бидејќи содржината на вода во површинскиот слој може да се зголеми кога се прскаат влакната, што може да ги зголеми ерозиите за време на врнежите. Ќе се користат најмалку 150-200 g / m ² од материјалот за да се очекуваат повеќекратни ефекти.

Types of vegetation cover work (1/2)

<p>Veg. cover work using straw mats</p>		 <p>Plain view</p> <p>Side view</p> <p>(Unit : m)</p>
<p>Veg. cover work using fascine</p>		 <p>Side view</p> <p>Plain view</p> <p>(Unit : m)</p>

Types of vegetation cover work (2/2)

<p>Veg. cover work using vegetation mat</p>	 <p>Immediately after the completion</p> <p>8 month after the completion</p>	<p>(Left Photo) Right after the completion of the work</p> <p>(Right photo) 8 months after the completion of the work</p>
	 <p>○ Anchor steel bar 9 x 200 mm X Anchor pin 150 mm</p> <p>Net</p> <p>Fertilizer bag</p> <p>Anchor steel bar</p> <p>Anchor pin</p> <p>Thin cotton fabric with seeds, fertilizer and soil conditioners</p> <p>Fertilizer bag</p> <p>1m</p> <p>40cm</p> <p>40cm</p>	

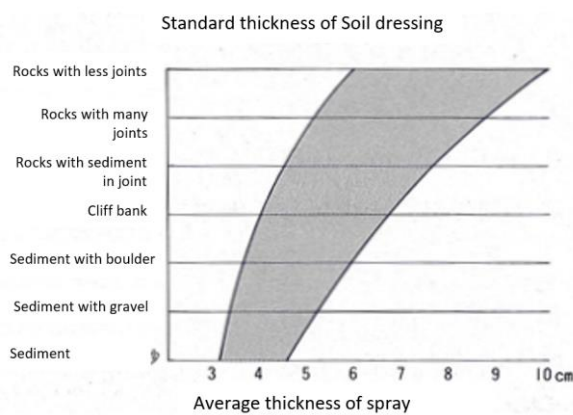
Слика 3-28: Видови на вегетациски покривки

3.9 Хидросеење

Хидросеење обично се применува по изградбата на темелите на ридот во релативно благи падини во области каде што е доминантна соодветна почва за растење на вегетација. Работата вообичаено се применува со цел да се заштеди труд и да се намалат трошоците за изградба. Семињата, ѓубривата, материјалите за стврдување и материјалите за подобрување на почвата се мешаат со вода и се прскаат со машина за прскање семиња (хидросеач).

Хидросеење со прелив на почва

Оваа работа се применува за воведување и генерирање на вегетација на стрмни падини со помалку земја и/или на исечени падини на тврдо тло и слично. Стабилизаторите на почвата и почвата обично се мешаат во материјалите за хидросеење и се прскаат со машина за прскање малтер бетон.



Слика 3-29: Стандардна дебелина на облога на


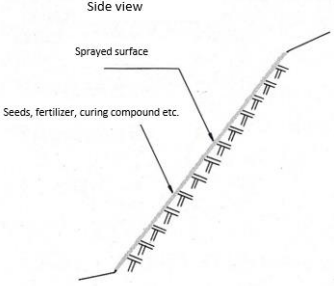
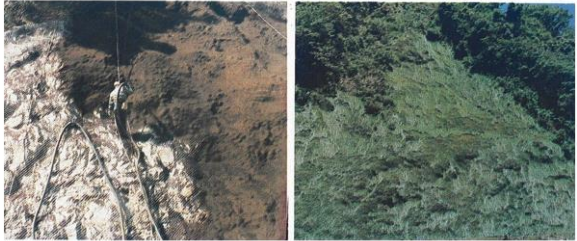
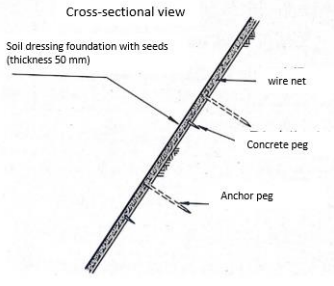
Хидросеење од воздух

Воздушното хидросеење се применува со прскање на растителни семиња и други вегетациски материјали со хеликоптери, за обновување на вегетацијата во пропаднатите области. Ова се применува во случај кога условите за градба се екстремно лоши, како на пример во оддалечени области или стрмни области, во случај кога не се применливи други методи на ревегетација, во случај кога има многу градежни цели што се раштркани, кога целната површина за градба е голема, или кога е потребна итна повторна вегетација, на пример, на местото на шумски пожар и слично.

Табела 3-8 Материјали што се користат за воздушно хидросеење

Material for aerial hydroseeding work : Soil dressing hydroseeding work (per ha)				
Type	Specification	Amount	unit	Application
Asphalt emulsion	Cationic, PK—1	3,500	kg	Dilution rate 1 : 1 Strength 25% solution
Mixed water	Running water	3,500	Kg	
Complex fertilizer	N12 P8 K6	1,500	Kg	
Seed	Various sorts	160	Kg	
Repellent	Iron oxide powder	1	kg	
Remarks	Herbaceous plants : Japanese knotweed(3.7)、Japanese pampas grass(12.5)、 Japanese mugwort(7.0)、Festuca arundinacea (65.0)、Eragrostis curvula(10.0)、 Festuca rubra var. genuine Hack(21.8)、Dactylis glomerata(20.0) Woody plants : Pseudoacacia(6.8)、Pepperbush(8.4)、Alnus firma(4.8) Unit : kg			

Types of Hydroseeding (1/2)

Standard hydro-seeding work		
Soil dressing hydro-seeding work		

Types of Hydroseeding work (2/2)

Aerial hydro-seeding work		
---------------------------	---	--

Слика 3-30 Видови работи за хидросеење

4 ГРАДЕЖНИ РАБОТИ ЗА ЗАЧУВУВАЊЕ НА ШУМАТА: ПОРОЈНИ КОНСТРУКЦИИ

Поројните конструкции обично се изведуваат во опустошените порои или планински потоци со цел да се обноват условите и исто така да се спречи понатамошно уништување. Ке се изберат соодветни типови на поројни конструкции според условите на пустош во пороите, топографските и/или геолошките карактеристики, како и условите на целите што треба да се заштитат во низводните области на сливот на поројот.

Како главни поројни конструкции имплементирани во Северна Македонија, во овој прирачник се претставени и опишани три типа на поројни конструкции:

- а. Насипана брана (брана за задржување на наноси или земјен праг)
- б. Каналска конструкција
- в. обалоутврда

4.1 Насипана брана (брана за задржување на наноси или земјен праг)



Слика 4-1 Насипана брана со габиони во Лисиче и Радовиш, изградени и прикажани во рамки на проектот за Еко-НПК во Северна Македонија



Слика 4-2 Насипани брани со мали скалила, направени од природни материјали во Северна Македонија



Слика 4-3 Класична отворена насипана брана во Тетово (лево) и комбинирана насипана брана (десно)

4-1-1 Цели на насипана браната

Главните цели за изградба на насипана брана се да се стабилизира коритото на потокот и планинското подножје, како и да се контролира испуштањето на седиментот во потокот.

Насипаните брани обично ги имаат следните функции:

- (1) Да ги ублажат косините на коритото со цел да се намалат вертикалните и страничните ерозии и да се ублажат движењата на седиментот во коритото.
- (2) Да се стабилизира подножјето на планината на страничните падини на потокот и да се спречи уривање на падината.
- (3) Да се ублажи движењето на нестабилните седименти акумулирани во коритото.
- (4) Да се спречи уништување на потокот со проток на отпад и да се контролира испуштањето на седиментот низводно.
- (5) Да се балансира волуменот на седиментот, т.е. протекување на песок и камен со вода во нормална ситуација, но за време на поплави, да се попречи протокот на земјата, песокот или однесено дрво.

Насипаните брани секогаш треба да имаат една или повеќе целни функции со цел браните да ги извршуваат функциите на локациите каде што тие функции се потребни за да се ублажи пустошот во потокот.

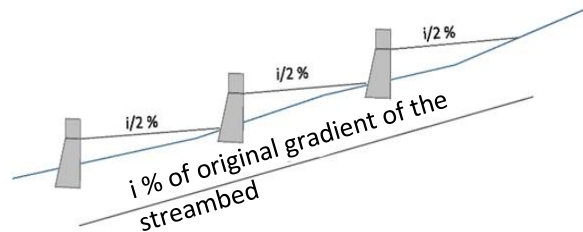
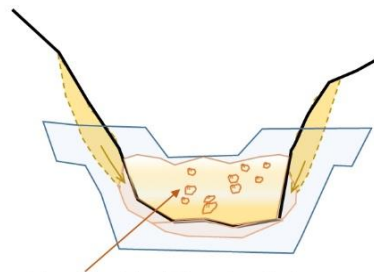


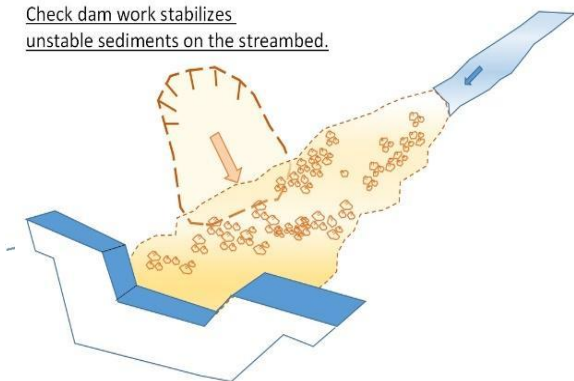
Figure 4-4 Design sediment gradient of Step dams



Sediment load behind the check dam can suppress the vertical and lateral erosions, stabilize the toe part and prevent both side slopes from collapsing.

Слика 4-5: Спречување на вертикални и странични ерозии

Check dam work stabilizes
unstable sediments on the streambed.



Слика 4-6: Стабилизирање на планинското подножје со седиментите на браната

4-1-2 Локација на насипана брана

Насипаните брани ќе се инсталираат на соодветни локации во порои/потоци во согласност со нивните намени.

1 Насипаната брана треба да биде поставена на најефикасната и најекономична локација во целните области на потокот за да можат ефикасно да ги исполни своите цели.

2 Насипаната брана треба да биде поставена директно низводно од целната област во потокот каде што е потребно да се стабилизира подножјето на планината на страничните падини и да се спречат надолжните и страничните ерозии и движењето на нестабилните седименти на коритото. Во случај целната област да е далеку или ако наклонот на коритото е висок, некои насипани брани може да се подредат во шема на скали.

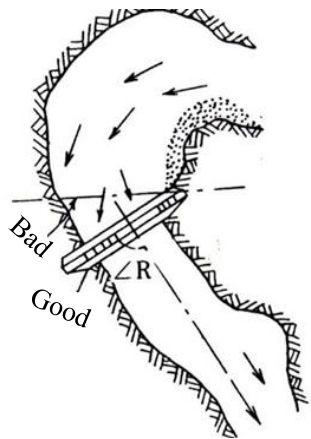
3 Во пороите каде што евентуално може да се појават текови на отпад, треба да се изберат соодветни локации за поставување на браната според карактеристиките на процесите на седиментно движење на тековите на отпадот, како што се избивањето во горниот тек, течењето надолу во средниот тек и седиментот на низводно подрачје.

4-1-3 Услови на локацијата за насипана брана

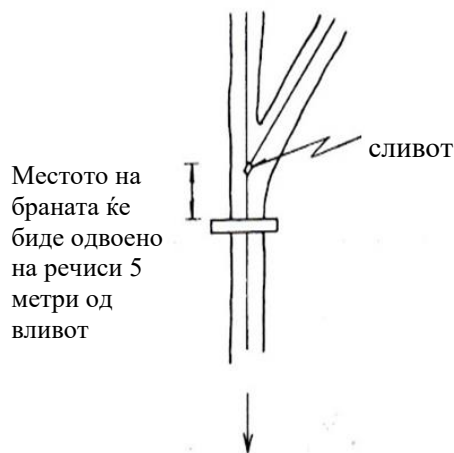
Насипаната брана треба да се постави на локации на цврсто тло во коритото и на двата брега. Таа треба да биде ослободена од ризик од слегнување на земјата поради недоволна носивост, трошење на препустот на браната во низводната страна и уништување од страничните делови на телото на браната поради ерозии на бреговите.

Доколку за инсталација на браната не може да се избегнат локации со помала цврстина на теренот, тогаш треба да се преземат соодветни мерки за зајакнување на слабоста на земјата, како што се третирање на основата, спречување на трошење на препустот на долната страна со обезбедување на напер или крилните делови од двете страни на браната, итн.

При поставување на браната треба да се избегнуваат кривите делови од потокот. Ако не е можно ова да се избегне, насоките на браната треба внимателно да се испитаат како што е опишано во подоцнежниот дел во овој прирачник.



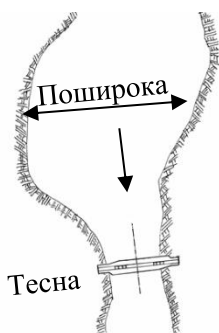
Слика 4-7: Локација на брана под устие



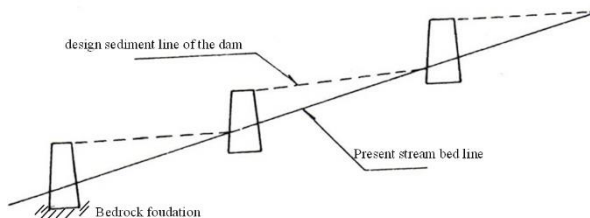
Слика 4-8: Локација на брана под устие

Насипаната браната треба да се постави на низводната страна на устието кога поток се спојува со друг поток. Тоа е затоа што седиментите и страничните ерозии имаат тенденција да се појават на местото на влевање. Сепак, инсталацијата на браната треба да биде одвоена повеќе од 5 m од местото на влевање.

Најпосакувана локација на браната е тесен дел од потокот, со поголема ширина на горната страна на потокот од локацијата за поефективно и поекономично да се добијат функциите на браната.



Слика 4-9: Тесен дел како соодветна локација на браната



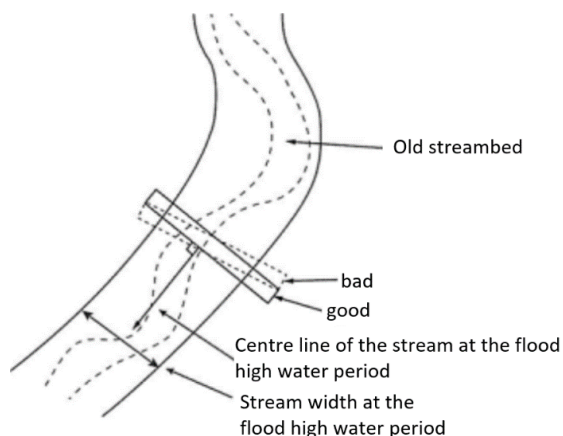
Слика 4-10: Некои услови за скалести брани

Во случај кога се планираат скалести брани, основата на најниската брана во принцип се бара да биде на цврста подлога. Доколку нема цврста подлога на позицијата, предниот дел на браната треба да се заштити со помош на контрабрана, напер, вертикален ѕид и сл. Браните во горниот тек треба да се лоцираат на позиција каде што косината на низводната брана е пониска од сегашниот наклон на речното корито. Предните препусти на браните во горниот тек треба да бидат под проектираните таложни линии на браните низводно.

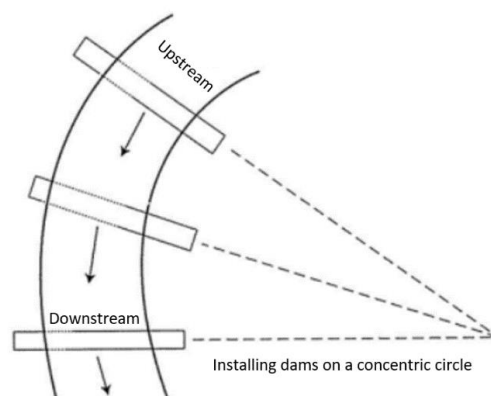
4-1-4 Насока на насипаната брана

Бидејќи поставувањето на единечна брана во правиот тек е основен случај, браната треба да биде поставена така што центарот на поплавниот пат на браната да биде во центарот на

проектираната линија на потокот и средишната траса на лицето на браната вертикално на низводната централна линија.



Слика 4-11: Насока на насипана брана



Слика 4-12: Барања за закривена локација

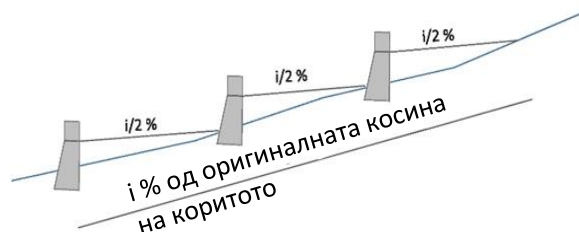
Кога е потребна е инсталација на насипана брана во област со закривен поток, вградениот дел од браната на крилата на браната треба да биде соодветно заштитен со следните третмани: поставување на обалоутврди, поставување на наклонот на крилата на браната, подигање на височините на крилата итн.

Во случај кога е потребно поставување на неколку брани, тие се распоредуваат во концентричен круг во потокот.

4-1-5 Проектирана косина на седимент на насипана брана

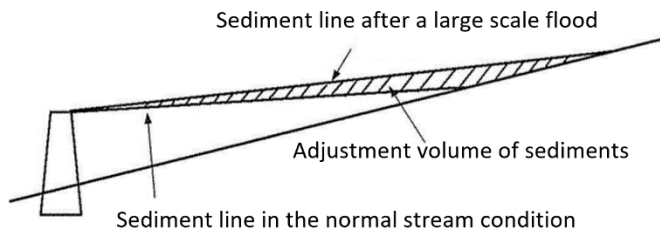
Проектираната косина на седиментот на насипаната брана се одредува земајќи ги предвид условите на седиментот од коритото и протокот на позицијата на браната, како и условите во претпоставените стабилни делови во потокот. Вообичаено, косината на седиментот на коритата на потокот и големината на честичките, седиментните материјали и брзината на проток се тесно поврзани.

Проектираниот седимент на насипаната брана може да се одреди на околу 1/2 од сегашните косини на седиментација на коритото со упатување на областа со релативно помали промени во коритото во случај кога движењата на седиментите во потокот се големи и тешки во опустошен поток или кога во близина нема насипана брана за референца..



Слика 4-13 Планирана косина на седимент на скалести насипани брани

Седиментните корита на насипаните брани обично формираат поостри косини на седиментот (градиенти на проток на вода од поплава) поради седиментацијата по поплава од големи размери. По настанот, малите и средните поплави постепено го ублажуваат наклонот и се префрлаат на косините во нормалните услови на коритото, што одговараат на големината на честичките на составот, стапките на проток итн. во нормални услови на проток во потокот.



Слика 4-14 Функција за прилагодување на косината на седиментот на насипана брана

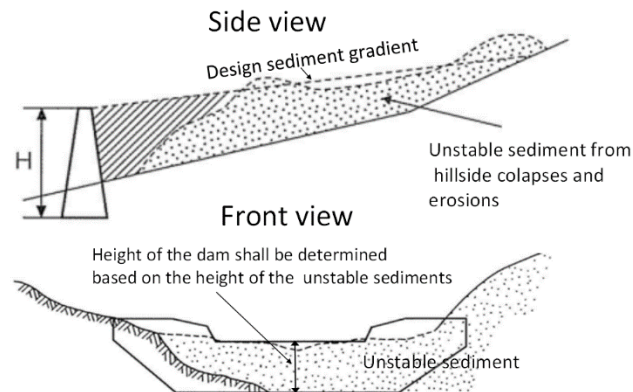
4-1-6 Висина на насипана брана

Висината на насипаната брана, како вертикална должина на телото на браната помеѓу дното и врвот на поплавниот пат на браната, се одредува според намените на браната. Тоа е важен фактор на насипаната брана бидејќи е тесно поврзан со проектираните косини на коритото и височините на нестабилните седименти зад браните.

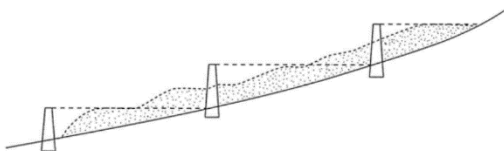
Примери за одредување на висината на насипаната брана

Кога треба да се спречи движење на нестабилни седименти во коритата на пороите:

Ако целта на браната е да го спречи движењето на тековниот нестабилен талог, висината формирана од нестабилните седименти на коритото на поројот и проектираната косина на браната се главните фактори за одредување на висината на браната. (Види ја десната слика 4-11)



Слика 4-15: Висина на брана за стабилизирање на нестабилен седимент во коритото на поројот

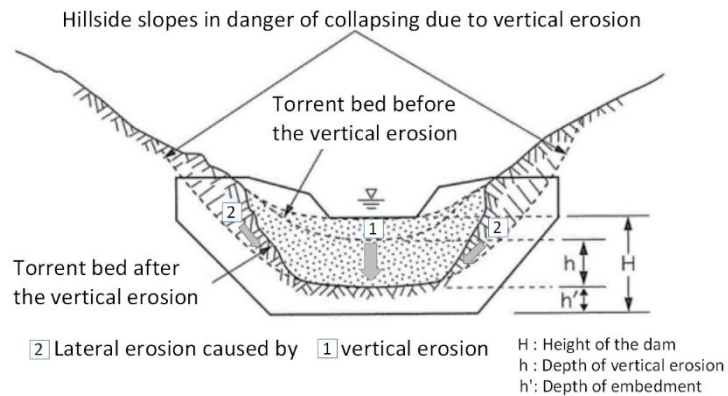


Слика 4-16 Скалести брани за долга секција со нестабилни седименти на дното на поројот

Ако нестабилниот талог се наоѓа во долга област во поројот, тогаш ќе се планираат скалести брани како што е прикажано на десната слика 4-12.

Во случај кога треба да се спречат надолжни и странични ерозии во порој:

Висината на браната се определува со оглед на проектираната косина на коритото на поројот и косината на падините на ридот. Во случај деловите на поројот да претрпеле вертикални и странични ерозии, висинското ниво на врвот на браната треба да биде на иста висина како и висината на коритото на поројот пред ерозијата. (Висината на браната $H = h + h'$)

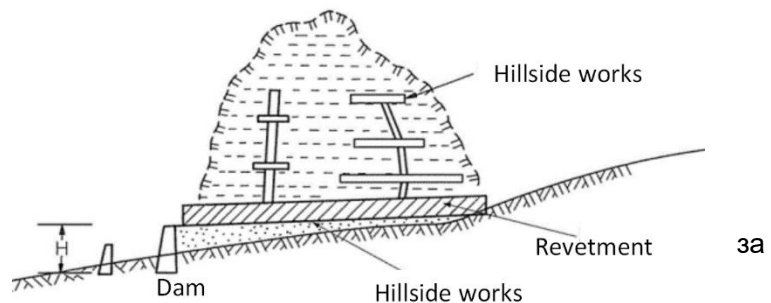


Слика 4-17 Одредување на висина на браната според вертикалните и страничните ерозии на коритото

Дополнително, ако дел со вертикални и странични ерозии долго се протега во поројот, треба да се размисли за проектирање на скалести брани со помали висини на браната, како што се гледа на десната слика 4-12.

Во случај да се користи насипаната брана како основа за работи на рид:

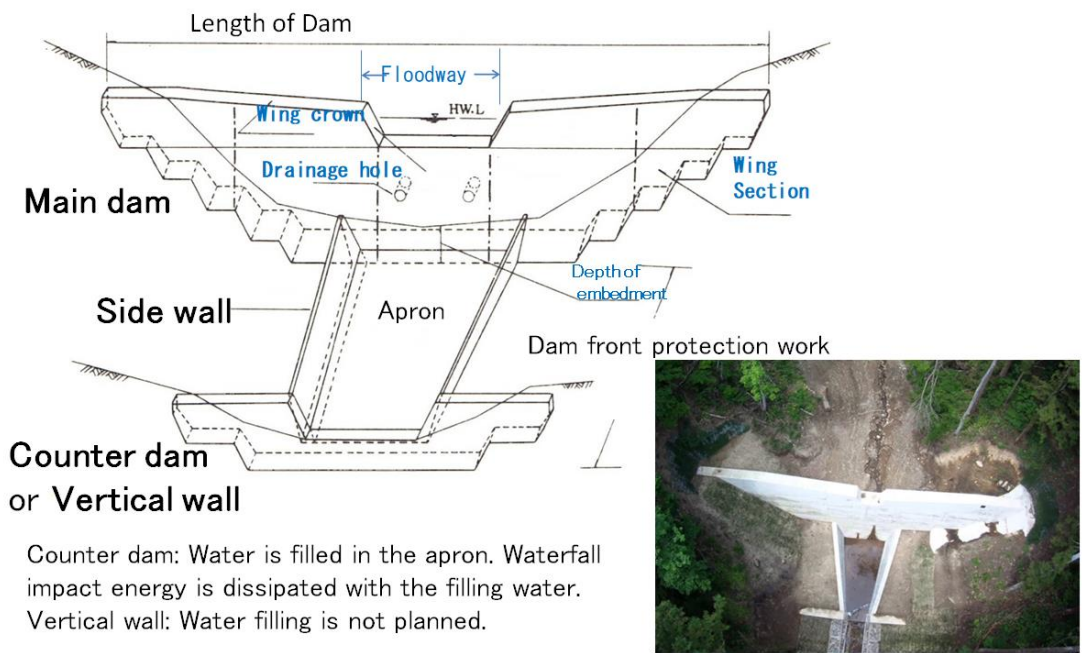
локацијата и проектираната косина на седиментот на браната треба да се проектираат имајќи предвид дека темелите на обалоутврдите и на потпорните сидови во подножјето на падините на ридот не се премногу ниски да се трошат во случај да се постави насипана брана како основа на ридот. работи.



Слика 4-18: утврдување на висина на браната според функција на насипаната брана како основа за работи на ридот

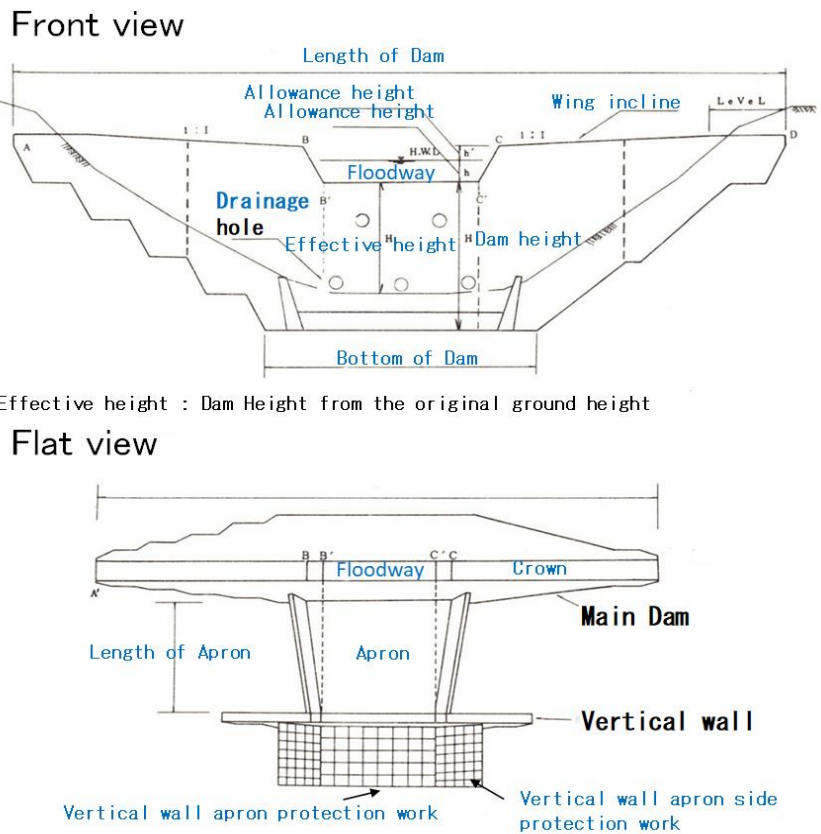
4-1-7 Терминологија за насипана брана

На цртежите подолу е прикажана терминологијата за бетонска насипана брана. Бетонските брани се стандард на насипани брана во Јапонија и општите структури и функции се дадени во типот.



Counter dam: Water is filled in the apron. Waterfall impact energy is dissipated with the filling water.
 Vertical wall: Water filling is not planned.

Слика 4-19: терминологија за насипана брана (бетонска) (1)



Effective height : Dam Height from the original ground height

Слика 4-20: Терминологија за насипана брана (бетонска) (2)

4-1-8 Испусен анал на насипана брана

Позиција на испусен канал

Определувањето на положбата на испусниот канал на насипана брана се врши имајќи ги предвид следниве услови:

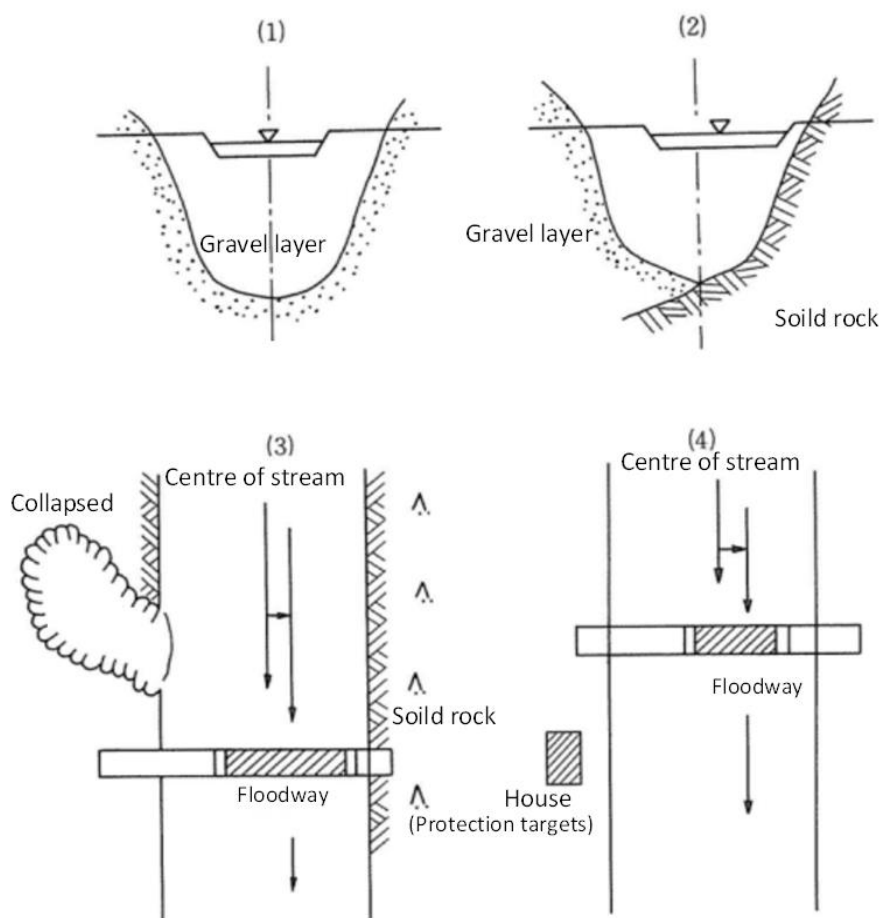
Положбата на испусниот канал на насипаната брана се определува според топографијата, геологијата, условите на брегот на реката, насоката на течењето на водата на местото на браната итн. за да не се влијае на трошење на долниот препуст на браната, и од условите на ерозија на крајбрежните падини возводно и низводно..

Во случај кога двете странични падини на локацијата на насипаната брана имаат слоеви од чакал, испусниот канал на браната ќе се определи земајќи ги предвид условите на поројот, правецот на протокот на водата и слично, спротиводно и низводно од локацијата на браната.

Во случај кога едната страна од локацијата на браната има цврсто тло, додека спротивната страна има слој од чакал и централната линија на поројот е права, тогаш положбата на каналот треба да се наоѓа поблиску до страната каде што земјата е цврста. Се утврдува дека положбата на испусниот канал е поблиску до цврстата страна на земјата. (Видете на Слика 4-16 (1))

Доколку има срушена падина нагоре од местото на браната, локацијата на испусниот канал ќе се определи на спротивната локација на уривањето, за да не влијае на протокот на вода во обрушеното место (види на слика 4-16 (3)).

Во случај да има важни цели за зачувување, како што се населби долж горниот или долниот тек на локацијата на браната, центарот на потокот и насоката на браната, како и положбата на каналот ќе бидат поставени така што нема да влијае на зачувувањето на целите.



Слика 4-21: Трасирање на испусен канал според околните услови

Пресек на испусен канал:

Напречниот пресек (површината за протекување на водата) на испусен канал на насипана брана во основа се одредува со проектираниот висок истек на вода на локацијата на браната. Областа на каналот е потребно да овозможи истекување на големата вода, заедно со додатокот за почва и чакал, отпадно дрво, проток на отпад, итн. За да се спречи затнување со чакал, дрва и др., минималната висина на испусниот канал е емпириски земена како 1 m и повеќе, а должината на дното е од 2 до 3 m или повеќе.

Проектиран висок истек на вода

Истекот што се користи за одредување на напречниот пресек на испусниот канал на браната е Проектиран висок воден истек (Q_{max}) и се пресметува со корекција од Максималното истекување од поплава (Q) со разгледување на трагите од поплави во целиниот порој како долунаведената равенка:

$$Q_{max} = Q \times f_q \quad (\text{корекција на максимално истекување од поплава})$$

Q_{max} : проектиран висок истек на вода

Q : максимално истекување од поплава

f_q : фактор на корекција

$$f_q = \frac{\text{Пресек на порој според траги од поплава (m}^2\text{)}}{\text{Пресек пресметан со максимален истек од поплава(Q) (m}^2\text{)}}$$

Максималното испуштање од поплава (Q) на местото на браната се пресметува со рационалната равенка како што следува:

$$P = 1/360 \times f \times \gamma \times A \quad \text{----- Рационална равенка}$$

Каде што:

- Q: висок истек на вода на локацијата на браната (m³/s)
- f : коефициент на истекување
- γ : интензитет на врнежи во време кога ќе почне поплавата (или концентрирано време: mm/h)
- A : сливна површина (ha)

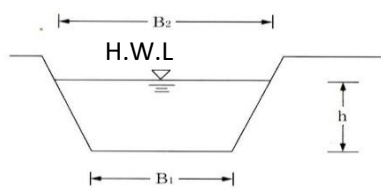
За Γ : Интензитетот на врнежите за да се пресмета максималното испуштање од поплава, вообичаено се користи веројатноста за врнежи од 100 години.

Коефициент на истекување е стапката на пристигната количина на вода и се разликуваат врз основа на површината и вегетациските услови на ридовите како што е прикажано во табелата

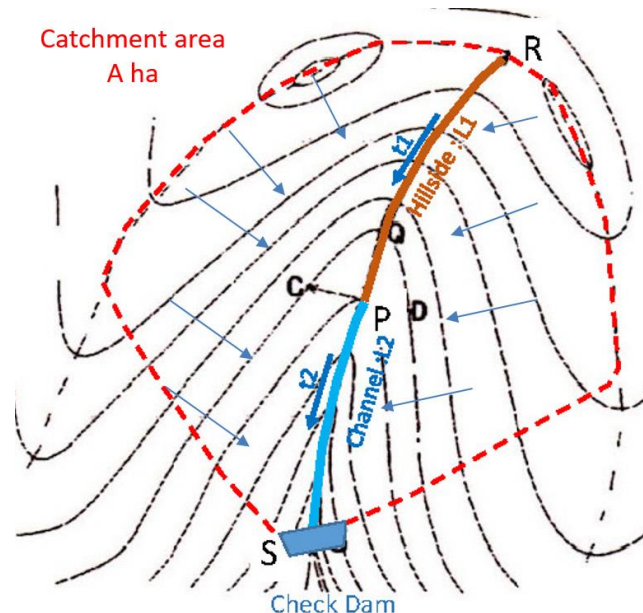
Табела 4-1 Коефициент на истекување според условите на површината на земјата

Ground infiltration condition / undulation	Inferior infiltration ground			Moderate ground			Good infiltration ground		
	Steep	Moderate	Gentle	Steep	Moderate	Gentle	Steep	Moderate	Gentle
f ₁	Forest	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35	0.45	0.25
	Coarse woodland/cultivation land	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45	0.45	0.35
	Grass land	0.85	0.75	0.65	0.75	0.65	0.55	0.65	0.45
	Rocky barren land	0.90	0.80	0.70	0.80	0.70	0.60	0.70	0.50
Urbanizing condition	Urban area	Residential	Pavement road	Gravel road	Grass / lawn garden	Wood land	Playground park		
f ₂	0.90~	0.70~	0.85~	0.60~	0.45~	0.35~	0.55~		
	0.95	0.80	0.98	0.75	0.55	0.40	0.65		

Водата од дожд што паѓа во сливното подрачје е концентрирана на местото на браната преку поројот.



Големината на испусниот канал мора да биде доволно голема за да тече коригираната вода.

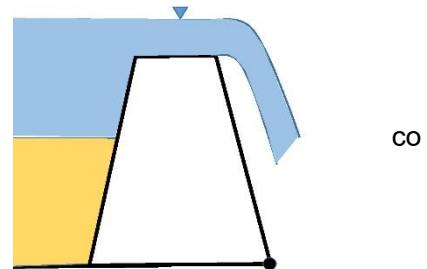


Слика 4-22 Дождовница во сливната површина собрана на локацијата на браната

Големина на испусен канал

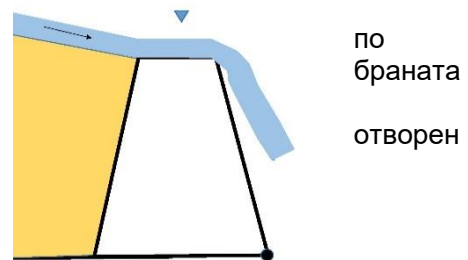
Обликот и големината на испусниот каналот на насипана брана се пресметуваат со два методи на пресметка како што следува:

а. Метод на брана со стеснет проток
Доколку возводното корито на браната е пониско од круната во моментот на завршување на браната и ако горното речно корито на браната не се наполни вода, ќе се усвои методот на брана со стеснет проток.



Слика 4-23 Метод на брана со стеснет проток

б. Метод на отворен канал.
Ако возводно од браната се полни со земја довршувањето на браната и круната на продолжува до коритото на реката возводно, тогаш ќе биде проектирана како канал.

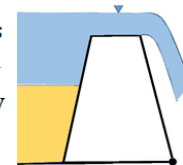


Слика 4-24 метод на отворен канал

Contracted flow weir method

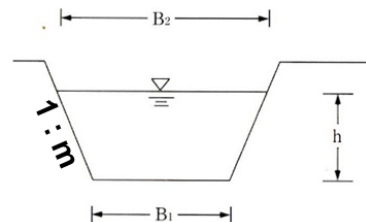
$$Q_{\max} = \frac{2}{15} \cdot C \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (3 \cdot B_1 + 2 \cdot B_2) \cdot h^{3/2} \cdot \dots \cdot \text{Trapezoidal overflow weir equation}$$

Upstream of the dam is not fully filled with soil



Herewith

- Q_{\max} : Quantity of maximum flood discharge
- C : Coefficient of discharge (Normally $C=0.6$)
- g : gravitational acceleration ($9.8\text{m}/\text{sec}^2$)
- B_1 : Width of the bottom of the floodway (m)
- B_2 : Width at the surface of the overflow (m)
- h : Overflow depth (m)



In case $C = 0.6, m = 0.5$

$$Q \doteq (0.71 \cdot h + 1.77 \cdot B_1) \cdot h^{3/2} \dots \dots \dots \text{Equation}$$

In case $C = 0.6, m = 1.0$

$$Q \doteq (1.42 \cdot h + 1.77 \cdot B_1) \cdot h^{3/2} \dots \dots \dots \text{Equation}$$

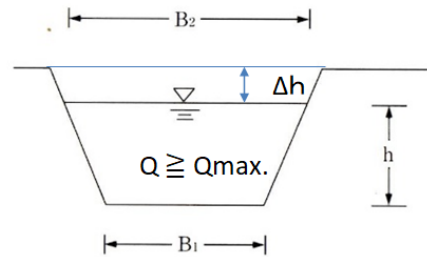
The overflow depth (h) is calculated from the High (maximum) flood discharge as an overflow trapezoidal weir with no consideration of approaching flow velocity.

The unit of overflow water depth (h) is rounded up to the nearest 0.01m and calculated in the unit of 0.1m.

The bottom width of the water passage is set in 0.5 m units.

Contracted flow weir method

The estimated quantity (Q) obtained from the section area of the floodway and calculated by the contracted weir method will be approached to and more than the planned maximum high water discharge of Q_{max}.



Afterwards the size of the section of the flood way will be determined.

- $Q \geq Q_{max}$.
- An allowance height (Δh) shall be considered.

Δh is as shown in the following table. Табела 4-2 Висина на додаток

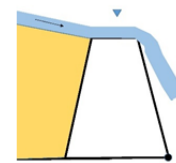
Planned high water discharge Q _{max}	Allowance height Δ h
less than 50m ³ /s	0.4 m more
50m ³ /s >= Q _{max} < 200m ³ /s	0.6 m
200m ³ /s >= Q _{max} < 500m ³ /s	0.8 m
500m ³ /s or more than 500m ³ /s	1.0 m

C : Coefficient of discharge is an coefficient that is related with shrinking and speed of the water flow. Accordingly it is

Open Channel Method

If the dam is back-filled with soil completely when constructed, It can be regarded as open channel type.

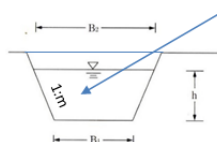
Accordingly the Manning equation can be applied as follow:



$$Q_{max} = V \cdot A \quad \dots \dots \dots \text{Manning equation}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad R = \frac{A}{P} \quad A = h \cdot (B + m \cdot h) \quad P = B + 2 \cdot h \cdot \sqrt{(1 + m^2)}$$

- Q : Quantity of water flow (m³/s)
- V : Overflow velocity (m/s)
- n : Manning's Roughness coefficient
- R : Hydraulic mean depth (m)
- I : Gradient of upstream sediments
- A : Section area of water flow (m²)
- P : Wetted perimeter (m)
- h : Planned High Water Level (m)
- B : Bottom width of water flow (m)
- m : Incline of side section of water flow (1:m)



Manning's Roughness coefficient

区分	溪床の状況	Roughness coefficient	
		Range	Standard
Natural rivers	Streams in Mountains, gravels, Cobble stones	0.030~0.050	
	Streams in Mountains, Cobble stones, Boulders	0.040 and more	
	Major rivers, clay and sandy soil	0.018~0.035	
	Major rivers, Square gravel	0.025~0.040	
Artificial channel/other	Concrete artificial channel	0.014~0.020	
	Stone & gravels at the stream sides, soil channel bed		0.025
Mountain streams	Gravels, stones and	0.030~0.050	0.040
	Stones and boulders on stream beds	0.040~0.070	0.050
Torrents			0.070
Torrents in mountains	D=0.5 m boulders scattered		0.080
	D=0.3-0.5m stones and gravels scattered		0.070
	Well-maintained stream beds		0.060
	Bedrocks exposed due to frequent flushing water and soil		0.050

- Floodway size shall be satisfy : $Q \geq Q_{max}$
- Allowance height is same as contracted flow weir method as previous page.

4-1-9 Услови за стабилност на насипана брана

Гравитациската насипана брана треба да се спротивстави на надворешните сили како што се притисокот на водата и притисокот на земјата со сопствената тежина. Потребно е да се исполнат следните четири услови:

(1) Стабилност против пад

Линиите на дејство на резултантните сили на вертикалните и хоризонталните оптоварувања треба да бидат во рамките на дното на браната.

(2) Стабилност против лизгање

Вкупниот отпор против лизгање мора да биде поголем или еднаков на вкупните хоризонтални сили.

(3) Стабилност против уништување на браната

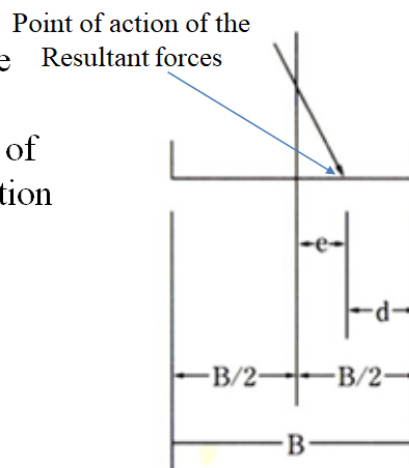
Нивото на напрегање на секој дел од телото на браната не треба да го надминува дозволеното ниво на напрегање на материјалите што го сочинуваат секој дел од телото на браната. Меѓутоа, како општо правило, не создавајте напрегање на истегнување во горниот тек на дното на браната.

(4) Стабилност во однос на носивоста на темелот

Максималната сила на реакција на дното на браната не треба да ја надминува дозволената носивост на темелот.

(1) Stability against Fall

It is stable against a fall if the resultant force action line of own weight of the dam and various external forces are within the width of the dam bottom as long as the stress or reaction force due to the load does not exceed the permissible values of the dam body and the foundation,



$$0 < d < B = M / V \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{Equation 1}$$

d: Distance from the intersection point of the action line of the resultant force of the load and the downstream end of the dam bottom (m)

B: Width length of the Dam bottom (m)

M: Total load moment acting on the cross section per unit width with the fulcrum at the downstream end of the dam bottom (kN · m / m)

$$e = B/2 - d \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{Equation 2}$$

V: Total vertical component force acting on the cross section per unit width (kN / m)

H: Total horizontal component force acting on the cross section per unit width (kN / m)

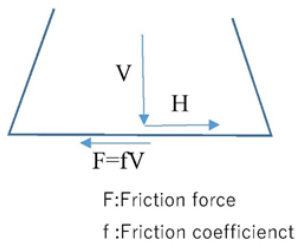
e: Distance from the intersection point of the action line of the resultant force of the load and the center of the dam bottom(m)

(2) Stable against Slide

The following conditions are required for the dam to be stable against slide.

$$V \cdot f > H \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{Equation 3}$$

Here, f: friction coefficient of the foundation



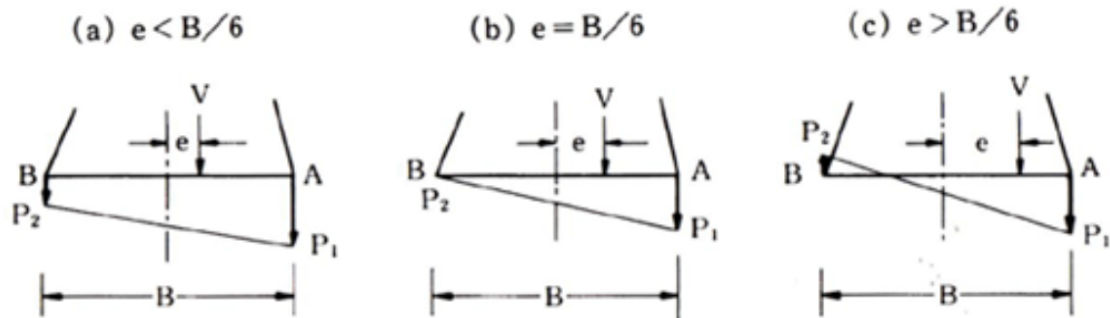
Табела 4-4 Коефициент на триење на основата

Foundation condition	Friction coefficient
Tight gravel and soil	0.7
Tight soil	0.6

Note: Friction co-efficient shall be treated as 0.7 and more in case the foundation is hard rock

(3) Stability against Destruction of the dam

The dam body is stable against the destruction stress as long as the stress generated to the dam does not exceed the allowable stress of the dam. However, in the case of concrete structures, in principle, the tensile stress shall not be generated even if it is within the allowable value.



The resultant force acting position and stress

Слика 4-25 Позицијата и напрегањето на дејството на резултантната сила

The resultant force acting position and stress

In the figure, in case the vertical component force V acts on the point where the distance from the center of the dam bottom is e, the stress distribution at the dam bottom is as shown in P2 to P1.

The stresses P2 and P1 at the upper and lower ends of the dam bottom are expressed by the following equations:

$$P_1 = V/B (1 + 6e/B) \quad \dots \dots \dots \text{Equation 4}$$

$$P_2 = V/B (1 - 6e/B) \quad \dots \dots \dots \text{Equation 5}$$

If $e = B/6$ then $P_1 = 2V/B$ $P_2 = 0$
 $e < B/6$ (a) distribution
 $e = B/6$ (b)
 $e > B/6$ (c)

The upstream end of the dam bottom in the Figure (C) is a tensile stress. The basic condition that no negative stress is generated in the dam bottom is $e \leq B / 6$. Therefore it can be regarded that the dam body does not generate negative stress and stable against destruction in case the intersection point of the action line of the resultant force at the dam bottom is within the middle third of the width of the dam bottom AB.

The allowable stress of a concrete gravity dam is as shown in the table: where the design standard strength is $18 \text{ N} / \text{mm}^2$.

Табела 4-5 Дозвољени напони на бетонски брани

Allowable stress types	Allowable stress (N/mm ²)
Allowable stress	4.5
Allowable bending tensile stress	0.22
Allowable bearing stress	5.4

The stress (P) at the dam bottom is also the reaction force of the foundation ground and if the maximum stress (P1) is smaller than the bearing capacity of the foundation, the foundation is stable.

However, if there is a negative stress (-P) in the stress distribution between P1 to P2 then there is no ground reaction force at that part. so the maximum ground reaction force is calculated by the following equation.

$$P_1 = \frac{2V}{3d} \quad \text{here: } d = B/2 - e \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \text{Equation 6}$$

In addition, if the bearing capacity of the ground is not sufficient, an appropriate foundation treatment is required.

The following table shows bearing capacities of ground conditions of the foundation:

Табела 4-6 Носивост на земјена цврста подлога

Ground condition	Bearing capacity N/m ² (tf/m)	Ground Conditions	Bearing capacity kN/m ² (tf/m)
Hard Rock	2,000~3,000 (200~300)	Hard clay layer	150~200 (15~20)
Granite (Flat/monolith condition with 3 m thickness or more)	3,500~10,000 (350~1,000)	Ordinary soil	30~100 (3~10)
Porphyrite (Flat/monolith condition with 3 m thickness or more)	3,000~3,500 (300~350)	Clay layer	50~200 (5~20)
Greywacke (Flat/monolith condition with 3 m thickness or more)	1,500~6,000 (150~600)	Clay mixed with gravel	50~300 (5~30)
Limestone (Flat/monolith condition with 3 m thickness or more)	1,000~2,400 (100~240)	Gravel layer	300~600 (30~60)
Soft rock (tuff, sandstone, shale)	700~1,500 (70~150)	Gravel mixed with sand	200~500 (20~50)
Aquatic rock layer (low consolidation)	500~600 (50~60)	Ordinary sand layer	100~400 (10~40)
Gravel layer (high degree of consolidation)	700~800 (70~80)	Hard clay layer	200~500 (20~50)
Sand layer (high degree of consolidation)	700~800 (70~80)	Wet clay	150~200 (15~20)

(4) Foundation of Check Dam

- a. The allowable bearing capacity of the foundation shall be greater than the maximum reaction force generated at the dam bottom.
- b. It is necessary to examine whether the frictional resistance of the foundation is sufficient to the dam movement due to external force.
- c. Scouring of the foundation shall be carefully considered since the ground at the end of the downstream part of the dam is prone to be destroyed by scouring of running water
- d. It is also necessary to consider to protect the foundation from destruction by seepage water (quicksand/Liquefaction and piping).

Depth of the penetration of a check dam

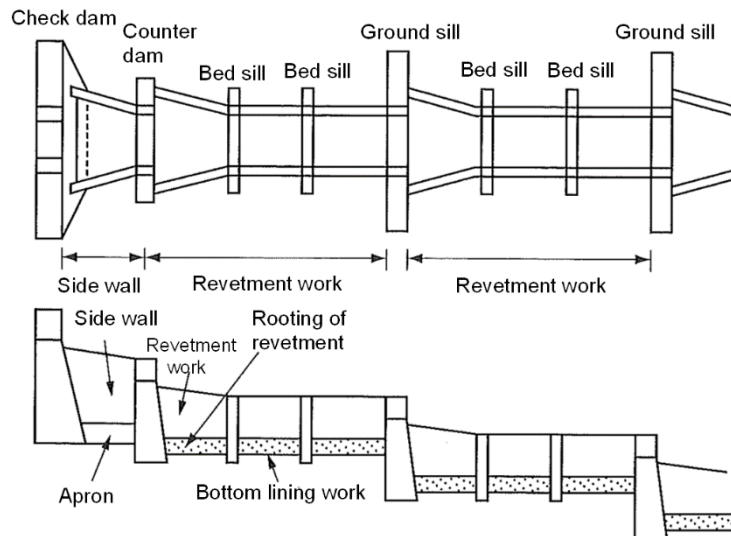
a. Foundation of a check dam is prone to be unstable due to ground inhomogeneity (especially in the gravel layer), weathering for years and by the scouring at the downstream foot of the dam by floods and the dam in those situations will be damaged easily. Therefore, it is necessary to consider and determine the sufficient depth of penetration of embedding in consideration of these factors.

b. The depth of the penetration of the bottom of the check dam varies depending on local conditions such as the height of the dam and the depth of overflow water.

In the case of a single dam, the following is the standard of the depth:

Табела 4-7 Длабочина на пенетрација на основата

(1) Disc-shaped hard rock in the state of fresh rock	0.5m approximately
(2) Rock	1.0m approx.
(3) Soft rock in the state prone to be weathered/ cracky rock conditions	1.5m approx.
(4) Gravel layers	2.0~3.0m approx.



Слика 4-26 Каналска конструкција

4.2 Изградба на канали

Ако воден пат не е фиксиран на најдолниот седиментен дел од поројот, речните брегови ќе бидат уништени или еродирани од струи кои се движат и тоа може да предизвика оштетување на низводното подрачје. Канали се инсталираат во долниот тек на таквите пороји за да се поправи водниот пат, да се спречат вертикални и странични ерозии и да се стабилизира каналот на потокот.

При изградба на канали, обалоутврдите и земјените прагови се главните компоненти заедно со појасите на речното корито и покривање на дното.

4-2-1 Цели на каналската конструкција

Целта е да се регулираат и спречат вертикалните и страничните ерозии во пороите со фиксирање на каналот и намалување на надолжната косина за да се спречат турбуленции.

Каналската конструкција вообичаено нема функција за регулирање на седиментот и постои ризик каналот да биде блокиран ако тече голема количина на седименти. Со цел да се избегне таква ситуација, изградбата на каналот треба да се започне откако ќе се завршат насипаните брани и другите работи за контрола на ерозијата на почвата во горното подрачје.

Во принцип, насипаните брани треба да се градат во горниот тек од целниот канал. Треба да се обезбеди доволен волумен на испуштање за каналската конструкција и надолжната косина треба да се определи така што да не се предизвика локално трошење или абнормална седиментација.

4-2-2 Трасирање на каналската конструкција

1. Трасирањето на каналската конструкција треба да биде колку што е можно помазно и по можност право за да не се предизвика локално триење, абнормална седиментација или прелевање на проточна вода.
2. Во случај да се бара изведба на канали пред да се изградат конструкциите за контрола на ерозијата на почвата и насипаните брани на возводното подрачје, трасата на каналската конструкција треба да биде исправена колку што е можно повеќе. (Првично, изградбата ќе започне од горната конструкција.)
3. Доколку е потребно да се сврти потокот во област со голема употреба на земјиште, радиусот на искривување на каналот треба да е колку што е можно поголем.
4. Во случај на приклучување на водни патишта и слично со други проекти низводно, приклучокот треба да биде мазен за да може водата да тече без никакви пречки.
5. Во случај главниот тек и притоката да се спојат, трасите на двата потоци се поставуваат да се спојуваат под остар агол колку што е можно повеќе.

4-2-3 Надолжен пресек на каналската конструкција

1. Профилот на надолжниот пресек на каналската конструкција се определува со оглед на неговите намени и локалните услови за порој. Затоа, неопходно е сеопфатно да се разгледа распоредот на земјените прагови во горниот и долниот тек, проектираните косини на коритото, проектираните височини на коритото, присуството или отсуството на покривка на коритото, итн.
2. Проектираните косини на каналот се одредуваат со истражување на ширините на потокот, длабочините на водата, косините на коритата, големината на честичките на камењата и чакалите што ги сочинуваат коритата итн. пред изградбата, и земајќи ја предвид стабилноста на коритата. Дополнително, пожелно е проектираните косини на коритото да бидат што е можно поблаги.
3. Во принцип, проектираните висини на коритото на каналот треба да се постават пониско од постојното корито со ископ.
4. Одржувањето на проектираните косини на коритото во каналите се постигнува со спречување на ерозија на коритата со поставување на земјени прагови, вертикални ѕидови или со поставување на покривка на дното на каналите. Во случај на поставување на земјени прагови, тие треба да се постават во скалеста шема со што е можно помал пад.
5. Во случај да се менуваат косините на проектираните корита во каналот, во принцип треба да се инсталира земјен праг на местото на промена на косината. Пожелно е да има благ наклон од возводно до низводно.
6. Во случај кога притока се влева во главниот тек, надолжната косина на притоката, во принцип, треба да одговара на косината на главниот тек. Поради оваа причина, неопходно е да се преземат мерки како што се поставување на земјени прагови на притоката директно возводно од сливот и корекција на надолжниот наклон на притоката за да се спои.

4-2-4 Корито на каналската конструкција

Каналската конструкција, во принцип, треба да се планира без долна облога, т.е. двострана каналска конструкција. Меѓутоа, долната облога, т.е. тристраната каналска конструкција, е применлива кога составните материјали на коритото во планираниот дел на каналот не се доволно силни за да се одржи проектираната косина на коритото.

Општо земено, коритото се обложува во следниве случаи:

- (1) Во случај кога проектираната косина на коритото е стрмна, а влечната сила е над критичната влечна сила за просечниот дијаметар на камениот чакал што го сочинува коритото на потокот.
- (2) Во случај кога коритото на каналската конструкција е тесно и стрмно, коритото ќе се наруши со ископ при изградбата и не може да се одржува проектираната висина на коритото.

(3) Во случај кога ерозијата од проточна вода треба да се спречи директно со обложување, бидејќи коритото е составено од чакал и фини честички со мала специфична тежина како што се вулканска почва, наноси од вулканска пепел и сл.

(4) Во случај кога примената на долната облога е поекономична отколку промена на косината на коритото со поставување на земјен праг, како и од проширување на потокот и намалување на длабочината на водата итн.

Општо земено, влечната сила и критичната влечна сила се добиваат со димензија на брзина како што се брзината на триење и критичната брзина на триење. Кога критичната брзина на триење е помала од брзината на триење, треба да се испитаат проектираната косина на конструкцијата на коритото и длабочината на водата за да се намалат или да се размисли за поставување облогата на дното.

[Референца]

Брзина на триење/ критична брзина на триење

Брзината на триење и критичната брзина на триење се пресметуваат со следнава формула:

(1) Формула за брзина на триење

$$U^* = \sqrt{\tau_o / \rho}$$

U^* : Friction velocity (cm/s)

τ_o : Shear force works on streambed surface

$\tau_o = \rho \cdot g \cdot R \cdot I_e$

ρ : Density of water (g/cm³)

g : Gravitational acceleration (980cm/s²)

R : Hydraulic radius (cm)

I_e : Energy gradient (Design streambed gradient)

(2) Формула за критична брзина на триење (Ивагаки формула)

$$U^* c^2 = 0.05 (\sigma / \rho - 1) g \cdot d$$

$U^* c$: Critical friction velocity (cm/s)

σ : Density of gravel (g/cm³)

ρ : Density of water (g/cm³)

$\sigma / \rho = 2.65$ (Specific gravity of gravel)

g : Gravitational acceleration (980cm/s²)

d : Diameter of stone gravel (cm)

4.3 Обалоутврди

4-3-1 Цел на обалоутврди

Обалоутврдите имаат за цел да спречат странична ерозија на бреговите на потоци поради проточна вода и уривање на ридовите, или се користат како основа за зафати на ридовите.

Обалоутврдите имаат една или повеќе намени:

Да се спречи странична ерозија на бреговите од проточна вода.

Да се спречи колапс на ридот поради трошење на планинското подножје со проточна вода.

Да се користи како основа за спроведување зафати на рид.

Обалоутврдите треба да бидат дизајнирани како темел за планинското подножје ако проточна вода директно се судри и го троши брегот на потокот или ако ридот може да се сруши поради ерозии. Меѓутоа, во многу случаи, покрај нив се поставуваат и насипани брани, бидејќи само обалоутврдата не е доволна за да се стабилизира поројот. Обалоутврдата, како и насипот, може да се дизајнира ако се планира да се спречат надолжните и страничните ерозии со промена на насоката на потокот. Во случај кога е потребно да се насочат тековите на отпадот, може да се дизајнира обалоутврда за да ги насочува тие движења.

4-3-2 Видови на обалоутврди

Видовите на обалоутврда се одредуваат на следниве начини:

1 Видот на обалоутврда што треба да се постави на локацијата ќе се определи според условите на локацијата и ќе се избере соодветно меѓу бетон, бетонски блок, бетонска рамка, челична рамка, железна жичана корпа, дрво итн.

2 Типови на бетон или бетонски блок може да се применат во порои со голема количина на проточна вода и проточни седименти за да не се уништат.

Во такви порои може да се примени и влажна ѕидарска работа со бетонски блокови и бетон за полнење, како и бетон за пополнување.

3 Типовите на бетонска рамка или челична рамка ќе се применат во ситуации кога пороите имаат мало влијание од проточна вода и течени седименти и каде што основата има нерамни таложенија, каде што се потребни дренажни ефекти на седименти и насипи и каде што други видови технички не се применуваат.

4 Железна жичана корпа (габион) или дрвен тип треба да се примени кога поројот има благ наклон, ниска стапка на проток и мал проток на седименти.

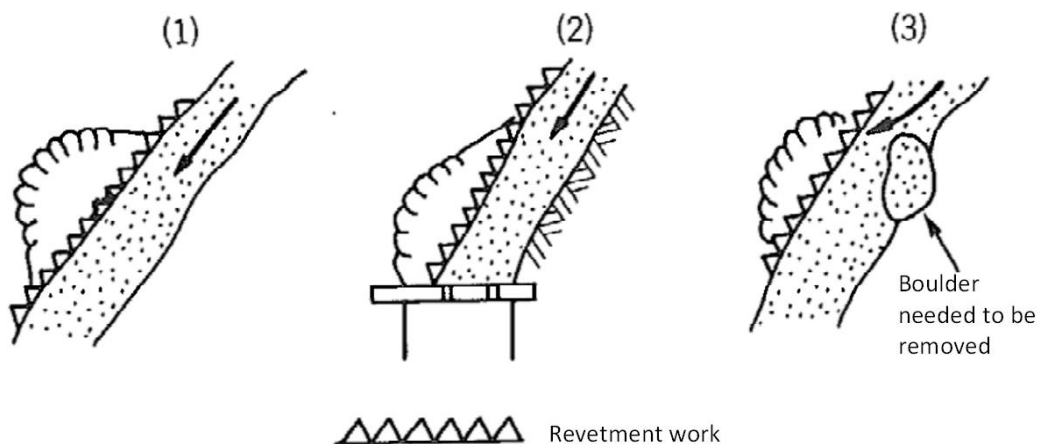
4-3-3 Позиција и нормална линија на обалоутврда

1. Позицијата на обалоутврдата ќе се определи како најефективна за целите на работата на локацијата, по испитување на конфигурацијата на земјата, геолошките карактеристики на градилиштето, состојбата на судир на проточна вода, проценето високо ниво на испуштање вода, планираната височина на други конструкции за контрола на ерозија, косина на опустошените падини, реални услови на постојните обалоутврди и така натаму.

2. Обалоутврдите треба да се инсталираат на место каде што удира водата, или може да дојде до рушење рид или до проширување на уривањата, за да се зачуваат темелите на работите на ридот и сл.

3. Трасирањето на обалоутврдите против пропаѓање на брегот на потокот се прави на следниот начин:

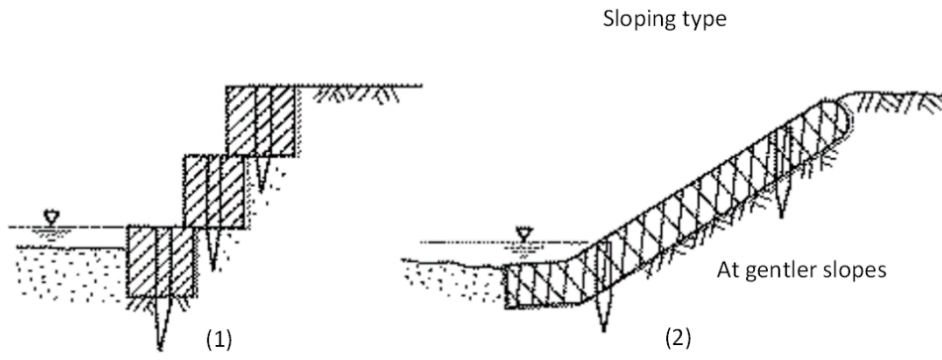
- (1) Да се постави обалоутврда во случај кога треба директно да се заштити страничната ерозија на поројот, да се зачуваат падините на брегот на потокот склони кон пропаѓање и нивните подножја, (Слика 4-18 (1))
- (2) Да се инсталира на подножјето на срушените падини спротиводно од насипаната брана за да се спречи истекување или пропаѓање во случај да се појави странична ерозија и веќе е обезбедена насипана брана за да се спречат надолжни ерозии, (Слика 4-18 (2))
- (3) Да се постави во подножјето на срушената област по отстранувањето на карпите и пречките, во случај карпите и другите пречки да го смениле центарот на потокот и доколку се создала срушена површина на брегот на потокот, (Слика 4-18 (3))
- (4) за да се постави како нормална линија на обалоутврда, треба да се дизајнира што е можно понепречено за да се избегне повлекување на струите.



Слика 4-27 Трасирање на обалоутврди

4-3-4 Структура на обалоутврда

- Структурата на обалоутврдата ќе биде соодветно избрана со разгледување на фактори како што се топографијата и геологијата директно зад целната локација како што следува:
- (1) Гравитациска или навалена обалоутврда се смета како стандард при стрмни косини на падините на потокот. Наклонетиот тип (слика 4-19 (2)) може да се примени само таму каде што страничните падини на потокот имаат релативно благи косини и обалоутврдата веројатно нема да биде уништена.
 - (2) Гравитациските или навалените обалоутврди од бетон, влажна сидарија и влажни бетонски блокови треба да се проектираат во случај да се земе предвид притисокот на земјата одзади со набљудување на својствата на почвата на падината на ридот позади.
 - (3) Кога гравитациска или навалена обалоутврда се поставува како заштита од притисокот на земјата, пресекот се проектира со пресметка на стабилноста со истиот метод на пресметка на стабилност за потпорните работи во работите на ридот.
 - (4) Обалоутврда од кос тип обично се изведува со влажна сидарија, железни жичени корпи (габион) и сл., во кои пресекот се одредува емпириски, без пресметка на стабилноста.



Слика 4-28 Габрионска обалоутврда и накосена обалоутврда

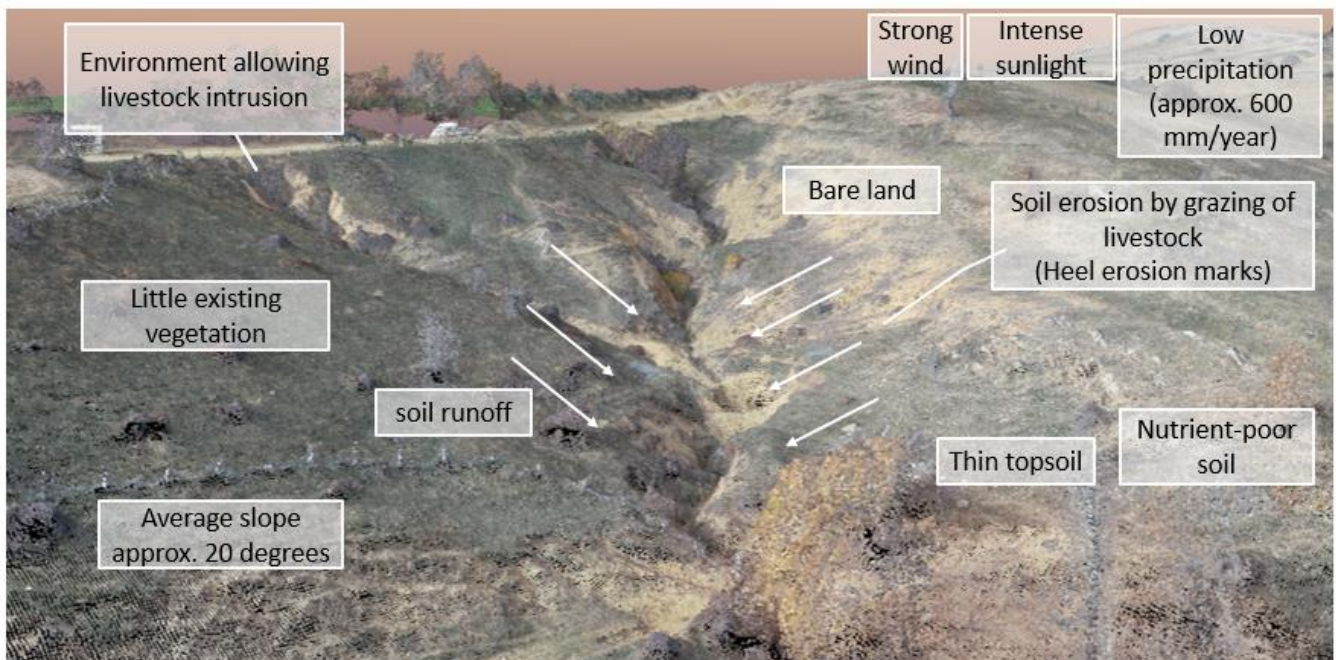


Слики на предната страна:
Горе лево: Радовиш север
Горе десно: Лисиче, Чашка
Долу лево: Радовиш југ
Слика на задната страна:
Радовиш север

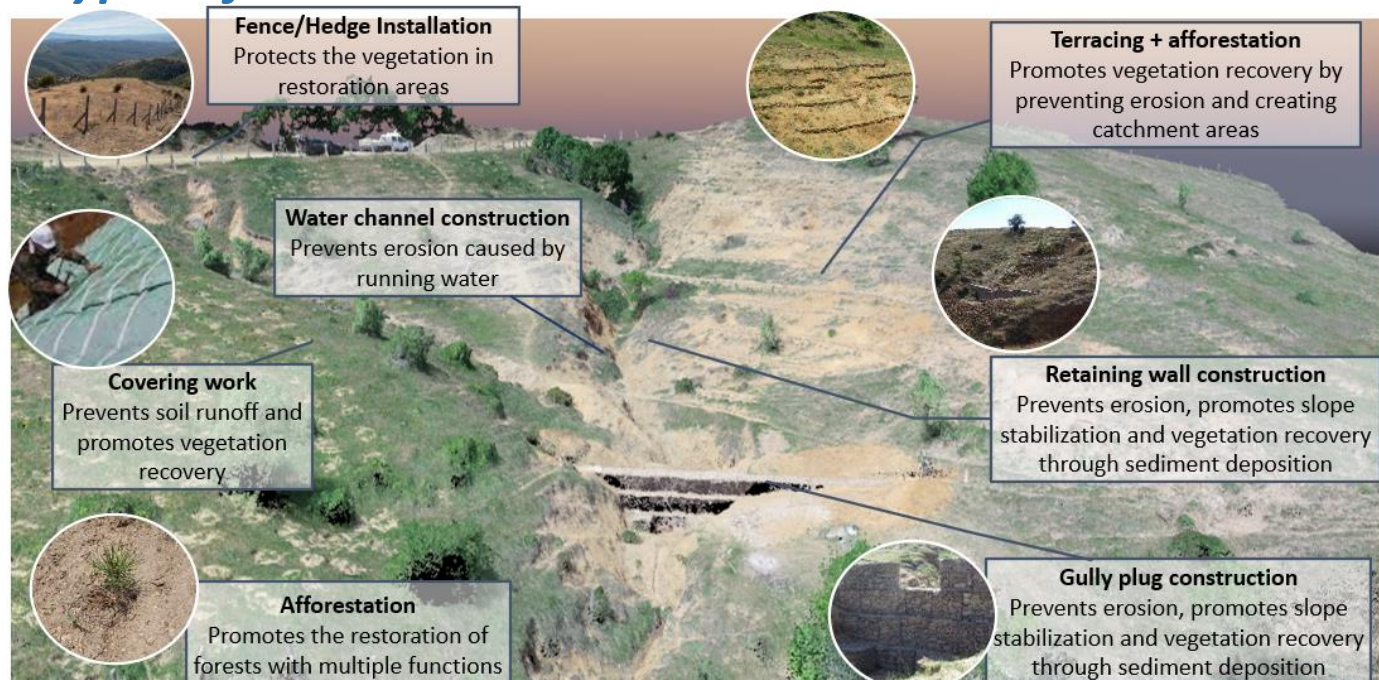
Project on capacity building for Ecosystem based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR) through sustainable forest management

Forest Conservation







Inappropriate land use and management



Types of work introduced at the Eco-DRR model site



List of introduced mountain control works

Type of works	Objectives	Reference photo/drawing
Erosion-control dam (gully plug)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mitigate streambed gradient and prevent vertical and horizontal erosion 2. Fix the foot of the mountain to prevent collapse 3. Prevent the movement of unstable sediment deposited on the streambed 4. Control downstream sediment discharge 	<p>Gabion Work</p> 
Retaining wall	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stabilize collapsed soil and cuttings 2. Mitigate slope gradient 3. Create foundation and directional support for canals and culverts 4. Disperse surface runoff 	<p>Masonry work</p> 
Water channel	<ol style="list-style-type: none"> 1. Collect and drain water at a specific location 2. Prevent mountainside erosion due to rainwater, spring water, and external water inflow 3. Prevent soil strength loss and pore water pressure increase due to infiltration 	
Terracing work	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disperse rainwater on disturbed slopes 2. Create favorable growing conditions for planted trees to promote early introduction of vegetation 	<p>Sandbag, Stone terracing</p> 
Covering work	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevent erosion and collapse of topsoil due to rainfall 2. Prepare the environment for plant germination and growth 	<p>Jute bags</p> 
Seeds spraying	<ol style="list-style-type: none"> 1. Early greening by seeding on steep slopes with poor soil conditions 	

Basic Knowledge of Container Seedlings



Forestry Agency in Japan
January 2018

The Project on Capacity Building for Ecosystem Based Disaster Risk Reduction through Sustainable Forest Management in North MACEDONIA (JICA Eco-DRR Project)

Introduction

As much of the planted forest becomes available for full utilization, and as harvesting is expected to increase, reliable post-harvest reforestation and the provision of the necessary seedlings are essential for the multifunctional role of the forest and for sustainable forest management.

Under such circumstances, the use of containerized seedlings, which is expected to reduce the cost of planting work and improve the efficiency of seedling production, in addition to the conventional production of bare seedlings, is considered important for the promotion of low-cost afforestation.

Various studies have been conducted on container seedling production technology, and the latest technology has been compiled based on the results obtained from these studies.

Contents

Introduction	
1. What is container seedling ?	1
2. Tree breeding by container	3
3. Container Seedling Management	6
4. Transportation of container seedlings	8
5. Planting of container seedlings	9
6. Properties of container seedlings	10
7. Tests on container seedlings.	11
8. Container seedling production in Sveti Nikole	12
9. For future nursery production	13
Afterword	15

1. What is container seedling ?

Rooted seedlings grown in containers that prevent horizontal root rolling by providing ribs (longitudinal striations) or elongated slits (vertical gaps) in the cavity and by opening the bottom of the container to allow vertical ✖air-root cutting.

✖The container has a hole in the bottom and the roots arriving at the bottom of the container will naturally stop growing when exposed to air.



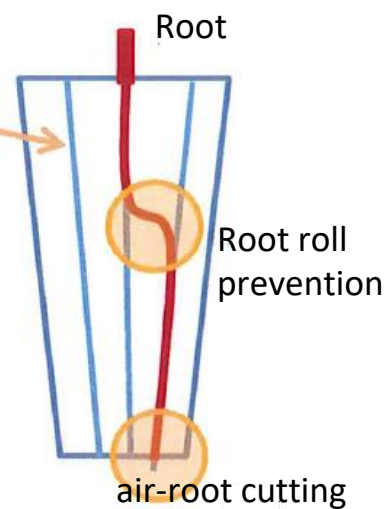
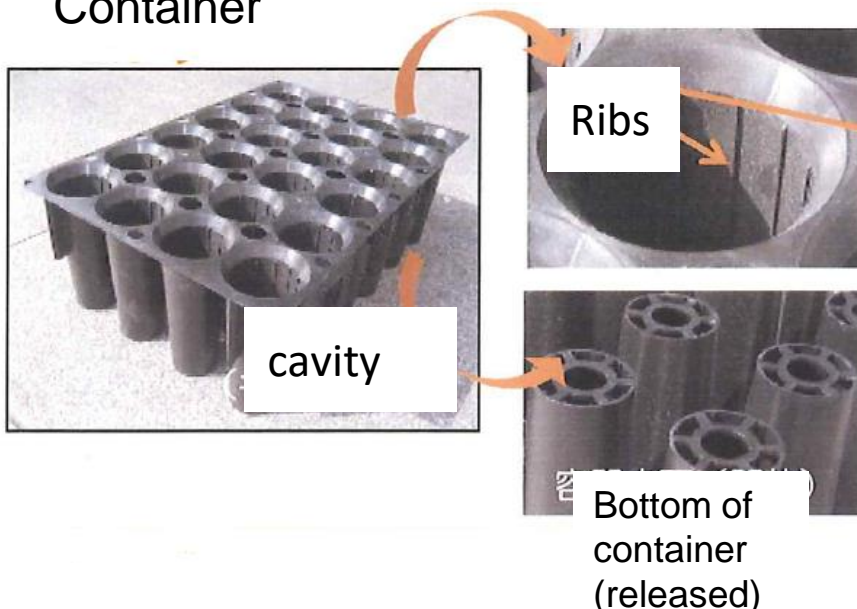
【Characteristics of Container Seedlings】



The elongated shape of the root pot makes it easy to mold and handle when planting.

The medium is an organic medium based mainly on arrowroot hulls. Ribs" prevent root deformation due to root curling. Roots stop growing when they emerge into the air through holes in the bottom or sides of the container, allowing for natural root cutting (aerial root cutting).

Container



Ribs, slits, etc., prevent root curling and ensure a well-developed.

【Type of Container in Japan】

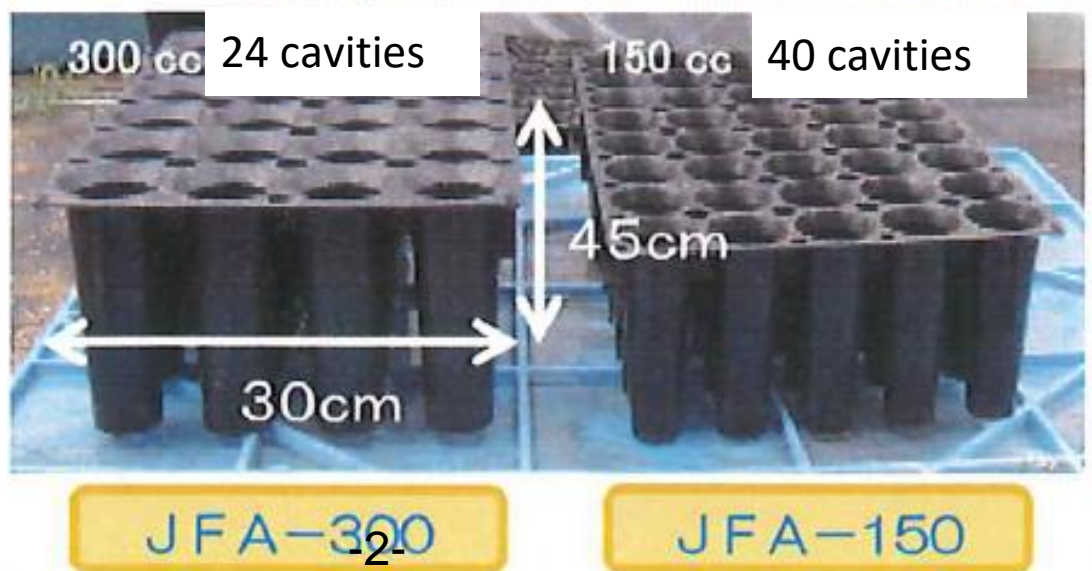
Container" is an abbreviation for "multi-cavity container," which means "porous container. Containers currently in use include the "JFA-150" and "JFA-300" containers developed by the Forestry Agency and the "M-Star Container" developed by the Miyazaki Prefectural Forestry Technology Center.

【M-Star Container】



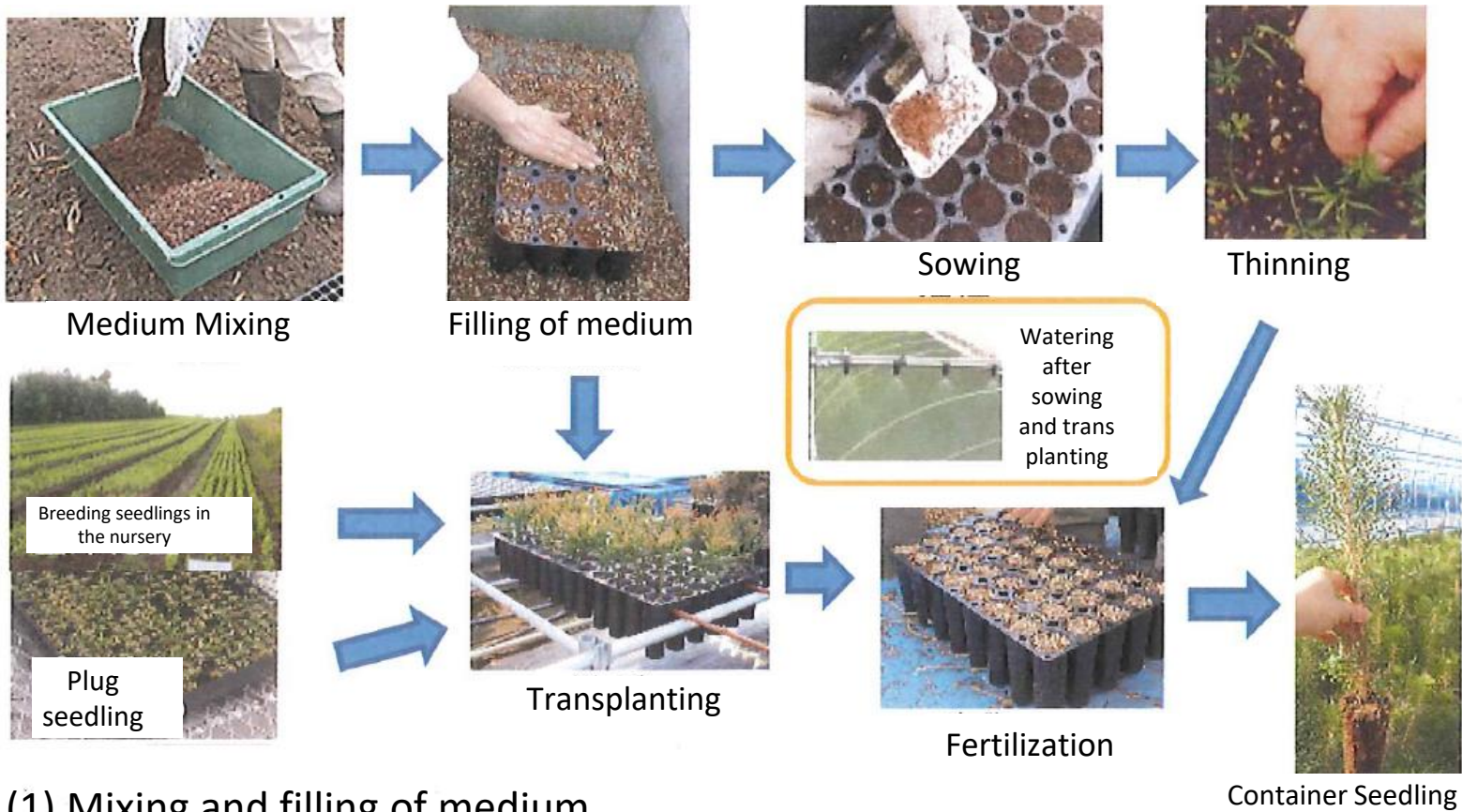
Developed by the Miyazaki Forestry Technology Center. Reusable polyethylene sheets, which do not emit chlorine gas, are used to wrap around the medium and young seedlings, which are then placed in special trays for seedling growth. The size of the root pot can be adjusted by rolling up or down the sheet. Seedlings can be easily removed by simply unfolding the sheet.

【 "JFA-150" and "JFA-300" containers developed by the Forestry Agency 】



2. Seedling breeding by container

【Container Seedling breeding Process】



(1) Mixing and filling of medium

The recommended method is to fill the medium softly and maintain the shape of the root pot by carefully managing water and fertilizer to keep the roots in the container. This ensures that the root pot does not collapse and that the seedlings can be pulled out without damaging the fine roots.

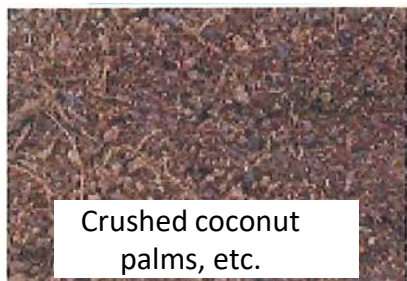


In general, the medium should be lightweight, high porosity, and an artificial medium that contains few harmful microorganisms. Since the basic material does not contain any medium trace elements, it should be mixed with the original fertilizer. In addition, drainage materials and other materials to adjust water retention and air permeability should be used as necessary.

Basic Materials

Basic fertilizer

Drainage materials, etc.



Crushed coconut palms, etc.



Perlite, vermiculite, etc.

Fine grains are considered good for mixing well. Slow-release fertilizers are desirable.

In addition to the three elements of nitrogen, phosphoric acid, and potassium, calcium, magnesium, iron, zinc, etc.

(2) Sowing and transplanting in containers

(i) Direct sowing

If the seed germination rate is high, direct sowing into containers is possible.

*Seeds may deteriorate during storage, so handle with care.



Sow a few seeds directly into containers



Thinning from multiple germinated cells



Breeding seedlings in greenhouses, etc.

Near-infrared seed identification technology

Seeds of cedar, cypress, and other species are often sterile seeds that do not have the ability to germinate and have a low germination rate.

The germination rate of these seeds is low. Therefore, a technology has been developed to sort out only the healthy and substantial heavy seeds by using the reflective characteristics of near-infrared rays. The accuracy of this technology is over 90%.

If this technology becomes widely used, an efficient production method using single seeding can be expected.



Front: Infrared camera
Back: Spectrometer

*Another simple method is to soak the seeds in fresh water and identify floating seeds as sterile and sinking seeds as enhanced.

(ii) Transplanting

For tree species with low germination rates, young seedlings or hairy seedlings grown in nurseries or greenhouses are transplanted into containers. In addition, young seedlings (plug seedlings) sown and raised in nursery trays or multi-hole seedling trays are also transplanted.



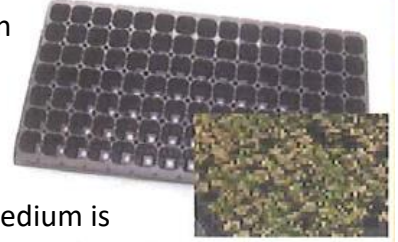
Sowing and breeding seedlings in nursery fields



Transplanting into containers

What is a plug seedling?

Seedlings are sown in multi-hole seedling trays and grown until ready for transplanting. Since the entire medium is transplanted, a good root system rate can be achieved.



(iii) Cutting

For some species, such as Japanese cedar, cuttings are grown in areas where seedlings have been grown for a long time (mainly in the Kyushu region). There are two methods: direct insertion into the culture medium or rooting in a nursery and transplanting.



Japanese cedar cuttings

3. Container Seedling Management

(1) Facilities

(i) Control of temperature and humidity by greenhouses, etc.

Container seedlings can be grown in greenhouses to shorten the seedling growing period compared to conventional seedlings by adjusting the temperature. On the other hand, when seedlings are grown in the open field, rain shades should be installed as necessary to prevent the seeds from being washed away by raindrops. In both cases, it is advisable to cover the seedlings with a sun shade to prevent sunburn for a while immediately after germination.

Breeding seedlings in open field.



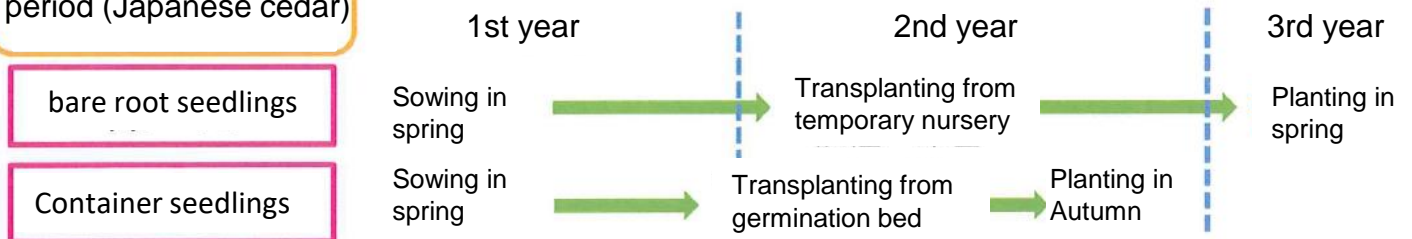
Installing sunshade, depend on necessary.



Breeding seedlings in green house.

It is expected to shorten the seedling growing period. In the Tohoku region, it takes three years to grow bare root cedar seedlings, but this has been reduced to two years with container seedlings.

Example of breeding period (Japanese cedar)



(ii) Breeding in Benches

To promote aerial root cutting, containers must be suspended in the air, and the facility for this purpose is called a Breeding in Bench. It is important to keep the bottom of the container in the air to promote aerial root cutting. If seedlings are grown with the container in contact with the ground, the roots will continue to grow without aerial root cutting, which may result in an imbalance between the above-ground portion and the roots during shipping.

- The height at which containers are suspended should be sufficient to ensure ventilation.
- Avoid placing containers in such a way that they touch the bottom of the container (e.g., directly on the ground).

The bottom must be in the air.



Moving bench

A movable special stand for seedling breeding with container seedlings on it; one person can move and manage about 1,500 container seedlings at a time and work standing up, thus reducing labor burdens and improving work efficiency.



(iii) Water management through irrigation facilities, etc.

Do not rely solely on regular irrigation, but if possible, check the dryness of the soil as needed and irrigate thoroughly until water flows down from the bottom of the container. Avoid watering for one to two months prior to shipment to increase drought tolerance of the seedlings. There are also devices that allow remote operators to check the temperature and humidity in the facility with a smartphone or other device.



- When using an automatic irrigation system, the water droplets must be fine, especially in the early stages of seedling growth, or the media and seeds may run off.
- The timing of irrigation can be determined by the weight of the container.
- Insufficient irrigation may increase the concentration of liquid fertilizer in the medium, or may cause the roots of young seedlings to make a U-turn upward in search of water, which is dangerous.

(2) Nutrient management

The original fertilizer mixed into the medium will lose its effect in a few months, so a dilute liquid fertilizer diluted 1,000 to 2,000 times or a slow-release fertilizer should be applied as a follow-up fertilizer. For additional fertilizer, use a compound fertilizer containing the medium trace elements (calcium, magnesium, iron, zinc, etc. in addition to the three elements of nitrogen, phosphoric acid, and potassium) that were initially mixed into the medium.



- The effect of the original fertilizer lasts for a long time, so the timing of additional fertilizer should be considered according to the fertilizer applied.
- Excessive application of fertilizers can cause fertilizer burn (i.e., the roots are damaged and die due to high concentrations of fertilizers), and can also lead to excessive growth.
- The appropriate fertilizer combination and amount will vary depending on the tree species and growing environment.



- For cedar seedlings, it is recommended to use more nitrogen in the first half of the growing season and more potassium in the second half. Too much nitrogen in the second half of the growing season tends to make the seedlings soft and weak.
- Pines absorb large amounts of nitrogen in summer and autumn.



4. Loading and transporting container seedlings

(1) How to load Seedlings

Loading should be made only after the root system of the seedlings has fully developed in the root pot and the medium does not collapse when removed from the container.



- Currently, the most common method of transportation is to pull the seedlings out of the container and use cardboard boxes or nets. In this case, the rootballs may dry out and be damaged, so plastic wrap or plastic bags are used to protect them.
- When using cardboard boxes, it is necessary to take measures such as lining the inner surface with plastic sheet to prevent the box from losing its strength due to the moisture in the rootballs.

Overseas Transportation Methods

Specialized trucks that transport plants in containers are in widespread use overseas. Containers are transported to the site in order to protect the root pots from drying out and to increase the rate of establishment. However, there are some drawbacks: space efficiency during transportation is low, and it is time-consuming to pull seedlings out of containers on site.



After pulling from the container, it is important to plant as soon as possible!

(2) Method of transportation to the planting site

As a method of transporting containerized seedlings to planting locations, seedling sacks are used, as well as special backpacks for transporting the seedlings as containers. In addition, by using a forwarder, etc., which is used to carry out timber, to transport the seedlings to the planting site, labor burden and cost reductions can be expected.



Seedling sacks

Seedling sacks



Special backpacks

Seedlings transportation by using a forwarder



5. Container seedling planting equipment

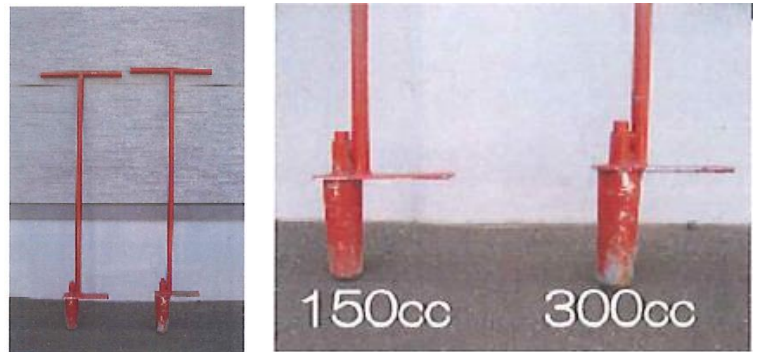
Container seedlings should be planted using a Chinese shovel or a special tool. Select the appropriate equipment depending on the local slope, terrain, soil type, ground cover, and other conditions.

The use of specialized equipment does not require skill.

【Special tools】

The tip is shaped like a container rootball and can be pushed into the soil to make a planting hole, allowing for efficient operation. However, it is difficult to pierce in dense soil or soil with a lot of gravel, rhizomes, etc. Several sizes are available to fit the root pots of container seedlings.

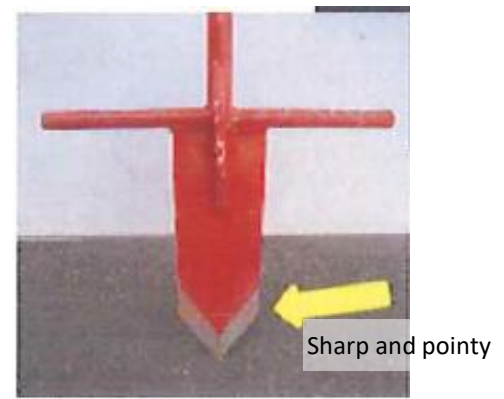
It is quite heavy because the tip is not hollow.



【Spade】

There are several shapes, but they are mainly pointed and edged. A foot is placed on the bar and thrust into the soil, and the hole is drilled by moving the bar back and forth to the left or right of the stone.

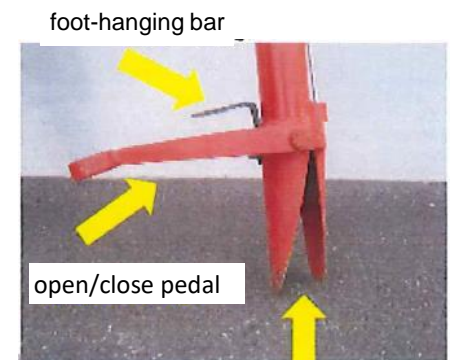
Where there are many rhizomes, etc., the tip can be used to cut them off and can be used in somewhat tight and dense soils.



【Planting tube】

The tip is closed and inserted into the soil, the pedal is pressed to open the tip, and the seedling is dropped in from the top for planting. The operator does not need to bend over or bend at the waist, which reduces the labor load.

The tip is closed and inserted into the soil, the pedal is pressed to open the tip, and the seedling is dropped in from the top for planting. The operator does not need to bend over or bend at the waist, which reduces the labor load.



Others have developed devices with modified shapes or used existing machines.

Dipple with pointed tip for easy insertion into soil

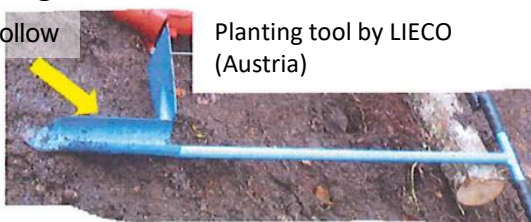


Digging planting holes using an earth auger (a piece of construction equipment, a hole digger)



【Planting tool in abroad】

Tip is hollow



Precautions for planting

- Do not over-compact the soil with equipment.
- Make sure that there are no gaps between the rootball and the soil, and that they are well bonded.
- Plant at the proper depth so that the root pot does not rise up.

6. Properties and utilization of container seedlings

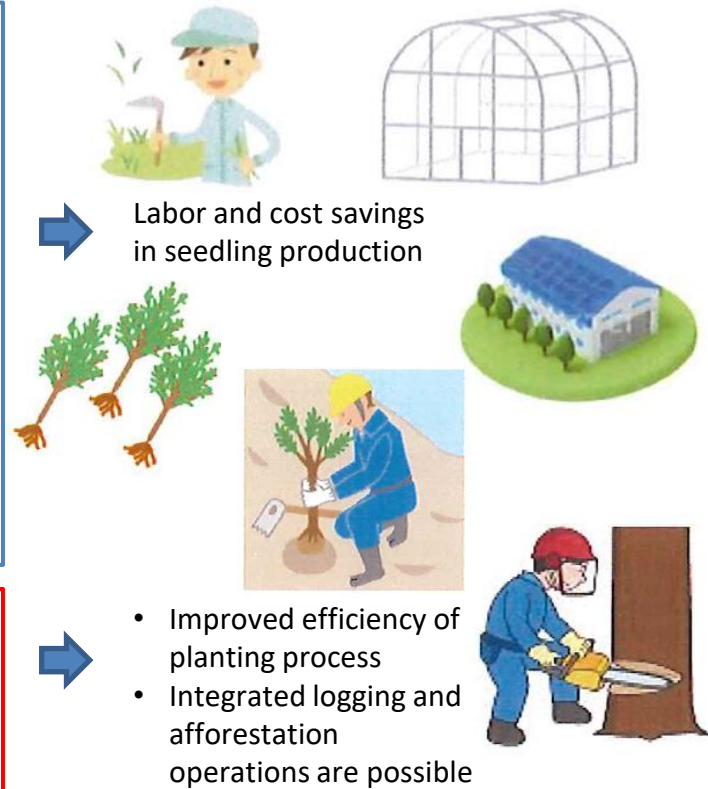
【Expectations for Cost Reduction by Using the property of Container Seedlings】

Nursery level

- (1) No root cutting required
- (2) Easy weeding
- (3) Shortening of seedling growing period is possible, depending on the way of growing, for example, in plastic greenhouses.
- (4) Mechanization of seedling production can reduce the labor required for seedling cultivation, and mass production can be expected at low cost by expanding the scale of production.
- (5) Compared to bare root seedlings, a larger number of seedlings can be produced in a smaller area (30-50 bare root seedlings per square meter, 100-300 container seedlings per square meter).

Planting level

- (6) Easy storage and handling at the planting site.
- (7) Planting time can be shortened by using special planting equipment. Also, planting does not require skill.
- (8) Expected to expand the planting period.

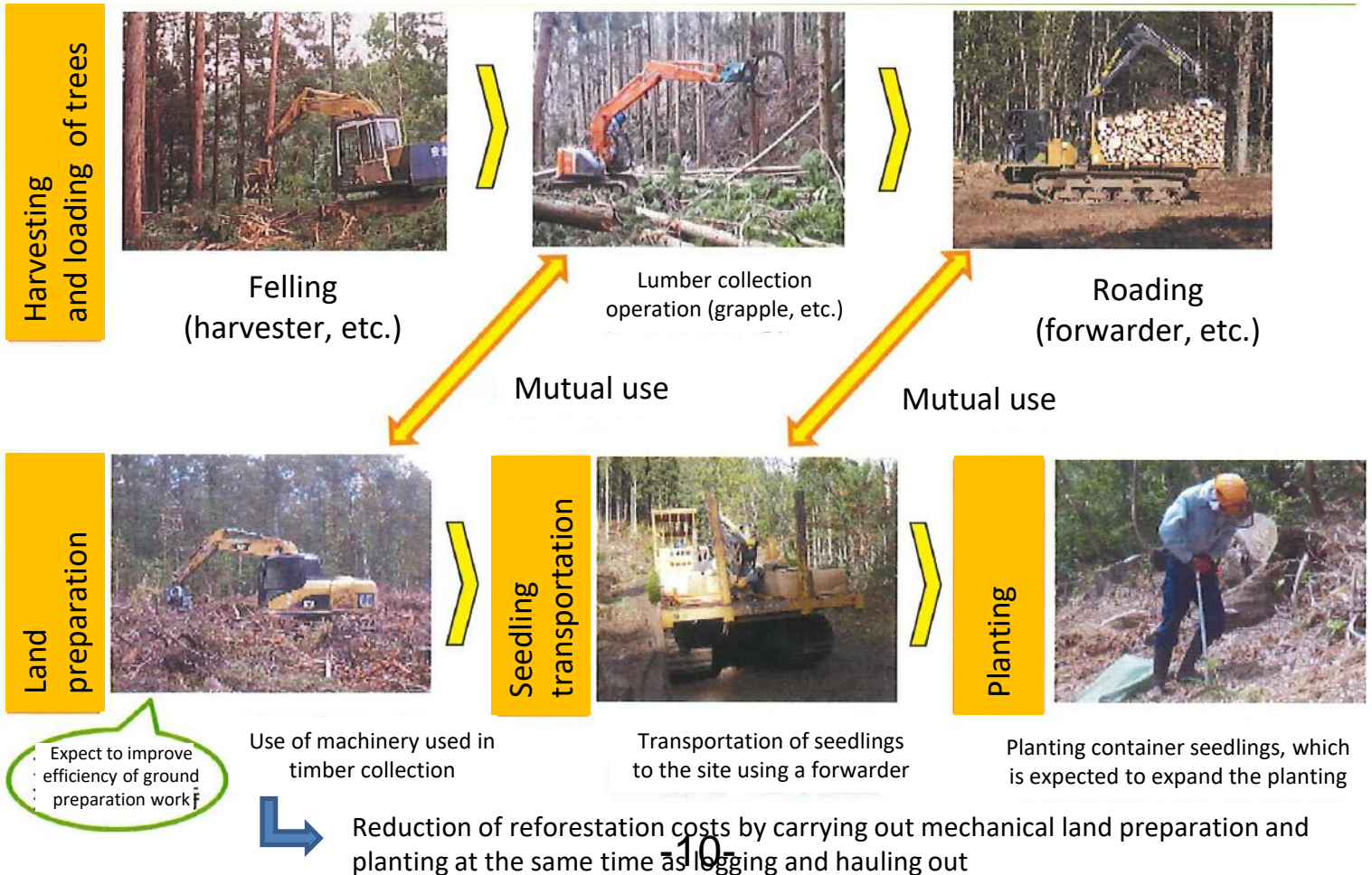


➔ Labor and cost savings in seedling production

- Improved efficiency of planting process
- Integrated logging and afforestation operations are possible

➔ Integrated logging and afforestation operations are possible

【Integrated logging and afforestation system】



7. Tests and surveys on container seedlings

【Survival rate of container seedlings】

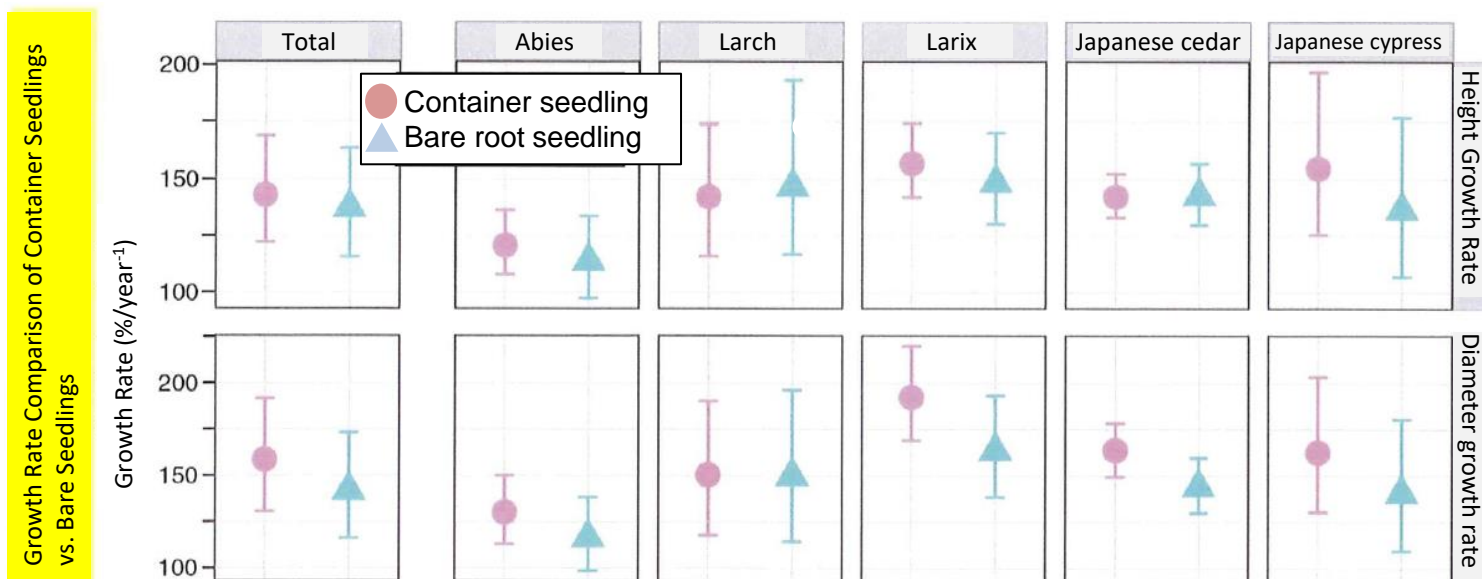
Containerized seedlings are still under study, and we aim to establish the technology through continued research.

Planting timing	Seedling type	Number of seedling (Unit : seedling)			Survival rate (%)
		Planted	Survive	Dead	
August	Container seedling	365	344	21	94.2%
October	Container seedling	351	348	3	99.1%
December	Container seedling	343	341	2	99.4%
February	Container seedling	323	316	7	97.8%
February	Bare root seedling	357	342	15	95.8%
May	Container seedling	366	351	15	95.9%

- The survey results in the table above show that the live-planting rate was 94% or higher at all times, which is the same or higher than the 95.8% live-planting rate of bare seedlings planted in February, the optimal planting period (the optimal planting period in Miyazaki Prefecture is generally around February).
- On the other hand, even container seedlings are exposed to strong drought stress for about two weeks immediately after planting, and in snowy regions, cold winds and freezing can reduce survival rates.
- Although the planting period is expected to be extended, be careful of dry weather before and after planting and cold winds in snowy regions.

【Growth of container seedlings】

A comparison of trial data collected across the country shows that the average growth rate of container seedlings, both by tree species and overall, is not different from that of bareroot seedlings.



Initial growth of container seedlings is not different from that of bare seedlings.

8. Container seedling production in Sveti Nikole

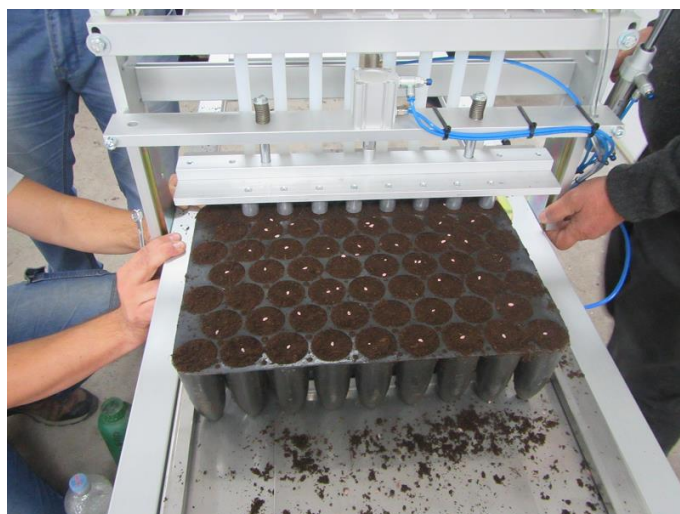
The Project on Capacity Building for Ecosystem Based Disaster Risk Reduction through Sustainable Forest Management in North MACEDONIA (JICA Eco-DRR Project) provided nursery equipment for container seedling production to Sveti Nikole nursery.



Green house with irrigation system



Soil filling machine



Sowing machine



Container for broad leaf tree seedling¹² Container for conifer tree seedling

9. For future nursery tree production

【Improve container seedling production process】



(1) Mixing and filling process for medium



C. Cutting



Enhanced seed identification technology



Use of high germination rate seeds

Seeder



Improved efficiency of seeding operations

(2) Container seeding or transplanting

A. direct sowing



B. Transplanting plug seedlings



Automatic sprinkler system



Reduction of watering labor

Additional fertilizer (as needed)



(3) Grow seedlings in greenhouses, etc. (about 6 months to 1.5 years)



(4) Transportation of containers to planting site by trucks

Special truck with container racks



Container seedlings can be shipped with their root pots protected from drying out

(5) transportation to mountain

Use of forwarders, power haulers, etc. (use of integrated work systems)



Reduced transportation labor



(6) transportation to planting site

Improved efficiency of planting operations through the use of appropriate specialized equipment

(7) Planting container seedlings



- 1) Container seedling standards
 - Appropriate rootstock diameter
 - Seedling length and shape ratio
- (2) About container
 - Multi-cavity container shape
- (3) Improvement of specialized planting equipment
 - Verification of equipment suited to Japanese soil and topography
- (4) Optimization of seedling conditions (uniform germination)
- (5) Shortening of container seedling growing period



Further research and investigation on container seedlings is needed to establish the technology.

The background of the slide is a photograph of a nursery. In the foreground, there is a close-up of a tree trunk with rough, brown bark. Behind it, there are rows of black plastic trays filled with green seedlings. The nursery is covered with a white netting structure. The sky is blue with some palm trees visible in the distance.

Afterword

This document summarizes the latest container seedling production technologies based on the results of research conducted to date.

These are general production technologies, and research is underway to develop optimal production technologies for each region and for each tree species, depending on differences in climate and other environmental conditions.

The production technology for container seedlings, which contributes to low-cost afforestation, is still in its infancy, and we will continue to promote its development and dissemination in order to establish it.

author :

Afforestation Materials Group,
Afforestation and Thinning Office
Forest Maintenance Division,
Forestry Department,
Forestry Agency in Japan
(Tel) 03-3591-5893

Editorial assistance :

Forestry and Forest Products Research
Institute

Translation and compilation:

The Project on Capacity Building for
Ecosystem Based Disaster Risk Reduction
through Sustainable Forest Management
in North MACEDONIA
(JICA Eco-DRR Project)

Основни познавања за контејнерски расад



Агенција за шумарство на Јапонија јануари 2018 г.

Проект за градење капацитет за екосистемски базирано намалување на ризикот од катастрофи преку одржливо управување со шумите во Северна Македонија (Проект на ЈСА Еко-НРК)

Вовед

Како што голем дел од посадената шума ќе стане достапна за целосно искористување и бидејќи се очекува сечата да се зголеми, неопходни се пошумување по сечата и обезбедување на садниците потребни за мултифункционалната улога на шумите и за одржливо управување со шумите.

Во вакви околности, употребата на садници во контејнери, што се очекува да ги намали трошоците за садење и да ја подобри ефикасноста на производство на садници, покрај конвенционалното производство на садници со гол корен, се смета за важно унапредување на пошумување со мали трошоци.

Направени се повеќе студии за технологијата за производство на садници во контејнери, а најновата технологија е направена според резултатите добиени од овие студии.

Содржина

Вовед

1. Што е контејнерски расад ?	1
2. Размножување на садници во контејнер	3
3. Управување со контејнерски садници	6
4. Транспорт на контејнерски садници	8
5. Садење на контејнерски садници	9
6. Карактеристики на контејнерските садници	10
7. Тестирања со контејнерски садници	11
8. Производство на контејнерски расад во Свети Николе	12
9. За идно производство на дрва во расадник	13
Поговор	15

1. Што е контејнерски расад?

Садници со корен одгледани во контејнери што спречуваат хоризонтално виткање на корењата така што обезбедуваат ребра (хоризонтални бразди) или издолжени отвори (вертикални дупки) во отворот и преку отворање на дното на контејнерот за да се овозможи вертикално ✂сечење на воздушните корени.

✂Контејнерот има дупка на дното и корените што ќе дојдат до дното на контејнерот природно ќе престанат да растат кога ќе бидат изложени на воздух.



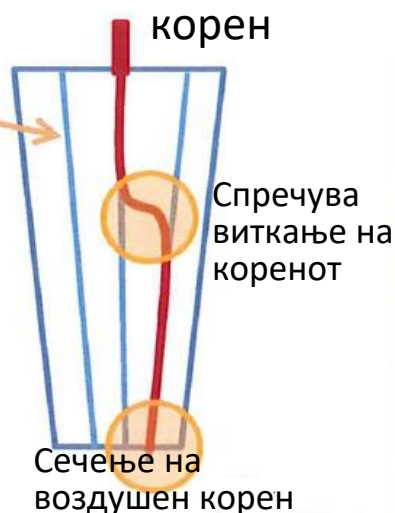
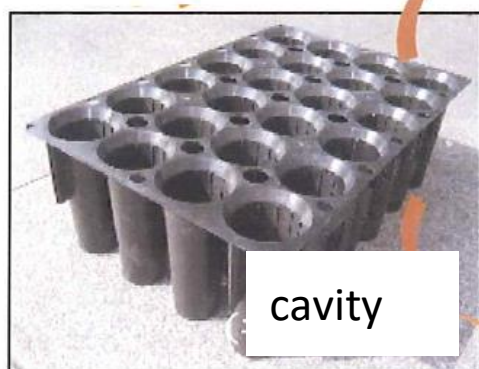
【Карактеристики на контејнерските садници】



Поради издолжениот облик на садот за коренот, лесно е да се обликува и да се ракува при садење

Подлогата е органска и се заснова претежно од лушпи од маранта. Ребрата спречуваат деформација на коренот поради виткање. Корените престануваат да растат кога ќе излезат на воздух низ отворите на дното или од страните на контејнерот, што овозможува природно сечење на коренот (сечење на воздушни корени)..

Контејнер

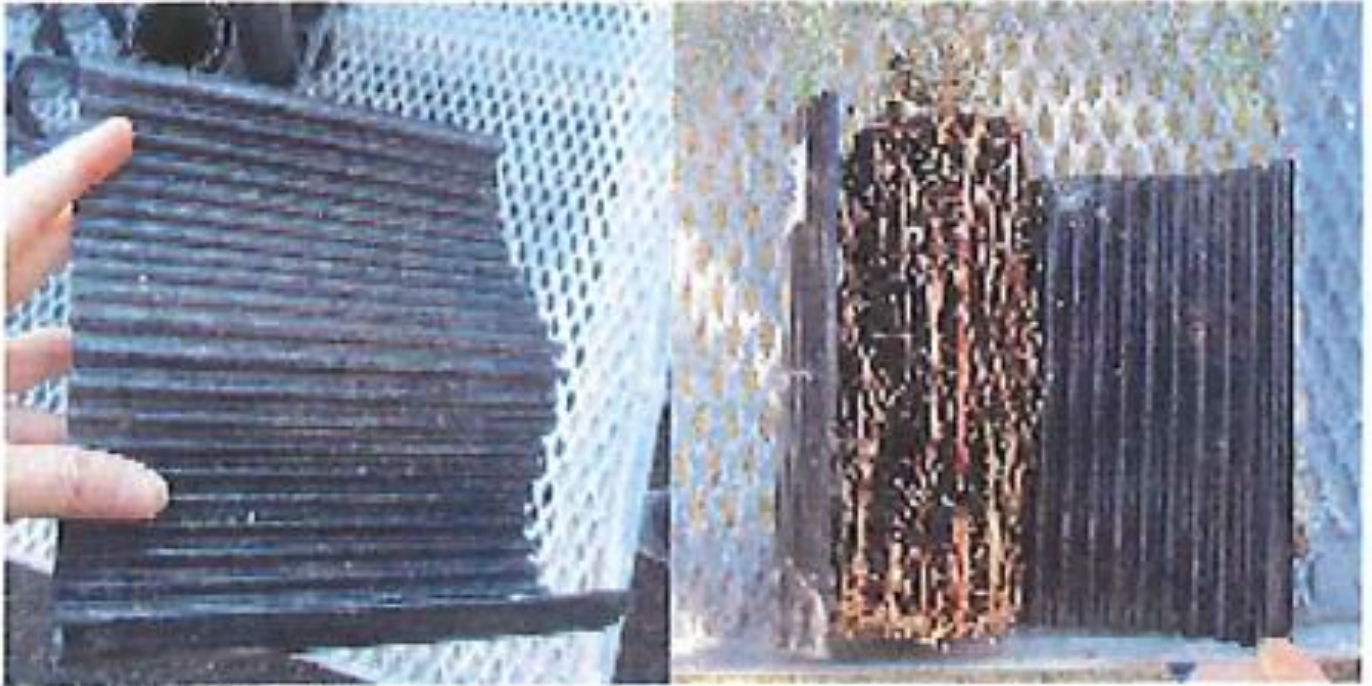


Ребрата, засеците, итн. спречуваат виткање на коренот и овозможуваат добро развиен корен.

【Видови на контејнери во Јапонија】

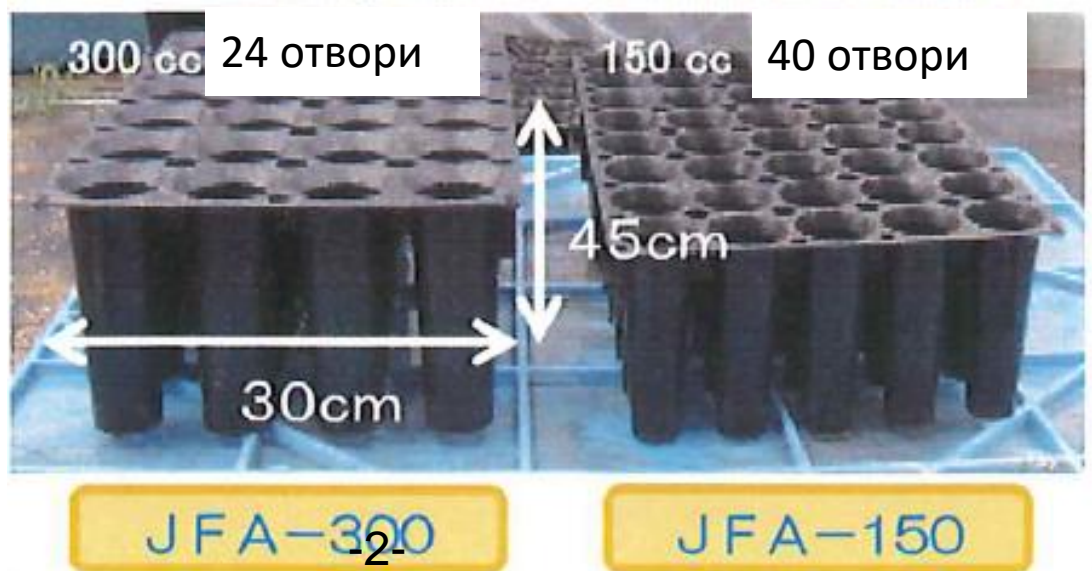
„Контејнер“ е кратенка за „контејнер со повеќе отвори“, што значи „порозен контејнер“. Контејнери што се моментално во употреба се JFA-150 и JFA-300, создадени од Агенцијата за шумарство, и контејнерот М-Стар, создаден од Центарот за шумарска технологија во префектурата Мијазаки.

【Контејнер М-Стар】



Произведен од Центарот за шумарска технологија во Мијазаки. Полиетиленска табла, за повеќекратна употреба, што не емитува хлор, се користи за да се обвитка подлогата и младите садници, кои потоа се ставаат во специјални табли за растење на садниците. Големината на садот за коренот може да се прилагоди со виткање на плочата. Садниците може лесно да се отстранат со одвиткување на плочата.

【 JFA-150 и JFA-300 контејнери произведени од Агенцијата за шумарство 】



2. Размножување на садници во контејнер

【Процес на размножување садници во контејнер】



(1) Мешање и полнење со подлога

Препорачан метод е подлогата нежно да се наполни и да се задржи обликот на садот за коренот така што внимателно ќе се користи вода и ѓубриво, за корените да останат во контејнерот. На овој начин садот нема да се згмечи и садниците ќе може да се извечат без

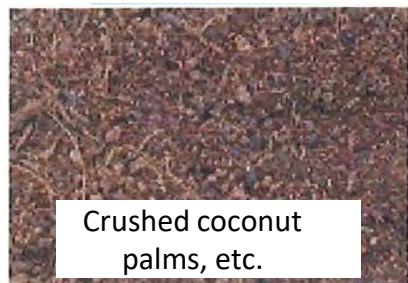


Генерално, подлогата треба да биде лесна, со голема порозност и да има вештачко средство што содржи малку штетни микроорганизми. Бидејќи основниот материјал не содржи трагови од елементи на подлогата, тој треба да се измеша со оригиналното ѓубриво. Исто така, по потреба треба да се користи дренажен и друг материјал, за да се прилагоди задржувањето на водата и пропустливоста на воздух.

Основни материјали

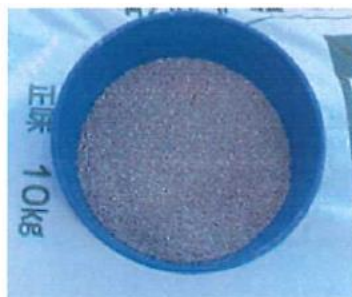
Основно ѓубриво

дренажен материјал, итн.



Crushed coconut palms, etc.

Ситните зрнца се сметаат добри за мешање. Пожелно е ѓубриво со бавно ослободување.



Покрај трите елементи азот, фосфорна киселина и калиум, калциум, магнезиум, железо, цинк, итн..



перлит, вермикулит, итн.

(2) Сеење и пресадување во контејнери

(i) Директно сеење

Ако стапката на 'ртливост на семето е висока, можно е директно сеење во контејнери.

*Семето може да се оштети при складирање, затоа треба внимателно да се ракува со него.



Посејте неколку семиња директно во контејнерите



Проретчување од повеќе изртени клетки



Одлегување на садници во пластеници, итн.

Блиску инфрацрвена технологија за идентификација на семиња

Семињата од кедар, чампрес и други видови често пати се стерилни и немаат способност за 'ртење и имаат ниска стапка на 'ртливост. Стапката на 'ртливост на овие семиња е ниска, па затоа е развиена технологија за да се сортираат само здравите и доволно тешки семиња, со користење на рефлексивните карактеристики на блиску инфрацрвени зраци. Прецизноста на оваа технологија е поголема од 90%. Доколку оваа технологија почне широко да се применува, може да се очекува ефикасен производствен метод со користење на едно садење.



Напред; инфрацрвена камера
Позади: спектрометар

*Друга едноставна метода е да се натопат семињата во вода и семето што ќе исплива се смета за стерилно, а оние што ќе паднат на дното за добри.

(ii) Пресадување

За видови дрва со низок степен на 'ртливост, младите садници или влакнестите садници одгледани во расадници и пластеници се пресадуваат во контејнери. Исто така, младите садници посадени и одгледани во гајби или табли со повеќе отвори, исто така, се пресадуваат.

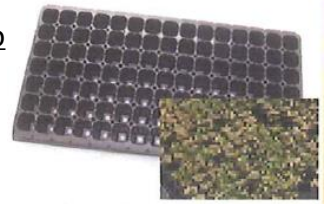


Садење и одгледување на расадници во расаднички полиња

Пресадување во контејнери

Што е млада садница?

Садниците се садат во табли со повеќе отвори и растат додека се спремни за пресадување.



Бидејќи се пресадува целата подлога, може да се добие добар коренски систем.

(iii) Сечење

За одредени видови, како јапонски кедар, резниците се одгледуваат во места каде што долго време се одгледуваат садници (претежно во регионот Кјушу). Постојат две методи: директно пикирање во подлогата или ожилување во расадник и пресадување.



Резници од јапонски кедар

3. Управување со контејнерски садници

(1) Простории

(i) Контрола на температура и влажност во пластеници, итн.

Контејнерските садници може да се одгледуваат во пластеници за да се скрати периодот на растење во споредба со конвенционалните садници, така што ќе се прилагоди температурата. Од друга страна, кога садници се одгледуваат на отворено, треба да се постават церади за заштита од дожд за да се спречи измивање на семето од дождот. И во двата случаи, се препорачува садниците да се покријат со мрежа за засена за да не изгорат на сонцето директно по 'ртењето.

Одгледување на садници на отворено



Поставување на мрежи за засена по потреба



Одгледување на садници во пластеници.



Се очекува да се скрати периодот на растење на садниците. Во регионот Тохоку потребни се три години за да пораснат кедрови садници со гол корен, а овој период е намален на две години кај контејнерските садници.

Пример за период на растење (јапонски кеदार)

Садници со гол корен

Контејнерски садници

Прва година

Пролетно сеење

Пролетно сеење



Втора година

пресадување од привремен расадник

Пресадување од леа за 'ртење

есенско садење

Трета година

пролетно садење

(ii) Одгледување на клупи

За да се подобри сечењето на воздушни корени, контејнерите мора да бидат поткренати од земја, што се нарекува одгледување во клупи. Важно е дното на контејнерот да биде во воздух за да се олесни сечењето на воздушните корени. Доколку садниците растат во контејнер што ја допира земјата, корењата ќе продолжат да растат без сечење на воздушните корени, што може доведе до нерамнотежа меѓу надземниот дел и корењата при транспорт.

- Висината на која треба да се поткренат контејнерите треба да е доволна за да има вентилација.
- Не ги поставувајте контејнерите така што ќе го допираат дното на контејнерот (на пр. директно на земја).

биде во воздух



Подвижна клупа

Специјална подвижна клупа за одгледување садници со контејнерски садници; еден човек може да движи и управува со околу 1500 контејнерски садници во исто време и да работи стоејќи, со што се намалува трудот и се подобрува работната ефикасност.



(iii) Управување со вода преку системи за наводнување, итн.

Не се потпирајте исклучиво на редовно наводнување, туку, доколку е можно, проверувајте ја сувоста на почвата по потреба и убаво навадете додека не почне да тече вода од дното на контејнерот. Избегнувајте наводнување еден до два месеци пред транспорт за да се подобри толеранцијата на садниците на суша. Постојат и уреди што овозможуваат од далечина да се провери температурата и влагата во просторијата преку паметен телефон или друг уред.



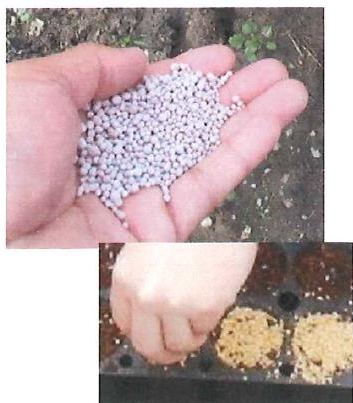
- Кога се користи автоматски систем за наводнување, водните капки мора да бидат ситни, особено во раните фази на раст на садниците, инаку подлогата и семето може да се измијат.
- Времето за наводнување може да се утврди според тежината на контејнерот.
- Недоволно наводнување може да ја зголеми концентрацијата на течно ѓубриво во подлогата или може да предизвика корените на младите садници да се свртат нагоре во потрага по вода, што е опасно.

(2) Управување со хранливи состојки

Првичното ѓубриво измешано во подлогата ќе го загуби ефектот по неколку месеци, па затоа разредено течно ѓубриво, разредено 1.000 до 2.000 пати, или ѓубриво со бавно ослободување треба да се стави дополнително. За дополнително ѓубриво користете сложено ѓубриво составено од елементи од подлогата (калциум, магнезиум, железо, цинк, итн. покрај трите елементи азот, фосфорна киселина и калиум) што се првично вмешани во подлогата.



- ефектот од првичното ѓубриво трае долго време, па затоа времето на примена на дополнително ѓубриво треба да се одреди спореди видот на употребено ѓубриво.
- Прекумерна употреба на ѓубриво може да доведе до „горење“ (т.е. коренот се оштетува и изумира поради големи концентрации на ѓубриво) и до прекумерен раст.
- Соодветната комбинација и количина на ѓубриво ќе варира во зависност од видот на дрвото и средината каде што расте.
- За кедрови садници се препорачува да се користи повеќе азот во првата половина од сезоната на растење и повеќе калциум во втората половина. Премногу азот во втората половина од сезоната ги прави садниците меки и слаби.
- Боровите апсорбираат големи количества азот во лето и есен.



4. Товарање и транспорт на контејнерски садници

(1) Како да се натоварат садниците

Товарање треба да се направи само откако коренскиот систем на садниците е целосно развиен во садот за корени и подлогата нема да се распадне кога ќе биде отстранета од контејнерот.



- Моментално највообичаен метод на транспорт е да се извечат садниците од контејнерот и да се користат картонски кутии или мрежи. Во овој случај, бусенот може да се исуши и оштети, па затоа се користи пластична фолија или пластични ќеси за да се заштити.
- Кога се користат картонски кутии, потребно е да се преземат мерки и да се постави пластична фолија во внатрешноста за да не се распадне кутијата поради влагата во коренот.

Методи за транспорт до земјата

Широко распространета е употребата на специјализирани камиони за транспорт на растенија во контејнери. Контејнерите се транспортираат до локацијата за да се спречи сушење на садовите за корените и да се зголеми стапката на фаќање. Но, има одредени негативни страни: мала просторна ефикасност при транспорт и потребно е доста време да се извечат садниците од контејнерите на локацијата.



По вадење од контејнерот, важно е да се посадат што е можно побрзо!

(2) Метод за транспорт до местото за засадување

Како метод за транспорт на контејнерски садници до локациите за засадување се користат вреќи за садници како и специјални ранци за пренос на садниците.

Исто така, со користење на форвардер, кој се користи за транспорт на сечени дрва, за транспорт на садниците до локацијата за садење се очекува да се намали потребниот труд и трошоците.

Вреќи за садници



Вреќи за садници

Специјални ранци



Транспорт на садници со форвардер

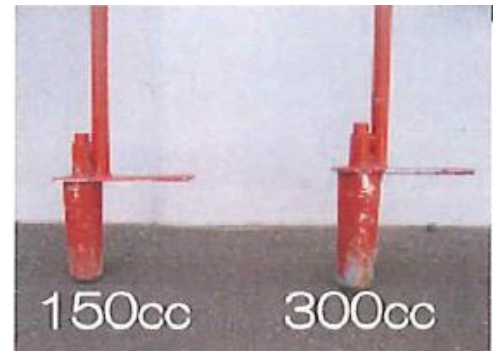
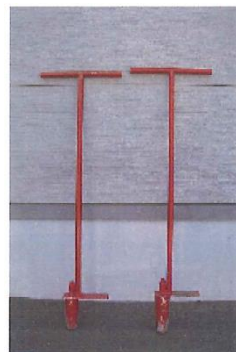


5. Container seedling planting equipment

Контејнерските садници треба да се садат со користење на кинеска лопата или специјална алатка. Одберете ја соодветната опрема во зависност од косината на местото, теренот, видот на почва, земјената покривка и други услови. За користење на специјалната опрема не е потребна посебна вештина.

【Специјален алат】

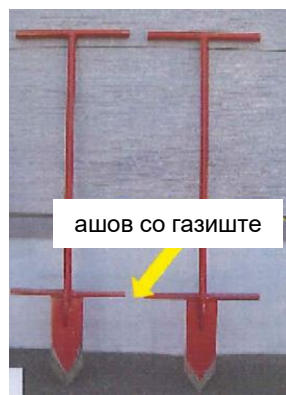
Врвот е во форма на бусен и може да се притисне во почвата за да се направи дупка за садење, што овозможува ефикасна работа. Но, тешко е да се пробие густа почва или почва со многу чакал, ризоми, итн. Постојат неколку големини, соодветни за саксиите со контејнерски садници. Прилично е тежок бидејќи врвот не е шуплив.



【Ашов】

Ги има во неколку облици, но се главно шилести и остри. Ногата се става на газиштето и се притиска во почвата, а дупката се прави така што газиштето се мрда напред-назад или лево-десно од каменот.

Кога има многу ризоми и сл. може да се исечат со врвот и може да се користат во доста густи и збиени почви.



【Садилка】

Врвот се затвора и се става во почвата, се притиска педалата за да се отвори врвот, а садницата се става од горниот крај за садење. Работникот не мора да се наведнува ниту да клекнува, со што се олеснува работата.



Садницата излегува од овде.

Направени се и алатки со модифициран облик или се користат веќе постоечки машини..

Алатка со зашилен врв за лесно ставање во почва



Копане на дупки за садење со дупчалка за земја (градежна опрема за копање дупки)



【Алатки за садење во други земји】

Врвот е шуплив



Мерки на претпазливост при садење

- Почвата да не биде премногу набиена со опрема.
- Не треба да има простор помеѓу бусенот и почвата, треба да се добро поврзани.
- Садењето да се изврши на соодветна длабочина за коренот да не се крене

6. Карактеристики и примена на контејнерски садници

【се очекуваат помали трошоци поради својствата на контејнерските садници】

Ниво на расадник

- (1) Не е потребно сечење на корените
- (2) Лесно плевење
- (3) Можно е да се скрати периодот на растење на садниците, во зависност од начинот на одгледување, на пример во пластични пластеници.
- (4) Механизацијата на производството на садници може да го намали трудот потребен за одгледување садници, а трошоците за масовно производство може да се намалат со зголемување на обемот на производство.
- (5) Во споредба со садниците со гол корен, поголем број на садници може да се произведат на помала површина (30-50 садници со гол корен на метар квадратен, 100-300 контејнерски садници на метар квадратен).



Заштеда на труд и трошоци во производството на садници



Ниво на садење

- (6) Лесно складирање и ракување на локацијата за садење.
- (7) Времето потребно за садење може да се скрати со користење на специјална опрема. За ова не е потребна посебна вештина.
- (8) Се очекува да се продолжи периодот на садење.



- подобра ефикасност при садење
- можни се интегрирани операции со сечење и пошумување



можни се интегрирани операции за сечење и пошумување

【Интегриран систем за сечење и пошумување】



7. Тестирања и истражувања со контејнерски садници

【Стапка на преживување на контејнерските садници】

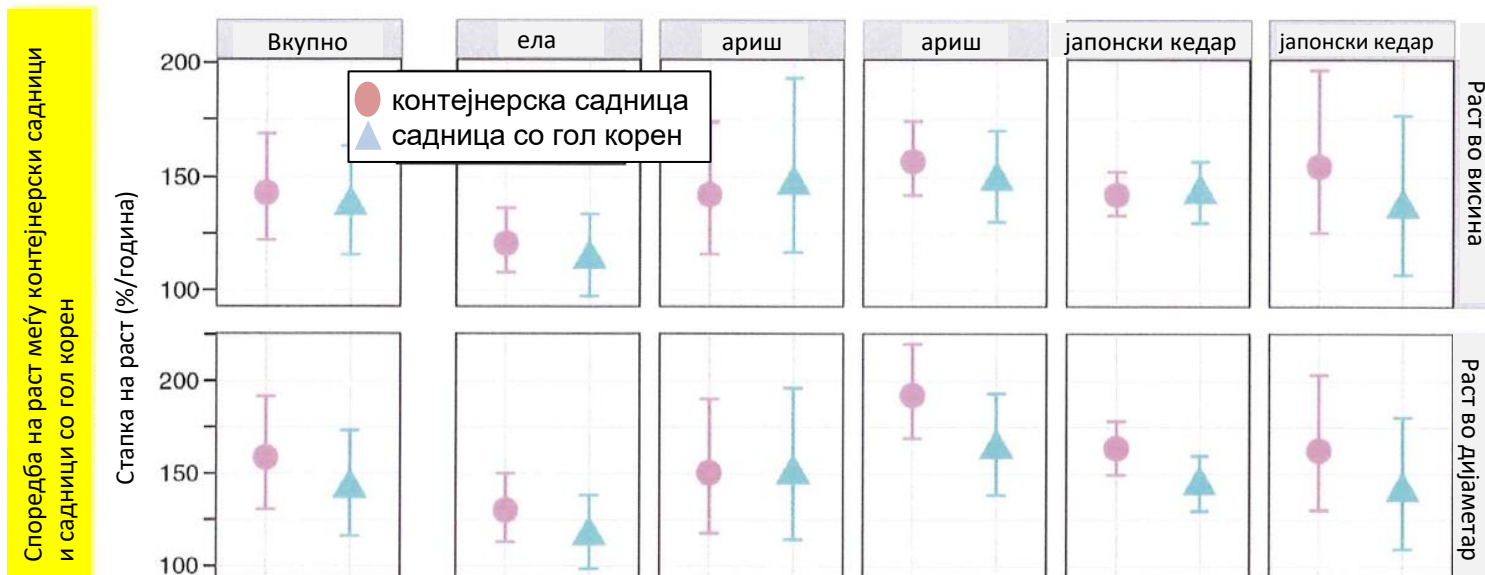
Контејнерските садници се уште се проучуваат и наша цел е да ја утврдиме технологијата преку континуирано истражување.

Време на садење	Вид на садница	Број на садници (единица: садница)			Стапка на преживување (%)
		посадени	преживевани	угинати	
август	Контејнерска садница	365	344	21	94.2%
октомври	Контејнерска садница	351	348	3	99.1%
декември	Контејнерска садница	343	341	2	99.4%
февруари	Контејнерска садница	323	316	7	97.8%
февруари	Садница со гол корен	357	342	15	95.8%
мај	Контејнерска садница	366	351	15	95.9%

- Резултатите од истражувањето во горната табела покажуваат дека стапката на преживување била 94% или повисока во секој период, што е иста или повисока од 95,8% за посадените садници со гол корен во февруари, оптималниот период за садење (оптималниот период за садење во префектурата Мијазаки обично е околу февруари).
- Од друга страна, дури и контејнерските садници се изложени на силен сушен стрес околу две недели веднаш по садењето, а во снежните региони студениот ветер и замрзнувањето може да ги намалат стапките на преживување.
- Иако се очекува периодот на садење да се продолжи, внимавајте на сувото време пред и по садењето и на студени ветрови во снежни региони.

【Раст на контејнерски садници】

Споредбата на податоците собрани од целата земја покажува дека просечната стапка на раст на контејнерските садници, како според видот на дрво така и генерално, не се разликува од садниците со гол корен.



Почетниот раст на садници од контејнери не се разликува од оној на голите садници

8. Производство на контејнерски расад во Свети Николе

Проектот за градење капацитети за екосистемски-базирано намалување на ризикот од катастрофи преку одржливо управување со шумите во Северна Македонија (проектот Еко-НРК на Џајка) обезбеди опрема за расадник за производство на контејнерски расад за расадникот во Свети Николе.



Пластеник со систем за наводнување



Машина за полнење почва



машина за садење



контејнер за широколисни садници



контејнер за широколисни садници

9. За идно производство на дрва во расадник

【Да се подобри процесот на производство на контейнерски расад】



(1) Процес на мешање и полнење на подлогата



C. Cutting



ехнологија за подобра идентификација на семе



Користење на семе со висока стапка на 'ртливост

сеалка



Поголема ефикасност при сееење

(2) Контејнерско сееење или пресадување



Б. Пресадување на млади садници

А. директно сееење



Автоматски прскалки



Помалку труд за наводнување
Дополнително гувриво (по потреба)



(3) одгледување расад во пластеници (околу 6 месеци до 1,5 година)



(4) Транспорт на контејнери до локација за засаднување со камиони
Специјален камион со стажажи за контејнери



Контејнерските садници може да се транспортираат со сатовите за корените за да не се исушат

(5) транспорт до планина

Употреба на форвардери, камиони, и сл. (интегрирани работни системи)



Намален труд за транспорт



(6) транспорт до место за садење



Поголема ефикасност при садењето со користење на соодветна специјализирана опрема



(7) Садење на контејнерски расад

(1) Стандарди за контејнерски расад
Соодветен дијаметар на бусен
Сооднос на должина и облик на садница

(2) За контејнерот

Облик на контејнерот со повеќе отвори

(3) Да се подобри специјализираната опрема за садење

Верификација на опрема погодна за јапонска почва и топографија

(4) Оптимизација на условите за саден материјал (еднообразно 'ртење)

(5) Да се скрати периодот на растење за контејнерскиот расад



Потребни се дополнителни истражувања кај контејнерскиот расад за да се утврди технологијата

Поговор

ТВо овој документ е дадено резиме на најновите технологии за производство на контејнерски расад согласно резултатите од досега спроведените истражувања. Ова се општи производни технологии и во тек се истражувања за да се развијат оптимални производни технологии за секој регион и за секој вид на дрво, во зависност од климатските разлики и други еколошки услови. Производната технологија за контејнерски расад, што придонесува за ефтино пошумување, е се уште во зародиш, и ние ќе продолжиме да го промовираме нејзиниот развој и дисеминација за поголема примена.

автор :

Група за материјали за пошумување,
Канцеларија за пошумување и проретчување
Оддел за одржување шуми,
Министерство за шумарство,
Агенција за шумарство во Јапонија

(тел) 03 - 3591 - 5893

Помош при уредување:

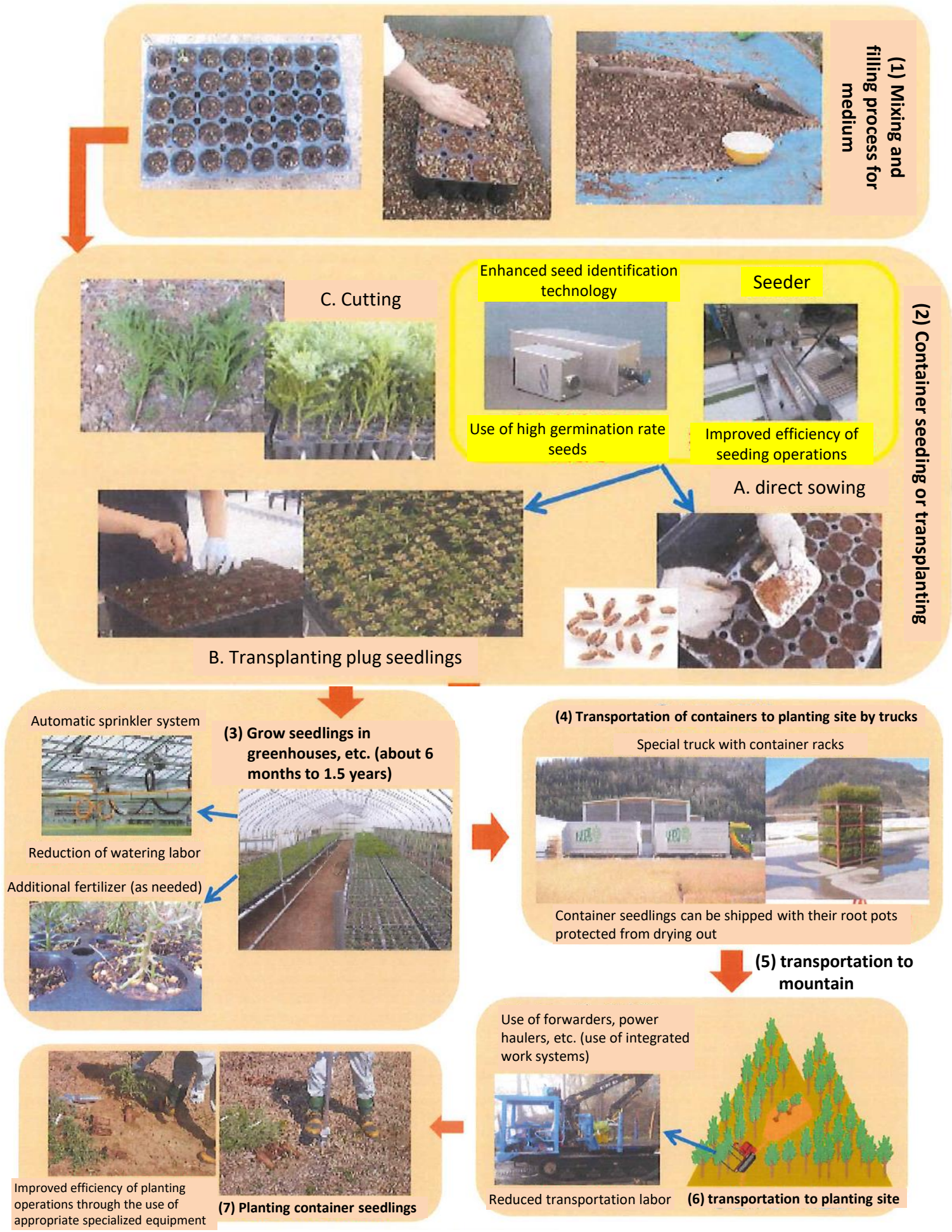
Институт за шумарство и истражување на шумски
производи

Превод и компилација:

Проект за градење капацитети за екосистемски-
базирано намалување на ризици преку одржливо
управување со шумите во Северна Македонија
(Проект Еко-НПК на ЈИСА)

Introduced container seedling and improved nursery technique

【Improve container seedling production process】



Container seedling production in Sveti Nikole

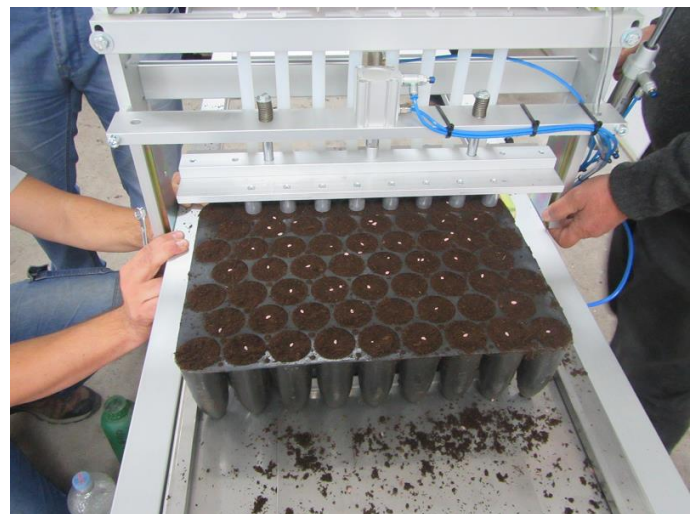
The Project on Capacity Building for Ecosystem Based Disaster Risk Reduction(Eco-DRR) through Sustainable Forest Management in North Macedonia (Project Eco-DRR in North Macedonia) provided nursery equipment for container seedling production to Sveti Nikole nursery of Public Enterprise National Forest.



Green house with irrigation system



Soil filling machine



Sowing machine



Container for broad leaf tree seedling Container for conifer tree seedling



Hydro-seeding manual

Contents

1. What is Hydro -seeding	1
1-1 Early-slope greening work.....	1
1) Purpose of Early-slope greening work	1
2) Method of early-slope greening work	1
1-2 Early-slope greening work by mechanical method	2
1) Type of mechanical method	2
2) Applicable area	3
2. Preparation of Hydro-seeding.....	4
2-1 Preliminary study.....	4
1) Condition of the slope	4
2) Condition of the soil.....	5
3) Climate conditions.....	6
2-2 Seed blending.....	7
1) Selection of seed blends.....	7
2) Calculation of seed blends	8
3. Implementation of Hydro-seeding.....	9
3.1 Preparation of equipment and materials.....	9
1) Preparation of equipment	9
2) Preparation of materials	11
3.2 Implementation of Hydro-seeding.....	13
1) Transportation	13
2) Preparation of the slope	14
3) Setting of equipment.....	14
3) Mixing of materials.....	15
4) Hydro-seeding.....	15
5) Cleaning and storage of equipment.....	16
6) Safety Management.....	16

4. Maintenance of Hydro seeding area	17
4.1 Germination and growth	17
4.2 Maintenance for forest fire	17
Annex	18
Annex-1 Equipment List (For 200m ²)	18
Annex-2 Material List (For 200m ²)	19
Annex-3 Safety management List (for 4 workers)	19
Annex-4 Example of seed blending	20

1. What is Hydro -seeding

1.1 Early-slope greening work

1) Purpose of Early-slope greening work

Soil erosion can lead to slope failure and runoff soil can accumulate in riverbeds and cause flooding. The amount of soil erosion depends on the condition of the soil surface. Experiments conducted in Japan have shown that bare lands run off 307 tons of soil per year, agricultural lands 15tons, and forest 2 tons. Early greening work is a kind of ecological slope protection work that can effectively protect exposed slopes. It restores vegetation on slopes at an early stage, prevents soil erosion, as well as improves the environment and landscape.

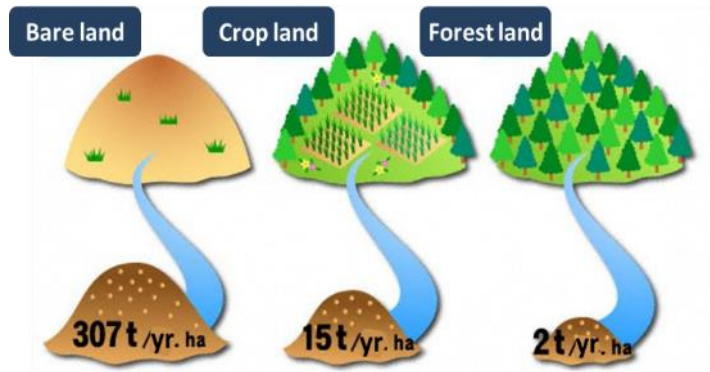


Figure 1. Change in soil runoff due to land cover



Photo 2. Before the early-slope greening



Photo 1. After the early-slope greening

2) Method of early-slope greening work

Early-slope greening work methods can be broadly classified into mechanical methods (hydro-seeding, spraying of soil, and spraying of vegetative substrate, etc.) and manual methods (vegetative sheeting, vegetative matting, vegetative sandbags, etc.).



Photo 4. Spraying of soil



Photo 3. Vegetation matting

1.2 Early-slope greening work by mechanical method

1) Type of mechanical method

Early slope greening methods using machinery can be divided into three main types, depending on the machinery used.

(a) Hydro-seeding

This is the simplest and most economical method of slope greening, and can be applied to a wide area. Seeds, fertilizer, wood fiber, soil, water, and a bonding agent are put into a tank and mixed. The mixed material is sucked up by a power pump and sprayed onto the slope. Soil thickness can be sprayed up to 3 cm. It can also be installed without soil because the wood pulp serves as a growing base for seeds. The work can be done more inexpensively without soil. On the other hand, germination and growth will be better if soil is added. Determine whether to add soil or not, depending on the budget and slope conditions.



Photo 5. Hydro-seeding

(b) Spraying of soil

This method is used where the soil on the slope is hard and germination is not possible with hydro-seeding. Sand is added to the materials used for Hydro-seeding. Compressor is used for spraying. Net or wire mesh is often used in combination to hold the sprayed material in place. Soil thickness can be sprayed up to 5 cm and not only grasses but also trees can be introduced. Because of the weight of the mixture of sand and water, there is a risk that the sprayed materials and equipment will flow if heavy rain falls immediately after installation.



Photo 6. Spraying of soil

(c) Spraying of vegetation substrate

A wire mesh is attached to the base, and seeds, fertilizer, glue, and bark compost are sprayed on top of the mesh using a compressor for mortar spraying. Since water is not used, there is low risk of the sprayed materials flowing away due to rain, etc. Soil thickness can be sprayed up to 10 cm. Vegetation can be established in rocky or hard soil areas as long as there are cracks where roots can grow.



Photo 7. Spraying of vegetation substrate

2) Applicable area

The selection flow for each method for early-slope greening is shown below. Hydro-seeding is applied to banked slope or cut slope with softer sandy soils.

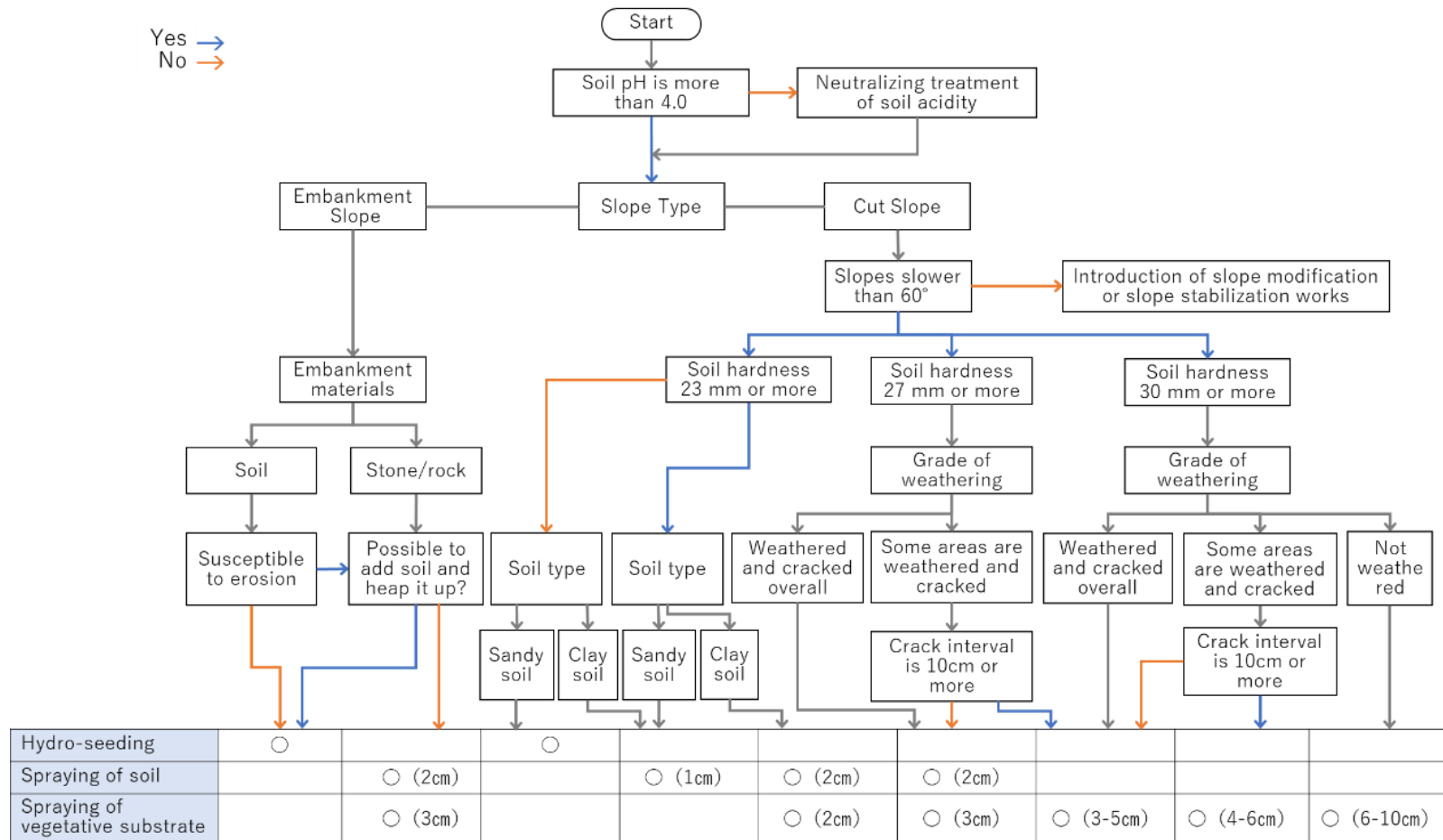


Figure 2. Selection flow for early slope greening

This manual is for implementing the hydro-seeding method, one of the early greening methods by machine described above.

2. Preparation of Hydro-seeding

2.1 Preliminary study

1) Condition of the slope

(a) Slope type

Applicable slopes include road slopes, soil failure surfaces, and river embankments, etc. Slopes that are shaped by embankment are called embankment slopes, and slopes that are shaped by cutting soil are called cut slopes. Embankment slopes are soft and prone to dryness, while cut slopes are hard and low in soil nutrients.

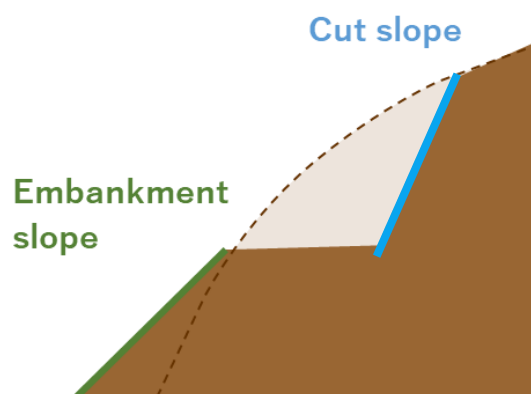


Figure 3. Embankment slope and Cut slope

(b) Slope Inclination

Angle of repose is the angle of the slope when the soil is stable without collapsing. The angle of repose depends on the soil type, but is generally 30 degrees for embankment slopes and 45 degrees for cut slopes. Slopes steeper than the angle of repose should be wire netted before introducing the greening works to prevent soil movement. It should be noted that as the slope becomes steeper, the soil becomes firmer and the plants that can be introduced change. Below are some guidelines for introduced plants by each slope inclination.

Table 1. Vegetation according to slope inclination

Slope inclination	introduced vegetation
Less than 35°	All vegetation growth is good, once the vegetative cover is complete, surface erosion will be virtually eliminated. Native species can easily invade from the surrounding area.
1:1.4 to 1:1 35° - 45°	Medium-sized shrubs and bushes predominate, and grasses can create vegetation covering the lower layers.
45° - 50°	When the soil hardness is 27 to 30 mm in sandiness, it is possible to establish vegetation consisting of shrubs and grasses.
More than 50°	Vegetation can be applied only when the stability of the slope is high or when stability is ensured by the structure. The limit slope for overall greening is around 1:0.5 (60 degrees).

2) Condition of the soil

(a) Soil type

The soils that form the slope are classified as sandy soil, clay, hard soil, and soft rock. With hydro-seeding, greening is possible in sandy soils and clays. Vegetation growth is affected by soil hardness and acidity. Below are some guidelines for vegetation growth relative to soil hardness and acidity.

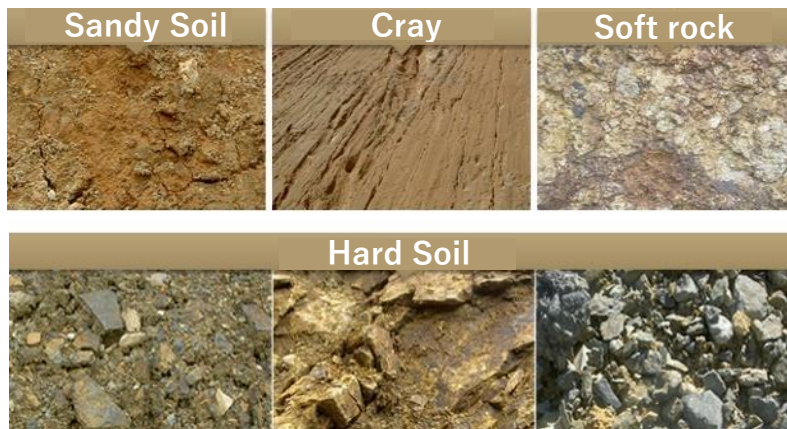


Photo 8. Soil type

(b) Soil hardness

Soil hardness is measured using a Yamanaka soil hardness tester. When a cone of the Yamanaka soil hardness tester is pressed vertically into a flattened cross section, both the depth of cone penetration and the corresponding reaction force (spring contraction) of the soil are simultaneously measured as variables, from which a theoretical value of hardness (kg/cm²) is calculated. Hardness is indicated by a hardness index ranging from 0 to 40 mm.



Photo 10. Yamanaka soil Hardness tester



Photo 9. Measuring soil hardness

Table 2. Vegetation according to soil hardness

Soil hardness	Vegetation condition
Less than 10mm	Poor germination due to dryness
Clay 10-23mm Sandy soil 10- 27mm	Growth of the root system will be good. Suitable for planting trees.
Clay 23-30mm Sandy soil 27- 30mm	Except for some tree species, the growth of the root system is disturbed.
More than 30mm (Soft rock、 Hard rock)	Growth of the root system is almost impossible. In the presence of cracks in the rock, the elongation of the root system of tree species is possible

(c) Soil acidity

In general, when soil acidity is outside the pH range of 4 to 8, neutralization treatment or other

measures are required. Weathered soils of mudstone and shale, volcanic and hot spring areas, etc. may show acidity. In addition, the soil may show alkalinity when cement or lime amendments are used on the slope of embankment.

3) Climate conditions

The growth of vegetation is strongly influenced by temperature and the amount of available moisture.

In areas with abundant annual precipitation and mean annual temperatures of -5°C or higher, tree-dominated forests can be established. Coniferous forests can be established even in environments with little precipitation (300 mm/year) because the subarctic region has little evapotranspiration due to low solar radiation and low temperatures, and the soil contains enough moisture to allow trees to grow. In semi-arid areas with low precipitation, there is not enough water for trees to grow, and grasslands are dominated by herbaceous vegetation. In tropical regions with high average annual temperatures, even if annual precipitation is 1000 mm, evapotranspiration is high due to high solar radiation, resulting in grasslands rather than forests. In areas where precipitation is extremely low or temperatures do not reach -5°C , the land becomes a sparse wasteland where only plants adapted to severe drought and low temperatures grow sparsely. For this reason, revegetation in such areas is difficult. North Macedonia does not fall into an area of extremely low rainfall or low temperatures, so greening is possible. However, for good germination and growth, it is necessary to do greening work so at the appropriate time. The conditions for the appropriate period are listed below.

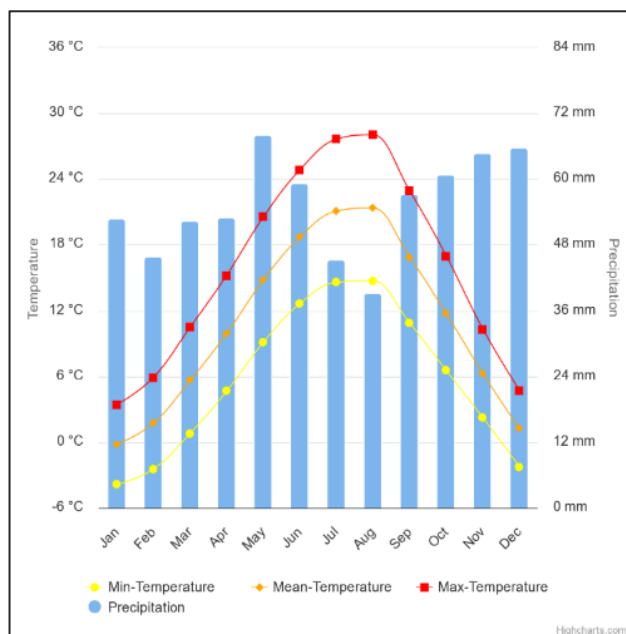


Figure 4. Monthly Climatology of North Macedonia (1991-2020) (reference; WB Climate change knowledge Portal)

Seed germination conditions

- ✧ Days with an average temperature is 5°C to 10°C or higher (28°C or lower) for 1 to 2 weeks.
- ✧ Maximum temperature is 30°C or below.

Growth conditions

- ✧ Days with an average temperature of 5°C to 10°C (28°C or lower) for 2 to 3 months.
- ✧ No snow cover.

Note that immediately after spraying, the material tends to flow easily. For this reason, Hydro-seeding should not be performed before and during heavy rains.

2.2 Seed blending

1) Selection of seed blends

The seed blending is determined by taking into consideration the purpose of hydro-seeding and the soil and weather conditions of the site where the hydro-seeding work is to be implemented. The purpose of hydro-seeding is early greening, so several fast germinating and growing grass species should be mixed with one or two legume species that make the soil fertile. If tree species are to be included, reduce the amount of this grass and legume seed and add additional tree species. However, in some places, such as national parks and protected areas, where ecological conservation is more important, in some cases only native seeds or tree seed are used. In this case, it is difficult to achieve the same early greening effect as with normal blending. For this reason, it is important to select seeds that are suitable for the intended purpose.

Table 3. Seeds commonly used in hydro-seeding work

Name	English name: Tall Fescue Scientific name: <i>Festuca arundinacea</i>	
Fertility characteristic	Perennial grass Comparatively long life Deep root system	
Grass high	50cm	
Name	English name: Perennial Ryegrass Scientific name: <i>Lolium perenne</i>	
Fertility characteristic	Perennial grass Comparatively short life Deep root system	
Grass high	30cm	
Name	English name: Kentucky Bluegrass Scientific name: <i>Poa pratensis</i>	
Fertility characteristic	Perennial grass Comparatively long life Shallow root system	
Grass high	15cm	
Name	English name: White Clover Scientific name: <i>Trifolium repens</i>	
Fertility characteristic	Perennial grass Comparatively long life Shallow root system, stolon	
Grass high	15cm	

2) Calculation of seed blends

The amount of seeds to be blended is calculated by setting the number of each grass and tree to be established per square meter at the site in the future. The expected total number of plants established per 1m² used to be about 10,000 with pasture grasses, but in recent years, the number has been reduced to 1,000 to 5,000 to facilitate vegetation succession. The following formula is used to calculate the amount of seeding for each seed used. Corrections are also made based on implementation and location conditions.

$$W = \frac{G}{(S \times P \times B)} \times (1 + C_I) \times (1 + C_L)$$

W: Amount of seeding per species used (g/m²)

G: Expected number of germination(plants/m²)

S: Number of unit grains of seed used (seeds/g)

P: Purity of seeds used

B: Germination rate of seeds used

C_I: Correction rate for implementation conditions

C_L: Correction rate for location

formula 1. Calculation of seeding quantity

Correction values shall be set using the following tables as a standard.

Table 4. Correction rate for implementation conditions (%)

Condition	Correction value	Remarks
Implementation season	+30	Summer, Winter
Thickness of soil to be sprayed	+30~50	Spraying thickness is more than 3 cm
Type of seed used	-30~70	When using only tree seeds

Table 5. Correction rate for location (%)

Condition	Correction value
Areas with large amounts of gravel and rocks	+20
Locations with high soil hardness	+10
Very barren land	+20
Very arid areas	+20
Very wet areas	+10
Highly acidic land	+20
Very steep slope	+20
Little amounts of gravel and rocks	-10
Very fertile soil	-30
Good weather conditions	-20
Flat, very gently sloping	-10






3. Implementation of Hydro-seeding








3.1 Preparation of equipment and materials

1) Preparation of equipment

The hydro-seeding works mixes the material in a tank, which is then sucked up by a motor pump and sprayed onto the slope. The equipment required for hydro-seeding is listed below.

Table 6. List of equipment

Equipment	Amount	Remark	Photo
Water tank 1,000L	02	One to mix materials, the other to carry water	
Water tank 300L	01	-	
Plastic hose	01	2-inch x 7m, Transparence	
Fire hose	04	2-inch x 15m	
Fire hose Nozzle	01	2-inches	
Toolbox	02	Pliers, screwdrivers, scissors, cutters, wrenches, nippers, etc.	
Agitator	01	Stirring rod lengthened to about 1.5 m	
Dirty water pump(Motor type)	01	Max. delivery height 11.5 m Max. delivery pressure 1.15 bar Max. delivery rate 16000 l/h Max. foreign body size 35 mm Max. immersion depth 7 m Max. water temperature 35 ° C Min. water level pump start 230 mm Power 900 W Power cable length 10 m Pressure connection type 59,6mm (2" IG) Shallow suction up to 75 mm	

Water pump(Engine type)	01	Inlet/Outlet Diameter 50 mm or 2 inch Total Head Lift (max.) 50 mm Suction Head Lift (max.) 45 mm Max.1 Pumping Capacity 450L/min Engine Type 4-Stroke, overhead cam single cylinder(OHV) Bore x Stroke 68 x 45 mm Displacement 163 cm ³ Net Power 3.6kw – 5.5HP/3,600 rpm/min Starting system Recoil starter	
Power generator	01	Active output power: 5000 W Max. output power: 5400 W Voltage: 2 × 230V~50 Hz Rated current: 22 A Engine type: DH420, 4-stroke Max. engine capacity: 9 kW Engine displacement: 420 cm ³ Idling speeds: 3200/min	
Extension cord	01	for outdoor use 15m	
Chair for agitator installation	01	Installed on top of the tank to secure the agitator	
Gasoline tank	01	20L	
Ladder	01	1.2m	
Rope	01	φ 8 mm × 30m, Fixing of equipment, etc.	-
Fixing band	02	Load capacity of 2 tons or more	
Rake	02	Used to clean slopes before hydro-seeding	-
Shovel	01	-	-

2) Preparation of materials

As Hydro-seeding materials, in addition to seeds, prepare water soluble wood pulp, high quality compound chemical fertilizers, liquid glue, powdered glue, colored powder (green) and fine bark compost. if water-soluble pulp is not available, use the most water-soluble toilet paper available. High quality compound chemical fertilizers should be granular and contain nitrogen, phosphorus, and potash in a 15:15:15 ratio.

For liquid and powdered glues, prepare glues that meet the following conditions.

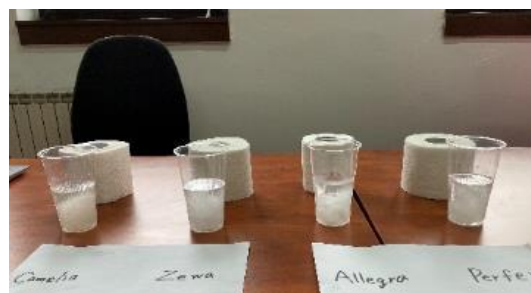


Photo 11. Testing the water solubility of toilet paper

Table 7. Quality required for each type of glue

1. Type		
Type	Powder Adhesive / Glue	Liquid Adhesive / Glue
2. Physical Property		
Shape	White granular powder	White emulsion liquid
Component	Water-Soluble Synthetic polymer (Polyacrylamide-based)	Synthetic resins Vinyl acetate acrylic acid resin
pH(20°C)	6.0~8.0 (0.4 % Aqueous Solution)	5.0~7.0 Undiluted solution
Viscosity (30°C)	200 ~ 500 mPa·s (0.4 % Aqueous Solution)	10 ~ 400 mPa · s (cp)
Bulk Density	0.65 ~ 0.85	-
Specific gravity (23 °C)	-	1.03 ~ 1.06
3. Safety		
Hazardous heavy metals	Not Detected (Below detection limit)	
PRTR (Pollutant Release and Transfer Register)	Not applicable	
Hormone-disrupting chemicals	No chemicals suspected of having endocrine disrupting properties are used.	

When hydro-seeding is done without soil, colored powder(green) is used because it is difficult to tell where the material has been sprayed. The color does not have to be green, but it should be a color that is easy to recognize where it has been sprayed and blends in naturally. Colored powder may be food coloring. However, choose pure colored powder as it may contain other ingredients such as salt. Wood pulp, glue, and



Photo 12. Germination test using selected materials





colored powder shall be tested for germination failure or other adverse effects prior to doing hydro-seeding. On the other hand, germination rates and vegetative growth conditions are better when soil is added to hydro-seeding. However, bark compost which is used as soil tends to clog the pump which is used for hydro-seeding. Therefore, only fine bark should be used. The bark compost available at the store is including small or big clods and wood fibers, so it is necessary to prepare a fine bark compost by sifting it through a 2 mm mesh net. Burke compost that does not pass through a 2 mm mesh should not be used as it may clog the pump.






Photo 13. Preparation of fine bark compost

The amount of material required per 100 m² is shown below. Note that a 1,000L tank can prepare about 100 to 125 m² of material for Hydro-seeding.

Table 8 Material for Hydro -seeding (per 1,000L tank)

Material	Amount	Remark	Photo
seed	- kg	Calculated based on seed blends determined in 2-2	
Water soluble wood Pulp (Toilet paper)	10kg	1roll ÷ 100g, 100roll/1tank/125m ²	
High quality compound chemical fertilizers	10kg	N:P:K 15:15:15	
Liquid glue	10kg	1pak = 1kg, 10pak/1tank/125m ²	

Powder glue	0.3kg	1box=150g, 2Box=0.3kg/1tank/125m ²	
Green powder	0.1kg	3g /1pak, 33pak ÷ 1kg/tank/125m ²	
Compost	300-500L	Only fine compost less than 2 mm, 1bag=50L,6-10bag/1tank	
Water	1,000L	-	-

3.2 Implementation of Hydro-seeding

The hydro-seeding operation should have a minimum of four workers: a worker to mix the materials, a worker to do hydro-seeding (nozzle man), an assistant worker of the nozzle man who moves and adjusts the spraying hose behind the sprayer, and a worker to manage the electricity to run the equipment next to the generator.

1) Transportation

To transport heavy equipment and materials, prepare a truck larger than a 2-ton truck. Load the tanks on a truck and secure them with ropes. If there is no water around the site where hydro-seeding will be conducted, fill the tanks with water at a river, pond, or town along the way. The wood pulp (toilet paper) used for hydro-seeding is placed in the tank in advance. Note that if the toilet paper core is not water soluble, remove the core before putting them into the tank. By filling the tanks with water and toilet paper in advance, the toilet paper will dissolve during the transportation and another material can be added as soon as it arrives at the site. Using the list of equipment, etc. attached to the Annex, load the necessary materials and equipment into the truck so that nothing is forgotten and travel to the hydro-seeding site. Move slowly so that equipment and materials do not fall or topple over.



Photo 14. Loading tanks onto truck

2) Preparation of the slope

Remove fallen leaves and branches from the slope to be carried out hydro-seeding so that the material to be sprayed by hydro-seeding will stick well to the ground. If the slope has any gouges or other erosion problems, fill them in with soil to flatten the entire slope.



Photo 15. Slope cleanup

3) Setting of equipment

Once on site, set up the equipment. Consider the size and shape of the slope to be sprayed and the length of the hose to be used to determine where the equipment should be installed.

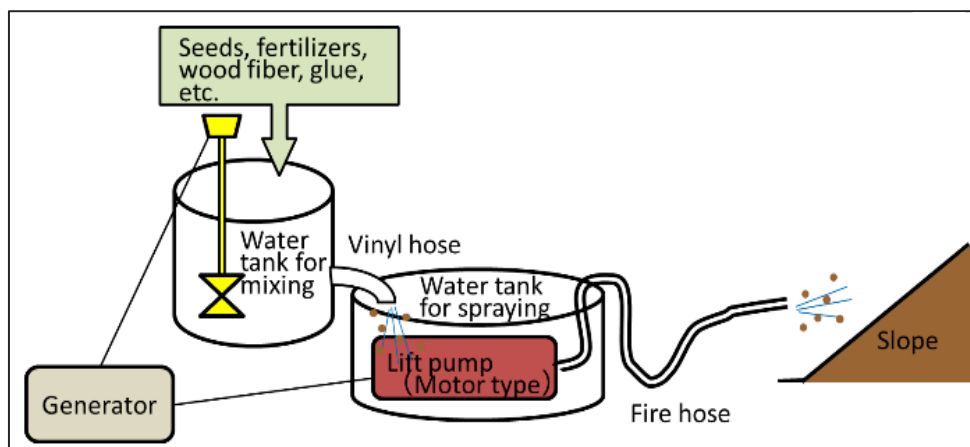


Figure 5. Machines to be used and images of their arrangement

Install an agitator in a tank containing wood pulp(toilet paper) and water. At this time, space should be reserved between the tank and the agitator for other materials. Also, the tip blade of the agitator should be positioned the bottom of the tank to ensure that the materials in the tank are thoroughly mixed. But this tip must not hit the bottom of the tank. The position of the agitator is very important, so set it carefully



Photo 16. Agitator installed on top of tank



Photo 17. Equipment installation condition



Photo 18. Installation of pumps in tanks

3) Mixing of materials

First, mix water and wood pulp (toilet paper) well with an agitator. Agitate until the wood pulp (toilet paper) is no longer in its original form and becomes a sludge. After dissolving the wood pulp (toilet paper), the materials are added in the following order. Be careful not to put the materials in the wrong order, as they will solidify before they are fully mixed.



Photo 19. Wood pulp (toilet paper) that has been stirred and turned into sludge

Table 9. Order of inputting materials

Hydro seeding without soil	Hydro seeding with soil
1. Wood pulp (Toilet paper without core)	1. Wood pulp (Toilet paper without core)
2. Fertilizer	2. Fertilizer
3. Seeds	3. Seeds
4. Liquid glue	4. Compost
5. Powder glue	5. Liquid glue
6. Green powder	6. Powder glue

The agitator should remain in operation until the hydro-seeding is completed. This is because when the agitator is stopped, the heavier material separates at the bottom and the lighter material at the top in the tank.

The operation of agitators is an accident-prone operation in the implementation of the hydro-seeding. Be aware of the placement so as not to stumble over the power cord of the agitator.

Also, do not put your hands in the tank while the agitator is running because the agitator rotates at high speed and is dangerous.



Photo 20. Soil being stirred

4) Hydro-seeding

Hydro-seeding should be done from the edge of the slope, moving gradually to ensure that the material is evenly distributed. The nozzle man holds the hose around his shoulder. Also, control the nozzle mouth with his finger so that the material to be sprayed is spread out.



Photo 22. Hydro-seeding



Photo 23. Controlling the spraying with

Hose of hydro-seeding is heavy. Also, if the hose is kinked or fold, the material will clog in the hose. To avoid this situation, the assistant of the nozzleman moves the hose in advance along the direction in which the nozzleman is moving and support the nozzleman to facilitate his work. All materials mixed in the tanks should be used up on that slope. This is because once the agitator is stopped and the materials are separated, they do not mix evenly when agitated again.



Photo 21. Nozzleman's assistant adjusting hose position

5) Cleaning and storage of equipment

Once hydro-seeding is complete, the tanks and hoses are flushed through fresh water through water to prevent glue from adhering to the interior. Pumps and agitators are also washed out with water. After washing the equipment, store them in an appropriate location.

6) Safety Management

To perform the work safely, the following points should be considered.

- When transporting the equipment, fix the tank securely to the truck with bands to prevent it from collapsing.
- For safety purposes, workers should wear helmets, goggles, and gloves.
- A worker is placed next to the generator to control the operation of the machine so that it can be stopped immediately if necessary.
- Ensure that there are no power supply cords extending into the worker's flow line.
- Do not put the hand in the tank while the agitator is running.
- If something is wrong with the machine, turn it off immediately.

4. Maintenance of Hydro seeding area

4.1 Germination and growth

Germination begins about 1 to 2 weeks after the hydro-seeding works. When the roots are short just after germination, continued dryness may cause the roots to die before they are established. Therefore, if it does not rain for more than 10 days after germination and the weather is persistently dry, it is advisable to implement watering.



Photo 24. 5 days after hydro-seeding



Photo 25. 10 days after hydro-seeding

4.2 Maintenance for forest fire

In areas at considerable risk of fire, mow the grass before the start of the dry season so that fires are less likely to spread.

Annex

Annex-1 Equipment List (For 200m²)

No.	Equipment	Amount	Remark
01	Water tank 1,000L	2	Put it on the truck and secure it with string. Then fill with water. In the tank, put 10 bags of coreless toilet paper.
02	Water tank 300L	1	-
03	Plastic hose	1	Carry while still attached to tank
04	Fire hose	4	-
05	Nozzle	1	-
06	Water pump(Motor type)	1	-
07	Water pump(Engine type)	1	-
08	Agitator	1	Ensure that there is a feathered rod and stirring part
08	Power generator	1	-
09	extension cord	1	-
10	Chair for agitator installation	1	-
11	Wood for agitator installation	1	-
12	Ladder	1	-
13	Gasoline tank	1	Filling up with gasoline.
14	Toolbox	2	-
15	Rake	2	-
16	Shovel	1	-
17	garbage bag	1	-
18	Megaphone	1	-

Annex-2 Material List (For 200m²)

No.	Material	Amount	Remark
01	Toilet paper	200 rolls	Remove the core 1bag 10 rolls 100 rolls/1tank/100m ²
02	Fertilizer	20kg	10kg/1tank/100m ²
03	Mix Seed	2 boxes	1Box/1tank/100m ²
04	White clover Seed	2 bags	70g/1tank/100m ² , 1bag is 70g
	Perennial Ryegrass Seed	1 bag	350g/1tank/100m ² , 1bag is 1kg
05	Liquid glue	20pak	10kg/1tank/100m ² , 1pak is 1kg
06	Powder glue	3box	100g/1tank/100m ² , 1box is 75g
07	Green powder	6box	0.1kg /1tank/100m ² , 1box is 1kg
08	Compost	7	2x70L, 5x50L, 300-400L/1tank/100m ² ,

Annex-3 Safety management List (for 4 workers)

No.	Material	Amount	Remark
01	Helmet	6	Including spare
02	Gloves	6	Including spare
03	Goggles	6	Including spare

Annex-4 Example of seed blending

Seed	G	C _L	C _I	B	S	P	W		Per 100 m ²	
Tall Fescue (<i>Festuca arundinacea</i>)	4,765	0.7	0.7	0.7	450	0.9	10.5	g/m ²	1.050	kg
Perennial ryegrass (<i>Lolium perenne</i>)	2,770	0.7	0.7	0.7	500	0.9	5.5	g/m ²	0.550	kg
Kentucky bluegrass (<i>Poa pratensis</i> L.)	4,500	0.7	0.7	0.7	3000	0.9	1.5	g/m ²	0.150	kg
White clover (<i>Trifolium repens</i>)	1,060	0.7	0.7	0.7	1500	0.8	0.7	g/m ²	0.070	kg
Total	13,095									

G: Expected number of germination(plants/m²)

C_L: Correction rate for location

C_I: Correction rate for implementation conditions

B: Germination rate of seeds used

S: Number of unit grains of seed used (seeds/g)

P: Purity of seeds used

W: Amount of seeding per species used (g/m²)



Прирачник за хидро-сеење

Содржина

1. Што е хидро сеење	1
1.1 Зазеленување на косини во почетна фаза.....	1
1) Која е целта на зазеленување на косини во почетна фаза.....	1
2) Метод на зазеленување на косини во почетна фаза	1
1.2 Примена на механичка метода за зеленување на косини во почетна фаза.....	2
1) Вид на механичка метода.....	2
2) Соодветни места за примена.....	3
2. Подготовки за хидро-сеење	4
2.1 Прелиминарна студија.....	4
1) Состојва на косината.....	4
2) Состојба на почвата.....	5
3) Климатски карактеристики	6
2.2 Мешавина за семе.....	7
1) Избор на мешавина од семе	7
2) Пресметка за мешавина за семе	8
3. Како се врши хидро-сеење	9
3.1 Подготовка на опремата и материјалите	9
1) Подготовка на опремата	9
2) Подготовка на материјалите	11
3.2 Извршување на хидро-сеење	13
1) Транспорт.....	13
2) Подготовка на косината	14
3) Подготовка на опремата	14
3) Мешање на материјалите	15
4) Хидро-сеење	15
5) Чистење и складирање на опремата.....	16

б) Управување со безбедност.....	16
4. Одржување на локацијата за хидро-сеење.....	17
4.1 'Ртење и раст	17
.....	17
4.2 Одржување во случај на шумски пожари.....	17
Анекс.....	18
Анекс 1 – Листа на опрема (за 200m ²)	18
Анекс 2 – Листа на материјали (за 200m ²)	19
Анекс 3 – Листа за управување со безбедност (за 4 работници).....	19
Анекс 4 – Пример за смеса од семиња.....	20

1. Што е хидро сеење

1.1 Зазеленување на косини во почетна фаза

1) Која е целта на зазеленување на косини во почетна фаза

Ерозијата на почвата може да доведе до обрушување на косините а наносниот почвен материјал може да се акумулира во речните корита и да предизвика поплави. Количеството на еродирана почва зависи од состојбата на хумусот. Експериментите спроведени во Јапонија покажаа дека на голините еродираат 307 тони почва годишно, на земјоделските површини 15 тони, а во шумите 2 тона. Зазеленувањето во почетна фаза е еден вид на еколошка заштита на косините што може ефикасно да ги заштити изложените косини. Вегетацијата на косините се обновува во почетна фаза, се спречува ерозија на почвата и се подобрува животната средина и пејсажот.



Слика 1. Промени кај ерозија на почва поради земјишната покривка



Фото 1. Пред зазеленување на косините во почетна фаза



Фото 2. После зазеленување на косините во почетна фаза

2) Метод на зазеленување на косини во почетна фаза

Методите за зазеленување на косините во почетна фаза може да се класифицираат во механички методи (хидро-сеење, нанесување почва со прскање и прскање на вегетативен супстрат, итн.) и рачни методи (вегетациска прекривка, вегетациски вреќи со песок, итн.)



Фото 4. Нанесување почва со прскање



Фото 3: Вегетациска прекривка

1.2 Примена на механичка метода за зеленување на косини во почетна фаза

1) Вид на механичка метода

Зазеленување на косини во почетна фаза со примена на механизација може да се подели на три главни вида, во зависност од користената механизација.

(а) Хидро-сеење

Ова е наједноставниот и најекономичниот метод на зазеленување на косини и може да се примени на широк простор. Во резервоарот се ставаат и мешаат: семе, ѓубриво, дрвени влакна, почва, вода и средство за врзување. Со примена на пумпа мешавината се испумпува и наносува на косината. Дебелината на почвената мешавина може да се изнесува до 3 см. Може да се нанесе и без почва, бидејќи дрвената пулпа служи како база за растење на семето.

Процесот без примена на почва е поевтин. Од друга страна,

‘ртењето и растот ќе бидат подобри доколку се примени и почва. Во зависност од условите на косината и финансиската состојба се донесува одлука за примена на почва во мешавината.



Фото 5. Хидро-сеење

(б) Нанесување почва со прскање

Оваа метода се применува кога површинскиот слој на почвата кај косината е тврда и не е можно ‘ртење со хидро-сеење. Во мешавината која се користи за прскање се додава и песок. За прскање се користи компресор. Често во комбинација се користи платнена мрежа или жица за да го задржи испрсканиот материјал. Слојот од мешавината која се прска може да има дебелина до 5 см и покрај треби може да се нанесат и дрва. Појавата на поројни дождови го зголемува ризикот од исперување на свежо нанесената мешавината од песок и вода



Фото 6. Нанесување почва со прскање

(в) Прскање на вегетациски супстрат

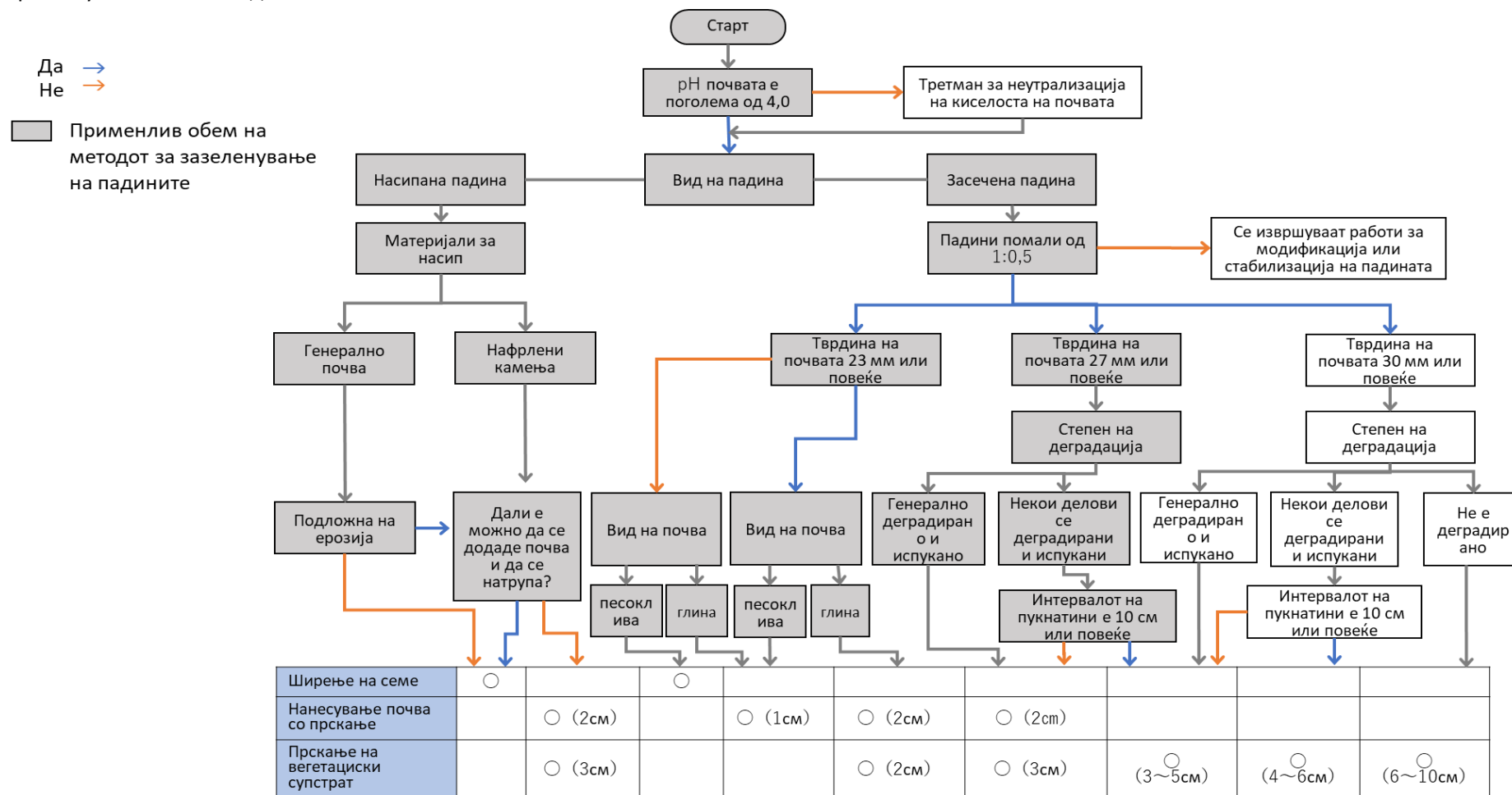
На основата се закачува жичена мрежа и семе, ѓубриво, лепак и компост од кора се наносуваат со прскање врз мрежата со користење на компресор за малтерисување. Бидејќи не се користи вода, мал е ризикот нанесените материјали да истечат при дожд и сл. Почвата може да се нанесе до дебелина од 10 см. Вегетацијата оже да се примена кај карпести или почви со тврд површински слој доколку постојат пукнатини каде што корените може да израстат.



Фото 1. Прскање на вегетациски супстрат

2) Соодветни места за примена

Подолу е прикажан редоследот според кој се прави селекција за секоја од методите на зазеленување на косините во почетна фаза. Хидро-сеене се применува на косини од насип или засек со помекли песокливи почви.



Слика 2. Избор на метода за зазеленување на косини во почетна фаза

Прирачникот е за методата за хидро-сеене, еден од методите за зазеленување на косини со почетна фаза со механизација опишан погоре.

2. Подготовки за хидро-сеење

2.1 Прелиминарна студија

1) Состојва на косината

(а) Вид на косина

Косините за примена се покрај пат, обрушени површини, речни наноси, итн. Косините образовани од напипен материјал се нарекуваат насипни косини, а косините кој се обликувани со засечување на почвата се нарекуваат косини во засек. Насипните косини се меки и склони на суша, додека косините во засек се тврди и со мала вредност на хранливи материји во почвата



Слика 3. Косини во засек и насип

(б) Наклон на косината

Агол на природен наклон е аголот на косината кај стабилна почва без обрушување. Аголот на природен наклон зависи од видот на почвата, но генерално е 30 степени за косини во насип и 45 степени за косини во засек. Косини кои се пострмни од аголот на природен наклон треба да се обложат со жичени мрежи пред да се започне со зазеленување за да се спречи обрушување на површинскиот почвен слој. Треба да се напомене дека колку е косината пострмна, така право пропорционално почвата станува поцврста и се менуваат растенијата што можат да се посадат. Подолу се наведени насоки за садење на растенија согласно наклонот на косината.

Табела 1. Вегетација согласно наклонот на косината

Наклон на косината	воведена вегетација
Помал од 35°	Добар е растот на секаква вегетација, откако ќе се комплетира вегетациската покривка, површинската ерозија ќе биде практично елиминирана. Автохотони видови лесно може да се рашират од околните места.
1:1,4 до 1:1 35°- 45°	Најзастапени се средно големи грмушки и жбунови, а тревите може да формираат покривка во потенки слоеви.
45°- 50°	Кога цврстината на почвата е 27 до 30 мм песокливост, можно е да се воспостави вегетација од грмушки, жбунови и триви.
Поголем од 50°	Може да се засади вегетација само кога стабилноста на косината е голема или кога стабилноста е обезбедена со конструкција. Граничната косина за зазеленување генерално е околу 1:0,5 (60 степени).

2) Состојба на почвата

(а) Вид на почва

Почвите што ја сочинуваат косината се класифицирани како песокливи почви, глина, тврда почва и мека карпа. Со хидро-сеење зазеленување е можно на песокливи и глинести почви. На растот на вегетацијата влијае цврстината и киселоста на почвата. Подолу се наведени насоки за одгледување на вегетација според цврстината и киселоста на почвата.

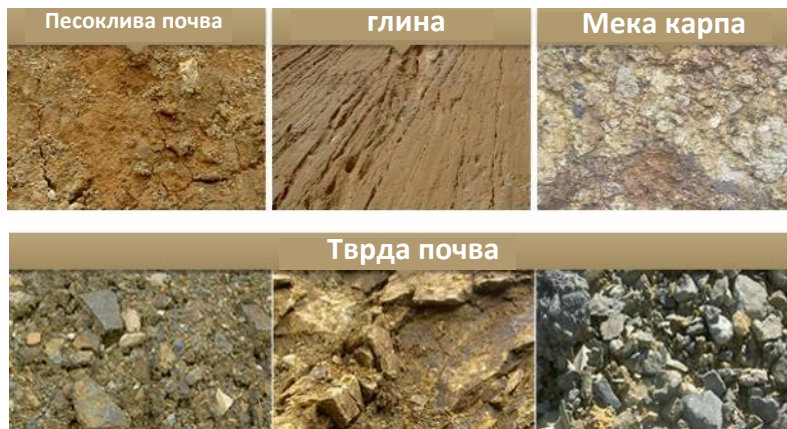


Фото 8. Вид на почва

(б) Јакост на почва

Јакост на почвата се мери со користење на инструмент Јаманака. Кога конусот од инструментот Јаманака за мерење на јакост на почвата се притисне вертикално, нормално на попречниот пресек, длабочината на пенетрација на конусот и соодветната реактивна сила (контракција на пружина) на почвата се мерат истовремено како променливи, од што се пресметува теоретската вредност на јакоста (кг/см²). Јакоста се изразува со индекс на цврстина од 0 до 40 мм.



Фото 10: Инструмент Јаманака за мерење на цврстина на почвата



Фото 9: мерење на цврстина на почва

Табела 2. Вегетација според цврстина на почвата

Јакост на почва	Состојба на вегетација
Помалку од 10 мм	Слаба 'ртливост поради сувост
Глина 10-23 мм Песоклива почва 10-27 мм	Кореновиот систем добро ќе расте. Погодна за садење дрва.
Глина 23-30 мм Песоклива почва 27-30 мм	Освен за одредени видови дрва, растот на кореновиот систем е попречен.
Повеќе од 30 мм (меки карпи, тврди карпи)	Растот на кореновиот систем е речиси невозможен. Доколку има пукнатини во карпата, можно е издолжување на кореновиот систем на одредени видови дрва.

(в) Киселост на почвата

Генерално, кога киселоста на почвата е надвор од рН опсегот од 4 до 8, потребен е третман за неутрализација или други мерки. Видоизменети почви од лапорец и шкрилец, вулкански предели и

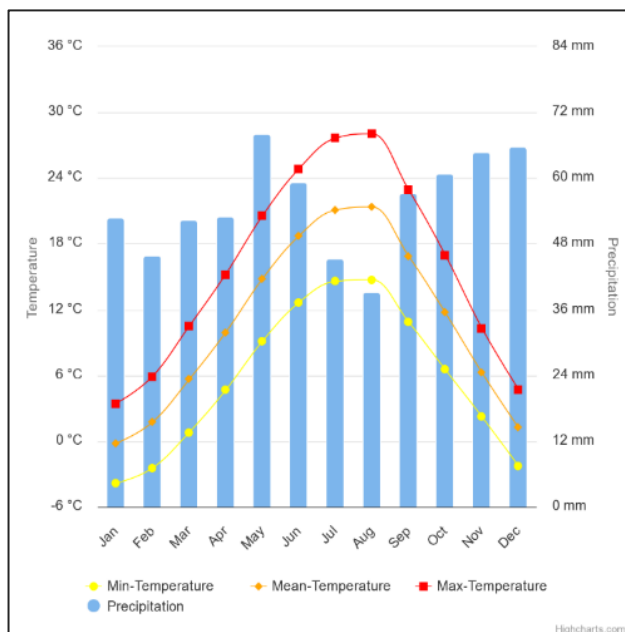
топли извори итн. може да покажуваат киселост. Исто така, почвата може да биде алкална кога на падината на насипот се користи цемент или варовник.

3) Климатски карактеристики

Растот на вегетацијата е под силно влијание на температурата и на количината на достапна влага.

Во области со изобилни годишни врнежи и просечни годишни температури од -5°C или повисоки, може да се формираат шуми во кои доминираат дрва. Зимзелени шуми може да се формираат дури и во средини со малку врнежи (300 мм/годишно) бидејќи субарктичкиот регион има мала евапотранспирација поради малото сончево зрачење и ниските температури, а почвата содржи доволно влага за раст на дрвата. Во полусувите области со мали врнежи, нема доволно вода за раст на дрва, поради што со тревниците доминира зелјеста вегетација. Во тропските региони со високи

просечни годишни температури, дури иако годишните врнежи се 1000 мм, евапотранспирацијата е голема поради големото сончево зрачење, што резултира со тревници наместо шуми. Во областите каде што врнежите се екстремно мали или каде што температурите не достигнуваат -5°C , земјата станува пустелија каде што ретко растат само растенија што се прилагодиле на тешка суша и ниски температури. Поради ова е тешко да се врши ревегетација во овие области. Северна Македонија не е област со екстремно мали врнежи ниту ниски температури, па зазеленувањето е можно. Но, за добро 'ртење и раст, потребно е зазеленувањето да се изврши во соодветно време. Условите на соодветниот период се наведени подолу.



Слика 4. Месечна климатологија во Северна Македонија (1991-2020)
(референца: портал на СБ за климатски промени)

Услови за 'ртење на семе

- ✧ Денови со просечна температура од 5°C до 10°C или повисока (28°C или пониска) за 1 до 2 недели.
- ✧ Максималната температура е 30°C или пониска.

Услови за раст

- ✧ Денови со просечна температура од 5°C до 10°C (28°C или пониска) за 2 до 3 месеци.
- ✧ Без снежна покривка.





Треба да се напомене дека веднаш по прскањето, материјалот лесно истекува. Поради ова, не треба да се врши хидро-сеене пред и за време на поројни дождови.

2.2 Мешавина за семе

1) Избор на мешавина од семе

Мешавината за семе се одредува според целта на хидро-сеењето, почвените и временските услови на локацијата каде што ќе се врши хидро-сеењето. Целта на хидро-сеењето е зазеленување во почетна фаза, па затоа треба да се измешаат неколку видови трева што брзо 'ртат и растат со еден или два вида на мешункасти растенија кои ја прават почвата плодна. Доколку се вклучат и видови на дрва, тогаш треба да се намали колчеството на семе од треве и мешункасти растенија и да се додадат дополнителни видови дрва. Но, на некои места, како национални паркови и заштитени области, каде што еколошката конзервација е поважна, во одредени случаи се користат само автохтони семиња или дрва. Во овој случај, тешко е да се постигне истиот ефект на зазеленување во почетна фаза како со нормална мешавина. Од оваа причина, важно е да се изберат семиња што се соодветни за намената.

Табела 3. Семиња што вообичаено се користат при хидро-сеење

Име	македонско име: барски виук Научно име: <i>Festuca arundinacea</i>	
Карактеристики	Повеќегодишна трева Релативно долг живот Длабок коренски систем	
Висина на трева	50 см	
Име	Македонско име: повеќегодишна пијанка Научно име: <i>Lolium perenne</i>	
Карактеристики	Повеќегодишна трева Релативно краток живот Длабок коренски систем	
Висина на трева	30 см	
Име	Македонско име: права ливадарка Научно име: <i>Poa pratensis</i>	
Карактеристики	Повеќегодишна трева Релативно долг живот плиток коренски систем	
Висина на трева	15 см	
Име	Македонско име: бела детелина Научно име: <i>Trifolium repens</i>	
Карактеристики	Повеќегодишна трева Релативно долг живот плиток коренски систем, стolon	
Висина на трева	15 см	

2) Пресметка за мешавина за семе

Количеството на мешавина за семе што треба да се измеша се пресметува така што ќе се одреди колку трева и дрва ќе се посадат на квадратен метар на локацијата во иднина. Порано, очекуваниот вкупен број на растенија посадени на метар квадратен беше околу 10.000 со треви за пасишта, но во поново време, овој број е намален на 1.000 до 5.000 за да се помогне успешниот раст на вегетацијата. Следната формула се користи за пресметка на количеството на мешавина за семе за секој вид семиња. Корекции се прават согласно начинот на садење и условите на локацијата.

$$W = \frac{G}{(S \times P \times B)} \times (1 + C_I) \times (1 + C_L)$$

W: количество на употребено семе по вид (g/m²)

G: очекуван број на прортување (растенија/m²)

S: број на зрна семе употребени (семе/г)

P: чистина на користени семиња

B: стапка на 'ртење на користените семиња

C_I: корекција за условите

C_L: корекција за локацијата

Формула 1. Пресметка за количество мешавина за семе

Корективни вредности треба да се одредат според следните табели како стандард.

Табела 4. Корективна вредност во однос на условите на користење (%)

Услови	Корекција	Забелешка
Сезона на примена	+30	Лето, зима
Дебелина на почва што ќе се нанесе со прскање	+30~50	Дебелината е поголема од 3 см
Вид на користено семе	-30~70	Кога се користат само семиња за дрва

Табела 5. Корективна вредност во однос на локацијата (%)

Услови	Вредност на корекција
Предели со многу чакал и камења	+20
Локации со многу тврда почва	+10
Многу јалова земја	+20
Многу суви предели	+ 20
Многу влажни предели	+ 10
Многу кисела земја	+ 20
Многу стрмна косина	+ 20
Малку чакал и камења	- 10
Многу плодна почва	- 30
Добри временски услови	- 20
Рамна, многу блага косина	- 10



3. Како се врши хидро-сеење








3.1 Подготовка на опремата и материјалите

1) Подготовка на опремата

При хидро-сеење материјалот се меша во резервоар, а потоа тој се испумпува со моторна пумпа и се нансеува на косината. Опремата потребна за хидро-сеење е наведена подолу.

Табела б: Листа на опрема

Опрема	Количина	Забелешка	Фотографија
Резервоар за вода 1,000 л	02	Еден за мешање на материјалите, друг за носење на вода	
Резервоар за вода 300 л	01	-	
Пластично црево	01	5 см x 7 м, просирно	
Хидрантско црево	04	5 см x 15 м	
Млазници за хидрантско црево	01	5 см	
Кутија со алат	02	Клешти, штрафцигери, ножици, секачи, клучеви, моторцангли, итн.	
Миксер (мешалка)	01	Прачка за мешање продолжена на околу 1,5 м	
Пумпа за валкана вода (моторна)	01	Макс. висина на исфрлање 11,5 м Макс. притисок 1,15 бари Макс. стапка на работа 16000 л/ч Макс. големина на туѓо тело 35 мм Макс. длабочина на потопување 7 м Макс. температура на вода 35 °C мин. ниво на вода за пумпа 230 мм моќност 900 W должина на кабел 10 м вид на конкетор под притисок 59,6 мм (2" IG) плитко вшмукување до 75 мм	

Пумпа за вода (рачна)	01	Дијаметар на излез 50 мм или 2 инча Добавна висина (макс.) 50 мм Висина на шмукање (макс.) 45 мм Макс.1 капацитет на пумпање 450 л/м Вид на мотор 4-тактен, ОХВ единечен цилиндер (OHV) Дијаметар x Длабочина на клип 68 x 45 мм обем 163 см ³ Нето моќност 3.6kw – 5.5HP/3,600 rpm/min Стартер систем Рачно палење	
Генератор на електрична енергија	01	Активна моќност: 5000 W Макс. моќност: 5400 W Волтажа: 2 x 230V~50 Hz Номинална струја: 22 A Вид на мотор: ДН420, 4-тактен Макс. капацитет на мотор: 9 kW Обем на мотор: 420 см ³ Брзина во празен од: 3200/мин	
Продолжен кабел	01	За надворешна употреба 15 м	
Држач за инсталирање на мешалка	01	Инсталиран на резервоарот за да ја држи мешалката	
Резервоар за бензин	01	20 л	
Скала	01	1,2 м	
Јаже	01	ф8мм x 30 м, за фиксирање на опрема и сл.	-
Ремен за врзување	02	Капацитет на товар 2 тона или повеќе	
Гребло	02	За чистење на падините пред хидро-сеење	-
Лопата	01	-	-

2) Подготовка на материјалите

Покрај мешавината за семе, за хидро-сеење треба да се подготви водорастворлива дрвна пулпа, квалитетни хемиски ѓубрива, течно лепило, лепило во прав, обоен прав (зелен) и ситен компост од кора. Доколку не е достапна водорастворлива пулпа, користете тоалетна хартија што е најмногу растворлива во вода. Квалитетните хемиски ѓубрива треба да бидат грануларни и да содржат азот, фосфор и минерали со калиум во сооднос 15:15:15. За течни лепила и лепила во прав, подгответе лепила што ги исполнуваат следните услови.



Фото 11. Тестирање на водорастворливоста на тоалетна хартија

Табела 7. Квалитет потребен за секој вид на лепило

1. Вид		
Вид	Лепило во прав	Течно лепило
2. Физички својства		
Облик	Бел грануларен прав	Бела емулзиска течност
Компонента	Бодорастворлив полимер (на база на полиакриламид)	Синтетички смоли Винил ацетат акрилна киселина
рН(20°C)	6,0~8,0 (0,4 % воден раствор)	5,0~7,0 нерастворен раствор
Вискозност (30°C)	200 ~ 500 mPa·s (0,4 % воден раствор)	10 ~ 400 mPa·s (cp)
Волуменска густина	0,65 ~ 0,85	-
Релативна густина (23 °C)	-	1,03 ~ 1,06
3. Безбедност		
Опасни тешки метали	Не е откриено (под границата за детекција)	
РИПЗ (Регистер на испуштање и пренос на загадувачи)	Не е применливо	
Хемикалии што ги нарушуваат хормоните	Не се користат хемикалии со својства што би ги нарушиле ендокрините хормони.	

Кога се применува хидро-сеењето без почва, се користи обоен прав (зелен) бидејќи е тешко да се идентификува каде е нанесен материјалот. Бојата не мора да биде зелена, но треба да е боја што е лесно за препознавање и природно се вклопува. Овој прав може да биде боја од прехранбена индустрија. Одберете чист обоен прав бидејќи може да содржи и други состојки, како сол. Пред да се изврши хидро-сеење, дрвната пулпа, лепилото и обоениот прав треба да се тестираат за несупешно 'ртење или за други несакани ефекти. Од друга страна, 'ртливоста и условите за раст се подобри кога при



Фото 12: Тест за 'ртливост со користење на одбрани материјали

хидро-сеењето се додава почва. Затоа треба да се користи само ситна кора. Компостот од кора што го има во продажба содржи мали или големи грутки и дрвни влакна, па затоа треба да се подготви ситен компост од кора со сеење низ сито со отвор од 2 мм. Не треба да се користи компост од кора што не поминува низ сито со отвор од 2 мм бидејќи може да ја затне пумпата.





Фото 13: Подготовка на ситен компост од кора

Количеството на материјал потребен за 100 квадратни метри е прикажано подолу. Треба да се напомене дека во резервоар од 1.000 л може да се подготви материјал за хидро-сеење на 100 до 120 м².

Табела 8 Материјал за хидро-сеење (за резервоар од 1.000 л)

Материјал	Количество	Забелешка	Фотографија
Семе	- кг	Пресметано според мешавина за семе одредена во 2-2	
Водорастворлива дрвна пулпа (Тоалетна хартија)	10 кг	1 ролна=100 г, 100ролни/1резервоар/125м ²	
Квалитетни хемиски ѓубрива	10 кг	N:P:K 15:15:15	
Течно лепило	10 кг	1 пакување = 1 кг, 10 пакувања/1 резервоар/125м ²	
Лепило во прав	0,3 кг	1 кутија=150 г, 2 кутии=0,3 кг/1 резервоар/125м ²	

Зелен прав	0,1 кг	3гр/1пакување 33пакувања=1кг/резервоар/125м ²	
Компост	300-500 л	Само ситен компост под 2 мм, 1вреќа=50л,6-10 вреќи/1резервоар	
Вода	1.000 л	-	-

3.2 Извршување на хидро-сеење

За извршување на активностите за хидро-сеење потребни се најмалку четворица работници: еден да ги измеша материјалите, еден работник да го изврши хидро-сеењето (ќе ракува со цревото), еден помошник што ќе се движи и ќе го прилагодува цревото зад работникот што прска и еден работник задолжен за управување со електричната енергија од генераторот потребна за опремата.

1) Транспорт

За транспорт на тешка опрема и материјали треба да подготвите камион со носивост поголема од 2 тона. Натоворете ги резервоарите на камионот и зацврстете ги со јажиња/каиши. Доколку во близина на локацијата каде што ќе се врши хидро-сеење нема извор со вода, наполнете ги резервоарите со вода од река, езерце или од некој град по пат. Дрвната пулпа (тоалетната хартија) што се користи за хидро-сеење однапред се става во резервоарот. Доколку картонскиот прстен во внатрешноста на тоалетната хартија не е водорастворил, треба да се отстрани пред да стави во резервоарот. Кога резервоарите однапред ќе се наполнат со вода и тоалетна хартија, тоалетната хартија ќе се раствори за време на транспортот и друг материјал ќе може да се додаде веднаш штом се пристигне на локацијата. Листата со опрема која што е прикачена во Анексот, се користи како контрола при товарење на потребните материјали и опрема во превозното средство со цел да не се заборави некој дел. Потоа упатете се кон локацијата за хидро-сеење со брзина која е соодветна на условите за безбедно движење на опремата и материјалите против превртување.



Фото 14: Утовар на резервоарите на камион

2) Подготовка на косината

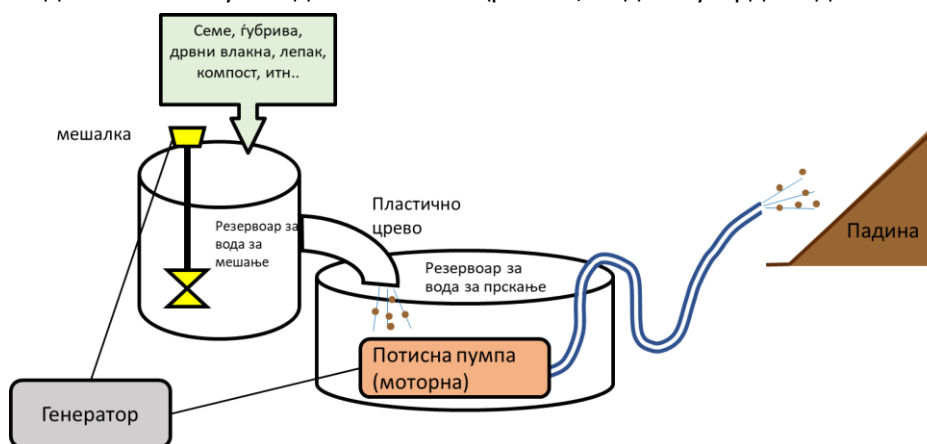
Отстранете ги паднатите лисја и гранки од косината за подобро нанесување и лепење на материјалот од хидро-сеење со земјата. Доколку на косината има пукнатини или други проблеми со ерозија, наполнете ги со почва за да се израмни целата косина.



Фото 15: Расчистување на косината

3) Подготовка на опремата

Подгответе ја опремата што ќе пристигнете на локацијата. Земете ги во предвид големината и обликот на косината каде ќе се нанесува и должината на цревето, за да се утврди каде ќе се постави опремата.



Слика 5. Машини што ќе се користат и како да се подредат

Поставете го миксерот (мешалката) во резервоарот со дрвна пулпа (тоалетна хартија) и вода. Треба да се остави простор меѓу резервоарот и мешалката за други материјали. Исто така, миксерот треба да се постави на дното на резервоарот за материјалите добро да се измешаат. Миксерот не смее да го удира дното на резервоарот. Позицијата на миксерот е многу важна, затоа поставете ја внимателно.



Фото 16: Мешалката се поставува на горниот дел од резервоарот



Фото 17: Услови за поставување на опремата



Фото 18: Поставувањето на пумпи во резервоарите

3) Мешање на материјалите

Прво, добро измешајте ги водата и дрвната пулпа (тоалетната хартија) со миксерот. Мешајте додека дрвната пулпа (тоалетната хартија) повеќе не е во првичниот облик, туку образува каша. По растворање на дрвната пулпа (тоалетната хартија), материјалите се додаваат по следниот редослед. Внимавајте да не ги ставите материјалите по погрешен редослед, бидејќи ќе се стврднат пред целосно да се измешаат.



Фото 19: Дрвна пулпа (тоалетна хартија) измешана и претворена во каша

Табела 9: Редослед на додавање на материјалите

Хидро сеење без почва	Хидро сеење со почва
1. дрвна пулпа (тоалетна хартија без туба)	1. дрвна пулпа (тоалетна хартија без туба)
2. ѓубриво	2. ѓубриво
3. семе	3. семе
4. течно лепило	4. компост
5. лепило во прав	5. течно лепило
6. зелен прав	6. лепило во прав

Миксерот треба да работи додека хидро-сеењето заврши. Кога мешалката ќе престане да работи, потешкиот материјал се таложи на дното, додека полесниот материјал останува на врвот од резервоарот.

При извршување на хидро-сеење може да се случат незгоди во ракувањето со мешалката. Внимавајте како ќе ја поставите за да се избегне сопнување од кабелот на мешалката. Исто така,



Фото 20: мешање на почва

при работа на миксерот, не ги ставајте рацете во резервоарот бидејќи миксерот врти со голема брзина и може да биде опасно по безбедноста и здравјето на ракувачот.

4) Хидро-сеење

Хидро-сеењето треба да се изврши од работа од косината, со постепено движење да се осигура дека целиот материјал е рамномерно распореден. Работникот го држи цревата над рамото. Исто така со прстот го контролира отворот кај млазницата за соодветно прскање на материјалот.



Фото 21: Хидро-сеење



Фото 22: Контролирање на прскањето со прсти

Цревето за хидро-сеење е тешко. Доколку цревето е свиткано или искривено, материјалот ќе се заглави во цревето. За да се избегне ваква ситуација, помошникот го поместува цревето однапред во насоката во која се движи работникот и му дава поддршка при работата. Сите материјали измешани во резервоарите треба да се искористат на косината, поради тоа што откако ќе престане мешалката со работа и материјалите ќе се одвојат, при повторно мешање истите нема рамномерно да се измешаат.



Фото 23: Помошникот ја прилагодува позицијата на цревето

5) Чистење и складирање на опремата

Откако ќе заврши хидро-сеењето, резервоарите и цревата се измиваат со вода за лепилото да не се залепи за внатрешноста. Пумпите и мешалката, исто така, се плакнат со вода. По миење на опремата, истата складирајте ја на соодветна локација.

6) Управување со безбедност

За безбедно вршење на работата треба да се земат предвид следниве работи:

- При транспорт на опремата, безбедно прицврстете го резервоарот за камионот со ремени за да не се преврти.
- Од безбедносни причини работниците треба да носат шлем, очила и ракавици.
- Еден работник стои до генераторот за да го контролира работењето на машината, за таа да може веднаш да се стопира ако има потреба.
- Внимавајте електрични кабли да не му пречат на работникот во работата.
- Не ставајте рака во резервоарот додека мешалката работи.
- Доколку нешто не е во ред со машината, веднаш исклучете ја.

4. Одржување на локацијата за хидро-сеење

4.1 'Ртење и раст

'Ртењето почнува 1 до 2 недели по хидро-сеењето. Кога корењата се кратки веднаш по 'ртењето, подолгорочна сувост може да доведе до изумирање на корените. Затоа, доколку не врне повеќе од 10 дена по 'ртењето и времето е суво подолг период, се препорачува наводнување.



Фото 25: Пет (5) дена по хидро-сеење



Фото 26: Десет (10) дена по хидро-сеење

4.2 Одржување во случај на шумски пожари

Во области каде што има значителен ризик од пожар, искосете ја тревата пред почетокот на сувата сезона за да се намалат шансите за ширење на пожари.

Анекс

Анекс 1 – Листа на опрема (за 200m²)

Бр.	опрема	един.	забелешка
01	Резервоар за вода 1000 л	2	Натоварете го на камионот и зацврстете го со јаже. Потоа наполнете го со вода. Во резервоарот ставете 10 пакувања тоалетна хартија без картонска ролна.
02	Резервоар за вода 300 л	1	-
03	Пластично црево	1	Се носи додека е прикачено за резервоарот
04	Хидрантно црево	4	-
05	Млазница	1	-
06	Пумпа за вода (моторна)	1	-
07	Пумпа за вода (рачна)	1	-
08	Миксер (Мешалка)	1	Треба да се состои од дршка и дел за мешање
08	Генератор за електрична енергија	1	-
09	Продолжен кабел	1	-
10	Столче за инсталација на мешалка	1	-
11	Дрво за инсталација на мешалка	1	-
12	Скала	1	-
13	Резервоар за бензин	1	Наполнет со бензин
14	Кутија со алат	2	-
15	Гребло	2	-
16	Лопата	1	-
17	Ќеса за ѓубре	1	-
18	Мегафон	1	-

Анекс 2 – Листа на материјали (за 200m²)

бр.	материјал	единица	забелешка
01	Тоалетна хартија	200 ролни	Отстранете ја картонската туба 1пакување 10 ролни 100 ролни/1 резервоар/100m ²
02	Ѓубриво	20 кг	10 кг/1 резервоар/100m ²
03	Мешавина од семиња	2 кутии	1 кутија/1 резервоар/100m ²
04	Семе од бела детелина	2 ќесички	70 г/1 резервоар/100m ² , 1 ќесичка е 70 г
	Семе од повеќегодишна пијанка	1 ќеса	350 г/1 резервоар/100m ² , 1 ќеса е 1 кг
05	Течно лепило	20 пакувања	10 кг/1 резервоар/100m ² , 1 пакување е 1 кг
06	Лепило во прав	3 кутии	100 г/1 резервоар/100m ² , 1 кутија е 75 гр
07	Зелен прав	6 кутии	0,1 кг/1 резервоар/100m ² , 1 кутија е 1 кг
08	Компост	7	2x70 л, 5x50 л, 300-400л/1 резервоар/100m ² ,

Анекс 3 – Листа за управување со безбедност (за 4 работници)

бр.	материјал	единица	забелешка
01	шлем	6	со резервен
02	ракавици	6	со резервни
03	очила	6	со резервни

Анекс 4 – Пример за смеша од семиња

семе	G	C _L	C _i	B	S	P	W		на 100 m ²	
Трската власула (<i>Festuca arundinacea</i>)	4.765	0,7	0,7	0,7	450	0,9	10,5	g/m ²	1,050	kg
Повеќегодишна пијанка (<i>Lolium perenne</i>)	2.770	0,7	0,7	0,7	500	0,9	5,5	g/m ²	0,550	kg
Права ливадарка (<i>Poa pratensis</i> L.)	4.500	0,7	0,7	0,7	3000	0,9	1,5	g/m ²	0,150	kg
Бела детелина (<i>Trifolium repens</i>)	1.060	0,7	0,7	0,7	1500	0,8	0,7	g/m ²	0,070	kg
вкупно	13,095									

G: очекувано 'ртење (растенија/m²)

C_L: корекција за локација

C_i: корекција за условите на терен

B: стапка на 'ртење за употребено семе

S: број на единици употребено семе (семе/гр)

P: чистота на употребено семе

W: количество на сеење по употребен вид (g/m²)