



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ-ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»**

**ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΙΚΡΩΝ
ΕΡΓΩΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ
ΑΙΘΙΟΠΙΑ**

Ευγενία Αραπάκη

Αθήνα, Νοέμβριος 2001

Επιβλέπων: Δ.Κουτσογιάννης, Επίκουρος Καθηγητής

Πρόλογος

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ.Κουτσογιάννη για την δυνατότητα που μου προσέφερε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, αλλά και για την υπομονή που είχε μαζί μου.

Μέσα από αυτή την μελέτη ήρθα σε επαφή με μία περιοχή του κόσμου με τελείως διαφορετικές υδρολογικές αλλά και κοινωνικές και αναπτυξιακές συνθήκες. Το επί τόπου ταξίδι, η επαφή μου με τους μηχανικούς στην περιοχή των έργων, η συνεργασία με το Πολυτεχνείο της Addis Ababa ήταν μία εμπειρία που σαν μηχανικός αλλά και σαν άνθρωπος δεν θα την ξεχάσω.

Τα παραπάνω δεν θα ήταν εφικτά χωρίς την βοήθεια του καθηγητή Belay Woldeyes, Κοσμήτορα της Πολυτεχνειακής σχολής της Addis Ababa, ο οποίος ανέλαβε την όλη υποστήριξη και οργάνωση του ταξιδιού μου στην Αιθιοπία, καθώς επίσης και την υποστήριξη του πρωτανικού συμβουλίου και των οικονομικών υπηρεσιών του ΕΜΠ οι οποίοι παρείχαν την οικονομική υποστήριξη για την πραγματοποίηση του ταξιδιού.

Θα ήθελα επίσης να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Ν. Μουτάφη, Λέκτορα του Τομέα Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ, για τις σημαντικές υποδείξεις του, την συνεργασία του και την βοήθειά του όποτε και αν του ζητήθηκε, τα οποία προσέφερε με την καλύτερη διάθεση.

Ακόμα θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην κα Τ.Καλογεροπούλου- Αρμενάκη, Γενικό Πρόξενο της Αιθιοπίας, η οποία ήταν ο σύνδεσμος με την Αιθιοπία, καθώς και στο Ελληνικό Τμήμα της οργάνωσης «Μηχανικοί χωρίς σύνορα» οι οποίοι ενδέχεται να προσφέρουν μέλλον σε αυτήν την προσπάθεια με την πρότασή τους για χρηματοδότηση του έργου από το Ελληνικό Υπουργείο Εξωτερικών.

Τέλος, ευχαριστώ για την συνεργασία και την φιλοξενία τους τούς:

- ♦ Δρ. Abdulkarim Hussein, καθηγητή τμήματος Υδατικών Πόρων των Πολιτικών Μηχανικών του Πολυτεχνείου της Addis Ababa, ο οποίος οργάνωσε την συλλογή πληροφοριών και μου έδωσε πρόσβαση στην βιβλιοθήκη του τμήματος Υδατικών Πόρων του Πολυτεχνείου
- ♦ Wodimu Tekle, Irrigation Engineer, Commission For Sustainable Agriculture & Environmental Rehabilitation in Amhara Regional (Co-SAERSAR)
- ♦ Getachew Tesfaye, Head of Fund raising, Disaster Prevention and Preparedness Commission (DPPC)
- ♦ Meskele Ayele, Commissioner, Co-SAERSAR

Ευγενία Αραπάκη
Νοέμβριος, 2001

Περιεχόμενα

Πρόλογος

Περιεχόμενα

Περίληψη

Extended abstract

1. Γενικά

1.1	Εισαγωγή	1-1
1.2	Αντικείμενο της εργασίας	1-1
1.3	Διάρθρωση της εργασίας	1-2
1.4	Σημεία συνεισφοράς της εργασίας	1-2

2. Πιέσεις από την έλλειψη νερού - Διαθεσιμότητα και αξιοποίηση των υδατικών πόρων στην Αφρική και ειδικότερα στην Αιθιοπία

2.1 Πιέσεις από την έλλειψη νερού

2.1.1	Πληθυσμός και ανάγκες σε νερό	2-1
2.1.2	Επίδραση της αύξησης του πληθυσμού στους υδατικούς πόρους	2-5
2.1.3	Επιδράσεις της έλλειψης νερού. Προβλέψεις για το μέλλον	2-7
2.1.4	Τρόποι αντιμετώπισης της μεταβολής των υδατικών πόρων	2-13

2.2 Διαθεσιμότητα και αξιοποίηση των υδατικών πόρων στην Αφρική

2.2.1	Ανάπτυξη υδατικών πόρων	2-16
2.2.2	Κατασκευή μεγάλων έργων αξιοποίησης υδατικών πόρων	2-17
2.2.3	Εμπειρία από το παρελθόν και προτάσεις για μελλοντικό σχεδιασμό έργων αξιοποίησης υδατικών πόρων	2-21

2.3 Διαθεσιμότητα και αξιοποίηση των υδατικών πόρων στην Αιθιοπία

2.3.1	Συνοπτική παρουσίαση της χώρας	2-24
2.3.2	Χαρακτηριστικά του ανάγλυφου	2-25
2.3.3	Εδάφη και βλάστηση	2-26
2.3.4	Κλίμα	2-27
2.3.5	Υδατικό δυναμικό και ανάπτυξη υδατικών πόρων	2-29
2.3.6	Πρόσβαση σε ασφαλές νερό	2-32
2.3.7	Θεσμικό πλαίσιο	2-34
2.3.8	Συμμετοχή μετόχων στα έργα αξιοποίησης νερού	2-35
2.3.9	Διαχείριση και διοίκηση αρδευτικών έργων	2-36

3.	Περιοχή και στοιχεία μελέτης	
3.1	Περιγραφή της περιοχής	3-1
3.2	Αξιολόγηση υδρολογικών δεδομένων	
3.2.1	Μηνιαίες βροχοπτώσεις	3-7
3.2.2	Ημερήσιες βροχοπτώσεις	3-15
3.2.3	Θερμοκρασίες	3-16
3.2.4	Συγκρίσεις με τα διεθνή υδρομετεωρολογικά πρότυπα-προτάσεις	3-17
3.3	Διερεύνηση ευαισθησίας στην εκτίμηση απορροών	
3.3.1	Δυνητική εξατμοδιαπνοή	3-19
3.3.2	Μηνιαίες απορροές λεκάνης με βάση το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite	3-21
3.3.3	Μέση ετήσια απορροή λεκάνης	3-24
3.3.4	Συμπεράσματα	3-24
3.4	Διερεύνηση ευαισθησίας στην εκτίμηση πλημμυρών σχεδιασμού	
3.4.1	Μορφή υδρογραφήματος	3-26
3.4.2	Χρόνος συγκέντρωσης	3-27
3.4.3	Πιθανή μέγιστη βροχόπτωση	3-30
3.4.4	Πιθανοτική ανάλυση βροχοπτώσεων	3-32
3.4.5	Κριτήρια βροχής σχεδιασμού	3-33
3.4.6	Απώλειες βροχής σχεδιασμού	3-35
3.4.7	Βροχές σχεδιασμού	3-37
3.4.8	Πλημμύρες σχεδιασμού	3-38
4.	Προσέγγιση αναγκαίων έργων	
4.1	Παγκόσμια εμπειρία από παρόμοια έργα	4-1
4.2	Επιλογή βασικών χαρακτηριστικών των έργων	4-2
4.3	Μηνιαίες βροχοπτώσεις, θερμοκρασίες και απορροές της λεκάνης	4-8
4.4	Πλημμύρες σχεδιασμού και υδρολογική διακινδύνευση	4-9
4.5	Προβλήματα μελέτης και κατασκευής. Συμπληρωματικές μελέτες και έρευνες	4-10
5.	Συμπεράσματα	
5.1	Ανακεφαλαίωση	5-1
5.2	Συγκεντρωτικά συμπεράσματα	5-5

Βιβλιογραφία

Παράρτημα Α: Πίνακες

Παράρτημα Β: Διαγράμματα

Παράρτημα Γ: Σχέδια

Σχ. ΠΓ.1	Θέση έργων	
Σχ. ΠΓ.2	Θέση Μετεωρολογικών - Βροχομετρικών σταθμών	κλ. 1:500.000
Σχ. ΠΓ.3	Λεκάνη απορροής	κλ. 1:50.000

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων και των τρόπων επαύξησής τους και αποτελεσματικής διαχείρισής τους στις χώρες του τρίτου κόσμου με έμφαση στην περίπτωση της Αιθιοπίας. Λαμβάνοντας υπόψη την εμπειρία στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων, την απόδοση των υφιστάμενων έργων των χωρών του τρίτου κόσμου σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο και τις ιδιαιτερότητες που προσδίδουν η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού, η οικονομική ανάπτυξη και οι υδρολογικές συνθήκες στις περιοχές αυτές, προτείνονται μέσα από εκτεταμένη βιβλιογραφική επισκόπηση τρόποι αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού.

Αρχικά γίνεται σύντομη αναφορά στην κατανομή των υδατικών καταναλώσεων ανά περιοχή και είδος χρήσης και στην αλληλοεπίδραση της αύξησης του πληθυσμού και της διαθεσιμότητας υδατικών πόρων. Κατόπιν γίνεται αναφορά στα αρδευτικά και υδρευτικά έργα στην Αφρική. Η μελέτη επικεντρώνεται στην περίπτωση της Αιθιοπίας, η οποία σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Αφρικής, είναι πλούσια σε υδατικούς πόρους (το 85% υδατικού δυναμικού του Γαλάζιου Νείλου προέρχεται από την Αιθιοπία) χωρίς να κάνει χρήση αυτών (έχει από τα χαμηλότερα ποσοστά καλλιεργήσιμης γης και πρόσβασης του πληθυσμού σε πόσιμο νερό).

Εξετάζοντας τις υδρολογικές ιδιαιτερότητες, τις κοινωνικές και αναπτυξιακές συνθήκες μελετώνται το είδος των έργων που είναι κατάλληλα για την ικανοποίηση των διαρκώς αυξανόμενων αναγκών ύδρευσης και άρδευσης και οι τρόποι διαχείρισης και διοίκησης των έργων αυτών. Ειδικότερα σε μία χώρα όπως η Αιθιοπία, τα καταλληλότερα έργα φαίνεται να είναι τα μικρής κλίμακας (π.χ. οι λιμνοδεξαμενές) στη διαχείριση και λειτουργία των οποίων θα μπορούν να έχουν ενεργό συμμετοχή οι τοπικές κοινωνίες.

Με βάση τα παραπάνω, εξετάζονται δύο έργα αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού στην νοτιοδυτική Αιθιοπία. Επεξεργάζονται τα υδρολογικά στοιχεία της περιοχής, γίνεται έλεγχος της αξιοπιστίας τους και διερευνείται η ευαισθησία των μεθόδων εκτίμησης των απορροών και των πλημμυρικών παροχών στην περιοχή. Κατόπιν προτείνονται τα γενικά χαρακτηριστικά των έργων.

Σε συνεργασία με το Πολυτεχνείο της Addis Ababa έγινε επιτόπου επίσκεψη στην θέση των έργων, συνελέγησαν υδρολογικά δεδομένα και τοπογραφικοί χάρτες της περιοχής και υπήρξε επαφή με την κρατική υπηρεσία την υπεύθυνη για τον σχεδιασμό και την κατασκευή των έργων αξιοποίησης νερού στην περιοχή για τον προσδιορισμό των υδατικών αναγκών. Το ταξίδι αυτό ήταν απαραίτητο για την εξοικείωση με τις υδρολογικές, μορφολογικές, κοινωνικές και αναπτυξιακές ιδιαιτερότητες της περιοχής.

Extended abstract

Water supply scarcity may become a major constraint on socio-economic development. Water is irregularly spread over space and often is not found where it is needed. It is also irregularly spread over time, while time constraints on water are strong. Finally, water is a finite resource, it is vulnerable and mobile and necessitates catchment, transportation and storage, with related costs and efficiency problems.

Total per capita withdrawal levels vary enormously with the lowest levels found in poor developing countries, mainly in Africa.

For the domestic and municipal usages the withdrawal per capita is for Africa 17 m³/year and 52 m³/year for the whole world (with North/Central America having 167 m³/year). Population growth and the change in the geographic distribution of population are direct determinants of increased water demand for domestic uses. Many African countries are critical areas from the viewpoint of water supply.

Agriculture is the major water user world-wide. Around 70% of the total withdrawals are for irrigation. Irrigation has been and remains a vital constituent for provision of food and employment for growing populations. The levels of water used by agriculture on a per capita basis are 216 m³/year for Africa and 444 m³/year for the whole world (with North/Central America having 912 m³/year). The amounts for industrial use are 12 m³/year for Africa and 148 m³/year for the whole world (with North/Central America having 782 m³/year).

Water demand patterns of the future will be characterized by growing competition between sectors, especially in developing countries. That competition will be particularly intense around the cities, where the demands of households, industrial plants and agriculture will inevitably put increasing stress on water supplies (just as on land).

In the developed world, use levels are stabilizing, water-saving modalities of water usage and re-usage are gradually expanding as the costs of water supply and treatment are better charged to users. In the developing countries, the margins for increased demand are considerable, on account of rising industrial sectors, unmet domestic and municipal needs and agriculture.

It is a common belief that the water resources development programmes in Africa have not given sufficient attention to small scale and peasant based irrigation experiences and technologies. The main advantages of small scale irrigation are the following (Rahmato, 1999):

They have much lower investment costs and in a majority of cases costs are borne by the community

- They are less demanding in terms of management, operation and maintenance
- They do not have land tenure or resettlement implications
- They have no serious adverse environmental impact
- They allow a wider diffusion of irrigation benefits and
- They permit farmers to learn irrigation techniques at their own pace and in their own way

This study is focused on the Southwest Ethiopian region, it validates the meteorological data in the area and estimates the river flow and the design floods for two reservoirs, one in river Damte and the other one in river Wedeba.

Ethiopia, with an estimated population of 60 million, has an area of 1.137.000 km² from which only 11% is forest and woodland. It is located in the eastern part of Africa between 3° and 14° latitude and 32°42' and 48°12' east longitude. Ethiopia is a country of great geographic diversity, with high and rugged mountains, flat-topped plateaus and deep gorges.

The study area can be classified as highland where the rainfall is sufficient to support forest. However, a great deal of the original forest has been removed (only 6% of the forests has remained) and farmlands have taken the place of the original temperate forest cover.

The rugged topography, torrential summer rains and the destruction of vegetation cover is mainly responsible for degrading the precious soil from the farmlands and creating major damages on water resources projects-2.000 tn/km²/year (Gebeyehu Admasu, 1989), (FAO, 1994). Siltation has caused serious damage on existing reservoirs, irrigation canals and river channels.

The study area is in the Damot Gale woreda, which is one of the woredas of North Omo Zone with high population density (640 persons per square Km). Agriculture is the main economic activity but the rivers in the woreda are flashy and the most of the rainfall is concentrated in a few summer months.

Most of the data on rainfall and stream flow in Ethiopia are quite recent. For the estimation of rainfall, monthly and annual rainfall data were collected from 17 meteorological stations in the nearby areas.

The proposed densities of precipitation networks for general hydrometeorological purposes for mountainous regions of temperate and tropical zone are 100 to 200 km² per station (Linsley and all, 1988). The problem is with the accuracy of the data and the results in estimation of steamflow because of imperfect precipitation gauging. The gauging stations in the study area are in the proposed limits, but the problem is with the accuracy and the time span of the data.

After examining the data it was found that the correlation coefficients between the data of nearby stations were not good. Also it was not possible to estimate a relationship between the amount of rain and the altitude in the area. The possible reasons are the accuracy of the data and the different years of measurements in nearby stations.

In the nearby area the annual percipitation varies from 950 mm to 2450 mm. The data of the station Areka were used for the estimation of the steamflow. Station Areka, which is the closest in the basin (it lies 25 km west of the design area), has 1627 mm mean annual precipitation.

The runoff of the rivers was estimated with the Thornthwaite's water balance. There was research of sensitivity for various factors as the potential maximum retention of the ground and the method of estimating evapotranspiration (the Thornthwaite, Hargreaves and Blaney-Griddle methods were used). The results are presented in Table 1 and Figure 1.

Finally, the estimation of the steamflow for the area was done by using potential maximum retention of the ground 200 mm and evapotranspiration calculated by Thornthwaite. The estimated annual outflow was 793 mm.

Table 1 Mean montly runoff (in mm) for potential evapotranspiration calculated by Thornthwaite, Hargreaves και Blaney-Criddle and potential maximum retention of the ground 100 mm and 200 mm.

	Jan	Feb	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
Thornthwaite-S=100 mm	11,3	31,0	15,8	100,6	108,1	69,2	167,4	153,4	118,3	50,1	3,3	2,3	831,0
Hargreaves-S=100 mm	21,7	40,8	25,8	138,4	134,0	89,8	182,7	168,8	131,3	57,2	4,8	5,2	1.000,5
Blaney Griddle-S=100 mm	21,1	41,1	26,8	139,4	130,0	80,3	172,1	160,2	125,8	56,8	4,9	5,0	963,4
Thornthwaite-S=200 mm	9,5	30,1	12,9	80,6	101,3	64,8	166,6	153,4	118,3	50,1	3,3	1,6	792,5
Hargreaves-S=200 mm	19,9	40,3	24,2	116,3	130,1	89,8	182,7	168,8	131,3	57,2	4,8	4,7	970,2
Blaney Griddle-S=200 mm	19,4	40,4	25,2	117,2	126,1	80,3	172,1	160,2	125,8	56,8	4,9	4,5	932,9

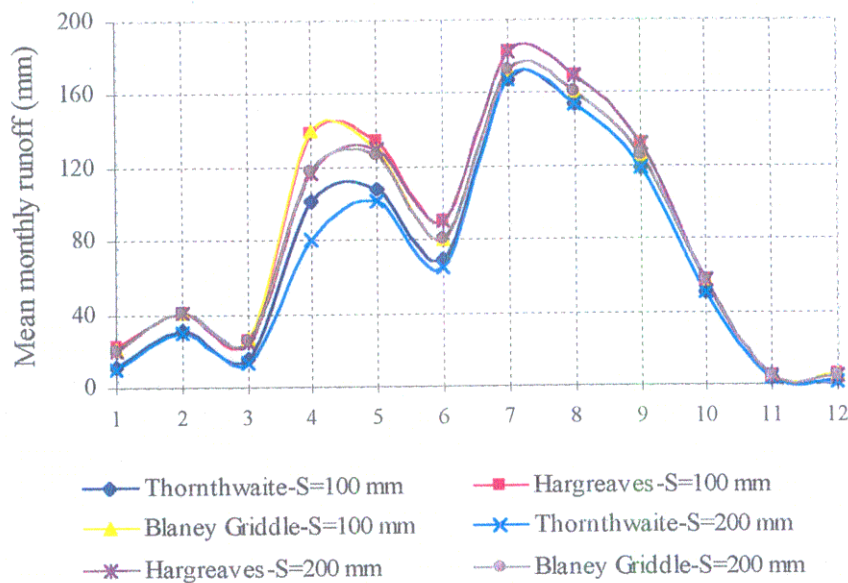


Fig 1 Mean montly runoff for potential evapotranspiration calculated by Thornthwaite, Hargreaves και Blaney-Criddle and potential maximum retention of the ground 100 mm and 200 mm.

For the estimation of the design flood for the designing of the spillway and the calculation of Maximum Water Elevation where used both the American and the European guidelines. For dams whose failure will cost only damages in agricultural land and roads, both American and European guidelines give similar design floods. For the estimation of the design flood for the design of the spillway 100 mm rain was used and for the estimation of Maximum Water Level in the reservoir 120 mm rain was used.

The Potential Maximum Precipitation (PMP) in the area was estimated 260 mm. The only 24hour rainfall data in the nearby area were the data of station Areka. The value of PMP is considered low for the hydrological conditions in the area and the problem most possibly is the accuracy of the data.

The direct runoff was estimated from storm rainfall by using the SCS runoff equation. In order to use this equation, potential maximum retention S was estimated. The S values were transformed into a curve number CN, which is related with various soil-cover complexes and with the

antecedent moisture condition. From the visit on location the soil was estimated with slow infiltration rate and the vegetation was separated to 70% farmland and 30% sparse forest, so the curve number for wet antecedent moisture condition CN(II) was estimated 70. The corresponding curve number for wet antecedent moisture condition CN(III) is 85.

The inflow hydrographs for precipitation of 100 mm, curve number CN(II) 70 and 6 hr και 9hr duration of the rain are presented in fig.2. Rainfall distribution by Huff and SCS is used. The correspondent discharge rates for precipitation are presented in Table 2.

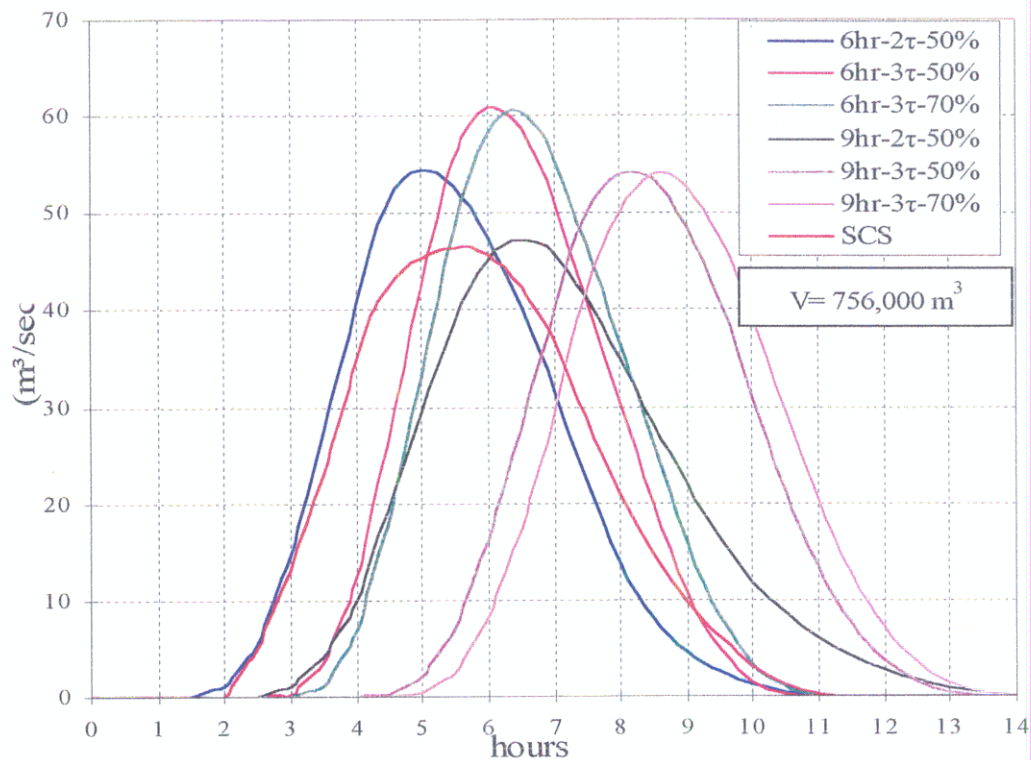


Fig.2 The inflow hydrographs for precipitation of 100 mm and curve number CN(II) 70

Table 2. The discharge rates for precipitation of 100 mm and curve number CN(II) 70

6hr rain - Huff 2 nd quarter - 50%	:	55	m ³ /s
6hr rain - Huff 3 rd quarter - 50%	:	61	m ³ /s
6hr rain - Huff 3 rd quarter - 70%	:	60	m ³ /s
6hr rain - SCS	:	46	m ³ /s
9hr rain - Huff 2 nd quarter - 50%	:	47	m ³ /s
9hr rain - Huff 3 rd quarter - 50%	:	54	m ³ /s
9hr rain - Huff 3 rd quarter - 70%	:	54	m ³ /s

The estimation of the discharge rate is not very sensitive to the rainfall distribution and the duration of the rain.

Finally for rainfall distribution by Huff (3rd quarter with reliability level 50%) and 6hr duration of rainfall, the inflow hydrograph for different curve number and for 100 and 120 mm rain was

estimated . The results can be seen in figure 3 for the reservoir Damte and in figure 4 for the reservoir Wedeba.

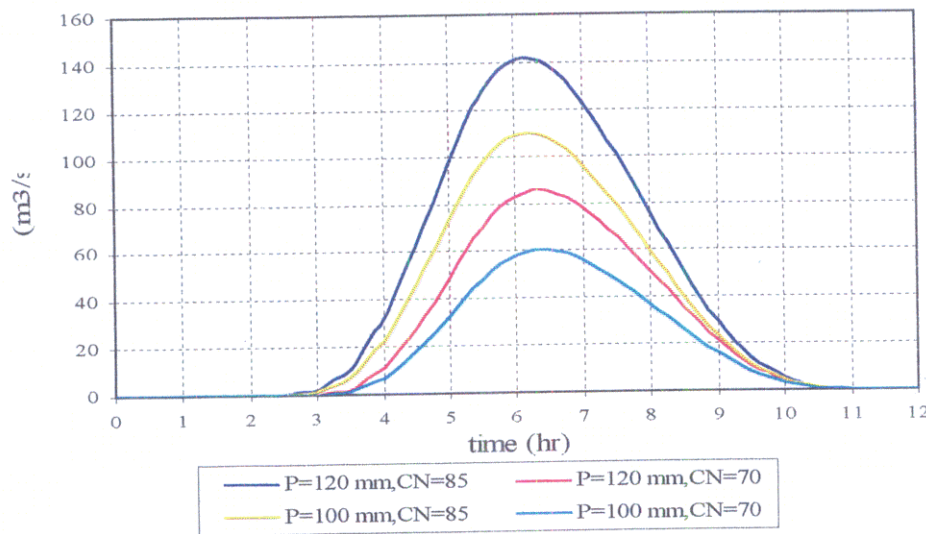


Figure 3. The inflow hydrographs for the reservoir Damte for different curve number and for 100 and 120 mm rainfall.

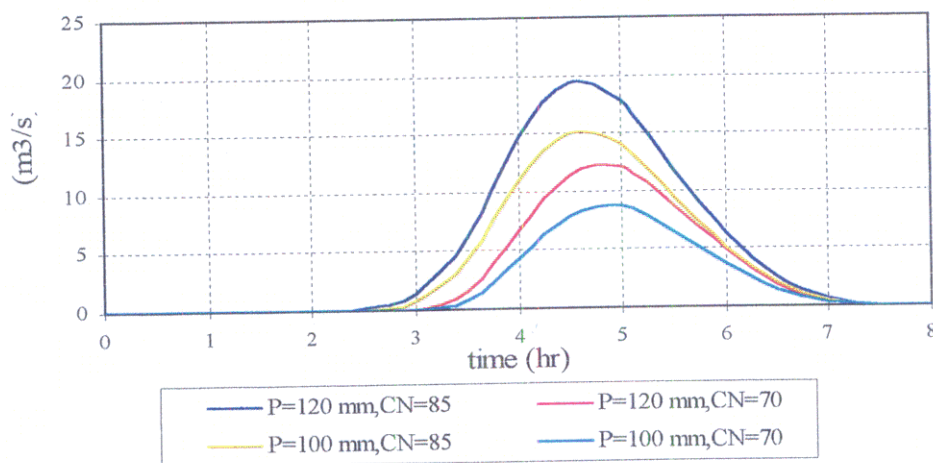


Figure 4. The inflow hydrographs for the reservoir Wedeba for different curve number and for 100 and 120 mm rainfall.

According to the hydrological and geological conditions of the area and the available materials, a homogenous dam is proposed with its components depending chiefly on materials available locally. The slopes are proposed to be flat (flatter than 3:1, V:O) because the extra cost is relatively slight and may greatly enhance safety. Questions of stability, material selection and quality control during construction, must be answered in future stages of the design. Material cohesion is a very important factor. A very cohesive material is much better able to withstand overtopping and even internal erosion. In addition failure is more gradual and the peak flow is less. Drainage is an other important factor, because it reduces accidents from internal erosion.

Protection of the upstream face of the dam against wave action with riprap, hand placed or dumped, is also proposed.

The spillway is proposed to be ungaged. There are two possible positions of the spillway. The first in the right abutment where there won't be a lot of excavation. The other position is on the body of the dam. This will result to higher Normal Pool Level and bigger available capacity, but has the disadvantage of being very vulnerable in the construction methods and the quality of construction.

1. Γενικά

1.1 Εισαγωγή

Η Αιθιοπία είναι μία χώρα η οποία αντιμετώπισε πρόσφατα έντονα προβλήματα ξηρασίας. Σήμερα, υπάρχει μία Ελληνική πρωτοβουλία για προσφορά βοήθειας, η οποία δεν έχει περιστασιακό χαρακτήρα αλλά επικεντρώνεται στην υποστήριξη της Αιθιοπίας μέσα από έργα τα οποία θα έχουν μακροχρόνια αποτελέσματα. Στα πλαίσια αυτά, από την μη κερδοσκοπική οργάνωση 'Μηχανικοί χωρίς σύνορα' έγινε η επιλογή ενός αναπτυξιακού υδροδοτικού έργου για να χρηματοδοτηθεί από Ελληνικές πηγές. Το έργο αυτό είναι η αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού δύο χειμάρρων, του χειμάρρου Damte και του χειμάρρου Wedeba στην νοτιοδυτική Αιθιοπία. Έτσι, προέκυψε η ανάγκη για προκαταρκτική διερεύνηση των έργων αυτών. Η παρούσα εργασία ασχολείται με την μελέτη των υδρολογικών συνθηκών στην περιοχή και προτείνει είδος έργων, λαμβάνοντας υπόψη και τις κοινωνικές και αναπτυξιακές συνθήκες στην περιοχή. Δεν μπορεί να αποτελέσει μελέτη των έργων, δεδομένου ότι για την μελέτη τους χρειάζονται συμπληρωματικά στοιχεία και εργασίες, για τα οποία γίνεται αναφορά στην παρούσα.

Για να προσεγγιστεί το έργο έπρεπε να κατανοηθούν οι συνθήκες στην ευρύτερη περιοχή και να προσεγγιστούν γενικότερα τα προβλήματα υδατικών πόρων τα οποία αντιμετωπίζουν οι περιοχές αυτές. Στα πλαίσια της μελέτης των παραπάνω έργων υπήρξε συνεργασία με το Πολυτεχνείο της Addis Ababa, το οποίο προσέφερε υποστήριξη όσον αφορά βιβλιογραφικές αναφορές για τις υδρολογικές συνθήκες στην περιοχή καθώς επίσης και τον συντονισμό ενός ταξιδιού στην περιοχή των έργων και την οργάνωση και επαφή με τους Αιθίοπες μηχανικούς που σύνταξαν την αρχική έκθεση για τα έργα. Το ταξίδι στην περιοχή των έργων ήταν πολύ σημαντικό για την κατανόηση των τοπικών συνθηκών και προβλημάτων.

1.2 Αντικείμενο της εργασίας

Η εργασία ξεκινάει εντοπίζοντας τα προβλήματα διαθεσιμότητας και διαχείρισης των υδατικών πόρων στην Αφρική και ειδικότερα στην Αιθιοπία. Λαμβάνοντας υπόψη την εμπειρία προηγμένων χωρών στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων, την απόδοση των υφιστάμενων έργων σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο και τις ιδιαιτερότητες που προσδίδουν η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού, η οικονομική ανάπτυξη και οι υδρολογικές συνθήκες στις περιοχές αυτές, προτείνονται τρόποι αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού.

Στη συνέχεια, η μελέτη επικεντρώνεται στην νοτιοδυτική Αιθιοπία και εξετάζεται το είδος των έργων για την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού δύο χειμάρρων, του χ.Damte και του χ.Wedeba. Γίνεται επεξεργασία των υδρολογικών δεδομένων στην περιοχή, έλεγχος της αξιοπιστίας τους καθώς και διερεύνηση της ευαισθησίας των διαφόρων μεθόδων εκτίμησης των αναγκαίων μεγεθών για την διαστασιολόγηση των έργων αξιοποίησης των υδατικών πόρων των δύο χειμάρρων. Κατόπιν, προτείνεται είδος έργου σύμφωνα με τις υδρολογικές και γεωλογικές και κοινωνικές συνθήκες στην περιοχή.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Στο 1^ο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται μία εισαγωγή στο έργο.

Στο 2^ο κεφάλαιο αρχικά αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων ανά περιοχή και χρήση και εξετάζεται η επίδραση της μεταβολής των υδατικών πόρων στον πληθυσμό (υποκεφάλαιο 2.1). Κατόπιν γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη υδατικών πόρων και την διαχείριση των έργων αξιοποίησης νερού στην Αφρική και ειδικότερα στην Αιθιοπία. Στο υποκεφάλαιο 2.2 γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη και την κατασκευή έργων αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού της Αφρικής και στην εμπειρία από το παρελθόν από παρόμοιας φύσης έργα. Στο υποκεφάλαιο 2.3 γίνεται συνοπτική παρουσίαση της Αιθιοπίας και αναφορά για την ανάπτυξη υδατικών πόρων και την διαχείριση των έργων αξιοποίησης νερού στην Αιθιοπία.

Στο 3^ο κεφάλαιο η εργασία επικεντρώνεται στην Νοτιοδυτική Αιθιοπία. Στο υποκεφάλαιο 3.1 γίνεται περιγραφή των συνθηκών στην περιοχή. Στο υποκεφάλαιο 3.2 εξετάζονται και αξιολογούνται τα διαθέσιμα υδρολογικά στοιχεία για την περιοχή των έργων και στα υποκεφάλαια 3.3 και 3.4 γίνεται διερεύνηση της ευαισθησίας των διαφόρων μεθόδων εκτίμησης των αναγκαίων μεγεθών για την διαστασιολόγηση αρδευτικών έργων στην περιοχή (απορροή ποταμών και πλημμυρικών παροχών αντίστοιχα).

Στο 4^ο κεφάλαιο αρχικά γίνεται αναφορά στην παγκόσμια εμπειρία από παρόμοια έργα αξιοποίησης νερού και κατόπιν προτείνονται τα γενικά χαρακτηριστικά των έργων για την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού δύο χειμάρρων, του χ.Damte και του χ.Wedeba. Εκτιμούνται οι απορροές της λεκάνης και οι πλημμύρες σχεδιασμού των έργων, γίνονται προτάσεις για συμπληρωματικές μελέτες και επισημαίνονται προβλήματα μελέτης και κατασκευής των έργων.

Τα παραρτήματα Α , Β και Γ περιέχουν τους πίνακες υπολογισμού, τα διαγράμματα και τα σχέδια της περιοχής των έργων αντίστοιχα.

1.4 Σημεία συνεισφοράς της εργασίας

Η εργασία είχε σκοπό της την μελέτη των υδρολογικών ιδιοτεροτήτων στην νοτιοδυτική περιοχή της Αιθιοπίας, με σκοπό να προσεγγίσει το είδος των έργων αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού δύο χειμάρρων. Εξέτασε το υδρομετεωρολογικό δίκτυο στην περιοχή και την αξιοπιστία των δεδομένων και έκανε προτάσεις για την βελτιστοποίησή του. Κατόπιν επικεντρώθηκε στην διερεύνηση ευαισθησίας μεθόδων εκτίμησης των αναγκαίων μεγεθών για την διαστασιολόγηση αρδευτικών έργων στην περιοχή όπως η απορροή των ποταμών και η εκτίμηση των πλημμυρικών παροχών.

Από την εργασία αυτή προκύπτει ότι οι μετρήσεις υδρολογικών στοιχείων στην περιοχή είναι ανεπαρκείς και αναξιόπιστες, με αποτέλεσμα την μεγάλη αβεβαιότητα στον σχεδιασμό μικρών έργων αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού στην περιοχή. Για τις ανάγκες σχεδιασμού αρδευτικών έργων στην περιοχή, προτείνεται ο τακτικός έλεγχος και επαλήθευση στοιχείων για τους υφιστάμενους βροχομετρικούς σταθμούς, η λειτουργία ενός τουλάχιστον βροχόμετρου στην περιοχή καθώς και οι μετρήσεις παροχών σε κάποιο

σημαντικό υδατόρεμα της περιοχής, έτσι ώστε να είναι δυνατή η επαλήθευση και το 'καλιμπράρισμα' των μοντέλων υδατικού ισοζυγίου.

Τέλος, εξετάζοντας τις υδρολογικές, κοινωνικές και αναπτυξιακές συνθήκες στην περιοχή και λαμβάνοντας υπόψη την παγκόσμια εμπειρία από παρόμοια φύσης έργα, προτείνει είδος έργων για την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού δύο χειμάρρων στην νοτιοδυτική Αιθιοπία.

2. Πιέσεις από την έλλειψη νερού-Διαθεσιμότητα και αξιοποίηση των υδατικών πόρων στην Αφρική και ειδικότερα στην Αιθιοπία

2.1 Πιέσεις από την έλλειψη νερού

2.1.1 Πληθυσμός και ανάγκες σε νερό

Από όλους τους φυσικούς πόρους το νερό είναι ο πιο σημαντικός καθώς είναι απαραίτητο για την διατήρηση κάθε μορφής ζωής. Παρότι το 70% της επιφάνειας της γης καλύπτεται από νερό, 2 δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε περιοχές με χρόνια προβλήματα έλλειψης νερού. Η επάρκεια σε ποσότητα αλλά και η ποιότητα του νερού είναι προβλήματα τα οποία μπορούν να υπονομεύσουν την οικονομική ανάπτυξη και την γενικότερη ευμάρεια του ανθρώπου.

Το γλυκό νερό αποτελεί ένα μικρό μόνο κλάσμα της συνολικής ποσότητας νερού στον πλανήτη μας, το 2,5%. Περαιτέρω το γλυκό νερό βρίσκεται στο μεγαλύτερο μέρος του σε μορφή πάγου ή χιονιού ή κάτω από το έδαφος όπου δεδομένου του κύκλου ζωής του που είναι πολλές χιλιάδες χρόνια, πρέπει να θεωρηθεί μη ανανεώσιμο σε ανθρώπινη κλίμακα. Στο τέλος, μόνο το 0,3% του γλυκού νερού είναι πόσιμο αλλά και ανανεώσιμο μέσω των βροχοπτώσεων.

Η επιφανειακή κατανομή του νερού παρουσιάζει μεγάλη ανομοιομορφία πάνω στην γη. Το νερό είναι ανομοιόμορφα κατανεμημένο στον χώρο, συχνά δεν βρίσκεται εκεί που χρειάζεται, αλλά και στον χρόνο. Πολλά ποτάμια είναι εποχιακά, με μεγάλες πλημμυρικές παροχές την εποχή που δεν υπάρχει μεγάλη ζήτηση νερού και με πολύ μικρές παροχές τις εποχές της μέγιστης ζήτησης. Κάθε χρόνο τα δύο τρίτα του νερού στα ποτάμια χύνεται στην θάλασσα κατά την διάρκεια πλημμυρικών γεγονότων. Από το υπόλοιπο νερό το ένα πέμπτο ρέει σε απομακρυσμένες περιοχές, όπως η λεκάνη του Αμαζονίου και η Αρκτική τούντρα. Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, οι μουσώνες φέρνουν το 70 με 80% της ετήσιας βροχόπτωσης μέσα σε τρεις μόνο μήνες. Αυτοί οι φυσικοί περιορισμοί κάνουν δύσκολη την διαχείριση του νερού και δημιουργούν περιορισμό και στην ανθρώπινη χρήση.

Το νερό είναι πόρος σε ανεπάρκεια. Από τον κύκλο του νερού προκύπτει συγκεκριμένη ποσότητα νερού σε κάθε γεωγραφική θέση. Αυτό σημαίνει ότι τα ανά άτομο αποθέματα νερού μειώνονται σταδιακά με την αύξηση του πληθυσμού. Η ανά άτομο διαθέσιμη ποσότητα έχει μειωθεί κατά 58% από το 1950 καθώς ο πληθυσμός αυξήθηκε από 2,5 δισεκατομμύρια σε 6 δισεκατομμύρια και θα αυξηθεί επιπλέον 33% μέσα στα επόμενα 50 χρόνια όπου προβλέπεται ο πληθυσμός να φτάσει τα 9 δισεκατομμύρια (Postel, 2000).

Η διαχείριση του νερού απαιτεί συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμο όταν και όπου χρειάζεται, με τα αντίστοιχα κόστη και προβλήματα αποτελεσματικότητας. Τελικά η διαθεσιμότητα του νερού μπορεί να αντιμετωπιστεί ως συνάρτηση κόστους διανεμημένου νερού στον συγκεκριμένο χρόνο και μέρος.

Τέλος το νερό είναι ευάλωτο γιατί τα χημικά του χαρακτηριστικά μπορούν εύκολα να προσβληθούν από ανθρώπινους παράγοντες ή φυσικά αίτια, οπότε μπορεί να γίνει ακατάλληλο για συγκεκριμένες χρήσεις.

Στην συνέχεια δίνονται στοιχεία για την κατανάλωση του νερού ανά περιοχή και ανά είδος χρήσης.

Αστική χρήση

Στις χρήσεις αυτές περιλαμβάνεται το νερό για πόσιμο, την ετοιμασία του φαγητού, την υγιεινή και κοινόχρηστες χρήσεις του νερού (θέρμανση, συντριβάνια, πισίνες κλπ). Η αύξηση της κατά άτομο κατανάλωσης είναι ενδεικτική της ανόδου του βιοτικού επιπέδου.

Η αύξηση του πληθυσμού είναι ένας από τους λόγους για την αύξηση της ζήτησης. Ένας άλλος είναι η αλλαγή στην χωρική κατανομή του πληθυσμού. Η αστικοποίηση οδηγεί στην συγκεντρωμένη ζήτηση νερού μέσω της τοπικής αύξησης της πυκνότητας του πληθυσμού. Παρά την διεθνή προσπάθεια για ανάπτυξη έργων επεξεργασίας νερού που έγινε την δεκαετία του 80 (Διεθνής δεκαετία προμήθειας και επεξεργασίας νερού), η πρόοδος στο τέλος του διαστήματος δεν ήταν επαρκής. Ο πληθυσμός που δεν είχε πρόσβαση σε πόσιμο νερό ελαττώθηκε κατά το ένα τρίτο, αλλά πάλι το πρόβλημα παρέμενε σε περισσότερους από 1,2 δισεκατομμύρια, ή το 23% του παγκόσμιου πληθυσμού. Σχετικά μεγαλύτερη πρόοδος παρατηρήθηκε στις αγροτικές περιοχές, όπου ο πληθυσμός με πρόβλημα υδροδότησης μειώθηκε από 1,6 δισεκατομμύρια σε 1 δισεκατομμύριο άτομα. Αλλά ο αγροτικός πληθυσμός συνέχισε να βρίσκεται πίσω από τον αστικό, 37% μη εξυπηρετούμενος έναντι 18% του αστικού πληθυσμού (FAO, 1994).

Διεθνώς, για να επιτευχθεί σημαντική πρόοδος στην διαθεσιμότητα αστικού και αγροτικού νερού θα απαιτούσε τριπλασιασμό της επένδυσης η οποία είχε γίνει μέχρι το 1980. Το μέγεθος της επένδυσης στην προμήθεια και επεξεργασία νερού είχε μέχρι τότε κατευθυνθεί στον αστικό πληθυσμό και τους εύπορους. Θεωρητικά οι αστικές συγκεντρώσεις θα έπρεπε να προσφέρουν οικονομίες κλίμακας, όμως οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις έγιναν δύσκολο να αντιμετωπιστούν.

Ο κάθε άνθρωπος χρειάζεται περίπου 5 λίτρα νερού την ημέρα για να πει και να μαγειρέψει, σύμφωνα με τον WHO, αλλά για να διατηρείται καθαρός και σε καλή υγεία χρειάζεται περίπου 30 λίτρα την ημέρα (11 κυβικά μέτρα τον χρόνο). Συγκριτικά οι καταναλώσεις ανά άτομο για αστικές και δημοτικές χρήσεις κατά FAO (1994) είναι:

Παγκόσμια:	52	m ³ /year
Αφρική:	17	m ³ /year
Ασία:	31	m ³ /year
Νότια/Κεντρική Αμερική:	167	m ³ /year
Βόρεια Αμερική:	86	m ³ /year
Ευρώπη:	92	m ³ /year
Πρώην Σοβιετική Ένωση:	90	m ³ /year

Τα παραπάνω μεγέθη αφορούν την χρήση ανεξαρτήτως ποιότητας νερού που χρησιμοποιείται.

Διεθνώς οι καταναλώσεις για αστικές και δημοτικές χρήσεις καλύπτουν το 8% του συνόλου. Το ποσοστό αυτό είχε εκτιμηθεί ότι θα αυξανόταν πολύ έως και διπλασιασμού από αυτό του 1980 και θα έφτανε το 11% της ολικής χρήσης. Η απότομη αύξηση του πληθυσμού ειδικότερα στις χώρες του τρίτου κόσμου θεωρείτο υπεύθυνη για αυτήν την αύξηση (FAO, 1994).

Αγροτική χρήση

Η άρδευση ήταν και παραμένει μεγάλης σημασίας για την παροχή τροφής και εργασίας στους αναπτυσσόμενους πληθυσμούς παγκοσμίως. Στις αναπτυσσόμενες χώρες οι αρδευόμενες εκτάσεις αντιστοιχούν στο 16% της όλης καλλιεργήσιμης γης και παρέχουν το 37% της παραγωγής δηλώνοντας παραγωγικότητα τρεις φορές μεγαλύτερη από τα μη αρδευόμενα εδάφη (FAO, 1994).

Η άρδευση και οι ποικιλίες βελτιωμένων σπόρων ήταν η βάση για την «πράσινη επανάσταση» η οποία έκανε το μεγαλύτερο μέρος της Ασίας επαρκές σε τροφή. Αλλά οι απαιτήσεις νερού για την άρδευση είναι πολύ υψηλές. Οι σοδειές απαιτούν τεράστιες ποσότητες νερού, το οποίο κάνει το νερό τον βασικότερο περιοριστικό παράγοντα για την παγκόσμια αγροτική παραγωγή.

Ανάλογα με την ποικιλία και την τοποθεσία, η παραγωγή ενός τόνου από δημητριακά απαιτεί ανάμεσα σε 500 και 2000 κυβικά μέτρα νερού (οι κατακλυζόμενες καλλιέργειες είναι οι πιο σπάταλες). Εφόσον ένας τόνος δημητριακά καλύπτει την ετήσια κατανάλωση τεσσάρων ατόμων σε παγκόσμιο μέσο όρο, μπορεί να εκτιμηθεί ότι ο μέσος καταναλωτής από αρδευόμενα δημητριακά έμμεσα χρησιμοποιεί 400 κυβικά μέτρα νερό τον χρόνο για σύγκριση με τα λίγα κυβικά μέτρα ανά άτομο για αστικές και δημοτικές χρήσεις (FAO, 1994).

Η άρδευση λοιπόν είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού στον κόσμο αφού περίπου το 70% της συνολικής κατανάλωσης είναι για άρδευση. Συγκριτικά οι καταναλώσεις ανά άτομο για αγροτική χρήση είναι (FAO, 1994):

Παγκόσμια:	444	m ³ /year
Αφρική:	216	m ³ /year
Ασία:	446	m ³ /year
Νότια/Κεντρική Αμερική:	912	m ³ /year
Βόρεια Αμερική:	282	m ³ /year
Ευρώπη:	235	m ³ /year
Πρώην Σοβιετική Ένωση:	832	m ³ /year

Καθώς η ζήτηση για αγροτικά προϊόντα αυξάνεται, δημιουργείται η ανάγκη για επιπλέον αρδευόμενη γη και αντίστοιχες ποσότητες νερού. Διεθνώς η αρδευόμενη γη είχε αυξηθεί από περίπου 50 εκατ.εκτάρια το 1900 σε 100 εκατ. το 1950 και περισσότερα από 240 εκατ. το 1994 για να καλυφθούν οι αυξανόμενες ανάγκες του τρίτου κόσμου. Σε πολλά σημεία του

κόσμου έρημοι όπως η Καλιφόρνια και η Αίγυπτος μετατράπηκαν σε παραγωγική γεωργική γη.

Οι αρδευόμενες εκτάσεις δεν θα επεκταθούν ξανά με ρυθμούς συγκρίσιμους με την αύξηση του πληθυσμού, όπως έγινε την δεκαετία του 60 και του 70. Αυτό οφείλεται στο ότι οι περιοχές με υδρολογικό ενδιαφέρον ως προς αξιοποίηση τους είναι όλο και πιο σπάνιες. Αυτοί οι φυσικοί περιορισμοί θα αυξήσουν το κόστος της ανάπτυξης της άρδευσης. Τα παραπάνω σε συνδυασμό με την ανάγκη να υιοθετηθούν αποτρεπτικά μέτρα εναντίον της υποβάθμισης της γης, η οποία προκαλείται από την άρδευση, και τα συνήθη κοινωνικά, υγειονομικά και περιβαλλοντικά κόστη αποθαρρύνουν την κατασκευή έργων για αρδεύσεις μεγάλης κλίμακας.

Γενικότερα, η αύξηση του πληθυσμού αλλά και η οικονομική ανάπτυξη θα ασκήσουν πίεση στους υδατικούς πόρους πολύ μεγαλύτερη από αυτή που θα ασκήσουν στην χρήση γης. Η Αφρική και η Ασία ήδη υποφέρουν από την μείωση της ποσότητας διαθέσιμου νερού ανά άτομο και πολλές χώρες είναι ήδη πιο κοντά στα όρια των υδατικών πόρων τους απ' ότι στα όρια της γης τους.

Βιομηχανική χρήση

Η βιομηχανική παραγωγή στηρίζεται στο νερό για την επεξεργασία, την ψύξη και την απομάκρυνση των υγρών ρύπων. Αυτή η κατηγορία αναγκών είναι γρήγορα αυξανόμενη. Η αύξηση του πληθυσμού συνεισφέρει σε αυτό αν και σε μικρότερο βαθμό από την αύξηση εισοδήματος και την αλλαγή των αναγκών.

Συγκριτικά οι καταναλώσεις ανά άτομο για βιομηχανική χρήση είναι οι (FAO, 1994) :

Παγκόσμια:	148	m ³ /year
Αφρική:	12	m ³ /year
Ασία:	42	m ³ /year
Νότια/Κεντρική Αμερική:	782	m ³ /year
Βόρεια Αμερική:	110	m ³ /year
Ευρώπη:	385	m ³ /year
Πρώην Σοβιετική Ένωση:	346	m ³ /year

Σύμφωνα με τις προβλέψεις του FAO οι παγκόσμιες απαιτήσεις θα αυξανόταν τουλάχιστον κατά 50% και ίσως και 70% ανάμεσα στο 1980 και το 2000 με τη γρηγορότερη ανάπτυξη να λαμβάνει χώρα στην Αφρική και την Νότια Αμερική, αλλά τη μεγαλύτερη αύξηση σε απόλυτους αριθμούς στην Ασία.

Συνολική χρήση και ανταγωνισμός ανάμεσα στους τομείς

Το συνολικό ανά άτομο επίπεδο κατανάλωσης κυμαίνεται από 10 μέχρι παραπάνω από 6.000 κυβικά μέτρα τον χρόνο. Τα χαμηλότερα επίπεδα συναντώνται στις φτωχές αναπτυσσόμενες χώρες και κυρίως στην Αφρική. Τα υψηλότερα επίπεδα παρουσιάζονται σε μερικές χώρες με υψηλά ποσοστά αρδευόμενης γης ανά άτομο (Ιράκ, Πακιστάν και Δημοκρατίες Κεντρικής Ασίας της πρώην Σοβιετικής Ένωσης).

Στο δεύτερο μισό του προηγούμενου αιώνα οι καταναλώσεις νερού αυξάνονταν ανάμεσα σε 4 και 8% κάθε χρόνο. Η χρήση του νερού συνεχίζει να αυξάνεται στις αναπτυσσόμενες χώρες αλλά σταθεροποιείται στις βιομηχανικές χώρες. Σαν αποτέλεσμα η παγκόσμια κατανάλωση αναμένεται να αυξάνεται κατά 2 ή 3% κάθε χρόνο. Ακόμα, τα προβλήματα υδροδότησης θα συνεχίσουν να μεγαλώνουν. Το γλυκό νερό απομακρύνεται από κάποιες λεκάνες απορροής ποταμών σε ρυθμούς που πλησιάζουν αυτούς με τους οποίους ανανεώνεται και από κάποιους υπόγειους υδροφόρους με ρυθμούς όπου συχνά ξεπερνούν αυτούς της φυσικής ανανέωσης.

Η ζήτηση του νερού στο μέλλον θα χαρακτηριστεί από αυξανόμενο ανταγωνισμό ανάμεσα στους τομείς, ειδικότερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ο ανταγωνισμός θα είναι ιδιαίτερα αυξημένος γύρω από τις πόλεις όπου συνυπάρχουν απαιτήσεις για οικιακή, βιομηχανική και γεωργική χρήση. Εάν οι επαρχιακοί χρήστες δεν έχουν επαρκή πρόσβαση σε αποθέματα νερού, θα μεγαλώσει η μετανάστευση προς τις πόλεις.

Στις αναπτυγμένες χώρες η χρήση του νερού σταθεροποιείται ενώ οι μέθοδοι οικονομίας νερού καθώς και επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης νερού σταδιακά επεκτείνονται και το κόστος της προμήθειας και επεξεργασίας του νερού κατανέμεται καλύτερα στους χρήστες. Στις αναπτυσσόμενες χώρες υπάρχει συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση, λόγω της ανάπτυξης της βιομηχανίας, της γεωργίας αλλά και των αστικών και δημοτικών χρήσεων.

2.1.2 Επίδραση της αύξησης του πληθυσμού στους υδατικούς πόρους

Ο ανθρώπινος πληθυσμός επιδρά στους υδατικούς πόρους με άμεσους και έμμεσους τρόπους. Άμεσα, με αλλαγές στον κύκλο του νερού αλλά και στην ποιότητά του με τις απολήψεις και την ρίψη αποβλήτων, με τις διευθετήσεις των ποταμιών κλπ. Έμμεσα μέσω της αλλαγής στην βλάστηση και στην επιφανειακή κάλυψη του εδάφους. Η μείωση των δασών και η συμπίκνωση των εδαφών μειώνουν την απορροφητική ικανότητα του εδάφους και αυξάνουν την επιφανειακή απορροή προκαλώντας πλημμύρες και προβλήματα στην επαναπλήρωση των υδροφόρων οριζόντων. Η διάβρωση του επιφανειακού καλύμματος μειώνει την διήθηση του νερού προκαλώντας και ρύπανση του νερού. Τέλος και η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά στις χημικές ιδιότητες του νερού μέσω της βροχόπτωσης (όξινες βροχές).

Επίδραση στο επιφανειακό νερό

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες επηρεάζουν τις απορροές των ποταμών κυρίως με τις άμεσες απολήψεις νερού, την νομοθεσία για τα ποτάμια και αλλαγές των χρήσεων γης, οι οποίες επιδρούν έντονα στην υδρολογική συμπεριφορά των λεκανών.

Η μείωση των δασικών εκτάσεων είναι από τους κυριότερους λόγους αλλαγής της υδρολογικής συμπεριφοράς των λεκανών. Η ύπαρξη δασών μειώνει την επιφανειακή απορροή και αυξάνει την ποσότητα του νερού που διηθείται στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Η μείωση των δασικών εκτάσεων οδηγεί σε αύξηση της επιφανειακής απορροής και μείωση του όγκου του νερού ο οποίος μπορεί να αποθηκευτεί. Η επιφανειακή απορροή στο μεγαλύτερο μέρος της έχει την μορφή πλημμυρικών γεγονότων κατά την διάρκεια των βροχερών εποχών, ενώ στις ξηρές εποχές η απορροή των ποταμών είναι όλο και μικρότερη.

Η αύξηση του πληθυσμού επιδρά σημαντικά στη μείωση των δασών μέσα από τις αυξημένες ανάγκες για καλλιεργήσιμη γη και ξύλα που δημιουργεί.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της επίδρασης της μείωσης των δασών είναι η Αιθιοπία, στην οποία μόνο το 6% των δασικών της εκτάσεων έχουν απομείνει. Το επιφανειακό εδαφικό της κάλυμμα διαβρώνεται κατά την διάρκεια πλημμυρών και καταλήγει στα ποτάμια με ρυθμούς 2.000 tn/km²/year (Gebeyehu Admasu, 1989, FAO, 1994). Η επίδραση από την απώλεια των δασών είναι τόσο μεγάλη, ώστε να οδηγεί σε έλλειψη νερού ακόμα και σε χώρες όπως η Αιθιοπία με άφθονες βροχοπτώσεις.

Η αστικοποίηση έχει επίσης έντονη επίδραση στην κατανομή του νερού. Όταν οι δρόμοι και άλλες αδιαπέρατες επιφάνειες αντικαθιστούν διαπερατά εδάφη και βλάστηση, ο όγκος, η ταχύτητα και η θερμοκρασία της τοπικής απορροής αυξάνουν και η βασική ροή των ποταμών την ξηρά περίοδο μειώνεται.

Επίδραση στο υπόγειο νερό

Οι περισσότεροι από τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες σήμερα αντλούνται από τους με ρυθμούς πολύ μεγαλύτερους από αυτούς που επαναπληρώνονται μέσω της διήθησης του νερού από τα επιφανειακά εδάφη. Αυτό συναντάται κυρίως σε περιοχές οι οποίες καλλιεργούνται εντατικά, όπως η Κεντρική Κουάδα της Καλιφόρνιας η οποία παράγει την μισή από την παγκόσμια παραγόμενη ποσότητα των φρούτων και λαχανικών και την περιοχή Great Plains όπου οι αγρότες για να παράγουν βαμβάκι έχουν σχεδόν εξαντλήσει τον Ogallala, ένα από τους μεγαλύτερους υπόγειους υδροφόρους στην γη.

Σύμφωνα με την Postel (2000) η συνολική ετήσια υπεράντληση των υπόγειων υδροφόρων είναι 160 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα, ποσότητα ίση με την ετήσια παροχή δύο Νείλων. Όταν κατά μέσο όρο απαιτείται ένας τόνος νερού για την παραγωγή ενός τόνου δημητριακών τότε τα 160 εκατομμύρια τόνοι δημητριακών, περίπου το 10 % της παγκόσμιας παραγωγής, βασίζεται στην υπεράντληση των μη επαναπληρούμενων υδροφόρων. Η έλλειψη αυτή στο ισοζύγιο του νερού αναμένεται να δημιουργήσει προβλήματα στο άμεσο μέλλον.

Ρύπανση του νερού

Οι περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες συμβάλλουν στην μόλυνση του επιφανειακού και υπόγειου νερού, είτε άμεσα (με την επιστροφή διαλυμένων ρύπων στα υδάτινα σώματα) είτε έμμεσα (με απόθεση αποβλήτων στο έδαφος τα οποία και αυτά καταλήγουν στα σώματα νερού). Το γλυκό νερό μολύνεται όλο και περισσότερο με οργανικά συστατικά, τοξικά μέταλλα και χημικά που χρησιμοποιούνται στην γεωργία και την βιομηχανία. Δευτερεύουσες αλλά αυξανόμενες πηγές ρύπων είναι τα ορυχεία και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι οι οποίοι καταλήγουν και αυτοί τελικά στα υδάτινα σώματα.

Εκτιμάται (FAO, 1994) ότι το 42% των αστικών και δημοτικών χρήσεων επιστρέφει στον κύκλο του νερού, το οποίο ισούται με το 11% των συνολικών υγρών αποβλήτων και το 87% του νερού το οποίο χρησιμοποιείται από την βιομηχανία, το οποίο ισούται με το 47% των συνολικών υγρών αποβλήτων. Το νερό που χρησιμοποιείται από την βιομηχανία είναι συνήθως μολυσμένο με χημικά και βαριά μέταλλα και η θερμοκρασία του είναι αυξημένη.

Στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες ο έλεγχος της ρύπανσης, όπου υπάρχει, δεν συμβαδίζει με την αστικοποίηση και τη βιομηχανοποίηση.

Ενώ στις αναπτυγμένες χώρες η βιομηχανία και οι αστικές και δημοτικές χρήσεις είναι οι κυριότερες αιτίες ρύπανσης, στις αναπτυσσόμενες είναι η γεωργία λόγω της χρήσης φυτοφαρμάκων, της άρδευσης (άρδευση χωρίς ικανοποιητική αποστράγγιση οδηγεί σε μεγάλη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος) και της απομείωσης των δασών για δημιουργία καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Η άρδευση επιστρέφει μόνο το 25% του νερού που χρησιμοποιεί στην απορροή του νερού, το οποίο ισούται με το 42% των συνολικών υγρών αποβλήτων. Ο συνδυασμός της αύξησης της καλλιεργήσιμης γης και της χρήσης φυτοφαρμάκων στις αναπτυσσόμενες χώρες, οδηγεί σε βαριά μολυσμένα απόβλητα, τα οποία αποτελούν απειλή για τα υδάτινα οικοσυστήματα. Η συγκέντρωση του νερού με την δημιουργία φραγμάτων επηρεάζει επίσης την ποιότητα του νερού κατάντη του φράγματος με την μείωση των θρεπτικών συστατικών του και την αύξηση των αλάτων σε αυτό. Ένας ακόμα τρόπος που επιδρά η άρδευση στην ποιότητα του νερού είναι μέσω της χρήσης των κατακλυζόμενων χωραφιών, τα οποία καταστρέφουν τους φυσικούς μηχανισμούς φιλτραρίσματος του εδάφους με αποτέλεσμα την εισροή περισσότερων ρύπων στα υπόγεια υδάτινα σώματα.

Η κτηνοτροφία είναι ένας ακόμα λόγος ρύπανσης του νερού με οργανικές ουσίες σε αρκετές χώρες.

2.1.3 Επιδράσεις της έλλειψης νερού. Προβλέψεις για το μέλλον

Δεδομένου του σημαντικού ρόλου του νερού στις ανθρώπινες δραστηριότητες, οι επιδράσεις της έλλειψης του νερού είναι εν δυνάμει καταστροφικές. Αυτές που έχουν να κάνουν με την οικιακή χρήση είναι οι πιο σημαντικές δεδομένου ότι είναι άμεσα συνδεδεμένες με την ευμάρεια του ανθρώπου. Η έλλειψη πόσιμου νερού επιδρά στην διατροφή και την υγεία μέσω της μειωμένης ενυδάτωσης και του μαγειρέματος. Επίσης επιδρά στον φόρτο εργασίας καθώς απαιτούνται μεγαλύτερα και πιο συχνά ταξίδια για την προμήθεια του νερού. Οι γυναίκες και τα παιδιά είναι αυτοί που επηρεάζονται περισσότερο και από τις δύο πλευρές. Ταυτόχρονα η μόλυνση του νερού χειροτερεύει τις καταστάσεις επιδρώντας στην ανθρώπινη υγεία. Ο Διεθνής Οργανισμός Υγείας εκτιμάει ότι 250 εκατομμύρια περιπτώσεις ασθενειών που σχετίζονται με το νερό, όπως η χολέρα, εμφανίζονται κάθε χρόνο, οδηγώντας στον θάνατο 5 με 10 εκατομμύρια ανθρώπους.

Η μείωση των αποθεμάτων του νερού συνήθως οδηγεί σε προβλήματα ποιότητας νερού από την στιγμή που η αποχέτευση, τα βιομηχανικά απόβλητα και οι αγροτικές και αστικές απορροές ξεπερνούν την ικανότητα των υδάτινων σωμάτων να διασπάσουν τα βιοδιασπάσιμα απόβλητα και να αραιώσουν τα μη βιοδιασπάσιμα.

Η έλλειψη νερού επίσης περιορίζει την οικονομική ανάπτυξη, κυρίως σε σχέση με την γεωργία και την παραγωγή τροφής. Η γεωργία η οποία είναι από τους κυριότερους καταναλωτές νερού, είναι και το μεγαλύτερο θύμα της έλλειψης του. Οι προοπτικές για περαιτέρω ανάπτυξη στηρίζονται στην ανάπτυξη των μεθόδων άρδευσης.

Οι οικονομικές επιπτώσεις διαφέρουν πολύ σε σχέση με το ποιοι τομείς επηρεάζονται περισσότερο όταν ο ανταγωνισμός για το νερό γίνεται έντονος. Κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις οι αστικές και βιομηχανικές χρήσεις, οι οποίες υποστηρίζονται από μεγαλύτερη αγοραστική δύναμη, δημιουργούν περιορισμούς στις γεωργικές χρήσεις. Αντιθέτως σε άλλες περιπτώσεις η κατανάλωση νερού για την γεωργία έχει αφήσει τους ανθρώπινους οικισμούς και την βιομηχανία στις κατάντη περιοχές με έλλειψη νερού. Οι επιδράσεις μπορεί να είναι πολλαπλές, όπως στην περίπτωση της Αράλης όπου η μειωμένη απορροή των ποταμών η οποία προέκυψε από μεγάλης έκτασης επέκταση των αρδευόμενων εκτάσεων στην περιοχή έχει καταστρέψει σε μεγάλο βαθμό όλες τις οικονομικές δραστηριότητες μίας περιοχής, συμπεριλαμβάνοντας την καταστροφή εκτροφείων ψαριών και την υποβάθμιση των καλλιεργούμενων περιοχών (Postel, 2000).

Μία μέθοδος περιγραφής των επίπεδων ανταγωνισμού για το νερό αναπτύχθηκε από την παρατήρηση περιοχών όπου κατεγράφησαν επαρκώς και οι κατά άτομο καταναλώσεις και τα προβλήματα που προέκυψαν από την χρήση του νερού (FAO, 1994).

Σύμφωνα με αυτό το ευρέως χρησιμοποιήσιμο μοντέλο:

- ♦ Πληθυσμιακές πιέσεις κάτω από 600 ανθρώπους ανά μονάδα ροής (P/FU, 1FU=1 εκατ. κυβικά μέτρα) δεν θεωρούνται σημαντικό πρόβλημα παρόλο που μπορεί να προκύψουν προβλήματα ποιότητας νερού και προβλήματα υδροδότησης τις ξηρές περιόδους.
- ♦ Ανάμεσα σε 600 και 1000 P/FU οι πιθανότητες να παρουσιαστούν προβλήματα ποιότητας ή/και ποσότητας νερού αυξάνουν σημαντικά. Αυτό το στάδιο χαρακτηρίζεται ως στάδιο «πίεσεων για το νερό» (water stress stage).
- ♦ Ανάμεσα σε 1000 και 2000 P/FU τα προαναφερθέντα προβλήματα είναι συνήθη και επηρεάζουν την ανθρώπινη και οικονομική ανάπτυξη. Αυτό είναι το στάδιο της «έλλειψης νερού» (scarcity stage)
- ♦ 2000 P/FU είναι η μέγιστη πυκνότητα πληθυσμού που μπορεί να αντιμετωπισθεί με την παρούσα τεχνολογία και δυνατότητες διαχείρισης και χαρακτηρίζεται ως «φράγμα νερού» (water barrier).

Τα παραπάνω χρησιμοποιήθηκαν για να προβλεφθεί η έλλειψη του νερού το 2025 για όλες τις χώρες. Συγκεντρωτικά προέκυψε (FAO, 1994):

- ♦ 15 χώρες θα υποφέρουν από «πίεση νερού». Αυτές είναι:

Αφγανιστάν	Ινδία	Λεσόθο	Περου
Μπουρκίνα Φάσο	Κορέα	Μαδαγασκάρη	Πολωνία
Χάνα	Λίβανος	Μονζαβίκη	Τανζανία
Ζιμπάμπουε	Τόγκο	Ουγκάντα	

- ♦ 9 χώρες θα υποφέρουν από «έλλειψη νερού». Αυτές είναι:

Καμόρας	Αϊτή	Κύπρος
Αίγυπτος	Ιράν	Νότιος Αφρική
Αιθιοπία	Μαρόκο	Συρία

- ♦ 22 χώρες θα συναντήσουν «φράγμα νερού» πριν το 2025. Αυτές είναι:

Αλγερία	Μπαχρέιν	Μπαρμπάντος	Μπουρούντι
Ιορδανία	Κένυα	Κουβέιτ	Ισραήλ
Λιβύη	Μαλάουι	Μάλτα	Ντιμπουχτί
Ομάν	Σαουδική Αραβία	Σιγκαπούρη	Ρουάντα
Σομαλία	Τυνησία	Αραβικά Εμιράτα	Υεμένη
Πράσινο Ακρωτήριο	Κατάρ		

Ένας αναλυτικότερος πίνακας (Πίν.2.1) παρουσιάζεται για την Αφρική. Το υδατικό δυναμικό στην περιοχή δεν είναι σπουδαίο: όταν η ολική απορροή συσχετίζεται με την ολική έκταση της γης, ο δείκτης της Αφρικής είναι ο μισός από τον παγκόσμιο δείκτη.

Οι προβλέψεις για την Αφρική είναι ότι οι ανάγκες για νερό θα αυξηθούν ταχύτατα τα επόμενα χρόνια. Η αύξηση της απόδοσης της γεωργίας και η βιομηχανική ανάπτυξη θα απαιτήσουν μεγάλες ποσότητες νερού. Επίσης η βελτίωση της υγιεινής εξαρτάται άμεσα από την αύξηση του νερού για οικιακή χρήση.

Στον Πίν.2.1 κατηγοριοποιούνται οι χώρες της Αφρικής κατά (α) το επίπεδο ανταγωνισμού για το νερό (άτομα ανά μονάδα ροής, P/FU, 1FU=1 εκατ. κυβικά μέτρα) και (β) το απαιτούμενο επίπεδο τεχνολογίας για την γεωργία, το οποίο απαιτείται για την διασφάλιση της επάρκειας τροφής το 2025.

Σύμφωνα με μελέτη του CGIAR (1999), το ένα τρίτο του παγκόσμιου πληθυσμού θα αντιμετωπίσει σοβαρή έλλειψη νερού μέσα στα επόμενα 25 χρόνια. Η μελέτη, η οποία εξέτασε τον κύκλο χρήσης και επαναχρησιμοποίησης του γλυκού νερού, κατέληξε στο ότι οι πηγές νερού οι οποίες τροφοδοτούσαν τα πηγάδια, τις λίμνες και τα ποτάμια εξαφανίζονται.

Όπως αναφέρει ο David Secker, γενικός διευθυντής του Water Institute και ένας από τους συγγραφείς του CGIAR (1999) «η έλλειψη νερού είναι η μεγαλύτερη απειλή για την δημόσια υγεία, το περιβάλλον, την παγκόσμια προμήθεια τροφής αλλά και την παγκόσμια ειρήνη δεδομένου ότι χώρες στην Ασία και την Μέση Ανατολή αντιμετωπίζουν μεγάλα προβλήματα να αντεπεξέλθουν στην ζήτηση. Η έλλειψη του νερού θα δημιουργήσει προβλήματα αποσταθεροποίησης μέσα στην κάθε χώρα, οι διάφοροι τομείς ανάπτυξης θα ανταγωνίζονται μεταξύ τους για την χρήση των περιορισμένων ποσοτήτων νερού, αλλά και των χωρών μεταξύ τους. Η Αίγυπτος έχει ήδη απειλήσει με πόλεμο για να προστατεύσει τις προμήθειες νερού της και ο πρόεδρος Καντάφι της Λιβύης έχει προειδοποιήσει για το ότι ο επόμενος πόλεμος στην Μέση Ανατολή θα γίνει για το νερό».

Η μελέτη του CGIAR (1999) προεκτιμάει τα αποθέματα νερού και την ζήτηση για 118 χώρες για την περίοδο 1990 – 2025 και δίνει παρόμοια αποτελέσματα με αυτή του FAO (1994). Εξετάζει για κάθε χώρα όχι μόνο την ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από τους τέσσερις βασικούς τομείς που χρησιμοποιούν νερό, γεωργία, βιομηχανία, αστικές χρήσεις και περιβάλλον αλλά και την ποσότητα του νερού που απομένει για χρήση και πόσο επιστρέφει στο έδαφος και επαναπληρώνει τους υδροφόρους. Τα τελευταία χρόνια όσο περισσότερο νερό χρησιμοποιείται για να καλύψει τις ανάγκες σε κάθε ένα από τους παραπάνω τομείς του αυξανόμενου πληθυσμού, τόσο λιγότερο απομένει για την επαναπλήρωση των υπόγειων αποθεμάτων.

Πίν. 2.1 Κατάταξη χωρών Αφρικής ανάλογα με τον ανταγωνισμό για το νερό και το επίπεδο της τεχνολογίας που θα χρειαστούν για την διασφάλιση τροφικής επάρκειας το 2025:

Στάδιο	Χαμηλό Επίπεδο	Μεσαίο Επίπεδο	Υψηλό Επίπεδο (με επάρκεια)	Υψηλό Επίπεδο (χωρίς επάρκεια)
P/FU < 100	Καμερούν Δημ.Κεντ. Αφρικής Κονγκό Ισημερινή Γουινέα Γκαμπόν Γουινέα Γουινέα Μπισσάου Λιβερία	Σιέρα Λεόνε		
P/FU:100-600	Αγκόλα Τσαντ Ακτή Ελεφαντοστού Ζαίρ Ζάμπια	Μποτσουάνα Γκάνα Σουδάν	Μαυριτανία Ναμίμπια Μάλι Σενεγάλη	Νιγηρία
P/FU:600-1000 «πίεση νερού»		Μπενίν Γαλ.Μπουρκίνα Φασό Κάμπια Μοζαμβίκη	Αιθιοπία Ουγκάντα	
P/FU:1000-2000 «έλλειψη νερού»		Τανζανία Τόγκο Ζιμπάμπουε	Νιγηρία	Αλγερία Αίγυπτος Λεσόθο Λιβύη Μαρόκο Σομαλία
P/FU>2000 «φράγμα νερού»		Μαλάουι		Μπουρούντι Κένυα Ρουάντα Τυνησία

Οι χώρες οι οποίες χαρακτηρίζονται ότι θα αντιμετωπίσουν «απόλυτη έλλειψη νερού» είναι 17 χώρες στην Μέση Ανατολή, η Νότιος Αφρική και οι ξηρότερες περιοχές της δυτικής και νότιας Ινδίας και η Βόρεια Κίνα οι οποίες αθροίζουν 1 δισεκατομμύριο ανθρώπους σήμερα και εκτιμάται ότι θα αθροίζουν 1,8 δισεκατομμύριο ανθρώπους το 2025. Η μελέτη αναφέρει ότι παρότι η Ινδία και η Κίνα δεν θα αντιμετωπίσουν έντονα προβλήματα λειψυδρίας κατά μέσο όρο, θα παρουσιαστούν μεγάλες τοπικές ανομοιομορφίες στην διαθεσιμότητα του νερού.

Η μελέτη χωρίζει τις χώρες σε τέσσερις κατηγορίες:

- ♦ Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις χώρες με την μεγαλύτερη έλλειψη νερού και οι οποίες το 2025 δεν θα έχουν αρκετό νερό για να διατηρήσουν στα επίπεδα του 1990 τις καταναλώσεις ανά άτομο για παραγωγή τροφής από αρδευόμενες εκτάσεις, καθώς και τις καταναλώσεις για οικιακές και βιομηχανικές χρήσεις και το περιβάλλον.
- ♦ Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει χώρες οι οποίες έχουν εν δυνάμει αρκετό νερό για να αντιμετωπίσουν τις απαιτήσεις του 2025, αλλά θα πρέπει να υπερδυσπλασιάσουν τις προσπάθειές τους για προμηθευτούν το νερό. Οι χώρες αυτές χαρακτηρίζονται ως χώρες με «οικονομική έλλειψη νερού».

24 χώρες κυρίως στην περιοχή κάτω από την Σαχάρα προβλέπεται ότι θα αντιμετωπίσουν πολύ μεγάλη έλλειψη νερού κυρίως διότι θα είναι σχεδόν αδύνατο να βρουν τους οικονομικούς πόρους για να κατασκευάσουν αρκετά έργα για συλλογή και διάθεση νερού, όπως φράγματα και αρδευτικά έργα. Οι χώρες αυτές αριθμούσαν 350 εκατομμύρια ανθρώπους το 1990 και προβλέπεται ότι θα αριθμούν 900 εκατομμύρια το 2025.

- ♦ Οι υπόλοιπες χώρες ανήκουν στις κατηγορίες 3 και 4 και περιλαμβάνουν χώρες Βόρειας Αμερικής και Ευρώπης. Για αυτές τις χώρες θα υπάρχει σχετικά λιγότερη πίεση στα αποθέματα νερού και με μέτριες απαιτήσεις για αύξηση των έργων αξιοποίησης του νερού.

Στον Πίν. 2.2 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της μελέτης.

Η μελέτη δείχνει ότι αυτοί οι οποίοι θα υποφέρουν περισσότερο θα είναι οι κάτοικοι των φτωχότερων χωρών. Ήδη οι γυναίκες και τα παιδιά αυτών των χωρών περπατούν μεγάλες αποστάσεις για να συλλέξουν νερό για το μαγείρεμα και άλλες οικιακές χρήσεις και οι αγρότες δεν μπορούν να αξιοποιήσουν την γη τους καθώς τα αποθέματα του νερού μειώνονται και μαζί με αυτά μειώνεται και η πανίδα καθώς περιοχές όπου παλιά υπήρχε νερό σταδιακά ξεραίνονται.

Η μεγαλύτερη επίδραση της έλλειψης του νερού είναι στην παραγωγή τροφής για τους φτωχούς. Για να καλυφθούν οι παγκόσμιες ανάγκες σε τροφή το 2025 η μελέτη ακολούθησε δύο σενάρια. Στο πρώτο δεν υπήρχε αύξηση της αποτελεσματικότητας της άρδευσης ενώ στο δεύτερο προβλεπόταν μεγάλη αύξηση. Κατά το πρώτο σενάριο 60% περισσότερο νερό θα χρειαζόταν για άρδευση για να ικανοποιηθούν οι παγκόσμιες ανάγκες σε τροφή το 2025. Ακόμα και όταν η αποτελεσματικότητα της άρδευσης αυξανόταν πολύ, θα χρειαζόταν 13 έως 17 % περισσότερο νερό και ταυτόχρονα θα παρέμεναν 2,7 δισεκατομμύρια άνθρωποι με

ελλείψεις νερού. Η μελέτη χρησιμοποίησε το μέσο όρο αύξησης του πληθυσμού που δίνεται από τα Ενωμένα Έθνη.

Πίν. 2.2 Κατηγοριοποίηση χωρών ανάλογα με την δυνατότητα κάλυψης αναγκών νερού το 2025 (CGIAR,1999)

Κατηγορία 1 Απόλυτη έλλειψη νερού	Κατηγορία 2 Οικονομική έλλειψη νερού	Κατηγορία 3 Σχετική επάρκεια	Κατηγορία 4 Επάρκεια
Αίγυπτος	Αγκόλα	Αλβανία	Αγγλία
Αφγανιστάν	Αιθιοπία	Αλγερία	Αμερική
Ενωμένα Αραβικά Εμιράτα	Αϊτή	Αυστραλία	Αργεντινή
Ιορδανία	Ακτή Ελεφαντοστού	Βενεζουέλα	Αυστρία
Ιράκ	Γκαμπόν	Βολιβία	Βέλγιο
Ιράν	Γουινέα Μπισσάου	Βραζιλία	Βιετνάμ
Ισραήλ	Ζαίρ	Γουατεμάλα	Βόρεια Κορέα
Κουβέιτ	Καμερούν	Γουινέα	Βουλγαρία
Λιβύη	Κονγκό	Ελ Σαλβαδόρ	Γαλλία
Ομάν	Λεσόθο	Ζάμβια	Γερμανία
Πακιστάν	Λιβερία	Ζιμπάμπουε	Γερμανία
Σαουδική Αραβία	Μοζαμβίκη	Ινδονησία	Γκουάνα
Συρία	Μπενίν	Κάμπια	Δομινικάνικη Δημ.
Τυνησία	Μποτσουάνα	Καμπότζη	Εκουαδόρ
Υεμένη	Μπουρκίνα Φάσο	Κένυα	Ελβετία
(Ινδία)*	Μπουρούντι	Λίβανος	Ελλάδα
(Κίνα)*	Νίγηρας	Μαδαγασκάρη	Ιαπωνία
	Νιγηρία	Μαλαισία	Ισπανία
	Ουγκάντα	Μάλι	Ιταλία
	Παραγουάη	Μαρόκο	Καναδάς
	Σομαλία	Μαυριτανία	Κόστα Ρίκα
	Σουδάν	Μπελίζ	Κούβα
	Τσαντ	Μυανμάρ	Μεξικό
	Χάνα	Ναμίβια	Μπαγκλαντές
		Νέα Ζηλανδία	Νορβηγία
		Νεπάλ	Νότια Κορέα
		Νικαράγουα	Ολλανδία
		Ονδούρας	Ουγκαρία
		Περου	Ουραγουάη
		Σενεγάλη	Παναμάς

Τανζανία
Τουρκία

Πολωνία
Πορτογαλία
Ρουμανία
Σουηδία
Σουρινάμ
Σρι Λάνκα
Ταϊλάνδη
Τζαμάικα
Φιλανδία
(Ινδία)*
(Κίνα)*

(*) : Αυτές οι χώρες έχουν έντονα προβλήματα νερού σε τοπικό επίπεδο. Ένα μέρος του πληθυσμού τους (381 εκατ. άνθρωποι στην Κίνα το 1990 και 280 εκατ. άνθρωποι στην Ινδία το 1990) είναι στην κατηγορία 1. Οι υπόλοιποι είναι στην κατηγορία 4.

2.1.4 Τρόποι αντιμετώπισης της μεταβολής των υδατικών πόρων

Το πρόβλημα το οποίο καλείται η ανθρωπότητα να αντιμετωπίσει τα επόμενα χρόνια είναι το πώς θα ικανοποιήσει την δίψα και τις αυξανόμενες ανάγκες σε νερό, κυρίως σε χώρες του τρίτου κόσμου, ενώ θα προστατεύει τα υδάτινα οικοσυστήματα τα οποία επηρεάζουν όλη στην γη. Η λύση του προβλήματος βρίσκεται στην αντιμετώπιση τριών συνιστωσών. Η πρώτη είναι η διάθεση νερού για την διατήρηση των φυσικών οικοσυστημάτων, η δεύτερη είναι ο διπλασιασμός της αξιοποίησης του νερού που χρησιμοποιείται για τις ανθρώπινες δραστηριότητες και η τρίτη είναι η πρόσβαση σε νερό των φτωχών πληθυσμών

Για την αντιμετώπιση της πρώτης συνιστώσας χρειάζεται να θεσπιστούν νόμοι και κανονισμοί οι οποίοι θα εγγυώνται την διατήρηση των οικοσυστημάτων. Η Αυστραλία και η Νότιος Αμερική ηγούνται των προσπαθειών αυτών (Postel, 2000).

Η δεύτερη συνιστώσα στην αντιμετώπιση των μελλοντικών αναγκών είναι να βελτιστοποιηθεί η χρήση που γίνεται σε κάθε κυβικό νερού το οποίο συλλέγεται. Δεδομένου ότι η γεωργία κατέχει το 70% της παγκόσμιας χρήσης νερού, η αύξηση της αξιοποίησης σε αρδευόμενες περιοχές είναι πρώτη προτεραιότητα. Σήμερα λιγότερο από το μισό του νερού το οποίο απομακρύνεται από τα ποτάμια και τους υπόγειους υδροφόρους φτάνει στις καλλιέργειες, γεγονός το οποίο αφήνει μεγάλα περιθώρια βελτίωσης στον τομέα αυτό.

Όπως αναφέρει η Postel (2000) η χρήση της στάγδην άρδευσης μπορεί να αυξήσει πολύ την απόδοση της καλλιέργειας. Από μελέτες που έγιναν στην Ινδία, το Ισραήλ, την Ιορδανία, την Ισπανία και την Αμερική φάνηκε ότι η χρήση της στάγδην όδευσης μείωσε από 30 έως 70 % την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιούνταν και ταυτόχρονα αύξησε την απόδοση των καλλιεργειών κατά 20 έως 90 % λόγω του ότι επέτρεψε την διατήρηση ενός σχεδόν τέλειου περιβάλλοντος υγρασίας στις καλλιέργειες. Οι εκτάσεις οι οποίες αρδεύονται με στάγδην άρδευση αθροίζουν λίγο παραπάνω από 1% της συνολικής αρδευόμενης έκτασης, γεγονός το οποίο αφήνει μεγάλα περιθώρια βελτίωσης.

Η μελέτη του CGIAR (1999) προτείνει ως βασικότερη λύση στο πρόβλημα του υπόγειου νερού την επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφόρων χωρίς την μείωση της άρδευσης η οποία θα μείωνε και την παραγωγή τροφής. Ο καλύτερος τρόπος για να γίνει αυτό είναι να δεσμεύεται περισσότερο επιφανειακό νερό την εποχή των βροχών και να προωθείται στους υπόγειους υδροφόρους, ενώ θα αντλείται τις ξηρές εποχές. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την κατασκευή μικρών ταμιευτήρων οι οποίοι θα συγκρατούν το νερό της βροχής. Επίσης αντλίες γύρω από μεγάλα υδάτινα σώματα θα μπορούσαν να μεταφέρουν το νερό στους υπόγειους υδροφόρους. Αυτή είναι η προσέγγιση η οποία χρησιμοποιείται στην Καλιφόρνια.

Μία άλλη προσέγγιση η οποία μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική είναι η εξάπλωση της μεθόδου άρδευσης με κατάκλυση. «Η ειρωνεία είναι ότι ο κόσμος πιστεύει ότι τα κατακλυζόμενα χωράφια σπαταλούν πολύ νερό, όταν είναι από τους καλύτερους τρόπους για την διατήρηση υψηλής στάθμης υπόγειου υδροφόρου» λει ο David Secker, γενικός διευθυντής του Water Institute. Εδώ βέβαια πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν και αντίθετες απόψεις, δεδομένου ότι η κατάκλυση οδηγεί σε αυξημένες απώλειες εξατμισιοδιαπνοής.

Το αντίθετο πρόβλημα του υψηλού υδροφόρου ορίζοντα μολυσμένου ή υφάλμυρου νερού είναι επίσης σοβαρό και αντιμετωπίζεται σε περιοχές στην Ασία και την Μέση Ανατολή. Συναντιέται πολύ έντονο στο Πακιστάν όπου η αυξανόμενη στάθμη του νερού σκοτώνει φυτά με την κατάκλυση και προσθέτει σε καταστροφικά επίπεδα αλάτι στο έδαφος.

Στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του νερού μπορεί να βοηθήσει και η ανάπτυξη της πληροφορικής. Στην πολιτεία της Καλιφόρνιας λειτουργεί ένα δίκτυο από παραπάνω από 100 αυτοματοποιημένους μετεωρολογικούς σταθμούς, οι οποίοι συλλέγουν τοπικά δεδομένα για το κλίμα, όπως ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου, σχετική υγρασία, βροχόπτωση και θερμοκρασίες αέρος και εδάφους και μεταφέρουν τα δεδομένα σε κεντρικό υπολογιστή στο Sacramento. Για την κάθε τοποθεσία, ο υπολογιστής υπολογίζει την εξατμισιοδιαπνοή βοηθώντας τους αγρότες να υπολογίσουν τον ρυθμό με τον οποίο το έδαφος καταναλώνει νερό. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να ορίσουν με αρκετή ακρίβεια την ποσότητα του νερού που χρειάζεται η καλλιέργεια (Postel, 2000).

Καθώς οι πληθυσμοί των πόλεων αυξάνουν, η κατανάλωση νερού για αστικές χρήσεις χρειάζεται επίσης να περιοριστεί. Οι ΗΠΑ έχουν από το 1992 θεσπίσει κανόνες για τις βασικές αστικές ανάγκες οι οποίες καταναλώνουν νερό ως μέρος της Εθνικής Πολιτικής για την Ενέργεια (National Energy Policy Act). Οι κανόνες αυτοί περιορίζουν τους κατασκευαστές συσκευών όπως καζανάκι, βρύσες και ντουζιέρες σε συγκεκριμένες καταναλώσεις ανά είδος. Η κατανάλωση νερού υπό την προαναφερθείσα νομοθεσία θα οδηγήσει σε καταναλώσεις το 2025 κατά το ένα τρίτο μικρότερες από αυτές που θα πραγματοποιούντουσαν χωρίς τα καινούργια δεδομένα. Παρόμοια νομοθεσία πρέπει να θεσπιστεί και στις ραγδαία αναπτυσσόμενες πόλεις του τρίτου κόσμου.

Ένας από τους πιο εμφανείς τρόπους για να αυξηθεί η αξιοποίηση του νερού είναι η επαναχρησιμοποίηση του. Στο Ισραήλ, για παράδειγμα, επαναχρησιμοποιούν τα δύο τρίτα του νερού για αστικές χρήσεις για να ποτίσουν καλλιέργειες (Postel, 2000). Λόγω του ότι τα αστικά όπως και τα γεωργικά απόβλητα ενδέχεται να περιέχουν τοξικές ουσίες, η επαναχρησιμοποίηση πρέπει να παρακολουθείται. Με το να χρησιμοποιείται η κατάλληλη

ποιότητα νερού για την κατάλληλη κάθε φορά χρήση μπορούν να επιτευχθούν σημαντικές οικονομίες.

Η αντιμετώπιση της τρίτης παραμέτρου είναι και η πιο δύσκολη. Πρέπει να επεκταθεί η πρόσβαση σε πόσιμο νερό και στους φτωχούς πληθυσμούς της γης. Αυτός είναι ο πιο σίγουρος τρόπος να αντιμετωπιστούν οι επιδημίες και οι θάνατοι στις αναπτυσσόμενες χώρες. Με πρόσβαση σε νερό για άρδευση, χιλιάδες αγρότες θα μπορέσουν να αυξήσουν την παραγωγικότητά τους και το εισόδημά τους, μειώνοντας ταυτόχρονα τον υποσιτισμό και την φτώχεια.

2.2 Διαθεσιμότητα και αξιοποίηση των υδατικών πόρων στην Αφρική

2.2.1 Ανάπτυξη υδατικών πόρων

Τα συστήματα των ποταμών της Αφρικής είναι ο στόχος των αναπτυξιακών προγραμμάτων από την δεκαετία 1960 και σε πολλά από τα κύρια ποτάμια της ηπείρου έχουν κατασκευαστεί φράγματα για άρδευση, για παραγωγή ενέργειας και έλεγχο των πλημμυρών.

Η εκμετάλλευση των υδατικών πόρων στην Αφρική δεν έγινε, κατά κανόνα, με βάση την συνολική διαχείριση της λεκάνης απορροής ενός ποταμού, αλλά δίνοντας προτεραιότητα σε ιδιωτικά αναπτυξιακά έργα τα οποία συχνά είχαν αλληλοσυγκρουόμενους σκοπούς. Οι Αφρικανικές κυβερνήσεις και οι προσφερόμενοι χορηγοί, χρηματοδότησαν πολλά από τα δαπανηρά έργα στην ήπειρο στις δεκαετίες 1960 και 1970. Τα έργα αυτά ήταν έργα ευρείας κλίμακας και οι στόχοι που έθεταν ήταν:

- ◆ Η αύξηση επιπέδου παραγωγής τροφής
- ◆ Η αύξηση παραγωγής των καλλιεργειών για εξαγωγή έτσι ώστε να αυξηθούν τα κέρδη από συνάλλαγμα.
- ◆ Να γίνει καλλιεργήσιμη γη η οποία εθεωρείτο άχρηστη.
- ◆ Η καταπολέμηση της ξηρασίας και των μεγάλων περιόδων χωρίς βροχή, οι οποίες οξύνουν το πρόβλημα της διατροφικής ανασφάλειας.
- ◆ Η κάλυψη των αναγκών ενέργειας της βιομηχανίας και των αστικών εγκαταστάσεων και
- ◆ Η ικανοποίηση ανάγκης σε νερό του αστικού και αγροτικού πληθυσμού.

Το πρόγραμμα ανάπτυξης του νερού, το οποίο άρχισε στις αρχές της δεκαετίας 1960 και το οποίο χρηματοδοτήθηκε σοβαρά από χορηγούς όπως η World Bank και η USAID είναι κοινώς αποδεκτό ότι έχει αποτύχει. Ακόμα και ο FAO, ο οποίος προωθούσε υδατικά έργα στην ήπειρο για πολλά χρόνια, τώρα αναγνωρίζει ότι το πρόβλημα έχει βαθιές ρίζες και είναι πολύπλοκο.

Πολλά έργα στην Αφρική είτε υπολειπόμενα είτε έχουν αποτύχει να εκπληρώσουν τον αρχικό τους σκοπό συχνά με καταστροφικές συνέπειες για το περιβάλλον. Σε πολλές περιπτώσεις, έχει ωφεληθεί μόνο ένα μικρό τμήμα του πληθυσμού. Μερικές από τις αιτίες των χαμηλών αποτελεσμάτων είναι η κακή οργάνωση και σχεδιασμός και η έλλειψη συμμετοχής των κυρίως μετόχων στην διαμόρφωση πολιτικής και διαχείρισης του έργου (Rahmato, 1999).

Η απώλεια της παραδοσιακής γεωργίας και γης για βοσκή, η εκτόπιση και μετατόπιση πληθυσμού, η μακροχρόνια και πολλές φορές ανεπανόρθωτη καταστροφή του περιβάλλοντος, ο αυξημένος κίνδυνος υγείας, και η επέμβαση στην φυσική ροή των ποταμών επηρεάζοντας τις κατάντη περιοχές είναι μερικά από τα κόστη που οι κοινωνίες πρέπει να πληρώσουν λόγω της αποτυχίας των υδατικών έργων μεγάλης έκτασης (Adams, 1992).

Εν μέρει λόγω αυτών των αιτιών και εν μέρει λόγω της πίεσης των οικολογικών οργανώσεων, η Παγκόσμια Τράπεζα (World Bank) και άλλοι χρηματοδότες έχουν γίνει απρόθυμοι στο να χρηματοδοτήσουν ευρείας κλίμακας έργα.

Τα παραπάνω δεν σημαίνουν ότι δεν υπάρχουν επιτυχημένα έργα στην Αφρική. Θα μπορούσαν να υποδειχθούν αρκετά τέτοια έργα, τα οποία τουλάχιστον δεν συνδέθηκαν με σοβαρά προβλήματα όπως επίσης και παραδείγματα διασυνοριακού σχεδιασμού με σκοπό την αύξηση της αποτελεσματικότητας και την μείωση των αρνητικών επιπτώσεων των χρήσεων νερού. Μερικά από αυτά είναι:

- ♦ Το σχέδιο δράσης του Zambesi (Zambesi Action Plan) στην λεκάνη απορροής του Zambesi
- ♦ Το Volta River Authority
- ♦ Το Niger Development Board και
- ♦ Οι συμφωνίες για τα νερά του Νείλου

2.2.2 Κατασκευή μεγάλων έργων αξιοποίησης υδατικών πόρων

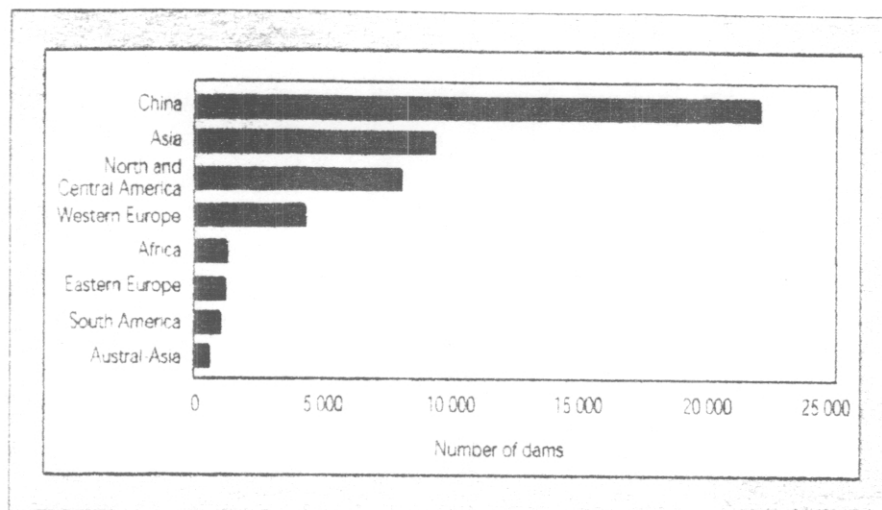
Σύμφωνα με απογραφή της ICOLD το 1998 (WCD, 2000) η οποία περιέχει πληροφορίες σχετικά με 25.420 μεγάλα φράγματα ανά τον κόσμο, στο Σχ. 2.1 παρουσιάζεται η κατανομή των μεγάλων φραγμάτων ανά τον κόσμο το έτος 2000, ενώ στο Σχ.2.2 το πότε έχουν κατασκευαστεί και στα Σχ. 2.3, 2.4, 2.5 και 2.6 ο πληθυσμός των φραγμάτων ανά κατηγορία (υδροηλεκτρικά, άρδευσης, ύδρευσης, αντυπλημμυρικά και πολλαπλών σκοπών) και περιοχή.

Τα παραπάνω έχουν βασιστεί σε καταγραφές για 25.420 φράγματα, τα οποία αποτελούν τμήμα μόνο των κατασκευασμένων φραγμάτων. Τα κράτη μέλη της ICOLD το 1996 αριθμούσαν 41.413 φράγματα (π.χ. στην Κίνα υπάρχουν καταγραφές για 1.855 φράγματα ενώ εκτιμάται ότι υπάρχουν 22.000 φράγματα)

Από την καταγραφή της ICOLD το 1998 (WCD,2000) προκύπτει ότι από το σύνολο των καταγεγραμμένων φραγμάτων 1.269 βρίσκονται στην Αφρική, με την Νότια Αφρική να έχει 539 και την Ζιμπάμπουε 213, οι οποίες κατέχουν και την 11^η και 20^η θέση αντίστοιχα στον πίνακα των χωρών με τα περισσότερα μεγάλα φράγματα. Οι δύο αυτές χώρες αριθμούν το 60% των φραγμάτων στην ήπειρο. Το σύνολο των 1269 φραγμάτων στην Αφρική είναι πολύ μικρό σε σχέση με αυτό άλλων περιοχών, όπως η Ασία (31.340 φράγματα), η Βόρεια και Κεντρική Αμερική (8.010 φράγματα) και η Δυτική Ευρώπη (4.277 φράγματα).

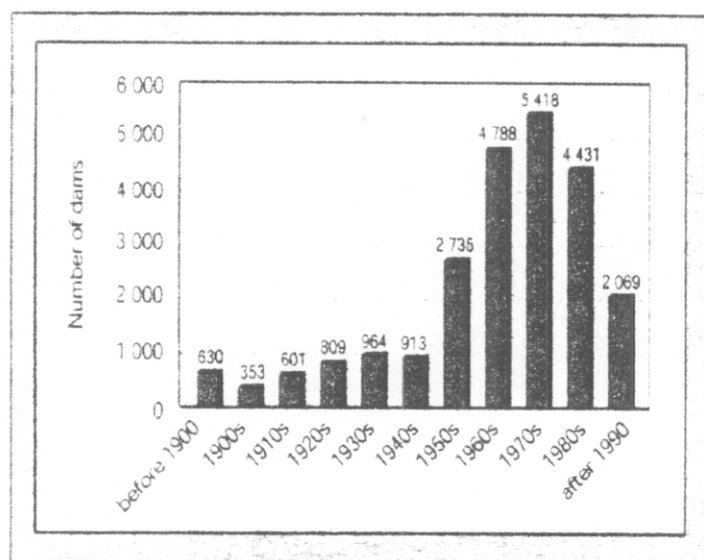
Από τα Σχ. 2.8 και 2.9 είναι εμφανές ότι ο ρυθμός κατασκευής φραγμάτων στην Αφρική σε σχέση με αυτή στο σύνολο της γης ήταν πολύ μικρός στην αρχή του 20^{ου} αιώνα ενώ αυξήθηκε προς το τέλος. Επίσης φαίνεται ότι η άρδευση είναι ο λόγος για τον οποίον κατασκευάζονται τα περισσότερα μεγάλα φράγματα στην Αφρική ειδικότερα στις βορειότερες και τις νοτιότερες περιοχές, οι οποίες έχουν μεγάλες εκτάσεις με άνυδρο και ημι-άνυδρο κλίμα. Στο κεντρικό τμήμα και τις υπόλοιπες περιοχές, οι οποίες είναι λιγότερο ξηρές, ο κυριότερος λόγος είναι η παραγωγή ενέργειας.

Στην Αφρική η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από φράγματα συνεισφέρει κατά 80% στην συνολική παραγωγή ενέργειας σε 18 χώρες και πάνω από 50% σε 25 χώρες. Οι ξηρασίες στην Ανατολική Αφρική την δεκαετία του 1990 επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (WCD, 2000).



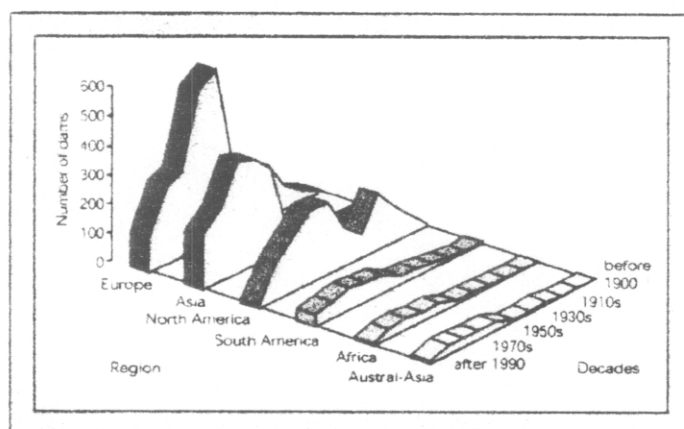
Source: WCD compilation of various sources and ICOLD, 1998.

Σχ.2.1 Κατανομή στον χώρο των μεγάλων φραγμάτων το 2000



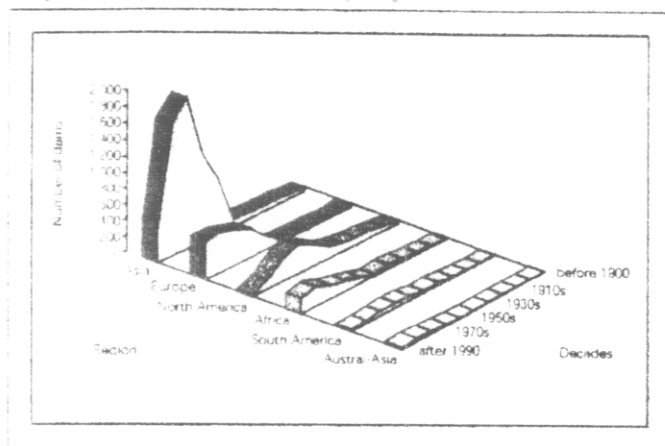
Source: ICOLD, 1998, excluding over 90% of large dams in China.

Σχ.2.2 Κατανομή των μεγάλων φραγμάτων μέσα στον 20^ο αιώνα



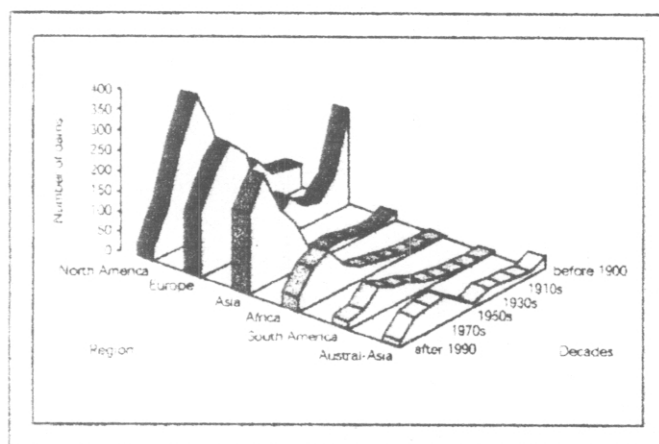
Source: ICOLD, 1998.

Σχ.2.3 Υδροηλεκτρικά φράγματα, ανά περιοχή



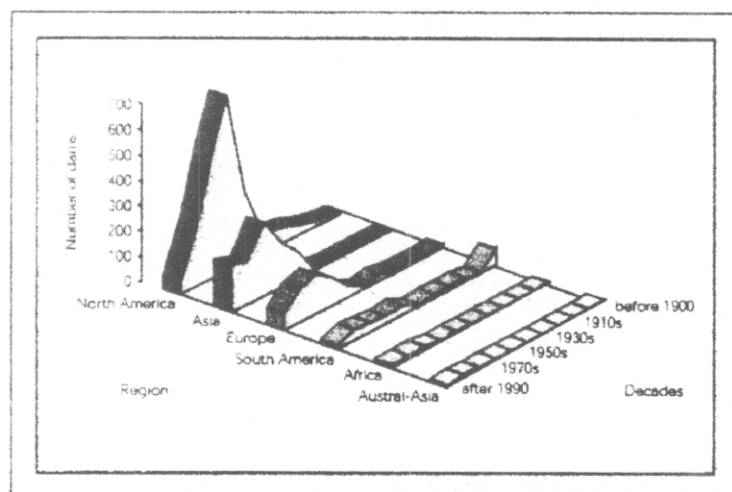
Source: ICOLD, 1998.

Σχ.2.4 Αρδευτικά φράγματα, ανά περιοχή



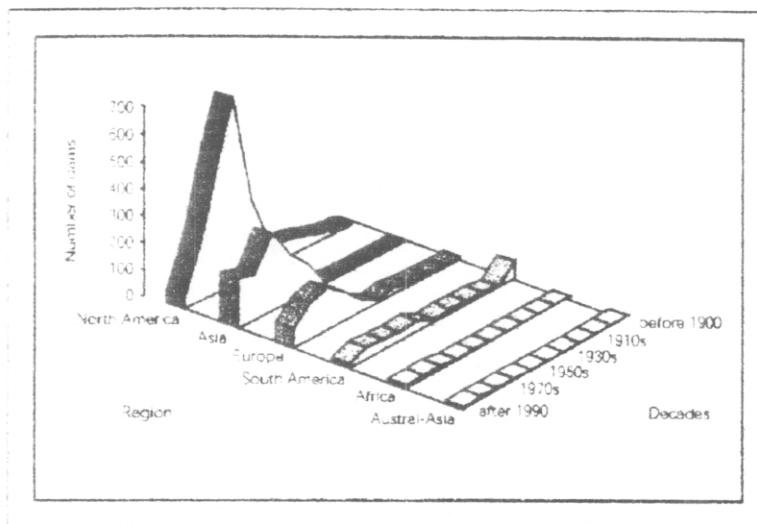
Source: ICOLD, 1998.

Σχ.2.5 Φράγματα για ύδρευση, ανά περιοχή



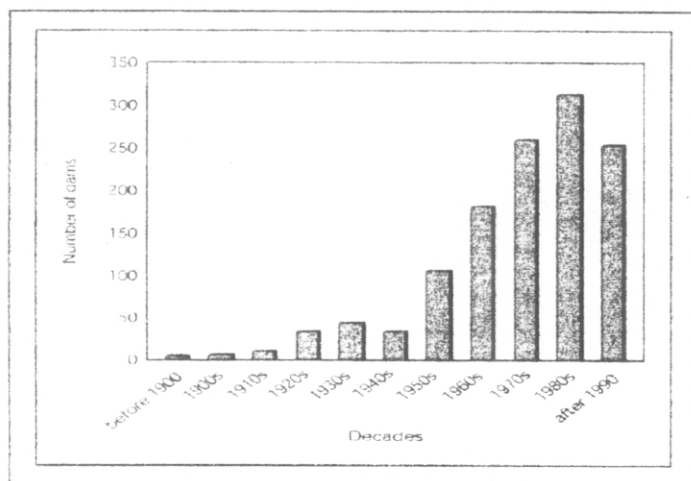
Source: ICOLD, 1998.

Σχ.2.6 Φράγματα ελέγχου πλημμυρών, ανά περιοχή



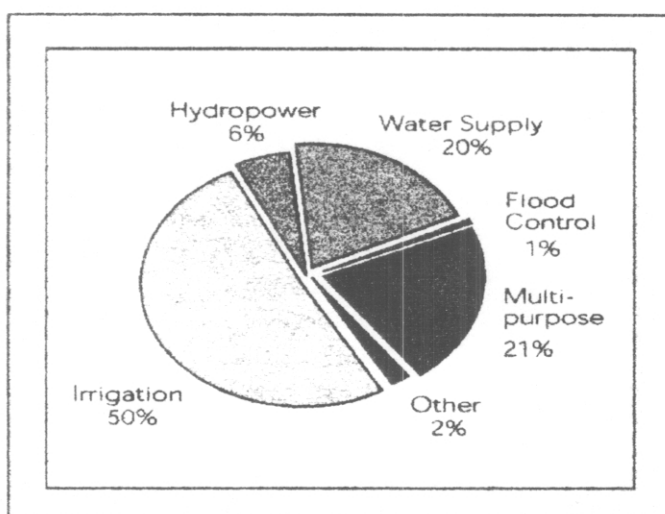
Source: ICOLD, 1998.

Σχ.2.7 Πολλαπλών χρήσεων φράγματα , ανά περιοχή



Source: ICOLD, 1998. Note: Rates of dam commissioning in the 1990s are underreported.

Σχ.2.8 Κατασκευή μεγάλων φραγμάτων στην Αφρική



Source: ICOLD, 1998.

Σχ. 2.9 Κατηγοριοποίηση ανάλογα με τον λόγο κατασκευής των φραγμάτων στην Αφρική

2.2.3 Εμπειρία από το παρελθόν και προτάσεις για τον μελλοντικό σχεδιασμό των έργων αξιοποίησης υδατικών πόρων

Σήμερα υπάρχει εκτεταμένη γνώση για την επίδραση στο περιβάλλον και τον άνθρωπο από τον εκτεταμένο έλεγχο και αποθήκευση του νερού. Τα φράγματα και οι δεξαμενές έχουν πλημμυρίσει καλλιέργειες και βοσκοτόπια καθώς και μέρη ιστορικής και πολιτιστικής αξίας. Η δέσμευση του νερού έχει συχνά στερήσει σε πληθυσμούς την πρόσβαση σε παραδοσιακά κοινούς πόρους ιδιοκτησίας και επηρεάσει τη χλωρίδα και πανίδα της ευρύτερης περιοχής. Οι ταμιευτήρες μπορούν να αλλάξουν το τοπικό περιβάλλον, η τοπική βλάστηση μπορεί να αντικατασταθεί από άλλα είδη, τα οποία μπορεί να είναι μικρότερης αξίας στον γύρω πληθυσμό. Επίσης μπορεί να προξηγηθεί αυξημένη σεισμική δραστηριότητα, ειδικά σε εύθραυστο γεωλογικό περιβάλλον. Η τεράστια πίεση που ασκείται από την μεγάλη μάζα του νερού στους ταμιευτήρες έχει γίνει γνωστό ότι επιφέρει σεισμούς μεγάλης έντασης.

Η δέσμευση του νερού συχνά συνοδεύεται από σοβαρούς κινδύνους υγείας. Έχουν καταγραφεί αυξημένα περιστατικά μαλάριας και σχιστοστομιάσης, για παράδειγμα, σε έναν αριθμό έργων σε διάφορα μέρη της Αιθιοπίας. Η περιβαλλοντολογική Πολιτική της Αιθιοπίας, η οποία πρόσφατα εγκρίθηκε από την κυβέρνηση, δίνει έμφαση στον έλεγχο των κινδύνων υγείας από το περιβάλλον στο σχέδιο και κατασκευή φραγμάτων και συστημάτων άρδευσης, και αυτός ο έλεγχος έχει ανατεθεί στην Environmental Impact Assessment Processes (Rahmato, 1999).

Ένας από τους πιο σημαντικούς κινδύνους για το περιβάλλον που προκαλούν τα μεγάλα αρδευτικά έργα είναι η αλάτωση και η απώλεια πολύτιμης γης από αυτή. Η κακή διαχείριση του νερού και η ανεπαρκής στράγγιση κατά κανόνα αυξάνουν την αλάτωση και την υγρασία και καθώς το νερό εξατμίζεται ένα άσπρο αλάτινο ίζημα μένει στο έδαφος. Στην πιο ήπια μορφή της μειώνει την παραγωγικότητα αρόσιμης γης και των βοσκοτόπων, αλλά στην πιο σοβαρή περίπτωση μπορεί να καταστρέψει την γη για πάντα. Στην Αιθιοπία, η “αλάτωση” που προκλήθηκε από μεγάλα αρδευτικά έργα θέτει μία σοβαρή απειλή στην Awash Valley. Στα μέσα της δεκαετίας 1980, χιλιάδες εκτάρια αρδευόμενης γης στην κοιλάδα εγκαταλείφθηκαν λόγω της «αλάτωσης» και της υγρασίας μετά από λιγότερο από 5 χρόνια αρδευόμενη καλλιέργεια (Rahmato, 1999).

Κατά γενική ομολογία, τα μικρά έργα έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα, είναι λιγότερο δαπανηρά και υποστηρίζονται καλύτερα γιαυτό και θα πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση σε αυτά.

Σύμφωνα με μελέτη που έκανε ο FAO (1994), τα μικρά και εγχώρια έργα άρδευσης είναι ο κύριος τρόπος άρδευσης στην περιοχή της Αφρικής υπό την Σαχάρα. Από τις 34 χώρες με ουσιαστικά αρδευτικά προγράμματα, τα μικρά έργα άρδευσης καλύπτουν πάνω από το 74% του συνόλου της αρδευόμενης γης σε 17 από αυτές.

Στην Αφρική τα μικρά έργα είναι λιγότερο δαπανηρά. Το χαμηλό κόστος των μικρών έργων στην κυβέρνηση οφείλεται και στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος της απαιτούμενης εργασίας θα γίνει από τους ωφελούμενους (Rahmato, 1999). Επίσης, υπάρχει γενική αποδοχή ότι η επιτυχία των μικρών συστημάτων οφείλεται επίσης στο γεγονός ότι είναι αυτο-

διαχειριζόμενα και αφιερωμένα στις ανάγκες των κοινοτήτων δεδομένου ότι τα ελέγχουν και τα διαχειρίζονται οι ίδιοι οι χρήστες. Αυτή η γνώση της διαχείρισης των έργων θα πρέπει να σχηματίσει την βάση για πρόοδο προς μία πιο προχωρημένη τεχνική γνώση. Σχετικά με αυτό, ένα σημαντικό πεδίο όπου η κυβέρνηση θα μπορούσε να παίζει ενεργό ρόλο είναι η έρευνα μίας μικρού κόστους και ευαίσθητης προς το περιβάλλον τεχνολογίας νερού. Το κράτος θα πρέπει να προωθήσει καινοτόμες τεχνολογίες μικρής κλίμακας, που να τις διαχειρίζονται τοπικά.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των μικρών έργων άρδευσης είναι τα ακόλουθα (Rahmato, 1999) :

- ♦ Έχουν χαμηλότερο κόστος επένδυσης, και στην πλειοψηφία των περιπτώσεων αυτά τα κόστη βαρύνουν την κοινότητα
- ♦ Δεν περιλαμβάνουν μεγάλα φράγματα ή δεξαμενές αποθήκευσης, έτσι δεν χρειάζεται μετατόπιση πληθυσμού.
- ♦ Είναι λιγότερο απαιτητικά ως προς την διαχείριση, λειτουργία και συντήρηση
- ♦ Δεν έχουν δυσμενή επίδραση στο περιβάλλον
- ♦ Επιτρέπουν πιο ευρεία διασπορά των αρδευτικών οφελών και
- ♦ Επιτρέπουν στους αγρότες να μάθουν τεχνικές άρδευσης με τον δικό τους ρυθμό και τον δικό τους τρόπο.

Ολοκληρωμένη προσέγγιση στην αξιοποίηση του νερού.

Το νερό είναι αδιαίρετος πόρος και οι χρήστες του αλληλεξαρτώνται. Χρησιμοποιείται για πολλαπλούς σκοπούς όπως άρδευση, οικιακή κατανάλωση, ιχθυοκαλλιέργειες ή και ψάρεμα, παραγωγή ενέργειας, διατήρηση του οικοσυστήματος, και ψυχαγωγία. Η κινητικότητα του νερού και οι πολλαπλές χρήσεις του οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα θέματα των υδατικών πόρων δεν μπορεί ποτέ να είναι αμιγώς τοπικά και χρειάζεται να αντιμετωπισθούν με ευρεία προοπτική και από πλευράς χώρου και βιοπορισμού.

Υπάρχουν πιθανά πολλοί χρήστες του με αντίθετα ενδιαφέροντα και συμφέροντα. Έτσι ένα φράγμα κατασκευασμένο σε ένα σημείο κατά την ροή του ποταμού μπορεί να επηρεάζει αντίθετα τα συμφέροντα των ντόπιων χρηστών του νερού, βοσκούς κοπαδιών, αγρότες, τεχνίτες και ψαράδες ή σε κάποιο άλλο σημείο του ποταμού.

Εν όψει αυτού, είναι προτιμότερη μία ολοκληρωμένη παρά μία τοπική προσέγγιση της εκμετάλλευσης του νερού. Η τοπική προσέγγιση δίνει περισσότερη έμφαση σε θέματα τοπικών υδατικών πόρων και στα συμφέροντα των χρηστών σε τοπικό επίπεδο ενώ η ολοκληρωμένη προσέγγιση βασίζεται στην αναγνώριση της κινητικότητας του νερού, επιχειρεί να εκπληρώσει τις απαιτήσεις και τις ανάγκες των διαφορετικών συμφερόντων που εμπλέκονται. Τα συμφέροντα των χρηστών μπορεί να είναι οικονομικά, κοινωνικά, νομικά, θεσμικά, οικολογικά ή πολιτιστικά και να διαφοροποιούνται κατά διαστήματα.

Διάφοροι ιδιώτες, νοικοκυριά ή κοινωνικές ομάδες έχουν διαφορετικό βιοποριστικό επίπεδο. Μερικά νοικοκυριά εξαρτώνται κυρίως ή μερικώς από επαγγέλματα βασισμένα στο νερό. Πέρα από αυτό το νερό είναι βασικό στοιχείο για οικιακή κατανάλωση, και η έλλειψή του ή η κακή ποιότητά του επηρεάζει την υγεία, την παραγωγικότητα και τον φόρτο εργασίας των

ιδιωτών, και ειδικά των γυναικών. Τα προβλήματα υγείας από το νερό έχουν διαφορετική επίδραση στις κοινωνικές ομάδες, στους φτωχούς, τα παιδιά και γυναίκες που υποφέρουν δυσανάλογα από τέτοιες ασθένειες όπως χολέρα, γαστρεντερικές ασθένειες και διάρροια.

Μία κύρια ερώτηση που έχει προκαλέσει πολλή συζήτηση είναι: με τι κριτήρια θα αξιολογούνται τα έργα άρδευσης, ειδικά τα ευρείας κλίμακας.

Η συμβατική προσέγγιση βασίζεται κυρίως σε οικονομικά επιχειρήματα. Τα αρδευτικά έργα, θεωρείται, ότι προτίθενται να δώσουν αυξημένα οικονομικά οφέλη και στην Αφρική αυτό σημαίνει παραγωγή περισσότερων αγαθών για κατανάλωση αλλά και εξαγωγή για κερδοφορία ξένου συναλλάγματος.

Στις χώρες που είναι συχνά εκτεθειμένες σε ξηρασίες και άλλες περιβαλλοντολογικές κρίσεις, όπου ή απώλεια ζωής από ελλείψεις τροφών και άλλες καταστροφές είναι υψηλές, πρέπει να δοθεί περισσότερο βάρος στα κοινωνικά οφέλη, τα οποία, επειδή συχνά δεν είναι ποσοτικά, δεν συμπεριλαμβάνονται στην εκτίμηση των έργων. Τα έργα κρίνονται επιτυχή όταν προάγουν την ασφάλεια τροφής, όταν συνεισφέρουν στην μείωση της φτώχειας, αυξάνουν τις ευκαιρίες εργασίας, ή με άλλους τρόπους προάγουν την αγροτική πρόνοια.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με το νέο τρόπο σκέψης στον σχεδιασμό των υδατικών πόρων στην Αφρική δεν απορρίπτονται τα μεγάλα έργα, με την προϋπόθεση ότι είναι προσεκτικά σχεδιασμένα, λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα σχετικά προβλήματα, ότι δεν έχουν αντίθετα αποτελέσματα στις κοινότητες ή στο τοπικό περιβάλλον, και τα οφέλη τους μοιράζονται στον τριγύρω πληθυσμό. Όμως, κατά γενική ομολογία, τα μικρά έργα έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα, είναι λιγότερο δαπανηρά και υποστηρίζονται καλύτερα γιαυτό και θα πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση σε αυτά. Επιπλέον, η νέα θεωρία ισχυροποιεί την περίπτωση ιδιοκτησίας και διαχείρισης των έργων από την τοπική κοινότητα.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η παραπάνω ανάλυση αφορά την Αφρική και γενικότερα τις χώρες του τρίτου κόσμου, και δεν επεκτείνεται σε προηγμένες χώρες, όπως π.χ. οι Ευρωπαϊκές, όπου η υπάρχουσα τεχνογνωσία αποτρέπει ή ελαχιστοποιεί τις βλαβερές συνέπειες των μεγάλων έργων αποθήκευσης νερού και το υπάρχον επίπεδο οργάνωσης καθιστά την λειτουργία αυτών των έργων αποτελεσματική και επιτυχημένη.

2.3 Διαθεσιμότητα και αξιοποίηση των υδατικών πόρων στην Αιθιοπία

2.3.1 Συνοπτική παρουσίαση της χώρας

Καθεστώς	: Ομοσπονδιακή Προεδρευόμενη Δημοκρατία
Πληθυσμός	: 60 εκατ. Κάτοικοι (16% αστικός πληθυσμός)
Οικονομικά ενεργός πληθυσμός	: 26 εκατ εκ των οποίων γυναίκες 41% και 42% παιδιά 10-14 ετών
Έκταση	: 1,137 εκατ τετρ. Χλμ.
Εθνικές ομάδες	: Oromo 40%, Amhara- Tigre 32%, Sidamo 9%
Θρήσκευμα	: Μουσουλμ. 45-50%, Χριστιανοί Ορθόδοδοι (Κόπτες) 35- 40%, Ανιμιστές 12%
Γλώσσα	: Amharic (επίσημη), Tigrinya, Orominga
Κατά κεφαλήν ΑΕ	: 110 USD (132η θέση διεθνώς)
Διάρθρωση οικονομίας	: Γεωργία 56%, υπηρεσίες 37%, βιομηχανία 7%

Πηγές: World Bank, World Development Report 1998-99 και IFM, International Financial Statistics, October 1998

Η Αιθιοπία είναι η δεύτερη σε πληθυσμό χώρα της Αφρικής και μία από τις φτωχότερες του κόσμου. Η οικονομία της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γεωργία, η οποία αντιπροσωπεύει το 56% του ΑΕΠ, το 85% της απασχόλησης και το 80% των προσόδων των εξαγωγών. Η επιτυχής ανάπτυξη του τομέα αυτού είναι βασική για την εθνική οικονομία. Παρά την κυρίαρχη θέση της γεωργίας στην οικονομία, η ανάπτυξή της παρεμποδίζεται από χρόνια προβλήματα που πηγάζουν από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, τις δημογραφικές εκρήξεις του πληθυσμού, τη μεγάλη φτώχεια και το τεχνολογικό χάσμα. Η χώρα διαθέτει επίσης τεράστιο ζωικό πλούτο. Παρά όμως, το σημαντικό πλούτο της, εξαιτίας του ανθρώπινου υπερπληθυσμού και της ανορθολογικής χρήσης των αγροτικών γαιών, παρατηρείται πρόβλημα επισιτιστικής ασφάλειας.

Το 1992 η κυβέρνηση άρχισε να εφαρμόζει πρόγραμμα οικονομικών μεταρρυθμίσεων με σκοπό την αναζωογόνηση της οικονομίας, ενώ η νέα αναπτυξιακή στρατηγική του 1994 για την εκβιομηχάνιση της χώρας με κινητήρια δύναμη τη γεωργία, προσανατολίστηκε στη χρήση της γεωργίας ως «βατήρα» για την ανάπτυξη των υπόλοιπων κλάδων της οικονομίας.

Παρά την αυξημένη γεωργική παραγωγή (κατά 6,7% το 1999), η οικονομική ανάκαμψη δεν ήταν η αναμενόμενη λόγω της ξηρασίας στις αρχές του 1999, η οποία έπληξε τις καλλιέργειες και δημιούργησε επισιτιστική κρίση με τραγικές συνέπειες για 5 εκατ. ανθρώπους περίπου. Εξάλλου, ο πόλεμος με την Ερυθραία που αναζωπυρώθηκε τον Φεβρουάριο του 1999, είχε ως επίπτωση την επιβράδυνση της οικονομικής δραστηριότητας στην χώρα.

Η Αιθιοπία, γνωστή παλαιότερα και ως Αβησσυνία, ως εθνικό κράτος είναι από τα μακροβιότερα στον κόσμο. Παρουσιάζει μία συνέχεια όχι μικρότερη από 3.000 χρόνια, αν και κατά το διάστημα αυτό τα σύνορα της μεταβλήθηκαν πολλές φορές. Κατά το μεγαλύτερο μέρος αυτής της περιόδου οι επαφές της με τον υπόλοιπο κόσμο ήταν περιορισμένες ή διακόπτονταν συχνά. Ο πληθυσμός της Αιθιοπίας παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία από γλωσσική, πολιτιστική και, σε κάποιο βαθμό, από φυλετική άποψη, ώστε σωστά χαρακτηρίστηκε «μουσείο λαών».

2.3.2 Χαρακτηριστικά του ανάγλυφου

Η Αιθιοπία είναι μία πολύ μεγάλη χώρα συνολικής έκτασης 1.137.000 km² με μεγάλες διαφοροποιήσεις στο ανάγλυφο. Ανάμεσα στην έρημο Danakil η οποία βρίσκεται 120 m κάτω από το υψόμετρο της θάλασσας και τις χιονισμένες κορυφές του Ras Dashen στα 4.620 m υπάρχουν υψηλά οροπέδια και βαθιές χαράδρες.

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής της Αιθιοπίας ανήκει στην Προκάμβρια μάζα (ηλικίας 570.000.000 έως 4.600.000.000 ετών) μεταμορφωμένων πετρωμάτων, που αποτελούν και το υπόβαθρο του μεγαλύτερου μέρους της Αφρικής. Επάνω σε αυτό τον όγκο, οι νεώτεροι ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες καλύφθηκαν από διαδοχικές εκχύσεις λάβας, που αποτέλεσαν ένα κάλυμμα πάχους μερικών χιλιάδων μέτρων σε ορισμένες περιοχές. Υπάρχουν ακόμα και σήμερα δείγματα ηφαιστειακής δραστηριότητας με τη μορφή μικρού αριθμού ενεργών ηφαιστείων και πολυάριθμων θερμοπηγών.

Σημαντικό γνώρισμα του ανάγλυφου της περιοχής είναι το Ρηξιγενές Σύστημα της Ανατολικής Αφρικής (Μεγάλο Ρήγμα). Πρόκειται για ένα τεράστιο ρήγμα που εκτείνεται από Βορρά προς Νότο (από τη Συρία ως τη Μοζαμβίκη) διασχίζοντας το Κεντρικό Αιθιοπικό Οροπέδιο, το οποίο και χωρίζει σε ανατολικό και δυτικό.

Ανά τμήματα τα χαρακτηριστικά του αναγλύφου είναι τα ακόλουθα:

- Το βορειοκεντρικό τμήμα (Αβησσυνία). Η αρχαία περιοχή, η οποία είναι γνωστή ως Αβησσυνία, έχει το κέντρο της στην λίμνη Τάνα. Διασχίζεται από τον ποταμό Tezeke στον βορά και από τον Γαλάζιο Νείλο στον νότιο τμήμα της. Αυτοί οι μεγάλοι ποταμοί καθώς και οι πολυάριθμοι παραπόταμοί τους έχουν διανοίξει βαθιές χαράδρες στο οροπέδιο.

Είναι το τμήμα της Αιθιοπίας με τα υψηλότερα υψόμετρα και καταλαμβάνει το 58% της συνολικής έκτασης (σε αυτό βρίσκεται το Ras Dashan στα 4.620 m, η υψηλότερη βουνοκορυφή της χώρας).

- Το οροπέδιο Ghoa. Το οροπέδιο αυτό βρίσκεται σε υψόμετρα μεγαλύτερα από 1.830 m στο κεντρικό τμήμα της Αιθιοπίας. Αποστραγγίζεται στα νερά των ποταμών Omo και Awash και των παραποτάμων του Γαλάζιου Νείλου: Guder, Muger και Jema οι οποίοι με το πέρασμα των αιώνων έχουν δημιουργήσει βαθιά φαράγγια και στενές κοιλάδες. Μόνο το κεντρικό τμήμα του Choa είναι κατάλληλο για καλλιέργεια και μοιάζει με πραγματικό οροπέδιο.

- Το νοτιοδυτικό τμήμα. Το τμήμα αυτό με τα υψηλά υψόμετρα (το 70% της έκτασης έχει υψόμετρα ανάμεσα στο +915 και στο +1.830) απλώνεται από της πηγές του Γαλάζιου Νείλου έως τα σύνορα της χώρας με την Κένυα. Η περιοχή διασχίζεται από πολλές στενές κοιλάδες σκαμμένες από τα ορμητικά νερά των παραποτάμων του Γαλάζιου Νείλου όπως οι Dabus και Desiesa καθώς και των ποταμών Baro, Akobo και Gibe. Είναι γενικώς ερημωμένη περιοχή.
- Τα χαμηλά των δυτικών και Βορειοδυτικών περιοχών. Η περιοχή αυτή αναπτύσσεται ανάμεσα στις ψηλές πεδιάδες της δυτικής Ερυθραίας μέχρι το Gamo Gofa στα νότια και τα υψόμετρα της κυμαίνονται από +410 έως +920 m. Στις ευρύτερες περιοχές των ποταμών στην Gambela μπορεί να συναντήσει κανείς κάποιες αρδευόμενες εκτάσεις. Το κλίμα όμως καθώς πλησιάζουμε την Ερυθρά θάλασσα γίνεται όλο και πιο ξερό. Μόνο νομάδες επιβιώνουν σε τέτοιο περιβάλλον.

Τα Δυτικά Υψίπεδα κατέρχονται γενικά προς το Σουδάν οδηγώντας την απορροή προς τα δυτικά. Το Ανατολικό άκρο αυτών των υψιπέδων αποτελεί τον υδροκρίτη της κοιλάδας του Μεγάλου Ρήγματος. Κατά τον ίδιο τρόπο το δυτικό άκρο των Ανατολικών Υψιπέδων αποτελεί τον υδροκρίτη που αποστραγγίζει τις ανατολικές πλαγιές των Ανατολικών Υψιπέδων προς νοτιοανατολική κατεύθυνση, ενώ η απότομη (κρημνώδης) δυτική πρόσοψή τους αποστραγγίζεται με μικρά ποτάμια που ρέουν προς την κοιλάδα του μεγάλου ρήγματος. Οι μεγαλύτερες βροχοπτώσεις παρατηρούνται στα Δυτικά Υψίπεδα με αποτέλεσμα η απορροή προς τα δυτικά να αντιστοιχεί στο μισό περίπου του συνολικού όγκου της ετήσιας απορροής της χώρας.

Στα βορειοδυτικά τα μεγαλύτερα ποτάμια είναι ο Γαλάζιος Νείλος (Abbey), ο Τεκέζε και ο Μπάρο. Την απορροή της ενδοχώρας δέχεται ο ποταμός Αουας ο οποίος ρέει προς βορά και χύνεται στην λίμνη Αμπε, στην πεδιάδα Ντανακίλ. Ο ποταμός Ομο και ο Σαγκάν που ρέουν νότια χύνονται στη λίμνη Ροδόλφου και την λίμνη Στεφάνια αντίστοιχα. Την απορροή της νοτιοανατολικής περιοχής δέχονται οι ποταμοί Ουέμπι, Γκενάλε και Ντάουα, οι οποίοι συμβάλλουν στην Σομαλία και σχηματίζουν τον Τζούμπα, ο οποίος χύνεται στον Ινδικό ωκεανό και τον Σεμπέλε που κατευθύνεται στη Σομαλία αλλά δεν φθάνει στην θάλασσα.

2.3.3 Εδάφη και βλάστηση

Οι βασιλικές αποθέσεις σε μεγάλο τμήμα της περιοχής των υψιπέδων είναι πλούσιες σε φωσφόρο και σε άλατα του καλίου (ανθρακικό κάλιο). Τα εδάφη είναι πολύ γόνιμα, παρουσιάζουν ωστόσο έλλειψη ασβεστίου. Η σύσταση αυτών των εδαφών, που είναι αργιλοαμμώδη ή ιλυώδη-αργιλοαμμώδη, θεωρείται εξαιρετική. Φωσφορικά άλατα και άλατα του καλίου βρίσκονται επίσης στα εδάφη της κοιλάδας του μεγάλου ρήγματος, αλλά από τα εδάφη αυτά λείπει σε μεγάλο βαθμό το άζωτο και σε μερικές περιοχές είναι αλκαλιωμένα. Η έλλειψη φωσφόρου και ο όξινος χαρακτήρας αποτελούν προβλήματα στα εδάφη του Οροπεδίου Τιγκρέ. Εξαιρετικά γόνιμα εδάφη στην Αιθιοπία είναι οι πλούσιες προσχωματικές αποθέσεις στις κοιλάδες των ποταμών. Οι εκτεταμένες κοιλάδες του Γαλάζιου Νείλου, του ποταμού Αουας και του ποταμού Ομο προσφέρουν τις καλύτερες προοπτικές για την γεωργία, αλλά και οι αποθέσεις των μικρότερων ποταμών είναι επίσης πλούσιες.

Οι δύο κυριότερες περιοχές βλάστησης είναι τα υγρά και ψυχρά υψίπεδα και οι ξηρότερες και θερμότερες πεδινές περιοχές. Τα Δυτικά Υψίπεδα είναι κυρίως λειμώνες και καλλιεργήσιμη γη με σποραδικές συστάδες δέντρων. Τα δάση καταλαμβάνουν γύρω στο 7% της συνολικής επιφάνειας της χώρας. Το υψηλότερο όριο της δενδρώδους βλάστησης είναι γύρω στα 3.000 m. Πάνω από αυτό το υψόμετρο βρίσκονται μόνο τραχιές πόες, γιγάντιες οβελίες και άλλα φυτά των μεγάλων υψομέτρων. Στις πεδινές περιοχές το πιο διαδεδομένο δένδρο είναι η ακακία ενώ ο ευκάλυπτος συναντάται συχνά στις κατοικημένες περιοχές. Εκεί που οι βροχοπτώσεις είναι σχετικά μεγάλες, όπως το νότιο τμήμα της κοιλάδας του Μεγάλου Ρήγματος, υπάρχει πλούσια σαβάνα. Οι ερημικές και ημιερημικές περιοχές έχουν διάσπαρτους θάμνους νανώδους ακακίας, λίγες ανθεκτικές πόες και σαρκώδη φυτά.

2.3.4 Κλίμα

Παρ' όλο που η Αιθιοπία βρίσκεται νότια του Τροπικού του Καρκίνου (μεταξύ 3°N και 14°N) και περιλαμβάνεται ολοκληρωτικά στην τροπική ζώνη, έχει γενικά εύκρατο κλίμα στις περιοχές των υψιπέδων και μόνο σε λίγες περιοχές της επικρατεί τροπικό κλίμα. Το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος είναι μικρό εξαιτίας του ότι η χώρα βρίσκεται κοντά στον Ισημερινό, αλλά η μέση ημερήσια διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας είναι μεγάλη λόγω του υψομέτρου. Η Αιθιοπία χωρίζεται σε έξι κλιματικές ζώνες, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίν.2.3.

Πίν.2.3 Κλιματικές ζώνες της Αιθιοπίας

Ζώνη	Υψόμετρο (m)	Κλίμα	Μέση Θερμ/σία (°C)
Έρημος	-122 - 90	Ξηρό	40,0
Ημι-έρημος	90 - 760	Ημίξηρο	35,0
Σαβάνα	90 - 1220	ημίξηρο	25,0
Τροπική	460 - 900	τροπικό	30,0
Εύκρατη	1220 - 3350	Ημι-ορεινό	15,0
Ορεινή	>3350	ορεινό	5,0

Ανά περιοχή παρατηρούνται τα εξής:

- Το βορειοκεντρικό τμήμα (Αβησσυνία) και το οροπέδιο Ghosa. Οι πτυχώσεις στο ανάγλυφο αυτού του υψηλού οροπεδίου οδηγούν ανάλογα με το υψόμετρο σε κλίμα υποτροπικό εύκρατο και σε ορεινές ζώνες. Αυτές οι περιοχές χαρακτηρίζονται από την μακρύτερη και πιο υγρή περίοδο βροχών σε όλη την Αιθιοπία. Ο καλοκαιρινός μουσώνας ξεκινάει από τις χαμηλότερες περιοχές της βορειοδυτικής Αιθιοπία πριν να καταλήξει στο οροπέδιο ανάμεσα στα τέλη Ιουνίου και τα τέλη Σεπτεμβρίου. Εκείνη την εποχή του χρόνου οι βροχές είναι ραγδαίες και τα ποτάμια υπερχειλίζουν πλημμυρίζοντας χωράφια και καταστρέφοντας δρόμους. Από τα μέσα Σεπτεμβρίου οι

βροχές σταδιακά αρχίζουν να μειώνονται και δίνουν την σειρά σε μία μακριά ξηρή περίοδο η οποία διαρκεί από τα μέσα Οκτωβρίου ως τον Φεβρουάριο. Μία πολύ πιο ήπια υγρή περίοδος εμφανίζεται μόνο στα ψηλότερα τμήματα του οροπεδίου μεταξύ Μαρτίου και Μαΐου. Η ετήσια βροχόπτωση είναι περίπου 1020 mm αν και διαφοροποιείται πολύ από χρόνο σε χρόνο.

- Το νότιο και νοτιοδυτικό τμήμα. Οι εύκρατες περιοχές στα νότια και νοτιοδυτικά επηρεάζονται επίσης από τον καλοκαιρινό μουσώνα, όχι όμως με την ίδια ένταση, με την βροχή να παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις. Οι χαμηλότερες περιοχές, οι οποίες συνορεύουν με το Σουδάν, πάραυτα δέχονται σύννεφα τα οποία μεταφέρουν βροχή από τα δυτικά και παρουσιάζουν αρκετά αξιόπιστες βροχοπτώσεις στο διάστημα Ιουνίου – Οκτωβρίου.
- Η έρημος Danakil και το νοτιοανατολικό τμήμα. Η έρημος Danakil και οι περιοχές που την περιβάλλουν δεν δέχονται την επίδραση του μουσώνα. Μόνο στα νοτιοανατολικά παρουσιάζεται ασθενής βροχόπτωση την άνοιξη και το φθινόπωρο. Κατά την διάρκεια του Ιανουαρίου και του Φεβρουαρίου σύννεφα τα οποία προέρχονται από την Ερυθρά θάλασσα συσσωρεύονται κατά μήκος του Rift Valley και περιστασιακά προκαλούν κάποια βροχή πάνω από τις έρημους.

Τις βροχές, στο μεγαλύτερο μέρος της Αιθιοπίας, τις φέρνουν οι νοτιοδυτικοί άνεμοι. Τον Ιούλιο το σύστημα υψηλών πιέσεων που διαμορφώνεται πάνω από τον Νότιο Ατλαντικό και τον Κόλπο της Γουινέας προκαλεί μία κίνηση του αέρα προς τα κέντρα χαμηλών πιέσεων της Σαχάρας και της Μέσης Ανατολής. Όταν οι επικρατούντες ζεστοί και υγροί άνεμοι φτάσουν στα Δυτικά Υψίπεδα, αναγκάζονται να ανυψωθούν, με αποτέλεσμα να χάσουν την ικανότητά τους να συγκρατούν την υγρασία, την οποία αποβάλλουν με τη μορφή βροχής, που από τον Ιούλιο ως τον Σεπτέμβριο πέφτει στα υψίπεδα.

Τον Ιανουάριο, βορειοανατολικοί άνεμοι έρχονται από μία περιοχή υψηλών πιέσεων στην ξηρή Μέση Ανατολή, πνέοντας προς μία κεντροαφρικανική περιοχή χαμηλών πιέσεων. Στους βορειοανατολικούς αληγείς ανέμους οφείλεται η ένταση της ξηρής εποχής (μπέγκα) στα βόρεια τμήματα της χώρας. Όση υγρασία παίρνουν οι άνεμοι από την Ερυθρά θάλασσα, την αποβάλλουν στις πλαγιές του πρανούς της Ερυθραίας. Τον Μάρτιο και τον Απρίλιο παρατηρείται μία σύντομη και ήπια εποχή βροχών (μπέλγκ). Ο Μάιος αποτελεί ένα βραχύ ξηρό διάλειμμα και ο Ιούνιος φέρνει τις μεγάλες βροχές. Η κύρια ξηρά περίοδος για το μεγαλύτερο τμήμα της χώρας διαρκεί από τον Οκτώβριο ως τον Φεβρουάριο. Στα νοτιοανατολικά πεδινά εδάφη υπάρχουν δύο εποχές βροχών, μία την άνοιξη και μία το φθινόπωρο.

Οι τοπικές διαφορές βροχόπτωσης καθορίζονται από το εξαιρετικά τραχύ έδαφος που παρεμβαίνει στην κίνηση των μεγάλων αέριων ρευμάτων, με αποτέλεσμα να πέφτουν περισσότερες βροχές στις προσήνεμες πλαγιές παρά στις υπήνεμες.

Η ποσότητα των ετήσιων βροχοπτώσεων ποικίλει από 2.500 mm στο Γκόρε, στα νοτιοδυτικά, μέχρι 50 mm κοντά στα παράλια της Ερυθράς θάλασσας, στα βορειοανατολικά. Ακόμη και στον ίδιο τόπο όμως τόσο η ποσότητα όσο και η χρονική κατανομή της

βροχοπτώσης μπορεί να ποικίλλει πολύ από χρόνο σε χρόνο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στη γεωργία.

Η βιαιότητα των καταρρακτωδών βροχών αποτελεί βασικό παράγοντα του προβλήματος της διάβρωσης των εδαφών.

2.3.5 Υδατικό δυναμικό και ανάπτυξη υδατικών πόρων

Τα στοιχεία και οι βιβλιογραφικές αναφορές αυτού του κεφαλαίου προέρχονται από ένα άρθρο από το Forum for Social Studies που έγινε τον Ιούνιο του 1999 στην Addis Ababa (Rahmato, 1999)

Μέχρι πρόσφατα το υδατικό δυναμικό της χώρας δεν ήταν ακριβώς γνωστό και ακόμα και σήμερα υπάρχουν διαφορετικές εκτιμήσεις του αρδευτικού δυναμικού της χώρας. Μία από τις πρώτες εκτιμήσεις έγινε από την World Bank (1973) η οποία εκτίμησε το αρδευτικό δυναμικό μεταξύ 1.0 και 1.5 εκατ. εκτάρια. Σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας της Αιθιοπίας (1986), το σύνολο της έκτασης που μπορεί να αρδευτεί στη χώρα ανέρχεται σε 2.3 εκατ. εκτάρια. Το International Fund for Agricultural Development (IFAD 1987) από την άλλη δίνει ένα αριθμό στα 2.8 εκ. εκτάρια ενώ τα στοιχεία του Office of the National Committee for Central Planning το 1990, τα οποία βασίζονται στις εκτιμήσεις του WRDA, είναι 2.7 εκ. εκτάρια.

Τα περισσότερα από αυτά τα στοιχεία προήλθαν από το άθροισμα του αρδευτικού δυναμικού των λεκανών των 8 ποταμών της χώρας όπως δείχνει ο Πίν. 2.4. Εκτός από τον ποταμό Awash και τις λίμνες της Rift Valley, όλες οι άλλες λεκάνες είναι μέρος του συστήματος του διασυννοριακού ποταμού Abbey (Γαλάζιος Νείλος) που πηγάζει από την ορεινή Αιθιοπία και κυλά στις γειτονικές χώρες του Σουδάν, Κένυας και Σομαλίας.

Η χώρα βρίσκεται πίσω από άλλες χώρες στην ανάπτυξη αρδευτικών έργων και την ασφαλή υδροδότηση. Στο παρελθόν είχε δοθεί έμφαση σε επενδύσεις ευρείας κλίμακας αλλά πολλά από τα έργα που κατασκευάστηκαν ήταν κακοσχεδιασμένα και είχαν αρνητικές περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις. Επιπλέον, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση των αναπτυξιακών έργων δεν υποβάλλονταν σε δημόσιο διάλογο, ούτε λαμβάνονταν υπόψη η γνώμη των ενδιαφερομένων. Οι πολιτικές διαμορφώνονταν εν κλειστώ και τα σχέδια εκτελούνταν χωρίς την μεσολάβηση των ενδιαφερόμενων κοινοτήτων

Το πρόβλημα της έλλειψης ικανής ποσότητας τροφίμων για να σιτιστεί ο πληθυσμός έγινε έντονα αισθητό ειδικά στην Αιθιοπία στις δεκαετίες 1960, 1970 και 1980 και τράβηξε την παγκόσμια προσοχή.

Στην Αιθιοπία, η οποία γίνεται όλο και πιο επηρεπής στην ξηρασία, η συγκέντρωση του πληθυσμού είναι σχετικά υψηλή και η γεωργία δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις αυξανόμενες ανάγκες χωρίς την υποστήριξη αρδευτικών έργων. Οι βροχοπτώσεις είναι ανεπαρκείς και με μεγάλες διακυμάνσεις ως προς την συχνότητα, την ένταση και την εποχιακή κατανομή τους, γι' αυτό και τα έργα ανάπτυξης υδατικών πόρων είναι απαραίτητα για να σταθεροποιηθούν την γεωργική παραγωγή και να προάγουν την διατροφική ασφάλεια.

Η ανάπτυξη των υδατικών πόρων έγινε με σκοπό την ανάπτυξη της γεωργίας και την ύδρευση του πληθυσμού. Ενώ για τον πρώτο σκοπό έχουν επενδυθεί μεγάλα κεφάλαια, για τον δεύτερο αμελητέα. Ακόμα και σήμερα στα αγροτικά προγράμματα ύδρευσης νερού, τα οποία επηρεάζουν τον μεγαλύτερο πληθυσμό της χώρας, δεν έχει δοθεί αρκετή προσοχή.

Πίν.2.4 Η εκτίμηση του WRDA για το δυναμικό άρδευσης (1986)

Λεκάνη ποταμού	Αρδεύσιμη έκταση (εκτάρια)
Abbey	760,000
Tekezze & Northern	200,000
Baro-Akabbo	600,000
Gibe-Omo	250,000
Rift Valley (Lakes)	50,000
Genale-Dawa	300,000
Wabe Shebelle	355,000
Awash	185,000
Σύνολο	2,700,000

Πηγή: ONCCP, 1990 (βάσει στοιχείων WRDA)

Τα σύγχρονα αναπτυξιακά υδάτινα έργα είναι σχετικά νέο φαινόμενο στην χώρα. Η κυβέρνηση πήρε την πρώτη πρωτοβουλία για την εκμετάλλευση των υδατικών πόρων στο δεύτερο ήμισυ της δεκαετίας 1950.

Έργα ευρείας κλίμακας για γεωργικούς σκοπούς και παραγωγή ενέργειας κατασκευάστηκαν από το τέλος της δεκαετίας του 1950, και επικεντρώθηκαν στην κοιλάδα Awash σαν μέρος των γεω-βιομηχανικών επιχειρήσεων που επεκτείνονταν στην περιοχή εκείνη την περίοδο. Ακολούθως επεκτάθηκαν στην κοιλάδα Rift και στην λεκάνη του Wabe Shebelli.

Ουσιαστικά το ενδιαφέρον της κυβέρνησης τις τελευταίες δεκαετίες ήταν επικεντρωμένο σχεδόν ολοκληρωτικά σε ευρείας κλίμακας και υψηλής τεχνολογίας έργα όπως υδροηλεκτρικά φράγματα, μεγάλα αρδευτικά έργα και έργα υδροδότησης της Addis Ababa και μερικών ακόμα κύριων πόλεων. Όλα αυτά τα έργα κατασκευάστηκαν με πρωτοβουλία της κυβέρνησης και τα διαχειρίστηκαν κρατικές ή ημικρατικές επιχειρήσεις.

Στα πρόσφατα χρόνια, η ανάγκη μείωσης της πίεσης στο περιβάλλον, η σταθεροποίηση του εδάφους (το οποίο είναι εύκολα διαβρώσιμο), η οικονομία του νερού καθώς και η αύξηση του εισοδήματος στους καλλιεργητές, οι περισσότερες ευκαιρίες εργασίας και τα αυξημένα κέρδη από συνάλλαγμα αποτελούν επιπλέον λόγους για την εξάπλωση της άρδευσης.

Για πολλά χρόνια, πολύ μικρή προσοχή είχε δοθεί στα μικρά και παραδοσιακά αρδευτικά έργα που κατασκευάστηκαν από χωρικούς καλλιεργητές. Μόνο στο δεύτερο μισό της δεκαετίας 1980, σαν αποτέλεσμα του καταστροφικού λιμού του 1984/85, άρχισε να υπάρχει ενδιαφέρον στα μικρά αναπτυξιακά έργα. Η εγκατάσταση του Τμήματος Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Irrigation Development Department ή IDD) μέσα στο Υπ.Γεωργίας στο τέλος του

1984 ένα σώμα στο οποίο ανατέθηκε η ανάπτυξη των μικρών αρδευτικών έργων προς όφελος των χωρικών αγροτών, σηματοδότησε μία νέα προσέγγιση στην ανάπτυξη του νερού. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά τα στοιχεία πρέπει να λαμβάνονται με επιφυλακτικότητα. Διαφορετικές πηγές δίνουν διαφορετικά στοιχεία και κανείς δεν είναι βέβαιος ποιο είναι πιο ακριβές.

Όποια εκτίμηση και αν χρησιμοποιήσουμε, είναι προφανές ότι ακόμα και με τις χαμηλές προδιαγραφές των κρατών της Αφρικής, η χρήση των υδατικών πόρων της Αιθιοπίας είναι περιορισμένη. Λιγότερο από το 6% της καλλιεργήσιμης γης της χώρας είναι υπό άρδευση. Αντίθετα, σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (1987) οι 3 χώρες της Αφρικής κοντά στη Σαχάρα με την μεγαλύτερη άρδευση είναι το Σουδάν (2.2 εκ. εκτάρια), η Μαδαγασκάρη (1 εκ. εκτάρια), η Νιγηρία (0.9 εκ. εκτάρια). Στο Σουδάν το 14% της καλλιεργήσιμης γης είναι υπό άρδευση ενώ στην Μαδαγασκάρη φτάνει στο 32%. Αντίθετα σχεδόν όλη η καλλιεργήσιμη γη στην Αίγυπτο είναι υπό άρδευση.

Η κατανομή των αρδευτικών έργων στη χώρα είναι αρκετά παράδοξη. Σχεδόν το 74% της αρδευόμενης περιοχής με μεγάλα και μεσαία έργα βρίσκεται στην κοιλάδα Awash, ενώ όπως δείχνει ο πίνακας 2.2 η λεκάνη του ποταμού Awash αποτελεί μόνο το 7% της έκτασης που μπορεί να αρδευτεί στην χώρα. Αντίθετα, οι μεγάλες και οι μεσαίες αρδεύσεις καλύπτουν λιγότερο από το 1% της λεκάνης του ποταμού Abbey (Γαλάζιος Νείλος), της μεγαλύτερης λεκάνης στην χώρα.

Τα αρδευτικά έργα χωρίστηκαν σε 3 κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθός τους, την λειτουργία και την διαχείριση. Αυτές ήταν:

- ♦ Ευρείας κλίμακας έργα: Πάνω από 3.000 εκτάρια. Σχεδιασμένα από το NWRC & WRDA και κατασκευασμένα από το EWWCA κυρίως προς όφελος των Κρατικών Αγροκτημάτων.
- ♦ Μεσαία: 200-3000 εκτάρια. Έργα κεφαλής, κύρια και δευτερεύοντα κανάλια κατασκευασμένα από την WRDA, τριτεύοντα και αγροτικά κανάλια από την IDD. Τα διαχειρίζονται κυρίως τα Κρατικά Αγροκτήματα και άλλες ημικρατικές επιχειρήσεις.
- ♦ Μικρά: Έως 200 εκτάρια. Κατασκευασμένα από την IDD κυρίως προς όφελος των χωρικών οργανωμένα σε συνεργασίες παραγωγών.

Η ανάπτυξη της άρδευσης στην Αιθιοπία δεν επιχείρησε να συμπεριλάβει τον αγροτικό πληθυσμό. Η λειτουργία και η διαχείριση της τεχνολογίας που επήλθε ανατέθηκε σε μία μικρή τεχνική και διαχειριστική ελίτ και η διάδοση της εμπειρίας στη διαχείριση του νερού προς τον αγροτικό πληθυσμό δεν ήταν δυνατή. Από την άλλη πλευρά υπήρχε μακρά παράδοση μεταξύ των αγροτών καλλιεργητών στη διαχείριση του νερού για μικρής κλίμακας γεωργική χρήση. Περισσότερο από 40% της αρδευόμενης γης στη χώρα εξυπηρετείτο από παραδοσιακά έργα. Τα στοιχεία θα ήταν υψηλότερα εάν γινόταν μια πιο ακριβής και πιο πλήρης απογραφή. Η πλειοψηφία των υπαρχόντων παραδοσιακών έργων είναι μικρού μεγέθους, που εξυπηρετεί μία μικρή ομάδα νοικοκυριών συχνά όχι περισσότερα από 20 έως 30 τον αριθμό (Tahal 1988) χωρίς να αποκλείονται έργα που

εξυπηρετούν μεγάλο αριθμό ωφελούμενων. Πολλά από αυτά τα έργα βασίζονται στην εκτροπή του ρέματος και άλλα εκμεταλλεύονται το νερό μόνιμων πηγών.

Οι χωρικοί γνωρίζουν καλά τα οφέλη της άρδευσης και είναι πρόθυμοι να επενδύσουν την εργασία τους στην κατασκευή και συντήρηση των έργων. Σε μέρη της βόρειας Shoa, βόρειας Wollo, ανατολικής Gojjam και στην ορεινή Haqqage, τα παραδοσιακά έργα που ακόμα χρησιμοποιούνται από τους χωρικούς χρονολογούνται από στον περασμένο αιώνα. Πολλά από αυτά τα έργα τα διαχειρίζονται εκλεγμένοι ηλικιωμένοι γνωστοί ως “πατέρες νερού” ή “κριτές νερού” και αυτό το παραδοσιακό διαχειριστικό σύστημα έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό σε πολλές περιπτώσεις. Η εργασία και η αναγκαία πειθαρχία των αγροτών για την συντήρηση αυτών των συστημάτων για πολλές δεκαετίες είναι απόδειξη του υψηλού επιπέδου της πρακτικής γνώσης στην διαχείριση του νερού στις αγροτικές περιοχές.

2.3.6 Πρόσβαση σε ασφαλές νερό

Η ύδρευση στην Αιθιοπία είναι από τις κατώτερες στην Αφρική. Σύμφωνα με το WRC, στην αρχή αυτής της δεκαετίας, μόνο το 19% του πληθυσμού της χώρας και 11,5% του αγροτικού πληθυσμού είχε πρόσβαση σε ασφαλές νερό. Σύμφωνα με το MWR (1996) το 19% του αγροτικού και 80% του αστικού πληθυσμού έχουν πρόσβαση σε ασφαλές νερό και η συνολική κάλυψη για την χώρα τοποθετείται στο 26%. Ο λόγος που το αστικό ποσοστό είναι υψηλότερο οφείλεται στην υψηλή κάλυψη της Addis Ababa. Εάν εξαιρέσουμε την πρωτεύουσα η εικόνα είναι μάλλον ζοφερή.

Έτσι η μεγαλύτερη πλειοψηφία των Αιθιόπων χρησιμοποιεί επικίνδυνο και μολυσμένο νερό και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εκτίθενται σε διάφορες ασθένειες προερχόμενες από μολυσμένο νερό. Το MWR ορίζει «επαρκή» ποσότητα διαθέσιμου νερού σε 20 λίτρα ανά άτομο την ημέρα και με πρόσβαση σε μία ακτίνα 0,5 έως 1 χιλιόμετρο από κατοικημένη περιοχή. Τα κριτήρια του WHO, τα οποία υιοθέτησε η WSSA, είναι 45 λίτρα το άτομο την ημέρα. Όπως βλέπουμε παρακάτω το τρέχον επίπεδο κατανάλωσης νερού κατά κεφαλή είναι πολύ μακριά από το επαρκές επίπεδο που ετέθη από το MWR. Θα πρέπει επίσης να σημειώσουμε ότι στις αγροτικές περιοχές ασφαλές νερό δεν σημαίνει νερό που έχει υποστεί επεξεργασία. Τα περισσότερα νοικοκυριά έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό μόνο από πηγάδια και προστατευμένες πηγές.

Ο Πίν. 2.5 δείχνει την έκταση κάλυψης της ύδρευσης στη Αιθιοπία και επιλεγμένες χώρες της Αφρικής.

Η Υπηρεσία αγροτικών υδρεύσεων άρχισε στο τέλος της δεκαετίας 1950 ενώ το 1971 ιδρύθηκε ένα σώμα υπεύθυνο για όλα τα θέματα χρήσης και ανάπτυξης του νερού της χώρας, το Water Resources Commission.

Μέχρι το τέλος της δεκαετίας 1970 τα έργα ύδρευσης βασίσθηκαν σε γεωτρήσεις διανοιγμένες μηχανικά αλλά έκτοτε άλλες τεχνολογίες έχουν εφαρμοσθεί όπως πηγάδια σκαμμένα χειρονακτικά (με ή χωρίς χειροκίνητες αντλίες) προστατευμένες πηγές και περιστασιακά τεχνητές λίμνες. Οι γεωτρήσεις όμως διεξάγονταν σε αγροτικές κοινότητες που ήταν κοντά σε κύρια οδικά δίκτυα και οι κοινότητες στο εσωτερικό που δεν είχαν μεταφορική πρόσβαση ήταν πλήρως αγνοημένες

Στην αρχή της δεκαετίας 1980 λιγότερο από το 6% του αγροτικού πληθυσμού και 19% του πληθυσμού στις 20 κυριότερες πόλεις είχαν πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό. Στο τέλος της περιόδου του προγράμματος, η κάλυψη των αγροτικών περιοχών έφθασε το 35% και για τις αστικές περιοχές το 85%. Ενώ το ρεκόρ του επιτεύγματος δεν ήταν τόσο υψηλό όσο οι σχεδιαστές ήλπιζαν, έγινε σημαντική πρόοδος στη δεκαετία 1980.

Σημαντική ώθηση στην επέκταση του προγράμματος υδροδότησης ήταν η ξηρασία που χτύπησε τη χώρα στις δεκαετίες 1970 και 1980. Οι Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις (NGO), η UNICEFF καθώς και ένας αριθμός διμερών οργανισμών συμμετείχαν ενεργά στα έργα ανάπτυξης του νερού στις αγροτικές περιοχές.

Προς το παρόν οι τοπικές διοικήσεις είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση των αγροτικών (και αστικών) συστημάτων υδροδότησης στην περιοχή τους.

Πίν.2.5 Πρόσβαση σε ασφαλές νερό. Επιλεγμένες χώρες της Αφρικής (% του πληθυσμού)

Χώρα	Αστική	Αγροτική	Σύνολο
Αιθιοπία	80.0	11.5	19.0
Κένυα	61.0	21.0	28.4
Τανζανία	75.0	40.4	52.1
Ακτή Ελεφαντοστού	100.0	75.0	82.8
Σενεγάλη	85.4	26.0	51.2
Ζάμπια	76.2	42.8	58.9
Ζιμπάμπουε	100.0	13.5	35.5

Πηγή: World Bank 1996

Μεταξύ των κύριων λόγων που έχουν δοθεί για την αργή πορεία της προόδου της υδροδότησης στην δεκαετία 1980, οι παρακάτω είναι αξιοσημείωτοι και σχετικοί ακόμα και σήμερα.

- ♦ η έλλειψη εμπειριστατωμένης νομοθεσίας
- ♦ οι ανεπαρκείς πόροι επενδύσεων
- ♦ η έλλειψη εθνικής πολιτικής τιμών

Από την άλλη πλευρά, ο κύριος λόγος για τα χαμηλά ρεκόρ υποστήριξης των ήδη υπάρχοντων έργων στις αγροτικές περιοχές είναι η απουσία της συμμετοχής των ωφελούμενων και της διαχείρισης της κοινότητας.

Σύμφωνα με το 5ετές National Program of Action NPA (Εθνικό πρόγραμμα Δράσης) για παιδιά και γυναίκες, από το 1996 έως το 2000, η κυβέρνηση είχε κάνει υποσχέσεις να παρέχει ασφαλείς και αξιόπιστες υπηρεσίες παροχής νερού στο 42% του αγροτικού πληθυσμού. Η κατά κεφαλή αγροτική κατανάλωση νερού στο τέλος της πενταετούς περιόδου αναμένεται να φθάσει τα 20 λίτρα την ημέρα. Η προγραμματισμένη κάλυψη θα αυξήσει την τρέχουσα κάλυψη κατά 23%. Στην περίοδο των 5 ετών, 25.632 νέα αγροτικά έργα νερού

αναμένονται να κατασκευαστούν και η κύρια έμφαση θα δοθεί στα χειρονακτικά πηγάδια. Παρομοίως ή αστική κάλυψη θα φθάσει στο 95% την ίδια περίοδο.

Υπάρχει επίσης ένα σχέδιο από την World Bank για την χρηματοδότηση βελτίωσης της υπηρεσίας παροχής νερού σε 25 επιλεγμένες πόλεις. Το σχέδιο καλύπτει την περίοδο μεταξύ 1998-2003. Σ' αυτή την περίοδο, η κατανάλωση νερού στις αστικές περιοχές αναμένεται να αυξηθεί από 7 λίτρα κατά κεφαλή σε 15 λίτρα κατά κεφαλή ανά ημέρα. Το αστικό πρόγραμμα νερού της Τράπεζας αποσκοπεί στο να βοηθήσει την κυβέρνηση να πετύχει τους στόχους της στον τομέα του νερού (World Bank 1996).

Ο στόχος του ασφαλούς νερού για όλο τον πληθυσμό θα μπορούσε να επιτευχθεί μέχρι το 2040 με την προϋπόθεση ότι η παρούσα κάλυψη ύδρευσης θα αυξανόταν κατά 20% ετησίως. Σύμφωνα την WRC, η απαιτούμενη επένδυση για την παροχή ασφαλούς νερού σε όλο τον πληθυσμό στις αγροτικές περιοχές μέσα σε μία περίοδο 20 ετών θα ξεπερνούσε τις δυνατότητες της κυβέρνησης και θα πρέπει να βρεθεί ενεργή υποστήριξη από τους χορηγούς και τους Μη Κυβερνητικούς Οργανισμούς (NGO) για να γίνει πραγματική ανάπτυξη στην υπηρεσία νερού εάν η Αιθιοπία θέλει να προσεγγίσει το ποσοστό πρόσβασης σε ασφαλές νερό των υπολοίπων χωρών της Αφρικής.

2.3.7 Θεσμικό πλαίσιο

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας 1990, οι δημόσιοι φορείς επενέβαιναν στον τομέα του νερού συμπεριλαμβανομένων της Επιτροπής Εθνικών Πόρων (National Water Resources Commission NWRC), της Υπηρεσία Ανάπτυξης Υδατικών Πόρων (Water Resource Development Agency – WRDA), της Ethiopian Water Works Construction Agency (EWWCA), της Ethiopian Valleys Development Studies Authority (EVDSA), της Development Projects Studies Authority (DEPSA), του Water Supply and Sewerage Authority (WSSA), του Water Well Drilling Agency (WWDA) και του Irrigation Development Department (IDD) μέσα στο Υπ. Γεωργίας. Όλη η άρδευση ήταν ευθύνη του NWRC και η κατασκευή όλης της υποδομής των υδατικών έργων είχε ανατεθεί στο EWWCA ή εθνικούς εργολάβους. Το WRDA ήταν κυρίως υπεύθυνο για τον σχεδιασμό, την εκτέλεση και την λειτουργία των μεγάλων και μικρών αρδευτικών έργων. Σε όλες τις περιπτώσεις ο τελικός χρήστης ήταν το Υπουργείο των Κρατικών Αγροκτημάτων. Στο IDD ανατέθηκε ο σχεδιασμός και κατασκευή των μικρών αρδεύσεων, τις οποίες κυρίως χρησιμοποιούσαν οι «γεωργικοί συνεργάτες». Οι μελέτες σκοπιμότητας και ο σχεδιασμός των αρδευτικών έργων ανατέθηκαν στο EVDSA (το οποίο ανέλαβε από την VADA Valleys Development Agency) και το DEPSA. Η ευθύνη του WSSA ήταν η ύδρευση στις αστικές και αγροτικές εγκαταστάσεις. Συχνά γίνονταν διπλές προσπάθειες μεταξύ όλων αυτών των πολυάριθμων φορέων και υπήρχε απώλεια πόρων. Αρχές της δεκαετίας 1990, όλοι οι φορείς ετέθησαν υπό το MNRDEP.

Με την δημιουργία του MWR το 1994 υπήρξε μία ενοποιημένη δημόσια υπηρεσία υπεύθυνη για την ανάπτυξη του νερού. Όμως, υπάρχει ακόμα σημαντική σύγχυση και αβεβαιότητα όσον αφορά τις ακριβείς υπευθυνότητες του Υπουργείου και την σφαίρα δράσης από την μία πλευρά και την σχέση του με τις τοπικές Αρχές από την άλλη.

Μία ενοποιημένη δημόσια υπηρεσία είναι απαραίτητη ώστε οι υδατικοί πόροι της χώρας να υποστηρίζονται και χρησιμοποιούνται επαρκώς. Μία τέτοια υπηρεσία πρέπει να έχει τα ακόλουθα καθήκοντα: την πρωτοβουλία και ανάθεση μελετών και ετοιμασία μεγάλων σχεδίων για ολοκληρωμένη ανάπτυξη υδατικών πόρων, την αναγνώριση περιοχών για ανάπτυξη επενδύσεων στον δημόσιο και ιδιωτικό τομέα, την επιβολή και ενδυνάμωση κριτηρίων και την εκτίμηση των έργων. Παράλληλα θα έπρεπε να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στα μικρά αρδευτικά έργα, πράγμα που σημαίνει ότι η αποκέντρωση των ευθυνών της ανάπτυξης του νερού είναι απαραίτητη. Τα μικρά έργα μπορούν να τα σχεδιάσουν και να τα διαχειρισθούν οι άμεσα ωφελούμενοι μέσα στην κοινότητα. Τα μεσαία έργα μπορούν να σχεδιασθούν και να υλοποιηθούν με την ενεργή μεσολάβηση της διοίκησης της επαρχίας. Τα αγροτικά υδρευτικά έργα νερού χρειάζονται μόνο την μεσολάβηση της διοίκησης της τοπικής κοινότητας. Έτσι η αποκέντρωση της ανάπτυξης του νερού σημαίνει ότι οι τοπικές αρχές, με τις οποίες εννοούνται οι διοικήσεις επαρχίας και τοπικής κοινότητας, θα πρέπει να παίζουν ένα πιο ενεργό ρόλο στον σχεδιασμό και εκτέλεση των έργων.

2.3.8 Συμμετοχή μετόχων στα έργα αξιοποίησης του νερού

Με την ευρεία έννοια 'μέτοχοι' ορίζονται οι ιδιώτες, οργανισμοί, υπηρεσίες δημόσιου τομέα και χορηγοί που ενδιαφέρονται για τους υδατικούς πόρους και έχουν συμφέροντα για την ανάπτυξή τους. Ο ορισμός μπορεί να είναι ευρύς ή στενός ανάλογα με το είδος των υπό σκέψη έργων ανάπτυξης. Σε γεωργικά και αγροτικά έργα υδροδότησης μικρής κλίμακας στους μετόχους συμπεριλαμβάνονται οι χρήστες του νερού και οι τοπικές οργανώσεις, οι Μη Κυβερνητικοί Οργανισμοί (NGO) που εμπλέκονται στα τοπικά έργα ανάπτυξης, και τα σχετικά υποκαταστήματα των τοπικών διοικήσεων καθώς επίσης και ο ιδιωτικός τομέας.

Ας δούμε εν συντομία μερικούς από τους σημαντικούς μετόχους στα αγροτικά έργα:

- ♦ *Η κοινότητα.* Συχνά οι αγροτικές κοινότητες κατηγορούνται ότι δεν παίρνουν ενεργό μέρος στα έργα, ότι στερούνται των απαραίτητων τεχνικών εμπειριών να διοικούν τέτοια έργα, και ότι δείχνουν έλλειψη υπευθυνότητας. Υπάρχουν έργα αρδευτικά ή υδρευτικά που καταστράφηκαν ή έμειναν αχρησιμοποίητα όσο ήταν στη διαχείριση της κοινότητας. Για τους παραπάνω λόγους η συμμετοχή της κοινότητας δεν είναι δημοφιλής, ειδικά μεταξύ των κυβερνητικών υπηρεσιών.

Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η ιστορία της σχέσεως κράτους – χωρικού σ' αυτές τις χώρες. Οι χωρικοί έχουν μεγάλη πείρα από ανεκπλήρωτες υποσχέσεις του κράτους. Στην μακρά σχέση μεταξύ της κυβέρνησης και των αγροτικών κοινοτήτων το αποτέλεσμα ήταν συχνά δυσμενές για τους δεύτερους. Επίσης, δόθηκε στους χωρικούς να καταλάβουν ότι δεν είναι σε θέση να διοικούν αναπτυξιακά έργα, ότι δεν έχουν την τεχνική πείρα να τα διαχειρίζονται και συνεπώς ή συμμετοχή τους δεν χρειάζεται.

Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν αποδείξεις ότι πολλά τοπικά έργα τα διαχειρίζονται επιτυχώς οι ίδιοι οι χωρικοί. Τα παραδοσιακά αρδευτικά έργα είναι ένα καλό παράδειγμα. Σε αυτά, οι χωρικοί έχουν αναπτύξει απλές διαχειριστικές δομές που εμπλέκουν όλους τους χρήστες και που έχουν υποστηρίξει τα έργα για δεκαετίες.

Άλλο παράδειγμα είναι η διαχείριση των τοπικών βοσκότοπων και των δασικών πόρων.

- ♦ *Οργανισμοί κοινοτήτων.* Μερικά αναπτυξιακά έργα μπορούν να τα διαχειρισθούν καλύτερα οι οργανισμοί των κοινοτήτων. Οι οργανισμοί των χωρικών θα μπορούσαν να διαθέτουν την απαιτούμενη διαχειριστική δομή σε τοπικό επίπεδο, και μπορούν να συνεργάζονται με την κυβέρνηση ή τους Μη Κυβερνητικούς Οργανισμούς (NGO). Σήμερα, οι οργανισμοί είναι είτε ανενεργοί ή ελαττώνονται σε πολλά μέρη της χώρας. Υπάρχουν σχέδια για την αναδιοργάνωση και αναζωογόνηση των οργανισμών των κοινοτήτων. Όταν οι συνεργασίες αναζωογονηθούν θα μπορούν να γίνουν σημαντικοί μέτοχοι, ειδικά σε μεσαία και μικρά αρδευτικά έργα.
- ♦ *Κυβερνητικές Υπηρεσίες.* Με την διοικητική αποκέντρωση που επικρατεί σαν μέρος των πολιτικών μεταρρυθμίσεων, αρκετές αναπτυξιακές πρωτοβουλίες για το νερό έχουν ανατεθεί στις τοπικές διοικήσεις ειδικά για τα μικρά αρδευτικά έργα και την αγροτική ύδρευση. Η αποκέντρωση σε αυτή την περίπτωση έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Στα πλεονεκτήματα ανήκει το γεγονός ότι οι τοπικές αρχές θα έχουν την ευκαιρία να καθορίζουν τις ανάγκες της περιοχής ιεραρχώντας τις τοπικές προτεραιότητες. Από την άλλη πλευρά, τα υπεύθυνα τοπικά Γραφεία για την ανάπτυξη του νερού έχουν έλλειψη εκπαιδευμένου και τεχνικού προσωπικού και υπάρχει έλλειψη πολιτικής και συντονισμού.
Η επέμβαση της κυβέρνησης στην ανάπτυξη του νερού στο παρελθόν ήταν ανεπαρκής. Κατ' αρχάς υπήρχαν πολλές άχρηστες διατυπώσεις, τα σχέδια δεν εκτελούνταν έγκαιρα και έπαιρνε πολύ καιρό για να αρχίσουν τα έργα. Δεύτερον, υπήρχε έλλειψη τεχνικής ικανότητας από την πλευρά των υπεύθυνων για την υλοποίηση υπηρεσιών. Τρίτον, υπήρχε έλλειψη πολιτικής και στρατηγικής νερού και οι οδηγίες για τα αναπτυξιακά έργα και την διαχείριση τους είτε δεν ήταν διαθέσιμες ή δεν ήταν σαφείς και εμπεριστατωμένες.
- ♦ *Μη κυβερνητικοί Οργανισμοί (NGO).* Οι NGO έπαιξαν ένα σημαντικό ρόλο στα αναπτυξιακά υδατικά έργα, ειδικά στις αγροτικές υδρεύσεις νερού και την μικρής κλίμακας άρδευση. Σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, οι δραστηριότητες των NGO ωφέλησαν περίπου 4 εκ. ανθρώπους, κυρίως στις αγροτικές περιοχές (CRDA 1996). Η ανάπτυξη πηγών, οι γεωτρήσεις και οι κατασκευές χειρωνακτικών πηγαδιών αποτελούν τις μεγαλύτερες δραστηριότητες των NGO. Δεν υπάρχει προς το παρόν μηχανισμός να καθοδηγεί τις δραστηριότητες των NGO στον τομέα νερού.
- ♦ *Ο ιδιωτικός τομέας.* Ο ιδιωτικός τομέας προς το παρόν έχει μικρή συμμετοχή στον τομέα του νερού. Εκτός από λίγους επιχειρηματίες που πουλάνε μηχανήματα γεώτρησης δεν υπάρχει σχεδόν καμία ιδιωτική δραστηριότητα στην ανάπτυξη των υδατικών πόρων. Δεν υπάρχει το νομοθετικό πλαίσιο ώστε τα αρδευτικά και τα αγροτικά έργα ύδρευσης νερού να ανατεθούν (κατασκευή και χρήση για ορισμένο διάστημα) σε ιδιώτες.

2.3.9 Διαχείριση και διοίκηση αρδευτικών έργων

Πολύ συχνά στην Αιθιοπία, οι σχεδιαστές των αρδευτικών έργων έχουν δώσει έμφαση στις αγρονομικές και τεχνικές απόψεις των έργων, και οι περισσότερες από τις πιο σημαντικές αποφάσεις έχουν παρθεί από ειδικούς τεχνικούς, χωρίς συγκροτημένη άποψη στα θέματα της διαχείρισης και της συμμετοχής των ωφελούμενων. Ακόμα και όταν είχε επιχειρηθεί η συμμετοχή των αγροτών αυτοί έπρεπε να ακολουθήσουν κανόνες που ετίθετο από τις αρχές (ή τους Μη Κυβερνητικούς Οργανισμούς ή τους χορηγούς) και να παρέχουν δουλειά για αγροτικά έργα είτε χωρίς αμοιβή ή με αντάλλαγμα λίγη τροφή. Τέτοιες πρακτικές έχουν αποδειχθεί αντιπαραγωγικές, και έχουν συντελέσει στην αποτυχία πολλών έργων. Για να είναι επαρκής η διαχείριση των έργων είναι σημαντικό να προαχθεί η συμμετοχή των ωφελούμενων βασισμένη σε νέες αρχές.

Τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν, για παράδειγμα, ότι οι γεωτρήσεις, αντλίες χειριού ή άλλα συστήματα που κατασκευάστηκαν από τους Μη Κυβερνητικούς Οργανισμούς (NGO) είναι πιο πιθανό να υποστηρίζονται εάν τα διαχειρίζονται οι κοινότητες. Στα συστήματα νερού που κατασκευάστηκαν με την βοήθεια της UNICEF, οι ωφελούμενοι πιστεύουν ακράδαντα ότι οι κοινότητες θα έπρεπε να εμπλέκονται στην διαχείριση και συντήρηση των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται.

Οι κύριοι μέτοχοι θα πρέπει να εμπλακούν ενεργά στην διαχείριση των έργων από την μία πλευρά και από την άλλη στην διαμόρφωση των κανόνων και στις υπευθυνότητες που διέπουν την λειτουργία τέτοιων έργων (διοίκηση των έργων). Η διαχείριση αναφέρεται στην καθημερινή λειτουργία των έργων, όπου η διοίκηση καθορίζει την εγκαθίδρυση των εργασιακών κανόνων και τις υπευθυνότητες, την επιλογή μηχανισμών επίλυσης των συγκρούσεων, την επιλογή και τον έλεγχο του τεχνικού προσωπικού και τους μηχανισμούς ευθύνης των χρηστών και των υπαλλήλων. Σώματα της κυβέρνησης μπορούν να θέσουν ομοιόμορφους κανόνες για την επίλυση των κοινών προβλημάτων για κάθε κατηγορία έργων, αλλά εργασιακοί κανόνες είναι απαραίτητοι για τα συγκεκριμένα προβλήματα που προκύπτουν υπό ειδικές συνθήκες. Η συμμετοχή στη διαχείριση χωρίς συμμετοχή στην διοίκηση είναι περιορισμένης αποτελεσματικότητας και δεν εξασφαλίζει την υποστήριξη των έργων.

Η συμμετοχή στη διαχείριση και διοίκηση θα χρειασθεί την προσαρμογή υφιστάμενων δομών. Τέτοια θεσμική ανάπτυξη είναι μία μακροχρόνια διαδικασία που απαιτεί υπομονετική συνεργασία με τους ωφελούμενους.

Ένας ακόμα λόγος που στην Αιθιοπία, όπως και στην υπόλοιπη Αφρική, πολλά αρδευτικά έργα δεν υποστηρίζονται είναι και η ανασφάλεια κατοχής γης.

Από την άλλη πλευρά, η άρδευση μπορεί να έχει αντίθετες επιδράσεις σε μερικές ομάδες στην κοινότητα ή μεταξύ των ωφελούμενων. Αυτές οι ομάδες μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να είναι αντίθετες με το ίδιο το έργο. Για παράδειγμα, σε μία συνέντευξη με γυναίκες κατά την διάρκεια έρευνας για το αρδευτικό έργο του Birr & Koga το 1994, πολλές δεν ήταν ενθουσιασμένες με τις προοπτικές της άρδευσης. Φοβήθηκαν ότι με την παράταση της περιόδου καλλιέργειας που θα χρειάζεται η άρδευση, το βάρος πάνω στις γυναίκες θα γίνει βαρύτερο. Για να ελαφρύνουν αυτό το βάρος πρότειναν, το έργο να γίνει σύμφωνα με τις ανάγκες τους παρέχοντας, π.χ. εύκολη πρόσβαση στις βασικές

εγκαταστάσεις όπως ύδρευσης νερού, αλευρόμυλους και άλλα. Εν συντομία, διαφορετικές ομάδες ωφελούμενων έχουν διαφορετικές ανάγκες, οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαχείριση και τη διοίκηση των έργων.

Η διαχείριση της κοινότητας έχει επίσης αποδειχθεί ως ένας από τους παράγοντες κλειδιά για την επιτυχία των αγροτικών έργων ύδρευσης από τον WRC. Ο δεύτερος είναι η επιλογή της τεχνολογίας (WRC 1993). Χωρίς την συμμετοχή της κοινότητας, οι αγροτικές εγκαταστάσεις δεν θα υποστηρίζονται και θα είναι εξωπραγματικό να περιμένει μία κυβερνητική αντιπροσωπεία να διαχειρίζεται και να διατηρεί τέτοιες εγκαταστάσεις διασκορπισμένες σε όλες τις αγροτικές περιοχές.

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην περίπτωση της ύδρευσης είναι το γεγονός ότι στις περισσότερες αγροτικές περιοχές οι γυναίκες είναι κυρίως οι κουβαλητές και χρήστες του νερού. Οι γυναίκες ξοδεύουν πολλές ώρες την ημέρα μεταφέροντας νερό από πολλές φορές απροστάτευτες πηγές, ή μολυσμένα ποτάμια και λίμνες. Χρησιμοποιούν μολυσμένο νερό για τις εργασίες του νοικοκυριού και έτσι αυτές και τα παιδιά τους είναι πιο ευαίσθητες σε ασθένειες που προέρχονται από το νερό. Πρόσβαση σε καθαρό νερό σε μικρή απόσταση σημαίνει ότι οι γυναίκες κερδίζουν χρόνο και μειώνουν τον φόρτο εργασίας και την προσπάθεια την οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν σε πιο παραγωγική γεωργική ή άλλη δραστηριότητα.

Οι γυναίκες συνεπώς θα έπρεπε να συμμετέχουν στην διοργάνωση, λειτουργία και συντήρηση των αγροτικών έργων. Νομικές ομάδες των Ηνωμένων Εθνών επιμένουν ότι οι γυναίκες θα πρέπει να λένε τις απόψεις τους για τα αναπτυξιακά υδροδοτικά έργα καθώς επίσης και να έχουν γνώμη για την επιλογή τεχνολογίας, και να εκπαιδεύονται στην βασική συντήρηση της τεχνολογίας. Τα στοιχεία όμως αποδεικνύουν ότι ενώ η UNICEF και μερικοί από τους Μη Κυβερνητικούς Οργανισμούς (NGO) έκαναν προσπάθειες να συμπεριλάβουν γυναίκες στα έργα ύδρευσης, το επίπεδο συμμετοχής τους δεν ήταν πολύ ικανοποιητικό. Λόγω κοινωνικών, οικονομικών και πολιτιστικών αιτιών, οι γυναίκες τείνουν να είναι λιγότερο ενεργητικές στις ομάδες των χρηστών του νερού, και πιο απρόθυμες να εμπλακούν μέσα σ' αυτές. Εν μέρει αυτό συμβαίνει γιατί οι γυναίκες έχουν πολλές υπευθυνότητες και λίγο ελεύθερο χρόνο. Το πρόβλημα πρέπει να εξετασθεί προσεκτικά και πρέπει να βρεθούν τρόποι ώστε να μπορέσουν οι αγρότισσες να παίξουν ένα πιο ενεργό ρόλο στην διαχείριση των συστημάτων ύδρευσης.

Οι οδηγίες της WSSA αναφέρουν ότι τουλάχιστον δυο γυναίκες θα έπρεπε να περιλαμβάνονται σε όλες τις επιτροπές που σχηματίζονται για το νερό. Όμως, η εμπειρία μέχρι σήμερα είναι ότι λίγες γυναίκες μεταξύ πολλών ανδρών δεν παίζουν ενεργό ρόλο. Είναι λοιπόν σημαντικό όλες ή τουλάχιστον οι περισσότερες επιτροπές να σχηματίζονται από γυναίκες μόνο έτσι ώστε να γίνουν εξ ολοκλήρου υπεύθυνες για την προμήθεια νερού. Όμως, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η εμπλοκή της γυναίκας στην επιτροπή αυξάνει το κοινωνικό και οικογενειακό βάρος. Ένας από τους λόγους που οι γυναίκες είναι απρόθυμες να εμπλακούν στις πρωτοβουλίες της επιτροπής είναι διότι επιβαρύνονται με μία πρόσθετη ευθύνη. Χωρίς λοιπόν την μείωση του οικογενειακού βάρους και του

βάρους της γεωργικής παραγωγής είναι εξωπραγματικό να περιμένουμε από αυτές να παίξουν ένα πιο ενεργό ρόλο στα υδατικά αναπτυξιακά έργα.

3. Περιοχή και στοιχεία μελέτης

3.1 Περιγραφή της περιοχής

Τα προτεινόμενα έργα τοποθετούνται στην περιοχή Southern Nations Nationalities and Peoples Region (SNNPR) στον νομό North Omo, στην επαρχία Damot Gale και απέχει 175 km από την πρωτεύουσα της επαρχίας Damot Gale, Boditi. Πρόκειται για δύο διαφορετικές λιμνοδεξαμενές, την λιμνοδεξαμενή Damte και την λιμνοδεξαμενή Wedeba, οι οποίες απέχουν 17,6 και 20,1 km αντίστοιχα από την τοπική πρωτεύουσα Boditi και 147 km περίπου από την Awassa, πρωτεύουσα της SNNPR. Για τα έργα αυτά έχει συνταχθεί αρχική έκθεση από το τμήμα Study and Design Department της Commission for Sustainable Agriculture and Environmental Rehabilitation in Southern Administrative Region (Co-SAERSAR, 2000).

Ο πληθυσμός της περιοχής των έργων είναι περίπου 14.000 άτομα, σύμφωνα με απογραφή του 1986, με έντονες αυξητικές τάσεις. Η πυκνότητα του πληθυσμού στην επαρχία Damot Gale είναι 640 άτομα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και είναι από τις πιο πυκνοκατοικημένες επαρχίες της χώρας (έκταση επαρχίας 430 km² και πληθυσμός 275.000 κάτοικοι). Μόνο το 5% του πληθυσμού της επαρχίας ζει σε πόλεις.

Η επιβίωση του πληθυσμού στηρίζεται στην καλλιέργεια του εδάφους και στην εκτροφή ζώων (γίδια, πρόβατα, αγελάδες). Η απόδοση των καλλιεργειών είναι πάρα πολύ μικρή και οφείλεται στην υπερεντατική καλλιέργεια των εδαφών η οποία έχει οδηγήσει σε μείωση της γονιμότητας του εδάφους. Συχνά το μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργειών καταναλώνεται στο επίπεδο της ίδιας της φάρμας. Ο πληθυσμός των ζώων στην περιοχή είναι σχετικά μικρός όπως και το μέγεθος τους λόγω της έλλειψης βοσκότοπων στην περιοχή.

Στην Αιθιοπία η γη ανήκει στο κράτος από το οποίο την μισθώνουν οι αγρότες. Στην περιοχή του έργου σήμερα δεν υπάρχει γη ελεύθερη προς μίσθωση. Η κατοχή γης ανά οικογένεια ποικίλλει από 0,125 ha μέχρι 0,50 ha με μέση τιμή για την περιοχή των έργων 0,25 ha. Το μέσο μέγεθος της οικογένειας είναι 6,7 άτομα. Ως αποτέλεσμα της έλλειψης γης προς καλλιέργεια τα νεότερα μέλη της οικογένειας συχνά οδηγούνται στην μετοίκηση σε μεγάλα αστικά κέντρα.

Η βροχόπτωση στην περιοχή έχει έντονες διακυμάνσεις όσον αφορά την διάρκειά της, την συχνότητα, την ένταση και την εποχιακή κατανομή της. Στην επαρχία Damot Gale δεν υπάρχουν μόνιμα ποτάμια. Τα ποτάμια Damte και Wedeba είναι χειμαρρώδη και η απορροή τους διαρκεί λίγους μόνο μήνες τον χρόνο. Στην ευρύτερη περιοχή των έργων έχουν κατασκευαστεί πολλά ρηχά πηγάδια, τα περισσότερα από τα οποία δεν λειτουργούν λόγω της κακής συντήρησης. Η επιβίωση του πληθυσμού στην περιοχή εξαρτάται άμεσα από την διάρκεια και την συχνότητα της βροχόπτωσης κάθε έτος, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν έργα αποθήκευσης του νερού.

Η έλλειψη γης, το μεγάλο μέγεθος της οικογένειας, το χαμηλό επίπεδο παραγωγικότητας

σε συνδυασμό με επαναλαμβανόμενες ξηρασίες, οδηγούν στην έλλειψη τροφής συνήθως από τον Ιανουάριο έως τον Μάιο (5 μήνες τον χρόνο).

Η περιοχή όπου θα κατασκευαστούν τα έργα είναι μία κοιλάδα από αλλούβιες αποθέσεις. Σύμφωνα με την εκτίμηση γεωλόγων της Co-SAERSAR οι οποίοι επισκέφθηκαν τα έργα, στην περιοχή συναντάται ηφαιστειογενής βράχος ο οποίος καλύπτεται από εδαφικό στρώμα πάχους από μερικά έως μερικές δεκάδες μέτρα. Το εδαφικό στρώμα αποτελείται από υλικό μέτριας έως υψηλής πλαστικότητας. Ο βράχος πολύ συχνά συναντάται αποσαθρωμένος.

Στους προτεινόμενους άξονες των έργων καθώς και στις λεκάνες κατάκλυσης έχουν γίνει ερευνητικά φρεάτια διαστάσεων κάτοψης 1,00x1,00 και βάθους 3,00 m όπως αναφέρθηκε από τους μηχανικούς στην Awassa. Στο σύνολο των φρεατίων παρατηρήθηκε το ομοιογενές εδαφικό στρώμα υψηλής πλαστικότητας. Κατά την διάρκεια της επιτόπου επίσκεψης το εδαφικό αυτό στρώμα παρατηρήθηκε στο σύνολο της περιοχής των έργων.

Πρέπει να επισημανθεί ότι κατά την διάρκεια της επίσκεψης, η οποία έγινε στην αρχή της περιόδου των βροχών (αρχές Ιουνίου), παρατηρήθηκε έντονη βλάστηση στην ευρύτερη περιοχή των έργων (βλέπε Σχ. 3.1) αλλά και έντονα σημάδια διάβρωσης του επιφανειακού εδαφικού καλύμματος το οποίο αποτελείται από λεπτόκοκκο υλικό (βλέπε Σχ. 3.2)



Σχ. 3.1 Φυτοκάλυψη στην περιοχή των έργων



Σχ. 3.2 Σημάδια διάβρωσης εδαφικού υλικού

Οι βροχοπτώσεις διαρκούσαν λίγες μόνο ώρες την ημέρα, ήταν όμως μεγάλων εντάσεων και προκαλούσαν πλημμύρες στους δρόμους και τις κατοικίες της περιοχής. Τα χαντάκια αποστράγγισης των δρόμων είχαν μεγάλες διατομές (βλέπε Σχ. 3.3) αλλά και πάλι δεν επαρκούσαν για την απομάκρυνση των πλημμυρικών νερών.

Οι χρήσεις γης στην λεκάνη απορροής των έργων είναι ετήσιες καλλιέργειες 5%, εποχιακές καλλιέργειες 50%, δέντρα 15%, θάμνοι 20%, βοσκότοποι 5% και λοιπές χρήσεις 5%. Στις λεκάνες κατάκλυσης χρήση γης είναι 90% βοσκότοποι, 2% κάλυψη από ευκαλύπτους και 8% μη χρησιμοποιούμενη γη.

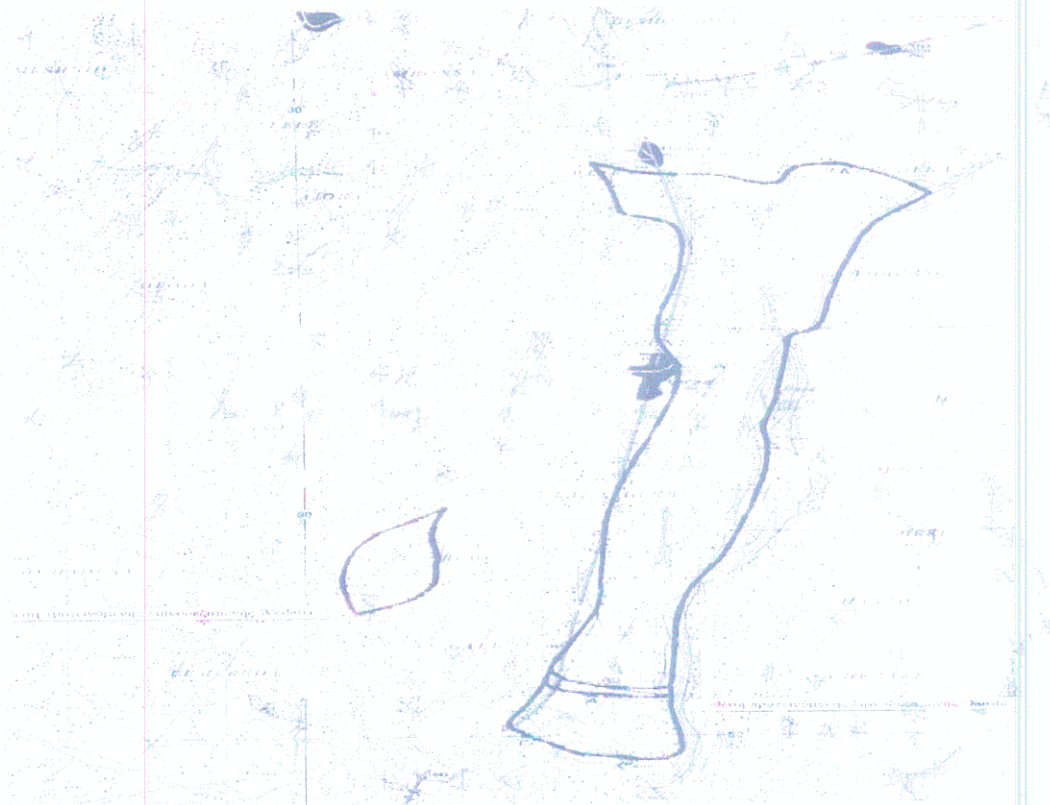


Σχ. 3.3 Τάφροι αποστράγγισης παραπλεύρως των δρόμων

Η λεκάνη απορροής της λιμνοδεξαμενής Damte έχει έκταση 23,2 km² και τα υψόμετά της κυμαίνονται από +1870 έως +2050 m. Το ανάγλυφο περιοχής παρουσιάζει κλίση <5% σε 6 km², κλίση 5-15% σε 8 km², κλίση 15-30% σε 5 km², κλίση 30-50% σε 3,7 km² και κλίση >50% σε 0,5 km². Οι παραπάνω πληροφορίες προήλθαν από τοπογραφικούς χάρτες κλ.1:50.000.

Στον ποταμό Damte πριν το 1989 είχε κατασκευαστεί ένα ανάχωμα από τους κατοίκους της περιοχής σε μία προσπάθειά τους να συγκρατήσουν τα πλημμυρικά νερά του Damte. Η θέση του (θέση Α, Σχ. 3.4) ήταν 200 m περίπου κατάντη της προτεινόμενης θέσης (Θέση Β, Σχ. 3.4). Σύμφωνα με τους κατοίκους της περιοχής, το ανάχωμα διατηρήθηκε για ένα περίπου χρόνο πριν να υπερπηδηθεί και καταστραφεί. Η καταστροφή του οφείλεται στην έλλειψη υπερχειλιστή και την μη ικανοποιητική συμπίκνωση του αναχώματος. Το κατεστραμμένο ανάχωμα φαίνεται στο Σχ. 3.5).

Η θέση Β προτάθηκε λόγω του ότι παρουσιάζει μεγαλύτερο ύψος αντερεισμάτων (δυνατότητα κατασκευής υψηλότερου φράγματος) καθώς επίσης και διότι στα αριστερό αντέρεισμα της θέσης Α υπάρχουν κατοικίες οι οποίες πρέπει να προστατευτούν (βλέπε Σχ. 3.6).



Σχ. 3.4 Θέση λιμνοδεξαμενών Damte και Wedeba

Περίπου 1,5-2 km κατάντη της προτεινόμενης θέσης αναχώματος (θέση Γ, Σχ. 3.4) είχε γίνει μία ακόμα προσπάθεια κατασκευής αναχώματος η οποία επίσης απέτυχε για παρόμοιους λόγους.



Σχ. 3.5 Κατεστραμμένο ανάχωμα στην θέση Α λιμνοδεξαμενής Damte



Σχ. 3.6 Κατοικίες στο αριστερό αντέρεισμα της λεκάνης στην θέση Α-λιμνοδεξαμενή Damte

Η λεκάνη απορροής της λιμνοδεξαμενής Wedeba έχει έκταση 2 km^2 και τα υψόμετρα της κυμαίνονται από +1870 έως +1900 m. Το ανάγλυφο της περιοχής παρουσιάζει κλίση $<5\%$, όπως προκύπτει από τοπογραφικούς χάρτες κλ.1:50.000. Οι χρήσεις γης της λεκάνης απορροής και της λεκάνης κατάκλυσης (βλέπε Σχ. 3.7) είναι ίδιες με αυτές της λιμνοδεξαμενής Damte δεδομένου ότι η περιοχή παρουσιάζει μεγάλη ομοιομορφία τοπίου.

Από το προτεινόμενο έργο θα συγκεντρώνονται περίπου 600.000 m^3 νερό τον χρόνο τα οποία θα προορίζονται για να προσφέρουν πόσιμο νερό στους ανθρώπους και στα ζώα καθώς επίσης και για άρδευση έκτασης 41,5 ha. Από το έργο θα ωφεληθούν 400 περίπου οικογένειες οι οποίες θα εκμεταλλευθούν την αρδευόμενη έκταση.



Σχ. 3.7 Λεκάνη κατάκλυσης λιμνοδεξαμενής Wedeba

Ένας ακόμα λόγος που ευνοεί την κατασκευή του έργου είναι ότι σε αντίθεση με άλλες περιοχές της χώρας η επαρχία Damot Gale έχει καλό οδικό δίκτυο, ιδιαίτερα τους ξηρούς μήνες (κατά την περίοδο των βροχών μεγάλο τμήμα των δρόμων γίνονται χείμαρροι).

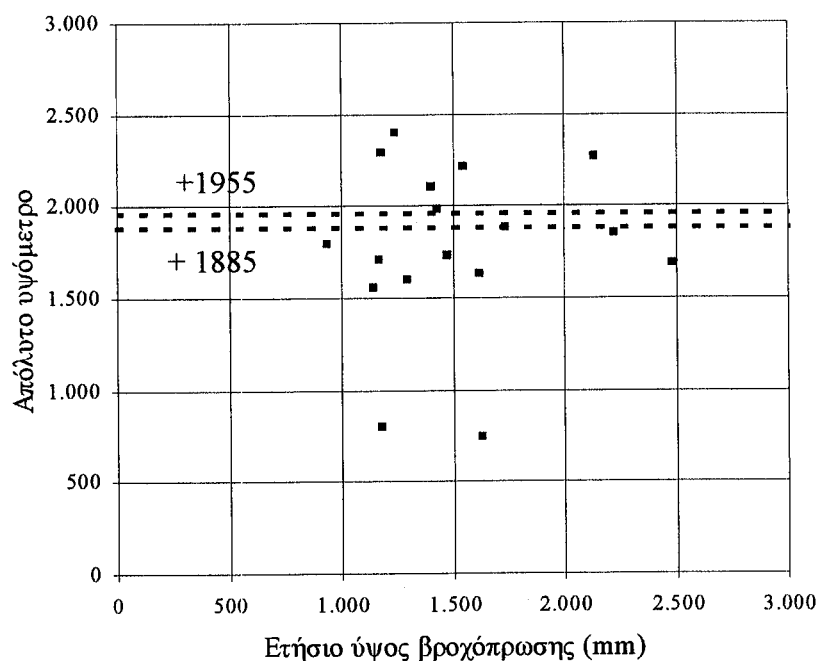
Τα άμεσα και έμμεσα κέρδη από το έργο είναι :

- ♦ Το έργο θα επιτρέψει διπλή συγκομιδή μέσα στον χρόνο και με αυτόν τον τρόπο θα βελτιώσει την σίτιση στην περιοχή .
- ♦ Από το σύνολο των 2.100 οικογενειών στην περιοχή περίπου 400 από αυτές θα ωφεληθούν άμεσα από την άρδευση 41,5 ha.
- ♦ Το κατά κεφαλήν εισόδημα στην περιοχή θα ανέβει και αυτό θα ανυψώσει το επίπεδο ζωής στην περιοχή.
- ♦ Οι κάτοικοι της περιοχής θα έχουν και οικονομικά οφέλη κατά την περίοδο κατασκευής, από την δυνατότητα απασχόλησης στο έργο αλλά και την ανάπτυξη του εμπορίου το διάστημα αυτό.

Οι δρόμοι πρόσβασης για την κατασκευή των έργων θα κάνουν τις επικοινωνίες στην περιοχή ευκολότερες.

Πίν. 3.3 Μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις σταθμών

α/α	Σταθμός	Υψόμετρο	Υψος ετήσιας βροχ/σης
1	AREKA	750	1.627
2	ABELTI	800	1.186
3	ASENDABO	2.400	1.245
4	ATHAGO	1.850	2.224
5	BEDO	2.210	1.552
6	BOBU	1.880	1.741
7	JIMA	1.725	1.481
8	KUMBI	1.980	1.432
9	LIMU GENET	1.690	2.477
10	METESO	2.270	2.134
11	NONNO	1.710	1.169
12	SEKORU	2.100	1.409
13	SHEBE	1.635	1.620
14	WELKITIE	1.550	1.142
15	WOLISO	1.600	1.301
16	HOSAINA	2.290	1.179
17	AWASSA	1.800	940



Σχ. 3.8 Σχέση ύψους βροχόπτωσης – υψομέτρου

3.2 Αξιολόγηση υδρολογικών δεδομένων

Μεγάλο πρόβλημα στην μελέτη του έργου είναι η έλλειψη υδρολογικών δεδομένων στην ευρύτερη περιοχή. Δεν γίνονται μετρήσεις παροχής και στερεοπαροχής στους χείμαρρους και οι μετρήσεις των βροχοπτώσεων είναι μόνο σε ημερήσια βάση (δεν υπάρχει βροχογράφος στην περιοχή) και με ελλιπή και μη αξιόπιστα στοιχεία.

Από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιθιοπίας στην ευρύτερη περιοχή των έργων έχουν ληφθεί τα ημερήσια ύψη βροχής μόνο για τον σταθμό Ateka στην περιοχή, τα οποία δόθηκαν σε μορφή μεγίστων ημερήσιων κάθε μήνα για 20 χρόνια χωρίς να υπάρχει το σύνολο των ημερήσιων καταγραφών. Η έλλειψη αυτή οδηγεί και σε ερωτηματικά για την ακρίβεια των δεδομένων για τον σταθμό.

Σε προσπάθεια που έγινε για την συλλογή ημερήσιων στοιχείων και από το Ευρωπαϊκό κέντρο Μεσοπρόθεσμης Πρόγνωσης βρέθηκαν στοιχεία μόνο για τον σταθμό Awassa (αρ. Σταθμού 63460), αλλά είναι και αυτά ελλιπή (βλέπε κεφ. 3.2.2).

3.2.1 Μηνιαίες βροχοπτώσεις

Στην ευρύτερη περιοχή των έργων βρίσκονται οι αναφερόμενοι στον Πίνακα 3.1 σταθμοί οι θέσεις των οποίων φαίνονται στο Σχ.ΠΠ.3 του Παραρτήματος Γ.

Τα στοιχεία για τον σταθμό με α/α 1 προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιθιοπίας (National Meteorological Services Agency) και παρουσιάζονται και στην έκθεση της Co-SAERSAR, 2000. Οι μετρήσεις παρουσιάζονται στον Πίν. ΠΑ.1 του Παραρτήματος Α.

Τα στοιχεία για τους σταθμούς με α/α από 2 έως και 15 προέρχονται από το Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιθιοπίας και παρουσιάζονται στην υδρολογική μελέτη για την EELPA, 1996. Αφορούν την λεκάνη απορροής του ποταμού Gilgel Gibe στον οποίον σχεδιάζεται να κατασκευαστεί φράγμα χωρητικότητας 800 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων και δύο υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Η λεκάνη απορροής του ποταμού αυτού βρίσκεται ΒΔ των λεκανών απορροής των έργων σε απόσταση περίπου 120 km. Ο ποταμός Gilgel Gibe είναι παραπόταμος του ποταμού Omo, εκβάλλει δε σε αυτόν από τα δεξιά και ανήκει στην ευρύτερη λεκάνη απορροής Rift Valley. Οι σταθμοί αυτοί έχουν δεδομένα ετήσιων βροχοπτώσεων από το 1953 έως το 1992 (ο κάθε σταθμός έχει διαφορετικό εύρος παρατηρήσεων). Μόνο όμως από το 1980 και μετά υπάρχουν καταγραφές μηνιαίων τιμών, οι οποίες παρουσιάζονται στους πίνακες ΠΑ.2 έως και ΠΑ.13 του Παραρτήματος Α. Τα ετήσια ύψη βροχής παρουσιάζονται στον συγκεντρωτικό πίνακα 3.2.

Τα στοιχεία για τους σταθμούς με α/α 16 και 17 πάρθηκαν από το GHCN1, είναι μέσα μηνιαία για 1170 μήνες από το 1953-1968 και για 1114 μήνες από το 1972-1981, αντίστοιχα και παρουσιάζονται στους πίνακες ΠΑ.14 και ΠΑ.15 του Παραρτήματος Α.

Πίν. 3.1 Συνοπτικά στοιχεία βροχομετρικών σταθμών

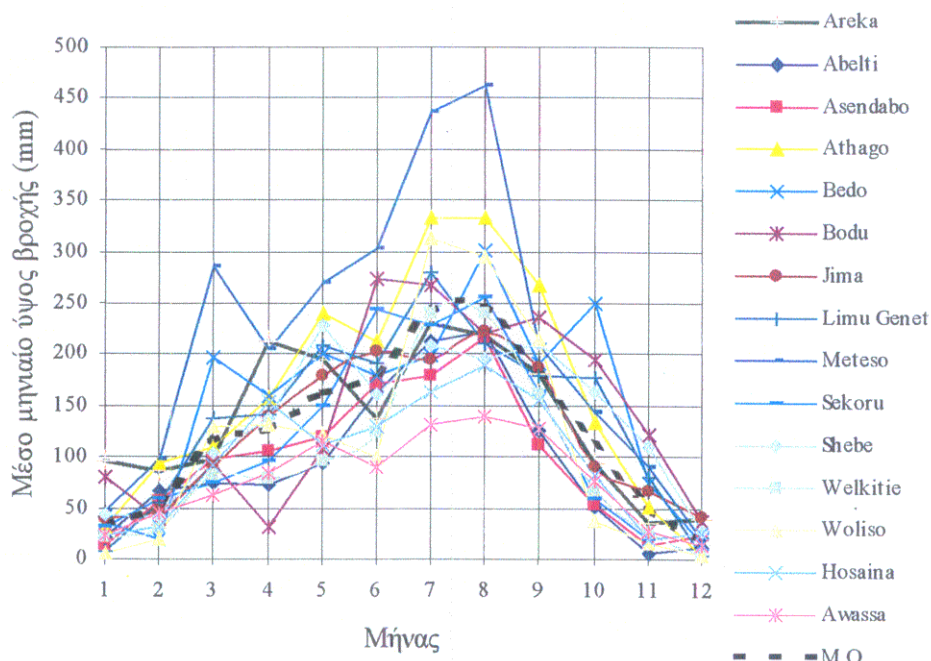
α/α	Σταθμός	Περιοχή	Υψόμετρο	Γεωγραφικό μήκος	Γεωγραφικό πλάτος
1	AREKA	Sidamo	750	37 ° 42 '	07 ° 04 '
2	ABELTI	Kefa	800	37 ° 37 '	08 ° 09 '
3	ASENDABO	Kefa	2400	37 ° 14 '	07 ° 46 '
4	ATHAGO	Kefa	1850	36 ° 52 '	08 ° 19 '
5	BEDO	Kefa	2210	36 ° 52 '	07 ° 31 '
6	BOBU	Kefa	1880	36 ° 55 '	07 ° 49 '
7	JIMA	Kefa	1725	36 ° 50 '	07 ° 40 '
8	KUMBI	Kefa	1980	37 ° 30 '	08 ° 05 '
9	LIMU GENET	Kefa	1690	36 ° 57 '	08 ° 06 '
10	METESO	Kefa	2270	36 ° 53 '	07 ° 26 '
11	NONNO	Shewa	1710	37 ° 23 '	08 ° 30 '
12	SEKORU	Kefa	2100	37 ° 24 '	07 ° 55 '
13	SHEBE	Kefa	1635	36 ° 31 '	07 ° 31 '
14	WELKITIE	Shewa	1550	37 ° 45 '	08 ° 16 '
15	WOLISO	Shewa	1600	37 ° 47 '	08 ° 32 '
16	HOSAINA	Shewa	2290	37 ° 79 '	07 ° 50 '
17	AWASSA	Sidamo	1800	38 ° 30 '	07 ° 07 '

Όπως προκύπτει από το Σχ. 3.8, δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί βροχοβαθμίδα στην περιοχή. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο μη κοινό διάστημα των παρατηρήσεων στους σταθμούς ή και σε ανακρίβειες των δεδομένων.

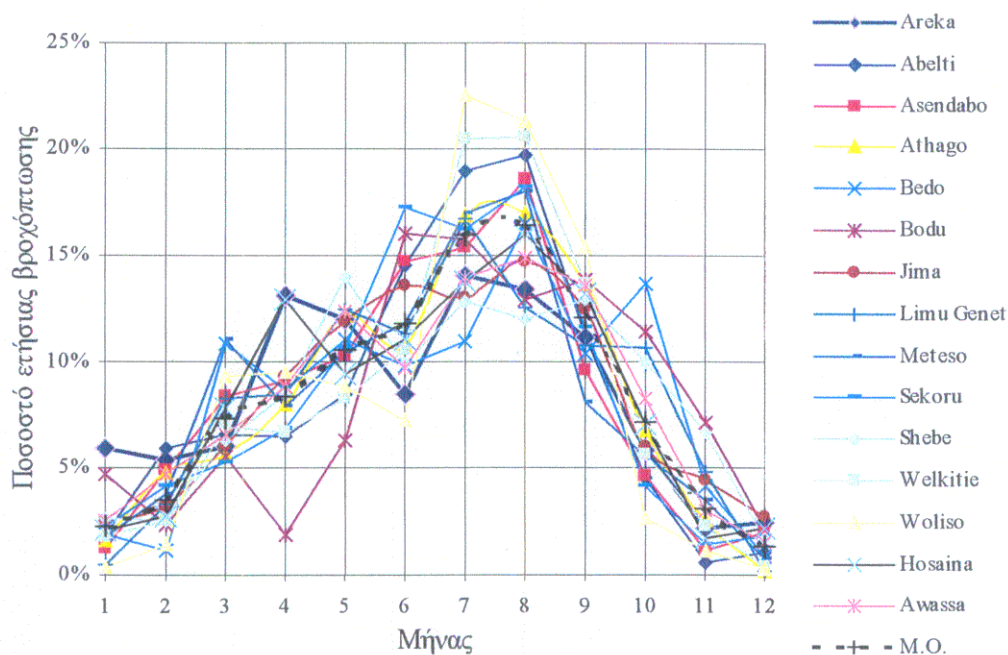
Στα Σχ. 3.9 και 3.10 παρουσιάζονται τα μέσα μηνιαία ύψη βροχής σε mm και σε ποσοστό επί του συνολικού ετήσιου ύψους βροχής των σταθμών αντίστοιχα. Η αντίστοιχη παρουσίαση των μέσων μηνιαίων υψών βροχής των σταθμών γίνεται στους Πίν. ΠΑ17.1 και ΠΑ17.2 του Παραρτήματος Α. Από αυτούς προκύπτει ότι κατά μέσον όρο το 56% της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης πέφτει στους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο.

Πίν. 3.2 Ετήσια ύψη βροχής (mm)

α/α	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ΣΤΑΘΜΟΣ	AREKA	ABELTI	ASENDABO	ATHAGO	BEDO	BOBU	JIMA	KUMBI	LIMU GENET	METESO	NONNO	SEKORU	SHEBE	WELKITIE	WOLISO
1953							1.138								
1954															
1955							1.540								
1956							1.427								
1957							1.446								
1958							1.609								
1959							1.559								
1960															
1961															
1962															
1963							2.078								
1964							1.628								
1965							1.358								
1966							1.335								
1967							1.781								1.324
1968							1.409								879
1969			1.240	1.559	1.530	1.460	1.287	1.119	1.503		1.002	1.333			1.360
1970			1.360	1.855	1.300	1.827	1.606	1.559	1.945		1.378	1.536		1.274	1.390
1971			1.290	2.110	1.390	1.690	1.474	1.284	2.291		1.443	1.410		1.036	1.256
1972			1.181	1.758	1.693	1.710	1.394	1.302	3.283	1.620	915	1.267	1.804	1.007	1.148
1973			1.315	1.806	1.556	1.705	1.293	1.400	3.630	2.236	1.108	1.458	1.403	1.285	1.378
1974			1.383	2.962	1.377	1.928		1.252	2.842	1.898		1.404	1.551	1.110	1.500
1975			1.183	3.070	1.372	1.621	1.379	1.277	2.901	1.388		1.372	1.470	1.128	1.286
1976			1.309	2.907	1.199	1.810	1.625	1.344	2.709	2.489		1.317	1.617	1.041	1.164
1977			1.215	2.689	1.422	2.089	1.564	1.622	2.080	2.662		1.484	1.696		
1978			1.371		1.659	1.863	1.413	1.483	2.872	1.661		1.547	1.809		
1979			1.055		1.547	1.443	1.207	1.326		1.370		1.510	1.419		
1980				1.538			1.344			2.241				885	1.202
1981				1.380			1.338			2.543				1.057	1.462
1982				3.053			1.615	2.221	2.221	3.056		1.289	1.782	1.193	
1983			1.035		2.577		1.616		1.442	2.438			1.653	1.547	1.566
1984							1.288					1.468			
1985			1.029				1.297					1.187			
1986			1.158				1.332					1.583			
1987		943	1.469				1.439					1.351			
1988	1.697	1.167	1.282				1.550					1.466			
1989	1.459	1.171	1.290				1.627					1.467			
1990	1.490	1.176					1.641					1.322			
1991	1.445	1.089					1.447					1.285			
1992	1.866	1.569					1.750					1.531			
1993	1.754														
1994	1.439														
1995	1.556														
1996	1.933														
M.O	1.627	1.186	1.245	2.224	1.552	1.741	1.481	1.432	2.477	2.134	1.169	1.409	1.620	1.142	1.301
max	1933	1569	1469	3070	2577	2089	2078	2221	3630	3056	1443	1583	1809	1547	1566
min	1439	943	1029	1380	1199	1443	1138	1119	1442	1370	915	1187	1403	885	879
SD	191	208	126	660	354	192	185	285	678	541	232	108	155	179	179



Σχ. 3.9 Μέσα μηνιαία ύψη βροχής σε mm



Σχ. 3.10 Μέσα μηνιαία ύψη βροχής σε ποσοστό επί της ετήσιας βροχόπτωσης

Αρχικά έγινε έλεγχος ομοιογένειας των ετήσιων υψών βροχής των σταθμών με τη μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης. Στα διαγράμματα Δ1 έως Δ86 του Παραρτήματος Β χαράχτηκαν οι διπλές αθροιστικές καμπύλες του συνόλου των σταθμών ανά δύο. Από τα διαγράμματα αυτά προκύπτει ότι τα ετήσια ύψη βροχής των σταθμών δεν είναι αξιόπιστα διότι οι αθροιστικές καμπύλες έχουν αποκλίσεις από την ευθύγραμμη διάταξη.

Ενδεικτικά αναφέρονται ο σταθμός Asendabo, ο οποίος παρουσιάζει μεγάλα ύψη

βροχοπτώσεων τις χρονιές 1969 έως 1972 και ο σταθμός Athago, ο οποίος παρουσιάζει μικρά ύψη βροχοπτώσεων τις χρονιές 1969 έως 1973.

Κατόπιν έγινε συσχέτιση των ετήσιων βροχοπτώσεων των σταθμών. Οι συντελεστές συσχέτισης των ετήσιων βροχοπτώσεων των σταθμών ανά δύο παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4. Παρατηρούνται πολύ μικροί συντελεστές συσχέτισης, οι οποίοι σε καμία περίπτωση δεν δικαιολογούνται από την χωρική κατανομή των σταθμών, δεδομένης της μεγάλης ομοιομορφίας της περιοχής.

Πίν. 3.4 Συντελεστές συσχέτισης ετήσιων βροχοπτώσεων των σταθμών

a/a	ΣΤΑΘΜΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	AREKA		0,7350					0,3710					0,5740			
2	ABELTI	0,7350		0,9970				0,7870					0,5010			
3	ASENDABO		0,9970		0,0016	0,0800	0,3130	0,2865	0,0433	0,0010	0,0127	0,5890	0,0470	0,0687	0,1976	0,3968
4	ATHAGO					0,3833	0,2362	0,1989	0,0095	0,0276	0,0006	0,6384	0,0002	0,0372	0,0920	0,0040
5	BEDO			0,0800	0,3833		0,0721	0,4698	0,0091	0,1131	0,2149	0,8359	0,0026	0,1093	0,0035	0,0086
6	BOBU			0,3130	0,2362	0,0721		0,5809	0,4795	0,0057	0,5074	0,2423	0,0624	0,2936	0,0077	0,0495
7	JIMA	0,3710	0,7870	0,2865	0,1989	0,4698	0,5809		0,3126	0,1868	0,4047	0,5294	0,0034	0,3139	0,1837	0,0243
8	KUMBI			0,0433	0,0095	0,0091	0,4795	0,3126		0,0000	0,3391	0,2390	0,4551	0,1451	0,5287	0,0014
9	LIMU GENET			0,0010	0,0276	0,1131	0,0057	0,1868	0,0000		0,1844	0,1086	0,0169	0,1096	0,0000	0,0343
10	METESO			0,0127	0,0006	0,2149	0,5074	0,4047	0,3391	0,1844			0,0008	0,0167	0,0514	0,0002
11	NONNO			0,5890	0,6384	0,8359	0,2423	0,5294	0,2390	0,1086			0,5557		0,0426	0,1021
12	SEKORU	0,5740	0,5010	0,0470	0,0002	0,0026	0,0624	0,0034	0,4551	0,0169	0,0008	0,5557		0,0236	0,4394	0,4172
13	SHEBE			0,0687	0,0372	0,1093	0,2936	0,3139	0,1451	0,1096	0,0167		0,0236		0,7735	0,3944
14	WELKITTE			0,1976	0,0920	0,0035	0,0077	0,1837	0,5287	0,0000	0,0514	0,0426	0,4394	0,7735		0,4182
15	WOLISO			0,3968	0,0040	0,0086	0,0495	0,0243	0,0014	0,0343	0,0002	0,1021	0,4172	0,3944	0,4182	
	M.O.	0,5600	0,7550	0,2334	0,1358	0,1919	0,2375	0,3324	0,2135	0,0657	0,1575	0,3883	0,2214	0,2078	0,2282	0,1543
	max	0,7350	0,9970	0,9970	0,6384	0,8359	0,5809	0,7870	0,5287	0,1868	0,5074	0,8359	0,5740	0,7735	0,7735	0,4182
	min	0,3710	0,5010	0,0010	0,0002	0,0026	0,0057	0,0034	0,0000	0,0000	0,0002	0,0426	0,0002	0,0167	0,0000	0,0002

Μεγιστοποίηση των δειγμάτων των σταθμών θα πρέπει να γίνει για τους σταθμούς που βρίσκονται εντός της λεκάνης και τους γειτονικούς σε αυτήν, δεδομένου ότι αυτοί θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των βροχοπτώσεων στη λεκάνη απορροής.

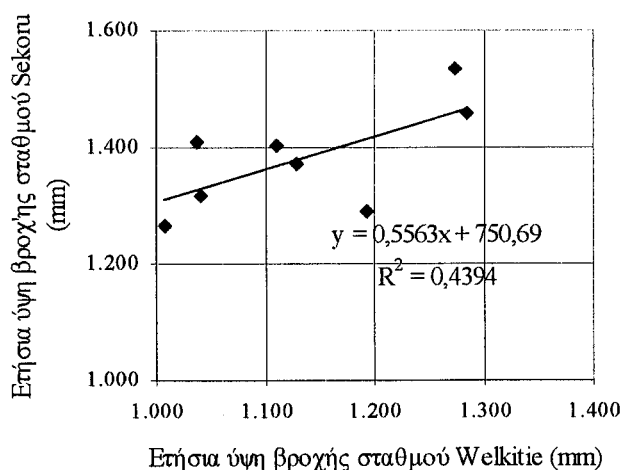
Εντός της λεκάνης απορροής των χ. Damte και Wedeba δεν υπάρχουν βροχομετρικοί σταθμοί. Ο πλησιέστερος σταθμός είναι ο σταθμός Areka ο οποίος βρίσκεται περίπου 25 km δυτικά της περιοχής των έργων. Οι άλλοι σταθμοί βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή των έργων.

Ο σταθμός Areka, έχει μετρήσεις για το διάστημα 1988-1996. Η μεγιστοποίηση του δείγματος προτείνεται να γίνει με βάση τον σταθμό Sekoru διότι ο σταθμός Abelti, με τον οποίο παρουσιάζει τον μεγαλύτερο βαθμό συσχέτισης, έχει παρατηρήσεις μόνο από το 1987 έως το 1992. Ο σταθμός Jima παρότι έχει την μεγαλύτερη διάρκεια παρατηρήσεων, δεν παρουσιάζει καλό συντελεστή συσχέτισης με τον σταθμό Areka ($r^2=0,371$).

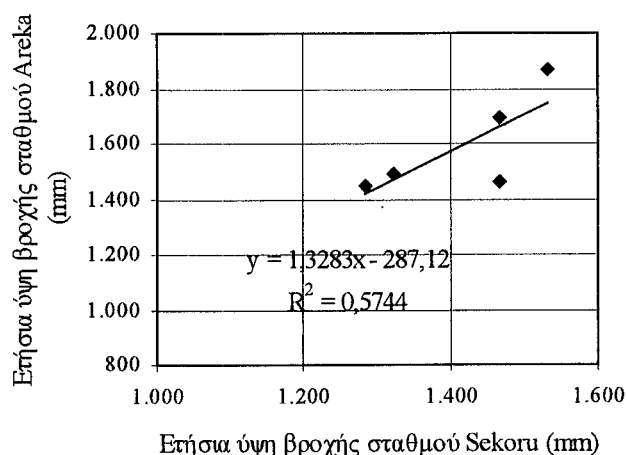
Στα διαγράμματα Δ87 έως και Δ98 του Παραρτήματος Β παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των μηνιαίων βροχοπτώσεων των σταθμών Areka και Sekoru. Από αυτές προκύπτει ότι μόνο 4 μήνες (Μάιο, Αύγουστο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο) ο συντελεστής συσχέτισης ήταν ικανοποιητικός ($r^2>0,45$ ή $r>0,67$). Επίσης παρατηρείται ότι τους 4 από τους 12 μήνες όσο αυξάνονται τα ύψη βροχής στο σταθμό Areka τόσο μειώνονται τα ύψη βροχής στον σταθμό Sekoru. Τους υπόλοιπους 8 μήνες παρατηρείται το αντίθετο. Από τα παραπάνω προκύπτει

ότι δεν μπορεί να γίνει μεγιστοποίηση του δείγματος του σταθμού Areka χρησιμοποιώντας τις μηνιαίες συσχετίσεις με τον σταθμό Sekoru. Μπορεί πάντως να γίνει μεγιστοποίηση του δείγματος του σταθμού Areka με βάση τις συσχετίσεις των ετήσιων τιμών, δεδομένου ότι αυτές παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης από τις μηνιαίες τιμές.

Ο σταθμός Sekoru πριν χρησιμοποιηθεί για την μεγιστοποίηση θα πρέπει να συμπληρωθεί με ετήσια ύψη βροχής για τις χρονιές 1980, 1981, 1983. Ο σταθμός παρουσιάζει σχετικά καλό βαθμό συσχέτισης ($r^2 > 0,44$ ή $r > 0,66$). με τους σταθμούς Abelti, Kumbi, Nonno και Welkitie. Ο μόνος από αυτούς ο οποίος έχει παρατηρήσει τις χρονιές 1980, 1981, 1983 είναι ο σταθμός Welkitie. Οι συσχετίσεις των ετήσιων βροχοπτώσεων των δύο σταθμών, με βάση την οποία έγινε η συμπλήρωση του σταθμού Sekoru παρουσιάζονται στο Σχ. 3.11. Στο Σχ. 3.12 παρουσιάζεται η συσχέτιση των ετήσιων βροχοπτώσεων των σταθμών Sekoru και Areka, με βάση την οποία έγινε η συμπλήρωση του σταθμού Areka. Τα συμπληρωμένα δείγματα των ετήσιων βροχοπτώσεων των σταθμών Sekoru και Areka παρουσιάζονται στον Πίν. 3.5 όπου οι αναγραφές με έντονα και πλάγια στοιχεία είναι οι συμπληρωμένες τιμές.



Σχ. 3.11 Συσχετίσεις ετήσιων υψών βροχόπτωσης σταθμών Welkitie και Sekoru



Σχ. 3.12 Συσχετίσεις ετήσιων υψών βροχόπτωσης σταθμών Sekoru και Areka

Πίν. 3.5 Ετήσιες βροχοπτώσεις (mm) σταθμών Areka, Sekoru και Welkitie

ΣΤΑΘΜΟΣ	AREKA	SEKORU	WELKITIE
1969	1.484	1333	
1970	1.753	1.536	1.274
1971	1.586	1.410	1.036
1972	1.396	1.267	1.007
1973	1.650	1.458	1.285
1974	1.578	1.404	1.110
1975	1.535	1.372	1.128
1976	1.462	1.317	1.041
1977	1.684	1.484	
1978	1.768	1.547	
1979	1.719	1.510	
1980	1.364	1.243	885
1981	1.491	1.339	1.057
1982	1.425	1289	1193
1983	1.853	1.611	1.547
1984	1.663	1.468	
1985	1.290	1.187	
1986	1.816	1.583	
1987	1.507	1.351	
1988	1.697	1.466	
1989	1.459	1.467	
1990	1.490	1.322	
1991	1.445	1.285	
1992	1.866	1.531	
1993	1.754		
1994	1.439		
1995	1.556		
1996	1.933		

Οι χαρακτηριστικές τιμές του δείγματος των ετήσιων βροχοπτώσεων του σταθμού Areka πριν και μετά από την μεγιστοποίηση δείχνονται στο Πίν. 3.6. Παρατηρούμε ότι η μεγιστοποίηση του δείγματος δεν έχει επηρεάσει έντονα τον μέσο όρο (μείωση κατά 2%) και την τυπική απόκλιση του δείγματος (μείωση κατά 12%).

Πίν 3.6 Χαρακτηριστικά δείγματος ετήσιων βροχοπτώσεων σταθμού Areka πριν και μετά την μεγιστοποίηση.

	Μετά	Πρίν
Μέσος όρος	1.595	1.627
Μέγιστη τιμή	1.933	1.933
Ελάχιστη τιμή	1.290	1.439
Τυπική απόκλιση	169	191

3.2.2 Ημερήσιες βροχοπτώσεις

Ο μόνος βροχομετρικός σταθμός της ευρύτερης περιοχής για τον οποίο έχουμε στοιχεία 24ωρων βροχών είναι ο σταθμός της Areka. Τα στοιχεία για τον σταθμό προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιθιοπίας και παρουσιάζονται στην έκθεση της Co-SAERSAR (2000). Το πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε είναι ότι από η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιθιοπίας δεν είχε όλη τη σειρά των παρατηρήσεων για το 20 χρόνια λειτουργίας του σταθμού, αλλά μόνο τα μέγιστα ημερήσια του κάθε μήνα λειτουργίας. Αυτό δημιουργεί αμφιβολίες για την ποιότητα των στοιχείων αλλά και δεν επιτρέπει την κατάρτιση υδρολογικών μοντέλων ημερήσιας κλίμακας.

Τα δεδομένα του σταθμού παρουσιάζονται στον πίνακα ΠΑ.28 του Παραρτήματος Α.

Στην προσπάθεια για εύρεση και αξιοποίηση ημερήσιων βροχοπτώσεων στην περιοχή, αναζητήσαμε δεδομένα από το Ευρωπαϊκό κέντρο Μεσοπρόθεσμης Πρόγνωσης. Τα στοιχεία που βρέθηκαν είναι για τον σταθμό Awassa (αρ. Σταθμού 63460), αφορούν τις χρονιές 1995 έως 1999 καθώς και τους τρεις πρώτους μήνες του έτους 2000. Δυστυχώς είναι και αυτά ελλιπέστατα. Υπήρχαν μετρήσεις μόνο στις 6.00 π.μ. και αυτές οι μετρήσεις δεν γινόντουσαν κάθε μέρα. Συγκεκριμένα υπήρχαν οι ακόλουθοι αριθμοί μετρήσεων για τα αντίστοιχα έτη:

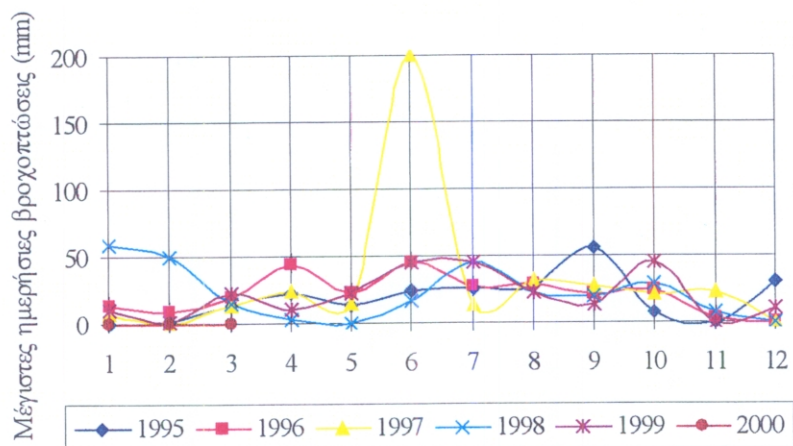
Έτος 1995	269 μετρήσεις
Έτος 1996	284 μετρήσεις
Έτος 1997	270 μετρήσεις
Έτος 1998	248 μετρήσεις
Έτος 1999	306 μετρήσεις
Ιαν- Μάρτ.2000	58 μετρήσεις

Από τις μετρήσεις αυτές εντοπίστηκαν οι μέγιστες κάθε μήνα (παρότι δεν υπήρχαν μετρήσεις κάθε μέρα του μήνα), οι οποίες και παρουσιάζονται στον Πίν.3.7 και στο Σχ.3.13.

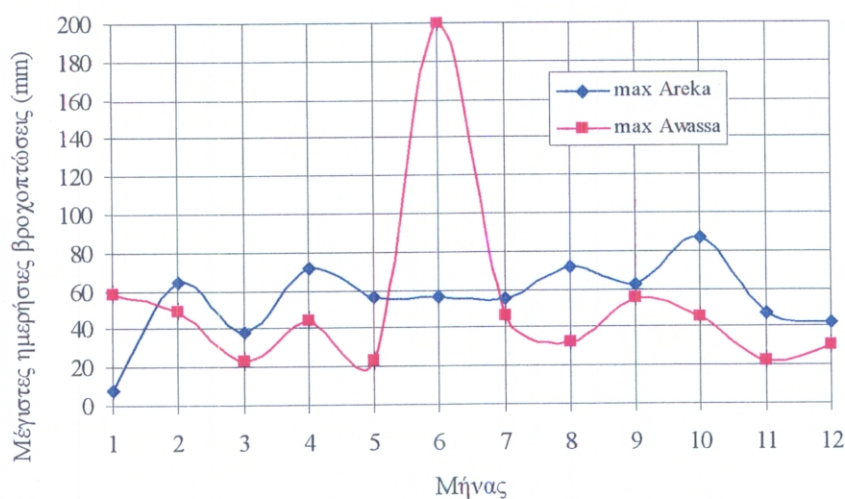
Πίν. 3.7 Μέγιστες ημερήσιες βροχοπτώσεις κάθε μήνα σταθμού Awassa (σε mm)

Έτος	1995	1996	1997	1998	1999	2000	max
Ιαν.	0	14	8	59	11	0	59
Φεβρ.	2	9	0	50	1	0	50
Μάρτ.	14	20	13	15	23	0	23
Απρ.	22	44	25	3	10		44
Μάιος	13	23	15	0	23		23
Ιουν.	25	45	200	16	45		200
Ιουλ.	26	27	13	46	46		46
Αυγ.	28	29	32	23	23		32
Σεπτ.	56	21	28	19	14		56
Οκτ.	7	24	21	29	45		45
Νοεμ.	0	3	22	7	0		22
Δεκ.	30	0	0	0	11		30
max	56	45	200	59	46		200

Τα παραπάνω δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν παρά μόνο για επαλήθευση των μέγιστων ημερήσιων βροχοπτώσεων κάθε μήνα που δίνονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιθιοπίας για τον σταθμό Areka (βλέπε Σχ. 3.14).



Σχ. 3.13 Μέγιστες ημερήσιες βροχοπτώσεις κάθε μήνα σταθμού Awassa



Σχ. 3.14 Μέγιστες ημερήσιες βροχοπτώσεις κάθε μήνα στην περιοχή

3.2.3 Θερμοκρασίες

Δεν διατίθενται μετρήσεις θερμοκρασίας μέσα στη λεκάνη απορροής των έργων. Στην ευρύτερη περιοχή των έργων βρίσκονται οι σταθμοί Jima, Asendabo, Sekoru και Addis Ababa. Για τους τρεις πρώτους σταθμούς τα στοιχεία μέσης μηνιαίας ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας (M.M.E.Θ, M.M.M.Θ.) προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιθιοπίας και παρουσιάζονται στην υδρολογική μελέτη για EELPA (1996), χωρίς όμως να αναφέρεται η χρονική διάρκεια των παρατηρήσεων. Τα στοιχεία αυτά δείχνονται στους πίνακες ΠΑ.19 και ΠΑ.20 αντίστοιχα του Παραρτήματος Α. Στον πίνακα ΠΑ.21 υπολογίστηκε η μέση μηνιαία θερμοκρασία των σταθμών (M.M.Θ.) ως το

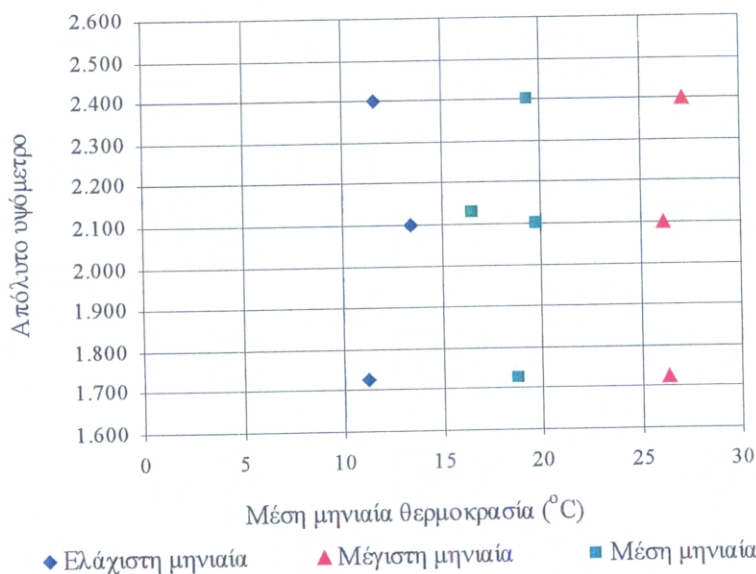
ημιάθροισμα της μέγιστης και της ελάχιστης.

Για τον σταθμό της Addis Ababa τα δεδομένα είναι μέσα μηνιαία και παρουσιάζονται στον πίνακα ΠΑ.22 του Παραρτήματος Α.

Από τους εν λόγω πίνακες προκύπτει ότι δεν υπάρχουν σημαντικές αυξομειώσεις στην θερμοκρασία ούτε κατά την διάρκεια του έτους, αλλά ούτε και στην ευρύτερη γεωγραφική περιοχή. Έγινε προσπάθεια εκτίμησης θερμοβαθμίδας για κάθε μήνα, αλλά οι συσχετίσεις δεν ήταν ικανοποιητικές (Πίν 3.8 και Σχ.3.15).

Πίν. 3.8 Στοιχεία μέσης μηνιαίας ελάχιστης, μέγιστης και μέσης θερμοκρασίας σε °C (Μ.Μ.Ε.Θ, Μ.Μ.Μ.Θ, Μ.Μ.Θ.)

Σταθμός	Υψόμετρο	ΜΜΕΘ	ΜΜΜΘ	ΜΜΘ
Jima	1,725	11.2	26.3	18.8
Asendabo	2,400	11.6	27.1	19.4
SeKoru	2,100	13.5	26.0	19.8
Addis Ababa	2,130			16.6



Σχ. 3.15 Συνάρτηση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας με το υψόμετρο σταθμού.

3.2.4 Συγκρίσεις με τα διεθνή υδρομετεωρολογικά πρότυπα-προτάσεις

Η πυκνότητα του δικτύου βροχογράφων και βροχόμετρων εξαρτάται από μετεωρολογικούς και τοπογραφικούς παράγοντες. Ο αριθμός των σταθμών μέτρησης της βροχόπτωσης ανά μονάδα έκτασης είναι μικρότερος σε επίπεδες περιοχές από ότι σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο, σε εύκρατα κλίματα.

Ο Wanielist (1990) προτείνει σε επίπεδες περιοχές με εύκρατο κλίμα ένα σταθμός μέτρησης ανά 200 mi² (320 km²) ενώ για ορεινές περιοχές και ίδιο κλίμα ένα σταθμός μέτρησης ανά 40 mi² (64 km²). Οι Linsley et all (1998) προτείνουν για ορεινές περιοχές με εύκρατο και

τροπικό κλίμα ένας σταθμός ανά 100 έως 250 km².

Το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την χρήση της πληροφορίας που θα παρέχει καθώς και τον οικονομικό παράγοντα. Σε περιοχές με μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού, οι οποίες εξαρτώνται από την διαθεσιμότητα του νερού, το δίκτυο των σταθμών θα πρέπει να είναι πυκνό.

Το υφιστάμενο δίκτυο βροχομετρικών σταθμών στην περιοχή της Αιθιοπίας που εξετάζεται, είναι μέσα στα προτεινόμενα όρια. Το πρόβλημα όμως εντοπίζεται στην διάρκεια λειτουργίας του κάθε σταθμού και την ποιότητα των δεδομένων.

Για τις ανάγκες σχεδιασμού αρδευτικών έργων στην περιοχή, προτείνεται ο τακτικός έλεγχος και επαλήθευση στοιχείων για τους υφιστάμενους βροχομετρικούς σταθμούς, η λειτουργία ενός τουλάχιστον βροχόμετρου στην περιοχή καθώς και οι μετρήσεις παροχών σε κάποιο σημαντικό υδατόρεμα της περιοχής, έτσι ώστε να είναι δυνατή η επαλήθευση και το 'καλιμπράρισμα' των μοντέλων υδατικού ισοζυγίου.

3.3 Διερεύνηση ευαισθησίας εκτίμησης απορροών

Στην ευρύτερη περιοχή των έργων δεν υπάρχουν υδρομετρικοί σταθμοί. Για την διαστασιολόγηση αρδευτικών έργων είναι αναγκαία η εκτίμηση των παροχών του ποταμού, η οποία έγινε με βάση το απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου κατά Thornthwaite. Έγινε διερεύνηση ευαισθησίας της υπολογισθείσας απορροής σε σχέση με την εκτιμώμενη αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους και την επιλογή τύπου προσδιορισμού της εξατμοδιαπνοής. Οι μέθοδοι υπολογισμού της δυνητικής εξατμοδιαπνοής διερευνήθηκαν ως προς την ευαισθησία τους στην εκτίμηση του φυτικού συντελεστή K_c . Τέλος υπολογίστηκαν και οι μέσες ετήσιες απορροές της λεκάνης κατά Turk για συγκριτικούς λόγους.

3.3.1 Δυνητική εξατμοδιαπνοή

Με δεδομένο ότι τα μόνα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα είναι τα θερμοκρασιακά, η δυνητική εξατμοδιαπνοή υπολογίστηκε με τις εμπειρικές μεθόδους Thornthwaite, Hargreaves και Blaney-Criddle.

Η μέθοδος Thornthwaite είναι εμπειρική και έχει χρησιμοποιηθεί στην πράξη περισσότερο από κάθε άλλη λόγω των μικρών απαιτήσεών της σε δεδομένα εισόδου (μόνο μέση μηνιαία θερμοκρασία) αλλά και της παλαιότητάς της (Thornthwaite, 1948). Παρατηρήθηκε ότι η δυνητική εξατμοδιαπνοή με χρήση αυτής της μεθόδου εμφανίζει μεγάλες τιμές κυρίως στους θερμότερους μήνες (Φεβρ., Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο). Παρά την ευρύτατη διάδοση της η μέθοδος είναι υπεραπλουστεμένη και δεν συστήνεται πλέον για αξιόπιστη εκτίμηση της εξατμοδιαπνοής (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).

Οι μέθοδοι Hargreaves και Blaney-Criddle εκτιμούν τη δυνητική εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς, η οποία ορίζεται ως εξατμοδιαπνοή από μια ιδεατή εκτεταμένη επιφάνεια καλυμμένη πλήρως από ομοιόμορφη, χαμηλού ύψους χλόη που σκιάζει πλήρως το έδαφος και βρίσκεται σε συνθήκες ενεργού ανάπτυξης χωρίς έλλειψη νερού. Για να γίνει αναγωγή της σε δυνητική εξατμοδιαπνοή συγκεκριμένης καλλιέργειας χρειάζεται να πολλαπλασιαστεί με το φυτικό συντελεστή K_c . Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (είδος φυτών, ύψος και διάπλάσή τους, κλιματολογικές συνθήκες, κ.α.). Για την εκτίμηση του K_c λήφθηκαν υπόψη πίνακες που δίνουν τη διακύμανσή του για δενδρώδεις και μη δενδρώδεις καλλιέργειες (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999), (FAO, 1998). Έγινε διερεύνηση για την ευαισθησία της υπολογιζόμενης δυνητικής εξατμοδιαπνοής με αλλαγή του φυτικού συντελεστή K_c .

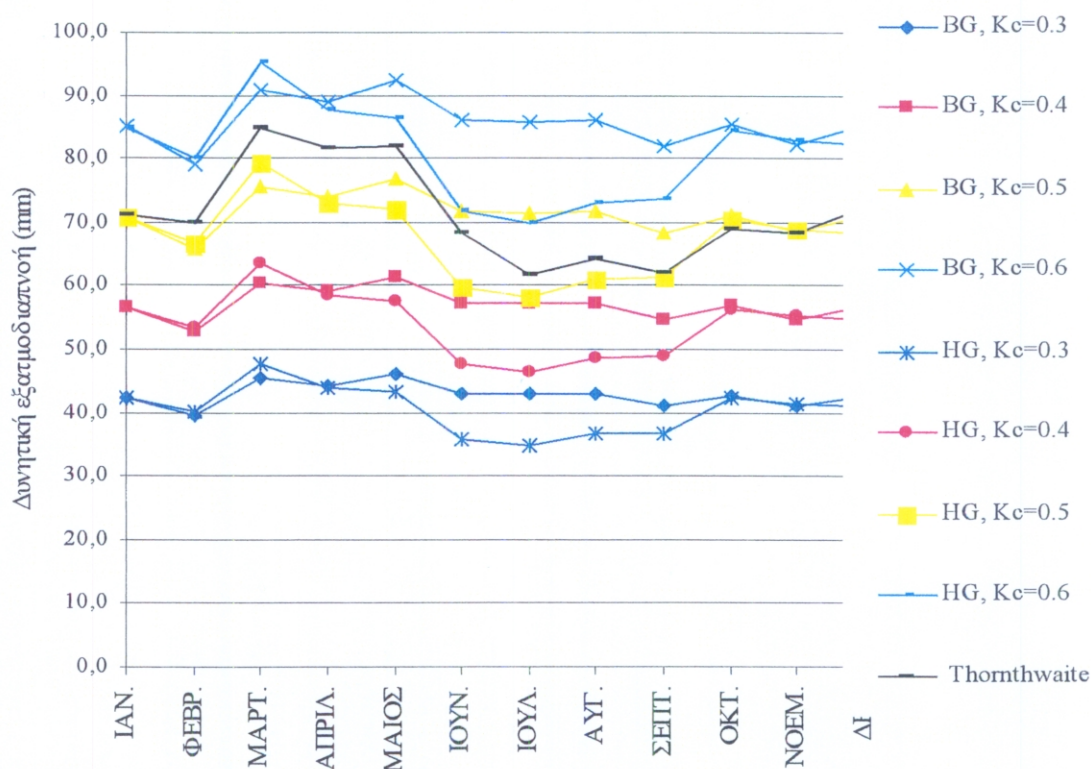
Η μέθοδος Hargreaves είναι μια σχετικά πρόσφατη εμπειρική μέθοδος εκτίμησης της εξατμοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς, η οποία έχει ως δεδομένα εισόδου την μέση, την ελάχιστη και την μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία του αέρα και συστήνεται (FAO, 1988) ως μια ανεκτή προσέγγιση για την περίπτωση που τα μόνα διαθέσιμα στοιχεία είναι τα θερμοκρασιακά.

Τέλος, η μέθοδος Blaney-Criddle έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα και έχει ως δεδομένο εισόδου τη μέση μηνιαία θερμοκρασία.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των παραπάνω μεθόδων εκτίμησης της δυνητικής εξατμοδιαπνοής παρουσιάζεται στον Πίν. 3.9 και στο Σχ.3.16 για διάφορες τιμές του φυτικού συντελεστή. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί για τις τρεις μεθόδους υπολογισμού της εξατμοδιαπνοής παρουσιάζονται στους πίνακες ΠΑ.25.1, ΠΑ.25.2 και ΠΑ.25.3 του Παραρτήματος Α.

Πίν.3.9 Μέση μηνιαία δυνητική εξατμοδιαπνοή (σε mm) κατά Blaney-Gridle, Hargreaves και Thornthwaite.

	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
BG, Kc=0.3	42,6	39,5	45,4	44,4	46,1	43,1	42,9	43,0	41,0	42,8	41,1	42,7	514,7
BG, Kc=0.4	56,7	52,7	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	54,8	56,9	686,2
BG, Kc=0.5	70,9	65,9	75,7	74,1	76,9	71,8	71,5	71,7	68,4	71,3	68,5	71,1	857,8
BG, Kc=0.6	85,1	79,1	90,9	88,9	92,3	86,2	85,8	86,0	82,0	85,5	82,3	85,3	1029,3
HG, Kc=0.3	42,4	40,1	47,7	43,8	43,2	35,9	35,0	36,6	36,9	42,3	41,5	41,1	486,4
HG, Kc=0.4	56,6	53,4	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	55,3	54,8	648,5
HG, Kc=0.5	70,7	66,8	79,5	73,1	72,0	59,8	58,3	61,0	61,4	70,4	69,1	68,5	810,6
HG, Kc=0.6	84,9	80,1	95,4	87,7	86,4	71,8	69,9	73,2	73,7	84,5	82,9	82,2	972,8
Thornthwaite	71,1	69,8	84,9	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	68,5	72,6	856,3



Σχ. 3.16 Μέση μηνιαία δυνητική εξατμοδιαπνοή

Οι υπολογισμένες δυνητικές εξατμοδιαπνοές κατά Thornthwaite, Hargreaves και Blaney-Griddle χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένο εισόδου στο μοντέλο υδατικού ισοζυγίου μαζί με τις βροχοπτώσεις στη λεκάνη. Στις μεθόδους Blaney-Gridle και Hargreaves επιλέγεται φυτικός συντελεστής $K_c=0,40$, ο οποίος θεωρείται χαρακτηριστικός της λεκάνης απορροής.

Ως βροχοπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν αυτές του σταθμού Areka (Πίν. ΠΑ.18 Παραρτήματος Α).

3.3.2 Μηνιαίες απορροές λεκάνης με βάση το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite

Το μοντέλο Thornthwaite λειτουργεί σε μηνιαία κλίμακα και είναι κατάλληλο για «απλές» λεκάνες και ειδικότερα για λεκάνες χειμαρρικής διαίτας χωρίς θερινές απορροές αλλά και χιονοπτώσεις. Έχει ως δεδομένα εισόδου τη βροχόπτωση και τη δυνητική εξατμοδιαπνοή και δίνει ως εξόδους την πραγματική εξατμοδιαπνοή και την απορροή χρησιμοποιώντας σαν παράμετρο την αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους. Η αποθηκευτική ικανότητα (S), ανοιγμένη σε ισοδύναμο ύψος, κυμαίνεται από 50 χλσ. για γυμνά και βραχώδη εδάφη έως 300 χλσ. για υδροπερατά. Ο Brutsaert (1982) προτείνει S ανάμεσα στα 100-200 mm και οι Soulios and all (1991) προτείνουν S ανάμεσα στα 80 και 140 mm. Το εύρος της τιμής της αποθηκευτικής ικανότητας του εδάφους που εκτιμήθηκε ότι αντιπροσωπεύει τη λεκάνη απορροής είναι $S=100-200$ mm.

Στην εφαρμογή του μοντέλου γίνεται δεκτό ότι από τη βροχόπτωση θα καλυφθεί πρώτα η ποσότητα που μπορεί να απωλεσθεί σε εξάτμιση και διαπνοή των φυτών, ακολούθως θα γεμίσουν οι πόροι του εδάφους και μόνο το νερό που πλεονάζει θα απορρεύσει. Αν η δυνητική εξατμοδιαπνοή είναι μεγαλύτερη από τη βροχόπτωση τότε εμφανίζεται έλλειμμα νερού.

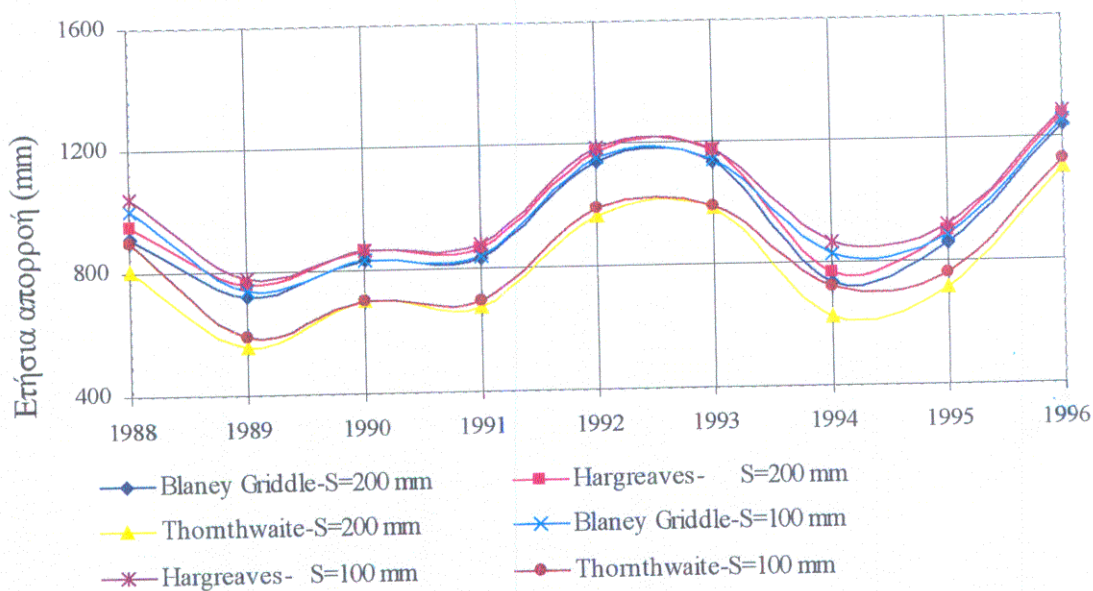
Η μόνη δυσχέρεια εφαρμογής της μεθόδου έγκειται στον καθορισμό της αποθηκευτικής ικανότητας τους εδάφους.

Οι απορροές που προέκυψαν μετά τη χρήση του μοντέλου λαμβάνοντας υπόψη μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους $S=100$ mm παρουσιάζονται στους πίνακες ΠΑ.26.1, ΠΑ.26.2 και ΠΑ.26.3 του Παραρτήματος Α για τις τρεις μεθόδους υπολογισμού της δυνητικής εξατμοδιαπνοής αντίστοιχα. Οι αντίστοιχες απορροές για μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους $S=200$ mm παρουσιάζονται στους πίνακες ΠΑ.27.1, ΠΑ.27.2 και ΠΑ.27.3 του Παραρτήματος Α.

Στον Πίν. 3.10 και στο Σχ. 3.17 παρουσιάζονται οι ετήσιες απορροές για δυνητική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη κατά Thornthwaite, Hargreaves και Blaney-Criddle και μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους $S=100$ mm και $S=200$ mm. Οι αντίστοιχες μέσες μηνιαίες απορροές παρουσιάζονται στον Πίν. 3.11 και στο Σχ. 3.18.

Πίν.3.10 Ετήσιες απορροές για δυνητική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη κατά Thornthwaite, Hargreaves και Blaney-Criddle και μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους S=100 mm και S=200 mm.

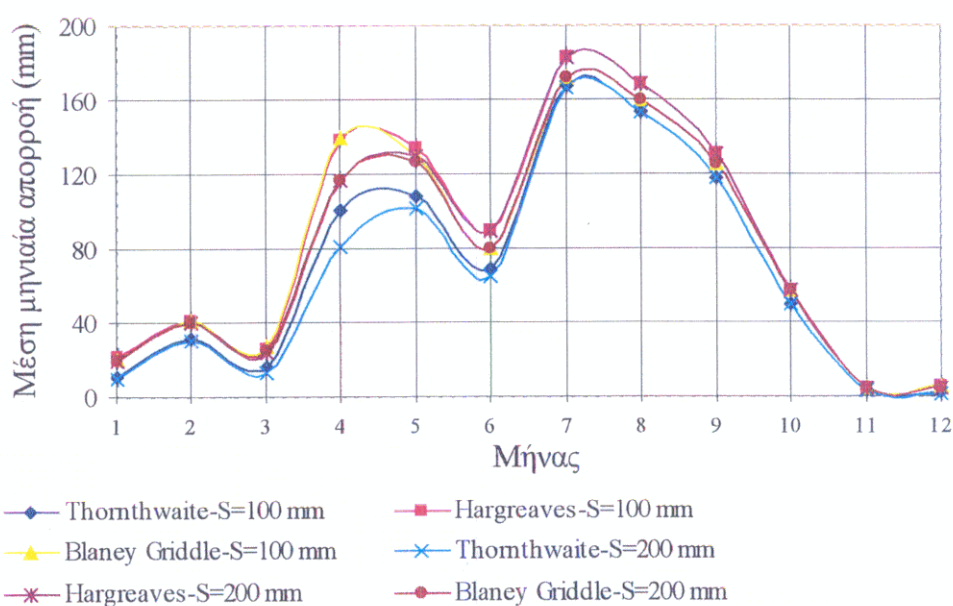
	Blaney Griddle- S=200 mm	Hargreaves- S=200 mm	Thornthwaite- S=200 mm	Blaney Griddle- S=100 mm	Hargreaves- S=100 mm	Thornthwaite- S=100 mm
1988	908,5	947,6	807,1	1003,4	1042,0	901,4
1989	723,2	762,0	554,6	740,8	779,2	588,7
1990	830,7	866,1	702,1	830,7	866,1	702,1
1991	830,7	868,2	674,1	841,8	879,1	694,8
1992	1138,5	1175,9	965,3	1151,1	1188,2	988,0
1993	1136,2	1174,4	985,7	1138,6	1176,8	993,2
1994	733,1	769,0	624,1	829,4	865,3	722,6
1995	858,8	895,9	717,9	884,4	920,9	760,6
1996	1236,4	1272,9	1101,6	1250,7	1286,8	1128,0
	932,9	970,2	792,5	963,4	1000,5	831,0



Σχ. 3.17 Ετήσιες απορροές για δυνητική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη κατά Thornthwaite, Hargreaves και Blaney-Criddle και μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους S=100 mm και S=200 mm.

Πίν. 3.11 Μέσες μηνιαίες απορροές (σε mm) για δυνητική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη κατά Thornthwaite, Hargreaves και Blaney-Criddle και μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους S=100 mm και S=200 mm.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΪΟ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ	ΕΙΗΣΙΟ
Thornthwaite-S=100mm	11,3	31,0	15,8	100,6	108,1	69,2	167,4	153,4	118,3	50,1	3,3	2,3	831,0
Hargreaves-S=100mm	21,7	40,8	25,8	138,4	134,0	89,8	182,7	168,8	131,3	57,2	4,8	5,2	1.000,5
Blaney Griddle-S=100mm	21,1	41,1	26,8	139,4	130,0	80,3	172,1	160,2	125,8	56,8	4,9	5,0	963,4
Thornthwaite-S=200mm	9,5	30,1	12,9	80,6	101,3	64,8	166,6	153,4	118,3	50,1	3,3	1,6	792,5
Hargreaves-S=200mm	19,9	40,3	24,2	116,3	130,1	89,8	182,7	168,8	131,3	57,2	4,8	4,7	970,2
Blaney Griddle-S=200mm	19,4	40,4	25,2	117,2	126,1	80,3	172,1	160,2	125,8	56,8	4,9	4,5	932,9



Σχ. 3.18 Μέσες μηνιαίες απορροές για δυνητική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη κατά Thornthwaite, Hargreaves και Blaney-Criddle και μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους S=100 mm και S=200 mm.

Τα ετήσια χαρακτηριστικά στοιχεία ισοζυγίου δίνονται στον Πίν. 3.12.

Πίν. 3.12 Ετήσια χαρακτηριστικά στοιχεία ισοζυγίου.

Εξατμοδιαπνοή κατά	S=200 mm			S=100 mm		
	Blaney Griddle	Hargreaves	Thornt/te	Blaney Griddle	Hargreaves	Thornth/te
Βροχή (mm)	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627	1.627
Απορροή (mm)	933	970	793	963	1.001	831
C	57%	60%	49%	59%	61%	51%

Οι μέσοι ετήσιοι συντελεστές απορροής είναι μεγάλοι, χωρίς όμως να

παρατηρείται μεγάλη διαφορά στις υπολογισθείσες μηνιαίες και ετήσιες απορροές με αλλαγή της εκτιμηθείσας αποθηκευτικής ικανότητας εδάφους.

3.3.3 Μέση ετήσια απορροή λεκάνης

Έγινε προσπάθεια εκτίμησης της μέσης ετήσιας απορροής της λεκάνης με την εμπειρική μέθοδο Turk για συγκριτικούς λόγους.

Η μέθοδος Turk εκτιμά τη μέση ετήσια πραγματική εξατμοδιαπνοή (E) βασισμένη στη μέση ετήσια βροχόπτωση (P) και τη μέση ετήσια θερμοκρασία (T) της λεκάνης. Επίσης προτείνεται το T να αντικατασταθεί με τη διορθωμένη τιμή του T_c, η οποία λαμβάνει υπόψη τη διακύμανση μέσα στο χρόνο της βροχόπτωσης σε σχέση με τη θερμοκρασία σύμφωνα με τον τύπο :

$$T_c = \frac{P_1 T_1 + P_2 T_2 + \dots + P_{12} T_{12}}{P}$$

όπου :

P₁, P₂, ..., P₁₂ : τα μέσα μηνιαία ύψη βροχής του κάθε μήνα του έτους

T₁, T₂, ..., T₁₂ : οι αντίστοιχες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες

Η μέση ετήσια πραγματική εξατμοδιαπνοή (E) δίνεται από τον τύπο:

$$E = \frac{P}{(0,9 + (P/L)^2)^{0,5}}$$

$$L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίν. 3.13. Παρατηρούμε ότι οι ετήσιοι συντελεστές απορροής είναι πολύ μικρότεροι από αυτούς που υπολογίστηκαν με την χρήση του απλού μοντέλου υδατικού ισοζυγίου κατά Thornthwaite.

Πίν. 3.13 Ετήσια χαρακτηριστικά στοιχεία ισοζυγίου.

Μέθοδος	Μέση ετήσια εξατμοδιαπνοή (mm)	Μέση ετήσια απορροή (mm)	Ετήσιος συντελεστής απορροής c
Turk με T	974	653	0.4
Turk με T _c	964	663	0.41

3.3.4 Συμπεράσματα

Στην εκτίμηση της δυνητικής εξατμοδιαπνοής παίζει σημαντικό ρόλο η καλή προσέγγιση του φυτικού συντελεστή K_c. Στη μέθοδο Blaney-Griddle η εξατμοδιαπνοή για K_c=0,60 είναι .. φορές μεγαλύτερη από αυτήν για K_c=0,30 και αντίστοιχα στην μέθοδο Hargreaves.. φορές μεγαλύτερη. Για το ίδιο K_c η εκτίμηση της εξατμοδιαπνοής κατά Blaney-Griddle είναι 6% μεγαλύτερη από αυτήν κατά Hargreaves.

Στην εκτίμηση των απορροών της λεκάνης με το απλό υδατικό ισοζύγιο κατά Thornthwaite, η επιλογή του τύπου υπολογισμού της εξατμοδιαπνοής έχει ως αποτέλεσμα εκτιμημένες απορροές οι οποίες παρουσιάζουν αποκλίσεις της τάξης του 20%, ενώ η επιλογή της

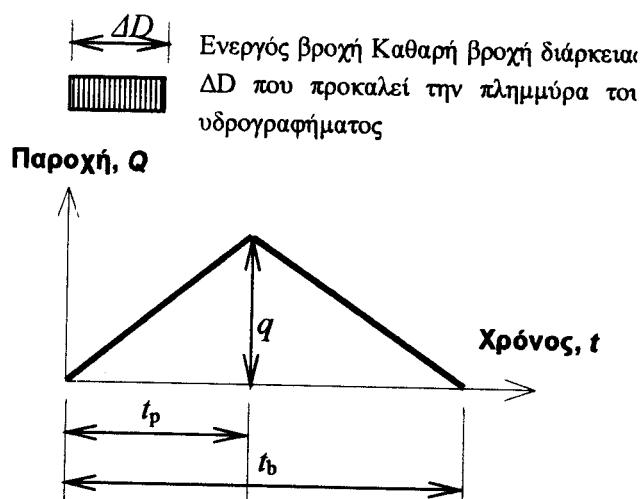
μέγιστης αποθηκευτικής ικανότητας του εδάφους οδηγεί σε απορροές οι οποίες παρουσιάζουν αποκλίσεις της τάξης του 5%. Η μικρή επίδραση της μέγιστης αποθηκευτικής ικανότητας του εδάφους οφείλεται στην μικρή τιμή της ($S=100-200 \text{ mm}$) σε σχέση με την βροχόπτωση και την εξατμοδιαπνοή.

3.4 Διερεύνηση ευαισθησίας στην εκτίμηση πλημμυρών σχεδιασμού

Η έλλειψη οποιασδήποτε καταγραφής πλημμυρικών γεγονότων στην ευρύτερη περιοχή των έργων, μας οδήγησε στην κατασκευή των υδρογραφήματων πλημμύρας σύμφωνα με τη μεθοδολογία της SCS (Soil Conservation Service) των Η.Π.Α. όπως περιγράφεται στα SCS-TR 60 (1985) και SCS-TR 149.

3.4.1 Μορφή υδρογραφήματος

Η έλλειψη στοιχείων μετρήσεων πλημμυρών για την υδρολογική λεκάνη του χ. Damte και χ. Wedeba μας οδήγησε στο να θεωρήσουμε σαν μορφή υδρογραφήματος πλημμύρας το προτεινόμενο από USDA-SCS (1975) τριγωνικό υδρογράφημα. Τα χαρακτηριστικά του φαίνονται στο Σχ. 3.19.



Σχ. 3.19 Τριγωνικό μοναδιαίο υδρογράφημα

Με αναφορά στο σχ. 3.19, στην κατάρτιση του μοναδιαίου υδρογραφήματος υπεισέρχονται τα μεγέθη :

l (hr) : χρόνος υστέρησης αιχμής υδρογραφήματος, από το κέντρο βάρους της βροχής

ΔD (hr): διάρκεια βροχής

T_p (hr) : χρόνος εμφάνισης της αιχμής του υδρογραφήματος από την αρχή της βροχής

$$T_p = \Delta D / 2 + l$$

T_r (hr) : χρόνος διάρκειας του κατιόντος κλάδου του υδρογραφήματος

$$T_r = 1.67 T_p$$

q (m³/s) : αιχμή υδρογραφήματος

$$1/2 T_b q = F Y$$

$$\Rightarrow q = \frac{2F \times 1.000}{T_b \times 3.600} Y$$

F : εμβαδόν λεκάνης απορροής (km²)

T_b (hr) : T_b = 2.67 T_p

Y(mm): ωφέλιμο ύψος βροχής = 10 mm

7.2 Χρόνος συγκέντρωσης

Ο χρόνος συγκέντρωσης για το σύνολο της λεκάνης εκτιμήθηκε με τις εξής μεθόδους :

α) Κατά Giandotti

$$T_c = (4 \cdot F^{0.5} + 1.5 \cdot L) / (0.8 \cdot \Delta H^{0.5})$$

T_c : χρόνος συγκέντρωσης (h)

F : εμβαδόν λεκάνης απορροής (km²)

L : μήκος κύριας μισγάγγειας (km)

ΔH : (Μέσο υψόμετρο λεκάνης - Υψόμετρο εκβολής) (m)

Υπογραφικά στοιχεία της λεκάνης απορροής του χ.Damte δίνονται στον Πίν. 3.14 και το Σχ. 3.20. Με βάση αυτά προκύπτει ότι το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής για το χ.Damte είναι +1955 m ενώ για το χ.Wedeba προκύπτει μέσο υψόμετρο της λεκάνης +1885

Πιν.3.14 Υψομετρικά στοιχεία λεκάνης απορροής χ.Damte

ΥΨΟΜ. (M)	ΕΚΤΑΣΗ (M ²)
2.050	0
2.040	80.000
2.020	350.000
2.000	2.055.000
1.980	3.500.000
1.960	6.000.000
1.940	3.735.000
1.920	2.540.000
1.900	2.890.000
1.880	1.785.000
1.870	225.000
ΣΥΝΟΛΟ	23.160.000

β) Κατά Kirpich

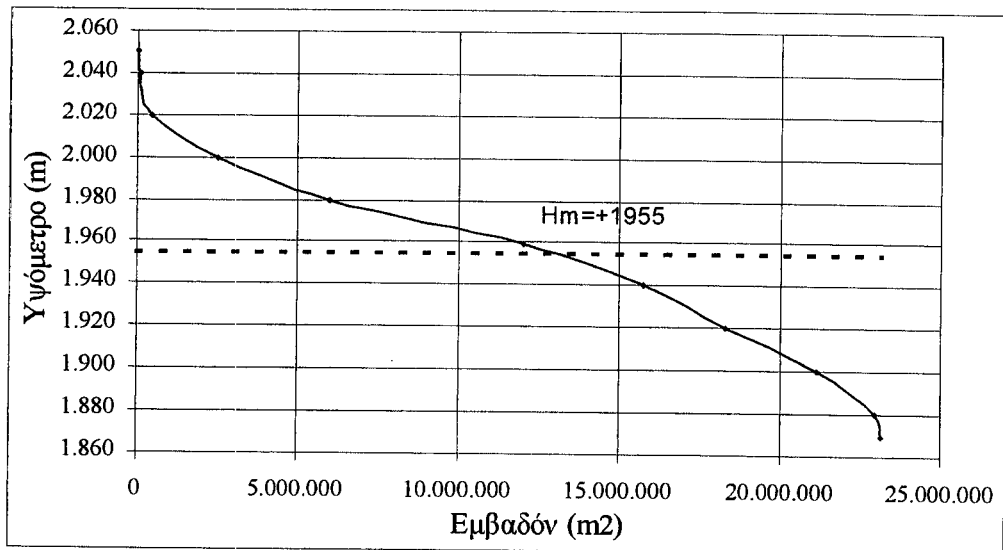
$$T_c = 0.02 \cdot K^{0.77}$$

T_c:χρόνος συγκέντρωσης (min)

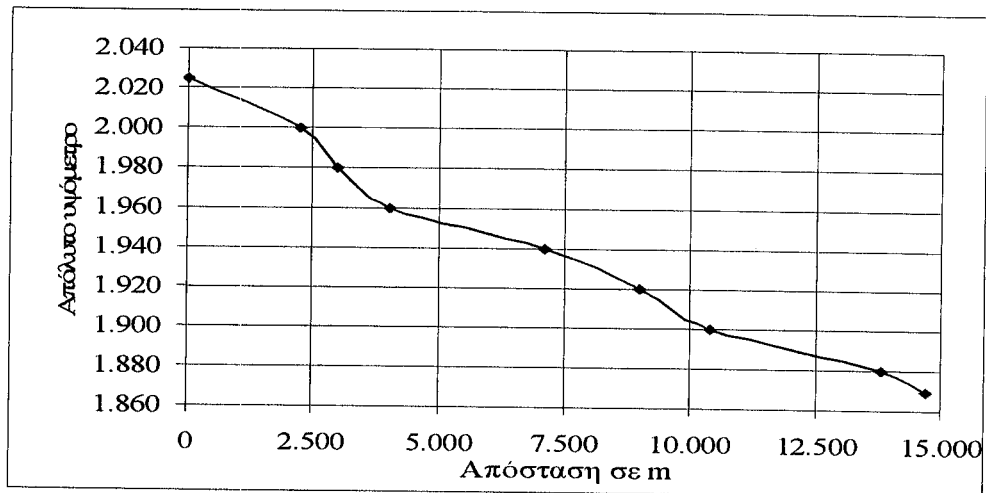
$$K = L / (J^{0.5})$$

L : μήκος κύριας μισγάγγειας (m) με κλίση J

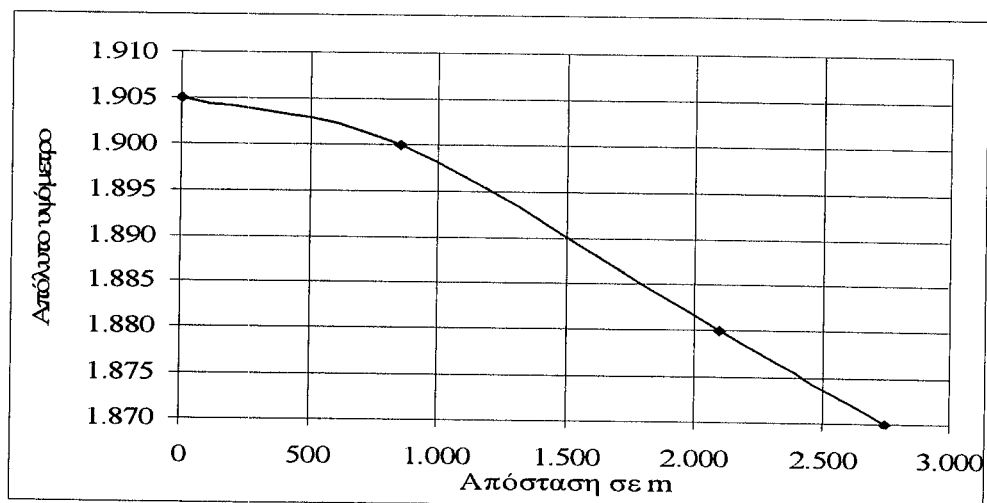
Η κατά μήκος τομή των χειμάρρων Damte και Wedeba παρουσιάζεται στα Σχ.3.21 και 3.22 αντίστοιχα.



Σχ. 3.20 Υψομετρική καμπύλη λεκάνης απορροής χ.Damte



Σχ 3.21 Κατά μήκος τομή χ.Damte



Σχ 3.22 Κατά μήκος τομή χ.Wedeba

γ) Κατά USDA-SCS (1985)

$$T_c = 1.67 \cdot l$$

Tc: χρόνος συγκέντρωσης (h)

l : χρόνος υστέρησης (h)

$$l = (L^{0.8} * (S+1)^{0.7}) / (1900 * Y^{0.5})$$

L: μήκος κύριας μισγάγγειας (feet)

Y: μέση κλίση λεκάνης απορροής (εγκάρσια προς τη διεύθυνση της κύριας μισγάγγειας)

$$S = (1000 / CN) - 10$$

CN: συντελεστής εξαρτώμενος από την χρήση γης στη λεκάνη απορροής από την προηγούμενη της βροχής υγρασία και τη διαπερατότητα του εδάφους

δ) Από νομογραφήματα του USBR

Στο USBR (1987) παρουσιάζονται νομογραφήματα, τα οποία προήλθαν από επεξεργασία μεγάλου αριθμού υδρογραφημάτων σε διάφορα μέρη της Αμερικής, όπου συσχετίζουν τον χρόνο υστέρησης (l) με ένα συντελεστή εξαρτώμενο από την μορφολογία της λεκάνης απορροής. Χρησιμοποιείται το σχήμα 3.5, USBR (1987) (περιοχές ανάλογες με τις εξεταζόμενες (λοφώδεις, χωρίς αποστραγγιστικό δίκτυο, κλπ)).

Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του χρόνου συγκέντρωσης στον χ.Damte κατά Giandotti, κατά Kirpich και κατά USDA-SCS (1985):

$$F = 23,16 \text{ Km}^2$$

$$L = 14,7 \text{ Km}$$

$$M.Y.A. = +1955$$

$$\Delta H = 85 \text{ m}$$

$$J = 0.0105$$

$$Y = 15 \%$$

$$CN = 70$$

Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του χρόνου συγκέντρωσης στον χ.Wedeba :

$$F = 1,96 \text{ Km}^2$$

$$L = 2,75 \text{ Km}$$

$$M.Y.A. = +1885$$

$$\Delta H = 15 \text{ m}$$

$$J = 0,0127$$

$$Y = 5 \%$$

$$CN = 70$$

Από τα παραπάνω προκύπτει χρόνος συρροής (συγκέντρωσης) tc για τον χ.Damte:

α) κατά Giandotti: 5,6 hr

β) κατά Kirpich: 3,12 hr

γ) κατά SCS: 4,09 hr

δ) κατά USBR: 3,0-5,3 hr

Επιλογή χρόνου συγκέντρωσης : 3,1 hr

Για τον χ. Wēdeba προκύπτει χρόνος συρροής (συγκέντρωσης) tc:

α) κατά Giandotti: 3,1 hr

β) κατά Kirpich: 0,8 hr

γ) κατά SCS : 1,9 hr

δ) κατά USBR: 1,3-3,0 hr

Επιλογή χρόνου συγκέντρωσης : 0,8 hr

Η επιλογή του χρόνου συγκέντρωσης έγινε από την μεριά της ασφάλειας (ο μικρότερος από τους υπολογισμένους δεδομένου ότι βάσει αυτού θα προκύψει η μέγιστη αιχμή του υδρογραφήματος).

3.4.3 Πιθανή Μέγιστη Βροχόπτωση

Ο μόνος βροχομετρικός σταθμός της ευρύτερης περιοχής για τον οποίο έχουμε στοιχεία 24 hr βροχών είναι ο σταθμός της Areka. Τα στοιχεία για τον σταθμό προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιθιοπίας και παρουσιάζονται στην έκθεση της Co-SAERSAR (2000). Τα στοιχεία του σταθμού παρουσιάζονται στον πίνακα ΠΑ.19 του Παραρτήματος Α.

Ο υπολογισμός γίνεται σύμφωνα με την στατιστική προσέγγιση η οποία έχει υποδειχθεί από τον D. M. Hershfield. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στα συμπεράσματα από την επεξεργασία δειγμάτων ετησίων μεγίστων τιμών 24ωρης βροχόπτωσης από 2.600 βροχομετρικούς σταθμούς στις Η.Π.Α. (Hershfield, 1961).

Ακολουθούνται, σύμφωνα με τον D. M. Hershfield, τα εξής βήματα για τον υπολογισμό της PMP:

♦ Υπολογίζεται ο μέσος όρος ($\bar{X}_N$) και η τυπική απόκλιση (S_N) του διαθέσιμου δείγματος N ετησίων μεγίστων τιμών 24ωρης βροχόπτωσης καθώς και ο συντελεστής μεταβλητότητας του δείγματος (C_v) για κάθε σταθμό.

$$\bar{X}_N = \sum_N X / N$$

$$s_N = \sum_N (X - \bar{X}_{N-1})^2 / (n - 1)$$

$$C_v = S_N / \bar{X}_N$$

♦ Η υπολογισθείσα τιμή του μέσου όρου "διορθώνεται" για τη μέγιστη τιμή του δείγματος. Σκοπός της διόρθωσης είναι να ληφθεί υπόψη η επίπτωση της μέγιστης παρατηρημένης τιμής στο μέσο όρο του δείγματος.

♦ Για τον ίδιο λόγο "διορθώνεται" η υπολογισθείσα τιμή της τυπικής απόκλισης για τη μέγιστη τιμή του δείγματος.

♦ Οι υπολογισθείσες προηγουμένως τιμές του μέσου όρου και της τυπικής απόκλισης διορθώνονται και για το χρονικό εύρος του δείγματος. Θεωρείται ότι εφόσον το χρονικό

εύρος του δείγματος είναι μικρότερο από 50 έτη, τείνει να οδηγεί σε υποεκτίμηση του μέσου όρου και της τυπικής απόκλισης.

Οι παραπάνω διορθώσεις για την μέγιστη τιμή και το μέγεθος του δείγματος γίνονται βάσει εμπειρικών νομογραφημάτων (Hershfield, 1961) τα οποία έχουν μετατραπεί σε εμπειρικές εξισώσεις (Κουτσογιάννης, 1999).

♦ Η μέγιστη πιθανή 24ωρη βροχόπτωση X_M υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση $X_M = \bar{X}_N + K \cdot s_N$

όπου K συντελεστής συχνότητας ο οποίος εξαρτάται από το μέσο όρο των τιμών και την διάρκεια της βροχόπτωσης

♦ Τέλος εάν οι τιμές των μέγιστων βροχοπτώσεων δεν έχουν ληφθεί από βροχογράφο αλλά από επεξεργασία δελτίων από παρατηρητές όπου αναφέρονται τα ύψη βροχής από βροχόμετρο (όπου δεν υπάρχει σαφής ένδειξη αρχής και τέλους μέγιστης βροχής), η τιμή της πιθανής μέγιστης 24ωρης βροχής πολλαπλασιάζεται με έναν συντελεστή 1,13. Οι σχετικοί υπολογισμοί παρουσιάζονται στον Πίν. 3.15.

Πίν. 3.15 Υπολογισμός πιθανής μέγιστης βροχόπτωσης

Πλήθος παρατηρήσεων	20,0
M.O	58,9
SD	10,4
Cv=SD/MO	0,18
$K = 20 - 8,6 \ln (M.O./130 + 1)(24/d)^{0,4}$	16,79
$PMP_{24} = M.O + K \cdot SD$	
Διόρθωση με αφαίρεση της μεγαλύτερης τιμής του δείγματος	
M.O (n-1)	57,4
SD (n-1)	8,2
M.O adjustment factor(Ψ1)	1,018
SN adjustment factor (Ψ2)	0,906
Διόρθωση λόγω μεγέθους δείγματος	
M.O adjustment factor(Φ1)	1,016
SN adjustment factor (Φ2)	1,076
$M.O_{new} = M.O. \cdot \Psi1 \cdot \Phi1$	61,0
$SD_{new} = S.D. \cdot \Psi2 \cdot \Phi2$	10,1
Cv new	0,17
Knew	16,69
$PMP_{24} = M.O_{new} + K_{new} \cdot S_{dnew}$	
Συντελ.διόρθωσης λόγω βροχόμετρου (*1.13)	
$PMP_{24} =$	

Παρατηρούμε ότι μετά τις διορθώσεις, ο συντελεστής μεταβλητότητας παρουσιάζει μικρότερη διακύμανση από ότι πριν (Cv =0,17 και Cv=0,18 αντίστοιχα).Ο συντελεστής

διασποράς του δείγματος (ο οποίος είναι η διακύμανση των τιμών του δείγματος σαν ποσοστό του μέσου όρου) είναι χαρακτηριστικός για κάθε περιοχή.

Η μεταβολή του ύψους της PMP συναρτήσει της μεταβολής της διάρκειας της βροχόπτωσης δίνεται σε διάγραμμα από την SCS-TR 60 (1985). Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει :

$$PMP_{6hr} = 0,8 \times PMP_{24hr} = 208 \text{ mm}$$

$$PMP_{9hr} = 1,06 \times PMP_{6hr} = 220 \text{ mm}$$

$$PMP_{12hr} = 1,12 \times PMP_{6hr} = 230 \text{ mm}$$

Για συγκριτικούς λόγους αναφέρεται ότι οι μέγιστες παρατηρημένες σημειακές βροχοπτώσεις σε όλη την γη, οι οποίες προέρχονται κατά κανόνα από βροχοπτώσεις σε τροπικές περιοχές, δίνουν (Κουτσογιάννης, 1999) :

$$PMP_{24hr} = 1910 \text{ mm}$$

$$PMP_{12hr} = 1370 \text{ mm}$$

$$PMP_{9hr} = 1200 \text{ mm}$$

$$PMP_{1hr} = 420 \text{ mm}$$

3.4.4 Πιθανοτική ανάλυση βροχοπτώσεων

Ο υπολογισμός της έντασης και του ύψους βροχόπτωσης έγινε κατά Gumbel με δεδομένα εισόδου τις μετρήσεις των 24 hr βροχοπτώσεων στον βροχομετρικό σταθμό Areka, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα ΠΑ.19 του Παραρτήματος Α και στο Σχ.3.23.

$$X_{max} = M.O. * (1 + C_v * K_T)$$

$$K_T = -(\text{Ln}(\text{Ln}(T / (T-1))) + y_N') / \sigma_N'$$

M.O.: μέσος αριθμητικός όρος

σ_{N-1} : τυπική απόκλιση

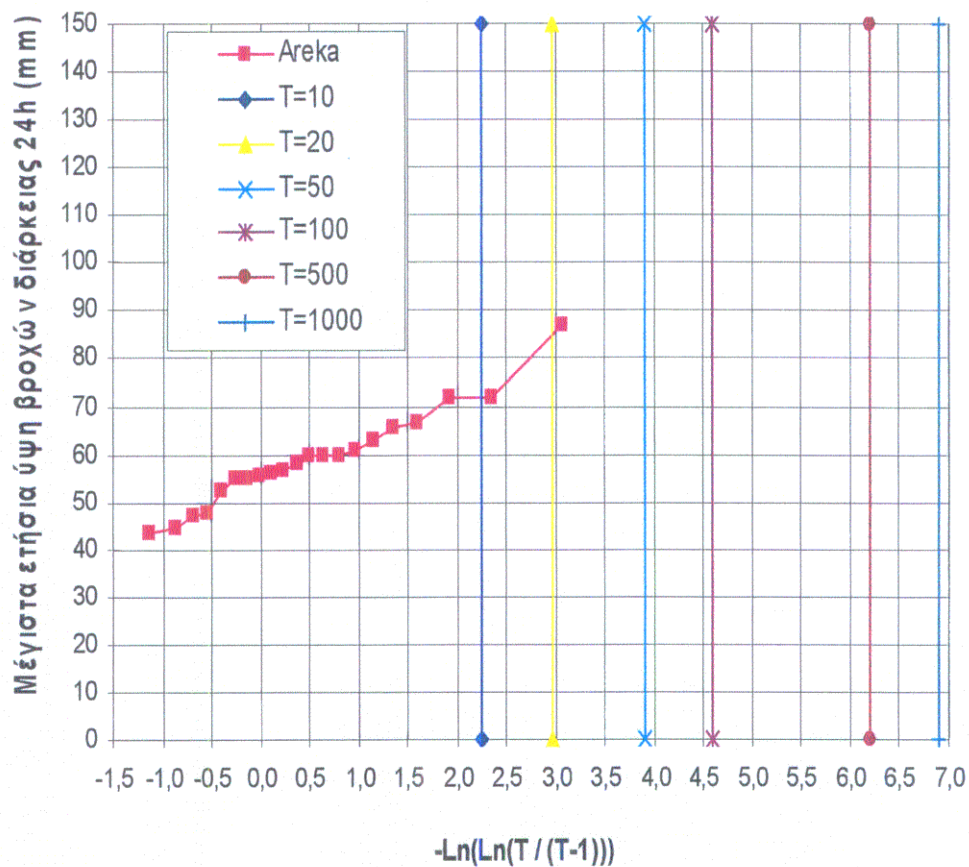
C_v : συντελεστής διασποράς

K_T : παράγοντας συχνότητας που εξαρτάται από την περίοδο επαναφοράς T και τα χαρακτηριστικά της κατανομής

Πίν. 3.16 Μέγιστα ύψη 24 hr βροχής (mm) για περίοδο επαναφοράς βροχόπτωσης T (έτη)

T (έτη)	Βροχή 24 hr διάρκειας (mm)
5000	139
1000	123
500	116
140	103
81	97
50	93
35	89

Η μέση τιμή y_N' και η τυπική απόκλιση σ_N' της σειράς των τροποποιημένων μεταβλητών y_N και σ_N εξαρτάται από τον αριθμό των ετών για τα οποία υπάρχουν παρατηρήσεις και προσδιορίζεται από πίνακα (Gumbel, 1950). Τα αποτελέσματα του υπολογισμού κατά Gumbel παρουσιάζονται στον Πίν. 3.16



Σχ 3.23 Μέγιστα ετήσια ύψη βροχής 24 hr διάρκειας σταθμού Areka

3.4.5 Κριτήρια βροχής σχεδιασμού

Τα υπάρχοντα κριτήρια για την επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού βασίζονται κυρίως στην κατηγοριοποίηση των φραγμάτων σύμφωνα με τις επιπτώσεις που θα έχει πιθανή αστοχία τους.

Οι υπάρχουσες συστάσεις και πρακτικές που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του ύψους βροχών σχεδιασμού μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες (Berga, 1992). Στην πρώτη ανήκουν η Αμερική, η Αγγλία και κάποιες άλλες χώρες κάτω από την επιρροή αυτών, χρησιμοποιούν ντετερμινιστικά κριτήρια και μεθόδους (PMP – Πιθανή Μέγιστη Βροχόπτωση). Στην δεύτερη κατηγορία υπάγεται η πλειονότητα των Ευρωπαϊκών χωρών χρησιμοποιεί πιθανοτικές μεθόδους (περίόδους επαναφοράς T).

Η τάση είναι να ορίζονται δύο τύποι πλημμυρών: η πλημμύρα για τον έλεγχο της ασφάλειας των έργων και η πλημμύρα διαστασιολόγησης των έργων.

Οι Αμερικανικοί κανονισμοί περιγράφονται από την SCS-TR 60 (1985) και για έργα όπου η αστοχία τους μπορεί να προκαλέσει καταστροφές σε αγροτικές κατασκευές, καλλιεργούμενη γη, αγροτικούς δρόμους (κατηγορία έργων: α) προτείνουν να θεωρηθούν ύψη βροχής :

α1) Για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) : $P_{100} + 0,12 (PMP - P_{100})$

α2) Για τη διαστασιολόγηση των έργων: P_{100}

Οι κανονισμοί των Ευρωπαϊκών Χωρών προτείνουν χαμηλότερα ύψη βροχής (Berga, 1998).

Στην Ισπανία, η οποία έχει και τον μεγαλύτερο αριθμό φραγμάτων στην Ευρώπη (1187 φράγματα – κατά ICOLD 1998) και η οποία έχει ευρύ νομοθετικό πλαίσιο για τον σχεδιασμό και την ασφάλεια φραγμάτων (New Spanish Regulation on Dam Safety – Principal Issues Related with Floods- Approved by Ministerial Order of 12 March 1996) προτείνεται για φράγματα χαμηλής επικινδυνότητας:

β1) Για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) : P_{100} έως P_{500}

β2) Για τη διαστασιολόγηση των έργων : P_{100}

Οι αντίστοιχες τιμές για φράγματα που παρουσιάζουν μεσαία επικινδυνότητα είναι :

β3) Για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) : P_{1000} έως P_{5000}

β4) Για τη διαστασιολόγηση των έργων : P_{500}

Γενικότερα η πλειονότητα των φραγμάτων που έχουν κατασκευαστεί παγκόσμια και χαρακτηρίζονται ως χαμηλής επικινδυνότητας σχεδιάστηκαν με τις ακόλουθες παραδοχές (Berga, 1992):

γ1) Για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) : P_{100} έως P_{500}

γ2) Για τη διαστασιολόγηση των έργων : P_{100}

Οι αντίστοιχες τιμές για φράγματα που παρουσιάζουν μεσαία επικινδυνότητα είναι :

γ3) Για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) : P_{1000} έως P_{5000} ή ποσοστό της PMP

γ4) Για τη διαστασιολόγηση των έργων : P_{500} έως P_{1000} ή ποσοστό της PMP

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για μικρές κυρίως περιόδους επαναφοράς οι συχνότητες της βροχής και της πλημμύρας σχεδιασμού δεν ταυτίζονται (Μιμίκου, 1994). Στον Πίν. 3.17 φαίνεται η αντιστοιχία περιόδων επαναφοράς μεταξύ καταιγίδων και παραγομένων πλημμυρών σχεδιασμού.

Από την επεξεργασία των στοιχείων 24hr διάρκειας στα κεφάλαια 3.4.3 και 3.4.4 υπολογίστηκαν οι σημειακές εντάσεις της βροχόπτωσης και η πιθανή μέγιστη βροχόπτωση (PMP), οι οποίες δεν χρειάζονται αναγωγή για να αντιπροσωπεύσουν επιφανειακές εντάσεις

δεδομένης της μικρής έκτασης των λεκανών απορροής (23,16 και 1,96 km² για Damte και Wedeba αντίστοιχα).

Πιν.3.17 Αντιστοιχία περιόδων επαναφοράς μεταξύ καταιγίδων και παραγομένων πλημμυρών σχεδιασμού.

Περίοδος επαναφοράς T (έτη)	
Καταιγίδας	Πλημμυρικής αιχμής
35	20
50	30
81	50
140	100
1.000	1.000
5.000	5.000

Από τα παραπάνω προκύπτουν ύψη 24ωρης βροχόπτωσης:

- ♦ Για T=20 , P = 89 mm
- ♦ Για T=30 , P = 93 mm
- ♦ Για T=50 , P = 97 mm
- ♦ Για T=100 , P = 103 mm
- ♦ Για T=500 , P = 116 mm
- ♦ Για T=1.000 , P = 123 mm
- ♦ Για T=5.000 , P = 139 mm
- ♦ PMP = 260 mm

Τα μεγέθη αυτά πάντως κρίνονται ως χαμηλά (ιδίως το μέγεθος της PMP) γεγονός το οποίο είναι πιθανότερο να οφείλεται σε ανακρίβεια των δεδομένων παρά σε πραγματικά χαμηλές εντάσεις βροχής στην περιοχή.

3.4.6 Απώλειες βροχής σχεδιασμού

Στο κεφάλαιο 3.4.4 παρουσιάστηκαν οι βροχές σχεδιασμού για διάφορες περιόδους επαναφοράς. Επί των υετογραμμάτων των βροχών αυτών πρέπει να υπολογιστούν και να αφαιρεθούν οι σχεδιαστικές απώλειες. Η εκτίμηση των απωλειών έγινε σύμφωνα με USDA-SCS (1986). Για την εφαρμογή της μεθόδου χρειάζεται κατηγοριοποίηση του εδάφους της λεκάνης από υδρολογική άποψη (διηθητικότητα, διαπερατότητα) και χαρακτηρισμός της φυτοκάλυψης της περιοχής.

A, B, C, D είναι οι κατηγορίες εδαφών από υδρολογική άποψη ξεκινώντας από εδάφη με υψηλή βασική διηθητικότητα και υψηλή διαπερατότητα και καταλήγοντας σε εδάφη με πολύ μικρή βασική διηθητικότητα και διαπερατότητα.



Σχ. 3.24 Εδαφικό υλικό λεκάνης απορροής έργων

Από τα παραπάνω και μετά από την επί τόπου επίσκεψη στην περιοχή των έργων όπου στο σύνολο της λεκάνης (και για τις δύο θέσεις λιμνοδεξαμενών) συναντήθηκε συνεκτικό λεπτόκοκκο υλικό (Σχ. 3.24) μπορούμε να καταλήξουμε ότι στο σύνολο της λεκάνης απορροής το έδαφος ανήκει στην κατηγορία C.

Όσον αφορά στη φυτοκάλυψη της λεκάνης, μετά από την επί τόπου επίσκεψη στην περιοχή των έργων (Σχ. 3.25) εκτιμήθηκε ότι το 70% είναι βοσκότοποι ή καλλιεργούμενες εκτάσεις και το 30% είναι δάση με αραιή συστάδα δένδρων.



Σχ. 3.25 Φυτοκάλυψη λεκάνης απορροής έργων

Το σύμπλοκο εδάφους - φυτοκάλυψης μπορεί να εκφραστεί με τον αριθμό καμπύλης απορροής CN. Πίνακες που δίνουν τον αριθμό CN για μέσες συνθήκες προηγηθείσας υγρασίας CN (II) δίνονται και από το USDA-SCS (1975) και από τον Wanielista (1990).

Με βάση τα παραπάνω εκτιμήθηκε $CN (II) = 70$

Για να παρθούν υπόψη οι συνθήκες της προηγηθείσας υγρασίας η οποία προφανώς επηρεάζει το μέγεθος των απωλειών συνεπώς και την απορροή οι ίδιοι παραπάνω πίνακες δίνουν τις αντίστοιχες του CN (II) τιμές, CN (I) και CN (III) όπου :

CN (I) αφορούν σε συνθήκες μέγιστων απωλειών. Το έδαφος στη λεκάνη απορροής είναι αρκετά στεγνό. Για τις υπόψη λεκάνες προκύπτει $CN(I) = 51$.

CN (III) αφορούν σε συνθήκες ελάχιστων απωλειών, πρακτικά σε πλήρως κορεσμένα εδάφη λεκάνης απορροής, λόγω βροχών που έχουν προηγηθεί. Για τις υπόψη λεκάνες προκύπτει $CN(III) = 85$.

Για την εκτίμηση των πλημμυρών σχεδιασμού στα φράγματα προτείνεται από το SCS-TR60 (1985) να χρησιμοποιείται ο αριθμός CN (II) ή μεγαλύτερος εκτός και εάν από ειδική μελέτη προκύπτει κάτι διαφορετικό. Είναι προφανές ότι η χρήση της τιμής CN (III) είναι από τη μεριά της ασφάλειας. Στην παρούσα φάση εξετάστηκαν και οι δύο τιμές [$CN(II)=70$ και η αντίστοιχη $CN(III)=85$].

Ο αριθμός καμπύλης CN σχετίζεται με την δυνητικά μέγιστη κατακράτηση του εδάφους S με τον τύπο :

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254 \quad (\text{σε mm})$$

Για κανονικές συνθήκες προηγηθείσας υγρασίας ($CN(II)=70$) προκύπτει δυνητικά μέγιστη κατακράτηση του εδάφους $S=109$ mm.

3.4.7 Βροχές σχεδιασμού

Δεδομένου ότι η περιοχή δέχεται τις βροχοπτώσεις μέσα σε λίγες ώρες κάθε ημέρα, συντηρητικά μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα παραπάνω ύψη βροχής πέφτουν μέσα σε 6hr.

Τα υπόψη έργα είναι χαμηλής επικινδυνότητας δεδομένου ότι πιθανή αστοχία τους θα προκαλέσει καταστροφές μόνο σε αγροτικές κατασκευές, καλλιεργούμενη γη και πιθανόν αγροτικούς δρόμους (η διατομή του χειμάρρου κατάντη είναι πολύ πλατιά άρα και μεγάλης παροχευτικότητας-βλέπε Σχ. 3.26).



Σχ.3.26 Διατομή χ.Damte κατάντη της προτεινόμενης θέσης του αναχώματος

Λαμβάνοντας υπόψη την μικρή επικινδυνότητα του φράγματος, τα κριτήρια βροχής σχεδιασμού και τα εκτιμημένα ύψη βροχής προκύπτει :

Για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) :

α1) σύμφωνα με τους Αμερικάνικους κανονισμούς	122	mm
β1) σύμφωνα με τους κανονισμούς στην Ισπανία	103-116	mm
γ1) σύμφωνα με τον Berga, 1992	103-116	mm

Για τη διαστασιολόγηση των έργων ασφαλείας :

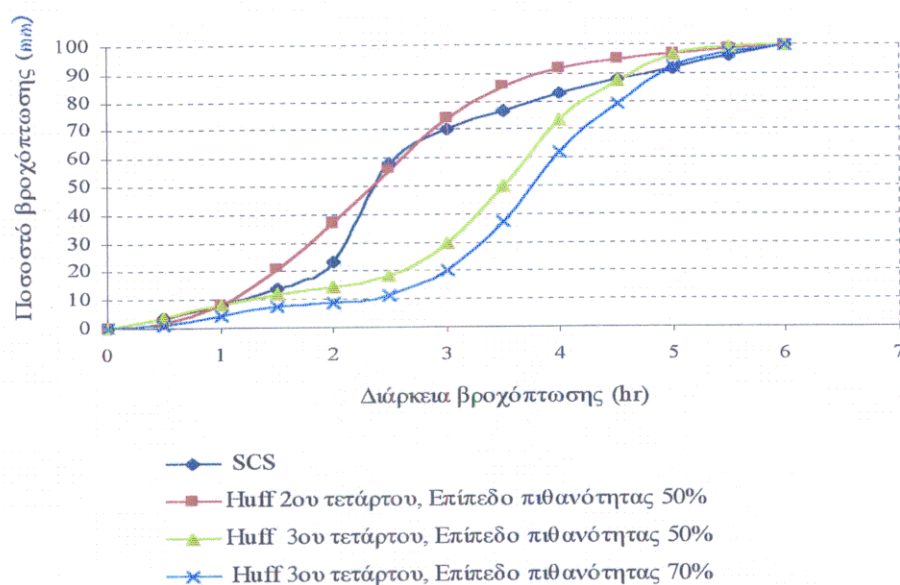
α2) σύμφωνα με τους Αμερικάνικους κανονισμούς	103	mm
β2) σύμφωνα με τους κανονισμούς στην Ισπανία	103	mm
γ2) σύμφωνα με τον Berga, 1992	103	mm

3.4.8 Πλημμύρες σχεδιασμού

Με βάση τις βροχές σχεδιασμού των έργων και αφού υπολογίστηκαν και αφαιρέθηκαν οι απώλειες υπολογίστηκαν τα υδρογραφήματα εισόδου στον ταμιευτήρα.

Όπως έχει προαναφερθεί τα ύψη βροχής στον σταθμό Areka μετριόνταν μία φορά την ημέρα. Δεδομένου όμως ότι δεν υπάρχουν στοιχεία από βροχογράφο στην ευρύτερη περιοχή των έργων και ότι οι βροχοπτώσεις στην περιοχή πέφτουν μέσα σε λίγες μόνο ώρες κάθε ημέρα, έγινε διερεύνηση ευαισθησίας της παραγόμενης πλημμύρας θεωρώντας ότι τα ύψη βροχής αντιστοιχούν σε βροχές 6 hr και 9 hr.

Διερεύνηση ευαισθησίας έγινε και για την επιλογή της κατανομής της βροχόπτωσης. Εξετάστηκαν οι κατανομές Huff δευτέρου και τρίτου τετάρτου και με διάφορα επίπεδα πιθανότητας (ποσοστό καταιγίδων του αρχικού δείγματος που επαληθεύουν κάθε καμπύλη). Επίσης εξετάστηκε και η κατανομή 6 hr βροχόπτωσης η οποία προτείνεται από την SCS-TR60 (1985). Οι παραπάνω κατανομές παρουσιάζονται στο Σχ.3.27.

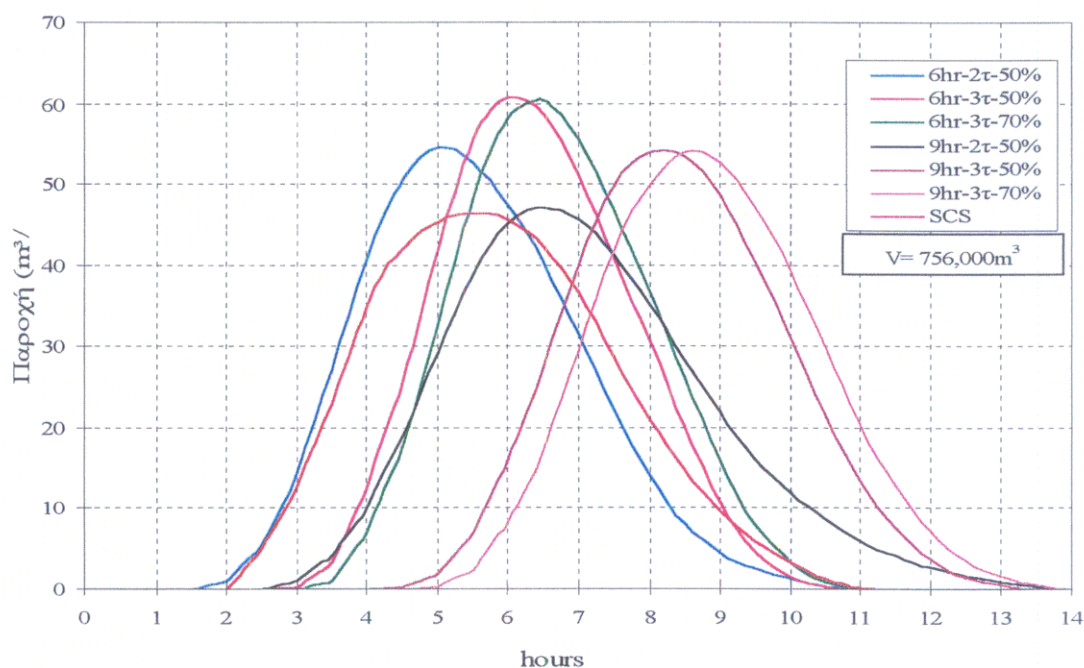


Σχ.3.27 Κατανομές βροχοπτώσεων

Στον Πίν. 3.18 παρουσιάζονται οι αιχμές των υδρογραφημάτων που προκύπτουν για βροχόπτωση ύψους 100 mm, αριθμό καμπύλης CN(II) 70, 6 hr και 9hr διάρκεια βροχόπτωσης και κατανομές βροχής κατά Huff και SCS. Στο Σχ. 3.28 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα υδρογραφήματα

Πίν. 3.18 Αιχμές υδρογραφημάτων εισόδου ταμιευτήρα Damte

Βροχή διάρκειας 6hr - Κατανομή Huff 2ου τετάρτου - Επίπεδο πιθανότητας 50%	: 55 m ³ /s
Βροχή διάρκειας 6hr - Κατανομή Huff 3ου τετάρτου - Επίπεδο πιθανότητας 50%	: 61 m ³ /s
Βροχή διάρκειας 6hr - Κατανομή Huff 3ου τετάρτου - Επίπεδο πιθανότητας 70%	: 60 m ³ /s
Βροχή διάρκειας 6hr - Κατανομή κατά SCS	: 46 m ³ /s
Βροχή διάρκειας 9hr - Κατανομή Huff 2ου τετάρτου - Επίπεδο πιθανότητας 50%	: 47 m ³ /s
Βροχή διάρκειας 9hr - Κατανομή Huff 3ου τετάρτου - Επίπεδο πιθανότητας 50%	: 54 m ³ /s
Βροχή διάρκειας 9hr - Κατανομή Huff 3ου τετάρτου - Επίπεδο πιθανότητας 70%	: 54 m ³ /s



Σχ. 3.28 Διερεύνηση ευαισθησίας υδρογραφημάτων εισόδου ταμιευτήρα Damte για CN 70 και ύψος βροχόπτωσης 100 mm

Παρατηρείται ότι η κατανομή της βροχόπτωσης κατά SCS οδηγεί σε μικρότερες τιμές αιχμής υδρογραφήματος από τις κατανομές Huff (οι οποίες μεταξύ τους δεν παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις). Η κατανομή της βροχόπτωσης που επιλέγεται είναι η κατανομή Huff 3ου τετάρτου με επίπεδο πιθανότητας 50% και η διάρκεια της βροχόπτωσης 6hr.

Ο υπολογισμός παροχής και όγκου υδρογραφήματος εισόδου για βροχοπτώσεις 120 και 100 mm για τον έλεγχο ασφαλείας και την διαστασιολόγηση των έργων αντίστοιχα, καθώς και για αριθμό καμπύλης CN 85 και 70 παρουσιάζεται στους πίνακες ΠΑ31.1, ΠΑ31.2, ΠΑ31.3

και ΠΑ31.4 του Παραρτήματος Α για την θέση Damte και στους πίνακες ΠΑ32.1, ΠΑ32.2, ΠΑ32.3 και ΠΑ32.4 για την θέση Wedeba.

Τα παραπάνω υδρογραφήματα παρουσιάζονται στα Σχ.3.29 και Σχ.3.30 και τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα ως προς τις απώλειες της βροχής και τις αιχμές και τους όγκους των πλημμυρών σχεδιασμού στους Πίν.3.19 και Πίν.3.20.

Πίν.3.19 Μέγιστες παροχές και όγκοι υδρογραφημάτων εισόδου για τις βροχές σχεδιασμού των έργων στον χ.Damte

		P (mm)	P' (mm)	Max παροχή m ³ /s	Ογκος εισοχής m ³
Καθορισμός ΑΣΥ	CN 85	120	79	142	1.830.000
Καθορισμός ΑΣΥ	CN70	120	47	85	1.077.000
Διαστασιολόγηση των έργων	CN85	100	61	110	1.410.000
Διαστασιολόγηση των έργων	CN70	100	33	60	756.000

Πίν.3.20 Μέγιστες παροχές και όγκοι υδρογραφημάτων εισόδου για τις βροχές σχεδιασμού των έργων στον χ.Wedeba

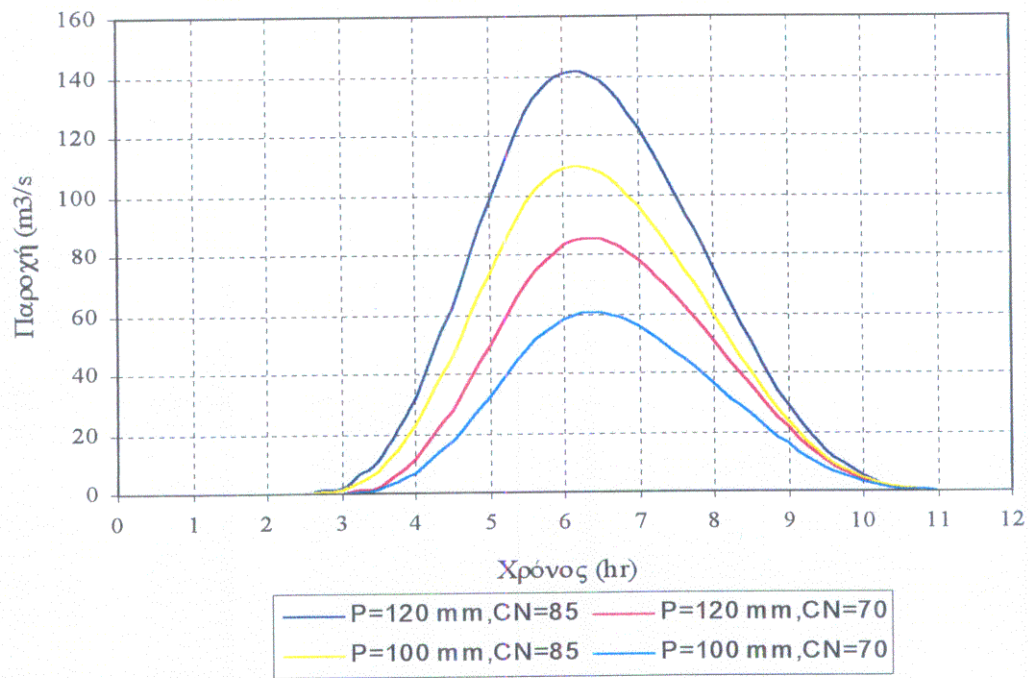
		P (mm)	P' (mm)	Max παροχή m ³ /s	Ογκος εισοχής m ³
Καθορισμός ΑΣΥ	CN 85	120	79	20	155.000
Καθορισμός ΑΣΥ	CN70	120	47	12	91.000
Διαστασιολόγηση των έργων	CN85	100	61	15	119.000
Διαστασιολόγηση των έργων	CN70	100	33	9	64.000

Όπου:

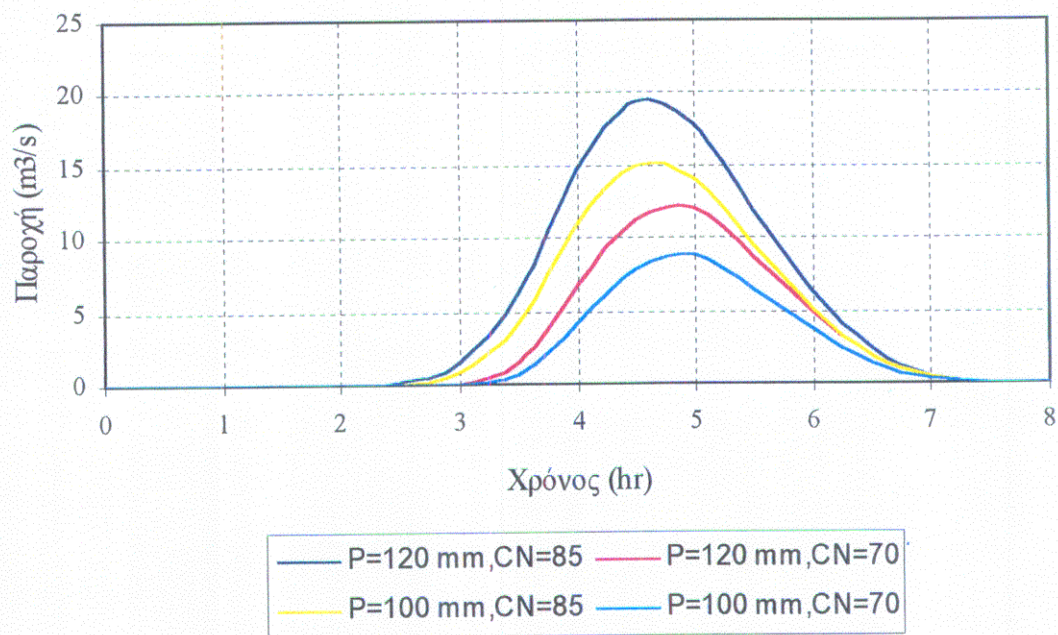
P (mm) : Ύψος βροχής

P' (mm) : Ενεργή βροχόπτωση

Παρατηρείται ότι η επιλογή του αριθμού καμπύλης έχει έντονη επίδραση στο υδρογράφημα εισόδου. Η επιλογή υψηλών συνθηκών προηγούμενης υγρασίας κατά την διάρκεια της βροχόπτωσης οδηγεί σε 30-40% αύξηση της αιχμής του υδρογραφήματος και 70-85% αύξηση του όγκου του υδρογραφήματος εισόδου.



Σχ.3.29 Υδρογραφήματα εισόδου στον ταμιευτήρα Damte



Σχ.3.30 Υδρογραφήματα εισόδου στον ταμιευτήρα Wedeba

4. Προσέγγιση αναγκαίων έργων

4.1 Παγκόσμια εμπειρία από παρόμοια έργα

Κατά την αναφορά της Διεθνούς Επιτροπής Μεγάλων Φραγμάτων στην κατασκευή και την ασφάλεια φραγμάτων χαμηλότερων από 30 m από όλο τον κόσμο (ICOLD, 1997), ο όρος «μεγάλο» φράγμα δίνεται σε φράγματα 10-15 m όταν η χωρητικότητά τους ξεπεράσει το 1 εκατ. κυβικά μέτρα. Η αναφορά περιλαμβάνει εκτός από τα μικρά φράγματα και φράγματα 10-15 m ύψους με χωρητικότητα μεγαλύτερη από 100.000 m³.

Μέχρι το 1995 είχαν κατασκευαστεί περισσότερα από 100.000 φράγματα ύψους 10-15 m με χωρητικότητα μερικές εκατοντάδες χιλιάδες κυβικά μέτρα και 10.000-15.000 φράγματα χωρητικότητας μεγαλύτερης από 1 εκατ. κυβικά μέτρα. Σύμφωνα με την ICOLD (1997) το κόστος κατασκευής ταμιευτήρων έως 10 εκατ. κυβικά μέτρα είναι της τάξης του 1 US\$ ανά κυβικό μέτρο αποθηκευμένου νερού στις βιομηχανικές χώρες και 2 έως 10 φορές λιγότερο στις αναπτυσσόμενες χώρες (εξαρτάται από την συναλλαγματική ισοτιμία και το κόστος των εργατικών).

Περισσότερα από το 80% αυτών των φραγμάτων στηρίζουν τον σχεδιασμό τους σε στεγανοποίηση με άργιλο και ελεύθερο υπερχειλιστή στο αντέρεισμα. Παρότι όμως ο σχεδιασμός για τα περισσότερα από αυτά είναι κοινός, ο τρόπος κατασκευής τους μεταβάλλεται έντονα από χώρα σε χώρα και εξαρτάται από την χρονική περίοδο κατασκευής. Στις βιομηχανικές χώρες μετά το 1920 η καλή ποιότητα κατασκευής τους οφείλεται στο χαμηλό κόστος των μεταφορών, το οποίο δίνει μεγαλύτερη ελευθερία στην επιλογή δανειοθαλάμων, καθώς και την καλή συμπίκνωση του υλικού κατασκευής και τον έλεγχο της ποιότητας και της υγρασίας. Τα προηγούμενα οδηγούν σε μεγαλύτερη αντοχή στην εσωτερική και εξωτερική διάβρωση και σε μικρότερες καθιζήσεις και διαρροές.

Τα φράγματα που κατασκευάστηκαν κάτω από τις παραπάνω συνθήκες αποτελούν μόνο το 20% των φραγμάτων κάτω από 30 m. Τα υπόλοιπα κατασκευάστηκαν με χειρωνακτική συμπίκνωση, με υπερχειλιστές σχεδιασμένους για πλημμύρες περιόδου επαναφοράς 100 ή 200 χρόνια οι οποίοι ήταν στρωμένοι συνήθως με πέτρες (λόγω του ότι το σκυρόδεμα και ο οπλισμός ήταν δύσκολο να βρεθούν και ακριβά), γεγονός που τους έκανε πιο εύκολα διαβρώσιμους.

Αστοχία

Η αστοχία σε φράγματα έως 30 m ύψος εκτιμάται περίπου στο 2%. Οι περισσότερες αστοχίες δεν προκαλούν ατυχήματα αλλά μερικές είναι καταστροφικές και ο συνολικός αριθμός των θυμάτων είναι δέκα φορές μεγαλύτερος από αυτόν που προκύπτει από αστοχία πολύ υψηλών φραγμάτων (με ύψος μεγαλύτερο από 60 m). Η πιθανότητα αστοχίας είναι άμεσα συνδεδεμένη με την χρονική περίοδο και την μέθοδο κατασκευής.

Οι κυριότεροι λόγοι αστοχίας είναι η εσωτερική διάβρωση, η υπερπήδηση κατά την διάρκεια λειτουργίας και η υπερπήδηση κατά την διάρκεια κατασκευής. Το 95% των αστοχιών που έχουν καταγραφεί οφείλονται σε αυτούς τους λόγους.

♦ *Η αστοχία από εσωτερική διάβρωση εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο κατασκευής. Γιαυτό και η πιθανότητα αστοχίας φραγμάτων κατασκευασμένων μετά το 1900 είναι 10 με 20 φορές μικρότερη από αυτή που αντιστοιχεί σε φράγματα κατασκευασμένα πριν το 1900 λόγω της καλύτερης συμπίκνωσης και της μείωσης των καθιζήσεων που επέτρεψε η χρήση προηγμένης τεχνολογίας.*

Επίσης έχει διαπιστωθεί ότι:

- Περισσότερο από το 25% των αστοχιών είναι συνδεδεμένες με αγωγούς ή σήραγγες οι οποίες περνάν μέσα από το ανάχωμα.
- Οι αστοχίες οι οποίες είναι συνδεδεμένες με την έδραση του φράγματος, συναντώνται πολύ συχνότερα σε βραχώδη εδάφη έδρασης από ότι σε γαιώδη.
- Το 20% των αστοχιών φραγμάτων με ύψος μικρότερο από 30 m αφορά φράγματα τα οποία έχουν κατασκευαστεί εν μέρει η εξολοκλήρου από λιθορριπή, παρότι αυτά αντιπροσωπεύουν ποσοστό μικρότερο του 10% των φραγμάτων των με ύψος μικρότερο από 30 m

♦ *Η αστοχία από υπερπήδηση κατά την λειτουργία του φράγματος οφείλεται σε λίγες μόνο περιπτώσεις στην αστοχία του υπερχειλιστή και αυτό συνήθως σε περιπτώσεις παλιών μικρών φραγμάτων βαρύτητας με κακή θεμελίωση ή σε υπερχειλιστές υποσχεδιασμένους, κατασκευασμένους σε μη βιομηχανικές χώρες. Τουλάχιστον το 90% των αστοχιών αυτών οφείλεται σε υπερπήδηση του αναχώματος, είτε λόγω της δυσλειτουργίας των θυροφραγμάτων, είτε λόγω της μικρής παροχευτικότητας για την οποία είχε σχεδιαστεί ο υπερχειλιστής. Πολύ συχνά υποεκτιμούνταν η πλημμύρα σχεδιασμού του υπερχειλιστή (στα προ του 1930 κατασκευασμένα φράγματα, η πλημμύρα σχεδιασμού ήταν κοντά στην μέγιστη ιστορικά παρατηρούμενη, η οποία όμως δεν στηριζόταν σε μακράς διάρκειας παρατηρήσεις).*

Παρόλα αυτά μόνο το 2% των φραγμάτων τα οποία δέχτηκαν πλημμύρες μεγαλύτερες από την πλημμύρα σχεδιασμού τους αστόχησαν. Σε αυτό συνέβαλε το ότι τα περισσότερα είχαν υπολογιστεί με αρκετά μεγάλο ελεύθερο ύψος (για την αντιμετώπιση των κυμάτων και των καθιζήσεων) καθώς επίσης ότι τα περισσότερα φράγματα τα οποία υπερπηδήθηκαν δεν καταστράφηκαν.

Η αστοχία από υπερπήδηση του αναχώματος εξαρτάται από το ύψος του φράγματος, τον αποθηκευμένο όγκο, το μήκος της στέψης αλλά κυρίως από το υλικό και τρόπο κατασκευής και την αντίσταση στην διάβρωση.

Για τα χωμάτινα φράγματα επικρατεί η άποψη ότι όλα τους καταστρέφονται από την υπερπήδηση. Αυτό είναι εν μέρει σωστό για μεγάλες τιμές της παροχής ανά μέτρο στέψης. Όμως πολλά φράγματα μέτριου ύψους έχουν αντέξει υπερπήδηση $1\text{m}^3/\text{s}/\mu\text{m}$ για πολλές ώρες. Ο κυριότερος παράγοντας είναι η συνεκτικότητα του αναχώματος. Γενικότερα μία

καλά συμπίεσμένη άργιλος έχει μεγαλύτερη αντίσταση σε εσωτερική και εξωτερική διάβρωση από ότι κοκκώδη υλικά και η αστοχία εάν συμβεί είναι πιο αργή και πιο περιορισμένη. Η αντοχή σε διάβρωση του κατάντη πρανούς αυξάνει εάν είναι χορταριασμένο. Το περιθώριο ασφαλείας και οι υπόλοιποι κανόνες ασφαλείας πρέπει να είναι μεγαλύτεροι για κοκκώδη υλικά από ότι για αναχώματα με συνεκτικά υλικά.

Ένα λιθόρριπτο φράγμα αντέχει 0,5-1 m ύψος υπερπήδησης για μερικές ώρες ιδιαίτερα όταν έχει πρανή πιο ήπια από 2:1 με προστασία βαριάς λιθορριπής αλλά όταν μία τοπική ρωγμή γίνει περισσότερο από μερικά μέτρα βαθιά τότε μπορεί γρήγορα να επεκταθεί σε όλο το ύψος του αναχώματος, ιδιαίτερα όταν το κατάντη πρανές είναι απότομο και η λιθορριπή εκτίθεται σε εσωτερική και εξωτερική διάβρωση και να προκαλέσει την ολική καταστροφή του αναχώματος (Briseis, Pardo, Sempor, Swift κλπ).

Σε αναχώματα από λεπτόκοκα υλικά χωρίς συνεκτικότητα (άμμος, χαλίκι, κλπ) η διαδικασία της κατάρρευσης μπορεί να είναι πολύ πιο γρήγορη προερχόμενη από συνδυασμό διάβρωσης και ολίσθησης. Τα περισσότερα από αυτά τα φράγματα μπορεί να καταρρεύσουν μόλις υπερπηδηθούν μέσω διάβρωσης της στέψης και να τα παρασύρει το ποτάμι μέσα σε λίγα λεπτά. Ο μόνος περιορισμός της πλημμυρικής αιχμής που θα δημιουργηθεί κατάντη είναι το μήκος του αναχώματος. Επίσης, η εσωτερική διάβρωση μπορεί συχνά να προκαλέσει τοπική καθίζηση η οποία δημιουργεί ρωγμή όπου διευρύνεται ταχύτατα και οδηγεί στην ολική συχνά κατάρρευση.

♦ Η αστοχία από υπερπήδηση κατά την κατασκευή του φράγματος σε φράγματα μικρότερα από 30 m ύψος είναι πάρα πολύ μικρή, μικρότερη από 0,1% (Από τις καταγραφές της ICOLD προκύπτουν μόνο 5 αστοχίες τέτοιου τύπου σε 9000 φράγματα). Αυτό μπορεί να εξηγηθεί ως εξής:

- οι επιπτώσεις ήταν πολύ μικρές και αυτό οδήγησε σε μη καταγραφή του γεγονότος,
- ο μεγαλύτερος αριθμός φραγμάτων με ύψος μικρότερο από 30 m τα οποία κατασκευάζονται μέσα στην κοίτη του ποταμού μπορούν να κατασκευαστούν μέσα σε μία ξηρή περίοδο, οπότε και εκτίθενται μόνο σε πολύ μικρές πλημμύρες.

Από την ανάλυση των αστοχιών συμπερασματικά προκύπτει:

Η πιθανότητα αστοχίας από εσωτερική διάβρωση εμφανίζεται να εξαρτάται περισσότερο από το μήκος του αναχώματος παρά από το ύψος του. Οι μεγάλοι ταμιευτήρες, ειδικότερα σε περιοχές με βροχοπτώσεις με μεγάλες εντάσεις είναι κατά μέσο όρο πολύ πιο ευάλωτοι από τους μικρότερους.

Το υλικό κατασκευής του αναχώματος και κυριότερα η συνεκτικότητα του παίζουν μεγάλο ρόλο στις καθιζήσεις και την αντίσταση στην διάβρωση και κατά συνέπεια και στην πιθανότητα αστοχίας και τις επιπτώσεις της. Η συνεκτικότητα επηρεάζεται σημαντικά από τον τρόπο κατασκευής

Οι επιπτώσεις της αστοχίας κυρίως εξαρτώνται από το μέγεθος του ταμιευτήρα και τον πληθυσμό κατάντη αυτού, όμως τα χαρακτηριστικά του φράγματος επηρεάζουν πολύ την αιχμή της πλημμυρικής απορροής καθώς και το πότε θα εμφανιστεί (χρόνος ανόδου

υδρογραφήματος). Ο αριθμός των θυμάτων από μία αστοχία μπορεί να διαφοροποιείται με ένα συντελεστή 100 ο οποίος εξαρτάται από το είδος του φράγματος, τα υλικά και το σύστημα προειδοποίησης.

Κόστος και ασφάλεια

Θα πρέπει να εξετάζεται κριτικά η ελαχιστοποίηση του κινδύνου αστοχίας ενός φράγματος σε σχέση με το κόστος κατασκευής του. Πολύ συχνά κατασκευάζονται πολύ ακριβά έργα χωρίς να λαμβάνουν υπόψη ότι δεν μπορεί να επιτευχθεί η απόλυτη ασφάλεια. Για τον προσδιορισμό του επιθυμητού επιπέδου ασφάλειας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι μία πολύ σπάνια πλημμύρα πιθανότατα να προκαλούσε θύματα στον κατάντη πληθυσμό και χωρίς την δημιουργία του φράγματος, καθώς επίσης και ότι έχει παρατηρηθεί ότι περισσότεροι άνθρωποι σκοτώνονται κατά την διάρκεια κατασκευής των φραγμάτων παρά από την αστοχία των φραγμάτων, το οποίο σημαίνει ότι περισσότερη κατασκευαστική εργασία αυξάνει το ρίσκο.

Οι απώλειες από την αστοχία ενός φράγματος διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τον τύπο του φράγματος και του συστήματος προειδοποίησης.

Οι φυσικές καταστροφές και οι θάνατοι από αστοχίες φραγμάτων ιδίου ύψους μπορεί να διαφέρουν πολύ. Με 10.000 «μεγάλα φράγματα» ύψους 10-30 m (εκτός Κίνας) περίπου 100 αστοχίες οδήγησαν σε 10.000 θανάτους. Οι μισές από τις αναφερθείσες αστοχίες δεν είχαν θύματα και οι καταστροφές σε ιδιοκτησίες ήταν μικρότερες από το κόστος του φράγματος. Όμως μερικές αστοχίες φραγμάτων 20-30 m οδήγησαν σε πάνω από 1.000 θανάτους η κάθε μία και τουλάχιστον 10 αστοχίες φραγμάτων με ύψος μικρότερο από 20 m οδήγησαν σε πάνω από 100 θανάτους η κάθε μία.

Τα ομογενή φράγματα από συνεκτικό υλικό έχουν μεγάλο πλεονέκτημα όσον αφορά την ασφάλεια. Η πιθανότητα αστοχίας από υπερπήδηση είναι μικρή για μικρές λεκάνες απορροής επειδή το φράγμα μπορεί με ασφάλεια να αντέξει 0,5 – 1 m νερό για λίγες ώρες και ακόμα και εάν αστοχήσει με υδρογράφημα εισόδου μερικών εκατοντάδων κυβικών μέτρων, το υδρογράφημα εξόδου μετά την αστοχία είναι συχνά μικρότερο από αυτό της εισόδου. Ακόμα εάν το φράγμα εδράζεται σε συνεκτικό υλικό υπάρχει πολύ μικρός κίνδυνος αστοχίας από σεισμό.

Έλεγχος πλημμυρών

Στα περισσότερα φράγματα με ύψος μικρότερο από 30 m ο έλεγχος της πλημμύρας παίζει σημαντικό ρόλο στην ασφάλεια και το κόστος κατασκευής τους. Τέτοια φράγματα συνήθως έχουν λεκάνες απορροής μικρότερες από 100 km² και οι εξαιρετικά μεγάλες πλημμυρικές παροχές μπορεί να είναι 1.000 φορές μεγαλύτερες από την μέση ετήσια παροχή. Σπάνια προτείνονται υπερχειλιστές με θυροφράγματα διότι η αιχμή του υδρογραφήματος παρουσιάζεται συνήθως μέσα σε λίγες ώρες, διάστημα συνήθως πολύ μικρό για ανθρώπινη αντίδραση. Τα αυτόματα θυροφράγματα, τα οποία ήταν αποδεκτά μερικές δεκαετίες πριν, σήμερα αποφεύγονται λόγω του ότι πολλές φορές παρουσίαζαν βλάβες τις κρίσιμες στιγμές, όπως επίσης γιατί η αιχμή της παροχής που απελευθερώνουν είναι συχνά πολύ μεγαλύτερη

από την αιχμή της παροχής του ποταμιού (η αυξημένη αιχμή και/ή ο μικρός χρόνος ανόδου του πλημμυρογραφήματος είναι πολλές φορές πιο επικίνδυνα από την εισερχόμενη πλημμύρα).

Οι ελεύθεροι υπερχειλιστές, οι οποίοι βρίσκονται στην μεγάλη πλειονότητα των φραγμάτων με ύψος μικρότερο από 30 m, είναι ασφαλέστεροι, το κόστος κατασκευής τους είναι χαμηλό, το έμμεσο όμως κόστος τους είναι υψηλό διότι κρατώντας 1,5-3 m κανονικό περιθώριο ασφαλείας, αυξάνουν τον όγκο του φράγματος από 20-50% ή αντίστοιχα μειώνουν την ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα.

Προβλέψεις για το μέλλον

Ο παγκόσμιος ρυθμός κατασκευής φραγμάτων 10-30 m ύψους και χωρητικότητας μεγαλύτερης από 100.000 m³ είναι περίπου 1.000 τον χρόνο. Τα 200 μόνο από αυτά είναι με ύψος μεγαλύτερο από 15 m ή έχουν χωρητικότητα μεγαλύτερη από 1 εκατ. κυβικά μέτρα.

Αυτός ο ρυθμός θα διατηρηθεί ή θα αυξηθεί τις επόμενες δεκαετίες λόγω της έλλειψης νερού που αντιμετωπίζουν όλο και περισσότερες χώρες και της συγκέντρωσης της βροχόπτωσης σε μερικούς μόνο μήνες στις χώρες με τους μεγαλύτερους πληθυσμούς.

Τα περισσότερα από τα μελλοντικά φράγματα από 10-30 m ύψος θα είναι χωμάτινα, ειδικότερα στις περιοχές όπου δεν υπάρχει καλό έδαφος έδρασης ή που οι λεκάνες απορροής είναι μικρές.

4.2 Επιλογή βασικών χαρακτηριστικών των έργων

Ο οικονομικότερος τύπος φράγματος για μία θέση είναι αυτός που αξιοποιεί τα διαθέσιμα κατάλληλα υλικά της πλησίον περιοχής, είναι συμβατός με τις υφιστάμενες μορφολογικές, τεχνικογεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες του εδάφους θεμελίωσης και για την κατασκευή του οποίου διατίθεται η απαραίτητη τεχνογνωσία και τεχνικός εξοπλισμός από το προσφερόμενο τεχνικό δυναμικό της χώρας.

Από την επιτόπου σύντομη αναγνωριστική επίσκεψη προκύπτει ότι στην περιοχή :

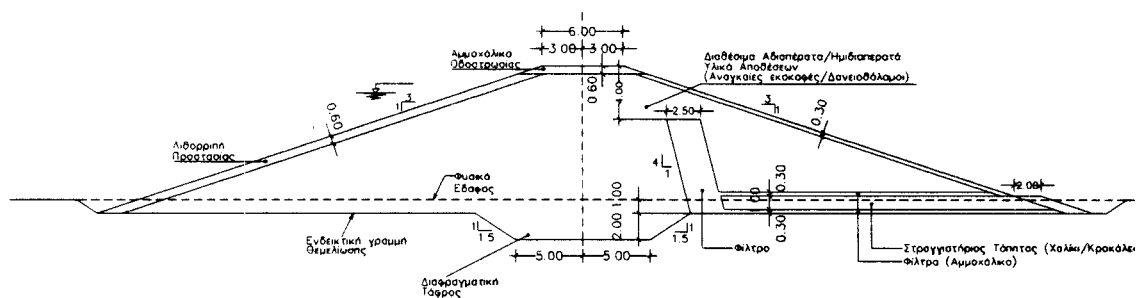
- ♦ Υπάρχουν περιορισμένες ποσότητες πρόσφατων αδρομερών αλλουβιακών αποθέσεων, κατάλληλων για την παραγωγή υλικών φίλτρων, στραγγιστήριων και μεταβατικών ζωνών και αμμοχαλικωδών υλικών δομής σωμάτων στήριξης.
- ♦ Υπάρχουν μεγάλες ποσότητες λεπτόκοκκων υλικών κατάλληλων για την κατασκευή ομοιογενούς σώματος φράγματος.
- ♦ Δεν υπάρχουν βραχώδη υλικά για την παραγωγή λιθορριπών (η πλησιέστερη πιθανώς κατάλληλη θέση κατά μήκος του δρόμου πρόσβασης απέχει περί τα 50 km).

Στην περιοχή θεμελίωσης του φράγματος συναντώνται λεπτόκοκκα υλικά των οποίων το πάχος, όπως αναφέρεται στην έκθεση της Co-SAERSAR (2000) μετά από διάνοιξη επιφανειακών σκαμμάτων, εκτιμάται ότι θα είναι μεγαλύτερο από 3 m .

Παίρνοντας υπόψη τις συνθήκες θεμελίωσης, τα διαθέσιμα υλικά και την έλλειψη σχετικής τεχνογνωσίας στην περιοχή, θα πρέπει να αποκλειστεί η κατασκευή φράγματος από

σκυρόδεμα, RCC ή λιθοόρριπτο. Συμβατά φράγματα με τις αναμενόμενες συνθήκες στην θεμελίωση κρίνονται το χωμάτινο με αργιλικό πυρήνα και το ομοιογενές.

Λόγω του περιορισμένου όγκου των διαθέσιμων αμμοχαλικωδών υλικών για την κατασκευή των σωμάτων στήριξης, προτείνεται η υιοθέτηση ομοιογενούς τύπου φράγματος, με περιορισμένη διαζώνηση του αναχώματος. Πρόκειται για την απλούστερη κατασκευή για την οποία υπάρχει επάρκεια απαιτούμενων υλικών. Στο Σχ. 4.1 δίνεται ενδεικτική τυπική διατομή φράγματος.



Σχ. 4.1 Ενδεικτική τυπική διατομή φράγματος

Το κύριο σώμα του φράγματος προτείνεται να κατασκευαστεί με τη συμπύκνωση των διαθέσιμων λεπτόκοκκων υλικών τα οποία θα προέρχονται είτε από αναγκαίες εκσκαφές (πχ θεμελίωσης φράγματος και συναφών έργων), είτε από δανειοθαλάμους εντός της λεκάνης κατάκλυσης.

Το φράγμα θα θεμελιωθεί στα λεπτόκοκκα υλικά της ζώνης έδρασης μετά την εκσκαφή και απομάκρυνση των επιφανειακών χαλαρών και οργανικών υλικών.

Πολύ σημαντικό στοιχείο του φράγματος είναι η κατασκευή στραγγιστήριου τάπητα στην θεμελίωση του κατάντη σώματος (κελύφους) στην περιοχή της κοίτης του ποταμού. Η εσωτερική διάβρωση (διάπλυση) λεπτόκοκκων υλικών είτε του σώματος του φράγματος, είτε της θεμελίωσης προς τα πλέον διαπερατά υλικά του στραγγιστήριου τάπητα θα αποφευχθεί με την παρεμβολή φίλτρου ελάχιστου πάχους 30 cm. Το πάχος του στραγγιστήριου τάπητα προτείνεται 0,5 m, το δε μήκος του (από το κατάντη πόδα του φράγματος) τουλάχιστον 15 m στην περιοχή της κοίτης .

Απαραίτητη θεωρείται η προστασία του ανάντη πρανούς από την διαβρωτική δύναμη των κυματισμών με την τοποθέτηση κατάλληλης λιθορριπής, της οποίας το πάχος και η διαβάθμιση των λίθων θα προκύψουν από σχετική μελέτη. Ενδεικτικά αναφέρεται πάχος 60 cm. Στην περιοχή της έδρασης της λιθορριπής θα προηγηθεί διάστρωση αμμοχάλικου πάχους 25 cm.

Σκόπιμη θα ήταν η προστασία του κατάντη πρηνούς του αναχώματος από την διαβρωτική δύναμη των επιφανειακών απορροών (βροχοπτώσεις), είτε με χαμηλή βλάστηση, είτε με στρώση κροκαλών πάχους περίπου 30 cm. Τέλος, η στέψη του αναχώματος προτείνεται να διαστρωθεί με αμμοχάλικο οδοστρωσίας πάχους 30 cm.

Για τέτοιου είδους φράγματα (χωμάτινο φράγμα και μικρή επικινδυνότητα από αστοχία) προτείνεται από την SCS-TR60 (1985) υπερχειλιστής σε ανοικτό σκάμμα, με τραπεζοειδή διατομή, τοποθετημένος όσο το δυνατόν μακρύτερα από το ανάχωμα του φράγματος. Αυτό προτείνεται για την λιμνοδεξαμενή Damte.

Στην ίδια βιβλιογραφία αναφέρεται ότι για μικρές λεκάνες απορροής και για έργα μικρής επικινδυνότητας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και σωληνωτός αγωγός αρκεί να μπορούσε να διοχετεύσει την πλημμύρα σχεδιασμού. Αυτό το είδος προτείνεται να για την λιμνοδεξαμενή Wedeba.

Για την λιμνοδεξαμενή Damte δύο είναι οι προτεινόμενες θέσεις για την τοποθέτηση του υπερχειλιστή.

➤ *Υπερχειλιστής στο δεξιό αντέρεισμα*

Προτείνεται υπερχειλιστής σε ανοικτό σκάμμα τοποθετημένος στο δεξιό αντέρεισμα το οποίο κρίνεται ως πλέον κατάλληλο λόγω της ήπιας μορφολογίας.

Παίρνοντας υπόψη τις τοπικές συνθήκες αλλά και το αυξημένο κόστος κατασκευής ενός υπερχειλιστή προτείνεται η κατασκευή του υπερχειλιστή με μικτή τραπεζοειδή διατομή, όπου το χαμηλότερο τμήμα που θα αποχετεύει τις συνήθεις υπερχειλίζουσες παροχές θα επενδυθεί με σκυρόδεμα. Σε περίπτωση σημαντικών πλημμυρών θα λειτουργήσει η υπόλοιπη διατομή, μεγαλύτερου συνολικού πλάτους, προξενώντας βέβαια ζημιές στον υπερχειλιστή αλλά εξασφαλίζοντας το φράγμα από υπερπήδηση καταστροφική για όλο το έργο. Αυτό το τμήμα της διατομής θα μπορούσε να επενδυθεί με χαμηλή βλάστηση εάν αυτό είναι δυνατόν ή να επενδυθεί με λιθορριπή (με το κατάλληλο αμμοχαλικώδες υπόστρωμα).

Είναι προφανές ότι η εν λόγω λύση είναι ακόμα πιο ελκυστική εάν τα προϊόντα εκσκαφής του υπερχειλιστή είναι κατάλληλα για να ενσωματωθούν στο σώμα του φράγματος (όπως είναι και η αρχική εκτίμηση).

➤ *Υπερχειλιστής πάνω στο ανάχωμα του φράγματος*

Εναλλακτικά εξετάζεται η περίπτωση ο αναγκαίος υπερχειλιστής ασφαλείας να τοποθετηθεί στο κεντρικό τμήμα της στέψης του φράγματος και κατά συνέπεια και του κατάντη πρηνούς του (δυνατότητα κατασκευής πολύ πλατύ υπερχειλιστή) (Sherard, GSP-No 32).

Η κατασκευή αυτή θα πρέπει να συνδυαστεί με πιο ήπια κλίση του κατάντη πρηνούς (ενδεικτική κλίση K:O 1:5) και προστασία του τμήματος του κατάντη πρηνούς πάνω από το οποίο θα γίνεται η υπερχειλίση με ικανού πάχους λιθορριπή. Η λιθορριπή αυτή θα πρέπει να εδράζεται σε φίλτρα για την αποφυγή εσωτερικής διάβρωσης. Η περίπτωση να χρησιμοποιηθεί γεωύφασμα στην έδραση της λιθορριπής είναι επιθυμητή αλλά θα πρέπει να εξεταστεί και εάν είναι εφικτή για την περιοχή. Η έδραση και ο εγκιβωτισμός της λιθορριπής

Στην παρούσα θέση το σώμα υπερχειλίσσης, το οποίο θα είναι από σκυρόδεμα, θα πρέπει να συνδεθεί στεγανά με το υποκείμενο σώμα του φράγματος.

Πλεονεκτήματα της δεύτερης λύσης είναι καταρχήν το μεγάλο πλάτος υπερχειλίσσης το οποίο συνεπάγεται μικρότερο βάθος ροής για δεδομένη πλημμύρα και δυνατότητα μεγαλύτερης αποθήκευσης νερού στον ταμιευτήρα. Πλεονεκτήματα επίσης αποτελούν η μικρή συγκέντρωση ροής (παροχή ανά μέτρο πλάτους υπερχειλίσσης) και οι μειωμένες εκσκαφές για την κατασκευή του υπερχειλιστή (αυτό αποτελεί πλεονέκτημα σε περίπτωση που τα προϊόντα εκσκαφής δεν είναι κατάλληλα υλικά δομής φράγματος).

Μειονεκτήματα της δεύτερης λύσης αποτελούν η απαίτηση για μεγαλύτερους όγκους λιθορριπής και φίλτρων έδρασής της, υλικά περιορισμένης διαθεσιμότητας στην περιοχή, καθώς και η σημαντική αύξηση του όγκου του φράγματος λόγω της ηπιότερης κλίσης του κατάντη πρανούς. Το σημαντικότερο όμως μειονέκτημα είναι η ευαισθησία του έργου στην καλή ποιότητα του σχεδιασμού (επιλογή κατάλληλης κοκκομετρίας των φίλτρων και της ίδιας της λιθορριπής) και της κατασκευής του υπερχειλιστή.

Η επιλογή του τύπου του υπερχειλιστή δεν μπορεί παρά να οριστεί μετά τις γεωλογικές και γεωτεχνικές έρευνες στην περιοχή, οι οποίες θα προσδιορίσουν τις συνθήκες έδρασης του φράγματος και την ποιότητα και ποσότητα των διαθέσιμων υλικών. Η επιλογή θα πρέπει να στηριχτεί και στην ικανότητα των μηχανικών της περιοχής να κατασκευάσουν το έργο. Τέλος, θα πρέπει να αξιολογηθεί και η μεταφορά τεχνογνωσίας με σκοπό την αξιοποίησή της στην κατασκευή παρεμφερών έργων στην περιοχή.

4.3 Μηνιαίες βροχοπτώσεις, θερμοκρασίες και απορροές της λεκάνης

Ο σταθμός Areka ο οποίος είναι ο κοντινότερος στην περιοχή των έργων και έχει τις πιο πρόσφατες μετρήσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντιπροσωπευτικός της περιοχής των έργων παρόλο που το υψόμετρό του (+750) είναι πολύ χαμηλότερο από το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής των έργων (+1955 στην λεκάνη του χ.Damte και +1890 στην λεκάνη του χ.Wedeba), δεδομένου ότι από το Σχ. 3.8 προκύπτει ότι δεν υπάρχει έντονη μεταβολή του ύψους βροχής με την αλλαγή του υψόμετρου. Οι τιμές του Πίν. ΠΑ.18 του Παραρτήματος Α θεωρήθηκαν ως η χρονοσειρά μηνιαίων βροχοπτώσεων στις λεκάνες των Damte και Wedeba.

Για την εκτίμηση των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής καθώς και στην περιοχή του φράγματος (απαραίτητων για την εκτίμηση των απορροών) χρησιμοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις του σταθμού SeKoru δεδομένου ότι βρίσκεται κοντά στην λεκάνη και το υψόμετρό του είναι παραπλήσιο με το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής των έργων. Οι θερμοκρασίες αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα ΠΑ.23 του Παραρτήματος Α.

Ως απορροές της λεκάνης προτείνεται η χρονοσειρά απορροών όπως αυτή προκύπτει από το απλό υδατικό ισοζύγιο κατά Thornthwaite, υπολογίζοντας την εξατμοδιαπνοή κατά

Ως απορροές της λεκάνης προτείνεται η χρονοσειρά απορροών όπως αυτή προκύπτει από το απλό υδατικό ισοζύγιο κατά Thornthwaite, υπολογίζοντας την εξατμοδιαπνοή κατά Thornthwaite και δεχόμενοι μέγιστη εδαφική ικανότητα $S=200 \text{ mm}$, για λόγους συντηρητικής εκτίμησης των μηνιαίων απορροών της λεκάνης και επομένως και δυνατοτήτων απόληψης από τον ταμιευτήρα. Οι εκτιμημένες απορροές της λεκάνης παρουσιάζονται στον Πίν. ΠΑ.30.

Η μέση ετήσια απορροή για την λιμνοδεξαμενή Damte προκύπτει $18,02 \times 10^6 \text{ m}^3$ με μέγιστη $25,49 \times 10^6 \text{ m}^3$ και ελάχιστη $13,50 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Για την λιμνοδεξαμενή Wedeba η μέση ετήσια απορροή προκύπτει $1,59 \times 10^6 \text{ m}^3$ με μέγιστη $2,16 \times 10^6 \text{ m}^3$ και ελάχιστη $1,14 \times 10^6 \text{ m}^3$.

4.4 Πλημμύρες σχεδιασμού και υδρολογική διακινδύνευση

Για την επιλογή των πλημμυρών σχεδιασμού των έργων λήφθηκαν υπόψη τα εξής :

- ♦ Το φράγμα ανήκει στην κατηγορία έργων χαμηλής επικινδυνότητας (κατηγορία α σύμφωνα με SCS-TR60 (1985).
- ♦ Δεν διατίθενται καθόλου στοιχεία πλημμυρών στο χ. Damte. Είναι φανερό όμως από τις επί τόπου παρατηρήσεις η ύπαρξη μεγάλων πλημμυρικών γεγονότων.
- ♦ Τα διαθέσιμα βροχογραφικά στοιχεία είναι αρκετά περιορισμένα, η δε μέση ετήσια βροχόπτωση χαρακτηρίζεται υψηλή.

Τελικά επιλέγεται ύψος βροχής σχεδιασμού για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) 120 mm και για τη διαστασιολόγηση των έργων ασφαλείας 100 mm

Σύμφωνα με τα παραπάνω:

- Για το φράγμα στον χ. Damte

Προτείνεται ο υπερχειλιστής να σχεδιαστεί για διάρκεια βροχόπτωσης 6 hr συνολικού ύψους 100 mm και για υψηλές συνθήκες προηγηθείσας υγρασίας στην λεκάνη απορροής ($CN=85$). Το υδρογράφημα εισόδου στον ταμιευτήρα έχει αιχμή $110 \text{ m}^3/\text{s}$ και συνολικό όγκο $1.410.000 \text{ m}^3$.

Ο υπολογισμός της ΑΣΥ προτείνεται να γίνει για διάρκεια βροχόπτωσης 6 hr συνολικού ύψους 120 mm και για υψηλές συνθήκες προηγηθείσας υγρασίας στην λεκάνη απορροής ($CN=85$). Το υδρογράφημα εισόδου στον ταμιευτήρα έχει αιχμή $142 \text{ m}^3/\text{s}$ και συνολικό όγκο $1.830.000 \text{ m}^3$.

- Για την λιμνοδεξαμενή στον χ. Wedeba

Προτείνεται ο υπερχειλιστής να σχεδιαστεί για διάρκεια βροχόπτωσης 6 hr συνολικού ύψους 100 mm και για υψηλές συνθήκες προηγηθείσας υγρασίας στην λεκάνη απορροής ($CN=85$). Το υδρογράφημα εισόδου στον ταμιευτήρα έχει αιχμή $15 \text{ m}^3/\text{s}$ και συνολικό όγκο 119.000 m^3 .

Ο υπολογισμός της ΑΣΥ προτείνεται να γίνει για διάρκεια βροχόπτωσης 6 hr συνολικού ύψους 120 mm και για υψηλές συνθήκες προηγηθείσας υγρασίας στην λεκάνη απορροής (CN=85). Το υδρογράφημα εισόδου στον ταμιευτήρα έχει αιχμή 20 m³/s και συνολικό όγκο 155.000 m³.

Τα παραπάνω οδηγούν σε πολύ πιο συντηρητικό σχεδιασμό από αυτόν που προτείνεται στην Co-SAERSAR (2000) (προτείνεται σχεδιασμός των έργων για T=50 έτη και παροχή 45 m³/s και για τις δύο λιμνοδεξαμενές).

Η βροχόπτωση σχεδιασμού του υπερχειλιστή των έργων (100 mm) αντιστοιχεί σε βροχή περιόδου επαναφοράς 140 έτη και παραγόμενη πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 100 έτη. Αντίστοιχα, η βροχόπτωση για την οποία προτείνεται ο καθορισμός της ΑΣΥ (120 mm) αντιστοιχεί σε βροχή και παραγόμενη πλημμύρα περιόδου επαναφοράς περίπου 800 έτη. Η διακινδύνευση που προκύπτει από μια τέτοια επιλογή είναι :

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

J= 2,5 % για n= 20 έτη και

J= 6,1% για n= 50 έτη

Η διακινδύνευση J, είναι η πιθανότητα να εμφανιστεί η πλημμύρα σχεδιασμού συχνότητας 1/T (ή μεγαλύτερή της) τουλάχιστον μία φορά μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα n ετών. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η υπολογισθείσα διακινδύνευση είναι η υδρολογική διακινδύνευση ενός έργου και αποτελεί μέρος μόνον της συνολικής διακινδύνευσης του έργου.

4.5 Προβλήματα μελέτης και κατασκευής. Συμπληρωματικές μελέτες και έρευνες

Οι ιδιαιτερότητες της υδρολογικής συμπεριφοράς αλλά και της μορφολογίας της περιοχής των έργων οδηγούν σε προβλήματα τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν στην φάση της μελέτης των έργων.

Ένα πιθανό πρόβλημα της περιοχής είναι η μεγάλη στερεοπαροχή, δεδομένου του είδους του εδαφικού υλικού και της έντασης των βροχοπτώσεων. Δεν διατίθενται μετρήσεις στερεοπαροχής στη λεκάνη, ούτε και σε λεκάνες της ευρύτερης περιοχής.

Γενικά, οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάβρωση μιας λεκάνης απορροής είναι η φυτοκάλυψη, τα χαρακτηριστικά του εδάφους (κοκκομετρική κατανομή, συνεκτικότητα, δομή κλπ.), το συνολικό ύψος βροχής και η απορροή. Για την λεκάνη απορροής των έργων:

- ♦ Η φυτοκάλυψη εκτιμήθηκε ότι είναι κατά 30% δάση με αραιή συστάδα δένδρων και κατά 70% βοσκότοποι ή καλλιεργούμενες εκτάσεις
- ♦ Από την επί τόπου επίσκεψη μπορεί να εκτιμηθεί ότι το εδαφικό κάλυμμα της λεκάνης απορροής αποτελείται στο μεγαλύτερο ποσοστό από υλικά μεγάλης διαβρωσιμότητας. Επισημαίνουμε εδώ ότι σε ότι αφορά τη διαβρωσιμότητα, σημασία έχει το εδαφικό κάλυμμα και όχι η γεωλογική σύσταση του βραχώδους υπόβαθρου.

♦ Το συνολικό μέσο ύψος βροχής στη λεκάνη χαρακτηρίζεται υψηλό (1.627 mm/έτος).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι θα πρέπει να αναμένονται ιδιαίτερα μεγάλα φορτία στερεοπαροχής.

Η εκτίμηση της συνολικής στερεοπαροχής της λεκάνης όπως προκύπτει από την προτεινόμενη από το USBR (1987) σχέση μεταξύ λεκάνης απορροής – αντίστοιχης μέσης ετήσιας στερεοπαροχής μετά από επεξεργασία στοιχείων για φράγματα σε ημίξηρα τμήματα της Νοτιοδυτικής περιοχής των Η.Π.Α είναι:

$$Q_s = 1098 A^{-0.24}$$

όπου : A = λεκάνη απορροής σε km^2

και Q_s = ετήσια στερεοπαροχή σε m^3/km^2

για $A = 23,16 \text{ km}^2$, $Q_s = 515 \text{ m}^3/\text{km}^2$

Την επιλογή της στάθμης στέψης υδροληψίας επηρεάζει ο συνολικός όγκος αναμενόμενων φερτών στη διάρκεια οικονομικής ζωής του ταμιευτήρα αλλά και η κατανομή του όγκου αυτού μέσα στη λεκάνη κατάκλυσης. Η κατανομή αυτή είναι συνάρτηση του τρόπου λειτουργίας του ταμιευτήρα (π.χ. συχνές, μικρές ή μεγάλες εκκενώσεις), της κοκκομετρικής σύνθεσης των φερτών (συρόμενα ή σε αιώρηση κλπ.) και της μορφολογίας της λεκάνης κατάκλυσης (φαραγγειδής, εκτεταμένη λίμνη κλπ.). Λόγω του μικρού σχετικά μεγέθους του ταμιευτήρα, των συνεχών εκκενώσεων (πρακτικά κάθε χρόνο) και της λεπτόκοκκης κύρια σύνθεσης των αναμενόμενων φερτών θεωρείται σκόπιμο να θεωρηθεί ότι όλος ο όγκος των αναμενόμενων φερτών θα συγκεντρωθεί κύρια στα χαμηλά σημεία της λεκάνης κατάκλυσης, μπροστά από το φράγμα.

Η εκτίμηση που έγινε στα πλαίσια της παρούσας έκθεσης των $500 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{έτος}$ περίπου και η οποία για 25 χρόνια οδήγησε σε επιλογή νεκρού όγκου 281.000 m^3 μπορεί να είναι μικρότερη από την πραγματική. Θα πρέπει να γίνουν μετρήσεις στερεοπαροχής στους χειμάρρους και να γίνει πρόβλεψη για τρόπους αντιμετώπισης. Πιθανοί τρόποι εκτιμάται ότι είναι:

- (α) ο καθαρισμός της λεκάνης από τα φερτά ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Ο καθαρισμός αυτός θα γίνεται όταν η στάθμη της λίμνης έχει φτάσει την στάθμη του νεκρού όγκου, μπορεί να είναι χειρονακτικός (αφού πρώτα αντληθούν τα υπολειπόμενα νερά). Τα προϊόντα από τις εκσκαφές μπορούν να χρησιμοποιούνται για λίπασμα στα γύρω χωράφια (γόνιμο υλικό) καθώς επίσης και για την μείωση της κλίσης των χωραφιών με σκοπό την μείωση της απορροής,
- (β) η δημιουργία αναβαθμών κατά μήκος των ποταμών, έτσι ώστε να μειωθεί η κατά μήκος κλίση και συνεπώς και η διαβρωτική ικανότητα του νερού.

Ένα ακόμα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι η κατασκευασσιμότητα του έργου. Η μορφολογία και οι υδρολογικές συνθήκες της περιοχής (μεγάλη διατομή ποταμού, έντονες πλημμύρες την εποχή των βροχοπτώσεων, ύπαρξη ξηράς περιόδου) συνηγορούν στην κατασκευή του έργου μέσα σε μία ξηρά περίοδο. Η κατασκευή θα πρέπει να ξεκινήσει από τα αντερείσματα και να κατευθύνεται προς το κέντρο της κοίτης, αφήνοντας έτσι δίοδο στις

χαμηλές παροχές του ποταμού κατά την διάρκεια κατασκευής του μεγαλύτερου μέρους του αναχώματος. Ένα πρόβλημα που προκύπτει και θα πρέπει να αντιμετωπιστεί στην μελέτη είναι η ανάγκη νερού για την κατασκευή του αναχώματος (διαβροχή υλικού αναχώματος). Η ποσότητα του νερού είναι αρκετά μεγάλη, δεδομένου ότι χρειάζεται 1 έως 3 κυβικά νερό ανά 10 κυβικά αναχώματος (η ποσότητα εξαρτάται κυρίως από την υφιστάμενη υγρασία του υλικού κατασκευής του αναχώματος).

Θα πρέπει επίσης να αντιμετωπιστεί και η εξασφάλιση της καλής ποιότητας κατασκευής των έργων (σύμφωνα με τις προδιαγραφές της μελέτης) και συντήρησης αυτών καθώς επίσης και η μεταφορά της τεχνογνωσίας στους μηχανικούς και τους αγρότες της περιοχής.

Για την μελέτη του φράγματος κρίνεται απαραίτητη η εκπόνηση των εξής συμπληρωματικών εργασιών:

- ♦ Τοπογραφικών εργασιών. Στα πλαίσια αυτών πρέπει να αποτυπωθεί η περιοχή έδρασης του φράγματος και των συναφών του έργων σε κλ. 1:500.
- ♦ Εδαφομηχανικών μελετών και ερευνών. Οι μελέτες αυτές θα περιλαμβάνουν την εκτέλεση όλων των απαιτούμενων γεωτεχνικών ερευνών υπαίθρου και εργαστηρίου καθώς και την αξιολόγηση τους
- ♦ Γεωλογικών μελετών και ερευνών καθώς και Μελετών Σεισμικότητας και Σεισμικής Επικινδυνότητας
- ♦ Εδαφολογικών αναγνώρισεων
- ♦ Μετρήσεων απορροής και στερεοπαροχής
- ♦ Υδρολογικών και υδρογεωλογικών μελετών

5 Συμπεράσματα

5.1 Ανακεφαλαίωση

Στο άμεσο μέλλον η αύξηση του πληθυσμού αλλά και η οικονομική ανάπτυξη θα ασκήσουν πίεση στους υδατικούς πόρους πολύ μεγαλύτερη από αυτή που θα ασκήσουν στη χρήση γης. Οι χώρες της Αφρικής ήδη υποφέρουν από την μείωση του διαθέσιμου νερού ανά άτομο και πολλές χώρες είναι ήδη πιά κοντά στα όρια των υδατικών πόρων τους απ'ότι στα όρια της γης τους.

Στην Αφρική, η μέχρι σήμερα αξιοποίηση των υδατικών πόρων στηρίχτηκε κυρίως σε υδατικά έργα μεγάλης έκτασης, τα οποία όμως δημιούργησαν σοβαρά προβλήματα. Η σύγχρονη τάση είναι η επένδυση σε αρδευτικά έργα μικρής κλίμακας. Υπάρχει γενική αποδοχή της επιτυχίας αυτών των συστημάτων, η οποία βασίζεται στο γεγονός ότι είναι αυτοδιαχειριζόμενα και αφιερωμένα στις ανάγκες των τοπικών κοινοτήτων, δεδομένου ότι τα ελέγχουν και τα διαχειρίζονται οι ίδιοι οι χρήστες. Πλεονέκτημα των αρδευτικών έργων μικρής κλίμακας είναι το χαμηλό κόστος τους για τις κυβερνήσεις, δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας γίνεται από τους ωφελούμενους. Επίσης είναι λιγότερο απαιτητικά ως προς την διαχείριση, λειτουργία και συντήρηση, δεν έχουν δυσμενείς επιδράσεις στο περιβάλλον και επιτρέπουν πιο ευρεία διασπορά των αρδευτικών οφελών.

Στα πλαίσια Ελληνικής πρωτοβουλίας για προσφορά βοήθειας στην Αιθιοπία, επελέγει ένα αναπτυξιακό υδροδοτικό έργο για να χρηματοδοτηθεί από Ελληνικές πηγές. Το έργο αυτό έρχεται σε απόλυτη συμφωνία με την σημερινή τάση στην Αφρική για επενδύσεις σε μικρής κλίμακας υδροδοτικά και αρδευτικά έργα.

Στην Αιθιοπία, η οποία γίνεται όλο και πιο επιρρεπής στην ξηρασία, η συγκέντρωση του πληθυσμού είναι σχετικά υψηλή και η γεωργία δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις αυξανόμενες ανάγκες χωρίς την υποστήριξη αρδευτικών έργων. Οι βροχοπτώσεις είναι ανεπαρκείς και με μεγάλες διακυμάνσεις ως προς την συχνότητα, την ένταση και την εποχιακή κατανομή τους, γιαυτό και τα έργα ανάπτυξης υδατικών πόρων είναι απαραίτητα για να σταθεροποιήσουν την γεωργική παραγωγή και να προάγουν την διατροφική ασφάλεια.

Η Αιθιοπία έχει γενικά εύκρατο κλίμα στις περιοχές των υψιπέδων και μόνο σε λίγες περιοχές της επικρατεί τροπικό κλίμα. Το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος είναι μικρό εξαιτίας του ότι η χώρα βρίσκεται κοντά στον Ισημερινό. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι αρκετά υψηλή και η σύσταση των εδαφών της, που είναι αργιλοαμμώδη ή ιλυώδη-αργιλοαμμώδη, θεωρείται εξαιρετική. Παρ'όλ'αυτά, ακόμα και με τις χαμηλές προδιαγραφές των κρατών της Αφρικής, η χρήση των υδατικών πόρων της Αιθιοπίας είναι περιορισμένη. Λιγότερο από το 6% της καλλιεργήσιμης γης της χώρας είναι υπό άρδευση και πρόσβαση σε ασφαλές νερό έχει το 11,5% του αγροτικού πληθυσμού και το 80% του αστικού (ο λόγος που το αστικό ποσοστό είναι τόσο υψηλό είναι η υψηλή κάλυψη της Addis Ababa) τα οποία αθροίζουν στο 19% του πληθυσμού.

Από τα βασικότερα προβλήματα της Αιθιοπίας είναι η σημαντική αποψίλωση των δασών με σκοπό την δημιουργία καλλιεργήσιμων εκτάσεων (έχει απομείνει μόνο το 6% των δασικών

εκτάσεων). Αυτό σε συνδιασμό με τις έντονες βροχοπτώσεις την περίοδο των βροχών έχει οδηγήσει σε εκτεταμένη διάβρωση του εδάφους. Ένα ακόμα πρόβλημα είναι η έλλειψη τεχνογνωσίας και διαχειριστικής δομής στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων.

Το προτεινόμενο έργο τοποθετείται στην Νοτιοδυτική Αιθιοπία και αναφέρεται στην αξιοποίηση τού δυναμικού δύο χειμάρρων, του χ. Damte και του χ. Wedeba. Η περιοχή των χειμάρρων Damte και Wedeba βρίσκεται στην επαρχία Damot Gale, μία από τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές της χώρας.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα μελέτης των έργων αυτών είναι η έλλειψη υδρολογικών στοιχείων και γεωλογικών αποτυπώσεων στην ευρύτερη περιοχή. Δεν γίνονται μετρήσεις παροχών και στερεοπαροχών στα ποτάμια και δεν υπάρχει εν λειτουργία βροχογράφος στην ευρύτερη περιοχή. Οι μετρήσεις των βροχοπτώσεων γίνονται σε ημερήσια βάση, δεν υπάρχουν όμως τα δεδομένα για τους περισσότερους σταθμούς παρά μόνο τα υπολογισμένα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης και σε πολλές περιπτώσεις μόνο τα ετήσια ύψη βροχόπτωσης. Το γεγονός αυτό δημιουργεί αμφιβολίες και για την ποιότητα των στοιχείων που παρέχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιθιοπίας.

Μετά από την επίτοπου επίσκεψη και επαφή με τους μηχανικούς και τους κατοίκους της περιοχής εντοπίστηκαν τα εξής:

- Υπάρχει μεγάλη ανάγκη για νερό για ύδρευση και άρδευση, ενώ δεν υπάρχει κανένα έργο υδροδότησης στην περιοχή με αποτέλεσμα την ενασχόληση πολλών ωρών την ημέρα για την μεταφορά νερού από μακριά από τις γυναίκες και τα παιδιά.
- Οι βροχοπτώσεις ήταν έντονες (η επίσκεψη έγινε στην αρχή της περιόδου των βροχών), διαρκούσαν λίγες μόνο ώρες την ημέρα και δημιουργούσαν πλημμύρες στους δρόμους και στις κατοικίες της περιοχής. Παρότι η περιοχή ήταν καλυμμένη κατά 70% με χαμηλή βλάστηση και 30% με υψηλή, το νερό δεν απορροφιόταν από το έδαφος αλλά έρεε επιφανειακά παρασύροντας και διαβρώνοντας το επιφανειακό εδαφικό κάλυμμα., το οποίο αποτελείτο από λεπτόκοκκα υλικά. Με το πέρας όμως της βροχής σταματούσε και η απορροφή των χειμάρρων.
- Στην περιοχή των χειμάρρων δεν υπήρχαν μεγάλες ποσότητες αλλουβίων και δεν υπήρχε θέση για λατομείο παρά μόνο πολλά χιλιόμετρα μακριά.

Για την εκτίμηση των βροχοπτώσεων στην λεκάνη απορροής, επεξεργάστηκαν στοιχεία από 17 βροχομετρικούς σταθμούς που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή των έργων. Εντός της λεκάνης απορροής των χ. Damte και Wedeba δεν υπάρχουν βροχομετρικοί σταθμοί.

Αρχικά έγινε έλεγχος ομοιογένειας των ετήσιων υψών βροχής των σταθμών με τη μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης. Από τα διαγράμματα των διπλών αθροιστικών καμπυλών προκύπτει ότι τα ετήσια ύψη βροχής των σταθμών δεν είναι αξιόπιστα διότι οι αθροιστικές καμπύλες έχουν αποκλίσεις από την ευθύγραμμη διάταξη. Κατόπιν έγινε συσχέτιση των ετήσιων βροχοπτώσεων των σταθμών. Οι συντελεστές συσχέτισης των ετήσιων βροχοπτώσεων των σταθμών είναι πολύ μικροί και σε καμία περίπτωση δεν δικαιολογούνται από την χωρική κατανομή των σταθμών, δεδομένης της μεγάλης ομοιομορφίας της περιοχής.

Μεγιστοποίηση του δείγματος των βροχοπτώσεων έγινε για τον σταθμό Areka, ο οποίος είναι ο πλησιέστερος και βρίσκεται περίπου 25 km δυτικά της περιοχής των έργων, δεδομένου ότι αυτός θα χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των βροχοπτώσεων στη λεκάνη απορροής.

Ο σταθμός Areka, έχει μετρήσεις για το διάστημα 1988-1996. Η μεγιστοποίηση του δείγματος προτάθηκε να γίνει με βάση τον σταθμό Sekoru, ο οποίος έχει σχετικά μεγάλο εύρος μετρήσεων και παρουσιάζει καλό βαθμό συσχέτισης ετησίων βροχοπτώσεων με τον σταθμό Areka. Από τις συσχετίσεις των μηνιαίων βροχοπτώσεων των σταθμών Areka και Sekoru προκύπτει ότι μόνο 4 μήνες (Μάιο, Αύγουστο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο) ο συντελεστής συσχέτισης ήταν ικανοποιητικός ($r^2 > 0,45$ ή $r > 0,67$). Από τα παραπάνω προέκυψε ότι δεν μπορεί να γίνει μεγιστοποίηση του δείγματος του σταθμού Areka χρησιμοποιώντας τις μηνιαίες συσχετίσεις με τον σταθμό Sekoru και έγινε μεγιστοποίηση με βάση τις συσχετίσεις των ετήσιων τιμών, οι οποίες παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης από τις μηνιαίες.

Δεδομένου ότι δεν γίνονται μετρήσεις παροχών στους χείμαρρους Damte και Wedeba, οι απορροές της λεκάνης εκτιμήθηκαν με χρήση του απλού μοντέλου υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite, το οποίο αναμένεται να είναι αρκετά ακριβές για την περιοχή, επειδή δεν υπάρχουν υπόγειες εκφορτίσεις νερού.

Έγινε διερεύνηση ευαισθησίας του μοντέλου στον τρόπο εκτίμησης της εξατμοδιαπνοής (κατά Thornthwaite, Blaney-Griddle και Hargreaves) και στην αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους S. Οι μέσοι υπερετήσιοι συντελεστές απορροής που προκύπτουν από τα παραπάνω είναι πολύ μεγάλοι, κυμαίνονται από 49 έως 61 % και παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη ευαισθησία στην επιλογή της μεθόδου υπολογισμού της εξατμοδιαπνοής από ότι στην εκτίμηση της αποθηκευτικής ικανότητας του εδάφους.

Επλέχτηκε από την πλευρά της ασφάλειας η εκτίμηση της εξατμοδιαπνοής κατά Thornthwaite και αποθηκευτική ικανότητα εδάφους 200 mm, με βάση τα οποία προκύπτει ετήσια απορροή 793 mm και μέσος υπερετήσιος συντελεστής απορροής 49%. Η μέση ετήσια απορροή για την λιμνοδεξαμενή Damte προκύπτει $18,02 \times 10^6 \text{ m}^3$ και για την λιμνοδεξαμενή Wedeba $1,59 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Για την επιλογή των βροχών σχεδιασμού των έργων, έγινε διερεύνηση των συστάσεων και πρακτικών που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως. Εξετάστηκαν τα Αμερικανικά κριτήρια σχεδιασμού, τα κριτήρια που ακολουθούνται από τις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες καθώς και τα κριτήρια με βάση τα οποία έχουν κατασκευαστεί τα περισσότερα παρόμοια έργα παγκοσμίως.

Για την τελική επιλογή των βροχών σχεδιασμού έπρεπε:

- Να κατηγοριοποιηθεί το έργο ανάλογα με την επικινδυνότητα του. Τα υπόψη φράγματα είναι χαμηλής επικινδυνότητας δεδομένου ότι πιθανή αστοχία τους θα προκαλέσει καταστροφές μόνο σε αγροτικές κατασκευές, καλλιεργούμενη γη και πιθανόν αγροτικούς δρόμους (η διατομή του χείμαρρου κατάντη είναι πολύ πλατιά άρα και μεγάλης παροχευτικότητας).

- Να γίνει πιθανοτική ανάλυση των βροχοπτώσεων. Χρησιμοποιήθηκαν τα μέγιστα μηνιαία 24 hr ύψη βροχής του σταθμού Areka, ο μόνος με διαθέσιμα 24 hr ύψη βροχής στην ευρύτερη περιοχή, στα οποία προσαρμόστηκε η κατανομή Gumbel.
- Να υπολογιστεί η πιθανή μέγιστη βροχόπτωση. Χρησιμοποιήθηκαν τα μέγιστα μηνιαία 24 hr ύψη βροχής του σταθμού Areka, και αναλύθηκαν κατά Hersfield. Η πιθανή μέγιστη βροχόπτωση 24 hr διάρκειας στην περιοχή προέκυψε 260 mm.

Παρατηρήθηκε ότι όλα τα κριτήρια σχεδιασμού δίνουν παρεμφερή αποτελέσματα. Τελικά επιλέγεται ύψος βροχής σχεδιασμού για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) 120 mm και για τη διαστασιολόγηση των έργων ασφαλείας 100 mm

Επί των υετογραμμάτων των βροχών αυτών υπολογίστηκαν και αφαιρέθηκαν οι σχεδιαστικές απώλειες. Για τον υπολογισμό των υδρογραφημάτων εισόδου στους ταμιευτήρες έγινε σε συνθήκες κανονικών απωλειών ($CN(II)=70$) και μέγιστων απωλειών ($CN(III)=85$). Επίσης εξετάστηκε η ευαισθησία τους στην κατανομή της βροχόπτωσης. Εξετάστηκαν οι κατανομές Huff και η κατανομή που προτείνεται από την SCS. Οι κατανομές Huff δίνουν παρεμφερή υδρογραφήματα, ενώ η κατανομή της SCS δίνει υδρογράφημα εισόδου με απομειωμένη αιχμή κατά περίπου 20%. Επιλέχτηκε από την μεριά της ασφάλειας (μέγιστη αιχμή υδρογραφήματος) η κατανομή Huff 3^{ου} τετάρτου με επίτεδο πιθανότητας 50%.

Για συνθήκες μέγιστων απωλειών για το υδρογράφημα εισόδου στον ταμιευτήρα Damte για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) εκτιμήθηκε συνολικός όγκος 1.830.000 m³ και αιχμή 142 m³/s ενώ τα αντίστοιχα μεγέθη για τη διαστασιολόγηση των έργων ασφαλείας είναι όγκος 1.410.000 m³ και αιχμή 110 m³/s.

Για τον ταμιευτήρα Wedeba και για συνθήκες μέγιστων απωλειών για το υδρογράφημα εισόδου για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) εκτιμήθηκε συνολικός όγκος 155.000 m³ και αιχμή 20 m³/s ενώ τα αντίστοιχα μεγέθη για τη διαστασιολόγηση των έργων ασφαλείας είναι όγκος 119.000 m³ και αιχμή 15 m³/s.

Η βροχόπτωση για την οποία προτείνεται ο καθορισμός της ΑΣΥ (120 mm) αντιστοιχεί σε βροχή και παραγόμενη πλημμύρα περιόδου επαναφοράς περίπου 800 έτη. Η διακινδύνευση (υδρολογική διακινδύνευση) που προκύπτει από μια τέτοια επιλογή είναι 2,5 % για 20 έτη και 6,1% για 50 έτη.

Στο τέλος της εργασίας προσεγγίζονται το είδος των έργων. Στηριζόμενοι και στην παγκόσμια εμπειρία από παρόμοιου τύπου έργα και λαμβάνοντας υπόψη τις αναμενόμενες συνθήκες στην θεμελίωση και το είδος και ποσότητα των διαθέσιμων υλικών, προτείνεται ομογενές ανάχωμα με στραγγιστήριο στο κατάντη πρηνές του. Επίσης εξετάζεται το είδος και η θέση του υπερχειλιστή. Η επιλογή της θέσης του υπερχειλιστή εξαρτάται από την ποσότητα και ποιότητα των διαθέσιμων υλικών στην περιοχή (αυξημένη ανάγκη για λιθορριπή κατά την τοποθέτηση του υπερχειλιστή πάνω στο ανάχωμα του φράγματος) αλλά και την εξασφάλιση καλής ποιότητας κατασκευής, δεδομένου ότι πιθανή αστοχία του υπερχειλιστή πιθανόν να οδηγήσει σε ολική καταστροφή του έργου.

5.2 Συγκεντρωτικά συμπεράσματα

- ♦ Η Αιθιοπία από διεθνείς μελέτες κατατάσσεται στις χώρες όπου συναντούν και θα συναντήσουν «οικονομική έλλειψη νερού». Έχει εν δυνάμει αρκετό νερό για να αντιμετωπίσει τις απαιτήσεις του 2025 αλλά θα πρέπει να υπερδιπλασιάσει τις προσπάθειές για την προμήθεια του νερού
- ♦ Το έδαφός της είναι γόνιμο, αλλά παρουσιάζει έντονη διάβρωση, η οποία οφείλεται στην αποψίλωση της περιοχής, τον έντονο χαρακτήρα των βροχοπτώσεων και το είδος του εδαφικού υλικού.
- ♦ Η ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή των έργων κυμαίνεται από 1600 έως 2100 mm περίπου και δεν υπάρχουν σημαντικές αυξομειώσεις στην θερμοκρασία (μέση μηνιαία θερμοκρασία 19°C περίπου).
- ♦ Παρότι οι υδρολογικές και οι γεολογικές συνθήκες το επιτρέπουν (το εδαφικό κάλυμα αποτελείται από συνεκτικό υλικό), τα έργα αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού είναι λίγα και τα περισσότερα από αυτά έχουν αστοχίσει.
- ♦ Μεγάλη αβεβαιότητα στον σχεδιασμό των έργων προκύπτει από την ποιότητα των υδρολογικών στοιχείων και την χρονική διάρκεια των μετρήσεων (οι περισσότεροι μετεωρολογικοί σταθμοί στην περιοχή είναι πρόσφατοι). Οι μετρήσεις μόνο ημερήσιων βροχοπτώσεων και θερμοκρασιών, για τις οποίες δεν υπάρχουν οι πλήρεις χρονολογικές σειρές, δημιουργούν προβλήματα στην δημιουργία μοντέλου βροχής-απορροής καθώς και στην εκτίμηση των πλημμυρικών παροχών.
- ♦ Οι εκτιμήσεις των μηνιαίων απορροών με το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite έδωσαν μέσους υπερετήσιους συντελεστές απορροής 49-61%, ανάλογα με τον τρόπο υπολογισμού της δυνητικής εξατμοδιαπνοής και την μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους.
- ♦ Για την επιλογή των βροχών σχεδιασμού των έργων, έγινε διερεύνηση των συστάσεων και πρακτικών που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως. Παρατηρήθηκε ότι όλα τα κριτήρια σχεδιασμού δίνουν παρεμφερή αποτελέσματα.

Το ύψος βροχής σχεδιασμού για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) εκτιμήθηκε 120 mm και για τη διαστασιολόγηση των έργων ασφαλείας 100 mm.

- ♦ Οι πλημμύρες που προκύπτουν για συνθήκες μέγιστων απωλειών είναι:
 - στον ταμιευτήρα Damte, υδρογράφημα εισόδου για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) συνολικού όγκου 1.830.000 m³ και αιχμής 142 m³/s ενώ τα αντίστοιχα μεγέθη για τη διαστασιολόγηση των έργων ασφαλείας είναι όγκος 1.410.000 m³ και αιχμή 110 m³/s.
 - στον ταμιευτήρα Wedeba, υδρογράφημα εισόδου για τον καθορισμό της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (έλεγχος ασφάλειας φράγματος) συνολικού όγκου 155.000 m³ και αιχμής 20 m³/s ενώ τα αντίστοιχα μεγέθη για τη

διαστασιολόγηση των έργων ασφαλείας είναι όγκος 119.000 m³ και αιχμή 15 m³/s.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Κουτσογιάννης Δ. και Ξανθόπουλος Θ., “Τεχνική Υδρολογία”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων, Αθήνα 1999.
- Κουτσογιάννης Δ., σημειώσεις μαθήματος Υδρομετεωρολογίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων, Αθήνα 1999.
- Μιμίκου Μ., “Τεχνολογία Υδατικών Πόρων”, Αθήνα, 1994.
- Τσακίρης Γ., “Υδατικοί πόροι, Ι. Τεχνική Υδρολογία”, Αθήνα, 1995.
- Adams, W.M. 1992. Wasting the rain. Earthscan Publications, London, UK.
- Berga L., “New trends in design flood assessment” International Symposium on Dams and Extreme floods of the International Commission on Large Dams ((ICOLD), Tomo III : 85-112, Granada 1992.
- Berga L., “Dam Safety”, Proceedings of the International Symposium on new trends and guidelines on dam safety, (ICOLD), Volume I pp 160-161,138 , Volume II pp 1102, Barcelona, Spain, 1998.
- Brutsaert W., “Evaporation into the Atmosphere”, Reidel, Dordrechk, 1982, όπως αναφέρεται στο βιβλίο των Κουτσογιάννης Δ. και Ξανθόπουλος Θ., “Τεχνική Υδρολογία”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων, Αθήνα 1999.
- CGIAR, International Water Management Institute, ερευνητικό κέντρο του Consultative Group on Agricultural Research, International Journal of Water Resources Development, «Έλλειψη νερού κατά τον 21ο αιώνα», Μάρτιος 1999.
- Co-SAERSAR, Commision for Sustainable Agriculture and Environmental Rehabilitation in Southern Administrative Region, Study and Design Department, “Feasibility study report on Damte and Wedeba Pont at semen Omo Zone Damote Gale woreda”, Awassa, Nov 2000.
- EELPW, Gilgel Hydroelectric project , Hydrological report, Electroconsult , Ministry of Mines and Energy-Ethiopian Electric Light and Power Authority(ENEL), Jan 1996.
- FAO, “Population and Warer Resources”, Έκθεση του United Nations Population Division, τμήμα Economic and Social Information and Policy Analysis σε συνεργασία με το United Nations Food Agriculture Organization, Σεπτέμβριος 1994.
- FAO, Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56, Rome 1998.
- FAO, 1987, όπως αυτό αναφέρεται στο “Water resource development in Ethiopia: Issues of Sustainability and Participation”, Rahmato Dessalegn , Forum for Social Studies, Addis Ababa, June 1999.
- Gamachu Daniel, “Aspects of Climate and Water Budget in Ethiopia, A Technical Monograph published for Addis Ababa University, Addis Ababa University Press, 1997.
- Gebeyehu Admasu, Regional Flood Frequency Analysis, Bulletin No. TRITA-VBI-148, Stockholm 1989.
- Glantz M. H., «Running on Empty», The Sciences, Νοέμβριος/Δεκέμβριος 1990.

- Gumbel, 1950, όπως αναφέρεται στο “Τεχνική Υδρολογία”, Κουτσογιάννης Δ. και Ξανθόπουλος Θ., Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων, Αθήνα 1999.
- Hershfield D.M, “Estimating the Probable Maximum Precipitation”, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Hydraulics Division, Vol. 87, No. HY5, September 1961.
- ICOLD, «Large dams less than thirty meters high. Cost savings and Safety Improvement», 1997.
- IFAD, 1987, όπως αυτό αναφέρεται στο “Water resource development in Ethiopia: Issues of Sustainability and Participation”, Rahmato Dessalegn , Forum for Social Studies, Addis Ababa, June 1999.
- Linsley K. Ray, Kohler A. Max, Paulhus A. Joseph, Hydrology for Engineers, McGraw-Hill Book Company, 1988
- ONCCP, 1990, όπως αυτό αναφέρεται στο “Water resource development in Ethiopia: Issues of Sustainability and Participation”, Rahmato Dessalegn , Forum for Social Studies, Addis Ababa, June 1999.
- Postel Sandra, “Troubled waters”, The Sciences, Μάρτιος/Απρίλιος 2000.
- Rahmato Dessalegn, “Water resource development in Ethiopia: Issues of Sustainability and Participation”, Forum for Social Studies, Addis Ababa, June 1999.
- SCS-TR 60, Soil Conservation Service, Technical Release No. 60 «Earth Dams and Reservoirs», 1985
- SCS-TR 149, Soil Conservation Service, Technical Release No.149, “A Method for Estimating Volume and Rate of runoff in small watersheds”, N.T.Kent, Chief, Hydrology Branch.
- Sherard J., “Embankment dams. J.Sherard contributions”, Geotechnical special publications (GSP)-No 32, ASCE.
- Soulis George, Maria Toubektsi and Tzevelekis George, “Water balance of Basins in Central Greece: Comparison with other Circum - Mediterranean Basins and Validity of Empirical Methods”, Environ. Geol. Water Sci, Vol. 18, No.2, page 85-94, 1991.
- Stiles Geoffrey , “Demand-side Management, Conservation and Efficiency in the use of Africas Water Pesources”, June 1996
- Thornthwaite, C.W., “An approach towards a rational classification of climate”, Geographical Rev., 38, 55-94, 1948.
- USBR, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, "Freeboard criteria and guidelines for computing freeboard and allowances for storage dams", ACER Technical Memorandum No 2, 1981.
- USBR, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, «Design of Small Dams», 3rd Edition, 1987.
- USDA-SCS, U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Washington DC, 1985
- USDA-SCS, U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Urban Hydrology for Small Watersheds, TR-55, Washington DC, 1986
- Wallielista M., Hydrology and Water Quality Control, John Wiley and sons Inc., 1990

WCD, “Dams and Development, a new framework for decision making”, έκθεση της Διεθνούς Επιτροπής Φραγμάτων, Earthscan Publications Ltd, Νοέμβριος 2000.

World Bank, 1996, όπως αυτό αναφέρεται στο “Water resource development in Ethiopia: Issues of Sustainability and Participation”, Rahmato Dessalegn , Forum for Social Studies, Addis Ababa, June 1999.

WRC, 1993, όπως αυτό αναφέρεται στο “Water resource development in Ethiopia: Issues of Sustainability and Participation”, Rahmato Dessalegn , Forum for Social Studies, Addis Ababa, June 1999.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΜΕΡΟΣ Α

Πίνακες

Πίνακας ΠΑ.1

Μέσες Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :

Areka

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1988	98	25	57	193	104	109	350	237	241	245	35	5	1.697
1989	37	91	64	184	94	145	219	191	142	145	10	138	1.459
1990	97	186	112	118	193	130	202	134	177	27	23	92	1.490
1991	156	91	121	15	219	161	156	209	234	10	35	38	1.445
1992	120	100	47	313	191	68	174	332	205	189	99	29	1.866
1993	136	204	43	284	310	94	268	186	118	94	9	10	1.754
1994	79	4	138	193	274	113	219	274	114	7	22	4	1.439
1995	52	61	79	322	156	124	214	193	204	125	21	5	1.556
1996	97	23	229	299	219	295	261	203	191	11	64	40	1.933
M.O.	97	87	99	213	196	138	229	218	180	95	35	40	
%	6%	5%	6%	13%	12%	8%	14%	13%	11%	6%	2%	2%	100%

Παρατήρηση: Στις θέσεις με τις αναγραφές 40 δεν υπήρχαν μετρημένες τιμές και τοποθετήθηκαν οι μέσοι όροι του κάθε μήνα.

Πίνακας ΠΑ.2

Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :

Abelti

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1986			18	39	70	214	131	62	95	36	3	4	
1987	4	74	126	75	171	97	170	133	61	14	16	2	943
1988	31	103	13	20	77	199	261	221	142	100	0	0	1.167
1989	17	35	98	148	45	151	229	227	99	72	1	49	1.171
1990	1	57	158	115	42	173	207	266	133	7	12	5	1.176
1991	14	68	42	42	140	106	263	278	103	13	0	20	1.089
1992	61	65	67	73	123	203	230	367	249	117	10	4	1.569
M.O.	21	67	75	73	95	163	213	222	126	51	6	12	
%	2%	6%	7%	7%	8%	15%	19%	20%	11%	5%	1%	1%	100%

Πίνακας ΠΑ.3

Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :

Asendabo

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1981	5	5	168	32		177	179	201	104	39	19	14	
1982	20	48	69	80	69	124	116	172			37	16	
1983	2	53	118	83	156	102	146	197	118	32	25	3	1.035
1984													
1985	10	39	57	145	145	87	236	171	78	42	14	5	1.029
1986	7	73	95	72	135	201	186	218	106	34	4	27	1.158
1987	22	83	124	395	181	210	147	168	55	75	0	9	1.469
1988	27	74	35	72	68	206	225	232	264	79	0	0	1.282
1989	25	78	131	102	113	109	198	235	75	109	5	110	1.290
1990	20	90	98	118	64	229	194	222	109	9		24	
1991	1	54	89	25	152	215							
1992	19	29	99	54		224	162	347	106	66			
M.O.	14	57	98	107	120	171	179	216	113	54	13	23	
%	1%	5%	8%	9%	10%	15%	15%	19%	10%	5%	1%	2%	100%

Πίνακας ΠΑ.4**Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Athago**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1980	11	18	121	252	311	143	214	232	113	95	28	0	1.538
1981	43	201	108	171	47	103	284	219	119	77	8	0	1.380
1982	39	62	103	48	362	389	603	631	523	214	65	14	3.053
1983							229	251	319	150	100	0	
Μ.Ο	31	94	111	157	240	212	333	333	269	134	50	4	
%	2%	5%	6%	8%	12%	11%	17%	17%	14%	7%	3%	0%	100%

Πίνακας ΠΑ.5**Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Bedo**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1981		0	206		162	146	152						
1982	45	32	61	57	143	99	197	233	70	178	72		
1983	25	30	325	261	299	294	249	368	310	322	79	15	2.577
Μ.Ο	35	21	197	159	201	180	199	301	190	250	76	15	
%	2%	1%	11%	9%	11%	10%	11%	16%	10%	14%	4%	1%	100%

Πίνακας ΠΑ.6**Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Bodu**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1980			0	0	0	241	296	107	174			17	
1981	28		146	63	322	354			263			113	
1982	133	40	137		0	271	295	242	195	161	107	16	
1983						230	215	311	311	227	138	0	
Μ.Ο	81	40	94	32	107	274	269	220	236	194	123	37	
%	5%	2%	6%	2%	6%	16%	16%	13%	14%	11%	7%	2%	100%

Πίνακας ΠΑ.7**Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Jima**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1980	23	42	100	301	108	189	96	180	141	109	27	28	1.344
1981	1	7	136	62	252	114	193	250	164	31	127	1	1.338
1982	105	43	61	136	211	223	141	195	157	94	212	37	1.615
1983	20	40	97	161	228	166	174	229	299	141	54	7	1.616
1984	24	11	32	83	191	183	211	166	187	12	138	50	1.288
1985	25	20	77	147	203	136	268	168	128	63	50	12	1.297
1986	0	48	82	115	151	256	233	134	163	89	14	47	1.332
1987	26	89	157	60	188	204	186	180	136	116	46	51	1.439
1988	81	59	31	87	182	165	185	294	292	172	2	0	1.550
1989	28	47	138	179	102	179	232	213	204	107	28	170	1.627
1990	25	46	133	56	194	320	207	280	245	23	93	19	1.641
1991	79	81	62	169	110	223	200	246	140	51	8	78	1.447
1992	28	56	56	162	144	287	212	344	175	180	70	36	1.750
1993	79	81	110	237	237								
Μ.Ο	39	48	91	140	179	203	195	221	187	91	67	41	
%	3%	3%	6%	9%	12%	14%	13%	15%	12%	6%	4%	3%	100%

Πίνακας ΠΑ.8**Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Limu Genet**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1980		27	91	231	203	165	331	208	209	147	57	3	
1981	5		47	123	84	139	235						
1982	11	72	234	136	221	270	365	255	240	333	78	6	2.221
1983		66	181	76	328	186	189	166	91	54	105	0	1.442
Μ.Ο	8	55	138	142	209	190	280	210	180	178	80	3	
%	0%	3%	8%	8%	12%	11%	17%	13%	11%	11%	5%	0%	100%

Πίνακας ΠΑ.9**Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Meteso**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1980	0	171	194	208	157	402	389	413	190	70	42	5	2.241
1981	16	80	582	268	288	183	320	285	353	82	50	36	2.543
1982	129	71	84	193	260	336	701	781	171	171	126	33	3.056
1983	43	68	279	149	372	291	340	375	122	250	142	7	2.438
Μ.Ο	47	98	285	205	269	303	438	464	209	143	90	20	
%	2%	4%	11%	8%	10%	12%	17%	18%	8%	6%	4%	1%	100%

Πίνακας ΠΑ.10**Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Sekoru**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1980			103	167		239	179	198	111	47	15		
1981		58		116	50	138	269	308	230	5	12	23	
1982	37	40	95	36	183	214	148	206	103	124	70	33	1.289
1983	30		82	105	279	259	160	299	230	103	61		
1984	3	7	19	15	301	412	270	213	180	13	14	21	1.468
1985	29	2	24	136	164	145	251	341	44	37	8	6	1.187
1986	6	72	85	79	177	399	220	192	261	44	0	48	1.583
1987	44	41	59	114	123	229	170	271	193	70	1	36	1.351
1988	20	73	52	100	93	184	276	272	252	130	14	0	1.466
1989	93	35	150	137	62	185	241	257	125	65	42	75	1.467
1990	1	106	68	103	105	272	245	232	168	13	6	3	1.322
1991	21	71	134	64	115	228	290	232	94	18	2	16	1.285
1992	78	89	42	94	148	265	257	313	141	90		14	1.531
1993	14	106	57										
Μ.Ο	31	58	75	97	150	244	229	256	164	58	20	25	
%	2%	4%	5%	7%	11%	17%	16%	18%	12%	4%	1%	2%	100%

Πίνακας ΠΑ.11**Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Shebe**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1980			159	202	190	192					72	11	
1981		18	86	62	214	149	221	197	219	106	65		
1982	76	67	101	155	283	127	217	198	139	153	212	54	1.782
1983	11	38	68	136	224	178	189	191	276	231	91	20	1.653
Μ.Ο	44	41	104	139	228	162	209	195	211	163	110	28	
%	3%	3%	6%	8%	14%	10%	13%	12%	13%	10%	7%	2%	100%

Πίνακας ΠΑ.12**Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Welkite**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1980	22	29	53	100	72	154	156	173	84	35	7	0	885
1981	0	0	116	62	100	68	391	223	79	15	2	1	1.057
1982	57	40	54	86	81	116	225	200	121	122	80	11	1.193
1983	7	51	104	66	134	158	188	367	358	94	16	4	1.547
Μ.Ο	22	30	82	79	97	124	240	241	161	67	26	4	
%	2%	3%	7%	7%	8%	11%	21%	21%	14%	6%	2%	0%	100%

Πίνακας ΠΑ.13**Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Woliso**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1980	0	62	71	90	131	95	346	254	133	20	0	0	1.202
1981	0	0	264	95	32	83	302	353	304	29	0	0	1.462
1982	14	7	54	234	122	62	386	217	122	55	45		
1983	7	8	132	108	205	163	217	357	297	43	19	10	1.566
Μ.Ο	5	19	130	132	123	101	313	295	214	37	16	3	
%	0%	1%	9%	9%	9%	7%	23%	21%	15%	3%	1%	0%	100%

Πίνακας ΠΑ.14**Μέσες Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Hosaina**

	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
Μ.Ο	24	32	93	153	112	130	163	188	155	83	20	26	1.179
%	2%	3%	8%	13%	9%	11%	14%	16%	13%	7%	2%	2%	100%

Πίνακας ΠΑ.15**Μέσες Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm) σταθμού :****Awassa**

	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
Μ.Ο	24	44	62	84	116	91	131	140	128	78	28	14	940
%	3%	5%	7%	9%	12%	10%	14%	15%	14%	8%	3%	1%	100%

Πίνακας ΠΑ.16

Ετήσιες βροχοπτώσεις (σε mm)

α/α	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ΣΤΑΘΜΟΣ	AREKA	ABELTI	ASENDAB O	ATHAGO	BEDO	BOBU	JIMA	KUMBI	LIMU GENET	METESO	NONNO	SEKORU	SHEBE	WELKITIE	WOLISO
1953							1.138								
1954															
1955							1.540								
1956							1.427								
1957							1.446								
1958							1.609								
1959							1.559								
1960															
1961															
1962															
1963							2.078								
1964							1.628								
1965							1.358								
1966							1.335								
1967							1.781								1.324
1968							1.409								879
1969			1.240	1.559	1.530	1.460	1.287	1.119	1.503		1.002	1.333			1.360
1970			1.360	1.855	1.300	1.827	1.606	1.559	1.945		1.378	1.536		1.274	1.390
1971			1.290	2.110	1.390	1.690	1.474	1.284	2.291		1.443	1.410		1.036	1.256
1972			1.181	1.758	1.693	1.710	1.394	1.302	3.283	1.620	915	1.267	1.804	1.007	1.148
1973			1.315	1.806	1.556	1.705	1.293	1.400	3.630	2.236	1.108	1.458	1.403	1.285	1.378
1974			1.383	2.962	1.377	1.928		1.252	2.842	1.898		1.404	1.551	1.110	1.500
1975			1.183	3.070	1.372	1.621	1.379	1.277	2.901	1.388		1.372	1.470	1.128	1.286
1976			1.309	2.907	1.199	1.810	1.625	1.344	2.709	2.489		1.317	1.617	1.041	1.164
1977			1.215	2.689	1.422	2.089	1.564	1.622	2.080	2.662		1.484	1.696		
1978			1.371		1.659	1.863	1.413	1.483	2.872	1.661		1.547	1.809		
1979			1.055		1.547	1.443	1.207	1.326		1.370		1.510	1.419		
1980				1.538			1.344			2.241				885	1.202
1981				1.380			1.338			2.543				1.057	1.462
1982				3.053			1.615	2.221	2.221	3.056		1.289	1.782	1.193	
1983			1.035		2.577		1.616		1.442	2.438			1.653	1.547	1.566
1984							1.288					1.468			
1985			1.029				1.297					1.187			
1986			1.158				1.332					1.583			
1987		943	1.469				1.439					1.351			
1988	1.697	1.167	1.282				1.550					1.466			
1989	1.459	1.171	1.290				1.627					1.467			
1990	1.490	1.176					1.641					1.322			
1991	1.445	1.089					1.447					1.285			
1992	1.866	1.569					1.750					1.531			
1993	1.754														
1994	1.439														
1995	1.556														
1996	1.933														
M.O	1.627	1.186	1.245	2.224	1.552	1.741	1.481	1.432	2.477	2.134	1.169	1.409	1.620	1.142	1.301

Πίνακας ΠΑ.17.1**Μέσες Μηνιαίες βροχοπτώσεις (σε mm)**

Σταθμός	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.
Areka	97	87	99	213	196	138	229	218	180	95	35	40
Abelti	21	67	75	73	95	163	213	222	126	51	6	12
Asendabo	14	57	98	107	120	171	179	216	113	54	13	23
Athago	31	94	111	157	240	212	333	333	269	134	50	4
Bedo	35	21	197	159	201	180	199	301	190	250	76	15
Bodu	81	40	94	32	107	274	269	220	236	194	123	37
Jima	39	48	91	140	179	203	195	221	187	91	67	41
Limu Gene	8	55	138	142	209	190	280	210	180	178	80	3
Meteso	47	98	285	205	269	303	438	464	209	143	90	20
Sekoru	31	58	75	97	150	244	229	256	164	58	20	25
Shebe	44	41	104	139	228	162	209	195	211	163	110	28
Welkitie	22	30	82	79	97	124	240	241	161	67	26	4
Woliso	5	19	130	132	123	101	313	295	214	37	16	3
Hosaina	24	32	93	153	112	130	163	188	155	83	20	26
Awassa	24	44	62	84	116	91	131	140	128	78	28	14
M.O	35	53	116	127	163	179	241	248	182	112	51	20
%	2%	3%	8%	8%	11%	12%	16%	16%	12%	7%	3%	1%
56%												

Πίνακας ΠΑ.17.2**Μέσες Μηνιαίες βροχοπτώσεις (% του ετήσιου ύψους βροχής)**

Σταθμός	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.
Areka	6%	5%	6%	13%	12%	8%	14%	13%	11%	6%	2%	2%
Abelti	2%	6%	7%	7%	8%	15%	19%	20%	11%	5%	1%	1%
Asendabo	1%	5%	8%	9%	10%	15%	15%	19%	10%	5%	1%	2%
Athago	2%	5%	6%	8%	12%	11%	17%	17%	14%	7%	3%	0%
Bedo	2%	1%	11%	9%	11%	10%	11%	16%	10%	14%	4%	1%
Bodu	5%	2%	6%	2%	6%	16%	16%	13%	14%	11%	7%	2%
Jima	3%	3%	6%	9%	12%	14%	13%	15%	12%	6%	4%	3%
Limu Gene	0%	3%	8%	8%	12%	11%	17%	13%	11%	11%	5%	0%
Meteso	2%	4%	11%	8%	10%	12%	17%	18%	8%	6%	4%	1%
Sekoru	2%	4%	5%	7%	11%	17%	16%	18%	12%	4%	1%	2%
Shebe	3%	3%	6%	8%	14%	10%	13%	12%	13%	10%	7%	2%
Welkitie	2%	3%	7%	7%	8%	11%	21%	21%	14%	6%	2%	0%
Woliso	0%	1%	9%	9%	9%	7%	23%	21%	15%	3%	1%	0%
Hosaina	2%	3%	8%	13%	9%	11%	14%	16%	13%	7%	2%	2%
Awassa	3%	5%	7%	9%	12%	10%	14%	15%	14%	8%	3%	1%
M.O	2%	4%	7%	8%	11%	12%	16%	16%	12%	7%	3%	1%
Max	5%	6%	11%	13%	14%	17%	23%	21%	15%	14%	7%	3%
Min	0%	1%	5%	2%	6%	7%	11%	12%	8%	3%	1%	0%

Πίνακας ΠΑ.18**Μέσες Μηνιαίες βροχοπτώσεις στην λεκάνη απορροής (σε mm)**

Χρόνος	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσιο
1988	98	25	57	193	104	109	350	237	241	245	35	5	1.697
1989	37	91	64	184	94	145	219	191	142	145	10	138	1.459
1990	97	186	112	118	193	130	202	134	177	27	23	92	1.490
1991	156	91	121	15	219	161	156	209	234	10	35	38	1.445
1992	120	100	47	313	191	68	174	332	205	189	99	29	1.866
1993	136	204	43	284	310	94	268	186	118	94	9	10	1.754
1994	79	4	138	193	274	113	219	274	114	7	22	4	1.439
1995	52	61	79	322	156	124	214	193	204	125	21	5	1.556
1996	97	23	229	299	219	295	261	203	191	11	64	40	1.933
M.O.	97	87	99	213	196	138	229	218	180	95	35	40	1.627
%	6%	5%	6%	13%	12%	8%	14%	13%	11%	6%	2%	2%	100%
Max	156	204	229	322	310	295	350	332	241	245	99	138	1933
Min	37	4	43	15	94	68	156	134	114	7	9	4	1439

Πίνακας ΠΑ.19**Μέγιστες ημερήσιες βροχοπτώσεις (mm). Σταθμός :Areka**

	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	max
1970											16,0	11,2	
1971	2,0	16,25	21,5	40,5	52,7	31,0	37,0	50,3	26,2	5,5	18,8	0,0	52,7
1972	3,8	2,2	0,0	30,5	34,0	22,3	39,5	47,5	43,0	27,0	0,0	33,2	47,5
1973	3,2												
1974	3,0	14,1	28,6	13,0	51,0	30,3	53,0	72,0	48,0	11,6	40,4	8,0	72,0
1975	5,0	25,5	21,0	31,5	32,0	47,0	47,0	22,2	30,0	87,0	46,0	4,0	87,0
1976	0,0	23,7		10,0	25,5	53,3	26,7	46,5	24,7	55,4	2,6	33,8	55,4
1977	4,0	60,0	30,2	28,9	47,4	46,8	36,9	31,0	48,0	20,0	9,0	8,5	60,0
1978	0,0	12,0		72,0	48,5	57,0	33,0	32,0	28,0	23,0	17,0	0,0	72,0
1979													
1980													
1981	0,0	23,5	23,5	25,0	34,5	20,4	34,5	65,3	27,0	36,2	17,8	21,0	65,3
1982	0,0	0,0	9,0	27,0	43,5	25,0	20,0	43,5	32,5				43,5
1983			20,0	34,4	47,1	15,1	25,5	30,6	46,8	35,4	1,5	0,0	47,1
1984	8,0	20,2	38,8	35,7	22,3	25,7	56,0	50,0	26,2	45,2		2,1	56,0
1985	4,0	42,5	26,5	41,2	18,3		36,5	32,0	17,4	44,5	2,6	42,0	44,5
1986	4,0	46,5	26,4	53,3	48,8	23,8	55,0	27,0		20,7	12,6	28,6	55,0
1987	3,0		24,0	30,5	55,2	29,7	37,3		37,5	6,7	0,0	11,3	55,2
1988	0,0	18,2	15,2	37,4	43,6	11,8	30,8	48,0	35,2	60,0	28,0	17,3	60,0
1989	6,0	65,1	12,0	35,0	37,0	29,0	35,4	24,6	15,7	16,0	7,7		65,1
1990	6,0	5,4	25,5	38,9	41,2	39,5	40,5	60,0	22,4	2,2	17,2	2,1	60,0
1991	0,0	34,4	19,0	35,8	29,5	46,6	37,0	39,7	62,7	52,8	21,2	20,1	62,7
1992	3,0	8,8	34,6	49,6	56,4	49,0	53,1	38,9	45,5	5,5	47,2	4,1	56,4
1993	3,0	0,0	31,5	60,7	44,9	48,2	9,3	52,6	53,3	51,3			60,7
M.O	2,9	23,2	22,6	36,5	40,7	34,3	37,2	42,8	35,3	31,9	17,9	13,7	58,9
Max	8,0	65,1	38,8	72,0	56,4	57,0	56,0	72,0	62,7	87,0	47,2	42,0	87,0
Min	0,0	0,0	9,0	10,0	18,3	11,8	9,3	22,2	15,7	2,2	0,0	0,0	43,5

Πίνακας ΠΑ.20**Μέσες μηνιαίες ελάχιστες θερμοκρασίες (° C) σταθμών Jima, Asendabo, Sekoru**

Σταθμός	Jima	Asendabo	SeKoru
Ιαν.	7,8	8,9	12,3
Φεβρ.	10,2	11,5	13,6
Μάρτ.	11,1	12,7	14,4
Απρ.	13,2	13,8	14,9
Μάιος	13,2	13,6	14,6
Ιουν.	13,3	13,5	14,1
Ιουλ.	13,2	12,9	13,2
Αυγ.	13,2	12,5	13,5
Σεπτ.	12,9	12,6	13,4
Οκτ.	10,7	10,5	12,8
Νοεμ.	8,3	8,4	12,3
Δεκ.	7,3	8,5	12,8
Μ.Ο.	11,2	11,6	13,5

Πίνακας ΠΑ.21**Μέσες μηνιαίες μέγιστες θερμοκρασίες (° C) σταθμών Jima, Asendabo, Sekoru**

Σταθμός	Jima	Asendabo	SeKoru
Ιαν.	26,5	29,1	27,4
Φεβρ.	26,4	28,2	27,6
Μάρτ.	27,3	29,0	28,4
Απρ.	27,0	28,2	27,4
Μάιος	26,1	27,6	26,8
Ιουν.	25,7	25,9	24,3
Ιουλ.	24,3	24,1	22,8
Αυγ.	24,8	24,1	23,3
Σεπτ.	25,6	25,1	23,8
Οκτ.	26,7	26,7	26,0
Νοεμ.	27,5	28,4	27,3
Δεκ.	27,7	28,9	27,4
Μ.Ο.	26,3	27,1	26,0

Πίνακας ΠΑ.22**Υπολογισμός μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών (° C) σταθμών Jima, Asendabo, Sekoru**

Σταθμός	Jima	Asendabo	SeKoru
Ιαν.	17,2	19,0	19,9
Φεβρ.	18,3	19,9	20,6
Μάρτ.	19,2	20,9	21,4
Απρ.	20,1	21,0	21,2
Μάιος	19,7	20,6	20,7
Ιουν.	19,5	19,7	19,2
Ιουλ.	18,8	18,5	18,0
Αυγ.	19,0	18,3	18,4
Σεπτ.	19,3	18,9	18,6
Οκτ.	18,7	18,6	19,4
Νοεμ.	17,9	18,4	19,8
Δεκ.	17,5	18,7	20,1
Μ.Ο.	18,8	19,4	19,8

Πίνακας ΠΑ.23

Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες σταθμού Addis Ababa (° C)

Ιαν.	16,1
Φεβρ.	17,1
Μάρτ.	18,1
Απρ.	18,0
Μάιος	18,4
Ιουν.	16,9
Ιουλ.	15,4
Αυγ.	15,3
Σεπτ.	16,0
Οκτ.	16,0
Νοεμ.	15,7
Δεκ.	15,7
Μ.Ο.	16,6

Πίνακας ΠΑ.24

Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες (° C) στην λεκάνη απορροής και στην θέση του φράγμα

	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση
Ιαν.	12,3	27,4	19,9
Φεβρ.	13,6	27,6	20,6
Μάρτ.	14,4	28,4	21,4
Απρ.	14,9	27,4	21,2
Μάιος	14,6	26,8	20,7
Ιουν.	14,1	24,3	19,2
Ιουλ.	13,2	22,8	18,0
Αυγ.	13,5	23,3	18,4
Σεπτ.	13,4	23,8	18,6
Οκτ.	12,8	26,0	19,4
Νοεμ.	12,3	27,3	19,8
Δεκ.	12,8	27,4	20,1
Μ.Ο.	13,5	26,0	19,8

Υπολογισμός δυνητικής εξατμοδιαπνοής κατά THORNWAITE

Δεδομένα

Γεωγραφικό πλάτος :

$$\varphi = 7,05^\circ$$

Ετήσιος θερμικός δείκτης I : 95,0

Εκθέτης εξίσωσης $\alpha = 2,02$

	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)	19,9	20,6	21,4	21,2	20,7	19,2	18,0	18,4	18,6	19,4	19,8	20,1	19,8
Θερμικός δείκτης μήνα ij	8,0	8,4	8,9	8,8	8,5	7,6	6,9	7,1	7,2	7,7	7,9	8,1	
Αριθμός ημερών μήνα	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Μέση αστρον. διάρκεια ημέρας N (hr)	11,7	11,8	12,0	12,2	12,4	12,4	12,4	12,3	12,0	11,9	11,7	11,6	
Δυνητική εξατμοδιαπνοή (mm)	71,1	69,8	84,9	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	68,5	72,6	856,3

Πίνακας ΠΑ25.2

Υπολογισμός δυνητικής εξατμοδιαπνοής κατά HARGREAVES

Δεδομένα

Γεωγραφικό πλάτος : $\varphi = 7,05^\circ$

Φυτικός συντελεστής: $kc = 0,40$

	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία (°C)	27,4	27,6	28,4	27,4	26,8	24,3	22,8	23,3	23,8	26,0	27,3	27,4	26,0
Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία (°C)	12,3	13,6	14,4	14,9	14,6	14,1	13,2	13,5	13,4	12,8	12,3	12,8	13,5
Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)	19,9	20,6	21,4	21,2	20,7	19,2	18,0	18,4	18,6	19,4	19,8	20,1	19,8
Εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία $\text{kJ/m}^2 \text{ ημ}$	33.289	35.400	37.260	37.695	36.841	36.051	36.224	37.083	37.266	35.892	33.752	32.540	
Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης (KJ/kg)	2.454	2.452	2.450	2.451	2.452	2.456	2.459	2.458	2.457	2.455	2.454	2.454	
Ημέρες του μήνα	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Δυνητική εξατμοδιαπνοή (mm)	56,6	53,4	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	55,3	54,8	648,5

Πίνακας ΠΑ25.3

Υπολογισμός δυνητικής εξατμοδιαπνοής κατά BLANEY-GRIDDLE

Δεδομένα

Γεωγραφικό πλάτος : $\varphi = 7,05^\circ$

Φυτικός συντελεστής: $kc = 0,40$

	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)	19,9	20,6	21,4	21,2	20,7	19,2	18,0	18,4	18,6	19,4	19,8	20,1	19,8
Ποσοστό ωρών ημέρας μήνα ανά έτος(%)	8,25	7,51	8,46	8,32	8,74	8,49	8,74	8,67	8,22	8,39	7,98	8,21	
Δυνητική εξατμοδιαπνοή (mm)	56,7	52,7	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	54,8	56,9	686,2

Υπολογισμός απορροών λεκάνης

Δυναμική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη με την μέθοδο Thornthwaite

Μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους : $maxS = 100 \text{ mm}$

ΕΤΟΣ

1988

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ	
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	71,1	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,15	62,16	69,06	68,47	72,62	856,3
Βροχόπτωση P_n	mm	97,9	24,9	56,9	192,7	104,1	108,8	350	236,8	240,6	244,8	35	4,7	1697,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	26,8	17,1	12,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	71,6	36,3	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	71,1	34,6	61,1	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	63,4	40,0	759,5
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	24,0	22,1	40,3	288,1	172,7	178,4	175,7	0,0	0,0	901,4

ΕΤΟΣ

1989

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 36,3 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ	
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	71,1	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,15	62,16	69,06	68,47	72,62	856,3
Βροχόπτωση P_n	mm	37,3	90,6	63,8	183,7	94	144,7	219,2	191,2	141,9	144,7	9,5	138	1458,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	25,9	46,7	37,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	55,5	100,0	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	47,7	69,8	72,7	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	54,0	72,6	806,2
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	39,9	12,0	76,2	157,3	127,1	79,7	75,6	0,0	20,8	588,7

ΕΤΟΣ

1990

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 100 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ	
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,15	62,16	69,06	68,47	72,62	856,3
Βροχόπτωση P_n	mm	96,89	186,2	111,5	117,6	192,8	130,3	202,3	133,8	176,8	27,3	22,7	92	1490,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	65,9	41,7	61,1	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	71,1	69,8	84,9	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	61,4	46,9	72,6	827,1
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	25,8	116,4	26,6	36,0	110,8	61,8	140,4	69,7	114,6	0,0	0,0	0,0	702,1

ΕΤΟΣ

1991

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 61,1 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ	
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,15	62,16	69,06	68,47	72,62	856,3
Βροχόπτωση P_n	mm	156,1	90,8	120,5	14,5	219,2	161,1	156,3	209,2	233,9	10	35	38	1444,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	100,0	100,0	100,0	51,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	55,4	39,6	28,0	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	71,1	69,8	84,9	63,4	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	54,6	50,8	49,6	782,9
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	46,0	21,0	35,6	0,0	88,3	92,6	94,4	145,1	171,7	0,0	0,0	0,0	694,8

ΕΤΟΣ

1992

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 28,0 mm

MONADA	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ	
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,15	62,16	69,06	68,47	72,62	856,3
Βροχόπτωση P_n	mm	120,4	100,3	46,5	312,9	191,1	68,2	174,3	331,6	204,5	188,7	98,6	29	1866,1
Εδαφική υγρασία S_n	mm	77,3	100,0	68,1	100,0	100,0	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	64,7		
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	71,1	69,8	78,4	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	68,5	64,3	841,5
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	7,8	0,0	199,4	109,1	0,0	112,2	267,5	142,3	119,6	30,1	0,0	988,0

ΕΤΟΣ

1993

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 64,7 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,15	62,16	69,06	68,47	856,3
Βροχόπτωση P _n	mm	136,2	203,6	43	284,2	310,3	94,1	267,7	185,7	117,6	93,6	8,5	1754,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	100,0	100,0	65,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	54,9	29,3	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	71,1	69,8	77,2	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	53,6	796,5
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	29,7	133,8	0,0	168,4	228,3	25,6	205,8	121,6	55,4	24,5	0,0	993,2

ΕΤΟΣ

1994

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,15	62,16	69,06	68,47	856,3
Βροχόπτωση P _n	mm	78,5	4,2	137,6	193	273,8	113	218,7	274	113,9	6,7	22,1	1439,2
Εδαφική υγρασία S _n	mm	7,4	3,8	56,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	53,6	33,7	16,9	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	71,1	7,8	84,9	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	53,1	42,0	699,6
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	67,9	191,8	44,5	156,8	209,9	51,7	0,0	0,0	722,6

ΕΤΟΣ

1995

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 16,9 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,15	62,16	69,06	68,47	856,3
Βροχόπτωση P _n	mm	51,8	60,9	79	322,2	155,8	123,9	214,2	193,3	203,9	124,6	21,4	1556,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	14,0	12,8	12,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	62,5	31,9	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	54,8	62,1	79,7	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	58,9	780,8
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	152,6	73,8	55,4	152,3	129,2	141,7	55,5	0,0	760,6

ΕΤΟΣ

1996

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 31,9 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,15	62,16	69,06	68,47	856,3
Βροχόπτωση P _n	mm	96,89	23,2	228,9	299	218,8	295,2	261,3	202,6	191,2	11,4	64,2	1932,7
Εδαφική υγρασία S _n	mm	57,6	36,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	56,2	53,8	38,9	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	71,1	44,7	84,9	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	55,2	66,5	797,7
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	80,2	217,4	136,8	226,7	199,4	138,5	129,0	0,0	0,0	1128,0

Πίνακας ΠΑ.26.2**Υπολογισμός απορροών λεκάνης****Δυνητική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη με την μέθοδο Hargreaves****Μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους : $\max S = 100 \text{ mm}$** **ΕΤΟΣ****1988****Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm**

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,77	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P_n	mm	97,9	24,9	56,9	192,7	104,1	108,8	350	236,8	240,6	244,8	35	4,7	1697,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	41,3	31,1	29,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	81,6	49,5	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,6	35,2	58,9	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	53,4	36,9	605,7
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	63,3	46,5	60,9	303,4	188,0	191,5	188,5	0,0	0,0	1042,0

ΕΤΟΣ**1989****Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 49,5 mm**

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,77	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P_n	mm	37,3	90,6	63,8	183,7	94	144,7	219,2	191,2	141,9	144,7	9,5	138	1458,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	40,8	78,0	78,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	63,3	100,0	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	46,0	53,4	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	46,2	54,8	628,8
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	103,4	36,4	96,8	172,6	142,4	92,8	88,4	0,0	46,5	779,2

ΕΤΟΣ**1990****Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 100 mm**

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,77	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P_n	mm	96,89	186,2	111,5	117,6	192,8	130,3	202,3	133,8	176,8	27,3	22,7	92	1490,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	74,8	54,0	91,2	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,6	53,4	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	52,5	43,5	54,8	632,9
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	40,3	132,8	47,9	59,1	135,2	82,4	155,7	85,0	127,7	0,0	0,0	0,0	866,1

ΕΤΟΣ**1991****Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 91,2 mm**

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,77	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P_n	mm	156,1	90,8	120,5	14,5	219,2	161,1	156,3	209,2	233,9	10	35	38	1444,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	100,0	100,0	100,0	64,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	62,9	51,4	43,4	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,6	53,4	63,6	50,1	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	47,1	46,5	45,9	613,3
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	90,7	37,4	56,9	0,0	126,0	113,2	109,7	160,4	184,8	0,0	0,0	0,0	879,1

ΕΤΟΣ**1992****Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 43,4 mm**

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,77	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P_n	mm	120,4	100,3	46,5	312,9	191,1	68,2	174,3	331,6	204,5	188,7	98,6	29	1866,1
Εδαφική υγρασία S_n	mm	100,0	100,0	84,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	77,3	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,6	53,4	62,2	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	55,3	51,7	644,1
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	7,2	46,9	0,0	238,7	133,5	20,3	127,7	282,8	155,4	132,4	43,3	0,0	1188,2

ΕΤΟΣ

1993

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 77,3 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,77	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P _n	mm	136,2	203,6	43	284,2	310,3	94,1	267,7	185,7	117,6	93,6	8,5	9,8	1754,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	100,0	100,0	81,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	62,6	40,0	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,6	53,4	61,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	45,9	32,5	614,8
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	56,9	150,2	0,0	207,1	252,7	46,2	221,1	136,9	68,5	37,3	0,0	0,0	1176,8

ΕΤΟΣ

1994

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,77	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P _n	mm	78,5	4,2	137,6	193	273,8	113	218,7	274	113,9	6,7	22,1	3,7	1439,2
Εδαφική υγρασία S _n	mm	21,9	13,4	87,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	60,9	43,7	26,2	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,6	12,7	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	45,8	39,3	21,2	547,7
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	121,9	216,2	65,1	172,1	225,2	64,8	0,0	0,0	0,0	865,3

ΕΤΟΣ

1995

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 26,2 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,77	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P _n	mm	51,8	60,9	79	322,2	155,8	123,9	214,2	193,3	203,9	124,6	21,4	5,3	1556,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	25,0	32,5	47,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	71,3	43,5	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	53,0	53,4	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	50,1	33,1	618,1
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	211,6	98,2	76,0	167,6	144,5	154,8	68,3	0,0	0,0	920,9

ΕΤΟΣ

1996

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 43,5 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,77	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P _n	mm	96,89	23,2	228,9	299	218,8	295,2	261,3	202,6	191,2	11,4	64,2	40	1932,7
Εδαφική υγρασία S _n	mm	83,7	61,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	63,8	72,7	62,7	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,6	45,0	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	47,6	55,3	50,0	626,6
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	127,2	240,5	161,2	247,3	214,7	153,8	142,1	0,0	0,0	0,0	1286,8

Πίνακας ΠΑ.26.3

Υπολογισμός απορροών λεκάνης

Δυναμική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη με την μέθοδο *Blaney Griddle*

Μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους : $maxS = 100 \text{ mm}$

ΕΤΟΣ

1988

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,7	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,36	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P_n	mm	97,9	24,9	56,9	192,7	104,1	108,8	350	236,8	240,6	244,8	35	4,7	1697,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	41,2	31,2	30,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	82,0	48,7	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_n	mm	56,7	34,9	58,0	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	53,0	38,0	645,1
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	63,5	42,6	51,4	292,8	179,4	185,9	187,8	0,0	0,0	1003,4

ΕΤΟΣ

1989

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 48,7 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,7	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,36	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P_n	mm	37,3	90,6	63,8	183,7	94	144,7	219,2	191,2	141,9	144,7	9,5	138	1458,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	40,1	78,0	81,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	63,5	100,0	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_n	mm	45,9	52,7	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	46,0	56,9	666,5
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	105,6	32,5	87,3	162,0	133,8	87,2	87,7	0,0	44,7	740,8

ΕΤΟΣ

1990

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 100 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,36	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P_n	mm	96,89	186,2	111,5	117,6	192,8	130,3	202,3	133,8	176,8	27,3	22,7	92	1490,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	74,3	53,9	89,0	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_n	mm	56,7	52,7	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	53,0	43,1	56,9	670,5
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	40,1	133,5	50,9	58,4	131,3	72,9	145,1	76,4	122,1	0,0	0,0	0,0	830,7

ΕΤΟΣ

1991

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 89,0 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,36	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P_n	mm	156,1	90,8	120,5	14,5	219,2	161,1	156,3	209,2	233,9	10	35	38	1444,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	100,0	100,0	100,0	63,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	62,5	51,2	42,4	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_n	mm	56,7	52,7	60,6	50,6	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	47,5	46,2	46,8	649,4
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	88,4	38,1	59,9	0,0	121,6	103,7	99,1	151,8	179,2	0,0	0,0	0,0	841,8

ΕΤΟΣ

1992

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 42,4 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,36	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P_n	mm	120,4	100,3	46,5	312,9	191,1	68,2	174,3	331,6	204,5	188,7	98,6	29	1866,1
Εδαφική υγρασία S_n	mm	100,0	100,0	86,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	75,7	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_n	mm	56,7	52,7	59,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	54,8	53,3	681,7
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	6,1	47,6	0,0	240,5	129,6	10,8	117,1	274,2	149,8	131,7	43,8	0,0	1151,1

ΕΤΟΣ

1993

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 75,7 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ	
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,36	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P _n	mm	136,2	203,6	43	284,2	310,3	94,1	267,7	185,7	117,6	93,6	8,5	9,8	1754,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	100,0	100,0	83,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	62,9	39,3	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,7	52,7	59,1	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	45,6	33,4	652,0
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	55,1	150,9	0,0	208,8	248,8	36,7	210,5	128,3	62,9	36,6	0,0	0,0	1138,6

ΕΤΟΣ

1994

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,36	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P _n	mm	78,5	4,2	137,6	193	273,8	113	218,7	274	113,9	6,7	22,1	3,7	1439,2
Εδαφική υγρασία S _n	mm	21,8	13,4	90,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	60,5	43,6	25,6	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,7	12,6	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	46,2	39,0	21,7	584,2
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	124,2	212,3	55,6	161,5	216,6	59,2	0,0	0,0	0,0	829,4

ΕΤΟΣ

1995

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 25,6 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,36	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P _n	mm	51,8	60,9	79	322,2	155,8	123,9	214,2	193,3	203,9	124,6	21,4	5,3	1556,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	24,4	32,6	51,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	71,6	42,7	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	53,0	52,7	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	49,8	34,1	654,8
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	213,9	94,3	66,5	157,0	135,9	149,2	67,6	0,0	0,0	884,4

ΕΤΟΣ

1996

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 42,7 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,36	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P _n	mm	96,89	23,2	228,9	299	218,8	295,2	261,3	202,6	191,2	11,4	64,2	40	1932,7
Εδαφική υγρασία S _n	mm	82,9	61,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	63,4	72,7	61,4	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,7	44,4	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	48,0	54,8	51,3	663,3
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	130,0	239,8	157,3	237,8	204,1	145,2	136,5	0,0	0,0	0,0	1250,7

Πίνακας ΠΑ.27.1

Υπολογισμός απορροών λεκάνης

Δυναμική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη με την μέθοδο Thornthwaite

Μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους : $maxS = 200 \text{ mm}$

ΕΤΟΣ

1988

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,149	62,16	69,06	68,47	72,62	856,3
Βροχόπτωση P_n	mm	97,9	24,9	56,9	192,7	104,1	108,8	350	236,8	240,6	244,8	35	4,7	1697,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	26,8	21,4	18,6	129,7	151,8	192,1	200,0	200,0	200,0	200,0	169,2	120,5	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	71,1	30,3	59,7	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	65,8	53,4	769,7
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	280,2	172,7	178,4	175,7	0,0	0,0	807,1

ΕΤΟΣ

1989

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 120,5 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,149	62,16	69,06	68,47	72,62	856,3
Βροχόπτωση P_n	mm	37,3	90,6	63,8	183,7	94	144,7	219,2	191,2	141,9	144,7	9,5	138	1458,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	101,7	122,5	110,2	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	148,9	200,0	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,0	69,8	76,1	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	60,6	72,6	824,4
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	12,4	12,0	76,2	157,3	127,1	79,7	75,6	0,0	14,3	554,6

ΕΤΟΣ

1990

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 200 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,149	62,16	69,06	68,47	72,62	856,3
Βροχόπτωση P_n	mm	96,89	186,2	111,5	117,6	192,8	130,3	202,3	133,8	176,8	27,3	22,7	92	1490,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	162,3	129,1	148,5	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	71,1	69,8	84,9	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	65,0	55,9	72,6	839,6
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	25,8	116,4	26,6	36,0	110,8	61,8	140,4	69,7	114,6	0,0	0,0	0,0	702,1

ΕΤΟΣ

1991

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 148,5 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,149	62,16	69,06	68,47	72,62	856,3
Βροχόπτωση P_n	mm	156,1	90,8	120,5	14,5	219,2	161,1	156,3	209,2	233,9	10	35	38	1444,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	200,0	200,0	200,0	143,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	148,9	125,9	105,9	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	71,1	69,8	84,9	71,5	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	61,1	57,9	58,0	813,1
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	33,5	21,0	35,6	0,0	80,2	92,6	94,4	145,1	171,7	0,0	0,0	0,0	674,1

ΕΤΟΣ

1992

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 105,9 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,149	62,16	69,06	68,47	72,62	856,3
Βροχόπτωση P_n	mm	120,4	100,3	46,5	312,9	191,1	68,2	174,3	331,6	204,5	188,7	98,6	29	1866,1
Εδαφική υγρασία S_n	mm	155,2	185,7	153,2	200,0	200,0	199,7	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	160,8	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	71,1	69,8	78,9	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	68,5	68,2	845,9
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	184,6	109,1	0,0	112,2	267,5	142,3	119,6	30,1	0,0	965,3

Πίνακας ΠΑ.27.1

ΕΤΟΣ

1993

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 160,8 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,149	62,16	69,06	68,47	856,3
Βροχόπτωση P _n	mm	136,2	203,6	43	284,2	310,3	94,1	267,7	185,7	117,6	93,6	8,5	1754,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	200,0	200,0	162,2	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	148,2	108,2	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	71,1	69,8	80,8	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	60,3	821,1
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	25,9	133,8	0,0	164,8	228,3	25,6	205,8	121,6	55,4	24,5	0,0	985,7

ΕΤΟΣ

1994

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,149	62,16	69,06	68,47	856,3
Βροχόπτωση P _n	mm	78,5	4,2	137,6	193	273,8	113	218,7	274	113,9	6,7	22,1	1439,2
Εδαφική υγρασία S _n	mm	7,4	5,3	58,0	169,4	200,0	200,0	200,0	200,0	146,4	116,1	82,3	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	71,1	6,3	84,9	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	60,3	52,4	732,8
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	161,2	44,5	156,8	209,9	51,7	0,0	0,0	624,1

ΕΤΟΣ

1995

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 82,3 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,149	62,16	69,06	68,47	856,3
Βροχόπτωση P _n	mm	51,8	60,9	79	322,2	155,8	123,9	214,2	193,3	203,9	124,6	21,4	1556,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	74,7	71,4	69,4	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	158,1	112,9	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	59,4	64,2	81,1	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	69,1	63,3	807,8
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	110,0	73,8	55,4	152,3	129,2	141,7	55,5	0,0	717,9

ΕΤΟΣ

1996

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 112,9 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	71,11	69,82	84,91	81,58	82,05	68,48	61,86	64,149	62,16	69,06	68,47	856,3
Βροχόπτωση P _n	mm	96,89	23,2	228,9	299	218,8	295,2	261,3	202,6	191,2	11,4	64,2	1932,7
Εδαφική υγρασία S _n	mm	138,7	109,8	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	149,9	146,7	124,7	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	71,1	52,0	84,9	81,6	82,0	68,5	61,9	64,1	62,2	61,5	67,4	819,3
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	53,8	217,4	136,8	226,7	199,4	138,5	129,0	0,0	0,0	1101,6

Πίνακας ΠΑ.27.2

Υπολογισμός απορροών λεκάνης

Δυνητική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη με την μέθοδο Hargreaves

Μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους : $maxS = 200 \text{ mm}$

ΕΤΟΣ

1988

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,769	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P_n	mm	97,9	24,9	56,9	192,7	104,1	108,8	350	236,8	240,6	244,8	35	4,7	1697,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	41,3	35,8	34,6	168,9	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	180,7	140,7	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,6	30,4	58,1	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	54,3	44,7	608,9
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4	60,9	303,4	188,0	191,5	188,5	0,0	0,0	947,6

ΕΤΟΣ

1989

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 140,7 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,769	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P_n	mm	37,3	90,6	63,8	183,7	94	144,7	219,2	191,2	141,9	144,7	9,5	138	1458,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	127,8	164,9	165,1	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	159,1	200,0	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	50,2	53,4	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	50,4	54,8	637,3
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	90,4	36,4	96,8	172,6	142,4	92,8	88,4	0,0	42,3	762,0

ΕΤΟΣ

1990

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 200 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,769	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P_n	mm	96,89	186,2	111,5	117,6	192,8	130,3	202,3	133,8	176,8	27,3	22,7	92	1490,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	173,0	147,0	184,2	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,6	53,4	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	54,3	48,7	54,8	639,9
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	40,3	132,8	47,9	59,1	135,2	82,4	155,7	85,0	127,7	0,0	0,0	0,0	866,1

ΕΤΟΣ

1991

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 184,2 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,769	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P_n	mm	156,1	90,8	120,5	14,5	219,2	161,1	156,3	209,2	233,9	10	35	38	1444,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	200,0	200,0	200,0	160,5	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	158,6	143,3	131,8	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,6	53,4	63,6	54,0	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	51,4	50,3	49,5	628,8
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	83,7	37,4	56,9	0,0	122,1	113,2	109,7	160,4	184,8	0,0	0,0	0,0	868,2

ΕΤΟΣ

1992

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 131,8 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,769	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P_n	mm	120,4	100,3	46,5	312,9	191,1	68,2	174,3	331,6	204,5	188,7	98,6	29	1866,1
Εδαφική υγρασία S_n	mm	195,6	200,0	183,6	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	175,8	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,6	53,4	62,9	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	55,3	53,2	646,2
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	42,5	0,0	238,1	133,5	20,3	127,7	282,8	155,4	132,4	43,3	0,0	1175,9

Πίνακας ΠΑ.27.2

ΕΤΟΣ

1993

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 175,8 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,769	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P _n	mm	136,2	203,6	43	284,2	310,3	94,1	267,7	185,7	117,6	93,6	8,5	9,8	1754,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	200,0	200,0	180,4	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	158,3	126,4	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,6	53,4	62,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	50,2	41,7	629,3
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	55,4	150,2	0,0	206,2	252,7	46,2	221,1	136,9	68,5	37,3	0,0	0,0	1174,4

ΕΤΟΣ

1994

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,769	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P _n	mm	78,5	4,2	137,6	193	273,8	113	218,7	274	113,9	6,7	22,1	3,7	1439,2
Εδαφική υγρασία S _n	mm	21,9	17,1	91,1	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	156,0	132,2	102,4	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,6	9,0	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	50,7	45,9	33,5	567,8
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	25,7	216,2	65,1	172,1	225,2	64,8	0,0	0,0	0,0	769,0

ΕΤΟΣ

1995

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 102,4 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,769	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P _n	mm	51,8	60,9	79	322,2	155,8	123,9	214,2	193,3	203,9	124,6	21,4	5,3	1556,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	100,0	107,4	122,8	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	168,8	131,8	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	54,2	53,4	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	56,3	52,6	42,3	630,9
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	186,6	98,2	76,0	167,6	144,5	154,8	68,3	0,0	0,0	895,9

ΕΤΟΣ

1996

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 131,8 mm

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,6	53,43	63,61	58,45	57,62	47,88	46,61	48,769	49,14	56,35	55,27	54,78	648,5
Βροχόπτωση P _n	mm	96,89	23,2	228,9	299	218,8	295,2	261,3	202,6	191,2	11,4	64,2	40	1932,7
Εδαφική υγρασία S _n	mm	172,1	148,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	159,7	168,7	156,7	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,6	47,3	63,6	58,5	57,6	47,9	46,6	48,8	49,1	51,7	55,3	52,0	635,0
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	113,3	240,5	161,2	247,3	214,7	153,8	142,1	0,0	0,0	0,0	1272,9

Πίνακας ΠΑ.27.3**Υπολογισμός απορροών λεκάνης****Δυναμική εξατμοδιαπνοή υπολογισμένη με την μέθοδο Blaney Griddle****Μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους : $maxS = 200 \text{ mm}$** **ΕΤΟΣ****1988****Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm**

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,363	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P_n	mm	97,9	24,9	56,9	192,7	104,1	108,8	350	236,8	240,6	244,8	35	4,7	1697,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	41,2	35,8	35,2	168,6	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	181,1	139,5	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,7	30,2	57,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	53,9	46,3	649,2
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	51,4	292,8	179,4	185,9	187,8	0,0	0,0	908,5

ΕΤΟΣ**1989****Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 139,5 mm**

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,363	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P_n	mm	37,3	90,6	63,8	183,7	94	144,7	219,2	191,2	141,9	144,7	9,5	138	1458,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	126,6	164,5	167,7	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	159,4	200,0	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	50,2	52,7	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	50,1	56,9	674,9
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	0,0	0,0	92,1	32,5	87,3	162,0	133,8	87,2	87,7	0,0	40,6	723,2

ΕΤΟΣ**1990****Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 200 mm**

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,363	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P_n	mm	96,89	186,2	111,5	117,6	192,8	130,3	202,3	133,8	176,8	27,3	22,7	92	1490,2
Εδαφική υγρασία S_n	mm	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	172,4	146,8	181,9	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,7	52,7	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	54,9	48,3	56,9	677,6
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	40,1	133,5	50,9	58,4	131,3	72,9	145,1	76,4	122,1	0,0	0,0	0,0	830,7

ΕΤΟΣ**1991****Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 181,9 mm**

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,363	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P_n	mm	156,1	90,8	120,5	14,5	219,2	161,1	156,3	209,2	233,9	10	35	38	1444,6
Εδαφική υγρασία S_n	mm	200,0	200,0	200,0	159,9	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	158,1	143,2	130,3	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,7	52,7	60,6	54,6	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	51,9	49,9	50,9	665,6
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	81,3	38,1	59,9	0,0	117,6	103,7	99,1	151,8	179,2	0,0	0,0	0,0	830,7

ΕΤΟΣ**1992****Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 130,3 mm**

	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυναμική εξατμοδιαπνοή E_{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,363	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P_n	mm	120,4	100,3	46,5	312,9	191,1	68,2	174,3	331,6	204,5	188,7	98,6	29	1866,1
Εδαφική υγρασία S_n	mm	193,9	200,0	186,4	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	174,0	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E_p	mm	56,7	52,7	60,1	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	54,8	55,0	683,9
Απορροή λεκάνης Q_n	mm	0,0	41,5	0,0	240,0	129,6	10,8	117,1	274,2	149,8	131,7	43,8	0,0	1138,5

ΕΤΟΣ

1993

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 174,0 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ	
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,363	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P _n	mm	136,2	203,6	43	284,2	310,3	94,1	267,7	185,7	117,6	93,6	8,5	9,8	1754,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	200,0	200,0	183,2	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	158,6	125,4		
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,7	52,7	59,8	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	49,9	43,1	666,7
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	53,4	150,9	0,0	208,1	248,8	36,7	210,5	128,3	62,9	36,6	0,0	0,0	1136,2

ΕΤΟΣ

1994

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 0,0 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ	
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,363	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P _n	mm	78,5	4,2	137,6	193	273,8	113	218,7	274	113,9	6,7	22,1	3,7	1439,2
Εδαφική υγρασία S _n	mm	21,8	17,1	94,1	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	155,5	132,0	101,2	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,7	8,9	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	51,2	45,6	34,5	604,9
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	27,8	212,3	55,6	161,5	216,6	59,2	0,0	0,0	0,0	733,1

ΕΤΟΣ

1995

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 101,2 mm

ΜΟΝΑΔΑ		ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,363	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P _n	mm	51,8	60,9	79	322,2	155,8	123,9	214,2	193,3	203,9	124,6	21,4	5,3	1556,3
Εδαφική υγρασία S _n	mm	98,7	106,9	125,3	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	169,2	130,7	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	54,3	52,7	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	57,0	52,2	43,8	668,0
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	0,0	188,3	94,3	66,5	157,0	135,9	149,2	67,6	0,0	0,0	858,8

ΕΤΟΣ

1996

Δεκέμβριος προηγούμενου έτους Εδαφική υγρασία : 130,7 mm

ΜΟΝΑΔΑ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ	
Δυνητική εξατμοδιαπνοή E _{pn}	mm	56,74	52,72	60,6	59,24	61,51	57,43	57,19	57,363	54,68	57,02	54,84	56,87	686,2
Βροχόπτωση P _n	mm	96,89	23,2	228,9	299	218,8	295,2	261,3	202,6	191,2	11,4	64,2	40	1932,7
Εδαφική υγρασία S _n	mm	170,9	147,4	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	159,2	168,6	154,9	
Πραγματική εξατμοδιαπνοή E _p	mm	56,7	46,7	60,6	59,2	61,5	57,4	57,2	57,4	54,7	52,2	54,8	53,6	672,1
Απορροή λεκάνης Q _n	mm	0,0	0,0	115,7	239,8	157,3	237,8	204,1	145,2	136,5	0,0	0,0	0,0	1236,4

Πίν. ΠΑ.28

Ετήσιες απορροές (σε mm) υπολογισμένες με το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου κατά Thornthwaite

	Blaney Griddle- S=200 mm	Hargreaves- S=200 mm	Thornthwaite- S=200 mm	Blaney Griddle- S=100 mm	Hargreaves- S=100 mm	Thornthwaite S=100 mm
1988	908,5	947,6	807,1	1003,4	1042,0	901,4
1989	723,2	762,0	554,6	740,8	779,2	588,7
1990	830,7	866,1	702,1	830,7	866,1	702,1
1991	830,7	868,2	674,1	841,8	879,1	694,8
1992	1138,5	1175,9	965,3	1151,1	1188,2	988,0
1993	1136,2	1174,4	985,7	1138,6	1176,8	993,2
1994	733,1	769,0	624,1	829,4	865,3	722,6
1995	858,8	895,9	717,9	884,4	920,9	760,6
1996	1236,4	1272,9	1101,6	1250,7	1286,8	1128,0
M.O	932,9	970,2	792,5	963,4	1000,5	831,0
Max	1236,4	1272,9	1101,6	1250,7	1286,8	1128,0
Min	723,2	762,0	554,6	740,8	779,2	588,7

Πίν. ΠΑ.29

Μέσες μηνιαίες απορροές (σε mm) υπολογισμένες με το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου κατά Thornthwaite

	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
Thornthwaite- S=100 mm	11,3	31,0	15,8	100,6	108,1	69,2	167,4	153,4	118,3	50,1	3,3	2,3	831,0
Hargreaves- S=100 mm	21,7	40,8	25,8	138,4	134,0	89,8	182,7	168,8	131,3	57,2	4,8	5,2	1.000,5
Blaney Griddle- S=100 mm	21,1	41,1	26,8	139,4	130,0	80,3	172,1	160,2	125,8	56,8	4,9	5,0	963,4
Thornthwaite- S=200 mm	9,5	30,1	12,9	80,6	101,3	64,8	166,6	153,4	118,3	50,1	3,3	1,6	792,5
Hargreaves- S=200 mm	19,9	40,3	24,2	116,3	130,1	89,8	182,7	168,8	131,3	57,2	4,8	4,7	970,2
Blaney Griddle- S=200 mm	19,4	40,4	25,2	117,2	126,1	80,3	172,1	160,2	125,8	56,8	4,9	4,5	932,9

Πίν. ΠΑ.30

Μέσες Μηνιαίες απορροές στην λεκάνη (σε mm)

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ.	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ.	ΕΤΗΣΙΟ
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	280,2	172,7	178,4	175,7	0,0	0,0	807,1
1989	0,0	0,0	0,0	12,4	12,0	76,2	157,3	127,1	79,7	75,6	0,0	14,3	554,6
1990	25,8	116,4	26,6	36,0	110,8	61,8	140,4	69,7	114,6	0,0	0,0	0,0	702,1
1991	33,5	21,0	35,6	0,0	80,2	92,6	94,4	145,1	171,7	0,0	0,0	0,0	674,1
1992	0,0	0,0	0,0	184,6	109,1	0,0	112,2	267,5	142,3	119,6	30,1	0,0	965,3
1993	25,9	133,8	0,0	164,8	228,3	25,6	205,8	121,6	55,4	24,5	0,0	0,0	985,7
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	161,2	44,5	156,8	209,9	51,7	0,0	0,0	0,0	624,1
1995	0,0	0,0	0,0	110,0	73,8	55,4	152,3	129,2	141,7	55,5	0,0	0,0	717,9
1996	0,0	0,0	53,8	217,4	136,8	226,7	199,4	138,5	129,0	0,0	0,0	0,0	1101,6
M.O	9,5	30,1	12,9	80,6	101,3	64,8	166,6	153,4	118,3	50,1	3,3	1,6	792,5
MAX	33,5	133,8	53,8	217,4	228,3	226,7	280,2	267,5	178,4	175,7	30,1	14,3	1101,6
MIN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,4	69,7	51,7	0,0	0,0	0,0	554,6
ST.DEV.	14,4	54,4	20,5	89,2	71,2	68,5	55,6	57,2	46,9	63,2	10,0	4,8	185,6
ST.ERR/M.O.	0,5	0,6	0,5	0,4	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,4	1,0	1,0	0,1

Πίνακας ΠΑ 31.1

Υδρογράφημα εισόδου ταμιευτήρα Damte

Συνολικό ύψος βροχής : 120 mm

CN = 85

q : παροχή εισροής (m³/sec), $q = ((2 \cdot F \cdot 1000) / (T_b \cdot 3600)) \cdot Y = C1 \cdot Y$

S : συνολικές απώλειες, $S = 25400 / CN - 254$ (mm)

S = 45 (mm)

F : έκταση λεκάνης (km²)

F = 23,16 (km²)

D : βήμα εξεταζόμενης βροχής

D = 0,5 (h)

Tc : χρόνος συγκέντρωσης (h)

Tc = 3,1 (h)

Tr = 0.6 * Tc + 0.5 * D (h)

Tr = 2,11 (h)

Tr = 1.67 * Tr (h)

Tr = 3,52 (h)

Tb = 2.67 * Tr (h)

Tb = 5,63 (h)

C1 = 2,28388

Κατανομή βροχής: 3ου τετάρτου, Επίπεδο εμπιστοσύνης 70%

Y : ύψος βροχής (mm)

Y' : μειωμένο ύψος βροχής (περίσσευμα βροχής) κατά SCS (mm)

$h_R = (h_r - 0.2 \cdot S)^2 / (h_r + 0.8 \cdot S)$ για $h_r > 0.2 \cdot S$

$h_R = 0$ για $h_r < 0.2 \cdot S$

	Χρονικό βήμα	Κατανομή βροχής % Βροχής	Υψος βροχής Y (mm)	Αθροιστικό ύψος βροχής hr (mm)	Αθροιστικό περίσσευμα βροχής hR (mm)	Περίσσευμα βροχής Y' (mm)	Παροχή εισροής q (m ³ /s)
0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1	0,5	1,2	1,39	1,39	0,00	0,00	0
2	1	3,0	3,61	5,00	0,00	0,00	0
3	1,5	3,4	4,14	9,14	0,00	0,00	0
4	2	1,5	1,76	10,90	0,08	0,08	0
5	2,5	2,1	2,50	13,40	0,40	0,32	1
6	3	8,8	10,60	24,00	3,78	3,38	8
7	3,5	17,4	20,90	44,90	15,99	12,21	28
8	4	24,6	29,56	74,46	38,88	22,89	52
9	4,5	17,3	20,81	95,27	56,80	17,92	41
10	5	13,0	15,54	110,81	70,72	13,92	32
11	5,5	5,1	6,08	116,89	76,26	5,54	13
12	6	2,6	3,11	120,00	79,10	2,85	6
Αθροισμα		100,0	120,00			79,10	

Πίνακας ΠΑ 31.2

Υδρογράφημα εισόδου ταμιεντήρα Damte

Συνολικό ύψος βροχής : 120 mm

CN = 70

q : παροχή εισροής (m³/sec), $q = ((2 \cdot F \cdot 1000) / (Tb \cdot 3600)) \cdot Y = C1 \cdot Y$

S : συνολικές απώλειες, $S = 25400 / CN - 254$ (mm)

S = 109 (mm)

F : έκταση λεκάνης (km²)

F = 23,16 (km²)

D : βήμα εξεταζόμενης βροχής

D = 0,5 (h)

Tc : χρόνος συγκέντρωσης (h)

Tc = 3,1 (h)

Tr = 0.6 * Tc + 0.5 * D (h)

Tr = 2,11 (h)

Tb = 2.67 * Tr (h)

Tb = 3,52 (h)

C1 = 2,28388

Tb = 5,63 (h)

Κατανομή βροχής: 3ου τετάρτου, Επίπεδο εμπιστοσύνης 70%

Y : ύψος βροχής (mm)

Y' : μειωμένο ύψος βροχής (περίσσευμα βροχής) κατά SCS (mm)

$h_R = (h_r - 0.2 \cdot S)^2 / (h_r + 0.8 \cdot S)$ για $h_r > 0.2 \cdot S$

$h_R = 0$ για $h_r < 0.2 \cdot S$

	Χρονικό βήμα	Κατανομή βροχής % Βροχής	Υψος βροχής Y (mm)	Αθροιστικό ύψος βροχής hr (mm)	Αθροιστικό περίσσευμα βροχής hR (mm)	Περίσσευμα βροχής Y' (mm)	Παροχή εισροής q (m ³ /s)
0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1	0,5	1,2	1,39	1,39	0,00	0,00	0
2	1	3,0	3,61	5,00	0,00	0,00	0
3	1,5	3,4	4,14	9,14	0,00	0,00	0
4	2	1,5	1,76	10,90	0,00	0,00	0
5	2,5	2,1	2,50	13,40	0,00	0,00	0
6	3	8,8	10,60	24,00	0,04	0,04	0
7	3,5	17,4	20,90	44,90	4,05	4,01	9
8	4	24,6	29,56	74,46	17,18	13,13	30
9	4,5	17,3	20,81	95,27	29,62	12,44	28
10	5	13,0	15,54	110,81	40,06	10,44	24
11	5,5	5,1	6,08	116,89	44,36	4,30	10
12	6	2,6	3,11	120,00	46,59	2,24	5
Αθροισμα		100,0	120,00			46,59	

Υδρογράφημα εισόδου ταμιεντήρα Damte

Συνολικό ύψος βροχής : 100 mm

CN = 85

q : παροχή εισροής (m³/sec), $q = ((2 \cdot F \cdot 1000) / (T_b \cdot 3600)) \cdot Y = C1 \cdot Y$

S : συνολικές απώλειες, $S = 25400 / CN - 254$ (mm)

S = 45 (mm)

F : έκταση λεκάνης (km²)

F = 23,16 (km²)

D : βήμα εξεταζόμενης βροχής

D = 0,5 (h)

Tc : χρόνος συγκέντρωσης (h)

Tc = 3,1 (h)

Tr = 0.6 * Tc + 0.5 * D (h)

Tr = 2,11 (h)

Tr = 1.67 * Tr (h)

Tr = 3,52 (h)

Tb = 2.67 * Tr (h)

Tb = 5,63 (h)

C1 = 2,28388

Κατανομή βροχής: 3ου τετάρτου, Επίπεδο εμπιστοσύνης 70%

Y : ύψος βροχής (mm)

Y' : μειωμένο ύψος βροχής (περίσσευμα βροχής) κατά SCS (mm)

$h_R = (h_r - 0.2 \cdot S)^2 / (h_r + 0.8 \cdot S)$ για $h_r > 0.2 \cdot S$

$h_R = 0$ για $h_r < 0.2 \cdot S$

	Χρονικό βήμα	Κατανομή βροχής % Βροχής	Υψος βροχής Y (mm)	Αθροιστικό ύψος βροχής hr (mm)	Αθροιστικό περίσσευμα βροχής hR (mm)	Περίσσευμα βροχής Y' (mm)	Παροχή εισροής q (m³/s)
0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1	0,5	1,2	1,16	1,16	0,00	0,00	0
2	1	3,0	3,01	4,17	0,00	0,00	0
3	1,5	3,4	3,45	7,62	0,00	0,00	0
4	2	1,5	1,46	9,08	0,00	0,00	0
5	2,5	2,1	2,08	11,16	0,10	0,10	0
6	3	8,8	8,84	20,00	2,18	2,08	5
7	3,5	17,4	17,42	37,42	11,05	8,87	20
8	4	24,6	24,63	62,05	28,78	17,73	41
9	4,5	17,3	17,34	79,39	43,03	14,25	33
10	5	13,0	12,95	92,34	54,22	11,19	26
11	5,5	5,1	5,07	97,41	58,70	4,47	10
12	6	2,6	2,59	100,00	61,00	2,30	5
Αθροισμα		100,0	100,00			61,00	

Υδρογράφημα εισόδου ταμιεντήρα Damte

Συνολικό ύψος βροχής : 100 mm

CN = 70

q : παροχή εισροής (m^3/sec), $q = ((2 \cdot F \cdot 1000) / (T_b \cdot 3600)) \cdot Y = C1 \cdot Y$

S : συνολικές απώλειες, $S = 25400 / CN - 254$ (mm)

$S =$ 109 (mm)

F : έκταση λεκάνης (km^2)

$F =$ 23,16 (km^2)

D : βήμα εξεταζόμενης βροχής

$D =$ 0,5 (h)

T_c : χρόνος συγκέντρωσης (h)

$T_c =$ 3,1 (h)

$T_p = 0.6 \cdot T_c + 0.5 \cdot D$ (h)

$T_p =$ 2,11 (h)

$T_r = 1.67 \cdot T_p$ (h)

$T_r =$ 3,52 (h)

$T_b = 2.67 \cdot T_p$ (h)

$T_b =$ 5,63 (h)

$C1 =$ 2,28388

Κατανομή βροχής: 3ου τετάρτου, Επίπεδο εμπιστοσύνης 70%

Y : ύψος βροχής (mm)

Y' : μειωμένο ύψος βροχής (περίσσευμα βροχής) κατά SCS (mm)

$h_R = (h_r - 0.2 \cdot S)^2 / (h_r + 0.8 \cdot S)$ για $h_r > 0.2 \cdot S$

$h_R =$ 0 για $h_r < 0.2 \cdot S$

	Χρονικό βήμα	Κατανομή βροχής % Βροχής	Υψος βροχής Y (mm)	Αθροιστικό ύψος βροχής h_r (mm)	Αθροιστικό περίσσευμα βροχής h_R (mm)	Περίσσευμα βροχής Y' (mm)	Παροχή εισροής q (m^3/s)
0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1	0,5	1,2	1,16	1,16	0,00	0,00	0
2	1	3,0	3,01	4,17	0,00	0,00	0
3	1,5	3,4	3,45	7,62	0,00	0,00	0
4	2	1,5	1,46	9,08	0,00	0,00	0
5	2,5	2,1	2,08	11,16	0,00	0,00	0
6	3	8,8	8,84	20,00	0,00	0,00	0
7	3,5	17,4	17,42	37,42	1,97	1,97	4
8	4	24,6	24,63	62,05	10,88	8,91	20
9	4,5	17,3	17,34	79,39	19,94	9,06	21
10	5	13,0	12,95	92,34	27,75	7,81	18
11	5,5	5,1	5,07	97,41	31,01	3,26	7
12	6	2,6	2,59	100,00	32,71	1,70	4
Αθροισμα		100,0	100,00			32,71	

Πίνακας ΠΑ 32.1

Υδρογράφημα εισόδου ταμιευτήρα Wedeba

Συνολικό ύψος βροχής : 120 mm

CN = 85

q : παροχή εισροής (m³/sec), $q = ((2 \cdot F \cdot 1000) / (T_b \cdot 3600)) \cdot Y = C1 \cdot Y$

S : συνολικές απώλειες, $S = 25400 / CN - 254$ (mm)

S = 45 (mm)

F : έκταση λεκάνης (km²)

F = 1,96 (km²)

D : βήμα εξεταζόμενης βροχής

D = 0,8 (h)

Tc : χρόνος συγκέντρωσης (h)

Tc = 3,1 (h)

Tr = 0.6 * Tc + 0.5 * D (h)

Tr = 2,11 (h)

Tr = 1.67 * Tr (h)

Tr = 3,52 (h)

Tb = 2.67 * Tr (h)

Tb = 5,63 (h)

C1 = 0,19328

Κατανομή βροχής: 3ου τετάρτου, Επίπεδο εμπιστοσύνης 70%

Y : ύψος βροχής (mm)

Y' : μειωμένο ύψος βροχής (περίσσειμα βροχής) κατά SCS (mm)

$h_R = (h_r - 0.2 \cdot S)^2 / (h_r + 0.8 \cdot S)$ για $h_r > 0.2 \cdot S$

$h_R = 0$ για $h_r < 0.2 \cdot S$

	Χρονικό βήμα	Κατανομή βροχής % Βροχής	Υψος βροχής Y (mm)	Αθροιστικό ύψος βροχής hr (mm)	Αθροιστικό περίσσειμα βροχής hR (mm)	Περίσσειμα βροχής Y' (mm)	Παροχή εισροής q (m ³ /s)
0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1	0,5	1,2	1,39	1,39	0,00	0,00	0
2	1	3,0	3,61	5,00	0,00	0,00	0
3	1,5	3,4	4,14	9,14	0,00	0,00	0
4	2	1,5	1,76	10,90	0,08	0,08	0
5	2,5	2,1	2,50	13,40	0,40	0,32	0
6	3	8,8	10,60	24,00	3,78	3,38	1
7	3,5	17,4	20,90	44,90	15,99	12,21	2
8	4	24,6	29,56	74,46	38,88	22,89	4
9	4,5	17,3	20,81	95,27	56,80	17,92	3
10	5	13,0	15,54	110,81	70,72	13,92	3
11	5,5	5,1	6,08	116,89	76,26	5,54	1
12	6	2,6	3,11	120,00	79,10	2,85	1
Αθροισμα		100,0	120,00			79,10	

Πίνακας ΠΑ 32.2

Υδρογράφημα εισόδου ταμιευτήρα Wedeba

Συνολικό ύψος βροχής : 120 mm

CN = 70

q : παροχή εισροής (m³/sec), $q = ((2 \cdot F \cdot 1000) / (T_b \cdot 3600)) \cdot Y = C1 \cdot Y$

S : συνολικές απώλειες, $S = 25400 / CN - 254$ (mm)

S = 109 (mm)

F : έκταση λεκάνης (km²)

F = 1,96 (km²)

D : βήμα εξεταζόμενης βροχής

D = 0,8 (h)

Tc : χρόνος συγκέντρωσης (h)

Tc = 3,1 (h)

Tr = 0.6 * Tc + 0.5 * D (h)

Tr = 2,11 (h)

Tr = 1.67 * Tr (h)

Tr = 3,52 (h)

Tb = 2.67 * Tr (h)

Tb = 5,63 (h)

C1 = 0,19328

Κατανομή βροχής: 3ου τετάρτου, Επίπεδο εμπιστοσύνης 70%

Y : ύψος βροχής (mm)

Y' : μειωμένο ύψος βροχής (περίσσευμα βροχής) κατά SCS (mm)

$h_R = (h_r - 0.2 \cdot S)^2 / (h_r + 0.8 \cdot S)$ για $h_r > 0.2 \cdot S$

$h_R = 0$ για $h_r < 0.2 \cdot S$

	Χρονικό βήμα	Κατανομή βροχής % Βροχής	Υψος βροχής Y (mm)	Αθροιστικό ύψος βροχής hr (mm)	Αθροιστικό περίσσευμα βροχής hR (mm)	Περίσσευμα βροχής Y' (mm)	Παροχή εισροής q (m ³ /s)
0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1	0,5	1,2	1,39	1,39	0,00	0,00	0
2	1	3,0	3,61	5,00	0,00	0,00	0
3	1,5	3,4	4,14	9,14	0,00	0,00	0
4	2	1,5	1,76	10,90	0,00	0,00	0
5	2,5	2,1	2,50	13,40	0,00	0,00	0
6	3	8,8	10,60	24,00	0,04	0,04	0
7	3,5	17,4	20,90	44,90	4,05	4,01	1
8	4	24,6	29,56	74,46	17,18	13,13	3
9	4,5	17,3	20,81	95,27	29,62	12,44	2
10	5	13,0	15,54	110,81	40,06	10,44	2
11	5,5	5,1	6,08	116,89	44,36	4,30	1
12	6	2,6	3,11	120,00	46,59	2,24	0
Αθροισμα		100,0	120,00			46,59	

Πίνακας ΠΑ 32.3

Υδρογράφημα εισόδου ταμιευτήρα *Wedeba*

Συνολικό ύψος βροχής : 100 mm

CN = 85

q : παροχή εισροής (m³/sec), $q = ((2 \cdot F \cdot 1000) / (T_b \cdot 3600)) \cdot Y = C1 \cdot Y$

S : συνολικές απώλειες, $S = 25400 / CN - 254$ (mm)

S = 45 (mm)

F : έκταση λεκάνης (km²)

F = 1,96 (km²)

D : βήμα εξεταζόμενης βροχής

D = 0,8 (h)

Tc : χρόνος συγκέντρωσης (h)

Tc = 3,1 (h)

$T_p = 0.6 \cdot T_c + 0.5 \cdot D$ (h)

Tp = 2,11 (h)

$T_r = 1.67 \cdot T_p$ (h)

Tr = 3,52 (h)

$T_b = 2.67 \cdot T_p$ (h)

Tb = 5,63 (h)

C1 = 0,19328

Κατανομή βροχής: 3ου τετάρτου, Επίπεδο εμπιστοσύνης 70%

Y : ύψος βροχής (mm)

Y' : μειωμένο ύψος βροχής (περίσσευμα βροχής) κατά SCS (mm)

$h_R = (h_r - 0.2 \cdot S)^2 / (h_r + 0.8 \cdot S)$ για $h_r > 0.2 \cdot S$

$h_R = 0$ για $h_r < 0.2 \cdot S$

	Χρονικό βήμα	Κατανομή βροχής % Βροχής	Υψος βροχής Y (mm)	Αθροιστικό ύψος βροχής h _r (mm)	Αθροιστικό περίσσευμα βροχής h _R (mm)	Περίσσευμα βροχής Y' (mm)	Παροχή εισροής q (m ³ /s)
0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1	0,5	1,2	1,16	1,16	0,00	0,00	0
2	1	3,0	3,01	4,17	0,00	0,00	0
3	1,5	3,4	3,45	7,62	0,00	0,00	0
4	2	1,5	1,46	9,08	0,00	0,00	0
5	2,5	2,1	2,08	11,16	0,10	0,10	0
6	3	8,8	8,84	20,00	2,18	2,08	0
7	3,5	17,4	17,42	37,42	11,05	8,87	2
8	4	24,6	24,63	62,05	28,78	17,73	3
9	4,5	17,3	17,34	79,39	43,03	14,25	3
10	5	13,0	12,95	92,34	54,22	11,19	2
11	5,5	5,1	5,07	97,41	58,70	4,47	1
12	6	2,6	2,59	100,00	61,00	2,30	0
Αθροισμα		100,0	100,00			61,00	

Πίνακας ΠΑ 32.4

Υδρογράφημα εισόδου ταμιευτήρα Wedeba

Συνολικό ύψος βροχής : 100 mm

CN = 70

q : παροχή εισροής (m³/sec), $q = ((2 \cdot F \cdot 1000) / (T_b \cdot 3600)) \cdot Y = C1 \cdot Y$

S : συνολικές απώλειες, S=25400/CN-254 (mm)

S= 109 (mm)

F : έκταση λεκάνης (km²)

F = 1,96 (km²)

D : βήμα εξεταζόμενης βροχής

D = 0,8 (h)

Tc : χρόνος συγκέντρωσης (h)

Tc= 3,1 (h)

Tr = 0.6*Tc+0.5*D (h)

Tr= 2,11 (h)

Tr = 1.67*Tr (h)

Tr= 3,52 (h)

Tb = 2.67*Tr (h)

Tb= 5,63 (h)

C1 = 0,19328

Κατανομή βροχής: 3ου τετάρτου, Επίπεδο εμπιστοσύνης 70%

Y : ύψος βροχής (mm)

Y' : μειωμένο ύψος βροχής (περίσσευμα βροχής) κατά SCS (mm)

$h_R = (h_r - 0.2 \cdot S)^2 / (h_r + 0.8 \cdot S)$ για $h_r > 0.2 \cdot S$

$h_R = 0$ για $h_r < 0.2 \cdot S$

	Χρονικό βήμα	Κατανομή βροχής % Βροχής	Υψος βροχής Y (mm)	Αθροιστικό ύψος βροχής h _r (mm)	Αθροιστικό περίσσευμα βροχής h _R (mm)	Περίσσευμα βροχής Y' (mm)	Παροχή εισροής q (m ³ /s)
0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1	0,5	1,2	1,16	1,16	0,00	0,00	0
2	1	3,0	3,01	4,17	0,00	0,00	0
3	1,5	3,4	3,45	7,62	0,00	0,00	0
4	2	1,5	1,46	9,08	0,00	0,00	0
5	2,5	2,1	2,08	11,16	0,00	0,00	0
6	3	8,8	8,84	20,00	0,00	0,00	0
7	3,5	17,4	17,42	37,42	1,97	1,97	0
8	4	24,6	24,63	62,05	10,88	8,91	2
9	4,5	17,3	17,34	79,39	19,94	9,06	2
10	5	13,0	12,95	92,34	27,75	7,81	2
11	5,5	5,1	5,07	97,41	31,01	3,26	1
12	6	2,6	2,59	100,00	32,71	1,70	0
Αθροισμα		100,0	100,00			32,71	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

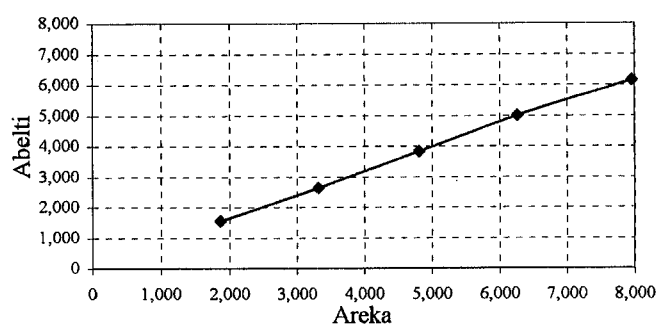
ΜΕΡΟΣ Β

Διαγράμματα

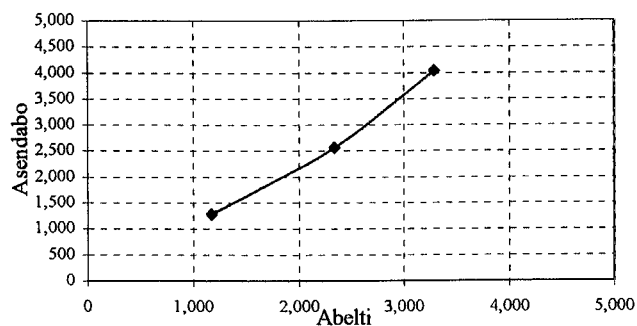
Διαγράμματα Δ1-Δ3 : Διπλές αθροιστικές καμπύλες, σταθμός βάσης : Areka

Διαγράμματα Δ3-Δ6 : Διπλές αθροιστικές καμπύλες, σταθμός βάσης : Abelti

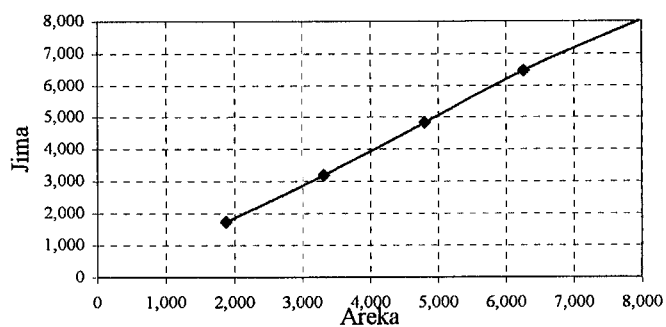
Διάγραμμα Δ1



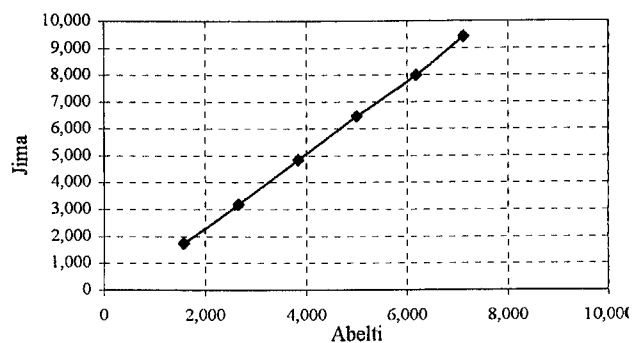
Διάγραμμα Δ4



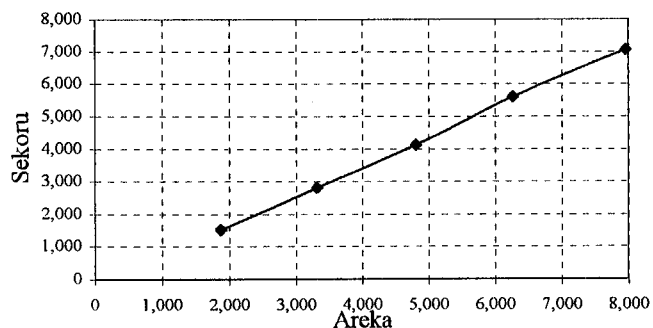
Διάγραμμα Δ2



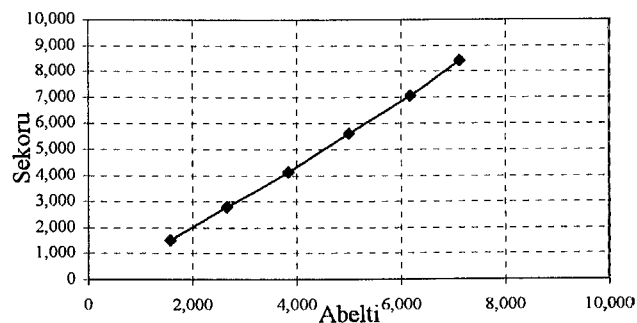
Διάγραμμα Δ5



Διάγραμμα Δ3

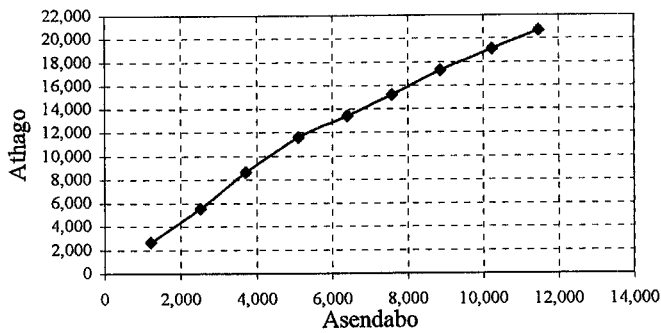


Διάγραμμα Δ6

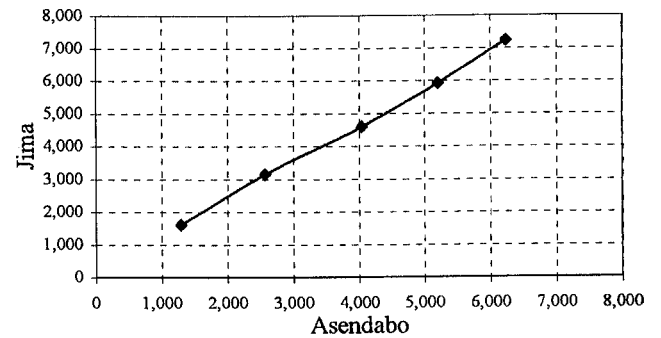


Διαγράμματα Δ7-Δ14 : Διπλές αθροιστικές καμπύλες, σταθμός βάσης : Asendabo

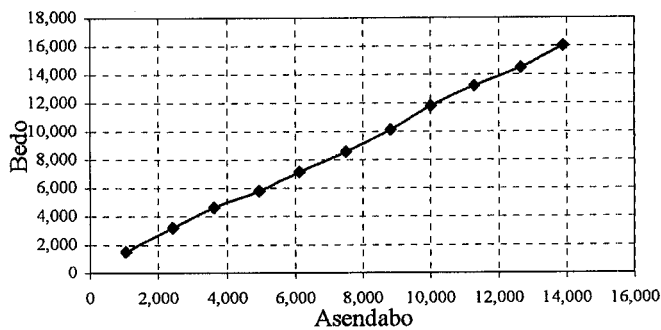
Διάγραμμα Δ7



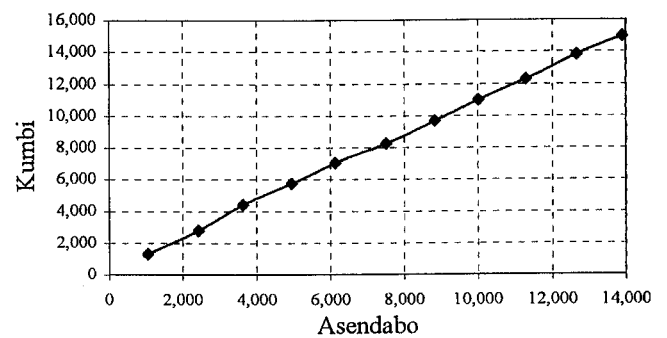
Διάγραμμα Δ11



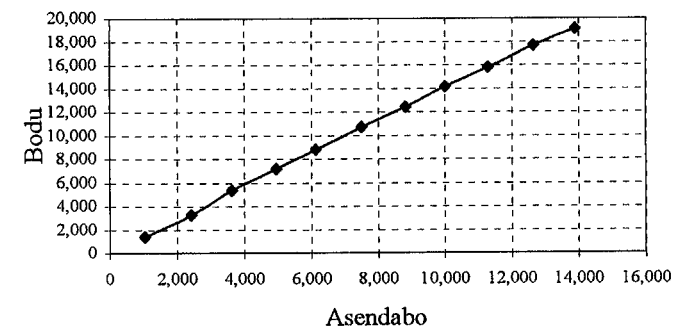
Διάγραμμα Δ8



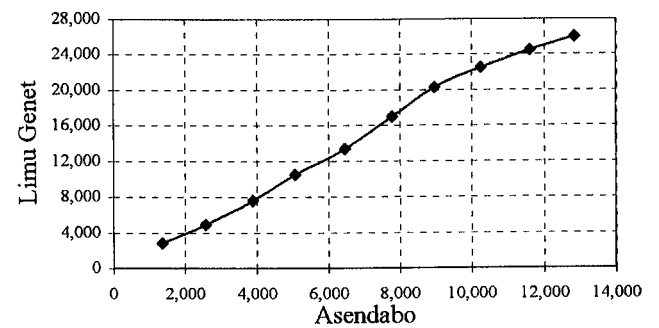
Διάγραμμα Δ12



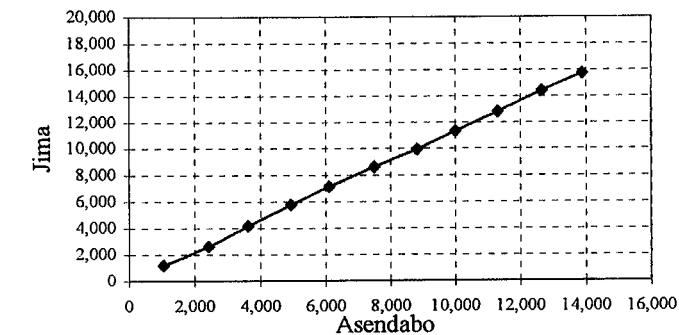
Διάγραμμα Δ9



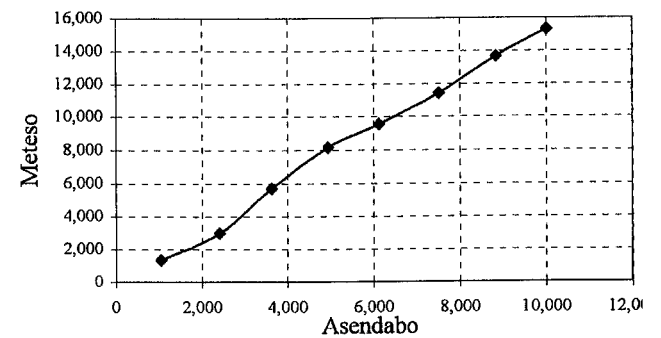
Διάγραμμα Δ13



Διάγραμμα Δ10

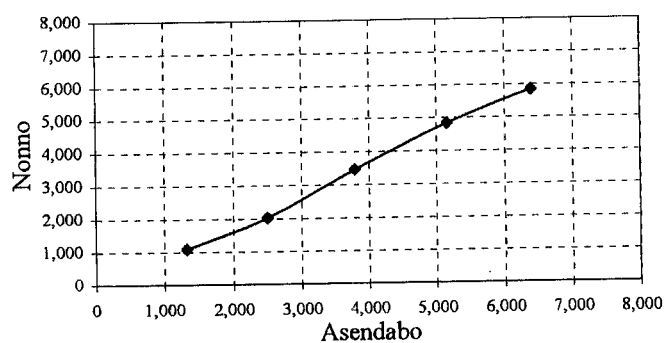


Διάγραμμα Δ14

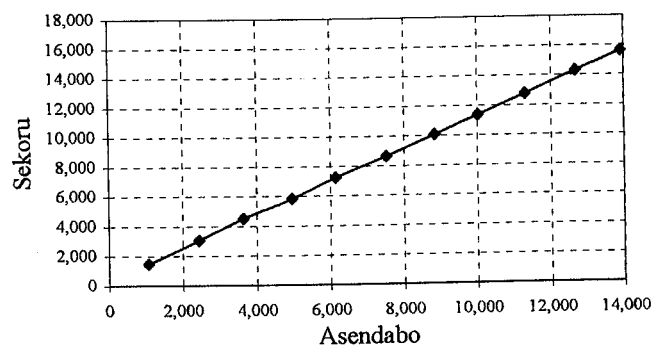


Διαγράμματα Δ15-Δ21 : Διπλές αθροιστικές καμπύλες, σταθμός βάσης : Asendabo

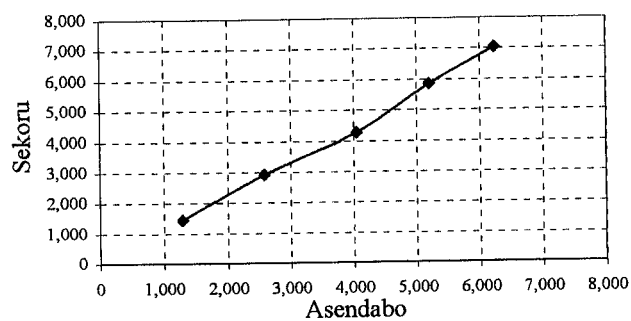
Διάγραμμα Δ15



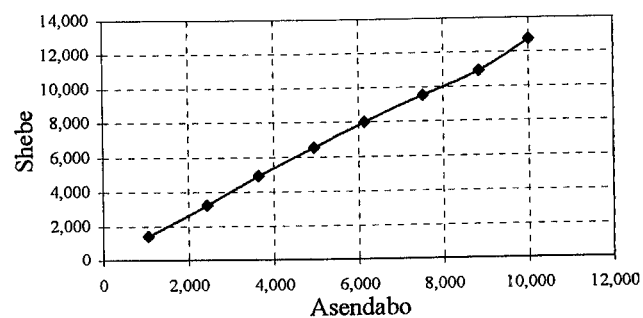
Διάγραμμα Δ19



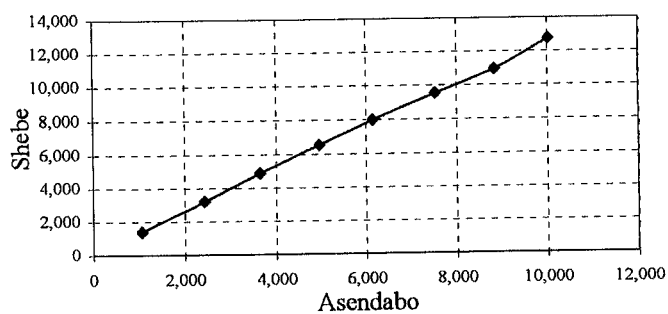
Διάγραμμα Δ16



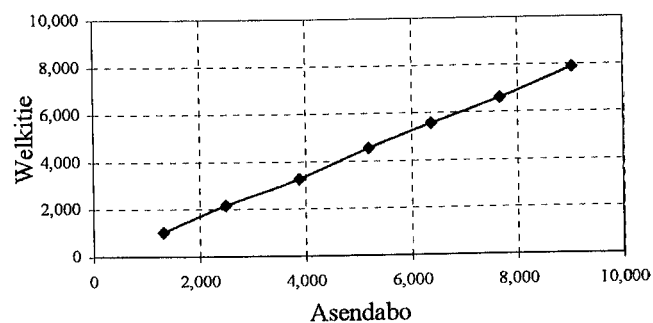
Διάγραμμα Δ20



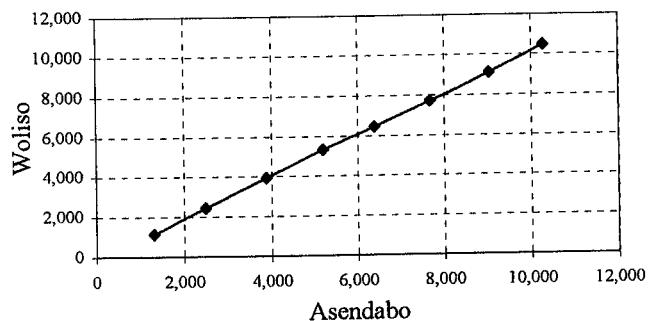
Διάγραμμα Δ17



Διάγραμμα Δ21

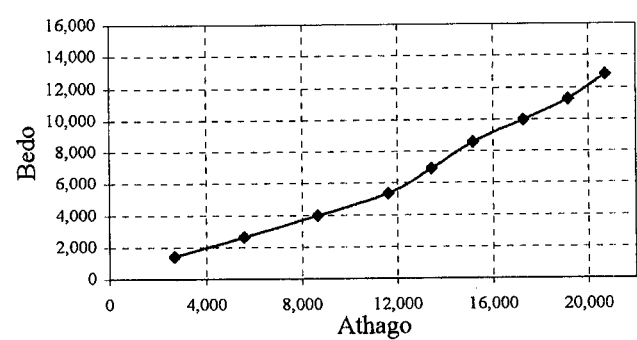


Διάγραμμα Δ18

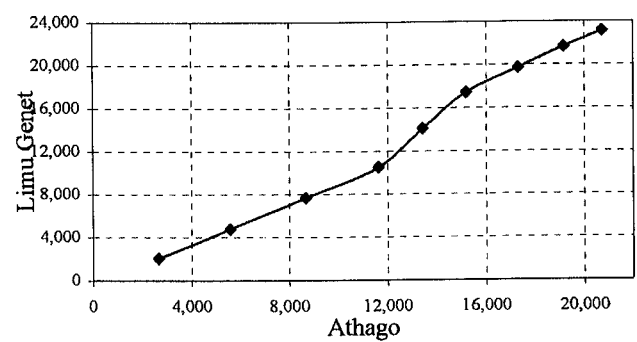


Διαγράμματα Δ22-Δ29 : Διπλές αθροιστικές καμπύλες, σταθμός βάσης : Athago

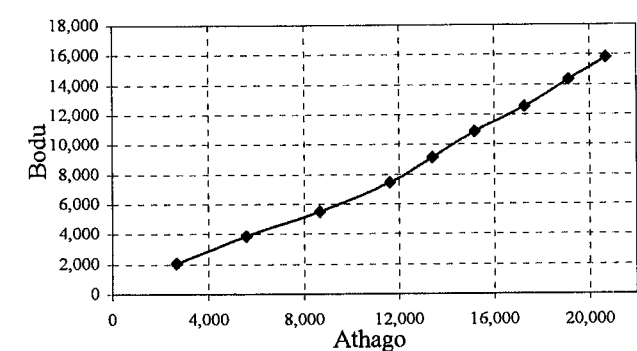
Διάγραμμα Δ22



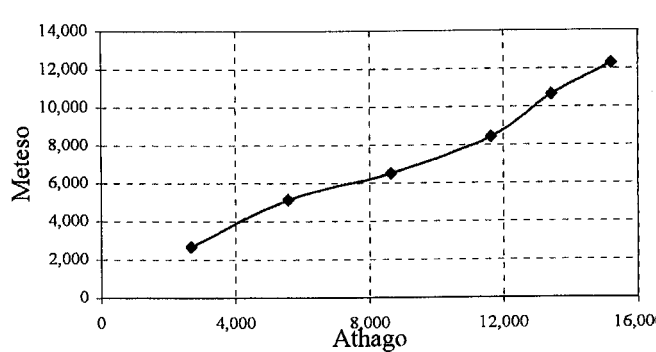
Διάγραμμα Δ26



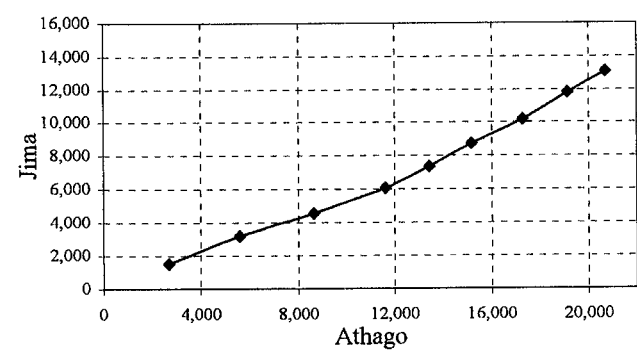
Διάγραμμα Δ23



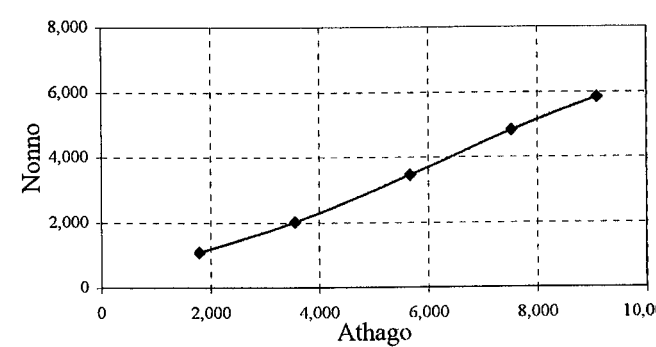
Διάγραμμα Δ27



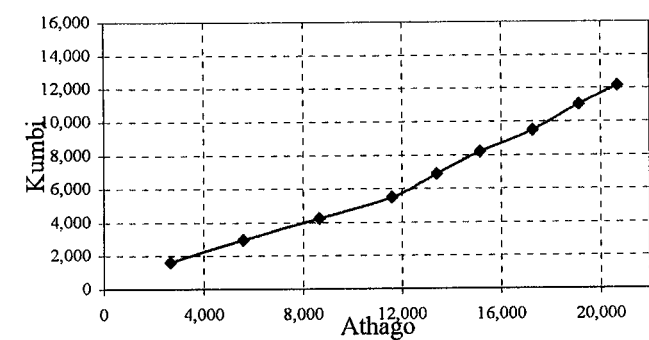
Διάγραμμα Δ24



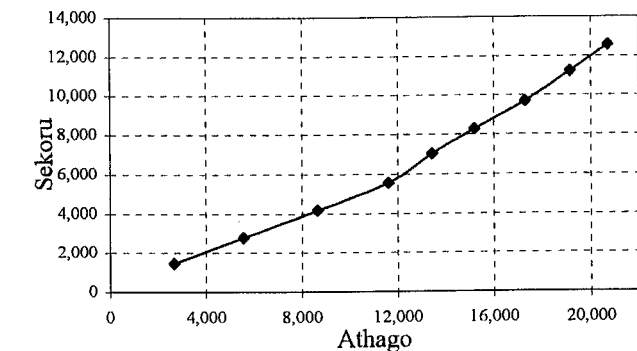
Διάγραμμα Δ28



Διάγραμμα Δ25

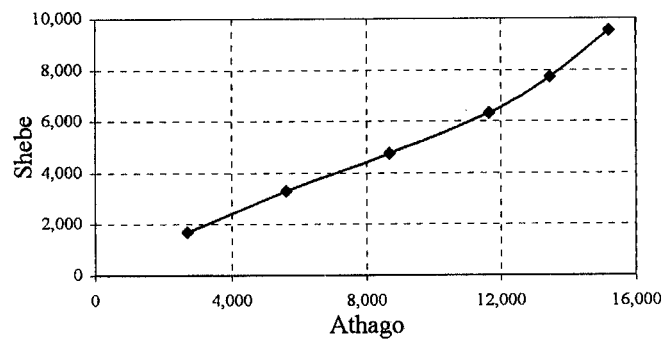


Διάγραμμα Δ29

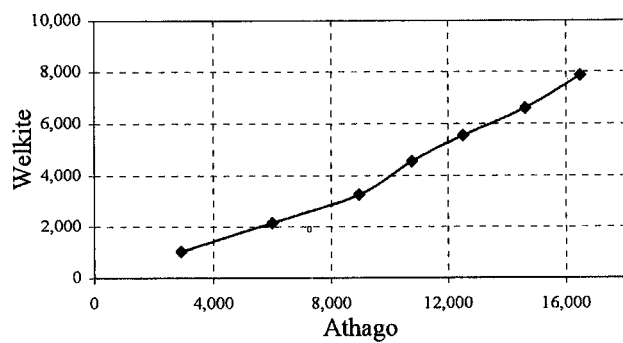


Διαγράμματα Δ30-Δ32 : Διπλές αθροιστικές καμπύλες, σταθμός βάσης : Athago

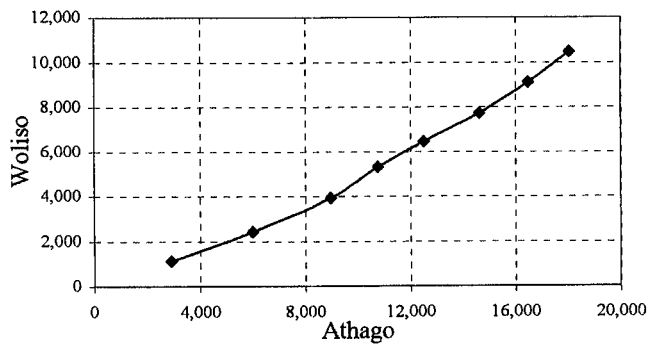
Διάγραμμα Δ30



Διάγραμμα Δ31

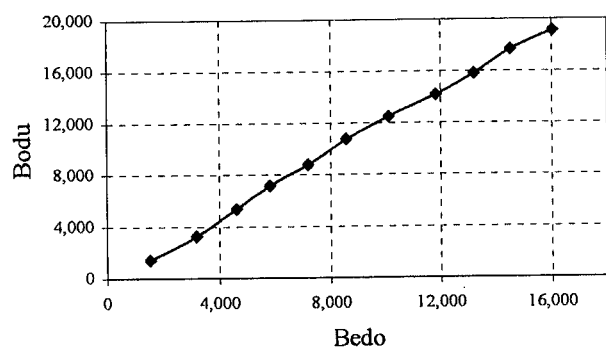


Διάγραμμα Δ32

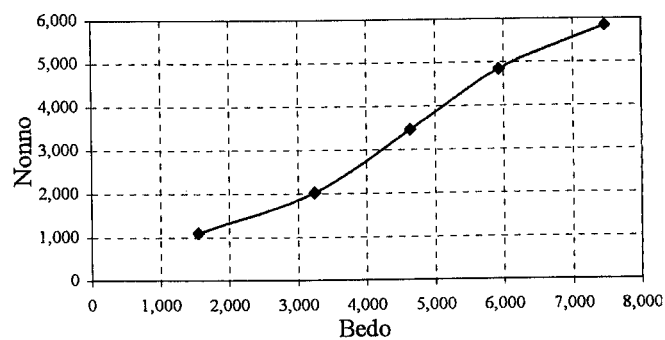


Διαγράμματα Δ33-Δ40 : Διπλές αθροιστικές καμπύλες, σταθμός βάσης : Bedo

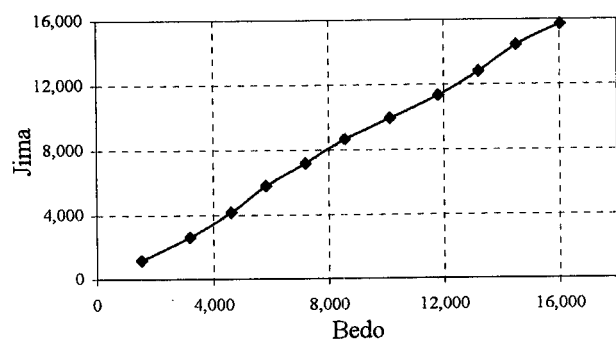
Διάγραμμα Δ33



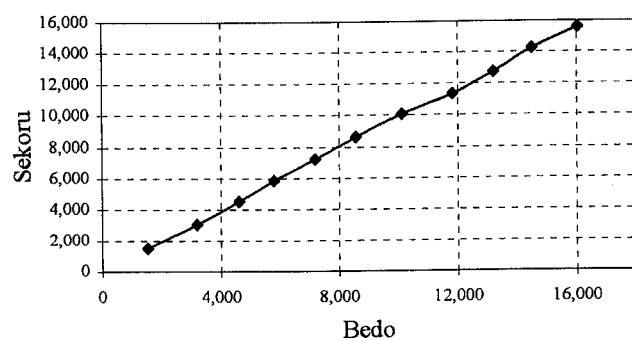
Διάγραμμα Δ37



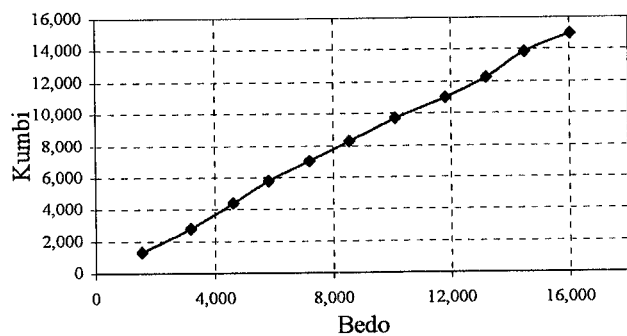
Διάγραμμα Δ34



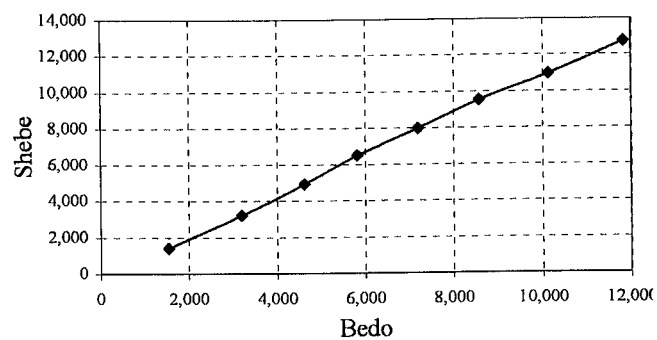
Διάγραμμα Δ38



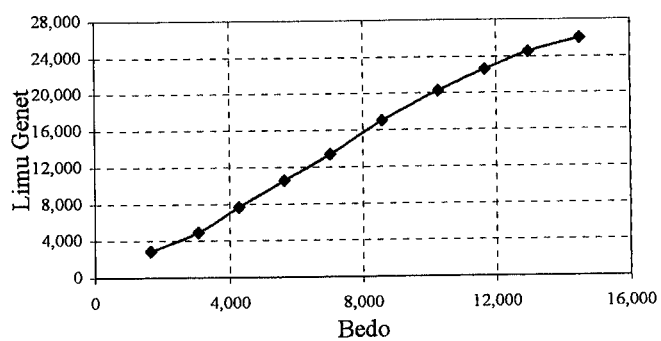
Διάγραμμα Δ35



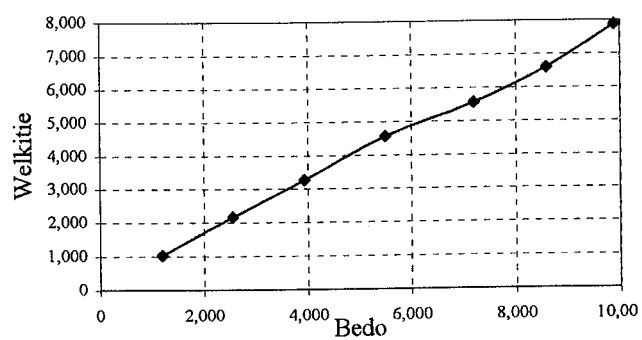
Διάγραμμα Δ39



Διάγραμμα Δ36

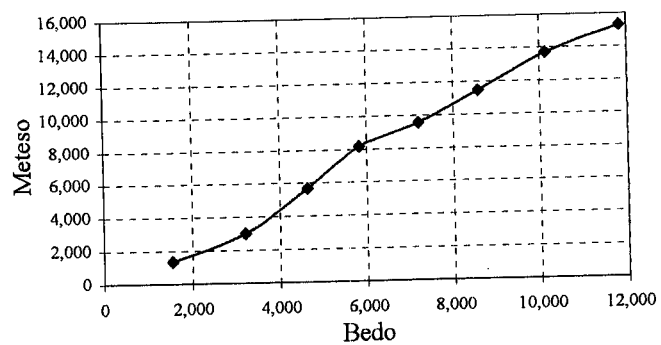


Διάγραμμα Δ40

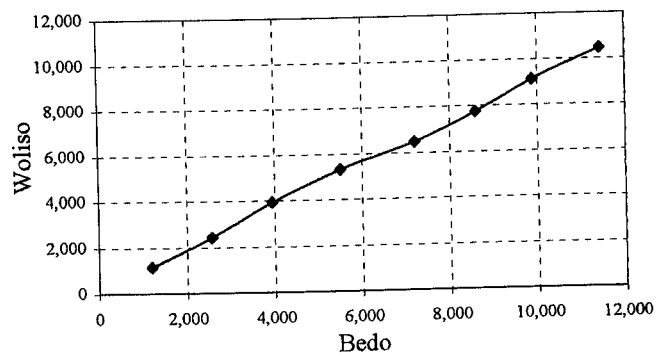


Διαγράμματα Δ41-Δ42 : Διπλές αθροιστικές καμπύλες, σταθμός βάσης : Bedo

Διάγραμμα Δ41

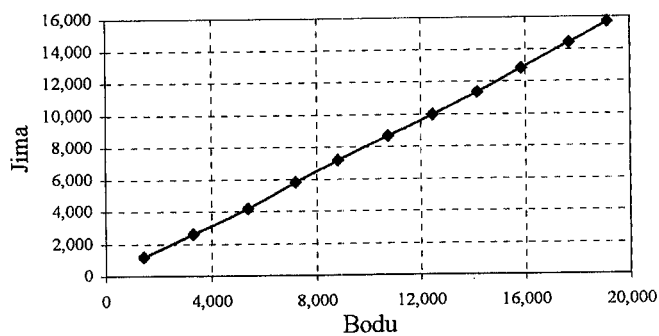


Διάγραμμα Δ42

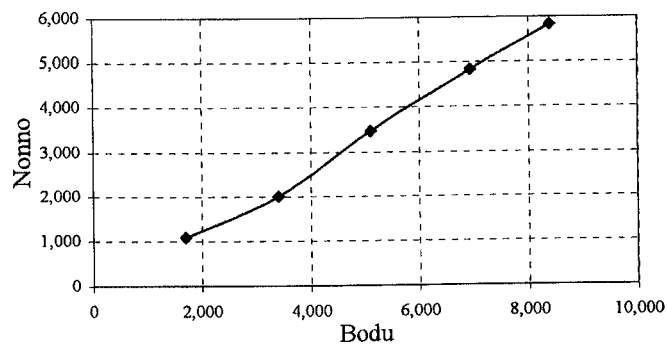


Διαγράμματα Δ43-Δ50 : Διπλές αθροιστικές καμπύλες, σταθμός βάσης : Bodu

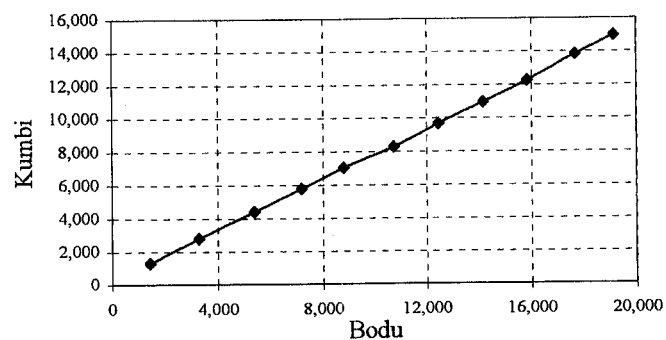
Διάγραμμα Δ43



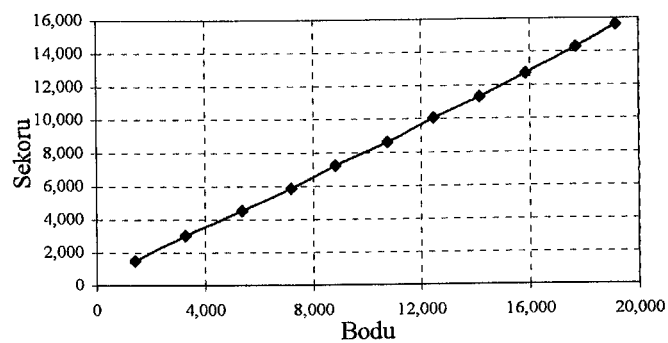
Διάγραμμα Δ47



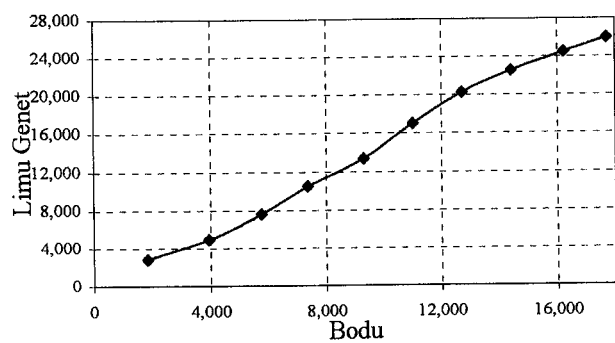
Διάγραμμα Δ44



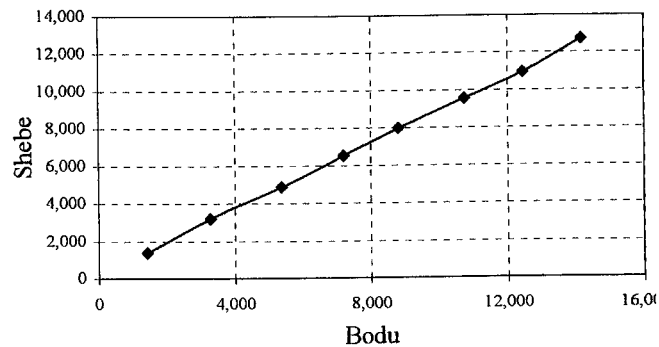
Διάγραμμα Δ48



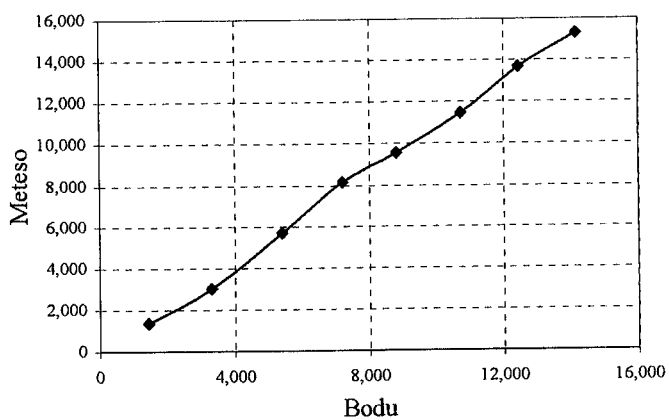
Διάγραμμα Δ45



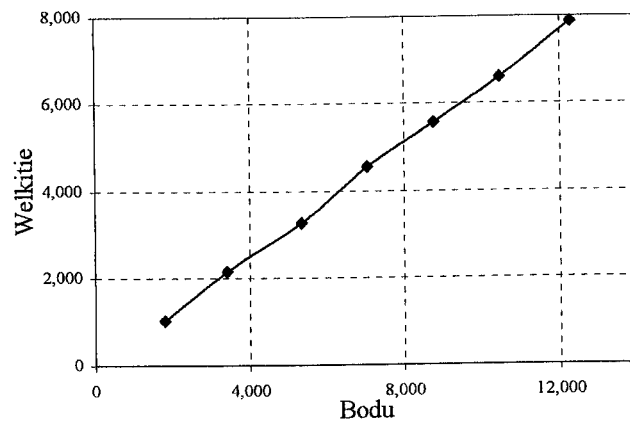
Διάγραμμα Δ49



Διάγραμμα Δ46

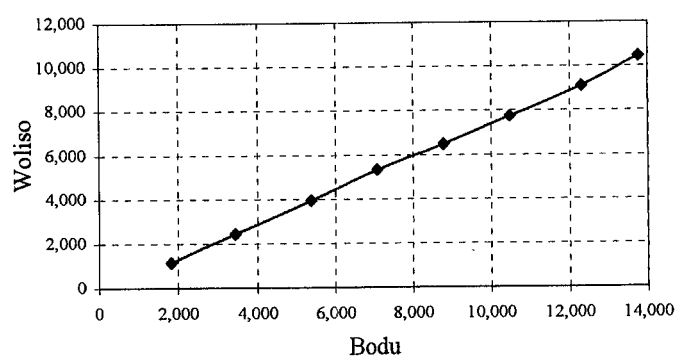


Διάγραμμα Δ50



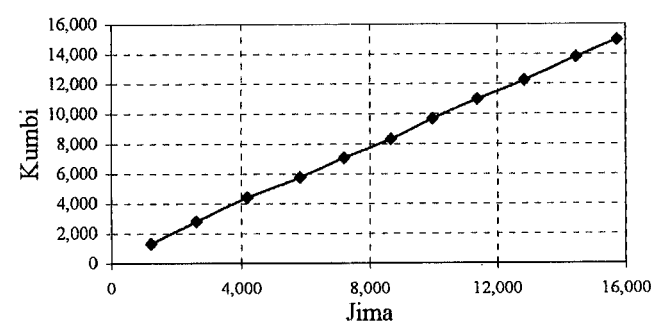
Διαγράμμα Δ51 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Bodu

Διάγραμμα Δ51

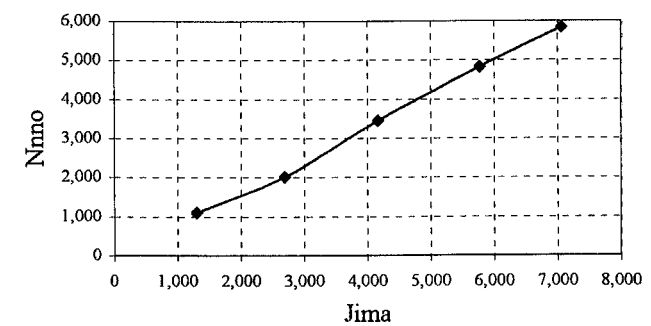


Διαγράμματα Δ52-Δ59 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Jima

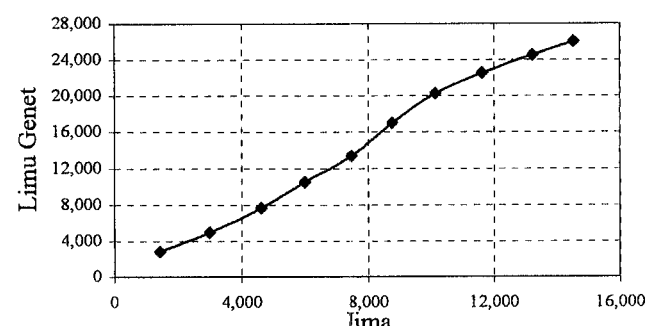
Διάγραμμα Δ52



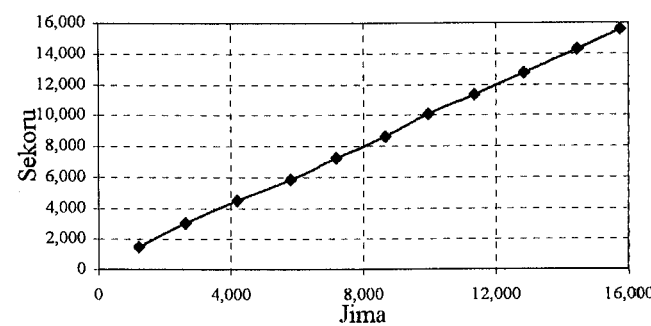
Διάγραμμα Δ56



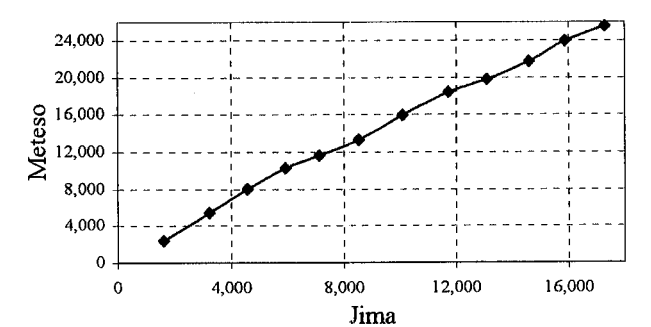
Διάγραμμα Δ53



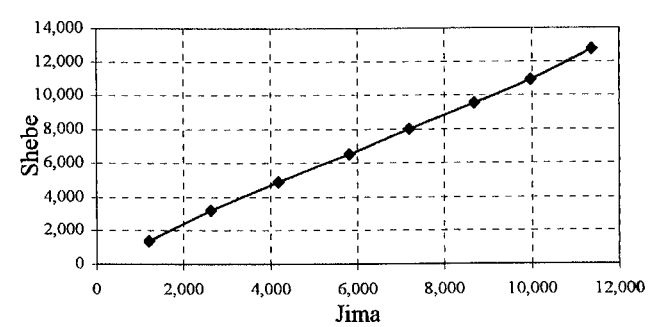
Διάγραμμα Δ57



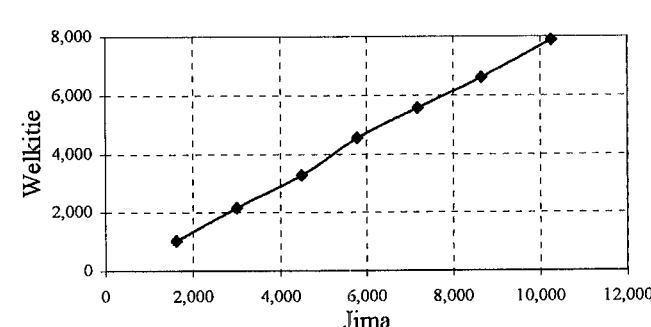
Διάγραμμα Δ54



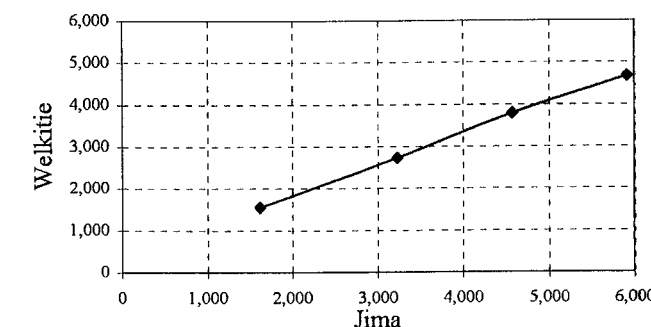
Διάγραμμα Δ58



Διάγραμμα Δ55

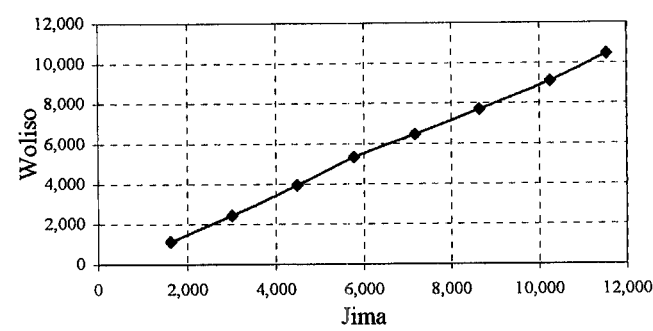


Διάγραμμα Δ59



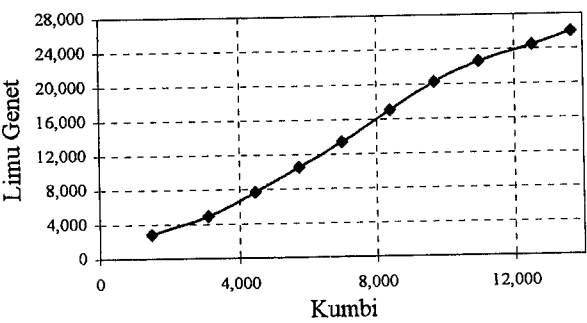
Διαγράμμα Δ60 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Jima

Διάγραμμα Δ60

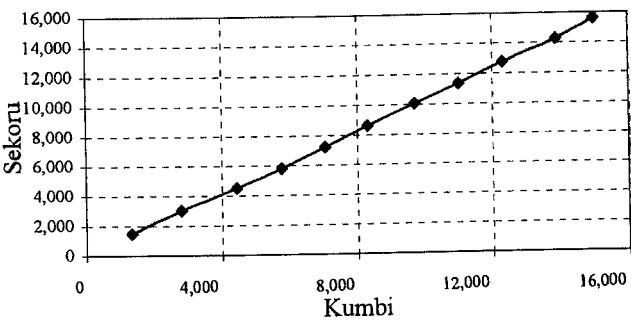


Διαγράμματα Δ61-Δ67 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Kumbi

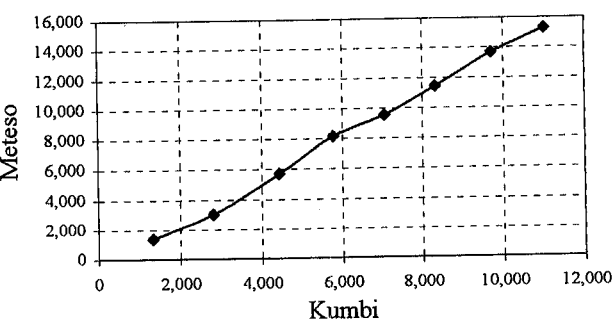
Διάγραμμα Δ61



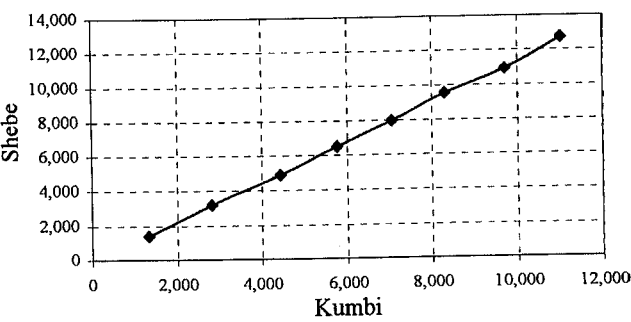
Διάγραμμα Δ65



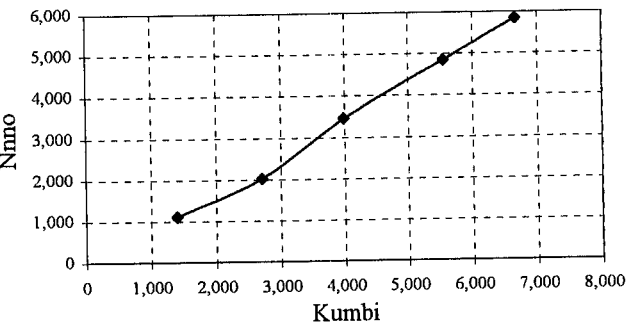
Διάγραμμα Δ62



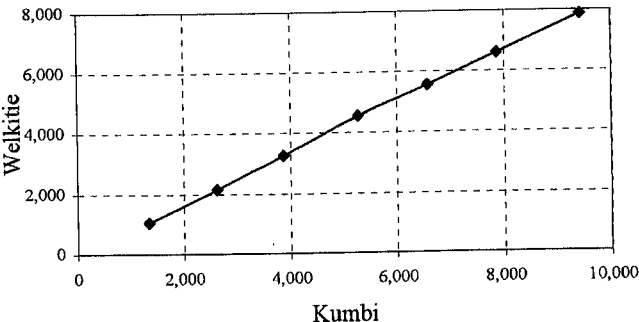
Διάγραμμα Δ66



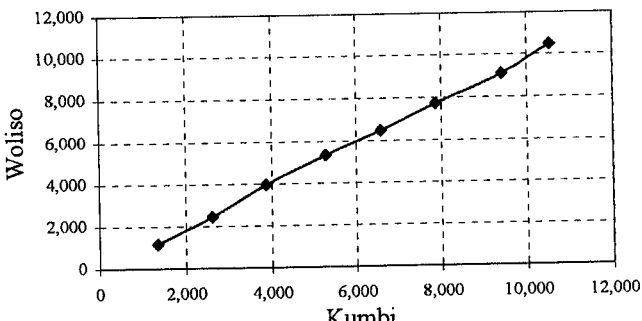
Διάγραμμα Δ63



Διάγραμμα Δ67

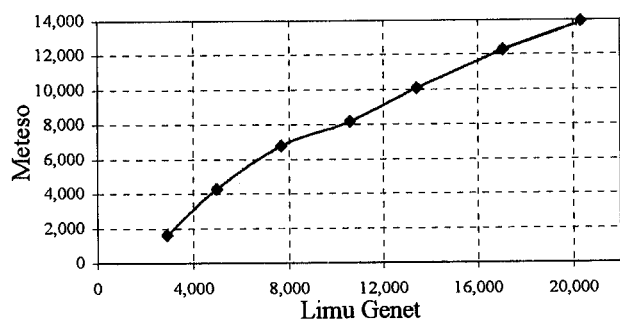


Διάγραμμα Δ64

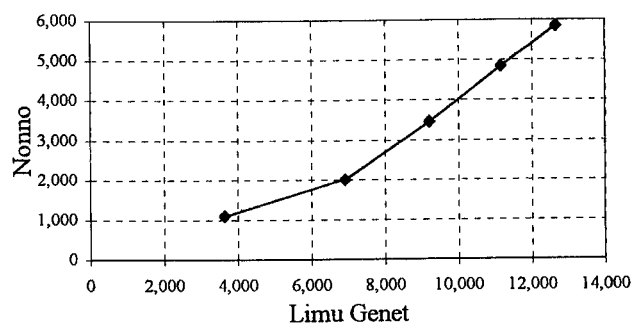


Διαγράμματα Δ68-Δ73 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Limu Genet

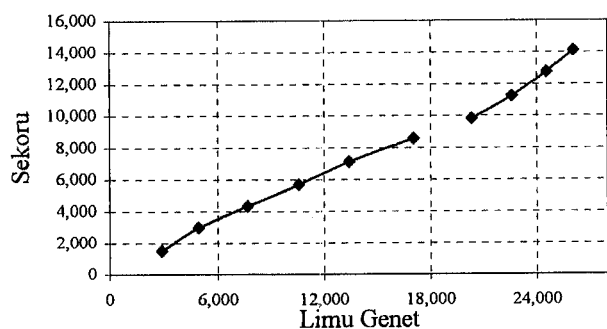
Διάγραμμα Δ68



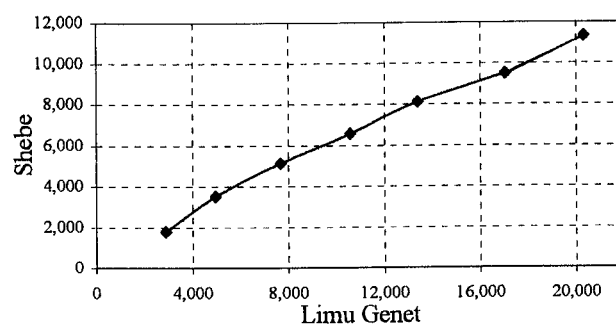
Διάγραμμα Δ71



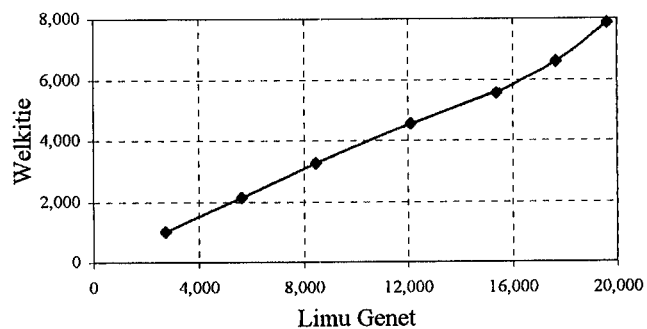
Διάγραμμα Δ69



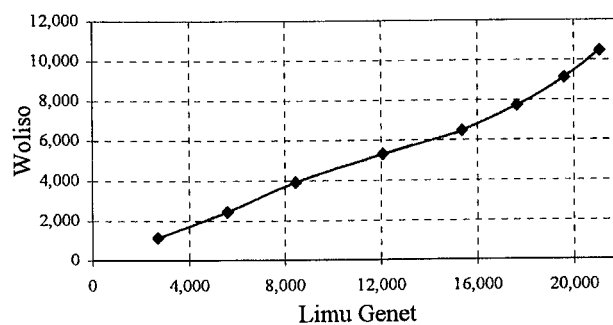
Διάγραμμα Δ72



Διάγραμμα Δ70

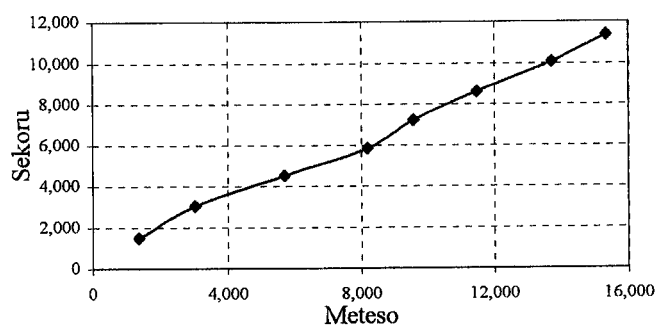


Διάγραμμα Δ73

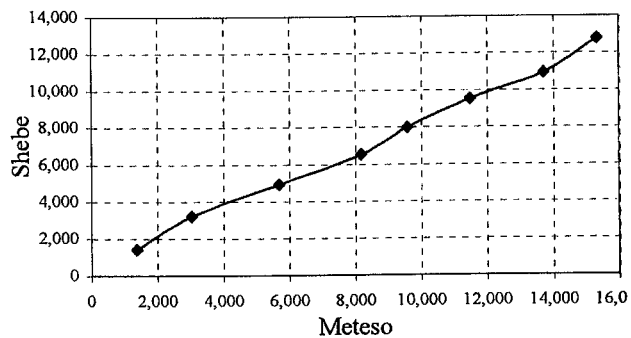


Διαγράμματα Δ74-Δ75 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Meteso

Διάγραμμα Δ74

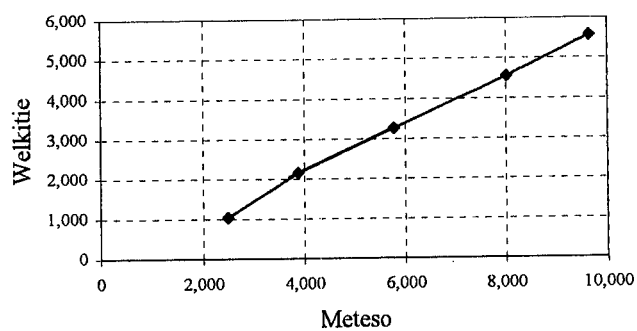


Διάγραμμα Δ75

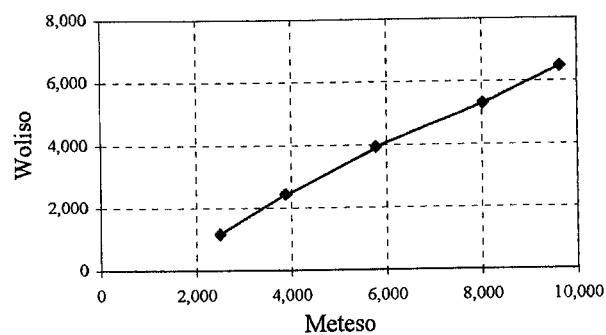


Διαγράμματα Δ76-Δ77 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Meteso

Διάγραμμα Δ76

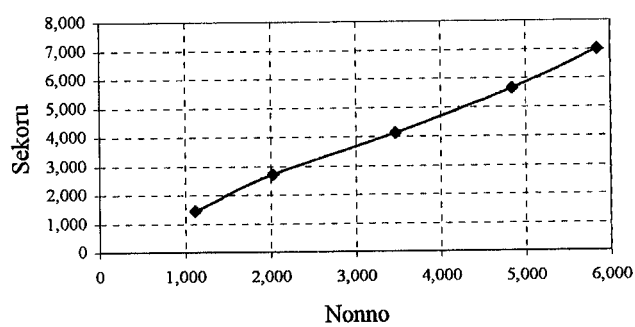


Διάγραμμα Δ77

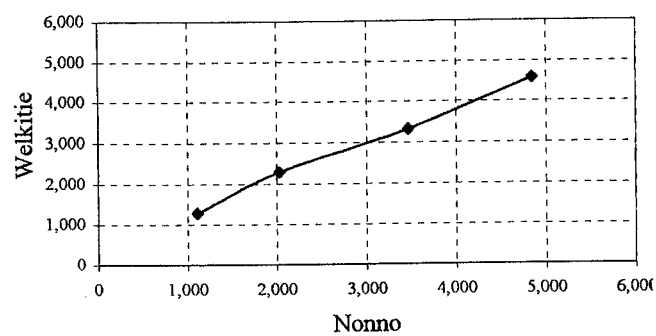


Διαγράμματα Δ78-Δ80 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Nonno

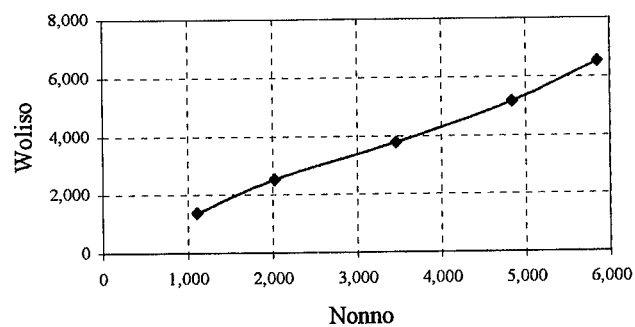
Διάγραμμα Δ78



Διάγραμμα Δ80

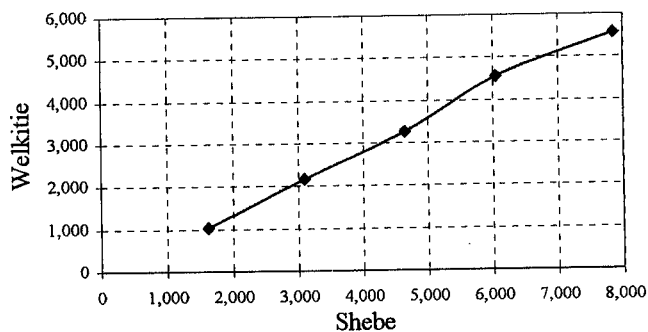


Διάγραμμα Δ79

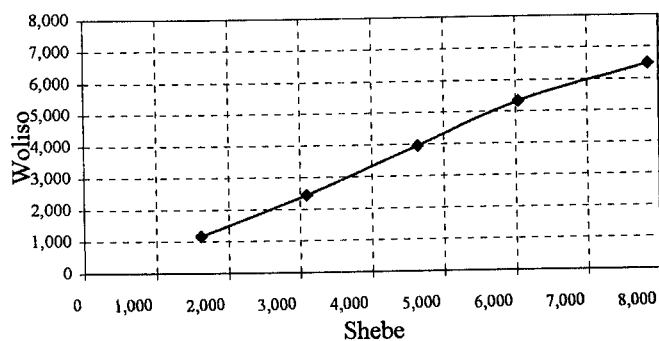


Διαγράμματα Δ81-Δ82 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Shebe

Διάγραμμα Δ81

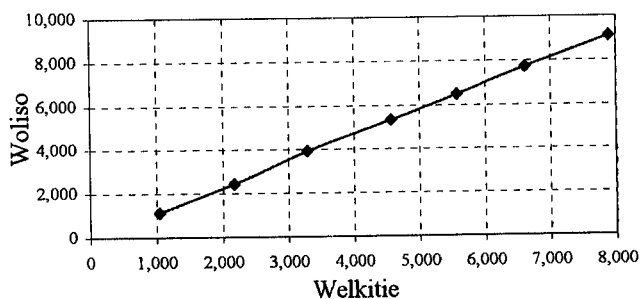


Διάγραμμα Δ82



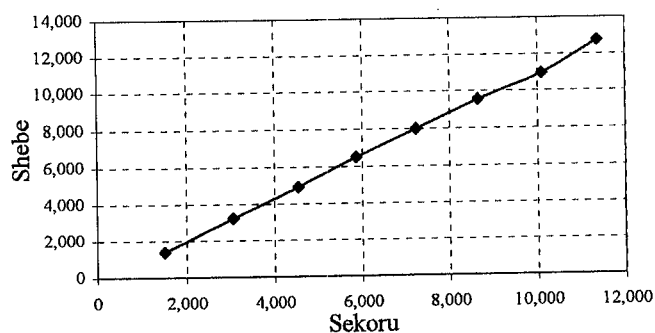
Διαγράμματα Δ83 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Welkitie

Διάγραμμα Δ83

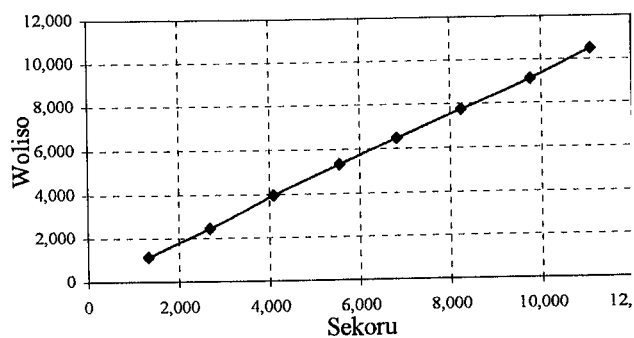


Διαγράμματα Δ84-Δ86 : Διπλή αθροιστική καμπύλη, σταθμός βάσης : Sekoru

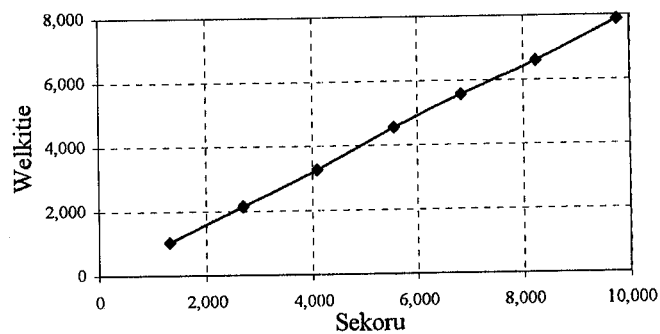
Διάγραμμα Δ84



Διάγραμμα Δ85

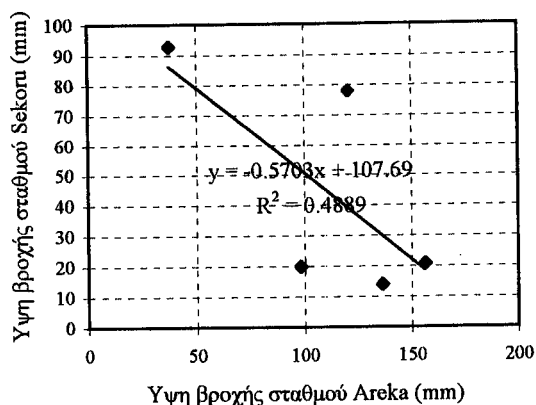


Διάγραμμα Δ86

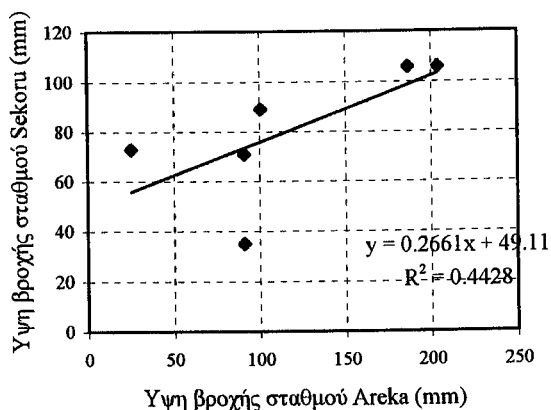


Διαγράμματα Δ87-Δ98. Συσχετίσεις βροχοπτώσεων σταθμού Areka και σταθμού Sekoru

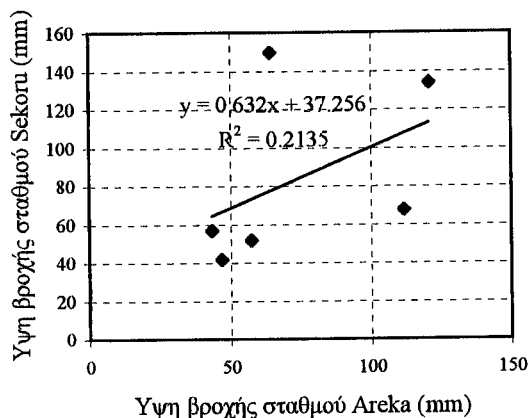
Διάγραμμα Δ87. Συσχέτιση βροχ/σεων Ιανουαρίου



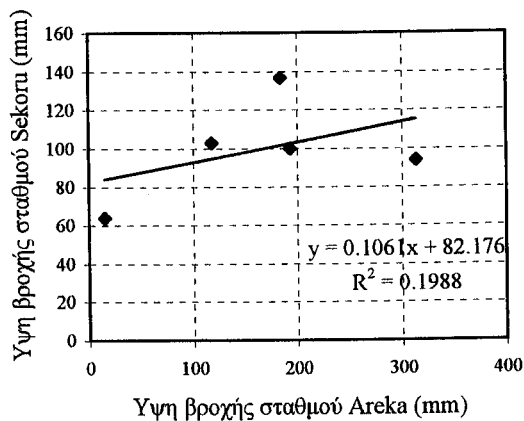
Διάγραμμα Δ88. Συσχέτιση βροχ/σεων Φεβρουαρίου



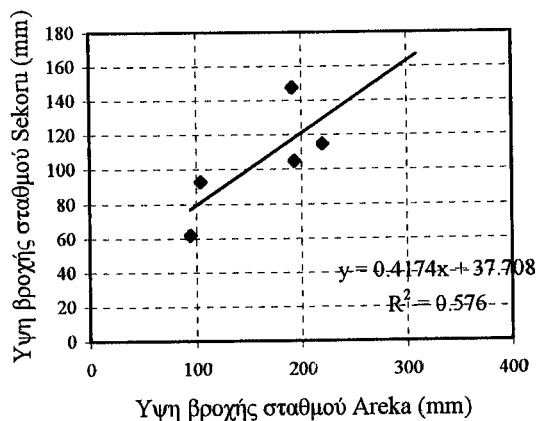
Διάγραμμα Δ89. Συσχέτιση βροχ/σεων Μαρτίου



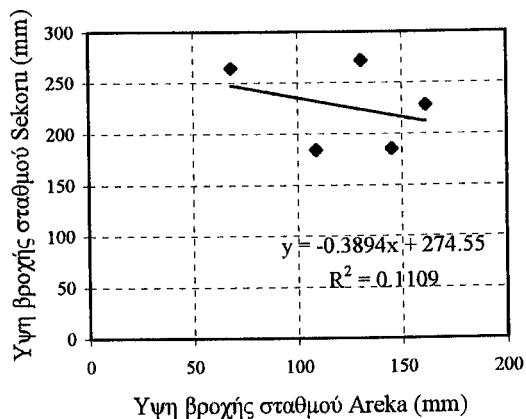
Διάγραμμα Δ90. Συσχέτιση βροχ/σεων Απριλίου



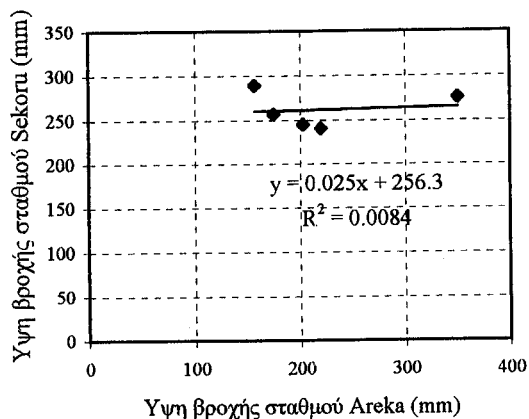
Διάγραμμα Δ91. Συσχέτιση βροχ/σεων Μαΐου



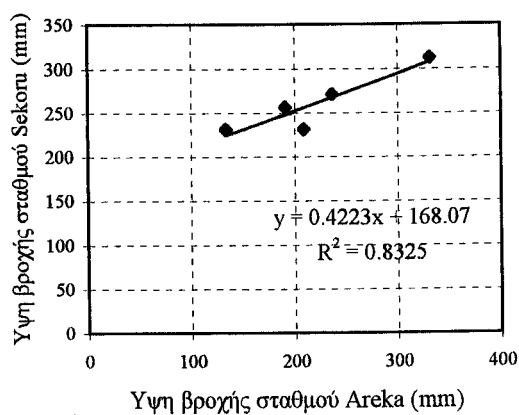
Διάγραμμα Δ92. Συσχέτιση βροχ/σεων Ιουνίου



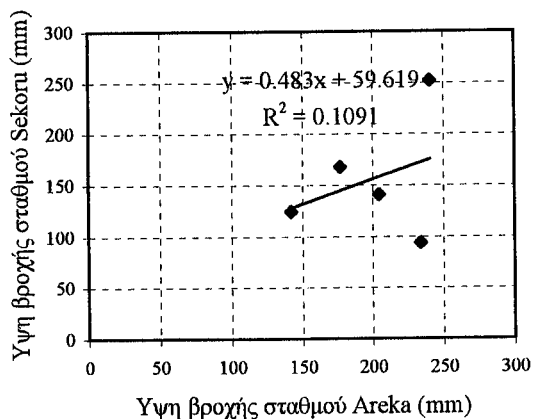
Διάγραμμα Δ93. Συσχέτιση βροχ/σεων Ιουλίου



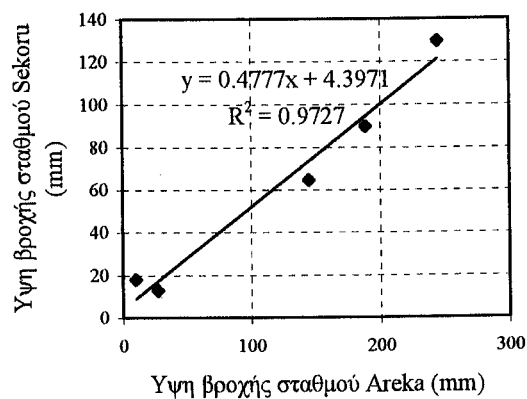
Διάγραμμα Δ94. Συσχέτιση βροχ/σεων Αυγούστου



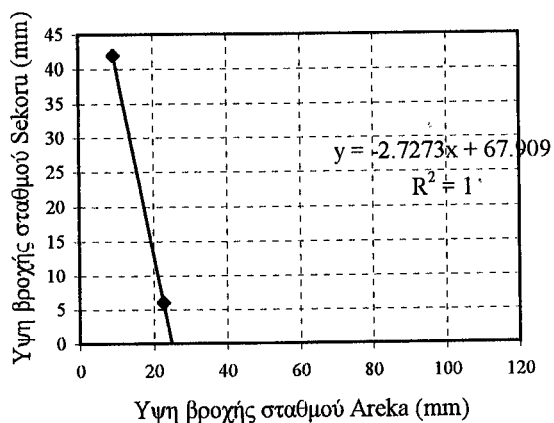
Διάγραμμα Δ95. Συσχέτιση βροχ/σεων Σεπτεμβρίου



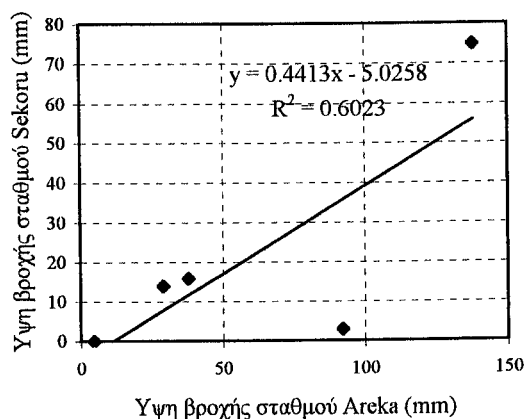
Διάγραμμα Δ96. Συσχέτιση βροχ/σεων Οκτωβρίου



Διάγραμμα Δ97. Συσχέτιση βροχ/σεων Νοεμβρίου



Διάγραμμα Δ98. Συσχέτιση βροχ/σεων Δεκεμβρίου



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΜΕΡΟΣ Γ

Σχέδια

Αρ.ΠΓ1 : Θέση έργων

Αρ.ΠΓ2 : Θέση Θέση Μετεωρολογικών - Βροχομετρικών σταθμών κλ. 1:250.000

Αρ.ΠΓ3 : Λεκάνη απορροής κλ. 1:50.000