

χρησιμοποιεί θερμότητα από γεωθερμικά νερά των 77° C, παράγοντας 13 διαφορετικά πακεταρισμένα προϊόντα πατάτας.

Υπάρχουν βέβαια και άλλα διαφορετικά παραδείγματα, σταχυολογίσαμε όμως μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα που μπορούν να εφαρμοσθούν ενδεχόμενα και στη Χώρα μας. Φαίνεται ότι η γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας έχει τις πιο πολλές και τις πιο ποικίλες χρήσιμες εφαρμογές και παρουσιάζει μεγάλο οικονομικό και αναπτυξιακό ενδιαφέρον.

7. ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

7.1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Μέχρι σήμερα πήραμε ηλεκτρική ενέργεια με τη χρησιμοποίηση γεωθερμικών ρευστών (κυρίως ατμού), που βρέθηκαν σε μικρά σχετικά βάθη (300-2000 μ.) και σε περιοχές με ισχυρές ανωμαλίες θερμικής ροής. Ο θερμός ατμός φτάνει στην επιφάνεια με πίεση, με δυνατό θόρυβο και με ταχύτητα 1000 περίπου χλμ./ώρα.

Αν ο ατμός είναι ξερός, καθαρίζεται από τα άλλα αέρια και διοχετεύεται στους ηλεκτροπαραγωγούς στρόβιλους, που μετατρέπουν τη γεωθερμική σε μηχανική και μετά σε ηλεκτρική ενέργεια με μέγιστο βαθμό απόδοσης 12%. Για τη μεταφορά των ρευστών από τις γεωτρήσεις στους στρόβιλους χρησιμοποιούνται θερμο-μονωτικές σωληνώσεις, για να αποφεύγεται η απώλεια θερμοκρασίας. Μέσα σ' αυτές ελάχιστη είναι η περιλίθωση και η διάβρωση. Μια και μόνο γεώτρηση ξερού ατμού είναι ικανή να τροφοδοτήσει ένα στρόβιλο μετατροπής ενέργειας ισχύος μέχρι 10.000 kW και να δώσει 80.000 .000 κιλοβατώρες το χρόνο περίπου.

Αν ο ατμός είναι υγρός, επιβάλλεται να χωριστεί από το νερό και να αντιμετωπιστούν σοβαρά προβλήματα περιλίθωσης και διάβρωσης. Τα προβλήματα αυτά δεν είναι βέβαια άλυτα, προκαλούν όμως αύξηση των εξόδων παραγωγής. Η πίεση για τη λειτουργία των γεωθερμικών γεννητριών κυμαίνεται από 3 μέχρι 7 ατμόσφαιρες, είναι δηλ. πολύ χαμηλή, αν τη συγκρίνουμε με τις πιέσεις λειτουργίας των κλασσικών θερμικών ή πυρηνικών γεννητριών. Ο μέγιστος βαθμός απόδοσης είναι εδώ 4-6%. Η τιμή της κιλοβατώρας της γεωθερμικής ενέργειας είναι αρκετά έως πολύ χαμηλή, ανάλογα με την ποιότητα του ατμού. Η τιμή το 1970 ήταν κατώτερη κατά το 1/3 τουλάχιστο από την τιμή της κιλοβατώρας των θερμικών εργοστασίων και είναι φανερό ότι η διαφορά αυτή της τιμής μεγάλωσε ακόμα πιο πολύ μετά την άνοδο της τιμής του πετρελαίου.

Έχει διαπιστωθεί στατιστικά από τις μέχρι τώρα γεωτρήσεις παραγωγής στον κόσμο ότι η πιθανότητα ανευρέσεως ξερού ατμού (πρώτη περίπτωση) σε σχέση με την ανεύρεση υγρού ατμού (δεύτερη περίπτωση) είναι μόνο 1:20.

Και στις δύο περιπτώσεις η εκμετάλλευση του νερού πριν το διαχωριστή και του ατμού μετά τον στρόβιλο μπορεί να συνεχισθεί σε θερμική ενέργεια για τη θέρμανση χώρων, αγροκίτες ή/και βιομηχανικές χρήσεις κ.λπ..

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι δυνατό να έχουμε και αν μεταδώσουμε ένα μέρος της θερμότητας των ρευστών, που έχουν μικρή σχετικώς ενθαλπία, σε ειδικά υγρά με πολύ χαμηλό σημείο βρασμού, όπως είναι π.χ. το φρέον, το ισοβουτάνιο, το προπάνιο και το χλωριούχο αιθύλιο. Στην Ε.Σ.Σ.Δ. πειραματικός σταθμός 680 kW λειτουργεί με φρέον, που θερμαίνεται με νερό θερμοκρασίας 81,5° C.

Οι δυνατότητες που προσφέρει ο τρόπος αυτός της εκμετάλλευσης

είναι τεράστιες και οι προοπτικές για το μέλλον θα είναι ακόμη μεγαλύτερες με την ανάπτυξη της σχετικής τεχνολογίας. Με τη μέθοδο αυτή είναι οπωσδήποτε δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τα νερά που διαχωρίζονται από τον υγρό ατμό και που η θερμική ενέργειά τους θα πήγαινε αλλιώς χαμένη. Η χρησιμοποίηση του κύκλου RANKINE, με ρευστά χαμηλού σημείου ζέσεως για την εκμετάλλευση ζεστών νερών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να είναι συμφέρουσα σε ειδικές περιπτώσεις, όπως π.χ. στα μικρά νησιά, όπου το κόστος παραγωγής με μηχανές Diesel είναι πολύ μεγάλο. Η ύπαρξη ζεστού νερού σε μικρά βάθη στο υπέδαφος είναι συνηθισμένο φαινόμενο σε πολλές περιοχές της γης και μπορεί να αναπτυχθεί πολύ ευρύτερα η εκμετάλλευσή του.

7.2. "Σχέδιο plowshare" (θερμά ξηρά πετρώματα).

Για να έχουμε ατμό ή θερμό νερό πρέπει να υπάρχουν ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες. Η σπουδαιότερη είναι η κάθετη περατότητα, που είναι γενικά πολύ ελαττωμένη (σχεδόν μηδαμινή) σε μεγάλα σχετικά βάθη. Εκεί η θερμοκρασία των γεωλογικών σχηματισμών είναι αρκετά ψηλή, π.χ. 350° C. Τέτοια θερμοκρασία παρουσιάζεται σε πολλές περιοχές της γης και σε βάθος από 1500 μέχρι 8000 μέτρα. Η πρώτη είναι η περίπτωση π.χ. της Νισύρου και η δεύτερη το πιο μεγάλο βάθος των γεωτρήσεων. Όμως στις περιοχές αυτές, με γεωθερμική βαθμίδα κατά 1,4 μέχρι και 6 φορές μεγαλύτερη της μέσης γήινης, σπάνια βρίσκονται γεωθερμικά πεδία, ακριβώς επειδή απουσιάζει η κάθετη περατότητα.

Υπολογίστηκε ότι 1 κυβ. χλμ. από ξηρά πετρώματα με την προοδευτική ελάττωση της θερμοκρασίας του από 350° σε 177° C είναι ικανά να δώσουν θερμική ενέργεια, που αντιστοιχεί σε ενέργεια 9 εκατομ. τόνων πετρελαίου.

Έγινε η σκέψη ότι, αν το βάθος των πετρωμάτων με τέτοια αρχική θερμοκρασία δεν είναι πολύ μεγάλο, θα ήταν δυνατό να επιχειρηθεί τεχνητή αύξηση των διαρρήξεων και να γίνει έτσι δυνατή η εκμετάλλευση των γιγαντιαίων ποσοτήτων της ενέργειας που βρίσκεται σε λανθάνουσα κατάσταση. Ας δούμε ένα υπολογισμό που έγινε. Αν σε βάθος 3000 έως 5000 μέτρων και κάτω από μια έκταση 100 μόνο τετρ. χλμ. υπάρχουν πετρώματα με θερμοκρασία 350° C (φτάνει γι' αυτό γεωθερμική βαθμίδα κατά 2,3 έως 3,9 φορές μεγαλύτερη από τη μέση τιμή) είναι δυνατό να παραχθούν 200 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες το χρόνο και για 15 χρόνια.

Για την αύξηση της περατότητας των πετρωμάτων υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι, που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα των πετρελαίων, αλλά και άλλες που βρίσκονται στο στάδιο της μελέτης. Όλες όμως προϋποθέτουν την ύπαρξη σχετικής ρηγμάτωσης των πετρωμάτων.

Το "σχέδιο plowshare" ερευνά τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ατομικές εκρήξεις μέσα σε θερμά πετρώματα, που βρίσκονται σε μεγάλο βάθος. Όταν από τις εκρήξεις αυτές δημιουργηθεί πολύ μεγάλη περατότητα, τότε θα διοχετευτεί νερό στο κατώτερο τμήμα του τεχνητού συλλέκτη και θα παραχθεί ατμός στο ανώτερο τμήμα του. Το κύκλωμα πρέπει να είναι απαραίτητα κλειστό, για να μη μολυνθούν από τα ραδιενεργά ισότοπα, που μοιραία δημιουργούνται από τις πυρηνικές εκρήξεις, οι επιφανειακοί υδροφόροι ορίζοντες και το περιβάλλον. Η μοναδική σοβαρή επιφύλαξη για την εφαρμογή του σχεδίου αυτού είναι μήπως προκληθούν σεισμοί σε ασταθείς περιοχές από τη διαταραχή της ισορροπίας των πετρωμάτων (απότομη έκλυση της λανθάνουσας σεισμικής ενέργειας).

Οι WHITE και MUEFFLER υπολόγισαν το 1972 ότι τα παγκόσμια

γεωθερμικά αποθέματα, που βρίσκονται σε βάθος μικρότερο από 3000 μέτρα, για αποκλειστική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μόνο 2×10^{19} θερμίδες, που ισοδυναμούν με 58.000 MW για 50 χρόνια, με τα σημερινά πάντοτε δεδομένα της τεχνολογίας μας. Για τα ανεπτυγμένα κράτη η γεωθερμική ενέργεια θα έχει περιορισμένη σημασία, αν η εκμετάλλευσή της θα εξακολουθήσει να βασίζεται στη γνωστή κλασική τεχνολογία. Αν, αντίθετα, μια ανεπτυγμένη τεχνολογία κατορθώσει να εκμεταλλευτεί τα θερμά και ξερά πετρώματα, θα είναι δυνατό να παραχθεί ενέργεια ωφέλιμη ακόμη και για τα πιο ανεπτυγμένα κράτη.

Με το "σχέδιο plowshare" υπολογίστηκε ότι είναι δυνατό να παραχθούν $200 \cdot 10^9$ κιλοβατώρες το χρόνο, για 30 χρόνια (και σε τιμή χαμηλή: 0,95 δρχ/κιλοβάτώρα), αν γίνουν 300-400 υπόγειες πυρηνικές εκρήξεις με δύναμη 200 χιλιοτόνους η κάθε μια σε βάθος 3000 μ., εκμεταλλευόμενοι την πτώση της θερμοκρασίας των πετρωμάτων από 350 σε 250° C.

Στην ΕΣΣΔ πραγματοποιούνται έρευνες που έχουν διαφορετικό στόχο, δηλαδή την εκμετάλλευση της ενέργειας των ενεργών ηφαιστείων. Το σχέδιο ερευνών προβλέπει γεωτρήσεις, με σκοπό την αύξηση της περατότητας, χρησιμοποιώντας παραδοσιακές εκρηκτικές ύλες, σε βάθος π.χ. 3.300 μ., όπου η θερμοκρασία των πετρωμάτων μπορεί να φθάνει ακόμα και τους 600° C. Μετά προβλέπεται η εισαγωγή νερού και η δημιουργία ατμού, που υπολογίζεται ότι θα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει σταθμό με ισχύ 300.000 kW.

7.3. Παραγόμενη "γεωθερμική" ηλεκτρική ενέργεια στον κόσμο

Στον πίνακα II, που δείχνει την ηλεκτρική ισχύ των γεωθερμικών μονάδων σ'όλο τον κόσμο, παρατηρούμε ότι 19 κράτη παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα από τη γεωθερμική ενέργεια.

ΠΙΝΑΚΑΣ II. (E.Barbier (1990)

Εγκατεστημένη γεωθερμική ηλεκτρική ισχύς στον κόσμο κατά το 1982 και 1989 (σε Μεγαβάτ).

Χώρα	1982	1989
ΗΠΑ	936	2212
Φιλιππίνες	570	894
Μεξικό	180	700
Ιταλία	440	548
Ιαπωνία	215	215
Ν. Ζηλανδία	202	167
Ινδονησία	95	95
Κένυα	41	41
Νικαράγουα	35	35
Τουρκία	0,5	20,6
Κίνα	4	17,3
ΕΣΣΔ	11	11
Γαλλία (Γουαδελούπη)		4
Πορτογαλία (Αζόρες)	3	3
Ελλάδα		2
Ρουμανία		1,5
Αργεντινή		0,6
Ταϊλάνδη		0,2
Ζάμπια		0,2
ΣΥΝΟΛΟ	2792,5	5154,5

7.4. Αφαλάτωση

Το πρόβλημα επάρκειας γλυκού νερού για οικιακή, γεωργική και βιομηχανική χρήση, γίνεται καθημερινά οξύτερο. Τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν οικονομικά να συμβάλουν στη λύση του προβλήματος, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου άλλες λύσεις είτε είναι ουσιαστικά ανεφάρμοστες, είτε υπερβολικά δαπανηρές.

Η αφαλάτωση μπορεί να γίνει με συμπύκνωση του παραγόμενου ρευστού (Ξερού ή υγρού ατμού), όπως στην περίπτωση Salton Sea (ΗΠΑ), ή χρησιμοποιώντας τη θερμική ενέργεια για αφαλάτωση θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού, είτε με την μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης ή με εκείνη της πολυσταδιακής εξάτμισης σε συνθήκες υποπίεσης.

7.5. Αξιοποίηση χημικών συστατικών των ρευστών

Τα γεωθερμικά ρευστά περιέχουν μερικές φορές χρήσιμα άλατα ή αέρια. Μεταξύ των πρώτων σημειώνουμε τη χρησιμοποίηση των αλάτων του Καλίου και Μαγνησίου στο Salton Sea (ΗΠΑ), όπου παράγονται σαλαμούρες (brines) από γεωθερμικές γεωτρήσεις.

Παρόμοια ρευστά πολύ πλούσια σε θειικό κάλιο βρέθηκαν τελευταία στο καινούργιο γεωθερμικό πεδίο Cesano Ιταλίας.

Στο Larderello γινόταν παλιότερα ευρεία εκμετάλλευση του βορικού οξέος των γεωθερμικών ρευστών.

Ένα αέριο που έχει μεγάλη σημασία για τα θερμοκήπια είναι το CO₂, που παράγεται συνήθως σε αφθονία από τις γεωθερμικές γεωτρήσεις. Είναι γνωστό ότι με τη θερμότητα καλυτερεύουμε την απόδοση στις καλλιέργειες, γι' αυτό κατασκευάζουμε τα θερμοκήπια. Είναι επίσης γνωστό ότι το CO₂ έχει ζωτική σημασία στη δημιουργία των οργανικών ουσιών και επομένως στην ανάπτυξη των φυτών. Λίγοι όμως γνωρίζουν ότι η τεχνητή αύξηση της περιεκτικότητας του CO₂ σε κλειστούς χώρους, όπως τα θερμοκήπια, αποτελεί το καλύτερο χημικό λίπασμα και μπορεί ακόμα να διπλασιάσει την παραγωγή.

Έτσι τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν μαζί με τη θερμότητα να δώσουν και το πολύτιμο CO₂ στα θερμοκήπια. Το θέμα έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα γεωθερμικά πεδία της Βόρειας Ελλάδας.

Σε μερικές περιπτώσεις, τα γεωθερμικά ρευστά περιέχουν, σε ελάχιστες ποσότητες, πολύτιμα ορυκτά που μπορούν να αξιοποιηθούν σαν υποπροϊόντα της όλης εκμετάλλευσης.

7.6. Άλλες χρήσεις

Τα θερμά νερά χρησιμοποιήθηκαν από πολύ παλιά για ιαματικούς βασικά σκοπούς. Η ανάπτυξη της γεωθερμίας μπορεί παράλληλα να δημιουργήσει τέτοιες αξιοποιήσεις και σε περιοχές που δεν είχαν παραδοσιακές ιαματικές πηγές, αφού το γεωθερμικό νερό έχει συνήθως τέτοιες ιδιότητες.

Όταν η περιεκτικότητα σε άλατα των γεωθερμικών ρευστών είναι μικρή μπορούν να χρησιμοποιηθούν, μετά την ενεργειακή εκμετάλλευση, για οικιακή χρήση, αρδεύσεις και εμπλουτισμό των υπογείων υδροφόρων οριζόντων.

Αναφέρεται επίσης η χρήση για παραγωγή βαρέος ύδατος στο Salton Sea (ΗΠΑ).

Γενικά, μπορούν να αναπτυχθούν διάφορες χρήσεις, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού ρευστού και τις τοπικές συνθήκες.

7.7. Άμεσες χρήσεις (Direct uses)

Οι εφαρμογές της γεωθερμίας χαμηλής κυρίως ενθαλπίας σε άμεσες χρήσεις της ενέργειας είναι πολλές και ποικίλες και πρέπει να προσαρμόζονται κατά περίπτωση στις τοπικές συνθήκες και ανάγκες.

Η χρησιμοποίηση της θερμότητας των ζεστών νερών στις σημερινές συνθήκες παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Η θέρμανση στις ψυχρές και ανεπτυγμένες χώρες καλύπτει ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Στη Γαλλία π.χ. η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση φτάνει στο 30% της συνολικής. Επομένως η χρησιμοποίηση ζεστών φυσικών νερών έχει μεγάλη σημασία για χώρες που δεν διαθέτουν δικά τους καύσιμα.

Εκτός από τη θέρμανση μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ενέργεια των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας σε βιομηχανικές, εκτροφικές, τουριστικές εφαρμογές και ιδιαίτερα σημειώνουμε τη δυνατότητα εφαρμογών σε ψυκτικές εγκαταστάσεις.

Για τις ποικίλες χρήσεις των ρευστών χαμηλής ενθαλπίας αναφέρουμε παρακάτω μερικά στοιχεία και παραδείγματα:

- Η θέρμανση σπιτιών και πισίνων ως και η παροχή νερού ζεστού χρήσης είναι κάτι που γίνεται όλο και περισσότερο στον κόσμο με την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών.
- Ο κλιματισμός κτιρίων το καλοκαίρι είναι κάτι που ήδη γίνεται και χρησιμοποιούνται γι' αυτό γεωθερμικά ρυστά 80-120° C.
- Η θέρμανση διαφόρων τύπων θερμοκηπίων γίνεται επίσης με ποικίλες μεθόδους, όπως με θερμό αέρα, καλοριφέρ, θερμαινόμενο έδαφος (οπότε αρκούν νερά ακόμη και 25° C). Η ενδεχόμενη χρησιμοποίηση στα θερμοκήπια του παραγόμενου συχνά από τις γεωθερμικές γεωτρήσεις CO₂ ευνοεί σημαντικά την γεωργική απόδοση γιατί διευκολύνει την χλωροφυλλική φωτοσύνθεση των φυτών. Τα νερά, μετά τη χρήση στη θέρμανση, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για υδροπονικές καλλιέργειες και θερμά ποτίσματα.
- Πολύ ενδιαφέρουσα είναι και η συντήρηση αγροτικών προϊόντων με μερική ή ολική ξήρανση ή και με κατάψυξη, γιατί μπορεί να συνδιάσει χρήση των ρευστών σε άλλη εποχή (π.χ. το καλοκαίρι που δεν τα χρησιμοποιούμε στα θερμοκήπια).
- Στο γεωργικό πάντοτε τομέα είναι δυνατή η αντιπαρασιτική αποστείρωση του εδάφους (με ρυστά 60o C), το πλύσιμο και παστερίωση των προϊόντων κ.λπ..
- Στη ζωοτροφία υπάρχουν εφαρμογές θέρμανσης στα ορνιθοτροφεία, σταύλους, εκκολαπτήρια κ.λπ..
- Στην περίπτωση των ψαριών μπορούν να γίνουν πολλά πράγματα:
 - α) Ιχθυοκαλλιέργειες σε τεχνητές λίμνες ή δεξαμενές (κυρίως χέλια, τσιπούρες, λαβράκια, κεφαλόπουλα κ.λπ., αλλά και κροκόδειλοι). Επίσης καλλιέργειες γαρίδων, αστακών κ.λπ..
 - β) Πολύ ενδιαφέρουσα μπορεί να είναι μια αλυσιδωτή γεωθερμική καλλιέργεια: φήκια πλούσια σε πρωτεΐνες, στη συνέχεια φυτοφάγα καρκινοειδή σε θερμοκρασία 25-27 C που τρέφονται με φήκια και που, με τη σειρά τους, αποτελούν τροφή για άλλα καλής ποιότητας ψάρια (που αναπτύσσονται ιδανικά στους 22° C.
 - γ) Αξιόλογη είναι επίσης η διατήρηση μερικών ψαριών με ξήρανση ή με κατάψυξη (στην Ισλανδία ξεραίνεται ο μπακαλιάρος).
- Στο βιομηχανικό τομέα πολύ σημαντικό (πολύ ενδιαφέρον για πολλά ελληνικά νησιά) είναι η παραγωγή γλυκού νερού με συμπύκνωση γεωθερμικού ατμού ή εξάτμιση θαλασσινού. Στη δεύτερη περίπτωση μπορεί συγχρόνως να κερδίσουμε και την παραγωγή αλατιού (ήδη υπάρχουν ανάλογα έργα ή μελέτες στην Ιταλία και Φιλιππίνες).

- Χρήσιμη οπωσδήποτε και η ανάκτηση μερικών ορυκτών ή αερίων που περιέχονται ενδεχομένως στα γεωθερμικά ρευστά (π.χ. λίθιο, κάσιο, ρουβίδιο, άλατα καλίου, βορικό οξύ, αμμωνία, CO₂, θειάφι, ήλιο, κ.λπ.).

Η παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς για τις μη ηλεκτρικές χρήσεις της γεωθερμίας είναι 9.529 MWt, ως εξής:

- Θέρμανση, κλιματισμός, νερό χρήσης	1.252 MWt
- Γεωργία, κτηνοτροφία, ιχθυοκαλλιέργεια	5.884 "
- Βιομηχανία, Χημεία	337 "
- θερμά λουτρά, τουριστικές εγκαταστάσεις κλπ.	2.056 "

7.8. Επίδραση στο περιβάλλον

Η επίδραση στο περιβάλλον από την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας, εκτός από την ανάπτυξη του γεωθερμικού πεδίου κατά το στάδιο των γεωτρήσεων, που είναι περιορισμένη σε έκταση και χρόνο, διακρίνεται σε:

- ατμοσφαιρική, από την έκλυση των μη συμπυκνούμενων αερίων και των ατμών,
- χημική, από τα περιεχόμενα στα νερά άλατα και
- θερμική, από την απόρριψη ζεστού νερού σε επιφανειακούς αποδέκτες.

Σχετικά με την μόλυνση της ατμόσφαιρας και του υπόγειου νερού από τα γεωθερμικά ρευστά έχουμε να παρατηρήσουμε τα παρακάτω.

Οι γεωτρήσεις που δίνουν ατμό, φέρνουν στην επιφάνεια, μαζί με αυτόν, και μη συμπυκνούμενα αέρια και νερό κατά περίπτωση. Μεταξύ των αερίων κυριαρχεί το CO₂, που είναι συνηθισμένο στην ατμόσφαιρα. Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα δεν είναι δυνατό να αυξηθεί σημαντικά, γιατί η περιεκτικότητα σε βάρος είναι της τάξης του 1-5% και οπωσδήποτε είναι πολύ μικρότερη η ποσότητα του ανά παραγόμενη KWh σε σχέση με τις κλασσικές ενεργειακές εγκαταστάσεις (πλην υδροηλεκτρικών).

Τα αέρια N₂, H₂, CH₄ και NH₃ δε μολύνουν το περιβάλλον γιατί: το πρώτο είναι κοινό συστατικό της ατμόσφαιρας, το δεύτερο ξεφεύγει με αργό ρυθμό τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας λόγω διάχυσης και μικρής πυκνότητας, το μεθάνιο είναι φυσικό προϊόν της αναερόβιας σήψης και τέλος το NH₃ ενώνεται με το CO₂ και το νερό δημιουργώντας ανθρακική αμμωνία, που αποτελεί χρήσιμο λίπασμα για το έδαφος.

Απομένει το H₂S, που αποτελεί συνήθως λιγότερο από 1% των ρευστών υψηλής ενθαλπίας. Αυτό οξειδώνεται σε H₂SO₄, μέσα στο νερό που αποβάλλεται από τις γεωθερμικές ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες ή διαφεύγει στην ατμόσφαιρα. Σε περίπτωση που το H₂S είναι άφθονο μπορούμε να το εκμεταλλευτούμε βιομηχανικά, διαφορετικά αυτό διασκορπίζεται στην ατμόσφαιρα, οξειδώνεται αργά σε SO₂, μετά σε SO₃, που πέφτει με τις βροχές σαν H₂SO₄. Όταν η συγκέντρωση του H₂SO₄ είναι μικρή, η βλάστηση αφομοιώνει ένα μέρος του SO₂ που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα και το θειικό οξύ που φθάνει στη γη μετατρέπεται γρήγορα σε γύψο, που δεν επηρεάζει την οικολογία. Όταν το H₂S είναι άφθονο, τότε συμφέρει η βιομηχανική παραγωγή του. Όταν η ποσότητά του είναι μικρή, η διαφυγή του στην ατμόσφαιρα δε βλάπτει αισθητά την οικολογία και το μοναδικό πρόβλημα είναι η δυσάρεστη οσμή του, που δυστυχώς παραμένει και σε μικρές περιεκτικότητες. Σήμερα υπάρχουν διάφορες μέθοδοι τεχνητής δέσμευσής του με οικονομικό τρόπο ώστε να μην αποτελεί εμπόδιο στην ανάπτυξη της γεωθερμίας σε βιομηχανικό επίπεδο.

Το βορικό οξύ δε βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα στα γεωθερμικά ρευστά. Εξαίρεση αποτελούν τα ρευστά των ιταλικών πεδίων. Όταν

τούτο περάσει ορισμένη περιεκτικότητα, γίνεται τοξικό για τη βλάστηση. Επειδή η οικονομική του αξία είναι σημαντική, ισχύουν και στην περίπτωση αυτή τα όσα είπαμε για το H_2S .

Τα γεωθερμικά πεδία με υγρό ατμό παράγουν, εκτός από τον ατμό και τα αέρια, και αλμυρό νερό. Προτού, λοιπόν, διοχετευτεί ο ατμός στις γεννήτριες, πρέπει να γίνεται ο διαχωρισμός του όχι μόνο από τα αέρια, αλλά και από το νερό. Το νερό αυτό περιέχει συνήθως χλωριούχα και θειικά άλατα Na , K , Ca και Mg , σε διάφορες ποσότητες. Πολλές φορές είναι πλούσιο σε πυριτικά και ανθρακικά άλατα. Όλα τα παραπάνω δεν έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον, αφού αποτελούν κοινά και μη βλαβερά από οικολογική άποψη στοιχεία. Τέλος, περιέχει μερικές φορές και κάποια ζημιογόνα στοιχεία, ευτυχώς σε ίχνη, όπως αρσενικό ή υδράργυρο.

Για τα γεωθερμικά πεδία που βρίσκονται μακριά από τη θάλασσα δημιουργείται το πρόβλημα της αποχέτευσης του νερού αυτού, γιατί υπάρχει κίνδυνος να αυξηθεί πολύ η αλμυρότητα του νερού των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων ή των κοντινών ποταμών, λιμνών, χειμάρρων κλπ. Μια καλή λύση στο πρόβλημα αυτό είναι να

ξαναχυθούν τα νερά αυτά στο συλλέκτη.

Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας παράγουν νερό και μη συμπυκνούμενα αέρια, σε μικρότερο συνήθως ποσοστό. Πολλές φορές δεν έχουν καθόλου αέρια και άλατα στα νερά.

Στην περίπτωση σημαντικής περιεκτικότητας αλάτων και/ή αερίων, ισχύει και εδώ το ίδιο με τα ρευστά υψηλής ενθαλπίας.

Όσον αφορά τη θερμική ρύπανση, αυτή είναι πολύ περιορισμένη στο σημείο αποβολής έως ανύπαρκτη όταν γίνεται επαναδιοχέτευση των ρευστών στον ταμιευτήρα.

Από τα παραπάνω βγάζουμε το συμπέρασμα ότι η παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας έχει πολύ μικρές έως ανύπαρκτες επιπτώσεις στο περιβάλλον (ατμοσφαιρική και χημική ρύπανση), γιαυτό και η γεωθερμία θεωρείται ήπια μορφή ενέργειας.