

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ**

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ
ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ**

Εκπονητής εργασίας :
ΤΣΑΡΑΜΠΑΡΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
Α.Μ. : 3628

Εισηγητής :
ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ



ΠΑΤΡΑ 2006

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	7078
----------------------	------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	4
ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	8
ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ	8
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	9
Ροή στον υπόγειο ταμιευτήρα	9
Συγκέντρωση και ποσότητα μολυσματικών παραγόντων	10
Πρόγραμμα επεξεργασίας των οργανικών μολυσματικών παραγόντων	10
Κριτήρια αποβλήτων αποχέτευσης	12
Κανονισμοί	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	13
ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	13
ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	14
Χημική σύνθεση	14
Φυσικές ιδιότητες	17
ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗ	19
Εδαφολογική επανόρθωση	22
Επανόρθωση υδροφόρων στρωμάτων	24
ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	29
ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	29
ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ	31
ΕΙΔΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	33
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΟΚΤΑΝΟΛΗΣ / ΥΔΑΤΟΣ	34
ΣΤΑΘΕΡΑ ΝΟΜΟΥ HENRY	35
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΑ	38
ΒΙΟΔΙΑΣΠΑΣΙΜΟΤΗΤΑ	40
ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ	44
Μετασχηματισμός	44
Εδαφολογική χημεία / βιοχημεία	45
Διαμόρφωση	46
Αξιολόγηση του κινδύνου	47
ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗ	49
Κανονική βιοθεραπεία	49
ΥΠΕΡΓΕΙΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ	52
Έμμεση επίδραση των βακτηριδίων στην επανόρθωση	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	57
Χρησιμοποίηση των εργαστηριακών στοιχείων για τη σχεδίαση ενός συστήματος επεξεργασίας εδαφών πραγματικού μεγέθους	57
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	57
Συστήματα επεξεργασίας πραγματικού μεγέθους	59
ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ	61
ΔΙΗΘΗΣΗ	62
ΣΥΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ STRIPPER ΠΥΡΓΟΥ ΑΕΡΑ	64

ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ.....	65
ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	68
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΕΠΤΟΜΕΡΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	68
ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΠΑΟΡΘΩΣΗΣ.....	69
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΣ ΣΧΕΔΙΟ	71
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	79
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ ΣΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	79
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	84
ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ ΦΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	86
ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ ΦΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΟΖΟΝ.....	87
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	91
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΡΥΠΑΣΜΕΝΟΥ ΜΕ T.D.S.....	91
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	91
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ.....	92
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗ TDS	93
ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ	95
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΑΠΑΝΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.....	101
ΜΕΡΙΚΑ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.....	101
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	101
Λογική.....	101
Τεχνική.....	102
Στατικές και δυναμικές τεχνικές	103
ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	104
Strippers αέρα.....	104
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	107

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η κανονική επεξεργασία είναι μια από τις σημερινές πιο συναρπαστικές έννοιες επεξεργασίας στον περιβαλλοντικό τομέα. Για τα υδροφόρα στρώματα και τα εδάφη που μολύνονται με οργανικό υλικό, η κανονική επεξεργασία προσφέρει μια φυσική διαδικασία καταστροφής με σχετικά χαμηλότερο κόστος. Η βιομηχανία, οι εμπειρογνώμονες επεξεργασίας, και οι κυβερνητικές αντιπροσωπείες όλες αγκαλιάζουν την έννοια ως σημαντικό εργαλείο για την αποκατάσταση υδροφόρων στρωμάτων.

Ενώ ο καθένας διεγείρεται για την κανονική επεξεργασία, και διάφοροι καθαρισμοί χρησιμοποιούν αυτήν την περίοδο αυτήν την τεχνολογία, υπάρχουν δύο κύρια εμπόδια που αποτρέπουν τη διαδεδομένη εφαρμογή. Το πρώτο εμπόδιο είναι κοινό με άλλες τεχνολογίες επεξεργασίας. Τι είναι καθαρός;

Πρέπει να καθιερώσουμε τα οργανικά επίπεδα συγκέντρωσης που θεωρούνται ασφαλή και αποδεκτά στο κοινό. Οι ομοσπονδιακές και κρατικές περιβαλλοντικές αντιπροσωπείες εργάζονται ήδη σε αυτό το πρόβλημα. Ενώ όλοι εκτιμάμε την πολυπλοκότητα της καθιέρωσης των συγκεκριμένων συγκεντρώσεων, αυτή η εργασία πρέπει να συνεχιστεί με επιμέλεια και βιασύνη. Επιπλέον, το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας μέχρι τώρα έχει επικεντρωθεί στις ασφαλείς συγκεντρώσεις για το νερό. Τα μολυσμένα εδάφη δεν είναι απαραίτητο να είναι τόσο καθαρά όσο το νερό, αλλά αποτελούν επίσης ένα σημαντικό πρόβλημα σήμερα. Το ασφαλές και αποδεκτό επίπεδο συγκέντρωσης πρέπει να αναπτυχθεί και για τα εδάφη.

Το δεύτερο εμπόδιο είναι μοναδικό στα κανονικά συστήματα επεξεργασίας. Πότε μπορούμε να σταματήσουμε την ενεργό διαχείριση ενός κανονικού καθαρισμού επεξεργασίας; Δεν πρέπει να ελαχιστοποιήσουμε "τι

είναι καθαρός;" η ερώτηση αλλά, για την κανονική επεξεργασία, η ενεργός διαχείριση είναι μια σημαντικότερη ερώτηση αυτή την περίοδο.

Οι καθαρισμοί υπόγειου νερού είναι διαφορετικοί από τους περισσότερους καθαρισμούς που έχουν εκτελεσθεί στο παρελθόν. Όταν ένας ποταμός ή μια λίμνη πρέπει να καθαριστεί, η κύρια μέθοδος είναι να αφαιρεθούν οι πηγές μόλυνσης και το σώμα του ύδατος καθαρίζεται. Κάποιος θα μπορούσε να υποστηρίξει ότι ο ποταμός ή η λίμνη χρησιμοποιεί την κανονική επεξεργασία δεδομένου ότι οι μολυσματικοί παράγοντες αφαιρούνται από το ύδωρ χωρίς κίνηση του ύδατος έξω από τα κανονικά όριά του.

Τα υδροφόρα στρώματα και τα κάτω από την επιφάνεια εδάφη δεν καθαρίζονται μετά από την αφαίρεση της πηγής μόλυνσης. Ενώ η αφαίρεση της πηγής μολυσματικού παράγοντα πρέπει πάντα να είναι το πρώτο βήμα, το ίδιο το υδροφόρο στρώμα πρέπει έπειτα να καθαριστεί.

Τι είναι αυτό που καθιστά τα υδροφόρα στρώματα μοναδικά όταν προσπαθούμε να αφαιρέσουμε τους μολυσματικούς παράγοντες από το ύδωρ; Κατ' αρχάς, σχεδόν όλοι οι κανονικοί καθαρισμοί είναι βιολογικοί. Τα βιολογικά συστήματα επεξεργασίας απαιτούν ορισμένες βασικές περιβαλλοντικές συνθήκες προκειμένου να λειτουργήσουν. Είναι:

- Βακτηρίδια που χρησιμοποιούν το μολυσματικό παράγοντα ως πηγή τροφίμων
- Οξυγόνο (για την αεροβική υποβάθμιση)
- Θρεπτικές ουσίες (αμμωνία, φωσφορούχος, και μικροτροφικοί)
- Θερμοκρασία
- ΡΗ

Οι οργανισμοί επιφάνειας του ύδατος μπορούν να παρέχουν όλες αυτές τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι ποταμοί και οι λίμνες μας ήταν μολυσμένοι

επειδή προσθέτονταν τους μολυσματικούς παράγοντες γρηγορότερα από ότι οι οργανισμοί επιφάνειας του νερού θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν το οξυγόνο και τις θρεπτικές ουσίες. Μόλις αφαιρεθεί η πηγή μολυσματικού παράγοντα, το σώμα επιφάνειας του ύδατος θα μπορούσε να επισπεύσει τον καθαρισμό.

Τα υδροφόρα στρώματα δεν μπορούν πάντα να ικανοποιήσουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες που απαιτούνται για τη βιολογική επεξεργασία. Το κλειδί για το σχέδιο μιας κανονικής επεξεργασίας για ένα υδροφόρο στρώμα είναι να παρασχεθούν τα βακτηρίδια, το οξυγόνο, οι θρεπτικές ουσίες, και άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες που απαιτούνται για τη βιολογική δράση. Η κανονική επεξεργασία θα μπορούσε να οριστεί ως "παρέχοντας τα περιβαλλοντικά συστατικά που απαιτήθηκαν για τη βιολογική δράση στους παρόντες μολυσματικούς παράγοντες στο υδροφόρο στρώμα".

Αυτό μας φέρνει πίσω στην ενεργό διαχείριση ενός κανονικού προγράμματος. Η ενεργός διαχείριση παρέχει τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις για το υδροφόρο στρώμα. Αυτό γίνεται μέσω της χρήσης των φρεατίων, των αντλιών, των χημικών ουσιών, του υπέργειου εξοπλισμού, κ.λπ. Όλες οι δαπάνες που συνδέονται με την κανονική επεξεργασία προέρχονται από τον ενεργό διαχείριση του προγράμματος. Για να είναι η κανονική επεξεργασία μια μέθοδος χαμηλότερου κόστους καθαρισμού, πρέπει να είμαστε σε θέση να καθορίσουμε πότε μπορούμε να σταματήσουμε την ενεργό διαχείριση.

Αυτό είναι μια διαφορετική ερώτηση από "τι είναι καθαρός". Τα υδροφόρα στρώματα έχουν μια περιορισμένη δυνατότητα να παρέχουν και να αντικαταστήσουν τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις τους. Οι περισσότερες μολύνσεις υπόγειων νερών υπερβαίνουν αυτές τις δυνατότητες από τα μεγέθη. Εντούτοις, μόλις ικανοποιήσουμε οι περισσότερες από τις απαιτήσεις των κανονικών τεχνικών επεξεργασίας, η ενεργός διαχείριση θα συνεχίσει να έχει μια επίδραση στην αφαίρεση των μολυσματικών παραγόντων από το υδροφόρο στρώμα; Εάν το υδροφόρο στρώμα έχει τις ικανοποιητικές προμήθειες των βακτηριδίων, οξυγόνο, θρεπτικές ουσίες, κ.λπ. που απαιτείται

για να ικανοποιήσει τη ζήτηση από τους παρόντες μολυσματικούς παράγοντες, πρέπει να συνεχίσουμε να έχουμε το προσωπικό και τον εξοπλισμό στην περιοχή; Η το υδροφόρο στρώμα θα συμπεριφερθεί όπως έναν ποταμό ή μια λίμνη και θα ολοκληρώσει τον καθαρισμό.

Όπως αυτό το παράδειγμα παρουσιάζει, ενεργός διαχείριση και "τι είναι καθαρός" είναι και τα δύο σημαντικά στην αποκατάσταση υδροφόρων στρωμάτων. Υποθέστε ότι 1 ppb του βενζολίου καθορίζεται να είναι ασφαλές και αποδεκτό σε ένα υδροφόρο στρώμα. Επίσης υποθέστε ότι στο βενζόλιο 10 ppb, η ενεργός διαχείριση δεν αυξάνει σημαντικά την ταχύτητα του καθαρισμού. Κατόπιν την ενεργό διαχείριση θα μπορούσε να σταματήσουν στο επίπεδο 10 ppb, αλλά το υδροφόρο στρώμα δεν θα ήταν διαθέσιμο για τη χρήση έως ότου έφθασε στο 1 επίπεδο ppb. (Δεν πήγαμε στη λίμνη την ημέρα αφότου εγκατέστησαν οι τοπικές χημικές εγκαταστάσεις ένα σύστημα επεξεργασίας μάλλον, περιμέναμε έως ότου καθαρίστηκε η λίμνη των παρόντων μολυσματικών παραγόντων.)

Αυτά τα δύο εμπόδια πρέπει να εξεταστούν προτού να μπορέσει να εφαρμοστεί ευρέως η κανονική επεξεργασία. Κατ' αρχάς, πρέπει να βεβαιώσουμε το κοινό ότι τα υδροφόρα στρώματα είναι ασφαλή. Δεύτερον, πρέπει να είμαστε σε θέση να καθορίσουμε πότε μπορούμε να σταματήσουμε τη δαπάνη χρήματων στον καθαρισμό.

Σαν τελικό σημείο, μερικοί αναγνώστες μπορούν να εξετάσουν γιατί δεν έχει συζητηθεί η ανάπτυξη τεχνολογίας ως πιθανό εμπόδιο. Δεν θεωρώ την ανάπτυξη τεχνολογίας εμπόδιο στην εφαρμογή της κανονικής επεξεργασίας. Υπάρχουν τεράστια πιθανά πλεονεκτήματα δαπανών με την κανονική επεξεργασία. Τα οικονομικά θα παράσχουν τα κίνητρα για τον ιδιωτικό τομέα για να αναπτύξουν την απαραίτητη τεχνολογία κατά τρόπο έγκαιρο. Εντούτοις, θα εξαρτηθεί από τις ρυθμιστικές αντιπροσωπείες να τεθούν τα κριτήρια καθαρισμού για τις κανονικές τεχνικές. Αυτές οι αντιπροσωπείες πρέπει να ορίσουν τα τελικά κριτήρια σχεδίου κατά τρόπο έγκαιρο για να εφαρμόζεται η κανονική επεξεργασία ευρέως στις αποκαταστάσεις υδροφόρων στρωμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η επεξεργασία των μολυσματικών παραγόντων στο υπόγειο νερό είναι ένας σχετικά νέος τομέας. Κάθε φορά για κάθε περίπτωση απαιτείται ιδιαίτερος σχεδιασμός. Εγκαθιστάμε προς το παρόν τα συστήματα επεξεργασίας βασισμένα στη θεωρία και τις πειραματικές εγκαταστάσεις. Δεν είμαστε ακόμα ικανοί να στηριχθούμε στα πειραματικά αποτελέσματα από τα λειτουργούντα συστήματα επεξεργασίας.

Οι νέες μέθοδοι εφαρμογής της υπάρχουσας τεχνολογίας και οι νέες τεχνολογίες καθ' αυτές, εφαρμόζονται στον τομέα με γρήγορο ρυθμό. Οι μελλοντικές εγκαταστάσεις δεν θα είναι σε θέση να περιμένουν έως ότου εγκατασταθούν αυτές οι νέες μέθοδοι, αξιολογηθούν και δημοσιευτούν τα αποτελέσματα.

Η καλύτερη τεχνολογία επεξεργασίας εξαρτάται όχι μόνο από το μολυσματικό παράγοντα, αλλά και από τη συγκέντρωση, τη ροή και τους κυβερνητικούς κανονισμούς.

Όσες περισσότερες πληροφορίες έχουμε για το μολυσμένο υπόγειο νερό, τόσο πιο ακριβής και ολοκληρωμένη μπορεί να είναι η αντιμετώπιση.

Πρέπει να καθορίσουμε τις παραμέτρους επεξεργασίας προτού συνεχίσουμε με την επιλογή της βέλτιστης τεχνολογίας επεξεργασίας.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το πρώτο βήμα σε οποιοδήποτε καθαρισμό υδροφόρων στρωμάτων είναι να καθοριστούν οι παράμετροι επεξεργασίας που θα χρησιμοποιηθούν στη σχεδίαση του συστήματος επεξεργασίας. Οι σημαντικότερες παράμετροι της σχεδίασης είναι: ροή, συγκέντρωση, και απαιτήσεις αποβλήτων αποχέτευσης.

Ροή στον υπόγειο ταμιευτήρα

Το πρώτο κριτήριο σχεδίασης που πρέπει να εξετάσουμε είναι η ροή στο υπέργειο σύστημα επεξεργασίας. Επειδή δεν θα κάνουμε λεπτομερές σχέδια, δεν χρειαζόμαστε ακριβείς αριθμούς. Παρόλα αυτά, μια τεχνολογία επεξεργασίας μπορεί να εφαρμοστεί στα 10 gpm και μια διαφορετική τεχνολογία εφαρμόσιμη στα 100 gpm. Τα ποσοστά ροής πρέπει να δίνονται ακόμη και για περιπτώσεις στις οποίες η ροή δεν θα είναι μια σχεδιαστική παράμετρος. Παραδείγματος χάριν, οι κανονικές μέθοδοι δεν αφορούν άμεσα τη ροή, αλλά όταν θελήσουμε να συγκρίνουμε τις υπέργειες μεθόδους με τις κανονικές μεθόδους, θα χρειαστούμε τα ποσοστά ροής.

Συγκέντρωση και ποσότητα μολυσματικών παραγόντων

Η πρώτη πληροφορία που απαιτείται είναι ένας κατάλογος των ενώσεων που θα πρέπει να αφαιρεθούν από το υπόγειο νερό. Σε ένα βασικό, υποθετικό ιστορικό δεν θα ήταν πρακτικό να συζητηθεί ένα υπόγειο νερό που να περιέχει 50 έως 100 ενώσεις. Μια μεμονωμένη ένωση προτιμάται, με έναν περιορισμό έως πέντε ενώσεις. Σε ένα ιστορικό με περισσότερες από πέντε ενώσεις, θα προσπαθούσαμε να αναλύσουμε τις εναλλακτικές λύσεις που βασίζονται στις ενώσεις οι οποίες θα επηρεάσουν τη σχεδίαση.

Έπειτα, θα χρειαστούμε τη συγκέντρωση και την ποσότητα του μολυσματικού παράγοντα ή παραγόντων, τον οποίο ζητάμε να εξαλείψουμε. Η συγκέντρωση του ανόργανου και οργανικού υλικού θα πρέπει να αναφέρεται σε PPM ή ppb. Η ποσότητα (εάν διαθέσιμη) του μολυσματικού παράγοντα θα πρέπει να δοθεί σε λίβρες.

Επίσης, είναι πιθανό να χρειαστούμε πληροφορίες που δεν περιορίζονται στο συγκεκριμένο μολυσματικό παράγοντα των υπόγειων υδάτων. Η επιτυχής επεξεργασία των ανόργανων μολυσματικών παραγόντων θα απαιτήσει επίσης γνώση και άλλων κατιόντων παρόντων στο ύδωρ. Είτε μια μέτρηση σκληρότητας είτε οι συγκεντρώσεις ασβεστίου και μαγνήσιου είναι αναγκαίες. Τα κατιόντα θα επηρεαστούν από τις περισσότερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση οργανικού υλικού.

Πρόγραμμα επεξεργασίας των οργανικών μολυσματικών παραγόντων

Η επεξεργασία των οργανικών μολυσματικών παραγόντων έχει ανάγκη από πληροφορίες και για άλλο υλικό παρόν στο υπόγειο νερό. Παραδείγματος χάριν, είναι πάντα μια καλή ιδέα η ανάλυση του γενικού συνολικού οργανικού περιεχομένου κατά την εξέταση των οργανικών μολυσματικών παραγόντων. Απλά το άθροισμα της συγκέντρωσης των συγκεκριμένων οργανικών ουσιών

δεν εγγυάται γνώση των συνολικών οργανικών ουσιών που είναι παρούσες. Η G.C.-M.S. τεχνική (χρωματογραφία-φασματογραφία μάζας) που χρησιμοποιείται συνήθως στην ανάλυση δεν μπορεί να προσδιορίσει κάθε οργανική ένωση που υπάρχει. Οι άγνωστες ενώσεις που απελευθερώνονται στο περιβάλλον και μετασχηματίζονται σε γνωστές ενώσεις μπορούν να παραγάγουν ένα υπόβαθρο άγνωστων οργανικών ενώσεων. Η απόδοση ενός συστήματος επεξεργασίας μπορεί να εξαρτηθεί από τη συνολική συγκέντρωση των οργανικών ουσιών που περιλαμβάνονται στο υπόγειο νερό. Προτείνεται η χρήση του συνολικού οργανικού άνθρακα (TOC) ως μέτρο του γενικού οργανικού περιεχομένου.

Η ποσότητα του οργανικού υλικού που ευρίσκεται στο υπόγειο νερό είναι επίσης σημαντική στη τελική σχεδίαση απορρύπανσης. Η μάζα έχει επιπτώσεις στο σχέδιο με δύο τρόπους. Κατ' αρχάς, το συνολικό χρονικό διάστημα που απαιτείται για έναν καθαρισμό αφορά τη συνολική μάζα του υλικού που απελευθερώνεται στο περιβάλλον. Δεύτερον, η συγκέντρωση του μολυσματικού παράγοντα μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια του χρόνου. Μερικές φορές το ποσό υλικού δεν είναι γνωστό. Σε εκείνες τις περιπτώσεις, κάποιος πρέπει να υπολογίσει τα αποτελέσματα άμεσα.

Η πρώτη ερώτηση στη σχεδίαση απορρύπανσης είναι: πόσο καιρό θα πάρει ο καθαρισμός; Για τα βραχυπρόθεσμα προγράμματα προτιμάται συγκεκριμένη τεχνολογία. Οι καταστάσεις έκτακτης ανάγκης απαιτούν συνήθως προσρόφηση άνθρακα του οργανικού υλικού. Τα πιο μακροπρόθεσμα προγράμματα μπορούν να εξετάσουν τα διαφορετικά πλεονεκτήματα μεταξύ του άνθρακα, του αέρα, και της βιολογικής επεξεργασίας. Πρέπει να ξέρουμε εάν το πρόγραμμα πρόκειται να πάρει τρεις μήνες ή τρία έτη.

Θα αλλάξει η συγκέντρωση κατά τη διάρκεια του χρόνου; Εάν η πηγή του μολυσματικού παράγοντα δεν έχει αφαιρεθεί (υλικά οδόστρωσης, παραδείγματος χάριν), η συγκέντρωση θα παραμείνει η ίδια. Εάν η πηγή μόλυνσης έχει αφαιρεθεί (διαρροή σε υπόγεια δεξαμενή αποθήκευσης παραδείγματος χάριν), η συγκέντρωση θα μειωθεί κατά τη διάρκεια του

καθαρισμού. Μια αλλαγή στη συγκέντρωση έχει επιπτώσεις στο σχέδιο του συστήματος επεξεργασίας.

Κριτήρια αποβλήτων αποχέτευσης

Χρειάζονται οι πληροφορίες για το πού θα απελευθερωθεί το υπόγειο νερό. Μερικές τεχνολογίες δεν είναι κατάλληλες για ορισμένες χρήσεις ύδατος. Παραδείγματος χάριν, δεν θα συστήναμε τη βιολογική επεξεργασία για το ύδωρ που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο νερό.

Θεωρητικά, πρέπει να είναι μια απλή διαδικασία ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων στα απόβλητα της αποχέτευσης. Οι συγκεντρώσεις αυτές έχουν επιπτώσεις στην τεχνολογία (ή τους συνδυασμούς τεχνολογιών) που μπορούν να εφαρμοστούν για το υπόγειο νερό. Αυτά τα επίπεδα καθορίζονται συνήθως από τοπικούς, δημόσιους, και ομοσπονδιακούς ρυθμιστικούς οργανισμούς. Στην πράξη για να καθοριστούν από τις ρυθμιστικές αντιπροσωπείες και να τεθούν τα λογικά επίπεδα (επίπεδα που είναι τεχνικά βασισμένα) μπορεί να είναι αρκετά δύσκολο. Τα επίπεδα αποβλήτων "μη εντοπίσιμα" ή "μηδενικά" δεν θεωρούνται λογικά, και θα πρέπει όλες οι τιμές να είναι λιγότερο από 1 ppb ή το όριο ανίχνευσης εκείνης της ιδιαίτερης ένωσης.

Κανονισμοί

Τέλος, χρειαζόμαστε όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες για τους τοπικούς και κρατικούς κανονισμούς. Μερικά κράτη έχουν κώδικες σεισμού οι οποίοι προσθέτουν στις δαπάνες κατασκευής ορισμένων τύπων δεξαμενών και σκαφών. Αυτά είναι ακριβώς μερικά παραδείγματα. Όσες περισσότερες πληροφορίες έχουμε για τους υπάρχοντες κανονισμούς, τόσο ακριβέστερη μια ανάλυση μπορεί να είναι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

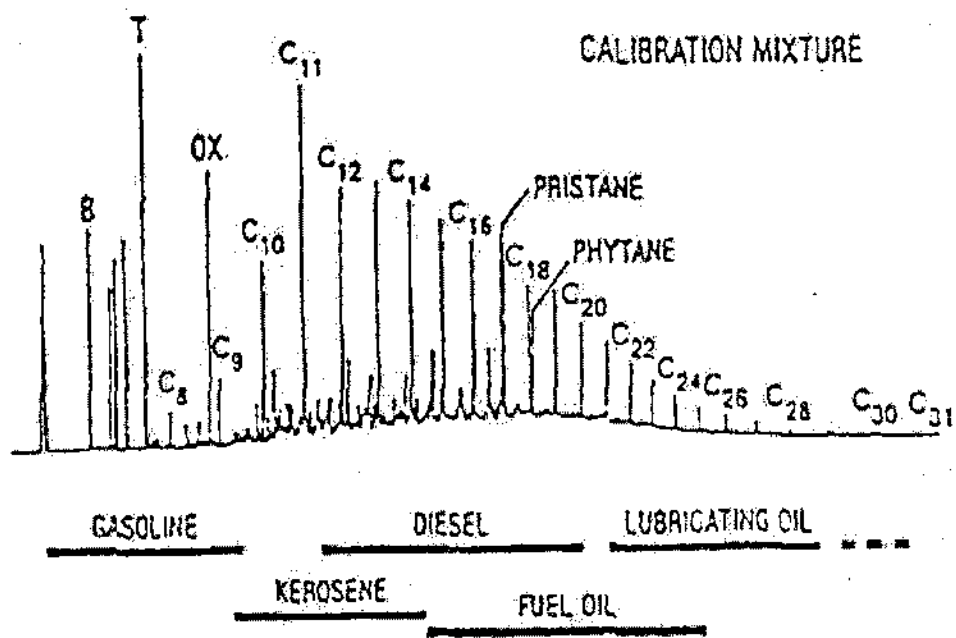
Αυτό το κεφάλαιο αφιερώνεται σε μια λεπτομερή θεώρηση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των υδρογονανθράκων πετρελαίου. Οι υδρογονάνθρακες πετρελαίου είναι μια από τις συχνότερες πηγές μόλυνσης υπόγειων νερών. Οι υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης που έχουν διαρροή στους σταθμούς καυσίμων, οι διαρροές στα τερματικά πετρελαίου, και οι διαρροές στις σωληνώσεις καυσίμων συνδυάζονται για να κάνουν αυτές τις ενώσεις ένα επαναλαμβανόμενο πρόβλημα. Η βενζίνη, το πετρέλαιο και τα πετρέλαια καυσίμων είναι μερικά από τα πιο κοινά πετρελαιοειδή που μολύνουν τα εδάφη και το υπόγειο νερό. Ενώ αυτά τα προϊόντα θεωρούνται γενικά ως ενιαίες οντότητες, κάθε ένα είναι πραγματικά ένα σύνθετο μίγμα πολλών οργανικών χημικών ουσιών. Κάθε μία από αυτές τις συγκεκριμένες χημικές ουσίες έχει τις ιδιότητες και την ιδιαίτερη συμπεριφορά της όταν έρχεται σε επαφή με τα εδάφη και το νερό. Ενώ είναι σωστό να ειπωθεί ότι ένα υδροφόρο στρώμα έχει μολυνθεί με το γενικό μολυσματικό παράγοντα "βενζίνη", οι προσπάθειες επανόρθωσης πρέπει να εξετάσουν την επεξεργασία των επιμέρους πατούσων οργανικών ουσιών.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Χημική σύνθεση

- Η βενζίνη είναι ένα μίγμα πτητικών υδρογονανθράκων κατάλληλων για τη χρήση στις μηχανές εσωτερικής καύσεως. Τα σημαντικότερα χημικά συστατικά της βενζίνης είναι διακλαδισμένες κυκλοπαραφίνες παραφινών αλυσίδων (αλκάνια διακλαδισμένων αλυσίδων) (κυκλοαλκάνια), και αρωματικές ουσίες.
- Το diesel είναι πετρέλαιο καυσίμων, που αποτελείται πρώτιστα από μη-διακλαδισμένες παραφίνες (αλκάνια ευθειών αλυσίδων) με ένα σημείο ανάφλεξης μεταξύ 110° και 190°F (43° και 88°C).
- Τα πετρέλαια καυσίμων είναι χημικά μίγματα που έχουν σημεία ανάφλεξης μεγαλύτερα από 100°F (38°C). Τα καύσιμα είναι αποσταγμένα μέρη του πετρελαίου, που προέρχονται από διαδικασίες σε εγκαταστάσεις καθαρισμού του ακατέργαστου πετρελαίου.

Βασικά, αυτά τα διαφορετικά μίγματα πετρελαίου αντιπροσωπεύουν τις προοδευτικές "περικοπές" μιας στήλης απόσταξης. Ο πίνακας 1 παρουσιάζει μερικά από τα σημαντικότερα εμπορικά προϊόντα που συνδέονται με τα διαφορετικά μέρη απόσταξης. Το σχήμα 1 παρουσιάζει μερικά από τα σημαντικότερα συστατικά υδρογονανθράκων πετρελαίου δεδομένου ότι θα εμφανίζονταν σε έναν χρωματογράφο αερίου που χωρίζει τις ενώσεις με την αύξηση του σημείου βρασμού. Η βενζίνη είναι, γενικά, ένα μίγμα χημικών ουσιών με τα σημεία βρασμού λιγότερο από αυτό του δεκανίου (εκείνες οι ενώσεις με τα σημεία βρασμού μεταξύ 36° και 173°C). Η βενζίνη περιέχει σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις του βενζολίου, του τολουολίου, και του ξυλολίου. Τα καύσιμα diesel, αφ' ετέρου, αποτελούνται πρώτιστα από αλκάνια υψηλού σημείου βρασμού (ευθειών αλυσίδων). Τα μολυσμένα από πετρέλαιο εδάφη επομένως δεν θα αναμένονταν να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις αρωματικής ουσίας, η οποία είναι παρούσα στη βενζίνη.



Σχήμα 1. Τα κατά προσέγγιση σημεία βρασμού για μεμονωμένα προϊόντα υδρογονανθράκων. Το βενζόλιο (B) έχει ένα σημείο βρασμού 80.1°C και n-Hentri-acontane (C-31) έχει ένα σημείο βρασμού 302°C.

Table 1. Petroleum Distillation Products

Fraction	Distillation Temperature, °C	Carbon Number
Gas	Below 20	C-1 to C-4
Petroleum ether	20 to 60	C-5 to C-6
Ligroin (light naphtha)	60 to 100	C-6 and C-7
Natural gasoline	40 to 205	C-5 to C-10 and cycloalkanes
Kerosene	175 to 325	C-12 to C-18 and aromatics
Gas oil	Above 275	C-12 and higher
Lubricating oil	Nonvolatile liquids	Probably long chains attached to cyclic compounds
Asphalt or petroleum coke	Nonvolatile solids	Polycyclic structures

Source: Adapted from Morrison and Boyd.³

Origin of Crude Oil	Boiling Range (°C)	Volume (%)		
		Paraffins	Cycloparaffins	Aromatics
Oklahoma (Ponca)	55-180	50	40	10
Pennsylvania	40-200	70	22	8
Texas (Hastings)	50-200	27	67	6
California (Santa Fe Springs)	45-150	41	50	9
Canada (Turner Valley)	45-200	51	35	14
Mexico (Altamira)	40-200	49	36	14
Rumania (Bucsan)	50-150	56	32	12
Kuwait	40-200	72	20	8
Russia (Baku)	60-200	29	63	8

Source: Adapted from Perry.⁴

Πίνακας 2. Το σχετικό ποσό παραφινών, κυκλοπαραφινών, και αρωματικών ουσιών στο μέρος βενζίνης των αντιπροσωπευτικών ακατέργαστων πετρελαίων.

Constituent	Volume (%)		
	Conroe, TX	Colinga, CA	Jennings, LA
Alkanes:			
n-Pentane	0.33	0.44	1.12
n-Hexane	6.44	7.75	9.15
n-Heptane	6.90	5.94	8.42
2-Methylpentane	2.89	2.56	3.47
2,3-Dimethylhexane	0.22	1.30	2.39
Cycloalkanes:			
Cyclopentane	0.96	1.76	0.67
Methylcyclopentane	6.51	10.29	5.01
Cyclohexane	10.40	7.63	7.13
Methylcyclohexane	22.00	14.55	18.07
Ethylcyclopentane	2.03	4.38	2.34
Trimethylcyclopentane	3.64	8.12	4.18
Aromatics:			
Benzene	3.27	2.22	3.61
Toluene	16.19	7.94	12.02

Source: Adapted from Perry.⁴

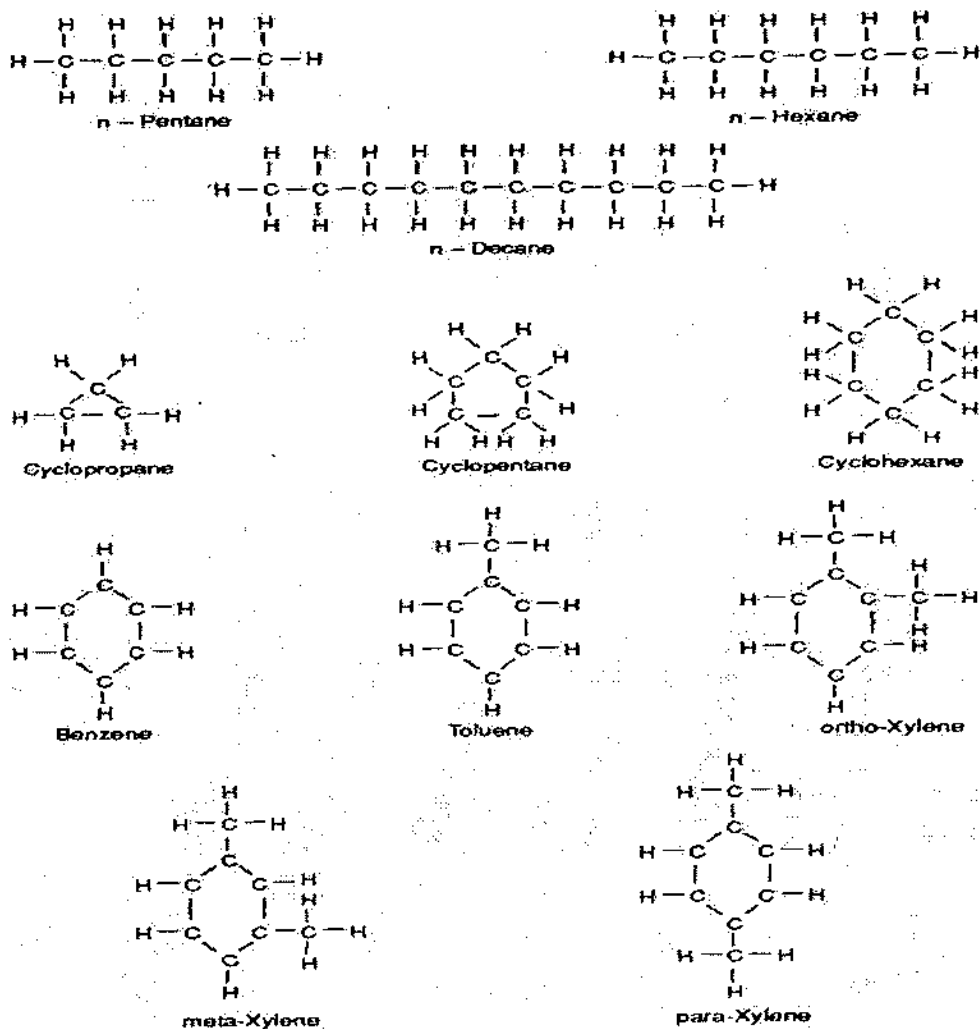
Πίνακας 3. Μερικά από τα σημαντικότερα συστατικά του μέρους βενζίνης (b.p. 36-117°C) σε επιλεγμένο Petroleum.

Η πηγή των ακατέργαστων ορυκτελαίων απ'όπου προέρχεται το ακατέργαστο πετρέλαιο έχει επίσης μια επίδραση στη σύνθεση των τελικών πετρελαιοειδών. Παραδείγματος χάριν, ο πίνακας 2 παρουσιάζει τοις εκατό όγκου των παραφινών, των κυκλοπαραφινών, και των αρωματικών ουσιών παρούσων σε εννέα τύπους ακατέργαστων πετρελαίων. Η μεταβλητότητα παρατηρείται πάλι στο μέρος βενζίνης που παράγεται από τρία ακατέργαστα πετρέλαια, όπως φαίνεται στον πίνακα 3. Παραδείγματος χάριν, το μέρος βενζίνης που γίνεται από Congoe, ακατέργαστο πετρέλαιο του Τέξας περιέχει το βενζόλιο 3,27% και το τολουόλιο 16,19% σε μια βάση όγκου. Το μέρος βενζίνης που γίνεται από Colinga, ακατέργαστο πετρέλαιο Καλιφόρνιας περιέχει το βενζόλιο μόνο 2,22% και το τολουόλιο 7,94% σε έναν όγκο basis.⁴

Φυσικές ιδιότητες

Για την υπέργεια ή κανονική επανόρθωση του υδρογονάνθρακα που μόλυνε τα εδάφη ή τα ύδατα πρέπει να εξετάσουμε τις συγκεκριμένες οργανικές ουσίες που είναι παρούσες. Ο καθαρισμός της βενζίνης είναι πραγματικά ο συνδυασμένος καθαρισμός διάφορων μεμονωμένων οργανικών χημικών ενώσεων. Κάθε μια από αυτές τις οργανικές ουσίες έχει συγκεκριμένες φυσικές, χημικές, και βιολογικές ιδιότητες.

Με τον όρο Βενζίνη εννοούμε χημικά σύνθετα πετρελαιοειδή που αποτελούνται από αλκάνια απότομα διακλαδισμένων και ευθειών αλυσίδων (παραφίνες), τα κυκλοαλκάνια, και τις αρωματικές ουσίες. Το σχήμα 2 παρέχει διάφορα παραδείγματα ενώσεων αυτών των κατηγοριών. Το μοριακό βάρος, η πυκνότητα, η διαλυτότητα, το σημείο βρασμού, και η πίεση ατμού για διάφορες ενώσεις στη βενζίνη, το diesel, και το πετρέλαιο καυσίμων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.



Σχήμα 2 .Χημικές δομές, των επιλεγμένων υδρογονανθράκων πετρελαίου.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4, ο αριθμός ατόμων άνθρακα σε μια ένωση έχει σημαντική επίδραση στις ιδιότητές του. Τα Αλκάνια αλυσοδένουν μέχρι 17 άνθρακες στο μήκος, είναι υγρά και έχουν πυκνότητα μικρότερη από αυτή των αλκανίων ύδατος τα οποία έχουν αλυσίδες με 18 ή περισσότερους άνθρακες στο μήκος, είναι πραγματικά στερεά στην επεξεργασία και αναφέρονται συνήθως ως κεριά. Στα Αλκάνια η διαλυτότητα μειώνεται γρήγορα καθώς ο αριθμός ανθράκων στην ένωση αυξάνεται. Το πεντάνιο, με ένα μήκος αλυσίδων πέντε ανθράκων, έχει μια διαλυτότητα 360 PPM σε 16°C το εξάνιο (με έξι άτομα άνθρακα) έχει μια διαλυτότητα 13 PPM και το δεκάνιο (με δέκα άτομα άνθρακα) έχει μια διαλυτότητα μόλις 0,009 PPM σε 20°C.

Οι πιέσεις ατμού μειώνονται καθώς οι αριθμοί ανθράκων αυξάνονται. Οι υψηλές πιέσεις ατμού δείχνουν ότι μια ένωση μπορεί εύκολα να εξατμιστεί οι χαμηλές πιέσεις ατμού συνδέονται με τις χημικές ουσίες που είναι semivolatile ή αμετάβλητες. Το μεθάνιο (1 άνθρακας), το αιθάνιο (2 άνθρακες), το προπάνιο (3 άνθρακες), και το βουτάνιο (4 άνθρακες) βρίσκονται συνήθως ως αέρια. Για τα υγρά αλκάνια το πεντάνιο έχει μια πίεση ατμού 430 χιλ. του Hg σε 20°C, το εξάνιο 120 χιλ. του Hg σε 20°C, και το δεκάνιο μόλις 2,7 χιλ. του Hg όταν βράσει στους 20°C. Τα κυκλοαλκάνια έχουν παρόμοιες ιδιότητες με τα ευθεία ή διακλαδισμένα αλκάνια. Η πυκνότητα τους είναι λιγότερο από ένα, οι διαλυτότητα και η πίεση ατμού μειώνονται, και οι θερμοκρασία βρασμού αυξάνεται με τον αριθμό ανθράκων.

Το αρωματικό μέρος των πετρελαιοειδών είναι ίσως η σημαντικότερη ομάδα χημικών ουσιών από περιβαλλοντική άποψη. Το βενζόλιο, το τολουόλιο, και τα ξυλόλια (BTX) έχουν πυκνότητα μικρότερη της μονάδας. Το βενζόλιο είναι το πιο διαλυτό αυτής της κατηγορίας στα 1780 PPM στους 20°C. Το τολουόλιο έχει μια διαλυτότητα 515 PPM σε 20°C. Τα ισομερή ξυλόλια έχουν διαφορετικές διαλυτότητες: 175 PPM για ορθο και metaxylene σε 20°C και 198 PPM για το παραξυλόλιο στους 25°C. Οι πιέσεις ατμού για αυτές τις ενώσεις είναι 76 χιλ. του Hg σε 20°C για το βενζόλιο, 22 χιλ. του Hg σε 20°C για το τολουόλιο, και περίπου 6 χιλ. του Hg σε 20°C για κάθε ένα από τα ισομερή ξυλόλια.

ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗ

Στην παράγραφο αυτή εξετάζουμε την επίδραση που έχουν οι διαφορετικές χημικές ιδιότητες στην επανόρθωση μιας περιοχής. Το πρώτο πράγμα που θέλουμε να ξέρουμε κατά την προσπάθεια επανόρθωσης μιας περιοχής είναι η θέση των μολυσματικών παραγόντων. Ξέρουμε ότι υπάρχουν

τρεις πιθανές φάσεις στις οποίες οι υδρογονάνθρακες πετρελαίου μπορούν να βρεθούν. Οι υδρογονάνθρακες απελευθερώνονται συνήθως πρώτα στα ακόρεστα εδάφη, έπειτα ταξιδεύουν βαθύτερα μέσω των χωμάτων και ενώνονται με τα υπόγεια ύδατα. Οι υδρογονάνθρακες στη ζώνη vadose μπορούν επίσης να εξατμιστούν κατά τη διάρκεια της μετακίνησης και να συμβάλουν στα εδαφολογικά αέρια. Επομένως, μπορούμε να βρούμε τους υδρογονάνθρακες πετρελαίου στα εδάφη, το υδροφόρο στρώμα, και στα εδαφολογικά αέρια.

Μόλις εισαχθούν οι υδρογονάνθρακες πετρελαίου στο περιβάλλον αλληλεπιδρούν με τα περιβάλλοντα εδάφη. Μερικές από τις σημαντικότερες διαδικασίες που έχουν επιπτώσεις σε αυτές τις χημικές ουσίες περιλαμβάνουν την προσρόφηση, τη χημική υποβάθμιση, τη διάχυση, την αεριοποίηση, και τη βιοδιάσπαση. Πολλά συστατικά των πετρελαιοειδών (όπως τα αλκάνια και οι αρωματικές ουσίες) είναι μη πολικές ενώσεις και έχουν περιορισμένη διαλυτότητα στο νερό. Οι εδαφολογικές ενώσεις φυσικής εμφάνισης, όπως τα πυριτικά και φουλβικά οξέα, μπορούν να διαλυθούν στο ύδωρ και να βοηθήσουν στη διάλυση άλλων μη πολικών ενώσεων. Η ομοιοπολική σύνδεση των μολυσματικών παραγόντων στις λειτουργικές ομάδες πυριτικών μορίων μπορεί επίσης να χρησιμεύσει στην ακινητοποίηση των μολυσματικών παραγόντων. Επιπλέον, ο άργιλος στην υποεπιφάνεια συχνά ενισχύει τις επιφάνειες που μπορούν να δεσμεύσουν τα πολικά καθώς και τα μόρια των μολυσματικών παραγόντων.

Ένας κοινός τρόπος να συγκριθούν οι συγκεκριμένες σύνθετες δυνατότητες μετανάστευσης είναι να χρησιμοποιηθούν οι τιμές K_{oc} (Συντελεστής κατανομής οκτανόλης νερού). Το K_{oc} είναι το μέτρο της τάσης μιας οργανικής ένωσης να προσροφάται από το χώμα. Όσο υψηλότερη η τιμή του K_{oc} για μια ένωση, τόσο χαμηλότερη η κινητικότητα του και τόσο υψηλότερη η δυνατότητα προσρόφησης. Ο πίνακας 5 δίνει τις τιμές K_{oc} για μερικές από τις ενώσεις που βρίσκονται στη βενζίνη.

Chemical	K_{oc} Value
n-Pentane	568
n-Hexane	1097
n-Heptane	2361
Benzene	50
Toluene	339
ortho-Xylene	255

Source: Adapted from U.S. EPA 1988.⁹

Πίνακας 5. Συντελεστές προσρόφησης για τις επιλεγμένες ενώσεις βενζίνης που περιγράφονται προηγουμένως. Οι ενώσεις που αποτελούν τη βενζίνη και έχουν χαμηλή διαλυτότητα, χαμηλή αστάθεια, και ισχυρά χαρακτηριστικά προσρόφησης θα είναι οι πιο επικρατούσες στα εδάφη των περιοχών επανόρθωσης. Οι ενώσεις με υψηλή διαλυτότητα θα είναι οι πιο επικρατούσες στο υδροφόρο στρώμα, και οι ενώσεις με υψηλή αστάθεια θα είναι οι πιο επικρατούσες στα εδαφολογικά αέρια. Τείνουμε να έχουμε έναν φυσικό χωρισμό των χημικών συστατικών οποιωνδήποτε πετρελαιοειδών.

Οι συγκεκριμένες χημικές ιδιότητες έχουν επιπτώσεις στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την επανόρθωση καθώς επίσης και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση.

Εδαφολογική επανόρθωση

Υπάρχουν τέσσερις κύριοι τρόποι να επαναφέρει κανείς μολυσμένα εδάφη με υδρογονάνθρακες πετρελαίου:

- Ανασκαφή και διάθεση
- Κανονικός εδαφολογικός εξαερισμός
- Κανονική βιοδιάσπαση
- Υπέργεια ή κανονική χημική οξείδωση

Η ανασκαφή των περιοχών μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια των παρούσων πτητικών ενώσεων. Δεδομένου ότι ο ρύπος εκτίθεται στην ατμόσφαιρα, τα πετρελαιοειδή με τις υψηλές πιέσεις ατμού και τα χαμηλά σημεία βρασμού θα τείνουν να εξατμιστούν. Κάποια προσοχή θα πρέπει να ληφθεί στις περιοχές όπου οι εκπομπές αερίων είναι κρίσιμες για να μην αποδεσμευτούν μεγάλα ποσά αυτών των ενώσεων. Όπως φαίνεται στον πίνακα 4, το βενζόλιο (η σημαντικότερη ένωση από την άποψη των επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου) αναμένεται να είναι μια από τις πιο εξατμίσιμες ενώσεις.

Compound	Molecular Weight	Density	Solubility (@°C)	Boiling Point, °C	Vapor Pressure @1 atm and (°C)
Pentane	72.15	0.626	360 (16)	36	430 (20)
Hexane	86.17	0.66	13 (20)	68.7	120 (20)
Decane	142.28	0.73	0.009 (20)	173	2.7 (20)
Cyclopropane	42.08	0.72	37,000	-33	760 (-33)
Cyclopentane	70.14	0.751	<1000	—	200 (13.8)
Cyclohexane	84.16	0.779	55 (20)	81	77 (20)
Benzene	78.11	0.878	1780 (20)	80.1	76 (20)
Toluene	92.10	0.867	515 (20)	110.8	22 (20)
ortho-Xylene	106.17	0.88	175 (20)	144.4	5 (20)
meta-Xylene	106.17	0.86	175 (20)	139	6 (20)
para-Xylene	106.17	0.86	198 (25)	138.4	6.5 (20)

Note: Compiled from various sources.

Πίνακας 4. Φυσικές / χημικές ιδιότητες των επιλεγμένων υδρογονανθράκων πετρελαίου.

Έπειτα, εξετάζεται ο κανονικός εδαφολογικός εξαερισμός. Τα συστατικά της βενζίνης θα έχουν μια σημαντική επίδραση στην καταλληλότητα αυτής της τεχνολογίας. Η βάση του εδαφολογικού εξαερισμού είναι να κινηθεί ο αέρας μέσα από τα μολυσμένα εδάφη και να μεταφερθούν οι οργανικές ουσίες από την υγρή φάση στη φάση ατμού. Αυτή η διαδικασία μαζικής μεταφοράς τις αφαιρεί αποτελεσματικά από το χώμα.

Το ποσοστό που οι υδρογονάνθρακες θα ατμοποιηθούν συσχετίζεται με την πίεση ατμού και τα σημεία βρασμού των συγκεκριμένων ενώσεων. Χρησιμοποιώντας τις τιμές των ιδιοτήτων που απαριθμούνται στον πίνακα 4, δεν αναμένεται όλα τα συστατικά της βενζίνης να είναι υποκείμενα σ' αυτήν την επεξεργασία. Ακόμη λιγότερα συστατικά του πετρελαίου diesel και καυσίμων είναι υποκείμενα στις τεχνολογίες εδαφολογικού εξαερισμού.

Τα εδάφη μπορούν να καθαριστούν με βιολογικές μεθόδους. Όλες οι ενώσεις που βρίσκονται στη βενζίνη, το diesel, και το πετρέλαιο καυσίμων είναι διασπάσιμες από τα βακτηρίδια. Εντούτοις, η ενισχυμένη βιοθεραπεία επιφέρει συχνά βελτιώσεις στο περιβάλλον κάτω από την επιφάνεια που βρίσκονται οι γηγενείς μικροοργανισμοί. Ο υδρογεωλόγος πρέπει να εξασφαλίσει τη μεταφορά και τη μίξη του οξυγόνου και των θρεπτικών ουσιών σε όλη τη μολυσμένη ζώνη. Ο υδρογεωλόγος πρέπει επίσης να εξασφαλίσει ότι τα διαλυτά και πτητικά συστατικά δεν διαδίδονται περαιτέρω μέσω της δράσης οποιωνδήποτε υγρών που εισάγονται επί του τόπου.

Τελικά, τεχνική χημική οξειδωση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επανόρθωση μολυσμένων με υδρογονάνθρακες εδαφών. Αυτό στηρίζεται συνήθως στη χρήση του υπεροξειδίου υδρογόνου και των καταλυτών για να καταστρέψει τους παρόντες υδρογονάνθρακες. Η διαδικασία επεξεργασίας πρέπει να επαναληφθεί έως ότου φθάσουν όλα τα επιθυμητά συστατικά υδρογονανθράκων στις αποδεκτές συγκεντρώσεις.

Επανόρθωση υδροφόρων στρωμάτων

Υπάρχουν δύο σημαντικές στρατηγικές που υιοθετούνται για να αφαιρέσουν τους υδρογονάνθρακες πετρελαίου από τα μολυσμένα υδροφόρα στρώματα: άντληση και μεταφορά στα υπέργεια συστήματα για την κανονική βιοθεραπεία. Οι ιδιότητες των συγκεκριμένων παρούσων οργανικών ουσιών θα έχουν μια σημαντική επίδραση στις μεθόδους άντλησης και μεταφοράς. Ελεύθερο προϊόν στο υδροφόρο στρώμα μπορεί να αφαιρεθεί μέσω της προκληθείσας κατάθλιψης επιπέδων υπόγειων νερών και της μηχανικής άντλησης. Οι ενώσεις που είναι διαλυτές στο ύδωρ μπορούν να αφαιρεθούν από την υποεπιφάνεια και να αντιμετωπιστούν επάνω από το έδαφος με ποικίλες τεχνολογίες. Οι εξαιρετικά υδροφοβικές χημικές ουσίες μπορούν να παραμείνουν προσροφημένες κάτω από την επιφάνεια επανόρθωσης εδαφολογικών μορίων και να διαφύγουν χρησιμοποιώντας τις μεθόδους άντλησης και μεταφοράς.

Η κανονική βιοδιάσπαση είναι συχνά μια αποτελεσματική στρατηγική επανόρθωσης επειδή όλες οι ενώσεις είναι βιοδιασπάσιμες. Προσοχή πρέπει να ληφθεί για να εξασφαλιστεί ότι οι διαλυτοί μολυσματικοί παράγοντες δεν μετακινούνται περαιτέρω κάτω από την επιφάνεια με την εισαγωγή οποιωνδήποτε υγρών.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Τέλος, η μεταβλητή σύνθεση των πετρελαιοειδών μπορεί να έχει μια σημαντική επίδραση στον ποσοτικό προσδιορισμό τους. Η χημική ανάλυση για τους υδρογονάνθρακες πετρελαίου χρησιμοποιείται σε όλη τη διαδικασία επανόρθωσης των περιοχών για διάφορους λόγους, που περιλαμβάνουν:

- Αρχικά, να προσδιοριστούν και να ποσολογηστούν οι παρούσες χημικές ουσίες
- Κατά τη διάρκεια του προγράμματος, να παρακολουθηθεί η πρόοδος της προσπάθειας επανόρθωσης
- Τέλος για να πιστοποιηθεί ότι η προσπάθεια καθαρισμού είναι πλήρης

Επειδή τα πετρελαιοειδή είναι σύνθετα μίγματα χημικών ουσιών, τα ειδικά προβλήματα αντιμετωπίζονται στην ανάλυση για αυτές τις ενώσεις. Η ερμηνεία στοιχείων γίνεται επίσης πιο σύνθετη. Θα επισημάνουμε μερικές από τις δυσκολίες που εμφανίζονται στο νερό και στα εδάφη για τους υδρογονάνθρακες, καθώς επίσης και μερικές κοινές παγίδες στην ερμηνεία αυτών των στοιχείων.

Γενικά, οι δειγματοληψίες του νερού είναι ευκολότερες να αναλυθούν από τα εδαφολογικά δείγματα. Αυτό είναι επειδή οι δειγματοληψίες ύδατος είναι πιο ομοιογενείς από τα εδαφολογικά δείγματα (που δεν υποθέτουν κανένα ελεύθερο προϊόν ότι είναι παρών). Τα εδάφη τείνουν να έχουν πιο ετερογενής φύσης, και η πραγματική ανόργανη και οργανική σύνθεσή τους μπορεί να αλλάξει ευρέως πέρα από τις μικρές οριζόντιες ή κάθετες αποστάσεις. Η ομοιογένεια επιδιώκεται από μια αναλυτική σκοπιά επειδή το δείγμα μπορεί να είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικό των συνθηκών μιας περιοχής σε ένα δεδομένο σημείο του χρόνου. Τα ετερογενή δείγματα είναι πιθανότερο να περιέχουν τα οργανικά "καυτά σημεία" δηλαδή περιοχές μόλυνσης πολύ υψηλότερες από τις κανονικές.

Υπάρχουν δύο σημαντικοί τύποι αναλύσεων που μπορούν να εκτελεστούν με τα δείγματα ύδατος ή χόματος τα οποία περιέχουν πετρελαιοειδή. Ο πρώτος τύπος μεθόδου είναι μη συγκεκριμένος και προσπαθεί να ποσολογήσει τη συνολική μάζα των παρόντων υδρογονανθράκων. Αυτή η μέθοδος είναι συνήθως μια παραλλαγή της ανάλυσης "πετρελαίου και λιπών" που εκτελείται αρχικά με τα υγρά απόβλητα. Με αυτήν την μέθοδο, ένας δεδομένος όγκος του ύδατος ή το υγρό

εδαφολογικό δείγμα βάρους εξάγεται με έναν διαλύτη όπως fluorocarbon-113. Η συνολική μάζα των υδρογονανθράκων που διαλύονται στο διαλύτη ποσολογείται έπειτα με τη σύγκριση της υπέρυθρης απορρόφησης του υγρού εξαγωγής ενάντια σε αυτό ενός καθορισμένου μίγματος υδρογονανθράκων.

Οι υδρογονάνθρακες πετρελαίου έχουν δύο σημαντικά μειονεκτήματα όταν χρησιμοποιούνται για να αναλύσουν τα σύνθετα πετρελαιοειδή.

Αυτά τα μειονεκτήματα είναι:

- Οι πτητικές ενώσεις χάνονται συνήθως στη διαδικασία εξαγωγής. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την ανάλυση μολυσμένων από βενζίνη υλικών.
- Τα δείγματα ποσολογούνται σε σχέση με ένα γνωστό μίγμα υδρογονανθράκων Όλοι οι υδρογονάνθρακες δεν αποκρίνονται εξίσου στην υπέρυθρη ανάλυση, και η σύγκριση του άγνωστου στο τυποποιημένο μίγμα μπορεί να οδηγήσει στις τεχνητά υψηλές ή χαμηλές συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων.

Καθώς ερμηνεύονται τα αποτελέσματα από μια τέτοια δοκιμή πρέπει να θεωρηθεί ότι:

Όλα τα υλικά (μολυσματικοί παράγοντες ή καλοκάγαθα υλικά) που είναι διαλυτά στο διαλύτη θα εξαχθούν. Αυτά τα υλικά μπορούν να δημιουργήσουν θετικές ή αρνητικές παρεμβάσεις στον ποσοτικό προσδιορισμό υδρογονανθράκων.

Τα εδαφολογικά δείγματα πρέπει επίσης να αναλυθούν για την περιεκτικότητα σε υγρασία προκειμένου να διορθωθεί η συγκέντρωση υδρογονανθράκων για το βάρος του παρόντος ύδατος. Θυμηθείτε ότι ένα ορισμένο υγρό βάρος του χώματος χρησιμοποιείται αρχικά για την εξαγωγή. Η αποτυχία διόρθωσης για το ποσοστό περιεκτικότητας σε υγρασία των χωμάτων οδηγεί στις τεχνητά χαμηλές τιμές συγκέντρωσης υδρογονανθράκων.

Όλες οι διαδικασίες εξαγωγής και ποσοτικού προσδιορισμού έχουν έναν βαθμό μεταβλητότητας. Για αυτήν την μέθοδο, η μεταβλητότητα μπορεί να είναι 25% ή μεγαλύτερη ανάλογα με το συγκεκριμένο παρόντα

υδρογονάνθρακα και την εδαφολογική μήτρα. Οι συγκεκριμένες εδαφολογικές ακίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κερδίσουν μια καλύτερη κατανόηση της συγκεκριμένης περιοχής μεταβλητότητας αυτής της τεχνικής. Τα εργαστηριακά στοιχεία QA/QC πρέπει να αξιολογηθούν προσεκτικά στην ερμηνεία των τελικών τιμών συγκέντρωσης υδρογονανθράκων.

Η μέθοδος εξαγωγής / IR ποσοτικού προσδιορισμού έχει ορισμένα πλεονεκτήματα. Είναι σχετικά γρήγορη και εύκολη να εκτελεστεί και δεν είναι πολύ ακριβή (χαρακτηριστικά \$50 έως \$75). Αυτή η τεχνική είναι ίσως η πολυτιμότερη για τη χρήση ως βήμα διαλογής στον καθορισμό της παρουσίας μολυσμένων υδρογονανθράκων. Παρ' όλα αυτά Δεν μπορεί να προσδιορίσει και να ποσολογήσει τις συγκεκριμένες παρούσες ενώσεις, και δεν συστήνεται η χρήση της στον καθορισμό των προτύπων καθαρισμού ή για την πιστοποίηση ότι μια επανόρθωση είναι πλήρης.

Η δεύτερη μέθοδος για τους υδρογονάνθρακες στο νερό και τα εδάφη περιλαμβάνει το συγκεκριμένο ποσοτικό προσδιορισμό των οργανικών ουσιών με τη χρωματογραφία αερίου και τη μαζική φασματομετρία (GC/MS). Η μέθοδος Sw846-8240 περιγράφει μια GC/MS μια τεχνική εκκαθάριση και παγίδων μελών για τις παρούσες πτητικές ουσίες σε ένα δείγμα. Οι παρούσες πτητικές ενώσεις σε ένα υγρό δείγμα εξαγνίζονται χρησιμοποιώντας ένα αδρανές αέριο και συλλαμβάνονται σε μια παγίδα προσροφητικών. Οι συλληφθείσες οργανικές ουσίες διαχωρίζονται με εκχύλιση έπειτα από την παγίδα στην GC για την ανάλυση. Τα εδαφολογικά δείγματα θερμαίνονται γρήγορα και οι πτητικές ενώσεις συλλέγονται σε μια παγίδα για περαιτέρω ανάλυση.

Η Sw846-8270 περιγράφει μια μέθοδο GC/MS εξαγωγής μελών χλωριδίου μεθυλενίου για semivolatiles σε ένα δείγμα. Το χώμα και τα υγρά δείγματα εξάγονται κατά τρόπο ανάλογο. Δυστυχώς, μια ενιαία μέθοδος δεν είναι εύκολα διαθέσιμη για τον προσδιορισμό και την ποσολογία των πτητικών ουσιών και semivolatiles σε ένα ύδωρ ή ένα χώμα. Για να χαρακτηριστεί

εντελώς ένα δείγμα ύδατος ή χώματος απαιτούνται να ολοκληρωθούν η πτητική και οι semivolatle GC/MS αναλύσεις.

Οι μέθοδοι GC/MS προσφέρουν τη δυνατότητα να προσδιοριστούν και να ποσολογηθούν οι συγκεκριμένες παρούσες οργανικές ουσίες. Αυτό μπορεί να είναι κρίσιμο εάν η προσπάθεια επανόρθωσης οδηγείται από την επιθυμία να μειωθούν μόνο ορισμένες ενώσεις, όπως το βενζόλιο, το τολουόλιο, ή το ξυλόλιο. Τα οφέλη της GC/MS στην εργασία πρέπει να σταθμιστούν ενάντια στις υψηλότερες δαπάνες τους. Οι τιμές \$100 έως \$300 ανά δείγμα δεν είναι ασυνήθιστες για καθεμία των πτητικών ή semivolatle δοκιμών GC/MS που περιγράφονται.

Η χρωματογραφία αερίου μπορεί επίσης να βοηθήσει να καθοριστεί εάν ένα δείγμα πετρελαίου καυσίμων έχει ξεπεραστεί βιολογικά. Αυτό γίνεται με τη σύγκριση της αναλογίας ορισμένων αλκάνιων ευθειών αλυσίδων (n- c17 και n- c18) με συγκεκριμένο δείγμα αλκάνιων διακλαδισμένων αλυσίδων (pristane και phytane, αντίστοιχα). Διακλαδισμένα αλκάνια αλυσίδων είναι περισσότερο ανθεκτικά στη βιοδιάσπαση, και τα βιολογικά ξεπερασμένα δείγματα έχουν χαρακτηριστικά τη χαμηλή ευθεία αλυσίδα στις διακλαδισμένες αναλογίες αλυσίδων.

Γενικά, μεγάλη προσοχή πρέπει να ληφθεί στην απόφαση ποια αναλυτική μέθοδος θα χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό και την ποσολογία των παρόντων υδρογονανθράκων πετρελαίου στα εδάφη και τα νερά. Εξίσου σημαντική είναι η προσεκτική αξιολόγηση των στοιχείων που παράγονται από αυτές τις δοκιμές. Ακριβώς επειδή ένας αριθμός παρουσιάζεται σε μια επίσημη έκθεση δεν σημαίνει ότι είναι σωστό ή ακόμα και αντιπροσωπευτικό των γενικών όρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αυτό το κεφάλαιο θα παράσχει τις φυσικές / χημικές ιδιότητες ευμεταχείριστου 50 ενώσεων. Αυτοί οι φυσικοί / χημικοί παράμετροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στην αξιολόγηση των στοιχείων που παράγονται κατά τη διάρκεια των θεραπευτικών ερευνών. Οι παράμετροι ευμεταχείριστου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για το προκαταρκτικό σχέδιο ενός συστήματος επεξεργασίας που θα αφαιρέσει τις οργανικές ενώσεις από το υπόγειο νερό.

Το μεγαλύτερο εμπόδιο στο σχεδιασμό ενός συστήματος επεξεργασίας πρόκειται στο που να αρχίσει. Χαρακτηριστικά, οι δύο κύριες αφετηρίες που θεωρητικά ισχύουν είναι μελέτες εργαστηριακού ευμεταχείριστου και σχέδιο "από των βιβλίων". Καμία από αυτές τις μεθόδους δεν είναι ακριβής ή αποδοτική. Στις μελέτες εργαστηριακού ευμεταχείριστου ο σχεδιαστής υποβάλλει γενικά ένα δείγμα υπόγειων νερών στο εργαστήριο για λόγους μίμησης των πλήρων μονάδων επεξεργασίας. Οι μελέτες εργαστηριακού ευμεταχείριστου, εντούτοις, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως άμεση προσομοίωση των περισσότερων οργανικών διαδικασιών επεξεργασίας. Τα εγχειρίδια δεν πρέπει ποτέ να χρησιμοποιηθούν ως "cookbooks" για το σχέδιο ενός συστήματος επεξεργασίας.

Η συνταγή cookbook χρησιμοποιεί απλά κάθε διαθέσιμη μέθοδο επεξεργασίας για την αφαίρεση των οργανικών ενώσεων και ταξινομεί τις διαδικασίες μονάδων βασισμένες στις τιμές που παρέχονται στο εγχειρίδιο. Το τελικό σχέδιο χρησιμοποιεί όλες τις μονάδες επεξεργασίας στη σειρά. Τα εγχειρίδια, πρέπει να χρησιμοποιηθούν για γενικούς λόγους γνώσης και αναφοράς μόνο, όχι για τα σχεδιαστικά στοιχεία.

Τα σχέδια συστημάτων επεξεργασίας έχουν προηγηθεί πάντα από την πλήρη αξιολόγηση των ιδιοτήτων των ενώσεων. Δεν θα μπορούσαμε να προχωρήσουμε άμεσα σε μια πραγματικού μεγέθους εγκατάσταση που εδρεύει αυστηρά επάνω στην ανάλυση των σύνθετων ιδιοτήτων.. Επιπλέον, οι ιδιότητες των ενώσεων μπορούν να δείξουν τα κρίσιμα σημεία ενός σχεδίου και των περιοχών που απαιτούν περαιτέρω στοιχεία. Αυτές οι περιοχές μπορούν έπειτα να αξιολογηθούν περαιτέρω στις πειραματικές δοκιμές εργαστηρίων και τομέων.

Οι κύριες φυσικές / χημικές ιδιότητες που πρέπει να αξιολογηθούν πριν από το σχέδιο είναι η διαλυτότητα, η συγκεκριμένη πυκνότητα, και ο συντελεστής οκτανόλης / ύδατος. Αυτές οι ιδιότητες μας βοηθούν κυρίως να καταλάβουμε τα στοιχεία που παράγονται κατά τη διάρκεια των ερευνών.

ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ

Η διαλυτότητα είναι μια από τις σημαντικότερες ιδιότητες που έχουν επιπτώσεις στη μεταφορά των οργανικών ενώσεων στο περιβάλλον. Η διαλυτότητα μιας ένωσης περιγράφεται ως μέγιστη διαλυμένη ποσότητα ένωσης στο καθαρό ύδωρ σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Οι διαλυτότητες των πιο κοινών οργανικών ενώσεων κυμαίνονται από 1 έως 100.000 PPM στην περιβαλλοντική επεξεργασία. Εντούτοις, διάφορες ενώσεις εκθέτουν τις υψηλότερες διαλυτότητες και μερικές είναι απείρως διαλυτές. Οι ιδιαίτερα διαλυτές ενώσεις μεταφέρονται εύκολα από τον υδρολογικό κύκλο. Τείνουν να έχουν τους χαμηλότερους συντελεστές προσρόφησης για τα εδάφη και τους χαμηλότερους παράγοντες βιοσυγκέντρωσης στην υδρόβια ζωή. Οι ιδιαίτερα διαλυτές ενώσεις τείνουν επίσης να είναι ευκολότερα βιοδιασπάσιμες.

Η διαλυτότητα μειώνεται συνήθως όταν η θερμοκρασία αυξάνεται λόγω μιας αύξησης στην πίεση υδρατμού στην υγρή / διεπαφή αερίου. Ο πίνακας 1 παρουσιάζει τις τιμές διαλυτότητας για 50 οργανικές ενώσεις.

Κατά την αναθεώρηση των αποτελεσμάτων στα υπόγεια νερά μελετώνται οι συγκεντρώσεις των οργανικών ενώσεων. Παραδείγματος χάριν, οι υψηλές συγκεντρώσεις της μη διαλυτής ένωσης μπορούν να δείξουν την παρουσία ενός καθαρού σύνθετου DNAPL. Επομένως, το σύστημα επεξεργασίας πρέπει να σχεδιαστεί με την ικανότητα να αντιμετωπιστούν οι καθαρές ενώσεις.

Table 1 Solubility for Specific Organic Compounds

	Compound	Solubility ^a (mg/L)	Ref.
1	Acenaphthene	3.42	2
2	Acetone	1×10^{6a}	1
3	Aroclor 1254	1.2×10^{-2}	2
4	Benzene	1.75×10^3	1a
5	Benzo(a)pyrene	1.2×10^{-9}	2
6	Benzo(g,h,i)perylene	7×10^{-4}	2
7	Benzoic Acid	2.7×10^3	2
8	Bromodichloromethane	4.4×10^3	2
9	Bromoform	3.01×10^3	1b
10	Carbon Tetrachloride	7.57×10^2	1a
11	Chlorobenzene	4.66×10^2	1a
12	Chloroethane	5.74×10^3	2
13	Chloroform	8.2×10^3	1a
14	2-Chlorophenol	2.9×10^4	2
15	p-Dichlorobenzene (1,4)	7.9×10^1	2
16	1,1-Dichloroethane	5.5×10^3	1a
17	1,2-Dichloroethane	8.52×10^3	1a
18	1,1-Dichloroethylene	2.25×10^3	1a
19	cis-1,2-Dichloroethylene	3.5×10^3	1a
20	trans-1,2-Dichloroethylene	6.3×10^3	1a
21	2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid	6.2×10^2	2
22	Dimethyl Phthalate	4.32×10^3	2
23	2,6-Dinitrotoluene	1.32×10^3	2
24	1,4-Dioxane	4.31×10^5	2
25	Ethylbenzene	1.52×10^2	1a
26	bis(2-Ethylhexyl)phthalate	2.85×10^{-1}	2
27	Heptachlor	1.8×10^{-1}	2
28	Hexachlorobenzene	6×10^{-3}	1a
29	Hexachloroethane	5×10^1	2
30	2-Hexanone	1.4×10^4	2
31	Isophorone	1.2×10^4	2
32	Methylene Chloride	2×10^4	1
33	Methyl Ethyl Ketone	2.68×10^5	1b
34	Methyl Naphthalene	2.54×10^1	2a
35	Methyl tert-Butyl Ether	4.8×10^4	3
36	Naphthalene	3.2×10^1	2
37	Nitrobenzene	1.9×10^3	2
38	Pentachlorophenol	1.4×10^1	1
39	Phenol	9.3×10^4	1a,b
40	1,1,2,2-Tetrachloroethane	2.9×10^3	2
41	Tetrachloroethylene	1.5×10^2	1a
42	Tetrahydrofuran	3×10^5	4
43	Toluene	5.35×10^2	1a
44	1,2,4-Trichlorobenzene	3×10^1	2
45	1,1,1-Trichloroethane	1.5×10^3	1a
46	1,1,2-Trichloroethane	4.5×10^3	1a
47	Trichloroethylene	1.1×10^3	1a
48	2,4,6-Trichlorophenol	8×10^2	2
49	Vinyl Chloride	2.67×10^3	1a
50	o-Xylene	1.75×10^2	1c

ΕΙΔΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η συγκεκριμένη πυκνότητα είναι μια αδιάστατη παράμετρος που προέρχεται από την πυκνότητα. Η συγκεκριμένη πυκνότητα μιας ένωσης ορίζεται ως η αναλογία του βάρους της ένωσης ενός δεδομένου όγκου και σε μια διευκρινισμένη θερμοκρασία στο βάρος του ίδιου όγκου του ύδατος σε μια δεδομένη θερμοκρασία. Η συγκεκριμένη πυκνότητα του ύδατος σε 4°C χρησιμοποιείται συνήθως ως βάση επειδή η πυκνότητα του ύδατος σε 4°C είναι 1.000 g/mL.

Στην περιβαλλοντική ανάλυση ο αρχικός λόγος που χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη πυκνότητα μιας ένωσης είναι να καθοριστεί εάν τα υγρά θα επιπλεύσουν ή θα βυθιστούν στο νερό. Οι καθαρές ενώσεις που είναι ελαφρύτερες από το νερό θα διαμορφώσουν ένα στρώμα πάνω από το νερό. Οι οργανικές ενώσεις που είναι βαρύτερες από το νερό θα κινηθούν μέσω του υδροφόρου στρώματος έως ότου προσροφηθούν πλήρως από τις εδαφολογικές ιδιότητες ή έως ότου αντιμετωπίσουν ένα αδιαπέραστο στρώμα.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΟΚΤΑΝΟΛΗΣ / ΥΔΑΤΟΣ

Ο συντελεστής κατανομής οκτανόλης / ύδατος (K_{ow}) ορίζεται ως η αναλογία της συγκέντρωσης μιας ένωσης στη φάση οκτανόλης στη συγκέντρωσή της στην υδάτινη φάση ενός διφασικού συστήματος. Οι μετρημένες τιμές για τις οργανικές ενώσεις κυμαίνονται από 10^{-3} ως 10^7 . Οι ενώσεις με χαμηλές τιμές K_{ow} (< 10) θεωρούνται υδρόφιλες και τείνουν να έχουν την υψηλότερη διαλυτότητα ύδατος. Οι ενώσεις με υψηλές τιμές K_{ow} ($> 10^4$) είναι πολύ υδροφοβικές.

Οι τιμές K_{ow} για τις οργανικές ενώσεις χρησιμοποιούνται για να τις αξιολογήσουν στο περιβάλλον. Η παράμετρος αυτή μπορεί να αφορά τη διαλυτότητα στα αποτελέσματα ύδατος και βιοσυγκέντρωσης, αλλά χρησιμοποιείται κυρίως για να περιγράψει την προσρόφηση χώματος / ιζημάτων. Ο πίνακας 3 παρουσιάζει τις τιμές K_{ow} για 50 οργανικές ενώσεις. Όταν συνδυάζονται με το οργανικό περιεχόμενο του χώματος, αυτές οι τιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν το ποσό του υλικού που προσροφάται στο χώμα και τον παράγοντα καθυστέρησης για τη μετακίνηση μέσω του υδροφόρου στρώματος.

Όταν οι καθαρές ενώσεις χάνονται στο περιβάλλον είναι σημαντικό να ξέρουμε που είναι πιθανό να βρεθούν. Οι διαλυτές ενώσεις θα μετακινηθούν με το νερό της επιφάνειας που θα διεισδύσει στο υδροφόρο στρώμα και θα αναμειχθεί με το υπόγειο νερό. Οι nonsoluble ενώσεις θα προσροφηθούν από το χώμα. Εντούτοις, εάν η μάζα των οργανικών ενώσεων υπερβεί την προσροφητική ικανότητα του χώματος, οι ενώσεις θα συνεχίσουν να μετακινούνται έως ότου φθάσουν στο υδροφόρο στρώμα. Οι ενώσεις με χαμηλότερη συγκεκριμένη πυκνότητα θα διατηρηθούν στην επιφάνεια του υδροφόρου στρώματος ενώ οι ενώσεις με την υψηλότερη συγκεκριμένη πυκνότητα θα συνεχίσουν να κινούνται κάθετα μέσω του υδροφόρου στρώματος.

Αυτές οι ιδιότητες είναι επίσης απαραίτητες για τη χρήση στο σχεδιασμό των συστημάτων επεξεργασίας όπως οι διαχωριστές ελαίου/ύδατος και οι υγροί/υγροί εξολκείς.

Οι κύριες παράμετροι ευμεταχείριστου που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στο σχεδιασμό ένα σύστημα επεξεργασίας είναι strippability (σταθερά νόμου Henry), προσροφητικότητα, και βιοδιασπασιμότητα. Αυτές οι παράμετροι συζητούνται στις ακόλουθες παραγράφους.

ΣΤΑΘΕΡΑ ΝΟΜΟΥ HENRY

Γενικά, για τις μη-ιδανικές λύσεις, ο νόμος Henry δηλώνει ότι η μερική πίεση ισορροπίας μιας ένωσης στον αέρα επάνω από τη διεπαφή αέρος/ύδατος είναι ανάλογη προς τη συγκέντρωση εκείνης της ένωσης στο ύδωρ. Ο νόμος Henry μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$P_A = H_A X_A$$

όπου: P_A = μερική πίεση μιας ένωσης στο υγρό στην ισορροπία με το αέριο (ATM)

Εκτάριο = νόμος Henry σταθερό x_A (του ATM) = μέρος μιας ένωσης στο αέριο.

Επομένως, η σταθερά νόμου Henry εκφράζει το ποσό χημικής ουσίας που ορίζει την ισορροπία μεταξύ υγρής και αέριας φάσης.

Ο αερισμός είναι μια τεχνολογία που υιοθετείται συχνά στις εφαρμογές κατεργασίας ύδατος για να αφαιρεθεί η συγκέντρωση των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) από το ύδωρ. Ο παράγοντας για την αφαίρεση VOCs από το ύδωρ είναι το ποσοστό μεταφοράς από την υγρή φάση (ύδωρ) στη φάση αερίου (αέρας) έως ότου καθιερώνεται η ισορροπία. Το ποσοστό μεταφοράς του VOCs από το ύδωρ μέσω του αερισμού εξαρτάται από την επεξεργασία και του ύδατος και του αέρα, καθώς επίσης και τις φυσικές και χημικές

ιδιότητες του VOCs. Αλλαγές θερμοκρασίας τόσο μικρές όπως 10°C μπορεί να οδηγήσουν στις τριπλάσιες αυξήσεις στις σταθερές του νόμου Henry. Σε ένα υγροποιημένου αερίου σύστημα, η συγκέντρωση ατμού ισορροπίας ενός Ποε μπορεί να υπολογιστεί από τη σταθερή και συνολική πίεση συστημάτων νόμου του σύνθετου συγκεκριμένου Henry.

Γενικά, όσο μεγαλύτερη η σταθερά νόμου του Henry (δηλ., μεγαλύτερη από 160 ATM), τόσο πιο πτητική είναι μια ένωση και ευκολότερα αυτή μπορεί να αφαιρεθεί. Οι σταθερές νόμου Henry μπορούν να συνδεθούν με ένα πρότυπο υπολογιστών για να αναπτύξουν έναν προκαταρκτικό προϋπολογισμό σχεδίου και δαπανών για stripper αέρα. Ο πίνακας 4 παρουσιάζει τις σταθερές νόμου Henry για 50 οργανικές ενώσεις.

Table 4. Henry's Law Constants for Specific Organic Compounds

	Compound	Henry's Law Constant ^a atm	Ref.
1	Acenaphthene	5.1	5
2	Acetone	0	1
3	Aroclor 1254	150	5
4	Benzene	230	1
5	Benzo(a)pyrene	.1	5
6	Benzo(g,h,i)perylene	0	5
7	Benzoic Acid	0	5
8	Bromodichloromethane	127	1
9	Bromoform	35	3
10	Carbon Tetrachloride	1282	1
11	Chlorobenzene	145	2
12	Chloroethane	34	5
13	Chloroform	171	1
14	2-Chlorophenol	0.93	2
15	p-Dichlorobenzene(1,4)	104	4
16	1,1-Dichloroethane	240	1
17	1,2-Dichloroethane	51	1
18	1,1-Dichloroethylene	1841	1
19	cis-1,2-Dichloroethylene	160	1
20	trans-1,2-Dichloroethylene	429	1
21	2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid	10	5
22	Dimethyl Phthalate	0	5
23	2,6-Dinitrotoluene	.2	5
24	1,4-Dioxane	.6	5
25	Ethylbenzene	359	1
26	bis(2-Ethylhexyl)phthalate	0	5
27	Heptachlor	46	5
28	Hexachlorobenzene	37.8	2
29	Hexachloroethane	138	5
30	2-Hexanone	1.6	5
31	Isophorone	.3	5
32	Methylene Chloride	89	1
33	Methyl Ethyl Ketone	1.16	2
34	Methyl Naphthalene	3.2	2
35	Methyl tert-Butyl Ether	196	1
36	Naphthalene	20	4
37	Nitrobenzene	1.2	5
38	Pentachlorophenol	0.15	2
39	Phenol	0.017	2
40	1,1,2,2-Tetrachloroethane	21	5
41	Tetrachloroethylene	1035	1
42	Tetrahydrofuran	2	5
43	Toluene	217	1
44	1,2,4-Trichlorobenzene	128	5
45	1,1,1-Trichloroethane	390	1
46	1,1,2-Trichloroethane	41	2
47	Trichloroethylene	544	1
48	2,4,6-Trichlorophenol	.2	5
49	Vinyl Chloride	355000	3
50	o-Xylene	266	1

^a at water temperature of 68°F

ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

Ο ενεργοποιημένος άνθρακας έχει μεταβλητή αποτελεσματικότητα προσροφώντας τις οργανικές ενώσεις. Το χαμηλό μοριακό βάρος, που έχουν οι πολικές ενώσεις δεν προσροφάτε καλά. Το υψηλό μοριακό βάρος, στις μη πολικές ενώσεις, όπως τα φυτοφάρμακα, πολυχλωριωμένα διφαινύλια, φθαλικοί εστέρες, και αρωματικές ουσίες, προσροφάτε εύκολα.

Τα ενεργοποιημένα στοιχεία ισόθερμου προσρόφησης άνθρακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αξιολογήσουν την προσροφητική ικανότητα άνθρακα για τις οργανικές ενώσεις. Αυτά τα στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ολοκληρώσουν μια αρχική εκτίμηση της οργανικής μάζας που ο άνθρακας θα προσροφήσει. Δεδομένου ότι το κύριο κόστος της προσρόφησης άνθρακα είναι άνθρακας, αυτό το μαζικό στοιχείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προκαταρκτική βάση για την εκτίμηση δαπανών. Ο πίνακας 3 παρουσιάζει τις τιμές ικανότητας προσρόφησης άνθρακα για 50 οργανικές ενώσεις.

Table 3. Octanol Water Coefficients (K_{ow}) for Specific Organic Compounds

	Compound	K_{ow}	Ref.
1	Acenaphthene	1.0×10^4	2
2	Acetone	6×10^{-1}	1d
3	Aroclor 1254	1.07×10^6	2
4	Benzene	1.3×10^2	1a
5	Benzo(a)pyrene	1.15×10^6	2
6	Benzo(g,h,i)perylene	3.24×10^6	2
7	Benzoic Acid	7.4×10^1	2
8	Bromodichloromethane	7.6×10^1	2
9	Bromoform	2.5×10^2	1b
10	Carbon Tetrachloride	4.4×10^2	1a
11	Chlorobenzene	6.9×10^2	1a
12	Chloroethane	3.5×10^1	2
13	Chloroform	9.3×10^1	1a
14	2-Chlorophenol	1.5×10^1	2
15	p-Dichlorobenzene (1,4)	3.9×10^3	2
16	1,1-Dichloroethane	6.2×10^1	1a
17	1,2-Dichloroethane	3.0×10^1	1a
18	1,1-Dichloroethylene	6.9×10^1	1a
19	cis-1,2-Dichloroethylene	5.0	1a
20	trans-1,2-Dichloroethylene	3.0	1a
21	2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid	6.5×10^2	2
22	Dimethyl Phthalate	1.3×10^2	2
23	2,6-Dinitrotoluene	1.0×10^2	2
24	1,4-Dioxane	1.02	2
25	Ethylbenzene	1.4×10^3	1a
26	bis(2-Ethylhexyl)phthalate	9.5×10^3	2
27	Heptachlor	2.51×10^4	2
28	Hexachlorobenzene	1.7×10^5	1a
29	Hexachloroethane	3.98×10^4	2
30	2-Hexanone	2.5×10^1	3
31	Isophorone	5.0×10^1	2
32	Methylene Chloride	1.9×10^1	1b
33	Methyl Ethyl Ketone	1.8	1a
34	Methyl Naphthalene	1.3×10^4	2
35	Methyl tert-Butyl Ether	NA	
36	Naphthalene	2.8×10^3	2
37	Nitrobenzene	7.1×10^1	2
38	Pentachlorophenol	1.0×10^5	1b
39	Phenol	2.9×10^1	1a
40	1,1,2,2-Tetrachloroethane	2.5×10^2	2
41	Tetrachloroethylene	3.9×10^2	1a
42	Tetrahydrofuran	6.6	4
43	Toluene	1.3×10^2	1a
44	1,2,4-Trichlorobenzene	2.0×10^4	2
45	1,1,1-Trichloroethane	3.2×10^2	1b
46	1,1,2-Trichloroethane	2.9×10^2	1a
47	Trichloroethylene	2.4×10^2	1a
48	2,4,6-Trichlorophenol	7.4×10^1	2
49	Vinyl Chloride	2.4×10^1	1a
50	o-Xylene	8.9×10^2	1c

NA = Not Available

ΒΙΟΔΙΑΣΠΑΣΙΜΟΤΗΤΑ

Οι οργανικές ενώσεις μετασχηματίζονται από τις βιοχημικές αντιδράσεις στο περιβάλλον σε κατασκευασμένες διαδικασίες μονάδων. Η βιοδιάσπαση των οργανικών ενώσεων εμφανίζεται αερόβια ή αναερόβια ανάλογα με τη μοριακή δομή των χημικών και περιβαλλοντικών συνθηκών. Η κατασκευασμένη βιοθεραπεία είναι απαραίτητη για να ενισχύσει τις φυσικές διαδικασίες που είναι συνήθως λιγότερο αποτελεσματικές στο περιβάλλον.

Οι πρώτες και περισσότερο σημαντικές παράμετροι που αξιολογούνται πριν εφαρμοστεί η βιοθεραπεία καθορίζουν εάν η ένωση είναι διασπάσιμη, ο αποτελεσματικότερος μηχανισμός βιοδιάσπασης (αεροβικός εναντίον αναερόβιου), και το ποσοστό βιοδιάσπασης. Από οικολογική άποψη, οι χημικές ουσίες που είναι απολύτως διασπάσιμες, αλλά αργές, μπορούν να είναι επίμονες στο περιβάλλον για μακρά χρονική περίοδο.

Η ταξινόμηση της δυνατότητας βιοδιάσπασης έχει αναθεωρηθεί και μπορεί να ταξινομηθεί ως διασπάσιμος, επίμονος, και απειθής. Εύκολα διασπάσιμος αναφέρεται στις ενώσεις που έχουν περάσει τις δοκιμές βιοδιασπασιμότητας σε ποικίλα αεροβικά περιβάλλοντα. Διασπάσιμος επίσης αναφέρεται στις ενώσεις που υποβιβάζονται κανονικά στις δοκιμές αλλά όχι απαραίτητως στο περιβάλλον. Επομένως αναφέρεται στις χημικές ουσίες που παραμένουν στο περιβάλλον για μακριές χρονικές περιόδους. Αυτές οι ενώσεις δεν είναι απαραίτητως μη διασπάσιμες αλλά η υποβάθμιση απαιτεί μεγάλες περιόδους acclimation ή τροποποίησης του περιβάλλοντος για να προκαλέσει την υποβάθμιση.

Κάθε ένωση πρέπει να αξιολογηθεί για να καθορίσει τον κατ' εκτίμηση χρόνο που απαιτείται για να ολοκληρωθεί ο μετασχηματισμός της χημικής ουσίας υπό τους βέλτιστους όρους. Εάν το χρονικό διάστημα είναι αποδεκτό, το ευμεταχείριστο και οι πειραματικές εγκαταστάσεις μπορούν έπειτα να αρχίσουν. Ο πίνακας 6 παρουσιάζει τη δυνατότητα βιοδιάσπασης για 50 οργανικές ενώσεις.

Αυτές οι ιδιότητες ευμεταχείριστου μπορούνε να συνδυαστούν με την εμπειρία σε πραγματικού μεγέθους σχέδιο για να παραχθεί ένα θεωρητικό προκαταρκτικό σχέδιο. Αυτό το σχέδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραγάγει έναν προκαταρκτικό προϋπολογισμό δαπανών. Βασισμένοι σε αυτό το στοιχείο, μπορούν να αποβάλουν τις τεχνολογίες που προφανώς δεν θα λειτουργήσουν. Αυτό το στοιχείο θα παρουσιάσει επίσης ποιες ενώσεις ελέγχουν τα σχέδια. Μπορούν έπειτα να επιστρέψουν και να επιβεβαιώσουν τις συγκεντρώσεις τους στον τομέα, και να εξετάσουν την πραγματική επεξεργασία στις δοκιμές εργαστηρίων και πειραματικών εγκαταστάσεων.

Τα βακτηρίδια και οι βιολογικές μέθοδοι ασκούν μεγάλη επίδραση στα εδάφη και τις περιοχές υπόγειων νερών.

Οι περισσότεροι που σχετίζονται με τα υπόγεια νερά προσπαθούν να σκεφτούν τις βιολογικές μεθόδους που είναι περιοριστικές στην κανονική επεξεργασία της οργανικής μόλυνσης. Θεωρούν τα βακτηρίδια ως μέθοδο κατάστασης προόδου επανόρθωσης. Ξέρουν ότι η βακτηριακή δραστηριότητα είναι δύσκολο να διαμορφωθεί, και οι περισσότεροι είχαν λίγη άμεση επαφή με τις βιολογικές μεθόδους.

Αυτοί είναι οι τύποι αντιδράσεων που πραγματοποιούνται συνήθως κατά την εξέταση μιας βιολογικής επίδρασης σε μια έρευνα ή μια επανόρθωση. Οι βιολογικές μέθοδοι είναι απλές. Δεδομένου ότι διασπώνται οι ενώσεις στα συστατικά τους, μπορεί να φανεί η απλότητά τους.

Table 6. Disappearance or Biodegradation Potential for Specific Organic Compounds

	Compound	Biodegradability	Ref.
1	Acenaphthene	D	2
2	Acetone	D	
3	Aroclor 1254	P,D	2,3
4	Benzene	D	1
5	Benzo(a)pyrene	P,D	2,4
6	Benzo(g,h,i)perylene	P,D	2,4
7	Benzoic Acid	D	2
8	Bromodichloromethane	P,D	1
9	Bromoform	P,D	1
10	Carbon Tetrachloride	P,D	1
11	Chlorobenzene	D	1
12	Chloroethane	D	6
13	Chloroform	P,D	1
14	2-Chlorophenol	D	1
15	p-Dichlorobenzene (1,4)	P,D	1
16	1,1-Dichloroethane	P,D	1
17	1,2-Dichloroethane	P,D	1
18	1,1-Dichloroethylene	P,D	1
19	cis-1,2-Dichloroethylene	P,D	1
20	trans-1,2-Dichloroethylene	P,D	1
21	2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid	D	2
22	Dimethyl Phthalate	D	5
23	2,6-Dinitrotoluene	D,P	2,5
24	1,4-Dioxane	P,R	8
25	Ethylbenzene	D	1
26	bis(2-ethylhexyl)phthalate	P,D	2,5
27	Heptachlor	P,R	2
28	Hexachlorobenzene	P,R	1
29	Hexachloroethane	D	2
30	2-Hexanone	D	5
31	Isophorone	D	5
32	Methylene Chloride	D	1
33	Methyl Ethyl Ketone	D	
34	Methyl Naphthalene	D	1
35	Methyl tert-Butyl Ether	NA	
36	Naphthalene	D	1
37	Nitrobenzene	D	2
38	Pentachlorophenol	P,D	1
39	Phenol	D	1
40	1,1,2,2-Tetrachloroethane	P,D	2,5
41	Tetrachloroethylene	P,D	1
42	Tetrahydrofuran	D	7
43	Toluene	D	1
44	1,2,4-Trichlorobenzene	P,D	2
45	1,1,1-Trichloroethane	P,D	1
46	1,1,2-Trichloroethane	P,D	1
47	Trichloroethylene	P,D	1
48	2,4,6-Trichlorophenol	D	2
49	Vinyl Chloride	P,D	1
50	o-Xylene	D	1

D = Degradable
P = Persistent

R = Recalcitrant
NA = Not Available

Table 5. Adsorption Capacity for Specific Organic Compounds

	Compound	Adsorption Capacity (mg compound/g carbon) at 500 ppb	Ref.
1	Acenaphthene	155	4
2	Acetone	43	1
3	Aroclor 1254	NA	
4	Benzene	80	1
5	Benzo(a)pyrene	24.8	4
6	Benzo(g,h,i)perylene	8.3	4
7	Benzoic Acid	40 (at pH = 3)	4
8	Bromodichloromethane	5	4
9	Bromoform	13.6	4
10	Carbon Tetrachloride	6.2	2
11	Chlorobenzene	45	3
12	Chloroethane	0.3	4
13	Chloroform	1.6	1
14	2-Chlorophenol	38	3
15	p-Dichlorobenzene (1,4)	87.3	4
16	1,1-Dichloroethane	1.2	4
17	1,2-Dichloroethane	2	2
18	1,1-Dichloroethylene	3.4	4
19	cis-1,2-Dichloroethylene	9	5
20	trans-1,2-Dichloroethylene	2.2	4
21	2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid	NA	
22	Dimethyl phthalate	91.2	4
23	2,6-Dinitrotoluene	116	4
24	1,4-Dioxane	0.5 - 1.0	5
25	Ethylbenzene	18	1
26	bis(2-Ethylhexyl)phthalate	3995	4
27	Heptachlor	631.5	4
28	Hexachlorobenzene	42	3
29	Hexachloroethane	74.2	4
30	2-Hexanone	<13	5
31	Isophorone	24.4	4
32	Methylene Chloride	0.8	3
33	Methyl Ethyl Ketone	94	1
34	Methyl Naphthalene	150	5
35	Methyl tert-Butyl Ether	6.5	5
36	Naphthalene	5.6	3
37	Nitrobenzene	50.5	4
38	Pentachlorophenol	100	3
39	Phenol	161	1
40	1,1,2,2-Tetrachloroethane	8.2	4
41	Tetrachloroethylene	34.5	2
42	Tetrahydrofuran	<0.5	5
43	Toluene	50	1
44	1,2,4-Trichlorobenzene	126.6	4
45	1,1,1-Trichloroethane	2	2
46	1,1,2-Trichloroethane	3.7	4
47	Trichloroethylene	18.2	2
48	2,4,6-Trichlorophenol	179 (at pH = 3)	4
49	Vinyl Chloride	TRACE	3
50	o-Xylene	75	4

NA = Not Available

ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

Υπάρχουν τέσσερις περιοχές που θα καλυφθούν από την έρευνα. Συνήθως θεωρείται ότι η μοναδική περίπτωση που τα βακτηρίδια επηρεάζουν τα αποτελέσματα μιας έρευνας είναι όταν ζητείται να αξιολογηθεί ένας πιθανός κανονικός καθαρισμός. Εντούτοις, τα βακτηρίδια εμφανίζονται φυσικά στο χώμα και η δραστηριότητά τους έχει επιπτώσεις στην έρευνά. Υπάρχουν τέσσερις προφανείς περιοχές στις οποίες τα βακτηρίδια μπορούν να έχουν επιπτώσεις στις προσπάθειές μας. Αυτές οι περιοχές είναι ο μετασχηματισμός, η εδαφολογική χημεία / βιοχημεία, η διαμόρφωση, και η αξιολόγηση του κινδύνου.

Μετασχηματισμός

Τα φυσικά βακτηρίδια στο χώμα μπορούν να μετασχηματίσουν τη χημική φύση μιας ένωσης. Η οργανική ένωση που βρίσκεται στο υπόγειο νερό μπορεί να μην είναι η ίδια ένωση που ανατράπηκε στο έδαφος. Τα βακτηρίδια στις περισσότερες περιπτώσεις λαμβάνουν μια οργανική ένωση και παράγουν το CO₂ και νέα βακτηρίδια. Τα ένζυμα παράγουν την αιτία για μια αντίδραση σε έναν χρόνο. Ο αρχικός μολυσματικός παράγοντας μπορεί μόνο να αντιμετωπίσει ένα από αυτά τα ένζυμα.

Οι περισσότεροι επαγγελματίες αντιμετωπίζουν το μετασχηματισμό που συνδέεται με τους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες. Το μεγαλύτερο μέρος του βινυλίου χλωριδίου που βρίσκεται στο έδαφος και το υπόγειο νερό έχει μετασχηματιστεί από άλλες ενώσεις. Το τριχλωροαιθυλένιο (TCE) και οι διάφορες μορφές τριχλωροαιθανίου μπορούν να χάσουν ένα ή δύο των μορίων χλωρίου τους από τις βιοχημικές αντιδράσεις. Αυτές οι αντιδράσεις εμφανίζονται κανονικά υπό αναερόβιους όρους.

Οι μετασχηματισμοί, επομένως, γίνονται η πρώτη βιοχημική αντίδραση που έχει επιπτώσεις στην έρευνά. Αυτή η επίδραση δεν περιορίζεται στους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες. Όλες οι οργανικές ενώσεις μπορούν να επηρεαστούν από τη φυσική βιολογική δραστηριότητα. Πρέπει να γνωρίζουμε αυτές τις πιθανές αντιδράσεις και να διευρύνουμε την έρευνά για να εξασφαλίσουμε ότι αυτές οι πιθανές νέες ενώσεις συμπεριλαμβάνονται και η προέλευσή τους κατανοείται.

Εδαφολογική χημεία / βιοχημεία

Για να κατανοηθεί ένα μολυσμένο υπόγειο νερό, και οι μέθοδοι που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να το καθαρίσουν, πρέπει να κατανοηθεί πρώτα το περιβάλλον στο οποίο εμφανίζεται η μόλυνση. Τα τελευταία χρόνια, η εδαφολογική χημεία έχει γίνει ένα σημαντικό μέρος των ερευνών. Συνειδητοποιείται ότι η φυσική χημεία του χώματος μπορεί να αλληλεπιδράσει με τους μολυσματικούς παράγοντες στη ζώνη vadose και το υδροφόρο στρώμα. Η εδαφολογική χημεία μπορεί επίσης να αλληλεπιδράσει με τη μέθοδο που επιλέγουμε να καθαρίσουμε την περιοχή.

Η φυσική χημεία του χώματος είναι μέρος μόνο των χημικών αντιδράσεων που μπορούν να εμφανιστούν στο έδαφος. Τα βακτηρίδια μπορούν να προσθέσουν τις βιοχημικές αντιδράσεις στο περιβάλλον. Αυτές οι βιοχημικές αντιδράσεις δεν περιορίζονται στο μετασχηματισμό του οργανικού υλικού όπως συζητούνται προηγουμένως. Τα βακτηρίδια μπορούν επίσης να έχουν επιπτώσεις από την κατάσταση σθένους των παρόντων μετάλλων στην περιεκτικότητα σε αέριο της ζώνης vadose.

Για να καταλάβουμε το περιβάλλον του χώματος και του υπόγειου νερού, πρέπει να καταλάβουμε τη χημεία και τη βιοχημεία της μολυσμένης περιοχής. Χωρίς αυτήν την κατανόηση δεν θα έχουμε ολοκληρώσει την έρευνά μας. Οι φυσικές αντιδράσεις βακτηριδίων είναι ένα μέρος του περιβάλλοντος

στο οποίο βρίσκουμε τη μόλυνση. Πρέπει να τις συμπεριλάβουμε στην έρευνά μας, έτσι ώστε να έχουμε τη μέγιστη δυνατή απόδοση του συστήματός μας.

Διαμόρφωση

Η διαμόρφωση έχει γίνει ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία που χρησιμοποιούνται σε μια έρευνα. Με την εφαρμογή των διάφορων προτύπων, μπορούμε να προβάλλουμε τα περιορισμένα στοιχεία για να περιγράψουμε μια ολόκληρη μολυσμένη περιοχή. Αυτό το ίδιο πρότυπο μπορεί έπειτα να χρησιμοποιηθεί για να μας βοηθήσει να αναλύσουμε την προτεινόμενη μέθοδο επανόρθωσης.

Οι μολυσματικοί παράγοντες δεν κινούνται μέσω του χώματος και του υδροφόρου στρώματος στο ίδιο ποσοστό που το ύδωρ κινείται μέσω αυτών των περιοχών. Όταν θέλουμε να περιγράψουμε τη μετακίνηση των οργανικών και ανόργανων μολυσματικών παραγόντων περιλαμβάνουμε έναν παράγοντα καθυστέρησης. Ο παράγοντας καθυστέρησης περιγράφει τη φυσική αλληλεπίδραση μεταξύ του μολυσματικού παράγοντα και του χώματος. Οι περισσότερες οργανικές ενώσεις προσροφώνται στο χώμα. Ο βαθμός αυτής της προσρόφησης και του ποσοστού εκρόφησης ποικίλλει για κάθε ένωση. Επομένως, πρέπει να αναπτύξουμε έναν χωριστό παράγοντα καθυστέρησης για κάθε ένωση προκειμένου να οριστεί επακριβώς ολόκληρο το πεδίο της μόλυνσης.

Για να καταστηθεί το πρότυπο πραγματικά πλήρες πρέπει να υπερβεί την εδαφολογική αλληλεπίδραση με τις ενώσεις, και πρέπει να περιλάβει την αλληλεπίδραση των βακτηριδίων με τους μολυσματικούς παράγοντες. Άλλη μια φορά, η διαδικασία μετασχηματισμού από τα βακτηρίδια γίνεται σημαντική. Επιπλέον, οι ενώσεις μπορούν επίσης να υποβιβαστούν πλήρως από τα βακτηρίδια. Το πρότυπο πρέπει να περιλάβει την εξαφάνιση των ενώσεων, και όχι απλά τη καθυστέρηση τους. Το πρότυπο πρέπει επίσης να

υποστηρίξει και την άλλη πλευρά του μετασχηματισμού και να περιλάβει την εμφάνιση των νέων οργανικών ενώσεων. Αυτές οι νέες ενώσεις θα έχουν τις μοναδικές χημικές ιδιότητές τους. Εάν δεν περιλάβει και τις βιοχημικές αντιδράσεις, δεν θα μπορέσει να κατανοηθεί πλήρως η περιοχή.

Αξιολόγηση του κινδύνου

Η τελική περιοχή που θα καλυφθεί από την έρευνα είναι η αξιολόγηση του κινδύνου. Η αξιολόγηση του κινδύνου είναι σημαντική γιατί ένας από τους κυριότερους παράγοντες σε ένα σχέδιο επανόρθωσης είναι "τι είναι καθαρό;" Για να μπορέσει να σχεδιαστεί η βέλτιστη μέθοδος πρέπει να ξέρουμε τον τελικό στόχο της επανόρθωσης. Η αξιολόγηση του κινδύνου είναι ένα σημαντικό εργαλείο στον καθορισμό των κατάλληλων επιπέδων καθαρισμού.

Τα βακτηρίδια μπορούν να έχουν μια επίδραση σε αυτήν την περιοχή. Τα φυσικά βακτηρίδια θα υποβιβάσουν τις οργανικές ενώσεις που βρίσκονται στα εδάφη και το υδροφόρο στρώμα. Λόγω των περιορισμών που προκαλούνται από την έλλειψη θρεπτικών ουσιών, οξυγόνου, κ.λπ., το ποσοστό αντίδρασης αυτής της φυσικής υποβάθμισης είναι αργό. Εντούτοις, όταν εξετάζονται οι χαμηλές συγκεντρώσεις των οργανικών ουσιών, όπως γίνεται στο τέλος του προγράμματος, το ποσοστό φυσικής υποβάθμισης μπορεί να είναι σημαντικό. Επομένως, μια οργανική ουσία δεν πρέπει να περιγραφεί ως ενιαίος αριθμός, αλλά πρέπει να περιγραφεί ως αριθμός και ποσοστό στο οποίο εκείνη η ένωση θα συνεχίσει φυσικά να υποβαθμίζεται.

Η αξιολόγηση του κινδύνου μπορεί έπειτα να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει το στόχο του προγράμματος. Εντούτοις, αυτός ο στόχος πρέπει να περιγραφεί ως συνδυασμός επεξεργασίας σε ένα διευκρινισμένο επίπεδο και έπειτα σε έναν έλεγχο για την παρακολούθηση έως ότου τελειώσει η φυσική βιοδιάσπαση. Αυτή η διαδικασία μπορεί να είναι σημαντική στην επιλογή μιας τελικής μεθόδου επανόρθωσης. Ένα παράδειγμα θα ήταν μια σύγκριση μεταξύ

της βιολογικής επανόρθωσης ενός χώματος και της αποτέφρωσης του χώματος. Υποθέτουμε ότι η βιοθεραπεία μπορεί να μειώσει το τολουόλιο στο χώμα σε 1 PPM σε μια τρίμηνη περίοδο. Η αποτέφρωση μπορεί να μειώσει το τολουόλιο σε μη εντοπίσιμο σε λιγότερο από δύο εβδομάδες. Ενώ η αποτέφρωση θα αφαιρέσει εντελώς το τολουόλιο, επίσης θα καταστρέψει εντελώς και το χώμα. Η προκύπτουσα τέφρα θα πρέπει να θαφτεί σε υλικά οδόστρωσης. Η βιοθεραπεία θα αφήσει το χώμα άθικτο και διαθέσιμο για άλλες χρήσεις μόλις ο καθαρισμός είναι πλήρης, αλλά δεν θα αφαιρέσει εντελώς το τολουόλιο. Ο κατάλληλος τρόπος να περιγραφεί η βιοθεραπεία είναι ότι η συγκέντρωση τολουολίου θα μειωθεί σε 1 PPM σε τρεις μήνες από τη βιοθεραπεία, και έπειτα οι φυσικές βακτηριακές αντιδράσεις θα συνεχίσουν να μειώνουν το τολουόλιο. Υποθέτουμε ότι το ποσοστό αντίδρασης είναι σε ένα επίπεδο που θα μειώνεται στο μισό η συγκέντρωση κάθε έξι μήνες. Το πρόγραμμα επανόρθωσης μπορεί να είναι η βιοθεραπεία με τον έλεγχο και την παρακολούθηση έως ότου η συγκέντρωση τολουολίου είναι σε επίπεδο που δείχνει ότι το χώμα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Όπως μπορεί να φανεί από αυτές τις τέσσερις περιοχές έρευνας, τα βακτηρίδια μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην έρευνα και την περιγραφή μιας μολυσμένης περιοχής. Ακόμα και αν περιληφθούν αυτά τα αποτελέσματα, δεν υπάρχει μια πλήρη κατανόηση της περιοχής. Η πλήρης περιγραφή είναι απαραίτητη για να σχεδιασθεί ένα βέλτιστο πρόγραμμα επανόρθωσης. Τα βακτηρίδια μπορούν επίσης να έχουν μια άμεση επίδραση σε εκείνη την επανόρθωση.

ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗ

Τα βακτηρίδια χρησιμοποιούνται ως τμήμα ενός κανονικού προγράμματος για την επανόρθωση των οργανικών μολυσματικών παραγόντων, αλλά αυτό είναι μόνο ένας τρόπος με τον οποίο τα βακτηρίδια μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα στην επανόρθωση. Υπάρχουν διάφορες άμεσες εφαρμογές των βακτηριδίων και άλλων έμμεσων αποτελεσμάτων που τα βακτηρίδια μπορούν να έχουν σε ένα πρόγραμμα. Κάτω από την άμεση χρήση των βακτηριδίων, θα αναθεωρηθεί γρήγορα η κανονική επανόρθωση, συμπεριλαμβανομένων των χωμάτων, της ζώνης vadose και των υδροφόρων στρωμάτων, και θα αναθεωρηθούν και οι υπέργειες μεθόδοι, συμπεριλαμβανομένων των εδαφολογικών αντιδραστήρων, των αντιδραστήρων πηλού, και των υγρών αντιδραστήρων. Κάτω από την έμμεση επίδραση των βακτηριδίων θα αναθεωρήσουμε τα συστήματα εξαγωγής ατμού (VES) και την αφαίρεση μετάλλων.

Κανονική βιοθεραπεία

Για μια κανονική βιολογική επανόρθωση, χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα βακτηρίδια. Τα πραγματικά προβλήματα σε έναν κανονικό καθαρισμό αφορούν περισσότερο τη γεωλογία, την υδρογεωλογία, και την εδαφολογική χημεία.

Σε περισσότερο από 90% όλων των βιοθεραπειών, τα φυσικά βακτηρίδια είναι τα καλύτερα βακτηρίδια που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό. Αυτό περιλαμβάνει ακόμη και περιπτώσεις στις οποίες υπάρχουν μολυσματικοί παράγοντες τύπων κρεόσωτου συμπεριλαμβανομένων των πολύ αρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs). Ο κύριος λόγος είναι ότι τα βακτηρίδια περιορίστηκαν από μόνα τους λόγω της έλλειψης θρεπτικών ουσιών και οξυγόνου. Υπάρχουν πάντα περιπτώσεις στις οποίες τα

εξειδικευμένα βακτηρίδια θα είναι σε θέση να συμβάλουν σε ένα πρόγραμμα (φυτοφάρμακα, ζιζανιοκτόνα, όταν η περιοχή χυσιμάτων είναι τοξική στα βακτηρίδια, και άλλα). Εντούτοις, ακόμη και σε αυτές τις περιπτώσεις, οι περιορισμοί οφείλονται στην εφαρμογή των θρεπτικών ουσιών και του οξυγόνου (για την αεροβική επεξεργασία).

Όλες οι εφαρμογές τομέων της κανονικής βιολογικής επανόρθωσης είναι αεροβικές μέχρι σήμερα. Υπάρχει κάποια συναρπαστική εργασία που συνεχίζεται σε διάφορα εργαστήρια στην εφαρμογή των αναερόβιων βακτηριδίων, αλλά καμία επιτυχής εφαρμογή τομέων δεν έχει εμφανιστεί μέχρι το παρόν σημείο αναφοράς. Επομένως, θα περιορίσουμε τη συζήτησή μας στην εφαρμογή των αερόβιων βακτηριδίων.

Οι κανονικές εφαρμογές βιοθεραπείας μπορούν να χωριστούν σε τρεις κύριες ζώνες: το χώμα στην επιφάνεια, τη ζώνη vadose, και το υδροφόρο στρώμα. Όλες αυτές οι ζώνες χρειάζονται για να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον που βελτιστοποιεί το ποσοστό αύξησης των βακτηριδίων. Το κύριο μέσο που αλλάζει το περιβάλλον και μεταφέρει θρεπτικές ουσίες στα βακτηρίδια είναι το νερό. Στη ζώνη vadose και το υδροφόρο στρώμα, το νερό είναι επίσης μια σημαντική μέθοδος για μεταφορά οξυγόνου στα βακτηρίδια.

Γενικά, τα βακτηρίδια είναι παρόντα μαζί με τις οργανικές ουσίες στη ζώνη μόλυνσης. Τα κύρια κριτήρια είναι μετακίνηση του ύδατος στη ζώνη, και έλεγχος του ύδατος αφότου περνά μέσω της ζώνης έτσι ώστε να μην δημιουργεί ένα δευτεροβάθμιο πεδίο. Εάν αυτά είναι τα κύρια κριτήρια σχεδίου, η υδρογεωλογία είναι σημαντικότερη στην πραγματικού μεγέθους εφαρμογή της βιοθεραπείας από τη μικροβιολογία. Τα πραγματικά προβλήματα που πρέπει να λυθούν είναι υδρογεωλογική και εδαφολογική χημεία. Ποιος τύπος φρεατίων ή στοές διήθησης απαιτείται για να παραδώθει το νερό στη ζώνη της μόλυνσης; Οι θρεπτικές ουσίες και το οξυγόνο θα αλληλεπιδράσουν με τα εδάφη και θα αποτρέψουν τη διαθεσιμότητα για τα βακτηρίδια; Ποιοι τύποι φρεατίων ή τάφρων απαιτούνται για να συλλάβουν το πεδίο που δημιουργείται από το νερό που διατρέχει της ζώνης μόλυνσης; Μια

απλή μελέτη για τα δείγματα πυρήνων από τη ζώνη μπορεί να επιβεβαιώσει την παρουσία των σωστών βακτηριδίων. Δεν υπάρχει κανένα πραγματικό μικροβιολογικό σχέδιο εάν τα βακτηρίδια είναι εκεί.

Οι κύριοι τομείς του κανονικού καθαρισμού απαιτούν τους διαφορετικούς συγκεκριμένους ελέγχους, αλλά τα βασικά παραμένουν τα ίδια. Η κανονική εργασία επιφάνειας (μερικές φορές καλούμενη το έδαφος που αερίζει), απαιτεί το οξυγόνο να παρέχεται με την έκθεση του χώματος στην ατμόσφαιρα. Συνήθως κάποιος τύπος οργώματος χρησιμοποιείται για αυτό το λόγο. Οι θρεπτικές ουσίες εφαρμόζονται σε μια υγρή ή ξηρά μορφή στην επιφάνεια. Δεν υπάρχει καμία ανάγκη για φρεάτια ή τις στοές διήθησης να παραδοθούν αυτά τα συστατικά, αλλά πρέπει να προστατευτεί η περιοχή από τα δευτεροβάθμια πεδία την εφαρμογή και τη βροχή ύδατος. Πρέπει να κατασκευάσουμε τα μέτρα ελέγχου αλισίβας και απορροών ως τμήμα του προγράμματος. Συνήθως, δεν σχεδιάζεται μια λειτουργία καλλιέργειας εδάφους εκτός αν η ζώνη vadose και το υδροφόρο στρώμα κάτω από το χώμα είναι μολυσμένες.

Η επανόρθωση ζώνης Vadose απαιτεί την κίνηση ύδατος μέσω της μολυσμένης ζώνης για να παρέχει τις θρεπτικές ουσίες και το οξυγόνο. Το νερό είναι η μόνη βιώσιμη μέθοδος για να φέρει τις θρεπτικές ουσίες στα βακτηρίδια. Η μετακίνηση αέρα μέσω της ζώνης έχει χρησιμοποιηθεί για τις απαιτήσεις οξυγόνου. Άλλη μια φορά, πρέπει να εξεταστεί για να διαπιστωθεί εάν τα βακτηρίδια είναι παρόντα και εάν οι θρεπτικές ουσίες και το οξυγόνο θα αλληλεπιδράσουν με το χώμα προτού να φθάσουν στα βακτηρίδια. Το κύριο πρόβλημα παραμένει το σωστό σχέδιο ενός συστήματος διανομής και συλλογής ύδατος. Λόγω των προηγούμενων προβλημάτων με τη συλλογή ύδατος σε μια ζώνη vadose, δεν επιθυμείται η σχεδίαση κανονικών προγραμμάτων στις ζώνες vadose χρησιμοποιώντας τη μετακίνηση ύδατος εκτός αν το υπόγειο νερό είναι επίσης μολυσμένο.

Τέλος, το υδροφόρο στρώμα απαιτεί τις ίδιες εκτιμήσεις. Όταν εφαρμόζεται η κανονική βιοθεραπεία σε ένα υδροφόρο στρώμα, είναι επειδή πρέπει να μεταχειριστεί το προσροφημένο υλικό. Το προσροφημένο υλικό απελευθερώνεται αργά στο νερό του υδροφόρου στρώματος και διαμορφώνει το plume. Πρέπει να αποβάλουμε την πηγή της μόλυνσης εάν πρόκειται πάντα να καθαρίσουμε την περιοχή. Τα βακτηρίδια είναι πιθανώς μέσα στην εδαφολογική μήτρα μαζί με τη μόλυνση. Άλλη μια φορά, οι απλές δοκιμές μπορούν να οργανωθούν για να επιβεβαιώσουν την παρουσία τους. Η πραγματική εργασία σχεδίου για το πρόγραμμα είναι οι μέθοδοι έγχυσης και συλλογής που παρέχουν ένα σχέδιο ροής του νερού πέρα από τη μολυσμένη περιοχή. Κατόπιν, σε εκείνο το ύδωρ τοποθετούμε τις θρεπτικές ουσίες και το οξυγόνο. Οι εργαστηριακές δοκιμές χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίσουν ότι οι θρεπτικές ουσίες και το οξυγόνο δεν αλληλεπιδρούν με το χώμα στο υδροφόρο στρώμα.

ΥΠΕΡΓΕΙΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ

Τα βακτηρίδια έχουν εφαρμοστεί επίσης στην επανόρθωση στους υπέργειους αντιδραστήρες. Με τους υπέργειους αντιδραστήρες, η εφαρμοσμένη μηχανική και η λειτουργία του αντιδραστήρα γίνονται το κλειδί στην κατάλληλη επεξεργασία. Άλλη μια φορά, η μικροβιολογία είναι το εύκολο μέρος του προγράμματος. Το υπόγειο νερό μπορεί να ανακτηθεί και να σταλεί σε έναν βιολογικό αντιδραστήρα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε από την τυποποιημένη ενεργοποιημένη λάσπη ή τους σταθερούς αντιδραστήρες ταινιών. Εντούτοις, οι περισσότερες ροές υπόγειων νερών είναι μικρές (λιγότερο από 100 gpm), και οι οργανικές ουσίες είναι χαμηλές στη συγκέντρωση (λιγότερο από 50 PPM). Έχουν χρησιμοποιηθεί μερικά ειδικά καταδυόμενα σταθερά σχέδια ταινιών για να επιλυθούν μερικές από τις μοναδικές πτυχές της επεξεργασίας υπόγειων νερών. Όποιο σχέδιο και να υιοθετηθεί, οι βασικές προϋποθέσεις είναι οι ίδιες. Πρέπει να υπάρχει ένα

σύστημα που να διατηρεί τα βακτηρίδια στη δεξαμενή αντίδρασης παρέχοντας τους και το απαραίτητο οξυγόνο. Οι θρεπτικές ουσίες προστίθενται εύκολα στους υπέργειους αντιδραστήρες.

Κατά την εξέταση του χώματος, πρέπει να λυθούν τα προβλήματα εφαρμοσμένης μηχανικής. Τα βασικά είναι τα ίδια: οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες να παρέχονται στα βακτηρίδια. Τρεις κύριες μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί για τους εδαφολογικούς αντιδραστήρες: αντιδραστήρες καλλιεργώ-τύπων εδάφους, εδαφολογικοί πηλοί, και εδαφολογικοί σωροί.

Το έδαφος που καλλιεργείται έχει μεταπηδήσει από μια καθαρή κανονική διαδικασία σε μια στην οποία πρέπει να χρησιμοποιηθούν διάφορες κατασκευασμένες συσκευές. Μόλις τοποθετηθούν σε ένα σκάφος της γραμμής κάτω από το χώμα στην leachate ελέγχου, ένα σύστημα συλλογής leachate, και ένα σύστημα αποθήκευσης ύδατος, πραγματικά έχει δημιουργηθεί ένας εδαφολογικός αντιδραστήρας. Μπορεί ακόμη και να προστεθεί και έλεγχος εκπομπής αερίων στον αντιδραστήρα για τις πτητικές ενώσεις που δεν είναι διασπάσιμες. Σε αυτόν τον αντιδραστήρα πρέπει ακόμα να διατηρηθεί το σωστό περιβάλλον για τα βακτηρίδια. Πρέπει να παρέχονται στα βακτηρίδια οι θρεπτικές ουσίες και το οξυγόνο, και πρέπει να παρέχετε και κάποιος τύπος μίξης.

Ο επόμενος τύπος αντιδραστήρα που έχει χρησιμοποιηθεί για τα εδάφη είναι ο αντιδραστήρας εδαφολογικού πηλού. Σε αυτόν τον αντιδραστήρα το χώμα συνδυάζεται με το νερό για να διαμορφώσει έναν πηλό. Είναι εύκολο να διατηρηθεί το σωστό περιβάλλον για τον πηλό. Οι θρεπτικές ουσίες μπορούν να κρατηθούν εύκολα στις βέλτιστες συγκεντρώσεις. Το κύριο πρόβλημα με τον αντιδραστήρα εδαφολογικού πηλού είναι ότι αφότου έχει ολοκληρωθεί η βιοχημική αντίδραση πρέπει να χωριστεί το νερό από το χώμα. Να χωριστεί το νερό από τον άργιλο δεν είναι το ευκολότερο πράγμα που μπορεί να γίνει σε μια μικρή χρονική περίοδο για ένα μεγάλο ποσό χώματος. Φυσικά, εάν το χώμα είναι κυρίως άμμο ο υγρός χωρισμός στερεών θα είναι λιγότερο δύσκολος. Ενώ ο αντιδραστήρας πηλού είναι βέλτιστος για τις βιοχημικές

αντιδράσεις, το σύστημα εδαφολογικού πηλού είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί λόγω των προβλημάτων χωρισμού των στερεών.

Ο τελικός τύπος εδαφολογικών αντιδραστήρων που έχει χρησιμοποιηθεί στον τομέα είναι ο αντιδραστήρας εδαφολογικών σωρών. Σε αυτόν τον αντιδραστήρα το χώμα ανασκάπτεται από το έδαφος και τοποθετείται σε ένα πλαστικό σκάφος της γραμμής. Δεδομένου ότι το χώμα συσσωρεύεται στο σκάφος της γραμμής, οι θρεπτικές ουσίες και τα βακτηρίδια (εάν είναι απαραίτητο) αναμιγνύονται με το χώμα. Ο διατρυπημένος σωλήνας τοποθετείται μέσα στο σωρό σε κανονικά βάθη και διαστήματα. Μόλις τοποθετηθούν στο σωρό, κατόπιν όλοι οι σωλήνες συνδέονται με την κενή πλευρά ενός ανεμιστήρα. Μια πλαστική κάλυψη τοποθετείται πέρα από τον ολόκληρο σωρό στα σχέδια ροής ύδατος και αέρα βροχής ελέγχου. Ο σωρός περιέχει όλες τις θρεπτικές ουσίες και βακτηρίδια που απαιτούνται για να ολοκληρώσουν τις βιοχημικές αντιδράσεις. Ο ανεμιστήρας έπειτα τροφοδοτεί με αέρα το σωρό προκειμένου να παρασχεθεί το απαραίτητο οξυγόνο. Μόλις ολοκληρωθούν στο σωρό οι βιοχημικές αντιδράσεις, το χώμα μπορεί να τοποθετηθεί όπου επιδιώκεται.

Έμμεση επίδραση των βακτηριδίων στην επανόρθωση

Δύο παραδείγματα της έμμεσης επίδρασης των βακτηριδίων στην επανόρθωση είναι η VES και τα μέταλλα. Μια από τις σημαντικότερες νέες τεχνολογίες που έχει εφαρμοστεί στην επανόρθωση είναι η VES. Η VES έχει αποδειχθεί ότι είναι σε θέση να αφαιρέσει τις πτητικές οργανικές ουσίες από τα μολυσμένα εδάφη. Υπάρχουν πολλά τεχνικά έγγραφα που έχουν απαριθμήσει τη λειτουργία VES. Τα χυσίματα βενζίνης και diesel είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Οι περισσότερες οργανικές ενώσεις στη βενζίνη και λίγες από τις ενώσεις στο diesel είναι πτητικές. Εντούτοις, η VES έχει αναφερθεί για να αφαιρέσει εντελώς όλες τις ανάλογες οργανικές ενώσεις που βρίσκονται στα εδάφη.

Αυτό το μυστήριο έχει μια απλή απάντηση. Η VES είναι παρόμοιο με τα συστήματα εδαφολογικών σωρών. Ενώ οι θρεπτικές ουσίες δεν θα είναι παρούσες, τα βακτηρίδια θα υποκινηθούν ακόμα από τη μετακίνηση αέρα μέσω του χώματος που παρέχει το οξυγόνο. Οι βιοχημικές αντιδράσεις είναι σημαντικές στον πλήρη καθαρισμό VES. Τα έγγραφα που έχουν κάνει τις υλικές ισορροπίες κατά τη διάρκεια των μελετών τους έχουν παρουσιάσει πως αυτό ισχύει.

Παράδειγμα αποτελούν τα βακτηρίδια σιδήρου. Φυσικά βακτηρίδια στο έδαφος μπορούν να χρησιμοποιήσουν το σίδηρο στο νερό και τα εδάφη ως πηγή ενέργειας. Η φυσική δραστηριότητά τους θα προωθήσει την αύξησή τους στις αυλακώσεις της οθόνης φρεατίων. Δεδομένου ότι τα βακτηρίδια αυξάνονται διαμορφώνουν ένα slime στρώμα στην οθόνη και φράζουν αργά τις αυλακώσεις. Αυτό σταματά τελικά τη ροή στο φρεάτιο, κάποιος τύπος καθαρισμού πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Η ίδια επίδραση μπορεί να εμφανιστεί στα συσκευασμένα strippers αέρα πύργων. Σε αυτήν την περίπτωση το stripper χάνει τη δυνατότητά του να μεταχειριστεί το νερό και η συσκευασία πρέπει να καθαριστεί.

Άλλα μέταλλα μπορούν να επηρεαστούν από τις βιοχημικές αντιδράσεις. Συνήθως η επίδραση περιορίζεται στην κατάσταση σθένους του μετάλλου. Για παράδειγμα σε ένα παλαιότερα υλοποιημένο σύστημα επεξεργασίας που περιέλαβε τη βιολογικές επεξεργασία και την αφαίρεση αρσενικού, η φυσική κατάσταση του αρσενικού στο υπόγειο νερό το κατέστησε απρόσβλητο από το coprecipitation σιδήρου (η κανονική μέθοδος αφαίρεσης αρσενικού). Εντούτοις, διαπιστώθηκε ότι μετά από το υπόγειο νερό που περάστηκε μέσω του βιολογικού συστήματος επεξεργασίας, η κατάσταση σθένους του αρσενικού είχε αλλάξει, και ότι θα μπορούσε έπειτα να αφαιρεθεί από το coprecipitation σιδήρου.

Όπως μπορεί να φανεί από όλα αυτά τα παραδείγματα, οι βιοχημικές αντιδράσεις έχουν μια μεγάλη επίδραση στις έρευνες και τις επανορθώσεις, προκειμένου να γίνει κατανοητή εντελώς η περιοχή μόλυνσης και πώς πρέπει να περιληφθούν και οι βιοχημικές αντιδράσεις στο remediate. Οι αντιδράσεις είναι απλές όταν εξετάζονται σε μεμονωμένη βάση. Όπως με όλα τα νέα πράγματα, όσο περισσότερο εργαζόμαστε με τα βακτηρίδια τόσο πιο άνετα για μας θα είναι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Χρησιμοποίηση των εργαστηριακών στοιχείων για τη σχεδίαση ενός συστήματος επεξεργασίας εδαφών πραγματικού μεγέθους.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα ισχυρότερα εργαλεία πάνω στο οποίο πρέπει να στηριχθούν για να σχεδιαστούν τα συστήματα επεξεργασίας υπόγειων νερών και χώματος είναι το εργαστήριο. Μπορούν να πάρουν έναν μικρό όγκο του ύδατος από το υδροφόρο στρώμα ή τη μικρή ποσότητα χώματος από το έδαφος και να εκτελεστούν οι γρήγορες, εύκαμπτες δοκιμές για να καθοριστεί η φύση των μολυσματικών παραγόντων και η αλληλεπίδραση των μολυσματικών παραγόντων με τα εδάφη του υδροφόρου στρώματος και της ζώνης vadose. Μπορούν να πάνε ένα βήμα περαιτέρω και να εξετάσουν μερικές από τις μεθόδους για την αφαίρεση μολυσματικών παραγόντων από το νερό και το χώμα.

Το εργαστήριο μπορεί μεν να είναι μεγάλη βοήθεια, μπορεί όμως να είναι και πηγή παραπλανητικών πληροφοριών. Πρέπει να γνωρίζουν ότι το εργαστήριο θα παραγάγει πάντα τους αριθμούς. Το πρόβλημα είναι να μπορούν χρησιμοποιηθούν εκείνοι οι αριθμοί στο σωστό πλαίσιο. Χρειάζεται επίσης η κατάρτιση και η εμπειρία για να σχεδιαστούν τα πειράματα που εκτελούνται στο εργαστήριο.

Η άλλη κύρια περιοχή που κάνει κακή την χρήση των εργαστηριακών στοιχείων είναι η βιολογική επεξεργασία. Εντούτοις, το εργαστήριο συντάσσει τα πολύ ακριβή στοιχεία και τις συγκεκριμένες εκθέσεις που κάνουν λίγα για να προαγάγουν την κατανόηση βιοχημικών αντιδράσεων επί ενός ιδιαίτερου τύπου.

Ο προσδιορισμός των μικροοργανισμών ενός ιδιαίτερου τόπου και η ανάπτυξη εξειδικευμένων βακτηριδίων για έναν καθαρισμό είναι ακριβής δραστηριότητες. Ενώ οι περισσότερες από αυτές τις δοκιμές έχουν τη θέση τους, δεν εφαρμόζονται στο 90% των καθαρισμών. Υπάρχουν πολλά εμπόδια στη χρησιμοποίηση της βιολογικής επεξεργασίας επί των μολυσμένων τόπων. Είναι αντιπαραγωγικό να προστεθούν οι εκτενείς εργαστηριακοί προσδιορισμοί και να εμποδιστούν οι βιολογικές εφαρμογές επεξεργασίας.

Οι βιολογικοί και φυσικοί / χημικοί καθαρισμοί χρειάζονται το εργαστήριο για να απαντήσουν στις σημαντικές ερωτήσεις. Πρέπει να σιγουρευτούμε ότι το εργαστήριο είναι η κατάλληλη θέση για να απαντηθούν οι ερωτήσεις που υποβάλλονται, και πως οι απαντήσεις είναι οι σωστές.

Οι περισσότεροι προβλέπουν μια εργαστηριακή μελέτη ως πρότυπο κλίμακας του συστήματος επεξεργασίας πραγματικού μεγέθους. Θεωρούν ότι εφ' όσον υιοθετείται ο σωστός παράγοντας κλίμακας, οποιαδήποτε μονάδα πραγματικού μεγέθους μπορεί να μιμηθεί από μια μικρή εργαστηριακή μονάδα. Τα στοιχεία που παράγονται από τον εργαστηριακό εξοπλισμό μπορούν έπειτα να χρησιμοποιηθούν άμεσα για να σχεδιάσουν ένα σύστημα επεξεργασίας πραγματικού μεγέθους. Αυτή η αντίληψη είναι λάθος.

Το εργαστήριο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μιμηθεί άμεσα τις μονάδες επεξεργασίας πραγματικού μεγέθους. Οι εργαστηριακές μελέτες μπορούν μόνο να το χρησιμοποιήσουν για να αναπτύξουν τις πληροφορίες για φυσικές, χημικές, και βιοχημικές αντιδράσεις. Τα περισσότερα σχέδια μονάδων πραγματικού μεγέθους είναι βασισμένα στην επίλυση των πρακτικών προβλημάτων που εμφανίζονται όταν προσπαθεί κάποιος να εφαρμόσει αυτές τις αντιδράσεις στην περιοχή εξέτασης. Ένα καλό σχέδιο πραγματικού μεγέθους προέρχεται από έναν συνδυασμό της επιθυμητής αντίδρασης και της λύσης στα πρακτικά προβλήματα.

Επιπλέον, οι εργαστηριακές αντιδράσεις τις περισσότερες φορές μιμούνται τις αντιδράσεις στις περιοχές εξέτασης. Για αυτόν τον λόγο όλες οι αντιδράσεις δεν μπορούν να εκτελεστούν στο εργαστήριο. Μερικές

αντιδράσεις είναι πολύ ακριβείς. Η πτώση μετάλλων θα ήταν ένα παράδειγμα μιας αντίδρασης που μπορεί να μιμηθεί ακριβώς στο εργαστήριο. Άλλες αντιδράσεις δεν θα εκτελέσουν το ίδιο πράγμα στο εργαστήριο όπως στην περιοχή εξέτασης. Το γδύσιμο αέρα είναι ένα καλό παράδειγμα μιας τεχνολογίας που αποδίδει διαφορετικά στο εργαστήριο και στην περιοχή εξέτασης.

Ο καλύτερος τρόπος να εξηγηθούν και τα δύο φαινόμενα είναι να αναθεωρηθεί το RFQ. Το εργαστήριο μπορεί να είναι ένα ισχυρό εργαλείο στο σχέδιο των συστημάτων επεξεργασίας πραγματικού μεγέθους. Εντούτοις, πρέπει πρώτα να κατανοηθεί τη σημαίνει πραγματικά, και πώς μπορεί να εφαρμοστεί σε μια μονάδα πραγματικού μεγέθους.

Συστήματα επεξεργασίας πραγματικού μεγέθους

Ο σκοπός της εργαστηριακής μελέτης στο RFQ ήταν να μιμηθεί ένα σύστημα επεξεργασίας πραγματικού μεγέθους που προγραμματίστηκε για μια περιοχή.

Table 1. Groundwater Organic Contaminants

Contaminant	Concentration, µg/l
Carbon Tetrachloride	50
1,1-Dichloroethane	65
1,2-Dichloroethane	35
Methylene Chloride	160
1,1,1-Trichloroethane	95
1,1,2-Trichloroethane	70
Trichloroethylene	230

Ο πίνακας 1 συνοψίζει τις οργανικές ενώσεις που ανιχνεύονται στο νερό επί του τόπου. Ανέμειναν επίσης να έχουν περίπου 5 έως 10 mg/L του σιδήρου στο νερό. Το σχήμα 1 συνοψίζει το σύστημα επεξεργασίας που θέλησαν να

χρησιμοποιήσουν για να μεταχειριστούν το νερό. Όπως μπορεί να φανεί στο σχήμα 1, οι διαδικασίες μονάδων είναι:

1. Οξείδωση σιδήρου από τον αερισμό
2. Ανασταλμένη αφαίρεση στερεών από τη διήθηση άμμου
3. Πτητική οργανική αφαίρεση με το συσκευασμένο γδύσιμο αέρα πύργων
4. Γενική οργανική αφαίρεση από την ενεργοποιημένη προσρόφηση άνθρακα

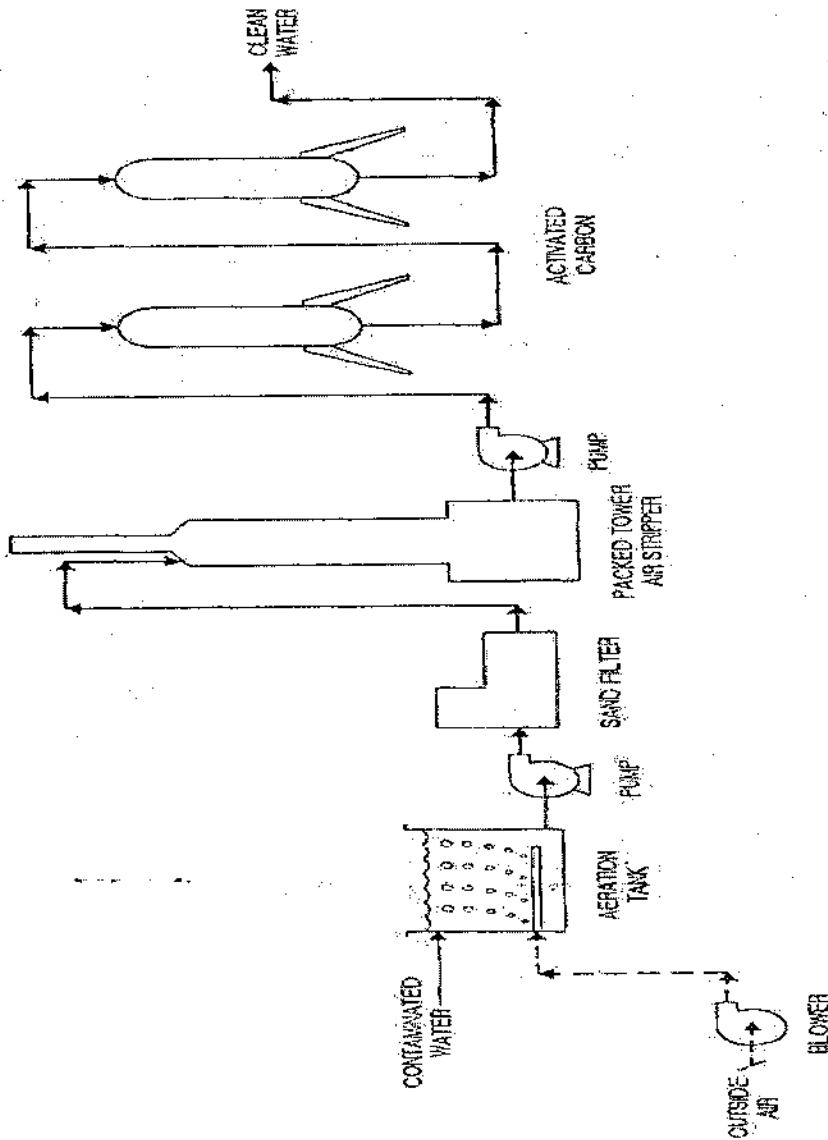


FIGURE 1. Water treatment system.

ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ

Το σύστημα οξείδωσης πραγματικού μεγέθους αποτελείται από μια δεξαμενή αντίδρασης με χρόνο αποθήκευσης μιας ώρας. Ένας ανεμιστήρας αναγκάζει τον αέρα να κινηθεί μέσω ενός συστήματος διανομής. Ο αέρας παρείχε το οξυγόνο για την οξείδωση και τη μίξη για τη δεξαμενή. Οι μικροί διασκορπιστές αέρα χρησιμοποιήθηκαν για να μεγιστοποιήσουν τη μεταφορά οξυγόνου.

Η εργαστηριακή δοκιμή οργανώθηκε για να μιμηθεί το σύστημα πραγματικού μεγέθους. Μια συνεχής δεξαμενή ροής με χρόνο αποθήκευσης μιας ώρας επρόκειτο να κατασκευαστεί. Η ροή αέρα και η περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο επρόκειτο να ελεγχθούν για να εξασφαλίσουν ότι ικανοποιητική μίξη και μεταφορά οξυγόνου θα εμφανίζονταν στο σύστημα επεξεργασίας πραγματικού μεγέθους. Η διαλυμένη συγκέντρωση σιδήρου στα επιλεγμένα ποσοστά ροής αέρα ήταν η κύρια μεταβλητή που ελέγχεται.

Διάφορα προβλήματα υπάρχουν με αυτήν την εξεταστική διαδικασία. Κατ' αρχάς, η ροή αέρα για τη μίξη και τη μεταφορά οξυγόνου δεν μπορεί να συνδυαστεί και να μετρηθεί σε ένα σύστημα πραγματικού μεγέθους. Ο παράγοντας κλίμακας για τη μεταφορά οξυγόνου επηρεάζεται κυρίως από το βάθος στο οποίο ο αέρας απελευθερώνεται στη δεξαμενή. Γενικά, αυτή η παράμετρος έχει μια γραμμική σχέση σύμφωνα με τη γραφική της παράσταση σε ένα σύστημα πραγματικού μεγέθους. Η μίξη της αποδοτικότητας συσχετίζεται με τη συνολική εισαγωγή δύναμης στη δεξαμενή και έχει μια εκθετική σχέση με το σύστημα πραγματικού μεγέθους. Κανένας από αυτούς τους κρίσιμους παράγοντες σχεδίου δεν πρέπει να βασιστεί στα εργαστηριακά στοιχεία. Και οι δύο πρέπει να βασιστούν στην εμπειρία πάνω στα σχέδια πραγματικού μεγέθους. Η εργαστηριακή δοκιμή πρέπει μόνο να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει την επίδραση της συγκέντρωσης οξυγόνου στο ποσοστό οξείδωσης σιδήρου. Πώς παίρνετε ότι η συγκέντρωση οξυγόνου είναι

πολύ διαφορετική για τις εργαστηριακές μονάδες και τις πραγματικού μεγέθους μονάδες.

Υπάρχει ένα άλλο μικρό πρόβλημα με αυτήν την δοκιμή. Οι μεγάλες δειγματοληψίες ύδατος δεν μπορούν να επιστραφούν από την περιοχή εξέτασης χωρίς εισαγωγή του οξυγόνου. Ενώ μπορούμε να είμαστε σε θέση να πάρουμε τα δείγματα για την πτητική οργανική ανάλυση χωρίς διάκενο υαλοπινάκων στα εμπορευματοκιβώτια δειγμάτων, δεν είμαστε σε θέση να πάρουμε το ίδιο αποτέλεσμα με ένα βαρέλι 55-γαλονιών. Ακόμα κι αν δεν υπάρχει κανένα κενό διάστημα, θα υπάρξουν μικρά ποσά οξυγόνου που μεταφέρονται στο δείγμα. Αυτό το οξυγόνο θα αντιδράσει με το σίδηρο στο δείγμα. Όλος ο σίδηρος θα οξειδωθεί πριν από την έναρξη των εργαστηριακών δοκιμών.

Ο μόνος τρόπος να εξεταστεί το ποσοστό οξείδωσης σιδήρου σε ένα δείγμα υπόγειων νερών είναι να εκτελεσθεί η δοκιμή στην περιοχή εξέτασης. Η δοκιμή πρέπει να λαμβάνει χώρα μόλις λαμβάνεται το ύδωρ από το φρεάτιο. Ακόμη και στην περιοχή εξέτασης μεγάλη προσοχή πρέπει να ληφθεί για να αποφευχθεί η εισαγωγή του οξυγόνου στη δειγματοληψία ύδατος όταν αφαιρείται από το φρεάτιο. Σαν δευτερεύουσα σημείωση, θα προτεινόταν να μετρηθεί το pH κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Το pH έχει μια δραματική επίδραση στο ποσοστό οξείδωσης. Όσο χαμηλότερο το pH, τόσο πιο αργό το ποσοστό αντίδρασης.

ΔΙΗΘΗΣΗ

Τώρα που έχει αφαιρεθεί ο διαλυτός σίδηρος και έχει μετατραπεί σε αδιάλυτο σίδηρο (ανασταλμένα στερεά), πρέπει απλά να αφαιρεθούν τα στερεά προκειμένου να αφαιρεθεί ο σίδηρος από το νερό. Το παρόν σύστημα προγραμματίστηκε να χρησιμοποιήσει ένα φίλτρο άμμου για την κατακράτηση των στερεών. Η συγκεκριμένη μέθοδος στο RFQ ήταν να κατασκευαστεί μια

στήλη με άμμο και να εξεταστεί η επίδραση των διάφορων ποσοστών ροής στην αφαίρεση των ανασταλμένων στερεών και του σιδήρου. Υπήρξαν λεπτομερείς προδιαγραφές για να εξασφαλιστεί ότι η δοκιμή ήταν ακριβής. Παραδείγματος χάριν, η στήλη έπρεπε να είναι αρκετά ευρεία για να εξασφαλίσει ότι υπήρξαν ελάχιστα wall effects, δηλ., τριάντα φορές το μέγεθος των μορίων της άμμου.

Οι λεπτομέρειες ήταν πολύ ενδιαφέρουσες, αλλά είχαν πολύ λίγα που να αφορούν με τη λειτουργία ενός φίλτρου άμμου. Τα φίλτρα άμμου δεν στραγγίζουν τα ανασταλμένα στερεά από το νερό όπως τα χάρτινα φίλτρα. Τα φίλτρα άμμου, και όλα τα φίλτρα μορίων, αφαιρούν τα ανασταλμένα στερεά με την επαφή στερεού με στερεό. Τα ανασταλμένα στερεά έρχονται σε επαφή με το μόριο άμμου και συνδέονται. Η διαδικασία έχει μια στενότερη σχέση με την κροκύδωση απ' ό,τι με το στράγγισμα των ανασταλμένων στερεών.

Η μόνη φορά όπου ένα φίλτρο άμμου ενεργεί ως διηθητήρας είναι όταν τα ανασταλμένα στερεά έχουν γεμίσει όλα τα κενά διαστήματα μεταξύ των μορίων άμμου. Σε αυτό το σημείο, η πίεση που απαιτείται στο φίλτρο για να αναγκάσει το νερό να περάσει μέσω από αυτό είναι πάρα πολύ υψηλή. Αυτό αφαιρεί τα ανασταλμένα στερεά και ανοίγει τα διαστήματα πόρων άλλη μια φορά.

Η αποδοτικότητα του φίλτρου άμμου συσχετίζεται με τη σταθερότητα των ανασταλμένων στερεών. Εάν το φίλτρο δεν αφαιρεί το απαραίτητο ποσοστό των ανασταλμένων στερεών, έχει σαν αποτέλεσμα να αλλάζει η χημεία του ύδατος και όχι η ταχύτητα του. Flocculent προστίθεται συνήθως στον παραπόταμο του φίλτρου άμμου για να αφαιρέσει περισσότερα ανασταλμένα στερεά. Αυτά τα αποτελέσματα δεν μπορούν να μιμηθούν σε μια εργαστηριακή μονάδα. Και, ακόμα κι αν αυτές οι δοκιμές θα μπορούσαν να εκτελεσθούν, δεν θα μιμούνταν την πραγματική λειτουργία του φίλτρου άμμου.

Το κύριο πρόβλημα με τη λειτουργία του πραγματικού φίλτρου άμμου είναι ο καθαρισμός του. Μόλις χωριστούν τα ανασταλμένα στερεά από το

φίλτρο, μπορούν να αφαιρεθούν πάλι από τα μόρια άμμου; Τα φίλτρα άμμου αποτυγχάνουν συνήθως επειδή δεν μπορούν να καθαριστούν, όχι επειδή δεν αφαιρούν τα ανασταλμένα στερεά.

Ακόμα κι αν η εργαστηριακή μονάδα μοιάζει με την μονάδα πραγματικού μεγέθους, δεν μπορεί να εκτελέσει το ίδιο πράγμα. Ακόμη και με τους παράγοντες κλίμακας, η εργαστηριακή μονάδα δεν μπορεί να μιμηθεί ή να προβλέψει τη λειτουργία ενός φίλτρου άμμου πραγματικού μεγέθους.

Εάν είναι απαραίτητο να αφαιρεθεί ένα ορισμένο μέγεθος ή ένας συγκεκριμένος τύπος ανασταλμένου στερεού σε ένα σύστημα επεξεργασίας η χρησιμοποίηση ενός φίλτρου άμμου είναι λάθος. Σε εκείνες τις περιστάσεις ο σχεδιαστής πρέπει να στηριχθεί επάνω σε έναν διαφορετικό τύπο φίλτρου, όπως, φίλτρου κασετών, ultrafilter, κ.λπ.

ΣΥΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ STRIPPER ΠΥΡΓΟΥ ΑΕΡΑ

Συσκευασμένο stripper αέρα πύργων πραγματικού μεγέθους δεν μπορεί να μιμηθεί στο εργαστήριο. Το κλειδί για αυτόν τον τύπο stripper αέρα είναι η απόδοση της συσκευασίας. Η κανονική συσκευασία που χρησιμοποιείται σε έναν πύργο είναι μεταξύ 2 έως 3 στη διάμετρο. Δυστυχώς, δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μικρότερα μέσα και έναν παράγοντα κλίμακας, και δεν μπορούμε να αντέξουμε οικονομικά να επεξεργαστούμε ικανοποιητικά το νερό για τα μέσα αυτού του μεγέθους σε μια εργαστηριακή τοποθέτηση.

Ο μόνος τρόπος να εξεταστεί το stripper αέρα είναι να διεξαχθεί μια πειραματική μελέτη στην περιοχή εξέτασης. Ο πύργος πρέπει να είναι ένα ελάχιστο 8 έως 12 στη διάμετρο και 7 έως 10 FT του βάθους συσκευασίας. Η δοκιμή πρέπει να περιλάβει το τρέξιμο stripper αέρα από 10 έως 30 gpm/ft². Για 8 στον πειραματικό πύργο, μια σειρά 3,5 έως 10,5 gpm θα απαιτούνταν για να εξετάσουν πλήρως τη συσκευασία. Επιπλέον, διάφορα τρεξίματα 30 έως 60 λ. διάρκειας θα απαιτούνταν για να αναπτύξουν τα δεδομένα που είναι

απαραίτητα για το σχέδιο πραγματικού μεγέθους. Όπως μπορεί να φανεί, μια σημαντική ποσότητα ύδατος απαιτείται για να εξεταστεί αυτή η τεχνολογία.

Υπάρχει μια άλλη μέθοδος για να αποκτηθούν τα απαραίτητα στοιχεία. Οι περισσότερες επιχειρήσεις που πωλούν strippers αέρα έχουν αναπτύξει πρότυπα υπολογιστών που μιμούνται τη stripper αέρα απόδοση. Επιπλέον, τα εμπορικά πρότυπα υπολογιστών είναι επίσης διαθέσιμα για αυτόν το λόγο. Εφ' όσον η σταθερά νόμου ενός ακριβούς Henry είναι διαθέσιμη, κατόπιν αυτά τα πρότυπα μπορούν να παρέχουν τα απαραίτητα δεδομένα όσον αφορά την απόδοση stripper αέρα σε μια δοσμένη κατάσταση. Εάν τα δεδομένα εισόδου δεν είναι διαθέσιμα, οι πειραματικές εγκαταστάσεις είναι ο μόνος τρόπος να αναπτυχθούν τα δεδομένα απόδοσης.

ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ

Οι προδιαγραφές για την ενεργοποιημένη σε εργαστήριο μονάδα άνθρακα ήταν 30 grm/ft² και ένας ελάχιστος χρόνος αποθήκευσης 30. Μια ψηλή στήλη 120 FT θα ήταν απαραίτητη για να ανταποκριθεί σε αυτές τις προδιαγραφές. Ανακάλυφτηκε ότι ακολουθούσαν απλά τις προδιαγραφές που απαριθμήθηκαν για την πραγματικού μεγέθους μονάδα άνθρακα. Το πρόβλημα είναι ότι 30 grm/ft² αναφέρονται στους περιορισμούς σχεδίου της δεξαμενής και της διοχέτευσης με σωλήνες, όχι τον άνθρακα. Ο ελάχιστος χρόνος αποθήκευσης 30 αναφέρεται άμεσα ο ίδιος στον άνθρακα. Το RFQ συνδύασε αυτά τα δύο σε μια προδιαγραφή για τον άνθρακα. Μετά από κάποια λεπτομερή συζήτηση, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν 3 grm/ft² ως βάση του συστήματος άνθρακα. Αυτό θα ήταν ένα ποσοστό κανονικής ροής για μια μονάδα άνθρακα στην περιοχή εξέτασης.

Υπολογίστηκε το ποσό μολυσμένου ύδατος που είναι απαραίτητο για να διαπεράσει τον ενεργοποιημένο άνθρακα στην εργαστηριακή μονάδα. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση των στοιχείων ισόθερμου που παρέχονται

στο κεφάλαιο 3. Δεν μπορούμε να μετρήσουμε την απόδοση της στήλης άνθρακα έως ότου αρχίζουν οι ενώσεις να έρχονται μέσω της μονάδας και να μπορούν να μετρηθούν. Υπολογίστηκε ότι 5000 έως 6000 GAL του μολυσμένου ύδατος θα απαιτούνταν για τη δοκιμή. Όλο αυτό το νερό θα έπρεπε να επεξεργαστεί εκ των προτέρων με το υπόλοιπο του συστήματος επεξεργασίας προκειμένου να εκτελεσθεί μια ακριβής προσομοίωση, και το νερό θα έπρεπε να αποβληθεί κατά τρόπο κατάλληλο.

Υπάρχουν τρεις επιλογές κατά την εκτέλεση δοκιμών στον ενεργοποιημένο άνθρακα. Κατ' αρχάς, τα ισόθερμα μπορούν να εκτελεστούν στο εργαστήριο. Αυτό το στοιχείο είναι εύκολο να ληφθούν, αλλά δεν είναι πάντα ακριβή σε σύγκριση με τον ενεργοποιημένο άνθρακα σε μια στήλη. Η δεύτερη επιλογή είναι να εκτελεσθεί μια πειραματική δοκιμή στην περιοχή εξέτασης με μια μικρή στήλη του ενεργοποιημένου άνθρακα. Το στοιχείο είναι πολύ ακριβές, αλλά η δοκιμή μπορεί να είναι περίπλοκη εάν απαιτείται προεπεξεργασία. Η τρίτη επιλογή είναι να σταλεί ένα δείγμα στην Calgon Carbon. Έχουν αναπτύξει μια εργαστηριακή δοκιμή χρησιμοποιώντας τον κονιοποιημένο ενεργοποιημένο άνθρακα σε μια στήλη που μιμείται τις πραγματικού μεγέθους μονάδες.

Υπάρχει μια άλλη μέθοδος για να ληφθούν τα απαραίτητα στοιχεία. Οι περισσότερες από τις επιχειρήσεις που πωλούν τον ενεργοποιημένο άνθρακα έχουν αναπτύξει τα πρότυπα υπολογιστών που μιμούνται την απόδοση του άνθρακα σε μια στήλη. Αυτά τα πρότυπα υπολογιστών λειτουργούν συνήθως για τις μεμονωμένες ενώσεις ή τα μίγματα οργανικών ενώσεων. Αυτά τα πρότυπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να σχεδιαστούν οι περισσότερες από τις εφαρμογές άνθρακα στην περιοχή εξέτασης. Οι ίδιες επιχειρήσεις ξέρουν επίσης πότε τα πρότυπα δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν και απαιτούνται δεδομένα απευθείας από την περιοχή εξέτασης. Τα πρότυπα είναι πιθανώς ακριβέστερα από οποιαδήποτε εργαστηριακή δοκιμή. Το εργαστήριο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει τις ενώσεις και τους όρους που θα διακόψουν την απόδοση του άνθρακα.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Η τελευταία προδιαγραφή του RFQ ήταν η απαίτηση ότι όλο το δείγμα έπρεπε να αποθηκευτεί στους 4°C ενώ περίμενε την εργαστηριακή επεξεργασία. Γενικά αυτό είναι μια καλή ιδέα, αλλά πρέπει να αξιολογηθούν τα πρακτικά προβλήματα που αυτό μπορεί να προκαλέσει και να επιβεβαιωθεί ότι δεν ξεπερνούν τα τεχνικά αποτελέσματα σε βάρος. Το κύριο όφελος που η χαμηλή θερμοκρασία παρέχει είναι να εξασφαλιστεί ότι δεν υπάρχει καμία βιολογική δραστηριότητα ενώ το δείγμα αποθηκεύεται. Επειδή οι αρχικές οργανικές ενώσεις σε αυτήν την μελέτη δεν είναι διασπάσιμες, η αποθήκευση χαμηλής θερμοκρασίας δεν θα προσφέρει μεγάλη ακρίβεια. Αφ' ετέρου, η αποθήκευση 5000 έως 6000 GAL του ύδατος σε 4°C θα είναι δύσκολη.

Το εργαστήριο παρέχει ένα ισχυρό εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραγάγει τις δαπάνες και να απαντήσει στις τεχνικές ερωτήσεις σχετικά με το σχέδιο κατεργασίας ύδατος. Το πρόβλημα που περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο πηγάζει από την παρερμηνεία ότι όλες οι διαδικασίες πραγματικού μεγέθους μπορούν να μιμηθούν από τις μονάδες επεξεργασίας εργαστηριακής κλίμακας. Αυτό απλά δεν ισχύει. Μπορούμε πάντα να παραγάγουμε τα δεδομένα από μια εργαστηριακή μονάδα, αλλά πρέπει να σιγουρευτούμε ότι αυτά τα δεδομένα ισχύουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΕΠΤΟΜΕΡΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Αυτό το τμήμα δεν χρειάζεται εισαγωγή. Κάθε πρόγραμμα επανόρθωσης απαιτεί μια ομάδα ειδικών για να αναπτύξει τα στοιχεία και για να σχεδιάσει την επανόρθωση. Μερικοί από τους τεχνικούς εμπειρογνώμονες που απαιτούνται σε ένα πρόγραμμα είναι: υδρογεωλόγος, γεωλόγοι, geochemists, modelers, εμπειρογνώμονες αξιολόγησης του κινδύνου, μηχανικοί, διευθυντές κατασκευής, χειριστές, κ.λπ.

Αυτό το κεφάλαιο αναφέρεται στο ρόλο που έχουν οι μηχανικοί σε ένα πρόγραμμα επανόρθωσης. Η Εθνική Ένωση Υπόγειου Νερού των Η.Π.Α. αποτελείται κυρίως από τους γεωλόγους και τους υδρογεωλόγους. Επομένως, οι κύριοι αναγνώστες της αναθεώρησης ελέγχου υπόγειου νερού είναι από το ίδιο υπόβαθρο. Φάνηκε να υπάρχει μια βασική παρανόηση από κάθε ομάδα αυτού που η άλλη ομάδα συνέβαλε. Φυσικά, αυτό είναι ένας συμπαθητικός τρόπος για να δηλωθεί η παρανόηση. Οι πραγματικές συζητήσεις υποβιβάστηκαν στο επίπεδο κατάρτισης σε ορισμένα κολέγια και, τελικά, στην σκέψη-πρόκληση των συζητήσεων για την προσωπική καταγωγή.

Το σημαντικό σημείο αυτού του τμήματος είναι ότι ένας καλός διευθυντής προγράμματος θα πρέπει να συνειδητοποιήσει ότι η εργασία του δεν είναι να τα συμπεριλάβει όλα σε ένα πρόγραμμα. Ένας καλός διευθυντής συγκεντρώνει την ομάδα εμπειρογνομόνων του και στηρίζεται στην κατάρτισή τους να εκτελέσουν μεμονωμένους στόχους. Ο διευθυντής συντονίζει τους εμπειρογνώμονες έτσι ώστε η επανόρθωση να γίνεται εγκαίρως και σύμφωνα με τον προϋπολογισμό.

Για χρόνια, η κύρια προσπάθεια των γεωλόγων και υδρογεωλόγων ήταν η έρευνα για τις μολυσμένες περιοχές. Όλοι εισάγουν τώρα ένα στάδιο στο

οποίο πολλές από αυτές τις έρευνες πηγαίνουν στην επόμενη φάση, τη φάση της επανόρθωσης. Δεδομένου ότι αρχίζουν την επανόρθωση σε περιοχές βρίσκουν ότι υπάρχουν διάφορες νέες επιστήμες που απαιτούνται για να ολοκληρώσουν την εργασία. Μια από τις κύριες επιστήμες είναι η εφαρμοσμένη μηχανική. Εδώ σκιαγραφούνται πολλές από τις συγκεκριμένες εργασίες που οι μηχανικοί εκτελούν, και να εξηγηθούν οι λόγοι πίσω από εκείνες τις εργασίες. Αυτό πρέπει να παρέχει μια μεγαλύτερη κατανόηση του στόχου του μηχανικού στο πρόγραμμα επανόρθωσης.

ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΠΑΘΡΩΣΗΣ

Πρέπει πρώτα να κατανοηθεί η διαφορά μεταξύ ενός επιστήμονα και ενός μηχανικού. Οι περισσότεροι είχαν την εμπειρία σε μια κατάσταση υπόγειων νερών που υπήρχε μικρή ροή και απαραίτητη μια απλή επεξεργασία. Πολλοί από τους μολυσματικούς παράγοντες υπόγειων νερών είναι πτητικές οργανικές ενώσεις, και η επεξεργασία μπορεί να ικανοποιηθεί από strippers αέρα ή τον ενεργοποιημένο άνθρακα. Δεν θυσιάζονται τέσσερα έτη σπουδών σε μια ειδικότητα εφαρμοσμένης μηχανικής για να είναι σε θέση κάποιος να καλέσει έναν επιστήμονα stripper αέρα. Μπορούν να παρέχουν τις λεπτομέρειες του σχεδίου, της κατάλληλης ταξινόμησης, των απαιτήσεων εγκαταστάσεων, και τίποτ' άλλο που απαιτείται για την επίλυση του προβλήματος επεξεργασίας. Η πρώτη ερώτηση γίνεται η ανάγκη για μηχανικούς σε ένα μικρό πρόγραμμα όπως stripper αέρα για μια επανόρθωση σταθμών βενζίνης.

Πολλές επανορθώσεις υπερβαίνουν την απλή επεξεργασία για μια μικρή διαρροή βενζινάδικων. Αντιμετωπίζουμε τώρα τα προγράμματα που απαιτούν μεγάλα ποσοστά ροής και τις νέες, πολλαπλάσιες τεχνολογίες για την επεξεργασία του υπόγειου νερού. Ο τύπος επεξεργασίας αλλάζει πραγματικά; Είμαστε ακόμα ικανοί να καλέσουμε τους επιστήμονες που παρέχουν αυτές τις τεχνολογίες, να μας παράσχουν το λεπτομερές σχεδιασμό, σχέδια, κ.λπ.

Η απάντηση είναι ναι, χρειαζόμαστε τους μηχανικούς και στους δύο τύπους προγραμμάτων. Κατ' αρχάς, υπάρχουν οι νομικοί λόγοι ότι οι μηχανικοί απαιτούνται, δηλ., υπογραφή των παραδόσεων σχεδίων που απαιτούνται από τις οργανώσεις πόλεων και κράτους, τις κρατικές απαιτήσεις για τα γραμματόσημα εφαρμοσμένης μηχανικής σε οποιαδήποτε κατασκευή, κ.λ.π.... Αλλά οι νομικές επιπτώσεις δεν είναι οι κύριοι λόγοι. Ο κύριος λόγος είναι ότι οι μηχανικοί εκτελούν το σχέδιο διαδικασίας.

Η διαφορά μεταξύ της επιλογής ενός σχεδίου επανόρθωσης και διαδικασίας επανόρθωσης είναι θέμα κατανόησης της τεχνολογίας και τις μεθόδους εκείνης της τεχνολογίας. Ο σχεδιαστής της διαδικασίας πρέπει να καταλάβει τη βάση του σχεδίου και όχι μόνο την επιλογή των επιστημόνων. Η βάση σχεδίου του προμηθευτή μπορεί να μην είναι βέλτιστη για μια ιδιαίτερη κατάσταση.

Αυτό δεν σημαίνει ότι η εφαρμοσμένη μηχανική της διαδικασίας μπορεί να ολοκληρωθεί απλά από ένα μηχανικό ο οποίος επιλέγει τους επιστήμονες. Κάτι τέτοιο θεωρείται "οκνηρή" εφαρμοσμένη μηχανική. Η εφαρμοσμένη μηχανική διαδικασίας πρέπει να εκτελεσθεί από κάποιον με την εμπειρία και την κατανόηση των σχετικών τεχνολογιών.

Η εφαρμοσμένη μηχανική της διαδικασίας είναι η σπονδυλική στήλη οποιουδήποτε σχεδίου επανόρθωσης. Το κρισιμότερο σημείο που αντιμετωπίζεται κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος είναι η επιλογή της τεχνολογίας από το μηχανικό διαδικασίας. Είναι πραγματικά η αρχιτεκτονική συστημάτων από την οποία η στρατηγική εφαρμογής του προγράμματος θα εξαρτηθεί. Οι διαθέσιμες τεχνολογίες πρέπει να αξιολογηθούν και μόνο η αποτελεσματικότερη τεχνική πρέπει να εξεταστεί για ιδιαίτερη εφαρμογή. Χωρίς την εμπειρία και τη γνώση του μηχανικού ένα πρόγραμμα μπορεί να μην παρέχει την επιθυμητή επεξεργασία. Αυτό περιλαμβάνει και τα μικρά προγράμματα. Πιστεύουμε έναν επιστήμονα όταν μας λέει ότι ο καθαρισμός των μέσων stripper αέρα του είναι απλός κατά εξέταση των μικρών ροών; Δεν έχει πει ψέματα. Αλλά, ολόκληρη η αλήθεια είναι ότι οι διαφορετικές

τεχνολογίες μπορούν να είναι μια καλύτερη επιλογή για τις μικρές ροές με το σίδηρο παρόντα. Ο προμηθευτής δεν είχε εκείνη την τεχνολογία που προσφέρει. Είναι ο μηχανικός διαδικασίας που είναι αρμόδιος για την κατανόηση όλης της διαθέσιμης τεχνολογίας και την εκπόνηση μιας δίκαιης και πλήρους σύγκρισης.

Ακόμα και αφού αποφασίζουμε να χρησιμοποιήσουμε την τεχνολογία ενός συγκεκριμένου προμηθευτή, χρειαζόμαστε ακόμα το μηχανικό διαδικασίας. Όταν ένας συγκεκριμένος εξοπλισμός παράγεται από έναν κατασκευαστή παράγεται συνήθως σε μερικά διαφορετικά μεγέθη για να ικανοποιήσει τον όγκο των απαιτήσεων. Μερικές φορές η αποδοτικότερη και χρήσιμη μονάδα για την εφαρμογή μειώνεται μεταξύ των μεγεθών και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως κατασκευάζεται. Η εργασία του μηχανικού είναι να λάβει την απόφαση σχετικά με τη χρησιμοποίηση του κομματιού του εξοπλισμού όπως είναι, αν χρειάζεται τροποποίηση ή αλλαγή κατασκευαστή. Μπορεί να είναι ένα δαπανηρό λάθος μακροπρόθεσμα εάν ο εξοπλισμός παρέχεται και εγκαθίσταται ακριβώς επειδή ήταν διαθέσιμο ή επειδή ήταν χαμηλής τιμής.

Οι προμηθευτές θα παράσχουν πιθανώς το σωστό σύστημα σε 90% των απλών εργασιών και μόνο 30-50% των σύνθετων εργασιών. Η εφαρμοσμένη μηχανική διαδικασίας αυξάνει τις πιθανότητες για ένα επιτυχές πρόγραμμα. Θέλετε να πάτε στον πελάτη και να τον ενημερώσετε ότι σώσατε \$10.000 αλλά το σύστημα δεν λειτουργεί;

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΣ ΣΧΕΔΙΟ

Η δεύτερη περιοχή που απαιτεί έναν μηχανικό είναι η λεπτομερής εφαρμοσμένη μηχανική. Κατ' αρχάς, κάθε λειτουργία μονάδων αποτελείται από πολλές λεπτομέρειες. Όλα, από το πάχος του χάλυβα μέχρι τον τύπο

χρώματος, πρέπει να επιλεχθούν. Ακόμα και όταν αποφασίζουμε να συστήσουμε το κομμάτι ενός προμηθευτή του εξοπλισμού, πρέπει να αναθεωρήσουμε το λεπτομερές σχέδιο για να εξασφαλίσουμε ότι η τυποποιημένη επιλογή του προμηθευτή θα καλύψει τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης εγκατάστασης. Επιπλέον, κάθε πρόγραμμα που περιλαμβάνει διαδικασίες μονάδων για την επεξεργασία, και κάποιο τύπο μετακίνησης του αέρα ή του νερού, θα απαιτήσουν δεξαμενές, σωλήνες, ηλεκτρική ενέργεια, κ.λπ.... Άλλη μια φορά, είναι απλό να κοιταχτεί στις κίτρινες σελίδες και να επιλεγεί ένας εργολάβος για να κάνει τις λεπτομερείς επιλογές για μια συγκεκριμένη θέση. Εντούτοις, ένας διευθυντής προγράμματος σε ένα πρόγραμμα επανόρθωσης, δεν θα πρέπει να εμπιστευθεί σε έναν εργολάβο να κάνει εκείνες τις σημαντικές επιλογές που μπορούν να προκαλέσουν ένα πρόγραμμα να πετύχει ή να αποτύχει. Ο διευθυντής είναι αυτός που πρέπει να πάει στον πελάτη όταν αποτυγχάνει, όχι ο εργολάβος. Η λεπτομερής εφαρμοσμένη μηχανική, υπό τον έλεγχο του διευθυντή προγράμματος, παρέχει τις προδιαγραφές που απαιτούνται για να εξασφαλίσουν ότι τα μικρά μέρη του συστήματος επεξεργασίας λειτουργούν.

Κάτι τόσο απλό όπως το υλικό συσκευασίας stripper αέρα μπορεί να προκαλέσει την ανεπάρκεια του συστήματος. Οι περισσότεροι προμηθευτές χρησιμοποιούν μια τυποποιημένη συσκευασία με τους strippers αέρα. Άλλη μια φορά, το τοπικό υπόγειο νερό μπορεί να περιέχει τα υψηλά επίπεδα σιδήρου. Ο προμηθευτής δεν έχει εγκαταστήσει ποτέ μια μονάδα σε αυτήν την περιοχή και δεν συνειδητοποιεί ότι η τυποποιημένη συσκευασία μπορεί να προκαλέσει προβλήματα. Το λεπτομερές σχέδιο από το μηχανικό θα περιελάμβανε μια αναθεώρηση της διαφορετικής συσκευασίας και της επιλογής του πιο κατάλληλου τύπου.

Ένα άλλο πρόγραμμα στο οποίο εργαζόμαστε θα χρησίμευε ως ένα καλό παράδειγμα για τις λεπτομερείς απαιτήσεις εφαρμοσμένης μηχανικής. Το αντίθετο ενός προγραμματισμένου και κατασκευασμένου προγράμματος είναι ένα που είναι "σχεδιάζω-όπως-πηγαίνει". Οι αποφάσεις που λαμβάνονται για

αυτό το πρόγραμμα τύπων λαμβάνονται στην περιοχή εξέτασης και μπορούν ή όχι να έχουν περιορίσει την τεκμηρίωση που δίνεται στον εργολάβο κατασκευής. Σε αυτό το ιδιαίτερο παράδειγμα είχαμε μια περίπτωση όπου οκτώ φρεάτια διοχετεύονταν με σωλήνες σε ένα σύστημα επεξεργασίας. Κανένα μέτρο δεν λήφθηκε να επιτηρήσει ή να ελέγξει τις μεμονωμένες ροές από κάθε ένα φρεάτιο. Επίσης, κανένα μέτρο δεν λήφθηκε για την ενοργάνωση. Υποτίθεται ότι αφού κάθε αντλία μπόρεσε να παραγάγει 200 gpm, το σύστημα θα παρήγε 1600 gpm με κάθε φρεάτιο να παράγει ένα ίσο ποσό. Αυτό είναι μια μεγάλη υπόθεση. Μια ισορροπημένη ροή και ένα ελέγξιμο σύστημα σωληνώσεων είναι πολύ σημαντικές στο σύστημα επεξεργασίας και, ακόμα περισσότερο, στο λοφίο υπόγειων νερών που πρέπει να αντληθεί ακριβώς όπως κατευθύνεται από τον υδρογεωλόγο.

Το πρόβλημα είναι ότι δεν υπάρχει κανένας τρόπος να εξασφαλιστεί ότι τα φρεάτια θα παραγάγουν ίσα ποσοστά ροής. Όση περισσότερη αντίσταση μια αντλία πρέπει να ωθήσει ενάντια, τόσο χαμηλότερο το ποσοστό ροής που θα παραγάγει. Το μήκος του σωλήνα, των αγκώνων, των βαλβίδων, κ.λ.π. όλα συμβάλλουν στην αντίσταση της ροής στο σωλήνα. Βασικά, τα φρεάτια όσο πιο κοντά στο σύστημα επεξεργασίας είναι θα έχουν και τη λιγότερη αντίσταση και περισσότερο ποσοστό ροής. Ο μόνος τρόπος ότι ένα σύστημα πολλαπλών φρεατίων μπορεί να έχει ένα ελεγχόμενο ποσοστό ροής είναι από τη λεπτομερή εφαρμοσμένη μηχανική. Η εφαρμοσμένη μηχανική θα περιελάμβανε μια κατανόηση των βασικών απωλειών στο σωλήνα, και μια προδιαγραφή των τεχνικών ελέγχου και μέτρησης για το σύστημα πραγματικού μεγέθους.

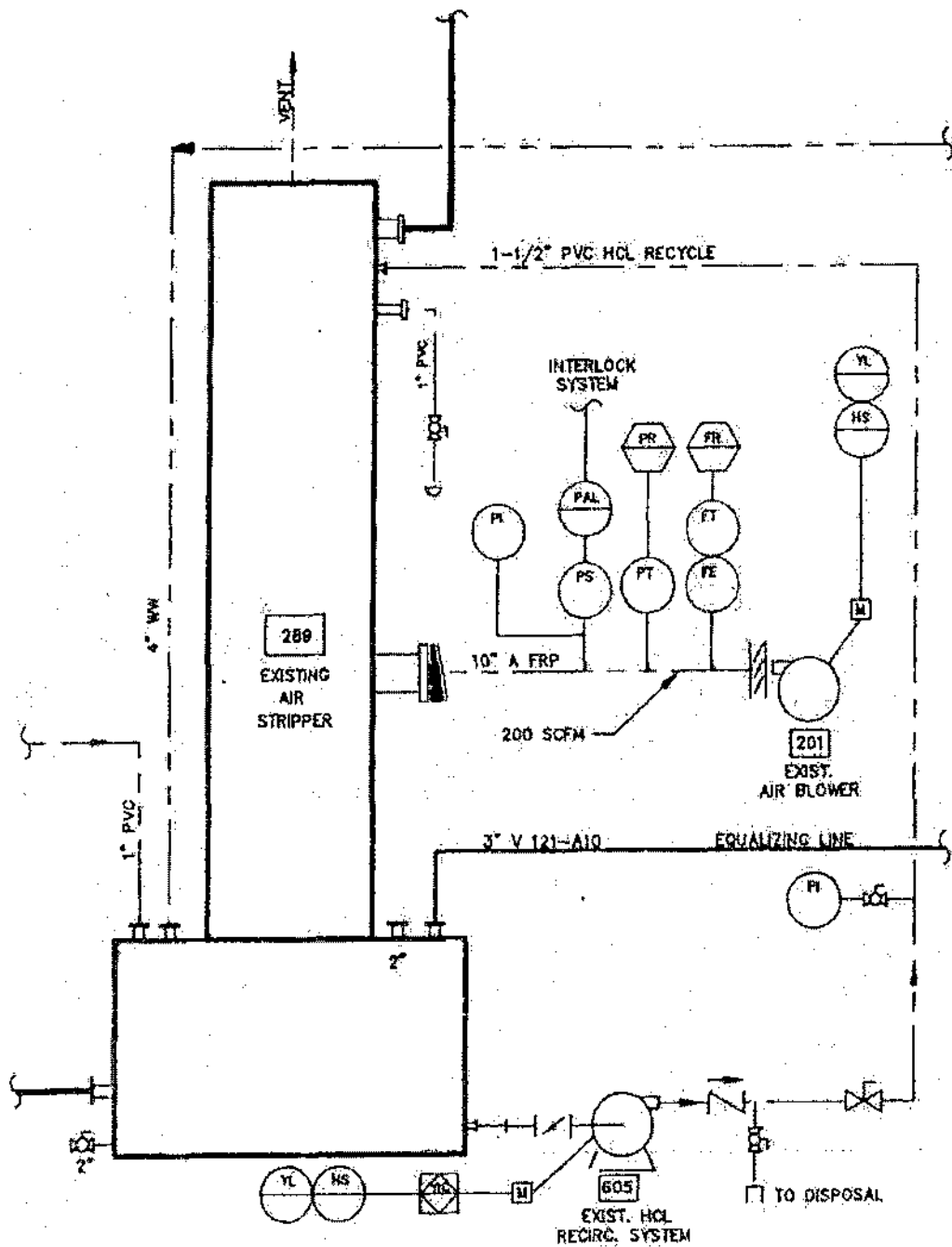
Δεδομένου ότι αυτό το ιδιαίτερο σύστημα εγκαθίσταται ήδη, δεν υπάρχει κανένας τρόπος για μας να επιστρέψουμε και να βάλουμε τους ελέγχους στον υπάρχοντα θαμμένο σωλήνα. Δεν έχουμε επίσης κανέναν τρόπο να πληροφορήσουμε τους υδρογεωλόγους για τη ροή από ένα συγκεκριμένο φρεάτιο. Το πιο σημαντικό είναι ότι ο υδρογεωλόγος δεν μπορεί να αλλάξει το σχέδιο ροής στα φρεάτια στην περιοχή εξέτασης για να βελτιστοποιήσει τη ροή

υπόγειων νερών για τον έλεγχο λοφίων. Το πρόγραμμα κέρδισε χρήματα και χρόνο παραλείποντας τη λεπτομερούς εφαρμοσμένη μηχανική, αλλά με ποιο κόστος;

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Το σχέδιο διαδικασίας και το λεπτομερές σχέδιο είναι προφανείς εργασίες για το μηχανικό. Εάν συνεργαζόμαστε με καλούς μηχανικούς, αναπτύσσουμε έναν σεβασμό της δυνατότητάς τους να εκτελέσουν αυτές τις δύο λειτουργίες. Με εκείνο τον σεβασμό, έρχεται μια πεποίθηση ότι ο μηχανικός πρέπει να είναι μέρος του προγράμματος επανόρθωσης. Τουλάχιστον, στα απλά προγράμματα, μια αναθεώρηση του μηχανικού των σχεδίων ενός προμηθευτή ή ενός εργολάβου πριν να αρχίσει η εγκατάσταση είναι ζωτικής σημασίας.

Ο μηχανικός παρέχει τις εκθέσεις, τις προδιαγραφές, και τα σχέδια που απαιτούνται από τις ρυθμιστικές αντιπροσωπείες. Επιπλέον, αυτά τα έγγραφα χρησιμοποιούνται για να λάβουν τις άδειες για την κατασκευή και τελικά για να παρέχουν ένα αρχείο της κατασκευής και της εγκατάστασης. Οι περισσότεροι γεωλόγοι και υδρογεωλόγοι αποδέχονται τις εκθέσεις από τους μηχανικούς (με το δευτερεύον ξαναγράψιμο). Το στοιχείο που έχει το λιγότερο σεβασμό είναι τα σχέδια της εφαρμοσμένης μηχανικής. Ένα σχέδιο εφαρμοσμένης μηχανικής είναι μια μορφή επικοινωνίας. Όπως την παλαιά παροιμία, "μια εικόνα αξίζει χίλιες λέξεις", το σχέδιο εφαρμοσμένης μηχανικής παρέχει τις λεπτομέρειες με μορφή εικόνων. Παρακάτω είναι μερικοί από τους κύριους τύπους σχεδίων εφαρμοσμένης μηχανικής και συγκεκριμένων χρήσεών τους.



Το σχήμα 1 διαγραμμάτων διαδικασίας και ενοργάνωσης περιγράφει τη ροή του συστήματος και παρουσιάζει τους ελέγχους που απαιτούνται για την αποδοτικότητά του. Αυτό περιλαμβάνει όλη την ενοργάνωση και την αλληλεπίδρασή τους καθώς επίσης και τους σημαντικότερους χειρωνακτικούς ελέγχους. Οι τεχνικές συμβολισμού και προσδιορισμού ενοργάνωσης που παρουσιάζονται σε αυτό το σχέδιο αποτελούν μια ακριβή γλώσσα που επικοινωνεί τις έννοιες, τα γεγονότα, και τις οδηγίες. Αυτές οι λεπτομέρειες κυμαίνονται από πολύ απλό ως πολύ σύνθετο σύμφωνα με τις απαιτήσεις

διαδικασίας και την ένταση της ενοργάνωσης. Κάθε ένας έχει τις επιστολές και τις συντημήσεις που αναφέρονται στα τυποποιημένα όργανα και το υλικό βιομηχανίας. Αυτό το σχέδιο, επομένως, γίνεται η σημαντικότερη σύνδεση μεταξύ της εφαρμοσμένης μηχανικής διαδικασίας και της λεπτομερούς εφαρμοσμένης μηχανικής.

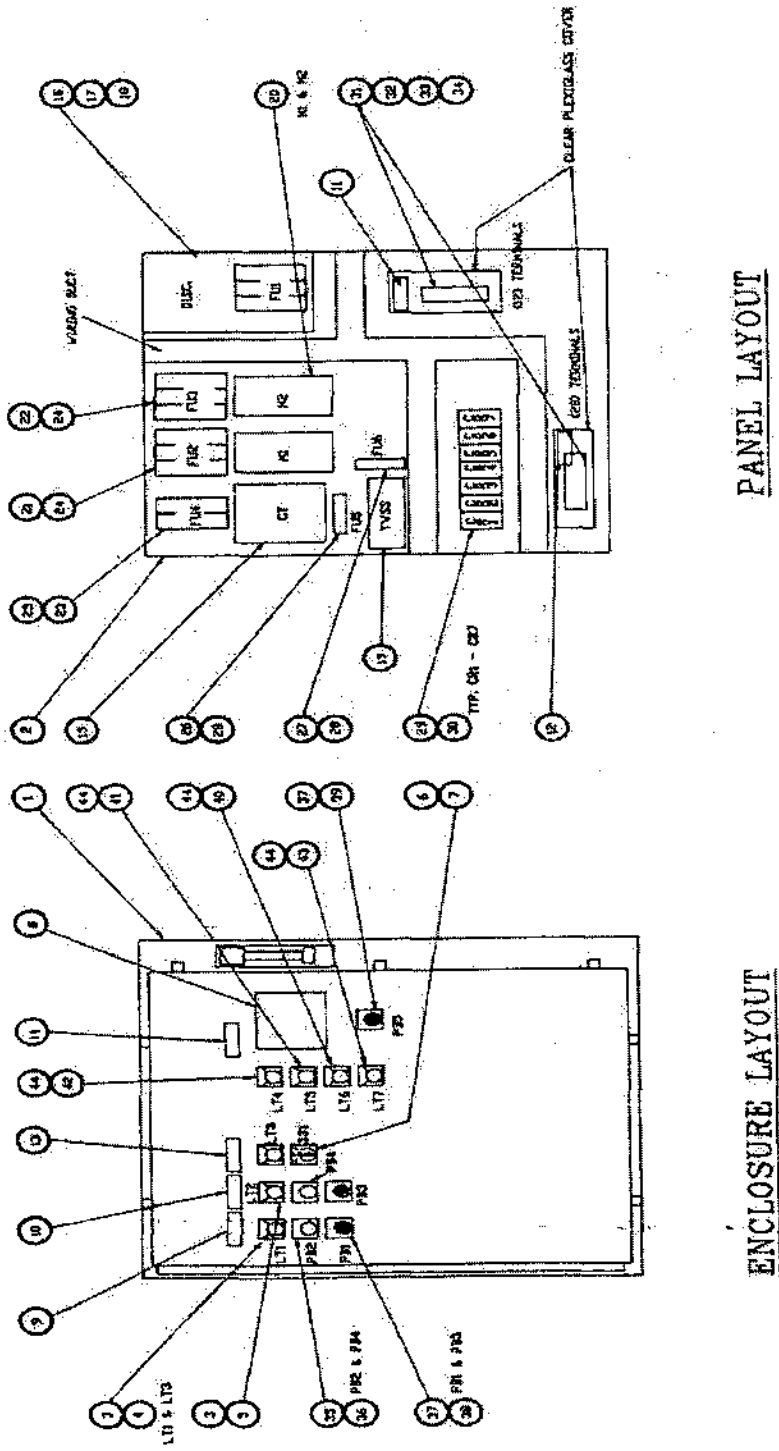


FIGURE 2. Control panel layout.

Το σχήμα 2 παρουσιάζει το σχεδιάγραμμα της περιφράξης και της εσωτερικής επιτροπής του γραφείου ελέγχου. Συνδεδεμένο με έναν λογαριασμό του υλικού, αυτό το σχέδιο διευκρινίζει κάθε συστατικό και ορίζει τη θέση του στη συναρμολόγηση. Για να απλοποιήσει τη λειτουργία, το σχεδιάγραμμα των κουμπιών ώθησης έχει ως σκοπό να είναι στη σειρά με τη λογική ροής διαδικασίας. Η κλήση αναφέρεται σε έναν λογαριασμό των υλικών (που δεν παρουσιάζονται) και οι πραγματικές διαστάσεις σχεδιαγράμματος θα μπορούσαν να δοθούν σε ένα πρόσθετο φύλλο λεπτομέρειας. Οι κατάλληλες διαδικασίες καλωδίωσης και η ευκολία της εγκατάστασης απαιτούν ένα σχεδιάγραμμα όπως παρουσιάζεται σε αυτό το σχέδιο.

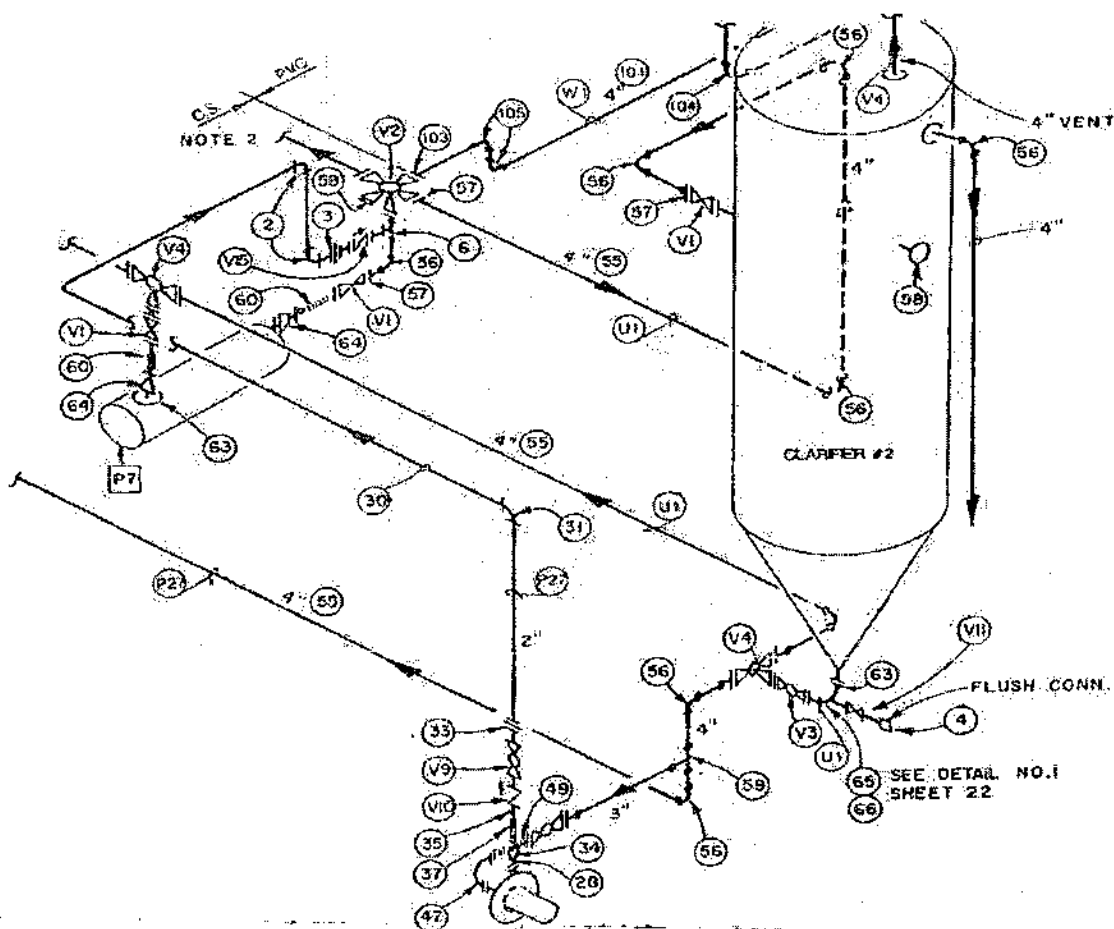


FIGURE 3. Piping layout isometric.

Το σχήμα 3 σχεδιαγράμματος σωληνώσεων χρησιμοποιείται για να μεταβιβάσει τις πληροφορίες σωληνώσεων για την απεικόνιση του συστήματος και τον υπολογισμό των δαπανών κατασκευής. Τα πρόσθετα υπό κλίμακα

δισδιάστατα σχέδια με τα μήκη και τις ανυψώσεις θα μπορούσαν να παρασχεθούν για να δώσουν περαιτέρω λεπτομέρεια αν είναι απαραίτητο. Η, ένα ιδιαίτερα λεπτομερές, σχεδιασμένο με τη βοήθεια υπολογιστή τρισδιάστατο σχέδιο θα μπορούσε να δημιουργηθεί εάν το μέγεθος και η πολυπλοκότητα του προγράμματος δικαιολογούσαν τη λεπτομέρεια.

Το σχέδιο παραδείγματος παρουσιάζει σχέσεις βασικού εξοπλισμού και δίνει τις συγκεκριμένες πληροφορίες σωληνώσεων που απαιτούνται στα "μπαλόνια" ή την κλήση. Οι συναρμολογήσεις απαιτούνται από τους αριθμούς τους που παραπέμπονται σε έναν χωριστό κατάλογο υλικών ή έναν λογαριασμό των υλικών (που δεν παρουσιάζονται). Οι βαλβίδες και οι αντλίες αντιπροσωπεύονται περαιτέρω από ένα πρόθεμα "B" και "π", οι οποίες διευκρινίζονται επίσης στο λογαριασμό των υλικών. Επιπλέον, ένα πρόθεμα του "u" αναφέρεται σε ένα διάγραμμα που διευκρινίζει το σωλήνα που ονομάζει και που χρωματίζει.

Οι σημειώσεις που προστίθενται στο σχέδιο δίνουν τις συγκεκριμένες αναλυτικές πληροφορίες όπου η απαραίτητη ταξινόμηση σωλήνων είναι υποδειγμένη άμεσα για τη γρήγορη αναφορά. Τέλος, ο τύπος συμβόλων που χρησιμοποιούνται για τις τοποθετήσεις σωληνώσεων είναι τυποποιημένος για να αντιπροσωπεύσει είτε ενωμένη στενά, είτε βαλμένο φλάντζα, είτε κοχλιοτομημένη σύνδεση. Όλες οι πληροφορίες για ένα τέτοιο σχέδιο είναι σαφείς και συνοπτικές. Αυτό επιτρέπει στο μηχανικό, τον πελάτη, τον εργολάβο, τους επιθεωρητές, κ.λ.π., να επικοινωνήσει αποτελεσματικά και να καταλάβει την εργασία όπως σχεδιάζεται.

Οι επανορθώσεις θα απαιτήσουν την εμπειρία εφαρμοσμένης μηχανικής, τη γνώση, και τη λεπτομερή επικοινωνία από τους μηχανικούς για να είναι μέρος ενός επιτυχούς προγράμματος. Ο διευθυντής προγράμματος πρέπει να γνωρίζει πώς να ενσωματώνει αυτήν την αρχή στην ομάδα προγράμματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ ΣΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

Στο κεφάλαιο 6 ενδιαφερθήκαμε για την επεξεργασία του ύδατος που μολύνθηκε με το βενζόλιο, το τολουόλιο, το ξυλόλιο, και το αιθυλοβενζόλιο (ΒΤΧΕ). Σε αυτό το κεφάλαιο θα συζητήσουμε έναν άλλο ενδιαφέροντα και σχετικό καθαρισμό υπόγειων νερών.

Έστω ένα υδροφόρο στρώμα που έχει μολυνθεί με διάφορα ζιζανιοκτόνα. Τα δεδομένα και οι πληροφορίες που απαιτούνται για την περιοχή συνοψίζονται ως εξής:

Οι μολυσματικοί παράγοντες που αφαιρούνται περιλαμβάνουν — το alachlor, την ατραζίνη, butylate, και το metolachlor.

Η ροή στο υπέργειο σύστημα επεξεργασίας — ένα μεμονωμένο φρεάτιο με αντλία έχει έναν κατ' εκτίμηση όγκο 25 έως 50 gpm. Το επιφανειακό υδροφόρο στρώμα είναι σε θέση να παράγει σημαντικά περισσότερο ύδωρ με την ελάχιστη ελάττωση (υδραυλικό αγωγιμότητα-FT/ημέρα).

Η συγκέντρωση των μολυσματικών παραγόντων — οι ακόλουθες πληροφορίες παρέχονται από ένα ενιαίο φρεάτιο με την υψηλότερη συγκέντρωση κάθε μολυσματικού παράγοντα:

- alachlor 1800 xg/L (ppb)
- ατραζίνη 3000 xg/L (ppb)
- butylate 3,5 xg/L (ppb)
- metolachlor 1300 xg/L (ppb)

Η ποσότητα κάθε μολυσματικού παράγοντα είναι άγνωστη εντούτοις, υπολογίζεται ότι η μάζα κάθε ένωσης είναι λιγότερο από 2 λίβρες.

Οι απαιτήσεις αποβλήτων αποχέτευσης — αυτήν την περίοδο, ο κρατικός μηχανισμός του Wisconsin δεν έχει τα πρότυπα επιβολής για αυτά τα ζιζανιοκτόνα. Το τμήμα του Wisconsin (WDNR), εντούτοις, έχει προτείνει τα ακόλουθα κριτήρια για αυτές τις ενώσεις:

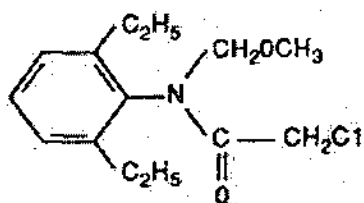
alachlor	0,15	(xg/L (ppb)
ατραζίνη	0,35	(xg/L (ppb)
Butylate	200.00	μg/L (ppb)
metolachl or	15.00	(xg/L (ppb)

Οι κανονισμοί που ελέγχουν την εγκατάσταση — το WDNR είναι αρκετά φιλελεύθεροι από την άποψη της τεχνολογίας επεξεργασίας. Μια εναλλακτική παροχή νερού έχει εφαρμοστεί για την περιοχή εν λόγω και το φρεάτιο δεν είναι πλέον μια residual παροχή νερού. Επομένως, μια κανονική τεχνική επεξεργασίας είναι εφικτή. Μερικές από τις τεχνικές επεξεργασίας εξεταζόμενες περιέλαβαν την διήθηση άνθρακα και τη διακοπή φωτός του ήλιου των ζιζανιοκτόνων. Το υδροφόρο στρώμα υπό εξέταση βρίσκεται κεντροδυστικά στο Wisconsin, και αποτελείται από μια πολύ χονδρόκοκκη άμμο. Το επιφανειακό υδροφόρο στρώμα είναι απεριόριστο έχει μια διαποτισμένη ζώνη περίπου 65 FT, και είναι περιορισμένο από μια σχετικά στεγανή μονάδα στη βάση του.

Οι σωματικές ιδιότητες των παρόντων μεμονωμένων μολυσματικών παραγόντων συγκεντρώθηκαν από τις εταιρίες που παράγουν τα συγκεκριμένα φυτοφάρμακα.

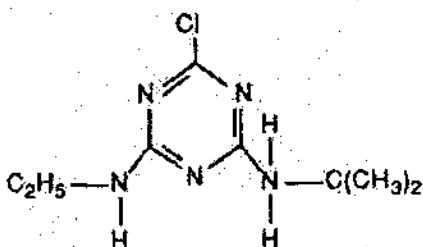
Μοριακή συγκεκριμένη διαλυτότητα

Ένωση	Βάρος	Βαρύτητα στο PPM (@°C)
Alachlor	270	1.13 242 (25)
Ατραζίνη	216	1.19 70 (22)
Butylate	217	0,94 45 (20)
Metolachlor	283	— 530 (20)



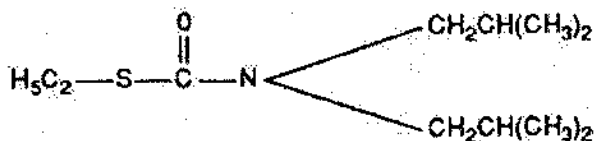
Alachlor

2-Chloro-2,6-diethyl-N-(methoxymethyl)acetanilide



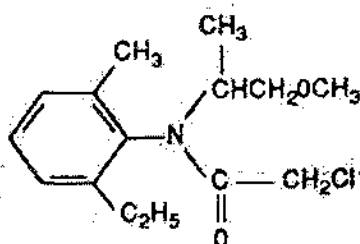
Atrazine

2-Chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-1,3,5-triazine



Butylate

Carbamothioic acid, bis (2-methylpropyl)-, 5-ethyl ester



Metolachlor

2-Chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methylethyl) acetamido

Σχήμα 1. Δομικοί τύποι

Οι δομικοί τυποί για κάθε μια από τις ενώσεις χρησιμεύουν όταν συζητούνται οι άγνωστες ενώσεις με εμπειρογνώμονες στις διαφορετικές τεχνολογίες επεξεργασίας. Οι δομικοί τύποι για τις τέσσερις ενώσεις παρουσιάζονται στο σχήμα 1.

Μετά από έρευνα σε συνεργασία με τους αντιπροσώπους των επιχειρήσεων που κατασκευάζουν τα εν λόγω ζιζανιοκτόνα προέκυψε ότι η καλύτερη τεχνολογία επεξεργασίας για το μολυσμένο υπόγειο νερό θα ήταν η προσρόφηση άνθρακα.

Η μόνη ένωση που θεωρείται ως εύκολα βιοδιασπάσιμη σε έναν κανονικό καθαρισμό θα ήταν η butylate. Δεδομένου ότι butylate είναι ήδη παρόν στις συγκεντρώσεις κάτω από τα πρότυπα καθαρισμού, η κανονική επανόρθωση του υδροφόρου στρώματος δεν θα ήταν η πρώτη επιλογή μου για μια στρατηγική επανόρθωσης. Εντούτοις, εάν ζητείται να αντιμετωπιστεί ένας ιδιαίτερα μεγάλος όγκος χώματος ή του ύδατος στο remediate, οι μελέτες εργαστηριακού ευμεταχείριστου θα πρέπει να διεξάγονται προκειμένου να εξεταστεί ακριβέστερα η δράση των μικροοργανισμών ενάντια στα ζιζανιοκτόνα. Εάν τα εργαστηριακά αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά, η δοκιμή στις περιοχές εξέτασης θα μπορούσε έπειτα να εφαρμοστεί.

Ενώ κανένας από τους κατασκευαστές δεν θεώρησε ότι η φωτοοξειδωση με το ορατό φως θα ήταν επιτυχής, ο συνδυασμός υπεριώδους φως (UV) με έναν φορέα οξειδωσης (όπως το υπεροξείδιο υδρογόνου ή το όζον) έχει αποδειχθεί ότι καταστρέφει αποτελεσματικά τις περίπλοκες ενώσεις όπως τα ζιζανιοκτόνα και τα φυτοφάρμακα. Οι τρεις μέθοδοι επεξεργασίας στις οποίες περιορίζεται η προσρόφηση άνθρακα, UV η επιλογή φως με το υπεροξείδιο υδρογόνου, και UV φως με το όζον.

Υπάρχουν μερικές ερωτήσεις που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν αρχίσει να σχεδιάζεται ένα τελικό σύστημα επεξεργασίας. Αυτές οι ερωτήσεις περιλαμβάνουν:

1. Ποιο είναι το συνολικό οργανικό περιεχόμενο του ύδατος; Και οι τρεις μέθοδοι επεξεργασίας υπό εξέταση θα επηρεαστούν από τις άλλες

οργανικές ενώσεις παρούσες στο ύδωρ. Ο ενεργοποιημένος άνθρακας θα χρησιμοποιήσει μερική από την ικανότητά του να αφαιρέσει αυτές τις πρόσθετες ενώσεις και, επομένως, θα έχει λιγότερη ικανότητα διαθέσιμη για τα ζιζανιοκτόνα. Οι δύο μέθοδοι οξείδωσης θα απαιτήσουν μια αύξηση στο φορέα οξείδωσης εάν άλλο οργανικό υλικό είναι παρόν. Προτείνεται να οργανωθεί ένας συνολικός οργανικός άνθρακας (toc) ή μια ανάλυση απαιτήσης χημικού οξυγόνου (COD) σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του υπόγειου νερού. Υποθέτεται ότι οι μόνες οργανικές ουσίες στο υπόγειο νερό είναι τα ζιζανιοκτόνα.

2. Ποια είναι η περιεκτικότητα σε σίδηρο (Fe) του υπόγειου νερού; Ο σίδηρος μπορεί να κατακρημνίσει και να φράξει το κρεβάτι άνθρακα ενός ενεργοποιημένου συστήματος άνθρακα. Επιπλέον, ο σίδηρος θα κατακρημνίσει επίσης έξω επάνω στο χαλαζία τους σωλήνες που χρησιμοποιούνται με καθεμία μέθοδο UV-oxidation. Αυτή η πτώση θα αποτρέψει το υπεριώδες φως από τις λάμπες να εισαχθεί στο νερό και να επιφέρει την κατάλυση των επιθυμητών αντιδράσεων. Υποθέτεται ότι ο σίδηρος δεν είναι παρών στο ύδωρ.
3. Ποιο είναι το συνολικό ποσό υλικού παρόν στο υδροφόρο στρώμα; Το Rapp δηλώνει ότι "λιγότερο από 2 lb" κάθε ένωσης είναι παρούσες. Οι συγκεντρώσεις που αντλούνται από το φρεάτιο είναι της τάξης των 50 grm επομένως θα καθάριζαν το υδροφόρο στρώμα σε λιγότερο από μια εβδομάδα. Προτείνεται να εξετάζεται το υπόγειο νερό κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής άντλησης για να καθιερώσει τις ακριβείς συγκεντρώσεις των ζιζανιοκτόνων. Αφού λήφθηκαν υπόψη παραπάνω, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε μια από τις τρεις πιθανές τεχνολογίες επανόρθωσης δίνονται παρακάτω.

ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ

Η προσρόφηση είναι μια φυσική διαδικασία στην οποία τα μόρια ενός υγρού ή ενός αερίου προσελκύονται και κρατιούνται έπειτα στην επιφάνεια ενός στερεού. Η προσρόφηση επάνω στον ενεργοποιημένο άνθρακα είναι μια φυσική διαδικασία με τη οποία η έλξη προκαλείται από την έκταση επιφάνειας του άνθρακα. Ο ενεργοποιημένος άνθρακας έχει μέχρι 1400 τετρ. μέτρα περιοχή επιφάνειας ανά γραμμάριο άνθρακα διαθέσιμο για την προσρόφηση των οργανικών μορίων.

Η προσρόφηση άνθρακα είναι μια τεχνική χωρισμού. Οι παρούσες οργανικές ενώσεις αφαιρούνται από το ύδωρ και μεταφέρονται στην επιφάνεια του άνθρακα. Τα μόρια δεν αλλάζουν ή καταστρέφονται. Ο μολυσμένος άνθρακας πρέπει να αποβληθεί κατάλληλα ή να αναπαραχθεί. Παραδείγματος χάριν, οι ενώσεις μπορούν να αφαιρεθούν από τον άνθρακα και να συγκεντρωθούν, να καταστραφούν σε υψηλές θερμοκρασίες υπό τους ανοξικούς όρους, ή ο άνθρακας μπορεί να θαφτεί σε χωματερή επιβλαβών αποβλήτων μαζί με τις προσροφημένες ενώσεις. Έτσι, ενώ οι ενώσεις αφαιρούνται από το νερό, δεν έχουν αποτοξινωθεί ή καταστραφεί. Ένα πλήρες σχέδιο συστημάτων επεξεργασίας προσρόφησης άνθρακα πρέπει να καθορίζει και την τελική διάθεση των οργανικών ενώσεων.

Η Calgon χρησιμοποιεί ένα πρότυπο υπολογιστών για να σχεδιάσει τα συστήματα προσρόφησης άνθρακα. Το πρότυπο σύστησε ένα σύστημα προσρόφησης άνθρακα που αποτελείται από δύο μονάδες άνθρακα που συνδέθηκαν στη σειρά. Κάθε μονάδα θα περιείχε 2000 λίβρα του ενεργοποιημένου άνθρακα και, γενικά, το σύστημα θα παρείχε έναν μέσο χρόνο επαφών ύδωρ-άνθρακα 22 λ.. Το σχέδιο υπολογιστών υπολογίζει ότι 6,7 λίβρες του άνθρακα θα απαιτηθούν για να αφαιρέσουν 1 λίβρα των συνολικών ζιζανιοκτόνων. Στο προσδοκώμενο ποσοστό ροής σχεδίου 50 gpm, 3,7 λίβρες του ζιζανιοκτόνου θα αφαιρεθούν ανά ημέρα. Επομένως, το ποσοστό χρησιμοποίησης άνθρακα θα είναι περίπου 25 λίβρες ανά ημέρα.

Το κύριο κόστος αυτού του συστήματος θα ήταν \$45.000. Η λειτουργική δαπάνη θα προερχόταν κυρίως από την αντικατάσταση του ξοδευμένου άνθρακα. Η Calgon θα αφαιρέσει τον ξοδευμένο άνθρακα και θα τον αντικαταστήσει με τον αναπαραγμένο άνθρακα για \$1.25/lb συν τη μεταφορά. Υποθέτουμε ότι οι δαπάνες μεταφορών είναι περίπου \$0,75 ανά λίβρα. Αυτό θα οδηγούσε σε ένα κόστος \$50 ανά ημέρα, και ένα ετήσιο κόστος \$18,250. Η Stenzel δήλωσε επίσης ότι θα μπορούσαν να παρέχουν ένα "προσωρινό" σύστημα επεξεργασίας του ίδιου μεγέθους για \$100 ανά ημέρα. Δεδομένου ότι ο άνθρακας μέσα στο προσωρινό σύστημα έγινε κορεσμένος, ολόκληρη η μονάδα 2000 λιβρών θα μπορούσε να σταλεί πίσω τη Calgon και να αντικατασταθεί. Θα χρησιμοποιηθεί μόνο το μόνιμο σύστημα για να συγκριθούν οι δαπάνες μεταξύ των τριών σχεδίων συστημάτων επεξεργασίας στο συνοπτικό τμήμα δαπανών. Εντούτοις, ο αναγνώστης πρέπει να γνωρίζει ότι τα ενδεχομένως χαμηλού κόστους προσωρινά συστήματα μπορούν να είναι διαθέσιμα για βραχυπρόθεσμα προγράμματα.

Συγκρίνοντας αυτές τις δαπάνες με τις δαπάνες άνθρακα που αναφέρθηκαν νωρίτερα, οι κύριες δαπάνες είναι σχετικά υψηλότερες και οι λειτουργικές δαπάνες είναι σχετικά χαμηλότερες. Η Calgon έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα δεδομένου ότι παίρνει πίσω τον ξοδευμένο άνθρακα και τον επανεπεξεργάζεται.

ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ ΦΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Οι τεχνολογίες οξειδωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καταστρέψουν εντελώς τις οργανικές ουσίες παρούσες στο νερό. Με το UV/peroxide system, τα μεγάλης έντασης υπεριώδη φώτα χρησιμοποιούνται για να καταλύσουν το σχηματισμό των ριζοσπαστών υδροξυλίου από το υπεροξείδιο υδρογόνου. Ο ριζοσπάστης υδροξυλίου είναι το ισχυρότερο χημικό οξειδωτικό διαθέσιμο μετά από το φθόριο. Υπό τις ελεγχόμενες συνθήκες, ο ριζοσπάστης υδροξυλίου αντιδρά με τους παρόντες μολυσματικούς παράγοντες, που οξειδώνουν τις χημικές ουσίες στο διοξείδιο του άνθρακα (στην περίπτωση των μολυσματικών παραγόντων υδρογονανθράκων) και τα αλογονίδια (στην περίπτωση των αλογονημένων υλικών). Δεν υπάρχει καμία εκπομπή αερίων ή υποπροϊόν αποβλήτων από τη διαδικασία εάν οι αντιδράσεις φέρονται στην ολοκλήρωση.

Η επιλογή μονάδων είναι μια λειτουργία του όγκου και του χρόνου ροής που απαιτούνται στην αίθουσα οξειδωσης. Η διαδικασία επεξεργασίας εξαρτάται από διάφορες μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένου του τύπου και της συγκέντρωσης των παρόντων μολυσματικών παραγόντων, του ποσοστού ροής ρευμάτων αποβλήτων, της θερμοκρασίας, του υπεροξειδίου και των χρησιμοποιούμενων UV δόσεων, του ύδατος pH, της μίξης, και των παρόντων καταλυτών.

Το συγκεκριμένο σχέδιο για ένα UV/peroxide system υπεροξειδίου εξαρτάται πολύ από την επιχείρηση που αναλαμβάνει να χτίσει τη μονάδα. Δεν υπάρχει κανένα τυποποιημένο σχέδιο για αυτόν τον τύπο συστήματος. Τα συστήματα υπεροξειδωσης χρησιμοποιούν έναν μικρό αριθμό UV λαμπών υψηλής έντασης για τα σχέδιά τους.

Τα Peroxidation systems, inc είχαν την εκτενή εμπειρία στην οξειδωση των οργανικών ουσιών με το σύστημά τους και στο εργαστήριο και σε

διάφορες εγκαταστάσεις τομέων. Θεώρησαν ότι δεν θα υπήρχε κανένα πρόβλημα στη λήψη των απαραίτητων ορίων αποβλήτων αποχέτευσης. Συστάθηκε η χρήση μιας δεξαμενής επαφών που μετρά 2 FT ευρύ, 8 FT μακρύτερα, και 5 FT υψηλή. Ο χρόνος παραμονής μέσα στον αντιδραστήρα θα ήταν περίπου 8 λ.. Οι απαιτήσεις δύναμης για το σύστημα θα ήταν 30 κιλοβάτ (kw), και το σύστημα θα έτρεχε 24 h/d.

Το κύριο κόστος για αυτό το σύστημα θα ήταν \$41.000. Οι λειτουργικές δαπάνες θα προέρχονταν κυρίως από τη δύναμη για τους UV βολβούς και το υπεροξείδιο υδρογόνου. Σε \$0,06 ανά kw/h, υπολογίζεται το καθημερινό κόστος δύναμης να είναι \$43. Οι δαπάνες υπεροξειδίου υπολογίζονται για να είναι \$200 το μήνα. Μαζί, αυτές οι δαπάνες θα έρχονταν σε συνολικά \$18,000.

Οι λειτουργικές δαπάνες ήταν χαμηλότερες από ότι αναμενόταν για αυτό το σύστημα. Από την προηγούμενη εργασία θα είχε υποτεθεί ότι οι απαιτήσεις δύναμης θα ήταν δύο έως τρεις φορές υψηλότερες. Εάν υπάρχει χρόνος επίσης θα ήταν επιθυμητό να εξασφαλιστεί ότι οι πειραματικές εγκαταστάσεις οργανώνονται για να εξασφαλιστούν ότι τίποτα στο πραγματικό υπόγειο νερό δεν παρεμποδίζει τη μετάδοση του UV φωτός.

ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ ΦΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΟΖΟΝ

Αυτή η τεχνολογία επανόρθωσης χρησιμοποιεί τις ισχυρές οξειδωτικές ιδιότητες του UV φωτός και του όζοντος, ένας συνδυασμός με το ανώτερο καταστρεπτικό αποτέλεσμα από ότι η χρήση καθενός οξειδωτικού μεμονωμένα. Η τεχνολογία είναι κατάλληλη στις εισρέουσες οργανικές συγκεντρώσεις στο PPM στη χαμηλή-σειρά-ppb, και οξειδώνει κατά προτίμηση τους αλογονημένους υδρογονάνθρακες.

Αυτή η τεχνολογία είναι επίσης μια διαδικασία καταστροφής, που αποβάλλει τα μελλοντικά προβλήματα ευθύνης με τους μολυσματικούς παράγοντες. Οι χημικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται σε ένα αντιδραστήρα

που περιέχει πολλές UV λάμπες. Το νερό περνά πρώτα μέσω του αντιδραστήρα και μετά από τις λάμπες. Συγχρόνως, το αέριο όζοντος (που παράγεται από χωριστό οζονατορ) διοχετεύεται στο νερό. Το UV φως και το όζον ενεργούν συνεργικά για να οξειδώσουν τους μολυσματικούς παράγοντες παρόντες.

Άλλη μια φορά το συγκεκριμένο σχέδιο αυτής της τεχνολογίας εξαρτάται από την επιχείρηση που παρέχει τον εξοπλισμό. Δεν υπάρχει κανένα τυποποιημένο σχέδιο. Μια επιχείρηση πεπειραμένη σε αυτήν την τεχνική βοήθησε με το σχέδιο. Έχει μελετήσει τη δυνατότητα οξείδωσης του υπεριώδους φωτός με όζον για περισσότερο από 15 έτη. Από την εμπειρία της επιχείρησης, θεώρησε ότι δεν θα υπήρχε κανένα πρόβλημα αφαιρώντας τα ζιζανιοκτόνα κάτω στα απαραίτητα επίπεδα.

Η επιχείρηση χρησιμοποιεί τις τυποποιημένες UV λάμπες έντασης που κρατιούνται μέσα σε μια δεξαμενή ανοξειδωτού χάλυβα. Το όζον διοχετεύεται στο κατώτατο σημείο της δεξαμενής, και ένα σύστημα διανέμει ομοιόμορφα τις φυσαλίδες αερίου πέρα από το κατώτατο σημείο του αντιδραστήρα. Αυτό σύστησε ότι μια δεξαμενή επαφών 1500-GAL, που παρέχει έναν χρόνο παραμονής 30min, χρησιμοποιείται για αυτήν την εφαρμογή. Το κύριο κόστος για τον ανάδοχο και οζονατορ θα ήταν περίπου \$180.000. Οι λειτουργικές δαπάνες για το σύστημα θα προέρχονταν κυρίως από τις απαιτήσεις δύναμης των UV βολβών και οζονατορ, και επίσης το κόστος αντικατάστασης των UV βολβών (οι βολβοί αντικαθίστανται χαρακτηριστικά μία φορά ανά λειτουργούν έτος). Η επιχείρηση υπολόγισε ότι οι λειτουργικές δαπάνες θα συμπλήρωναν συνολικά \$56 ανά ημέρα, υποθέτοντας ένα κόστος για την ηλεκτρική ενέργεια \$0,06 ανά kw/h. Αυτό θα απαιτούσε μια ετήσια συνολική λειτουργική δαπάνη \$20,440.

Treatment	Capital Cost (\$)	Operating Cost (per year) (\$)
Carbon adsorption	45,000	18,250
UV/peroxide	41,000	18,100
UV/ozone	180,000	20,440

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ

Τα εξής συνοψίζουν τις κύριες και λειτουργικές δαπάνες για τα τρία πιθανά συστήματα επεξεργασίας:

Όπως πριν, αυτές οι δαπάνες δεν περιλαμβάνουν την άδεια, την εφαρμοσμένη μηχανική, τη μεταφορά, την εγκατάσταση, το εργατικό δυναμικό, και τις αναλυτικές απαιτήσεις. Όλες αυτές οι δαπάνες αφορούν τους τοπικούς όρους και τις απαιτήσεις, και δεν μπορούν να υπολογιστούν ακριβώς. Εντούτοις, αναμενόταν ότι οι δαπάνες εγκαταστάσεων για τα δύο συστήματα οξειδωσης (UV/peroxide and UV/ozone) θα ήταν ελαφρώς υψηλότερες από τις δαπάνες εγκαταστάσεων για το σύστημα άνθρακα.

Βασισμένου στις κύριες και λειτουργικές δαπάνες που παρουσιάστηκαν θα συστηνόταν οι μελέτες εργαστηρίων και πειραματικών εγκαταστάσεων πραγματοποιούνται και με τα δύο συστήματα πριν από την τελική επιλογή συστημάτων επεξεργασίας.

Τελικά, η αναμενόμενη διάρκεια του προγράμματος πρέπει να εξεταστεί προτού να ληφθεί η τελική απόφαση. Κατ' αρχάς, οι παρόντες μολυσματικοί παράγοντες, οι συγκεντρώσεις τους, και το ποσοστό ροής υπόγειων νερών μπορούν να αλλάξουν κατά τη διάρκεια της ζωής του προγράμματος. Οποιοδήποτε σύστημα επανόρθωσης που επιλέγεται πρέπει να είναι σε θέση να προσαρμοστεί επιτυχώς σε αυτές τις μεταβαλλόμενες συνθήκες περιοχών. μια ευελιξία που καλείται "σχέδιο εφαρμοσμένης μηχανικής κύκλου της ζωής".

Δεύτερον, το συνολικό κόστος της προσπάθειας επανόρθωσης είναι το ποσό και του κεφαλαίου και των εξόδων λειτουργίας που υφίστανται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του προγράμματος. Αυτή η δαπάνη είναι συχνά πολύ διαφορετική (και μεγαλύτερη) από τις εκτιμώμενες πρωτοετείς δαπάνες. Το σχέδιο κύκλου της ζωής και οι συνολικές δαπάνες προγράμματος θα τείνουν να καταστήσουν τα ενεργοποιημένα συστήματα επεξεργασίας άνθρακα προτιμητέα για τη χρήση στα βραχυπρόθεσμα προγράμματα, ενώ τα μακροπρόθεσμα προγράμματα μπορούν να βρουν ότι η διαδικασία UV/peroxide είναι οικονομικώς το πιο αποδοτικό σύστημα επεξεργασίας.

Όλες οι δαπάνες που παρουσιάζονται εδώ είναι εκτιμήσεις και δεν πρέπει να εφαρμοστούν σε άλλα προγράμματα τομέων. Επίσης οι πληροφορίες που παραλαμβάνονται από όλα τα συμβαλλόμενα μέρη πρέπει να είναι αληθινές και αντιπροσωπευτικές. Οι προϋπολογισμοί δαπανών και οι διαδικασίες επεξεργασίας που παρουσιάζονται εδώ για τα παρόμοια προγράμματα δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν χωρίς την εκτέλεση μιας κατάλληλης αξιολόγησης εφαρμοσμένης μηχανικής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΡΥΠΑΣΜΕΝΟΥ ΜΕ T.D.S

Θεωρούμε ότι μια περιοχή είναι ασυνήθιστη δεδομένου ότι οι κύριοι μολυσματικοί παράγοντες είναι συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS). Ο αρχικός σκοπός του συστήματος επεξεργασίας υπόγειων νερών θα είναι η αφαίρεση των TDS. Υπάρχουν δευτερεύοντα ποσά πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), αλλά δεν θα ασχοληθούμε με την επεξεργασία τους. Σε όλες τις άλλες πτυχές, αυτό είναι ένας χαρακτηριστικός καθαρισμός υπόγειων νερών. Το TDS απελευθερώθηκε στο υπόγειο νερό και η αρχική πηγή της μόλυνσης έχει αποβληθεί. Οι ενώσεις TDS δεν εμφανίζονται φυσικά. Αναμένουμε η συγκέντρωση TDS να μειωθεί κατά τη διάρκεια μιας πενταετούς περιόδου. Επομένως, χρησιμοποιήσαμε τις τεχνικές σχεδίου κύκλου της ζωής για το σύστημα επεξεργασίας υπόγειων νερών. Έτσι, ενώ οι τεχνολογίες είναι ασυνήθιστες, οι μέθοδοι σχεδίου εφαρμοσμένης μηχανικής παραμένουν σταθερές.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Μια υδρογεωλογική έρευνα διεξήχθη επί του τόπου για να αξιολογήσει τις συνθήκες για την εγκατάσταση του ελέγχου των φρεατίων έτσι ώστε να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του νόμου συντήρησης και αποκατάστασης των πόρων (RCRA). Ως τμήμα της αξιολόγησης, τα φρεάτια ελέγχου εγκαταστάθηκαν και οι δειγματοληψίες χώματος και ύδατος συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν. Η έρευνα αποκάλυψε ότι το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής κρύβεται κάτω από 20 έως 30 FT λεπτόκοκκης επιφανειακής άμμου με απομονωμένες περιοχές αργιλώδους άμμου με χαμηλή διαπερατότητα. Η

επιφανειακή άμμος κρύβεται κάτω από ένα στρώμα αργίλου από 50 έως 60 FT παχύ.

Η ποιοτική έρευνα υπόγειων νερών αποκάλυψε ότι το επιφανειακό υδροφόρο στρώμα έχει ενωθεί με δύο unlined λίμνες αποθήκευσης αποβλήτων που τροφοδοτούνται από μια τάφρο απαλλαγής υγρών αποβλήτων. Η τάφρος και οι λίμνες γέμισαν με νερό που περιείχε βιομηχανικά επεξεργασμένα απόβλητα με επιτρεπόμενα επίπεδα απαλλαγής 2700 mg/L των συνολικών διαλυμένων στερεών και του νιτρικού άλατος 270 mg/L. Οι πρόσφατοι κανονισμοί εξουσιοδότησαν την επανόρθωση του υπόγειου νερού που μολύνθηκε από τις επιτρεπόμενες απαλλαγές.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

Οι συγκεντρώσεις TDS στο υπόγειο νερό ανιχνεύθηκαν σε ακτίνα 10.000 έως 20.000 mg/L. Το TDS αποτελείται πρώτιστα από θειικά άλατα, νιτρικά άλατα, και νάτριο. Εκτός από τα συνολικά διαλυμένα στερεά, το επιφανειακό υδροφόρο στρώμα μολύνθηκε επίσης από VOCs. Εντούτοις, οι θεραπευτικές τεχνολογίες για VOCs έχουν αξιολογηθεί εκτενώς, έτσι θα περιορίσουμε τη λεπτομερή συζήτησή μας στις θεραπευτικές επιλογές που αξιολογούνται για το TDS. Μια πλήρης μελέτη, συμπεριλαμβανομένης της αναζήτησης βιβλιογραφίας, εργαστηριακές δοκιμές, και πειραματική δοκιμή στην περιοχή εξέτασης, πραγματοποιήθηκε στην αφαίρεση Ποε. Το Stripper αέρα επιλέχτηκε ως μέθοδος επεξεργασίας. Stripper αέρα θα σχεδιαστεί για μια πιθανή μελλοντική φάση ατμού, μονάδα άνθρακα.

Ως τμήμα της άδειας δυνατότητας RCRA, οι διορθωτικές ενέργειες για τη μόλυνση υπόγειου νερού ακολουθούν πρότυπα ομοσπονδιακού και κρατικού μηχανισμού αρχικά και δευτεροβάθμια πόσιμου νερού.

Οι ενώσεις που ελέγχουν την επανόρθωση της περιοχής θα είναι τα επίπεδα νιτρικά άλατα και θειικό άλας. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων

ανιχνεύθηκαν κάτω από 10 mg/L σε σχεδόν 2000 mg/L, ενώ οι συγκεντρώσεις θεικού άλατος ήταν στη σειρά 3000 έως 5000 mg/L. Όπως υπαγορεύεται από RCRA την άδεια εγκαταστάσεων, η επανόρθωση υπόγειων νερών πρέπει να συνεχιστεί έως ότου είναι οι συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων να είναι κάτω από 10 mg/L και οι συγκεντρώσεις θεικού άλατος να είναι κάτω από 250 mg/L. Όπως με τα περισσότερα επιφανειακά υδροφόρα στρώματα, ο σίδηρος είναι παρών και θα απαιτήσει προεπεξεργασία.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗ TDS

Διάφορες τεχνολογίες εξετάστηκαν για την επανόρθωση του υπόγειου νερού επί του τόπου. Λόγω της "μικτής ύπαρξης" των μολυσματικών παραγόντων και της υψηλής συγκέντρωσης TDS, η ηλεκτροδιάλυση και η ιονική ανταλλαγή απορρίφθηκαν κατά τη διάρκεια του προκαταρκτικού σταδίου αξιολόγησης. Επίσης, δεδομένου ότι το προσωπικό διαδικασιών εγκαταστάσεων εξοικειώνεται με τη λειτουργία του εξοπλισμού εξατμιστήρων και reverse-osmosis (RO), η αξιολόγηση επεξεργασίας μας επικεντρώθηκε σε εκείνες τις δύο δυνατότητες.

Οι εξατμιστήρες χρησιμοποιούν μια πηγή θερμότητας για να συγκεντρώσουν ένα διάλυμα ή για να ανακτήσουν τα διαλυμένα στερεά με το να αποβάλλουν το διαλύτη μέσω βρασμού, ο οποίος είναι γενικά ύδωρ. Οι ειδικές παροχές για το χωρισμό των φάσεων υγρού και ατμού και για την αφαίρεση των κατακρημνισμένων ή κρυσταλλωμένων στερεών παρέχονται. Οι διαφορετικοί τύποι εξατμιστήρων χρησιμοποιούν τις διάφορες μεθόδους για να ολοκληρώσουν αυτούς τους στόχους.

Η περιοχή δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης εξατμιστήρων επανασυμπύεσης μειωμένων ταινιών και ατμού για την επεξεργασία των διάφορων ρευμάτων αποβλήτων. Λόγω της κλίμακας και της επιθυμίας για ένα

πιο οικονομικό σύστημα εξάτμισης, η ομάδα επεξεργασίας είχε πραγματοποιήσει προηγουμένως πειραματικές μελέτες για τα διάφορα ρεύματα αποβλήτων με έναν multieffect, πολυβάθμιο εξατμιστήρα λάμπης. Δεδομένου ότι οι πειραματικές μελέτες παρουσίασαν ευνοϊκά αποτελέσματα για την επεξεργασία των διάφορων ρευμάτων αποβλήτων διαδικασίας εγκαταστάσεων, τα οποία είναι παρόμοια με το μολυσμένο υπόγειο νερό, η αξιολόγησή μας επικεντρώθηκε σε αυτόν τον τύπο εξατμιστήρα. RO χωρίζει μια διαλυτή ουσία από ένα διάλυμα με την εφαρμογή πίεσης έτσι ώστε να αναγκαστεί ο διαλύτης να περάσει μέσω της μεμβράνης. Η επιλογή του υλικού μεμβρανών, η διαμόρφωση, και οι λειτουργούντες όροι είναι κρίσιμοι για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Τα πιο κοινά υλικά μεμβρανών είναι το οξικό άλας κυτταρίνης, το πολυαμίδιο, και το σύνθετο λεπτών ταινιών. Εντούτοις, άλλα υλικά υπάρχουν και η έρευνα εκτελείται αυτήν την περίοδο για να αναπτύξει ανώτερα υλικά. Οι διάφορες διαμορφώσεις για τις μεμβράνες αποτελούνται από την σπειροειδής-πληγή, την κοίλη ίνα, τη σωληνοειδής, το πιάτο και το πλαίσιο. Οι διευκρινισμένοι λειτουργούντες όροι αποτελούνται από την πίεση που υπαγορεύεται γενικά από το υλικό, το ποσοστό αποκατάστασης μεμβρανών, το ποσοστό του τροφοδοτούντος ύδατος που μετατρέπεται στο ύδωρ προϊόντων και το ποσοστό ροής που είναι το ποσοστό ροής ύδατος που περνά μέσω ενός τομέα μονάδων της μεμβράνης. Το ποσοστό ροής ύδατος μέσω μιας μεμβράνης είναι ανάλογο προς το διαφορικό πίεσης πέρα από τη μεμβράνη. Όσο υψηλότερη η πίεση, τόσο υψηλότερο το ποσοστό ροής για μια δεδομένη μεμβράνη. Το ποσοστό ροής εξαρτάται επίσης από το υλικό πάχος της μεμβράνης και τη θερμοκρασία του τροφοδοτούντος ύδατος. Τα ποσοστά ροής πρέπει να διευκρινιστούν συντηρητικά για να επιτρέψουν τη μακροπρόθεσμη λειτουργία της μεμβράνης.

Ένα από τα πλεονεκτήματα του εξατμιστήρα είναι ότι θα ήταν μια διαδικασία με ένα μόνο βήμα. Η μονάδα θα παρήγε το καθαρό ύδωρ και το TDS θα ήταν με στερεά μορφή. Αφ' ετέρου, το σύστημα RO θα παραγάγει το καθαρό ύδωρ και μια συγκεντρωμένη άλμη. Η άλμη θα απαιτήσει την

περαιτέρω επεξεργασία προκειμένου να αποκτήσει μια κατάλληλη μορφή που να μπορεί να σταλθεί στην τελική διάθεση.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Λόγω της χαμηλής διαπερατότητας των χωμάτων, περισσότερα από 75 φρεάτια απαιτήθηκαν για να συλλάβουν εντελώς το μολυσμένο λοφίο. Από την έρευνά μας, επίσης συνειδητοποιήσαμε ότι όχι όλο το υπόγειο νερό θα καθάριζε στο ίδιο ποσοστό. Η συγκέντρωση TDS στο υπόγειο νερό που ανακτάται από μερικά φρεάτια θα μειωνόταν κάτω από το επίπεδο που απαιτείται για την επεξεργασία γρηγορότερα από ότι το υπόγειο νερό από άλλα φρεάτια. Το VOC δεν θα αφαιρεθεί από την περιοχή στο ίδιο ποσοστό με το TDS. Αναμένουμε να μας ζητηθεί για να συνεχίσουμε την επεξεργασία για VOC σφού επιτύχουμε σε αποδεκτά επίπεδα TDS.

Όπως μπορεί να φανεί από την ακόλουθη οικονομική αξιολόγηση, οποιαδήποτε μέθοδος επεξεργασίας για TDS είναι ακριβή. Αυτό ισχύει ειδικά όταν συγκρίνεται με strippers αέρα.

Οι μέθοδοι σχεδίου κύκλου της ζωής επιτρέπουν σε μας να βελτιστοποιήσουμε τη χρήση των χαμηλού κόστους μεθόδων επεξεργασίας. Για αυτήν την περιοχή, θα υπάρξουν δύο σημαντικές χρονικές μεταβλητές. Κατ' αρχάς, αναμένουμε το λοφίο TDS να καθαρίσει σε πέντε έτη, ενώ το λοφίο Ποε θα διαρκέσει 10 έως 15 έτη. Δεύτερον, αναμένουμε ότι ο αριθμός φρεατίων που απαιτούν την αφαίρεση TDS θα μειωθεί κατά τη διάρκεια εκείνης της πενταετούς περιόδου.

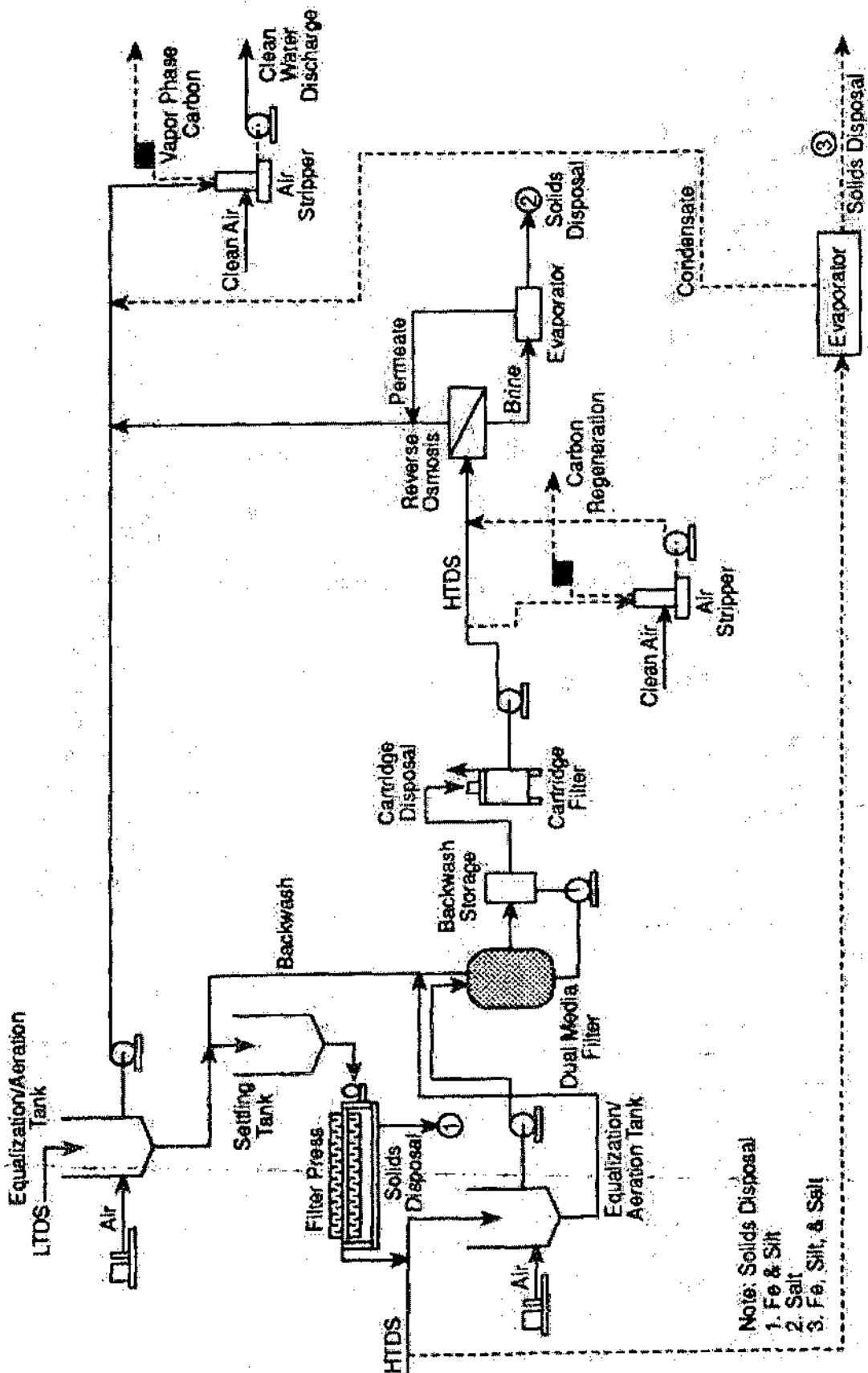
Το σύστημα αποκατάστασης που σχεδιάζεται και που εγκαθίσταται επί αυτού του τόπου περιλαμβάνει ένα σύνθετο valving και δρομολόγησης σύστημα έτσι ώστε το ανακτημένο υπόγειο νερό να μπορεί να χωριστεί σε χαμηλό TDS και τα υψηλά ρεύματα αποβλήτων TDS. Με αυτόν τον τρόπο, το χαμηλό ρεύμα αποβλήτων TDS θα απαιτούσε μόνο την επεξεργασία για VOCs

και όχι την ακριβότερη επεξεργασία για να αφαιρεθούν TDS. Οι πιθανές πορείες επεξεργασίας είναι υποδειγμένες στο σχήμα 1.

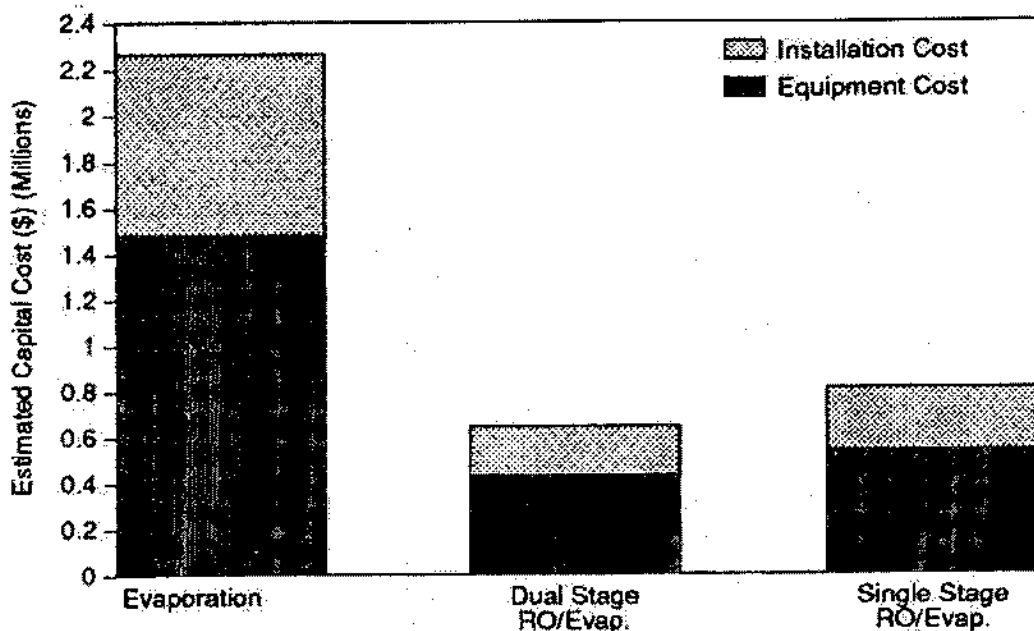
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΑΠΑΝΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η άμεση εξάτμιση και η RO επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση των δαπανών. Το σύστημα RO θα συμπληρωθεί από την εξάτμιση για την τελική διάθεση στερεών. Υποτίθεται ότι η συνδυασμένη ροή από τα φρεάτια αποκατάστασης υπόγειου νερού θα ήταν 70 γαλόνια ανά λεπτό (gpm). Τα απόβλητα αποχέτευσης από τον εξατμιστήρα θα περιελάμβαναν το συμπύκνωμα και τα στερεά. Η επεξεργασία με μια μονάδα RO θα συγκέντρωνε μόνο τα διαλυμένα συστατικά στο ανακτημένο υπόγειο νερό. Η διαπέραση από το RO θα απαιτούσε την περαιτέρω επεξεργασία για να αφαιρέσει το VOCs πριν από την απαλλαγή. Η συμπύκνωση από τη μονάδα RO θα απαλλασσόταν σε 10.000 γαλόνια ανά εξατμιστήρα ημέρας (gpd).

Τα δεδομένα ποιότητας νερού δείχνουν ότι το σχέδιο του συστήματος RO θα ελεγχθεί από τις υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων και μια διπλός-σκηνική RO μονάδα πιθανώς θα απαιτηθεί. Δεδομένου ότι οι συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων είναι εξαιρετικά υψηλές σε δύο περιοχές, αποφασίστηκε να αξιολογηθεί μια τρίτη επιλογή διαδικασίας για αυτό το σχέδιο. Υποτίθεται ότι το ύδωρ από τα υψηλά φρεάτια νιτρικών αλάτων θα απαλλαχθεί άμεσα στον εξατμιστήρα ενώ τα άλλα απόβλητα αποχέτευσης αντλίων θα αντιμετωπιζόνταν με μια μονάδα RO ενός σταδίου.



Note: Solids Disposal
 1. Fe & Silt
 2. Salt
 3. Fe, Silt, & Salt



Σχήμα 2. Κύριο κόστος απομεταλλοποίησης

Επομένως, οι τρεις επιλογές επεξεργασίας είναι:

1. Άμεσος εξατμιστήρας (δύο 50.000 μονάδες gpd)
2. Διπλό στάδιο RO εξατμιστήρας (μονάδα 10.000 gpd)
3. Ενός σταδίου RO εξατμιστήρας (μονάδα 35.000 gpd)

Το σχήμα 1 παρουσιάζει επιλογές σχεδίου διαδικασίας συμπεριλαμβανομένης της προεπεξεργασίας για το RO και της επεξεργασίας Ποε. Οι προϋπολογισμοί δαπανών για τα συστήματα απομεταλλοποίησης προετοιμάστηκαν για λόγους σύγκρισης. Οι προϋπολογισμοί δαπανών είναι στο επίπεδο του εφικτού και χρησιμοποιήθηκαν για την καθοδήγηση στην αξιολόγηση και την εφαρμογή του προγράμματος. Το πραγματικό τελικό κόστος προγράμματος θα εξαρτηθεί από την εργασία, τα υλικά, και τις συνθήκες περιοχών κατά την διάρκεια της κατασκευής, καθώς επίσης και άλλων μεταβλητών αγοράς. Οι κύριοι προϋπολογισμοί δαπανών βασίστηκαν στην υπόθεση ότι ο απαραίτητος ατμός για τα συστήματα απομεταλλοποίησης είναι διαθέσιμος επιτόπου. Οι εκτιμήσεις κύριας και λειτουργικής δαπάνης για

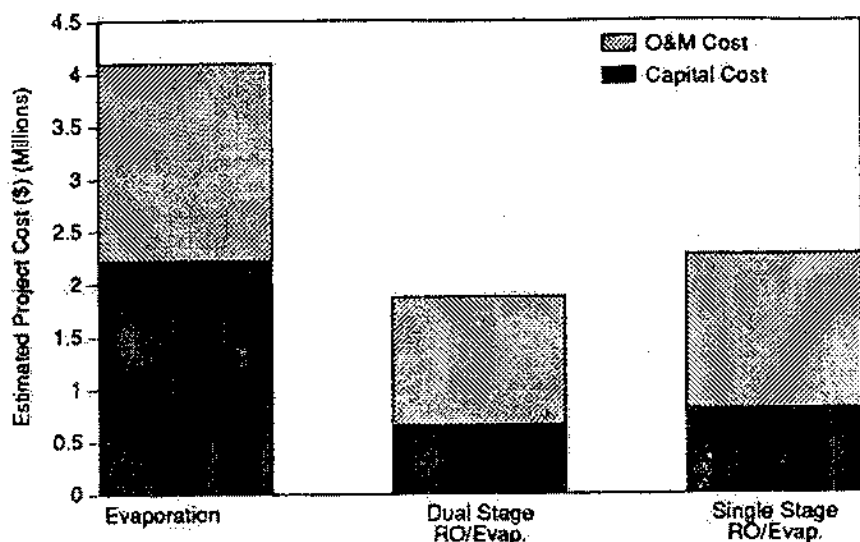
τις μονάδες RO περιλαμβάνουν τον εξοπλισμό προεπεξεργασίας. Οι κύριοι και εγκατεστημένοι προϋπολογισμοί δαπανών που παρουσιάζονται στο σχήμα 2 δείχνουν ότι οι μονάδες είναι κυρίως συναρμολογημένες σε εργοστάσια. Οι εγκατεστημένες δαπάνες περιλαμβάνουν την απαραίτητη εργασία στις περιοχές για ένα λειτουργικό σύστημα, που λαμβάνει υπόψη τις συγκεκριμένες συνθήκες κάθε περιοχής. Όπως μπορείτε να δείτε, η επιλογή RO / εξατμιστήρας είναι σημαντικά λιγότερο ακριβή από τον άμεσο εξατμιστήρα.

Table 1. Demineralization O&M Costs*

Year	Direct Evaporation		Dual-Stage RO/Evaporation		Single-Stage RO/Evaporation	
	(\$/yr)	Cumulative (\$)	(\$/yr)	Cumulative (\$)	(\$/yr)	Cumulative (\$)
1	429,000	429,000	267,000	267,000	338,000	338,000
2	384,000	813,000	254,000	521,000	322,000	660,000
3	384,000	1,197,000	254,000	775,000	322,000	982,000
4	307,000	1,504,000	254,000	1,029,000	322,000	1,304,000
5	307,000	1,811,000	254,000	1,283,000	322,000	1,626,000
Total O&M Cost		\$1,811,000		\$1,283,000		\$1,626,000

* Based on 1989 dollars.

Ο πίνακας 1 παρουσιάζει τις εκτιμώμενες δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης (o&m) για τις τρεις επιλογές επανόρθωσης. Υποτίθεται ότι ο ατμός είναι διαθέσιμος και ότι το υπάρχον σύστημα διανομής δύναμης είναι ικανοποιητικό με ένα ποσοστό χρήσης.



Σχήμα 3. Κόστος προγράμματος απομεταλλοποίησης \$0.08 ανά kilowatt-hour (kWh).

Επιπλέον υποτίθεται ότι οι δαπάνες διάθεσης στερεών θα ήταν περίπου οι ίδιες για τις τρεις θεραπευτικές επιλογές. Για την άμεση επιλογή εξάτμισης, οι δαπάνες απεικονίζουν την αφαίρεση ενός εξατμιστήρα μετά από δύο έτη επανόρθωσης. Αυτός ο εξατμιστήρας θα χρησιμοποιούταν στη δυνατότητα για την επεξεργασία άλλων ρευμάτων αποβλήτων διαδικασίας.

Το σχήμα 3 παρουσιάζει το συνολικό κόστος προγράμματος συμπεριλαμβανομένου του κεφαλαίου, της λειτουργίας, και των δαπανών συντήρησης για το αναμενόμενο πενταετές πρόγραμμα επανόρθωσης TDS. Το διπλού-σταδίου RO/εξατμιστήρας είναι το σύστημα χαμηλότερου κόστους. Το κόστος του είναι το μισό του άμεσου εξατμιστήρα και αρκετά χαμηλότερο από τον RO/εξατμιστήρα ενός σταδίου.

Το διπλού-σταδίου RO/εξατμιστήρα επιλέχτηκε ως προτιμώμενο σύστημα επεξεργασίας. Το επόμενο βήμα στο πρόγραμμα είναι να τρεχτεί μια μελέτη πειραματικών εγκαταστάσεων για το σύστημα RO. Αυτή η δοκιμή θα επιβεβαιώσει τις παραμέτρους σχεδίου, και θα αξιολογήσει την απόδοση των διάφορων μεμβρανών στις συγκεκριμένες ενώσεις που ανιχνεύονται στο υπόγειο νερό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΜΕΡΙΚΑ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δοθούν μερικά παραδείγματα των πρακτικών προβλημάτων που έχουν συναντηθεί, εφαρμόζοντας τα συστήματα επεξεργασίας υπόγειων νερών στην περιοχή εξέτασης. Ενώ τα περισσότερα από αυτά τα προβλήματα θα μπορούσαν να θεωρηθούν απλά, μπορούν να καταστρέψουν ένα σύστημα επεξεργασίας τόσο εύκολα όσο μπορεί ένα σημαντικό σχεδιαστικό λάθος.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Όλα όσα κάνει ένας μηχανικός σχεδίου είναι μόνο τόσο καλά όσο τα δεδομένα που λαμβάνει. Κάθε στοιχείο είναι βασισμένο στα δείγματα και τις αναλύσεις διαθέσιμα για καθορισμένο υπόγειο νερό. Υπάρχουν διάφορα εγχειρίδια που παρέχουν αναλυτικές πληροφορίες και σωστές μεθόδους για τη δειγματοληψία και την ανάλυση.

Λογική

Υπάρχει επίσης η πρακτική πλευρά της δειγματοληψίας. Η θερμοκρασία στο εργαστήριο δεν θα αντιπροσωπεύσει την αληθινή θερμοκρασία του υπόγειου νερού. Εντούτοις, εάν ο αρμόδιος για τη λήψη του δείγματος δεν καταλαβαίνει τη σημασία των στοιχείων που αναπτύσσονται, κατόπιν μπορεί να κάνει ένα απλό λάθος όπως αυτό.

Σε ένα πρακτικό επίπεδο, όλες οι μετρήσεις που μπορούν να ληφθούν από το φρεάτιο πρέπει να ληφθούν. Η θερμοκρασία, το pH, και το διαλυμένο οξυγόνο μπορούν να μετρηθούν στο ίδιο το φρεάτιο χωρίς να μεταφερθεί το δείγμα στην επιφάνεια. Το πρόσωπο που παίρνει το δείγμα πρέπει να καταλάβει τι μετριέται. Μια μικρή σπατάλη χρονικού διαστήματος σε εξηγήσεις θα επιφέρει μεγάλο κόστος στην ακρίβεια.

Τεχνική

Το ίδιο πράγμα ισχύει για το πώς το δείγμα αντιμετωπίζεται στο δρόμο του για την ανάλυση. Παραδείγματος χάριν, οι χλωριωμένες ενώσεις που βρίσκονται στο πόσιμο νερό (TCE, PCE, βινυλίου χλωρίδιο, κ.λ.π....) δεν παραμένουν στο νερό για μια μεγάλη χρονική περίοδο. Η αναταραχή καθώς παίρνεται το δείγμα ή ένα διάκενο υαλοπινάκων στο εμπορευματοκιβώτιο δειγμάτων θα προκαλέσει μια σημαντική απώλεια των χλωριωμένων ενώσεων από το νερό.

Πολλοί ρωτούν γιατί υπάρχει ανησυχία για τις χαμηλές συγκεντρώσεις αυτών των ενώσεων εάν δεν μένουν στο ύδωρ. Μια απάντηση είναι: Καλή ερώτηση. Αλλά, φυσικά, η κατάλληλη απάντηση είναι ότι το κοινό είναι ενδιαφερόμενο, και οι κυβερνητικές αντιπροσωπείες αποκρίνονται σε εκείνη την ανησυχία. Οποιοσδήποτε και αν είναι ο λόγος, για τον οποίο πρόκειται να μεταχειριστούμε το νερό, χρειαζόμαστε εξακριβωμένες λεπτομερείς πληροφορίες.

Στατικές και δυναμικές τεχνικές

Μια τελική περιοχή στη δειγματοληψία είναι το νερό από το φρεάτιο αντιπροσωπεύει το "αληθινό" υπόγειο νερό. Αυτήν την περίοδο, η τυποποιημένη πρακτική είναι να αφαιρεθεί ένας ορισμένος όγκος του ύδατος από το φρεάτιο προτού να ληφθεί το δείγμα. Το στάσιμο νερό του φρεατίου είναι σε ισορροπία με την ατμόσφαιρα, όχι το υπόγειο νερό.

Το ξέπλυμα του φρεατίου είναι η καλύτερη μέθοδος για την απόκτηση ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος του υπόγειου νερού στη θέση του φρεατίου. Εντούτοις, έχει διαπιστωθεί ότι αυτή η μέθοδος δεν παρέχει τα ακριβή στοιχεία για μια διαδικασία επεξεργασίας. Ο εξοπλισμός επεξεργασίας θα λάβει το ύδωρ που αντλείται σε ένα υψηλό ποσοστό από το φρεάτιο. Οι συγκεντρώσεις των μολυσματικών παραγόντων είναι συνήθως χαμηλότερες στο αντλημένο νερό. Αυτό έχει νόημα. Μόλις ανοιχτεί η αντλία, το ύδωρ στο φρεάτιο είναι ένας συνδυασμός του υπόγειου νερού σε ολόκληρη τη ζώνη της επιρροής. Εάν το ποσοστό άντλησης έχει ως σκοπό να συλλάβει ολόκληρο το λοφίο, τότε αρκετό από το νερό που θα εισαχθεί στο φρεάτιο θα είναι καθαρό.

Συστήνεται τα δείγματα να λαμβάνονται κατά τη διάρκεια των δοκιμών άντλησης. Τα δεδομένα από αυτά τα δείγματα συνδυασμένα με τις δοκιμές του στατικού νερού του φρεατίου θα παράσχουν μια ακριβέστερη βάση σχεδίου για το σύστημα επεξεργασίας.

Αυτό είναι διαφορετικό από αυτό που καλείται "σχέδιο κύκλου της ζωής". Κατά τη διάρκεια της ζωής του προγράμματος, η συγκέντρωση των μολυσματικών παραγόντων θα μειωθεί καθώς το υδροφόρο στρώμα καθαρίζεται. Το αρχικό σχέδιο για το σύστημα επεξεργασίας πρέπει να περιλάβει αυτήν την αλλαγή της συγκέντρωσης. Δεν είναι θεμιτό να πρέπει να επιστρέψουμε στα μισά του δρόμου μέσω του προγράμματος και να υποβάλουμε το νέο εξοπλισμό.

ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Μια άλλη περιοχή που παρουσιάζεται συχνά με τις εγκαταστάσεις τομέων είναι το λέρωμα κατά τη σχεδιασμό stripper αέρα ή ενός συστήματος επεξεργασίας προσρόφησης άνθρακα.

Strippers αέρα

Το κύριο πρόβλημα λερώματος που εμφανίζεται με strippers αέρα είναι με το σίδηρο. Σε ουδέτερο pH και παρουσία του οξυγόνου, ο διαλυτός σιδηρούχος σίδηρος ($Fe+2$) γρήγορα οξειδώνεται στο σιδηρικό σίδηρο ($Fe+3$), που υδρολύει εύκολα για να διαμορφώσει το αδιάλυτο ίζημα, σιδηρικό υδροξείδιο, $Fe(OH)_3$. Αυτό το ίζημα συνδέεται με τα μέσα του stripper αέρα. Επιπλέον, βακτηριακό slime διαμορφώνεται συνήθως από κοινού με το σίδηρο. Καταλήγουμε με τη χαμηλότερη αποδοτικότητα με stripper αέρα, και τις υψηλές δαπάνες συντήρησης για τα μέσα σε περιοδική βάση.

Στα μικρής κλίμακας συστήματα έχει χρησιμοποιηθεί μια δεξαμενή και ένα φίλτρο αερισμού πριν από stripper αέρα για να αποτρέπει αυτό το πρόβλημα.

Το λέρωμα μπορεί επίσης να εμφανιστεί από τη σκληρότητα στο νερό και τα βακτηρίδια που αυξάνονται στις οργανικές ουσίες. Είναι πολύ σπάνιο η σκληρότητα να είναι η αιτία του λερώματος stripper αέρα. Ο σίδηρος μπορεί να προκαλέσει προβλήματα τόσο χαμηλά όπως 5 mg/L και κατωτέρω. Η σκληρότητα πρέπει να είναι περίπου 500 έως 1000 mg/L για ένα πρόβλημα για να εμφανιστεί. Δεν υπάρχει συνήθως αρκετή εξάτμιση stripper αέρα για να προκαλέσει την πτώση από τη σκληρότητα.

Strippers αέρα μπορούν επίσης να λερωθούν από τα αυξανόμενα βακτηρίδια στις οργανικές ουσίες στο υπόγειο νερό. Αυτό θα συμβεί μόνο με τις διασπάσιμες οργανικές ουσίες. Αλλά, κατά το γδύσιμο των ενώσεων

δαχτυλιδιών (BTX, κ.λπ...) ή των κετόνων (MEK, MIBK, ακετόνη, κ.λπ.), βακτηρίδια μπορούν εύκολα να αυξηθούν στα μέσα και να μειώσουν την αποδοτικότητα του stripper. Οποτεδήποτε αυτές οι διασπάσιμες οργανικές ουσίες είναι επάνω από 10 mg/L αυτό μπορεί να είναι πρόβλημα. Ένας από τους καλύτερους τρόπους να λυθεί αυτό το πρόβλημα είναι να τοποθετηθεί μια μικρή βιολογική μονάδα επεξεργασίας πριν από το stripper αέρα. Άλλη μια φορά, τα ανασταλμένα στερεά πρέπει να αφαιρεθούν πριν από το stripper αέρα.

ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ

Το λέρωμα μπορεί επίσης να εμφανιστεί στα συστήματα προσρόφησης άνθρακα. Το λέρωμα στον άνθρακα προκαλεί την πίσω πίεση, και ο άνθρακας πρέπει να λειανθεί ή να αντικατασταθεί. Η λείανση θα καταστρέψει τη ζώνη προσρόφησης στον άνθρακα, και ο άνθρακας είναι πάρα πολύ ακριβός για να αντικατασταθεί λόγω των στερεών στη συγκέντρωση. Ο σίδηρος είναι ο κύριος ένοχος στο λέρωμα άνθρακα, αλλά τα βακτηρίδια μπορούν επίσης να είναι η αιτία. Η προεπεξεργασία με τον αερισμό ή η βιολογική επεξεργασία είναι οι καλύτερες λύσεις.

Το πιο σημαντικό σημείο είναι το ότι υπάρχει ένα υλικό εκτός από το μολυσματικό παράγοντα στο υπόγειο νερό που μπορεί να έχει επιπτώσεις στο σύστημα επεξεργασίας που εγκαθιστάτε. Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητή η διαδικασία επεξεργασίας και οι περιορισμοί του. Ακριβώς επειδή ξέρετε ότι έχετε το ppb 50 TCE, και ότι θέλετε να δημιουργήσετε το πόσιμο νερό, δεν σημαίνει ότι είστε έτοιμοι να σχεδιάσετε ένα σύστημα επεξεργασίας.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- “Practical techniques for ground water and soil remediation”.
Evan K. Nyer - Lewis Publishers.