

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901972465A1

Publication Date

20130211

Applicant

MARCOPOLO ENGINEERING S.P.A. SISTEMI ECOLOGICI

Title

SISTEMA PER LA CATTURA E/O L'ABBATTIMENTO DI EMISSIONI NOCIVE IN
ATMOSFERA DA UN IMPIANTO IN CASO DI INCIDENTE,
PARTICOLARMENTE UN IMPIANTO NUCLEARE.

Descrizione dell'invenzione industriale dal titolo:

"Sistema per la cattura e/o l'abbattimento di emissioni nocive in atmosfera da un impianto in caso di incidente, particolarmente un impianto nucleare",

di: Marcopolo Engineering S.p.A. Sistemi Ecologici, nazionalità italiana, con sede in Via XI Settembre, 37 - 12011 Borgo San Dalmazzo (CN).

Inventore designato: Antonio BERTOLOTTO

Depositata il: 11 agosto 2011

* * *

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Campo dell'invenzione

La presente invenzione riguarda un sistema di protezione destinato all'impiego in impianti che, in caso di incidente, sono soggetti al rilascio di sostanze nocive e contaminanti. L'invenzione è stata sviluppata con particolare riferimento alle centrali nucleari, ma non è esclusa la sua applicazione in abbinamento ad impianti industriali.

Stato della tecnica

I più recenti incidenti avvenuti nell'ambito di impianti nucleari e simili evidenziano la carenza di sistemi e metodi volti a limitare la dispersione di sostanze tossiche e radionuclidi in atmosfera, o il contatto di tali sostanze nocive con acque di falda, fiumi, laghi, mari.

Sommario e scopo dell'invenzione

La presente invenzione si propone essenzialmente di indicare un sistema ed un metodo che consentano di ottenere, in modo efficiente e rapido, una decisa cattura e/o un deciso abbattimento delle emissioni nocive e contaminanti da parte di quegli impianti che, in caso di

incidente, sono soggetti al rilascio di tali emissioni.

Un altro scopo dell'invenzione è quello di realizzare un tale sistema di protezione di costruzione relativamente semplice ed economica, in vista dei benefici consentiti.

Uno scopo ausiliario dell'invenzione è quello di indicare mezzi e metodologie che consentano di mettere in sicurezza in modo, rapido, efficiente ed a basso costo l'impianto, quando quest'ultimo - a seguito dell'incidente - non risulta recuperabile e rimane al contrario fonte di emissioni nocive.

Questi ed altri scopi ancora, che risulteranno maggiormente chiari in seguito, sono raggiunti secondo l'invenzione da un sistema per la cattura e/o l'abbattimento di emissioni nocive in atmosfera da un impianto in caso di incidente, particolarmente un impianto nucleare, che comprende:

- una struttura di impermeabilizzazione del suolo, che si estende almeno in un'area anulare che circonda l'impianto,

- una pluralità di torri di irrorazione, disposte attorno all'impianto ed operative per irrorare,

- una struttura di raccolta periferica, configurata per ricevere acqua ritenuta dalla struttura di impermeabilizzazione.

Con il sistema secondo l'invenzione, subito dopo il verificarsi dell'incidente, è possibile attivare l'erogazione di getti di acqua mediante le torri suddette, in modo da limitare la diffusione in aria delle emissioni nocive, ottenendone al contempo la precipitazione in situ, sulla struttura di impermeabilizzazione. L'acqua che evita la dispersione dei contaminanti viene così trattenuta nelle più immediate vicinanze dell'impianto, grazie alla

struttura di impermeabilizzazione, evitando al contempo la contaminazione del suolo e di falde freatiche o di acque di fiumi, laghi, mari. L'acqua contaminata trattenuta dalla struttura di impermeabilizzazione confluisce poi nella struttura di raccolta, per la sua messa in sicurezza e depurazione o decontaminazione. La struttura di impermeabilizzazione può presentare vantaggiosamente almeno una leggera pendenza, onde favorire il deflusso dell'acqua verso la struttura di raccolta.

Il sistema risulta comunque utile anche prima del verificarsi di un incidente all'impianto, in quanto le strutture di impermeabilizzazione e di raccolta possono essere sfruttate per trattenere acqua di origine atmosferica, utilizzabile a vari fini (ad esempio per alimentare sistemi ausiliari dell'impianto o per irrigazione). La stessa acqua pulita di origine atmosferica può essere impiegata per alimentare le torri di irrorazione, se queste sono ad esempio utilizzate per irrigare il terreno sovrastante la struttura di impermeabilizzazione.

In una forma di attuazione preferita, la pluralità di torri di irrorazione comprende almeno una tra una serie di prime torri, disposte direttamente nell'ambito dell'impianto e/o ai suoi limiti immediati, ed una serie di seconde torri, disposte nell'area anulare provvista della struttura di impermeabilizzazione. Le torri hanno di preferenza un'altezza tale per cui l'acqua venga irrorata al di sopra di strutture dell'impianto. Di preferenza sono previste sia le prime che le seconde torri.

In questo modo, nell'intorno dell'area in cui sorge l'impianto, e direttamente nel suo ambito, risulta possibile prevedere serie di torri disposte sostanzialmente

secondo più anelli concentrici, che coprono con pioggia artificiale pressoché interamente sia l'area dell'impianto, sia l'area anulare che la circonda. Risulta così possibile contenere nel modo più efficace possibile la dispersione in atmosfera delle sostanze nocive. A tale scopo potranno anche essere previste torri di irrorazione aventi altezze diverse: in una tale attuazione, preferibilmente, le torri più alte saranno quelle più prossime all'impianto.

In una forma di attuazione, ciascuna torre è provvista di mezzi di alimentazione dell'acqua da irrorare, i quali comprendono un primo serbatoio, previsto in prossimità o in corrispondenza della sommità della torre, ed in comunicazione di fluido con i rispettivi mezzi irroratori.

In tal modo, ciascuna torre risulta fornita di una riserva di acqua che può essere irrorata immediatamente a seguito dell'incidente, con la capacità del primo serbatoio che sarà tale da garantire comunque un certo tempo di autonomia del sistema, senza la necessità di dover pompare dell'acqua proveniente da un sito remoto. Di preferenza, ciascuna torre sarà anche provvista di una sorgente autonoma di energia elettrica, quale un gruppo elettrogeno, pannelli fotovoltaici e/o un sistema eolico, onde far fronte ad eventuali interruzioni dell'alimentazione elettrica di rete.

In una forma di attuazione, i mezzi di alimentazione delle torri irroratrici comprendendo anche un secondo serbatoio, previsto al suolo, che è in comunicazione di fluido con il primo serbatoio previsto direttamente sulla torre. In questo modo risultano predisposti dei serbatoi di capacità notevolmente maggiore rispetto a quelli previsti direttamente sulle torri, onde garantire l'operatività prolungata del sistema di irrorazione. I secondi serbatoi,

ad esempio alimentati tramite l'acqua di un fiume o di falda, sono di preferenza in posizione remota rispetto alle torri, particolarmente fuori dall'ambito dell'area interessata dalla struttura di impermeabilizzazione, e collegati ai serbatoi previsti sulle torri per il tramite di una linea di alimentazione provvista di mezzi di pompaggio. A fini di sicurezza, può essere prevista una sorgente di alimentazione autonoma, quale un gruppo elettrogeno, anche per i mezzi di pompaggio, onde far fronte ad eventuali interruzioni dell'alimentazione elettrica di rete.

In una forma di attuazione preferita, la struttura di raccolta circonda sostanzialmente completamente la struttura di impermeabilizzazione, per garantire che la raccolta dell'acqua sia la più rapida ed efficiente possibile, e per ridurre il rischio di dispersioni di tale acqua verso l'esterno dell'area resa impermeabile al suolo. Di preferenza, la struttura di raccolta comprende almeno un canale anulare, avente una parete interna che è in sostanziale corrispondenza del perimetro esterno della struttura di impermeabilizzazione, con quale coopera a fini di tenuta.

In una forma di attuazione, le torri di irrorazione comprendono ulteriormente mezzi per disperdere in atmosfera materiale pulverulento adsorbente, ad esempio polveri zeolitiche, che contribuisce a catturare le sostanze nocive disperse in aria e/o a farle precipitare. In tal modo, i rischi di dispersione delle sostanze nocive dall'impianto vengono ulteriormente ridotti. Vantaggiosamente, su una o più torri saranno quindi previsti anche i mezzi atti a disperdere la polvere adsorbente, ad esempio in forma di cannoni pneumatici, con i relativi mezzi di alimentazione,

comprendenti ad esempio un serbatoio locale per la polvere ed un relativo attuatore (ad esempio un compressore), che all'occorrenza potrà essere alimentabile mediante la già citata sorgente autonoma di energia elettrica. Naturalmente, onde garantire l'operatività protratta del sistema di dispersione, può essere prevista una maggiore riserva di polveri sia nell'ambito della torre (ad esempio un silos interno alla struttura della torre), sia in posizione remota rispetto alla torre (in tal caso l'alimentazione della polvere alla torre avverrà con modalità simili a quelle sopra citate in relazione ai secondi serbatoi d'acqua per le torri).

In una forma di attuazione particolarmente vantaggiosa, superiormente alla struttura di impermeabilizzazione è prevista una pluralità di dreni, che si estendono ciascuno in direzione radiale, sostanzialmente a partire dai margini dell'area dell'impianto e sino al perimetro esterno dell'area anulare interessata dalla struttura di impermeabilizzazione. Questi dreni, disposti sostanzialmente a raggiera, favoriscono il preciso convogliamento dell'acqua trattenuta dalla struttura di impermeabilizzazione verso la struttura di raccolta, che si trova appunto in sostanziale corrispondenza del perimetro esterno della struttura di impermeabilizzazione.

Di preferenza è previsto anche un dreno anulare, nel quale confluiscono i dreni radiali. Tale dreno anulare è in sostanziale corrispondenza della parete interna del canale appartenente alla struttura di raccolta, ed in comunicazione di fluido con l'interno di tale canale. Questo dreno anulare realizza quindi una sorta di grande collettore per i dreni radiali, ai fini del successivo convogliamento dell'acqua nel suddetto canale.

In una forma di attuazione preferita i dreni radiali, e preferibilmente anche il dreno anulare, sono formati con pietre o materiale roccioso frammentato e sono almeno parzialmente interrati in uno o più strati di altro materiale disposti al di sopra della struttura di impermeabilizzazione. I dreni sono quindi di semplice realizzazione e la loro integrità nel tempo è protetta dal sovrastante materiale. Il materiale di copertura della struttura di impermeabilizzazione può includere più strati diversi, ad esempio - dal basso verso l'alto - uno strato di zeoliti frammentate, uno strato di ghiaia più fine rispetto a quella che realizza i dreni, uno strato di terra, uno strato di humus e/o prato verde.

In una forma di attuazione, la struttura di impermeabilizzazione comprende una pluralità di teli impermeabili, quali ad esempio teli in polietilene, preferibilmente polietilene ad alta densità (HDPE). Sempre a titolo preferenziale, tra due teli impermeabili è interposto almeno uno strato di materiale granulare, particolarmente zeoliti.

Questo tipo di struttura garantisce un elevato grado di impermeabilizzazione, che previene la possibile migrazione dell'acqua e delle eventuali sostanze contaminanti nel suolo sottostante. L'affidabilità della struttura può essere accresciuta prevedendo anche teli di tessuto non tessuto, ad esempio tra ciascun telo impermeabile ed un relativo strato di materiale granulare.

Come si è visto precedentemente, in caso di incidente all'impianto con susseguente emissione di contaminanti, il sistema previsto secondo l'invenzione viene reso attivo, al fine di contenere la diffusione delle sostanze nocive rilasciate dall'impianto. L'attivazione è di preferenza

comandata in modo automatizzato, impiegando tecniche di controllo di per sé note nell'ambito dei sistemi di sicurezza per impianti industriali e centrali nucleari, ma non è evidentemente esclusa la possibilità di attivazione in modo manuale, anche da una postazione di controllo che si trova in posizione remota rispetto all'impianto.

L'incidente può essere di rilevanza tale da non consentirne la recuperabilità dell'impianto, anche con quest'ultimo che rimane fonte di emissioni nocive. Per un tale caso, la metodologia proposta secondo una forma di attuazione dell'invenzione prevede l'operazione di ricoprire l'impianto stesso e l'area anulare impermeabilizzata che lo circonda con un materiale idoneo alla realizzazione di un bio-reattore.

In questo modo è possibile impedire la continuità di fuga dei contaminanti dopo l'incidente, e nello stesso tempo, ottenere un veicolo di captazione dei contaminanti stessi. La captazione dei contaminanti avviene attraverso la captazione del biogas che si produce dalla metanogenesi della biomassa che realizza il bio-reattore, con i contaminanti che sono in seguito eliminabili nel processo di depurazione del biogas, ad esempio prima che esso sia convogliato al suo incenerimento in motori appartenenti ad un sistema generatore di elettricità.

Si apprezzerà che, ai fini della realizzazione del bio-reattore dopo l'incidente, risulta direttamente sfruttabile con estremo vantaggio la struttura di impermeabilizzazione, già precedentemente predisposta. Tale struttura consente di isolare la biomassa rispetto al suolo e le falde freatiche, nonché trattenere il percolato inquinato che si origina successivamente, il quale percolato può essere fatto confluire nella struttura di

raccolta, per essere poi depurato e/o decontaminato.

In una realizzazione particolarmente vantaggiosa, il materiale utilizzato per la realizzazione del bio-reattore comprende rifiuti solidi urbani.

Tale tipologia di materiale risulta immediatamente disponibile, con continuità, ed in grande quantità, favorendo una messa in sicurezza dell'impianto in tempi relativamente celeri ed a basso costo. I rifiuti potranno comprendere la frazione umida di rifiuti solidi urbani, oppure rifiuti solidi urbani tal quali, oppure ancora rifiuti solidi urbani selezionati. I rifiuti possono essere sia in forma sciolta che in balle, eventualmente incellofanate.

Breve descrizione dei disegni

Ulteriori scopi, caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno chiari dalla descrizione particolareggiata che segue, effettuata a puro titolo di esempio non limitativo con riferimento ai disegni annessi, nei quali:

- la figura 1 è una sezione parziale e schematica di una centrale nucleare provvista di un sistema di sicurezza secondo l'invenzione;

- la figura 2 è una seconda sezione parziale e schematica, in scala maggiore rispetto alla figura 1, della centrale e del sistema di figura 1;

- la figura 3 è una vista schematica in pianta della centrale e del sistema di figura 1;

- la figura 4 è una vista laterale schematica di una porzione di sommità di una torre di irrorazione facente parte del sistema secondo l'invenzione;

- le figure 5 e 6 sono una vista laterale schematica ed una vista in pianta schematica, rispettivamente, di una

porzione di sommità di una torre di irrorazione secondo una variante dell'invenzione;

- la figura 7 è una sezione parziale e schematica di una regione periferica del sistema di figura 1, in scala maggiore;

- le figure 8 e 9 sono due sezioni parziali e schematiche, in scala ingrandita, tra loro ortogonali, di una struttura di impermeabilizzazione e di drenaggio del sistema secondo l'invenzione;

- la figura 10 è una vista in pianta, parziale e schematica, del sistema secondo l'invenzione, volta ad evidenziare la disposizione di una serie di dreni inferiori;

- la figura 11 è una sezione parziale e schematica di un bio-reattore che funge da copertura dell'impianto di figura 1, secondo una forma di attuazione dell'invenzione;

- la figura 12 è una sezione simile a quella di figura 11, in scala maggiore;

- la figura 13 è una sezione parziale e schematica di una struttura di impermeabilizzazione e di drenaggio superficiale del bio-reattore di figura 12, in scala maggiore;

- la figura 14 è una sezione parziale e schematica, in scala maggiore rispetto alla figura 12, di una regione periferica del bio-reattore;

- la figura 15 è una sezione parziale e schematica, in scala ingrandita, di una regione periferica del sistema secondo l'invenzione, in assenza del bio-reattore;

- la figura 16 è una sezione simile a quella di figura 15, in presenza del bio-reattore;

- la figura 17 è una vista simile a quella di figura 10, volta ad evidenziare la disposizione di una serie di

dreni superiori del bio-reattore;

- le figure 18 e 19 sono due sezioni parziali e schematiche di una possibile variante dell'invenzione;

- la figura 20 è una sezione parziale e schematica del bio-reattore di figura 11, con evidenziati dei pozzi di captazione di biogas;

- la figura 21 è una sezione parziale schematica di uno dei pozzi di figura 20,

- la figura 22 è una vista schematica in pianta di una possibile suddivisione dell'area circostante la centrale di figura 1, in una possibile implementazione dell'invenzione;

e

- la figura 23 è un dettaglio in maggior scala di una zona centrale di figura 22.

Descrizione di forme di attuazione preferite dell'invenzione

Nella seguente descrizione sono illustrati vari dettagli specifici finalizzati ad un'approfondita comprensione delle forme di attuazione. Le forme di attuazione possono essere realizzate senza uno o più dei dettagli specifici, o con altri metodi componenti materiali, etc. In altri casi, strutture, materiali o operazioni noti non sono mostrati o descritti in dettaglio per evitare di rendere oscuri i vari aspetti delle forme di attuazione.

Il riferimento ad "una forma di attuazione" nell'ambito di questa descrizione sta ad indicare che una particolare configurazione, struttura o caratteristica descritta in relazione alla forma di attuazione è compresa in almeno una forma di attuazione. Quindi, frasi come "in una forma di attuazione", eventualmente presenti in diversi luoghi di questa descrizione non sono necessariamente

riferite alla stessa forma di attuazione. Inoltre, particolari conformazioni, strutture o caratteristiche possono essere combinate in ogni modo adeguato in una o più forme di attuazione.

I riferimenti qui utilizzati sono soltanto per comodità e non definiscono dunque l'ambito di tutela o la portata delle forme di attuazione.

Nelle figure 1 e 2, il riferimento 1 indica nel complesso le strutture di una centrale nucleare, che si trova nell'ambito di un'area A0, il cui perimetro è considerato il limite di ogni struttura pertinente alla centrale stessa (pavimentazione edifici, strade, canali, recinzione). Nell'esempio, si supponga che l'area A0 sia sostanzialmente circolare, con un diametro di circa 500 metri. Come normalmente avviene, l'area A0 è di per sé provvista di mezzi di raccolta di acque meteorologiche dai tetti e dalla pavimentazione della centrale, che è impermeabilizzata o resa tale; tutte le acque sono raccolte da apposite caditoie e gestite come già normalmente previsto per ogni centrale nucleare.

Attorno all'area A0 è individuata un'area periferica, indicata con A1, che si sviluppa verso l'esterno a partire dal perimetro dell'area A0, ad esempio per circa 250 metri.

L'area anulare A1, che cinge direttamente l'area A0 in cui è ubicata la centrale 1, è provvista di una struttura di impermeabilizzazione del suolo, indicata complessivamente con 10 in figura 2.

Attorno alla centrale nucleare 1, nell'area A0 e nell'area A1, è inoltre predisposto un sistema di irrorazione, comprendente mezzi di irrorazione montati su torri. Di preferenza, sono previsti anelli di torri irrorazione sia nell'area A0 che nell'area A1.

Nell'esempio illustrato sono previste prime torri 20, ad esempio quattro torri, disposte sostanzialmente secondo una circonferenza all'interno dell'area A0 attorno al reattore o ai reattori nucleari. Sempre nell'area A0 sono previste seconde torri 21, disposte sostanzialmente secondo un anello di diametro maggiore rispetto al precedente, ad esempio otto torri uguali alle torri 20. Nella realizzazione preferita dell'invenzione sono poi previsti uno o più anelli di torri di irrorazione 22 anche nell'area A1. Nell'esempio raffigurato, sono previsti quattro anelli concentrici di otto torri ciascuna, per un totale di trentadue torri. Come si vede, nel caso esemplificato in figura 3, le torri degli anelli concentrici di torri 21 e 22 sono disposte sostanzialmente secondo la rosa dei venti.

Come si vede in figura 3, la disposizione degli anelli di torri 20, 21 e 22 è tale per cui le aree A0 ed A1 risultano pressoché interamente interessate dalla pioggia artificiale prodotta tramite le torri (in tale figura 3, i cerchi che circondano le torri indicano le sotto-aree coperte dalla pioggia originata da ciascuna torre).

L'altezza delle torri 20-22 è relativamente elevata, onde poter generare una pioggia artificiale che sovrasta in altezza le strutture della centrale 1. Questa pioggia artificiale può essere eventualmente additivata con sostanze chimiche e/o biologiche e/o minerali, idonee a contenere ulteriormente la dispersione in aria di sostanze nocive e radiazioni in caso di incidente, nonché favorirne la precipitazione al suolo. A titolo indicativo, le torri 20 e 21 possono essere alte circa 120, mentre le torri 22 essere alte circa 100 metri. La struttura delle torri può essere di qualunque tipologia ritenuta idonea, ad esempio metallica, in cemento o prefabbricata. Di preferenza,

ciascuna torre avrà un rispettivo basamento, ad esempio in cemento, adeguatamente interrato nel suolo, e realizzato con note modalità antisismiche. Naturalmente la struttura di impermeabilizzazione 10 sarà predisposta in modo da realizzare un'adeguata tenuta rispetto alla parte inferiore delle torri.

Come esemplificato in figura 4, sulla sommità di ciascuna torre sono montati i mezzi di irrorazione dell'acqua, ad esempio comprendenti un cannone irroratore rotante 30, atto ad emettere un getto in pressione; la lunghezza dei getti generati può essere indicativamente di circa 70-80 metri. I cannoni 30 possono essere eventualmente motorizzati, al fine di regolarne la posizione o rotazione, ad esempio tramite un elaboratore remoto. Di preferenza i getti d'acqua generati hanno un certo rialzo, ad esempio di 20 metri, o comunque tale da ottenere la ricaduta della pioggia da un'altezza di circa 140 e 120 metri, per le torri 20-21 e 22, rispettivamente.

Preferibilmente su ciascuna torre 20-22 è montato un primo serbatoio 31, o vasca di accumulo. Tale serbatoio, ad esempio avente un volume utile di circa 64 m^3 , contiene una riserva d'acqua tale da garantire un primo periodo di pioggia artificiale (ad esempio per i primi 20 minuti di pioggia da 12 mm/ora al mq). Questa acqua può essere eventualmente già additivata con prodotti atti a favorire la precipitazione e/o l'adsorbimento di polveri chimiche e radioattive.

L'acqua contenuta nel serbatoio 31 è alimentata al rispettivo cannone irroratore 30 tramite una pompa 32, ad esempio una motopompa elettrica. Il movimento del cannone 30 (se tale movimento è motorizzato) e della pompa 32 è garantito anche in caso di interruzione dell'alimentazione

di rete, grazie ad un generatore autonomo 33, quale un gruppo elettrogeno diesel ausiliario.

In una forma di attuazione, sulle torri 20-21 sono anche installati mezzi per disperdere un materiale pulverulento adsorbente, quale polveri zeolitiche, unitamente o separatamente rispetto ai getti generati dai cannoni 30. Tali mezzi possono comprendere ad esempio un cannone pneumatico, indicato con 34 in figura 4. Le suddette polveri possono essere stoccate in relativo serbatoio 35 e/o in un silos con desilatore incorporato, posto alla base della torre oppure al suo interno, con trasporto pneumatico al cannone 34.

Si noti che i mezzi di irrorazione che equipaggiano le torri 20-21 possono anche includere due o più cannoni 30. Le figure 5 e 6 esemplificano il caso di una torre 20 provvista di cinque cannoni 30 montati su di una base comune, quale una base rotante o fissa dove ogni cannone, grazie a un movimento meccanico dato dalla spinta dell'acqua, può ruotare ad esempio a destra e a sinistra di 45 o 90 gradi.

Di preferenza, i mezzi per alimentare acqua alle torri 20-22 comprendono anche secondi serbatoi, previsti al suolo, e collegati in comunicazione di fluido con il serbatoio 31 previsto su ogni torre, tramite di una linea di alimentazione provvista di pompa.

Nell'esempio, le scorte idriche per alimentare con acqua le torri irroratrici 20-22 sono contenute in serbatoi addizionali, indicati con 40 nelle figure 1, 3 e 7. Questi serbatoi, ad esempio otto vasche circolari da 10.000 m^3 ciascuna, possono essere disposte immediatamente all'esterno dell'area A1, nell'ambito dell'area indicata con A2. L'acqua dai serbatoi 40 giunge alle torri 20-22

attraverso tubazioni, ad esempio in polietilene da 100 mm di diametro, parzialmente inserite in idonee caditoie in cemento armato interrate, come esemplificato in figura 7. L'acqua è alimentata ad ogni torre 20-22 con un sistema di pompaggio, tarato in modo da mantenere sempre un livello minimo (ad esempio del 70%) nei serbatoi 31 posizionati in cima a ogni torre.

La portata idraulica del sistema di pompaggio e la capacità dei serbatoi 40 è di preferenza scelta in modo che ciascun serbatoio 40 possa alimentare tutte le torri 20-22 per almeno un'ora. In tal modo, utilizzando tutti i serbatoi 40, l'operatività del sistema di irrorazione può comunque essere garantita per almeno otto ore (pioggia artificiale da 12 mm/ora al mq per un singolo cannone irroratore per torre (se i cannoni ad esempio sono cinque per ogni torre, il tempo minimo garantito sarà di 96 minuti per ogni cannone). Tale tempo è ovviamente prolungabile, secondo le necessità sulle aree A0 ed A1. I serbatoi 40 possono essere ad esempio alimentati da un fiume della zona, con rete idrica ad hoc di adeguata portata (ad esempio non inferiore di $0,3 \text{ m}^3$ al secondo per ogni serbatoio 40), per mantenere un cannone irroratore montato su ogni torre e con tutti i cannoni irroratori funzionanti insieme.

La pioggia artificiale generata mediante le torri 20-22 (così come l'eventuale dispersione delle polveri adsorbenti) può essere controllata mediante un elaboratore. In tale ottica, ad esempio, il cannone motorizzato 30 (e/o 34) di una torre può anche essere controllato per indirizzare il rispettivo getto verso una direzione di interesse (ad esempio dove si sta sviluppando una nube nociva). Per un tale caso, le torri possono essere

operative tutte assieme, oppure in modo indipendente l'una dall'altra.

Come detto, nell'area A1 che circonda l'area A0 (e quindi la centrale 1) il suolo viene reso impermeabile tramite la struttura di impermeabilizzazione indicata con 10 in figura 2. Naturalmente il perimetro interno della struttura 10 è accoppiato a tenuta alla pavimentazione impermeabile dell'area A0.

Il suolo dell'area A1 viene preventivamente scorticato e livellato, preferibilmente fornendogli almeno una modesta pendenza dall'area A0 verso l'esterno, ad esempio una pendenza pari almeno all'1%. In seguito viene disposta la struttura di impermeabilizzazione 10, che è ad esempio realizzabile con un pacchetto di teli impermeabilizzanti del tipo correntemente impiegato nella copertura delle discariche per rifiuti pericolosi. Tale pacchetto di teli comprende di preferenza almeno due teli impermeabili sovrapposti, ad esempio in polietilene, preferibilmente polietilene ad alta densità (HDPE), indicativamente aventi almeno due 2 millimetri di spessore ciascuno; tra i due teli può essere interposto uno strato di materiale granulare, quale zeoliti.

In una forma di attuazione - vedere a riferimento le figure 8 e 9 - sul terreno dell'area A1 (debitamente scorticato ad esempio dai primi 200 mm di vegetali) viene dapprima disteso uno strato di sabbia 11 (ad esempio spesso circa 200 millimetri), e successivamente due teli 12 in HDPE. In una forma di attuazione preferita, dopo la disposizione del primo telo impermeabilizzante 12, su questo si dispone un tessuto non tessuto (ad esempio spesso 10 mm) e subito sopra si dispone uno strato 13 di zeoliti (ad esempio spesso 200 mm). Sullo strato di zeoliti 13

viene poi disposto un altro telo di tessuto non tessuto (ad esempio identico al precedente), a sua volta ricoperto dal secondo telo impermeabilizzante 12 in HDPE, il quale potrà essere anch'esso ricoperto superiormente con un ulteriore telo in tessuto non tessuto. Come già detto, l'impermeabilizzazione del suolo viene naturalmente realizzata in modo che il pacchetto di teli avvolga a tenuta la parte inferiore delle torri irroratrici 20-22.

Il sistema comprende ulteriormente una struttura di raccolta periferica, indicata con 50 nelle figure 1, 3 e 7, configurata per ricevere l'acqua ritenuta dalla struttura di impermeabilizzazione 10. Di preferenza, e come visibile in figura 3, la struttura 50 circonda sostanzialmente completamente la struttura di impermeabilizzazione 10, e coopera in tenuta con quest'ultima.

La pendenza prevista per la struttura di impermeabilizzazione 10 - come detto indicativamente non inferiore all'1% - porterà le acque trattenute verso la struttura di raccolta 50. A tale scopo, in una forma di attuazione, è vantaggiosamente prevista una serie di dreni, preferibilmente a sezione triangolare, posti superiormente alla struttura impermeabilizzante 10, i quali dreni saranno poi inglobati in uno strato drenante anch'esso realizzato sopra la struttura 10.

In una forma di attuazione, al limite esterno dell'area A1, è predisposta una parete o diaframma, che sporge di preferenza sopra il piano vegetale dell'area anulare A2 esterna all'area A1, ad esempio per circa m. 1. Tale diaframma, indicato con 60 nelle figure 1, 2 e 7, si estende in profondità nel suolo, ad esempio per almeno 50 metri, e preferibilmente oltre la seconda falda freatica presente (se questa risiede entro i primi 100 metri di

profondità). Il diaframma 60 può avere indicativamente uno spessore di 700 millimetri ed essere realizzato in calcestruzzo armato, impermeabile ed antisismico, al fine di isolare le aree A0 ed A1 dalle falde circostanti, nonché evitare la fuoriuscita delle acque nel caso di incidente all'impianto.

La struttura di raccolta 50 è prevista immediatamente all'interno del diaframma 60, in sostanziale corrispondenza del perimetro esterno dell'area A1. A tale scopo, in prossimità dell'estremità superiore del diaframma 60 è previsto almeno un canale, preferibilmente due canali, per la regimentazione delle acque superficiali delle aree A0 ed A1, tali canali essendo indicati con C1 e C2 in figura 7.

In figura 7 è anche parzialmente visibile uno dei serbatoi 40, con la linea di alimentazione per la rispettiva serie di torri. Come detto, tale linea comprende una tubazione 41 - ad esempio in polietilene - parzialmente interrata in idonee caditoie. Come si vede, la tubazione 41 passa al di sopra dei canali C1 e C2, per essere poi nuovamente interrata, con idonee caditoie, nel pacchetto drenante previsto al di sopra della struttura di impermeabilizzazione 10.

Nell'esempio delle figure 8 e 9, tale pacchetto drenante comprende una pluralità di strati di diversi materiali granulari, ed in particolare

- uno strato 61 di zeoliti granulari (ad esempio spesso circa 200 mm);
- uno strato 62 (ad esempio spesso circa 300 mm) di ghiaia piccola spaccata (50-80 mm di diametro);
- uno strato 63 (ad esempio spesso circa 300 mm) di terra con ghiaia spaccata (100-150 mm di diametro), tale da costituire un pavimento ghiaiato.

In una forma di attuazione, su tale pavimento ghiaiato 63 è disposto uno strato di humus 64, ad esempio di circa 10 cm. A tale scopo può essere impiegato il prodotto HUMUS ANENZY®, prodotto e commercializzato dalla Richiedente, pressato ed eventualmente addizionato con un consorzio di microorganismi, quale quello prodotto e commercializzato dalla Richiedente con il nome ENZYVEBA®. Lo strato 64 di humus - eventualmente additivato con il consorzio di microorganismi - può essere anche seminato a prato verde.

Sempre in figura 8 è visibile uno dei sopra citati dreni, indicato con 70. Tali dreni 70 hanno di preferenza sezione triangolare (ad esempio con base larga circa 1 metro ed altezza di circa 500 mm) e sono preferibilmente realizzati con pietre rotonde non calcaree, ad esempio del diametro di 80-120 mm. I dreni 70 vengono posati su una prima parte (ad esempio i primi 150 mm) di ghiaia dello strato 62 del pacchetto drenante posizionato sulle zeoliti dello strato 61.

Come ben visibile anche in figura 10, i dreni 70 si dipartono sostanzialmente dal perimetro esterno dell'area A0 e si estendono a raggiera verso l'esterno, per terminare in un grande dreno circolare 71, realizzato in sostanziale corrispondenza del perimetro esterno dell'area A1, e più particolarmente in corrispondenza del lato interno della struttura di raccolta 50, qui rappresentato dal canale C1.

In questo modo si realizza la regimentazione delle acque nell'ambito delle aree A0 ed A1, sia prima dell'incidente, nonché dopo l'incidente. Come è evidente, grazie alle strutture 10 e 50 diventa possibile gestire, contenere e trattare sia le acque meteorologiche che quelle di processo irrorate delle torri in caso di incidente. Nel caso di incidente nucleare queste acque possono confluire

nel canale perimetrale C1, realizzato per contenere la prima acqua contaminata e consentirne poi il trattamento. Le acque passano attraverso la rete dei dreni 70 posti a raggiera sopra il pacchetto impermeabilizzante dell'area A1, e confluiscono nel dreno 71. In una forma di attuazione l'acqua passa dal dreno 71 al canale C1 attraverso fori 72 provvisti di sifoni 73 (figura 7) posizionati nel muro interno del canale C1, a contatto con lo stesso dreno 71, in corrispondenza dei punti di confluenza dei dreni 70 con il dreno 71.

Il canale C1 può essere realizzato in opera o prefabbricato in cemento armato, può avere una larghezza di circa 3 metri e, come nell'esempio raffigurato, essere parzialmente interrato. Il canale C1 può essere coperto superiormente con un telo a chiusura stagna rimovibile, come visibile in figura 7.

La struttura di impermeabilizzazione 10, qui comprensiva dei due teli 12 con interposto lo strato di zeoliti 13 (figure 8 e 9), è sigillato ermeticamente contro il suddetto muro interno del canale C1, fino alla sua sommità (vedere figura 7), cosicché le aree A0 ed A1 risultano totalmente isolate rispetto al sottosuolo.

Il canale C1, prima di un incidente alla centrale 1, riceverà sempre acqua meteorologica pulita di scorrimento e, dopo l'incidente nucleare, riceverà acqua inquinata di scorrimento e di percolazione dell'area A1 e di confluenza con quella regolamentata dall'area A0. Come detto, in corrispondenza del lato interno del canale C1 è previsto il dreno anulare 71, che è preferibilmente coperto con tessuto non tessuto per preservarne l'integrità. Di preferenza, il dreno 71, profondo ad esempio 1,5 metri e alto 1 metro, ha anch'esso sezione sostanzialmente triangolare ed è

realizzato con pietre rotonde non calcaree (ad esempio aventi diametro di 80-120 mm).

Nel caso di incidente nucleare non catastrofico, ovvero del tipo in cui la centrale 1 sia recuperabile e/o comporti fughe eliminabili di contaminanti, il sistema secondo l'invenzione consente di intervenire prontamente mediante le piogge artificiali dalle torri 20-22, con la conseguente cattura e precipitazione di gran parte dei contaminanti, attraverso la struttura di impermeabilizzazione 10 e la struttura di raccolta 50.

In una forma di attuazione dell'invenzione, in caso di non recuperabilità dell'impianto a seguito dell'incidente, è prevista l'operazione di ricoprire l'area A0 (e quindi la centrale 1) e l'area anulare A1 con un materiale M idoneo alla realizzazione di un bio-reattore. Tale bio-reattore è parzialmente visibile in figura 11, dove è indicato nel complesso con 100.

In una forma di attuazione particolarmente vantaggiosa, in prossimità del perimetro esterno dell'area A1, oltre il diaframma 60, è predisposta almeno una linea ferroviaria di servizio 110. Nel caso esemplificato, ad esempio nelle figure 3, 7 e 11, sono previsti allo scopo due binari, per consentire il trasporto ed il successivo scarico, tramite vagoni o simili mezzi di trasporto, del materiale M idoneo alla realizzazione del bio-reattore. Di preferenza, i suddetti vagoni di trasporto del materiale sono di tipo a comando remoto, ad esempio di tipo teleguidato.

In una forma di attuazione, l'anello ferroviario 110 che circonda l'area A1 ha una pluralità di punti di ingresso, non rappresentati, provvisti di scambi, che sovrastano il diaframma 60 e la struttura 50 rappresentata

dai canali C1 e C2, onde accedere all'area A1 e quindi consentire lo scarico del materiale M.

Vantaggiosamente, lungo la linea ferroviaria 110 può essere prevista una stazione di lavaggio, ad esempio a tunnel, indicata con 111 in figura 3. In tale stazione 111 vengono lavati i vagoni, dopo che questi hanno scaricato il materiale M; le acque di lavaggio vengono convogliate dalla stazione 111 nel canale C1, oppure inviate direttamente alla depurazione. Il traffico dei vagoni di trasporto del materiale M sarà preferibilmente gestito in modo automatizzato, ad esempio mediante una centrale di controllo/direzione.

Una volta che il materiale è stato scaricato nell'ambito dell'area A1, idonei mezzi di movimentazione (quali pale meccaniche, dumper, sollevatori, ruspe, eccetera) provvedono a distribuire il materiale stesso. Tali mezzi di movimentazione sono naturalmente dotati di cabine provviste di tutte le disposizioni necessarie per evitare contaminazioni inquinanti agli addetti dei lavori. Ove possibile, peraltro, anche tali mezzi saranno di tipo comandato a distanza, ad esempio teleguidati.

In una forma di attuazione preferita, il materiale M impiegato per la realizzazione del bio-reattore comprende rifiuti solidi urbani. Tali rifiuti possono essere costituiti dalla frazione umida di rifiuti solidi urbani, oppure da rifiuti solidi urbani tal quali, oppure ancora da rifiuti solidi urbani selezionati (ovvero privati da parti pregiate, quali metalli, carta, vetro). I rifiuti che pervengono al sito, onde essere alimentati ai vagoni, possono essere in forma sfusa oppure in balle. Un'altra soluzione è quella di prevedere in loco una linea di pressatura per i rifiuti sfusi, ad esempio una linea per

ognuno dei punti di scarico del materiale. Il rifiuto sciolto in arrivo viene in tal modo convertito in balle, poi trasportate ai punti di collocamento nell'abito delle aree A0 ed A1.

Con riferimento a tale attuazione, lo scarico dei rifiuti M avviene in punti prestabiliti, asserviti dalla linea ferroviaria 110, nei quali tratti di rotaia serviti da scambi si estendono al di sopra del diaframma 60 e dei canali C1 e C2 (uno di tali tratti è indicato con 112 in figura 3). I mezzi di trasporto su rotaia ribaltano i rifiuti su un relativo spiazzo interno all'area A1 (uno di tali spiazzi è indicato con 113 in figura 3), dal quale altri mezzi meccanici (sollevatori telescopici, pale meccaniche, dumper, compattatori, eccetera), preferibilmente comandati a distanza, prelevano i rifiuti e li distribuiscono, compattandoli ad hoc sulle aree A0 ed A1.

Il bio-reattore 100 viene quindi realizzato con stratificazione di rifiuti sfusi o imballati, in salita verso l'interno dell'area A1, ove gli strati hanno diametri sostanzialmente decrescenti man mano che la struttura si sviluppa in altezza. In tal modo, il bio-reattore 100 viene ad assumere una forma approssimativamente piramidale, preferibilmente con gradini corrispondenti ai vari strati di volta in volta depositati. Ad esempio, partendo dal muro rialzato fuori terra del canale C1, si inizia la deposizione dei vari strati di rifiuti, aventi ciascuno un'altezza di circa 2-3 metri ciascuno, originando così i suddetti gradini.

Durante la distribuzione e compattazione dei rifiuti M di costruzione del bio-reattore 100 (siano essi sfusi o da balle), per ogni gradino si dispone uno strato di zeoliti,

ad esempio dai 20 ai 50 mm di spessore, indicato con 119 in figura 13. Preferibilmente, tale strato di zeoliti non interessa l'intera superficie superiore dello strato di rifiuti del gradino, ma solo la sua parte periferica (ad esempio per circa 25 metri verso il centro dello strato di rifiuti). Lo strato zeoliti, che può avere uno spessore compreso tra i 200 ed i 300 mm, serve vantaggiosamente anche da fondo per i veicoli di distribuzione e compattazione dei rifiuti.

Infine, lo strato 119 di zeoliti di ogni gradino viene coperto con una struttura multistrato drenante ed impermeabilizzante, indicata con 120 in figura 12, che include almeno un telo impermeabilizzante. Come evidenziato in figura 13, tale struttura 120 può ad esempio comprendere (nell'ordine, dal basso verso l'alto):

- un primo telo 121 di tessuto non tessuto;
- un telo impermeabile 122 in polietilene, preferibilmente HDPE,
- un secondo telo 121 di tessuto non tessuto,
- uno strato 123 di zeoliti,
- un manto 124 di argilla impermeabile,
- uno strato 125 di sabbia,
- uno strato 126 di terra con ghiaia spaccata,
- uno strato 127 di humus (ad esempio HUMUS ANENZY®) eventualmente bio-attivato con un consorzio di microorganismi (ad esempio ENZYVEBA®), tale ultimo strato potendo poi essere seminato con piante erbacee adsorbenti.

La struttura 120 evita l'uscita eventuale delle radiazioni e l'ingresso di aria ambientale e pioggia all'interno del bio-reattore 100. In corrispondenza dei punti in cui insistono i pozzi di captazione del biogas (in seguito descritti) e le torri 20-22, il telo impermeabile

122 sarà adeguatamente sagomato e fissato per garantire la tenuta, e quindi evitare ingresso d'aria e/o l'uscita di biogas.

La struttura 120 di copertura viene composta man mano che il bio-reattore 100 si "innalza", fino alla sua sommità, che si troverà sostanzialmente al di sopra della centrale 1, ad un'altezza indicativa di 50-60 metri. Nella parte bassa del bio-reattore, il telo 122 in polietilene viene saldato al muro interno del canale C1; in tal modo si evita la mescolanza tra le acque di percolazione interne al bio-reattore 100, che confluiranno tramite i dreni 70 e 71 nel canale C1, e le acque esterne e superficiali al bio-reattore 100, che confluiranno nel canale C2. A tale scopo, come esemplificato in figura 14, in tale zona può essere definita una caditoia 130 che è collegata al canale C2 tramite appositi passaggi e tubi 131 di attraversamento del canale C1. Le acque meteorologiche o artificiali che cadranno sopra al bio-reattore 100 scorreranno quindi verso la caditoia 130, per poi raggiungere l'interno del canale C2.

Si noti che anche all'interno della struttura 120, particolarmente al di sopra del suo telo impermeabilizzante 122, possono essere previsti dreni radiali ed un dreno esterno anulare, di concezione simile a quelli precedentemente indicati con 70 e 71. Tali dreni ricavati nella struttura 120 sono indicati con 132 e 133 in figura 14. Preferibilmente, inoltre, dei dreni circolari intermedi saranno previsti anche in corrispondenza dei vari gradini della struttura del bio-reattore 100, come esemplificato in figura 17, ove tali dreni circolari intermedi sono indicati con 134.

Le acque meteorologiche o quelle provenienti dalle

torri 20-22 che penetrano nei rifiuti M nel corso della realizzazione del bio-reattore 100 (più la frazione liquida dei rifiuti), danno evidentemente luogo ad un percolato inquinato, sia perché dilavando i rifiuti si arricchiscono chimicamente e biologicamente, sia perché verranno contaminate dai radionuclidi.

Questo percolato raggiunge il canale C1 durante la costruzione del bio-reattore 100, attraverso i dreni 70 e 71, nonché i fori 72 provvisti dei sifoni 73 del canale C1 (vedere figura 7). In alternativa, e come visibile ad esempio in figura 15, in corrispondenza del dreno anulare 71 possono essere previsti pozzi 140 chiusi superiormente e dotati di pompa 141. Dietro comando, questi pozzi 140 immettono le acque (o il percolato) nel canale C1, sempre mediante uno scarico sifonato 142, oppure lo indirizzano direttamente alla depurazione, tramite una idonea canalizzazione 143 (ad esempio un tubo in polietilene).

Come visibile anche nelle figure 16 e 17, i pozzi 140 di captazione del percolato sono disposti adiacenti al muro interno del canale C1, a distanza l'uno dall'altro (ad esempio a 100 metri di distanza) su tutto il perimetro interno dello stesso canale C1 e sono di preferenza costruiti in modo da poter essere ispezionati (il diametro dei pozzi può essere ad esempio di 2 metri). Di preferenza, i pozzi 140 sono configurati per consentire di variare il battente del percolato sul fondo del bio-reattore, secondo le necessità.

In alternativa ai pozzi 140 il percolato può penetrare nel canale C1 attraverso batterie di fori sifonati realizzati nella parete interna canale C1, similmente a quanto evidenziato in figura 7. Tali batterie di fori, coi relativi sifoni, sono previsti nell'ambito del dreno

circolare 71, in corrispondenza di ciascun dreno radiale 70, come esemplificato nelle figure 18 e 19. In una tale realizzazione può anche essere previsto un collettore 145 per ogni dreno radiale 70, disposto adiacente al muro del canale C1 ed all'interno del dreno 71, con associata una relativa valvola (nell'esempio apribile e chiudibile tramite il comando manuale 146). La presenza dei sifoni 73 consente di far confluire il percolato nel canale C1 senza ritorno di aria, prevenendo al contempo uscite di biogas e radiazioni dal fondo del bio-reattore e prevenendo l'ingresso di aria ambientale nel bio-reattore stesso. I fori 72 sono naturalmente ricavati sostanzialmente in corrispondenza del livello superiore della struttura di impermeabilizzazione 10. La captazione del percolato attraverso i pozzi 140 risulta in ogni caso preferibile, poiché consente all'occorrenza di bypassare il canale C1 e far confluire direttamente il percolato al relativo impianto di depurazione.

Le acque e/o il percolato accumulate nel canale C1 possono essere scaricate nel canale C2. In assenza di incidenti, all'interno del canale C1 è presente acqua non contaminata ed essa può quindi essere scaricata nel canale C2 mediante idonee paratie (non rappresentate) che sono manovrabili manualmente e/o con attuatori. In caso di incidente - e quindi di acqua inquinata di superficie prima, e poi di percolato dal bio-reattore 100 - i liquidi ricevuti nel canale C1 vengono convogliati in apposite vasche di accumulo e trattamento, dove possono essere trattati prima di essere scaricati, mediante idoneo sistema depurativo e decontaminante.

Il canale C2 riceverà invece tutte le acque meteorologiche e quelle artificiali generate dalle torri

20-22 che scorrono sul bio-reattore 100. Di preferenza, il canale C2 è più profondo del canale C1, per poter ricevere le acque dal canale C1 quando esse sono pulite ed eventualmente confluirle su corsi superficiali esterni. Il canale C2 è di preferenza coperto ed è un'ulteriore riserva di contenimento e trattamento in caso di contaminazione.

Nel bio-reattore 100 sono realizzati dei pozzi di captazione del biogas, di concezione in sé nota, indicati con 160 ad esempio in figura 20. Tali pozzi 160 vengono collegati, attraverso apposite sottostazioni, ad un collettore ad anello, ad esempio previsto all'esterno dell'area A1, in prossimità del diaframma 60. I pozzi 160 di captazione del biogas fungono anche da pozzi di captazione del percolato, come evidenziato in figura 21.

Ai fini della realizzazione dei pozzi 160, e prima della deposizione della struttura di copertura 120, nei rifiuti compattati M che realizzano il bio-reattore 100 vengono ricavati canali verticali 161, in cui è disposto un tubo fessurato 162, ad esempio in HDPE. Al tubo 162 è raccordato superiormente un tubo non fessurato 163, provvisto della testa di pozzo e di un'uscita 160a per il biogas, con relativa valvola di regolazione. Prima della realizzazione della struttura di copertura 120, il canale verticale 161 viene riempito con ghiaia, all'esterno del tubo 162. Preferibilmente, inoltre, immediatamente al di sotto della struttura 120 è disposto in orizzontale un tubo micro-fessurato 164.

Attraverso i tubi 162 e 163 viene esteso il tubo 165 per il pescaggio del percolato, che alimenta un bio-digestore 165, la cui uscita di rilancio è collegata alla tubazione 164, in modo disperdere umidità e calore all'interno della biomassa costituita dai rifiuti M, e con

ciò favorire la metanogenesi.

Il biogas viene captato dal bio-reattore 100 tramite i pozzi 160, tenendolo in continua depressione, analizzato su ogni pozzo e convogliato ad una centrale di depurazione, dove si catturano gli eventuali radionuclidi con tecnologie note. Di preferenza, il biogas viene poi inviato ad un motore endotermico ciclo otto, che lo brucia producendo energia elettrica. I gas di scarico del suddetto motore vengono bruciati con l'impiego di metano in un apposito post-combustore; il gas di scarico può ancora essere inviato a un processo di alghe che digeriscono la CO₂.

La depurazione del biogas consente di catturare i radionuclidi che eventualmente migrano con il biogas all'esterno del bio-reattore 100, onde essere incapsulati in appositi contenitori ed inviati nei centri di trattamento convenzionati.

Come si vede, la centrale nucleare 1 risulta alla fine inglobata in un grande bio-reattore, le cui attività anaerobiche metanogeniche in ambiente sigillato attueranno un blocco/fissaggio delle radiazioni che nei decenni a venire (ragionevolmente circa 50 anni) potranno assoggettarsi alle leggi naturali della procreazione microbica. La parte di radionuclidi che migra con il biogas sarà, come detto, catturata nella fase di depurazione dello stesso biogas. Tutto il bio-reattore 100 sarà naturalmente sotto stretto controllo analitico attraverso le acque dei canali C1 e C2 ed attraverso i pozzi di captazione del biogas e del percolato.

Dalla descrizione effettuata risultano chiare le caratteristiche ed i vantaggi della presente invenzione, tra i quali vanno sottolineati i seguenti:

- il sistema proposto consente di ottenere la

precipitazione dei contaminanti mediante la pioggia artificiale generata dalle torri 20-22, additivata o meno con polveri granulari zeolitiche o simili;

- la suddetta pioggia artificiale, anche nel periodo successivo all'incidente, e durante l'eventuale costruzione del bio-reattore 100, evita che il vento sposti i contaminanti;

- le strutture di impermeabilizzazione 10 e di raccolta 50 impediscono alle acque meteorologiche ed a quelle irrorate dalle torri 20-22 di raggiungere le falde freatiche e/o i corsi d'acqua superficiali naturali;

- la struttura di raccolta 50 consente di contenere le acque suddette, ai fini del successivo trattamento di decontaminazione;

- l'eventuale bio-reattore 100, impiegato a copertura dell'impianto 1 non recuperabile, impedisce la continuità di fuga dei contaminanti dopo l'incidente e costituisce al contempo un veicolo di captazione dei contaminanti che fuoriescono dal sottostante impianto danneggiato;

- l'impiego di rifiuti soli urbani, o della loro frazione umida, per costruire il bio-reattore comporta costi contenuti e tale materiale è facilmente reperibile in gran quantità da città ed agglomerati urbani che si trovano nel raggio di 100-250 km dalla centrale;

- il percolato inquinato che si genera nel corso della realizzazione del bio-reattore e durante la sua vita utile può essere gestito in modo semplice, e costituisce esso stesso - unitamente al biogas - un veicolo di cattura dei contaminanti nel tempo;

- il biogas generato dal bio-reattore consente di ottenere importanti recuperi energetici, ad esempio se impiegato per l'alimentazione di generatori di energia

elettrica.

E' chiaro che numerose varianti sono possibili per la persona esperta del ramo al sistema ed al metodo descritti come esempio, senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione così come definita dalle rivendicazioni che seguono.

Si segnala che, prima della costruzione del bioreattore 100, è possibile realizzare almeno un tunnel di emergenza ed ispezione, preferibilmente con due ingressi e due uscite, che consenta di raggiungere l'area A0 partendo dall'area A2, e con diramazioni nei locali di interesse della centrale 1. Tale rete di tunnel sarà naturalmente totalmente impermeabilizzata ad acqua e gas, impiegando ad esempio tubi tipo rete fognaria di adeguate dimensioni.

Come in precedenza accennato, l'invenzione trova la sua applicazione preferita in abbinamento a centrali nucleari, sia esistenti che di nuova costruzione, ma l'invenzione è suscettibile di applicazione anche nel caso di impianti industriali che, in caso di incidente, sono soggetti all'emissione di sostanze nocive nell'ambiente.

In accordo ad una possibile implementazione dell'invenzione, oltre alla definizione dell'area periferica A1 vengono preventivamente definite ulteriori aree sostanzialmente concentriche all'aerea A0, seguendo la morfologia del suolo e/o fluviale e/o lacustre. In una forma di attuazione preferita sono ad esempio definite nove ulteriori aree periferiche anulari, come esemplificato nelle figure 22 e 23 (quest'ultima figura rappresentando un dettaglio della zona centrale di figura 21). Nell'esempio raffigurato le suddette ulteriori aree anulari sono le seguenti:

- Area A2, già precedentemente menzionata, che può

avere indicativamente un raggio di circa 500 metri a partire dal perimetro esterno dell'area precedente (A1) verso il perimetro interno dell'area successiva (A3);

- Aree A3 ed A4, ciascuna avente un raggio di circa 2.500 metri a partire dal perimetro esterno dell'area precedente verso il perimetro interno dell'area successiva;

- Aree A5, A6 ed A7, ciascuna avente un raggio di circa 5000 metri a partire dal perimetro esterno dell'area precedente verso il perimetro interno dell'area successiva;

- Area A8, A9 ed A10, ciascuna avente un raggio di circa 10.000 metri a partire dal perimetro esterno dell'area precedente verso il perimetro interno dell'area successiva.

Nella forma di attuazione esemplificata le aree A1 - A10, che possono essere mappate mediante postazioni laser e/o GPS, hanno perimetro interno ed esterno sostanzialmente ottagonale (a parte l'area A1, nell'esempio, il cui solo perimetro esterno è ottagonale); tale forma deve peraltro intendersi come meramente preferenziale e non limitativa.

Ciascuna area periferica anulare può essere a sua volta suddivisa in un numero di sotto-aree a fini di successive analisi, come in seguito spiegato; sempre con riferimento al caso esemplificato nelle figure 22 e 23, le sotto-aree suddette - non indicate - sono definite dagli otto raggi "r" dei perimetri ottagonali delle aree A1 - A10, onde definire un totale di otto sotto-aree uguali per ciascuna area anulare. Naturalmente il numero delle sotto-aree potrebbe anche essere maggiore a quello esemplificato, ad esempio sedici sotto-aree per ciascuna area A1 - A10 (prevedendo in tal caso una suddivisione secondo gli otto raggi "r" e gli otto apotemi "a" del perimetro ottagonale delle aree A1 - A10). La definizione delle aree periferiche

e delle eventuali sotto-aree è particolarmente utile ai fini dell'effettuazione di attività di analisi, sia prima che dopo un eventuale incidente all'impianto 1. L'area A1 può anche essere suddivisa in una pluralità di sub-aree concentriche, anch'esse a perimetro sostanzialmente ottagonale, ad esempio a circa 50 metri l'una dall'altra; tali sub-aree sono esemplificate in tratteggio in figura 3 e possono corrispondere a gradini del bio-reattore 100, se questo dovrà essere realizzato a seguito di un incidente all'impianto 1.

In una forma di attuazione, è quindi possibile procedere ad un'attività di analisi preventiva per ciascuna area A1 - A10 o per le relative sotto-aree; tale attività di analisi può comprendere, ad esempio, un'analisi chimica e biologica del suolo, un'indagine idrogeologica ed uno studio agronomico per determinare le colture vegetali più adatte al suolo delle varie aree; tali colture sono preferibilmente selezionate tra quelle colture note aventi capacità adsorbitrici di sostanze contaminanti, quali i girasoli. Lo studio agronomico può essere compiuto sulle sole aree A2 - A10 (e le eventuali relative sotto-aree), atteso che l'area A1 è destinata - in caso di incidente - ad essere ricoperta dal bireattore 100.

La suddetta fase di analisi preventiva può essere effettuata prima della costruzione delle strutture del sistema secondo l'invenzione o contestualmente ad essa.

A seguito di un incidente all'impianto 1 - e fatto salvo quanto descritto precedentemente in relazione all'intervento del sistema secondo l'invenzione ed alla realizzazione del bio-reattore - è possibile effettuare una nuova serie di analisi simili alle precedenti ed operare un confronto con i dati acquisiti prima dell'incidente

all'impianto 1, onde acquisire informazioni sulle eventuali mutate condizioni di suolo e sottosuolo nelle aree circostanti l'impianto 1: ciò in considerazione del fatto che parte delle emissioni nocive può non essere catturata dal sistema comprensivo della struttura di impermeabilizzazione 10, delle torri di irrorazione 20-22 e della struttura di raccolta 50, e quindi disperdersi oltre l'area A1. Le analisi post-incidente sono di preferenza effettuate periodicamente, ad esempio con cadenza dapprima mensile, ad esempio nel primo anno dopo l'incidente, e proseguire successivamente con cadenza trimestrale, negli anni successivi al primo.

In merito alle colture agricole, nel corso del primo anno dopo l'incidente è possibile effettuare test su ogni area A2 - A10, partendo dai risultati dello studio agronomico effettuato prima dell'incidente; dal secondo anno si potranno implementare effettivamente ed in modo intensivo le colture secondo i risultati dei test effettuati.

Nel corso del primo anno dopo l'incidente è anche possibile affiancare alle analisi biologiche del terreno delle aree A2 - A10 specifici test di bio-attivazione microbiologica, con l'impiego di consorzi microbici, quali il consorzio non geneticamente modificato ENZYVEBA® precedentemente citato. Tali test applicativi, che sono di preferenza effettuati su tutte le aree A2 - A10 (ed eventuali sotto-aree) sono finalizzati ad individuare i microrganismi più adatti ed i vantaggi che essi possono apportare. Dopo l'individuazione del/dei prodotti biologici e delle colture ritenute più idonee, è possibile avviare la loro applicazione estensiva/intensiva sulle nove aree A2 - A10.

In una forma di attuazione, il raccolto delle suddette colture viene asportato totalmente e viene stoccato in una delle aree A2 - A10, ad esempio l'area A2, in idonei silos, coperti con telo tipo insilato di mais. Dopo un periodo di stoccaggio (ad esempio un mese) il materiale viene prelevato dai silos (mediante desilatore telecomandato, se è il caso) e alimentato ad uno o più digestori anaerobici di tipo noto (ad esempio realizzati secondo la tecnologia "MESAD" della Richiedente). Ciascun digestore, in un tempo indicativamente compreso tra 40 e 60 giorni, può digerire il materiale attraverso batteri metanogeni, così producendo ulteriore biogas, rispetto a quello prodotto dal bio-reattore 100. Tale ulteriore biogas può essere spillato in continuo e depurato dai contaminanti raccolti dalle colture, similmente a quanto detto in relazione al biogas prodotto dal bio-reattore 100. Il digestato può invece essere essiccato e poi incenerito in un forno inceneritore, con il vapore generato dall'essiccamento che viene anch'esso depurato.

A seguito dell'applicazione dei prodotti biologici e delle colture, si proseguirà in ogni caso al monitoraggio delle aree A2 - A10 (ed eventuali relative sotto-aree), onde controllare l'evolversi della bonifica.

* * *

RIVENDICAZIONI

1. Un sistema per l'abbattimento di emissioni nocive in atmosfera da un impianto (1) in caso di incidente, particolarmente un impianto nucleare, comprendente:

- una struttura di impermeabilizzazione del suolo (10), la struttura di impermeabilizzazione (10) estendendosi almeno in un'area anulare (A1) che circonda l'impianto (1),

- una pluralità di torri di irrorazione (20-22), disposte attorno all'impianto (1) ed operative per irrorare acqua in atmosfera,

- una struttura di raccolta periferica (50), configurata per ricevere acqua ritenuta dalla struttura di impermeabilizzazione (10).

2. Il sistema secondo la rivendicazione 1, in cui la pluralità di torri comprende almeno una tra una serie di torri di irrorazione (20, 21) disposte nell'ambito dell'impianto (1) e/o dei suoi limiti ed una serie di torri di irrorazione (22) disposte nell'area anulare (A1) che circonda l'impianto (1), le torri (20-22) essendo preferibilmente configurate per irrorare acqua ad un'altezza superiore a quella di strutture dell'impianto (1).

3. Il sistema secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, in cui ciascuna torre (20-21) è provvista di mezzi di alimentazione (31, 32, 40, 41) dell'acqua da irrorare, i mezzi di alimentazione (31, 32, 40, 41) comprendendo un primo serbatoio (31) previsto sulla rispettiva torre (20-22) in comunicazione di fluido con rispettivi mezzi irroratori (30).

4. Il sistema secondo la rivendicazione 3, in cui i

mezzi di alimentazione (31, 32, 40, 41) comprendono almeno un secondo serbatoio (40), il secondo serbatoio (10) essendo in comunicazione di fluido con il primo serbatoio (31), particolarmente per il tramite di una linea di alimentazione (31) provvista di pompa.

5. Il sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la struttura di raccolta (50) circonda sostanzialmente completamente la struttura di impermeabilizzazione (10).

6. Il sistema secondo la rivendicazione 5, in cui la struttura di raccolta (50) comprende almeno un canale anulare (C1) avente una parete in sostanziale corrispondenza del perimetro esterno della struttura di impermeabilizzazione (10).

7. Il sistema secondo la rivendicazione 1, in cui le torri di irrorazione (20-22) comprendono inoltre mezzi per disperdere in atmosfera materiale pulverulento, quale polveri zeolitiche.

8. Il sistema secondo la rivendicazione 1, comprendente inoltre una pluralità di primi dreni (70) disposti superiormente alla struttura di impermeabilizzazione (10), i primi dreni (70) estendendosi in direzione radiale sostanzialmente sino in corrispondenza o in prossimità del perimetro esterno dell'area anulare (A1).

9. Il sistema secondo le rivendicazioni 6 e 8, comprendente inoltre almeno un dreno anulare (71) disposto superiormente alla struttura di impermeabilizzazione (10), in cui confluiscono i primi dreni (70), il dreno anulare (71) essendo in sostanziale corrispondenza della detta parete del canale anulare (C1) e posto in comunicazione di fluido con il suo interno.

10. Il sistema secondo la rivendicazione 8, i cui i primi dreni (70) sono formati con pietre o materiale roccioso frammentato e sono almeno parzialmente interrati in uno o più strati di materiale (62-64) disposti al di sopra della struttura di impermeabilizzazione (10).

11. Il sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la struttura di impermeabilizzazione (10) comprende una pluralità di teli impermeabili (12), tra due teli impermeabili (12) essendo preferibilmente interposto uno strato di materiale granulare (13), quale zeoliti.

12. Un metodo per l'abbattimento di emissioni nocive in atmosfera da un impianto (1) in caso di incidente, particolarmente un impianto nucleare, comprendente i passi di:

- predisporre una struttura di impermeabilizzazione del suolo (10), la struttura di impermeabilizzazione (10) estendendosi almeno in un'area anulare (A1) che circonda l'impianto (1),

- predisporre una pluralità di torri di irrorazione (20-22), disposte attorno all'impianto (1) ed operative per irrorare acqua in atmosfera, le torri (20-22) essendo preferibilmente configurate per irrorare acqua ad un'altezza superiore a quella di strutture dell'impianto (1),

- predisporre una struttura di raccolta dell'acqua (50), configurata per ricevere acqua trattenuta dalla struttura di impermeabilizzazione (10), e

- in caso di incidente all'impianto, attivare l'erogazione di acqua dalle torri di irrorazione (20-22), al fine di contenere la diffusione in atmosfera di sostanze nocive rilasciate dall'impianto (1),

in cui l'acqua irrorata dalle torri di irrorazione (20-22) viene trattenuta mediante la struttura di impermeabilizzazione (10) per essere convogliata alla struttura di raccolta (50).

13. Il metodo secondo la rivendicazione 12, in cui, in caso di non recuperabilità dell'impianto (1) a seguito dell'incidente, sono previste le operazioni di:

- ricoprire l'impianto (1) e l'area anulare (A1) che circonda l'impianto (1) con una massa di materiale (M) idoneo alla realizzazione di un bio-reattore (100), e

- provvedere il bio-reattore (100) di mezzi (140, 160) per la raccolta di percolato interno alla massa di materiale (M) e/o di mezzi per la captazione di biogas (160) generato dalla massa di materiale (M).

14. Il metodo secondo la rivendicazione 13, in cui il materiale (M) comprende rifiuti solidi urbani in forma sfusa o in balle.

15. Un metodo per l'abbattimento di emissioni nocive da un impianto (1) in caso di incidente, comprendente i passi di:

- predisporre una prima struttura di impermeabilizzazione del suolo (10), la struttura di impermeabilizzazione (10) estendendosi almeno in un'area anulare (A1) che circonda l'impianto (1),

- predisporre una struttura di raccolta di liquidi (50), configurata per ricevere liquidi trattenuti dalla struttura di impermeabilizzazione (10),

e, in caso di non recuperabilità dell'impianto (1) a seguito dell'incidente:

- ricoprire l'impianto (1) e l'area anulare (A1) che circonda l'impianto (1) con una massa di materiale (M) idoneo alla realizzazione di un bio-reattore (100),

- sigillare superiormente la massa di materiale (M) con una seconda struttura di impermeabilizzazione (120), e
- provvedere il bio-reattore (100), comprensivo della prima struttura di impermeabilizzazione (10), della seconda struttura di impermeabilizzazione (120) e della massa di materiale (M) interposta, di mezzi (140, 160) per la raccolta di percolato interno alla massa di materiale (M) e/o di mezzi (160) per la captazione di biogas generato dalla massa di materiale (M),

in cui il detto materiale (M) comprende in particolare rifiuti solidi urbani in forma sfusa oppure in balle, le balle essendo eventualmente incellofanate.

* * *

CLAIMS

1. A system for the reduction of harmful emissions into the atmosphere from a plant (1) in the event of an accident, particularly a nuclear plant, comprising:

- a structure for ground impermeabilization (10), the impermeabilization structure (10) extending at least in an annular area (A1) which surrounds the plant (1),

- a plurality of sprinkling towers (20-22), arranged around the plant (1) and operative to sprinkle water into the atmosphere,

- a peripheral collecting structure (50), configured to receive water retained by the impermeabilization structure (10).

2. The system according to claim 1, wherein the plurality of towers comprises at least one of a series of sprinkling towers (20, 21) arranged within the plant (1) and/or the boundaries thereof and a series of sprinkling towers (22) arranged in the annular area (A1) surrounding the plant (1), the towers (20-22) being preferably configured to sprinkle water at a height greater than that of structures of the plant (1).

3. The system according to Claim 1 or Claim 2, wherein each tower (20-21) is provided with supply means (31, 32, 40, 41) of the water to be sprinkled, the supply means (31, 32, 40, 41) comprising a first tank (31) provided on the respective tower (20-22) in fluid communication with respective sprinkler means (30).

4. The system according to Claim 3, wherein the supply means (31, 32, 40, 41) comprise at least a second tank (40), the second tank (40) being in fluid communication with the first tank (31), particularly through a supply

line (31) equipped with a pump.

5. The system according to any one of the preceding claims, wherein the collecting structure (50) substantially completely surrounds the impermeabilization structure (10).

6. The system according to Claim 5, wherein the collecting structure (50) comprises at least one annular channel (C1) having a wall substantially at the outer perimeter of the impermeabilization structure (10).

7. The system according to Claim 1, wherein the sprinkling towers (20-22) also comprises means for dispersing powdered material into the atmosphere, such as zeolite powders.

8. The system according to Claim 1, also comprising a plurality of first drains (70) arranged above the impermeabilization structure (10), the first drains (70) extending in a substantially radial direction until at or near to the outer perimeter of the annular area (A1).

9. The system according to Claims 6 and 8, also comprising at least one annular drain (71) arranged above the impermeabilization structure (10), into which the first drains (70) meet, the annular drain (71) being substantially at said wall of the annular channel (C1) and in fluid communication with the inside thereof.

10. The system according to Claim 8, wherein the first drains (70) are formed with stones or fragmented rocky material and are at least partially buried in one or more layers of material (62-64) arranged above the impermeabilization structure (10).

11. The system according to any one of the preceding claims, wherein the impermeabilization structure (10) comprises a plurality of waterproof sheets (12), between two waterproof sheets (12) being preferably interposed a

layer of granular material (13), such as zeolites.

12. A method for the reduction of harmful emissions into the atmosphere from a plant (1) in the event of an accident, particularly a nuclear power plant, comprising the steps of:

- prearranging a structure for ground impermeabilization (10), the impermeabilization structure (10) extending at least in an annular area (A1) surrounding the plant (1),

- prearranging a plurality of sprinkling towers (20-22), arranged around the plant (1) and operative to sprinkle water into the atmosphere, the towers (20-22) being preferably configured to sprinkle water at a height greater than that of structures of the plant (1),

- prearranging a water collecting structure (50), configured to receive water retained by the impermeabilization structure (10), and

- in case of an accident to the plant, activating delivery of water from the sprinkling towers (20-22), in order to limit spreading of harmful substances released into the atmosphere by the plant (1),

wherein water sprinkled by the sprinkling towers (20-22) is retained by means of the impermeabilization structure (10) to be conveyed to the collecting (50).

13. The method according to Claim 12, wherein, in case of non-recoverability of the plant (1) as a result of the accident, there are provided the operations of:

- covering the plant (1) and the annular area (A1) surrounding the plant (1) with a mass of material (M) suitable for obtaining a bio-reactor (100), and

- providing the bio-reactor (100) with means (140, 160) for the collection of percolate internal to the mass

of material (M) and/or with means for collecting biogas (160) generated by the mass of material (M).

14. The method according to Claim 13, wherein the material (M) comprises municipal solid waste in bulk or in bales.

15. A method for the reduction of harmful emissions from a plant (1) in case of an accident, comprising the steps of:

- prearranging a first structure for ground impermeabilization (10), the impermeabilization structure (10) extending at least in an annular area (A1) surrounding the plant (1),

- - prearranging a structure for collecting liquids (50), configured to receive liquids retained by the impermeabilization structure (10),

and, in case of non-recoverability of the plant (1) as a result of the accident:

- covering the plant (1) and the annular area (A1) surrounding the plant (1) with a mass of material (M) suitable for obtaining a bio-reactor (100),

- sealing at the top the mass of material (M) with a second impermeabilization structure (120), and

- providing the bio-reactor (100), inclusive of the first impermeabilization structure (10), the second impermeabilization structure (120) and the mass of material (M) interposed therebetween, with means for the collection of percolate internal to the mass of material (M) and/or with means for collecting biogas (160) generated by the mass of material (M),

wherein the said material (M) comprises in particular municipal solid waste in bulk or in bales, the bales being possibly wrapped-up.

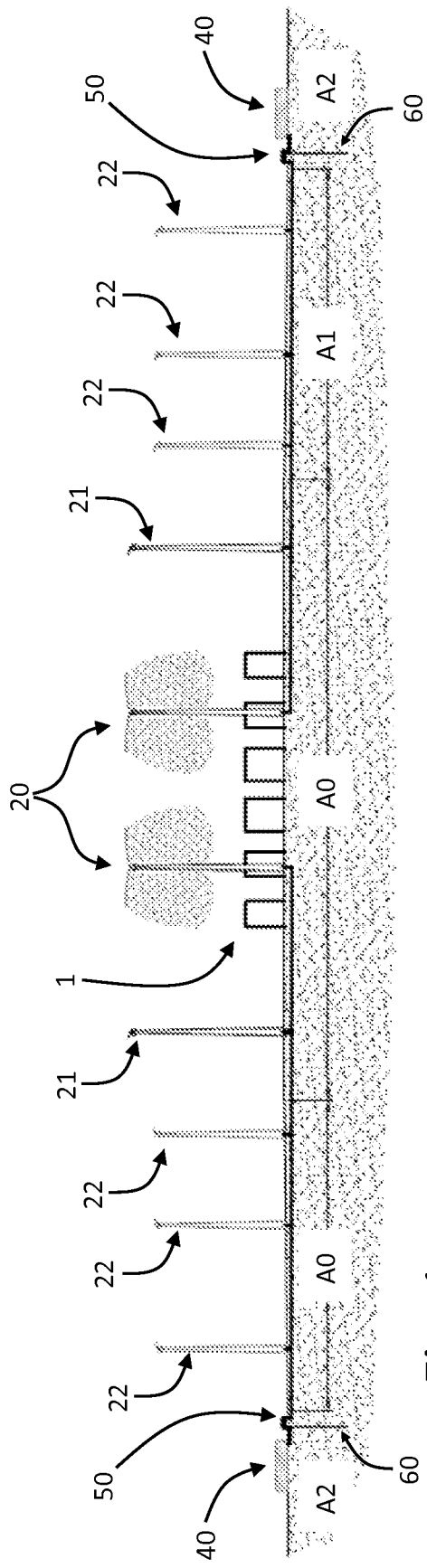


Fig. 1

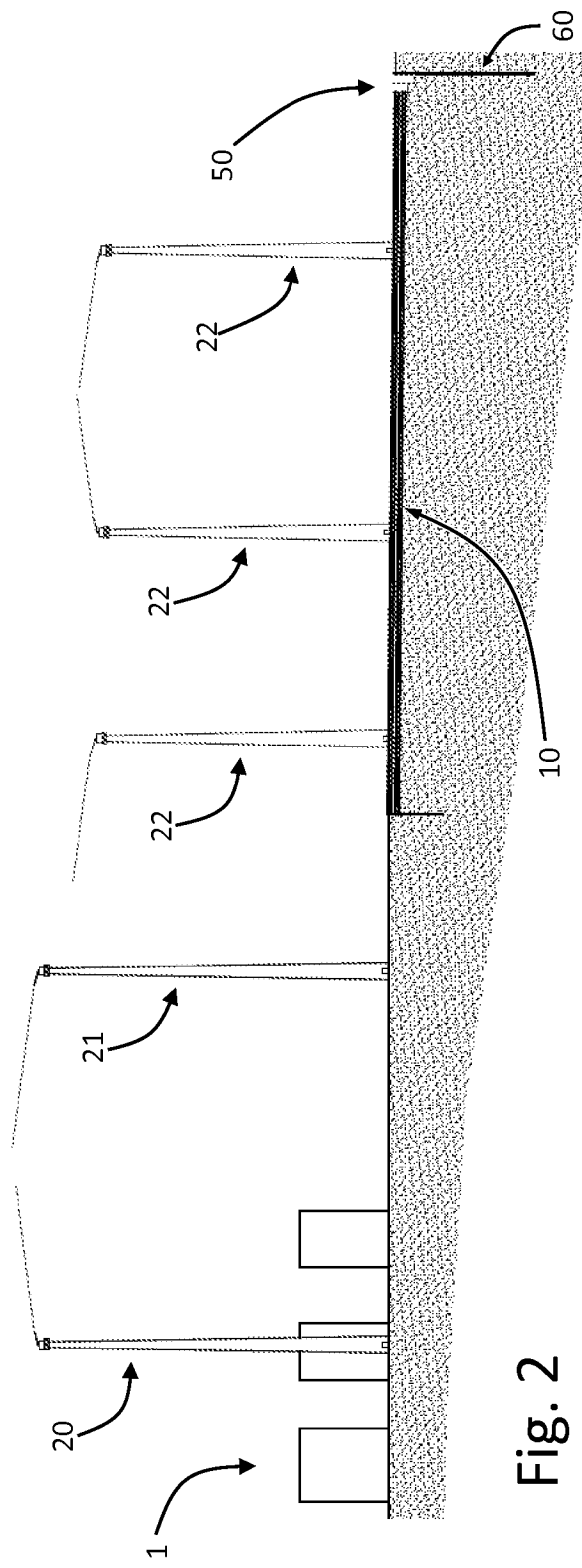
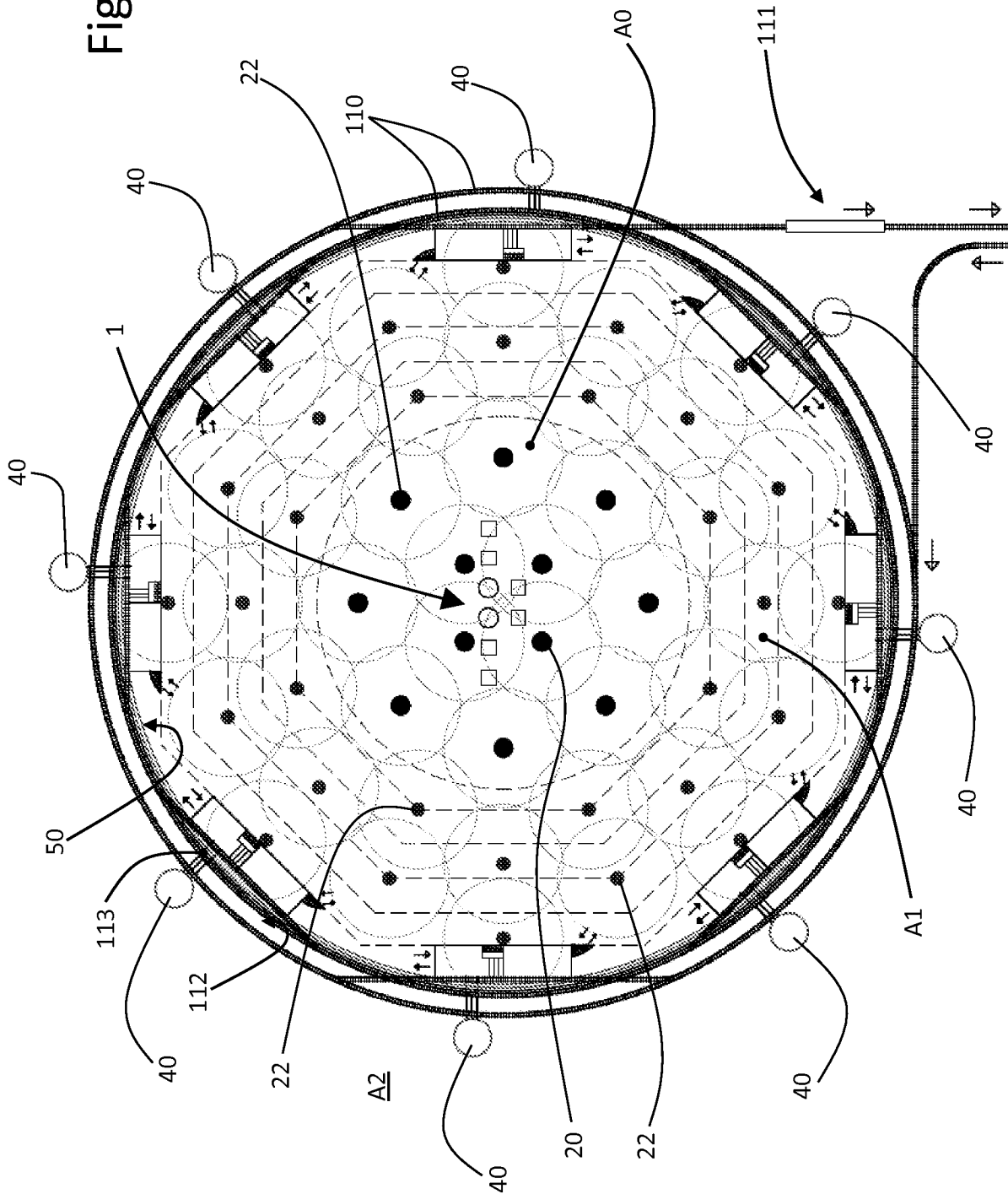
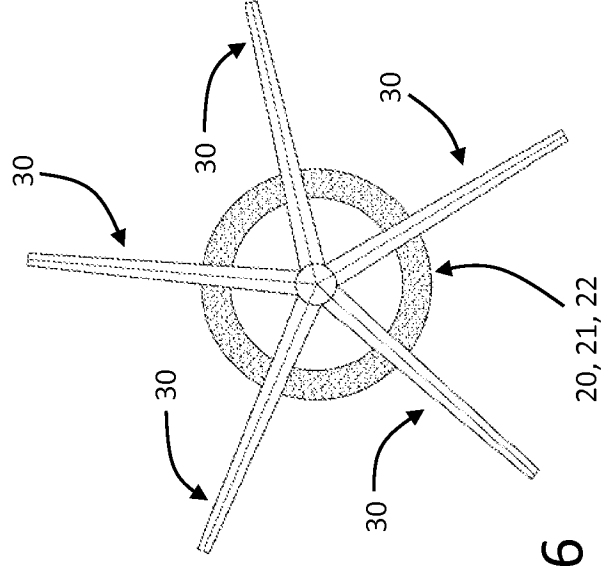
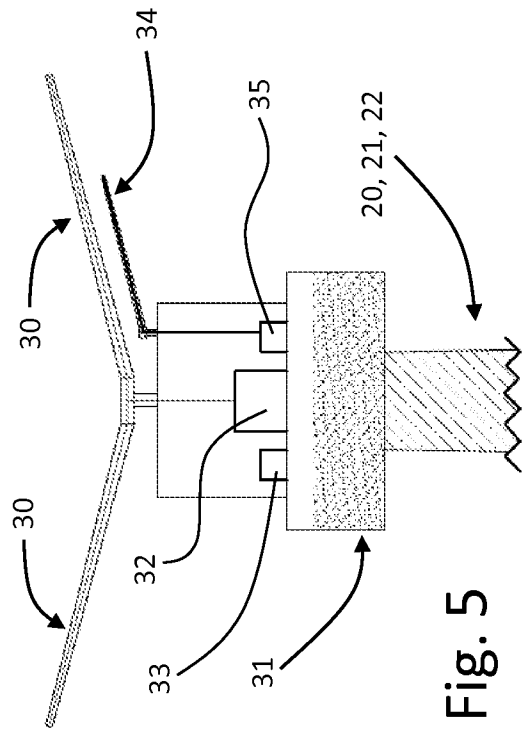
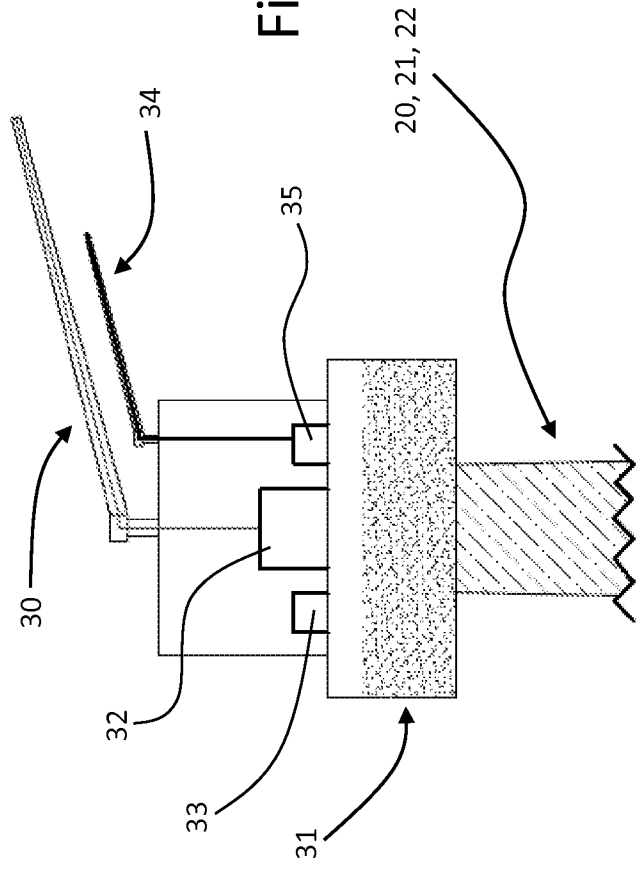


Fig. 2

Fig. 3





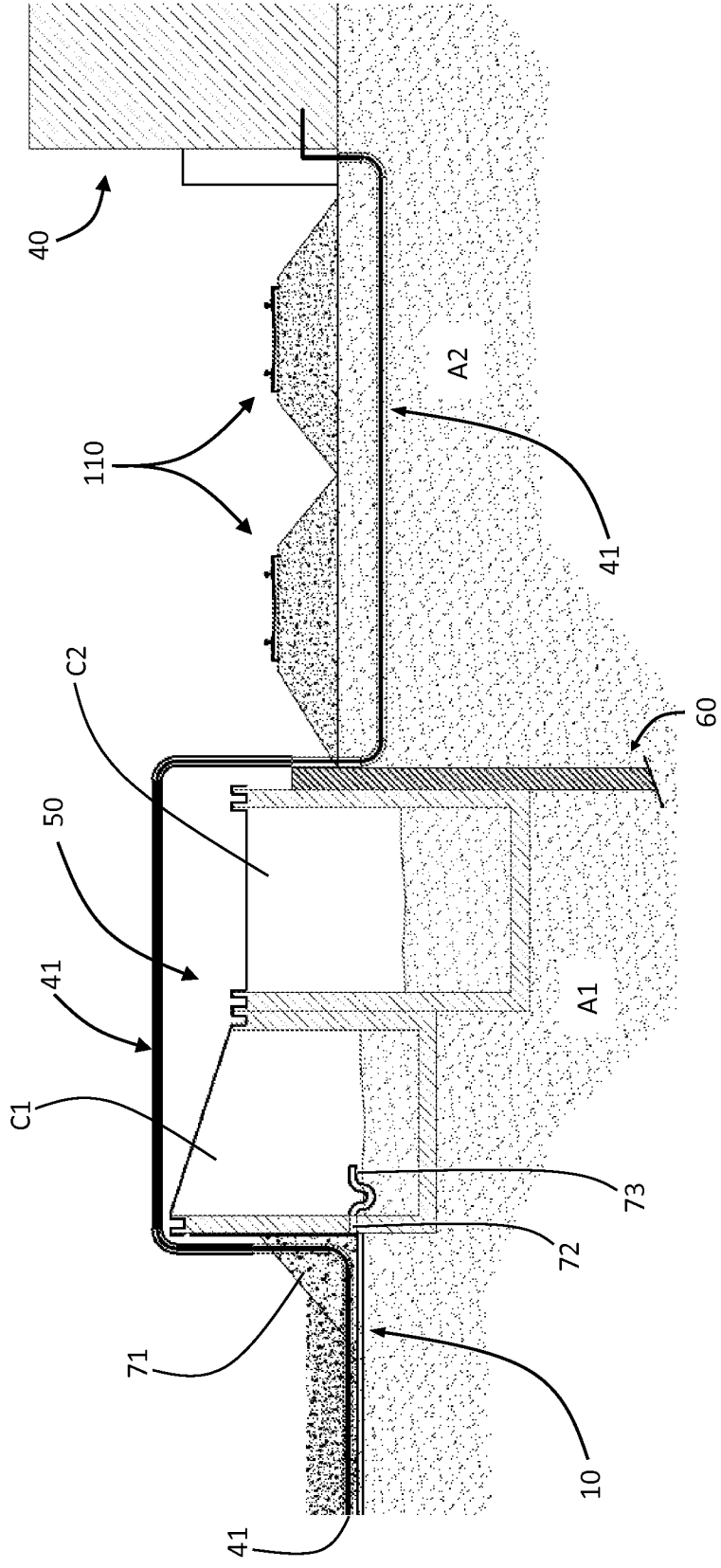


Fig. 7

Fig. 8

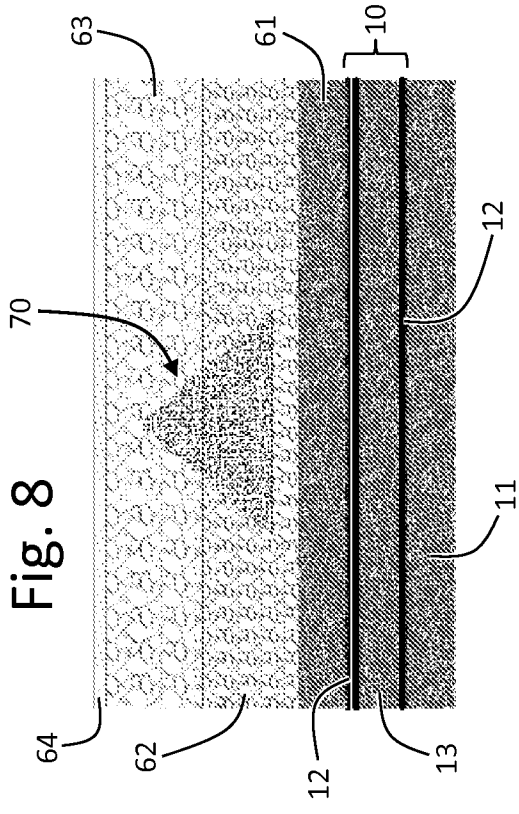


Fig. 9

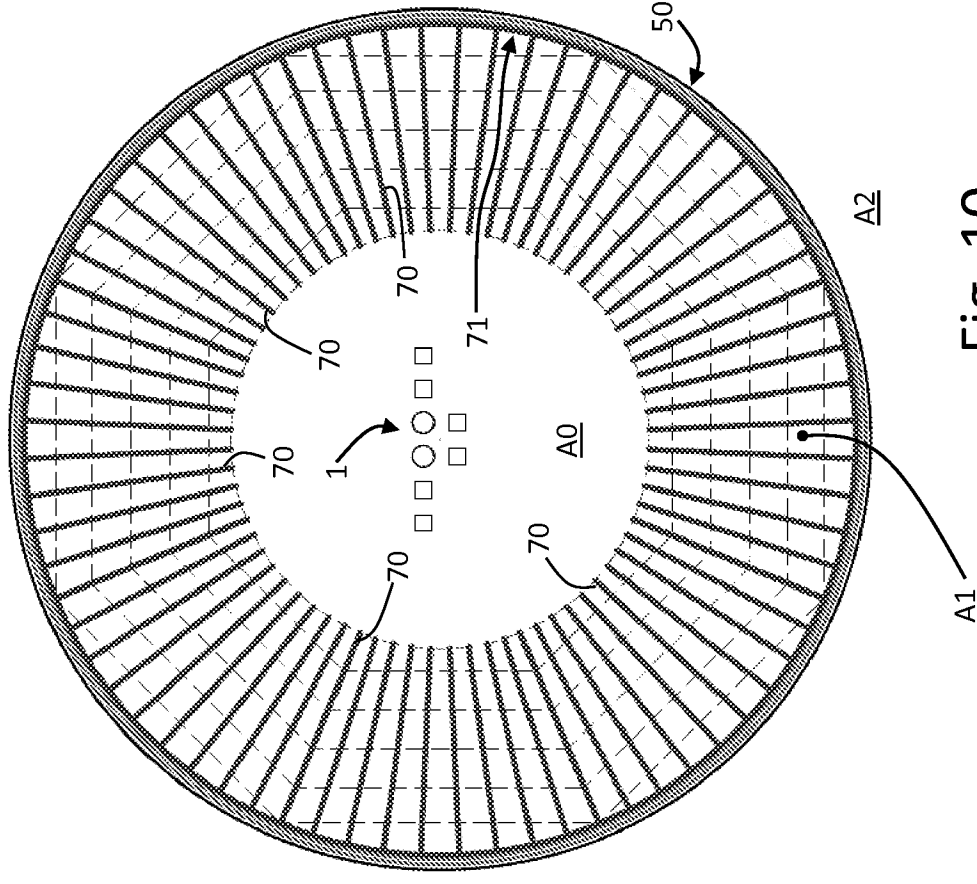
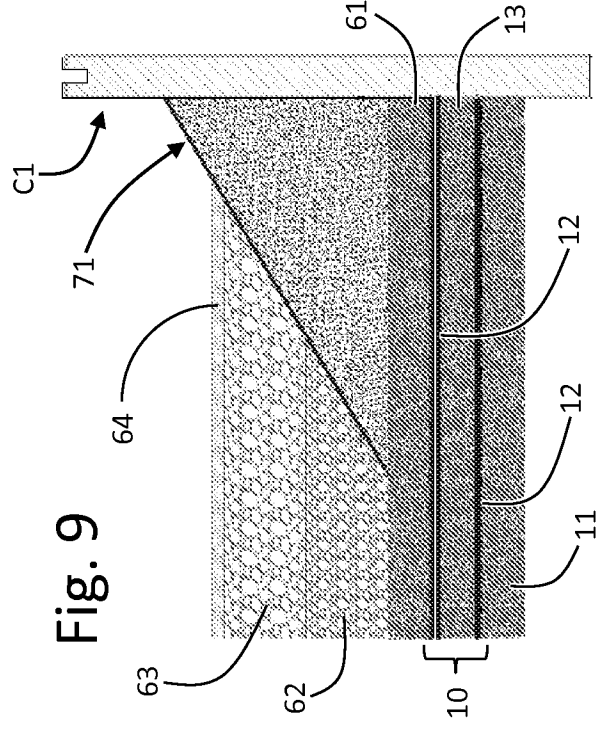


Fig. 10

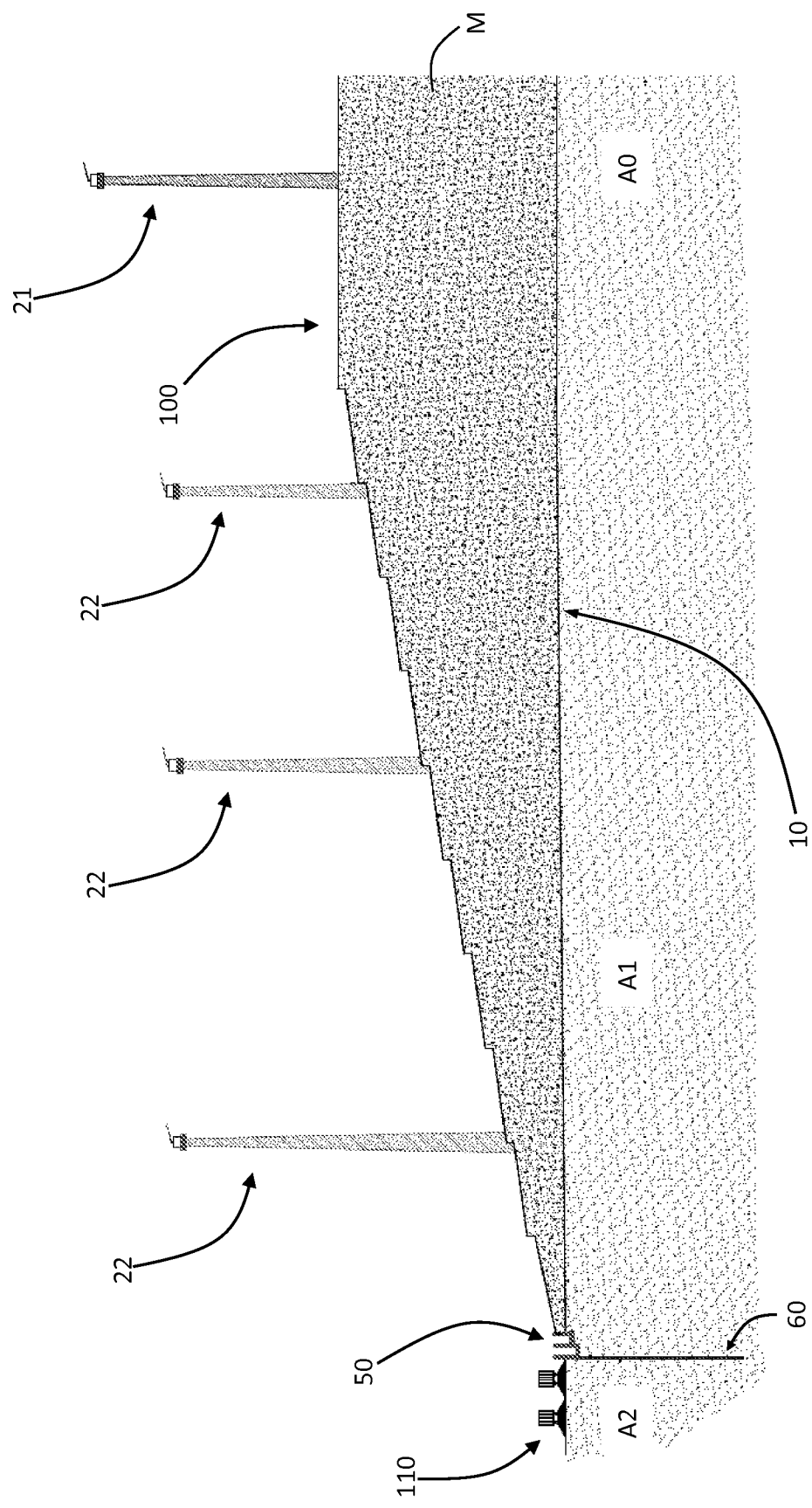


Fig. 11

Fig. 12

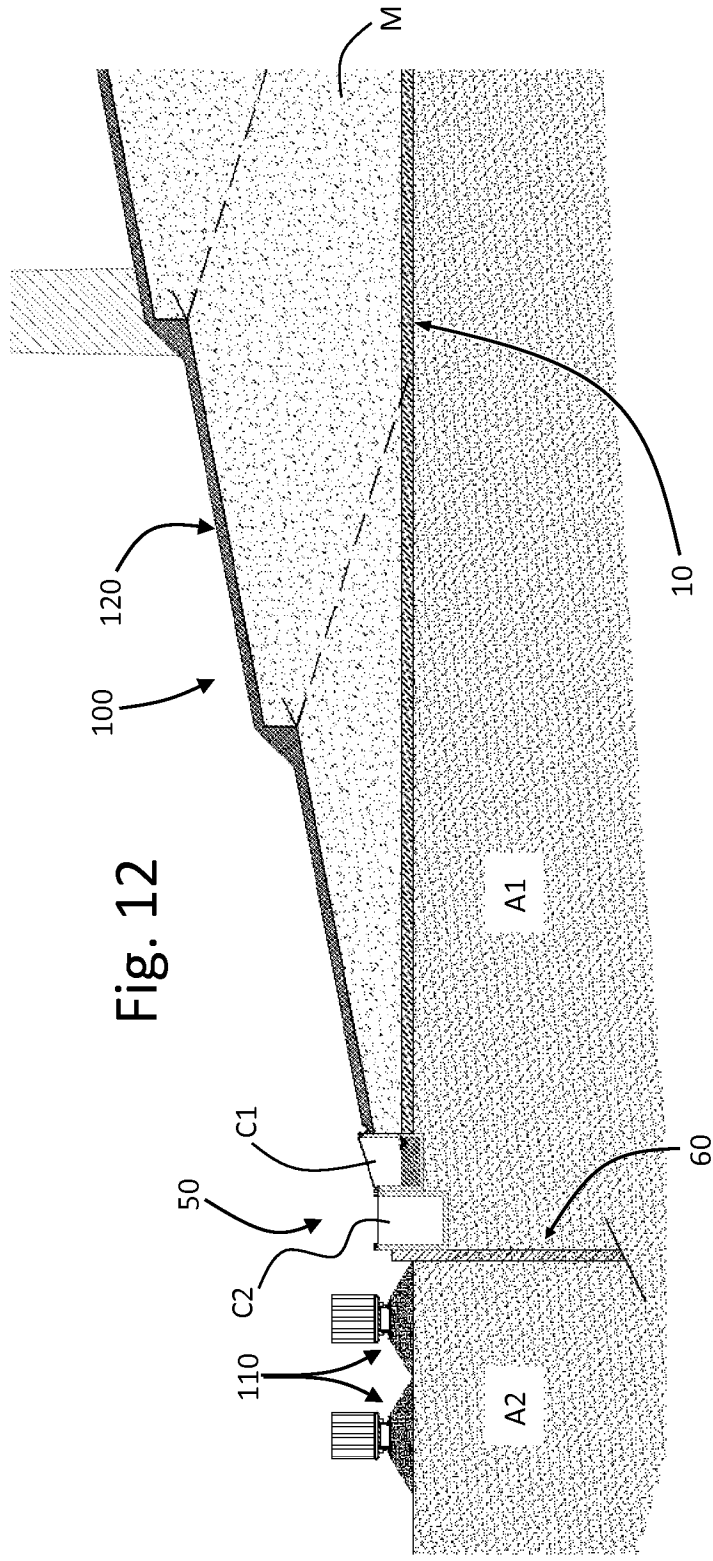
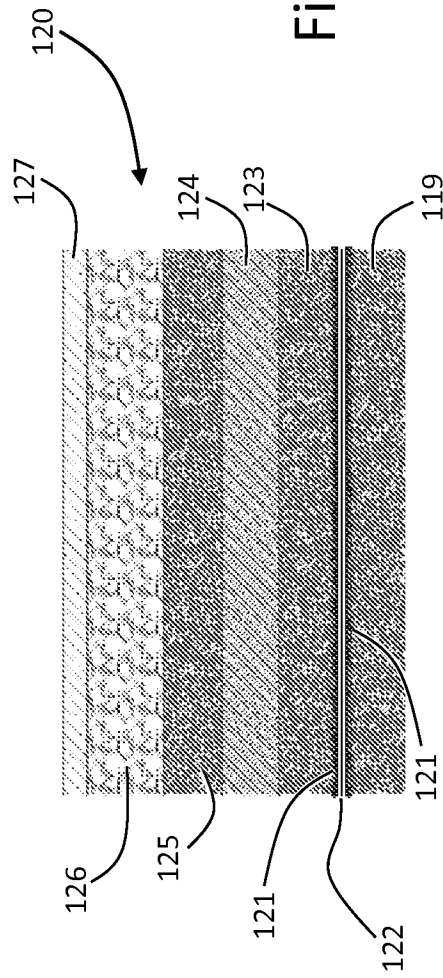


Fig. 13



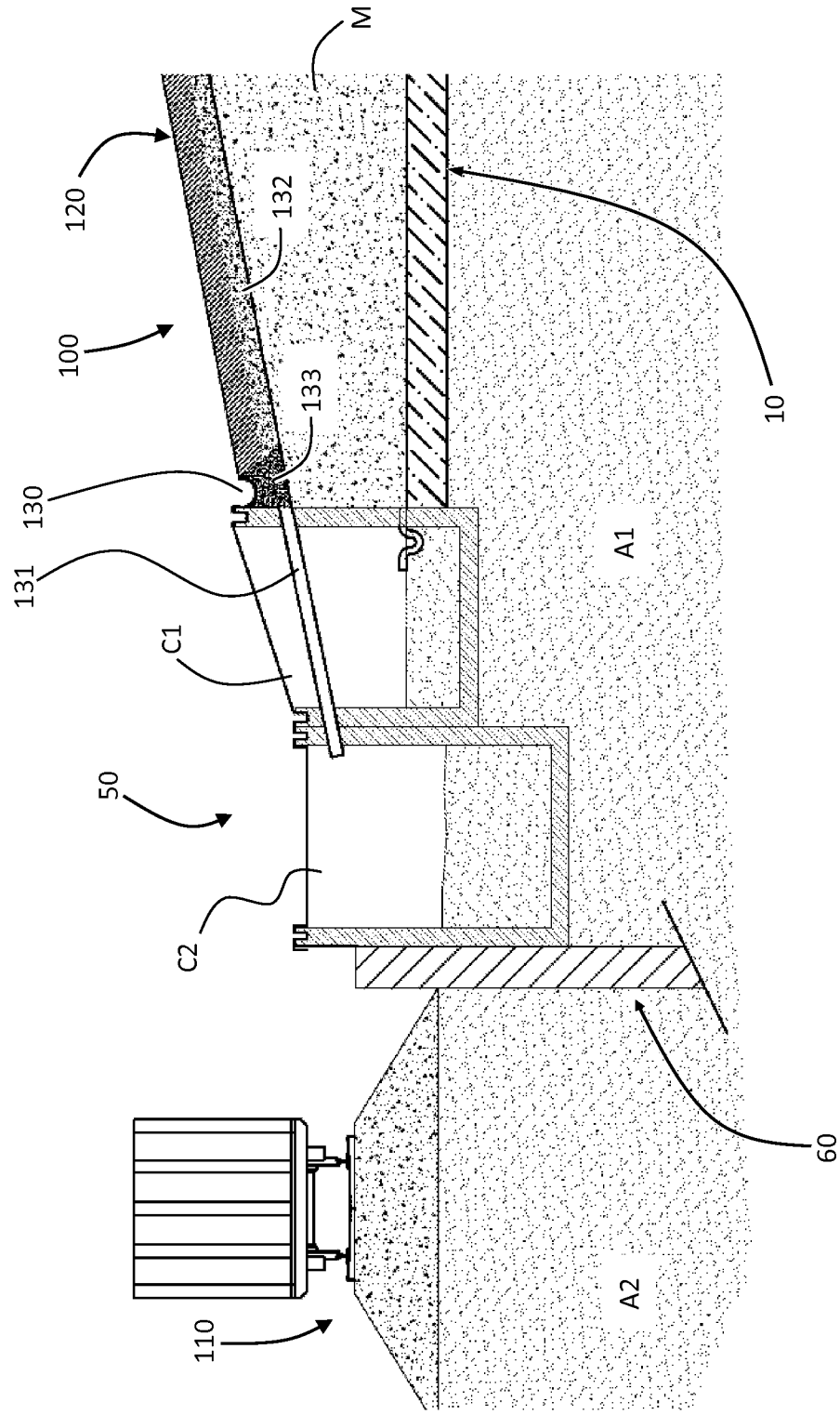


Fig. 14

Fig. 15

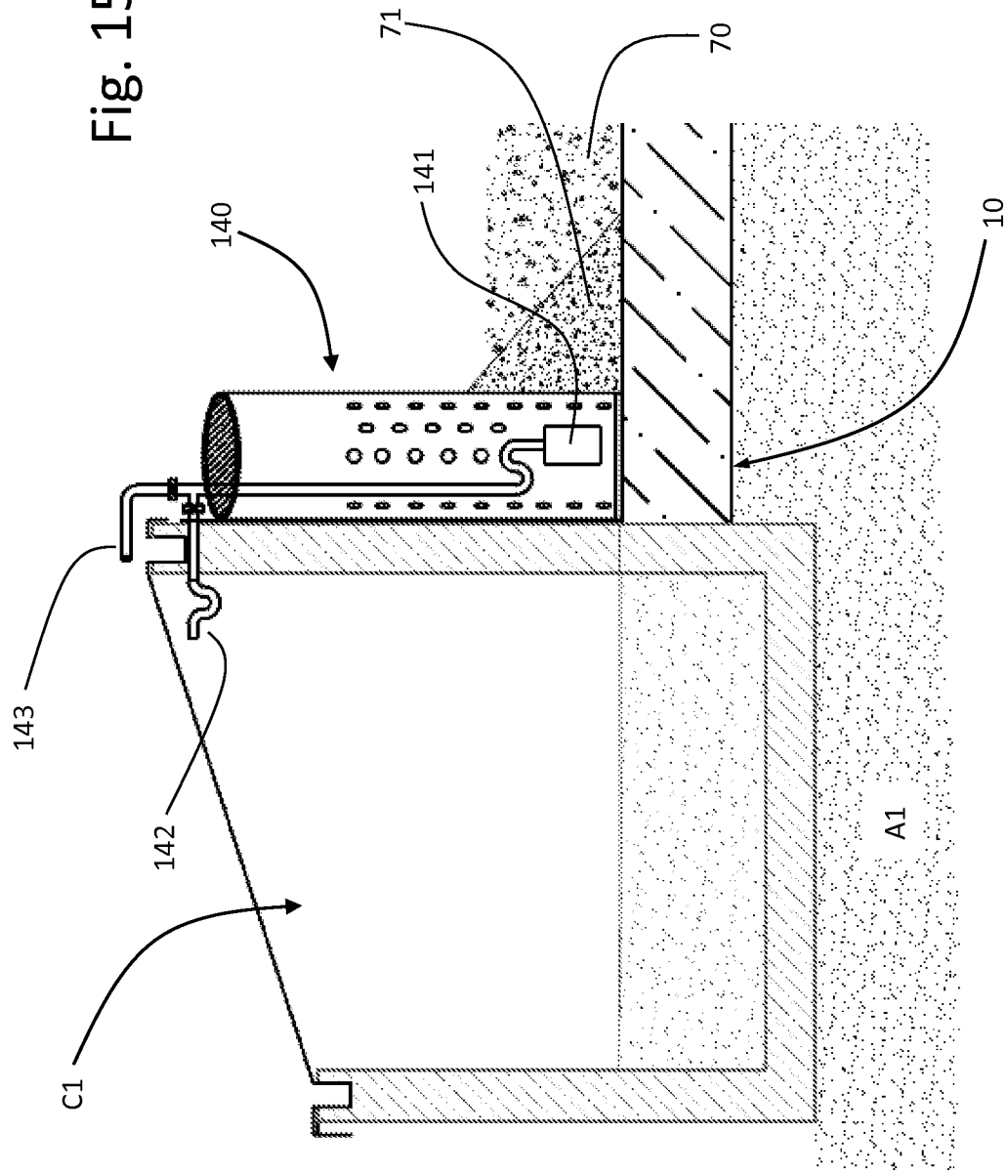


Fig. 17

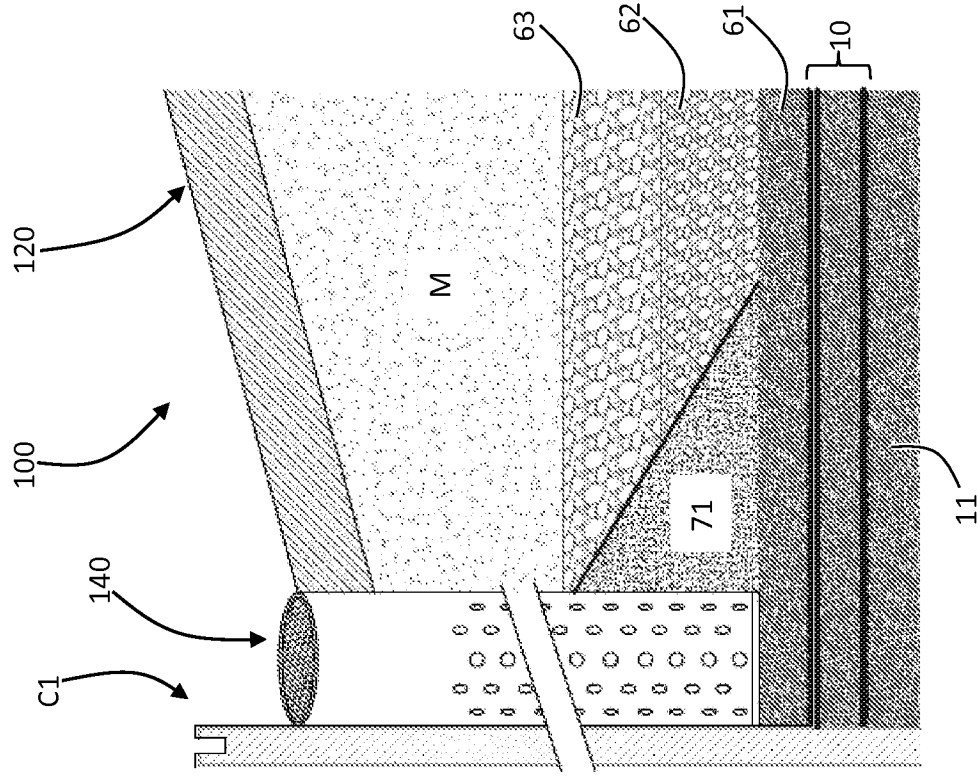
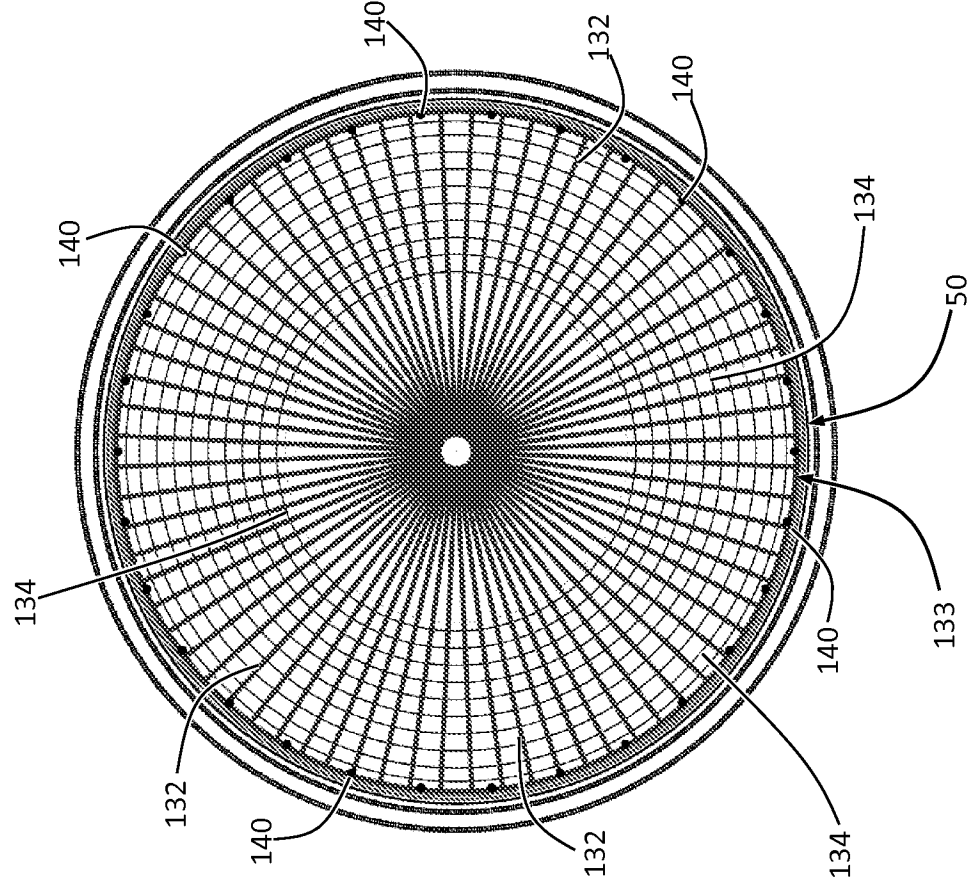


Fig. 16

Fig. 18

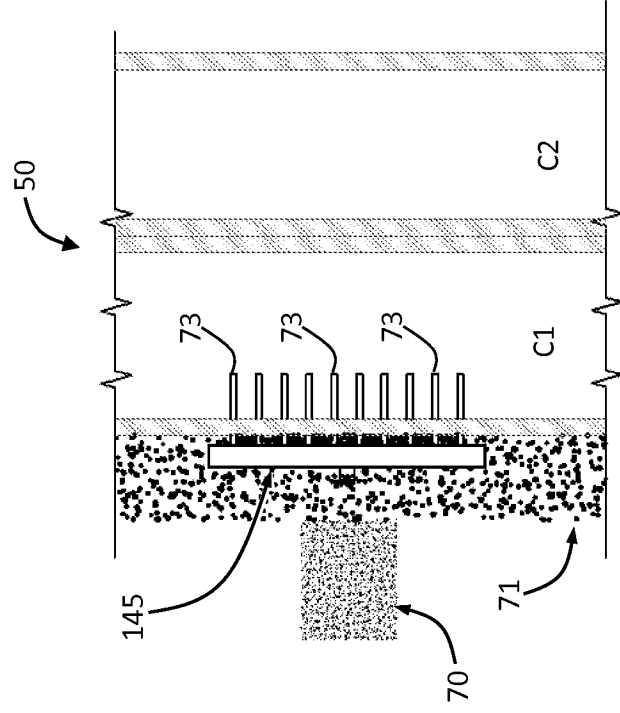
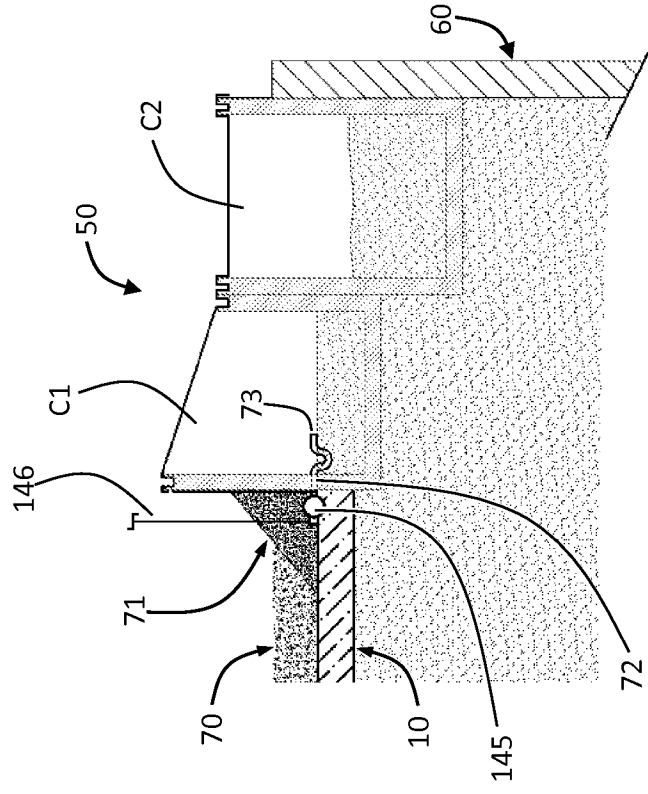


Fig. 19



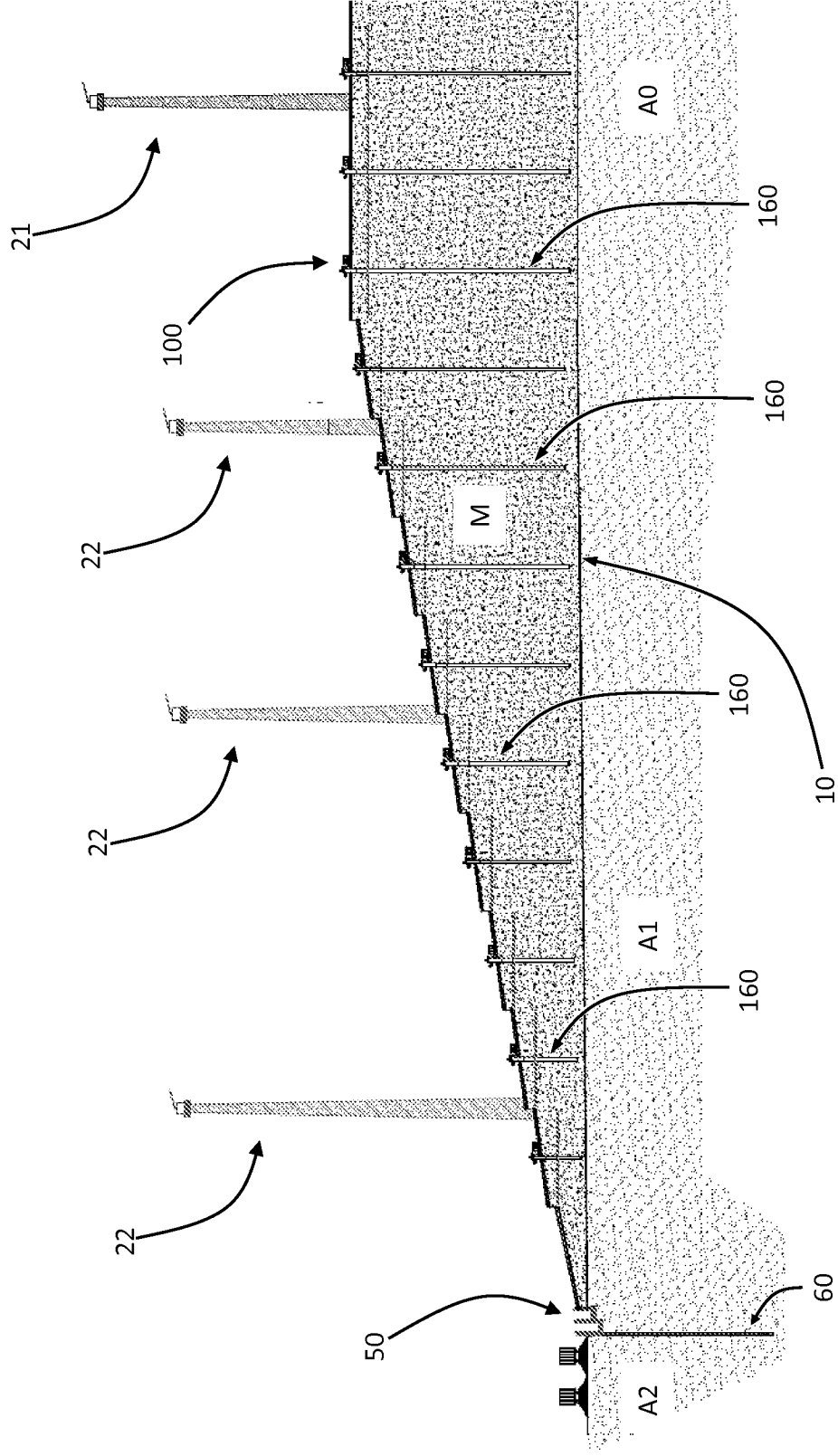
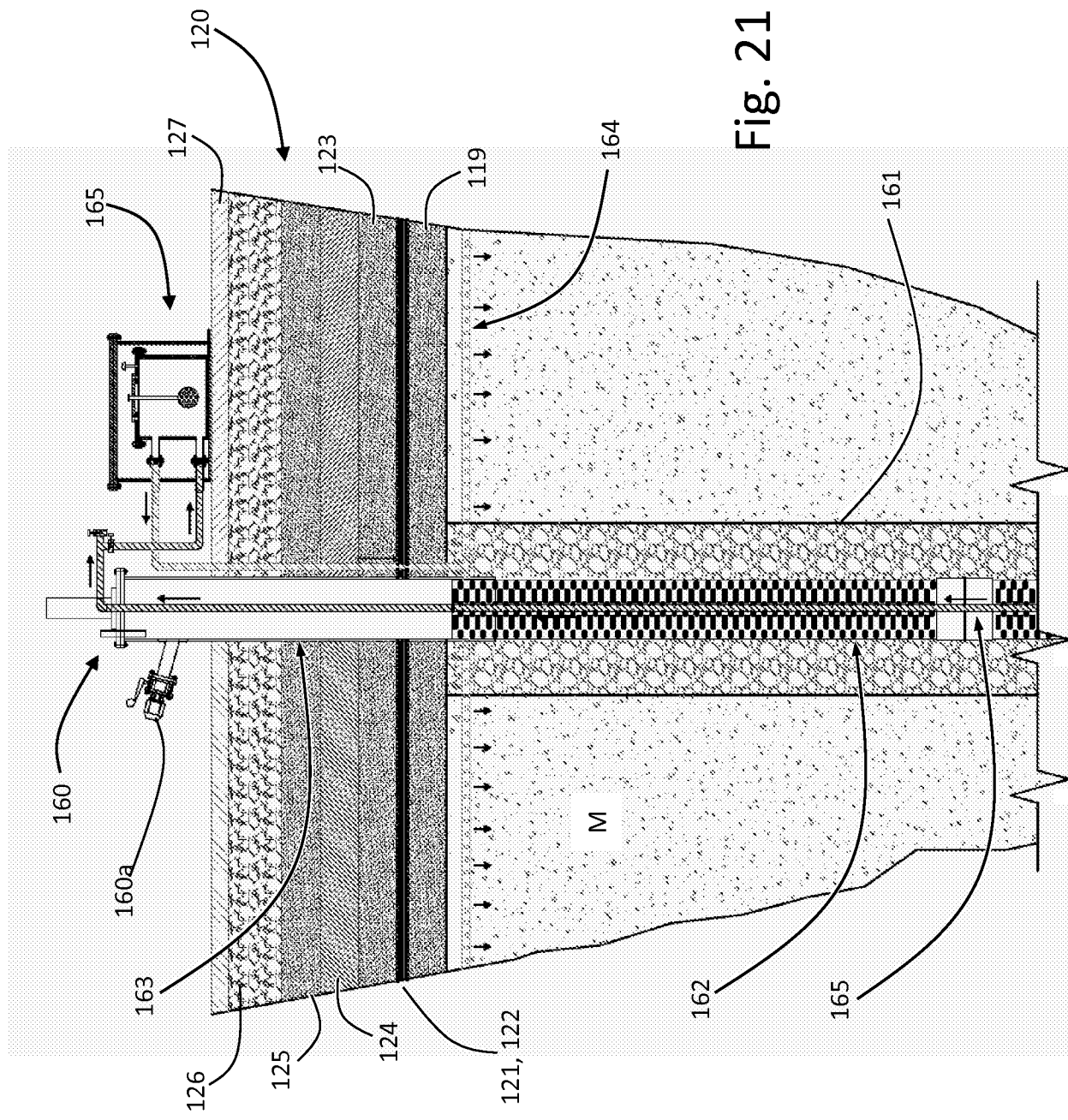


Fig. 20



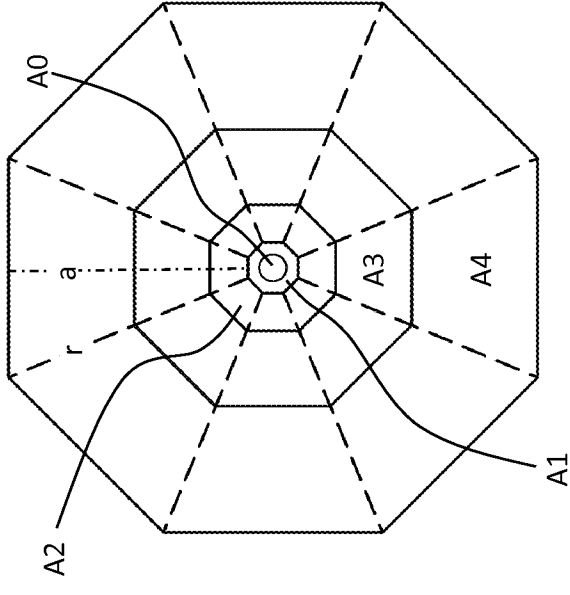


Fig. 23

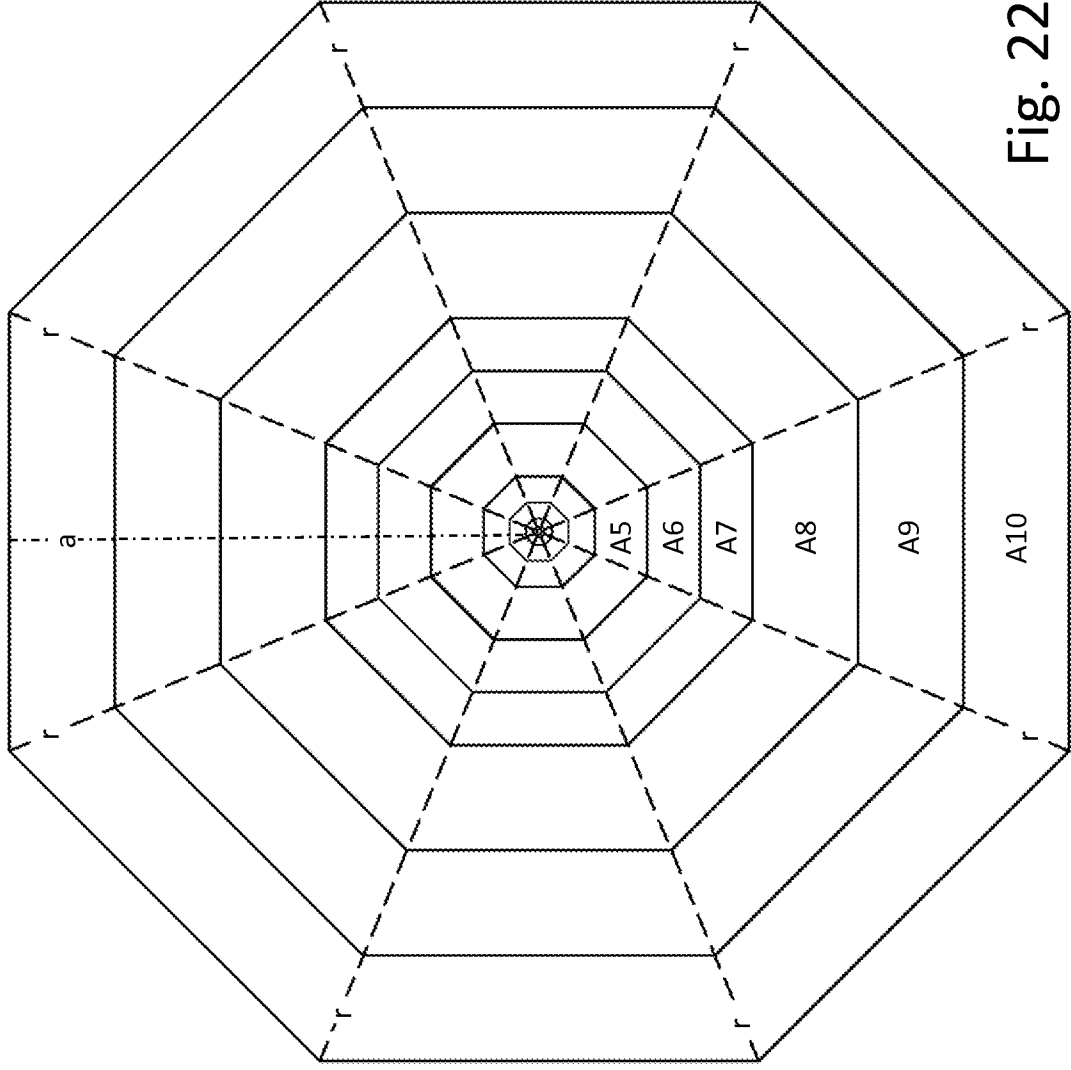


Fig. 22