

ARTICOLO DI PUNTOSICURO

Anno 25 - numero 5317 di Venerdì 27 gennaio 2023

Macchine agricole: l'analisi delle sorgenti di vibrazione sul sedile

Un manuale sulla progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo si sofferma sull'influenza delle sorgenti di vibrazione sul sedile dell'operatore. Le difficoltà nella verifica dell'esposizione.

Roma, 27 Gen ? Chi si occupa di promozione della salute e sicurezza in agricoltura sa che gli operatori delle macchine agricole sono generalmente esposti a due importanti agenti fisici, **vibrazione** e **rumore**, che possono avere conseguenze non solo sul comfort e sulla sicurezza degli operatori, ma, in alcuni casi, anche sul loro stato di salute.

A questo proposito la pubblicazione Inail "Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo. Manuale operativo", prodotta dal Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale, nel capitolo relativo alla mitigazione degli effetti delle vibrazioni e del rumore sulle macchine agricole, ricorda che le **normative vigenti** "impongono la verifica dei livelli di esposizione ed eventualmente l'adozione di opportuni accorgimenti" al fine di ridurre l'esposizione a questi agenti fisici.

Il problema è che le **verifiche sull'esposizione** imposte dalle norme sono effettuate sulle macchine agricole complete "e **non sempre sono rappresentative** di tutte le possibili condizioni operative in cui l'operatore si trova a lavorare".

E dunque il manuale operativo vuole fornire a progettisti e costruttori di macchine e attrezzature agricole degli strumenti per "progettare e realizzare **macchine a minore emissione di rumore e vibrazioni**" utilizzando anche alcuni strumenti come la modellazione sotto strutturale dinamica e la SEA (Statistical Energy Analysis).

Le tecniche di modellazione proposte, basate dunque sulla sotto strutturazione, consentono di "tener conto della **complessità e variabilità dell'intera macchina agricola**, evidenziando le sorgenti e le vie di trasmissione più critiche e fornendo utili informazioni nelle fasi di progettazione ed ottimizzazione dei singoli componenti e nella valutazione di interventi di bonifica di macchine in esercizio". E le analisi ? che "non vogliono essere rappresentative di una particolare macchina" - sono finalizzate ad "illustrare un approccio allo studio e alla progettazione delle macchine".

Ci soffermiamo oggi sulle difficoltà che si possono avere nelle verifiche sull'esposizione e, in particolare, su alcune indicazioni relative all'influenza delle sorgenti di vibrazione con riferimento ai seguenti argomenti:

- Macchine agricole: le difficoltà nella verifica dell'esposizione agli agenti fisici
- Le sorgenti di vibrazione sul sedile: ruote del trattore e movimento delle parti
- Le sorgenti di vibrazione sul sedile: l'effetto delle macchine operatrici

Pubblicità

<#? QUI-PUBBLICITA-SCORM1-[SA052] ?#>

Macchine agricole: le difficoltà nella verifica dell'esposizione agli agenti fisici

Come indicato in apertura non sempre le verifiche sull'esposizione agli agenti fisici, effettuate sulle macchine agricole complete, sono rappresentative di tutte le possibili condizioni operative in cui l'operatore si trova a lavorare.

Ad esempio ? continua il documento ? "l'operatore può essere **esposto a livelli di vibrazione molto diversi** a seconda che vi sia o meno una operatrice montata sul trattore, a seconda del tipo di operatrice montata, e alle condizioni di esercizio. Inoltre, tali verifiche non consentono di individuare le sorgenti e le vie di trasmissione che sono necessarie per la scelta ed il dimensionamento di un intervento di bonifica, ed essendo misure effettuate sulla macchina in esercizio non consentono miglie di progettazione della macchina stessa".

Senza dimenticare che "nel tempo sono stati sviluppati ed introdotti **dispositivi per la riduzione delle vibrazioni e del rumore** dai costruttori dei singoli componenti della macchina agricola (trattori, attacchi, operatrici)". Ed è necessario "valutare l'effetto di tali dispositivi sul comportamento dinamico dell'intera macchina agricola, considerando l'elevata molteplicità di possibili configurazioni nelle quali il singolo componente rappresenta solo una parte dell'intera macchina".

E per gli interventi di bonifica per favorire una "ottimizzazione vibrazionale in fase di progettazione delle singole parti della macchina agricola", può essere utile "**individuare le sorgenti e le vie di trasmissione** che sono maggiormente responsabili degli effetti riscontrati sull'operatore".

Le sorgenti di vibrazione sul sedile: ruote del trattore e movimento delle parti

A titolo esemplificativo ci soffermiamo sulla influenza delle **sorgenti di vibrazione sul sedile dell'operatore** per comprendere le cause che influenzano maggiormente l'esposizione dell'operatore alle vibrazioni.

Le analisi sono state effettuate nella "banda in frequenza di interesse per le vibrazioni trasmesse al corpo intero, che per la sicurezza dell'operatore è la banda 0.2 - 20 Hz, come si evince dalle curve di ponderazione proposte dalla norma ISO 2631-1" (riportate nel capitolo 4 del documento). E sono utilizzate le seguenti grandezze (definite nel capitolo 2 e richiamate nel capitolo 6):

- "la trasmissibilità (accelerazione / accelerazione) per le vibrazioni generate dalle irregolarità del terreno e trasmesse dalle ruote del trattore o della macchina operatrice;
- le funzioni di risposta in frequenza (accelerazione / forza) per le forzanti generate dal movimento di parti del trattore o della macchina operatrice o dall'interazione con il terreno".

Ad esempio il documento si sofferma sull'**analisi delle vibrazioni generate dal contatto delle ruote del trattore con il terreno**.

Infatti l'interazione delle ruote con il terreno "genera delle forze dovute allo spostamento verticale degli pneumatici causato dalle asperità del suolo o da imperfezioni geometriche degli stessi pneumatici. Tali forze generano delle vibrazioni sul sedile dell'operatore, che dipendono dalle proprietà inerziali e di rigidità del trattore e dalla presenza di sospensioni. La dimensione delle ruote, l'elasticità degli pneumatici ed il passo sono parametri fondamentali per una corretta stima delle vibrazioni prodotte dalle asperità del suolo. Piccole irregolarità possono produrre risposte elevate per macchine con ruote piccole, rigide e con un passo eccessivamente corto". E un accorgimento generale è quello di "mantenere il baricentro più basso possibile".

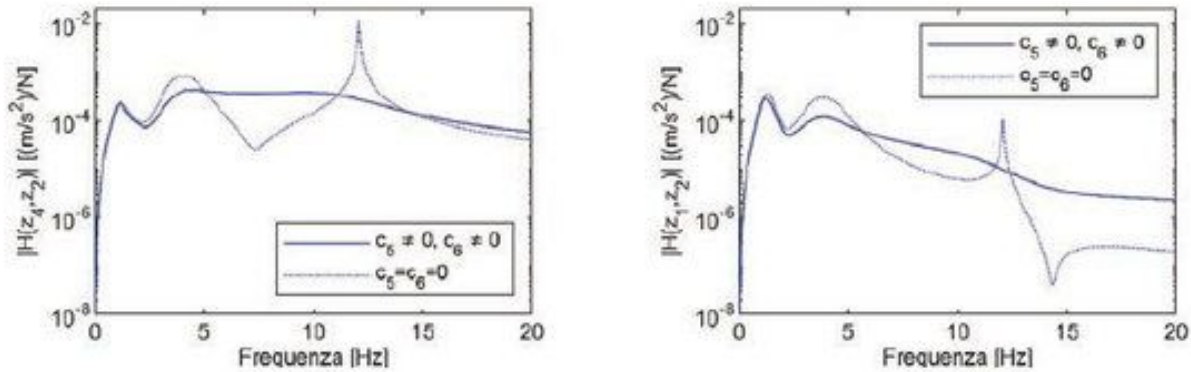
Rimandiamo alla lettura del documento che riporta l'analisi con riferimento a varie tipologie di trattori agricoli (trattori con sola sospensione sedile, con sospensione su sedile ed assale anteriore, con sospensione su sedile, sull'assale e sulla cabina, ...).

Si riportano indicazioni anche sull'**analisi delle vibrazioni generate dal movimento di parti del trattore**.

Infatti "la presenza sul trattore del motore e delle trasmissioni rappresenta una sorgente di vibrazioni ad alta frequenza generalmente al di fuori della banda di interesse per le vibrazioni a corpo intero. Tuttavia, tale sorgente può essere una fonte di rumore diretta e nel caso di trattori cabinati può mettere in vibrazione le pannellature, trasformando l'abitacolo in una cassa di risonanza. L'introduzione della sospensione della cabina, pur essendo principalmente progettata per attenuare le vibrazioni che possono generare rumore, ha un effetto benefico anche nella banda di frequenza di interesse per le vibrazioni al corpo intero".

I **grafici di inertanza** (misura dell'attitudine di una struttura a mettersi in vibrazione a seguito dell'applicazione di una forza) presenti nel documento mostrano l'effetto degli smorzatori delle sospensioni della cabina sulle risposte del sedile e del baricentro della cabina a eccitazioni provenienti dal telaio del trattore. Si noti che le forzanti generate da parti del trattore possono essere ricondotte a forzanti (forze e momenti) agenti sul baricentro. Si può notare che gli ammortizzatori delle sospensioni della cabina attenuano la risposta in frequenza anche alle frequenze 0 - 20 Hz di interesse per la valutazione dell'esposizione dell'operatore alle vibrazioni".

Riprendiamo il grafico indicato con riferimento ad un trattore agricolo a 6 GdL (gradi di libertà):



Curve di inerzia per un trattore a 6 GdL calcolate sul baricentro della cabina (grafico a sinistra) e sul sedile (grafico a destra) per una forzante agente sul baricentro del telaio del trattore

(Università degli Studi di Roma La Sapienza - DIMA in collaborazione con Università degli Studi dell'Aquila - DIIE)

Le sorgenti di vibrazione sul sedile: l'effetto delle macchine operatrici

Veniamo, sempre con riferimento alle sorgenti di vibrazione sul sedile dell'operatore, all'**analisi delle vibrazioni generate dal contatto delle ruote dell'operatrice con il terreno**.

Si indica che anche l'interazione delle ruote delle macchine operatrici con il terreno "genera delle forze dovute allo spostamento verticale degli pneumatici causati dalle asperità del suolo. Le vibrazioni generate possono trasmettersi al sedile dell'operatore attraverso il collegamento della macchina operatrice con il trattore. Le macchine operatrici interessate da questo tipo di sollecitazione sono le macchine operatrici semi-portate e le macchine trainate".

Dai grafici inerenti le curve di trasmissibilità tra le ruote delle macchine operatrici semi-portate o trainate e il sedile del conducente del trattore, si evince come "la stessa macchina operatrice montata su diverse tipologie di trattore **trasmetta le vibrazioni in modo differente** all'operatore. In particolare, la macchina trainata risulta essere meno gravosa e ciò è probabilmente dovuto alla tipologia di vincolo realizzato dal gancio da traino rispetto all'attacco a tre punti. È interessante osservare nei casi in esame come il trattore dotato di sola sospensione sul sedile trasmetta meno rispetto ai modelli dotati di ulteriori sospensioni". E risultati del tutto opposti "sono stati ottenuti per la trasmissibilità tra le ruote del trattore ed il sedile dell'operatore". E questo indica che "un trattore studiato per minimizzare la trasmissione delle vibrazioni dovute all'interazione delle ruote del trattore con il terreno può non essere egualmente efficace nell'attenuare le vibrazioni dovute all'interazione delle ruote della macchina operatrice con il terreno".

Veniamo, infine, all'**analisi delle vibrazioni generate dal movimento di parti dell'operatrice e dell'interazione con il terreno**.

Si segnala che "le macchine operatrici collegate al trattore, a causa dei diversi organi in movimento e dell'interazione con il terreno o le colture, possono rappresentare una fonte di vibrazione che si trasmette attraverso il sistema di attacco al trattore agricolo e quindi all'operatore. Inoltre, la presenza dell'operatrice può alterare significativamente il comportamento dinamico della macchina agricola nel suo complesso".

Un grafico mostra l'inertanza tra il baricentro della macchina operatrice ed il sedile dell'operatore. E si indica che, a parità di eccitazione proveniente dalla macchina operatrice, "la risposta del sedile è molto diversa per i tre trattori considerati" nel documento e questo "conferma **la necessità di una analisi dinamica complessiva** della macchina agricola per valutare correttamente l'esposizione alle vibrazioni del conducente del trattore".

Ed è interessante osservare che "l'ampiezza delle vibrazioni sul sedile dell'operatore, generate da una forzante unitaria sulla macchina operatrice, differisce di diversi ordini di grandezza a seconda della frequenza. Pertanto, l'osservazione dell'inertanza consente al progettista, qualora sia noto lo spettro della forza eccitante, di limitare l'esposizione dell'operatore alle vibrazioni. Infatti, potrebbe essere possibile modificare lo spettro della forza eccitante per limitarne l'ampiezza in corrispondenza delle frequenze di picco dell'inertanza o, viceversa, modificare i parametri caratteristici della macchina agricola al fine di spostare i picchi dell'inertanza dove lo spettro della forza eccitante è più basso".

Infine per macchine dotate di **utensili vibranti**, "la frequenza di funzionamento ed il livello di eccitazione di tali utensili dovrebbero essere considerati per dimensionare e valutare l'efficacia dei sistemi di isolamento. Per l'utilizzo efficace di sistemi di sospensione è opportuno che la frequenza di eccitazione degli utensili sia la più elevata possibile e che non sia coincidente con nessuna delle frequenze di risonanza della macchina agricola".

Rimandiamo in conclusione alla lettura integrale del documento che riporta vari grafici esplicativi e che si sofferma anche su:

- influenza delle macchine operatrici sulle vibrazioni trasmesse al sedile dell'operatore
- modifiche ai sistemi di collegamento per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore
- modifiche ai trattori per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore
- modifiche alle macchine operatrici per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore.

RTM

Scarica il documento da cui è tratto l'articolo:

Inail, Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale, " Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo. Manuale operativo", a cura di Annalisa Fregolent (Università degli Studi di Roma La Sapienza - Dipartimento di ingegneria meccanica e aerospaziale), Pietro Nataletti (Inail ? Dimeila), Walter D'Ambrogio e Jacopo Brunetti (Università degli Studi dell'Aquila - Dipartimento di ingegneria industriale e dell'informazione e di economia), manuale predisposto nell'ambito del progetto Bric Inail ID26 del Piano delle attività di ricerca Inail 2016 - 2018, Collana Salute e

Vai all'area riservata agli abbonati dedicata a " [Informazioni su progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo](#)".



Licenza [Creative Commons](#)

www.puntosicuro.it