PuntoSicuro

ARTICOLO DI PUNTOSICURO

Anno 23 - numero 4886 di Lunedì 08 marzo 2021

Inail: l'esposizione a vibrazioni e rumore nelle macchine agricole

Un nuovo manuale dell'Inail si sofferma sulla progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo. Le linee di indirizzo, la necessità di considerare le macchine agricole nel loro complesso e le modifiche nei trattori.

Roma, 8 Mar ? Dopo il documento " Certificazione acustica e vibratoria delle macchine. Manuale operativo" il Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale (DIMEILA) dell' Inail ha prodotto un nuovo manuale sull'**esposizione a rumore e vibrazioni** con riferimento al **progetto Bric Inail** "*Definizione di linee guida innovative, basate sullo stato dell'arte attuale, ai fini della progettazione, costruzione, certificazione e bonifica di macchine, attrezzature e ambienti di lavoro a basso rischio di esposizione a rumore e vibrazioni per i lavoratori*".

Il nuovo manuale - dal titolo "**Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo. Manuale operativo**" ? si sofferma su vari aspetti. Non solo riporta il quadro generale legislativo e normativo ma affronta anche, attraverso un censimento delle lavorazioni colturali in agricoltura e dei trattori agricoli, in combinazione con le varie macchine operatrici portate o trainate, gli aspetti relativi alla **modellazione dell'emissione acustica e vibratoria** delle macchine agricole.

L'obiettivo - come ricorda in premessa Sergio Iavicoli, direttore del dipartimento - è di "fornire ai progettisti e ai costruttori di macchine e attrezzature agricole gli strumenti per progettare e realizzare macchine a minore emissione di rumore e vibrazioni, sia per quanto riguarda macchine nuove che usate, vista la particolare vetustà del parco macchine agricole italiane".



Nel presentare il nuovo documento l'articolo si sofferma sui seguenti argomenti:

- Le difficoltà delle macchine agricole riguardo a vibrazioni e rumore
- Le modifiche ai trattori per la riduzione delle vibrazioni
- L'indice del documento Inail

Pubblicità
<#? QUI-PUBBLICITA-MIM-[ACAA706] ?#>

Le difficoltà delle macchine agricole riguardo a vibrazioni e rumore

Il manuale - 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) - si propone di fornire "linee guida per la progettazione acustica e vibratoria di macchine agricole al fine di limitare l'esposizione dei lavoratori a **vibrazioni e rumore**".

A questo proposito si ricorda che la limitazione di rumore e vibrazioni mediante la progettazione è "una delle misure che la **EN ISO 12100:2010** suggerisce ai fabbricanti e ai progettisti di macchine i quali la dovrebbero considerare come parte di una strategia al fine di ottenere la sicurezza mediante la progettazione di macchine in conformità con la legislazione europea".

Si segnala poi che nonostante esistano "norme di progettazione che indicano le migliori prassi e i metodi disponibili per limitare gli effetti delle vibrazioni e del rumore, gli aspetti su cui i progettisti ed i costruttori devono fornire documentazione e verifiche riguardano tipicamente la singola macchina (trattore o macchina operatrice) o addirittura il singolo componente (sedile del conducente)".

Tuttavia - continua il manuale ? "**l'accoppiamento tra trattore e macchina operatrice può far nascere comportamenti dinamici non prevedibili analizzando separatamente i singoli componenti**". E questo implica che la macchina agricola (con riferimento all'insieme di "un trattore e di una o più macchine operatrici ad esso collegate") nel suo complesso potrebbe manifestare dei **comportamenti potenzialmente non rispondenti ai requisiti di sicurezza** per quanto riguarda l'esposizione alle vibrazioni e rumore, pur essendo composta da singoli componenti progettati ed omologati secondo i criteri imposti dalle norme specifiche. Pertanto, il datore di lavoro non è nelle condizioni di valutare a priori se la macchina agricola in una particolare configurazione possa generare delle criticità in termini di sicurezza degli operatori, ma è tenuto comunque ad attuare interventi tecnici per la riduzione di questi rischi, come previsto dagli articoli 192 e 203 del d.lgs. 81/2008".

D'altra parte considerando che la macchina operatrice o il trattore "potrebbero essere progettate e realizzate da aziende diverse ed in periodi storici differenti", un costruttore "non ha gli strumenti per poter prevedere il comportamento dinamico della macchina agricola completa, cosa peraltro non richiesta dalle attuali normative".

L'idea alla base di queste linee guida, indicano gli autori, è di "indicare una modalità di progettazione che **consideri la macchina agricola nel suo complesso** tenendo quindi conto della estrema variabilità delle combinazioni possibili tra trattore e macchine operatrici. In questo contesto occorre concentrarsi sulle interazioni all'interfaccia di collegamento tra i vari elementi che compongono la macchina agricola". E l'approccio che può essere utilizzato in questi casi "è noto come **sotto strutturazione dinamica**: definendo opportune relazioni alle interfacce di collegamento, esso permette di determinare il comportamento dinamico di un sistema complesso a partire dal comportamento dinamico dei sottosistemi componenti".

Le modifiche ai trattori per la riduzione delle vibrazioni

Rimandando ad altri articoli l'approfondimento sulla modellazione vibrazionale e acustica, riprendiamo dal documento alcune indicazioni, a titolo esemplificativo, sulla prevenzione del rischio vibrazioni con specifico riferimento alle possibili **modifiche ai trattori per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore**.

Il documento sottolinea che mentre i nuovi trattori sono "progettati nel rispetto degli obblighi normativi, per i trattori più datati sono spesso necessari degli interventi di bonifica. Tali interventi devono apportare modifiche di possibile implementazione e di costo contenuto".

A questo proposito dopo un'analisi del sistema e delle criticità "è possibile intervenire introducendo degli opportuni sistemi di

sospensione per separare la sorgente delle vibrazioni dalla struttura della macchina o l'operatore dalla struttura vibrante". E la sospensione "deve essere progettata in modo che la frequenza di taglio sia inferiore alla più bassa frequenza di sollecitazione".

Il documento indica che tra gli **interventi attuabili in termini di bonifica dell'esistente** "si possono considerare:

- **l'installazione di sospensioni nei punti di fissaggio della cabina al telaio del trattore**: si può distinguere in questo caso tra isolamento a bassa frequenza, introducendo dei veri e propri ammortizzatori, o un isolamento ad alta frequenza collegando la cabina al telaio mediante dei silent-block;
- **la sostituzione di sedili rigidi con sedili ammortizzati**: il sistema introdotto deve essere in grado di ridurre sia le vibrazioni che gli effetti degli urti;
- **la sostituzione degli pneumatici**: la rigidezza e la pressione di gonfiaggio degli pneumatici possono essere scelte in modo da minimizzare le vibrazioni della macchina. Si noti che una riduzione eccessiva della rigidezza può portare a elevati movimenti di beccheggio a bassa frequenza".

A questo proposito si segnala, infine, che "tali modifiche, utilizzate singolarmente o meglio combinate tra loro, possono essere sufficienti a rendere il trattore o la macchina agricola nel suo complesso rispondente ai requisiti normativi. Qualora tali modifiche non fossero sufficienti alla riduzione delle criticità, può diventare necessaria la sostituzione del trattore".

L'indice del documento Inail

Concludiamo riportando l'indice del documento Inail "**Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo. Manuale operativo**".

1 **Obiettivi e destinatari del manuale**

2 **Vibroacustica: elementi di base**
2.1 Vibrazioni di un sistema meccanico: elementi di base
2.1.1 Sistemi ad 1 grado di libertà
2.1.2 Sistemi a più gradi di libertà
2.2 Trasmissibilità
2.3 Acustica: grandezze fisiche coinvolte
2.3.1 Propagazione del suono
2.3.2 Irradiazione

3 **Effetto delle vibrazioni e del rumore sull'uomo**
3.1 Effetto delle vibrazioni sul corpo umano
3.2 Stima dell'esposizione alle vibrazioni: quadro normativo
3.3 Effetti del rumore sull'uomo
3.4 Stima dell'esposizione al rumore: quadro normativo

4 **Trasmissione ed isolamento delle vibrazioni e del rumore**
4.1 Vibrazioni
4.1.1 Sospensioni passive
4.1.2 Sospensioni semi-attive
4.1.3 Sospensioni attive

4.1.4 Assorbitori dinamici passivi
4.1.5 Assorbitori semi-attivi
4.1.6 Assorbitori attivi
4.1.7 Risonatori passivi, semi-attivi e attivi
4.2 Rumore

5 **Trattori per uso agricolo**
5.1 Classificazione dei trattori
5.2 Vibrazioni e rumore sui trattori
5.2.1 Sospensione assale
5.2.2 Sospensione sedile con eventuale controllo attivo
5.2.3 Sospensione cabina
5.3 Sistemi di attacco dei trattori
5.3.1 Gancio da traino
5.3.2 Attacco a tre punti
5.3.3 Presa di forza

6 **Macchine operatrici per uso agricolo**
6.1 Catalogazione in base al tipo di lavorazione
6.1.1 Macchine per la lavorazione del terreno
6.1.2 Macchine per semina, trapianto e concimazione
6.1.3 Macchine per la raccolta
6.1.4 Macchine per il trattamento e la protezione delle colture
6.1.5 Macchine per l'irrigazione
6.2 Catalogazione ai fini dell'analisi vibrazionale
6.2.1 Tipologie di macchine ai fini della modellazione
6.2.2 Tipologie di macchine in base alle principali sorgenti di vibrazione

7 **Modellazione vibrazionale e acustica della macchina agricola**
7.1 Sotto strutturazione dinamica
7.2 Modelli delle sottostrutture della macchina agricola
7.2.1 Modellazione dei trattori agricoli
7.2.2 Modellazione delle macchine operatrici: portate e semi-portate
7.2.3 Modellazione degli attacchi a tre punti anteriori e posteriori
7.2.4 Modellazione della macchina trainata e gancio di traino
7.2.5 Riduzione mediante metodo di Craig-Bampton
7.3 AccoppIamento delle sottostrutture
7.4 Validazione sperimentale dei modelli per lo studio vibrazionale
7.5 Modelli SEA per l'analisi acustica alle medie alte frequenze

8 **Mitigazione degli effetti delle vibrazioni e del rumore sulla macchina agricola**
8.1 Influenza delle sorgenti di vibrazione sul sedile dell'operatore
8.1.1 Analisi delle vibrazioni generate dal contatto delle ruote del trattore con il terreno
8.1.2 Analisi delle vibrazioni generate dal movimento di parti del trattore
8.1.3 Analisi delle vibrazioni generate dal contatto delle ruote dell'operatrice con il terreno
8.1.4 Analisi delle vibrazioni generate dal movimento di parti dell'operatrice e dell'interazione con il terreno
8.2 Influenza delle macchine operatrici sulle vibrazioni trasmesse al sedile dell'operatore
8.2.1 Effetto di una macchina operatrice sulla trasmissibilità ruote trattore - sedile operatore
8.2.2 Effetto del contrappeso anteriore per macchine portate posteriori

8.2.3 Effetto di una macchina operatrice sulle accelerazioni trasmesse all'operatore

8.3 Modifiche ai sistemi di collegamento per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore
8.3.1 Attacco anteriore modificato: terzo punto ammortizzato
8.4 Modifiche ai trattori per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore
8.4.1 Effetto dello smorzamento delle sospensioni sulle vibrazioni del sedile dell'operatore
8.4.2 Inserimento di un sedile ammortizzato
8.5 Modifiche alle macchine operatrici per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore
8.6 Insonorizzazione della cabina per l'attenuazione delle medie alte frequenze
8.6.1 Progettazione acustica di una cabina di un trattore attraverso la Statistical Energy Analysis

Appendici
Appendice A Modelli a parametri concentrati di trattori gommati
A.1 Trattore senza sospensioni (2 GdL)
A.2 Trattore con sospensione sul sedile (3 GdL)
A.3 Trattore con sospensione sul sedile e sull'assale (4 GdL)
A.4 Trattore con sospensione sul sedile, sull'assale e sulla cabina (6 GdL)

Appendice B Modelli a parametri concentrati di macchine operatrici
B.1 Macchina operatrice portata
B.2 Macchina operatrice semiportata

Appendice C Modelli di attacchi a tre punti
C.1 Attacco a tre punti posteriore
C.2 Attacco a tre punti anteriore
C.2.1 Terzo punto ammortizzato

Appendice D Modello di macchina trainata e di gancio di traino

Appendice E Metodo di riduzione modale di craig-bampton

Bibliografia e norme tecniche
Acronimi

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 Sicurezza, edizione 2021 (formato PDF, 4.09 MB).

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

 Questo articolo è pubblicato sotto una Licenza Creative Commons.

---

www.puntosicuro.it