**ارزیابی جنبه های بهداشتی عوامل فیزیکی محیط کار شامل: روشنایی ، شرایط جوی و صدا**

**مقدمه :**

روشنايي خوب اساس راحتي ، بهداشت و ايمني كاركنان وپيشرفت كار است و به افراد امكان ميدهد تا كار خود را كه با امر بينايي ارتباط دارد با دقت ، سرعت و بدون نياز به كوشش غيرضروري ببينند و همچنين محيط كار زيبا و راحت به نظر برسد .

بيشتر فعاليتهاي زندگي به وسيله علائم بينايي هدايت مي شوند و هدف از بينايي خوب ظرفيت تشخيص اشياء با سطوح بسيار كوچك مي باشد . به عبارت ديگر قدرت بينايي نيروي تشخيص يك سيستم بينايي است و متكي به اصولي است كه شرح داده خواهد شد . قدرت بينايي در اشخاص متفاوت بوده و بستگي به زمان ، سن و حالت چشم از نظر سلامت دارد .

حساسيت چشم افراد در مجموع براي بيناب نوراني قابل رؤيت به طول موج نور بستگي دارد .  معمولاً هيچ فردي نمي تواند به مدّت چند ساعت در حالت حداكثر كوشش فكري بكارخود ادامه دهد . بنابراين هدف از ديد خوب اين نيست كه بتوان اشياء را ديد ، بلكه اين عمل   ديدن بايد با حداقل كوشش فكري همراه باشد . لذا فراهم آوردن شرايطي كه تحت آن كار راحت و واضح ديده شود در محيطهاي كاري از اهميت ويژه اي برخوردار است . در اين بحث اصول روشنايي خوب ، بينايي و ارتباط بين آنها مورد توجه قرار گرفته است .روشنايي خوب   در كمك به اعمال دقت در كارها مؤثر مي باشد ، زيرا چشم به هنگام ديدن بطور طبيعي مجذوب نقاط روشن ونمايان تر اشياء مي گردد  ودر اغلب شرايط مي توان ترتيبي داد كه اين توجه وكشش بسوي كار و ابزار كار جلب شود . فقط مناسب بودن كميت روشنايي براي تأمين روشنايي خوب كافي نسيت بلكه كيفيت خوب هم به اندازه كميت اهميت دارد . چون  روشنايي موضوعات پيچيده و گسترده اي دارد لذا تمام فاكتور هاي مرتبط با آن بايد در محيطهاي صنعتي هنگام طراحي روشنايي صحيح در نظر گرفته شود تا كارگران در پناه بهداشت حرفه اي بتوانند احساس راحتي بيشتري نمايند .

يك روشنايي رضايت بخش از نظر بينايي داراي شرايط زير مي باشد :

الف ـ‌ نور از نظر توزيع مطلوب باشد . ( كيفيت )

ب ـ نور كافي وجود داشته باشد . ( كميت )

ج ـ درخشندگي سطوح به گونه اي باشد كه سبب چشم زدگي نشود .

د ـ بدون سايه هاي مزاحم باشد .

ﻫ ـ تطابق صحيح بين رنگ نور و اجسام وجود داشته باشد .

**ـ** سيستم روشنايي با طراحي مناسب در محيط كار ، عاملي مهم در افزايش كيفيت فرآورده و بهره وري صنعتي وهمچنين عملكرد اپراتور و راحتي و آسايش وي مي باشد .

 ( لوكينز هوپكينسون 1970 )

**ـ** كونز ( 1992 ) نشان داده كه هزينه سيستم روشنايي  صنعتي بسيار اندك است . در واقع    هزينه تأ مين روشنايي مناسب وكافي در محيط كار ، برابر با فقط يك درصد از حقوق كارگران مي باشد . ( درآمريكا)   (2)

**ـ** بر اسـاس مطالـعه ايكه درسـال 1983 ازسـوي انيستيتو بهداشت حرفه اي آمريكا و بوسيله   M.narminenو T.vihma به منظور بررسي شرايط روشنايي در صنايع كوچك انجام شد ، يكصد كارگاه بصورت تصادفي انتخاب شدند و ميزان روشنايي سطح كار هر يك از كارگاهها توسط فتومتر اندازه گيري شد و از ميان كارگاهها 23 % از روشنايي نسبتاً ضعيف برخوردار بوده و حدود 20 % از آنان داراي روشنايي ضعيف بودند و تفاوتهاي قابل توجهي در ميزان فراواني روشنايي در انواع مختلف صنايع و مشاغل مشاهده شد . نتايج اين مطالعه نشان مي دهد كه بهبود روشنايي در صنايع كوچك فشارهاي كاري را كم نموده واز حوادث ناشي از كار جلوگيري مي نمايد و موجب افزايش ميزان توليد مي گردد .

**نور و ماهيت آن :**

در تعريفي كه از طرف انجمن مهندسين روشنايي ارائه شده است ، نور انرژي ارزيابي شده  توسط چشم است .

نور جزو امواج الكترو مغناطيسي است و قسمتي از يك طيف الكترو مغناطيس است كه در طول موجهاي 860 ـ 380 نانومتر قرار دارد . البته اين محدوده در انسانهاي مختلف متفاوت است و بستگي به حساسيت نور دارد . طول موج هاي مختلف اثرات گوناگون به صورت   احساس رنگهاي مختلف در چشم ايجاد مي كنند . با كاهش طول موج به ترتيب رنگهاي قرمز ، سبز ، آبي و بنفش توسط چشم احساس مي شود . چشم انسان حداكثر حساسيت خود را در طول موج 555 نانومتر دارد كه منطبق بر رنگهاي سبز و زرد است ـ نور عامل اصلي رؤيت    مي باشد ، البته رويت اشياء به عوامل ديگري مانند اندازه جسم ، تباين ميزان روشنايي جسم  و طول زمان ديدن بستگي دارد . نور از نظر منبع به دو دسته تقسيم ميشود نور طبيعي  مانند نور خورشيد و نور مصنوعي مانند نور حاصل از لامپهاي مختلف ، بنا به قانون كار بايستي روشنايي كارگاهها تلفيقي از نور طبيعي  و نور مصنوعي باشد و حداقل روشنايي  مورد نياز براي كارگاهها توسط نور مصنوعي تأمين شود .

**كميات اندازه گيري روشنايي :    Illumination Measurment  Scales**

در شناخت و اندازه گيري روشنايي از كميتهاي زيادي استفاده مي شود ، برخي از اين كميتها عبارتند از :

ميزان نور ( شار نوري ) ، زاويه فضايي ، ضريب بهره نوري ، شدت نور ، شدت روشنايي ، درخشندگي وتباين كه در اين اين قسمت كميت هايي ـ كه دراندازه گيري روشنايي كاربرد    دارند . توضيح داده مي شوند .

**الف ) شدت روشنايي  Illumination**

شدت روشنايي در يك سطح ميزان شار نوري تابيده شده بر واحد سطح را نشان مي دهد . و با واحد هاي لوكس ( لومن بر متر مربع ) يا فوت كندل ( لومن بر فوت مربع ) بيان مي شود . و به عاملي همچون فاصله منبع تا سطح كار ، زاويه تابش و ماهيت سطح بستگي دارد . در اندازه گيري هاي مربوط به روشنايي بيشتر اين كميت اندازه گيري مي شود .

**ب ) درخشندگي :   Luminance**

درخشندگي عبارتست از شدت نور منتشر شده از يك منبع در جهت عمود بر چشم . و با        واحد هاي نيت ( كاندلا بر متر مربع ) يا استيلب ( كاندلا بر سانتي متر مربع ) بيان مي شود و به عواملي چون شدت نور منتشر شده ، سطح منبع منتشر كننده نور ، زاويه تابش بستگي دارد.

**ج ) تباين :    contrast**

تباين يعني اختلاف درخشندگي زمينه ودرخشندگي جسم .هر چه اين اختلاف كمتر باشد  ديدن جسم مشكل تر مي گردد . تباين به صورت درصد بيان مي شود .

**اهميت روشنايي و جنبه هاي بررسي آن :**

          به طور كمي روشنايي از سه منظر قابل بررسي است . در درجه اول روشنايي از لحاظ  ايمني قابل بررسي است و در درجه دوم از لحاظ ارگونومي و در درجه سوم از لحاظ بهداشتي مي توان روشنايي را بررسي كرد .

*1)جنبه ايمني روشنايي :*

          روشنايي يكي از پارامترهاي محيطي است كه در دقت عمل اپراتور و پيشگيري از خطاي عامل انساني نقش دارد . به همين دليل براي كمتر كردن خطاي اعمال ، از نظر روشنايي يك مقدار حداقل تحت عنوان مقاير كمينه در حدودهاي مجاز شغلي براي تأمين اين منظور در  نظر گرفته شده است .

هيچ چيز به اندازه نور ناكافي ايمني كارگران را در معرض خطر قرار نمي دهد . فردي كه    نمي تواند اطرافش را خوب ببيند . نمي تواند در برابر خطرات از خود حفاظت كند . كمبود روشنايي پايين تر از حدود اعلام شده كمينه ، زمينه خطاي عامل انساني و به تبع آن افزايش ضريب حادثه را ممكن مي سازد .

آقاي دكتر W.D-ROWدر كتاب آناتومي ريسك ، در مبحث تأثير عوامل محيطي  دربروز حوادث  روشنايي را به عنوان يك عامل محيطي مؤثر در بروز حادثه در جداول مربوطه  معرفي مي كند.

در استانداردهاي مختلف روشنايي براي محيط ها و مشاغل مختلف دو حد براي شدت روشنائي در نظر گرفته شده است يكي حد كمينه است و ديگري حد پيشنهادي ، كه حد كمينه اين استانداردها مطابق با معيارهاي ايمني است ، وحد پيشنهادي اين استاندارد ها مطابق با معيار هاي ارگونومي است .

*2 ) جنبه ارگونوميكي روشنايي :*

          به طور كلي فلسفه ارگونومي كاهش اثرات عوامل فشار انگيز محيط كار براي تأمين آسايش بيشتر و پيشگيري از خستگي غير ضروري و افزايش بهره وري است .

* **·** سيستم روشنايي با طراحي مناسب در محيط كار ، عاملي مهم در افزايش كيفيت فرآورده و بهره وري صنعتي و همچنين عملكرد اپراتور و راحتي و آسايش وي        مي باشد ( هوپكينسون و لوكينز 1970 )

موضوع خيرگي (Glare ) هم از نظر ايمني وهم از نظر ارگونومي قابل بررسي است . ولي ازهر جنبه اي كه بررسي شود . هدف از بين بردن اين پديده است و بهترين راه براي از بين بردن خيرگي ، استفاده از روشنايي مصنوعي در كل محيط كار و استفاده از روشنايي موضعي در محيط ( ايستگاه ) كار شخصي است . ( كارلسون ، 1979 )

* رابطه بين شدت روشنايي و دقت بصري و افزايش بازده كاري به وسيله ترولان و برحسب  داده هاي كوينگ ثابت شده است .
* نقش روشنايي در حفاظت بينايي كاركنان ، كاهش عوامل ايجاد كننده خستگي و فشارهاي رواني ، افزايش بازده كار و بهبود كيفيت فرآوردها غير قابل انكار است .

روشنايي رضايت بخش به راحتي و آسايش انسان كمك مي كند و بازده كار را بالا ميبرد و با  كاهش حوادث ناشي از نور غير كافي ، به ايمني كمك بسياري مي كند .

*3 ) جنبه بهداشتي روشنايي :*

          امروزه كم رنگترين نقش روشنايي در نگاه بهداشتي است . يعني افكار عمومي به  اندازه اي  به اهميت روشنايي واقف گشته است كه ديگراحتمال بروزبيماريهاي چشمي چون نيستا گموس معدنچيان در اثر كمبود روشنايي تقريباً به صفر رسيده است . بنابراين مسأله روشنايي صرفاً با  ديد ايمني و ارگونومي بررسي مي شود .

**استانداردهاي مربوط به روشنايي :**

ميزان روشنايي لازم براي انجام بسياري از كارهاي اساسي توسط مجامع مهندسان روشنايي در بسياري كشورها تعيين و توصيه شده است .البته مقادير توصيه شده توسط مجمع مهندسان روشنايي هر كشور بستگي به سطح زندگي و رسوم خاص مردم آن كشور دارد . كميته ملي روشنايي مؤسسه استاندارد و تحقيقات صنعتي ايران براي اكثر اماكن مانند محلهاي مسكوني ، تجاري وصنعتي مقاديري براي شدت روشنايي حداقل يا كمينه و پيشنهادي داده است . كه رعايت مقادير كمينه اجباري است و استفاده از مقادير پيشنهادي توصيه شده است . اين مقاديربا شدت روشنايي توصيه شده توسط كميته بين المللي روشنايي تطابق دارد . استانداردهاي روشنايي كميته فني بهداشت حرفه اي كشور نيز  بر گرفته از همين استانداردها مي باشد و در كتابچه حدود تماس شغلي عوامل بيماريزا نيز منتشر شده است و در اين بررسي از اين استانداردها استفاده مي شود .

در اين استانداردها يك استاندارد جهت روشنايي عمومي محيط صنعتي مورد نظر پيشنهاد شده است و سپس استانداردهايي جهت روشنايي موضعي مشاغل موجود دراين صنايع   توصيه شده  است .

**روشهاي اندازه گيري و ارزيابي روشنايي:**

          براي اندازه گيري و ارزيابي روشنايي ،شناخت كامل نسبت به روشهاي اندازه گيري و خصوصيات محيط كار ، منبع روشنايي و مشاغل موجود در محيط كار اهميت دارد . مهمترين نكاتي كه بايد قبل از اقدام به اندازه گيري و ارزيابي در نظر گرفته شود ، شامل موارد زير است :

الف ) هدف اندازه گيري .

ب ) وسيله مناسب اندازه گيري .

ج ) كاليبراسيون .

د ) تعيين ايستگاههاي اندازه گيري .

ﻫ ) گردآوري اطلاعات دقيق از كارگاه .

و ) انجام اندازه گيري و ثبت نتايج .

ر ) ارزيابي توسط مقايسه با استانداردهاي موجود .

**هدف اندازه گيري :**

قبل از اقدام به اندازه گيري بايد هدف كارمعلوم گردد . زيرا براي دستيابي به هر هدف روشن ، دستگاه و نحوه ارزيابي متفاوت مي باشد . اندازه گيري روشنايي در اين بررسي با هدف زير  انجام گرفت :

1 ) اندازه گيري روشنايي عمومي .

2 ) اندازه گيري روشنايي موضعي .

لازم به ذكر است كه اندازه گيري روشنايي مي تواند با اهداف اندازه گيري درخشندگي ويا تباين نيز صورت بگيرد ولي در اين بررسي فقط اندازه گيري شدت روشنايي مورد نظر بود .

[1و2 ـ مارتين](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx#_ftnref1) ، هلاندر ـ مهندسي عوامل انساني در صنعت و توليد (ارگونومي ) مترجم : عليرضا چوبينه .

[American Industrial Hygiene Association Illumination in Small Industries . J(44)(7)501-504 – 1983 .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx#_ftnref2)

**مقدمه :**

          از آنجايي كه توجه به مسائل محيط كار كارگران و ايجاد يك محيط كار ايمن و مناسب و راحت براي ايشان ، هميشه از جمله بزرگترين اهداف علم بهداشت حرفه اي بوده است . توجه به مسأله شرايط جوي محيط كار نيز به عنوان يكي از عوامل فيزيكي محيط كار در اولويت برنامه هاي مسئولين و متخصصين بهداشت حرفه اي قرار مي گيرد . بنا به بسياري از مطالعات درجه حرارت در كارايي و بازدهي و دقت كار كارگران تأثير فراواني دارد . [(1)](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn1" \o ")

ورنون ، بدفورد و وارنر به اين نتيجه رسيده اند كه در هواي كمتر از 70 درجه فارنهايت ، فقط 3 درصد اوقات تلف شده به موارد بيماري مربوط ميشود . در هواي 70 تا 9/79 درجه فارنهايت نهايت 5/4 درصد اوقات تلف شده به بيماري مربوط بوده و در هواي بالاتر از 80 درجه فارنهايت 9/4 درصد وقت كارگران به علت بيماري تلف مي شود . [(2)](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn2" \o ")

در تحقيق ديگري نشان داده شده كه با افزايش ميزان استرس گرمايي ، ميزان نبض و فشار خون بالا رفته و دماي بدن نيز افزايش يافته است . [(3)](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn3" \o ")

در سال 1993 دكتر N . Kiladza  در مقاله اي تحت عنوان استفاده از شاخص WBGT براي ارزيابي گرما در محيط هاي صنعتي ، وجود همبستگي قوي و معناداري را بين شاخص گرمايي و متوسط دماي پوست و احساس گرما و وجود همبستگي متوسطي را بين شاخص گرمايي و تغييرات محتواي بدن و آب از دست رفته و ضربان قلب اعلام نمود . (4)

در سال 1990 دكتر Ann . Enander  ,  Steffon Hygge  در مقاله اي با عنوان استرس حرارتي و عملكرد انسان به بررسي موضوع فوق پرداخته و اعلام كردند كه شواهد نشان مي دهد مواجهه با استرس گرمايي در بسياري از محيطهاي كاري اثر منفي بر جنبه هاي مختلف عملكرد و رفتار انسان داشته است . [(1)](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn5" \o ")

در عمليات مربوط به بررسيهاي بهداشت حرفه اي ، پارامترهاي مختلف شرايط جوي اندازه گيري مي شود تا مخاطرات ناشي از شرايط جوي نامساعد مشخص گردد و اقدامات كنترلي جهت جلوگيري از عواقب وخيم شرايط موجود انجام گيرد و اين موضوع تحت عنوان پايش محيطي در زمرة فعاليتهاي بهداشت حرفه اي ثبت مي گردد .

**شرايط جوي محيط كار و شاخصهاي آن :**

          تأثير پارامترهاي مختلف شرايط جوي بر روي عملكرد انساني ، بازده كاري و ... به صورت مستقيم نيست ، بلكه اين پارامترها موجب بوجودآمدن تأثيرات و تغييرات فيزيولوژيكي ميشوند و اين تغييرات است كه موجب تغيير عملكرد انساني ، بازده كاري و ... مي شود به همين دليل است كه از اين پارامترها به عنوان عوامل « استرس زا » نام مي بريم .

تأثير عوامل استرس زاي جوي ، روي تعادل فيزيولوژيكي بدن را بوسيله معيارهايي تحت عنوان شاخص هاي استرس زايي ، بررسي مي كنيم . با توجه به اينكه يكي از كميتهاي مهم و اساسي شرايط جوي دما است . براساس تغييرات دما در محيط ها دو نوع شاخص خواهيم داشت ، يكي « شاخص استرس گرمايي » است و ديگري « شاخص استرس سرمايي » .

جهت تعيين ميزان استرسهاي گرمايي شاخص هاي مختلفي وجود دارد كه از مهمترين اين شاخصها مي توان به شاخص هاي PPD , PMV , P4SR , B4SR , HSI , CET , ET , WBGT  اشاره كرد كه در ادامه توضيحي مختصر در مورد اين شاخصها ارائه شده و سپس برخي از آنها با توجه به پارامترهاي تعيين شده و اندازه گيري شده در برخي از مكانهاي كارخانه سيمان تـهران محاسبه و با هم مقايسه شده اند .

**كميتهاي اندازه گيري شرايط جوي محيط كار :**

الف . دماي هـوا : Dry  Bulb  Temperature

          دما كميتي است كه ميزان سردي يا گرمي را بيان مي دارد . دماي هوا تحت عنوان دماي خشك نيز ناميده مي شود و معمولاً با واحدهاي درجه سانتي گراد (C0)  يا درجه فارنهايت (F0) بيان ميشود . دماي خشك بوسيله دماسنج معمولي اندازه گيري مي شود .

ب . دماي تـر : Wet Bulb Temperature

          دماي تر ، پائين ترين درجه حرارتي است كه بتوان هوا را « درفشارثابت » با تبخير آب خشك نمود . دماي تر با واحدهاي درجه سانتي گراد (C0)  يا درجه فارنهايت (F0)  بيان        مي شود و بوسيله دماسنج خشكي كه دور مخزن آن فتيلة تر پيچيده شده است ، اندازه گيري مي شود .

پ . دماي تابشي : Globe Bulb  Temperature

**دماي تابشي از بعضي سطوح داغ اجسام منتشر مي شود و بيشتر در ناحيه مادون قرمز است معمولاً با واحدهاي (C0)  ويا (F0)  بيان مي شود و بوسيله دماسنج گوي سان اندازه گيري    ميشود .**

ت . رطوبت نسبي : Relative Humidity

          رطوبت نسبي عبارت است از فشار بخار آب موجود در هوا به فشار بخار آب اشباع شده در همان درجه حرارت ، بر حسب درصد بيان مي شود و بوسيله رطوبت سنج چرخان و يا رطوبت سنج آسمن اندازه گيري مي شود و قرائت غيرمستقيم نيز از طريق جداول يا نمودارهاي سايكرومتري دارد .

ث . فشار هـوا : Air  Pressure

          فشار جوي يا بارومتري عبارتست از فشاري كه جو زمين به علت نيروي وزنش بر روي سطح زمين و ساير سطوحي كه در آن غوطه ور است ، وارد مي كند . معمولاً با دستگاههاي قرائت مستقيم اندازه گيري مي شود و واحدهاي مختلفي دارد ولي معمولاً با واحد اتمسفر و يا ميلي متر جيوه بيان مي شود .

ج . سرعت جريان هـوا : Air Velocity

          به طور كلي ، جريان هوا در نتيجه اختلاف دماي نقاط مختلف ، كه به اختلاف چگالي آن نقاط منجر مي شود ، ايجاد مي گردد . براي اندازه گيري سرعت جريان هوا از دماسنج كاتا استفاده مي شود . دما سنج كاتا نيز براساس محل استفاده مي تواند از نوع دماسنج كاتاي خشك ، تر و يا نقره اندود باشد . براي تعيين سرعت جريان هوا از نمودارها و روابط مخصوص محاسبه سرعت استفاده مي شود .

V = سرعت جريان هوا بر حسب متر بر ثانيه .

H = توان سردشوندگي محيط بر حسب ميلي كالري در ثانيه .

F = فاكتور دماسنج كاتا بر حسب ميلي كالري بر سانتي متر مربع .

TC  = ميانگين زمانهاي سردشوندگي دماسنج بر حسب ثانيه .

T = دامنه سردشوندگي دما سنج بر حسب ثانيه .

t  = دماي محيط بر حسب درجه سانتي گراد .

a  = ضريب ثابت براساس نوع كاتا و دامنه سردشوندگي .

b = ضريب ثابت براساس نوع كاتا و دامنه سردشوندگي .

**راههاي تبادل حرارت بدن با محيط :**

راههاي تبادل حرارت بين بدن و محيط متفاوت بوده و به شرح زير مي باشد :

1ـ جابجايي (همرفت) : Convection

          جابجايي يكي از فرآيندهاي انتقال گرماست . ميزان گرماي مبادله شده از طريق جابجايي بين بدن انسان و هواي مجاور برابر است با :      C = 7 V0.6 ( ta – ts )

C = مقدار گرماي جابجا شده ( Kcal/h ) .

V = سرعت جريان هوا ( m/s ) .

ta= دماي هوا بر حسب ( C0 ) .

ts= ميانگين دماي پوست كه معمولاً 35 0C  در نظر گرفته مي شود .

2ـ تابش ( تشعشع ) :    Radiation

**ميزان انرژي كه در اثر تابش از اجسام ساطع مي شود و با توان چهارم دماي مطلق جسم ، متناسب است .**

R = ميزان تبادل گرما از طريق تابش (kcal/h)                      R = 6.6  ( MRT – tS )

ts= دماي پوست ( 0c )

MRT = ميانگين دماي تابشي سطوح جامد اطراف بر حسب ( 0c )

 MRT = Tg +  1.8    V0.5 \* ( Tg – Ta )

V = سرعت جريان هوا ( m/s ) .

Tg= دماي گويسان ( 0c )

Ta= دماي خشك هوا ( 0c )

3ـ تبخير :  Evaporation

          تبخير يكي از راههاي كنترل گرماي بدن است كه از نظر فيزيولوژيك داراي اهميت بسيار است . كلاً تبخير عرق به دليل وجود اختلاف فشار در سطح پوست و هواي پيرامون صورت   مي پذيرد . مقدار گرمايي كه از راه تبخير از دست مي رود ، از رابطه زير محاسبه مي شود .

        E = 14   V0.6  ( VPS – VPa )

E = افت گرما از طريق تبخير  (kcal/h)

V = سرعت جريان هوا ( m/s ) .

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | |  | |

VPS= فشار بخار آب در سطح پوست ( mmHg )  كه معادل 42 ميلي متر جيوه در دماي 35 درجة سانتي گراد است .

VPa= فشار بخار آب در هواي محيط ( mmHg ) .

4ـ متابوليسم :     Metabolism

          مقدار انرژي آزاد شده در واحد زمان را متابوليسم يا سرعت متابوليسم گويند . در مورد كارگراني كه در طول شيفت كار خود به انجام فعاليتهاي متفاوت ، در مدت زمان هاي متفاوت مي پردازند . لازم است كه متوسط ميزان متابوليسم با استفاده از رابطه زير محاسبه گردد .

Ti = مدت زمان فعاليت در هر مقطع و با متابوليسم مشخص .

5ـ تأثير لباس  :     Effect ot  Clothing

          براي بدن انسان ، لباس مانند عايق عمل مي كند . براي ارزشيابي لباس عاملي بنام مقاومت لباس يا ضريب كلو ( Clo ) تعريف مي شود و با كميت بدون ديمانسيون سنجيده مي شود .

كلو مقاومت لباس در مقابل انتقال گرما از پوست بدن تا سطح خارجي لباس است . مقدار

گرماي انتقال يافته از طريق لباس از رابطه زير بدست مي آيد :

|  |
| --- |
|  |
|  | |  | | --- | |  | |

K = ميزان گرماي تبادل شده ( Kcal/h ) .

A = سطح بدن ( m2 ) .

ts = دماي پوست ( 0C ) .

ta = دماي سطح خارجي لباس ( 0C ) .

       A = 0.202 \*  W 0.425 \* M 0.725

W = وزن بدن ( kg ) .

M = طول قد ( m ) .

با توجه به تأثير مشخص و قابل توجه مقاومت لباس برروي شاخص دماي ترگويسان ( WBGT ) بنا به استاندارد ACGIH ( مصوب سال 2001 ) براساس نوع لباس طبق جدول زير مقاديري به شاخص WBGT اضافه مي شود .

جدول 2ـ اصلاح WBGT با توجه به نوع لباس

|  |  |
| --- | --- |
| مقدار اضافه شده به WBGT | نوع لباس |
| 0 | لباس فرم تابستاني « نخي » |
| 3 . 5 | لباس بافته شده سراسري |
| 5 | لباس دو لايه سراسري |

  \* لازم به ذكر است كه اين مقادير نبايستي به لباسهاي ضدآب و مقاوم در برابر اسيد و نفوذ بخار و جريان هوا اعمال گردد .

**مشكلات ناشي از شرايط جوي نامساعد :**

          مشكلات ناشي از شرايط جوي نامساعد در محيطهاي كاري از ديد بهداشت حرفه اي از دو جنبه قابل بحث و بررسي است :

الف . جنبه ايمني :

          در واقع هدف اول و اساسي ما در مطالعه شرايط جوي محيط كار ، پي بردن به تأثير استرسهاي جوي در افزايش ضريب خطا و حادثه آفريني است . اين استرسهاي جوي ، ابتدا مقدمات تغييرات و تأثيرات فيزيولوژيكي را فراهم مي كنند و اين تغييرات به صورت تدريجي افزايش مي يابد ، بنابراين تغييرات ايجاد شده بلافاصله موجب بوجود آمدن بيماريها و گرمازدگي و ... نمي شوند ، بلكه تغييرات ايجاد شده باعث خطاي انساني مي شوند يعني حتي كوچكترين تغييرات در ساختار فيزيولوژيكي مي تواند روي عملكرد انساني تأثير مستقيم داشته باشد . آقاي دكتر W. D . Rowe در كتاب آناتومي ريسك ، در مبحث تأثير عوامل محيطي روي عملكرد انساني و ايجاد حادثه ، شرايط جوي محيط كار را به عنوان يك عامل اصلي در جداول مربوطه آورده است .

همچنين در يك مقاله كه از سوي National  Safety Council  در سال 1983 با عنوان              « اثرات ناشي از تغييرات دما در محيط كار برروي رفتار شغلي ايمن » به چاپ رسيده است . حاكي از اين است كه ميزان حرارتهاي محيط كار يك اثر ثابت دائمي روي شاخص رفتار غيرايمن يا « UBI » [(1)](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn6" \o ") دارد و اين تأثيرات به صورت يك منحني U شكل است .

لازم به ذكر است كه در اين بررسي از شاخص استرس گرمايي دماي ترگويسان ( WBGT ) استفاده شده است . همچنين مقاديرUBI  در طي صبح بطور چشمگيري پائين تر از مشاهدات بعدازظهر است .

ب . جنبه بهداشتي :

          براساس تغييرات بسيار زياد دما و يا افزايش بيش از حد زمان مواجهه با شرايط جوي نامساعد ، مي توانيم يك سري مشكلات بهداشتي ناشي از شرايط نامساعد جوي را مشاهده كنيم .

\* عوارض ناشي از گرما : برخي از عوارض ناشي از افزايش درجه حرارت براساس وخامت به صورت زير بيان مي شوند  :

1ـ سوختگي پوست .                 2ـ جوشهاي گرمايي .

3ـ ضعف گرمايي .                    4ـ كرامپ گرمايي .

5ـ گرمازدگي .

\* عوارض ناشي از سرما : برخي از عوارض ناشي از كاهش درجه حرارت براساس وخامت ، به صورت زير بيان مي شوند :

1ـ كهير .            2ـ سرخي .                   3ـ سرمازدگي .

**شاخص هاي استرس گرمايي :**  **Heat  Stress  Indices**

          همانطوري كه قبلاً گفته شد هدف از شاخص هاي استرس گرمايي ، تركيب متغيرهاي جوي در يك كميت است . يا بطور كلي ميزان تنش گرمايي محيط را بر روي افراد توصيف    مي نمايد . شاخصهاي استرس گرمايي را بطور كلي مي توان به دو گروه شاخصهاي تجربي و تحليلي تقسيم كرد :

الف . شاخصهاي تجربي :

          اين شاخصها معمولاً براساس ارتباط بين دو يا چند عامل گرمايي و پاسخ انسان به اين عوامل پايه ريزي شده و اين ارتباط از روي تجربياتي كه روي انسان صورت گرفته ، بدست آمده است و عمده ترين اين شاخصها عبارتند از شاخصهاي WBGT,WGT , P4SR , B4SR  , CET , ET

 ب . شاخصهاي تحليلي :

          اين شاخصها معمولاً براساس تحليل تبادل و تعامل گرما بين بدن انسان و محيط پايه ريزي مي شود . از رايج ترين اين شاخصها ، شاخص استرس حرارتي هچ ـ بلدينگ « HSI» مي باشد و شاخصهاي جديد و آسايش PPD , PMV را به نوعي مي توان در اين رده تقسيم بندي كرد .

**شاخصهاي دماي مؤثر  (ET)****(1)**

          در ميان شاخصهاي استرس حرارتي ، اين شاخص پرسابقه ترين شاخص بوده و استفاده گسترده اي دارد . شاخص دماي مؤثر از جنبه احساس راحتي و رواني در محيط كار قابل استفاده مي باشد . اين شاخص احساس گرمايي را بيان مي كند كه با احساس حاصله در محيطي اشباع از رطوبت و آرام با دمايي برابر دماي موثر ، يكسان است . براي محاسبه اين شاخص به دماي تر ، دماي خشك و سرعت جريان هوا نياز است . و با داشتن اين داده ها و با استفاده از نمودارهاي موجود ميزان ET محاسبه مي شود .

**شاخصهاي دماي مؤثر تصحيح شده  (CET)****[(2)](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn8" \o ")**

          در محاسبه شاخص دماي موثر ، ثابشهاي حاصل از سطوح داغ درون محيط كار دخالت داده نشده بود . Bed Ford  با دخالت دادن عامل موفق دماي موثر را اصلاح نمود و شاخص جديدي را كه بدست آورد دماي موثر تصحيح شده ناميد .

براي محاسبه اين شاخص به دماي تر ، دماي گوي سان « تشعشعي » و سرعت جريان هوا احتياج مي باشد . براي محاسبه اين شاخص از نمودار دماي موثر استفاده مي شود ولي به جاي دماي خشك ، دماي دماسنج گوي سان لحاظ مي شود .

+ در شاخصهاي دماي موثر و دماي موثر تصحيح شده ، گرماي توليد شده از متابوليسم نقشي ندارد و اين شاخصها تنها براساس احساس راحتي يا ناراحتي فرد مي باشد تا ارزيابي استرس حرارتي .

جدول 3ـ مقادير مجاز مواجهه براساس شاخصهاي CET , ET بصورت جدول زير توصيه ميشود :

( NIOSH  -  1978  )

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **مقادير CET   يا   ET بر حسب 0C** | | | | |
| **كار متناوب** | | | **كار پيوسته** | **ريتم كار**  نوع كار |
| **2 ساعت** | **4 ساعت** | **6 ساعت** |
| **35** | **33 . 5** | **32 . 5** | **30 . 5** | **سبك** |
| **32 . 5** | **31** | **30** | **29** | **متوسط** |
| **31** | **29** | **27 . 5** | **26** | **سنگين** |

**شاخص ميزان عرق پيش بيني شده چـهار ساعته ( P4SR )****[(1)](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn9" \o ")**

          اين شاخص كه از جمله شاخصهاي فيزيولوژيكي است . بر اين اساس مطرح گرديد كه برآورد ميزان عرق جهت تعيين ميزان استرس كافي است . از نظر ظاهري مقدار آن مساوي مقدار تعريق فرد جوان سازش يافته سالمي است كه مدت چهار ساعت در محيط قرار بگيرد . اين شاخص آثار دماي هوا ، ميانگين دماي تابشي ، سرعت جريان هوا ، رطوبت ، ميزان متابوليسم و پوشش لباس را با هم تركيب مي كند .

اين شاخص تجربي بوده و فاقد رابطه و فرمول خاص است . در محاسبه ( P4SR ) پارامترهاي دماي محيط ، دماي تابشي ، رطوبت ، سرعت جريان هوا و ميزان متابوليسم وارد شده و محاسبه نهايي به كمك نمودار صورت مي گيرد .

قبل از استفاده از نمودار اصلاحات زير بايد انجام گيرد :

1ـ اگر tg # ta ، بايستي به دماي تر مقدار (tg - ta  )4/0 اضافه كرد .

2ـ اگر ميزان انرژي مصرفي ( متابوليسم ) بيش از 63 وات بر متر مربع باشد لازم است كه مقدار اصلاحي بدست آمده از منحني كوچك بالاي نمودار اصلي را به دماي تر اضافه كرد .

3ـ در مورد افرادي كه لباس به تن دارند ، لازم است كه به دماي تر مقدار 0C ( 1.4 / clo ) اضافه شود . بعضي مراجع اين مقدار را 0C (1) براي افراد با لباس معمولي توصيه مي كنند .

اكنون خطي را كه دماي گويسان و دماي تر تصيح شده را بهم وصل مي كند را رسم و در حاليكه از مقياس دماي تر مربوط به سرعت جريان هوا استفاده مي كنيم از روي مقياس سرعت جريان هواي مربوط ، مقدار عرق چهار ساعته پايه ( B4SR )[(1)](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn10" \o ") را قرائت مي كنيم . با استفاده از B4SR و با افزودن مقادير مربوط به ميزان فعاليت و پوشش لباس فرد به آن ،  ميتوان مقدار (P4SR  ) ازرابطه زير بدست آورد :

\* لازم به ذكر است حداكثر مقدار عرق 4 ساعته براي يك فرد جوان سازش يافته نيمه ملبس 5/4 ليتر و براي فرد با لباس متعارف 7/2 ليتر مي باشد .

**شاخص بوتسفورد يا دماي تر گويسان ( WGT )****(2)**

احتمالاً ساده ترين شاخص است و براي برآورد آن فقط نياز به يك دما مي باشد و اين يك دما همان دماي خوانده شده از دماسنج گويسان است . اين شاخص مي تواند تبادل گرمايشي را از طريق تشعشعي ، جابجايي و تبخير معين كند .

                   WGT = 0.905  WBGT – 0.909

                                WGT = 0.0212 B2  +  0.192 B + 9.5

B : دماي دماسنج گويسان

**شاخص دماي تر گويسان (WBGT)****[(1)](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn12" \o ")**

          اين شاخص براي ارزشيابي استرس حرارتي محيط كاركاربرد دارد و توسط NIOSH , ACGIH

به عنوان شاخص اصلي جهت تعيين مقادير حدود مجاز (TLV ) انتخاب گرديده است . محاسبه شاخص دماي تر گويسان بسيار ساده بوده و با اندازه گيري حداقل پارامترهاي جوي صورت    ميگيرد . پس از اندازه گيري هاي لازم شاخص دماي تر گويسان براي خارج و داخل كارگاه بصورت زير محاسبه مي شود .

داخل كارگاه    WBGT = 0.7 Tnwb + 0.3 Tg

خارج كارگاه   WBGT = 0.7 Tnwb + 0.2 Tg + 0.1 Ta

Tnwb = درجه حرارت دماسنج تر طبيعي ( 0C ) .

Tg = د ماي گويسان ( 0C ) .

Ta = دماي دماسنج خشك ( 0C )

با توجه به اينكه در برخي از ايستگاههاي كاري دما در ارتفاعات مختلف بدن متفاوت است ، به همين دليل ما مقادير WBGT را در سه ارتفاع پا ، تنه و سر اندازه گيري كرده و با استفاده از رابطه زير از آن ميانگين مي گيريم :

همچنين با توجه به اينكه WBGT يك شاخص ارزيابي استرس گرمايي فردي است و در حين كار روزانه ممكن است محل استقرار كارگر و نيز گرماي محيط او تغيير نمايد ، بنابراين ما مقادير WBGT را در هر ايستگاه كاري اندازه گيري كرده و براساس فرمول زير از مقادير WBGT ميانگين سبك و سنگين شده براساس زمان مي گيريم : جداول و نمودارهاي ارزيابي WBGT براساس شرايط فيزيولوژيكي يعني ميزان متابوليسم مصرفي مي باشد ، بنابراين ما به دو پايش نياز داريم ، يكي پايش محيطي است كه در بالا مراحل و نحوه آن ذكر گرديد و ديگري پايش فردي است كه در آن ميزان متابوليسم مصرفي فرد را محاسبه مي كنيم ، سپس از ادغام اين دو پايش مي توانيم به يك ارزيابي منطقي دست يابيم . پس از محاسبه مقادير WBGT براي هر فرد در هر ايستگاه كاري و براي هر موقعيت تصحيحات لازم براساس مقاومت لباس ( clo ) ، رطوبت نسبي (RH ) ، سرعت جريان هوا (A.V) روي مقادير اعمال مي شود .

\* در هنگام محاسبه WBGT بايد به نكات زير در ارتباط با تأثير رطوبت نسبي توجه داشت :

الف . اگر رطوبت نسبي در محيط كار 25% باشد يك درجه به دماي تر اضافه مي شود .

|  |
| --- |
|  |
|  | |  | | --- | |  | |

ب . اگر رطوبت نسبي در محيط كار 50% باشد نيم درجه به دماي تر اضافه مي شود .

|  |
| --- |
|  |
|  | |  | | --- | |  | |

ج . اگر رطوبت نسبي در محيط بالاي 50% باشد هيچگونه تصحيحي صورت نمي گيرد .

|  |
| --- |
|  |
|  | |  | | --- | |  | |

\*\*\* لازم به ذكر است كه استفاده از شاخص WBGT براي تعيين ميزان استرس گرمايي در محيطهاي كاري از سوي محققان و سازمانهاي مختلف به عنوان بهترين شاخص ارزيابي شناخته شده است .

جدول 4 ـ مقادير حد آستانه مجاز مواجهه با گرما براساس نمايانگر ترگويسان (WBGT)

بر حسب سانتي گراد . ( ACGIH , 1986 )

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| حجم كار | | | **نسبت كار ـ استراحت** |
| سنگين | متوسط | **سبك** |
| 25 | 26.7 | 30 | كار مداوم |
| 25.9 | 28 | 30.6 | 75% كار ـ 25% استراحت ( در هر ساعت ) |
| 27.9 | 29.4 | 31.4 | 50% كار ـ 50% استراحت ( در هر ساعت ) |
| 30 | 31.1 | 32.2 | 25% كار ـ 75% استراحت ( در هر ساعت ) |

**شاخص استرس گرما (HSI )****(1)**

          اين شاخص در سال 1955 توسط هچ و بلدينگ تدوين شد . شاخص HSI بصورت زير تعريف مي شود :

|  |
| --- |
|  |

HSI مساوي است با نسبت مقدار عرقي كه براي تنظيم دماي بدن بايد بخار شود.(E req) به حداكثر مقدار عرقي كه در شرايط محيط كار مي تواند از بدن دفع گردد ( Emax )يعني :

حد بالاي Emaxمعادل 390 w/m2 در نظر گرفته شده است و اين معادل ميزان حداكثر يك ليتر عرق در ساعت براي يك فرد معمولي است . اگر Ereq > Emax شود بدن قادر نيست تعادل گرمايي خود را حفظ نمايد و دماي بدن شروع به افزايش مي كند و اين در شرايطي رخ مي دهد كه بدن به جاي اينكه به محيط گرما بدهد از محيط گرما دريافت مي كند و اين مسئله اغلب در صنايع گرم رخ مي دهد . در اينگونه موارد اگر چه ادامه كار براي مدت كوتاهي امكان پذير است اما كار مداوم ممكن نيست و بايستي قبل از اينكه گرما در بدن جمع شده و منجر به افزايش دماي داخلي بدن در حد خطرناك شود كنترل گرما صورت گيرد .

هچ وبلدينگ حداكثر افزايش مجاز دماي داخلي بدن را 1.8 0C در نظر مي گيرند كه براي يك فرد متوسط معادل تجمع 264 كيلوژول انرژي است و بعد مي توان با استفاده از رابطه هاي موجود در جدول صفحه بعد مقدار زمان تماس مجاز را محاسبه كرد . براي بدست آوردن مقدار   HSI علاوه بر روابط ذكر شده ، نمودارهاي مختلفي نيز وجود دارد .

**زمان تماس مجاز ( AET )****(1)**

          يكي ديگر از كاربردهاي شاخص HSI علاوه بر تعيين ميزان استرس گرما محاسبه زمان تماس مجاز با گرماست . براي تعيين زمان تماس مجاز از رابطه زير استفاده مي شود .

          به منظور اندازه گيري آسايش حرارتي در محيط كار ، اين نمايانگر مورد استفاده قرار ميگيرد . براي محاسبه اين نمايانگر از گروه بزرگي از افراد خواسته مي شود تا شرايط جوي محيط كار را با استفاده از مقياس زير ارزيابي كنند . ميانگين نتايج بدست آمده ، تعيين كننده ميانگين رأي پيش كننده (PMV ) خواهد بود . مقياس هفت درجه اي كه براي محاسبه نمايانگر ميانگين رأي پيش بيني كننده مورد استفاده قرار مي گيرد به شرح زير است :

جدول 7ـ+ مقياس محاسبه نمايانگر رأي پيش بيني كننده ( Pmv )

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| - 3 | - 2 | - 1 | 0 | + 1 | + 2 | + 3 |
| سرد | خنك | كمي خنك | متعادل | كمي گرم | گرم | داغ |

از نمايانگر رأي پيش بيني كننده مي توان براي پيش بيني درصدي از افراد كه از شرايط جوي محيط كار خود ناراضي هستند ( PPD ) استفاده كرد .

نتايج پژوهشهايي كه با استفاده از اين نمايانگر انجام گرفته است اين باور را بوجود  آورده كه نمي توان شرايط جوي محيط كار را به گونه اي تنظيم كرد كه براي همگان دلپذير باشد .

گذشته از تنظيم درجه حرارت در محيط كار ، همواره دست كم پنج درصد از افراد از شرايط جوي محيط كار خود ناخشنود هستند . سازمان بين المللي استاندارد پيشنهاد مي كند كه درجه حرارت محيط كار به گونه اي تنظيم شود كه مقدار ( PPD ) كمتر از 10 درصد باشد به اين ترتيب 90 درصد از افراد ، شرايط جوي را مطلوب خواهند يافت . در سراسر فصل زمستان اين مقدار براي هواي درون ساختمان 24ـ20 درجه و در فصل تابستان 26ـ23 درجه     سانتي گراد مي باشد . در تعيين اين دو گستره ، فرض بر اين است كه فعاليتها بصورت نشسته انجام مي گيرد . ( مانند آنچه در دفاتر اداري رايج است ) .

                   ميانگين رأي پيش بيني كننده

درصد پيش بيني شده اي از افراد كه از شرايط جوي محيط كار خود راضي نيستند ، به

عنوان تابعي از ميانگين راي پيش كننده (Pmv ) ( ISO , 1984 )

**شاخصهاي استرس سرمايي :   Cold Stress Indices**

          منظور از پيشنهاد حدود مجاز مواجهه با سرما جلوگيري از كاهش دماي عمقي بدن به كمتر از 26 درجه سانتي گراد مي باشد تا از آسيب سرما به قسمتهاي انتهايي بدن (دستها و پاها) پيشگيري گردد . در واقع مقادير حدآستانه مواجهه ، تماس با شرايط سردي را اجازه مي دهد كه در درجه حرارت بيشتر از آن حد تقريباً اين اطمينان وجود دارد كه تمام كارگران مي توانند به طور مكرر با سرما مواجهه شوند ، بدون آنكه بر سلامتي آنها آسيبي وارد گردد .

تنها جنبه مهم و حياتي در مواجهه با سرما كاهش دماي عمقي بدن ( هيپوترمي ) است . علائم باليني افرادي كه به درجات مختلف هيپوترمي مبتلا شده اند از سوي موسسات مختلف توصيف گرديده است . براي تعيين مقادير استرس سرمايي شاخصهاي مختلفي وجود دارد كه مهمترين و متداولترين اين شاخصها تحت عنوان شاخص درجه حرارت سرمايي معادل در زير توضيح داده مي شود .

**شاخص درجه حرارت سرمايي معادل :  (ECTI )****(1)**

          به منظور ارزشيابي سرما ، با توجه به دو عامل سرعت جريان هوا و درجه حرارت ، نمايانگري به نام درجه حرارت سرمايي معادل ارائه شده است . اين شاخص نه تنها براي ارزيابي سردكنندگي توأم با دو درجه حرارت هوا بر روي پوست بكار مي رود ، بلكه در تعيين حد مورد نياز عايق بودن لباس جهت حفظ درجه حرارت عمقي بدن (يكي از راههاي حفاظت كارگر ) نيز استفاده مي شود . در جدول صفحه بعد درجه حرارت سرمايي معادل براي درجه حرارتهاي

گوناگون و سرعت جريانهاي متفاوت هوا ارائه و بر اساس ميزان خطر حاصل از مواجهه با سرما به سه درجه طبقه بندي شده است .

جدول شماره 8 ـ درجه حرارت سرمايي معادل (F0)

|  |  |
| --- | --- |
| دماي قرائت شده واقعي هوا  (F0)  -60      -50       -40        -30        -20       -10      0       10       20        30         40          50  دماي سرمايي معادل (F0) | سرعت برآورد شده باد (مايل در ساعت) |
| -60       -50       -40      -30      -20        -10        0      10        20       30         40           50  -68       -57       -47     -36      -26        -15        -0       6         16        27         37         48  -95       -83      -70      -58       -46        -33       -24       -9       4         16         28         40  -112      -99     -85      -72       -58        -45       -32       -18      -5        9          22         36  -121     -110     -96      -82     -67        -53       -39       -25       -10       4          18        32  -133      -118    -104     -88    -74       -59        -44        -29       -15       0         16        30  -140     -125     -109    -94     -79       -63       -48        -33        -18      -2         13       28  -145     -129     -113     -98    -82       -67       -51        -35        -20        -4        11      27  -148    -132     -116     -100   -85      -69      -53        -37         -21        -6        10     26 | آرام  0  10  15  20  25  30  35  40 |
| ميزان خطر كم است                          ميزان خطر رو به افزايش است         ميزان خطر زياد است  در صورتي كه پوست خشك و مدت        اين خطر وجود دارد كه               قسمتهايي از بدن كه درمعرض سرماست  مواجهه با سرماكمتر ازيك ساعت            قسمتهايي از بدن كه در معرض       ممكن است در عرض30 ثانيه منجمد  باشد ميزان خطركم است خطراحساس     سرماست يك دقيقه منجمد                  شوند .  امنيت كاذب در اين مرحله چشمگير          شود .  است .  در هر موقعيتي از اين جدول ممكن است در پاي افراد حالات مرضي خاصي ايجاد شود كه مربوط به تماس طولاني پا با آب و سرماست . | سرعت جريانهاي بيش از 40 مايل در ساعات اثرات اضافي مختصري به همراه دارند . |

[1)](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx#_ftnref1) پورقاسمي . علي ـ شرايط جوي محيط كار ـ چاپ اول ـ انتشارات بشري ، 1375 .

[2](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx#_ftnref2)) مجله صنعت و ايمني ـ شماره 29 ـ 1371 .

[3](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx#_ftnref3)) اشراقي .عليرضا ـ پايان نامه كارشناسي ارشد دانشگاه تـهران ـ مطالعه رابطه بين سلامت كارگران و عوامل محيطي كارگاه .1374.

[4 – Niledze , 1993 – WBGT Index  for  Evaluation  of   the  Heating   Microclimate  in   Industrial Condition .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref4" \o ")

1-       [Enander , Ann – Hygge  Steffon , 1990 – Thermal St](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref5" \o ")ress and Human Performance ,             Work – Environment – Health  16:44 – 50 .

[1 – Unsafe  Behavior Index](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref6" \o ")

[1 – Effective  Temperature .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref7" \o ")

[2 – Corrected  Effective  Temperature .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref8" \o ")

[1 – Predicted Four – hour Sweet  Rate .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref9" \o ")

[1 – Basic  4  hour  Sweet  Rate .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref10" \o ")

[2](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref11" \o ") – Wet Globe  Temperature .

[1 – Wet  Bulb  Globe  Temperature .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref12" \o ")

[1 – Heat Stress  Index .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref13" \o ")

[1 – Allowable  Exposure  Time .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref14" \o ")

[2 – Predictive  Mean  Vote  .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref15" \o ")

[3 – Predicted percetage  of  Dissatisfied  .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref16" \o ")

[1- Equivallent  Chill Temperature  Index .](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftnref17" \o ")

**مقدمه**

          در عصر حاضر، پيشرفت فن آوري در تمام زمينه‌هاي صنعتي، گسترش و كاربرد وسيع وسايل، ماشين آلات و تجهيزات مختلف را به همراه داشته است. اين رشد سريع سبب گرديده تا انسان در زندگي روزمره و شغلي خود هر چه بيشتر تحت تأثير آشفتگي‌هاي ناخوشايند آكوستيكي، يعني «صدا» با شدتهاي مختلف قرار گيرد، به طوري كه امروزه صدا جزيي از زندگي انسان را تشكيل مي‌دهد. به همين دليل صدا يكي از خطرات شغلي و صنعتي به شمار مي‌آيد و بسياري از كارگران به ويژه كارگران بخش صنعت در معرض اين خطر قرار دارند.

          امروزه در صنايع كشورهاي مختلف توجه زيادي به كاهش سروصدا در محيط كار مي‌شود. چون تحقيقات نشان داده كه بين خستگي، بي‌علاقگي به كار، خشم و عصبانيت و سانحه در كار، پريشاني رواني كارگر و ميزان سر وصدا در محيط كار رابطه‌اي مستقيم وجود دارد.

**مشكلات ناشي از سروصدا**

1. ديدگاه آسايش:

          سروصدا در مكانهاي ديگر غير از محيط كار مشكلات فزاينده‌اي را ايجاد كرده است. پيشرفت و تكامل فن‌آوري و توسعه هر چه بيشتر شهرها، تراكم وسايط نقليه، ازدحام جمعيت، زندگي در مجاورت فرودگاهها، ايستگاه‌ها و اماكن و كارخانجات پرسروصدا و نظاير اينها باعث شده تا ساير افراد جامعه نيز در معرض تماس با سروصدا باشند. با توجه به اينكه سروصدا علاوه بر اثر سوء بر سيستم شنوايي به عنوان يك استرسور عمومي ممكن است سبب افزايش فشار خون، بروز مشكلات قلبي و عروقي و تحريك اعصاب، اضطراب و تأثير بر خواب و مشكلات رواني و روحي شود.

          لارد (Lard) با اندازه‌گيري اكسيژن مصرف شده توسط ماشين‌نويس‌ها مشاهده نمود كه مصرف اكسيژن در گروهي كه در محيط پرسروصدا كار مي‌كردند نسبت به گروهي كه در محيط آرام به كار اشتغال داشتند 19 درصد بيشتر بوده است، در حالي كه بازده كارشان نسبت به همان گروه 4 درصد  كمتر را نشان مي‌داد و بدين ترتيب ثابت نمود كه كار در محيط پرسروصدا باعث خستگي مشخص مي‌شود و افزايش مصرف اكسيژن در گروه مزبور معرف فعاليت بيشتر بدن در محيط پرسروصدا است كه با بازده كمتر كار نيز همراه است.

2. ديدگاه بهداشتي:

          وجود صداهاي بلند از علل رايج پيدايش نواقص و ضايعات شنوايي به شمار مي‌آيند كه تكرار و تداوم آن در دراز مدت قدرت و توان شنوايي را كاهش مي دهد. مسئله آلودگي صدا تنها به كشورهايي كه تكنولوژي پيشرفته دارند محدود نمي‌شود بلكه در بسياري از كشورهاي در حال توسعه، نسبت آلودگي صوتي شديدتر و به همين ترتيب ابتلاء به بيماريهاي دايمي يا موقت شنوايي بيشتر است.

          در بررسي كاهش شنوايي عصبي حاصل از سروصدا در كارگران صنعت آهن و فولاد در سال 1997 در اسپانيا 1232 كارگر كه در معرض صداهاي پائين، متوسط و بالا بودند مورد مطالعه قرار گرفت. تعداد 445 نفر با سن 40 سال در معرض صداي پائين، 341 نفر با سن 39 سال در معرض صداي متوسط و 446 نفر با سن 39 سال با صداي بلند به ترتيب 16 و 14 و 15 سال در معرض بودند. نتيجه آنكه افراد درمعرض صداي بلند 2/13 درصد، افراد در معرض صداي متوسط 7/11 و افراد در معرض صداي پايين 2/7 درصد داراي كاهش شنوايي بودند كه براساس قانون 4/0، 5/1 و5/2 درصد از اين كارگران دچار عوارض شنوايي شدند كه مي‌توانستند غرامت دريافت كنند.

          در مطالعه‌اي كه توسط S.K.Bhattacharya و همكارانش در سال 1981م. تحت عنوان “قدرت شنوايي در كارگران بافنده كارخانه نساجي” در مورد 130 كارگر نساجي كه به طور پيوسته در معرض صداي بالاتر از 104-102 دسي‌بل قرار داشتند، انجام گرفت مشخص شد كه پس از 4تا8 ساعت تماس با تراز صداي فوق تقريباً تمام كارگران بدون توجه به سن و مدت تماس با سروصداي حرفه‌اي، شنوايي در فركانس هاي 8000-3000 هرتز پيدا كردند اين كاهش، بخصوص در فركانس 4000 افت قابل ملاحظه‌اي را نشان مي دهد.

3. ديدگاه ايمني:

          مكالمه در محيط‌هاي كار به عنوان يكي از راههاي ارتباط مي‌باشد كه در صورت وجود صداي زمينه خصوصاً در فركانس‌هاي حدود مكالمه مي‌تواند ارتباط بين افراد را از طريق كلامي مختل سازد و باعث بروز اشتباه و نيز حوادث گردد كه در اين مورد در ارزيابي صدا تراز تداخل با مكالمه محاسبه و مورد توجه قرار مي‌گيرد.

          براساس تجربيات گري‌ورلد (Griworld) با كاهش 5/14 درصد از سروصداي كارگاه بازده كار 8/8  درصد افزايش يافته و از اشتباهات ماشين نويس‌ها 29 درصد كاسته شده است. پس كاهش سروصدا در كاهش اشتباهات و كاهش حوادث محيط كار نقش مهمي را ايفا مي‌كند.

          برطبق نظريه سازمان بين‌المللي كار بنا به دلايل ايمني، صدا نبايد از 70 دسي‌بل بيشتر باشد. در عمليات مربوط به بررسي‌هاي مهندسي بهداشت حرفه‌اي صدا اندازه‌گيري مي‌شود تا مخاطرات صدا بر روي شنوايي كارگران مشخص گردد و اندازه‌گيري صدا براي تعيين كميت خطر و آسيب شنوايي اهميت دارد و با بررسي وضعيت شنوايي كارگران توسط اديومتري (پايش زيستي) و بررسي ميزان مواجهه فردي كارگران با صدا توسط دزيمتري (پايش فردي) رابطه علي بين صدا و مقدار كاهش شنوايي بدست مي‌آيد.

          موضوع پايش‌هاي محيطي و زيستي در مورد عوامل بيماري‌زا و زيان‌آور به طور كامل از سوي قوانين كار و تأمين اجتماعي در كشورمان حمايت مي‌شود و در موارد قانوني 85، 92 و 95 قانون كار و 88 و 90 قانون تأمين اجتماعي به طور مستقيم اين حمايت‌ها مشاهده مي‌شود. موضوع سروصدا نيز به عنوان يكي از عوامل زيان‌آ‌ور محيط كار از اين قوانين مستثني نيست.

**صوت و ماهيت آن**

          امواج صوتي شكلي از امواج مكانيكي طولي هستند كه عمدماً در هوا منتشر شده (اگرچه قابل انتشار در تمام محيطهاي ماده نيز مي‌باشند) و در برخورد با گوش انسان احساس شنيدن را ايجاد مي‌كنند. بنابراين به امواجي با اين مشخصات كه قابليت درك توسط گوش انسان را نداشته نباشند، صوت اطلاق نمي‌شود. عوامل محدود كننده صوت براي درك حسي آن فركانس و بلندي است.

          محدوده فركانس قابل درك براي انسان بين 16 تا 20000 هرتز است. امواج خارج از اين محدوده فركانس را مادون صوت و ماوراء صوت مي‌نامند. همچنين درك انسان از بلندي صوت در محدوده معيني است.

**كميات اندازه گيري صوت[1](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn1)**

          براي بيان و اندازه‌گيري صوت دو گروه از كميات به كار مي‌رود:

1ـ كميات فيزيكي (يا كميات مطلق) كه شامل فشار، شدت و توان مي‌باشد.

2ـ كميات لگاريتمي (يا تراز) كه شامل تراز فشار، تراز شدت و تراز توان صوت مي‌باشد.

**كميات فيزيكي**

**توان صوت Sound Power (W)**

          مقدار انرژي صوتي كه در واحد زمان در منبع صوتي توليد مي‌شود. توان صوت ناميده شده و واحد آن وات مي‌باشد.

كمترين توان صوتي كه مي‌تواند گوش انسان را تحريك كند  است. اين ميزان را توان مبنا يا آستانه درك توان صوت مي‌نامند

**شدت صوت (I)Sound Intensity**

          مقدار انرژي صوتي است كه در واحد زمان از واحد سطح مي‌گذرد. سطح مذكور عمود بر راستاي انتشار موج صوتي است. واحد آن  مي‌باشد.

 كمترين شدت صوتي كه مي‌تواند براي گوش انسان قابل درك باشد برابر با مي‌باشد. اين مقدار، شدت صوت مبنا يا آستانه درك شدت صوت مي‌نامند.

**فشار صوت Sound Pressure(P)**

          فشار صوت برحسب پاسكال  در سيستم MKS و ميكروبار  در سيستم CGS عبارت از نيروي وارد بر سطح است.

كمترين‌فشارموج‌صوتي‌كه‌مي‌تواندگوش انسان‌راتحريك كند  مي‌باشد كه آن را آستانه درك حسي انسان از فشار صوت  يا فشار مبنا مي‌نامند.

**كميات لگاريتمي[1](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn2)**

          در مقياس مطلق دامنه كمترين مقدار قابل درك (آستانه احساس) با بيشترين ميزاني كه گوش بدون درد قادر به تحمل آن مي‌باشد (آستانه دردناكي) وسيع است. اين محدوده براي توان و شدت 1014 و براي فشار 107 واحد است. معلوم شده است كه درك شنوايي انسان نسبت به تغييرات مقادير مطلق به صورت لگاريتمي است. تبديل كميت مطلق به كميت لگاريتمي كار با آن را ساده و درك ذهني از كميت را آسان مي‌كند. در مقياس لگاريتمي، لگاريتمي از يك نسبت (تراز) محاسبه و برحسب دسي‌بل (يك دهم بل) با علامت (dB ) بيان مي‌شود.

**تــراز:**

          عبارت از نسبت كميت اندازه گيري شده صوت به كميت مبنا (آستانه درك) است. اين نسبت‌ها به ترتيب براي توان، شدت و فشار، ،، است. در اين نسبت‌ها صورت كسر مقادير اندازه گيري شده صوت و مخرج كسرها آستانه درك آنها توسط گوش انسان است.

**تــراز تـوان صوت  Sound Power Level  (SWL)**

          توان صوت مربوط به منبع صوتي است و مشخص نمودن توان و تراز صوت داراي اهميت مي‌باشد. روابط مربوط به تراز توان صوت به قرار زير است:

**تــراز فشار صوت Sound Pressure Level (SPL)**

در بررسي هاي محيط كار به منظور ارزيابي محيطي و نيز ارزيابي مواجهه كارگر، تراز فشار صوت بيشترين استفاده را دارا مي‌باشد. علت اين امر در ماهيت فشار و نحوة انتشار صوت و بالاخره نحوة وارد شدن فشار به پرده صماخ گوش مي‌باشد. از طرف ديگر اندازه گيري فشار و تراز فشار صوت هوايي نيز عملي‌تر مي‌باشد. معادلات مربوط به تراز فشار صوت به قرار زير است.

P: فشار مطلق صوت در نقطة اندازه‌گيري (Pa)

: فشار مبنا يا آستانه درك فيزيولوژيك فشار صوت (Pa 10 –5\* 2)

**انواع صوت از نظر زمان تداوم[1](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx" \l "_ftn3)**

          اصوات در مرحله توليد و انتشار خود ممكن است به اشكال مختلف وجود داشته باشند، اين اشكال را مي‌توان براساس تغييرات دامنه صوت به صورت زير تقسيم بندي نمود:

**الف. اصوات پيوسته (Continuous Sound)**

          به اصواتي اطلاق مي‌گردد كه در طول زمان انتشار خود وقفه نداشته باشند. اصوات مكالمه و صداهاي صنعتي از اين گروهند، اين اصوات خودشان به سه دسته تقسيم مي‌شوند:

**-         اصوات يكنواخت (Steady Sound)**

در اين‌دسته تراز فشار صوت تغييرات قابل ملاحظه‌اي نداشته و اغلب كمتر از 5 دسي‌بل است.

**- اصوات متغير با زمان(Flactuating Sound)**

در اين دسته تغييرات تراز فشار در طول زمان بين 15-5 دسي‌بل است.

**- اصوات منقطع يا نوبتي (Intermitent Sound)**

 در اين دسته تغييرات تراز فشار صوت بيش از 15 دسي‌بل در طول زمان است.

**ب. اصوات ضربه‌اي و كوبه‌اي (Impact or Imulsive Sound)**

          در اين نوع اصوات موج فشار صوت در هر ضربه، در كسري از زمان (ثانيه) و معمولاً كمتر از 5/0 ثانيه شروع و خاتمه مي‌يابد. صداي پرسهاي ضربه‌اي و ابزارهاي پنوماتيك اغلب از اين گروه هستند. كه با توجه به نحوه توليد و شكل موج فشار اين گروه خود به دو دسته A و B تقسيم مي‌شوند.

**دسته A :** زمان اوج گيري موج فشار كوتاه بوده و دامنه فشار بسيار بزرگ است، به طوري كه در نقطه پيك خود ممكن است به 190 دسي‌بل نيز برسد. در هر ضربه، موج فشار به تندي و فقط با يك بازگشت به نقطه صفر فشار بر مي‌گردد. در اين نوع از صدا موج فشار شكل ساده‌اي دارد. شليك گلوله هاي سبك مانند قبضة تفنگ و سنگين مانند توپ در هرشليك چنين موج فشاري ايجاد مي‌كنند. انفجار گلوله‌هاي خمپاره و توپ هم چنين خصوصياتي دارند. در اين دسته زمان تداوم هر ضربه كوتاه است. نام اختصاصي اين دسته اصوات ضربه‌اي يا (Impulsive Sound) است.

**دسته B :** در اين دسته زمان اوج گيري موج فشار كوتاه بوده و دامنه فشار بسته به وضعيت منبع توليد صوت متغير و بيش از 20 دسي‌بل از صداي زمينه بالاتر است. اين دامنه در نقطه پيك ممكن است به 140 دسي‌بل نيز برسد.  در هر ضربه، موج فشار به تندي به نقطه صفر بر مي‌گردد، اما چند موج پس از ضربه بدنبال خود دارد كه بدليل اصوات پيكري اجزاي دستگاه مولد صوت مي‌باشد. در اين دسته زمان تداوم هر ضربه بلندتر از دسته A است. صداي ناشي از پرسهاي ضربه‌اي و ابزارهاي بادي و به طور كلي منابع مركب ضربه زن از اين نوع است. نام اختصاصي اين دسته از اصوات، كوبه‌اي يا (Impact Sound) مي‌باشد.

**استـانداردهاي مربوط به صـدا**

          در گذشته براي صداي كوبه‌اي و پيوسته استاندارد مواجهه متفاوت بوده است، اما در چند سال اخير يك الگوي واحد براي مواجهه مجاز مورد پذيرش قرار گرفته است. اصولاً در بيان حد مجاز صدا يك تراز معين در شبكه توزين A براي 8 ساعت كار روزانه و 40 ساعت كار هفتگي اعلام گرديده و حد سقفي براي مواجهه نيز، آستانه دردناكي يا 140 دسي بل اعلام شده است. در صورتي كه كارگر بيش از تراز مجاز مواجهه داشته باشد، زمان مجاز مواجهه وي بايد كاهش يابد. براساس قاعده 3 يا 5 دسي بل به طور قراردادي به ازاي افزايش 3 يا 5 دسي‌بل تراز فشارصوت، مدت زمان مواجهه نصف مي‌گردد. براين اساس سازمانها و كشورهاي مختلف از الگوهاي متفاوتي پيروي مي‌كنند. مهمترين مقادير توصيه شده براي تراز مجاز فشار صوت و زمان مواجهه در جدول زير آمده است.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| تراز فشار صوت مجاز براي 8 ساعت كار روزانه و 40 ساعت هفتگي dBA | قاعده براي نصف شدن زمان مواجهه مجاز dB | سازمان يا كشور توصيه كننده يا بكار گيرنده |
| 90 | 3 | NIOSH\* |
| 90 | 5 | OSHA\* |
| 90 | 3 | ISO، BOHS و كشورهاي اروپايي و بلوك شرق |
| 85 | 3 | ACGIH\*\* و كميته فني بهداشت حرفه‌اي ايران |
| حد سقفي dBA115 | حد سقفي dBA140 |  |

استاندارد مورد پذيرش در ايران براساس توصيه كميته فني بهداشت حرفه‌اي كشور، تراز فشار صوت dB85 با قاعده 3 دسي‌بل است. كه در جدول زير آمده است.

|  |  |
| --- | --- |
| مواجهه مجاز روزانه برحسب ساعت | تراز فشار صوت dBA\* |
| 16 | 82 |
| 8 | 85 |
| 4 | 88 |
| 2 | 91 |
| 1 | 94 |

\* تراز فشار صوت برحسب دسي‌بل در مقياس A است كه دستگاه ترازسنج بايستي طبق استاندارد ANSI (SI – 4 – 1983) قابليت اندازه گيري در سرعت Slow و شبكه A را داشته باشد.

**روشهاي اندازه گيري و ارزيابي صدا**

          براي اندازه گيري و ارزيابي صدا، شناخت كامل نسبت به روشهاي اندازه گيري، خصوصيات محيط كار و چگونگي مواجهه كارگر اهميت دارد. مهمترين نكاتي كه قبل از اقدام به اندازه گيري و ارزيابي بايد در نظر گرفته شود شامل موارد زير است.

الف) هدف اندازه گيري.

ب) وسيله مناسب اندازه گيري.

ج) كاليبراسيون.

د) تعيين ايستگاههاي اندازه گيري.

ه‍) گردآوري اطلاعات دقيق از كارگاه.

ذ) گردآوري اطلاعات نحوه مواجهه كارگر.

ر) استاندارد مواجهه كارگر.

**هدف اندازه گيري**

          اندازه گيري صدا مي‌تواند به منظورهاي گوناگوني انجام گردد:

الف. اندازه‌گيري صداي يك دستگاه معين براي اهداف صنعتي (مثلاً عيب‌يابي و بازرسي فني)

ب. اندازه گيري محيطي صدا.

ج. اندازه گيري به منظور معين نمودن منابع اصلي صدا.

د) اندازه گيري براي مشخص نمودن ميزان مواجهه كارگر.

ه‍) اندازه گيري به منظور آناليز فركانس.

و) اندازه‌گيري براي تعيين روش و چگونگي كنترل صدا.

**اندازه گيري محيطي صدا**

          نظر به اينكه ماهيت لگاريتمي تراز فشار صوت مانع ميانگين‌گيري حسابي است بيان يك تراز فشار صوت به عنوان معرف يك كارگاه صحيح نيست، هر چند مي‌توان در ايستگاههاي معيني با توجه به هدف، تراز فشار صوت را اندازه گيري و نتايج را به عنوان تراز فشار صوت كلي در هر ايستگاه نشان داد. اما براي اعلام تراز فشار صوت در هر كارگاه بايد محدوده‌اي شامل كمترين تا بيشترين تراز فشار صوت را بيان نمود به عنوان مثال عنوان گردد كه تراز فشار صوت در هر كارگاه مورد نظر بين () بوده است. با اين توضيح اعلام يك تراز به عنوان تراز فشار صوت كارگاه بدليل همگن نبودن توزيع انتشار صوت صحيح نبوده و قابل قبول نيست با اين وجود، بعد از اندازه گيري محيطي صدا در كارگاه به روش ايستگاه بندي Max , Min و ميانگين و انحراف معيار اعداد را بدست آورده و در جدول نتايج قرار مي‌دهيم.

**وسيله اندازه‌گيري**

          براي اندازه‌گيري صدا از دستگاه صداسنج Type 2230 (B & K) Brϋel & Kjaer استفاده شده است. در هنگام اندازه‌گيري محيطي صدا از شبكه توزين فركانس A و در هنگام آناليز فركانس از شبكه توزين C يا Line در زمان اندازه‌گيري دستگاه در ارتفاع 160 سانتي متري از سطح زمين و به فاصله 5/0 متر از بدن و زاويه 75 درجه نسبت به سطح عمودي قرار داده شده است.

**ميكروفون صدا سنج**

          ميكروفونها به چهار گروه اصلي تقسيم مي‌شوند: كريستالي، الكتره، ديناميك و خازني.

ميكروفون‌ها به لحاظ استفاده در ميدانهاي مختلف صوتي فرق دارند. شركت B&K سه نوع از ميكروفون‌ها را ساخته است.

1- ميكروفون‌هاي Free – Field (ميدان آزاد).

2- ميكروفون‌هاي Pressure (فشاري).

3- ميكروفون‌هاي Random Incidence (رندمي).

زاويه قرارگيري اين ميكروفو‌نها در هنگام اندازه‌گيري مهم است. ميكروفون‌هاي Free – field در ميدان‌هاي آزاد با زاويه صفر درجه نسبت به منبع قرار مي‌گيرند. ميكروفون‌هاي فشاري براي ميدانهاي ديفيوز و نيمه ديفيوز توصيه مي‌شود كه بايد زاويه 90 درجه را نسبت به منبع داشته باشند. ميكروفون‌هاي Random اگر با زاويه 70 الي 80 درجه نسبت به ميدان قرار بگيرند صحت كمتري در نتيجه‌شان ارائه مي‌شود ولي اگر با منبع هم جهت باشند (يعني با زاويه صفر درجه نسبت به ميدان قرار بگيرند) داراي بيشترين صحت هستند.

          ميكروفون استفاده شده براي اندازه‌گيري از نوع Free – field با زاويه گيرايي 360 درجه مي‌باشد. يعني از تمام جهات مي‌تواند انرژي صوتي را جمع‌آوري كند. براي افزايش ميزان دقت اندازه گيري بايد ميكروفون را با فاصله 5/0 متراز بدن نگه داريم و زاويه قرار گيري آن 75 درجه نسبت به عمود و 15 درجه نسبت به سطح افق باشد.

**كاليبراسيون:**

          قبل از هربار اندازه گيري بايد از صحت و دقت كار دستگاه ترازسنج صوت مطمئن شد. براي اين منظور بايستي قبل از اقدام به اندازه گيري آن را با وسيله‌اي استاندارد (كاليبراتور) كاليبره نمود. كاليبراتور نوعي مولد صوتي است كه در فركانس‌هاي معيني مثلاً 1KHz يا 250 Hz تراز معين از صوت خالص برابر 94 يا 104 يا 114 دسي‌بل توليد مي‌كند.

          كاليبراتور استفاده شده براي دستگاه صداسنج B&K از نوع خارجي مي‌باشد و در فركانس 1KHz تراز 94 دسي‌بل را توليد مي‌نمايد. براي  انجام اين عمل دستگاه برروي سرعت Fast ، شبكه A و حالت  قرار داده شد، پس از نصب كاليبراتور بر روي صداسنج و روشن كردن آن، صداسنج بوسيله پيچ تنظيمي كه بر روي آن قرار دارد كاليبره شد.

          ذكر اين نكته ضروري است كه اگر دستگاه را در شبكه A كاليبره كرده‌ايم و بخواهيم در شبكه ديگري استفاده كنيم نيازي به كاليبراسيون مجدد نيست چون تمام شبكه‌ها حساسيت يكساني را نسبت به فركانس 1KHz دارا مي‌باشند.

**تعيين ايستگاههاي اندازه گيري:**

          در اندازه گيري محيطي صدا، كارگاه به نواحي شطرنجي با ابعاد يكسان تقسيم‌بندي شده و مركز هر ناحيه به عنوان يك ايستگاه اندازه گيري مي‌باشد. طلبعاً هر چه ابعاد نواحي كوچكتر يا مساحت كارگاه بزرگتر باشد تعداد اين نواحي بيشتر خواهد بود، هر چند زياد بودن تعداد نواحي براي حصول به نتيجه مطلوبتر است ولي امكانات و نفرات و زمان نيز داراي محدوديت بوده و عملاً زياد بودن تعداد نقاط اندازه گيري مطالعه را با مشكل مواجه خواهد ساخت.

          لذا مي‌توان براي كارگاهها با توجه به مساحت و امكانات، تعداد معين و محدودي ناحيه انتخاب نمود. در اين شيوه، كارگاههاي تا 50 متر مربع به نواحي با ابعاد يك متر، كارگاههاي تا يكصد متر مربع، به نواحي با ابعاد 2 متر و كارگاههاي وسيعتر، به نواحي با ابعاد حداكثر 5 متر تقسيم‌بندي مي‌شود.  نقاط اندازه‌گيري روي نقشه معين و يا با كد محل مشخص شده، سپس در مركز تمام نواحي تراز فشار صوت در مقياس A اندازه گيري مي‌شود. در مرحله بعد با توجه به چهار محدوده از تراز فشار صوت با رنگ مشخص مي‌شود.

1- محدوده ايمن:  طبق استاندارد ILO نقاطي كه داراي تراز فشار صوت كمتر از dB(A)70 هستند با رنگ سبز مشخص مي‌شوند.

2- حوزه بهداشتي: طبق استاندارد ACGIH  نقاطي كه داراي تراز فشار صوت بين  dB(A)85-70 هستند با رنگ آبي مشخص مي‌شوند.

3- حوزه هشدار: طبق استاندارد ILO، ISO و O.S.H.A نقاطي كه داراي تراز فشار صوت بين  dB(A)90-85 هستند با رنگ زرد مشخص مي‌شوند.

4- محدوده خطر: طبق استانداردهاي جهان نقاطي كه داراي تراز فشار صوت بيشتر از dB(A)90 هستند با رنگ قرمز مشخص مي‌شوند.

[1- مهندسي صدا و ارتعاش، رستم گل محمدي، انتشارات دانشجو ـ همدان.](http://hse-mehrzad.blogfa.com/post-800.aspx#_ftnref1)