

اب مجازی در صنعت ساخت و ساز(با بررسی کشورهای چين، هند و استراليا)

احمد شاه حسینی، محمد شکوهیان، سهيل درخشان

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مهندسی محيط زيست

دانشيار مهندسی گروه عمران دانشگاه فردوسی مشهد

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مهندسی محيط زيست

# چکیده

صنعت ساخت و ساز یکی از منابع مصرف انرژی، اب، ومنابع طبیعی روی زمین می باشد . اب به عنوان یکی از منابع طبیعی مهم به شمار می رود که توجه به ان بسیار اهمیت دارد. اب مجازی مورد استفاده در صنعت ساخت ساز نه تنها به عنوان ابی که در محل سایت مصرف می شود بلکه اب مورد استفاده برای تجهیزات مورد نیاز برای ساختمان، نیروی انسانی و نیروی کار در محل سازه و تولید مصالح ساختمانی می باشد . در این مقاله به علت نبود اطلاعات کافی در ایران سعی شده است با بررسی مطالعات انجام شده در کشور های مختلف دنیا میزان و شدت اب مجازی مورد استفاده در صنعت ساخت وساز را مورد ارزیابی قرار داده و اهمیت ان را مورد بررسی قرار دهیم.با توجه به بررسی ها میزن اب مصرف شده به ازای هر متر مربع زیر بنای سازه در حدود 20 متر مکعب برای کشور استرالیا،20.83 متر مکعب برای کشور چین و 27.60 متر مکعب برای کشور هند می باشد.این میزن اب مصرفی بسیار قابل توجه بوده وبیش از چند برابر اب مصرف شده در طول دوره ی ساختمان می باشد و نشان می دهد که تحقیقات زیادی در این زمینه باید در کشور انجام شود.همچنین با بررسی که بر روی مطالعه موردی انجام شده در کشور چین انجام شد ، فولاد نورد شده و تولیدات سیمانی(بتن) میزان اب مجازی قابل توجه داشته و با مدیریت صحیح روی این مصالح می توان صرفه جویی قابل توجهی در این زمینه انجام داد.

**واژه های کليدی:** آب، آب مجازی، صنعت ساخت و ساز، سازه

# **مقدمه**

**اب شیرین یک منبع بسیار با ارزش طبیعی است و طبق گزارش های گسترده ای که در سر تاسر جهان داده شده ذخایر اب شیرین جهان در حال تهی شدن می باشد . با توجه به رشد روز افزون جمعیت( با توجه به سیاست های کلان کشور) و همچنین نیاز به توسعه اقتصادی با توجه به تحریم های اقتصادی کمبود اب در بیشتر مناطق تبدیل به یک مشکل بزرگ در جامعه شده است و توجهات را به خود بیشتر از قبل جلب کرده است.از انجا که صنعت ساخت و ساز به عنوان یک مصرف کننده منابع اب تلقی می شود بررسی اب مورد استفاده در این حوزه بسیار اهمیت دارد . کاهش مصرف اب و بهبود بهره وری اب در صنعت ساخت وساز قدم بزرگی در مدیریت پایدار منابع اب می باشد. بر طبق برنامه محیط زیست سازمان ملل (2006) صنعت ساخت و ساز باعث مصرف 30 درصد اب شیرین جهان در یک متوسط جهانی می شود و 30 درصد از پساب جهان را تولید می کند.در چرخه ی زندگی ساختمان ، اب و انرژی دو ستون اصلی برای فعالیت های انسان در نظر گرفته می شوند . در حالی که بر روی میزان انرژی مصرف شده(گنجانده شده) در ساختمان در یک دوره زمانی معین تحقیقات وسیعی انجام شده و اطلاعات زیادی در این زمینه وجود دارد اما داده و اطلاعات کمی در مورد میزان اب مصرف شده در طول چرخه ی ساختمان در دسترس می باشد و تحقیقات کمی در این زمینه انجام شده است بنابرین یک خلا بسیار بزرگ در مورد داده های اب مصرف شده در صنعت ساختمان سازی وجود دارد در این مقاله سعی شده است با استفاده از بررسی تحقیقات انجام گرفته در کشور های دیگر میزان اب مجازی مصرف شده در صنعت ساخت و ساز به صورت جزئی مورد مطالعه قرار گیرد.یک تعداد محدودی تحقیقات در زمینه اب مجازی مصرف شده در ساختمان سازی انجام شده است که می توان از تحقیقات انجام شده در کشور‌های استرالیا ، هند و چین نام برد که در این تحقیقات میزان اب مجازی مصرف شده در ساختمان در این کشور ها به ازای هر متر مربع مساحت به ترتیب برابر با 20 متر مکعب، 27.60 متر مکعب و 20.83 متر مکعب می باشد. همانطور که مشخص است با توجه به حجم بالای ساختمان سازی در کشور مقدار اب مصرف شده بسیار قابل توجه می باشدو بررسی ان در کشور بسیار اهمیت دارد.**

# **مفهوم اب مجازی**

**کمبود اب در مناطق خشک جهان، زندگی بسیاری از انسان ها را در معرض خطر قرار داده است و از انجا که جمعیت روز به روز در حال افزایش می باشد این کمبود به شکلی جدی تر از قبل خود را در عصر حاضر نشان داده است .با توجه به این کمبود منابع اب محقیقن تلاش های فراوانی در زمینه ایجاد روش های نوین جهت جبران این کمبود اب انجام داده اند که از جمله می توان به استفاده از اب های نامتعارف، نمک زدایی اب های شور و استفاده از تجارت اب مجازی و ..... نام برد.**

**اب مجازی مفهوم جدیدی است که اولین بار توسط Allen در سال 1993 برای جبران کمبود منابع اب به کار برده شد .اب مجازی ، ابی است که در زنجیره ی تولید یک کالا مورد استفاده قرار می گیرد . در زمینه ی اب مجازی تحقییقات وسیعی صورت گرفته است و برای محصولات و کالاهای مختلف میزان اب مجازی مصرف شده در حین فرایند تولید بدست امده است .برای مثال مقدار اب مجازی تولید انواع محصولات کشاورزی از جمله چای ، برنج ، گندم و ... و همچنین میزان اب مجازی استفاده شده برای تولید برق از اب کشف شده است.**

**اب مجازی در صنعت ساخت وساز به ابی اطلاق می شود که در کلیه فرایند های ساخت ساختمان چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیر مستقیم مورد استفاده قرار می گیرد. این نیازهای ابی مستقیم و غیر مستقیم را می توان با تعریف یک داده های مرزی که میزان اب ورودی به سیستم را برای ساخت سازه و انجام فعالیت های لازم برای ساخت ان مورد نیاز است بررسی کرد.بنابراین برای تحلیل اب مجازی به یک سری اطلاعات ورودی و اطلاعات در مورد فرایند های شکل گیری ساختمان مورد نیاز است.بدست اوردن این اطلاعات بسیار سخت و پیچیده می باشد و مستلزم مطالعات زیادی از زمان استخراج تا مرحله ی استفاده در محل می باشد ورودی های مرتبط با فرایند ساخت در چهار دسته طبقه بندی می شوند:**

1. **ورودی مصالح ساختمانی: مصالح تشکیل دهنده ی سازه یک سری مواد ساده یا پیچیده هستند که برای تولید انها نیاز به مصرف مقداری اب می باشد که برای محاسبه ی اب مجازی در ساختمان باید میزان اب مصرف شده در ساخت این مصالح مورد ارزیابی قرار گرفته و لحاظ شود.**
2. **ورودی نیروی انسانی: برای ساخت سازه یا مصالح مورد نیاز برای ساخت سازه نیاز به یک سری نیروی انسانی می باشد که برای انجام مراحل ساخت سازه به اب نیاز دارند.**
3. **ورودی اب به سایت سازه: در هنگام اجرای عملیات ساخت سازه نیاز به اب می باشد .منظور از این اب ، ابی نیست که به صورت مستقیم به مصرف ساکنان ساختمان می رسد منظور ابی است که برای انجام فعالیت های ساخت از جمله ساخت ملات ، گچ ، وکاشی کاری و غیره مورد نیاز است**
4. **ورودی تجهیزات:منظور ار تجهیزات ماشین الات مکانیکی و الکترونیکی مورد استفاده برای ساخت سازه می باشد. برخلاف ورودی مواد تجهیزات یک ماشین الات چند منظوره هستند که باید بر اساس میزان استهلاک بررسی شوند. اب مجازی مورد استفاده تجهیزات را می توان به صورت زیر محاسبه کرد.**

**اب مجازی تجهیزات مورد استفاده برابر است با اب مصرف شده برای تولید ان ضربدر زمان مورد استفاده در سایت سازه تقسیم بر کل دوره عمر تجهیزات. به عبارت دیگر اب مجازی در این حالت به نسبت زمانی که از ان استفاده شده در سایت مورد بررسی قرار می گیردبه عنوان مثال یک نمونه تجهیزات مورد استفاده در سایت 20 سال عمر مفید دارد و یک سال در سایت سازه مورد استفاده قرار گرفته است در نتیجه اب مجازی استفاده شده برابر است اب مجازی مصرف شده برای ساخت تجهیزات تقسیم بر 20.**

**بدون شناخت این ورودی و تحقیقات وسیع در این زمینه تعیین میزان اب مجازی مصرف شده در ساختمان سازی امکان پذیر نمی باشدو در نتیجه مدیریت پایدار صحیحی را نمی توان انجام داد.هم چنین رابطه ی تنگاتنگی بین این ورودی ها و مفاهیم ساختمان سبز و ساخت و ساز پایدار وجود دارد که بررسی ان را دوچندان می کند**

# **روش های انالیز اب مجازی**

**روش های مختلفی برای انالیز اب مجازی وجود دارد که دقت و وسعت ان بستگی به روش انتخاب شده دارد .به طور کلی می توان به سه روش کلی دسته بندی کرد**

**1)process analysis: تعین مقدار کردن ورودی یک محصول از روند اصلی به روند های بالادست فرایند که با قرار دادن یک سیستم مرزی در اطراف فرایند بدست می اید . با توجه به مفروضات به کار برده شده برای تولید محصول ممکن ورودی های کوچک یا بزرگی وجود داشته باشد که به صورت جزیی نتوان انها را محاسبه کرد.**

**2) input–output (IO) analysis: این روش از اطلاعات متوسط ملی در هر بخش اقتصادی به منظور نشان دادن جریان پولی کالا و خدمات مرتبط با انها استفاده می کند.این جریان های پولی را می توان به میزان اب مجازی تبدیل کرد با استفاد از تعرفه های که برای میزان اب استفاده شده وجود دارد.این تجزیه تحلیل قادر است تمام مراحل بالا دست شامل تمام ورودی های مستقیم و غیر مستقیم را پوشش داده و از اشتباهات کوتاه سازی در روش process analysis جلوگیری می کند .اما باید توجه داشت این روش به تنهایی نمی تواند مورد استفاده قرار گیرد.**

**3) hybrid analysis: این روش ترکیبی از دو روش قبلی می باشد که برای کاهش میزان خطای و تعمیم دادن نقاط قوت هر روش مورد استفاده قرار می گیرد. این روش به طور کلی برای ارزیابی انرژی استفاده شده در پروژه های معمولی از جمله ساختمان های معمولی ، نیروگاه های بادی ، سیستم تصفیه فالاب وغیره مورده استفاد قرار گرفته است.**

# **مراحل مختلف تعیین اب مجازی**

1. **اولین مرحله تهیه لیستی از ورودی های مختلف ساختمان از جمله ورودی مواد، تجهیز ات، مقدار اب ورودی، و نیروی انسانی می باشد**
2. **دومین مرحله انتخاب یک پایگاه داده های مناسب است که بتوان میزان اب مجازی در هر قسمت از تولید را بدست اورد . از انجا که اطلاعات دقیقی و داده ای در این زمینه در ایران وجود ندارد در این مقاله از اطلاعات و داده های مورد استفاده در کشور چین استفاده می کنیم Chen وهمکارانش یک پایگاه اطلاعات کاملی از تمام کالاهای اقتصادی را تهیه کرده اند انها همچنین یک شبکه اقتصادی جهانی تهیه کردند و میزان انرژ ی و اب استفاد شده برای تولید هر کالا را بدست اوردند**
3. **شناسایی بخش های مربوط به هر قسمت ورودی**
4. **محاسبه میزان اب مجازی هر قسمت با ضرب کردن میزان هزینه های اقتصادی هر قسمت در شدت اب مصرف شده بدست می اید**
5. **میزان اب مجازی استفاده شده در کل ساختمان با جمع کردن اب های مجازی به کار برده شده در هر قسمت بدست می اید**

# **بررسی مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف**

**با توجه به اینکه در کشور ایران اطلاعات و داده های زیاد در مورد شدت اب مجازی وجود ندارد بنابراین نمی توان بررسی دقیقی در این مورد در ایران انجام داد اما در کشور های دیگر از جمله چین هند و استرالیا این تحقیقات انجام شده و اطلاعات و داده های خوبی را بدست اورده اند**

**بر اساس مطالعاتی که در کشور استرالیا انجام شده است برای تولید یک کیلو گرم بتن درحدود 2 لیتر اب مجازی مصرف می شود همچنین برای تولید یک کیلو تخته و الوار حدود 20 لیتر ، یک کیلو گرم فولاد حدود 40 لیتر ،یک کیلوگرم الومینیوم 88 لیترو یک کیلوگرم پلاستیک 185 لیتر اب مجازی مورد استفاده قرار می گیرد جدول زیر میزان اب مجازی برای کالاها را نشان می دهد با توجه به اب مجازی استفاده شده برای محصولات دیگر می توان به اهمیت اب مجازی استفاده شده در صنعت ساخت و ساز با توجه حجم بالای استفاده از کالا در صنعت ساختمان سازی پی برد.با توجه به این داده ها می توان به این نکته پی برد که اب استفاده شده در فرایند ساخت یک ساختمان بسیار بیشتر از اب مصرف شده در طول دوره ی عمر ساختمان می باشد.**

جدول شماره 1 : میزان اب مجازی استفاده شده در کالاهای مختلف در کشور استرالیا

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **شماره** | **نام ماده** | **میزان اب مجازی به ازای هر کیلوگرم** | **شماره** | **نام ماده** | **میزان اب مجازی به ازای هر کیلوگرم** |
| **1** | **بتن** | **2** | **4** | **الومینیوم** | **88** |
| **2** | **تخته و الوار** | **20** | **5** | **پلاستیک** | **185** |
| **3** | **فولاد** | **40** |  |  |  |

**در بررسی دیگری که در کشور هند بر روی یک گروه از اپارتمان های مسکونی چند طبقه فولادی و بتنی انجام شده است میزان اب مجازی در صنعت ساخت و ساز بدست امده است. این مطالعات رو ساختمان های لوکس و مدرن انجام شده است. زیر بنای ساختمان های مورد مطالعه در حدود سه میلیون فوت مربع می باشد که در بین سال های 2002 تا 2008 ساخته شده اند. بای تامین اب مورد نیاز برای ساخت از 6 حلقه چاه استفاده شده است روش به کار برده شده در این تحقیق بر اساس میزان اب مجازی مصرف شده برای تولید مصالح مختلف و میزان اب مصرف شده در حین ساخت و ساز می باشد. در جدول شماره 2 میزان مصالح مختلف که دارای بیشترین حجم را داشته اند نشان داده شده و میزان اب مصرف شده برای تولید هر واحد از ان ها بدست امده است. ویزان اب مصی به ازای واحد زیر بنا نیز محاسبه شده است. در این تحقیق برای تعیین میزان اب مجازی که در حین ساخت و ساز مصرف شده است از میزان انرژی الکتریکی که برای پمپ کردن اب از چاه ها مصرف شده استفاده شده است.که در جدول شماره 3 این مقادیر نشان داده شده است.**

جدول شماره 2: میزان اب مجازی مصرف شده در مصالح در کشور هند

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **شماره** | **مصالح** | **مقدار مورد استفاده** | **واحد** | **ضریب اب مجازی (کیلو لیتر به ازای واحد)** | **کل اب مجازی استفاده شده در مواد( کیلو لیتر)** | **اب مجازی مصرف شده به ازای واحد زیر بنا** | |
| **1** | **سیمان** | **154858** | **تن** | **1** | **154,858** | **0.5** | |
| **2** | **اجر** | **42849.37** | **Cum** | **0.71** | **30423** | **0.1** | |
| **3** | **فولاد** | **38906** | **تن** | **200-250** | **7781200** | **25** | |
| **4** | **الومینیوم** | **15143** | **Kg** | **0.088** | **1332.584** | **0.004** | |
| **اب مجازی مصرف شده در مصالح** | | | | | | | **25.604** |

جدول شماره 3: میزان اب مجازی مصرف شده درطول دوره ساختدر کشور هند

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **A** | **B** | **C= A/B** | **D** | **DxC/1000** |
| **کیلووات ساعت** | **کیلووات** | **ساعت** | **لیتر در هر ساعت** | **کیلو لیتر** |
| **انرژی مصرف شده در 21 ماه** | **ظرفیت پمپاژ اب** | **مدت زمان عملیات** | **عملکرد هر چاه** | **کل اب مصرفی** |
| **972319.44** | **میانگین 6.5275** | **24826.23** | **21000** |  |
|  | **برای 6 پمپ 39.165** |  |  | **521350.83** |

**همانطور که مشخص است میزان اب مجازی در مصالح بسیار بشتر از اب مصرفی در حین ساخت و ساز می باشد بر اساس مطالعات انجام شده در کشور هند برای تولید هر تن سیمان بین نیم تا یک کیلولیتر اب مصرف می شود میزان اب مجازی برای فولاد در کشور هند در حدود 200 تا 250 کیلولیتر به زای هر تن بدست امده که تفاوت زیادی با میزانی( 40 لیتر به ازای هر کیلوگرم) که توسط تحقیقات بین المللی بدست امده است دارد**

**در زیر به بررسی مطالعه موردی که در کشور چین شده است می پردازیم مطالعات انجام شده در کشور چین بسیار کامل تر از مطالعات انجام شده در کشور های هند و استرالیا می باشد و شامل تمامی ورودی ها می باشد**

**Chen و همکارانش در سال 2013 بر روی 6 ساختمان در شهر پکن مطالعه موردی در مورد اب مجازی استفاده شده در این ساختمان ها انجام داده و نتایج جالبی را بدست اوردند انها با استفاده از داده هایی که در مورد کالاهای مختلف و میزان اب و انرژی استفاده شده در این کالا ها موجود است به بررسی موردی این 6 ساختمان پرداختندجدول زیر داده های مختلف صنعت ساخت و ساز را نشان می دهد. که شدت اب مصرف شده در هر صنعت را با توجه به هزینه های اقتصادی نشان می دهد.**

جدول شماره 4 میزان اب مجازی برای ورودی های مختل ساخت و ساز در کشور چین

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **نام کامل** | **نام اختصار** | **نوع ورودی** | **شدت اب مصرف شده( متر مکعب بر 104 یوانن( واحد پول چین)** |
| **معادن غیر اهنی ( شن ماسه سنگ و غیره)** | **معادن غیر فلزی** | **مواد** | **8.97E+1** |
| **ریسندگی و بافندگی کنف و پارچه** | **بافندگی** | **مواد** | **5.9E+2** |
| **پردازش الوار، ساخت چوب، تخته چوبی و محصولات نی** | **چوب** | **مواد** | **1.27E+2** |
| **پردازش نفت وسوخت هسته ای** | **نفت** | **مواد** | **7.08E+1** |
| **تولید رنگ، چاپ جوهر ودیگر محصولات مشابه** | **رنگ** | **مواد** | **1.70E+2** |
| **ساخت مصالح مصنوعی** | **مصالح مصنوعی** | **مواد** | **1.10E+2** |
| **ساخت محصولات شیمیایی ویژه** | **شیمیایی** | **مواد** | **1.67E+2** |
| **ساخت فیبر شیمیایی** | **فیبر شیمیایی** | **مواد** | **1.37E+2** |
| **ساخت لاستیک** | **لاستیک** | **مواد** | **1.22E+2** |
| **ساخت پلاستیک** | **پلاستیک** | **مواد** | **1.18E+2** |
| **ساخت سیمان گچ و اهک** | **تولید سیمان** | **مواد** | **1.04E+2** |
| **ساخت محصولات سیمانی و گچی** | **محصولات سیمانی** | **مواد** | **1.05E+2** |
| **ساخت اجر، سنگ و دیگر مصالح ساختمانی** | **اجر** | **مواد** | **1.08E+2** |
| **ساخت شیشه و مشتقاتش** | **شیشه** | **مواد** | **1.04E+2** |
| **ساخت مصالح مقاوم در برابر اتش** | **مواد مقاوم در برابر اتش** | **مواد** | **9.38E+1** |
| **نورد فولاد** | **نورد فولاد** | **مواد** | **1.03E+2** |
| **ساخت محصولات اهنی** | **اهن** | **مواد** | **1.07E+2** |
| **ساخت ماشین الات استخراج معادن و ساخت وساز** | **ماشین الات** | **تجهیزات** | **8.18E+1** |
| **تولید و تامین برق و حرارت** | **برق** | **مواد** | **1.07E+2** |
| **تولید و توزیع اب** | **اب** | **اب** | **1.96E+4** |
| **ساخت وساز** | **ساخت وساز** | **نیروی انسانی** | **9.44E+1** |
| **حمل و نقل جاده ای** | **حمل ونقل** | **مواد** | **8.16E+1** |

ادامه جدول شماره 4 میزان اب مجازی برای ورودی های مختل ساخت و ساز در کشور چین

**انها سپس بر اساس اطلاعات ورودی که از ساختمان های مورد مطالعه داشتند اب مجازی استفاده شده در هر یک از موارد ذکر شده در جدول بالا را بدست اوردند که ان را در جدول زیر مشاهده می کنید**

جدول شماره 5 میزان اب مجازی در سختمان های مورد مطالعه در کشور چین

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **نام اختصار** | **نوع ورودی** | **اب مجازی (متر مکعب)** |
| **معادن غیر فلزی** | **مواد** | **3.49E+2** |
| **بافندگی** | **مواد** | **8.85E+0** |
| **چوب** | **مواد** | **8.53E+3** |
| **نفت** | **مواد** | **8.95E-1** |
| **رنگ** | **مواد** | **1.90E+3** |
| **مصالح مصنوعی** | **مواد** | **8.40E+3** |
| **شیمیایی** | **مواد** | **1.89E+4** |
| **فیبر شیمیایی** | **مواد** | **2.44E+1** |
| **لاستیک** | **مواد** | **1.81E+3** |
| **پلاستیک** | **مواد** | **3.04E+3** |
| **تولید سیمان** | **مواد** | **3.51E+3** |
| **محصولات سیمانی** | **مواد** | **1.95E+5** |
| **اجر** | **مواد** | **1.87E+1** |
| **شیشه** | **مواد** | **1.07E+4** |
| **مواد مقاوم در برابر اتش** | **مواد** | **1.78E-1** |
| **نورد فولاد** | **مواد** | **3.51E+5** |
| **اهن** | **مواد** | **1.63E+4** |
| **ماشین الات** | **تجهیزات** | **1.08E+3** |
| **برق** | **مواد** | **5.37E+2** |
| **اب** | **اب** | **5.46E+5** |
| **ساخت وساز** | **نیروی انسانی** | **7.94E+4** |
| **حمل ونقل** | **مواد** | **3.59E+2** |

ادامه جدول شماره 5 میزان اب مجازی در ساختمان های مورد مطالعه در کشور چین

**برطبق داده ها میزان کل اب مجازی به کار برده شده برای ساخت این ساختمان ها برابر 1250000متر مکعب می باشد در حالی که کل ابی که به صورت مستقیم در این ساختمان ها مصرف شده است برابر51859متر مکعب می باشد. این اختلاف ،اهمیت بالای اب مجای در صنعت ساخت و ساز را نشان می دهد. و با درک بهتر این اب مجازی مصرف شده می توان مدیریت شهری بهتری را برنامه ریزی کرد.با توجه به مساحت ساختمان ها به ازای هر متر مربع زیر بنا حدود 20.83 متر مکعب اب مصرف می شود واین رقم در کشور های دیگر همچون استرالیا برابر 20 متر مکعب و برای هند حدود 27.60 متر مکعب می باشد.**

**با توجه به جدول بالا تقریبا نیمی از اب مجازی ساخت و ساز در محل سایت وبه صورت مستقیم مورد استفاده قرار می گیرد از انجا که ساختان های مورد مطالعه در چین بتن مسلح هستند 27.97 درصد کل اب مجازی برای فولاد و 15.77 درصد برای محصولات سیمانی و گچی استفاده شده است. این مقدار بالای اب مجازی برای این دو مصالح نشان می دهد که با اقدامات مناسب می توان در میزان اب مصرف شده صرفه جویی کرده و از مصرف اب جلوگیری کرد. نسبت های مختلف مصرف اب را در شکل زیر مشاهده می کنید.**

نمودار1 : درصد اب مجازی مصرف شده در ورودی های مختلف

**با توجه به نمودار بالا بیشترین تاثیر را روی اب مجازی صنعت ساخت وساز در ورودی مواد می باشد و کمترین ان مربوط به تجهیزات است. به طور کلی مردم فقط اب مصرفی در ورودی اب به ساختمان برای ساخت و ساز توجه دارند و بیشترین تمرکز ان ها در این قسمت می باشد.نتایج این نمودار نشان می دهد که با تمرکز کردن در اب ورودی مواد می توان در مصرف اب، صرفه جویی قابل ملاحظه ای انجام داد. با بکار گیری مصالحی که شدت اب مصرفی کمتری دارند می توان صرفه جویی قابل ملاحظه ای در مصرف اب انجام دهیم.**

# **نتیجه گیری**

**از انجا که منابع اب شیرین در دنیا و همچنین کشور ما در حال تهی شدن می باشد توجه به مصارف مختلف اب از اهمیت بالایی برخوردار است صنعت ساخت و ساز یکی از مصرف کنندگان عمده اب می باشد. در این مقاله با توجه به عدم اطلاعات و داده های کافی در ایران، سعی شد با بررسی مقالات وتحقیقات انجام شده در کشور های دیگر میزان و شدت اب مصرفی در صنعت ساخت و ساز مورد بررسی قرار بگیرد در بیشتر مطالعات انجام شده در این زمینه تمرکز اصلی بر میزان اب مصرف شده در حین ساخت و ساز بوده است و توجه کمی به اب مجازی استفاده شده در حین ساخت و ساز شده است بنابراین تحقیقات در این زمینه هنوز کامل نشده است. با توجه به اینکه به طور میانگین برای هر متر مربع از سازه چیزی در حدود 20 تا 27 متر مکعب اب مصرف می شود تحقیق در این زمینه و بدست اوردن اطللاعات کافی در این زمینه از اهمیت بالایی برخوردار است .همانطور که نشان داده شد در حدود نیمی از اب مصرفی در حین ساخت ساخت ساز توسط شیر ورودی به سایت مصرف می شود وبیش از نیمی از اب مجازی برای تولید مصالح ساختمانی می باشد که از جمله مهم ترین انها فولاد نورد شده و تولیدات سیمانی(بتن) و گچی می باشد. تمرکز روی این سه مورد می تواند تاثیر خوبی در میزان اب مصرف شده داشته باشد و صرفه جویی قابل توجهی در این زمینه انجام داد .بنابراین برای رسید به توسعه پایدر و ایجاد ساختمان سبز در کشور توجه به میزان اب مجازی استفاده شده در صنعت ساخت و ساز از اهمیت بالایی برخوردار است.**

# منابع

Jing Meng a,b, G.Q. Chen b,c,\*, Ling Shao b, J.S. Li b, H.S. Tang d, T. Hayatc,e, A. Alsaedi c F,. Alsaadi f, Virtual water accounting for building: case study for E-town, Beijing , 2014

S. Bardhan, Assessment of water resource consumption in building construction in India

Michael McCormack , Graham . Treloar , Laurence Palmowski & Robert Crawford Modelling direct and indirect water requirements of construction